广西白龙核电厂1、2号机组

环境影响报告书

（建造阶段）

（公示版）



中电投广西核电有限公司

二〇二四年九月

广西白龙核电厂1、2号机组

环境影响报告书

（建造阶段）

（公示版）

中电投广西核电有限公司

法定代表人：丁维民

地址：广西壮族自治区防城港市港口区马正开路创业投资大厦

邮编：538000

广西白龙核电厂1、2号机组

环境影响报告书

（建造阶段）

（公示版）

上海核工程研究设计院股份有限公司编制

二〇二四年九月

广西白龙核电厂1、2号机组

环境影响报告书

（建造阶段）

（公示版）

批准：

审定：

上海核工程研究设计院股份有限公司编制

二〇二四年九月

编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	广西白龙核电厂1、2号机组
建设项目类别	55--167核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理设施；放射性污染治理项目
环境影响评价文件类型	报告书
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	中电投广西核电有限公司
统一社会信用代码	91450000672485151C
法定代表人（签章）	丁维民
主要负责人（签字）	尹小平
直接负责的主管人员（签字）	史轩赫
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	上海核工程研究设计院股份有限公司
统一社会信用代码	91310104132672722W
三、编制人员情况	

1.编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
裴娟	09353143508310215	BH010699	

2.主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
裴娟	第一、二、十章	BH010699	
印舒蔚	第一、二、三、六、八、十章	BH023751	
王雪	第五、六章	BH011677	
傅小城	第六章	BH021941	
姜昊宇	第二、七、八章	BH051382	

顾俊杰	第六章	BH063685	
陈新茹	第二章	BH070993	
尹嘉鸿	第二章	BH070992	
付廷造	第七章	BH051371	
毛兰方	第四章	BH037258	
高圣钦	第七章	BH053874	
江一峰	第七章	BH063764	
朱倓	第四、七章	BH071016	
董文妍	第八章	BH059243	
汤建明	第四章	BH037286	
解明远	第四章	BH037302	
赵文秀	第四章	BH051344	
沙正峰	第四章	BH058193	
万策	第四、七章	BH063712	
吕明浩	第九章	BH071007	
黄铭泉	第二、三章	BH070248	

广西白龙核电厂 1、2 号机组

环境影响报告书

（建造阶段）

上海核工程研究设计院股份有限公司编制

审核：杜风雷　黄程鹏　艾鸿涛　余建辉　鲁春华

张　琨　梅其良　黄　然　潘新新　周　红

付　鹏　吴　双　沈　翔　杨　萍　樊　普

王丽华

校核：邱志靓　朱雪强　段永坤　杨庆湘　王海涛

李盛哲　付亚茹　黄高峰　黄尚青　倪依雨

李天吟　巨文飞　张正楼　赵智颖　张怀远

赵　路　党　宇

目录

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.7 评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.10 评价范围

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.2 人口分布与饮食习惯

2.3 土地利用和资源概况

2.4 气象

2.5 水文

2.6 地形地貌

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

3.2 非辐射环境质量现状

第四章 核电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

4.3　核电厂用水和散热系统
4.4　输电系统
4.5　专设安全设施
4.6　放射性废物管理系统和源项
4.7　非放射性废物处理系统
4.8　放射性物质厂内运输

第五章　核电厂施工建设过程的环境影响
5.1　土地利用
5.2　水的利用
5.3　施工影响控制

第六章　核电厂运行的环境影响
6.1　散热系统的环境影响
6.2　正常运行的辐射影响
6.3　其它环境影响
6.4　初步退役计划

第七章　核电厂事故的环境影响和环境风险
7.1　核电厂放射性事故和后果评价
7.2　严重事故
7.3　场内运输事故
7.4　其它事故
7.5　事故应急

第八章　流出物监测与环境监测
8.1　辐射监测
8.2　其它监测
8.3　监测设施

8.4　质量保证

第九章 利益代价分析

9.1　利益分析

9.2　代价分析

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 承诺

第一章　概述

1.1　建设项目名称和建设性质

本建设项目所涉及的核电工程名称为“广西白龙核电厂 1、2 号机组”，营运单位为中电投广西核电有限公司，承担项目业主责任，负责工程建设和运行管理。

本工程建设性质为新建项目，在国家的统一指导下，大力推进核电设计自主化和设备制造本土化，采用公开招投标选择国内外有资格的核电设备制造厂商，建设和运行先进、高效、安全、可靠的核电机组。

1.2　建设项目的规模和厂址总体规划

本工程位于广西白龙核电厂址。广西白龙核电厂规划容量为2台CAP1000+4台国和一号核电机组。厂区一次规划，分期建设。

本工程为广西白龙核电厂 1、2 号机组，建设规模为 2×1250MWeCAP1000 核电机组。

广西白龙核电工程将采用项目总包 EPCS 管理模式，委托上海核工程研究设计院股份有限公司（原上海核工程研究设计院有限公司，以下简称“上海核工院”）承担该工程的工程总承包工作，中电投广西核电有限公司对项目总包商和各分包商工作有效性进行监督管理。

厂址可利用场地面积可满足规划6台核电机组建设和施工用地需要。

本报告书将针对本工程 2 台 CAP1000 核电机组进行建造阶段环境影响评价。

1.3　建设项目经费和环保设施投资

本工程拟由国家电力投资集团有限公司控股投资建设经营，由项目法人根据各股东出资比例筹集，项目资本金以外资金拟通过银行融资解决。

1.4　建设目的

1）符合国家能源发展的产业政策

核电作为一种清洁、安全的能源，已被纳入到国家未来能源发展的战略中。随着我国国民经济的持续快速稳步发展，能源供应的安全和节能减排的压力越来越受到国家的重视。长期以来，我国煤炭消费占能源消费总量的比例一直较高，

占能源消费的总量近七成，同时，由于石油消费的不断增加，我国作为一个石油净进口国，石油消费对外部的依赖越来越严重。未来相当长时期内，煤炭仍将是中国的主要能源，化石能源在中国能源结构中仍占主体地位。

在面临常规能源资源日益减少和生态环境保护日益受到公众关注的情况下，我国除了积极推进资源节约型和环境友好型社会建设外，寻找清洁环保的替代能源，是保障国民经济可持续发展的必然选择。通过发展核电，可避免过分依赖石油、煤炭、天然气等不可再生能源，实现能源供应多元化，提高能源的安全性。

日本福岛核事故后，我国对现有核设施进行了综合安全检查，检查结果表明我国运行和在建核电机组基本满足我国现行核安全法规和国际原子能机构最新标准的要求，安全和质量是有保障的。

核能已成为人类使用的重要能源，是目前可以被大规模商业使用并可以替代化石燃料的成熟的清洁能源，核电是电力工业的重要组成部分。在保证安全的前提下，稳步高效推进核电建设，是我国能源建设的一项重要政策，对于满足经济和社会发展不断增长的能源需求，保障能源供应与安全，保护环境，实现电力工业结构优化和可持续发展，提升我国综合经济实力、工业技术水平和国际地位，都具有重要的意义。

因此，我国有必要把进一步发展核电作为推行能源多元战略的组成部分，避免增加对煤炭、进口石油等传统能源的依赖，保障未来的能源安全供给，并减少我国一次能源的消费量和温室气体的排放量。本项目所在厂址位于广西壮族自治区沿海，前期已经开展过大量的工作研究，本项目采用CAP1000非能动核电技术方案进行建设，从国家能源安全观点看，本项目建设符合国家能源政策。

2）合理开发利用核能是广西能源长期发展战略的需要

广西能源资源匮乏，缺煤、少油、乏气，风光资源一般，较为丰富的水电资源业已开发殆尽。后续保障广西国民经济快速发展用电需求的电源类型主要包括核电、煤电、区外电力等。

燃煤电厂建设周期相对较短、布点灵活、可提供持续稳定的供电保障。但在国际社会共同呼吁温室气体减排、我国对生态环境日益重视的大环境下，煤电作为化石电力类型，其开发建设将受到严格的限制。长远来看，煤电的可持续发展尚有赖于碳捕捉等技术的突破。

积极争取区外电力是解决广西未来电力供应、实现节能减排目标的重要途径

之一。但从送端电源开发来看，我国西南水电基地、西北综合能源基地电源开发由于影响面广、不定因素多，投产时间和规模难以确定。此外，上述电源基地外送电力面向全国电力市场，广西受入区外电力面临市场竞争压力，增加了外电送入的不确定性。

广西海岸线长约 1600 公里，具备建设核电的良好条件，是国家鼓励发展核电区域。同时，核电是提高区内能源自给能力，保障电力供应的稳定、可靠电源类型。因此，发展核电是改变广西能源供应紧张状况、解决广西今后能源不足矛盾的重要途径，是广西能源长期发展战略的需要。

3）满足广西电力需求发展的需要

“十四五”期间，广西经济社会发展正处于工业化中期向工业化后期过渡阶段，

预计电力消费仍将维持中速增长。按广西经济发展规划和电力需求增长趋势，预计至 2029 年、2030 年和 2035 年广西有较大的电力缺额，电力缺额分别可达 1284 万千瓦、1553 万千瓦和 2700 万千瓦。由于广西水电资源已深度开发，而发展火电所需的煤炭需从区外调入，因此为满足远期广西负荷增长需要，除区内新建火电厂外，还应大力发展核电。本工程建成后将接入广西电网，作为“十五五”及以后广西电网的主力电源和南部核心电源，主要承担广西电网基荷，其电力电量全部在广西电网消纳，可有效缓解广西未来能源供应紧张状况，为广西经济社会发展提供充足的电力，也将带动相关产业的发展，促进广西沿海乃至全区的经济社会发展。

2016 年 12 月，国家发展改革委、国家能源局印发《国家发展改革委、国家能源局关于印发能源发展“十三五”规划的通知》（发改能源[2016]2744 号），广西白龙核电项目列入《能源发展“十三五”规划》中的核电开工备选厂址目录。

2020 年 3 月，广西白龙核电项目被列入广西壮族自治区《基础设施补短板“五网”建设三年大会战》能源新开工建设项目。

2020 年 5 月，国家能源局组织召开广西白龙核电项目一期工程专家座谈会，印发了《关于广西白龙核电项目前期工作专家座谈会的会议纪要》，同意白龙项目开展前期工作。

2024 年 8 月，经国务院常务会议审议，核准了广西白龙核电厂 1、2 号机组。

4）满足广西生态环境保护的要求

火电在广西电源结构中占的比重大，燃煤的能源消费模式对自然环境的不利

影响已经成为人们的共识，空气污染及酸雨已经影响到了人们的日常生活。

本工程建设 2 台 CAP1000 核电机组，按年利用小时数 7000 小时，本工程机组一年发电量按 175.64 亿千瓦时计算，可减少排放二氧化碳约 1400 万吨，即使替代超洁净排放煤电机组（按燃气轮机排放限值——烟尘、二氧化硫、氮氧化物分别为 5 毫克/标立方米，35 毫克/标立方米，50 毫克/标立方米考虑），每年可减少烟尘约 1570 吨，二氧化硫约 11400 吨，氮氧化物约 15700 吨。可有效实现在装机容量得到增加的同时不增加节能减排的压力，有利于广西生态环境保护。

1.5 建设项目的进度

本工程规划建设2台CAP1000核电机组，根据CAP1000机组技术特点和已有工程经验，单台机组建设周期初定为56个月，两台机组间隔10个月。白龙核电项目1号机组计划于2025年6月30日浇灌第一罐混凝土，2030年2月28日具备商运条件。本工程环境保护设施将根据“三同时”原则，在机组运行前完成建设。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 厂址所在区域规划

1）区域发展规划

根据《广西能源发展“十四五”规划》（桂政办发〔2022〕59 号），广西将以构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系为目标，围绕推进建设国家综合能源基地战略部署和“一走廊一基地三区域”发展布局，提出能源安全保障、低碳转型、科技创新、产业升级、开放合作、体制改革、服务提升等主要任务。十四五期间主要任务之一，增强能源供应稳定性和安全性，包括安全稳妥发展先进核电。坚持安全为先，稳妥推进先进核电发展，力争“投产一批、开工一批、储备一批、保护一批”核电项目。推进防城港红沙核电二期 3、4 号机组建成投产。力争“十四五”前期推动防城港红沙核电三期 5、6 号机组和白龙核电一期 1、2 号机组核准并开工建设。做好国家规划内其他核电站点的厂址保护，适时启动项目前期工作。稳步开展后续新的核电厂址勘探和普选，待条件成熟时推动纳入国家规划。推动核能在工业供热、海水淡化等领域的综合利用。

本工程于 2023 年 10 月 24 日取得《中华人民共和国建设项目用地预审与选址意见书》（用字第 450000202300119 号），本工程建设符合国土空间用途管制

要求。

本工程于 2023 年 6 月 22 日取得《自然资源部办公厅关于广西白龙核电项目一期工程用海预审意见的函》（自然资办函〔2023〕1187 号），本工程用海预审可行。

厂址半径 15km 范围内的工业规划主要为东兴市江平工业园区，该园区为既有工业园区，位于厂址 NW-WNW 方位约 12.5 公里处。东兴市江平工业园区以跨境产业落地加工制造业为主导，主要布局海产品、农副食品、红木家具等加工产业，兼顾医药、科技、机械设备、物流、五金、洗涤等产业。园区产业发展方向为电子元器件制造、家电家居建材、食品加工、新能源汽车零部件配件和高端生物医疗产业，不涉及危险品的使用和储存，不会对厂址安全造成影响。

厂址半径 15km 范围内具有 5 个万人以上城镇规划，分别为福海湾组团、白浪滩组团、红树林小镇、江平镇和江山镇，其中距离厂址最近的万人以上城镇规划为白浪滩组团（主要涉及潭西行政村以及白龙行政村部分人口）位于厂址 ENE 方位约 7.5km 处，2030 年规划人口目标为 2.18 万人。厂址 5km 范围内无万人以上城镇规划，厂址 10km 范围内无十万人以上城镇规划。根据《防城港市江山半岛控制性详细规划》，福海湾组团、白浪滩组团、红树林小镇规划为重点居住组团，职能主要以旅游度假区为主。依据《防城港市城市总体规划（2008-2025）》，江平镇规划为重点镇，城镇职能主要以行政办公、旅游接待、商贸物流和高新产业为主。江山镇规划定位为一般乡镇，规划以水产养殖及综合加工、旅游为主要职能。本项目营运单位将积极与当地主管部门沟通协调，将本项目的建设纳入当地规划，开发以核能为主的智慧能源综合利用项目，形成能够使核电产业与当地既有规划产业协同发展的江山半岛发展规划，使本项目与地方旅游发展深度融合，相互促进，共同发展。

2）环保相关区划、规划

a）海洋功能区划

2023 年 12 月国务院已批复《广西壮族自治区国土空间规划（2021--2035 年）》，已于 2024 年 8 月 30 日在广西壮族自治区人民网址发布。根据国土空间规划中海洋“两空间内部一红线”分布图，厂址排水口位于海洋开发利用空间。

根据《防城港市国土空间总体规划（2020-2035 年）》（批复稿，尚未正式发布），厂址半径 15km 范围内涉及的海洋功能区划主要包括交通运输用海区、

工矿通信用海区、海洋发展区、海洋预留区、渔业用海区、游憩用海区、特殊利用区、生态保护区以及生态控制区。

厂址半径 15km 范围内海洋功能区划分布见图 1.6-1，由图可见，厂址取水口和排水口均位于工矿通信用海区。

b）近岸海域环境功能区划

2023 年 3 月，广西壮族自治区生态环境厅发布《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发〔2023〕85 号），本期工程的 4.0℃温升影响范围包络于江山半岛南面排污混合区（GX098DⅣ）内，江山半岛南面排污混合区位于江山镇白龙村南部海域，面积为 11.9 平方公里。主导功能为核电温排水排污用海，属四类环境功能区。本期工程 1℃温升影响范围涉及防城港南部渔业用海区（GX109BⅡ，二类水质保护目标）；在调整方案第三章管控措施中，明确了对于核电项目温升 1℃温排水影响的环境功能区（除排污混合区外）水温执行不低于第三类海水水质标准，其他指标不低于对应环境功能区水质保护目标。本工程温排水影响符合新发布的《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》的要求，厂址近岸海域环境功能区划见图 1.6-2。

c）海洋环境保护规划

根据《防城港市海洋环境保护规划（2016-2025）》，本工程取排水工程及温升影响范围涉及规划中的绿色屏障：白龙尾珊瑚分布区（珊瑚区海水水质、海洋沉积物和海洋生物执行一类标准）；金色海岸：金滩旅游娱乐区、江山半岛旅游娱乐区（海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准）；蓝色粮仓：滩涂增养殖区、浅海增养殖区（海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准），厂址周边海洋环境保护规划见图 1.6-3。本项目建设单位将与防城港市有关部门沟通，协调上述涉及区域的海洋环境保护规划，确保本工程的建设与当地海洋环境保护规划相容。

d）三线一单

广西壮族自治区生态环境厅于 2024 年 8 月 13 日印发的《广西壮族自治区生态环境分区管控动态更新成果（2023 年）》，根据动态更新成果，厂址及工程取排水设施均位于重点管控单元范围内。厂址附近近岸海域环境管控单元分类图见图 1.6-4。

根据广西生态云建设项目准入研判系统网站（广西壮族自治区生态环境厅主

办，基于2023年广西壮族自治区生态环境准入清单数据更新）的管控单元数据，厂址区域位于重点管控单元内，为防城区其他重点管控单元；本工程取水设施位于重点管控单元，为防城港市白龙工矿通信用海区；本工程排水设施位于重点管控单元，为防城港市江山半岛南面排污混合区。

2022年10月，广西壮族自治区“三区三线”划定成果获国家批准，并同意以此作为建设项目用地用海审批依据。根据划定成果，本工程取排水设施及温排水温升影响范围符合“三区三线”划定成果，厂址半径5km范围内涉及1处陆域生态红线，为北部湾水源涵养生态保护红线，位于厂址ENE方位4.7km的万欧村的南部沿岸处。厂址周边的生态红线范围具体分布见图1.6-5。

根据《防城港市国土空间总体规划（2020-2035年）》（批复稿，尚未正式发布），厂址半径15km的生态保护红线见图1.6-6，该规划已纳入了2022年10月广西壮族自治区的“三区三线”的划定成果。

根据《广西2023年度水污染防治工作计划》2023年，全区112个国家考核断面水质优良比例不低于98.2%。防城港市国控断面及区控断面达到Ⅲ类或Ⅱ类水质。根据《广西2023年度大气污染防治工作计划》，2023年，全区空气质量优良天数比例不低于95.8%，细颗粒物（PM2.5）平均浓度不高于27.9μg/m3，重污染天数比例 0.0%。防城港市空气质量优良天数比例不低于 96.8%，细颗粒物（PM2.5）平均浓度不高于25.9μg/m3，重污染天数比例0.0%。本工程建造和运行期间，环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012，2018年修订）中的二级标准）常规大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准。本工程排水受纳水体为海域，运行期生产废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996），生活污水回用。因此本工程符合环境质量底线的要求。本工程为核能发电项目，厂址不占基本农田，循环冷却水采用海水，不开采地下水，符合资源利用上线要求。

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则以及专题报告

1）主要法规、条例

— 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日）

— 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日）

— 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日）

— 《中华人民共和国核安全法》（2018年1月1日）

— 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日）

— 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日）

— 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2022 年 06 月 05 日）

— 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月 29 日）

— 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）

— 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2024 年 1 月 1 日）

— 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 7 月 16 日，国务院令第 682 号）

— 《中华人民共和国土地管理法》（2019.08.26）

— 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002 年 1 月 1 日）

— 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年 3 月 19 日）

— 《广西壮族自治区海洋环境保护条例》（2018 年 9 月 30 日）

— 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年 01 月 01 日）

— 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，2011）

— 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101，2023）

— 《核动力厂设计安全规定》（HAF102，2016）

— 《放射性废物安全监督管理规定》（HAF401，1997）

— 《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号，2019.01.01）

2）技术标准和导则

— 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2003）

— 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）

— 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-1989）

— 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）

— 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）

— 《环境核辐射监测规定》（GB12379-1990）

— 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）

— 《海水水质标准》（GB3097-1997）

— 《声环境质量标准》（GB3096-2008）

— 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）

— 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002，2006 年修订）

— 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）

— 《环境空气质量标准》（GB3095-2012，2018 年修订）

— 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）

— 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）

— 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）

— 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）

— 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）

— 《核电厂应急计划与准备准则—第 1 部分：应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）

— 《核电厂厂址选择中的地震问题》（HAD101/01）

— 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）

— 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）

— 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）

— 《核电厂厂址选择中的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05）

— 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）

— 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）

— 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）

— 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）

— 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01，2019）

— 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）

— 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）

— 《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ 2025-2012）

— 《环境影响评价技术导则　声环境》（HJ2.4-2021）；

— 《环境影响评价技术导则　大气环境》（HJ2.2-2018）；

— 《环境影响评价技术导则　生态影响》（HJ19-2022）

— 《环境影响评价技术导则　输变电》（HJ24-2020）

— 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）

— 《环境影响评价技术导则　核电厂环境影响报告书的格式和内容》

（HJ808-2016）

— 《辐射环境保护管理导则－电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T10.3-1996）

— 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》（HJ969-2018）

3）专题报告

为完成本次环评报告，建设单位根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，针对厂址区域自然条件、人口社会环境、气象条件、大气弥散、水弥散、辐射本底、非放本底、水生生态等方面开展了大量的专题研究，本报告主要依据以下专题成果编制：

— 中山大学编制的《广西白龙核电项目大气扩散风洞试验专题成果报告》（2024.08）

— 中国辐射防护研究院编制的《广西白龙核电辐射环境本底初步调查》（2023.10）

— 中国辐射防护研究院编制的《广西白龙核电 1、2 号机组工程陆生生态调查专题报告》（2024.01）

— 中国辐射防护研究院编制的《广西白龙核电厂可行性研究阶段气象延续观测成果报告》（2024.03）

— 广西华测检测认证有限公司编制的《广西白龙核电项目 1、2 号机组工程陆域环境监测专题本底调查报告（大气、声环境质量）》（2024.05）

— 北京水保生态工程咨询有限公司编制的《广西白龙核电项目一期工程水土保持方案报告书》（2020.09）

— 广西壮族自治区环境保护科学研究院编制的《广西白龙核电项目 1、2 号机组工程环境资料调查报告》（2024.03）

— 浙江国辐环保科技有限公司编制的《广西白龙核电项目 1、2 号机组工程电磁辐射环境现状调查专题报告》（2024.04）

— 生态环境部华南环境科学研究所编制的《广西白龙核电项目厂址邻近海域跟踪调查专题》（2024 年春季调查报告）

— 青岛博研海洋环境科技有限公司编制的《广西白龙核电工程建设期悬浮泥沙和船舶溢油风险及运营期液态流出物数值模拟计算专题报告》

（2022.10）

— 青岛博研海洋环境科技有限公司编制的《广西白龙核电项目三维温排水数值模拟报告》（2022.11）

— 中国辐射防护研究院编制的《广西白龙核电项目温排水、液态流出物物理模型试验专题研究报告》（2024.08）

— 三平环保咨询（北京）有限公司于编制的《广西白龙核电项目一期工程海域使用论证报告书》（2023.03）

1.6.3 已取得的批文

2005 年 3 月 19~20 日，上海核工院编制的《广西核电厂初步可行性研究报告》通过了电力规划设计总院主持的评审，电力规划设计总院出具了《关于广西核电工程初步可行性研究报告的审查意见》（电规发电[2005]161 号），同意本项目所在广西白龙核电厂址为优先候选厂址。

2020 年 5 月 13 日，国家能源局组织召开本工程专家座谈会，研究本工程前期工作相关事宜。会议指出，本工程是未来广西自治区重要的基荷电源和保障电力安全的重要力量，对支持北部湾城市群建设，加快电力结构调整，逐步构建清洁低碳、安全高效的能源体系具有重要意义。本工程已被列入国家《能源发展“十三五”规划》，是广西自治区《基础设施补短板“五网”建设三年大会战》确定的重点建设项目。会议要求，各相关部门和单位应切实统一认识，加强协调配合，为推进本工程前期各项工作提供必要支持。国家能源局于 5 月 22 日印发《关于广西白龙核电项目前期工作专家座谈会的会议纪要》（国能综纪核电[2020]3 号），本工程获得开展前期工作的“路条”。

本工程于 2023 年 10 月 24 日取得《中华人民共和国建设项目用地预审与选址意见书》（用字第 450000202300119 号），本工程建设符合国土空间用途管制要求。

2023 年 6 月 22 日自然资源部办公厅发布《自然资源部办公厅关于广西白龙核电项目一期工程用海预审意见的函》（自然资办函[2023]1187 号），原则同意广西白龙核电项目一期工程用海选址、用海方式、面积和用途。

广西壮族自治区国土资源厅《关于广西白龙核电站建设用地压矿情况的函》（桂矿资[2006]69 号）。经审查，本工程拟用土地范围内无查明的重要矿产资源储量，无矿权设置。2023 年 8 月 2 日广西自然资源厅行政审批办公室批复了本

工程压覆矿产资源情况查询表，确认了本工程用地范围未压覆重要矿产资源。

广西壮族自治区文化和旅游厅 2020 年 10 月 12 日发布了《广西壮族自治区文化和旅游厅关于防城港市白龙核电站项目建设用地范围内有关文物古迹调查的批复》（贵文旅许字[2020]49 号）。项目建设用地虽不涉及连城要塞遗址和友谊关—白龙炮台本体及保护范围，建设单位施工过程中避开其保护范围，且不得在其保护范围内进行相关建设活动。

水利部珠江水利委员会《珠江委关于广西白龙核电一期工程取水许可申请准予水行政许可决定书》（珠许可决[2023]100 号）。根据《中华人民共和国行政许可法》第三十八条第一款、《水行政许可实施办法》第三十二条第一项、《取水许可和水资源费征收管理条例》等有关规定，提出的申请符合法定条件。经研究，批准本工程的取水申请。

水利部《广西白龙核电项目一期工程水土保持方案审批准予行政许可决定书》（水许可决[2020]76 号）。水利部于 2020 年 11 月 6 日受理中电投广西核电有限公司提交的本工程水土保持方案审批申请（国家电投桂核[2020]52 号）。经审查，该申请符合法定条件，根据《中华人民共和国行政许可法》第三十八条第一款、《水行政许可实施办法》第三十二条第一项，决定准予行政许可。

2023 年 4 月 26 日，农业农村部渔业渔政管理局回函关于《广西白龙核电项目一期工程对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》的意见（农渔资环便[2023]87 号），原则同意专题报告的主要结论及渔业资源保护和补偿措施。

防城港市生态环境局以《关于对广西白龙核电项目环境影响评价执行标准的复函》（防环函[2020]141 号），批复了广西白龙核电项目环境影响评价执行标准，具体见执行标准见 1.7 节。

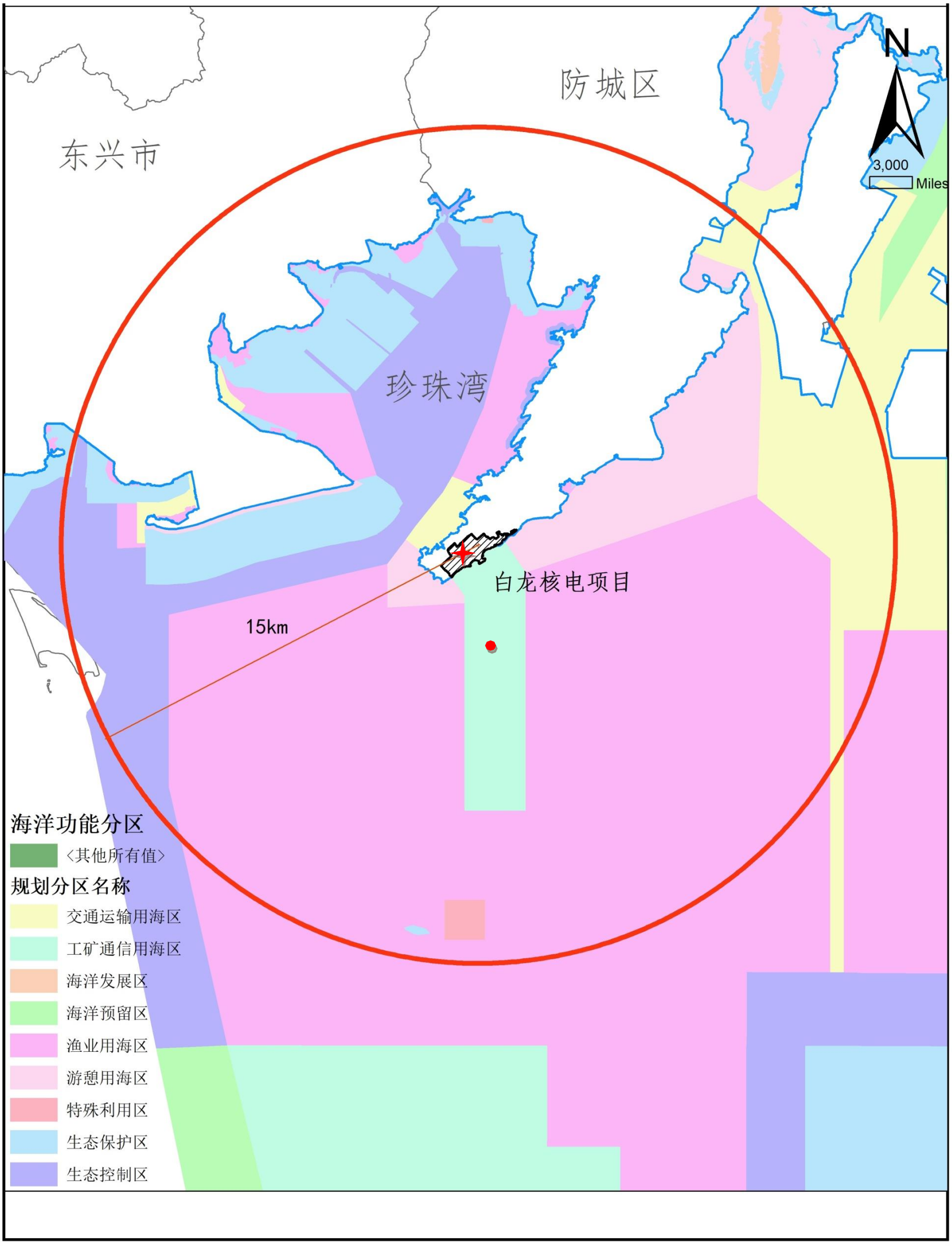
广西壮族自治区人民政府以《广西壮族自治区人民政府关于同意划定广西白龙核电厂规划限制区范围的批复》（桂政函[2023]18 号）同意以广西白龙核电项目 1-6 号机组反应堆为圆心，半径 5 公里范围区域划定为规划限制区。

防城港市人民政府于 2023 年 2 月 25 日以《防城港市人民政府关于广西白龙核电厂 800 米非居住区设置意见的函》批复同意了白龙核电厂非居住区的设置。

生态环境部《关于广西白龙核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复》（环审[2023]58 号）。生态环境部于 2023 年 6 月 25 日发布了广西白龙

核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复，同意中电投广西核电有限公司按照环境影响报告书所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。

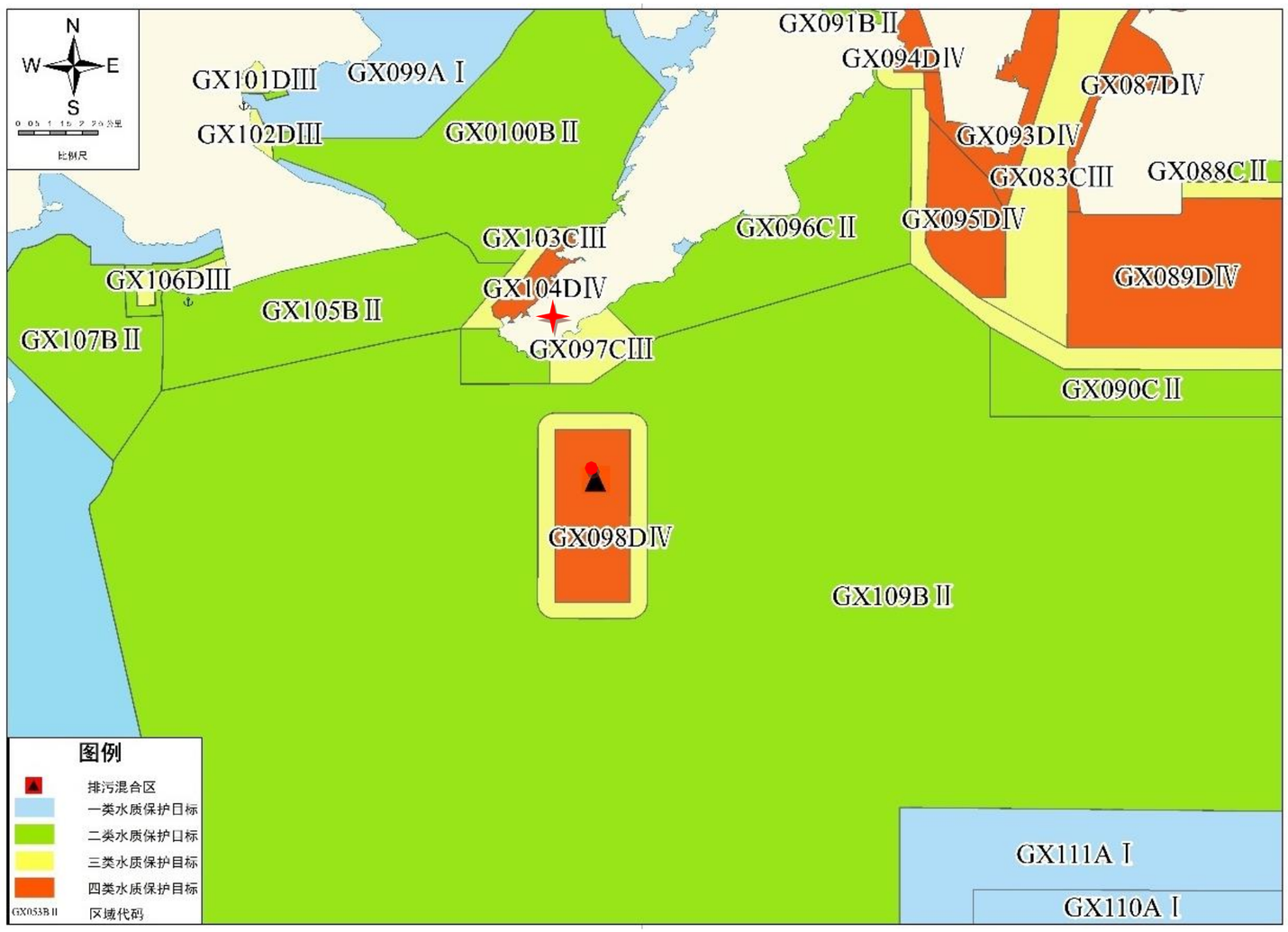
电力规划设计总院、电力规划总院有限公司《关于广西白龙核电项目 1、2 号机组工程可行性研究报告的审查意见》（电规发电[2023]386 号）。电力规划设计总院、电力规划总院有限公司于 2023 年 6 月 30 日发布了广西白龙核电厂 1、2 号机组可行性研究报告的审查意见，原则同意设计单位编制的本工程可行性研究报告。



为厂址位置 为排水口位置

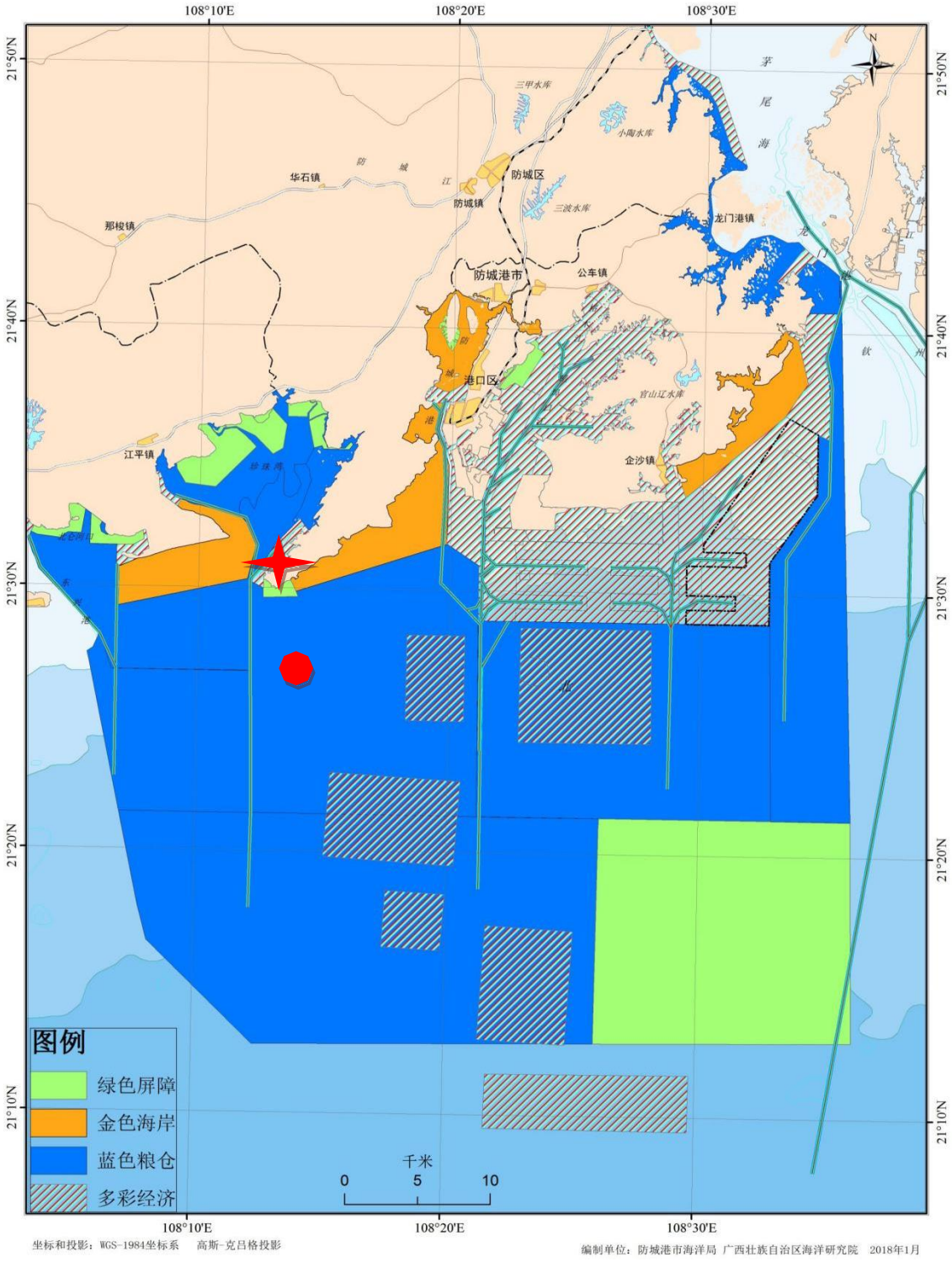
图 1.6-1　厂址附近海域海洋功能区划示意图

（《防城港市国土空间总体规划（2021-2035 年）》批复稿）



为厂址位置 为排水口位置

图 1.6-2　厂址近岸海域环境功能区划



为厂址位置　为排水口位置

图 1.6-3　厂址周边海洋环境保护规划



图 1.6-4　厂址附近近岸海域环境管控单元分类图

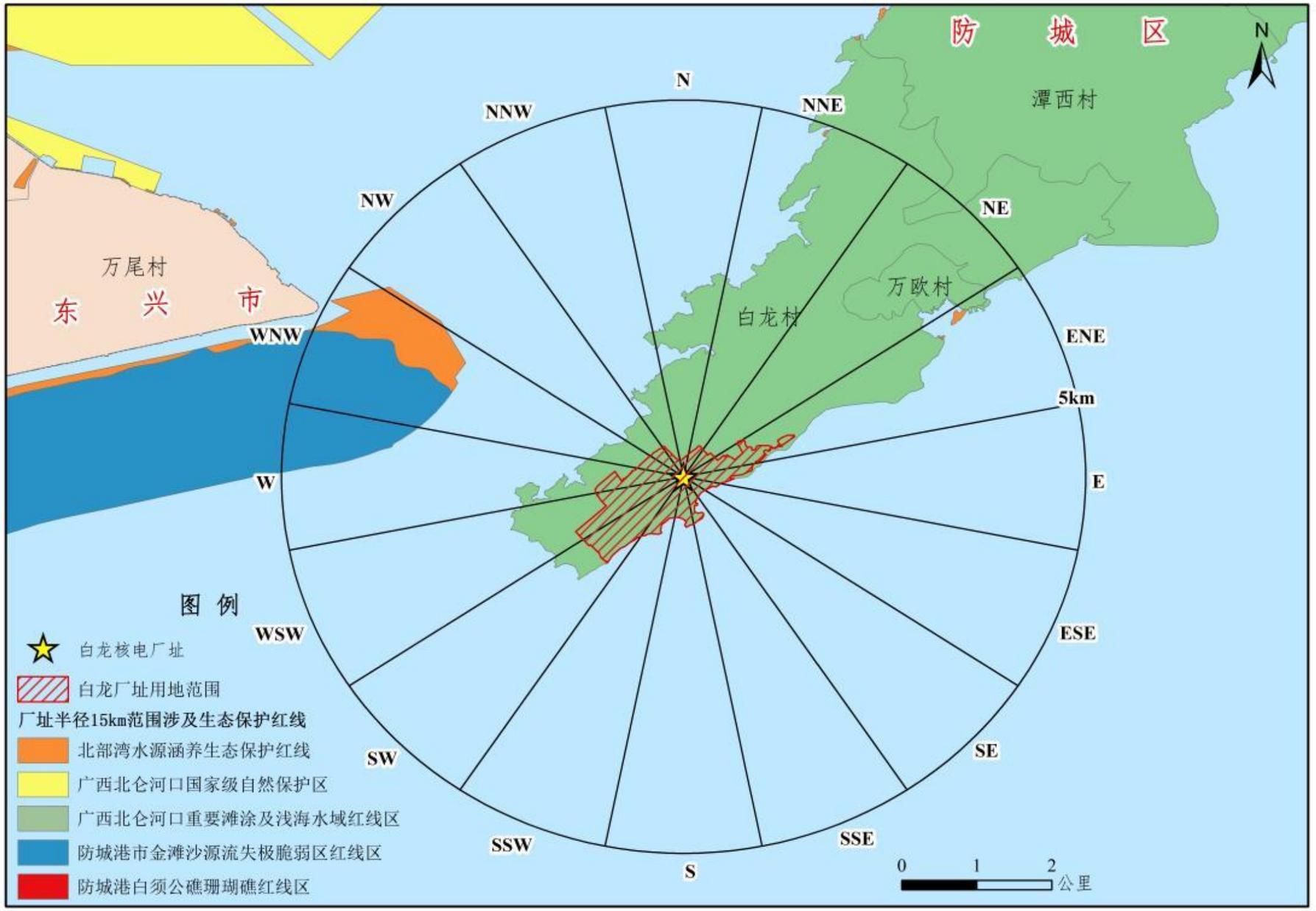


图 1.6-5a　厂址周边生态红线分布（5km）（广西壮族自治区“三区三线”划定成果）

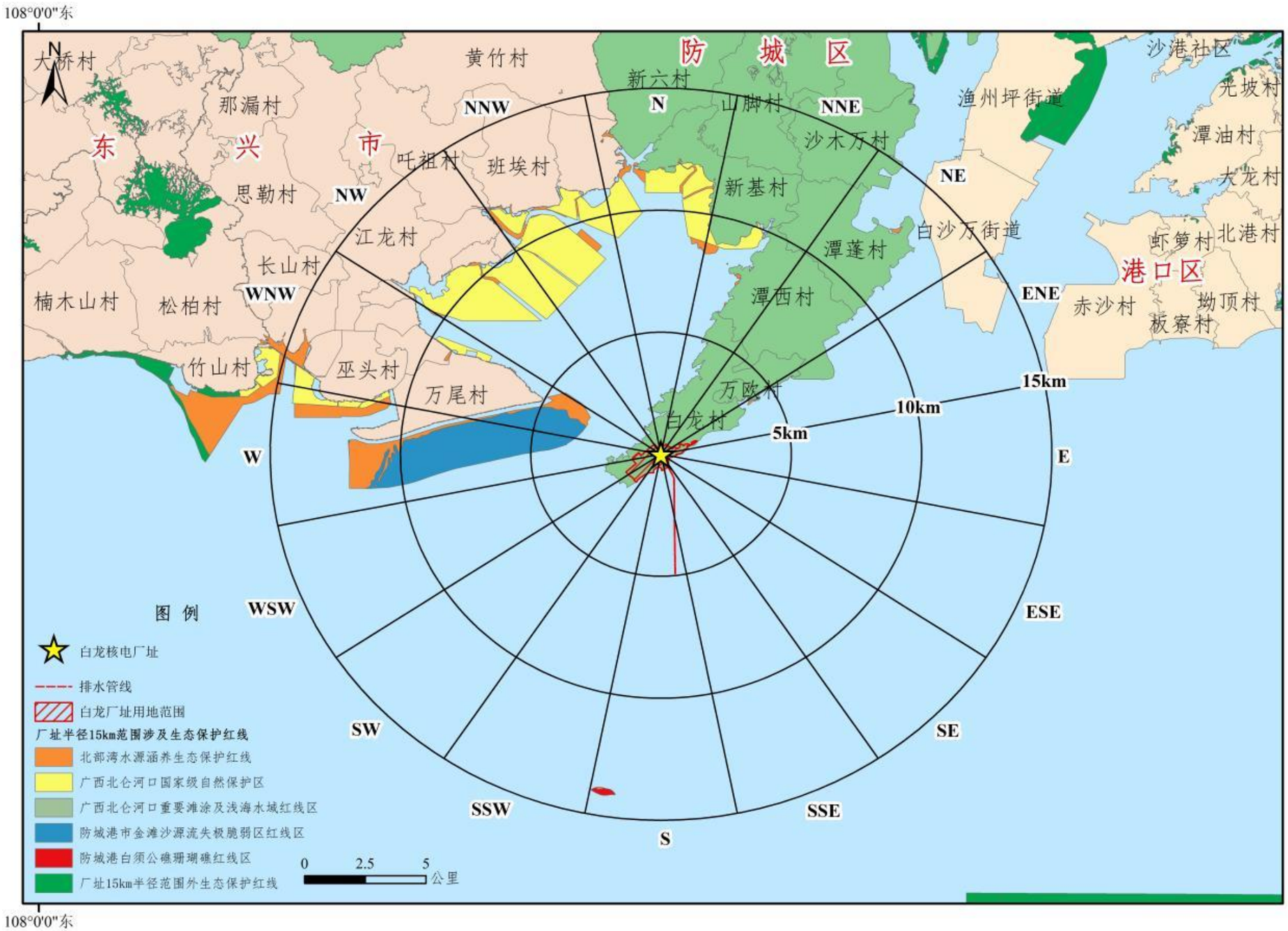


图 1.6-5b　厂址周边生态红线分布（15km）（广西壮族自治区“三区三线”划定成果）



图 1.6-6　厂址半径 15km 范围内生态红线分布

（《防城港市国土空间总体规划（2021-2035 年）》批复稿）

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响的评价标准

1）正常运行状态（包括预计运行事件）的剂量约束值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）6.1 条款的规定，任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值。本工程所在厂址规划建设 2 台 CAP1000 机组和 4 台国和一号核电机组，本工程计划建设 2 台 CAP1000 机组。为了给后续机组建设留有余地，按装机容量分配剂量，按照 CAP1000 机组额定电功率约为 1250MWe，国和一号核电机组额定电功率约为 1500MWe，按照电功率比例估算本工程两台 CAP1000 机组向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量将＜0.0735mSv/a 作为本工程的剂量约束值。

2）事故状态下的剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）7.2 条款的规定，在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下；在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

3）液态流出物排放口的浓度

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定：对于滨海厂址，槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L。

4）海水中的放射性核素浓度

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，广西白龙核电厂运行期间受纳水体海水中的放射性核素浓度控制值为：

— ^{60}Co：0.03Bq/L

— ^{90}Sr：4.0Bq/L

— ^{134}Cs：0.6Bq/L

— ^{137}Cs：0.7Bq/L

— ^{106}Ru：0.2Bq/L

5）年排放量控制值

本厂址规划 2 台 CAP1000 核电机组和 4 台 CAP1400 核电机组，根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）6.4 条款的规定，对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在 6.2 条款规定值的 4 倍以内。按照 GB6249-2011 规定的全厂址年排放总量限值的 1/3 作为本工程的年排放量控制值。本工程在正常运行工况下气载流出物和液态流出物的设计排放量见表 1.7-1。由表 1.7-1 可见，本工程 2 台 CAP1000 核电机组流出物均低于 GB6249-2011 第 6.4 条款的规定限值及本工程的年排放量控制值。

1.7.2　非辐射环境影响的评价标准

根据防城港市生态环境局《关于对广西白龙核电项目环境影响评价执行标准的复函》（防环函[2020]141 号），对非放射性有关的环评执行标准如下：

1）空气、水、噪声执行标准

a）环境空气质量

本工程建造和运行期间，环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012，2018 年修订）中的二级标准。

b）大气污染物排放

本工程建造和运行期间，常规大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准。

c）废水

施工期和运营期生活污水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准，常规生产废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

实际：施工期生活污水外运（生活污水处理设施建成后，管网接收范围内的生活污水经处理后回用）。施工废水回用、运营期生活废水回用。生产废水（含冷试、热试期间产生的废水）处理达标排放。

d）噪声

本工程建造和运行期间，声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的2类标准。

本工程施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），昼间70dB（A）、夜间55dB（A）；运行期的厂界噪声执行《工业企业厂界环境

噪声排放标准》（GB12348-2008）中的2类标准：昼间60dB（A）、夜间50dB（A）。

f）固体废物

实际情况：

施工期生活垃圾分类堆放，及时清理，外运收集处理。固体废物委托有资质单位填埋处理。危废按特性分类堆放，由供应商回收或委托有资质单位外运处理。

运营期设有垃圾中转站来临时储存，由市政环卫定期清理。固体废将在固体废物库进行贮存，外运处理。危废收集后临时贮存在危险废物贮存设施中，定期委托有资质的单位外运处置。

2）电磁辐射

本工程建造和运行期间，电磁辐射的环境影响执行《环境影响评价技术导则输变电》（HJ24-2020）和《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的相关限值：

— 工频电场限值：4kV/m；

— 工频磁场限值：0.1mT。

表 1.7-1　广西白龙核电项目 1~2 号核电机组正常运行工况下的排放量　单位：Bq/a

项目 \ 设计值	气载流出物					液态流出物		
	惰性气体	碘	粒子（$T_{1/2}$　8d）	碳 14	氚	氚	碳 14	其余核素
本工程单台机组设计排放量	1.66E+14	6.76E+09	1.29E+10	3.94E+11	5.01E+12	4.51E+13	4.38E+10	1.13E+10
GB6249-2011 规定（单台，功率调整后）	6.80E+14	2.27E+10	5.67E+10	7.93E+11	1.70E+13	8.50E+13	1.70E+11	5.67E+10
本工程 2 台机组设计排放量	3.32E+14	1.35E+10	2.58E+10	7.88E+11	1.00E+13	9.02E+13	8.76E+10	2.26E+10
本工程放射性流出物年排放量控制值	8.00E+14	2.67E+10	6.67E+10	9.33E+11	2.00E+13	1.00E+14	2.00E+11	6.67E+10
GB6249-2011 规定（厂址）*	2.40E+15	8.00E+10	2.00E+11	2.80E+12	6.00E+13	3.00E+14	6.00E+11	2.00E+11
本工程 2 台机组设计排放量占 GB6249-2011 控制值的比例（%）	13.83%	16.88%	12.90%	28.14%	16.67%	30.07%	14.60%	11.30%

注：*《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）6.4 条款的规定，对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在 6.2 条款规定值的 4 倍以内。

1.8 工程组成

本工程的主体工程主要由主厂房区、放射性辅助生产设施、配电装置区、循环冷却水相关设施、水处理相关设施、气体贮存和分配设施、维修设施与仓库、废（污）水处理设施、实物保护系统、厂前建筑区等物项组成。

配套工程主要包括进厂道路、应急道路、供水管线、500kV 送出线路工程、220kV 备用电源线路工程、用海工程、大件码头等。用海工程、大件码头相关分析和结论见本报告第 5 章和第 6 章。

进场道路、应急道路、供水管线、500kV 送出线路工程、220kV 备用电源线路工程等配套工程将单独开展环境影响评价工作。进展如下：

1）进场道路、应急道路：正在开展勘察、测绘和设计工作，后续将开展环评登记工作；

2）厂外淡水管线：已完成可研报告编制，正在开展勘察设计工作，环评报告正在编制中；

3）220kV 备用电源线路：正在编制 220kV 的接入系统方案，后续将组织评审和开展环评工作。

4）500kV 送出线路工程：线路的环评和建设后续将由电网负责。

1.9 环境保护措施

为了尽可能减少本工程运行过程中对环境的影响，本工程采取一系列的环境保护措施。

对于放射性污染物，本工程配置有放射性液体废物处理系统（WLS）、放射性气体废物处理系统（WGS）、放射性固体废物处理系统（WSS）、乏燃料贮存系统、废物减容处理中心（CVRF）。放射性液体废物处理系统（WLS）用于控制、收集、处理、输送、贮存和处置正常运行及预期运行事件下产生的放射性废液，并可控制地向环境排放。处理后的废液放射性水平和年排放总量符合国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的限值。放射性气体废物处理系统（WGS）的主要功能是接收系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体，并对其进行处理和排放，使电厂气载放射性释放量低于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的限值。放射性固体废物处理系统（WSS）用于收集和暂存正常运行以及预期运行事件产生的废树脂、深床过滤器过滤介质、

活性炭、废（水）过滤器滤芯、放射性干废物和混合固体废物。乏燃料贮存系统贮存设施包括乏燃料贮存水池和乏燃料贮存格架，反应堆换料时从堆芯卸出的乏燃料组件贮存在核岛辅助厂房的乏燃料贮存水池的乏燃料贮存格架内，采用水下密集型布置方式。废物减容处理中心（CVRF）是一个集中式放射性废物处理设施，位于核岛BOP区域。它作为核岛三废处理系统的补充，提供完整、适宜的手段来处理核岛产生但无法直接处理的放射性废液与放射性固体废物。经该设施处理后的废物均采用统一包装容器（200L钢桶）进行包装，并送往设施内的废物暂存库进行暂存。

对于非放污染物，本工程采取了一系列环保措施。在本工程核岛厂房非控制区及厂区附属、辅助区产生的非放射性固体生活垃圾应按规定收集暂存并送到指定的垃圾场处理。本工程运行期间产生的生产废水处理达标后排放，生活污水处理达标后回用，产生的危险废物（主要包括废油、废油漆、废涂料等）在危险废物贮存设施内存放。

本项目计划建立全面完善的核安全体系和核应急体系。

本项目计划配备流出物监测设施和环境监测设施，监测方式包括在线连续监测和取样监测。

采取上述生态环境保护措施后，本工程产生的各类污染物均能得到有效的控制，满足生态环保要求。

1.10 评价范围

本次评价中，辐射环境影响评价范围为以本工程 1 号反应堆为中心，半径 80km 范围内的区域，包括气态和液态流出物排放对半径 80km 范围内公众的辐射影响。

对于非辐射环境影响评价：

- 大气

本工程的环境空气评价范围包括施工厂界和有关敏感点。主要关注本工程施工期废气无组织排放影响。

- 海水

海水评价范围为排水温升 1℃以上影响区域范围及液态流出物排放后经稀释

水质达标范围。重点考虑取排水口附近海域及相关功能区的管理要求，以及环境敏感目标的生态环保要求。

- 噪声

本次评价范围为厂址边界向外 200m 范围以及厂址周边的环境敏感点。

- 电磁辐射

根据《环境影响评价技术导则输变电工程》（HJ24-2020），电磁环境评价范围为本工程 220kV 开关站界外 40m 范围和架空线路边导线地面投影外两侧各 40m 范围，以及 500kV 开关站界外 50m 范围和架空线路边导线地面投影外两侧各 50m 范围。厂内地下电缆管廊两侧边缘外 5m。

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

根据生态环境部《关于广西白龙核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复》（环审[2023]58 号），本工程在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作：

1）持续做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。

2）落实相关环境保护措施和环境监测方案，加强施工期间的环境管理。

3）采取积极有效措施，明确本工程低水平放射性固体废物的去向。

针对上述要求，本工程落实情况如下：

1）本工程将根据《环境影响评价公众参与办法》，积极做好公众宣传和公众参与工作。

2）本工程将严格落实相关环境保护措施和环境监测方案，加强施工期间的环境管理，开展施工期陆域、海域环境监测工作，确保施工期环境影响在可接受范围内，具体见本报告第五章。

3）本工程建设单位论证了本工程低放固体废物的去向，具体见本报告第四章。

第二章　厂址与环境

2.1　厂址地理位置

2.1.1　厂址位置

本工程所在厂址位于广西壮族自治区防城港市防城区江山镇白龙村，地处江山半岛的南端，厂址东、南、西三侧临北部湾海域，属滨海厂址，厂址北距防城港市江山镇约14.9km，东北距防城港市区约24.7km。厂址地理位置见图2.1-1。

厂址与中越北部湾海域分界线的最近距离约11.0km，厂址西侧隔海约16.1km为越南茶古岛，约26.0km为越南广宁省芒街镇，厂址与越南领土及北部湾中越分界线的相对位置见图2.1-2。

本工程所在厂址规划建设六台百万千瓦核电机组，一次规划、分期实施，本工程为一期工程，建设2台CAP1000压水堆核电机组。

2.1.2　厂址边界、非居住区和规划限制区

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的要求，必须在核动力厂周围设置非居住区和规划限制区。

厂址非居住区范围为距1、2号核岛16个方位800m的包络范围，其确定依据为：基于各类设计基准事故的放射性后果分析，非居住区边界上的公众所受剂量皆符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中的限值要求（详见7.1节）。防城港市人民政府于2023年2月25日以《防城港市人民政府关于广西白龙核电厂800米非居住区设置意见的函》批复同意了本工程非居住区的设置。

非居住区范围内涉及少部分水域，根据《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发[2023]9号），该部分水域被划为三类环境功能区，为工业用海。

根据国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，非居住区内严禁有常住居民，由核动力厂的营运单位对这一区域行使有效的控制，包括任何个人和财产从该区域撤离；公路、铁路、水路可以穿过该区域，但不得干扰核动力厂的正常运行；在事故情况下，可以做出适当和有效的安排，管制交通，以保证工作人员和居民的安全。

规划限制区为距各核岛16个方位5km范围的包络范围，其确定依据为：基于各类设计基准事故的放射性后果分析，规划限制区边界上的公众所受剂量皆符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中的限值要求（详见7.1节）。

规划限制区内必须限制人口的机械增长，对该区域内的新建和扩建的项目应加以引导或限制，以考虑事故应急状态下采取适当防护措施的可能性。广西壮族自治区人民政府以《广西壮族自治区人民政府关于同意划定广西白龙核电厂规划限制区范围的批复》（桂政函[2023]18号）同意以广西白龙核电厂1-6号机组反应堆为圆心，半径5公里范围区域划定为规划限制区。

图2.1-3与图2.1-4分别给出了非居住区边界和规划限制区边界示意图，其中，厂区征地边界即厂区边界。

厂址半径5km范围内无万人以上乡镇。

本工程厂区总用地面积约为219公顷（六台机组，用地面积不包括取排水工程、大件码头、气象站、环境监测站等），其中拟征地面积约157公顷，拟租地约62公顷。厂区用地范围内无工业、商业和矿产资源，也无公共娱乐设施、无名胜古迹及风景旅游区。

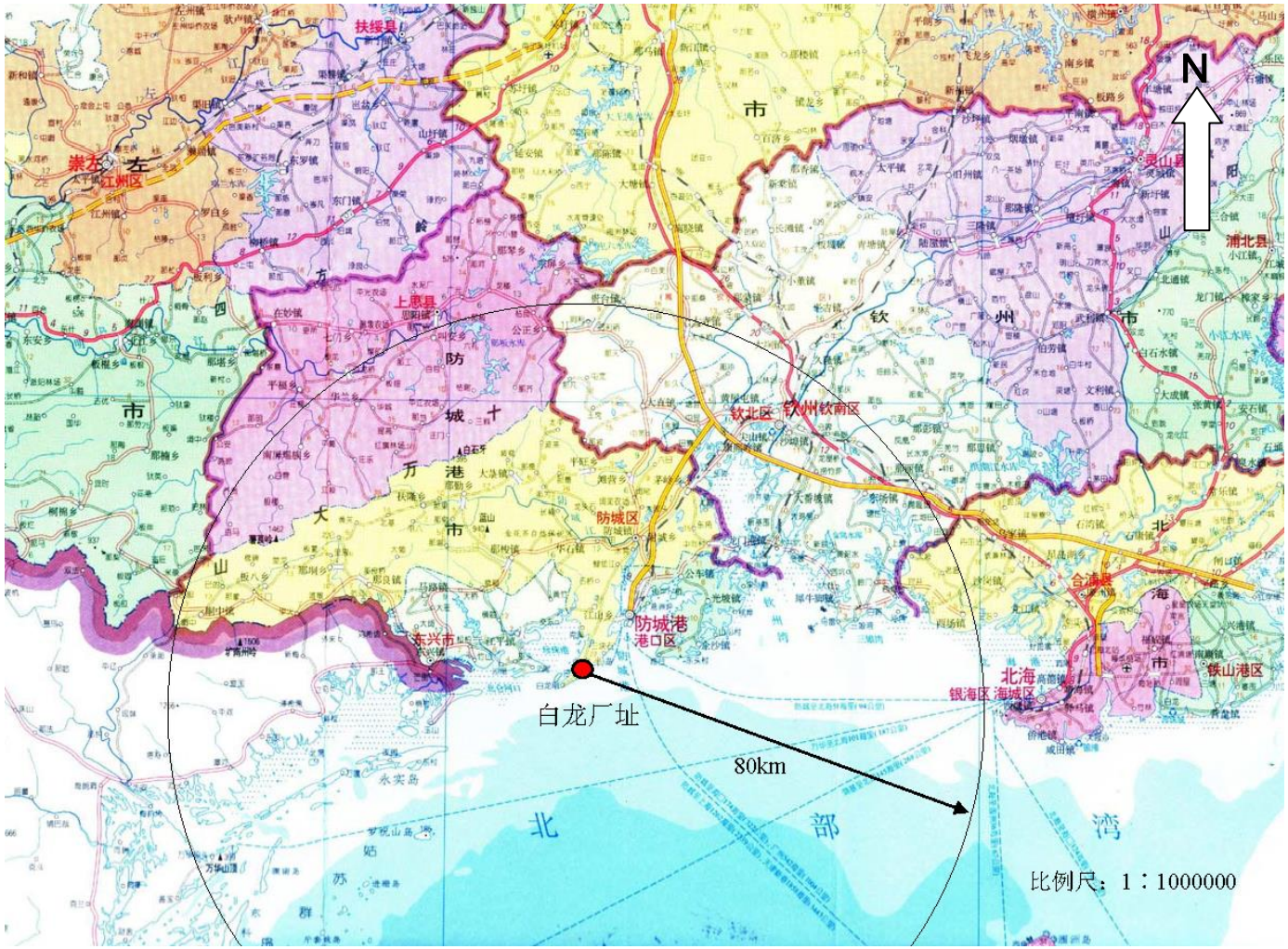


图2.1-1　厂址地理位置图

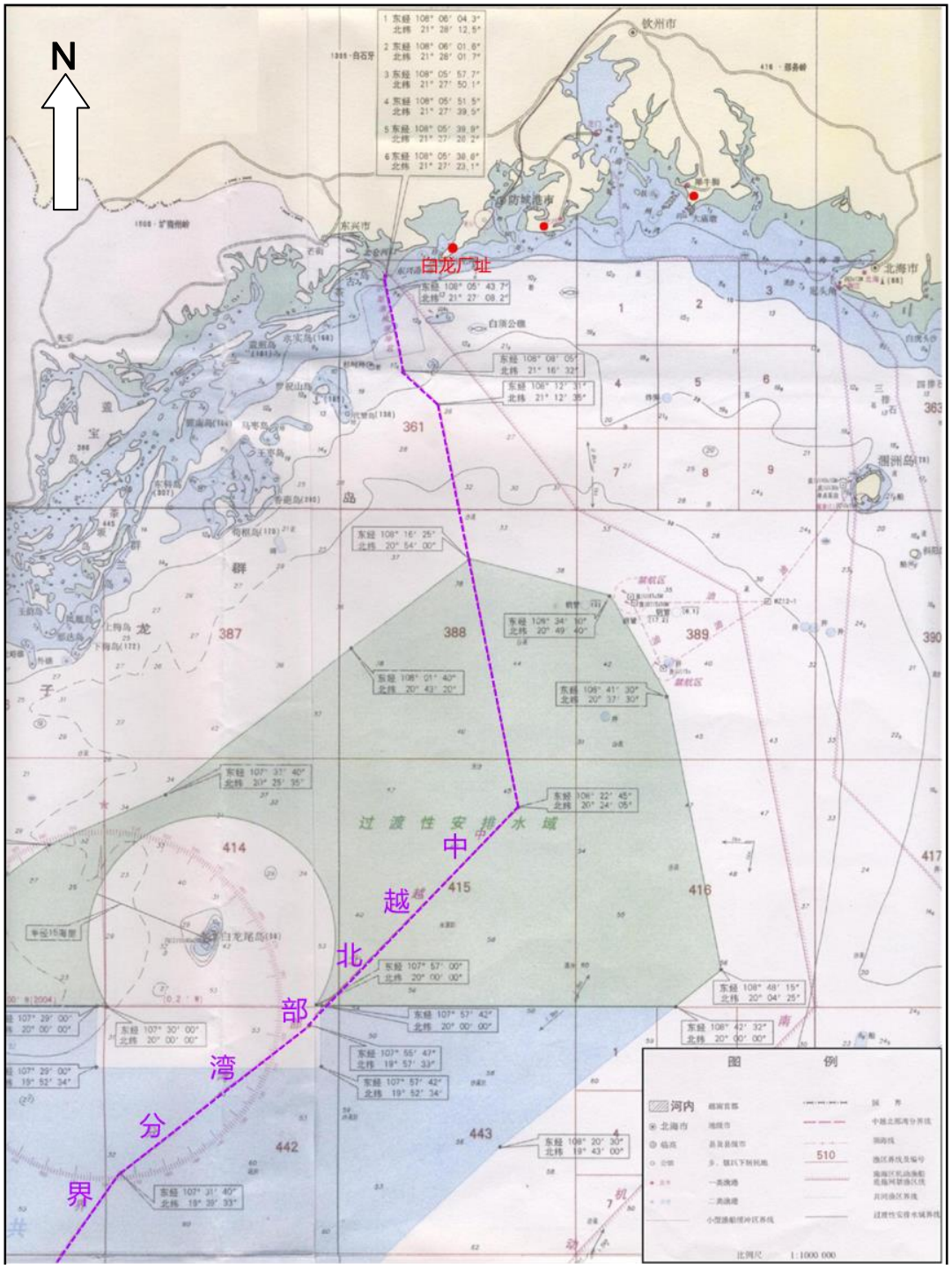


图2.1-2　厂址与越南领土及北部湾中越分界线的相对位置图

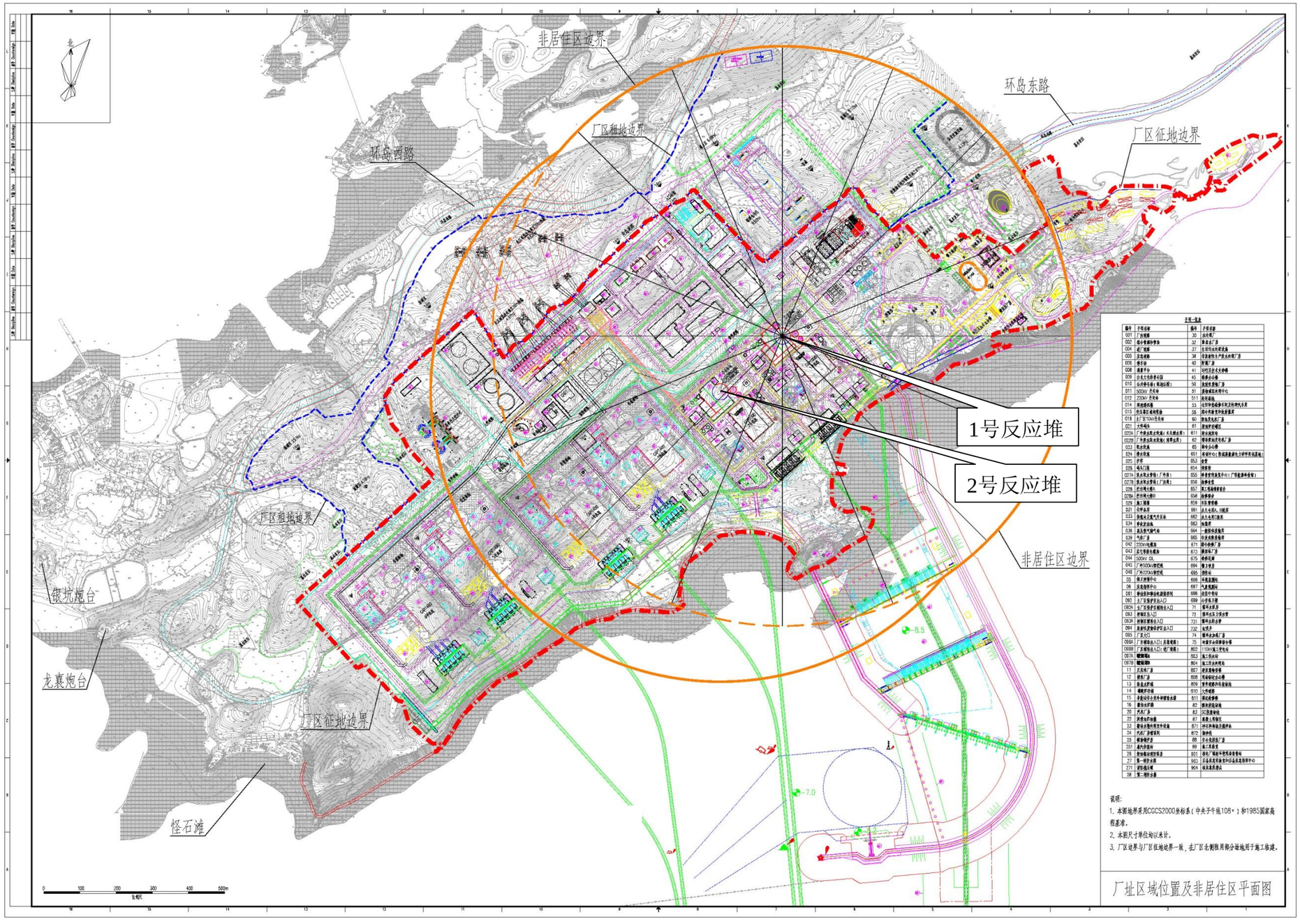


图2.1-3　非居住区边界示意图

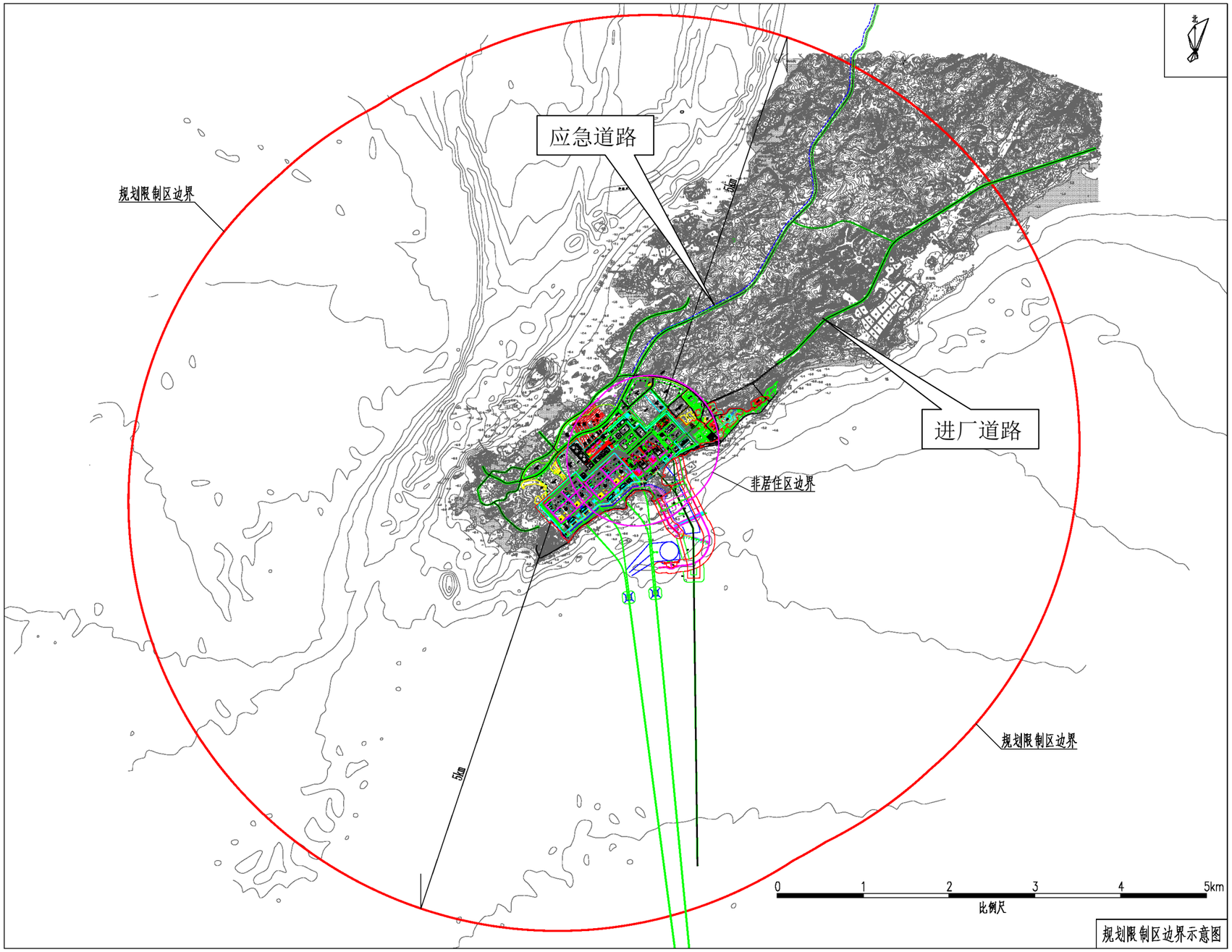


图2.1-4　规划限制区边界示意图

2.2 人口分布和饮食习惯

厂址半径80km范围内人口资料收集和统计的基准为2022年度，以当地政府有关部门的正式统计资料为准。其中，厂址半径5km范围内居民点和自然村的人口数据通过实地走访并结合各乡镇派出所提供的本次调查时的人口数据获得。

本报告评价区域为以本工程1号反应堆为中心半径80km范围，并以1号反应堆为中心划分半径为1，2，3，5，10，20，30，40，50，60，70，80km的同心圆，轴向的罗盘方位为扇形区中心线，划分为16个方位，共192个子区。

厂址半径5km范围的居民食谱调查，采用入户询问和发放调查表的方式及取样统计等方法。

2.2.1 厂址半径15km范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径5km范围内人口分布

1）人口现状

搬迁完成后，厂址半径5km范围内共有7个自然村，共有人口（常住人口，下同）2715人，平均陆域人口密度143人/km^2。离厂址最近的自然村为横港，位于厂址NNW方位约1.3km处，有人口144人。搬迁完成后的厂址半径5km范围内的自然村分布见表2.2-1和图2.2-1。

厂址半径5km范围内无万人以上乡镇。

2）暂住人口与流动人口

暂住人口按公安局发放暂住证的人数统计，流动人口主要涉及旅游游客。流动人口按景点日高峰游客数据统计。

厂址半径5km范围内暂住人口的主要活动位置为江山镇白龙村和万欧村，白龙村2022年共有流入人口39人，其中居住期超过半年人数为35人，低于半年人数为4人，上述人口主要从事经商、务工、水产养殖等活动；流出人口约200人，主要从事经商、务工等，主要流向珠三角地区、防城港市及东兴市区；人口流动高峰期出现在春节前后及下半年休渔期结束期间。万欧村2022年共有流入人口6人，其中居住期超过半年人数为5人，低于半年人数为1人，上述人口主要从事经商、务工、水产养殖活动；流出人口约50人，主要从事经商、务工等，主要流向珠三角地区、防城港市及东兴市区；人口流动高峰期出现在春节前后及下半年休渔期结束期间。厂址半径5km范围内流入及流出人口统计结果见表2.2-2与表2.2-3。

厂址半径 5km 范围内的景点涉及江山半岛省级旅游度假区的珍珠湾（厂址 1

号反应堆 NNE 方位约 1.3km 处）、怪石滩（厂址 1 号反应堆 SW 方位约 1.8km 处，厂区边界附近）和白沙湾（厂址 1 号反应堆 ENE 方位约 2.6km 处）；京岛省级旅游度假区的京岛金滩（厂址 1 号反应堆 WNW 方位约 5.0km 处）。其中，珍珠湾、怪石滩、白沙湾的日高峰人数在 2900 人次左右，京岛金滩的日高峰人数在 2.5 万人次左右。此外，厂址半径 5km 范围还涉及国家级文物白龙炮台（最近位于厂址 W 方位 1.6km 处），白龙炮台也涉及少量游客。

根据《防城港市“十四五”文化和旅游发展规划》，厂址半径 5km 范围内存在 1 处旅游项目规划，为白沙湾国际自然医学度假区，其边界距离厂址 1 号反应堆最近距离约 2.6km，位于 ENE 方位。

根据《广西壮族自治区发展和改革委员会关于反馈白沙湾国际自然医学度假区（一期）项目意见的函》（广西壮族自治区发展和改革委员会，2023 年 1 月 3 日），该项目位于防城港市江山半岛白沙湾及周边区域，主要建设内容包括：金花岛（国际自然医学岛）、盐海漂浮岛、盐疗国际度假酒店、金花湾度假酒店、金叶水屋、金湾水街、金湾海岸、金花湾广场、国际医学人才公寓、白沙湾国际度假酒店以及度假区景观、道路、绿化等公用设施配套。拟建设的项目主要为商业和文旅项目，不涉及商品住宅项目。

根据《广西旅游发展集团关于白沙湾国际自然医学度假区（一期）项目有关情况的说明》（广西旅游发展集团，2022 年 12 月 28 日），该度假区规划建设项目主要为经营性商业项目，不具备常住人口落户条件，日均游客接待量预计为 2000 人次，不会造成区域常住人口机械增长。

在制定和实施核应急方案时需对上述厂址附近的旅游游客进行考虑。厂址周边景区旅游人口见表 2.2-4。

3）人口规划

厂址半径5km范围内具有3个千人以上村镇规划，分别为白龙村、万欧湾组团、口岸小镇，白龙村和万欧湾组团规划为重点居住组团。

厂址半径5km范围内的人口机械增长情况与趋势如下：

白龙村规划人口规模6290人（位于厂址NNE方位约2.6km处，主要涉及白龙行政村，现有人口3068人），规划职能为旅游度假区；万欧湾组团规划人口规模8300人（位于厂址NE方位约4.9km处，主要涉及万欧村以及白龙行政村的白沙与万欧自然村，现有人口898人），规划职能为旅游度假区；口岸小镇规划人口规

模3200人，规划人口的来源主要为安置和外迁入人口，规划职能为旅游度假区。厂址半径5km范围内人口规划中无万人以上村镇规划。厂址半径5km范围内千人以上具体村镇规划情况见表2.2-5。

本项目营运单位将积极与当地主管部门沟通协调，将本项目的建设纳入当地规划，开发以核能为主的智慧能源综合利用项目，形成能够使核电产业与当地既有规划产业协同发展的江山半岛发展规划，使本项目与地方旅游发展深度融合，相互促进，共同发展。

4）与选址阶段对比

2022年厂址半径5km范围内人口（2715人）相比选址阶段2018年人口（3156人）减少了441人；厂址附近自然村搬迁会导致自然村数量的减少。厂址半径5km范围内无万人以上村镇规划，且从人口数量的变化反映出规划限制区内人口增长管理的有效性。厂址半径5km范围内无疗养院、敬老院、医疗设施，主要公共设施为学校（1所小学，2所幼儿园，师生共415人），相比选址阶段（1所小学，2所幼儿园，师生共359人）的公共设施规模及对应人口数量无明显变化。

综上分析，相比选址阶段，本阶段厂址半径5km范围内的人口情况与公共设施规模无明显变化。

2.2.1.2　厂址半径10km范围特殊人群分布

厂址半径 10km 范围内不存在 10 万人以上城镇。

1）监狱

厂址半径 10km 范围内不涉及监狱。

2）疗养院、敬老院

厂址半径 10km 范围内现有 1 所敬老院，为位于厂址 WNW 方位 7.1km 处的万尾五保村养老院，最大容纳人数 10 人，目前已入住 4 人，工作人员共 3 人。

3）学校设施

厂址半径 10km 范围内有小学 2 所，中学 2 所，共有学生 1741 人。厂址半径 5km 范围内仅有 1 所学校，为位于厂址 NE 方位 2.7km 处的防城区江山镇白龙小学，共有学生人数 238 人，教职工人数 13 人。厂址半径 10km 范围内学生人数最多的学校为位于厂址 WNW 方位约 7.3km 处的东兴市京族学校，共有学生 673 人，教职工人数 79 人。

厂址半径 10km 范围内共有 2 所幼儿园，共有在园儿童 143 人，教职工 21

人。分别是厂址 NE 方位 2.6km 处的白龙村新星幼儿园，目前在园儿童 98 人，教职工 11 人，以及厂址 NE 方位 5.0km 处的白龙村万欧尾新乐幼儿园，现有在园儿童 45 人，教职工 10 人。

厂址周边学校及幼儿园情况具体见表 2.2-6。

4）医疗设施

厂址半径 10km 范围内未涉及医院。距离厂址最近的医院为位于厂址 NW 方位约 13.5km 处的东兴市江平中心卫生院，共有床位 60 张，医务人员 141 人。

厂址附近的二级以上医院共有 14 所，二级医院有 11 所，距厂址最近的二级医院为位于厂址 NE 方位约 15.0km 处的防城港市第一人民医院分院，有床位 310 张，医务人员 130 人。距厂址最近的三级医院为位于厂址 NNE 方位约 30.5km 处的防城港市中医医院，有床位 500 张，医务人员 1059 人。具体情况见表 2.2-7。

5）企事业单位

厂址半径 10km 范围内不涉及大型企事业单位。

6）与选址阶段对比

相比选址阶段厂址半径 10km 范围内的学校、敬老院、医疗设施等公共设施规模无明显变化。

2.2.1.3　厂址半径10km范围的人口规划

厂址半径10km范围内万人以上具体城镇规划见表2.2-8。

厂址半径10km范围内具有2个万人以上城镇规划，分别为福海湾组团、白浪滩组团。

厂址半径10km范围内的人口机械增长情况与趋势如下：

白浪滩组团2030年规划人口目标为2.18万人（位于厂址ENE方位约7.5km处，主要涉及潭西行政村以及白龙行政村部分人口），规划职能为旅游度假区。福海湾组团（位于厂址NE方位约9.6km处，主要涉及潭蓬行政村部分人口）2030年规划人口目标为1.28万人，规划职能为旅游度假区。上述组团皆位于厂址NE方位及ENE方位5-10km子区内，现有人口2851人。

厂址10km范围内人口规划不涉及10万人以上规划。

2.2.1.4　厂址半径15km范围内的人口分布

1）人口现状

厂址半径15km范围内千人以上行政村分布详见表2.2-9及图2.2-2。厂址半径

15km范围涉及江山镇、江平镇、白沙万街道3个乡镇、街道20个行政村，共有人口52028人，陆域面积为215km^2，平均人口密度为242人/km^2。距厂址最近的行政村为位于厂址NNE方位约2.6km处的白龙村，2022年底共有人口3068人。人口最多的行政村为江龙村，位于厂址NW方位约13.0km处，2022年底共有人口9569人。

2）暂住人口与流动人口

暂住人口按公安局发放暂住证的人数统计，流动人口主要涉及旅游游客。流动人口按景点日高峰游客数据统计。

厂址半径 15km 范围内暂住人口主要活动位置为江山镇和江平镇，江山镇 2022 年共有流入人口 376 人，其中居住期超过半年人数为 337 人，低于半年人数为 39 人，上述人口主要从事经商、务工、水产养殖等活动；流出人口约 5000 人，主要从事经商、务工等，主要流向珠三角地区、防城港市及东兴市区；人口流动高峰期出现在春节前后及下半年休渔期结束期间。江平镇 2022 年共有流入人口 226 人，其中居住期超过半年人数为 207 人，低于半年人数为 19 人，上述人口主要从事经商、务工、水产养殖等活动；流出人口 10000 人，主要从事经商、务工等，主要流向珠三角地区、防城港市及东兴市区；人口流动高峰期出现在春节前后及下半年休渔期结束期间。厂址半径 15km 范围内流入及流出人口分布见表 2.2-10 与表 2.2-11。

厂址半径 15km 范围内的景点涉及江山半岛省级旅游度假区以及京岛省级旅游度假区。其中，江山半岛旅游度假区涉及景点包括珍珠湾（厂址 1 号反应堆 NNE 方位约 1.3km 处）、怪石滩（厂址 1 号反应堆 SW 方位约 1.8km 处，厂区边界附近）、白沙湾（厂址 1 号反应堆 ENE 方位约 2.6km 处）、白浪滩（厂址 1 号反应堆 ENE 方位 7.5km 处）、石角红树林（厂址 1 号反应堆 N 方位 12.0km 处）以及月亮湾（厂址 1 号反应堆 NE 方位 13.0km 处），旅游高峰期主要出现在节假日，旅游游客主要集中在白浪滩，日高峰人数约 6 万人次；京岛省级旅游度假区涉及景点包括京岛金滩（厂址 1 号反应堆 WNW 方位 5.0km 处）、京岛民俗风景区（厂址 1 号反应堆 WNW 方位 8.8km 处）、巫头万鹤山（厂址 1 号反应堆 WNW 方位 11.0km 处）以及潭吉新村（厂址 1 号反应堆 NW 方位 11.6km 处），旅游高峰期主要出现在节假日，旅游游客主要集中在京岛金滩，日高峰人数约 2.5 万人次。

3）人口规划

厂址半径 15km 范围内的人口规划主要涉及福海湾组团、白浪滩组团、红树林小镇、江平镇和江山镇，规划人口皆在万人以上，其中江平镇规划为重点镇，具体规划情况见表 2.2-8。

厂址半径15km范围内的人口机械增长情况与趋势如下：

白浪滩组团与福海湾组团规划人口情况见 2.2.1.3 节。红树林小镇（位于厂址 N 方位约 12.4km 处，主要涉及新基行政村部分人口，位于厂址 N 方位 10-15km 子区内，子区现有人口 2450 人）规划 2030 人口目标为 1.13 万人，规划职能为旅游度假区；江山镇规划 2030 年人口目标为 1-5 万人（现有人口 23405 人），规划以水产养殖及综合加工、旅游为主要职能；江平镇规划 2030 年人口目标为 5-20 万人（现有人口 50379 人），规划以行政办公、旅游接待、商贸物流和高新产业为主要职能，是唯一规划人口可能超过 10 万人的城镇。

根据人口调查情况，江平镇（位于厂址 NW 方位约 13.6km 处）2022 年常住人口仅有 50379 人，且考虑近年人口增长率下降的影响，预计江平镇近年人口规模仍会处在 10 万人以下。

基于上述分析，预计近年厂址半径 15km 范围内不涉及超过 10 万人规模的城镇。

2.2.2 厂址半径80km范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径80km范围内的现有人口分布

厂址半径80km范围内人口超过万人的人口中心共有12个，其中超过10万人以上的人口中心有5个（含越南）。最大的人口中心为位于厂址NE方位约65.6km处的钦州市钦南区城区（主要包括尖山街道、文峰街道、水东街道、南珠街道、向阳街道），2022年底共有人口284051人。距厂址最近的10万人以上人口中心为位于厂址W方位约26.0km处的境外城镇越南芒街市，2022年底有人口108571人。

厂址半径80km范围内万人以上人口中心分布详见表2.2-12及图2.2-3。

厂址半径80km范围内无百万人以上城市。

2022年厂址半径80km范围内总人口数为2215039人，其中中国人口1980553人，越南人口234486人，厂址半径80km范围内陆域总面积为9704km^2，其中中国陆域面积为8286km^2，越南陆域面积为1418 km^2。按评价区内陆域面积计算，平均人口密度为228人/km^2，其中中国地区平均人口密度为239人/km^2，越南地区平均人口密度为165人/km^2。广西壮族自治区2022年的平均人口密度为212人/km^2，

厂址半径80km范围的中国区陆域人口密度高于广西壮族自治区的平均人口密度。各子区的人口分布见表2.2-13和图2.2-4。

2.2.2.2　厂址半径80km范围内的预期人口

本工程1号机组计划于2025年6月30日开工建设，2号机组计划于2026年4月30日开工建设。1号机组计划于2030年2月底具备商运条件，2号机组计划于2030年12月底具备商运条件。每台机组建设总工期从开工建设至机组投入商业运行约56个月。由此推算本工程1号机组运行第一年（2030年）以及寿期内每隔10年即2040年、2050年、2060年、2070年、2080年和2090年厂址半径80km范围内各子区的人口分布。

根据广西壮族自治区人民政府印发的《广西人口发展规划（2016-2030）》（以下简称“规划”）中人口预测结果估算预期人口，广西壮族自治区中远期年平均人口自然增长率见表2.2-14。广西壮族自治区人口发展规划是在综合考虑十二五人口实际发展情况的基础上，结合现行人口政策给出的广西壮族自治区未来15年人口变化情况。“规划”认为，未来15年广西人口总量规模适度，一对夫妇可生育两个孩子政策平稳实施，及时根据国家政策取向调整，生育率保持在合理区间。人口自然增长向更替水平回归，广西壮族自治区人口总和生育率将有所提高，人口总规模到2030年前后达到峰值。出于保守考虑，2030年以后预期人口自然增长率采用规划中2021~2030年的预期人口增长率6.67‰。

按照越南多年平均人口自然增长率10.11‰估算厂址半径80km范围内越南境内人口。整理给出预测计算时采用的人口预期自然增长率见表2.2-15。

计算基准年为2022年，计算时采用下列人口预测模式进行推算：

$$N=N_0(1+\alpha)^T \qquad (2.2.2\text{-}1)$$

上式中：

N~各子区域预测年的人口数　　（人）

N_0~各子区域2022年度的人口数　　（人）

α~预测采用的人口自然增长率　　（‰）

T ~预测年的时间间隔　　（年）

由此计算得到的厂址半径80km范围内的预期人口分布见表2.2-16~表2.2-22。由表2.2-22可见，厂址半径80km范围内2090年（人口最大年）人口为3583492人。

2.2.3　居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1　居民的年龄构成

根据对厂址所在的防城港市和广西壮族自治区内2022年度人口年龄组构成的调查结果，按照≤1岁、1~7岁（含7岁）、7~17岁（含17岁）和17岁以上四个年龄段划分统计，厂址半径5km范围内以及厂址半径80km范围内居民年龄构成见表2.2-23。厂址半径80km范围内各个年龄组占总人口（包含越南地区人口）的百分比如下：

≤1岁：0.68%

1~7岁：8.07%

7~17岁：15.80%

17岁以上：75.45%

其中，越南地区涉及范围的四个年龄段人口由越南四个年龄段人口比例推算得出，越南地区四个年龄组占厂址半径80km范围内涉及的越南人口的百分比如下：

≤1岁：1.57%

1~7岁：10.82%

7~17岁：14.93%

17岁以上：72.68%

按照上述年龄组构成比例，计算得到厂址半径80km范围内2022年度各个区域各年龄组的分布情况分别列于表2.2-24至表2.2-27。

2.2.3.2　居民的生活习惯

根据2022年人口调查结果和资料收集，对江山镇白龙、万欧两个行政村采用入户调查结合到村委会、幼儿园走访和现场咨询的方式，调查情况如下：

本次通过调查表和走访座谈方式，共调查了厂址半径5km范围内白龙村和万欧村居民531人，厂址半径5km范围抽样调查率为19.6%；不同年龄组人群：≤1岁组调查22人、1～7岁（含7岁）组69人、7～17岁（含17岁）组70人、17岁以上组370人。

横港村为距离厂址最近居民点，是可能的关键居民组，该关键居民组的食物最大年消费量、平均年消费量以及来自5km范围内的份额见表2.2-28。此外，厂址半径5km范围内各方位最近居民点的食物最大年消费量、平均年消费量以及来自5km范围内的份额，见表2.2-29至2.2-31。

厂址半径5km范围内各年龄组居民的食物最大年消费量、平均年消费量以及来自5km范围内的份额，见表2.2-32。厂址半径5km范围内居民主要以渔业生产为主，大部分都是渔民，因此，成人的饮食习惯参考渔民。另外，厂址半径5km范围内没有集中居住少数民族。京族居民主要分布在厂址以西的东兴市江平镇的万尾、巫头和贵明一带（与厂址隔海相望），京族居民其饮食习惯和生活习性同当地居民相近，故不单独考虑。

调查数据表明，厂址半径5km范围居民消费的主食以大米为主，副食品主要为蔬菜、水果、肉类食品和水产品。

厂址半径80km范围内居民的年均消费量来自《广西壮族自治区统计年鉴（2022年）》、《防城港市统计年鉴（2022年）》和《钦州市统计年鉴（2022年）》，厂址半径80km范围内居民最大年消费量基于居民年均消费量，并参照厂址半径5km范围内各年龄组居民年平均食物消费量与最大消费量的比例系数推算得到。厂址半径80km范围内居民食物平均年消费量、最大年消费量以及来自评价范围内的份额见表2.2-33。

厂址半径5km范围内的白龙村有渔船和渔排418只。万欧村有渔船和渔排48只。当地渔民出海捕捞一次时长在8~10小时，另外当地居民利用渔船从事旅游活动，一次时长约8小时。

当地居民海边游泳一次时长在1~2小时。当地儿童与青少年会利用假期时间到海边活动，一次游泳约1小时，一次岸边活动时间在1~2小时。厂址半径5km范围内不同年龄组居民和渔民生活习性情况见表2.2-34与表2.2-35。

厂址半径80km范围内的居民生活习惯与厂址半径5km范围内居民（非渔民）的生活习惯无明显差异。

2.2.4　厂址人口分布类别

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）第5.7条款规定：核动力厂应尽量建在人口密度相对较低，离大城市相对较远的地点。规划限制区范围内不应有1万人以上的乡镇，厂址半径10km范围内不应有10万人以上的城镇。厂址能满足上述条款的要求。

当前厂址半径5km范围内无万人以上城镇；厂址半径15km范围内无十万人以上城镇；厂址半径80km范围内无百万人以上的大、中型城市。

根据《核电厂选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）中推荐的人口密

度法对厂址的现有人口分布进行评价，其结果如下：

— 环形地带评价：均为I类厂址；

— 扇形地带评价：I~II类厂址。

表2.2-36给出了厂址人口密度法评价结果。

综上所述，厂址周围人口分布基本符合广西壮族自治区I~II类厂址，厂址的人口分布现状能满足核电厂的厂址条件。

表2.2-1　厂址半径5km范围内居民点或自然村人口分布

序号	行政归属	居民点或自然村名称	位置		户籍人口数（人）	常住人口数（人）
			方位	距离（km）*		
1	白龙村	横港	NNW	1.3	162	144
2	白龙村	白沙	ENE	2.5	439	374
3	白龙村	双墩	NNE	2.8	1645	1113
4	白龙村	万欧	NE	4.7	132	109
5	白龙村	万茶一	NNE	4.1	309	276
6	白龙村	万茶二	NNE	4.9	318	284
7	万欧村	万欧村	NE	4.0	505	415

注:5km 内自然村距离指自然村边界至厂址 1 号反应堆的最近距离。

表2.2-2 白龙厂址半径5km范围流入人口分布情况

流入人口地点或地区名称	年总人数（人）	来此目的	居住期一月以下人口数（人）	居住期一月~半年以下人口数（人）	居住期半年~一年或一年以上人口数（人）	最高峰出现时间
白龙	39	经商、务工等	3	1	35	春节前后
万欧	6	经商、务工等	1	0	5	春节前后

表2.2-3 白龙厂址半径5km范围流出人口分布情况

流出人口地点或地区名称	流出目的地	流出目的	年总人数（人）	最高峰出现时间
白龙	珠三角地区、防城港市或东兴市区	经商、务工等	约 200	春节前后
万欧	珠三角地区、防城港市或东兴市区	经商、务工等	约 50	春节前后

表2.2-4　厂址5km范围内景区景点旅游人口分布情况

序号	名称		级别	位置		日高峰旅游人数
				方位	距离（km）	
1	江山半岛省级旅游度假区	珍珠湾	省级	NNE	1.3	2900
2		怪石滩	省级	SW	1.8	
3		白沙湾	省级	ENE	2.6	
4	京岛省级旅游度假区	京岛金滩	省级	WNW	5.0	25000

表2.2-5　厂址半径5km范围内千人以上村镇规划表

城镇	位置		人口规模（人）	职能等级	规模结构
	方位	距离（km）			
白龙村	NNE	2.6	6290	旅游度假区	一般镇
万欧湾组团	NE	4.9	8300	旅游度假区	一般镇
口岸小镇	NNW	1.9	3200	旅游度假区	一般镇

表2.2-6　厂址半径10km范围内的学校与幼儿园情况

序号	学校名称	所在地	位置		学生人数（人）	教职工数（人）
			方位	距离（km）		
1	防城区江山镇白龙村新星幼儿园	防城港市防城区江山镇白龙村	NE	2.6	98	11
2	防城区江山镇白龙村 万欧尾新乐幼儿园	防城港市防城区江山镇白龙村	NE	5.0	45	10
3	防城区江山镇白龙小学	防城港市防城区江山镇	NE	2.7	238	13
4	防城区江山镇三块石小学	防城港市防城区江山镇	NE	8.3	214	12
5	东兴市京族学校	防城港市东兴县江平镇	WNW	7.3	673	79
6	东兴市松柏中学	防城港市东兴县东兴镇	WNW	7.4	616	70

表2.2-7　厂址附近医院分布情况

序号	医院名称	所在地	等级	位置		实有床位数（张）	医护人员数（人）
				方位	距离（km）		
1	东兴市江平中心卫生院	东兴市	一级	NW	13.5	60	141
2	防城港市防城区江山镇卫生院	防城港市防城区	未评	NNE	14.6	30	53
3	防城港市防城区人民医院	防城港市防城区	二级	NNE	31.0	350	871
4	防城港市防城区妇幼保健院	防城港市防城区	二级	NNE	30.8	120	307
5	防城港市港口区人民医院	防城港市港口区	二级	ENE	29.0	303	435
6	防城港市第一人民医院分院	防城港市港口区	二级	NE	15.0	310	130
7	防城港市精神病医院	防城港市港口区	二级	ENE	26.8	400	158
8	东兴市人民医院	东兴市	二级	W	27.0	300	718
9	东兴市妇幼保健院	东兴市	二级	W	28.2	70	305
10	上思康达医院	上思县	二级	NNW	75.8	180	246
11	上思康尔复精神病医院	上思县	二级	NNW	75.2	80	76
12	上思县人民医院	上思县	二级	NNW	75.5	527	751
13	上思县妇幼保健院	上思县	二级	NNW	77.0	50	214
14	防城港市第一人民医院	防城港市防城区	三级	NNE	32.1	630	2084
15	防城港市中医医院	防城港市防城区	三级	NNE	30.5	500	1059
16	防城港市妇幼保健院	防城港市港口区	三级	NNE	31.0	60	448

表2.2-8　厂址半径15km范围万人以上城镇规划表

城镇	位置		人口规模（万人）	职能等级
	方位	距离（km）		
福海湾组团	NE	9.6	1.28（2030 年规划人口）	旅游度假区
白浪滩组团	ENE	7.5	2.18（2030 年规划人口）	旅游度假区
红树林小镇	N	12.4	1.13(2030 年规划人口)	旅游度假区
江平镇	NW	13.6	5-20(2025 年规划人口)	工业和旅游
江山镇	NNE	15.0	1-5(2025 年规划人口)	水产养殖及综合加工、旅游

表2.2-9　厂址半径15km范围内行政村分布

序号	行政村	行政归属	位置		户籍人口数（人）	常住人口数（人）
			方位	距离（km）		
1	白龙*	江山镇	NNE	2.6	3654	3068
2	万欧	江山镇	NE	4.0	505	415
3	潭西*	江山镇	NE	8.7	3075	2851
4	新基*	江山镇	NNE	11.4	2686	2650
5	潭蓬*	江山镇	NE	12.4	2759	1611
6	山脚*	江山镇	NNE	14.2	2636	2189
7	新六	江山镇	N	14.9	2381	980
8	沙木万	江山镇	NNE	15.0	1330	871
9	插排尾社区*	白沙万街道	NE	14.5	2873	3284
10	万尾*	江平镇	WNW	7.0	6670	1800
11	潭吉*	江平镇	WNW	11.3	1865	1784
12	山心*	江平镇	NW	10.8	1754	1210
13	巫头*	江平镇	WNW	10.7	2344	2302
14	贵明*	江平镇	NW	11.4	3710	2986
15	交东*	江平镇	N	11.6	1644	1470
16	班埃*	江平镇	NNW	12.0	1924	1500
17	吒祖*	江平镇	NW	12.9	2381	1375
18	江龙*	江平镇	NW	13.0	9569	9569
19	城南社区*	江平镇	NW	13.3	3437	5278
20	城北社区*	江平镇	NW	13.7	2516	4835

注：

1. 15km 内行政村距离指行政村居委会至厂址 1 号反应堆的最近距离。

2.“*”代表常住人口千人以上行政村

表2.2-10　厂址半径15km范围内流入人口分布情况

流入人口地点或地区名称	年总人数（人）	来此目的	居住期一月以下人口数（人）	居住期一月~半年以下人口数（人）	居住期半年~一年或一年以上人口数(人)	最高峰出现时间
江山镇	376	经商、务工等	3	36	337	春节前后
江平镇	226	经商、务工等	2	17	207	春节前后

表2.2-11　厂址半径15km范围内流出人口分布情况

流出人口地点或地区名称	流出目的地	流出目的	年总人数（人）	最高峰出现时间
江山镇	珠三角地区、防城港市或东兴市区	经商、务工等	约 5000	春节前后
江平镇	珠三角地区、防城港市或东兴市区	经商、务工等	约 10000	春节前后

表2.2-12　厂址半径80km范围内万人以上城镇分布情况

序号	所属市	县（市、区）	城、镇名称	位置		户籍人口数（人）	常住人口数（人）
				方位	距离（km）		
1	防城港市	防城区	防城区城区*	NNE	29.5	119716	174288
2	防城港市	港口区	港口区城区*	NE	26.1	157188	169446
3	防城港市	港口区	企沙镇镇区	ENE	30.0	19539	21907
4	防城港市	东兴市	东兴镇镇区	WNW	27.6	75063	84668
5	防城港市	东兴市	江平镇镇区	NNW	13.6	15522	14236
6	防城港市	上思县	思阳镇镇区	NNW	74.8	48120	30104
7	钦州市	钦南区	钦南区城区*	NE	65.6	203594	284051
8	钦州市	钦南区	钦州港经济开发区	ENE	45.3	47104	50380
9	钦州市	钦北区	钦北区城区*	NE	66.8	81576	161061
10	钦州市	钦北区	大寺镇镇区	NNE	72.0	14873	10060
11	钦州市	钦南区	康熙岭镇镇区	NNE	51.5	16966	14383
12	越南广宁	/	越南芒街市*	W	26.0	108571	108571

注：1.防城区城区相对集中居住人口主要包括珠河、水营、文昌三个街道。2.港口区城区相对集中居住人口主要包括渔洲坪、白沙万、沙潭江、王府四个街道。3.企沙镇因相对集中人口较多且独立于城区之外而单独列出，镇区相对集中居住人口主要包括东港社区和南港社区。4.东兴镇因相对集中人口较多且独立于城区之外而单独列出，镇区相对集中居住人口主要包括深沟社区、七星社区、中山社区、公园社区、花溪社区、东郊社区、北郊社区。5.江平镇因相对集中人口较多且独立于城区之外而单独列出，相对集中居住人口主要包括城南社区、城北社区和江龙村委会。6.思阳镇因相对集中人口较多且独立于城区之外而单独列出，镇区相对集中居住人口主要包括东湖社区、江平社区、华加社区、北湖社区、彩园社区、明江社区。7.钦南区城区相对集中居住人口主要包括尖山、文峰、水东、南珠、向阳五个街道。8.钦州港经济开发区因相对集中人口较多且独立于城区之外而单独列出，相对集中居住人口主要包括鹿耳环社区、鸡墩头社区、金鼓社区、果子山社区、水井坑社区、亚路江社区、滨海社区。9.钦北区城区相对集中居住人口主要包括子材街道和长田两个街道。10.大寺镇因相对集中人口较多且独立于城区之外而单独列出，相对集中居住人口主要包括大寺社区居委会、大寺村委会。11.康熙岭镇因相对集中人口较多且独立于城区之外而单独列出，相对集中居住人口主要包括康熙岭镇板坪村委会、诗家村委会、白鸡村委会、横山村委会、团和村委会。12.“*”代表常住人口10万人以上人口中心。

表2.2-13（1）　厂址半径80km范围内各子区常住人口数（2022年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	合计
N	0	0	0	0	0	2450	4993	3721	10614	36284	27081	22742	107885
NNE	0	0	1113	560	768	11271	73921	123779	14346	16426	32508	75582	350274
NE	0	0	0	524	2851	54230	105839	12169	32123	66591	453248	48885	776460
ENE	0	0	374	0	0	3490	49594	24218	25190	47604	33047	106670	290187
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6770	6770
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	79812	18783	23044	52270	26891	26916	227716
WNW	0	0	0	0	1800	31461	89365	50444	15641	23076	12596	7409	231792
NW	0	0	0	0	0	27890	0	4315	17261	2793	9498	21866	83623
NNW	0	144	0	0	0	5873	30899	18841	11698	12943	14405	45529	140332
合计	0	144	1487	1084	5419	136665	434423	256270	149917	257987	609274	362369	2215039
累计	0	144	1631	2715	8134	144799	579222	835492	985409	1243396	1852670	2215039	

表2.2-13（2） 厂址半径80km范围内各子区户籍人口数（2022年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	合计
N	0	0	0	0	0	4025	11436	6108	17650	62007	48046	37865	187137
NNE	0	0	1645	627	649	12608	45059	98341	23300	29651	53895	112216	377991
NE	0	0	0	637	3075	40968	100340	28232	48419	53800	284406	80944	640821
ENE	0	0	439	0	0	3595	49870	22672	14357	68470	53234	115249	327886
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6770	6770
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	79812	18783	23044	52270	26891	26916	227716
WNW	0	0	0	0	6670	23893	61846	56800	23374	34425	17763	10456	235227
NW	0	0	0	0	0	28159	0	8664	34662	4110	14695	36628	126918
NNW	0	162	0	0	0	6740	22558	33192	22880	23399	25061	36032	170024
合计	0	162	2084	1264	10394	119988	370921	272792	207686	328132	523991	463076	2300490
累计	0	162	2246	3510	13904	133892	504813	777605	985291	1313423	1837414	2300490	

表2.2-14　广西壮族自治区中远期年平均人口自然增长率

年份	2016~2020	2021~2030
年平均人口自然增长率（‰）	9.97	6.67

表2.2-15　厂址半径80km范围内人口增长率

单位：‰

年份 平均人口增长率	2022~2030	2030~2040	2040~2050	2050~2060	2060~2070	2070~2080	2080~2090
国内区域	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67
越南区域	10.11	10.11	10.11	10.11	10.11	10.11	10.11

表2.2-16　厂址半径80km范围内各子区预测常住人口数（2030年）

人口：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	合计
N	0	0	0	0	0	2584	5266	3924	11195	38272	28565	23988	113794
NNE	0	0	1174	590	810	11888	77972	130563	15132	17326	34289	79724	369468
NE	0	0	0	552	3007	57202	111639	12835	33883	70240	478090	51564	819012
ENE	0	0	394	0	0	3681	52312	25545	26570	50213	34858	112516	306089
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7340	7340
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	86535	20365	24985	56673	29156	29183	246897
WNW	0	0	0	0	1898	33185	94263	53208	16498	24340	13286	7815	244493
NW	0	0	0	0	0	29418	0	4551	18207	2946	10018	23064	88204
NNW	0	151	0	0	0	6194	32592	19873	12339	13652	15194	48024	148019
合计	0	151	1568	1142	5715	144152	460579	270864	158809	273662	643456	383218	2343316
累计	0	151	1719	2861	8576	152728	613307	884171	1042980	1316642	1960098	2343316	

表2.2-17　厂址半径80km范围内各子区预测常住人口数（2040年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	合计
N	0	0	0	0	0	2762	5629	4195	11967	40912	30535	25643	121643
NNE	0	0	1254	631	865	12708	83350	139568	16176	18521	36654	85223	394950
NE	0	0	0	590	3214	61147	119340	13721	36220	75085	511066	55120	875503
ENE	0	0	421	0	0	3935	55920	27307	28403	53676	37262	120277	327201
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8121	8121
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	95741	22531	27643	62702	32258	32288	273163
WNW	0	0	0	0	2029	35474	100764	56878	17636	26019	14202	8354	261356
NW	0	0	0	0	0	31447	0	4865	19462	3149	10709	24655	94287
NNW	0	162	0	0	0	6622	34840	21244	13190	14594	16242	51336	158230
合计	0	162	1675	1221	6108	154095	495584	290309	170697	294658	688928	411017	2514454
累计	0	162	1837	3058	9166	163261	658845	949154	1119851	1414509	2103437	2514454	

表2.2-18　厂址半径80km范围内各子区预测常住人口数（2050年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	合计
N	0	0	0	0	0	2953	6018	4485	12793	43734	32641	27411	130035
NNE	0	0	1341	674	925	13585	89099	149195	17291	19798	39183	91101	422192
NE	0	0	0	631	3436	65365	127571	14667	38719	80264	546317	58922	935892
ENE	0	0	450	0	0	4206	59777	29190	30362	57378	39832	128573	349768
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8985	8985
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	105927	24929	30584	69373	35690	35723	302226
WNW	0	0	0	0	2169	37921	107715	60802	18852	27814	15182	8930	279385
NW	0	0	0	0	0	33616	0	5201	20805	3366	11448	26355	100791
NNW	0	173	0	0	0	7078	37243	22709	14100	15600	17362	54877	169142
合计	0	173	1791	1305	6530	164724	533350	311178	183506	317327	737655	440877	2698416
累计	0	173	1964	3269	9799	174523	707873	1019051	1202557	1519884	2257539	2698416	

表2.2-19　厂址半径80km范围内各子区预测常住人口数（2060年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	合计
N	0	0	0	0	0	3156	6433	4794	13675	46751	34893	29302	139004
NNE	0	0	1434	721	989	14522	95245	159486	18484	21164	41885	97385	451315
NE	0	0	0	675	3673	69874	136370	15679	41389	85800	583999	62987	1000446
ENE	0	0	481	0	0	4496	63900	31204	32456	61336	42580	137441	373894
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9941	9941
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	117196	27581	33838	76753	39487	39523	334378
WNW	0	0	0	0	2319	40536	115144	64995	20153	29732	16229	9546	298654
NW	0	0	0	0	0	35935	0	5559	22240	3598	12237	28173	107742
NNW	0	185	0	0	0	7567	39812	24276	15072	16676	18560	58663	180811
合计	0	185	1915	1396	6981	176086	574100	333574	197307	341810	789870	472961	2896185
累计	0	185	2100	3496	10477	186563	760663	1094237	1291544	1633354	2423224	2896185	

表2.2-20　厂址半径80km范围内各子区预测常住人口数（2070年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	合计
N	0	0	0	0	0	3374	6877	5125	14619	49975	37299	31323	148592
NNE	0	0	1532	771	1057	15524	101814	170486	19759	22624	44774	104102	482443
NE	0	0	0	721	3926	74693	145777	16760	44244	91718	624280	67331	1069450
ENE	0	0	515	0	0	4806	68308	33356	34695	65567	45517	146921	399685
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10998	10998
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	129664	30515	37437	84919	43687	43728	369950
WNW	0	0	0	0	2479	43332	123086	69478	21543	31783	17349	10204	319254
NW	0	0	0	0	0	38414	0	5943	23774	3846	13082	30117	115176
NNW	0	198	0	0	0	8089	42558	25950	16112	17827	19840	62709	193283
合计	0	198	2047	1492	7462	188232	618084	357613	212183	368259	845828	507433	3108831
累计	0	198	2245	3737	11199	199431	817515	1175128	1387311	1755570	2601398	3108831	

表2.2-21　厂址半径80km范围内各子区预测常住人口数（2080年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	合计
N	0	0	0	0	0	3607	7351	5478	15627	53422	39872	33484	158841
NNE	0	0	1638	824	1130	16594	108837	182246	21122	24184	47863	111283	515721
NE	0	0	0	771	4197	79845	155832	17917	47296	98045	667339	71975	1143217
ENE	0	0	550	0	0	5138	73019	35657	37088	70089	48656	157055	427252
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12168	12168
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	143459	33761	41420	93953	48335	48380	409308
WNW	0	0	0	0	2650	46321	131576	74271	23029	33975	18545	10908	341275
NW	0	0	0	0	0	41063	0	6353	25414	4112	13984	32194	123120
NNW	0	212	0	0	0	8647	45494	27740	17223	19056	21209	67034	206615
合计	0	212	2188	1595	7977	201215	665568	383423	228219	396836	905803	544481	3337517
累计	0	212	2400	3995	11972	213187	878755	1262178	1490397	1887233	2793036	3337517	

表2.2-22　厂址半径80km范围内各子区预测常住人口数（2090年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	合计
N	0	0	0	0	0	3856	7858	5856	16705	57107	42622	35793	169797
NNE	0	0	1751	881	1208	17739	116344	194816	22579	25852	51164	118958	551292
NE	0	0	0	824	4487	85352	166580	19152	50558	104807	713369	76940	1222069
ENE	0	0	588	0	0	5492	78056	38116	39646	74924	52012	167888	456722
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13463	13463
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	158721	37353	45827	103949	53478	53527	452855
WNW	0	0	0	0	2833	49516	140652	79394	24617	36319	19824	11661	364816
NW	0	0	0	0	0	43896	0	6791	27167	4395	14948	34415	131612
NNW	0	226	0	0	0	9243	48632	29653	18411	20371	22672	71658	220866
合计	0	226	2339	1705	8528	215094	716843	411131	245510	427724	970089	584303	3583492
累计	0	226	2565	4270	12798	227892	944735	1355866	1601376	2029100	2999189	3583492	

表2.2-23　厂址半径5km和80km范围内居民年龄构成

区域	内容	≤1 岁	1~7 岁	7~17 岁	>17 岁
厂址半径 80km 范围	人口数（人）	15062	178754	349976	1671247
	占比（%）	0.68%	8.07%	15.80%	75.45%
厂址半径 5km 范围	人口数（人）	15	196	406	2098
	占比（%）	0.57%	7.21%	14.96%	77.26%

表2.2-24　厂址半径80km范围内人口分布（≤1岁）（2022年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	0-80
N	0	0	0	0	0	16	33	25	72	246	184	154	730
NNE	0	0	7	3	5	76	502	841	97	111	221	513	2376
NE	0	0	0	3	19	368	719	82	218	452	3082	332	5275
ENE	0	0	2	0	0	23	337	164	171	323	224	725	1969
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	46
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	542	127	156	355	182	183	1545
WNW	0	0	0	0	12	213	607	343	106	156	85	50	1572
NW	0	0	0	0	0	189	0	29	117	18	64	148	565
NNW	0	0	0	0	0	39	210	128	79	88	97	309	950
各环段人口合计	0	0	9	6	36	924	2950	1739	1016	1749	4139	2460	15028
半径区内人口累计	0	0	9	15	51	975	3925	5664	6680	8429	12568	15028	

表2.2-25　厂址半径80km范围内人口分布（1~7岁）（2022年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	0-80
N	0	0	0	0	0	197	402	300	856	2928	2185	1835	8703
NNE	0	0	89	45	61	909	5965	9988	1157	1325	2623	6099	28261
NE	0	0	0	42	230	4376	8541	982	2592	5373	36577	3945	62658
ENE	0	0	30	0	0	281	4002	1954	2032	3841	2666	8608	23414
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	546	546
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	6440	1515	1859	4218	2170	2172	18374
WNW	0	0	0	0	145	2538	7211	4070	1262	1862	1016	597	18701
NW	0	0	0	0	0	2250	0	348	1392	225	766	1764	6745
NNW	0	11	0	0	0	473	2493	1520	944	1044	1162	3674	11321
各环段人口合计	0	11	119	87	436	11024	35054	20677	12094	20816	49165	29240	178723
半径区内人口累计	0	11	130	217	653	11677	46731	67408	79502	100318	149483	178723	

表2.2-26　厂址半径80km范围内人口分布（7~17岁）（2022年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	0-80
N	0	0	0	0	0	387	788	587	1677	5732	4278	3593	17042
NNE	0	0	175	88	121	1780	11679	19557	2266	2595	5136	11941	55338
NE	0	0	0	82	450	8568	16722	1922	5075	10521	71613	7723	122676
ENE	0	0	59	0	0	551	7835	3826	3980	7521	5221	16853	45846
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1069	1069
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	12610	2967	3640	8258	4248	4252	35975
WNW	0	0	0	0	284	4970	14119	7970	2471	3646	1990	1170	36620
NW	0	0	0	0	0	4406	0	681	2727	441	1500	3454	13209
NNW	0	22	0	0	0	927	4882	2976	1848	2044	2275	7193	22167
各环段人口合计	0	22	234	170	855	21589	68635	40486	23684	40758	96261	57248	349942
半径区内人口累计	0	22	256	426	1281	22870	91505	131991	155675	196433	292694	349942	

表2.2-27　厂址半径80km范围内人口分布（>17岁）（2022年）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	0-80
N	0	0	0	0	0	1850	3770	2809	8009	27378	20434	17160	81410
NNE	0	0	842	424	581	8506	55775	93393	10826	12395	24528	57029	264299
NE	0	0	0	397	2152	40918	79857	9183	24238	50245	341976	36885	585851
ENE	0	0	283	0	0	2635	37420	18274	19007	35919	24936	80484	218958
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5109	5109
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	60220	14174	17389	39439	20291	20309	171822
WNW	0	0	0	0	1359	23740	67428	38061	11802	17412	9505	5592	174899
NW	0	0	0	0	0	21045	0	3257	13025	2109	7168	16500	63104
NNW	0	111	0	0	0	4434	23314	14217	8827	9767	10871	34353	105894
各环段人口合计	0	111	1125	821	4092	103128	327784	193368	113123	194664	459709	273421	1671346
半径区内人口累计	0	111	1236	2057	6149	109277	437061	630429	743552	938216	1397925	1671346	

表 2.2-28　厂址 NNW 方位最近居民点（横港）食物消费量

食物种类		不同年龄组人群食物消费量（kg/人•a）								来自厂址半5km 范围比例(%)
		≤1 岁		1~≤7 岁		7~≤17 岁		17 岁以上		
		平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	
粮食	米	7.4	9.4	50.4	71.9	71.2	76.2	122.2	152.6	10.0
	面	1.0	1.5	6.4	9.1	7.2	7.7	7.1	8.9	0.0
	其它	0.9	1.4	4.4	6.3	5.6	6.0	7.0	8.7	35.5
蔬菜	叶类	0.7	1.0	31.2	44.5	66.4	71.0	73.0	91.2	50.2
	根茎类	0.7	0.9	16.8	24.0	29.6	31.7	26.1	32.6	47.1
	果实类	0.6	0.8	15.6	22.3	26.4	28.2	24.5	30.6	47.1
	水生类	0.0	0.0	2.0	2.9	1.6	1.7	1.1	1.4	0.0
肉类	猪肉	0.6	0.8	26.4	37.7	39.6	42.4	56.7	70.9	52.3
	羊肉	0.0	0.0	0.6	0.9	1.2	1.3	0.8	1.0	0.0
	牛肉	0.0	0.0	1.6	2.3	1.8	1.9	1.7	2.1	0.0
禽类	鸡肉	0.9	1.3	11.6	16.5	13.6	14.6	15.8	19.8	84.0
	鸭肉	0.0	0.0	9.6	13.7	10.4	11.1	15.0	18.7	84.3
	鹅肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水产品	鱼类	0.9	1.2	13.6	19.4	38.4	41.1	59.2	74.0	100
	甲壳类	0.6	0.8	10.8	15.4	31.2	33.4	21.1	26.4	100
	软体类	0.0	0.0	6.0	8.6	15.6	16.7	10.7	13.3	100
	藻类	0.0	0.0	0.9	1.3	1.2	1.3	0.9	1.1	0.0
蛋类		5.1	6.4	16.8	24.0	13.4	14.3	21.0	26.2	79.9
奶类及其制品		72.0	91.0	57.6	82.2	38.4	41.1	8.7	10.9	0.0
水果		4.2	5.3	41.6	59.3	45.2	48.4	59.0	73.7	14.8

表2.2-29　厂址ENE方位最近居民点（白沙）食物消费量

食物种类		不同年龄组人群食物消费量（kg/人•a）								来自厂址半5km范围比例(%)
		≤1岁		1~≤7岁		7~≤17岁		17岁以上		
		平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	
粮食	米	8.1	9.7	37.7	46.3	76.0	78.8	95.9	120.1	10.0
	面	0.9	1.0	6.6	8.1	12.0	12.4	10.4	13.0	0.0
	其它	1.1	1.3	5.1	6.3	8.0	8.3	7.3	9.1	35.5
蔬菜	叶类	1.3	1.6	41.1	50.5	51.0	52.9	80.0	100.2	50.2
	根茎类	0.4	0.6	19.7	24.2	36.0	37.3	28.8	36.1	47.1
	果实类	0.4	0.5	18.9	23.1	30.0	31.1	23.9	29.9	47.1
	水生类	0.0	0.0	0.4	0.5	0.5	0.5	0.9	1.1	0.0
肉类	猪肉	1.1	1.4	26.3	32.3	33.0	34.2	59.2	74.2	52.3
	羊肉	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.5	1.8	0.0
	牛肉	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.6	2.9	3.6	0.0
禽类	鸡肉	1.2	1.4	12.9	15.8	12.0	12.4	20.5	25.7	84.0
	鸭肉	0.0	0.0	16.0	19.6	12.0	12.4	19.1	23.9	84.3
	鹅肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水产品	鱼类	1.1	1.5	15.1	18.6	18.0	18.7	64.4	80.6	100
	甲壳类	0.5	0.7	4.6	5.6	15.0	15.6	19.3	24.1	100
	软体类	0.0	0.0	2.1	2.6	8.0	8.3	12.0	15.0	100
	藻类	0.0	0.0	0.6	0.7	1.6	1.7	1.3	1.6	0.0
蛋类		3.2	3.8	16.0	19.6	21.0	21.8	16.0	20.0	79.9
奶类及其制品		76.0	91.3	21.4	26.3	18.0	18.7	2.9	3.6	0.0
水果		3.6	4.3	48.0	58.9	42.0	43.6	46.6	58.4	14.8

表2.2-30　厂址NNE方位最近居民点（双墩）食物消费量

食物种类		不同年龄组人群食物消费量（kg/人•a）								来自厂址半 5km 范围比例(%)
		≤1 岁		1~≤7 岁		7~≤17 岁		17 岁以上		
		平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	
粮食	米	5.6	5.8	41.6	51.8	77.3	101.9	114.7	158.2	10.0
	面	0.6	0.7	5.6	7.0	12.5	16.5	9.4	13.0	0.0
	其它	1.0	1.3	6.8	8.5	8.5	11.2	8.1	11.2	35.5
蔬菜	叶类	1.1	1.2	26.4	32.9	51.0	67.2	79.5	109.6	50.2
	根茎类	0.8	0.9	13.2	16.4	22.5	29.7	25.3	34.9	47.1
	果实类	0.5	0.6	11.2	13.9	15.3	20.1	20.4	28.2	47.1
	水生类	0.0	0.0	0.4	0.5	0.9	1.2	1.2	1.6	0.0
肉类	猪肉	0.6	0.6	24.0	29.9	38.3	50.4	50.9	70.3	52.3
	羊肉	0.0	0.0	0.2	0.3	1.2	1.6	0.7	1.0	0.0
	牛肉	0.0	0.0	0.3	0.4	1.8	2.4	1.1	1.5	0.0
禽类	鸡肉	1.0	1.2	10.4	12.9	14.3	18.8	17.8	24.6	84.0
	鸭肉	0.0	0.0	10.0	12.5	15.0	19.8	17.5	24.2	84.3
	鹅肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水产品	鱼类	0.9	1.0	10.4	12.9	28.5	37.6	55.5	76.6	100
	甲壳类	0.6	0.8	4.4	5.5	12.0	15.8	17.8	24.6	100
	软体类	0.0	0.0	4.2	5.2	7.6	10.1	9.4	13.0	100
	藻类	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.4	0.9	1.3	0.0
蛋类		3.6	3.7	14.4	17.9	18.8	24.7	18.8	25.9	79.9
奶类及其制品		78.0	81.1	16.8	20.9	17.5	23.1	4.4	6.0	0.0
水果		3.9	4.1	26.4	32.9	40.5	53.4	51.1	70.5	14.8

表2.2-31　厂址NE方位最近居民点（万欧村）食物消费量

食物种类		不同年龄组人群食物消费量（kg/人•a）								来自厂址半 5km 范围比例(%)
		≤1 岁		1~≤7 岁		7~≤17 岁		17 岁以上		
		平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	
粮食	米	8.4	9.9	38.9	44.6	56.0	60.3	116.7	125.6	10.0
	面	1.1	1.4	6.3	7.2	10.5	11.3	8.4	9.0	0.0
	其它	0.9	1.1	3.7	4.3	3.0	3.2	5.5	5.9	35.5
蔬菜	叶类	1.4	1.6	33.7	38.7	40.0	43.1	80.7	86.9	50.2
	根茎类	0.4	0.6	19.7	22.6	24.0	25.9	36.0	38.8	47.1
	果实类	0.5	0.6	14.6	16.7	18.0	19.4	28.7	30.9	47.1
	水生类	0.0	0.0	2.3	2.6	2.3	2.4	1.4	1.5	0.0
肉类	猪肉	1.6	1.9	23.1	26.5	30.0	32.3	54.2	58.4	52.3
	羊肉	0.0	0.0	0.7	0.8	0.0	0.0	0.7	0.8	0.0
	牛肉	0.0	0.0	1.0	1.1	0.0	0.0	1.0	1.1	0.0
禽类	鸡肉	0.9	1.2	10.9	12.5	13.5	14.5	20.2	21.8	84.0
	鸭肉	0.0	0.0	8.0	9.2	9.0	9.7	15.8	17.0	84.3
	鹅肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水产品	鱼类	1.4	1.6	23.4	26.9	23.0	24.8	58.6	63.1	100
	甲壳类	0.8	1.0	7.7	8.8	10.5	11.3	11.2	12.1	100
	软体类	0.0	0.0	4.9	5.6	6.0	6.5	5.1	5.5	100
	藻类	0.0	0.0	0.6	0.7	1.4	1.5	0.6	0.6	0.0
蛋类		5.4	6.4	21.4	24.6	18.0	19.4	15.2	16.4	79.9
奶类及其制品		66.0	77.8	41.1	47.2	33.0	35.6	3.2	3.4	0.0
水果		3.6	4.2	30.9	35.4	36.0	38.8	54.7	58.9	14.8

表2.2-32　厂址半径5km范围内居民食物消费量

单位：kg/人·年

食物种类		年龄≤1岁		1岁<年龄≤7岁		7岁<年龄≤17岁		17岁以上		来自厂址半径5km范围内比例（%）
		平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	
粮食	米	7.2	11.0	39.2	64.3	68.7	85.7	109.8	145.1	10.0
	面	0.8	1.2	6.0	9.8	10.1	12.6	9.4	12.4	0.0
	其它	1.0	1.2	4.3	7.1	6.1	7.6	6.9	9.1	35.5
蔬菜	叶类	1.0	1.4	34.3	56.2	56.2	70.1	80.1	105.8	50.2
	根茎类	0.5	0.7	17.5	28.7	25.8	32.1	30.8	40.7	47.1
	果实类	0.4	0.5	14.1	23.2	20.7	25.9	25.0	33.0	47.1
	水生类	0.0	0.0	1.1	1.8	1.6	2.0	1.6	2.1	0.0
肉类	猪肉	1.1	1.5	26.8	43.9	38.9	48.6	58.0	76.6	52.3
	羊肉	0.0	0.0	0.5	0.8	1.0	1.2	1.1	1.4	0.0
	牛肉	0.0	0.0	0.9	1.5	1.6	2.0	1.9	2.5	0.0
禽类	鸡肉	0.9	1.2	11.8	19.3	14.8	18.4	19.7	26.0	84.0
	鸭肉	0.0	0.0	10.4	17.1	12.5	15.6	17.7	23.4	84.3
	鹅肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0
水产品	鱼类	1.1	1.4	15.6	25.6	36.5	45.5	61.8	81.7	100
	甲壳类	0.8	1.2	8.3	13.6	15.0	18.7	19.8	26.1	100
	软体类	0.0	0.0	5.0	8.3	8.1	10.1	10.8	14.2	100
	藻类	0.0	0.0	0.7	1.2	0.9	1.2	1.1	1.4	0.0
蛋类		4.0	6.1	18.6	30.5	17.0	21.2	18.6	24.6	79.9
奶类及其制品		75.9	115.9	38.2	62.7	21.0	26.2	4.8	6.3	0.0
水果		3.8	5.7	36.6	60.1	43.1	53.7	55.1	72.8	14.8

表2.2-33　厂址半径80km范围内居民食物年平均消费量

单位：kg/人 年

食物种类		城镇居民				农村居民				食物来源	
		≤1岁	1~7岁	7~17岁	>17岁	≤1岁	1~7岁	7~17岁	>17岁	评价区内	评价区外
粮食	米	5.8	31.5	55.8	89.2	10.1	54.5	96.5	154.5	92.6	7.4
	面	0.6	4.5	7.7	7.1	1.0	7.7	12.9	12.0	0.0	100
	其它	0.8	3.3	4.7	5.3	1.3	5.6	7.9	8.9	95.0	5.0
蔬菜	叶类	0.7	22.4	37.4	53.3	0.7	24.5	40.8	58.2	100	0.0
	根茎类	0.3	11.5	17.2	20.5	0.4	12.6	18.7	22.4	100	0.0
	果实类	0.3	9.2	13.8	16.6	0.3	10.1	15.0	18.1	100	0.0
	水生类	0.0	0.8	1.1	1.1	0.0	0.8	1.2	1.2	100	0.0
肉类	猪肉	0.8	18.5	27.1	40.4	0.9	22.4	32.9	49.0	65.8	34.2
	羊肉	0.0	0.3	0.7	0.8	0.0	0.2	0.4	0.4	65.8	34.2
	牛肉	0.0	1.0	1.8	2.1	0.0	0.3	0.6	0.7	65.8	34.2
禽类	鸡肉	0.6	8.6	10.6	14.2	0.7	9.1	11.3	15.1	63.0	37.0
	鸭肉	0.0	7.5	9.0	12.8	0.0	8.0	9.5	13.6	63.0	37.0
	鹅肉	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	100
水产品	鱼类	0.4	5.5	12.8	21.8	0.3	4.6	10.7	18.2	100	0.0
	甲壳类	0.2	2.4	4.3	5.7	0.2	2.0	3.7	4.9	100	0.0
	软体类	0.0	1.4	2.3	3.1	0.0	1.2	2.0	2.7	100	0.0
	藻类	0.0	0.2	0.3	0.3	0.0	0.2	0.2	0.3	100	0.0
蛋类		1.6	7.3	6.7	7.4	1.8	8.2	7.6	8.3	47.0	53.0
奶类及其制品		82.8	41.5	23.2	5.2	38.2	19.1	10.7	2.4	60.6	39.4
水果		2.6	25.5	30.0	38.4	2.3	22.5	26.5	34.0	80.0	20.0

表2.2-33 续　厂址半径80km范围内居民食物最大年消费量

单位：kg/人 年

食物种类		城镇居民单位：（kg/人•a）				农村居民单位：（kg/人•a）			
		≤1 岁	1~7 岁	7~17 岁	>17 岁	≤1 岁	1~7 岁	7~17 岁	>17 岁
粮食	米	8.9	51.7	69.6	117.9	15.4	89.4	120.4	204.2
	面	0.9	7.4	9.6	9.4	1.5	12.6	16.1	15.8
	其它	1.0	5.4	5.9	7.0	1.6	9.2	9.8	11.7
蔬菜	叶类	1.0	36.7	46.7	70.4	1.0	40.1	50.9	76.9
	根茎类	0.4	18.9	21.4	27.1	0.6	20.7	23.3	29.6
	果实类	0.4	15.1	17.3	21.9	0.4	16.6	18.8	23.9
	水生类	0.0	1.3	1.4	1.4	0.0	1.3	1.5	1.6
肉类	猪肉	1.1	30.3	33.9	53.4	1.2	36.7	41.1	64.7
	羊肉	0.0	0.5	0.8	1.0	0.0	0.3	0.5	0.5
	牛肉	0.0	1.7	2.3	2.8	0.0	0.5	0.8	0.9
禽类	鸡肉	0.8	14.1	13.2	18.7	0.9	14.9	14.0	19.9
	鸭肉	0.0	12.3	11.2	16.9	0.0	13.2	11.9	18.0
	鹅肉	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
水产品	鱼类	0.5	9.0	16.0	28.8	0.4	7.5	13.3	24.1
	甲壳类	0.3	3.9	5.4	7.5	0.3	3.3	4.6	6.5
	软体类	0.0	2.3	2.9	4.1	0.0	2.0	2.5	3.6
	藻类	0.0	0.3	0.4	0.4	0.0	0.3	0.3	0.4
蛋类		2.4	12.0	8.4	9.8	2.7	13.4	9.5	11.0
奶类及其制品		126.4	68.1	28.9	6.8	58.3	31.4	13.3	3.2
水果		3.9	41.9	37.4	50.7	3.5	36.9	33.0	44.9

表2.2-34　厂址半径5km范围居民生活习性

年龄	活动方式					
	岸边活动		海上游泳		海里作业/划船	
	年平均时间（小时/年）	年最大时间（小时/年）	年平均时间（小时/年）	年最大时间（小时/年）	年平均时间（小时/年）	年最大时间（小时/年）
年龄≤1 岁	12.4	16.6	0	0	0	0
1 岁<年龄≤7 岁	97.8	134.3	12.5	21.3	0	0
7 岁<年龄≤17 岁	135.9	202.3	31.6	49.7	1.7	3.2
年龄>17 岁	500.5	765.4	60.5	96.5	378.6	931.9

表2.2-35　厂址半径5km范围渔民生活习性

年龄	活动方式					
	岸边活动		海上游泳		海里作业/划船	
	人年平均时间（小时/年）	人年最大时间（小时/年）	人年平均时间（小时/年）	人年最大时间（小时/年）	人年平均时间（小时/年）	人年最大时间（小时/年）
年龄>17 岁	519.9	1600	67.4	400	993.6	2400

表2.2-36　按厂址周围人口密度法对厂址类型的判别

评价方法	评价范围		人口数	平均人口密度	厂址
	距离半径km	方位	（人）	（人/km^2）	类别
环形地带评价	0~2	——	144	11	I
	2~5	——	2571	39	I
	5~10	——	5419	23	I
	10~20	——	136665	145	I
扇形地带评价	2~5	NNE	1673	406	II
	2~5	NE	524	127	I
	5~20	NE	57081	776	II
	5~20	WNW	33261	452	I

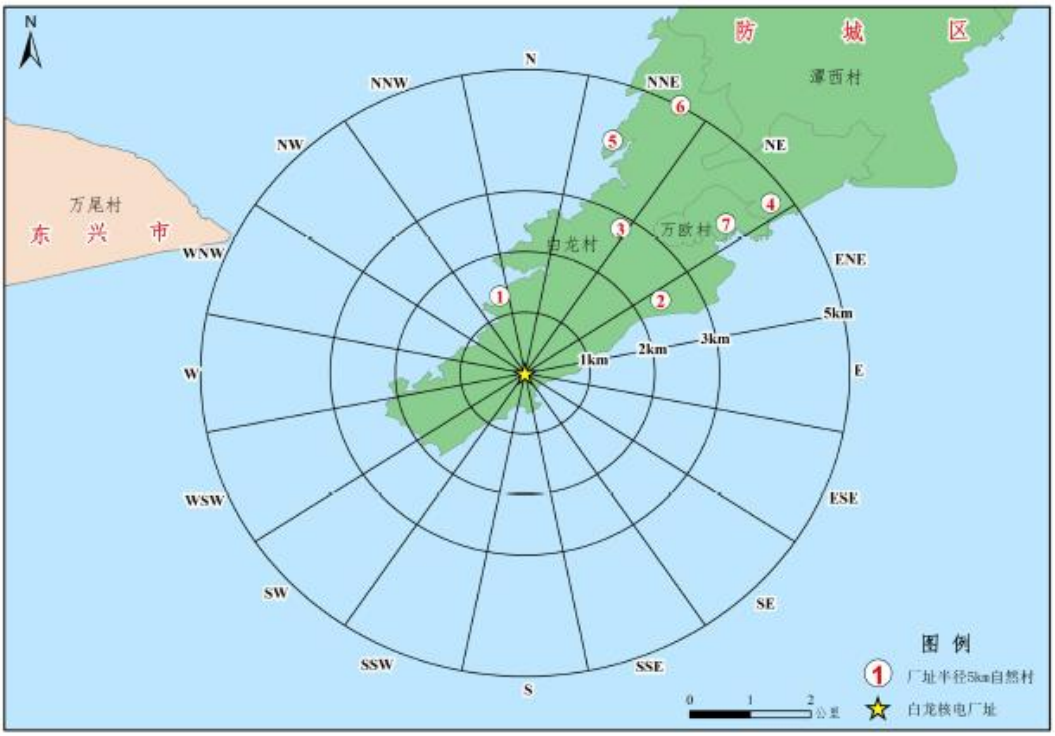


图2.2-1　厂址半径5km范围内的自然村

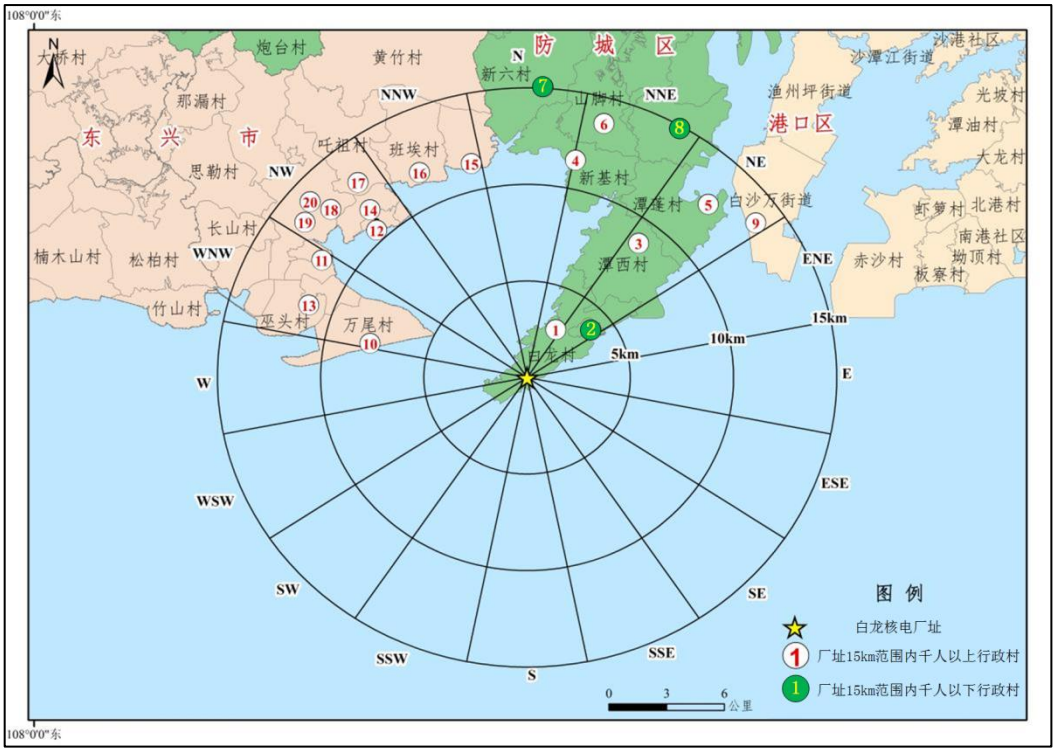
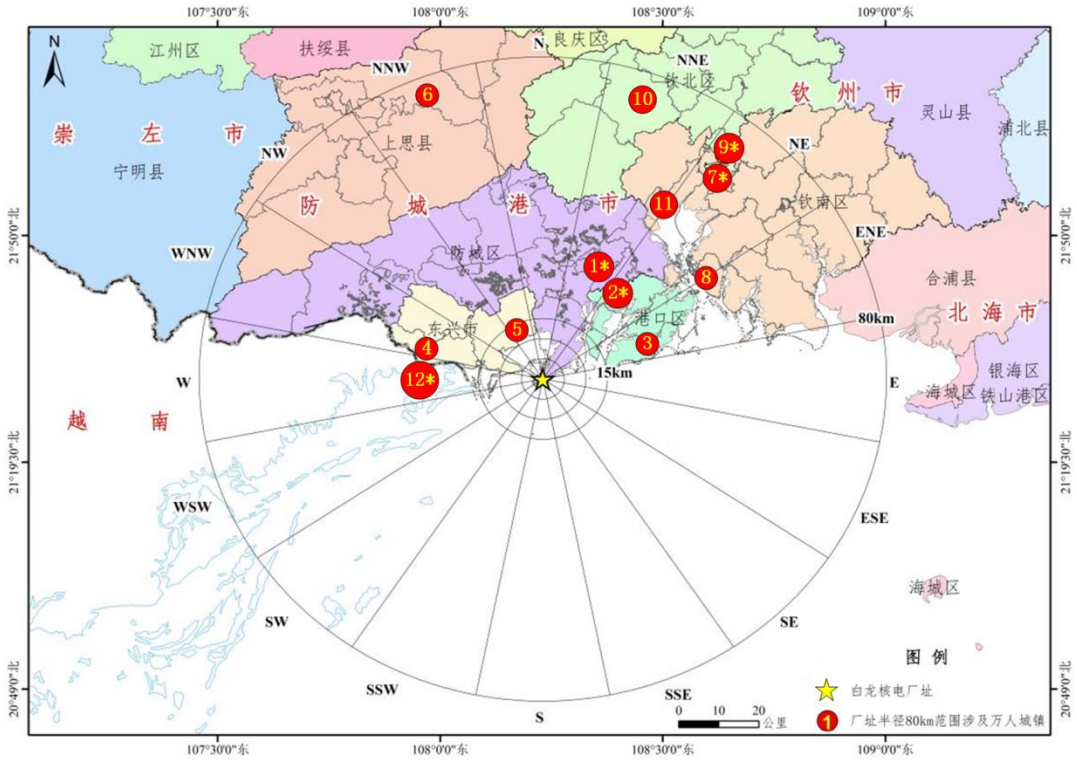


图2.2-2　厂址半径15km范围内行政村分布



注：标注“*”的点位代表该处为10万人以上人口中心

图2.2-3　厂址半径80km范围内万人以上人口中心分布

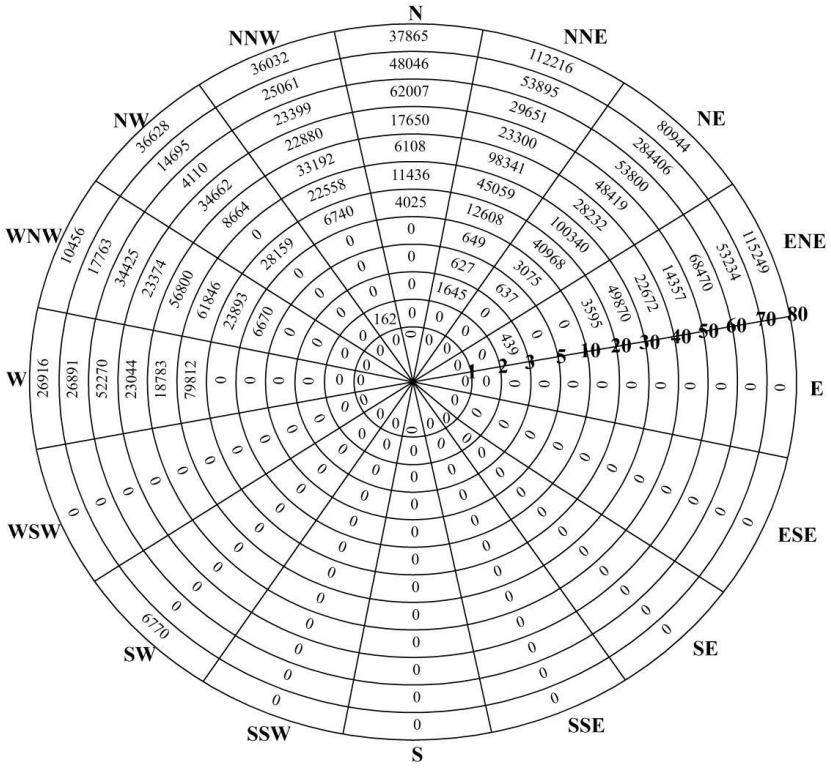


图2.2-4　厂址半径80km范围各子区人口分布图

2.3 土地利用和资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.1.1 土地利用情况

1）土地利用现状

本工程所在厂址位于防城港市防城区江山镇。防城港市总面积623881.79公顷、陆地面积605180.15公顷，陆地占比为97%、海域占比3%；防城区总面积242636.29公顷、陆地面积240752.69公顷，陆地占比99.22%、海域占比0.78%；江山镇总面积为20683公顷、陆地面积19647.02公顷，陆地占比94.99%，海域占比5.01%。

厂址半径10km范围涉及防城港市防城区江山镇和防城港市东兴市江平镇，土地利用总面积为396.73km^2，其中农用地总面积为292.84km^2，包括耕地36.95km^2，林地215.22km^2，园地5.35km^2，其他农用地35.32 km^2，不涉及牧草地；建设用地总面积为41.59km^2，包括城镇村建设用地30.74km^2，交通用地5.27km^2，水域及水利设施用地2.91km^2，其他建设用地2.67km^2；其他土地为62.3km^2。

厂址征地土地面积1.57 km^2，主要占用农用地、少部分占用交通用地。厂址所占用土地不涉及永久基本农田。

2）土地利用规划

本工程用地范围未占用永久基本农田，于2023年10月24日取得《中华人民共和国建设项目用地预审与选址意见书》（用字第450000202300119号），本工程建设符合国土空间用途管制要求。

厂址半径10km范围内涉及防城港市防城区江山镇和防城港市东兴市江平镇。

根据《防城港市国土空间总体规划（2020-2035年）》（批复稿，尚未正式发布），厂址半径10km范围内江山半岛的主要的规划土地类型包括林地22.55km^2、陆地水域3.89km^2、耕地1.77km^2、商业用地1.76km^2、公园绿地0.90 km^2等。厂址半径10km范围内的土地利用规划见图2.3-1。

厂址征地范围涉及规划的土地类型主要包括林地1.12km^2、陆地水域0.17km^2、草地0.09km^2、农业设施建设用地0.06km^2、湿地0.06km^2、耕地0.04km^2、居住用地0.03km^2、交通运输用地0.03km^2、商业服务业用地0.009km^2、公共管理与公共服务用地0..006km^2、其他用地0.004km^2、特殊用地0.004km^2、园地0.002km^2、公用设施用地0.002km^2、仓储用地0.00014km^2。厂址征地范围内的土地利用规划见

图2.3-2。

本工程已经列入国家和广西壮族自治区相关规划，结合从国内外各核电基地建设发展的实践经验表明，本工程建设，可以与地方旅游发展深度融合，相互促进，共同发展，符合《防城港市江山半岛控制性详细规划》要求的功能定位。

江平镇与本工程厂址有珍珠湾相隔，仅厂址WNW方向5.0km处的京岛省级风景名胜区的京岛金滩景点有面积极少的土地（现状为沙滩）位于厂址5km规划限制区边界内，不受工程的影响。

2.3.1.2　水体利用情况

根据《自然资源部办公厅关于广西白龙核电项目一期工程用海预审意见的函》（自然资办函[2023]1187号），本工程用海面积约237公顷，用海类型为电力工业用海。

1）地表水利用现状

厂址半径15km范围内无湖泊，有河流3条，分别为江平江、黄竹江、新禄江，水质保护目标为II~III类。厂址半径15km范围内涉及水库11座。

厂址半径15km内的江平江、黄竹江、新禄江的河段皆为居民生活饮用水源地，无灌溉用水。其中，江平江属桂南独流入海水系，水量为5.8亿m^3，流经防城港市防城区与东兴市，水环境功能区划对应为II~III类，居民生活饮用水取水口距厂址距离约13.8km，且距厂址排水口距离约17.8km，饮用水量约730万m^3，涉及的居民数量为11.8万人。黄竹江属桂南独流入海水系，水量为1.36亿m^3，流经东兴市，水环境功能区划对应为II类，取水口距厂址距离约15.9km，且距厂址排水口距离约20.7km，饮用水量约306万m^3，涉及的居民数量为5.5万人。新禄江属桂南独流入海水系，水量为1.03亿m^3，流经防城港市防城区，水环境功能区划对应为II类，取水口距厂址距离约15.7km，且距厂址排水口距离约20.6km，饮用水量约295万m^3，涉及的居民数量为2.5万人。

厂址半径15km范围内河流、水库情况分别见表2.3-1与表2.3-2，以及图2.3-3与图2.3-4。

根据《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发〔2023〕9号），排水口15km半径范围内共涉及20个近岸海域环境功能区，其中一类环境功能区2个，二类环境功能区4个，三类环境功能区6个，四类环境功能区8个。取水口15km半径范围内共涉及22个近岸海域环境功能区，其中一类环境功能区2个，

二类环境功能区5个，三类环境功能区6个，四类环境功能区9个。取排水口15km半径范围内涉及近岸海域环境功能区情况见图2.3-5、图2.3-6以及表2.3-3。

2）地下水利用现状

厂址半径15km范围内包含一处农村人饮工程，位于防城区江山镇白龙村万茶组，取水量约13140 m^3，供水区域为江山镇白龙村万茶一、二组，取水点位于厂址NNE方位约4.5km处，供水人口约1500人。除白龙村万茶组外，厂址半径15km范围内无地下水集中供水工程，仅有零星地下水井分布。

3）地表水利用规划情况

厂址半径15km范围内不涉及地表水利用具体规划，仅针对水安全保障体系提出了具体目标。根据《防城港市水安全保障“十四五”规划》，厂址所在区域的地表水规划主要目标为：供水安全保障体系建设，优化水资源配置格局，增强城乡供水保障和应急供水能力，改善农田灌溉基础设施条件；加强水生态保护与修复，提升江河湖库水源涵养与保护能力，提升水土保持率；提高水治理现代化水平，建立水资源刚性约束制度。

4）地下水利用规划情况

厂址半径15km范围内不涉及地下水利用具体规划，仅针对地下水治理提出了具体目标。根据《防城港市地下水利用与保护规划报告》，地下水规划具体目标如下：以全市地下水功能区为基本单元，评价地下水功能区开发利用现状；提出功能区保护与管理目标，通过治理保护和管理措施，使规划期末达到地下水功能区要求的水位埋深、水量和水质目标要求；根据深层地下水资源及其开采状况，提出严格保护深层地下水措施。

5）海洋功能区划规划情况

根据2023年12月国务院批复的《广西壮族自治区国土空间规划（2021-2035年）》中的海洋“两空间内部一红线”分布，厂址排水口位于海洋开发利用空间。

根据《防城港市国土空间总体规划（2020-2035年）》（批复稿，尚未正式发布），厂址半径15km范围内涉及的海洋功能区划主要包括交通运输用海区、工矿通信用海区、海洋发展区、海洋预留区、渔业用海区、游憩用海区、特殊利用区、生态保护区以及生态控制区。

厂址半径15km范围内海洋功能区划分布见图2.3-7，由图可见，厂址取水口与排水口位于工矿通信用海区。

2.3.1.3　自然保护区、自然遗迹、人文遗迹、风景名胜区及湿地

1）自然保护区、自然遗迹

厂址半径15km范围内省级以上自然保护区共1处，为广西北仑河口国家级自然保护区。

广西北仑河口自然保护区的前身是1983年经原防城人民政府批准建立的山脚红树林保护区，1990年晋升为省级，2000年晋升为国家级，是一个以红树林生态系统、滨海过渡带生态系统、海草床生态系统及生物多样性为主要保护对象的自然保护区。

广西北仑河口国家级自然保护区位于广西壮族自治区防城港市境内，涉及防城区1个乡3个村、东兴市2个镇10个村，总面积3000.0公顷。

广西北仑河口国家级自然保护区内野生动植物资源比较丰富。据调查，有红树植物种类有18种。大型底栖生物有155种、鱼类有58种、鸟类298种。保护对象主要包括以下几个方面：典型的红树林湿地生态环境，典型的红树林生态系统，典型的红树林植被类型，珍稀濒危动、植物种类，北仑河口红树林及附近滩涂，平均海面以下的红树林。

根据广西北仑河口国家级自然保护区根据中共中央办公厅、国务院办公厅《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》和自然资源部、国家林业和草原局《关于做好自然保护区范围及功能分区整合优化前期有关工作的函》（71 号函），广西壮族自治区林业局、广西壮族自治区自然资源厅、广西壮族自治区生态环境厅、广西壮族自治区海洋局《关于开展全区自然保护地整合优化工作的通知》（桂林保发〔2020〕2 号）文件，广西北仑河口国家级自然保护区各功能分区按核心区进行管理。保护区边界距离厂址最近距离约 7.05km，位于厂址的 NNW 方向，距离厂址排水口最近距离约 11.24km，位于厂址排水口的 NNW 方向。广西北仑河口国家级自然保护区分布情况见图 2.3-8。

厂址半径 15km 范围内不涉及自然遗迹。

2）人文遗迹、风景名胜区

厂址半径15km范围内有3处省级以上人文遗迹，分别为白龙炮台、社山贝丘遗址、潭蓬运河。其中白龙炮台为国家级文物，共有4座炮台皆位于厂址半径5km范围内，分别为白龙台（厂址1号反应堆W方位约1.9km处）、银坑台（厂址1号反应堆WSW方位约2.2km处）、龙珍台（厂址1号反应堆W方位约1.6km处）、龙

骧台（厂址1号反应堆WSW方位约2.0km处），距离厂址最近的炮台为龙珍台。本工程的建设和运行不会对白龙炮台造成影响。其他两处文物均为自治区文物保护单位，且位于厂址半径10km外。白龙炮台仅涉及少量游客前往游玩，其四座炮台分布情况见表2.3-4与图2.3-9。

厂址半径15km范围内共有2处旅游风景区，分别为江山半岛省级旅游度假区和京岛省级旅游度假区。上述风景区包括多处旅游景点。

目前江山半岛省级旅游度假区的景点主要有白浪滩、白沙湾、怪石滩、月亮湾、金花茶珍稀植物示范基地、红树林保护区、仙女浴池和响水滩瀑布等，以及白龙炮台、谭蓬古运河、万欧古渔村、康养小镇、南珠中心、白龙台公园、社山贝丘遗址等历史人文资源。江山半岛省级旅游度假区距离厂址最近的景点为位于厂址NNE方位约1.3km处的珍珠湾。

厂址半径5km范围内的景点涉及江山半岛省级旅游度假区的珍珠湾（厂址1号反应堆NNE方位约1.3km处）、怪石滩（厂址1号反应堆SW方位约1.8km处，厂区边界附近）和白沙湾（厂址1号反应堆ENE方位约2.6km处），珍珠湾、怪石滩、白沙湾三处景点的日高峰人数约2900人次。

京岛省级旅游度假区位于东兴市江平镇，有京岛金滩、巫头万鹤山、谭吉渔村、京岛民俗风景区等景点。京岛省级旅游度假区距离厂址最近的景点为位于厂址1号反应堆WNW方位约5.0km处的京岛金滩，京岛金滩日高峰人数约2.5万人次。

厂址半径15km范围旅游风景区及其景点的分布见表2.3-5与图2.3-10。

根据《防城港市“十四五”文化和旅游发展规划》，厂址半径 15km 内规划有 2 处核心文化旅游项目，分别为白浪滩-航洋都市里、白沙湾国际自然医学度假区。其中，白沙湾国际自然医学度假区位于厂址半径 5km 范围内。

白浪滩-航洋都市里项目是防城港市航洋置业有限公司位于防城港市江山半岛的在建项目，项目总投资 133 亿元，总用地面积约 144 公顷。项目于 2019 年开工，计划 2028 年建设完工，其中一期用地面积 972 亩，主要建设包括游乐场、马戏剧场、温泉水世界及配套酒店、购物中心、滨海风情街等相关设施；二期用地面积 1194 亩，主要建设包括酒店、商业广场、滨海小镇及相关配套设施。该项目位于厂址 ENE 方位约 7.1km 处。

白沙湾国际自然医学度假区项目是广西旅游发展集团有限公司位于防城港市江山半岛白沙湾及周边区域的项目，总投资 120 亿元，总面积约 429 公顷。项

目分为两期，目前一期正在建设中。主要建设内容包括：金花岛（国际自然医学岛）、盐海漂浮岛、盐疗国际度假酒店、金花湾度假酒店、金叶水屋、金湾水街、金湾海岸、金花湾广场、国际医学人才公寓、白沙湾国际度假酒店以及度假区景观、道路、绿化等公用设施配套。拟建设的项目主要为商业和文旅项目，不涉及商品住宅项目。该项目边界距离厂址 1 号反应堆最近距离约 2.6km，位于 ENE 方位。

根据《广西旅游发展集团关于白沙湾国际自然医学度假区（一期）项目有关情况的说明》（广西旅游发展集团，2022 年 12 月 28 日），白沙湾国际自然医学度假区规划建设项目主要为经营性商业项目，不具备常住人口落户条件，日均游客接待量预计为 2000 人次，不会造成区域常住人口机械增长。

后续中电投广西核电有限公司将密切关注厂址周边旅游规划项目的实施情况，积极与地方旅游主管部门沟通，并研究开发核电工业旅游等内容，确保本工程建设与当地旅游产业的协调发展。

3）湿地

厂址半径 15km 范围内不涉及重要湿地分布。

2.3.1.4　与选址阶段的对比

与选址阶段对比，厂址半径 10km 范围内的土地利用情况在最新《防城港市国土空间总体规划（2021—2035 年）》发布后预计存在土地利用类型的调整。

厂址半径 10km 范围内的陆域生态敏感区、厂址半径 15km 范围内的地表水利用情况以及水域生态敏感区无明显变化。厂址半径 15km 范围内的涉及地下水饮用的居民点有所减少，其原因为目前多数自然村已有自来水覆盖，村民不再使用地下水。

2.3.2　陆生资源及生态概况

2.3.2.1　农业概况

厂址半径10km范围主要涉及江山镇和江平镇两个乡镇，厂址周围农业生产现状为：

江山镇共播种粮食作物1328.28公顷，生产粮食5154.94吨；经济作物135.5公顷，经济作物总产600吨；种植蔬菜480.64公顷，共生产蔬菜4173.47吨；种植水果111.1公顷，生产水果930.37吨。

江平镇共播种粮食作物2561.5公顷，生产粮食9701.4吨；经济作物434.1公顷，

经济作物总产9357.58吨；种植蔬菜2083.5公顷，生产蔬菜20981吨；种植水果168.6公顷，生产水果1745吨。

厂址半径10km主要乡镇主要粮食作物、经济作物、蔬菜和水果的生产情况分别见表2.3-6至表2.3-9。其中，经济作物包含油料作物（花生）。

江平镇与江山镇农产品的生长期、贮存期及销售情况分别见表2.3-10与表2.3-11。

2.3.2.2　牧业概况

厂址半径10km范围主要涉及江山镇和江平镇两个镇，厂址附近畜牧业生产现状为：

江山镇猪肉产量2703.53吨，牛肉产量11.22吨，羊肉产量5.81吨，禽肉产量939.72吨，禽蛋产量20.3吨。

江平镇，猪肉产量2192吨，牛肉产量46.16吨，羊肉产量46.16吨，禽肉产量1369.2吨，禽蛋产量247.1吨。

厂址半径10km范围内成规模养殖场共2家，共养殖生猪11000头，其余养殖皆为农户散养。

厂址半径10km无奶牛养殖。

厂址半径10km范围畜牧业生产情况见表2.3-12。

厂址半径10km范围内成规模养殖场分布见表2.3-13。

2.3.2.3　林业与自然资源概况

防城港市林地面积420073.23公顷。森林面积397524.35公顷，宜林荒山面积7550.12公顷，商品林面积257549.16公顷，公益林面积169013.82公顷。其中，松木类面积116762.6公顷，杉木面积1417.55公顷，桉树面积122933.42公顷，玉桂面积25092.18公顷，八角面积44776.93公顷，油茶面积2123.32公顷，红树林面积2142.93公顷。全市森林覆盖率65.28%。全市的的活立木总蓄积2653.47万m^3。

厂址所在防城区林地面积242622.37公顷。森林面积177017.28公顷，宜林荒山面积4094.91公顷，商品林面积96570.32公顷，公益林面积95688.19公顷。其中，松木类面积44192.88公顷，杉木面积1138.9公顷，桉树面积36629.71公顷，玉桂面积15765.65公顷，八角面积37661.09公顷，油茶面积723.91公顷，红树林面积448.1公顷。防城区森林覆盖率72.96%。全区的的活立木总蓄积1044.8万m^3。

厂址半径10km范围内林地主要分布的植被型包括常绿阔叶林以及暖性针叶

林。其中，常绿阔叶林包括的主要群系有镰叶相思群系、木麻黄群系、巨尾桉群系等，暖性针叶林包括的主要群系有马尾松群系以及湿地松群系等。

厂址半径10km范围不涉及具有开采价值或潜在开采价值矿产资源。厂址厂界范围内无压覆矿。

2.3.2.4　陆生生态系统状况

厂址所在防城港市位于中国大陆海岸线西南端，防城港市北枕山地，南濒海洋，地势中间高，向东南和西北倾斜，地貌类型为丘陵、山地、台地。防城港市地形以十万大山山体为核心，山脉整体呈ENE-WSW向展布。

厂址周边的陆生生态调查统计数据来源于中国辐射防护研究院开展的陆生生态调查工作。中国辐射防护研究院曾于2016年7-8月对厂址陆生生态情况进行过调查，并在2023年下旬至2024年上旬（夏、秋、冬、春四季）对厂址陆生生态情况进行了再次调查。调查工作采取资料搜集（《中国植被》、《广西植物名录》、《中国动物志》、《广西两栖动物彩色图鉴》等）和现场调查相结合的方式，资料搜集的调查范围以本工程所在厂址半径不小于80km的陆域；现场调查的调查范围为本工程所在厂址半径10km范围内的陆域。现场调查10km范围内生态景观见表2.3-14。厂址附近的陆生生态系统类型主要包括森林生态系统、湿地生态系统、草地生态系统和农田生态系统。

1）植物调查

植物群落调查主要采用样线、样方的方式。样线的布设原则是选择调查范围内最具代表性的生态系统类型（包括植被、气候、人类干扰程度等）典型地段，布设样线，每个样线长约1km，样线调查过程中会选取群落发育较好，群落结构较完整样地做样方，设置若干反映群落种类组成和结构特征的样方，记录样方中的群落类型、建群种、优势种、生境条件等。

根据厂址半径10km范围陆域生态环境中植物群落的分布情况和关注的敏感目标，布设样线和样方。厂址所在位置布设1个样线、厂址NE方向扇区布设4个样线、NNE-NE方向扇区布设1个样线，WNW-NW方向扇区布设1个样线，在WNW、NNW各方向扇区内布设1个样线，共布设9个样线，进行陆生植物调查。样线及布设情况参见图2.3-11。根据群落的重要性及生态敏感程度，每个群落设置8-21个样方，并根据不同群落类型，以及群落本身的边界大小，确定调查样方面积。根据群落类型的不同，设置不同的调查内容，获得群落的垂直结构分布情况。

厂址半径10km范围内陆生植物调查结果表明，调查区内有维管束植物102科331属450种，其中蕨类植物9科11属16种，裸子植物2科2属3种，被子植物91科318属431种，被子植物在调查区域数量上占主要地位。外来入侵物种包括鬼针草、飞机草、假臭草、薇甘菊、光荚含羞草、马缨丹、凤眼莲共计7种植物，其余的443种均为土著种。厂址半径10km范围内植物区系具有明显的热带分布性质，具有热带分布的科达51科，占总科数的54.83%；其中以泛热带分布最为丰富，共35科，占总科数的37.63%，各群落乔木层的优势种（关键种）大多属于樟科、大戟科、棕榈科，包括巨尾桉、马尾松、楝、台湾相思、大叶相思、鹅掌柴、木麻黄、乌桕等，乔木层的建群种包括马尾松、巨尾桉、木麻黄、楝、大叶相思等；各群落灌木层中的优势种（关键种）大多属于防己科、芸香科、桃金娘科、锦葵科，包括桃金娘、白楸、银合欢、露兜树、岗松、黄槿、铁包金、阔苞菊、光荚含羞草、野牡丹、菝葜等，灌木层的建群种包括桃金娘、白楸、银合欢、露兜树、岗松、黄槿、铁包金、阔苞菊、光荚含羞草等。厂址周围野生经济植物可分为10类，即淀粉植物、油脂植物、药用植物、芳香植物、树脂和胶用植物、纤维植物、观赏植物、水土保持防风固沙绿化植物、保健饮料与食品植物、饲用植物等。调查区域原生植被遭受人为干扰严重，绝大多数丘陵山地均种植了大面积的速生桉林、马尾松林或者湿地松林，自然植被多为散生鹅掌柴和岗松、龙船花、桃金娘、五节芒为主的稀疏灌草丛。区域内森林植被覆盖率较低，土壤瘠薄、干旱，风大，空气含盐度高，山丘上仅能种植台湾相思、湿地松等少数树种，树种单一，结构简单。

依据《国家重点保护野生植物名录》，厂址半径10km范围内未发现国家级重点保护野生植物。根据广西壮族自治区人民政府公布的《广西壮族自治区重点保护野生植物名录》（桂政发〔2023〕10号），厂址半径10km范围内的广西壮族自治区重点保护野生植物有2种，即黄檀（位于厂址NNE方位9.2km）和藤黄檀（位于厂址NE方位7.5km），具体情况见表2.3-15。厂址半径10km范围内发现古树名木1株，位于厂址中心NE方位，距离厂址中心9.9km处。厂址半径10km范围内重要生境与重要生物群落为红树林生物群落，该群落位于广西北仑河口国家级自然保护区，保护区边界距离厂址最近距离约7.05km，位于厂址的NNW方向，距离厂址排水口最近距离约11.24km，位于厂址排水口的NNW方向。

厂区范围内未发现省级重点保护野生植物，未发现古树名木分布。厂区范

围内主要的建群树种是巨尾桉林（近年栽培）、马尾松林和大叶相思，另外分布的优势树种有大叶相思、台湾相思和乌桕。厂区涉及两株较为茂盛的榕树（位于厂址中心S方位约0.2km处），经调查，无挂牌保护也非当地政府登记在册，不属于古树名木。现场调查中发现中国特有植物1种：马尾松，分布在厂址中心E方位，距离厂址中心约800m处，其他地区有可替代的类似生境，小范围的施工对马尾松的种群数量影响较小。

2）野生动物调查

厂址半径10km范围调查方法为样线法、样点法。在资料收集分析的基础上，进行现场动物调查观察动物活动痕迹、进行物种鉴定等，给出调查范围内野生动物的种类、分布及活动范围等相关资料，包括两栖类、鸟类、爬行类、哺乳动物等，重点调查珍稀濒危、法定保护动物和地方特有动物的种类、种群、分布、生活习性、生境条件、繁殖和迁徙行为的规律等。

厂址所在位置布设1个样线、厂址NNE-NE方向扇区布设3个样线、NE-ENE方向扇区布设1个样线，NNE方向扇区布设2个样线，在NW、WNW、NNW各方向扇区内布设1个样线，共布设10个样线，进行动物调查。样线及布设情况参见图2.3-12。野生动物调查中未发现外来入侵种，所有物种均为土著种。

（1）调查区域范围内的现场调查情况如下：

现场调查发现两栖动物1目3科5种，其中蛙科2种、姬蛙科2种、蟾蜍科1种，包括黑眶蟾蜍、泽陆蛙、海陆蛙、饰纹姬蛙、花姬蛙，泽陆蛙数量较多为优势种。厂区发现黑眶蟾蜍残骸1具，为广西壮族自治区重点保护野生动物，厂区未发现国家级重点保护野生动物。结合历史调查资料，厂址半径10km范围内无国家级重点保护野生动物，记录到广西壮族自治区重点保护野生动物8种。

现场调查发现爬行动物包括2目4科5种，其中蛇目游蛇科2种；蜥蜴目壁虎科1种、鬣蜥科1种、石龙子科1种，包括中国壁虎、变色树蜥、铜蜓蜥、中国水蛇、草腹链蛇。厂区发现变色树蜥1只，为广西壮族自治区重点保护野生动物，厂区未发现国家级重点保护野生动物。结合历史调查资料，厂址半径10km范围内无国家级重点保护野生动物，记录到广西壮族自治区重点保护野生动物5种。

厂区现场调查发现黑眶蟾蜍残骸1具，变色树蜥1只，均为广西壮族自治区重点保护野生动物。在周围环境发生不利变化时，上述动物会调整活动范围，移动到更加合适的地区维持生存和繁衍，厂址周围可替代性生境较多，小范围的施工

对其种群数量影响较小。且在厂区四通一平表土剥离前，需在厂区范围内安排专人进行巡视，如发现上述物种，需捕捉至其适应生境放生或驱赶至厂区外区域，以尽可能减少施工期间对其造成的影响。在施工过程中，严格控制作业区域，如遇到野生动物，不得随意捕捉、迫害，尽量降低对动物的干扰。

调查区域内夏季共发现鸟类10目27科53种，优势种为白头鹎、红耳鹎、白鹭，常见种为珠颈斑鸠、鹊鸲等。雀形目种类最多，有16科25种；其次是鹈形目1科9种；鸻形目3科6种；鹃型目1科4种；鸽形目、鹰形目各有1科2种；鹬鹬目、夜鹰目、鹤形目、佛法僧目1科1种。

调查区域内秋季共发现鸟类11目30科80种，优势种为灰鸻、白头鹎、红耳鹎、白鹭，常见种有暗绿绣眼鸟、珠颈斑鸠、鹊鸲等。雀形目种类最多，有16科32种；其次是鸻形目5科20种；鹈形目1科7种；鹰形目1科5种；隼形目1科4种；雁形目1科3种；鸽形目、鹃型目、鹤形目、佛法僧目各有1科2种；鹬鹬目1科1种。

调查区域内冬季共发现鸟类10目27科78种，优势种为灰鸻、黑翅长脚鹬、鹤鹬、白头鹎、白鹭，常见种有火斑鸠、珠颈斑鸠、鹊鸲等。雀形目种类最多，有15科31种；其次是鸻形目4科24种；鹈形目1科9种；鸽形目、鹤形目、鹰形目各有1科3种；雁形目1科2种；鹬鹬目、鹃型目、佛法僧目各有1科1种。

调查区域内春季共发现鸟类12目32科76种，优势种为灰鸻、环颈鸻、黑翅长脚鹬、白头鹎、白鹭，常见种为白头鹎、红耳鹎、珠颈斑鸠等。雀形目种类最多，有18科32种；其次是鸻形目4科18种；鹈形目1科7种；鹃型目1科6种；雁形目、鸽形目、鹤形目、鹰形目、佛法僧目各有1科2种；鹬鹬目、犀鸟目、啄木鸟目各有1科1种。

调查区域内鸟类共发现14目38科122种，其中非雀形目13目18科81种，雀形目20科41种。调查区域鸟类以冬候鸟为主，共计41种（占总种数的33.61%），夏候鸟20种（占总种数的16.39%）；旅鸟22种（占总种数的18.03%）；留鸟39种（占总种数的31.97%）。

厂址附近有3处保护动物栖息地，最近为栗树鸭、翻石鹬栖息地，栗树鸭、翻石鹬为国家II级保护动物，为中国脊椎动物红色名录易危等级，栖息地最近位于厂址NNE方位9.01km处，位于厂址排水口NNE方位约12km处。厂址附近珍稀动物栖息地分布见表2.3-16。

在厂区内共发现国家II级保护动物3种，分别为普通鵟、燕隼、红脚隼（各1

只），均厂区上空飞过。广西壮族自治区重点保护野生动物6种，分别为棕背伯劳、长尾缝叶莺、红耳鹎、白喉红臀鹎、黄眉柳莺、黄腰柳莺。在厂区内未发现鸟巢分布。厂区内动物以鸟类为主，鸟类活动范围较大，且厂址周围可替代性生境较多，小范围的施工对这些鸟类的种群数量影响较小。厂址半径10km范围内现场调查记录国家I级保护鸟类1种，为勺嘴鹬（厂址ESE方位9.05km处）。发现国家II级保护鸟类20种，为栗树鸭、褐翅鸦鹃、小鸦鹃、小杓鹬、翻石鹬、大滨鹬、黑翅鸢、凤头蜂鹰、蛇雕、凤头鹰、日本松雀鹰、松雀鹰、普通鵟、黑鸢、白胸翡翠、红隼、红脚隼、燕隼、游隼、画眉。广西壮族自治区级重点保护鸟类共27种，包括八声杜鹃、绿嘴地鹃、四声杜鹃、蓝翡翠、黑卷尾、灰卷尾、棕背伯劳、红尾伯劳、大山雀等。

现场调查发现哺乳动物4目4科5种，包括臭鼩鼱、小家鼠、褐家鼠、东亚伏翼、野猪。其中食虫目鼩鼱科1种，翼手目蝙蝠科1种，啮齿目鼠科2种，偶蹄目猪科1种。调查样带区域处在沿海地带，海拔低，人口密度大，动物受到人为干扰，文献记载和现场调查中均未发现有大型哺乳动物。厂区及厂址半径10km范围均未发现国家级重点保护野生动物及广西壮族自治区重点保护野生动物。结合历史调查资料，厂址半径10km范围内，中华竹鼠为广西壮族自治区重点保护野生动物。

（2）厂址半径80km陆域范围内的综合文献资料和现场调查情况如下：

厂址半径80km陆域范围共记录两栖动物28种，分隶于1目7科17属，东洋界物种为25种，广布种为3种，未记录到古北种。共记录爬行动物63种，分隶于2目3亚目13科63种，其中蜥蜴目5科13种，蛇亚目5科44种，龟鳖目3科6种。爬行类中常见的有中国壁虎、变色树蜥、铜蜓蜥、草腹链蛇、黑眉锦蛇、灰鼠蛇、渔游蛇、银环蛇、福建竹叶青、舟山眼镜蛇等。东洋界物种为59种，广布种为4种，未记录到古北种。厂址半径80km陆域范围共记录鸟类396种，隶属于19目71科，记录到科最多的是雀形目35科，其次是鸻形目记录10科。记录到冬候鸟151种，留鸟141种，旅鸟54种，夏候鸟50种。东洋界物种为132种，广布种为84种，古北180种。

厂址半径80km陆域范围统计到哺乳动物36种，隶属于7目15科，其中食虫目有1科5种，攀鼩目1科1种，翼手目4科9种，食肉目4科4种，兔形目1科1种，啮齿目3科15种，偶蹄目1科1种。东洋界物种为17种，广布种为19种，未记录到古北

塞物调查专题中间成果报告》。

2.3.3.1　水产资源

春季调查共设置了 18 个渔业资源调查站位。

1）游泳动物调查结果

春季调查共捕获游泳生物102种，其中：鱼类60种，头足类6种，甲壳类36种。鱼类平均重量密度和平均数量密度分别为232.00 kg/km^{2}和45985 ind/km^2，主要由二长棘鲷、褐篮子鱼、黑鲷、金钱鱼、皮氏叫姑鱼、多鳞鳢等种类组成，这6种鱼类其重量渔获率之和为203.71kg/h，占鱼类总重量渔获率的71.62%。头足类平均重量密度和平均个体密度分别为80.09kg/km^{2}和8835ind./km^2，优势种为杜氏枪乌贼和中国枪乌贼，这2种重量渔获率之和占头足类总重量渔获率的80.37%。甲壳类36种，包括虾类16种，蟹类28种，虾蛄类8种。平均重量密度和平均个体密度分别为71.59kg/km^{2}和12699ind/km^2。甲壳类优势种共2种，分别为须赤虾和钝齿蟳。

2）鱼卵仔鱼调查结果

春季调查的在18个站位的垂直拖网调查中，有17个站位采到鱼卵，10个站位采到仔鱼。鱼卵平均密度为1409粒/1000m^3，仔鱼平均密度为75尾/1000m^3，鱼卵密度以S17站最高，为3993粒/1000m^3，仔鱼密度以S23站最高，为311尾/1000m^3。

3）捕捞及养殖情况

厂址位于广西壮族自治区防城港市江山半岛南端，距离越南约20公里，厂址周边海域相对较为开阔。在调查附近海域内从事渔业生产活动的渔船错综复杂，除了防城港本地渔船外，也有相当一部分来自东兴、钦州或北海的渔船、渔民在此生产作业。厂址附近的江山镇在2023年的水产品总产量为93421吨，其中海水捕捞量13426吨，海水养殖量79726吨。

厂址半径15km范围内养殖类型分为浅海养殖、滩涂养殖以及海水高位池养殖。其中，浅海养殖区域主要位于珍珠港渔业用海区，养殖类型主要有经济鱼类、牡蛎等，养殖区域分布见表2.3-19与图2.3-14；滩涂养殖养殖类型主要有对虾、蟹类、牡蛎、文蛤等，养殖区域分布见表2.3-20与图2.3-15；海水高位池养殖分布较为分散，养殖类型包含对虾、贝类、蟹类、虾苗、鱼苗等，养殖场分布见表2.3-21与图2.3-16。

根据《防城港市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》，厂址半径10km范围

种。

3）陆生生态系统简述

调查区域范围位于南亚热带海洋性季风气候区，为滨海低山丘陵地带，由于历史性的长期渔猎、养殖、伐木以及当地旅游事业的开发等人为活动对自然环境持续高强度的干扰，自然生态系统被取代，长期演替使各类生态系统处于动态平衡。生产力被人为干扰，动物物种多样性受到影响，尤其是两栖爬行类和哺乳类种类较少，鸟类相对丰富，大多都是广泛分布的常见种类，国家重点保护的珍稀濒危动、植物相对较少。

4）生态环境状况分级

根据厂址附近环境调查的结果，采用《环境影响评价技术规范》（HJ192-2015）对调查范围内生态环境现状进行了综合评价。评价指标包括生物丰度指数、植被覆盖指数、水网密度指数、土地胁迫指数和污染负荷指数和环境限制指数，在各项指标计算结果的基础上，给出生态环境状况分级结果。根据生态环境状况分级标准，评价区生态环境状况指数为EI=50.48，级别为一般，植被覆盖度中等，较适合人类生活。

2.3.2.5　陆域生态红线

根据《防城港市人民政府关于“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（防政规〔2021〕4号），防城港市全市共划定陆域环境管控单元45个，分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元三类，实施分类管控。

厂址位于防城区江山镇白龙村，地处江山半岛的最南端，厂址东、南、西三侧临北部湾海域，属滨海厂址。厂址半径5km范围内共涉及3个陆域环境管控单元，其中有1个优先保护单元，为北部湾水源涵养生态保护红线，2个重点管控单元，分别为防城区城镇空间重点管控单元、东兴市其他重点管控单元。厂址区域位于防城区城镇空间重点管控单元。

厂址半径15km范围内共涉及10个陆域环境管控单元，其中有4个优先保护单元（北部湾水源涵养生态保护红线2处、广西北仑河口国家级自然保护区生态保护红线2处），6个重点管控单元（防城港经济技术开发区重点管控单元、防城区城镇空间重点管控单元、东兴边境经济合作区重点管控单元、东兴江平工业园区重点管控单元、东兴市城镇空间重点管控单元、东兴市其他重点管控单元）。

根据广西壮族自治区生态环境厅于2024年8月13日印发的《广西壮族自治区

生态环境分区管控动态更新成果（2023年）》，厂区位于重点管控单元范围内。

根据广西生态云建设项目准入研判系统网站（广西壮族自治区生态环境厅主办，基于2023年广西壮族自治区生态环境准入清单数据更新）的管控单元数据，厂址所在区域为防城区其他重点管控单元。

根据2022年10月14日获批启用的广西壮族自治区“三区三线”划定成果，厂址半径5km范围内涉及陆域生态红线1处，为北部湾水源涵养生态保护红线，位于厂址ENE方位4.7km的万欧村的南部沿岸处。

厂址半径15km范围内涉及陆域生态红线2处，分别为北部湾水源涵养生态保护红线以及广西北仑河口国家级自然保护区。其中，距离厂址最近的陆域生态红线为北部湾水源涵养生态保护红线，最近位于厂址ENE方位4.7km的万欧村的南部沿岸处。

根据《防城港市国土空间总体规划（2020-2035年）》（批复稿，尚未正式发布），厂址半径15km的生态保护红线见图2.3-40，该规划已纳入了2022年10月广西壮族自治区的“三区三线”的划定成果。该规划的生态保护红线未区分陆域与海域，距离厂址最近的生态保护红线位于厂址WNW方位约2.18km处。

2.3.2.6　距离反应堆最近的种植区、饲养场、自然保护区等

厂址半径10km范围内距反应堆最近的种植区、饲养场见表2.3-17，由表2.3-17可见：

— 距厂址最近的农田：位于厂址NE方位约3.6km处的白龙农田。播种面积约6.67公顷，主要种植作物为花生和薯类。

— 距厂址最近的菜田：位于厂址NE方位约3.6km处的白龙菜田。蔬菜种植面积约2.33公顷，主要种植作物为时令蔬菜。

— 距厂址最近的家畜养殖场：位于厂址NNE约3km处的龙翔猪场，生猪养殖规模8000只。

— 距厂址最近的自然保护区，位于厂址NNW方位约7.05km处的广西北仑河口国家级自然保护区。

— 厂址半径10km范围内无成规模家禽养殖场。

— 厂址半径10km范围内无奶牛场。

2.3.2.7　与选址阶段的对比

与选址阶段相比，本阶段厂址半径10km范围内农牧业变化较大的为牧业养

殖场（数量有所减少），主要原因为部分养殖场受疫情影响倒闭。

陆生生态方面，该区域主要的植物群系、建群种、优势种、重要生境、重要生物群落及生态系统类型等没有明显的变化。

陆生植物资源相较于历史调查结果，新增维管束植物种类18科23属23种。物种多样性有所增加的原因可能是近年来年平均气温升高，良好的水热条件有利于植被生长。同时，植树造林种草、退耕还林还草等生态工程的实施也促进了植被生态质量的改善。

陆生动物资源相较于历史调查的陆生动物资源略有不同，调查结果的差异主要与调查频次、调查范围有关。

2.3.3 水产资源及水生生态概况

生态环境部华南环境科学研究所于2024年对厂址周围海洋环境进行调查和监测工作，并完成了《广西白龙核电项目厂址邻近海域跟踪调查专题2024年春季调查报告》。主要工作内容包括海洋水质环境、海洋沉积物环境、海洋生物生态和海洋渔业资源。调查方法和样品测定根据《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）进行。

春季调查于2024年4月10日开始，4月12日结束，夏、秋、冬季调查待开展。本节内容根据春季调查结果进行编制。

调查范围覆盖以本工程排水口为中心，半径20km范围内的海域。根据本工程附近海域环境及其地理特点，按照全面覆盖、近密远疏、重点代表的原则设置站位，在排水口和其它环境敏感目标处适当加密调查站位，重点关注珍珠湾、北仑河口红树林海洋保护区等敏感位置，采用扇形方式布设断面。

在本工程排水口半径20 km范围内，根据海图地形分析，布设大面调查7条断面，每个断面布设3-6个站位，共计30个，其中水质站30个，沉积物15个，生物生态站18个，渔业资源调查站18个。上述监测站位中存在2处连续监测站，编号分别为S5监测站以及S9监测站。调查站点分布情况见图2.3-13。

针对潮间带生物调查，在厂址附近岸线布设一条调查断面D1，在白龙尾码头附近布设断面D2，在防城港港口区附近布设断面D3，每条断面分高潮区、中潮区和低潮区进行样品采集。调查断面分布情况见表2.3-18。

污损生物的调查由自然资源部第三海洋研究所开展，该调查已完成2023年6月至8月污损生物附着的调查与分析，并形成了《广西白龙核电项目取水工程堵

内共有海水禁养区域8处，限养区6处，养殖区2处。养殖区域情况见表2.3-22，养殖区分布见图2.3-17。

4）主要经济鱼类

本次调查捕获的鱼类30种。鱼类中经济鱼类有多鳞鱚、二长棘鲷、皮氏叫姑鱼、花斑蛇鲻、线纹鳗鲶、褐篮子鱼、斑鰶、金钱鱼、黑鲷、长吻红舌鳎等，其中主要经济鱼类为蓝圆鲹、二长棘鲷、长毛对虾、短尾大眼鲷、白姑鱼、金线鱼、花斑蛇鲻、红鳍笛鲷和中国枪乌贼等。

2.3.3.2　水生生态概况

1）水环境

春季调查共设置了30个水质调查站位（站位编号：S1~S30），其中设置2处连续测站（S5与S9）。调查要素如下：

水文（物理性质）：水温、盐度、水色、浊度、透明度、水深。

水质（化学性质）：pH、溶解氧、悬浮物、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、活性磷酸盐、铜、铅、镉、锌、砷、总汞、总铬、硼、氰化物、硫化物、氟化物、挥发性酚、石油类、余氯。

调查海域的水文情况如下：

在大面站监测结果中，水深检测结果范围介于4.2m~27.5m，平均值为15.23m；浊度检测结果范围介于1.1NTU~4.4NTU，平均值为2.10NTU；透明度检测结果范围介于4m~8.5m，平均值为7.23m；水色检测结果范围介于4~9，平均值为6；水温检测结果范围介于17.5℃~26.4℃，平均值为21.51℃；盐度检测结果范围介于28~31.4，平均值为30.08。

在连续站监测结果中，S5水深检测结果范围介于7.2m~12m，平均值为9.65mg/L，S9水深检测结果范围介于8.4m~11.6m，平均值为10.55m；S5水温检测结果范围介于19.7℃~23.7℃，平均值为21.86℃，S9水温检测结果范围介于18.7℃~23.31℃，平均值为21.30℃；S5盐度检测结果范围介于30.1~30.9，平均值为30.35，S9盐度检测结果范围介于30.3~30.9，平均值为30.53；S5浊度检测结果范围介于0.9NTU~1.6NTU，平均值为1.22NTU，S9浊度检测结果范围介于0.9NTU~1.6NTU，平均值为1.33NTU。

调查海域的水质情况如下：

春季调查结果中水质调查涉及pH、溶解氧、COD_{Mn}、活性磷酸盐、无机氮、

石油类、氰化物、硫化物、挥发酚、汞、铜、铅、镉、铬、锌、砷15个评价指标，共计1184条评价数据。所有评价数据中符合第一类海水水质标准的为1125个（95.06%），符合第二类海水水质标准的为55个（4.6%），符合三四类海水标准的为4个（0.34%）。符合第二类海水水质标准的要素主要为溶解氧、COD_{Mn}和铅；符合第三四类标准的要素主要为pH。连续观测站位均符合一二类水质标准。总体而言，海洋水环境质量处于较为良好的状态。

调查海域的水体营养状态情况如下：

根据《近岸海域环境监测技术规范》（HJ442.10-2020），计算得到大面站位的富营养化指数E为0.07，结合历史调查情况发现，2018年富营养化指数E为0.02，2021年富营养化指数E为0.52。上述富营养化指数E均小于1，调查海域未发生富营养化现象。

来自陆地的点源和非点源污染状况如下：

厂址附近的陆源污染源分布情况见图2.3-18，厂址半径15km范围内的陆源污染以点源排放为主，涉及的排污口主要为西湾海域和珍珠湾海域的排污口，其中西湾海域319个、珍珠湾765个，项目邻近区域无大面积种植、养殖区域，面源污染情况较少。

根据《广西海洋生态环境质量报告》（[2023]第5期），2023年防城港市近岸海域水质级别为“优”，优良比例为97.9%。其中，春季、夏季和秋季优良比例分别为98.2%、97.1%和98.5%。无超二类水质海域。可见厂址附近海水污染程度较小。

2）水生生物

（1）微生物

春季调查中，细菌总数数量范围在3.0×10^3ind/mL~4.5×10^3ind/mL，平均为3.9×10^3ind/mL。粪大肠菌群数量除一个站点监测值超过检出限外（20MPN/L，S3点位），其余站位均低于检出限。其中，细菌以及粪大肠菌群分布情况见图2.3-19与图2.3-20。

（2）叶绿素及初级生产力

春季调查中，表层叶绿素a的含量范围在0.29mg/m^3~3.44mg/m^3，平均值为1.156mg/m^3；底层叶绿素a变化范围为0.19mg/m^3~2.22mg/m^3，平均含量为0.909mg/m^3。初级生产力的变化范围在66.13mgC/(m^2 d)~707.19mgC/(m^2 d)，平均

值为237.86mgC/(m^2 d)。叶绿素及初级生产力分布情况见图2.3-21-图2.3-23。

（3）浮游植物

春季调查样品中共鉴定出浮游植物107种，群落结构由硅藻、甲藻组成。其中硅藻为最大类群，共91种，种类数量占比为85.05%；甲藻16种，种类数量占比为14.95%，主要种类为角藻属；未鉴定出其他门类浮游植物。

春季调查海区浮游植物丰度变化范围介于97.38×10^4cells/m^3~5340.50×10^4cells/m^3，均值为1363.15×10^4cells/m^3。浮游植物丰度（细胞密度）组成以硅藻占绝对优势，其丰度变化范围介于89.79×10^4cells/m^3~5332.00×10^4cells/m^3，均值为1356.60×10^4cells/m^3，占各站位样品丰度的92.21%~99.90%，平均为99.52%，各调查站位样品均有鉴定出；甲藻其丰度变化范围介于0.80×10^4cells/m^3~24.44×10^4cells/m^3，均值为6.55×10^4cells/m^3，在各站丰度中的所占比例为0.10%~7.79%，平均为0.48%，各调查站位样品亦均有鉴定出。浮游植物丰度分布情况见图2.3-24。

调查海域大面调查各站位调查到的浮游植物种类数介于12-31种，多样性指数（*H'*，下同）变化范围为2.19-3.94，平均为2.94；丰富度指数（*d*，下同）变化范围为0.49-1.45，均值为0.86；均匀度指数（*J*，下同）的范围为0.54-0.84，均值为0.68。

调查海域S5连续调查站各时间段调查到的浮游植物种类数介于20-29种，多样性指数变化范围为2.99-3.71，平均为3.39；丰富度指数变化范围为1.08-1.54，均值为1.28；物种均匀度指数的范围为0.69-0.77，均值为0.74。

调查海域S9连续调查站各时间段调查到的浮游植物种类数介于21-38种，多样性指数变化范围为1.96-3.35，平均为2.79；丰富度指数变化范围为1.05-1.95，均值为1.35；物种均匀度指数的范围为0.45-0.73，均值为0.60。

（4）浮游动物

春季调查中，共采集到浮游动物59种和20类无法鉴定到种的浮游幼体，分别归属于甲藻门、粒网虫门、栉水母动物门、刺胞动物门、毛颚动物门、软体动物门、脊索动物门、节肢动物门（不包括浮游幼体），其中节肢动物门种类最多为41种，占总种数的69.49%；其次为刺胞动物门有8种，占总种数的13.56%；其余类群的种类数相对较少，多在3种以下。

调查海域浮游动物的丰度变化在162.27~45888.00个/m^3之间，平均9234.07个

/m^3。丰度最高出现于S28站位、最低值出现于S10站位。该海域浮游动物的生物量变化在15~1210mg/m^3之间，平均156mg/m^3。生物量最高出现于S23站位、最低值出现于S03站位。浮游动物丰度分布情况见图2.3-25。

连续监测站点S5丰度变化在322.73~39552.00个/m^3之间，平均5066.41个/m^3，最高值出现于时间点7:00，最低值出现于时间点1:00；连续监测站点S9丰度变化在503.68~12713.68个/m^3之间，平均3751.81个/m^3，最高值出现于时间点10:00，最低值出现于时间点第二天的13:00。

调查海域大面调查各站位调查到的浮游动物多样性指数变化范围为0.30-2.47，平均为1.72；丰富度指数变化范围为2.43-4.34，均值为3.10；均匀度指数的范围为0.12-0.73，均值为0.54。

调查海域S5连续调查站各时间段调查到的浮游动物多样性指数变化范围为1.11-2.39，平均为1.88；丰富度指数变化范围为2.55-4.16，均值为3.35；物种均匀度指数的范围为0.33-0.82，均值为0.60。

调查海域S9连续调查站各时间段调查到的浮游动物多样性指数变化范围为0.66-2.30，平均为1.63；丰富度指数变化范围为2.43-4.34，均值为3.10；物种均匀度指数的范围为0.21-0.72，均值为0.51。

（5）底栖生物

春季监测共鉴定出大型底栖生物6门55种，其中环节动物31种，占总种类数的56.36%；软体动物11种，占总种类数的20.00%；节肢动物7种，占总种类数的12.73%；棘皮动物4种，占总种类数的7.27%；纽形动物和脊索动物各1种，各占总种类数的1.82%。

大型底栖生物平均生物量为55.10g/m^2，变化范围为0.30~735.40g/m^2，生物量平面分布极不均匀。调查海域大型底栖生物生物量组成以环节动物和软体动物为主，分别占总生物量47.88%和40.01%；其次为节肢动物（9.62%）和棘皮动物（2.07%）；纽形动物（0.40%）和脊索动物（0.02%）占比很低。

大型底栖生物平均栖息密度为82.8ind/m^2，变化范围为15.0~320.0ind/m^2，平面分布较不均匀。从栖息类群来看，调查海域大型底栖生物密度组成以环节动物为主，占总栖息密度的60.74%。底栖生物栖息密度分布情况见图2.3-26。

大型底栖生物物种丰富度指数变化范围为0.51~2.39，平均值为1.28；均匀度指数变化范围为0.58~1.00，平均值为0.89；物种多样性指数变化范围为0.92~3.30，

平均值为2.30。

（6）潮间带生物

春季监测共鉴定出潮间带生物11门100种，其中软体动物39种，占总种类数的39.00%；环节动物33种，占总种类数的33.00%；节肢动物17种，占总种类数的17.00%；大型藻类3门（绿藻门、褐藻门、红藻门）4种，占总种类数的4.00%；刺胞动物和棘皮动物各2种，各占总种类数的2.00%；扁形动物、纽形动物和脊索动物各1种，各占总种类数的1.00%。

潮间带生物平均生物量为547.24g/m^2，变化范围为135.75~1186.63g/m^2。生物量组成以软体动物占优势，占总生物量的79.62%；其次为节肢动物和棘皮动物，分别占总生物量的14.25%和4.79%；其余生物类群生物量占比较低（<1.00%）。潮间带生物生物量分布情况见表2.3-23。

潮间带生物物种丰富度指数变化范围为1.06~2.33，平均值为1.58；均匀度指数变化范围为0.61~0.86，平均值为0.76；物种多样性指数变化范围为1.74~3.23，平均值为2.53。

（7）游泳动物

春季调查中，共鉴定出游泳动物102种，其中鱼类60种、甲壳类36种、头足类6种，分别占总物种数的58.82%、35.29%和5.88%。

调查海域游泳动物平均重量密度为328.89kg/km^2，平均数量密度为63149ind/km^2。其中，海域优势种共2种，分别为二长棘鲷以及须赤虾。二长棘鲷为第一优势种，其重量和数量分别占生物资源总重量和总数量的27.24%和46.20%，在所有调查的站位均有捕获。游泳动物重量密度及数量密度分布见图2.3-27与图2.3-28。

游泳动物物种丰富度指数变化范围为0.32~5.06，平均值为3.05；均匀度指数变化范围为0.31-0.73，平均值为0.57；物种多样性指数变化范围为0.69-2.51，平均值为1.65。

（8）赤潮生物

调查样品共鉴定出赤潮藻类2门50种（含变型、变种），其中硅藻门9属34种，主要类群是圆筛藻属、根管藻属和角毛藻属；甲藻门6属14种，主要类群是新角藻属和原多甲藻属。

赤潮生物丰度变化范围介于80×10^4cells/m^3~5229.50×10^4cells/m^3，均值为

1309.08×104cells/m3。赤潮生物多样性指数范围为2.02-3.28，平均值为2.54，丰富度指数范围为0.80-1.62，平均值为1.16，多样性指数范围为0.48-0.74，平均值为0.60。赤潮生物丰度分布情况见图2.3-29。

近五年北部湾赤潮发生情况见表2.3-24。2023年，广西近岸海域未发生赤潮，且近五年来，广西近岸海域共发生赤潮2次，累计面积24.5平方千米；北部湾海域发生赤潮1次，面积约6000平方千米。3次赤潮均未造成养殖生物异常死亡等灾害。

（9）污损生物

2023年6月至8月月板污损生物累积附着情况如下：

表层月板试板平均附着物种数为23种，物种数月变化情况为7月>6月>8月。底层试板平均附着物种数为29种，物种数月变化情况为6、8月>7月。附着物种数随着累积时间增加而增多，大致表现为6~8月>6~7月>6月。

附着密度水层差异表现为底层（222033ind./m^2）>表层（68333ind./m^2），试板附着密度月变化为7月>6月>8月。

附着生物量水层差异表现为底层（7671g/m^2）>表层（5667g/m^2），试板平均附着生物量月变化为6月>7月>8月。

综合出现频率、附着密度和生物量，2023年6月~8月月板的主要优势种为带偏顶蛤、网纹纹藤壶、别藻苔虫、侧花海葵、菊海鞘和端足类梳齿片钩虾、巴西地钩虾、加尔板钩虾等。累积板优势种为翡翠股贻贝、网纹纹藤壶、侧花海葵、菊海鞘、小齐海鞘、梳齿片钩虾和加尔板钩虾等。

根据2023年6~8月挂板试验数据初步判断，本工程具有潜在堵塞物风险的污损生物主要为管栖多毛类华美盘管虫和旋鳃虫；软体动物牡蛎、翡翠股贻贝和带偏顶蛤；节肢动物网纹纹藤壶；苔藓虫多室草苔虫、美丽琥珀苔虫、孟加拉琥珀苔虫、独角裂孔苔虫、白裂孔苔虫、厦门华藻苔虫以及别藻苔虫；海鞘菊海鞘、小齐海鞘以及冠瘤海鞘及侧花海葵。

3）珊瑚礁分布

本工程取水西堤和取水东堤两侧均有珊瑚礁分布（未划入生态保护红线），珊瑚分布见图2.3-30。

根据广西海洋科学院（广西红树林研究中心）2024年春季调查结果，调查区域共鉴定出造礁石珊瑚7科12属22种，以裸肋珊瑚科的种类数量最多，优势种为

斯氏伯孔珊瑚。调查区域造礁石珊瑚种类较少，密度低且个体大小也相对较小。

此外，珊瑚所在区域的悬浮物浓度在2.1mg/L~6.3mg/L之间。工程海域主要礁石珊瑚种类对悬浮物的耐受情况见表2.3-25所示。可见工程海域各造礁石珊瑚的悬沙耐受范围比较大，大多数在100mg/L以上。

2.3.3.3　经济性和保护性水生生物生活习性及活动区

1）主要经济鱼类

- 蓝圆鲹

蓝圆鲹隶属鲈形目鲹科圆鲹属。蓝圆鲹系近海暖水性、喜集群、有趋光性的中上层鱼类，但有时也栖息于近底层。

蓝圆鲹主要分布在南海北部陆架区内，范围很广，东部与粤闽种群相连，西部可达北部湾，南海中南部都有出现。蓝圆鲹分布尤以水深 180m 以内较为密集，水深 180m 以外鱼群较分散。

蓝圆鲹每年 12 月到翌年 1 月，从北部湾南部向涠洲至雾水洲一带海域做索饵洄游，此时性腺开始发育。至 3~4 月份性腺成熟，在水深 15~20m 泥沙底质场所产卵。产卵结束后，鱼群逐渐分散于湾内各海区栖息。至 5 月间，在涠洲岛附近海区皆可发现蓝圆鲹幼体，这些幼鱼继续在产卵场附近索饵成长，随后转移至湾内各水域。蓝圆鲹产卵“三场一通道”分布见图 2.3-31。

- 二长棘鲷

二长棘鲷属鲈形目犁齿鲷科，为暖温性近底层鱼类，多分布于南海和东海，其中在南海北部和东海南部数量较多。

二长棘鲷的分布总体上北高南低，高密度分布区主要是北部湾北部沿岸水域，低密度则分布于中、南部远离大陆的海域。

二长棘鲷属暖温性近底层鱼类，适温范围为 21~27℃，底质以泥和泥沙为适宜，底层盐度范围为 31.0~34.8‰，但盐度低于 33.2‰的海区分布较少。

二长棘鲷喜结群，成鱼平时栖息于较深水域，分布广且移动性不大，其洄游多见于产卵时期。每年 10~11 月份期间，亲鱼性腺逐渐发育，到 12 月份至翌年 2 月份鱼群洄游移动至沿岸一带水域产卵，鱼群产卵结束后，鱼群分散并移至较深一带水域栖息。

二长棘鲷性腺发育和成熟产卵对环境因子的要求比较严格，产卵场也相对集中，位于东经 108 ℃以东，北纬 20°~21°30′，主要产卵场位于海南岛西北海域。二

长棘鲷“三场一通道”分布见图 2.3-32。

- 白姑鱼

白姑鱼属于鲈形目，石首鱼科、白姑鱼属。广泛分布于印度-西太平洋热带海域，我国产于东海南部和南海。

白姑鱼长期为北部湾鱼类的主要优势种，在各季均有较高的优势地位。在北部湾水域，白姑鱼主要是海南岛西岸，包括北部湾中部和东南部海域的周年优势种，在北部湾北部近岸，优势度明显降低。厂址附近海域附近无白姑鱼较为集中聚集的索饵场、越冬场和洄游通道。

北部湾白姑鱼群体每年有 2 个产卵期，分别为春季的 3~4 月和秋季的 10~11 月，春季为主要产卵期，已知的主要产卵场在海南岛西岸及雷州半岛西岸。此外，越南湄岛附近海域也是一处产卵场。春季产卵期栖息于北部湾口，个体较大的亲鱼首先集群洄游至海南岛西岸莺歌海至感恩一带渔场产卵，产卵结束后南移且分散。秋季产卵鱼群洄游集结于越南虎岛附近海域。在雷州半岛以西的涠洲岛附近海域，春、秋两季均有亲鱼产卵。在海南岛西部海域产卵的鱼群，个体多数较大；在北部湾北部和西部海域产卵的鱼群，个体多数较小。白姑鱼产卵场位置见图 2.3-33。

- 金线鱼

金线鱼属鲈形目金线鱼科，为暖水性中下层鱼类。

金线鱼广泛分布于南海北部海域。在北部湾海域，幼鱼多出现在水深 30~50m、底质为泥沙和沙的海域，成鱼多出现在水深 50~70m 海域。一般认为分布于南海的金线鱼不作季节性远距离洄游，仅随季节的变化在深水区与浅水区之间移动。

金线鱼为为暖水性中下层鱼类。生活于 18~220 公尺海域，喜栖息于沙泥底质地区。肉食性，以小鱼及甲壳类为主。适温 19~23℃。

金线鱼成鱼群体平时栖息于深水区，产卵季节，在南海产卵期为 4~5 月，由外海向近岸作生殖洄游，5 月后大部分产卵完毕，鱼群向外海深处分散。金线鱼栖息地较为广泛，厂址附近海域无金线鱼明显集中的越冬场、索饵场和洄游通道，其产卵区域集中在北部湾北部区域。金线鱼产卵场位置见图 2.3-34。

- 花斑蛇鲻

花斑蛇鲻隶属于灯笼鱼目，狗母鱼科、蛇鲻属。广泛分布于南海北部及北部湾。

花斑蛇鲻属底栖鱼类，洄游性不强，不作长距离洄游，只作水域深浅的移动。春季，北部湾北部的鱼群分散移动，没有密集分布区且出现率低，北部湾中部的鱼群有集群迹象，形成一处小范围的密集分布区，北部湾南部鱼群有集群迹象。夏季，北部湾北部的鱼群比较分散，出现率也低，北部湾中部的鱼群有向北移动趋势，形成一小范围的密集分布区。秋季，北部湾北部的鱼群集结向北移动，形成一小范围密集分布区，北部湾中部鱼群进一步集结，形成一小范围高密集分布区，北部湾南部鱼群比较分散，没有集结迹象。冬季，北部湾北部的鱼群向东南分散移动，没有形成密集分布区，北部湾南部的鱼群有集结迹象，但没有形成密集分布区。

花斑蛇鲻终年均可产卵，主要产卵期是春、夏季，产卵场很广，不集中，从水深 18~114m 的范围内都有亲鱼产卵，但主要分布于水深 40~90m 的水域。厂址附近海域花斑蛇鲻无明显集中的“三场一通”分布。

- 短尾大眼鲷

短尾大眼鲷属于鲈形目，大眼鲷科、大眼鲷属，主要分布于东海南部和南海，是主要经济鱼类之一。

短尾大眼鲷产卵场分布在北部湾水深 50~70m、底温 23.52~24.97℃、底盐为 33.75~34.10 的湾口，各月产卵场范围变动不大。

短尾大眼鲷没有明显的洄游路线，但密集区随季节的变化比较明显。冬季短尾大眼鲷在北部湾的主要分布在中南部海区和海南岛的西南部海区。春季短尾大眼鲷在北部湾的主要分布在海南岛西南面的莺歌海到三亚一带的近海区。可以看出，冬末以后部分鱼群游到较浅水域，直到春末。北部湾海域春末夏初短尾大眼鲷主要分布于湾口水深 50~70m 的海区，到了秋季以后部分鱼群逐渐汇集到湾外深水区，形成了新的密集区。

短尾大眼鲷没有明显的洄游路线，产卵场和索饵场广泛分布于北部湾海域，无集中出现场所，越冬场出现集中于中南部海区和海南岛的西南部海区。短尾大眼鲷的越冬场分布见图 2.3-35。

- 红鳍笛鲷

红鳍笛鲷，笛细属，笛纲科，为热带及亚热带海区底栖性大型鱼类。主要产于南海，尤以北部湾较为集中，资源丰富。

红鳍笛鲷是北部湾主要经济鱼类，其摄食饵料种类以底栖动物为主，另有鱼

类、甲壳类和头足类等。

红鱼没有特别集中的产卵场，在北部湾内 40 米以上的海区，都可发现成熟产卵的群体。产卵期间，各处产量基本保持原来状态，无明显季节性变化的情况。因此，红鱼没有明显产卵洄游现象，仅在生殖期由深处向浅海区作短距离移动。

- 中国枪乌贼

中国枪乌贼隶属于头足纲、枪形目、闭眼亚目、枪乌贼科、枪乌贼属，广泛分布于北部湾内，以水深 40-80m 的北部湾中部和海南岛西部沿岸海域的密度较高。

中国枪乌贼的分布存在季节变化，夏秋季为主要产卵季节，群体有向较浅水域移动的趋势，以水深 40-80m 海域的数量最多。期间，中国枪乌贼的生物量达到全年最大；冬季至春季，中国枪乌贼有向较深海域移动的趋势、以水深 80m 以上的湾口区域的数量较多。该种类全年均有产卵，7-9 月为其主要产卵季节，产卵场所一般为水深 30-50m、底质为礁石、粗中砂间有海鸡头丛生的海域。

秋、冬季中国枪乌贼密集区主要分布于北部湾北部，北部湾中部和北部湾口分布较少。

中国枪乌贼的洄游主要是局部性、地区性的，不涉及长距离洄游，洄游时大体呈辐射式散布。厂址附近海域的中国枪乌贼无明显集中的“三场一通”分布。

- 长毛对虾

长毛对虾隶属于十足目，枝鳃亚目，对虾科，对虾属。

长毛对虾为一年生虾类，一生中要经过几个不同的发育阶段，每个不同发育阶段，对外界环境条件的要求亦不相同，即处于不同发育阶段的个体，表现出不同的生态类型。

在自然海区，长毛对虾幼虾常聚集于浅水内湾及河口附近觅食。随着幼虾迅速发育成长和生理生态上的变化，逐渐离开浅海内湾及河口区域向较深的水域栖息活动。

长毛对虾食性很广，其饵料种类和食物组成随着个体发育而有所变化。处于幼体发育阶段，食物主要以单细胞藻类为主，如小型硅藻类，甲藻类以及其他动物幼体和有机碎屑等。随着个体的增长，食物组成也逐步扩大，主要食物以动物性底栖生物。

当每年秋末冬初，随着水温的下降，长毛对虾逐渐向较深的海区进行过冬，

到了来年春天，水温逐步回升时，亲虾便开始交尾生殖活动。

长毛对虾幼虾常聚集于浅水内湾及河口附近觅食。随着幼虾迅速发育成长和生理生态上的变化，逐渐离开浅海内湾及河口区域向较深的水域栖息活动。因此，长毛对虾分布情况主要受食物和生理特性影响，广泛分布在北部湾海域，厂址附近海域无明显集中的“三场一通”分布。

上述主要经济鱼类的“三场一通”与取水口与排水口的相对位置情况见表2.3-26。

2）保护区及受保护水生生物状况

（1）保护区

本工程半径15km范围内分布的保护区为广西北仑河口国家级自然保护区。

广西北仑河口自然保护区情况请见 2.3.1 节。

（2）保护性水生生物

已知分布在厂址附近海域的国家和省级重点保护水生生物有海龟、文昌鱼、中国鲎、中华白海豚、布氏鲸和印太江豚。

- 海龟

海龟在动物分类学上隶属于脊索动物门，爬行纲，龟鳖目，海龟科。海龟在我国各海区均有分布，主要集中在南海，产卵场地分布在南海沿岸和岛屿，南海拥有我国90%以上的海龟资源。在种类上，又主要以绿海龟为主，占85%以上，其它种类已极为稀少。

海龟是我国二类重点保护的水生野生濒危动物。在我国北起山东省，南至沿南海诸岛海域和北部湾均有分布。根据研究海龟的监测机构开展了利用卫星追踪定位技术研究海龟在海域的活动规律表明，海龟洄游活动范围极为广阔，东至我国台湾省，南至东沙群岛，西沿北部湾。厂址附近海域未发现海龟“三场一通”分布。

经调查，调查海区近几年的夏季都有海龟出现，其原因与海洋环境污染导致海龟产卵地遭到破坏有关，海龟为寻找适合繁殖地，进而出现在白龙尾邻近海域。但在本次春季调查中，该海域附近未发现海龟。

- 文昌鱼

文昌鱼属于国家二级保护动物，主要分布在地球热带、亚热带的8~16米的浅水海域中，特别在北纬48 °至南纬40 °之间的环形地区内较多。文昌鱼5~7月为生

殖季节，一年产卵3~4次，产卵时间在6~7月，体外授精，受精卵细胞分裂，很快地成为被有纤毛的幼体，沉人海底，发生变态，发育为成体。厂址附近海域未发现文昌鱼“三场一通”分布。

- 中国鲎

中国鲎属于节肢动物门，肢口纲，剑尾目，鲎科，鲎属，属于广西壮族自治区重点保护水生野生动物。

中国鲎一般生活在深海区，主要吃小型无脊椎动物、薄壳小贝类、海豆芽、海葵等。平时生活于水深40m以内的泥沙质海底，以蠕虫、环节动物、腕足动物及软体动物为食，昼伏夜出。

中国鲎于每年5-8月的繁殖季节回到沙滩上产卵，入秋后，从浅海游回深海过冬。其中6-7月为产卵盛期，雌鲎在产卵前在沙滩上挖穴，将卵产在穴中，每穴产卵100-1000粒，接着雄体把精液撒在其上而受精。本次春季调查中没有出现。厂址附近海域未发现中国鲎“三场一通”分布。

- 中华白海豚

中华白海豚属于鲸类的海豚科，属于国家一级保护动物。

中华白海豚栖息主要分布在东南部沿海，据文献记载，最北可达长江口，向南延伸至浙江、福建、台湾、广东和广西沿岸河口水域，有时也会进入江河。本次春季调查中没有发现。厂址附近海域未发现中华白海豚“三场一通”分布。

- 布氏鲸

布氏鲸属于须鲸科须鲸属动物，属于国家一级保护动物。

布氏鲸主要生活在热带和温带海域，在水温高于16.3 ℃的热带和温带水域终年都可看到布氏鲸类。本次春季调查中没有发现。厂址附近海域未发现布氏鲸“三场一通”分布。

- 印太江豚

印太江豚属于鲸偶蹄目鼠海豚科，属于国家二级保护野生动物。

印太江豚食物随着所处的环境不同而改变，包括各种鱼类和鱿鱼、章鱼、虾、乌贼等。印太江豚生活在中纬度水深不超过50米的浅海，主要分布在东海、南海、台湾海峡。本次春季调查中没有出现。厂址附近海域未发现印太江豚“三场一通”分布。

（3）红树林群落

北仑河口国家级自然保护区的红树林群落包括海岸红树植物群落和海岛红树植物群落，共划分为8个群系15个群落类型，主要有卤蕨群落、白骨壤群落、桐花树群落、秋茄群落、木榄群落、老鼠簕群落、海漆群落和银叶树群落等，其中银叶树群落为国内唯一的原生性银叶树群落。此外，还分布有红海榄人工林群落。主要群落类型介绍如下：

- 木榄群落

主要特征为小乔木林，主要分布于外围有其他红树植物缓冲的稳定内滩至中滩。本类型主要分布在石角和交东，且较大面积连片分布，为广西壮族自治区连片面积最大的木榄林，是重点保护对象。

- 秋茄群落

主要特征为灌木矮林，主要分布于有淡水调节的开阔平坦滩涂，如面前榄和黄鱼万的大面积秋茄林。石角的秋茄群落平均高度约为1.4m，最大高度达1.8m，主茎的平均基径约为8.7cm，最大基径达20.4cm。林下幼苗极少。

- 桐花树群落

主要特征为灌木矮林，分布面积较大，内滩、中滩至外滩均有分布，多为成片分布，局部区域呈块状分布，在潮沟和河口两侧则呈狭带状分布。北仑河口个别桐花树群落平均高度可达2.7m，植株最高可达3.0m。

- 白骨壤群落

主要特征为灌木矮林。石角白骨壤群落的平均高度约为1.6m，最大高度达1.9m，主茎的平均基径约为4.4cm，最大基径达9.4cm。林下有少量桐花树混生，桐花树多比较低矮，高度为0.7~0.9m。佳邦生长有本保护区连片面积最大的低矮白骨壤纯林。

- 红海榄群落

主要特征为小乔木人工林，仅分布于面前榄红树林的西部。该群落为1987年的人工林。

- 老鼠簕群落

主要特征为灌丛，主要生长于河口心滩的低凹且较平坦的冲刷滩涂，呈块状分布。北仑河口独墩和江平江口的中间榄为该群落的集中分布地。北仑河口的独墩上生长着广西壮族自治区少见的较大面积的老鼠簕纯林，是保护区的重要保护区对象之一。

2.3.3.4 水产种质资源保护区

厂址半径15km范围内省级以上种质资源保护区共1处，为北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区。

北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区是农业部2008年12月批准公布的63个国家级水产种质资源保护区之一（农业部公告1130号）。是二长棘鲷、长毛对虾等经济鱼虾类动物的主要产卵场。该区在保护区内禁止捕捞生产，用于二长棘鲷、长毛对虾等经济动物的种质资源。保护生物多样性保护区主导功能为保护二长棘鲷幼鱼和幼虾增殖用海，属二类环境功能区，水质保护目标为一类海水水质标准。

本工程用海位置位于保护区实验区西北部边缘，排水口位置离核心区外缘最近的海域约有25km。北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区分布情况见图2.3-36。

2.3.3.5 海域生态红线

根据《防城港市人民政府关于“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（防政规〔2021〕4号），防城港市全市共划定近岸海域环境管控单元51个，分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元三类，实施分类管控。

厂址半径5km范围内共涉及9个海域环境管控单元，其中优先保护单元2个，分别为防城港市金滩沙源流失极脆弱区红线区、防城港江山半岛东岸红树林红线区；重点管控单元2个，分别为白龙工业与城镇用海区（白龙工矿通信用海区）、渔澫港区（渔澫交通运输用海区）；一般管控单元5个，分别为防城港金滩旅游休闲娱乐区（防城港金滩旅游游憩用海区）、防城港金滩南部农渔业区（防城港金滩南部渔业用海区）、江山半岛东岸旅游休闲娱乐区（江山半岛东岸旅游游憩用海区）、江山半岛南部农渔业区（江山半岛南部渔业用海区）、珍珠湾农渔业区（珍珠湾渔业用海区）。厂址取水口位于江山半岛东岸旅游休闲娱乐区（江山半岛东岸旅游游憩用海区），排水口位于江山半岛南部农渔业区（江山半岛南部渔业用海区），均为一般管控单元。

厂址半径15km范围内共涉及25个海域环境管控单元，其中优先保护单元11个（防城港白须公礁珊瑚礁红线区、防城港市金滩沙源流失极脆弱区红线区、广西北仑河口国家自然保护区红线区、防城港江山半岛东岸红树林红线区、防城港江山半岛西岸红树林红线区、防城港牛头岭红树林红线区、广西北仑河口重要滩

涂及浅海水域红线区、防城港珍珠湾海草床红线区、防城港珍珠湾红树林红线区、防城港珍珠湾重要滩涂及浅海水域红线区、广西北仑河口红树林红线区），重点管控单元4个（白龙工业与城镇用海区、防城港市市政排污区、渔澫交通运输用海区、企沙交通运输用海区），一般管控单元10个（北仑河口保留区、北仑河口农渔业区、防城港东湾旅游休闲娱乐区、防城港金滩旅游休闲娱乐区、防城港金滩南部农渔业区、广西近海南部农渔业区、江山半岛东岸旅游休闲娱乐区、江山半岛南部农渔业区、企沙半岛南部农渔业区、珍珠湾农渔业区）。

根据广西壮族自治区生态环境厅于2024年8月13日印发的《广西壮族自治区生态环境分区管控动态更新成果（2023年）》，本工程取排水设施均位于重点管控单元范围内。

根据广西生态云建设项目准入研判系统网站（广西壮族自治区生态环境厅主办，基于2023年广西壮族自治区生态环境准入清单数据更新）的管控单元数据，本工程取水设施位于防城港市白龙工矿通信用海区；本工程排水设施位于防城港市江山半岛南面排污混合区。

根据2022年10月14日获批启用的广西壮族自治区“三区三线”划定成果，厂址半径5km范围内涉及海域生态保护红线区2处，分别为北部湾水源涵养生态保护红线以及防城港市金滩沙源流失极脆弱区红线区，其中北部湾水源涵养生态保护红线位于厂址WNW~NW、ENE方位，红线区边界与厂址边界最近距离约2.21km，防城港市金滩沙源流失极脆弱区红线区位于厂址W~WNW方位，红线区边界与厂址边界最近距离约2.18km。厂址半径5km范围内的生态保护红线区分布见图2.3-37。

厂址半径15km范围内涉及海域生态保护红线区5处，分别为北部湾水源涵养生态保护红线、防城港白须公礁珊瑚礁红线区、防城港市金滩沙源流失极脆弱区红线区、广西北仑河口国家级自然保护区以及广西北仑河口重要滩涂及浅海水域红线区。其中，距离厂址最近的生态保护红线区为防城港市金滩沙源流失极脆弱区红线区，最近位于厂址WNW方位约2.18km处。厂址半径15km范围内的生态保护红线区分布见图2.3-38。

根据《防城港市国土空间总体规划（2020-2035年）》（批复稿，尚未正式发布），厂址半径15km的生态保护红线见图2.3-39，该规划已纳入了2022年10月广西壮族自治区的“三区三线”的划定成果。该规划的生态保护红线未区分陆域与

海域，距离厂址最近的生态保护红线位于厂址WNW方位约2.18km处。

2.3.3.6 与选址阶段的对比

与选址阶段相比，本阶段厂址半径15km范围内水产资源变化较大的为水产养殖场（数量有所减少），原因为部分养殖场受疫情影响倒闭。

表2.3-27-表2.3-32为各类海洋生物春季调查结果与历史调查结果的对比，差异表现与分析如下：

叶绿素a及初级生产力方面，与历史调查结果比较，本次季调查结果无明显变化，仅略低于历史调查结果，该结果主要的因素可能与调查期间的天气有关，调查期间防城港市整体处于小雨和阴天的状态。阴天时，云层较厚，遮挡了大部分阳光，导致到达海面的光照强度显著降低，直接影响浮游植物的叶绿素a的合成速率，进而影响叶绿素含量。

浮游植物方面，本次调查丰度范围与2012年历史调查结果无明显变化，平均值略高于历史调查结果，可能与本次调查区域范围相对较近有关，优势物种与2012年、2016年和2020年部分优势物种物种相同，总的来说，浮游植物群落情况尚未发生显著变化。

浮游动物方面，本次调查丰度范围和平均值略高于历史调查结果，可能与本次调查区域范围相对较近有关，优势物种与历史调查结果部分相同，以鸟喙尖头溞、软拟海樽等物种为主。

底栖生物方面，本次调查的底栖生物栖息密度和生物量范围结果处于历史结果范围内，优势物种与历史结果部分相同。

潮间带生物方面，与历史调查结果对比，种类数与历史结果无明显变化，仅栖息密度和生物量略高于历史结果。主要是本次调查设置了岩基滩定量采样，岩基滩底栖动物丰富，尤其是软体动物成群附着在岩石上，数量多，个体大，对栖息密度和生物量的贡献均较大所致。

游泳动物方面，与历史结果相比，本次调查总重量渔密度和总个体渔密度无明显差异。

2.3.4 工业、交通及其他相关设施

2.3.4.1 工业

1）工业现状

厂址半径15km范围内主要企业情况详见表2.3-33。

厂址半径15km范围内有1个工业园区，为东兴市江平工业园区，位于厂址NW-WNW方位约12.5km处。

厂址半径15km范围内规模以上企业共7家，主要产业包括食品、农产品生产加工及彩涂铝箔生产等。其中员工数量最多的企业为东兴市怡诚食品开发有限公司，拥有员工465人，位于厂址NW~WNW方位12.5km处的东兴市江平工业园区内。

此外，厂址半径5km范围内的2个行政村（白龙村与万欧村）存在海蜇加工厂。其中，万欧村有4家，白龙村有11家。海蜇加工时工厂会临时招工，人员多来自周边乡镇，总工作人数最多有466人。在正常运行过程中，距离厂址较近的海蜇加工企业不会对厂址的安全造成影响，但由于该企业位于厂址规划限制区内，应适当控制其发展规模，同时，在制定场外核应急预案时，应考虑该部分人员的应急撤离。

2）工业发展规划

厂址半径15km范围内的工业规划主要为东兴市江平工业园区，该园区为既有工业园区，位于厂址NW-WNW方位约12.5km处。园区现状如下：

园区总体规划范围位于东兴市江平镇与京岛万尾岛之间，用地总面积803.50公顷，主要包括原江平盐场所属巫头、潭吉、万尾三个片区的盐田及潭吉村、巫头村。目前实际管辖面积为潭吉片区的202.93公顷，已开发土地面积为140.07公顷。

园区以跨境产业落地加工制造业为主导，主要布局海产品、农副食品、红木家具等加工产业，兼顾医药、科技、机械设备、物流、五金、洗涤等产业。

园区规划目标如下：

重点聚焦电子智能终端产品及电子元器件制造，布局5G相关产业，培育传感器、通信设备零部件等重点领域。大力发展多类别玩具产业，迅速形成产品种类齐全、生产能力强劲、质量管理完善的玩具出口基地；发挥防城港国际医学开放试验区的政策优势，结合东盟和周边地区中药材资源优势，形成西南地区的“大药房”。

围绕东盟特色农副产品加工，积极引入广东、江浙等地大型农副产品加工、远洋渔业企业，加强高端附加值新产品研发。重点推进中国—东盟海鲜交易中心等项目建设，为产业升级做好配套；进一步加深与越南种养企业的协作和交流战

略合作关系。

依托防城港钢、铜、铝产业，积极延伸金属材料深加工环节，大力发展装配式建筑产业，打造家电、家居建材出口产业基地。

结合广西汽车工业优势，与防城港协同发展向下延伸钢、铜、铝等优势产业链条。紧抓越南在广宁省布局发展电动汽车产业的契机，在东兴布局新能源汽车零部件配件产业，打造面向东盟的新能源汽车零部件产业集群。

园区发展方向为电子元器件制造、家电家居建材、食品加工、新能源汽车零部件配件和高端生物医疗产业，不涉及危险品的使用和储存，不会对厂址安全造成影响。

2.3.4.2　交通

1）陆上交通

- 铁路

厂址半径15km范围内共有铁路2条，分别为南防铁路以及防东铁路，其中，南防铁路位于厂址ENE方位，距离厂址最近约14.0km，铁路等级为II级，设计时速120km/h；防东铁路位于厂址NNW方位，距离厂址最近约12.7km，铁路等级为I级，设计时速200km/h。

厂址半径15km范围内有规划在建的云桂沿边铁路（防城港至文山段），距离厂址最近约14.1km，全长643km，为I级铁路，设计时速160km/h，目前正在开展项目前期工作。

- 公路

（1）厂区外围现有道路：

厂址半径5km范围内，有乡道以上道路3条，分别为X266、X856、Y134，3条道路共同构成了环岛公路。其中X856为二级公路，最近位于厂址WNW方位约0.6km处；Y134为四级公路，最近位于厂址NE方位约0.7km处；X266为二级道路，最近位于厂址N方位，部分路段穿过规划厂区，其穿越的路段拟作为厂内道路纳入运营单位管理。

厂址半径15km范围内有县级以上公路11条，包括1条国道G228，道路等级为一级公路，位于厂址NNW方位，距离厂址最近约11.8km。厂址半径15km主要道路情况见表2.3-34与图2.3-40。

（2）厂区外围规划道路：

厂址半径15km范围内有陆上公路规划2条，包括高速公路1条，为东兴至峒中高速公路，位于厂址NW方位，距离厂址最近约13.6km，国道1条，为广西滨海公路至东兴至江平段位于厂址WNW方位，距离厂址最近约6.9km。道路规划信息见表2.3-35、图2.3-41。

（3）进厂道路和应急道路：

进厂道路：进厂道路接至太平至万欧的二级公路（X266环岛东路）。

应急道路：应急道路接至江山至白龙的二级公路（X856环岛西路）。

两条厂外道路均可向北延伸至江山镇再接至防城至东兴的G228滨海公路上。

本工程发生事故需撤离时，可分别由进厂或应急道路撤离，通过X266环岛东路和X856环岛西路向NE或NNE方位撤离至G228滨海公路后，可分别选择向NE方位撤离至防城港市或向W方位撤离至东兴市。

2）水上交通

（1）港口

厂址半径15km范围内共有2处港口，分别为防城港与白龙港。防城港主要包括渔澫港区（最近位于厂址ENE方位约12.4km处）和企沙港区（最近位于厂址E方位约14.4km处）；白龙港位于厂址W方位约1.7km处，是距离厂址最近的港口。港口具体分布情况见表2.3-36、图2.3-42。

（2）水路航道

厂址中心15km范围内有五条主要航道，分别为三牙航道、西湾航道、东湾航道、企沙南航道和白龙航道。距离厂址最近的航道为白龙航道，最近位于厂址NNW方位约3.7km处。航道的主要情况见表2.3-37及图2.3-43。防城港进港航道呈“Y”字型，由外航道、防城内的西湾航道和东湾航道组成。三牙航道为必经航道，15km范围内除白龙航道外均由三牙航道分出，外航道即三牙航道，西湾航道由三牙航道北端向西北至西湾内港区，三牙航道北端为东湾航道。防城港已建航道总里程52.398km（其中公共航道总里程33.199km），三牙航道总里程17.336km，船舶通过最大吨位为30万吨级；西湾航道总里程10.115km，船舶通过最大吨位为15吨级；东湾航道总里程24.947km，船舶通过最大吨位为10万吨级。

（3）港口规划

厂址半径15km范围内的港口规划主要为防城港渔澫港区、防城港企沙港区和白龙港的进一步建设。具体规划见表2.3-36。

厂址半径5km范围内规划有白龙港点，白龙港点位于珍珠湾口东岸、江山半岛西岸南部，规划发展旅游客运、农副产品等冷链运输和支持保障系统。白龙港点规划布置客运泊位9个，通用泊位4个，形成码头长度2.4公里，年通过能力450万吨，年旅客通过能力约200万人次。后续建设单位将密切关注白龙规划港点的项目实施情况，积极与当地主管部门沟通，考虑控制白龙港点规划旅客规模，并调整港点港区位置与厂址保持适当距离。同时，研究制定白龙规划港点专项撤离、隐蔽方案，对港点旅客的核事故应急做出合理安排，保证本工程建设与当地旅游事业协同发展。

（4）航道规划

厂址取排水口15km半径范围的规划航道与现状的五条航道相一致，是在五条航道现状基础上进行相关规划，无新增航道，主要涉及航道吨级的提升。

规划航道具体可见表2.3-38。

3）机场及航空线

厂址半径4km范围内有W169现行民航使用的航路（线），项目建设单位委托广州广空设计咨询有限公司对厂址区域民用飞机坠机概率进行了评估分析，经计算，W169航线在厂址区域的坠机概率为3.694E-09次/年，小于核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）中的筛选概率水平，不会对厂址安全造成影响。

厂址半径16km范围内无机场设施及机场规划。

2.3.4.3　危险品设施

根据核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD 101/04）进行初步筛选评价，确定某一危险源的危害是否需要进一步考虑。初步筛选评价包括筛选距离值（SDV）和筛选概率水平（SPL）。

对于筛选距离值的分类如下，超过该值的危险源可不考虑：

爆炸影响：5~10km；

火源影响：1~2km；

危险气云：8~10km。

保守采用以上筛选值的上限进行筛选评价。

1）固定危险源

厂址半径15km范围内危险品贮存设施情况见表2.3-39。其中距离厂址最近的

是位于厂址WNW方位9.1km处的东兴罗孚加油站，最大贮存量120m^3，单罐最大贮存量30m^3。厂址附近危险品贮存量较大的固定危险源分别是位于厂址NE方位14.8km处的防城港石油化工产品仓储有限公司以及位于厂址ENE方位15.0km处的国家管网集团广西防城港天然气有限责任公司。其中，防城港石油化工产品仓储有限公司年柴油、燃料油最大贮存量约33000m^3，单罐最大贮存量5000m^3，国家管网集团广西防城港天然气有限责任公司年液化天然气最大贮存量约58000m^3，单罐最大贮存量30000m^3。

根据《核电厂外部人为事件调查与评价技术规范》（NB/T20200-2013）附录C中气云爆炸等效TNT计算方法计算汽油、柴油及天然气的TNT当量，见下式。

$$W_{TNT} = \frac{1.8AW_fQ_f}{Q_{TNT}} \qquad (2.3.4\text{-}1)$$

式中：

W_{TNT}为蒸汽云等效TNT当量，kg；

1.8为蒸汽云的地面爆炸修正系数；

A为蒸汽云TNT当量系数，取值范围3%~4%，一般取4%；

W_f为燃料质量，kg；

Q_f为燃料燃烧热值，MJ/kg；

Q_{TNT}为TNT爆炸热值，取4.52MJ/kg。

之后根据核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）附录II中对于7kPa压力值（正的入射峰值压力）的建议关系式计算爆炸情况的超压—距离关系：

$$Rip = 18W^{1/3} \qquad (2.3.4\text{-}2)$$

式中：

Rip为核电厂至爆炸处的最小允许距离（m）；

W为TNT的物质当量或炸药质量的TNT当量（kg）。

固定危险源根据核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）的有关规定，以厂址半径10km作为筛选距离值，选取厂址WNW方位9.1km处的东兴罗孚加油站，加油站内汽油、柴油单罐最大储存量为30m^3。

假设厂址9.1km处的东兴罗浮加油站发生单罐汽油爆炸，超压为7kPa时的最大影响距离为493.5m，远小于厂址与爆炸点的距离。

此外，保守假设厂址NE方位14.8km处的防城港石油化工产品仓储有限公司发生单罐柴油爆炸，超压为7kPa时的最大影响距离为2.71km，远小于厂址与爆炸点的距离。

按核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）附录III中对于液化气罐破裂后，单一喷放浓度高于点燃极限值距离的计算公式，计算了潜在燃烧源和本工程安全有关物项之间的允许距离。假设在最初的气态喷放中释放了总量的10%，浓度仍高于点燃极限值的距离X可由下式确定：

$$X=0.22t^{0.45} \qquad (2.3.4\text{-}3)$$

式中：

X为核电厂至燃烧处的最小允许距离（km）；

t为总释放量（吨）。

厂址半径10km安全筛选距离内无液化天然气贮存企业，保守假设位于厂址ENE方位15.0km国家管网集团广西防城港天然气有限责任公司发生单罐液化天然气喷放，计算得到最小允许距离约为5.75km，小于距厂址的最近距离。

因此，厂址附近的危险品仓储设施的存在或运行不会影响本工程的建设和安全运行。

2）移动危险源

（1）公路运输

厂址附近公路移动危险源均在10km筛选距离之外，距离厂址最近的移动危险源是位于防城至东兴公路段的汽油运输车辆，该移动危险源经过道路距厂址最近距离11.8km，位于NNW方位，单次最大运量为20吨。

保守计算距离厂址最近的防城至东兴公路段汽油运输车辆爆炸影响，该移动危险源经过道路距离厂址最近距离11.8km，方位为NNW，油罐车单次最大运量为20吨汽油。根据《核电厂外部人为事件调查与评价技术规范》（NB/T20200-2013）以及《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）的推荐算法计算得到超压为7kPa时油罐车爆炸的最大影响距离为431.1m，远小于厂址与爆炸点的距离。

（2）港口及海上航道

厂址半径10km安全筛选距离内，不涉及危险品运输港口。

厂址半径10km安全筛选距离内，不涉及危险品运输航道。

综上所述，厂址附近的移动危险源不会对本工程的安全运行构成潜在威胁。

3）天然气管线

厂址半径10km范围内燃气管线包括低压燃气管道以及中压燃气管道，主要管径包含DN200、DN160、DN110。燃气管网运行压力高于常压，运行压力在设计压力允许范围以内，最高为0.4MPa。上述管线距离厂址最近距离为7.4km，位于NE方位，见图2.3-44。

保守按照中压管线参数上限，0.4MPa，DN200管径评估管线距离厂址的最近位置的天然气管线泄漏影响。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），管线气体泄漏的气体流动类型按如下判定：

$$\text{临界流：}\ \frac{P_0}{P} \le \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \qquad (2.3.4\text{-}4)$$

$$\text{次临界流：}\ \frac{P_0}{P} > \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \qquad (2.3.4\text{-}5)$$

式中：

P_0——环境压力，Pa；

P——容器压力，Pa，这里取0.4MPa；

γ——气体的绝热指数（比热容比，即定压比热容C_P与定容比热容C_V之比）。

可以判定管线气体泄漏流动类型为临界流。

假定气体特性为理想气体，其泄漏速率Q_G按下式计算：

$$Q_G = YC_d AP\sqrt{\frac{M\gamma}{RT_G}\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \qquad (2.3.4\text{-}6)$$

式中：Q_G——气体泄漏速率，kg/s；

P——容器压力，Pa，这里取0.4MPa；

C_d——气体泄漏系数，当裂口形状为圆形时取1.00，三角形时取0.95，长方形时取0.90；这里取1.00；

M——物质的摩尔质量，kg/mol；这里按甲烷的摩尔质量取值为0.016kg/mol；

R——气体常数，J/（mol·K）；这里取8.314J/（mol·K）；

T_G——气体温度，K；这里保守取273.15K；

A——裂口面积，m^2。

Y——流出系数，对于临界流Y=1.0；对于次临界流按下式计算：

$$Y=\left[\frac{P_0}{P}\right]^{\frac{1}{\gamma}}\times\left\{1-\left[\frac{P_0}{P}\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right\}^{\frac{1}{2}}\times\left\{\left[\frac{2}{\gamma-1}\right]\times\left[\frac{\gamma+1}{2}\right]^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}\right\}^{\frac{1}{2}} \qquad (2.3.4\text{-}7)$$

根据上述公式，可以计算得到气体泄漏速率为22.25kg/s。

同样按核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD 101/04）附录III中对于易燃气体连续释放，能达到点燃浓度限值的距离X（km），可由下式计算：

$$X=2R^{0.8} \qquad (2.3.4\text{-}8)$$

式中：

R是释放率（t/s）。

经计算X值约为95.2m，远小于天然气管线距厂址的最近距离，因此该天然气管线不会影响本工程的建设和安全运行。

4）有毒化学物品

根据核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）的有关规定，有毒化学品泄漏后形成气云源的安全筛选距离为8~10km，厂址半径10km范围内无储存或运输有毒化学品的固定或移动危险源。

5）火灾

厂址附近没有大中型化工厂，亦没有大型的气体管道，因此厂址附近没有可以威胁电厂安全的火灾危险。对于树木起火的潜在危险，厂内的防火措施可以使潜在的危险降到最低的程度。

6）飞机坠毁

由2.3.4.2节可知，厂址附近的W169航线不会对厂址安全造成影响。厂址半径16km范围内无机场设施及机场规划。

综上分析可知，厂址附近不存在影响本工程安全运行的危险源。

表2.3-1　厂址半径15km范围内河流分布情况

序号	水体名称	类型	水量/亿m^3	用途	分布	功能区划	水质保护目标	取水口距厂址距离/km	相对位置	饮用水量/万m^3	取水口距排水口距离/km	相对位置
1	江平江	桂南独流入海水系	5.80	居民生活饮用水源	东兴市、防城区	II～III	II	13.8	NW	730	17.8	NW
2	黄竹江	桂南独流入海水系	1.36	居民生活饮用水源	东兴市	II	III	15.9	NNW	306	20.7	NNW
3	新禄江	桂南独流入海水系	1.03	居民生活饮用水源	防城区	II	III	15.7	N	295	20.6	N

表2.3-2　厂址半径15km范围内水库分布情况

序号	水体名称	方位	距离/km	防洪设计标准	供水目标和规模
1	潭蓬尾水库	NE	7.40	小型	Ⅱ
2	蔸松水库	NNE	7.89	小型	Ⅱ
3	黄淡水库	NNE	11.47	中型	Ⅱ
4	大坪水库	NNE	11.85	小型	Ⅲ
5	湾潭水库	NNE	12.03	小型	Ⅲ
6	新角水库	N	12.66	小型	Ⅱ～Ⅲ
7	交东水库	NNW	12.85	小型	Ⅱ
8	石角水库	N	13.56	小型	Ⅲ
9	岭泵水库	NW	13.72	小型	Ⅲ
10	火柴树水库	N	14.34	小型	Ⅲ
11	优谷龙水库	NW	14.74	小型	Ⅱ～Ⅲ

表2.3-3 取排水口15km半径范围内涉及近岸海域环境功能区情况

序号	代码	环境功能区名称	功能区类别	是否涉及取排水口15km半径范围	
				排水口	取水口
1	GX083CⅢ	防城港市东湾交通用海区	三	涉及	涉及
2	GX087DⅣ	企沙西面港口区	四	未涉及	涉及
3	GX089DⅣ	企沙南部工业、港口用海区	四	涉及	涉及
4	GX090CⅡ	防城港企沙南交通用海区	三	涉及	涉及
5	GX091BⅡ	防城港市西湾红树林生态区	二	未涉及	涉及
6	GX093DⅣ	防城港市港口区	四	涉及	涉及
7	GX094DⅣ	防城港市市政排污混合区水质过渡带	四	涉及	涉及
8	GX095DⅣ	防城港渔澫港口区	四	涉及	涉及
9	GX096CⅡ	江山半岛滨海风景旅游区	三	涉及	涉及
10	GX097CⅢ	江山半岛南面工业区	三	涉及	涉及
11	GX098DⅣ	江山半岛南面排污混合区	四	涉及	涉及
12	GX099AⅠ	防城港北仑河口红树林生态区	一	涉及	涉及
13	GX100BⅡ	珍珠港渔业用海区	二	涉及	涉及

序号	代码	环境功能区名称	功能区类别	是否涉及取排水口15km半径范围	
				排水口	取水口
14	GX101DⅢ	江平工业区水质过渡带	三	涉及	涉及
15	GX102DⅢ	潭吉港口区	四	涉及	涉及
16	GX103CⅢ	江山半岛南面交通用海区	三	涉及	涉及
17	GX104DⅣ	白龙港口区	四	涉及	涉及
18	GX105BⅡ	东兴金滩生态区	二	涉及	涉及
19	GX106DⅢ	京岛港港口区	四	涉及	涉及
20	GX107BⅡ	京岛西面渔业用海区	二	涉及	涉及
21	GX109BⅡ	防城港南部渔业用海区	二	涉及	涉及
22	GX111AⅠ	北部湾综合功能区	一	涉及	涉及

表2.3-4　白龙炮台的四座炮台分布情况

序号	名称	位置	级别	年代	与厂址的相对位置	
					方位	距离/km
1	白龙台	防城区江山镇白龙村白龙尾	国家级	清	W	1.9
2	银坑台				WSW	2.2
3	龙骧台				WSW	2.0
4	龙珍台				W	1.6

表2.3-5　厂址半径15km范围内旅游景区情况

序号	名称		级别	位置	
				方位	距离/km
1	江山半岛省级旅游度假区	珍珠湾	省级	NNE	1.3
2		怪石滩	省级	SW	1.8
3		白沙湾	省级	ENE	2.6
4		白浪滩	省级	ENE	7.5
5		石角红树林	市级	N	12.0
6		月亮湾	省级	NE	13.0
7	京岛省级名胜风景区	京岛金滩	省级	WNW	5.0
8		京岛民俗风景区	省级	WNW	8.8
9		巫头万鹤山	市级	WNW	11.0
10		潭吉新村	市级	NW	11.6

表2.3-6　厂址半径10km范围内粮食作物生产情况

单位：面积（公顷）、单产（公斤/公顷）、总产（吨）

县/区	乡镇	一、粮食作物			1稻谷			2玉米			3薯类			4豆类		
		播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产
防城区江山镇	江山镇	1328.28	3880.9	5154.94	744.0	4176.7	3107.4	354.6	4649	1648.4	224.4	1762.6	395.46	2.3	1577.1	3.68
	白龙村	141.8	3889.6	551.55	79.6	4176.6	332.48	37.9	4649	176.38	24.0	1762.0	42.3	0.3	1560.0	0.39
	潭西村	148.4	3889.7	577.35	83.3	4176.7	348.03	39.7	4649	184.62	25.1	1762.6	44.29	0	0	0
东兴市江平镇	江平镇	2561.5	3787.4	9701.4	1682.4	4319.2	7266.7	289.6	4299	1245	582.4	2020.6	1176.8	7.2	1791.7	12.9

表2.3-7 厂址半径10km范围内经济作物生产情况

单位：面积（公顷）、单产（公斤/公顷）、总产（吨）

县/区	乡镇	二、经济作物			1花生			2甘蔗			3木薯		
		播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产
防城区江山镇	江山镇	135.5	4428	600	67.8	4424.8	300	0	0	0	67.1	4470.9	300
	白龙村	58.6	4607	270	4.8	2127.9	10.17	0	0	0	2.4	7331.0	17.78
	潭西村	61.4	4560	280	5.0	2128.9	10.65	0	0	0	2.5	7334.6	18.62
东兴市江平镇	江平镇	434.1	21556	9357.58	247.7	1112.6	275.58	151.7	58180.6	8826	34.7	7377.5	256

表2.3-8 厂址半径10km范围内蔬菜作物生产情况

单位：面积（公顷）、单产（公斤/公顷）、总产（吨）

县/区	乡镇	三、蔬菜			1叶菜			2白菜类			3甘蓝类			4根茎类			5瓜菜类		
		播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产
防城区江山镇	江山镇	480.6	8683.2	4173.47	119.6	8790.3	1051	51.9	7186.0	373	0	0	0	28.9	10340.6	298	97.9	11661.1	1142
	白龙村	51.4	8683.1	446.6	12.8	8790.3	112	5.6	7185.8	39.9	0	0	0	3.1	10341.0	31.9	10.5	11660.8	122.
	潭西村	53.8	8682.9	467	13.4	8790.6	118	5.8	7186.9	41.8	0	0	0	3.2	10339.2	33.4	11.0	11660.5	128
东兴市江平镇	江平镇	2083.5	10070.1	20981	276.8	9031.8	2500	170	11176.5	1900	103.3	9680.5	1000	423.3	10630.8	4500	383.3	10435.7	4000

表2.3-8 （续）厂址半径10km范围内蔬菜作物生产情况

单位：面积（公顷）、单产（公斤/公顷）、总产（吨）

县/区	乡镇	6豆类			7茄果类			8葱蒜类			9水生类			10食用菌			11其他		
		播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产
防城区江山镇	江山镇	21.2	9953.6	211.01	69.1	6060.7	419	20.4	13360.5	273	0	0	0	0	0	0	71.5	5667.1	405.45
	白龙村	2.3	9953.0	22.58	7.4	6060.3	44.83	2.2	13358.2	29.21	0	0	0	0	0	0	7.7	5667.9	43.39
	潭西村	2.4	9950.9	23.63	7.7	6061.2	46.93	2.3	13361.5	30.58	0	0	0	0	0	0	8.0	5664.8	45.39
东兴市江平镇	江平镇	83.3	9603.8	800	43.3	6928.4	300	290	10689.7	3100	210	11904.7	2500	0	0	0	100	3810	381

表2.3-9 厂址半径10km范围内水果生产情况

单位：面积（公顷）、单产（公斤/公顷）、总产（吨）

县/区	乡镇	四、水果			1梨			2柑橘类			3香蕉			4菠萝		
		播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产
防城区江山镇	江山镇	111.1	8375.7	930.37	0	0	0	64.4	3554.9	228.93	5.8	13683.6	79	8.7	15773	137
	白龙村	11.9	8386.9	99.53	0	0	0	6.9	3553.8	24.5	0.6	13643.7	8.45	0.9	15788	14.6
	潭西村	12.4	8397.3	104.21	0	0	0	7.2	3557.5	25.64	0.6	13785.0	8.85	1.0	15783	15.3
东兴市江平镇	江平镇	168.6	670	1745	0	0	0	40	18750	750	10	22500	225	0	0	0

表2.3-9 （续）厂址半径10km范围内水果生产情况

单位：面积（公顷）、单产（公斤/公顷）、总产（吨）

县/区	乡镇	5荔枝			6龙眼			7火龙果			8其他		
		播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产	播种面积	单产	总产
防城区江山镇	江山镇	23.3	6812	158	9.0	17144.6	153.8	0	0	0	46.09	3762	173.4
	白龙村	2.5	6874	17	1.0	17145.8	16.46	0	0	0	4.99	3711	18.53
	潭西村	2.6	6864	17.8	1.0	17150.0	17.23	0	0	0	5.26	3689	19.43
东兴市江平镇	江平镇	13.3	10526	140	20	9000	180	6.7	22388	150	78.6	3817	300

表2.3-10　江平镇农作物的生长期、贮存期和销售情况

农产品			生长期（天）	储存期	去向
粮食	水稻		110-125	一年	本镇及周边乡镇
	玉米		120	一年	本镇及周边乡镇
	大豆		120	一年	本镇及周边乡镇
蔬菜	叶类	白菜	35-60	3-60 天	本镇及周边乡镇
		菠菜	30	3 天	本镇及周边乡镇
		芹菜	40	10 天	本镇及周边乡镇
		韭菜	30-	3 天	本镇及周边乡镇
	根茎类	茄子	30-90	7 天	本镇及周边乡镇
		辣椒	30-90	7 天	本镇及周边乡镇
		西红柿	40-90	3 天	本镇及周边乡镇
		黄瓜	40-60	3 天	本镇及周边乡镇
	果实类	萝卜	40-70	10 天	本镇及周边乡镇
		土豆	90-120	30 天	本镇及周边乡镇

表2.3-11　江山镇各种农作物的生长期、贮存期和销售情况

农产品			生长期（天）	含水率（%）	储存期	去向
粮食	水稻		120	14.5	3 年	本镇及周边乡镇
	玉米		120	11	3 年	本镇及周边乡镇
	大豆		100	10-11	2 年	本镇及周边乡镇
蔬菜	叶类	白菜	55－60	90 以上	15 天左右	本镇及周边乡镇
		菠菜	30－50	95 以上	2－3 天	本镇及周边乡镇
		芹菜	90 天左右	95	3 天	本镇及周边乡镇
		韭菜	90－120 天左右	85	3－5 天	本镇及周边乡镇
	根茎类	茄子	60 天左右	91－93	3－4 天	本镇及周边乡镇
		辣椒	60－90 天左右	74－94	3－5 天	本镇及周边乡镇
		西红柿	100－140 天左	80－90	3－5 天	本镇及周边乡镇
		黄瓜	90－120 天左右	97 左右	7 天左右	本镇及周边乡镇
	果实类	萝卜	60－100 天	88－93 左右	7 天左右	本镇及周边乡镇
		土豆	60－100 天	70 以上	15－30 天	本镇及周边乡镇

表2.3-12　厂址半径10km范围内畜牧业生产情况

县/区	乡镇	猪			牛			羊			家禽			
		出栏（头）	存栏（头）	产肉量（吨）	出栏（头）	存栏（头）	产肉量（吨）	出栏（只）	存栏（只）	产肉量（吨）	出栏（只）	存栏（只）	产肉量（吨）	产蛋量（吨）
城区江山镇	江山镇	34719	78261	2703.53	80	380	11.22	542	420	5.81	587127	475000	939.72	20.3
	潭西村	7985	18000	665.5	7	204	0.92	44	108	0.48	26421	21375	42.29	0.91
	白龙村	16318	36783	1320.89	6	199	0.9	43	105	0.46	30531	24700	48.87	1.06
东兴市江平镇	江平镇	28678	27120	2192	444	1913	46.16	1015	1540	46.16	810600	347300	1369.2	247.1

表2.3-13　厂址半径10km范围成规模养殖场情况

序号	养殖场名称	所在地	与厂址的相对位置		饲养品种	养殖规模/头	饲料组成	饲料来源	饲料消耗饲料消耗（kg/天•头）
			方位	距离/km					
1	防城龙翔猪场	江山镇白龙村	NNE	3	猪（三元杂）	8000	成品	广西冠恒春农业有限公司	1.6
2	防城港市金都农牧责任有限公司	江山镇谭西村	NE	7.8	猪（外三元）	3000	成品	钦州双胞胎饲料有限公司	1.62

表2.3-14　现场调查10km范围内景观类型

主类	亚类	基本类型	方位	简要说明
A地文景观	AA自然景观综合体	AAA 山丘型景观	NNE-NE	紧邻厂址NNE-NE范围内的低山丘陵。
		AAD 滩地型景观	WNW	厂址WNW方位5-10km范围内的海滩。
	AC地表形态	AAC 台丘状地景	NNE-NE	紧邻厂址NNE-NE范围内的低山丘陵。
B水域景观	BE海面	BEB 涌潮与激浪现象	NNE、W-NW	发生于NNE、W-NNW区域的海岸线
C生物景观	CA植被景观	CAA 林地	NNE-NE	主要位于紧邻厂址NNE-NE范围内低山丘陵的林地。
		CAC 草地	NNE-NE	主要位于紧邻厂址NNE-NE范围内低山丘陵的林间草地。
	CB野生动物栖息地	CBA 水生动物栖息地	ENE-NNE	除NE大部分山地丘陵外，其余方位的海域、水田、虾苗养殖场均为水生动物栖息地。
		CBB 陆地动物栖息地	NNE-NE、W-NW	NNE-NE范围内的林地、W-NW范围内的滩地均为陆地动物栖息地。
		CBC 鸟类栖息地	全域	厂址10km范围内均为鸟类栖息地，包括陆生鸟类、水生鸟类。
		CBD 蝶类栖息地	NNE-NE	紧邻厂址NNE-NE范围内的林地为蝶类栖息地。
E建筑与设施	EA人文景观综合体	EAA 社会与商贸活动场所	W-N	厂址西侧至北侧，白龙山西岸的港口、商贸区等。
		EAB 军事遗址与古战场	W	厂址西侧约2km的白龙古炮台
		EAD 建设工程与生产地	NNE-NE、W-NW	NNE-NE、W-NW范围内工厂、农田、养殖场、企业等。
		EAF 康体游乐休闲度假地	NNE-NE、W-NW	NNE-NE、W-NW范围内的休闲度假区、酒店等。
	EB实用建筑与核心设施	EBH 港口、渡口与码头	W-N	厂址西侧至北侧，白龙山西岸的港口、商贸区等。
		EBK 景观养殖场	W-NW	W-NW范围内的虾苗养殖场等。

表2.3-15　珍稀植物情况表

序号	物种名称	保护级别	方位	距离(km)	濒危等级	特有种（是/否）	极小种群野生植物（是/否）
1	黄檀	自治区重点	NNE	9.2	无危	否	否
2	藤黄檀		NE	7.5	无危	否	否

表2.3-16　保护动物栖息地分布情况表

序号	物种情况	保护等级	方位	距离(km)	栖息地描述	受影响情况
1	勺嘴鹬	国家Ⅰ级，IUCN 红色名录、中国中国脊椎动物红色名录中极危等级	ESE	9.05	位于白浪滩景区北侧约 1km，属滨海滩涂、此地为勺嘴鹬觅食地、卧息地	受游客及赶海的一定影响
2	大滨鹬	国家Ⅱ级、中国脊椎动物红色名录易危等级	NNW	10.2	附近养殖塘，此地为水鸟觅食区、卧息地	养殖户及附近村民活动影响
3	栗树鸭、翻石鹬	国家Ⅱ级、中国脊椎动物红色名录易危等级	NNE	9.01-9.89	附近草丛及沼泽湿地为栗树鸭觅食区、卧息地；海岸滩涂为翻石鹬觅食及卧息地	附近村民赶海、捕鱼产生一定影响

表2.3-17　厂址半径10km范围内各方位最近居民点、菜田、农田和养殖场

方位	居民点				菜田				农田				奶牛场				
	地名	距离（km）	户数（户）	人口数（人）	距离（km）	面积（公顷）	品种	年产量（t）	距离（km）	面积（公顷）	主要作物名称	年产量（t）	名称	距离（km）	饲养量（头）	年奶产量（t/a）	供当地居民的鲜奶量（t/a）
N	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NNE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NE	白龙	3.6	—	3654	3.6	2.33	时令蔬菜	21	3.6	6.67	花生、薯类	19	—	—	—	—	—
ENE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
WNW	万尾	7.0	—	6670	7.0	166.67	时令蔬菜	1750	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NNW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表2.3-18　潮间带监测位置表

编号	经度	纬度	类型
D1	108°13′37″	21°30′14″	岩滩
D2	108°13′22″	21°31′10″	泥沙潭
D3	108°18′18″	21°33′7″	沙滩

表2.3-19　厂址附近浅海养殖分布情况

编号	方向	距厂址距离（km）	养殖面积（km^2）	养殖类型
1	N	2.1	1.07	经济鱼类、牡蛎
2	NW	2.9	0.49	经济鱼类
3	N	3.9	7.74	经济鱼类、牡蛎
4	NNW	7.5	0.75	经济鱼类、牡蛎

表2.3-20　厂址附近滩涂养殖分布情况

编号	方向	距厂址距离（km）	海洋功能区划	用海类型
1	NNW	10.7	防城港北仑河口红树林生态区	对虾
2	NW	10.2	防城港北仑河口红树林生态区	对虾、青蟹、牡蛎
3	NW	6.1	珍珠港渔业用海区	文蛤等
4	WNW	13.1	竹山港港口区	蟹类、文蛤等

表2.3-21　厂址附近水产养殖场/种苗场分布表

编号	名称	方向	到排水口距离（km）	到取水口距离（km）	养殖面积（公顷）	产量	养殖品种
1	张姓虾场	N	6.2	2.6	0.8	11.9	对虾
2	潭村片区虾场	NE	5.7	2.1	12.4	184.1	对虾
3	吴姓虾场	N	5.5	2.2	1.2	17.8	对虾
4	细村片区虾场	W	5.4	2.5	8.0	118.8	对虾
5	大村片区虾场	NE	4.6	1.8	4.4	65.3	对虾
6	鑫鼎海水育苗场	NE	5.0	1.4	80.0	1188.0	虾苗、蟹苗
7	海景洲防城港虾苗场	NE	5.9	2.2	4.0	59.4	虾苗
8	白浪滩片区虾场	NE	6.5	3.3	4.8	71.3	对虾
9	白龙村片区虾场	NE	7.5	3.9	36.0	534.6	对虾
10	万欧片区虾场	NE	8.7	5.7	12.0	178.2	对虾
11	深沟片区虾场	NE	8.5	4.9	32.0	475.2	对虾
12	防城区康立养殖专业合作社	NE	9.3	5.7	24.0	356.4	对虾
13	郭村片区虾场	NE	9.9	6.3	20.0	297.0	对虾
14	西村片区虾场	NE	10.7	7.2	24.0	356.4	对虾
15	防城港市海鑫鑫水产科技有限公司	NE	11.3	7.8	32.0	475.2	对虾、石斑鱼
16	陈姓虾场	NE	12.0	8.5	0.9	13.9	对虾
17	李姓虾场	NE	13.6	10.1	1.0	14.9	对虾
18	西现片区虾场	NE	11.7	8.9	4.8	71.3	对虾
19	郭姓虾场	NE	16.5	13.7	2.0	29.7	对虾
20	谭蓬村片区虾场	NE	15.5	12.3	360.0	5346.0	对虾、青蟹
21	谭姓虾场	NE	14.6	11.1	1.7	24.8	对虾
22	婆阿尾片区虾场	NE	14.9	11.5	24.0	356.4	对虾、青蟹
23	夹壁片区虾场	NE	15.3	11.8	6.0	89.1	对虾
24	声溪村片区虾场	NE	15.2	11.6	12.0	178.2	对虾
25	祥源水产种苗场	NE	16.0	12.4	4.8	71.3	虾苗、蟹苗
26	龙坑片区虾场	NE	17.0	13.3	28.0	415.8	对虾
27	交东村片养殖场	N	16.2	12.7	66.0	980.1	对虾、贝类
28	中间基片区养殖场	NW	16.4	13.0	16.4	243.5	对虾、贝类
29	班埃村片区养殖场	NW	16.6	13.2	19.2	285.1	对虾、贝类
30	坂田片区虾场	NW	17.4	14.1	28.0	415.8	对虾

编号	名称	方向	到排水口距离（km）	到取水口距离（km）	养殖面积（公顷）	产量	养殖品种
31	王屋洞片区虾场	NW	17.8	14.8	26.0	386.1	对虾
32	贵明村片区虾场	NW	15.9	12.7	23.2	344.5	对虾
33	上心村片区虾场	NW	15.1	12.0	64.0	950.4	对虾
34	下家湴片区养殖场	NW	15.4	12.5	66.0	980.1	对虾、青蟹、贝类
35	红坎片区虾场	NW	16.5	13.7	58.0	861.3	对虾
36	周屋片区养殖场	NW	16.3	13.6	28.0	415.8	对虾、青蟹、牡蛎
37	龙岭片区虾场	NW	15.9	13.3	14.0	207.9	对虾
38	巫头村片区养殖场	NW	14.3	11.8	392.0	5821.2	对虾、青蟹、贝类
39	李屋片区养殖场	NW	12.1	9.5	120.0	1782.0	对虾、青蟹
40	鸿生石斑鱼养殖基地	NW	10.0	7.3	18.0	267.3	石斑鱼
41	李姓虾场	NE	9.2	6.5	1.0	14.85	对虾
42	广西东兴健龙养殖有限公司	NW	9.1	6.3	18.0	267.3	沙箭鱼
43	海丰虾苗场江平分场	NW	11.8	9.8	2.0	29.7	虾苗
44	天鹅湾水产养殖基地	NW	12.6	11.1	20.0	297	腊鱼、青蟹
45	谭氏水产种苗育苗场	NW	12.7	11.3	20.0	297	虾苗、蟹苗
46	海中强虾苗场	NW	12.8	11.4	8.0	118.8	虾苗
47	恒兴万尾虾苗场	NW	12.4	10.8	12.0	178.2	虾苗
48	国正虾苗场	NW	14.2	12.5	6.0	89.1	虾苗
49	上山嘴片区虾苗场	NW	15.4	13.5	54.0	801.9	对虾
50	东兴市基凯农业专业合作社养殖示范区	NW	15.6	13.9	64.0	950.4	对虾、石斑鱼、青蟹
51	东兴市通宏渔光一体科技养殖基地	NW	15.9	14.1	128.0	1900.8	对虾、石斑鱼、青蟹
52	光伏苗场	NW	16.4	14.3	2.2	32.7	鱼苗
53	包三鱼苗场	NW	16.3	14.3	12.0	178.2	鱼苗
54	桐皮片区虾场	NW	17.7	15.5	56.0	831.6	虾苗
55	长山片区虾场	NW	17.8	15.7	48.0	712.8	虾苗
56	海南劲龙种苗有限公司盈丰虾苗场	NW	17.9	15.8	40.0	594.0	虾苗

编号	名称	方向	到排水口距离（km）	到取水口距离（km）	养殖面积（公顷）	产量	养殖品种
57	榕树头村北片区养殖场	NW	19.2	17.1	60.0	891.0	对虾、贝类、青蟹
58	榕树头村西北片区养殖场	NW	19.2	17.3	80.0	1188.0	对虾、贝类、青蟹
59	榕树头村南片区养殖场	NW	18.6	16.7	120.0	1782.0	对虾、贝类、青蟹
60	江山村片区养殖场	NW	18.4	16.9	224.0	3326.4	对虾、贝类、青蟹
61	桥头片区养殖场	NW	20.9	19.3	48.0	712.8	对虾
62	宿地片区养殖场	NW	18.3	16.9	24.0	356.4	对虾、贝类
63	白沙仔片区养殖场	NW	19.6	18.3	20.0	297.0	对虾、贝类
64	东兴市鸿生南美白对虾良种场	NE	12.8	11.2	24.0	356.4	虾苗
65	潭西村片区养殖场	NE	12.9	9.7	24.0	356.4	对虾
66	二白龙村片区虾场	SW	4.6	1.2	2.5	36.6	虾苗
67	新角村片区虾场	NE	17.1	13.5	18.7	278.2	对虾
68	大源虾苗场	NE	11.7	9.6	8.9	132.7	虾苗
69	广西天赐白龙水产养殖有限公司	N	6.4	2.9	1.1	15.8	石斑鱼

表2.3-22　厂址半径10km范围内规划养殖区分布情况

功能区	编号	**功能区名称**	面积（km^2）	方位	到厂址最近距离（km）
海水禁养区	1-1-1	北仑河口国家级红树林保护禁止养殖区	35.1	NW	8.0
	1-2-2	天鹅湾渔港禁止养殖区	2.4	W	10.0
	1-2-4	潭吉港口禁止养殖区	1.1	WNW	9.4
	1-2-5	白龙港口禁止养殖区	5.5	WNW	1.0
	1-2-6	潭吉港、白龙港航道禁止养殖区	10.1	W	2.8
	1-2-12	防城港 2 号锚地禁止养殖区	24.1	ESE	9.3
	1-3-1	东兴京岛风景名胜区禁止养殖区	32.1	W	3.0
	1-3-2	江山半岛文体休闲娱乐禁止养殖区	43.8	SE	0.5
限养区	2-1-4	潕尾浅海限制养殖区	0.2	WSW	3.5
	2-1-5	竹山巫头保留限制养殖区	93.1	SSW	8.2
	2-1-6	潕尾限制养殖区	0.5	WNW	5.0
	2-1-7	江龙限制养殖区	6.3	NW	7.1
	2-1-8	贵明限制养殖区	1.3	NW	9.9
	2-1-15	珍珠湾限制养殖区	44.6	NW	2.2
养殖区	3-1-2	江山半岛南岸浅海养殖区	404.0	SSE	1.7
	3-2-1	东兴陆基海水池塘养殖区	24.1	WNW	7.5

表2.3-23　厂址附近海域潮间带生物生物量水平分布

单位：g/m^2

断面	大型藻类	刺胞动物	扁形动物	纽形动物	环节动物	软体动物	节肢动物	棘皮动物	脊索动物	合计
D1	3.16	0.03	0.00	0.53	1.67	1007.74	173.49	0.00	0.00	1186.63
D2	0.03	0.43	0.05	0.49	8.78	26.65	20.36	78.60	0.37	135.75
D3	3.19	0.00	0.00	0.04	3.17	272.82	40.09	0.02	0.00	319.33
平均值	2.13	0.15	0.02	0.36	4.54	435.74	77.98	26.20	0.12	547.24
占比（%）	0.39	0.03	0.00	0.06	0.83	79.62	14.25	4.79	0.02	100.00

表2.3-23　续 厂址附近海域潮间带生物生物量垂直分布

单位：g/m^2

断面	大型藻类	刺胞动物	扁形动物	纽形动物	环节动物	软体动物	节肢动物	棘皮动物	脊索动物	合计
高潮区	0.05	0.03	0.00	0.21	2.00	493.89	192.21	3.57	0.00	691.97
中潮区	1.00	0.00	0.05	0.27	4.27	606.17	40.60	75.04	0.00	727.40
低潮区	5.33	0.43	0.00	0.59	7.36	207.15	1.12	0.00	0.37	222.35

表2.3-24　近五年广西沿海海域及北部湾赤潮发生情况表

序号	发生地点	起止时间	分布面积（km^2）	赤潮生物	最高细胞浓度（个/升）
1	钦州市三娘湾、三墩、大榄坪附近海域	2021年8月10~12日	21.00	锥状斯克里普藻	1.35×10^8
2	钦州市三墩附近海域	2021年9月23~26日	3.54	链状裸甲藻	1.1×10^8
3	北部湾涠洲岛以西海域	2021年2月14~17日	6000	夜光藻	3.2×10^8

表2.3-25　珊瑚耐受悬浮沉积物的极端阈值（mg/L）

序号	工程海域珊瑚种类	形态	悬沙含量耐受范围	参考文献	备注
1	澄黄滨珊瑚	块状	＞240mg/L	Stafford-Smith (1993)	Stafford-Smith (1993)研究发现澳大利亚大堡礁的澄黄滨珊瑚在悬砂沉积速率为200 mg cm^2 d^{-1}（浓度240mg/L）下6天后就全部白化，但没有死亡。
2	标准盘星珊瑚	块状	＞800mg/L	Roy and Smith (1971), Marshall and Orr (1931)	根据Roy and Smith (1971)一文中的描述，在Marshall和Orr的实验中，盘星珊瑚属（曾用名为蜂巢珊瑚属Favia），被放入含有800 mg/L悬浮泥浆的水中后，几乎没有或没有不良反应。
3	圈纹盘星珊瑚	块状			
4	翘齿盘星珊瑚	块状			
5	板叶角蜂巢珊瑚	块状	＞240mg/L	Riegl (1995) , Riegl and Bloomer (1995)	参考五边角蜂巢珊瑚的耐受范围
6	五边角蜂巢珊瑚	块状			数据来源于室内模拟实验
7	海孔角蜂巢珊瑚	块状			参考五边角蜂巢珊瑚的耐受范围
8	多孔同星珊瑚	块状	＞960mg/L	Rogers (1990)	参考相似种简短圆星珊瑚的室内模拟实验数据
9	盾形陀螺珊瑚	块状	＞132mg/L	Sofonia（2008）	参考澳大利亚大堡礁泻湖内的同属珊瑚种皱折陀螺珊瑚(Turbinariamesenterina），根据野外采样经室内实验研究，沉积物浓度大于110mg/cm^2（即大于132 mg/L）条件下发现该种珊瑚生理指标没有受到任何影响。
10	斯氏伯孔珊瑚	表覆状	166.6mg/L	Stafford-Smith and Ormond (1992)	斯氏伯孔珊瑚与角孔珊瑚很相似，原名为斯氏角孔珊瑚，曾归为角孔珊瑚属。Stafford-Smith and Ormond (1992)研究发现，多种角孔属珊瑚适应在高沉积速率下存活。该种珊瑚少有研究，故在此参考同为表覆状的蔷薇珊瑚属设定悬砂含量耐受范围。
11	膨胀蔷薇珊瑚	表覆状		Stafford-Smith (1993)；Dikou and Van Woesik, (2006)	参考澳大利亚大堡礁北部的蜥蜴岛海域同属种瘿叶蔷薇珊瑚（Montiporaaequituberculata），该种珊瑚在悬砂200mg cm^{-2} d^{-1}（166.6 mg/L）下6天后就全部白化，但没有死亡；另外Dikou and Van Woesik (2006)的研究表明，蔷薇珊瑚属很适应浑浊的水质。
12	小牡丹珊瑚	表覆状	35.5~71.7mg/L	Yeemin et al. (2013)	对泰国湾西部的苏梅岛两个地点珊瑚群落沉积物耐受性研究发现，两个地点的沉降速率在29.49~59.53mg $cm^{-2}d^{-1}$之间，两个

					群落的共同优势种有牡丹珊瑚，说明该种造礁石珊瑚在该沉降速率范围内不受影响。十字牡丹珊瑚与小牡丹珊瑚同属，可参考其耐受范围。
13	大角孔珊瑚	块状	＞240mg/L	Stafford-Smith, M. G. (1993)	大堡礁原位试验发现，多种角孔属珊瑚在10， 50，200和1000 mg cm^{-2} 的沉积速率中均能存活下来，考虑到海域的差异性，我们选取中间耐受值200 mg cm^{-2}，即241 mg/L。
14	大盘星珊瑚	块状	＞800mg/L	Roy and Smith (1971)	根据Roy and Smith (1971)一文中的描述，在1931年Marshall和Orr的实验中，盘星珊瑚属（曾用名为蜂巢珊瑚属），被放入含有800mg/L悬浮泥浆的水中后，几乎没有或没有不良反应。
15	海洋盘星珊瑚				
16	似蜂巢盘星珊瑚				
17	美龙氏盘星珊瑚				
18	丹氏盘星珊瑚				
19	蜥岛盘星珊瑚				
20	大角蜂巢珊瑚	块状	＞240mg/L	Riegl (1995) ，Riegl and Bloomer (1995)	参考五边角蜂巢珊瑚的室内模拟实验数据的耐受范围 。
21	日本刺星珊瑚	块状	24.1mg/L	Tuttle and Donahue (2020)	根据Tuttle and Donahue (2020)在文献综述中统计的结果，小叶刺星珊瑚暴露在20mg $cm^{-2}d^{-1}$ 的环境中，第18天在群落中开始出现部分成熟个体出现死亡现象。日本刺星珊瑚与小叶刺星珊瑚同属，可参照其耐受范围。
22	大花筒星珊瑚	块状	＞132mg/L	Sofonia, J. J., & Anthony, K. R. N. (2008).	参考澳大利亚大堡礁泻湖内的同科珊瑚种类——皱折陀螺珊瑚，根据野外采样经室内实验研究，沉积物浓度大于110 mg/cm^2 （即大于132 mg/L）条件下发现该种珊瑚生理指标没有受到任何影响。大花筒星珊瑚与皱褶陀螺珊瑚同科，可参考其耐受范围。
23	横小星珊瑚	表覆状	36.1mg/L	Tuttle and Donahue (2020)	根据Tuttle and Donahue (2020)在文献综述中统计的结果，紫小星珊瑚暴露在20mg $cm^{-2}d^{-1}$的环境中，第21天开始出现青年个体死亡的现象；暴露在30mg $cm^{-2}d^{-1}$的环境中时，第15天就开始出现青少年个体死亡的现象。横小星珊瑚和白斑小星山湖与紫小星珊瑚同属，可参考其耐受范围。
24	白斑小星珊瑚				
注：参考Flores et al.(2012)一文，1 mg/L=0.83 mg cm^{-2} d^{-1}					

表2.3-26　厂址取水口与主要经济鱼类的“三场一通”的相对位置

鱼类	产卵场最近位置	索饵场最近位置	越冬场最近位置	洄游通道最近位置
二长棘鲷	S 方位约 30km	S 方位约 30km	SSW 方位约 305km	SSW 方位约 178km
长毛对虾	/	/	/	/
蓝圆鲹	ESE 方位约 25km	ESE 方位约 25km	SSW 方位约 347km	SSW 方位约 25km
短尾大眼鲷	/	/	SSW 方位约 335km	/
白姑鱼	SSE 方位约 210km	/	/	/
金钱鱼	S 方位约 27km	/	/	/
花斑蛇鲻	/	/	/	/
红鳍笛鲷	/	/	/	/
中国枪乌贼	/	/	/	/

注：标注“/”代表厂址附近海域无该物种“三场一通”区域或该物种无固定对应的“三场一通”区域。

表2.3-26 续　厂址排水口与主要经济鱼类的“三场一通”的相对位置

鱼类	产卵场最近位置	索饵场最近位置	越冬场最近位置	洄游通道最近位置
二长棘鲷	S 方位约 25km	S 方位约 25km	SSW 方位约 300km	SSW 方位约 173km
长毛对虾	/	/	/	/
蓝圆鲹	ESE 方位约 20km	ESE 方位约 20km	SSW 方位约 342km	SSW 方位约 20km
短尾大眼鲷	/	/	SE 方位约 330km	/
白姑鱼	SSE 方位约 205km	/	/	/
金钱鱼	S 方位约 22km	/	/	/
花斑蛇鲻	/	/	/	/
红鳍笛鲷	/	/	/	/
中国枪乌贼	/	/	/	/

注：标注“/”代表厂址附近海域无该物种“三场一通”区域或该物种无固定对应的“三场一通”区域。

表2.3-27　表层叶绿素a与历史结果比较

单位：mg/m^3

叶绿素 a 表层	2012 年	2016 年	2020 年	2024 年
最小值	1.01	0.74	0.37	0.29
最大值	3.74	19.51	5.07	3.44
平均值	2.42	4.50	2.22	1.156

表2.3-27 续　底层叶绿素a与历史结果比较

单位：mg/m^3

叶绿 a 表层	2012 年	2016 年	2020 年	2024 年
最小值	1.43	0.34	0.14	0.19
最大值	3.87	15.37	4.28	2.22
平均值	2.645	5.44	2.29	0.909

表2.3-27 续　初级生产力与历史结果比较

单位：$mgC/(m^2\ d)$

初级生产力	2012 年	2016 年	2020 年	2024 年
最小值	34.54	88.39	77.78	66.13
最大值	502.06	3897.38	2116.20	707.19
平均值	272.69	779.87	482.03	237.863

表2.3-28　浮游植物与历史资料比较

内容	2012 年	2016 年	2020 年	2024 年
物种数	52	125	121	107
丰度平均值（10^4 个/m^3）	760.00	768.55	337.54	1363.15
丰度范围（10^4 个/m^3）	8.00～6105.00	31.73～2901.20	20.54～1013.54	89.79~5340.50
优势种	变异辐杆藻、双孢角毛藻、暹罗角毛藻、洛氏角毛藻、窄隙角毛藻、优美辐杆藻、丛毛辐杆藻刚刺变种	翼根管藻纤细变型、中肋骨条藻	中肋骨条藻、辐射圆筛藻、透明辐杆藻、拟弯角毛藻、窄面角毛藻、并基角毛藻	窄隙角毛藻、洛氏角毛藻、旋链角毛藻、薄壁几内亚藻、并基角毛藻和拟旋链角毛藻

表2.3-29　浮游动物与历史资料比较

调查内容	2012 年	2016 年	2020 年	2024 年
种类数	48	70	79	59
丰度平均值（ind/m^3）	1542.96	282.54	497.29	9234.07
丰度范围（ind/m^3）	210.00~8773.33	96.25~1240.00	114.29~1273.57	162.27~45888.00
生物量平均值（mg/m^3）	2602.87	430.35	302.22	156
生物量范围（mg/m^3）	128.33~18171.67	61.96~1373.04	67.03~619.48	15~1210.00
优势种	软拟海樽、中华哲水蚤、五角水母 、夜光虫	肥胖软箭虫、长尾类幼体、精致真刺水蚤、中型莹虾、腺介幼虫	锥形宽水蚤、太平洋纺锤水蚤、蔓足类幼体、亚强次真哲水蚤和微刺哲水蚤	鸟喙尖头溞、软拟海樽、双生水母、夜光虫、棒笔帽螺、肥胖三角溞和针刺真浮萤

表2.3-30　底栖生物与历史资料比较

调查内容	2012 年	2016 年	2020 年	2024 年
种类数	113	123	130	55
密度平均值（ind/m^2）	996	272	130	82.8
密度范围（ind/m^2）	30~10405	60~1300	45~380	15.0~320
生物量平均值（g/m^2）	120.46	30.53	43.31	55.10
生物量范围（g/m^2）	0.25~1241.80	1.26~123.46	2.20~183.35	0.30~735.40
优势种	鳞片帝汶蛤	粗帝纹蛤、栉状长手沙蚕、双鳃内卷齿蚕、背蚓虫	鳞片帝汶蛤	双鳃内卷齿蚕和扭鳃奇异稚齿虫

表2.3-31　潮间带生物与历史资料比较

调查内容	2012	2016	2020	2024
种类数	85 种	107 种	122 种	100 种
栖息密度平均值（ind./m^2）	273.6	197.3	319.0	547.2
生物量平均值（g/m^2）	152.5	139.5	122.2	745.2
多样性指数	/	/	3.3	2.5
均匀度指数	/	/	0.82	0.76

表2.3-32　游泳动物与历史资料比较

调查内容	2012	2016	2020	2024
种类数	87	154	127	102
平均重量渔获率（kg/h）	—	39.87	29.05	97.83
平均个体渔获率（ind./h）	—	9135	6284	19285
总重量渔密度（kg/ km^2）	428.20	1654.173	1206.15	328.89
总个体渔密度（ind./km^2）	94460	379027	260918	63149
优势种	褐菖鲉、二长棘犁齿鲷、短吻鳐、花斑蛇鲻、六丝钝尾虾虎鱼	矛尾鰕虎鱼、二长棘鲷、褐昌鲉、竹荚鱼、短吻鳐	短吻鳐、二长棘鲷、海鲇、棘头梅童鱼、竹荚鱼	二长棘鲷、须赤虾、褐菖鲉、钝齿蟳、粗纹鳐

表 2.3-33　厂址半径 15km 范围内主要工业企业情况表

序号	企业名称	所在地	位置		生产内容	总投资（万元）	年产值（万元）	是否规上企业	员工数量
			方位	距离（km）					
1	东兴市长瀛食品有限责任公司	东兴市江平工业园区	NW-W NW	12.5	食品生产	6000	41623.186	是	65
2	东兴市同泰进出口贸易有限公司				农产品的生产	2500	60721.6	是	65
3	东兴市凯达水产品有限公司				食品生产	6000	41623.186	是	65
4	广西利园农业发展有限公司				农产品的生产	300	<2000	否	40
5	东兴市怡诚食品开发有限公司				食品生产	15000	21982.7	是	465
6	防城港七彩云果食品实业有限公司				食品生产加工及购销	2500	60721.6	是	65
7	广西诚杨食品有限公司				食品生产	2000	81420.7	是	65
8	广西兴宇新材料科技有限公司*				彩涂铝箔	200	<2000	是	65
9	广西昌鑫科技有限公司				医疗设备制造	1500	<2000	否	90
10	东兴市隆达水产养殖有限公司				水产品养殖及销售	500	<2000	否	8
11	广西福珍食品有限公司				食品生产	5000	<2000	否	40
12	广西东兴市远东食品有限公司				食品生产及销售	600	<2000	否	200
13	广西香汇彩云农业有限公司				食品生产	1000	<2000	否	3
14	广西东兴市兴阳混凝土有限公司	东兴市江平镇	NW	14	水泥制品生产	—	<2000	否	19
15	万欧村海蜇加工厂（4家）	防城港市江山镇	NE	3.4	海蜇加工	—	<2000	否	112
16	白龙村海蜇加工厂珍珠场片区（2家）	防城港市江山镇	NNW	2.4	海蜇加工	—	<2000	否	106
17	白龙村海蜇加工厂横港片区（4家）	防城港市江山镇	NNW	1.2	海蜇加工	—	<2000	否	108
18	白龙村海蜇加工厂细村片区（5家）	防城港市江山镇	W	1.8	海蜇加工	—	<2000	否	140

注*：广西兴宇新材料科技有限公司为工信部记录的规模以上企业，近年因疫情影响导致年产值低于2000万元。

表2.3-34　厂址半径15km范围公路现状

序号	公路名称	公路等级	起圪点名称	方位	距厂址最近距离（km）
1	X266	二级	太平-万欧	N	穿越厂址
2	X856	二级	江山-白龙	WNW	0.6
3	Y134	四级	江山-白龙	NE	0.7
4	X275	四级	江平-万尾	WNW	7.8
5	XA09	四级	太平-潭蓬	NE	9.8
6	X684	一级	江平-巫头	W	10.6
7	G228	一级	丹东-东兴	NNW	11.8
8	S325	二级	江平-东兴	NW	12.0
9	S516	三级	上思-东兴	N	12.6
10	XB43	四级	交东-高英	N	12.7
11	X253	二级	防城-东兴	NNE	14.4

表2.3-35　厂址半径15km范围公路规划

序号	公路名称	公路等级	全长（km）	车速（km/h）	车道	方位	距厂址的最近距离(km)
1	东兴至峒中高速公路	高速公路	85	120	双向四车道	NW	13.6
2	广西滨海公路至东兴至江平段	国道（二级公路）	32	80	双向四车道	WNW	6.9

表2.3-36　厂址半径15km范围内的港口现状与规划

序号	港口名称			厂址相对位置		停泊船只最大吨位（万吨）	货物通过能力(万吨)	主要装卸货物
				最近方位	距离(km)			
1	防城港	渔澫港区	第一作业区	NE	14.1	3	500	杂货、散水泥、散粮
2			第二作业区	NE	13.4	7	1500	集装箱、粮油、干散货
3			第三作业区	ENE	12.4	15	4300	干散货
4			第四作业区	ENE	14.5	20	4500	集装箱、干散货
5			第五作业区*	NE	14.7	5	4000	液体散货、杂货、集装箱
6			第六作业区**	ENE	12.6	20	4500	干散货、集装箱
7			马鞍岭作业区**	NE	12.5	10	—	客运
8		企沙港区	企沙南第一作业区*	E	14.4	40	6500	干散货、集装箱、杂货
9			赤沙作业区**	E	14.6	20	14000	干散货、杂货
10	白龙港	白龙港北部**		NNW	2.0	5	450	客运、农副产品冷链
		白龙港南部***		W	1.7			客运、干散货

注:1.*表示正在建设中，**表示正在规划，***表示拟扩建，未标注的作业区表示已建成。2.白龙港南部为现存港口，主要装卸货物为干散货，规划进一步发展客运功能。

表2.3-37　厂址半径15km范围航道分布情况

序号	航道名称	位置		船泊通过最大吨位（万吨）
		最近方位	距离（km）	
1	三牙航道	ESE	14.5	30
2	西湾航道	E	11.1	15
3	东湾航道	ENE	15.0	10
4	企沙南航道	E	14.0	20
5	白龙航道	NNW	3.7	5

表2.3-38　厂址半径15km范围航道规划

水路航道名称		航道规模	厂址相对位置	
			方位	距离(km)
三牙航道（湾外主航道）		30万吨级航道	ENE~ESE	14.5
西湾航道	老西贤航道	近期由10万吨级提升至15万吨级	ENE	11.9
	新西贤航道	15万吨级单向航道	E	11.5
	牛头航道	15万吨级单向航道	NE	13.9
		7万吨级单向航道	NE	14.0
		5万吨级单向航道	NE	14.1
		1万吨级单向航道	NE	14.3
	5万吨级航道		NE	14.6
	1000吨级单向航道		NE~NNE	14.8
东湾航道	东湾航道	20万吨级双向航道	NE	18.3
		20万吨级航道	NE	18.8
		10万吨级航道	NE	19.6
		5万吨级航道	NE	20.6
	赤沙航道	10万吨级航道	ENE	15.0
	潭油航道	5万吨级航道	ENE	26.1
		2万吨级航道	NE	23.7
		1万吨级航道	NE	24.5
		5000吨级航道	NE	25.1
	云约江航道	5万吨级航道	ENE	21.1
		3000吨级航道	ENE	23.8
企沙南航道	西航道	10万吨级航道	E	13.9
白龙航道		5万吨级单向航道	W~NNW	1.9
		满足5万总吨客船和2万吨级杂货船单向通航	W~WSW	2.5
		满足2万吨级杂货船单向通航	SW~SSW	3.2

表2.3-39　厂址半径半径15km范围危险品储存情况

序号	生产和贮存危险品企业名称	所在地名称	位置		贮存和使用危险品名称	最大贮存量（m^3）	单个贮存罐（容器）的最大贮存量（m^3）
			方位	距离（km）			
1	国家管网集团广西防城港天然气有限责任公司	防城港市港口区	ENE	15.0	液化天然气	58000	30000
2	中国石化防城港石油分公司东兴高墩加油站	东兴市江平镇	NW	13.5	汽油、柴油	110	30
3	中国石油广西防城港销售分公司东兴顺达加油站	东兴市江平镇	NW	13.4	汽油、柴油	130	40
4	东兴罗浮加油站	东兴市江平镇	WNW	9.1	汽油、柴油	120	30
5	中国石油防城港江山加油站	防城港市江山镇	N	13.5	汽油、柴油	90	30
6	中国石油江白路加油站	防城港市江山镇	N	13.8	汽油、柴油	105	30
7	防城港石油化工产品仓储有限公司	防城港市江山镇	NE	14.8	柴油、燃料油	33000	5000

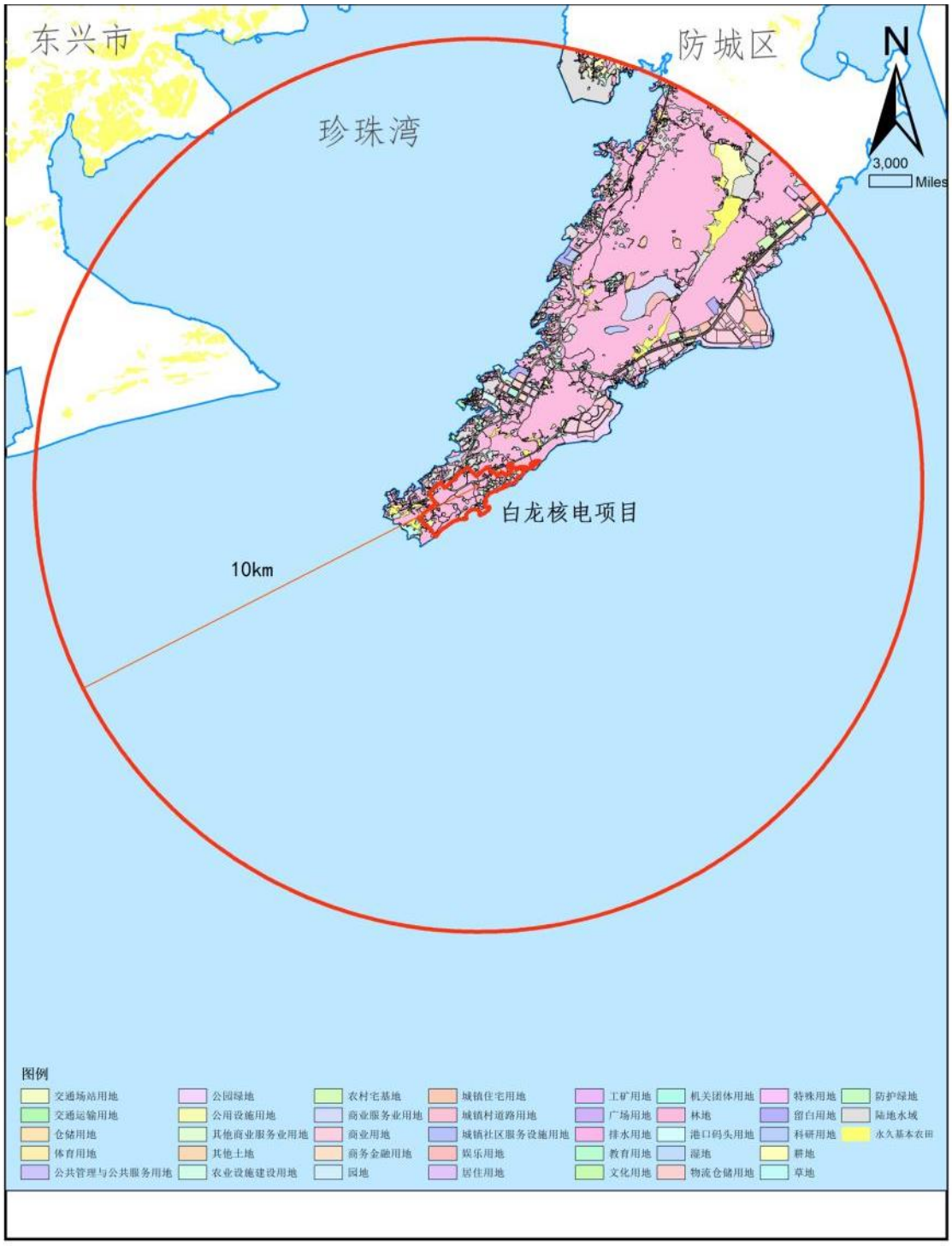


图2.3-1 厂址半径10km范围内土地规划情况

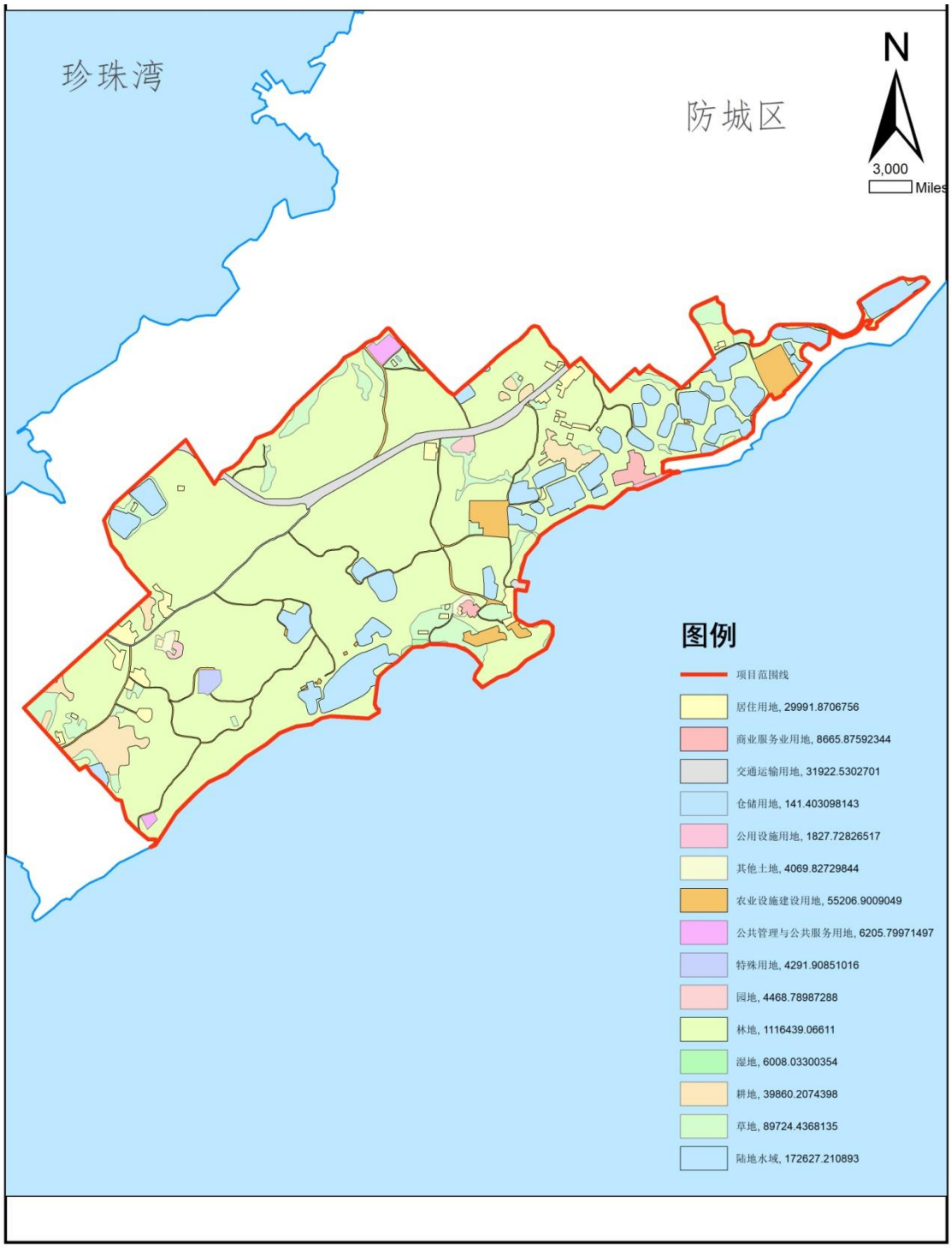


图2.3-2 厂址征地范围内土地规划情况

（土地类型右侧数字为占地面积，单位：平方米）



图2.3-3　厂址半径15km范围内地表河流分布情况

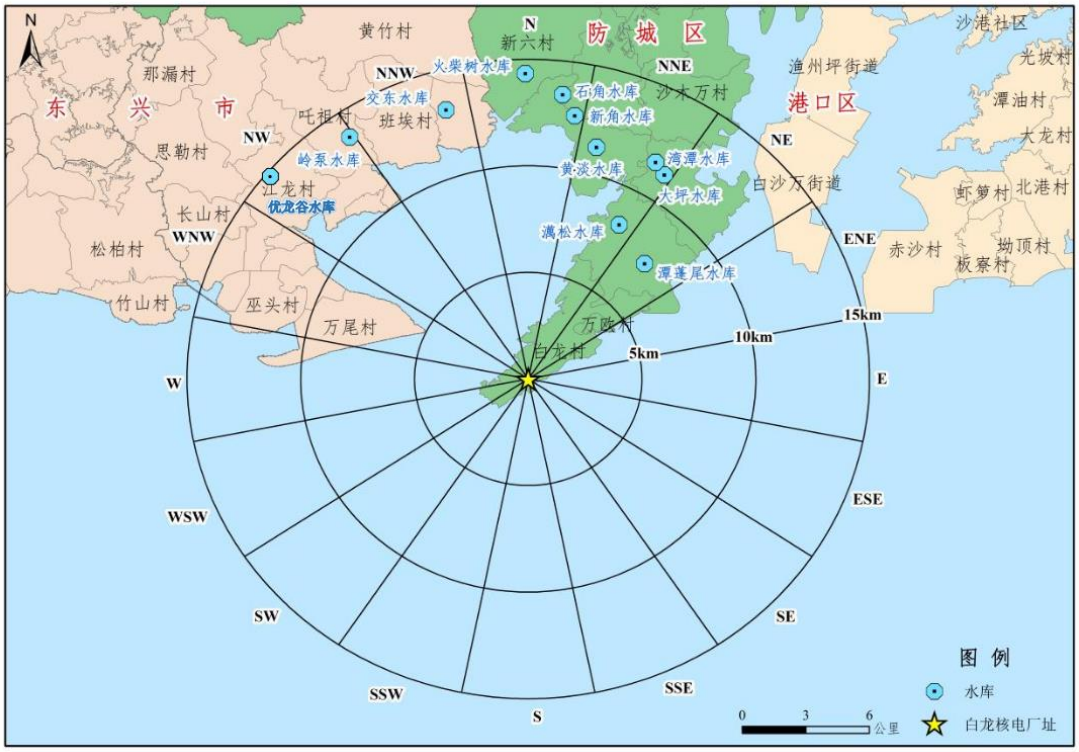


图2.3-4　厂址半径15km范围内水库分布情况

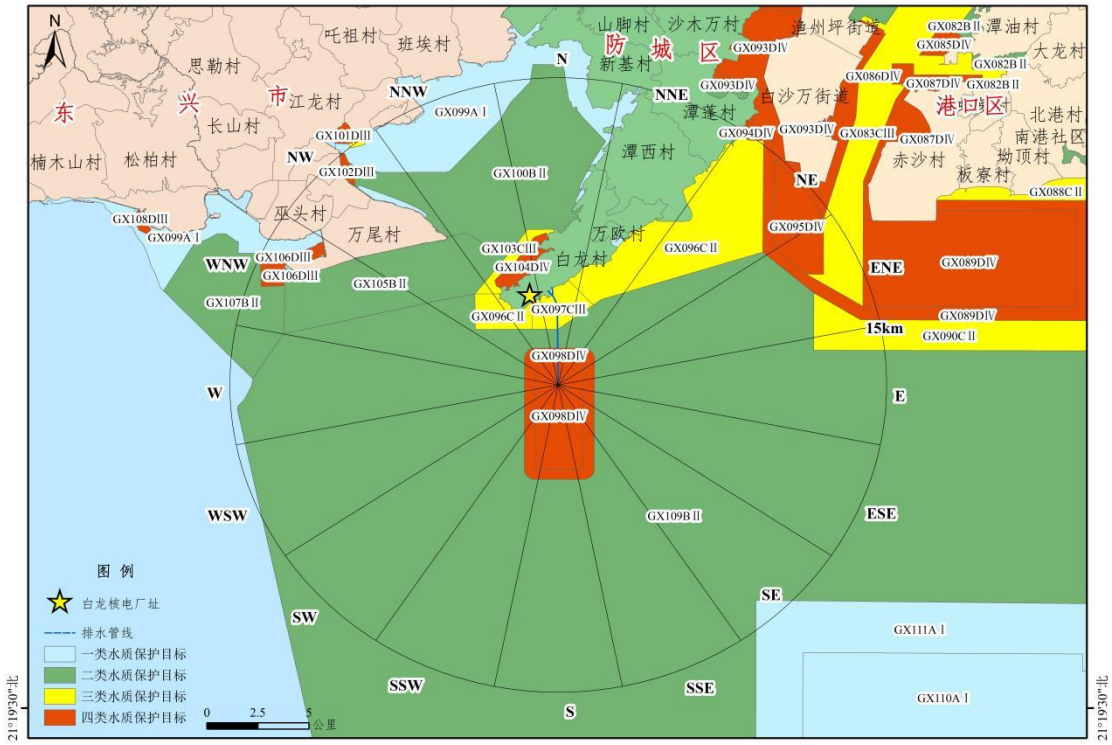


图2.3-5　排水口15km半径范围内涉及近岸海域环境功能区分布图

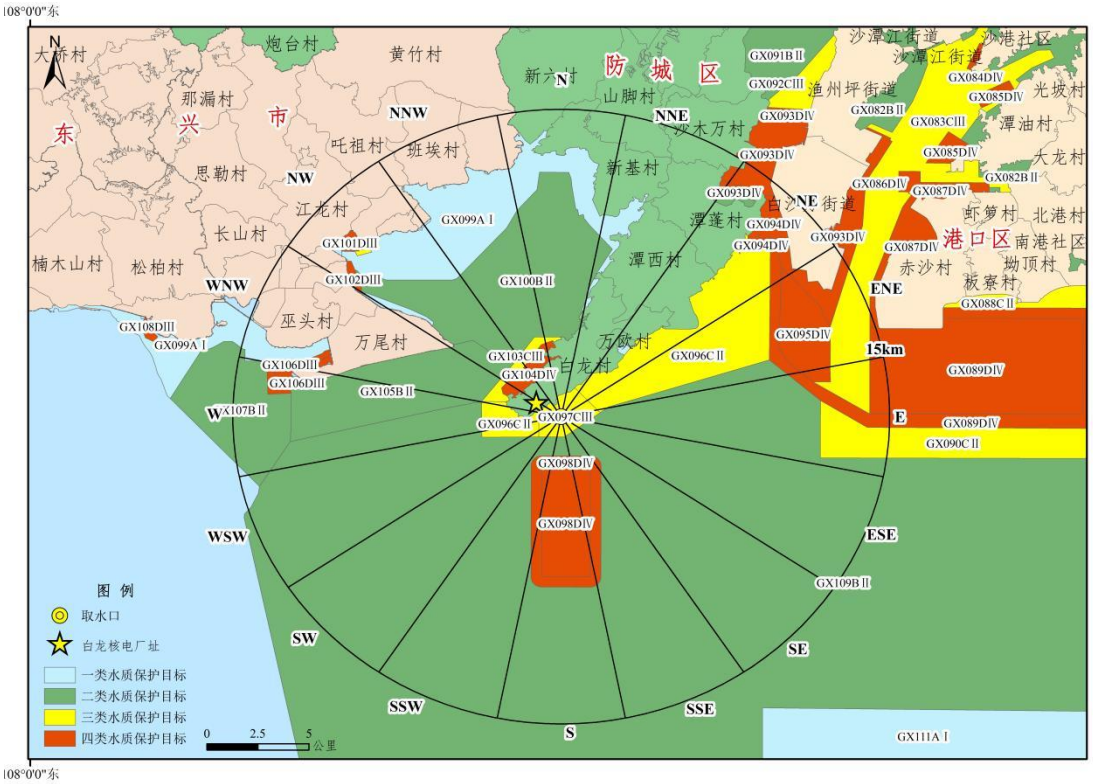
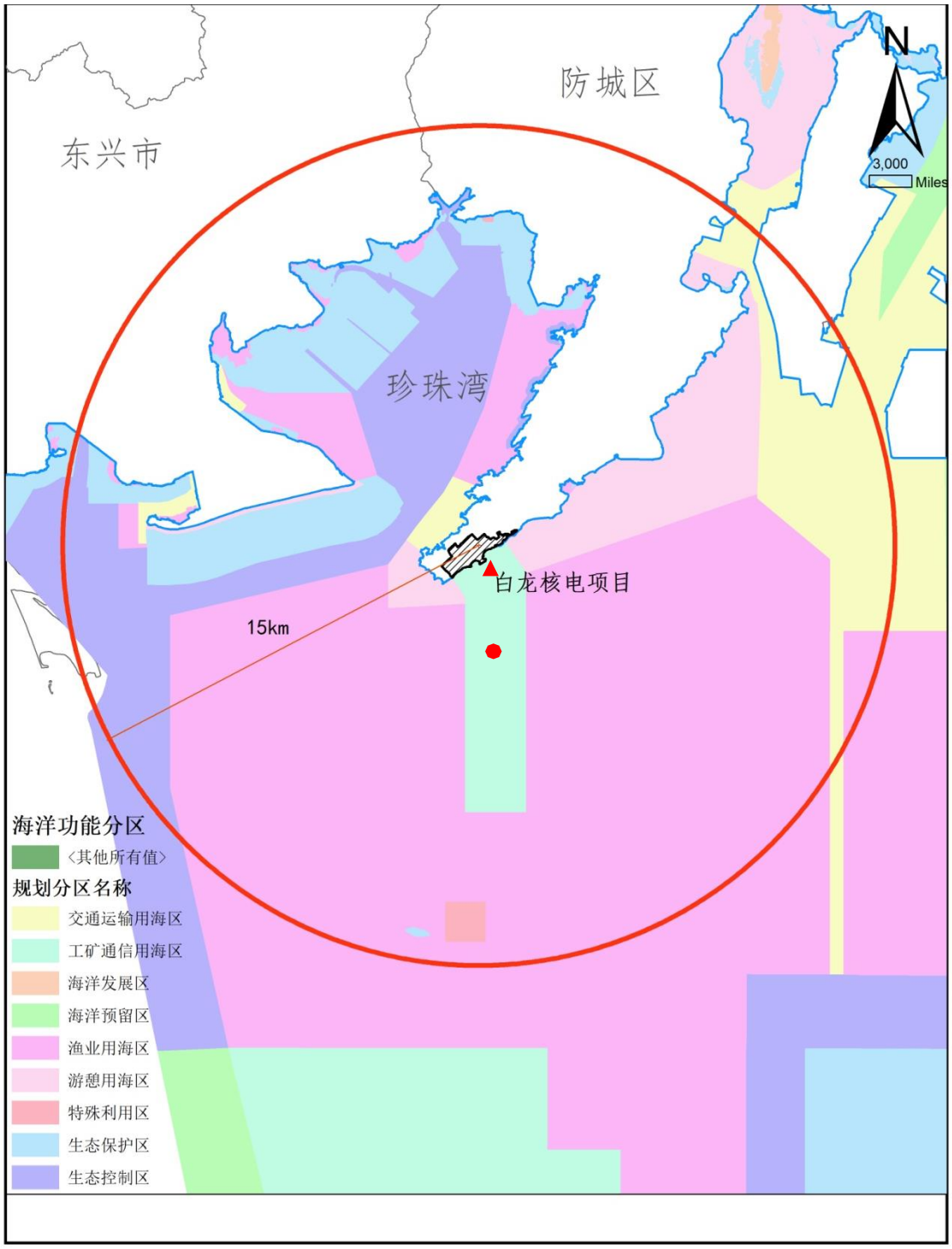


图2.3-6　取水口15km半径范围内涉及近岸海域环境功能区分布图



▲为取水口位置 ● 为排水口位置

图2.3-7　厂址半径15km范围内海洋功能区划分布图

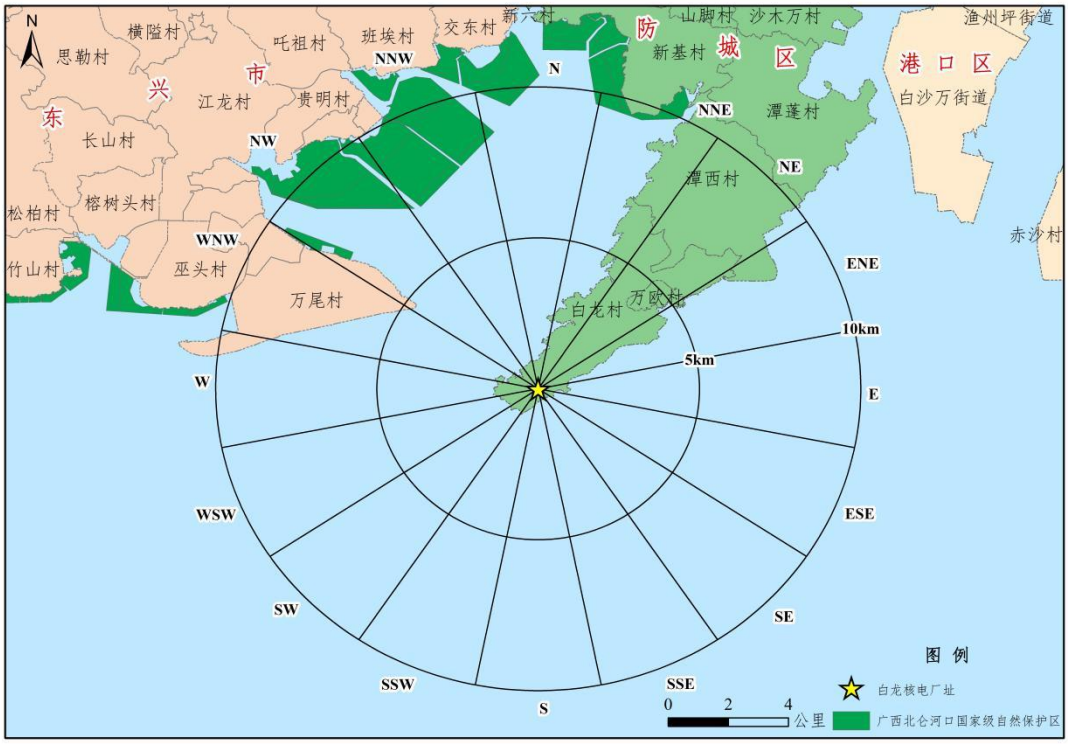


图 2.3-8　广西北仑河口国家级自然保护区分布情况

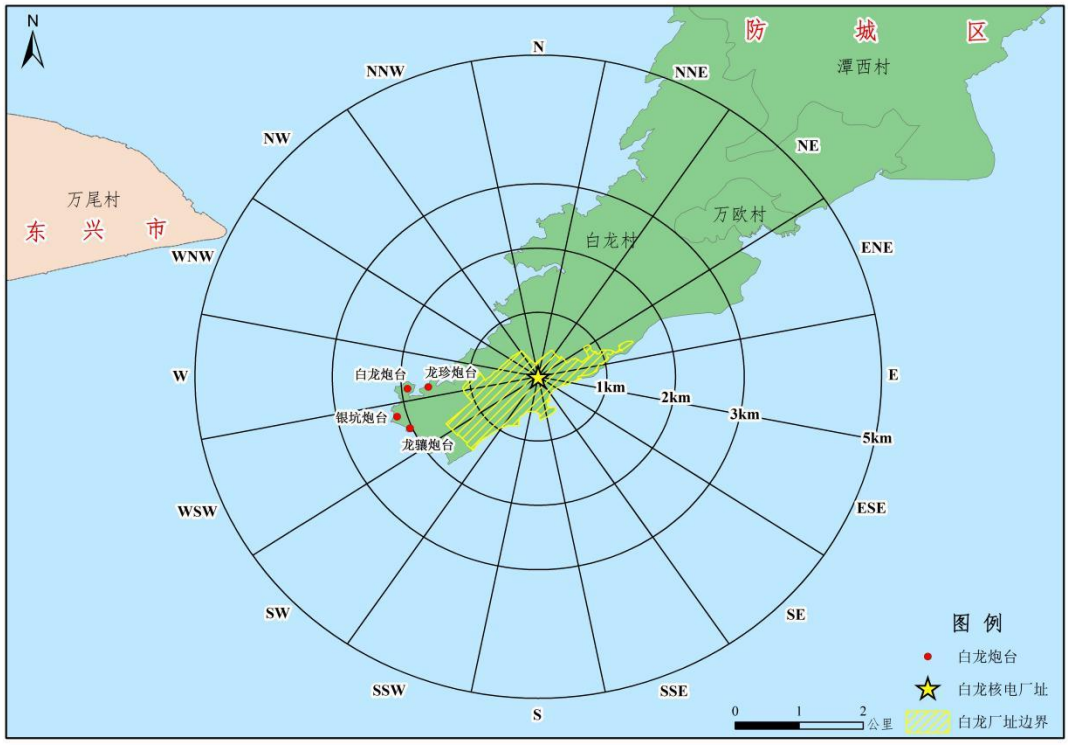


图2.3-9　白龙炮台分布情况

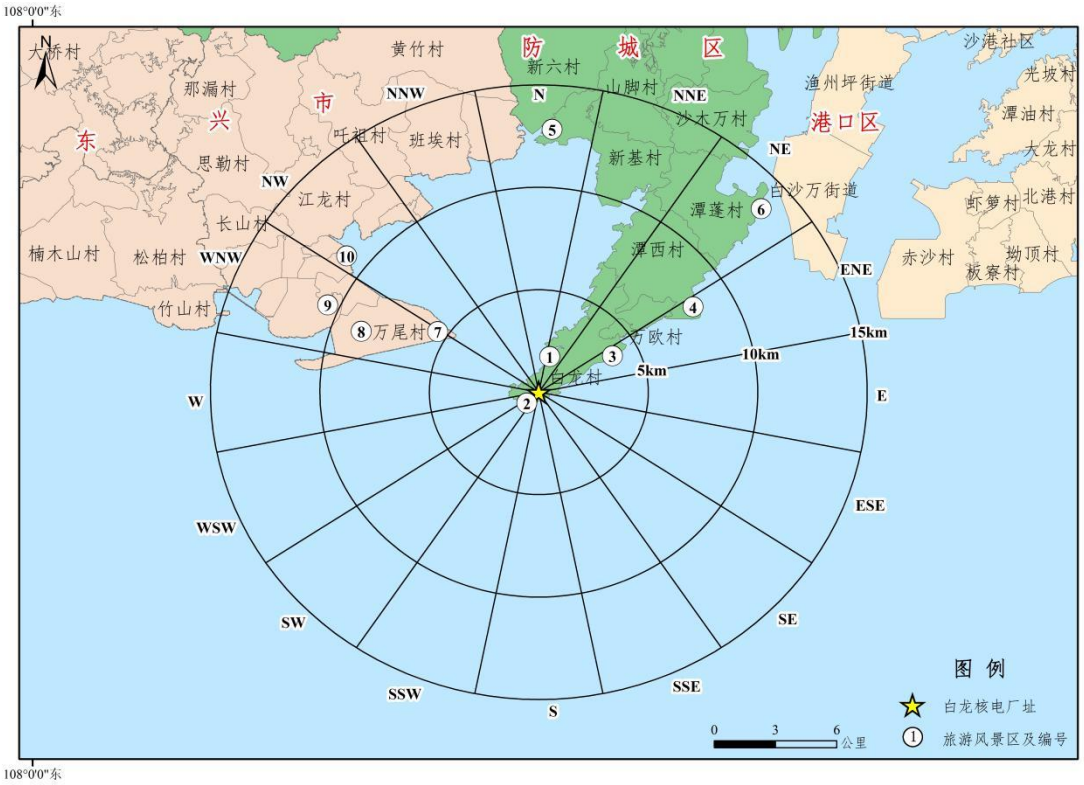


图2.3-10　厂址半径15km范围内景点分布情况

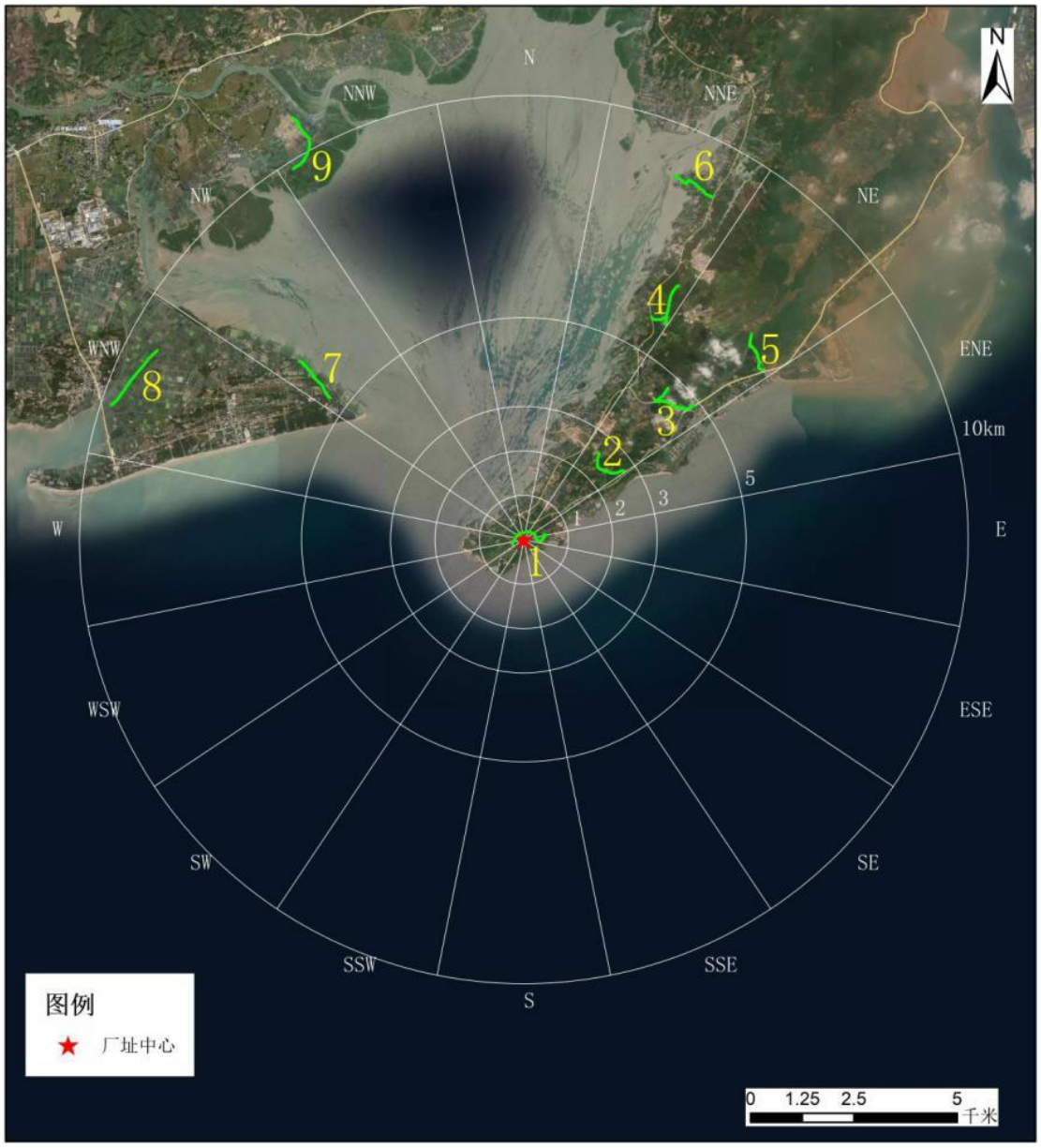


图 2.3-11　厂址半径 10km 范围样线分布示意图（植物调查）

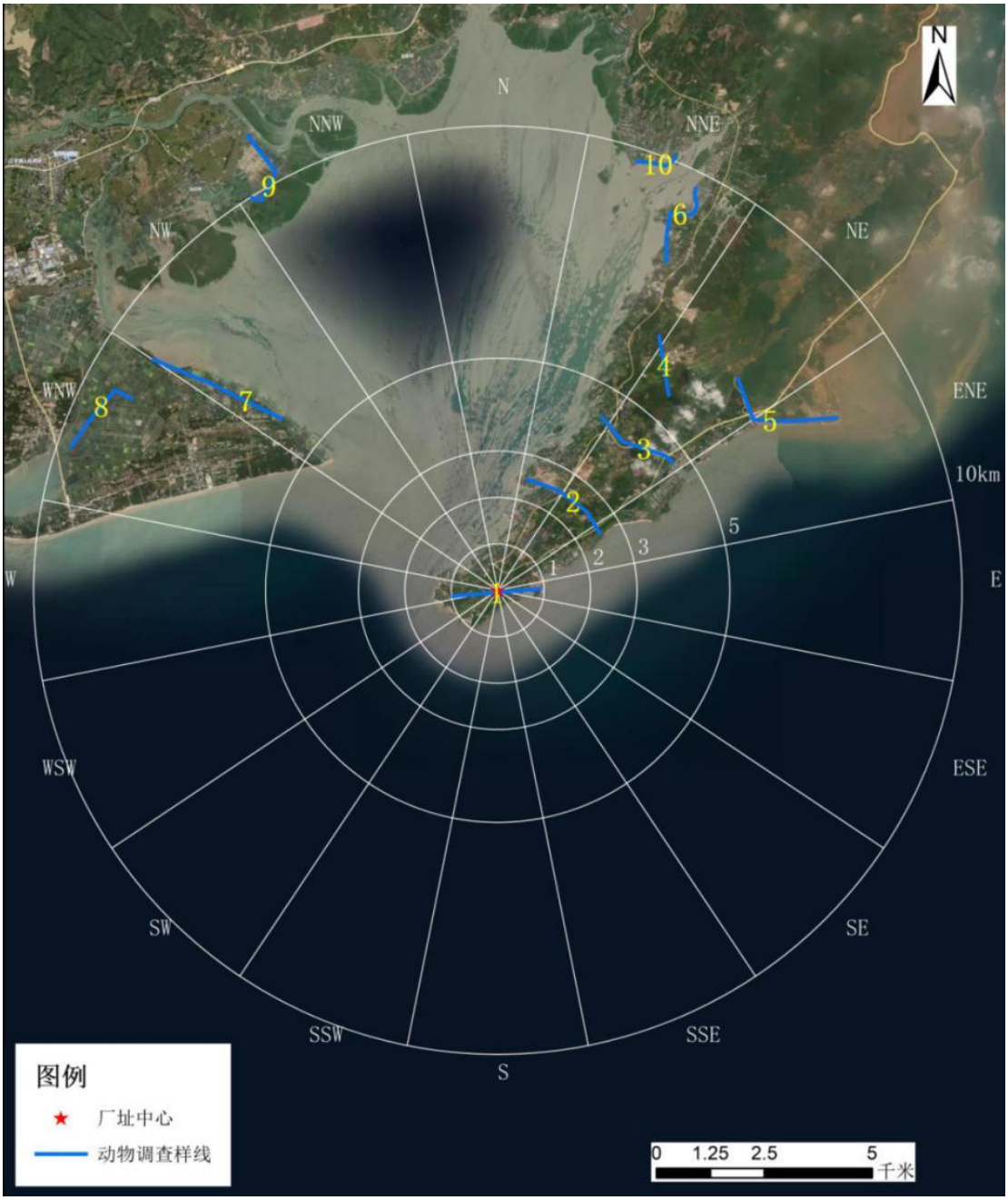


图2.3-12　厂址半径10km范围样线分布示意图（动物调查）

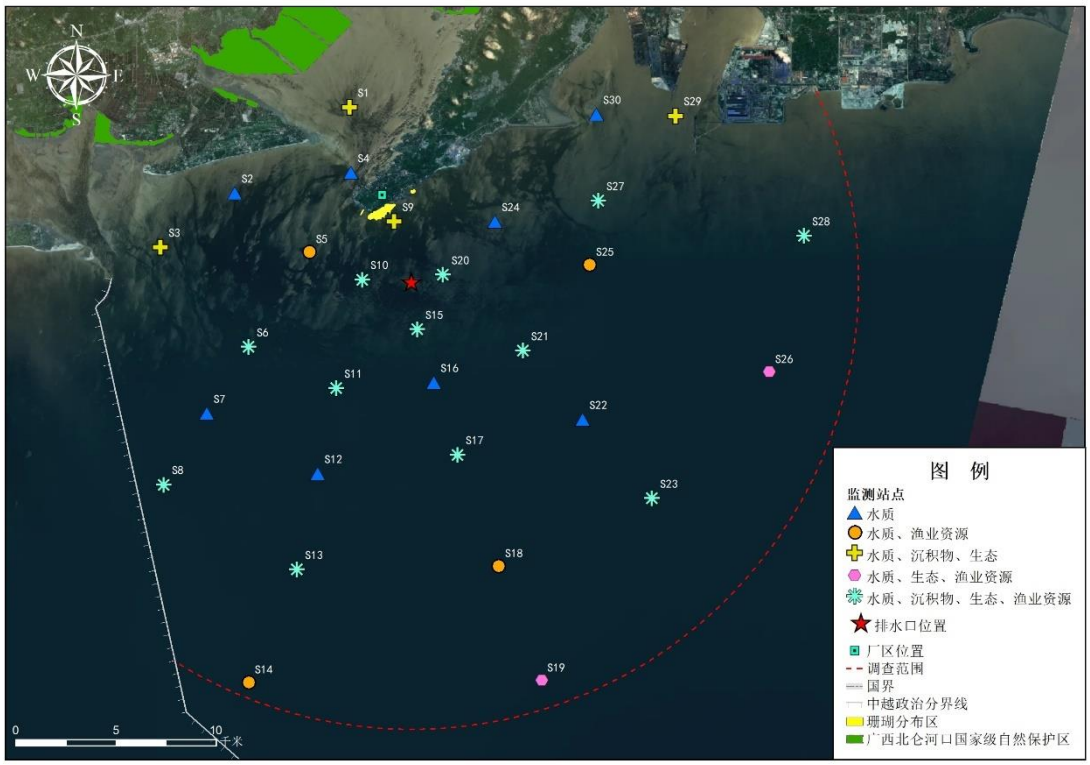


图2.3-13　水质、沉积物、生物体质量、海洋生物、微生物及渔业资源调查站分布图



图2.3-14　厂址附近浅海养殖分布图

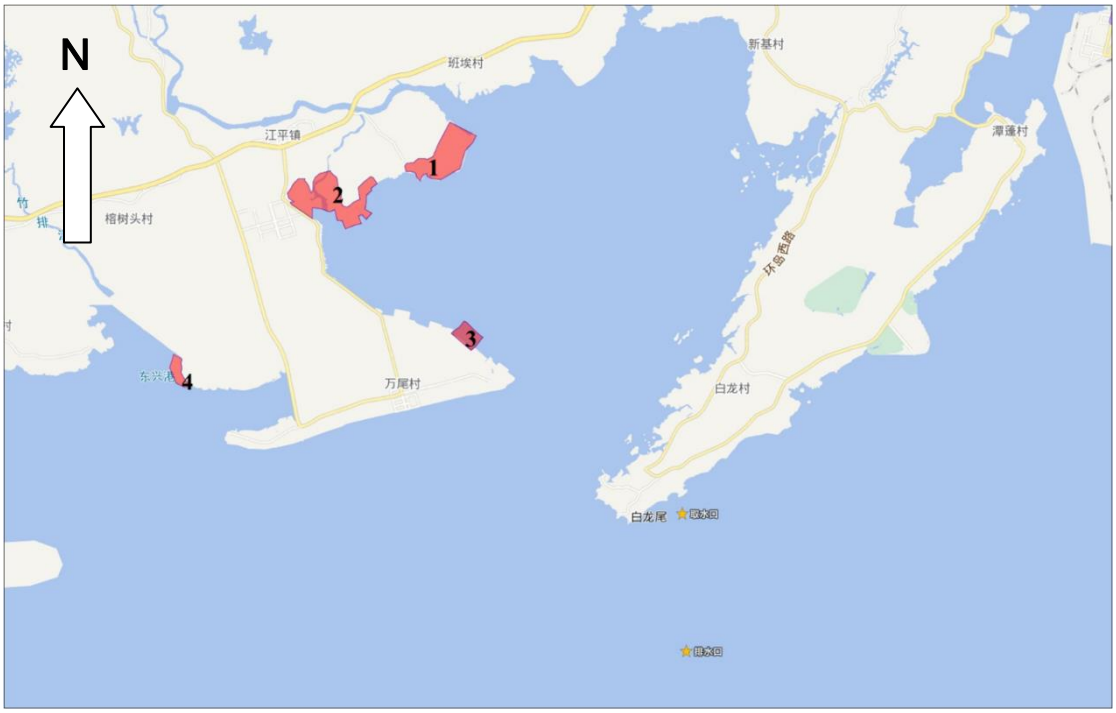


图2.3-15　厂址附近滩涂养殖分布图



图2.3-16　厂址附近养殖场/种苗场分布图

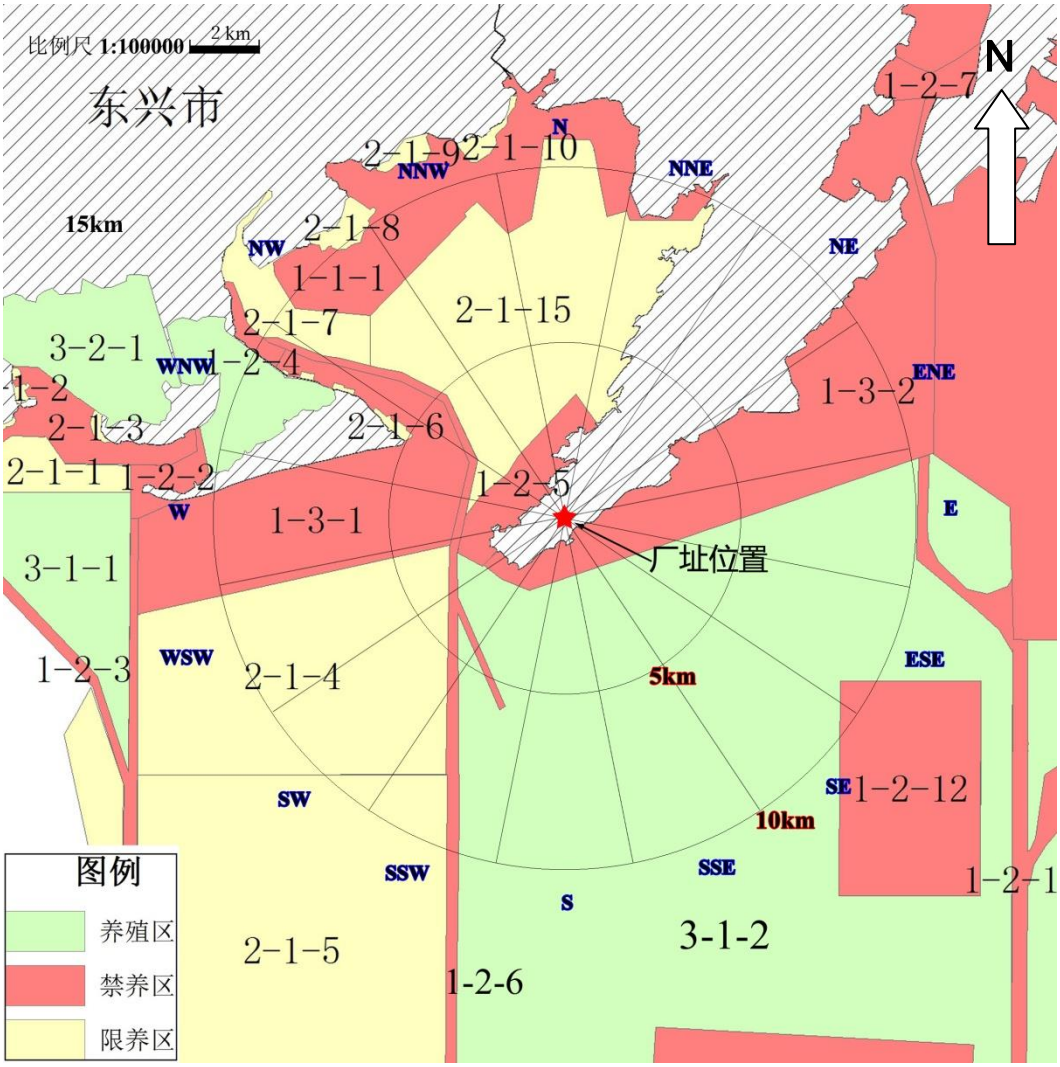


图2.3-17　厂址半径10km范围内规划养殖区分布示意图

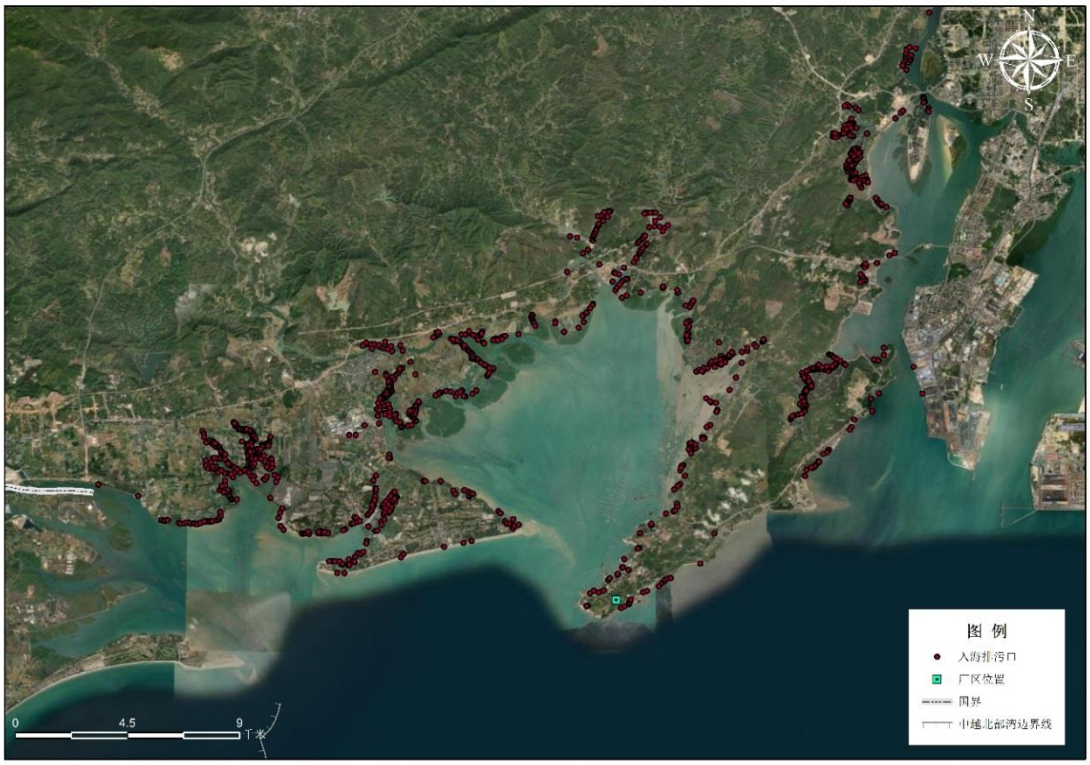


图 2.3-18　厂址附近陆源污染源分布图

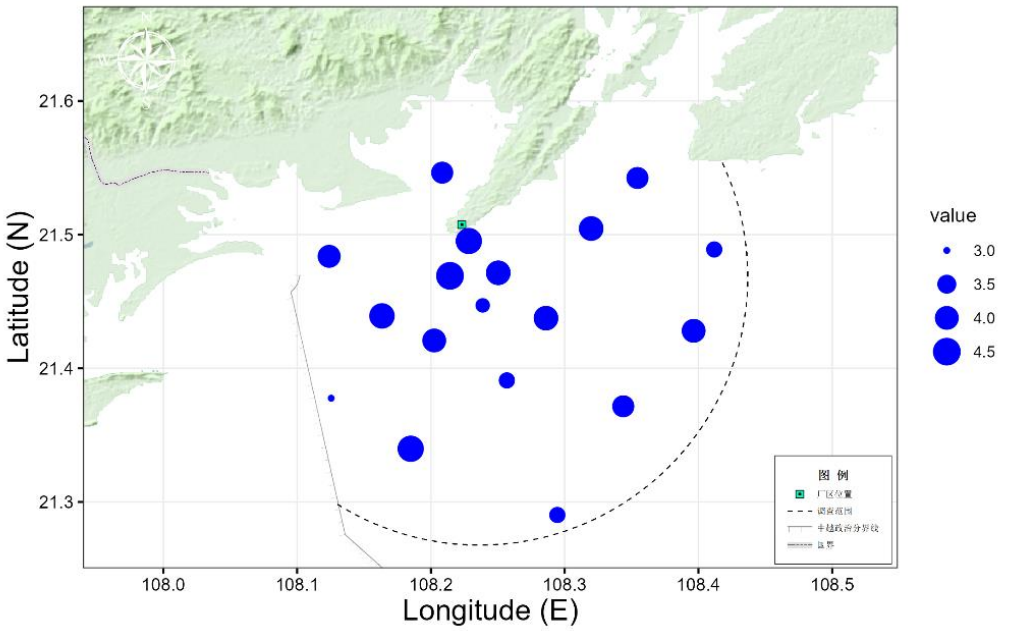


图 2.3-19　细菌总数分布图（单位：$\times 10^3$ind/mL）

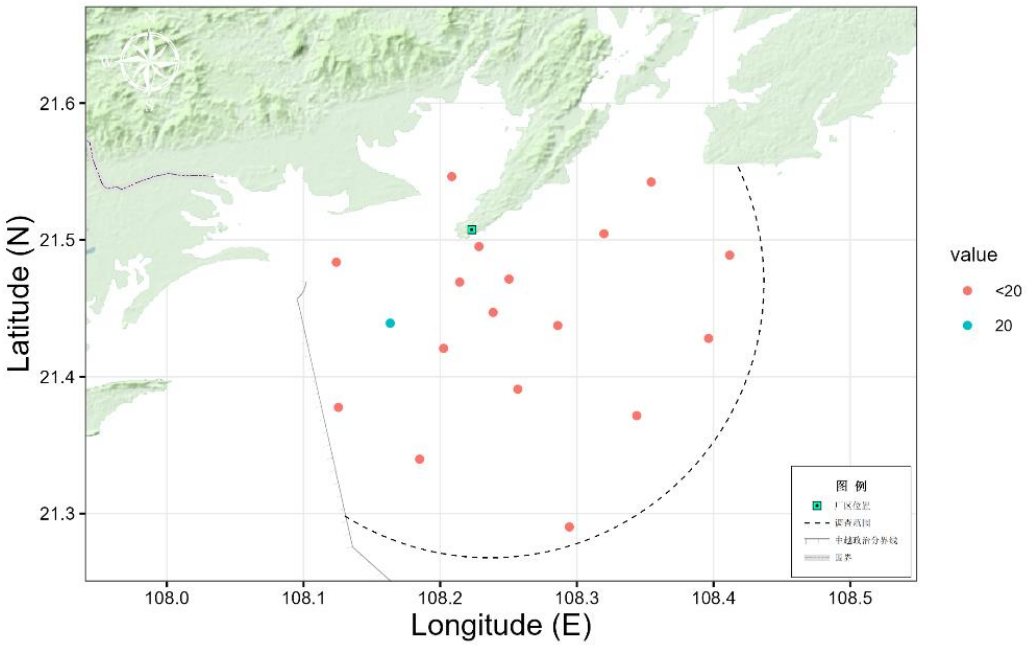


图 2.3-20　粪大肠菌群分布图（单位：MPN/L）

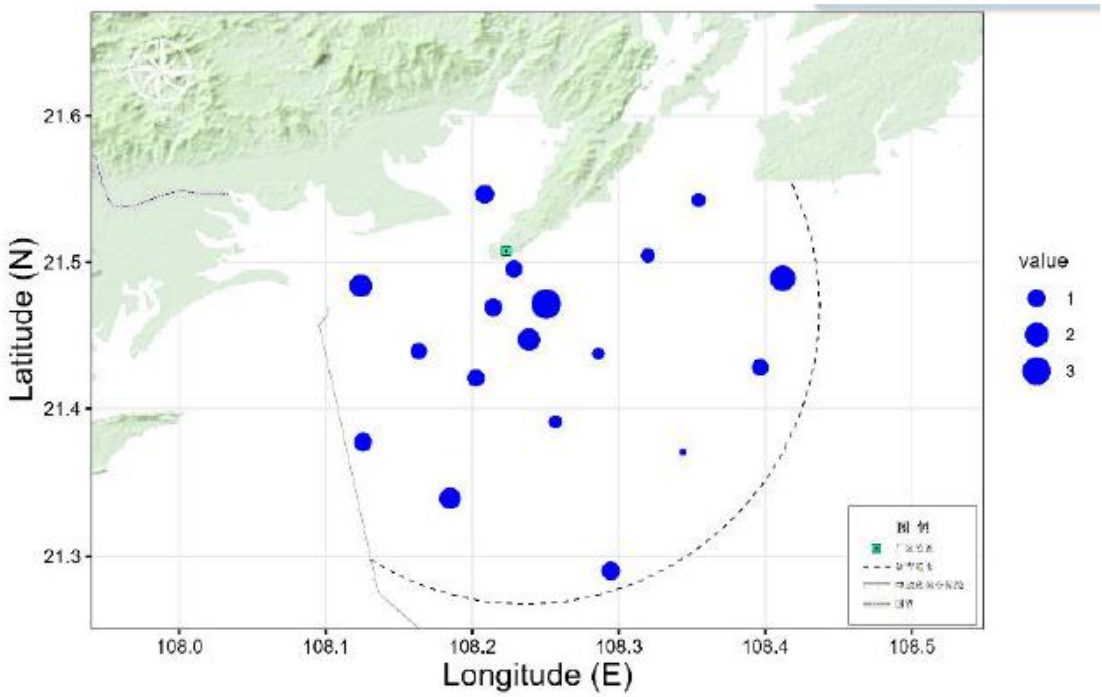


图2.3-21　表层叶绿素浓度分布图（单位：mg/m^3）

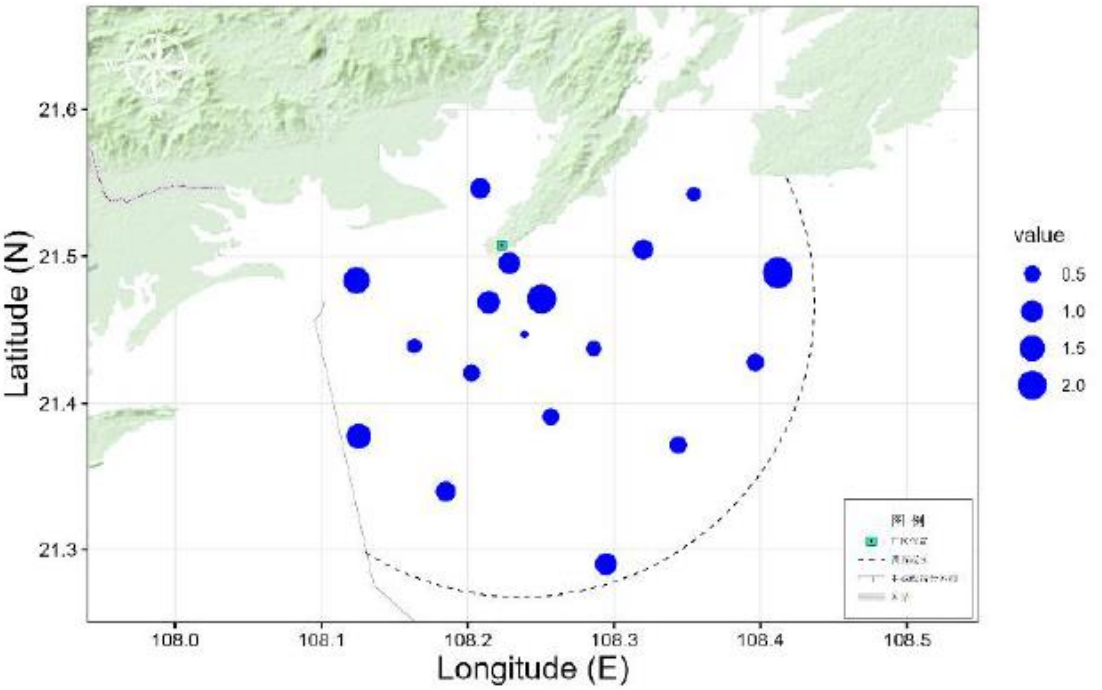


图2.3-22　底层叶绿素浓度分布图（单位：mg/m^3）

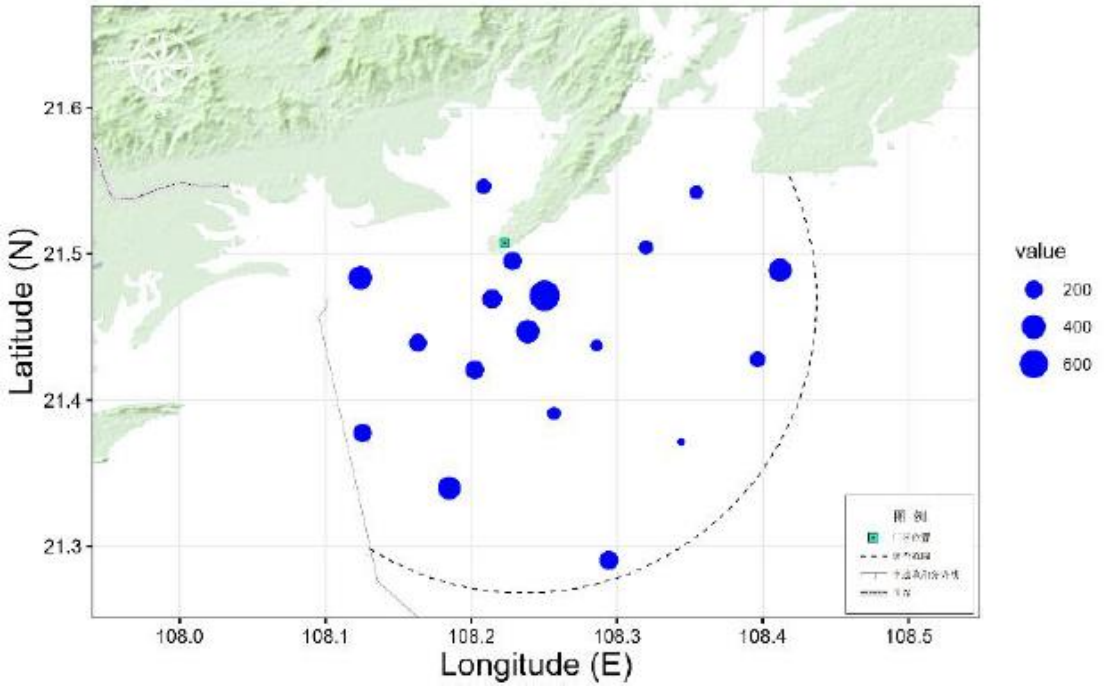


图2.3-23　初级生产力分布图（单位：mgC/(m^2 d)）

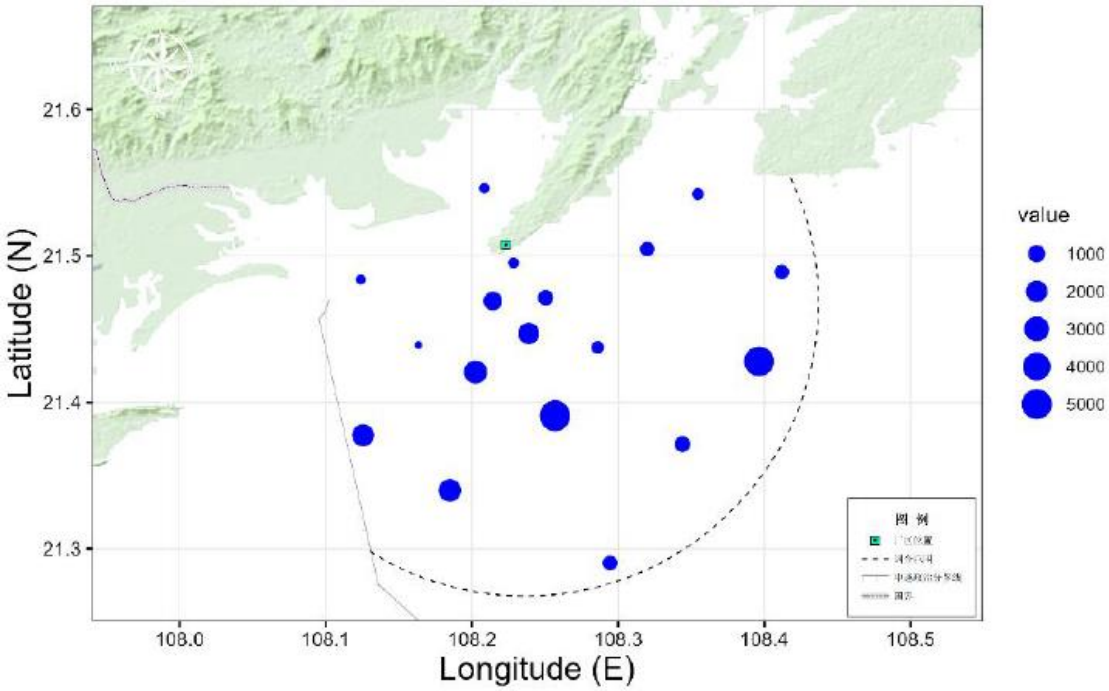


图2.3-24　浮游植物丰度分布图（单位：×10^4cells/m^3）

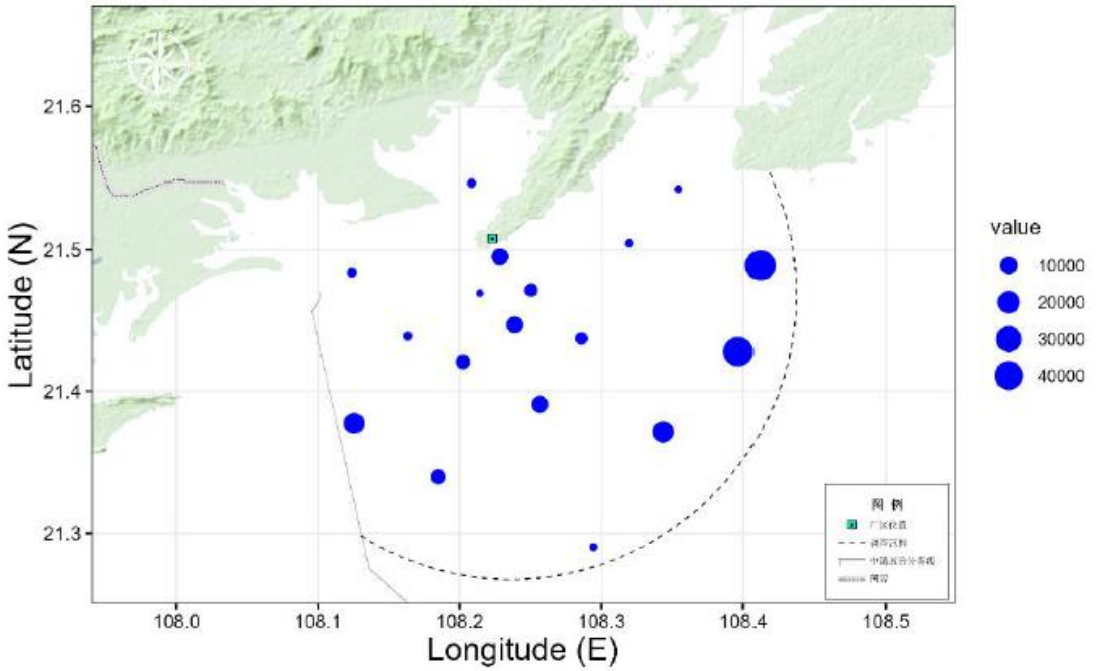


图2.3-25　浮游动物丰度分布图（单位：个/m^3）

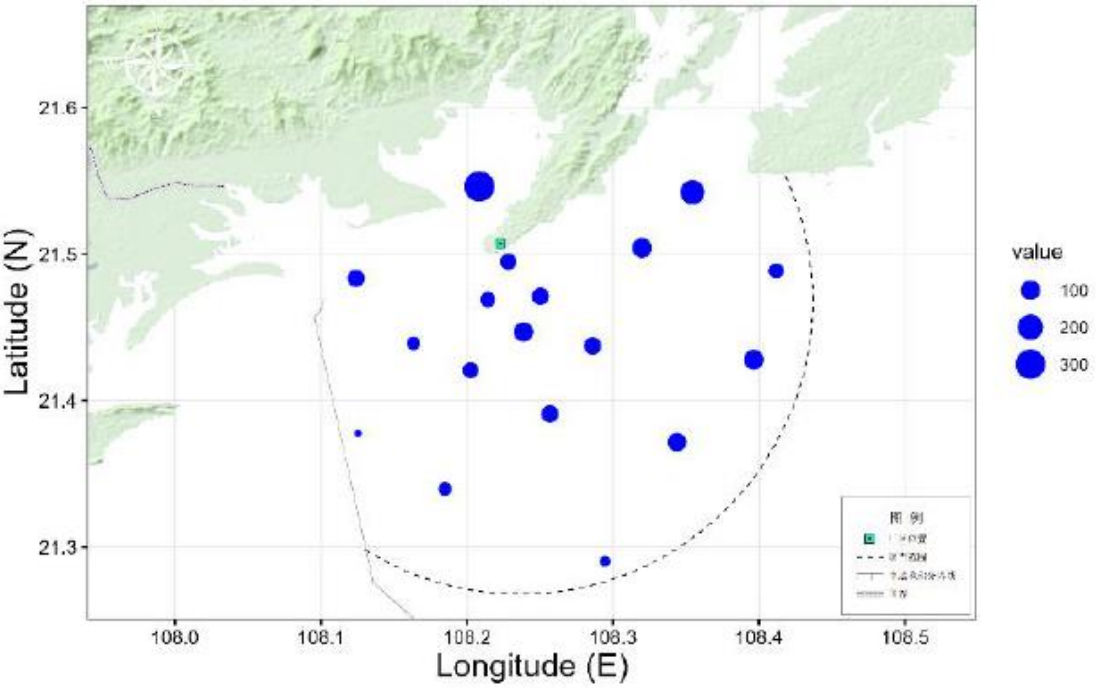


图2.3-26　底栖生物栖息密度分布图（单位：ind/m^2）

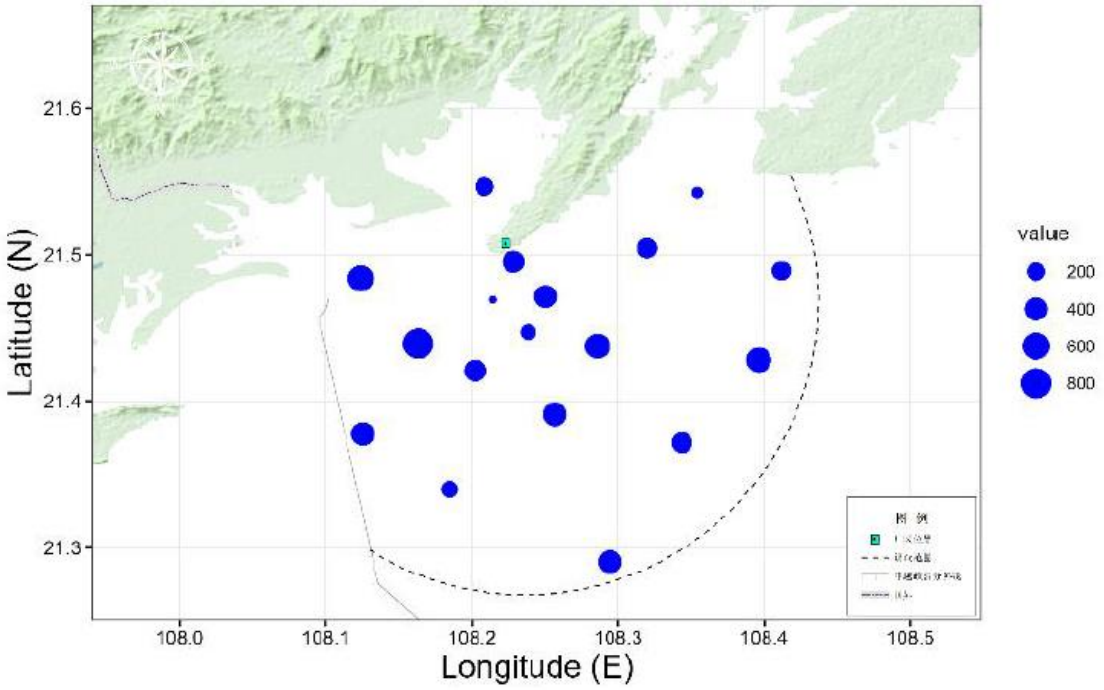


图2.3-27　游泳动物重量密度分布图（单位：kg/km^2）

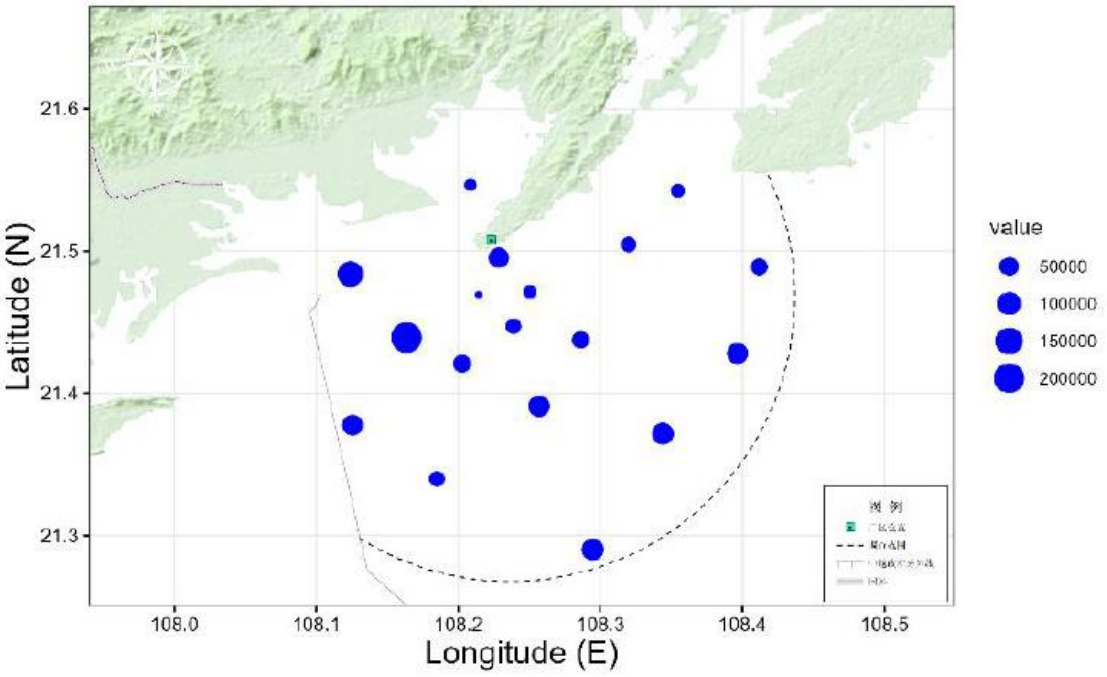


图2.3-28　游泳动物数量密度分布图（单位：ind/km^2）

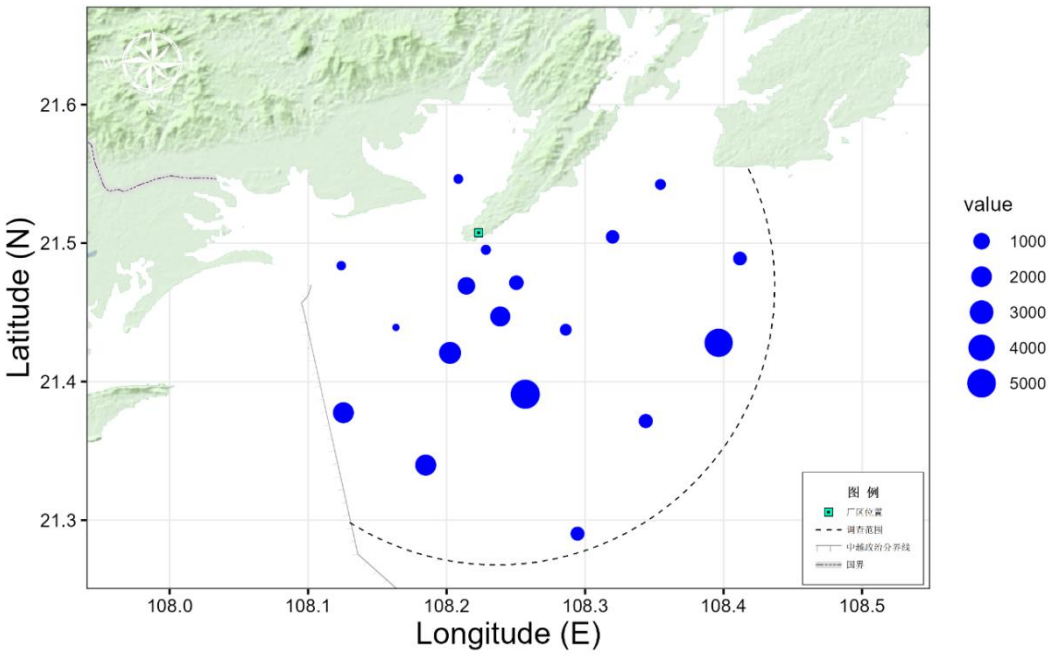


图2.3-29　赤潮生物丰度分布图（单位：×10^4cells/m^3）

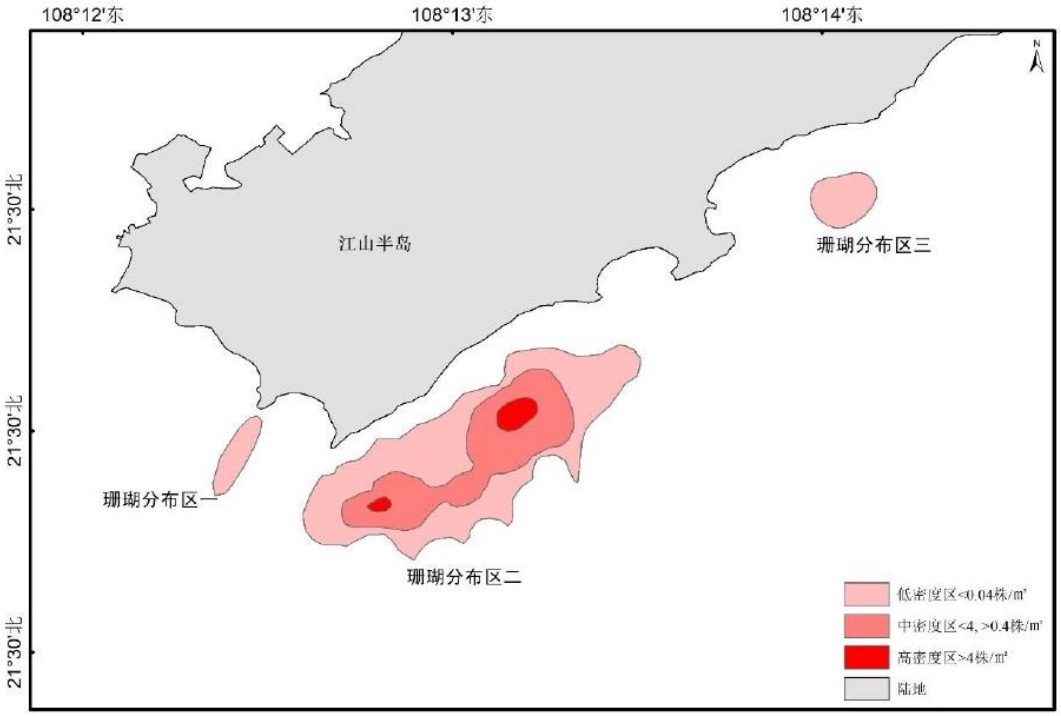


图2.3-30　珊瑚覆盖率分布图

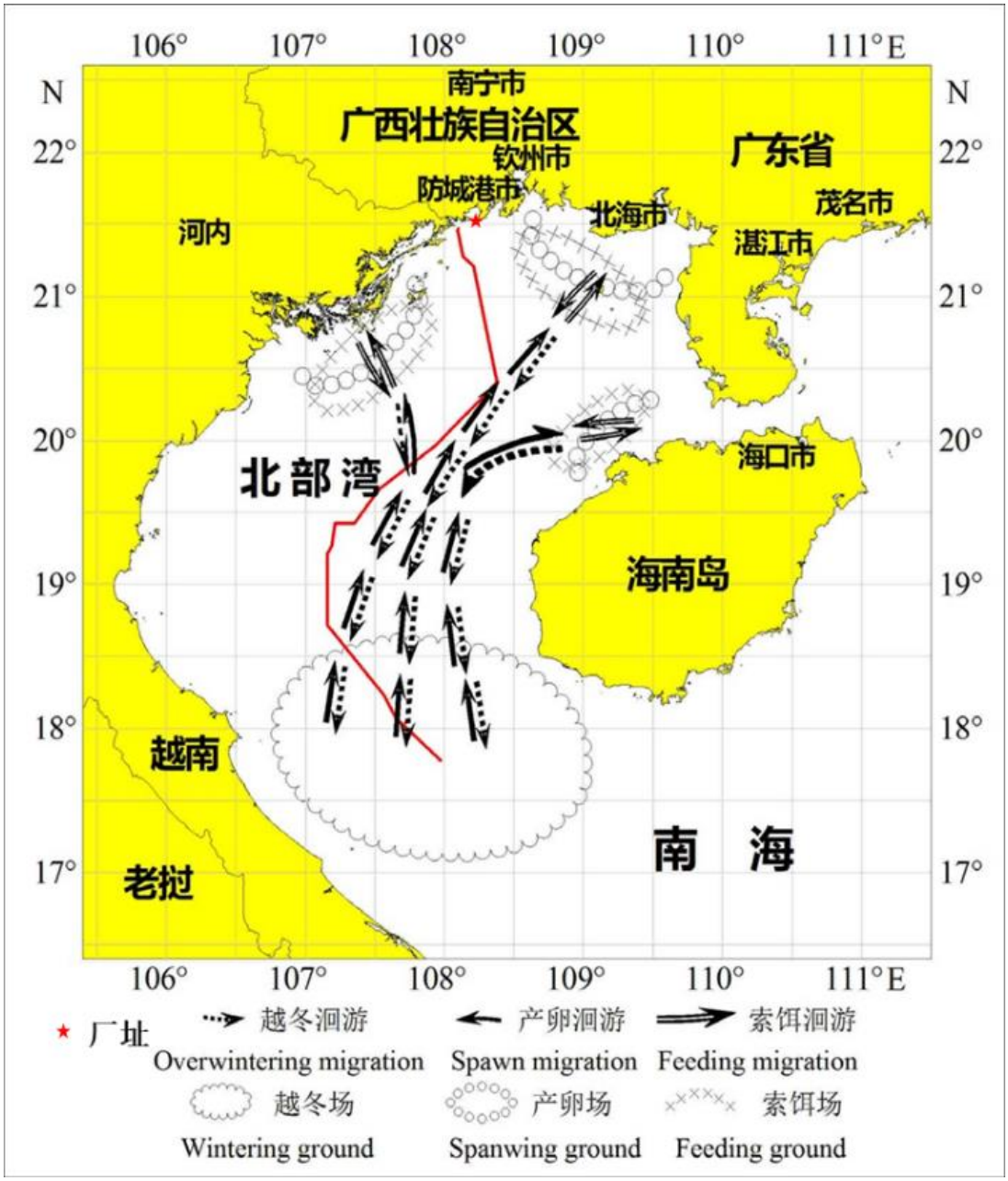


图2.3-31　蓝圆鲹“三场一通”分布图

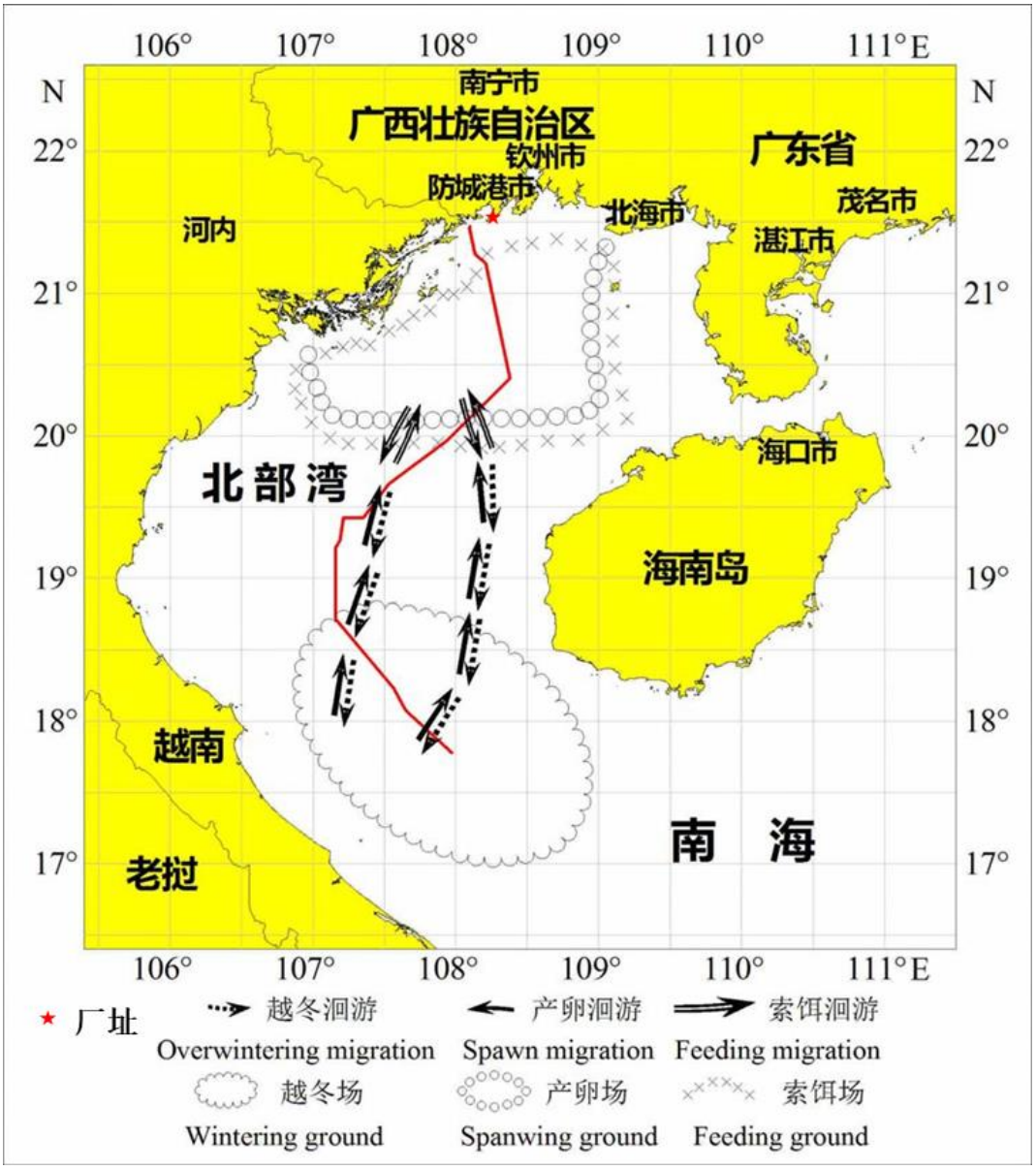


图2.3-32　二长棘鲷“三场一通”分布图

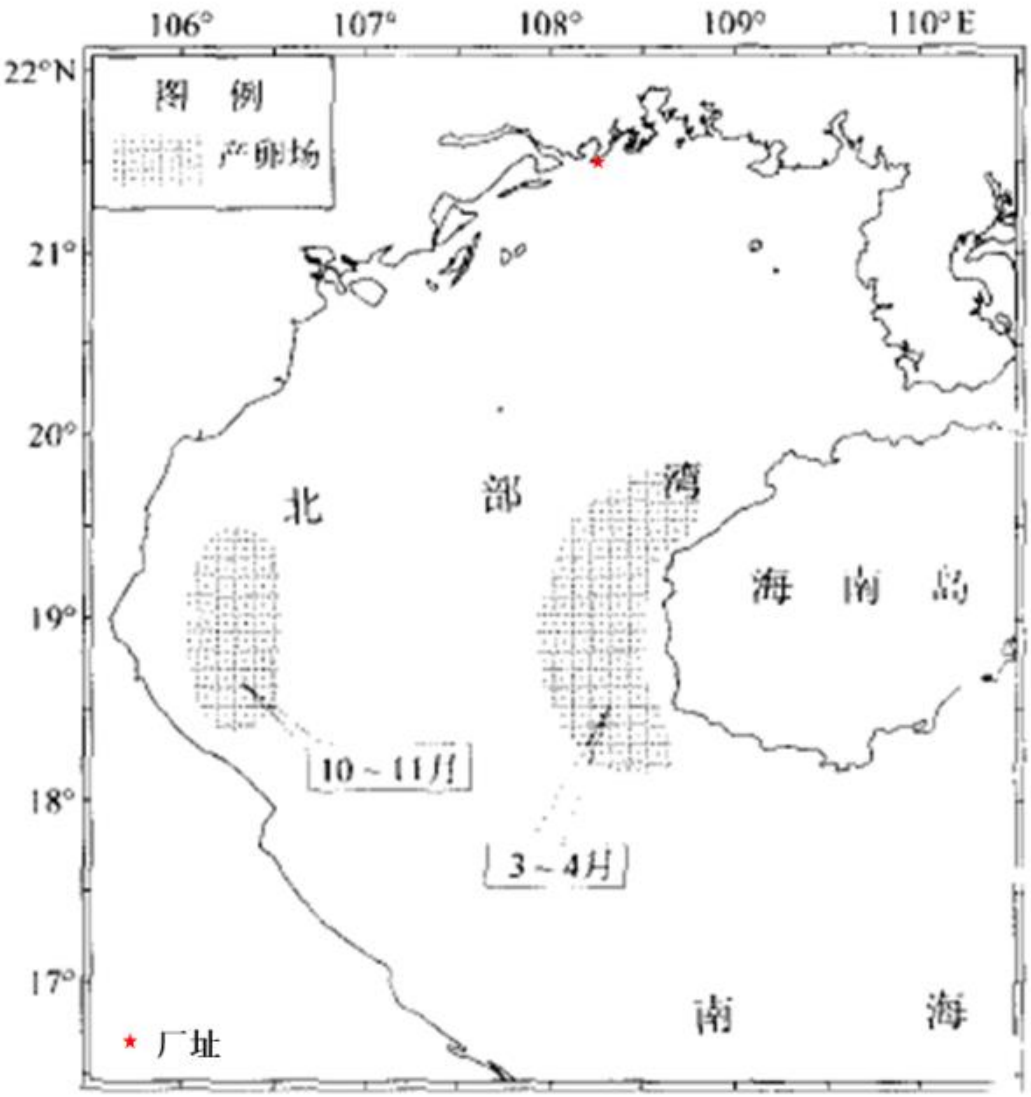


图2.3-33　白姑鱼产卵场分布图

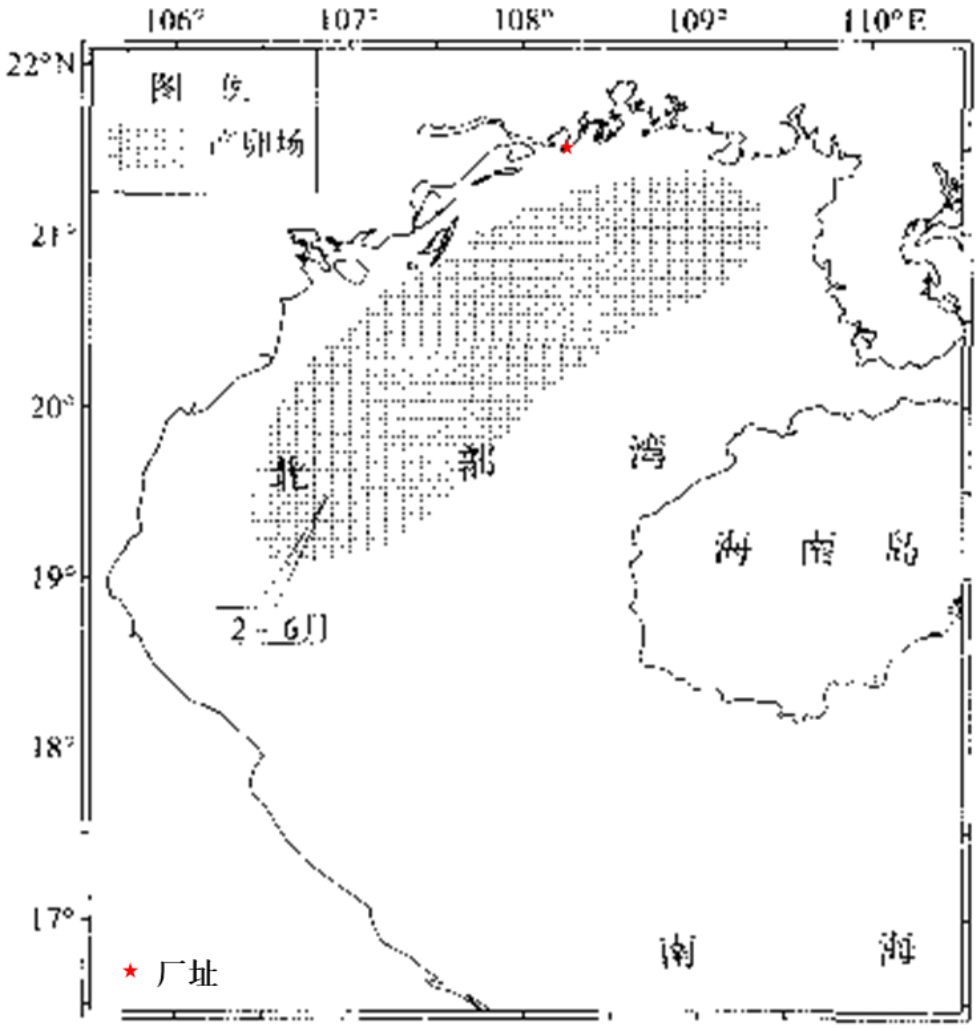


图2.3-34　金线鱼产卵场分布图



图2.3-35　短尾大眼鲷越冬场分布图

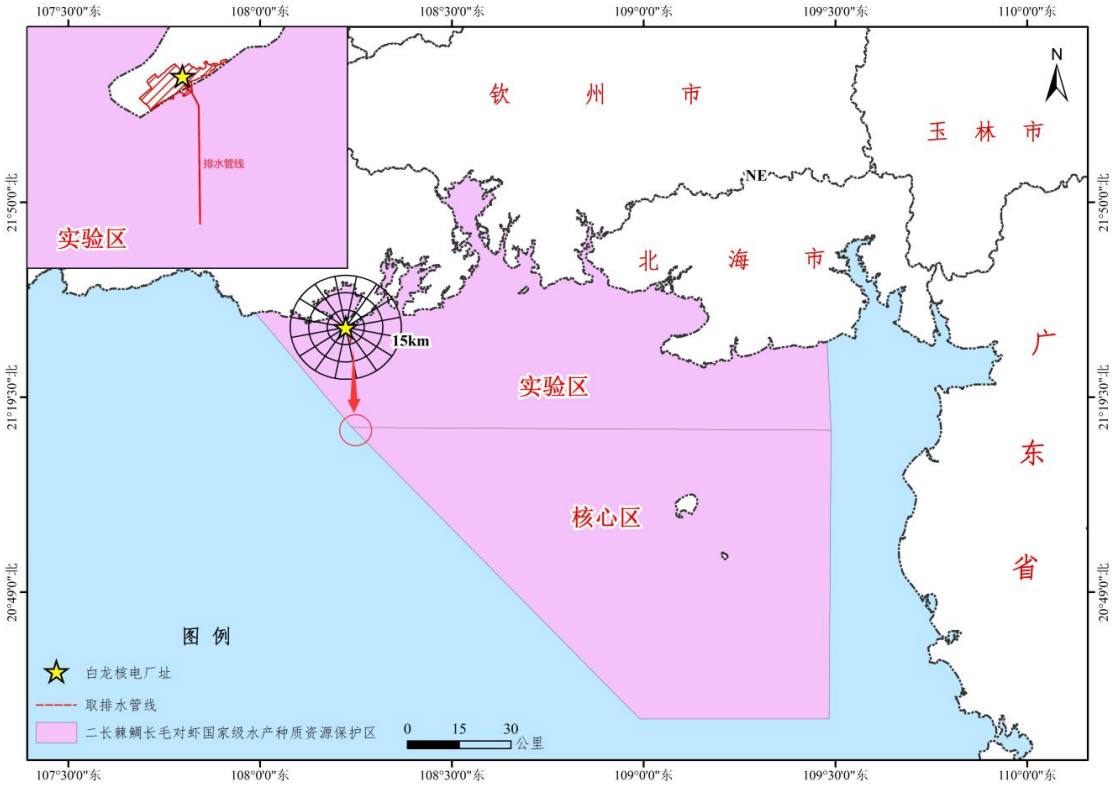


图 2.3-36　北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区分布情况

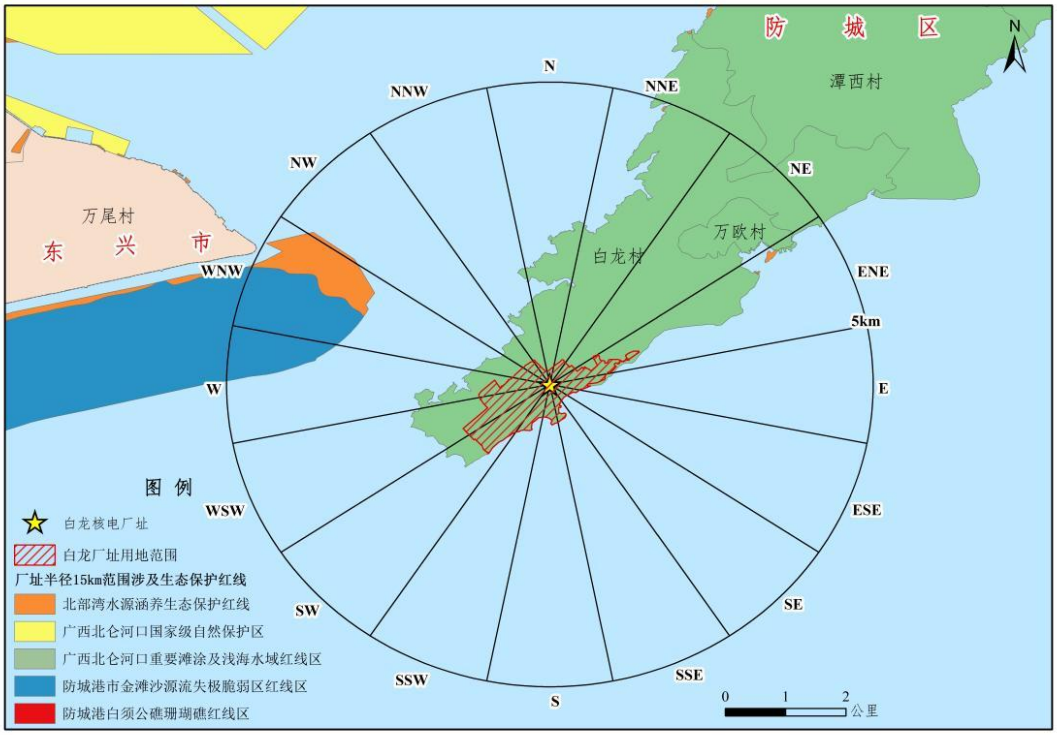


图2.3-37　厂址半径5km范围内生态红线分布示意图
（2022年广西壮族自治区“三区三线”划定成果）

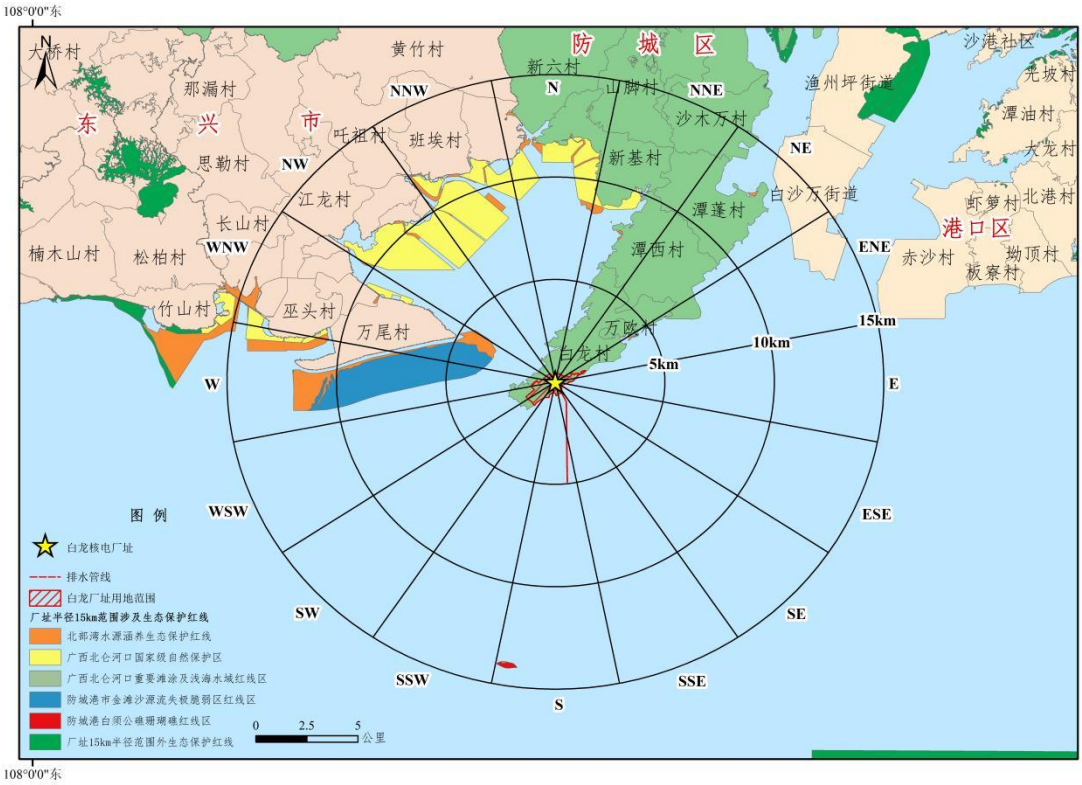


图2.3-38　厂址半径15km范围内生态红线分布示意图
（2022年广西壮族自治区“三区三线”划定成果）



图2.3-39　厂址半径15km范围内生态红线分布示意图
（《防城港市国土空间总体规划（2021-2035年）》）



图2.3-40　厂址周边道路分布现状

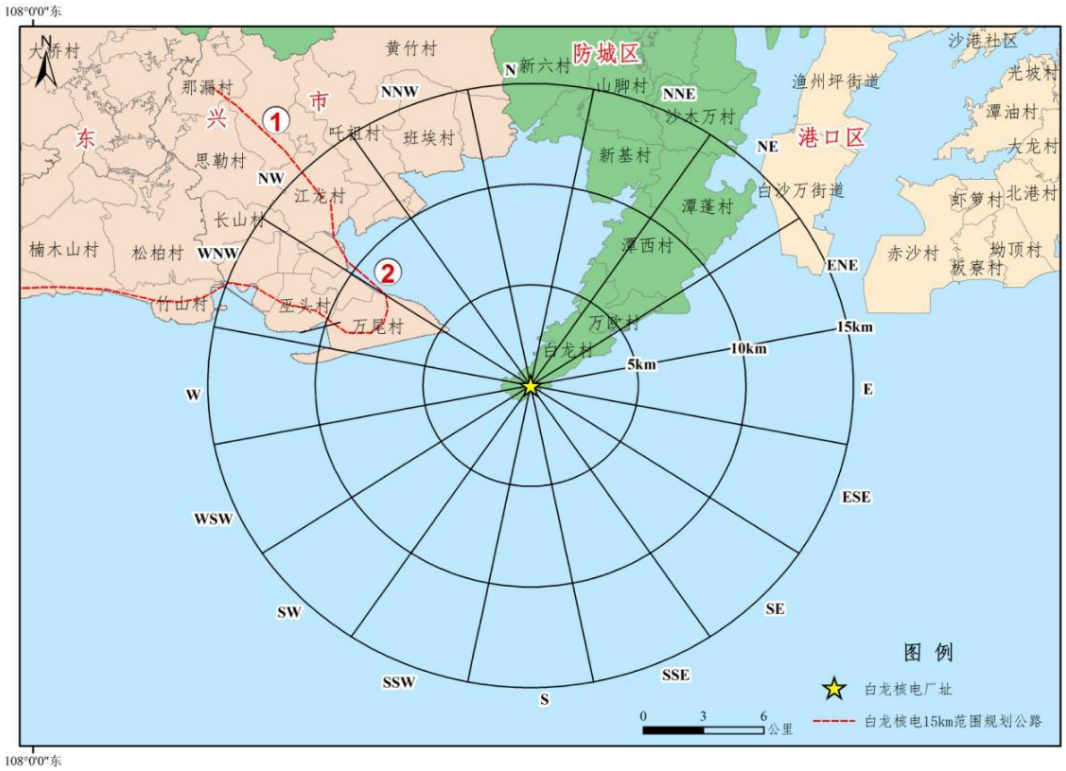


图2.3-41　厂址周边道路规划示意图

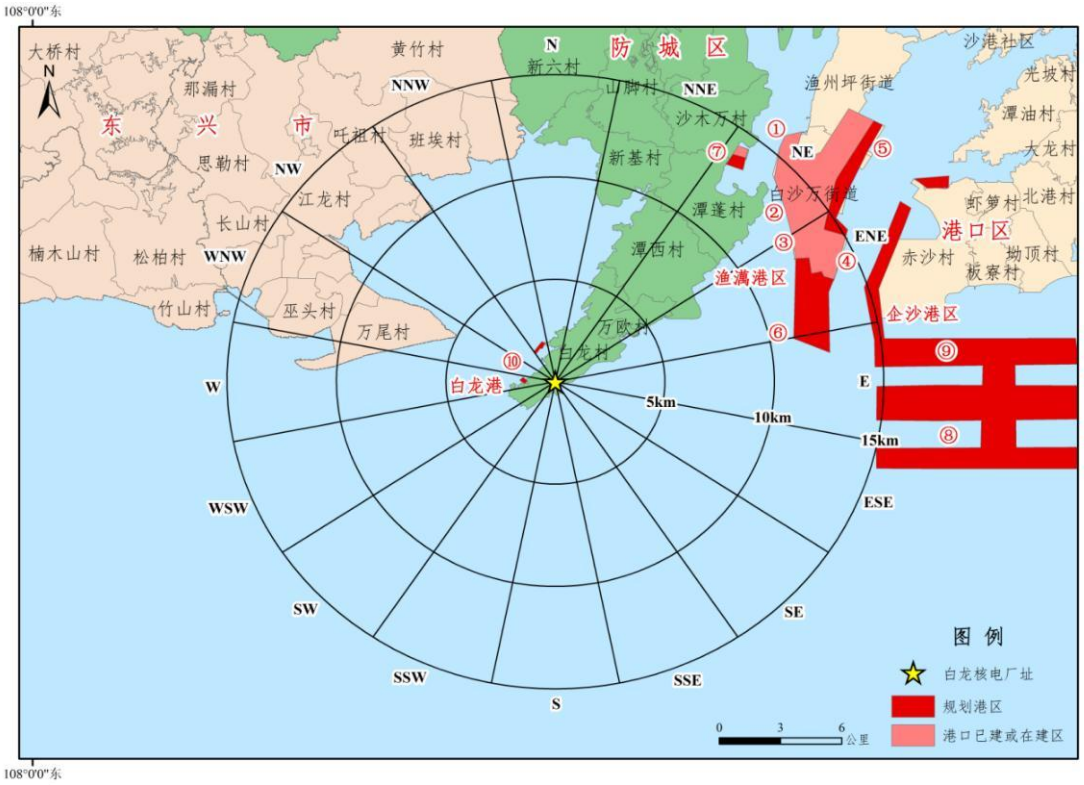


图2.3-42　厂址半径15km范围内港口分布图

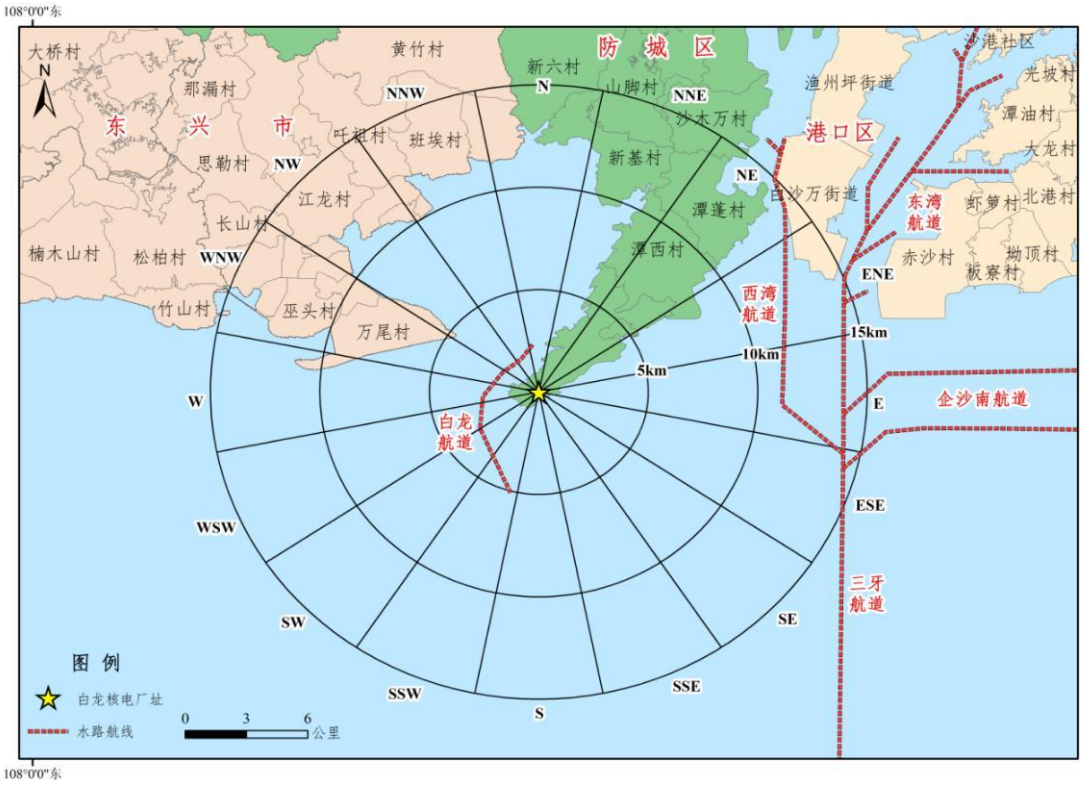


图2.3-43　厂址周边航道分布示意图

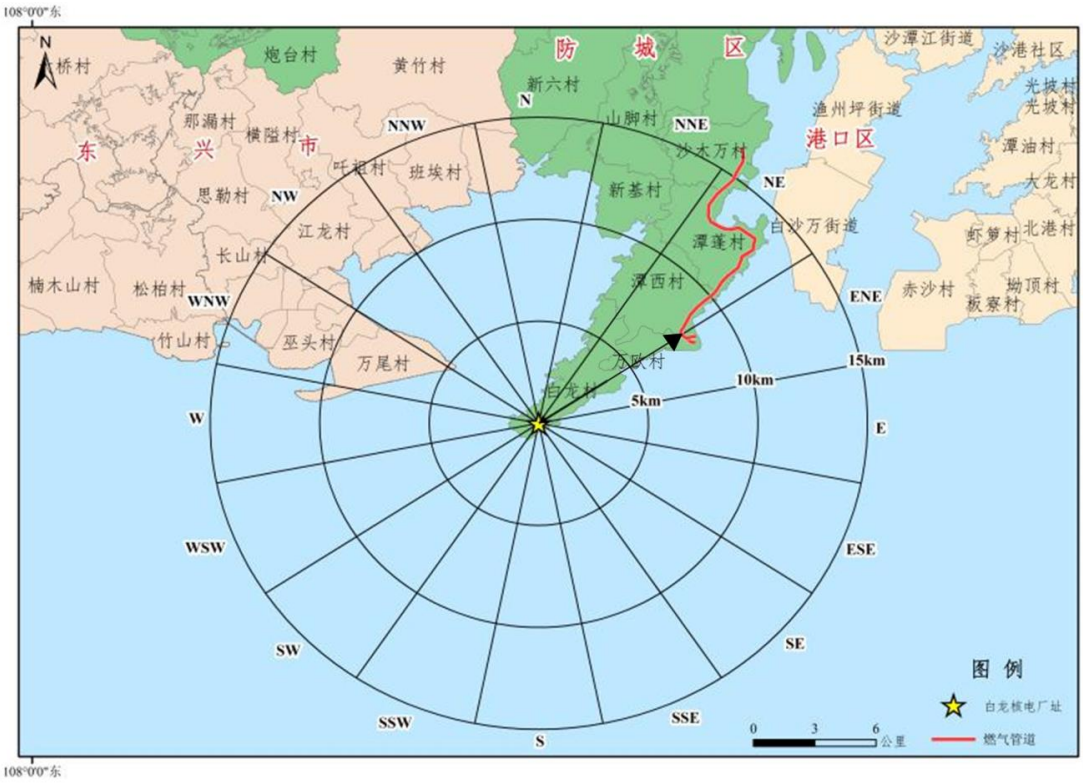


图2.3-44　厂址周边天然气管道分布示意图

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.1.1 区域气候特征

厂址位于广西南部沿海，地处低纬度地区，该区域南临热带海洋，北靠欧亚大陆。

冬季，来自蒙古、西伯利亚等地的干燥且寒冷的气团，到达这里时虽然势头已经明显减缓，但仍能够给人以寒冷的感觉，少数年份还会对农渔业生产等造成霜冻等危害。夏季，来自印度洋、太平洋的潮湿而暖热的气团影响该区，造成高温、暴雨等天气，其中热带风暴是最经常引发大风和暴雨的天气系统。春、秋季，随着两种气团力量对比的变化，天气则主要显现出力量占上风气团的特征，即干冷或者是湿热；如果两种气团的力量几乎是势均力敌，则会出现较长时间的连绵阴雨天气。

厂址区域在气候上属于南亚热带季风气候，季风环流是最主要的大气环流。夏季盛行偏南风，以南风、西南偏南风为主；冬季盛行偏北风，以北风、东北偏北风为主。

2.4.1.2 区域气象的平均值和极端值

为分析厂址区域气候和局地气候的特征，搜集厂址周围气象台站的历史观测资料进行统计分析。

1）厂址周边气象站

厂址周边有防城港站、防城站、东兴站、钦州站和北海站五个气象台站，各气象站位置见图2.4-1，各气象台站的背景和观测沿革见表2.4-1、表2.4-2。各气象站的观测要素有：气温、气压、湿度、风、降水、云、能见度、天气现象、日照、蒸发量、地温等；观测方式有人工观测和自记仪器观测；各观测仪器按规定定期鉴定，未使用过期（超检）仪器。

防城港气象站建于1991年7月，是国家一般气象站。从建站至今，有1次迁站记录，现址位于防城港市港口区渔万路58号，海拔高度为49.3m。每天定时（08、14、20时）三次观测，2010年1月1日起自动站单轨运行。1992年起气象资料齐全。

防城气象站建于1982年1月，是国家基准气象站。从建站至今，未有迁站记录，现址位于防城港市防城区防城镇珠河街106号，海拔高度为32.4m。2006年1

月1日起自动站单轨运行。1982年起气象站气象资料齐全。

东兴气象站建于1952年9月，是国家基本气象站。从建站至今，共有6次迁站记录，现址位于东兴市东兴镇解放路公园左侧，海拔高度为56.8m。一天四次定时观测（02、08、14、20时），2006年1月1日起自动站单轨运行。1954年起气象站气象资料齐全。

钦州气象站建于1952年10月1日，是国家基本气象站。从建站至今，共有4次迁站记录，现址位于钦州市南珠西大街112号，海拔高度为49.2m。一天四次定时观测（02、08、14、20时），2006年1月1日起自动站单轨运行。1953年起气象站气象资料齐全。

北海气象站位于厂址东侧，相距约90.0km。由于距离较远，排除北海气象站作为厂址代表性气象站的可能。在分析评估厂址极端气象参数，考虑到北海气象站建站时间较早（1952年建站）、站址搬迁少、资料规范连续等有利条件，把北海气象站纳入到收集资料的台站范围，将极端温度、极端风、极端降水等资料作为厂址极端气象参数的依据。

2）厂址气象观测站

厂址气象铁塔与地面站的地理位置为东经 108°14′22″，北纬 21°32′1″，位于厂址 NNE 方位约 2.6km 处，向西毗邻海湾，周围为丘陵起伏地形，见图 2.4-2。厂址气象观测站于 2005 年底正式启动气象观测工作，至今已经完成多次延续观测工作，并对设备进行过更换、检定和比对，目前仍在继续观测。厂址地面气象站的观测项目包括：气压、风速、风向、温度、湿度、雨量、辐射、蒸发。

3）代表站的确定

（1）可靠性分析

收集的气象资料为国家气象主管机构所设立的国家基准气象站、国家基本气象站和国家一般气象站所观测的气象资料，收集的气象要素有气压、气温、相对湿度、日照、蒸发、降水、风向、风速等，资料收集年限为建站~2022年。

区域所选的4个参证气象站，防城站为国家基准站，东兴、钦州站为国家基本站，防城港站为国家一般站，台站位置的选择、仪器安装维护和观测沿革均严格按照《地面气象观测规范》的要求进行，气象资料的来源是可靠的。

（2）一致性分析

采用对比差值法进行资料一致性的分析，其方法为：先计算参证气象站与厂址气象站某要素资料的对比差值、对比差值的平均值与标准差，然后按对比差值及其平均值的差绝对值小于标准差的2倍为标准计算一致率。

经分析计算，各气象观测要素的一致率均较高，均在90%以上，各气象站的差异不大。

（3）代表性分析

利用防城港站、防城站、钦州站、东兴站、厂址气象站一整年的气温、相对湿度、气压、风速等资料，分别开展各月逐时资料相关分析、各月逐日平均资料相关分析。

经分析计算，无论是逐时资料还是逐日资料计算的相关系数，在四个气象站中，防城港站与厂址气象站相关性最好，其次是防城站，东兴站、钦州站稍差。这表明，对于厂址而言，防城港气象站的资料代表性最好。

（4）地形比较分析

厂址和防城港站、防城站、东兴站、钦州站四个气象站均位于北部湾沿海。从距离厂址的远近而言，防城港站最近，与厂址的直线距离约25.5km，其次是东兴站，为29.0km，第三是防城站，为33.4km，钦州站最远，为65.8km。

从地形而言，厂址区域为南、西、北三面环海的低矮台地，呈波浪起伏，丘顶浑圆，偶见短山脊，海拔高度20～60m，最高点原哨所所在山顶标高约73.8m，山体坡度较缓。

防城、港口区南部为沿海滩涂，北部多为台地、丘陵，无高大山脉，下垫面较平坦，与厂址相距不远，地形地貌相似。防城港气象站与厂址距离最近，两者地形地貌差异比防城气象站小，因此防城港气象站的地形与厂址地形最为相似，其次为防城气象站。

东兴市内有山地、丘陵、沿海滩涂等地形。全境西北部高，东南部低；西北部为海拔1000m以上的十万大山及其延伸的支脉和零星山岭，群峰挺拔，东南部为丘陵、沿海缓坡地带，下垫面粗糙度较大，与厂址的地形有较大差异。

钦州北枕山地，南临北部湾，地势北高南低。地形以山地、丘陵为主，南部沿海为台地和滩涂，但钦州距离北部湾较前三者远，地形地貌与厂址也有一定差异。

综上所述，防城港站与厂址距离最为接近，且地形最为相似。其次为防城

站。

（5）代表站的确定

气象要素的三性分析结果表明，资料的一致性各站结果差异不大；代表性防城港站最好，其次是防城站。地形比较分析的结果表明，防城港站的地形与厂址最为接近，其次是防城站。综合以上分析结果，防城港站最适宜选为厂址的代表站，其次是防城站。前期报告中，由于防城港站建站年限较短，不满足连续30年观测的要求，因此选择了气象记录较长且三性分析结果、地形分析结果、地理位置等均较好的防城站作为代表性气象站，而本次气象资料收集年限延长到2022年，防城港站已有连续31年的观测资料（1992~2022），最终确定防城港站作为厂址的代表性气象站。

4）区域气象分析

根据厂址代表性气象站防城港气象站 1992～2022 年的气象观测资料，统计区域常规气象参数如下：

（1）气压

累年年均气压为 1008.8hPa，12 月份平均气压最高，为 1016.9hPa，7 月份平均气压最低，为 1000.7hPa。极端最高气压为 1036.9hPa，出现在 2016 年 1 月 24 日。极端最低气压为 957.8hPa，出现于 2014 年 7 月 19 日。

（2）气温

累年年均气温为 22.8℃，7 月份平均气温最高，为 28.7℃，1 月份平均气温最低，为 14.4℃。极端最高温度为 37.4℃，出现在 1992 年 8 月 31 日和 1999 年 6 月 6 日。极端最低温度为 2.3℃，出现在 2016 年 1 月 24 日。

（3）相对湿度

累年年均相对湿度为 78%，3、4、6 月份平均相对湿度最高，为 84%，12 月平均相对湿度最低，为 67%。历年各月最小相对湿度为 11%。

（4）降水

累年年均降水量2453.2mm，降水日数以6、7、8三月为最多，全年降水日数多集中在2～9月。年降水最多的是2001年，降水量4147.7mm；一日最大降水量为373.3mm，出现在2012年8月18日；历年1小时最大降水量为117.0mm，出现在2010年6月1日。记录资料中最大连续日降水量为968.4mm，自1994年7月14日~7月24日，持续11天。

（5）风

厂址区域主导风向为N～NNE，频率36.0%，最多风向为N，频率为18.5%，多年平均静风频率为3.8%。厂址区域累年平均风速为3.6m/s，1月、12月平均风速最高，为3.9m/s，8月平均风速最低，为3.1m/s。历年风速最大值出现在2003年8月25日，为25.8m/s，当时风向为ESE；极端最大风速为36.5m/s，当时风向为WSW，出现日期为2014年7月19日。

（6）日照

累年年均日照时数为1633.9h。年日照小时数最大值出现在2003年（2023.0h），最小值出现在1997年（1398.5h）。累年各月平均日照小时数最大值出现在10月（194.4h），最小值在3月（57.9h）。

（7）雾

累年年均雾日数为17.3天。2月份平均雾日数最多，为5.3天，7、9月份平均雾日数最少，为0天。累年各月最大雾日数最高值出现在3月，为12天，累年各月最大雾日数最低值出现在5~10月份，为1天。

（8）云

防城港站年均（1992~2013 年）总云量 7.1 成，低云量为 5.6 成。累年各月总云量平均值最高值出现在 3 月（8.4 成），最低值出现在 10 月（4.5 成）。累年各月低云量平均值最高值出现在 3 月（7.9 成），最低值出现在 10 月（3.0 成）。

（9）雷暴

防城港站年均（1992~2013年）雷暴日数为70天，6月份平均雷暴日数最多，为14.7天，1月份平均出现雷暴日数最少，为0.1天。累年各月最大雷暴日数最高值出现在6月，为25天，累年各月最大雷暴日数最低值出现在1月份，为1天。

（10）闪电

防城港站年均（1992~2013年）闪电日数为38.1天，8月份平均闪电日数最多，为11.5天，2、11、12月份平均闪电日数最少，为0天。累年各月最大闪电日数最高值出现在8月，为19天，累年各月最大闪电日数最低值出现在11、12月份，为0天。

（11）结冰

厂址所在北部湾海域，无区域性的结冰现象。

2.4.2 设计基准气象参数

根据厂址代表性气象站防城港气象站 1992～2022 年的气象观测资料，区域常规气象参数见 2.4.1.2 节。

2.4.2.1 热带气旋

1）厂址区域热带气旋的基本特征

根据1949～2022年共计74年的热带气旋资料，统计影响厂址半径400km范围（调查区域，见图2.4-3）内出现的热带气旋共376个。

（1）热带气旋的源地

影响调查区域的376个热带气旋中，大部分是来自西北太平洋地区（120℃以东），有210个，约占总数的55.9%；在南海（120℃以西）生成的南海热带气旋有166个，约占44.1%。其中超强台风共有44个，全是在西北太平洋生成，没有1个是在南海生成的。西北太平洋地区生成的热带气旋较强，而南海生成的热带气旋也明显较弱。

厂址位于北部湾内，强度较强的西北太平洋热带气旋，移进划定区域都不是首次登陆，它常常已在菲律宾或海南岛或雷州半岛登陆后进入划定区域，由于登陆后，陆地摩擦作用比海面大，并缺乏水源，而使能量较快减弱，因此，进入划定区域的西北太平洋热带气旋的强度明显减弱。

（2）热带气旋的时间分布

74年间出现热带气旋376个，年平均为5.1个。热带气旋影响最多的年份是1971年，共出现10个。次多的每年有9个热带气旋，分别为1953年、1956年、1974年和1989年。本划定区域中没有遭到热带气旋影响的年份共有1年，约占1.4%。

厂址区域每年从4月开始到11月这8个月内都可能出现热带气旋，主要集中在7、8月份，这2个月的热带气旋分别占总数的22.6%和27.9%。夏季占总的63.3%，其次是秋季，占33.5%；春季台风出现较少，占3.2%；冬季没有台风记录。可见盛夏台风灾害的频度高。

（3）厂址区域热带气旋的路径

经统计，登陆和影响厂址附近海域的台风分为三种类型：

- 西向型台风路径；
- 西北向型台风路径；

- 北向型台风路径。

2）厂址设计基准热带气旋

根据《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）要求，确定厂址设计基准热带气旋（PMTC）的各气象参数为：

- 中心气压 P_0 887hPa
- 边缘气压 P_w 1008hPa
- 气旋移速 Vc 37km/h（W）
  27km/h（NW）
  19km/h（N）
- 最大风速半径 R 43km
- 热带气旋影响厂址百年一遇最大风速 V_{max} 42m/s（对应极大风速为64.3m/s）

2.4.2.2 龙卷风

根据核安全导则的规定，龙卷风的调查范围为厂址区域3个经纬度所包括的范围（图2.4-3），本工程的调查区域包括：

广西壮族自治区钦州市市辖区（钦南区、钦北区）、灵山县、浦北县；北海市市辖区（海城区、银海区、铁山港区）、合浦县；防城港市市辖区（港口区、防城区）、上思县、东兴市；贵港市市辖区（港北区、港南区、覃塘区）；玉林市的博白县；南宁市市辖区（青秀区、良庆区、邕宁区）、上林县、横州市；崇左市的扶绥县、天等县；广东省湛江市市辖区（赤坎区、霞山区、坡头区、麻章区）、廉江市、雷州市、吴川市、遂溪县、徐闻县；茂名市市辖区（茂南区、电白区）、高州市、化州市、信宜市。

经统计，收集到项目厂址划定区域有记录的龙卷风个例138例，其中F3级1例，F2级21例，F1级73例，F0级43例。

74年中，在划定区域内有34个县区均出现过龙卷风，其中雷州市龙卷风出现的次数最多，发生20次，占总次数的14.5%；其次是茂名市区和遂溪县，出现过10次，占总次数的7.2%；徐闻县位居第三，出现过9次，占总次数的6.5%。

龙卷风多发生在春、夏二季。其中春季最多，占总的52.2%；夏季次之，占总的31.1%；秋季和冬季各占8.7%和8.0%。按月而论，4月份发生龙卷风的次数最多，约占总的26.8%；其次是5月份，占20.3%；6、8月份位居第三，占10.9%。

根据《核电厂厂址选择的极端气象事件（不包括热带气旋）》（HAD101/10）的要求，厂址设计基准龙卷风为F3级，设计基准特征参数值如下：

最大风速	73.0m/s
最大旋转风速	58.9m/s
最大旋转风速半径	50m
最大平移速度	14.1m/s
总压降	44.9hPa
最大压降速率	12.7hPa/s
飞射物水平碰撞速度	25.6m/s

厂址区域3个经纬度区域包含了越南东北部部分区域，该地区属于越南广宁省辖区，广宁省包含了有近50%的山区。龙卷风的出现频率和强弱与地形和地表状况有密切关系。山谷地形阻挡龙卷涡旋气流的建立或触及地面，粗糙起伏地面的摩擦减速作用不利于强风的形成。理论和实验研究论证过这些效应。山区地形不容易产生龙卷风，这与媒体报道的越南地区龙卷风北部相对少于中部和南部区域是相符合的。因此，越南东北部地区对于本厂址龙卷风影响较小，本工程的设计基准龙卷风评价足够保守。

2.4.2.3　极端风

用于极端风分析的资料年数略有差别，北海站、钦州站和东兴站3个气象站的资料年限为1955年~2011年，防城站和防城港站建设较晚，资料分别从1982和1992年开始。资料内容包括各站最大风速和极大风速。

对防城站、北海站、东兴站、钦州站和防城港站等5个站点最大风速进行拟合计算，结果分别见表2.4-3。偏保守考虑，推荐东兴站的成果作为厂址极端风的设计基准。厂址10m高度处50年一遇10min最大风速值为31.8m/s，100年一遇10min最大风速值为35.6m/s。东兴站最大风速拟合图见图2.4-4和图2.4-5。

因各站极大风观测数据年限都较短，不能直接用实测资料进行设计基准的计算。因此采用各站各月最大风和极大风实测值的线性拟合公式来推求各站的极大风速的设计基准值。线性拟合公式如下，

防城站：Y=1.5962X+0.3897（X为最大风速，Y为极大风速）

北海站：Y=1.5137X+0.0838（X为最大风速，Y为极大风速）

东兴站：Y=1.6663X+0.4499（X为最大风速，Y为极大风速）

钦州站：Y=1.5481X+1.3387（X为最大风速，Y为极大风速）

防城港站：Y=1.2639X+4.6608（X为最大风速，Y为极大风速）

各气象站极大风速的计算成果见表2.4-4，其中，东兴站极大风速计算结果最大。偏保守考虑，推荐东兴站的成果作为厂址极端风的设计基准，即厂址10m高度处50年一遇极大风速值为53.5m/s，100年一遇极大风速值为59.9m/s。

补充防城站、北海站、东兴站、钦州站和防城港站等5个站2012~2022年最大风速资料，对5个站的最大风速进行拟合计算，推荐东兴站的拟合风速为厂址的设计基准最大风速，即厂址50年一遇最大风速为31.8m/s，100年一遇最大风速为35.6m/s。

采用各气象站近几年各月最大风和极大风实测值的线性拟合公式来计算各站的极大风设计基准值，线性拟合公式如下：

防城：Y=1.6121X-0.3185；

北海：Y=1.3716X+0.9705；

东兴：Y=1.3962X+0.7956；

钦州：Y=1.5401X+0.4738；

防城港：Y=1.5879X-0.0721。

经计算分析，防城站、北海站、东兴站、钦州站、防城港站的100年一遇极大风速分别为49.2m/s、47.2m/s、50.5m/s、53.5m/s和55.9m/s，均未超过原设计基准100年一遇极大风速值59.9m/s（1982~2011年）。偏保守考虑，推荐厂址50年一遇和100年一遇的极大风速为53.5m/s和59.9m/s。

2.4.2.4　极端温度

通过收集防城港站、防城站、东兴站、北海站、钦州站历年（建站~2011年）极端最高和最低气温，对5个气象站极端温度进行统计分析，计算结果见表2.4-5和表2.4-6。东兴站极端最高温度值较高，50年一遇极端最高温度为38.6℃，100年一遇极端最高温度为39.2℃；钦州站极端最低温度值较低，50年一遇极端最低温度为-0.3℃，100年一遇极端最低温度为-1.8℃。东兴站极端最高温度拟合见图2.4-6，钦州站极端最低温度拟合见图2.4-7。

推荐100年一遇极端最高温度39.2℃，100年一遇极端最低温度-1.8℃作为厂址的设计基准温度值。

补充各站气温资料至2022年，经拟合计算分析，区域5个气象站100年一遇极端最高温度为39.0℃，未突破原有设计基准39.2℃；100年一遇极端最低温度为-1.3℃，未突破原有设计基准-1.8℃。

偏保守考虑，推荐厂址的50年一遇极端最高温度38.6℃，100年一遇极端最高温度39.2℃；50年一遇极端最低温度-0.4℃（~2022年），100年一遇极端最低温度-1.8℃。

2.4.2.5　极端降水

通过对防城站、北海站、东兴站、钦州站和防城港站降雨资料（建站~2022年）的分析，收集以上各站10min、30mim、1h、24h降水量进行频率计算，综合各站统计成果，选取各站的最大值作为厂址极端降水设计参数，确定厂址百年一遇10min降水量为39.8mm、30min降水量为93.1mm、1h降水量为148.0mm、24h降水量为601.7mm；千年一遇10min降水量为47.6mm、30min降水量为112.1mm、1h降水量为187.2mm、24h降水量为848.9mm。

2.4.2.6　极端积雪

厂址处于南亚热带季风气候区域，无积雪现象发生。

2.4.2.7　其他极端气象现象

1）冰雹

自建站至2022年，北海站出现冰雹的日数最多，累年共出现6天；其次是钦州站，累年共出现4天；防城港站、防城站和东兴站均只出现了1天。

在一般统计中，一日之中，冰雹多出现在午后到前半夜。主要分布在春、夏、秋三季，冬季冰雹天气记录较少。

2）飑线

自建站到2022年，北海站出现飑线最多，累年共出现232次；东兴站次之，累年共出现156次；防城港站累年出现最少共4次。

3）霜冻

自建站到2022年，钦州站累年霜冻日数最多，为59天，年均为0.84天；其次是北海站，霜冻日数为18天，年均为0.26天；防城港站未出现霜冻天气。

4）雷暴与闪电

防城港站（1992~2013年）年平均雷暴日数为70天，防城站（1982~2013年）

年平均雷暴日数为84.7天，东兴站（1954~2013年）年平均雷暴日数为101.7天，钦州站（1953~2013年）年平均雷暴日数为94.9天。厂址区域年平均雷暴日数为70.0~101.7天。

厂址区域自建站到2013年累年出现闪电日数为38.1~111.9天，其中东兴站出现闪电日数最多，年均为111.9天；钦州站次之，年均106.6天；防城港站出现闪电日数最少，年均38.1天。

5）大风

大风是指瞬时风力≥风级(风速17m/s)。

自建站至2022年，防城港站出现大风的日数最多，年均为15.5天；其次是北海站，年均为8.0天；钦州站出现大风日数最少，年均为4.5天。

6）大雾

自建站至2022年，防城站年均雾日数出现最多，为18.9天；其次是防城港站，年均出现雾日数为17.3天；最少是北海站，年均出现大雾的日数为11.4天。

2.4.3 当地气象条件

根据厂址气象站2022年1月～2023年12月两整年的常规气象观测资料，以及代表性气象站防城港站1992~2022年的气象观测资料，统计得到：

1）温度

厂址气象站年平均气温为23.3℃，最热月7月平均气温为30.1℃，最冷月2月平均气温为14.9℃。观测期间最高气温为36.3℃，最低气温为5.4℃。

防城港气象站累年年均气温为22.8℃，7月份平均气温最高，为28.7℃，1月份平均气温最低，为14.4℃。极端最高气温为37.4℃，极端最低气温为2.3℃。

2）露点温度

厂址气象站年平均露点温度为19.6℃，最高7月平均露点温度26.6℃，最低12月平均露点温度9.3℃。观测期间最高露点温度为30.1℃，最低露点温度为-8.6℃。

防城港气象站累年年均露点温度为19.7℃，7月份平均露点温度最高，为26.4℃，1月份平均露点温度最低，为10.8℃。累年各月最高露点温度最高值为30.5℃，累年各月最低露点温度最低值为-14.9℃。

3）相对湿度

厂址气象站年平均相对湿度81.1％，最高6月平均相对湿度88.6％，最低12

月平均相对湿度66.4％。观测期间最高相对湿度为100%，最低相对湿度为22.3%。

防城港气象站累年年均相对湿度为78%，3、4、6月份平均相对湿度最高，为84%，12月平均相对湿度最低，为67%。累年各月最高相对湿度为100%，最低相对湿度为11%。

4）风

根据厂址地面气象站两整年资料，年平均风速为2.6m/s，春季的平均风速为2.5m/s，夏季的平均风速为2.7m/s，秋季的平均风速为2.5m/s，冬季的平均风速为2.9m/s。观测期间出现的最大风速为14.1m/s。厂址地面站年主导风向NE，频率27.7%，次主导风向NNE，频率11.0%。春季主导风向为NE，频率17.2%，次主导风向为SSE，频率12.6%；夏季主导风向为SSW，频率18.5%，次主导风向为SW，频率13.5%；秋季主导风向为NE，频率35.2%，次主导风向为NNE，频率16.5%；冬季主导风向为NE，频率52.1%，次主导风向为ENE，频率10.8%。各风向频率多集中于偏东北和偏南风上。

根据厂址气象铁塔两整年资料，10m、30m、70m和100m高度年主导风向均为NNE，频率分别为24.9%、27.9%、29.3%和22.1%；次主导风向分别为NE、NE、N和NE，频率分别为11%、11.5%、7.3%和14.4%，各季各高度主导风向和次主导风向虽略有差异，但总体都集中在N~NE和ESE~SW上，春、秋、冬季N～NE风向出现频率最高，夏季S～SW风向出现频率最高。因此，2022～2023年度春、秋、冬季观测期间主导风向各高度以N~NE为主，夏季主导风向以S~SW为主。

厂址10m、30m、70m和100m高度平均风速分别为2.6m/s、4.2m/s、5.2 m/s、5.5 m/s，平均风速随高度增高而逐步加大。

10m高度小风风频值最大为NNE风，频率为15.9%；30m高度小风风频值最大为N风，频率为12.6%；70m高度小风风频值最大为W和NW风，频率为10.1%；100m高度小风风频值最大为WNW风，频率为9.6%。

100m、70m、30m和10m高度静风频率分别为0.4%、0.4%、1.1%、1.2%。两整年统计结果表明，厂址静风频率极低。

根据厂址气象铁塔10m高度风速风向观测数据，厂址区域年主导风向为NNE，风频为24.9%，次主导风向为NE，风频为11.0%。

厂址地面气象站及气象观测铁塔各高度风玫瑰（2022～2023年度）如图2.4-8、

图2.4-9所示。

防城港气象站主导风向为N~NNE，频率36.0%，最多风向为N，频率为18.5%，多年平均静风频率为3.8%。累年平均风速为3.6m/s，历年风速最大值为25.8m/s。

5）降雨

厂址观测期间两年平均降水总时数为832h，总降雨量为1575.3mm。春季降水时数170次，雨量259.1mm；夏季降水时数283次，雨量792.9mm；秋季降水时数164次，雨量295.2mm；冬季降水时数215次，雨量228mm。各月中，春季5月降水偏多(132mm)，4月降水最少(55.6mm)；夏季8月降水偏多(460.6mm)，7月降水最少(132.2mm)；秋季10月最多(152.9mm)，11月降水最少(19.2mm)；冬季则2月降水最多(127.8mm)，12月降水最少(32.5mm)。

地面气象站观测得到的各风向年均降雨小时数及对应降雨量见表2.4-7，降水量分布玫瑰图见图2.4-10。由表2.4-7和图2.4-10可知，两年观测期间NE风向降水量最大为351.4mm，WSW风向降水量最小为39.5mm。观测期间各风向降水量分布多集中在偏东北风向上。

地面气象站观测得到的各风向季、年降雨概率分布见表2.4-8。由表2.4-8可见，2022年~2023年观测期间NE风向降水频率最大为33.7%，W风向降水频率最小为1.7%。观测期间各风向降水频率分布多集中在偏东北风向上。统计结果表明，年均降水频率多分布在偏东北风上，雨量分布与降水频率分布相同。

防城港气象站累年平均降水日数151.7天，年最多降水日数为190天。累年平均降水量2453.2mm，7月份平均降水量最大，为541.3mm，12月份平均降水量最小，为35.5mm。全年最大总降水量为4147.7mm，一日最大降水量为373.3mm，一小时最大降水量为117.0mm。

2.4.4 大气稳定度

大气稳定度是标明大气湍流强弱的等级，而湍流等级又反映了污染物在大气中的弥散特征，当大气处于稳定状态时，湍流强度很小，污染物在大气中弥散的速率很小，污染的范围较窄，但污染程度较高；当大气处于很不稳定状态时，湍流强度很大，污染物在大气中迅速弥散，污染的范围较广，但污染程度较低。

《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）推荐了三种方法来分析厂址地区大气稳定度状况，分别为改进的Pasquill 法，温度梯度法，温度梯度~风速法。

温度梯度法仅考虑热力作用对大气稳定度的影响，然而影响大气稳定度层结的机制不仅有热力的，也有机械作用，但温度梯度法并没有考虑机械湍流对大气稳定度的影响。

改进的Pasquill分类法，适用于较大的范围，同时，该稳定度分类法所采用的均为地面站数据，较适用于平坦地形的近地面释放，对于本工程气载放射性流出物排放多采用高架排放，该法对高层大气稳定度分类时有一定的不确定性，因此，改进的Pasquill 分类法反映出的厂址地区近地层大气层结状况并不足够准确。

温度梯度~风速法比温度梯度法多了一个湍流指标——风速，而且对划分不利于污染物扩散的稳定类天气是较为准确的，因此与其他大气稳定度分类方法比较，温度梯度~风速法对厂址大气稳定度分类是比较符合厂址实际情况的。

因此，本报告推荐采用更具适用性的温度梯度~风速法确定厂址地区的大气稳定度。

根据厂址气象观测站2022年1月～2023年12月两整年的逐时刻气象观测资料，采用温度梯度~风速法计算大气稳定度，厂址地区大气稳定度属于不稳定（A、B、C类）状况的占37.3%，中性（D类）占43.4%，稳定（E、F类）占19.3%。

2.4.5　联合频率

按照《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）导则要求，在联合频率统计中，风向分16个方位，静风风向延续前一时刻风向。将风速划分为6级，即：

— 风速小于0.5m/s 按静风处理，作为第一级风速；

— 0.5～1.9m/s 为第二级风速；

— 2.0～2.9m/s 为第三级风速；

— 3.0～4.9m/s 为第四级风速；

— 5.0～5.9m/s 为第五级风速；

— 大于6.0m/s 为第六级风速。

根据厂址气象观测站2022年1月～2023年12月两整年的逐时刻气象观测资料，统计厂址地区10m和70m高度风向、风速、大气稳定度三维联合频率以及10m和70m高度风向、风速、大气稳定度、降雨（有雨、无雨）四维联合频率，分别见表2.4-9-表2.4-14。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.6.1 大气边界层观测

为了获取厂址所在区域的混合层高度值，分别进行冬（2006年1月份）、夏（2006年7、8月份间）两季观测实验，冬季观测点为厂址气象铁塔点，观测时间从2006年01月10日至01月30日，共进行为期20天的小球测风和低空探空实验，采取每天8次（01:00、04:00、07:00、10:00、13:00、16:00、19:00、22:00）的均匀分布观测。夏季观测时间从2006年07月25日到08月18日，在厂址气象铁塔点进行了25天的小球测风和低空探空试验，观测时次每天8次均匀分布（01:00、04:00、07:00、10:00、13:00、16:00、19:00、22:00），观测高度在2500m左右。为了考察厂址热内边界层情况，在万茶附近（距离海岸线向内陆延伸约8 km）、长径（距离海岸线向内陆延伸约16km）设置两个观测点，于2006年7月24日至8月17日分别在万茶和长泾进行了系留汽艇观测，每3小时观测一次，一天观测8次。观测的具体时间为：01、07、09、11、13、16、19、22时，根据实际天气情况，有时观测时间提前或推迟1小时。图2.4-11给出了现场风观测点地理位置示意图。

从三个观测点获得的探空资料来看，厂址地区的大气边界层温度变化规律与一般平坦下垫面的类似，厂址四周小山丘的影响不明显。在夏季，白天多为不稳定层结，气温随高度降低，日出以后，近地层气温升高，混合层开始发展，有时会出现贴地逆温层，一般出现在50m~500m这段高度；傍晚19点以后，地面开始降温，近地层气温降低，近地层逆温开始出现。在数百次探空实验中，统计发现既有贴地逆温，也有高架逆温，有时还有多层逆温存在。此外，由于观测时段处于当地的台风季节内，观测期间常出现阴天和雨天，而在阴雨天条件下无论白天还是夜晚都会出现中性层结。总的看来，温度廓线呈现明显的日变化特征：日出后多为不稳定层结，气温随高度递减，混合层发展，午间混合层的高度达到最高；日落后，近地层逆温开始出现，常常是稳定层结状态。在冬季，白天多为不稳定层结，气温随高度降低，日出以后，近地层气温升高，10点以后近地层逆温逐渐消失，混合层开始发展，13~16点混合层高度可以达到900m左右，有时在700m以上气温随高度递增；夜间，近地层气温降低，温度随高度逐步升高，出现接地逆温，但是逆温强度较弱；凌晨，接地逆温的厚度有所增大，接地逆温从地面到100~200m，直到早晨近地面大气常常被厚的接地逆温控制，大气处于稳定层结状态，混合层厚度相对较低，厂址区域大气的混合层能力上午不如下午好，污染

物稀释扩散能力最好的时间在13时~16时。偶尔会出现多层逆温（贴地逆温和高架逆温）。总的看来，温度廓线呈现明显的日变化特征：日出后多为不稳定层结，气温随高度递减，混合层发展，午间混合层的高度可以达到900m；夜间有时出现近地层逆温，接地逆温层平均厚度在200m以下。陆地上地面逆温（接地逆温）主要是由于地面夜晚辐射冷却所形成的，冷暖平流和风速对其形成和演变也起着相当重要的作用。

根据观测期间所探测到的温度资料，利用干绝热曲线法分别对冬、夏两季各观测点的混合层高度数值进行了统计，表2.4-15给出不同时刻的混合层高度结果。

对于厂址测站，夏季早晨多由近地面层逆温控制，大气处于稳定状态，混合层高度较低，日出后，随着太阳高度角的增加，太阳辐射不断增强，近地面层的热力和动力扰动随之增强，接地逆温遭到破坏和抬升，混合层高度逐渐增高，午后达到最大，平均为971.9m，大气中的污染物能扩散到最高，此后，混合层高度又逐渐减小。从混合层高度的日变化来看，厂址的大气污染物垂直扩散能力最好的时间在13~16时之间。冬季混合层高度随时间的变化情况与夏季类似。

表2.4-16给出了夏、冬两季观测得到的不同稳定度条件下的混合层高度结果。考虑到混合层的增高过程，又考虑到与大气弥散模式计算的输入参数相衔接，从偏保守的角度推荐了表中的混合层厚度值。推荐的原则是：对于夏季三个测站不同稳定度类的混合层高度取其平均代表夏季的结果，从偏保守的角度，将夏季平均结果与冬季厂址测站观测结果比较取较小的值（取整数）作为最终推荐混合层高度。

2.4.6.2　扩散参数

为研究厂址大气扩散参数，分别在厂址开展了湍流观测、SF_6野外示踪实验以及风洞、数值模拟试验。

1）湍流观测与SF_6野外示踪实验

湍流观测的超声风温仪传感安装在厂址气象铁塔30m和100m高处。冬季测量时数为2006年1月10日到25日，夏季测量时数为7月22日至8月20日，同时在SF_6野外示踪实验期间进行同步观测（2006年4月27日~5月28日）。冬季（2006年1月10日-1月25日）超声风温仪资料获取有效时数为355h，夏季观测期间（7月22日至8月20日）超声风温仪资料获取有效时数为486h，2006年4月27日~5月28日超声风温仪资料获取有效时数为720h。

SF_6野外示踪实验于2006年5月9日至5月26日开展，共进行11次释放实验，其中9次实验在70m高度释放，1次实验在30m高度释放，1次实验在100m高度释放。实验期间，10m高风速范围为2.1m/s~6.1m/s，70m高风速范围为2.8m/s~7.6m/s，100m高处风向角在162°~263°之间变化，对应的风向基本上是S~SSW之间。SF_6示踪实验期间的天气分类以采用△T-U组合方法，在11次SF_6释放过程中，有2次B类天气类型，6次C类天气类型，2次D类天气类型，1次E类天气类型。

通过将SF_6野外示踪实验获得的扩散参数的结果与湍流观测获得的扩散参数结果的比较。结果表明，总体上两者结果具有相近的变化趋势，对于水平扩散参数，近距离两者基本一致，远距离湍流结果逐渐减小；对于垂直扩散参数，湍流获得的不稳定和中性扩散参数比示踪实验相应的结果略大，但趋势完全一致，示踪实验的中性和稳定类天气的扩散参数很接近，因示踪实验只获得一次稳定类天气的结果，所以其代表性存在不确定性。

示踪实验是最直接反映厂址扩散稀释情况，由于示踪实验获得较多次不稳定天气和中性天气的实验数据，对于稳定类天气只有一次实验结果，而铁塔湍流测量获得了各类天气的扩散参数，该结果直接与局地湍流特征相联系，反映了不同天气类型下大气湍流特征对局地扩散参数的影响，是一种欧拉观测大气扩散参数的方法。因此，在实验获得的70m释放高度的不稳定类和中性类天气取示踪实验结果的基础上，考虑到利用湍流测量得到的各类天气扩散参数结果也是按照不稳定、中性和稳定形式给出，在最终推荐扩散参数时，将稳定度类总体上按不稳定、中性和稳定划分，推荐的方法是：（1）对于不稳定、中性类天气，直接采用示踪实验结果；（2）对于稳定类天气，采用湍流观测的E~F类结果和D类曲线（包括SF_6实验结果和湍流观测结果）的相对比例与形状推荐稳定类（E~F类）曲线。具体方法如下：

取σ_y或σ_z为px^q的形式，则

指数项q_i由下式确定：

$$q_i = \frac{(q_{湍i} - q_{湍j}) \times q_{示j}}{q_{湍j}} + q_{示j} \qquad (2.4\text{-}1)$$

系数项p_i由下式确定：

$$p_i = \frac{p_{湍i} x_0^{q_{湍i}} \times p_{示j} x_0^{q_{示j}}}{p_{湍j} x_0^{q_{湍j}} \times x_0^{q_i}} \qquad (2.4\text{-}2)$$

式中：p_i、q_i将要推荐的i类稳定度扩散参数的系数与指数项，在这里i主要指稳定类天气（E~F类）；

$p_{湍i}$、$q_{湍i}$代表铁塔湍流测量获得的i类稳定度扩散参数的系数与指数项；

$p_{湍j}$、$q_{湍j}$代表铁塔湍流测量获得的j类稳定度扩散参数的系数与指数项；

$p_{示j}$、$q_{示j}$代表SF_6示踪试验获得的j类（ΔT-u分类）扩散参数的系数与指数项。

根据上述方法所获得的各类天气条件下的扩散参数推荐值见表2.4-17。

2）风洞、数值模拟试验

为研究本工程建筑物及厂区地形对厂址附近流场、排放污染物迁移扩散的影响，获得厂址近场流场和大气扩散特征，选用NNE风向（主导风向）、SSW风向以及SSE风向（下风方向有居民点），以2号机组为中心，开展了垂直尾流结构、局地水平流场和污染物扩散特征的三项试验研究。

风洞试验模型将本工程机组布置在风洞测试段中央，确保在试验过程中风的流动状态均匀分布在模型周围。此外，试验中还将厂址在风洞中上、下风向各2km的地形考虑进去进行地形建模，尽可能还原本工程周围情况使模拟更加真实。

风洞试验结果表明：（1）在不同风向下，2号机组建筑物在建筑后方形成一定高度和长度的垂直尾流结构。受建筑物布局影响。建筑物布局更密集时，尾流区域范围更广，风速极值也更低。（2）近地面污染物的浓度和影响范围受风流和建筑物布局的影响。在下风较远距离处，污染物通常会受到气流的下洗作用，其烟羽轴线向下偏移。（3）风向、建筑物以及地形的存在，促进污染物的扩散，主要表现在相较于理论模型预测，近距离扩散参数数值更大，而在下风较远距离则趋于一致。（4）与前期现场测量所得扩散参数曲线相比，风洞试验水平扩散参数在近距离较为一致，而远距离较小，而垂直扩散参数在所有范围内数值上更大，这主要是由于风向不同导致污染物经过的下垫面建筑物布局、周围地形不同。

同时通过数值模拟手段对风洞试验结果进行验证比对，并对不同大气稳定度（A-F类）进行模拟，以作为风洞试验的补充。结果发现：（1）近地面受山体和建筑导致的风损失在大气稳定时更明显，而烟囱排放高度以上基本不受山地和建筑影响。在大气层结不稳定时，烟囱引起的垂直方向尾流高度较高。稳定和中

性情况下，尾流高度则不随下游长度增加而扩展。（2）随着大气稳定度升高，污染物浓度及影响范围逐渐增大。不同风向、污染源位置以及山体与建筑数量均可以导致污染物浓度变化，其中全期2号机组释放工况下污染物浓度最小。（3）山体和建筑可以减小大气处于不稳定层结时的扩散参数，下游建筑对扩散范围的影响大于上游。A-C类稳定度中的扩散参数在下游200m以内较P-G曲线更大，300m以后更小。E-F类稳定度中，垂直、水平扩散参数在数值上均较P-G扩散参数曲线更大。（4）与前期示踪试验和湍流观测试验相比，下垫面山体、建筑的改变有利于垂直方向污染物扩散，不利于水平方向污染物扩散。与前期实验结果存在差异的原因主要与下垫面改变、模拟方法、观测位置不同有关。

基于全厂址一期2号机组排放试验结果结合数值模拟试验结果，拟合推荐给出适用于本工程的各类天气条件下的扩散参数推荐值见表2.4-18。

3）扩散参数适用性

结合湍流观测试验、SF_6示踪试验以及风洞、数值模拟试验的特点，对于厂址半径3km范围内区域推荐采用风洞、数值模拟试验推荐的大气扩散参数，对于厂址半径3km范围外区域推荐采用湍流观测试验、SF_6示踪试验推荐的大气扩散参数。大气扩散参数综合推荐情况见表2.4-19。

2.4.6.3　其他因素对大气弥散条件的影响

厂址周边地形较平坦，不涉及山谷风环流。

1）边界层逆温

将逆温强度分为4个档次，分别为无($\Delta T/\Delta z \leq 0°C/100m$)、弱($0<\Delta T/\Delta z \leq 1.7°C/100m$)、中($1.7<\Delta T/\Delta z \leq 3.4°C/100m$)和强($\Delta T/\Delta z > 3.4°C/100m$)。

基于2022~2023年度厂址气象铁塔气温观测，10~30m、10~70m、10~100m各层年逆温的出现频率分别为18.5%、11.3%、17.9%；强逆温的出现频率为7.8%、0.2%、0.7%。说明全年逆温出现频率10~30m最高，10~70m最低，强逆温出现频率10~30m最高，10~70m最低。

2）海陆风环流

由于厂址属于沿海厂址，存在因海陆热力性质差异产生的热内边界层影响，通过影响厂址所在区域的逆温情况，进而影响大气弥散。

基于2022~2023年度各月逐时平均温度日变化特征分析，秋冬季以接地逆温为主，其它各季节表现为30~70m高度的低层逆温。说明地面受较强辐射的影响，

春夏季节的地面降温较慢，秋冬季节降温较快。同时该区域受海面气流到达陆地后，与近地面抬升空气混合，导致30~70m高度的低层逆温出现频次较高。而100m高度受到的影响相对较弱，因此100m温度层结与30~70m高度变化幅度有所不同，在日常温升规律变化范围内。可以看出，厂址区域的逆温特征不止辐射逆温的单一影响，同时还受到海陆风环流产生的湍流输送的影响。

3）热内边界层

基于本工程夏季小球探空试验资料，通过温度廓线分析，热力内边界层是常常出现的，一般从上午10点左右开始建立，到下午19点左右减退，平均高度约100米，观测到的最高高度约350米。

2.4.7　运行前的厂址气象观测

本工程运行前的气象观测包括气象梯度观测和厂址专用地面气象站观测。

运行前，为了了解厂址气象条件并为评估电厂正常运行和事故工况下放射性气载流出物排放的辐射影响提供气象数据，开展了运行前的气象观测，包括气象梯度观测和厂址专用地面气象站观测。

厂址气象铁塔与地面站的地理位置为东经108°14′22″，北纬21°32′1″，选址依据如下：

厂址气象站位于厂址NNE方位约2.6km处，向西毗邻海湾，周围地形由低山残丘组成，与厂址区域地形相似，厂址气象观测系统地理位置见图2.4-12。场地位于本工程计划征地边界之外，不影响本工程建设期间施工；距离城市或乡村等人群聚居区域较远，无地方性雾、烟等大气污染。

厂址气象观测站于2005年底正式启动气象观测工作，至今已经完成多次延续观测工作，并对设备进行过更换、检定和比对，目前尚在继续观测。

厂址气象梯度观测系统在气象塔10m、30m、70m和100m进行风向、风速、温度的逐时观测。

厂址地面气象站的观测项目包括：气压、风速、风向、温度、湿度、雨量、辐射、蒸发。

所有气象铁塔和地面站的观测传感器和设备均具备鉴定证书或标定报告，仪器参数符合相关标准对仪器灵敏度和准确度的要求。

1）观测仪器

气象铁塔10m、30m、70m和100m进行风向、风速、温度的逐时观测，所有

传感器和设备均具备鉴定证书或标定报告，仪器参数符合相关规范中仪器灵敏度和准确度的要求。具体参数见表2.4-20。

厂址地面气象站的观测项目包括：气压、风速、风向、温度、湿度、雨量、辐射、蒸发。所有传感器和设备均具备鉴定证书或标定报告，仪器参数符合《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）表I中仪器灵敏度和准确度的要求。具体参数见表2.4-21。

2）设备维修和标定方法

为保证气象数据的获取率和可靠性，将对仪器、仪表定期进行维修和标定。

观测仪器进入现场安装之前，由国家计量机构授权的气象计量检定单位对仪器进行标定；依照相关规范要求，对现场仪器进行安装、调试；采集的数据采用无线远程传输方式每天一次定时自动传输到数据采集中心，技术人员可进行即时处理，并实时监控现场仪器运行情况，发现问题维护人员24h内赶赴现场对设备进行检修，在恶劣天气前、后加强对所有设备进行检查和维护，发现问题或出现故障及时处理并填写故障记录单。

3）数据记录及分析程序

数据记录及分析软件采用国际上通用的较稳定的lognet3.4，该软具有较好的兼容性，在常规的中文操作系统下可正常运行。

数据采集硬件采用高性能采集器CR3000，能实现对所有的数据实时采集、保存，主机能够提供整时的或由用户定义（最小为1min）时间间隔内的测量数据。主机能够同时显示多层数据，还能单独显示每层的数据，完全由用户自行定义。

4）数据联合获取率

2022~2023年两整年气象数据的联合获取率为99.36%，满足《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）不低于90%的要求。

表2.4-1　厂址附近气象站位置和类型

站名	经度（E）	纬度（N）	类型	厂址距离（km）
防城港	108°24'	21°40'	一般站	25.5
防城	108°21'	21°47'	基准站	33.4
东兴	107°57	21°34'	基本站	29.0
钦州	108°36'	21°59'	基本站	65.8
北海	109°08'	21°27'	基本站	90.0

表2.4-2　气象站沿革简表

站名	年代	北纬	东经	海拔高度(m)	详细地址
防城港	1991年7月建站至今	21°40'	108°24'	49.3	防城港市港口区渔万路58号
防城	1982年1月建站至今	21°47'	108°21'	32.4	防城港市防城区防城镇珠河街106号
东兴	1954.4~1960.12 1961.1~1979.2 1979.2~1980.8 1980.9~1991.12 1992年至今	21°33' 21°32' 21°39' 21°32' 21°34'	108°10' 107°58' 107°57' 107°58' 107°57'	20.0 21.0 55.0 18.2 56.8	东兴市公园左侧“集镇” 东兴市公园左侧“小山顶” 马路镇火光农场气象站 东兴市公园左侧“小山顶” 东兴市东兴镇解放路公园左侧
钦州	1952~1959 1960~1980 1981年至今	21°57' 21°57' 21°59'	108°37' 108°37' 108°36'	5.0 4.0 49.2	钦县钦州镇四马路9号“郊外” 钦县钦州镇地基庙28号“郊外” 钦州市南珠西大街 112 号
北海	1952.8~1993 1994年至今	21°29' 21°27'	109°07' 109°08'	14.6 12.8	北海市中山公园“滨海”（市区） 北海市马栏路“郊区”
厂址	2005~2006 2011年~至今	21°32'	108°14'		防城港市江山半岛的白龙村

表2.4-3　各站50年和100年一遇最大风速（m/s）

气象站		50年一遇	100年一遇
防城	Gumbel	23.4	25.2
	P-Ⅲ	25.7	28.2
北海	Gumbel	28.5	31.0
	P-Ⅲ	30.5	33.5
东兴	Gumbel	29.2	32.3
	P-Ⅲ	31.8	35.6
钦州	Gumbel	27.2	30.0
	P-Ⅲ	30.7	34.7
防城港	Gumbel	27.6	29.9
	P-Ⅲ	31.4	34.7

表2.4-4　各站50年和100年一遇极大风速（m/s）

再现间隔（年）	极大风速（m/s）									
	防城		北海		东兴		钦州		防城港	
	Gumbel	PⅢ	Gumbel	PⅢ	Gumbel	PⅢ	Gumbel	PⅢ	Gumbel	PⅢ
50	37.7	41.4	43.2	46.2	49.1	53.5	43.4	48.9	39.5	44.3
100	40.6	45.5	47.0	50.9	54.3	59.9	47.8	55.1	42.5	48.5

表2.4-5　各站50年和100年一遇极端最高温度（℃）

气象站	50年一遇	100年一遇
防城	38.5	39.0
北海	37.2	37.6
东兴	38.6	39.2
钦州	38.5	39.0
防城港	38.4	39.0

表2.4-6　各站50年和100年一遇极端最低温度（℃）

气象站	50年一遇	100年一遇
防城	0.9	0.2
北海	0.7	-0.1
东兴	1.6	0.8
钦州	-0.3	-1.8
防城港	1.9	1.0

表2.4-7　各风向年均雨时（h）、雨量(mm)分布

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
雨时数	28	104	**280**	50	41	43	46	39	30	36	18	20	14	18	22	41
雨量	66.9	164.6	**351.4**	74.4	109.8	107.2	69.2	61.9	75.7	68.5	46.1	39.5	43.6	103.1	52.8	140.7

表2.4-8　各风向年均降雨概率(%)分布

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
降雨概率	3.4	12.5	**33.7**	6.0	4.9	5.2	5.6	4.7	3.6	4.3	2.2	2.4	1.7	2.2	2.7	4.9

表2.4-9　气象铁塔10米高度风向、风速、稳定度联合频率（%）

△T~u	风向 / 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均风速
A	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.086	0.167	0.316	0.316	0.103	0.115	0.063	0.040	0.023	0.029	0.017	0.040	0.034	0.023	0.017	0.046	1.435	1.6
	2.0～2.9	0.281	0.787	0.569	0.350	0.241	0.580	0.419	0.327	0.190	0.109	0.063	0.281	0.132	0.017	0.006	0.029	4.381	2.5
	3.0～4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
B	0.0~0.5	0.011																0.011	0.5
	0.6～1.9	0.287	0.494	0.563	0.385	0.241	0.293	0.218	0.264	0.236	0.178	0.086	0.184	0.236	0.327	0.339	0.258	4.589	1.5
	2.0～2.9	0.109	0.442	0.121	0.063	0.126	0.247	0.276	0.391	0.333	0.109	0.046	0.161	0.213	0.132	0.126	0.023	2.918	2.5
	3.0～4.9	0.707	2.533	0.609	0.178	0.167	1.086	1.557	1.281	1.327	0.580	0.201	0.488	0.224	0.069	0.029	0.029	11.065	3.8
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
C	0.0~0.5	0.035																0.035	0.4
	0.6～1.9	0.161	0.419	0.373	0.172	0.109	0.103	0.121	0.121	0.144	0.052	0.109	0.103	0.132	0.258	0.184	0.167	2.728	1.5
	2.0～2.9	0.213	0.925	0.402	0.063	0.075	0.149	0.230	0.155	0.161	0.178	0.046	0.109	0.052	0.144	0.138	0.063	3.103	2.5
	3.0～4.9	0.247	2.286	0.603	0.023	0.029	0.241	0.368	0.207	0.236	0.155	0.080	0.115	0.057	0.075	0.075	0.034	4.831	3.8
	5.0～5.9	0.144	0.569	0.040	0.000	0.000	0.046	0.098	0.063	0.322	0.172	0.034	0.052	0.006	0.000	0.011	0.000	1.557	5.4
	≥6.0	0.086	0.207	0.017	0.000	0.000	0.000	0.011	0.017	0.126	0.086	0.006	0.017	0.000	0.000	0.006	0.000	0.579	6.4
D	0.0~0.5	0.470																0.470	0.3
	0.6～1.9	1.011	2.016	1.775	0.821	0.735	0.850	0.833	0.707	0.862	1.103	0.798	0.752	0.597	0.810	0.730	0.511	14.911	1.4
	2.0～2.9	0.666	2.884	1.384	0.408	0.304	0.873	0.827	0.551	0.862	0.810	0.586	0.844	0.442	0.437	0.304	0.172	12.354	2.4
	3.0～4.9	0.477	4.320	0.844	0.345	0.310	0.931	0.839	0.322	0.609	0.638	0.339	0.684	0.299	0.178	0.144	0.034	11.313	3.7
	5.0～5.9	0.178	1.568	0.126	0.029	0.011	0.052	0.057	0.029	0.115	0.103	0.040	0.023	0.000	0.011	0.023	0.000	2.365	5.4
	≥6.0	0.483	1.091	0.034	0.000	0.000	0.006	0.052	0.023	0.057	0.029	0.029	0.017	0.017	0.080	0.057	0.034	2.009	7.4
E	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0～2.9	0.258	0.787	0.293	0.213	0.092	0.178	0.172	0.080	0.075	0.023	0.029	0.138	0.080	0.034	0.046	0.063	2.561	2.4
	3.0～4.9	0.006	0.006	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.029	3.4
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
F	0.0~0.5	0.653																0.653	0.3
	0.6～1.9	2.504	3.303	2.803	1.545	0.574	0.546	0.419	0.379	0.230	0.258	0.373	0.350	0.345	0.615	0.655	0.982	15.881	1.3
	2.0～2.9	0.034	0.017	0.023	0.023	0.000	0.017	0.011	0.011	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.153	2.3
	3.0～4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0

表2.4-10　气象站地面10米高度雨量、风向、风速、稳定度联合频率（无雨）

△T~u	风速＼风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均风速
A	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.086	0.167	0.310	0.310	0.103	0.115	0.063	0.040	0.023	0.029	0.017	0.040	0.034	0.023	0.017	0.046	1.423	1.6
	2.0～2.9	0.276	0.787	0.569	0.350	0.241	0.580	0.419	0.327	0.190	0.109	0.063	0.276	0.132	0.017	0.000	0.029	4.365	2.5
	3.0～4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
B	0.0~0.5	0.011																0.011	0.5
	0.6～1.9	0.253	0.448	0.540	0.350	0.207	0.287	0.218	0.258	0.218	0.167	0.075	0.184	0.230	0.293	0.322	0.253	4.303	1.5
	2.0～2.9	0.109	0.442	0.121	0.063	0.121	0.247	0.276	0.391	0.333	0.109	0.046	0.161	0.213	0.132	0.109	0.023	2.896	2.5
	3.0～4.9	0.707	2.522	0.603	0.178	0.161	1.068	1.539	1.269	1.327	0.580	0.201	0.483	0.218	0.069	0.029	0.029	10.983	3.8
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
C	0.0~0.5	0.035																0.035	0.4
	0.6～1.9	0.121	0.345	0.350	0.155	0.103	0.080	0.098	0.103	0.126	0.046	0.098	0.098	0.109	0.241	0.167	0.144	2.384	1.5
	2.0～2.9	0.207	0.867	0.379	0.052	0.075	0.132	0.224	0.149	0.161	0.178	0.046	0.103	0.046	0.138	0.121	0.063	2.941	2.5
	3.0～4.9	0.247	2.223	0.586	0.023	0.029	0.236	0.345	0.195	0.218	0.155	0.075	0.115	0.046	0.069	0.046	0.029	4.637	3.8
	5.0～5.9	0.144	0.557	0.040	0.000	0.000	0.046	0.098	0.063	0.316	0.172	0.029	0.046	0.006	0.000	0.011	0.000	1.528	5.4
	≥6.0	0.080	0.195	0.017	0.000	0.000	0.000	0.006	0.017	0.126	0.086	0.006	0.017	0.000	0.000	0.006	0.000	0.556	6.4
D	0.0~0.5	0.440																0.440	0.3
	0.6～1.9	0.793	1.407	1.430	0.707	0.620	0.781	0.747	0.655	0.810	1.057	0.764	0.695	0.551	0.741	0.672	0.442	12.872	1.4
	2.0～2.9	0.517	2.407	1.195	0.316	0.230	0.770	0.752	0.488	0.816	0.752	0.551	0.827	0.408	0.396	0.241	0.144	10.810	2.4
	3.0～4.9	0.362	3.441	0.730	0.247	0.213	0.781	0.735	0.276	0.483	0.574	0.258	0.638	0.236	0.103	0.057	0.006	9.140	3.7
	5.0～5.9	0.115	1.281	0.115	0.029	0.011	0.034	0.046	0.017	0.103	0.086	0.029	0.017	0.000	0.006	0.011	0.000	1.900	5.4
	≥6.0	0.431	0.850	0.023	0.000	0.000	0.006	0.034	0.000	0.029	0.017	0.000	0.011	0.000	0.057	0.017	0.011	1.486	7.3
E	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0～2.9	0.247	0.735	0.276	0.155	0.046	0.155	0.149	0.075	0.052	0.023	0.023	0.126	0.080	0.034	0.040	0.046	2.262	2.4
	3.0～4.9	0.006	0.006	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	3.4
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
F	0.0~0.5	0.632																0.632	0.3
	0.6～1.9	2.395	2.930	2.568	1.413	0.511	0.505	0.373	0.356	0.172	0.241	0.339	0.333	0.327	0.586	0.609	0.942	14.600	1.3
	2.0～2.9	0.034	0.017	0.023	0.023	0.000	0.017	0.011	0.011	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.153	2.3
	3.0～4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0

表2.4-11　气象站地面10米高度雨量、风向、风速、稳定度联合频率（有雨）

△T~u	风向 / 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均风速
A	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	1.6
	2.0～2.9	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.006	0.000	0.018	2.7
	3.0～4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
B	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.034	0.046	0.023	0.034	0.034	0.006	0.000	0.006	0.017	0.011	0.011	0.000	0.006	0.034	0.017	0.006	0.285	1.4
	2.0～2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.023	2.4
	3.0～4.9	0.000	0.011	0.006	0.000	0.006	0.017	0.017	0.011	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.080	3.9
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
C	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.040	0.075	0.023	0.017	0.006	0.023	0.023	0.017	0.017	0.006	0.011	0.006	0.023	0.017	0.017	0.023	0.344	1.4
	2.0～2.9	0.006	0.057	0.023	0.011	0.000	0.017	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.006	0.017	0.000	0.161	2.4
	3.0～4.9	0.000	0.063	0.017	0.000	0.000	0.006	0.023	0.011	0.017	0.000	0.006	0.000	0.011	0.006	0.029	0.006	0.195	4.0
	5.0～5.9	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	5.4
	≥6.0	0.006	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	6.4
D	0.0~0.5	0.028																0.028	0.4
	0.6～1.9	0.218	0.609	0.345	0.115	0.115	0.069	0.086	0.052	0.052	0.046	0.034	0.057	0.046	0.069	0.057	0.069	2.039	1.4
	2.0～2.9	0.149	0.477	0.190	0.092	0.075	0.103	0.075	0.063	0.046	0.057	0.034	0.017	0.034	0.040	0.063	0.029	1.544	2.5
	3.0～4.9	0.115	0.879	0.115	0.098	0.098	0.149	0.103	0.046	0.126	0.063	0.080	0.046	0.063	0.075	0.086	0.029	2.171	3.8
	5.0～5.9	0.063	0.287	0.011	0.000	0.000	0.017	0.011	0.011	0.011	0.017	0.011	0.006	0.000	0.006	0.011	0.000	0.462	5.4
	≥6.0	0.052	0.241	0.011	0.000	0.000	0.000	0.017	0.023	0.029	0.011	0.029	0.006	0.017	0.023	0.040	0.023	0.522	7.5
E	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0～2.9	0.011	0.052	0.017	0.057	0.046	0.023	0.023	0.006	0.023	0.000	0.006	0.011	0.000	0.000	0.006	0.017	0.298	2.4
	3.0～4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.006	3.4
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
F	0.0~0.5	0.024																0.024	0.4
	0.6～1.9	0.109	0.373	0.236	0.132	0.063	0.040	0.046	0.023	0.057	0.017	0.034	0.017	0.017	0.029	0.046	0.040	1.279	1.3
	2.0～2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	3.0～4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0～5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0

表2.4-12　70米高度风向、风速、稳定度联合频率(%)

ΔT~u	风向/风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均风速
A	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.023	0.011	0.006	0.023	0.017	0.046	0.029	0.011	0.011	0.006	0.006	0.034	0.011	0.011	0.023	0.017	0.285	1.6
	2.0～2.9	0.006	0.052	0.121	0.063	0.098	0.207	0.132	0.138	0.086	0.046	0.023	0.080	0.011	0.006	0.006	0.011	1.086	2.6
	3.0～4.9	0.046	0.488	0.511	0.345	0.322	0.528	0.167	0.190	0.109	0.098	0.155	0.207	0.000	0.000	0.000	0.006	3.172	3.9
	5.0～5.9	0.011	0.431	0.207	0.023	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.684	5.5
	≥6.0	0.006	0.408	0.172	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.592	6.7
B	0.0~0.5	0.018																0.018	0.4
	0.6～1.9	0.103	0.092	0.063	0.069	0.057	0.126	0.092	0.149	0.155	0.092	0.092	0.172	0.213	0.190	0.184	0.161	2.010	1.5
	2.0～2.9	0.080	0.149	0.172	0.149	0.109	0.195	0.230	0.281	0.236	0.103	0.161	0.236	0.149	0.103	0.040	0.057	2.450	2.5
	3.0～4.9	0.138	0.471	0.310	0.178	0.362	0.936	1.178	1.034	0.890	0.385	0.236	0.287	0.017	0.017	0.000	0.011	6.450	4.1
	5.0～5.9	0.155	0.402	0.109	0.046	0.149	0.385	0.224	0.149	0.396	0.299	0.109	0.092	0.000	0.000	0.000	0.006	2.521	5.4
	≥6.0	0.385	3.228	0.322	0.069	0.149	0.201	0.063	0.023	0.178	0.356	0.132	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	5.129	8.1
C	0.0~0.5	0.012																0.012	0.1
	0.6～1.9	0.023	0.040	0.029	0.023	0.029	0.023	0.063	0.040	0.046	0.023	0.057	0.063	0.092	0.138	0.115	0.057	0.861	1.5
	2.0～2.9	0.092	0.098	0.023	0.040	0.034	0.080	0.109	0.132	0.092	0.057	0.046	0.109	0.103	0.178	0.109	0.080	1.382	2.5
	3.0～4.9	0.264	0.511	0.149	0.075	0.155	0.224	0.276	0.161	0.213	0.230	0.149	0.057	0.057	0.086	0.023	0.040	2.670	4.0
	5.0～5.9	0.052	0.460	0.080	0.017	0.034	0.098	0.149	0.092	0.046	0.126	0.034	0.023	0.011	0.011	0.017	0.023	1.273	5.5
	≥6.0	0.437	4.279	0.310	0.034	0.057	0.149	0.144	0.034	0.327	0.643	0.121	0.080	0.000	0.000	0.000	0.011	6.626	9.0
D	0.0~0.5	0.131																0.131	0.3
	0.6～1.9	0.299	0.178	0.149	0.138	0.167	0.190	0.184	0.167	0.241	0.184	0.241	0.327	0.494	0.310	0.425	0.310	4.004	1.4
	2.0～2.9	0.253	0.299	0.236	0.149	0.167	0.465	0.270	0.281	0.270	0.339	0.322	0.316	0.488	0.494	0.310	0.345	5.004	2.5
	3.0～4.9	0.735	1.448	0.741	0.373	0.597	1.051	0.833	0.603	0.827	1.396	1.367	0.730	0.373	0.281	0.115	0.115	11.585	4.0
	5.0～5.9	0.327	1.252	0.345	0.144	0.304	0.534	0.281	0.178	0.287	0.586	0.437	0.322	0.057	0.017	0.017	0.023	5.111	5.5
	≥6.0	1.735	9.983	0.879	0.408	0.603	0.781	0.396	0.115	0.322	1.034	0.569	0.483	0.029	0.029	0.057	0.149	17.572	9.1
E	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.006	0.011	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	1.5
	2.0～2.9	0.040	0.017	0.006	0.006	0.000	0.011	0.006	0.011	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.023	0.000	0.011	0.137	2.5
	3.0～4.9	0.109	0.098	0.023	0.017	0.029	0.086	0.075	0.057	0.017	0.023	0.011	0.006	0.069	0.017	0.023	0.029	0.689	4.0
	5.0～5.9	0.103	0.103	0.017	0.017	0.029	0.046	0.029	0.011	0.011	0.017	0.040	0.069	0.006	0.000	0.000	0.000	0.498	5.5
	≥6.0	0.167	0.695	0.086	0.092	0.040	0.023	0.017	0.000	0.000	0.011	0.006	0.086	0.000	0.006	0.000	0.000	1.229	7.3
F	0.0~0.5	0.148																0.148	0.3
	0.6～1.9	0.396	0.362	0.299	0.201	0.304	0.190	0.144	0.132	0.115	0.121	0.167	0.236	0.362	0.437	0.419	0.471	4.356	1.4
	2.0～2.9	0.419	0.442	0.356	0.270	0.247	0.190	0.126	0.115	0.115	0.138	0.161	0.178	0.161	0.350	0.460	0.345	4.073	2.5
	3.0～4.9	0.707	1.287	0.747	0.460	0.316	0.132	0.115	0.063	0.057	0.184	0.218	0.218	0.115	0.224	0.155	0.121	5.119	3.9
	5.0～5.9	0.155	1.045	0.385	0.103	0.029	0.000	0.006	0.000	0.006	0.000	0.017	0.017	0.000	0.011	0.000	0.000	1.774	5.5
	≥6.0	0.063	0.890	0.264	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.246	6.7

表2.4-13　70米高度风向、风速、稳定度联合频率（无雨）(%)

ΔT~u	风向/风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均风速
A	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.023	0.011	0.006	0.023	0.017	0.046	0.029	0.011	0.011	0.006	0.006	0.034	0.011	0.011	0.023	0.017	0.285	1.6
	2.0～2.9	0.006	0.052	0.121	0.063	0.098	0.207	0.132	0.138	0.086	0.046	0.023	0.080	0.011	0.000	0.006	0.011	1.080	2.6
	3.0～4.9	0.046	0.488	0.511	0.339	0.316	0.528	0.167	0.190	0.109	0.098	0.149	0.207	0.000	0.000	0.000	0.006	3.154	3.9
	5.0～5.9	0.011	0.425	0.207	0.023	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.678	5.5
	≥6.0	0.006	0.408	0.172	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.592	6.7
B	0.0~0.5	0.018																0.018	0.4
	0.6～1.9	0.092	0.092	0.063	0.057	0.057	0.126	0.092	0.144	0.149	0.080	0.086	0.167	0.195	0.184	0.167	0.155	1.906	1.5
	2.0～2.9	0.080	0.115	0.167	0.126	0.098	0.195	0.224	0.281	0.230	0.103	0.155	0.236	0.149	0.086	0.034	0.052	2.331	2.5
	3.0～4.9	0.138	0.442	0.293	0.167	0.350	0.925	1.178	1.022	0.890	0.385	0.236	0.287	0.017	0.017	0.000	0.011	6.358	4.1
	5.0～5.9	0.155	0.396	0.109	0.046	0.144	0.379	0.224	0.149	0.391	0.299	0.109	0.086	0.000	0.000	0.000	0.006	2.493	5.4
	≥6.0	0.385	3.211	0.316	0.063	0.149	0.190	0.063	0.023	0.178	0.356	0.126	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	5.083	8.1
C	0.0~0.5	0.012																0.012	0.1
	0.6～1.9	0.017	0.023	0.023	0.023	0.029	0.023	0.040	0.040	0.046	0.017	0.046	0.057	0.080	0.132	0.103	0.057	0.756	1.5
	2.0～2.9	0.080	0.075	0.017	0.034	0.029	0.080	0.103	0.115	0.086	0.046	0.046	0.103	0.092	0.167	0.092	0.069	1.234	2.5
	3.0～4.9	0.247	0.454	0.121	0.075	0.132	0.201	0.264	0.161	0.213	0.224	0.138	0.057	0.052	0.075	0.011	0.040	2.465	4.0
	5.0～5.9	0.052	0.425	0.080	0.011	0.034	0.092	0.138	0.086	0.046	0.126	0.034	0.023	0.000	0.006	0.006	0.023	1.182	5.5
	≥6.0	0.419	4.159	0.299	0.034	0.057	0.144	0.138	0.034	0.322	0.626	0.115	0.075	0.000	0.000	0.000	0.006	6.428	9.0
D	0.0~0.5	0.125																0.125	0.3
	0.6～1.9	0.264	0.149	0.121	0.121	0.149	0.172	0.161	0.149	0.207	0.172	0.207	0.304	0.477	0.264	0.385	0.281	3.583	1.4
	2.0～2.9	0.190	0.167	0.167	0.103	0.132	0.442	0.253	0.247	0.264	0.333	0.310	0.287	0.477	0.477	0.264	0.299	4.412	2.5
	3.0～4.9	0.528	1.063	0.517	0.287	0.500	0.977	0.770	0.563	0.793	1.315	1.315	0.672	0.333	0.207	0.052	0.057	9.949	4.0
	5.0～5.9	0.264	0.965	0.299	0.103	0.258	0.442	0.258	0.155	0.241	0.534	0.396	0.287	0.029	0.006	0.011	0.006	4.254	5.5
	≥6.0	1.407	8.208	0.770	0.287	0.477	0.620	0.345	0.046	0.230	0.931	0.431	0.437	0.017	0.006	0.000	0.098	14.310	9.0
E	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.006	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	1.5
	2.0～2.9	0.034	0.017	0.006	0.006	0.000	0.011	0.006	0.011	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.023	0.000	0.011	0.131	2.5
	3.0～4.9	0.092	0.086	0.011	0.017	0.023	0.086	0.075	0.052	0.011	0.011	0.006	0.006	0.063	0.017	0.017	0.023	0.596	4.1
	5.0～5.9	0.103	0.098	0.017	0.011	0.017	0.029	0.017	0.011	0.011	0.011	0.034	0.063	0.006	0.000	0.000	0.000	0.428	5.5
	≥6.0	0.161	0.666	0.069	0.052	0.017	0.023	0.011	0.000	0.000	0.011	0.006	0.080	0.000	0.006	0.000	0.000	1.102	7.3
F	0.0~0.5	0.148																0.148	0.3
	0.6～1.9	0.385	0.350	0.258	0.190	0.299	0.184	0.138	0.132	0.115	0.115	0.161	0.207	0.339	0.425	0.396	0.454	4.148	1.4
	2.0～2.9	0.402	0.408	0.276	0.236	0.230	0.172	0.115	0.103	0.109	0.126	0.132	0.167	0.155	0.339	0.431	0.339	3.740	2.5
	3.0～4.9	0.655	1.126	0.626	0.362	0.287	0.132	0.092	0.057	0.046	0.184	0.195	0.201	0.115	0.224	0.149	0.121	4.572	3.9
	5.0～5.9	0.155	0.982	0.327	0.069	0.023	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.011	0.017	0.000	0.011	0.000	0.000	1.601	5.5
	≥6.0	0.063	0.873	0.241	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.200	6.7

表2.4-14　70米高度风向、风速、稳定度联合频率（有雨）(%)

ΔT~u	风向/风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均风速
A	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0～2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.006	2.2
	3.0～4.9	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	3.5
	5.0～5.9	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	5.2
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
B	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.011	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.011	0.006	0.006	0.017	0.006	0.017	0.006	0.103	1.4
	2.0～2.9	0.000	0.034	0.006	0.023	0.011	0.000	0.006	0.000	0.006	0.000	0.006	0.000	0.000	0.017	0.006	0.006	0.121	2.5
	3.0～4.9	0.000	0.029	0.017	0.011	0.011	0.011	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	3.8
	5.0～5.9	0.000	0.006	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	5.3
	≥6.0	0.000	0.017	0.006	0.006	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	7.8
C	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.006	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.006	0.011	0.006	0.011	0.006	0.011	0.000	0.103	1.3
	2.0～2.9	0.011	0.023	0.006	0.006	0.006	0.000	0.006	0.017	0.006	0.011	0.000	0.006	0.011	0.011	0.017	0.011	0.148	2.5
	3.0～4.9	0.017	0.057	0.029	0.000	0.023	0.023	0.011	0.000	0.000	0.006	0.011	0.000	0.006	0.011	0.011	0.000	0.205	3.8
	5.0～5.9	0.000	0.034	0.000	0.006	0.000	0.006	0.011	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.006	0.011	0.000	0.091	5.4
	≥6.0	0.017	0.121	0.011	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.006	0.017	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.006	0.202	8.8
D	0.0~0.5	0.006																0.006	0.3
	0.6～1.9	0.034	0.029	0.029	0.017	0.017	0.017	0.023	0.017	0.034	0.011	0.034	0.023	0.017	0.046	0.040	0.029	0.417	1.5
	2.0～2.9	0.063	0.132	0.069	0.046	0.034	0.023	0.017	0.034	0.006	0.006	0.011	0.029	0.011	0.017	0.046	0.046	0.590	2.6
	3.0～4.9	0.207	0.385	0.224	0.086	0.098	0.075	0.063	0.040	0.034	0.080	0.052	0.057	0.040	0.075	0.063	0.057	1.636	4.0
	5.0～5.9	0.063	0.287	0.046	0.040	0.046	0.092	0.023	0.023	0.046	0.052	0.040	0.034	0.029	0.011	0.006	0.017	0.855	5.5
	≥6.0	0.327	1.775	0.109	0.121	0.126	0.161	0.052	0.069	0.092	0.103	0.138	0.046	0.011	0.023	0.057	0.052	3.262	9.4
E	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	1.6
	2.0～2.9	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	2.8
	3.0～4.9	0.017	0.011	0.011	0.000	0.006	0.000	0.000	0.006	0.006	0.011	0.006	0.000	0.006	0.000	0.006	0.006	0.092	4.0
	5.0～5.9	0.000	0.006	0.000	0.006	0.011	0.017	0.011	0.000	0.000	0.006	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	5.4
	≥6.0	0.006	0.029	0.017	0.040	0.023	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.127	7.2
F	0.0~0.5	0.000																0.000	0.0
	0.6～1.9	0.011	0.011	0.040	0.011	0.006	0.006	0.006	0.000	0.000	0.006	0.006	0.029	0.023	0.011	0.023	0.017	0.206	1.4
	2.0～2.9	0.017	0.034	0.080	0.034	0.017	0.017	0.011	0.011	0.006	0.011	0.029	0.011	0.006	0.011	0.029	0.006	0.330	2.5
	3.0～4.9	0.052	0.161	0.121	0.098	0.029	0.000	0.023	0.006	0.011	0.000	0.023	0.017	0.000	0.000	0.006	0.000	0.547	3.8
	5.0～5.9	0.000	0.063	0.057	0.034	0.006	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.172	5.4
	≥6.0	0.000	0.017	0.023	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	6.6

表2.4-15　混合层高度（m）随时间的变化

时间		07 时	10 时	13 时	16 时
夏季	厂址	138.7	493.2	751.3	971.9
冬季	厂址	201.3	381.4	623.2	899.3

表2.4-16　不同稳定度条件下混合层高度及综合推荐结果

稳定度分类		A-B	C	D
夏季	厂址	1216.5	969.2	642.3
	万茶	1100.7	800.3	500.6
	长径	970.8	750.1	506.4
冬季	厂址	1118.6	943.4	812.1
综合推荐混合层高度（m）		1096	840	550

表2.4-17　湍流观测试验与SF_6示踪试验推荐的扩散参数

$$\sigma_y = p_y x^{q_y}, \quad \sigma_z = p_z x^{q_z}$$

稳定度类	扩散参数系数			
	p_y	q_y	p_z	q_z
A-B	0.541	0.923	0.565	0.686
C	0.459	0.856	0.475	0.663
D	0.459	0.856	0.475	0.663
E-F	0.325	0.846	2.112	0.352

表2.4-18　风洞及数值模拟试验推荐的扩散参数

$$\sigma_y = p_y x^{q_y}, \quad \sigma_z = p_z x^{q_z}$$

稳定度类	扩散参数系数			
	p_y	q_y	p_z	q_z
A	8.14	0.40	8.22	0.40
B	7.14	0.42	6.88	0.43
C	5.84	0.44	5.19	0.46
D	0.57	0.73	1.14	0.64
E	0.11	0.91	0.39	0.74
F	0.06	0.98	0.16	0.85

表2.4-19　大气扩散参数综合推荐情况

$$\sigma_y = p_y x^{q_y}, \quad \sigma_z = p_z x^{q_z}$$

厂址半径3km范围内				
稳定度类	p_y	q_y	p_z	q_z
A	8.14	0.40	8.22	0.40
B	7.14	0.42	6.88	0.43
C	5.84	0.44	5.19	0.46
D	0.57	0.73	1.14	0.64
E	0.11	0.91	0.39	0.74
F	0.06	0.98	0.16	0.85
厂址半径3km范围外				
A-B	0.541	0.923	0.565	0.686
C	0.459	0.856	0.475	0.663
D	0.459	0.856	0.475	0.663
E-F	0.325	0.846	2.112	0.352

表2.4-20　铁塔气象观测要素技术指标一览表

名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0.3～60m/s	±0.3m/s（≤10m/s） ±(0.03V)(>10m/s)	0.05m/s	启动风速0.3m/s
风向	°	0°～360°	±5°	3°	启动风速0.3m/s
温度	℃	-50℃～+50℃	±0.1℃	0.1℃	

表2.4-21　地面观测主要气象要素技术指标一览表

名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0.3m/s～60m/s	±0.3m/s（≤10m/s） ±(0.03V)(>10m/s)	0.05m/s	启动风速为0.3m/s
风向	°	0°～360°	±5°	3°	启动风速为0.3m/s
温度	℃	-40℃～+85℃	±0.1℃	0.1℃	
降雨量	mm	0～4mm/min	±1%(≤10mm/hr) ±3% (10~20mm/hr) ±5% (20~30mm/hr)	0.1mm	
总辐射	W/m^2	0～2000	<0.1%/℃(温度依赖性)WMO二级	1 W/m^2	15μv/W/m^2
净辐射	W/m^2	-2000～2000	<-0.1%/℃(温度依赖性) WMO二级	1 W/m^2	10μv/W/m^2
蒸发	mm	0~100mm	±0.3mm，累积蒸发3000mm条件下	0.1mm	
气压	hPa	600～1100	0.119hPa， 900hPa~1100hPa	0.1	
湿度	%	0～100%	±1.5%RH	1%	

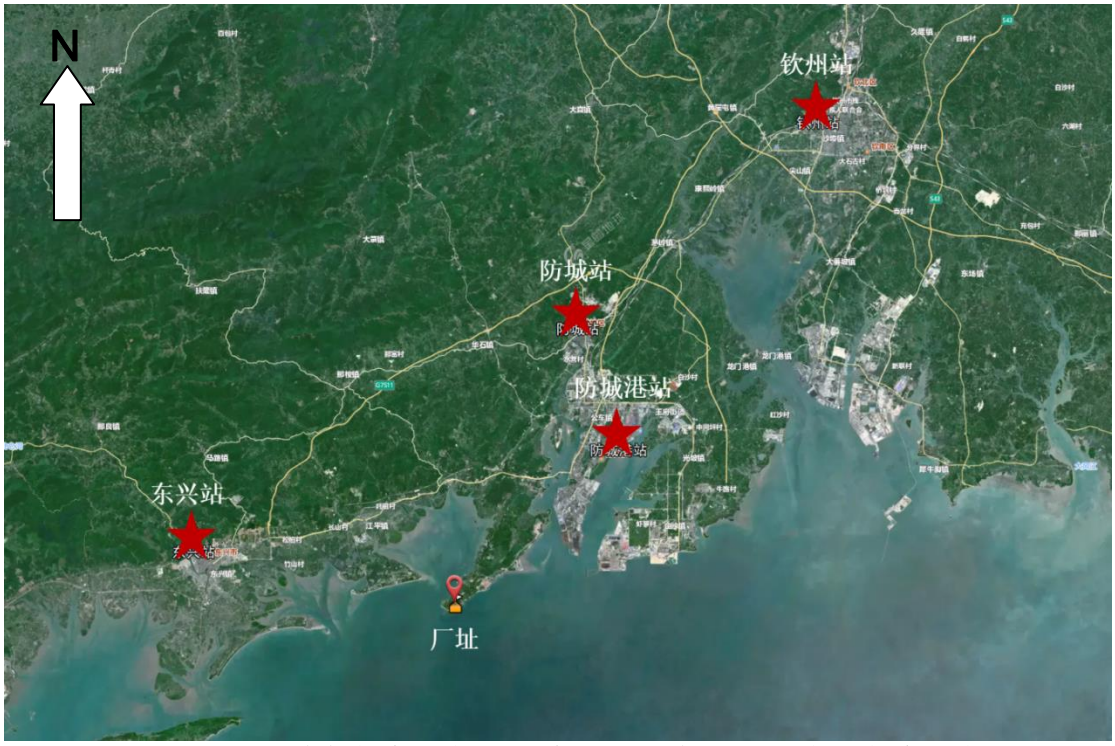


图2.4-1　厂址区域各气象站位置示意图（五角星形状表示气象站位置）

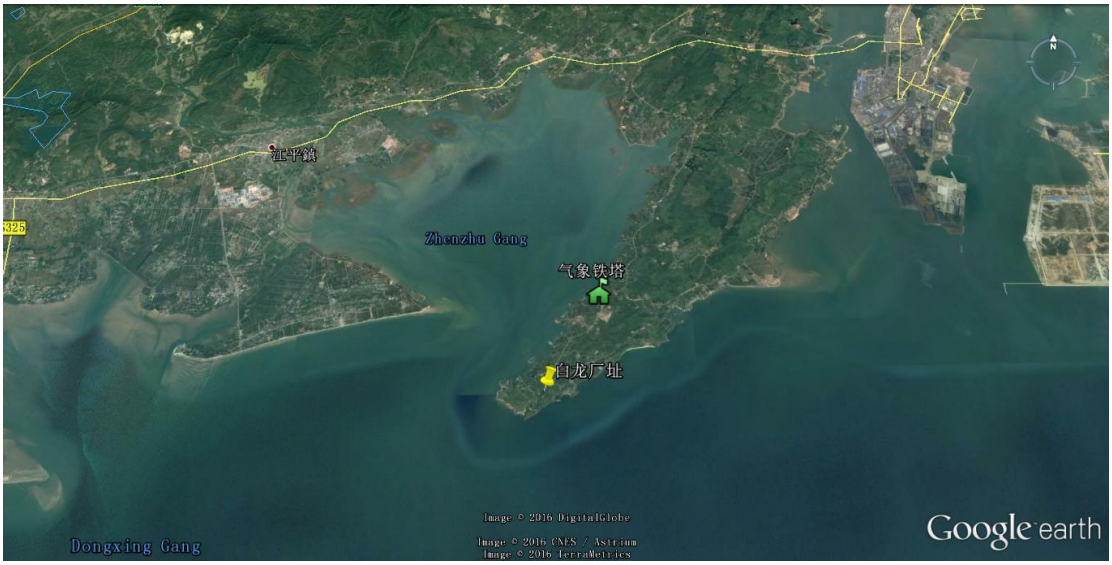


图2.4-2　厂址气象站位置地形图

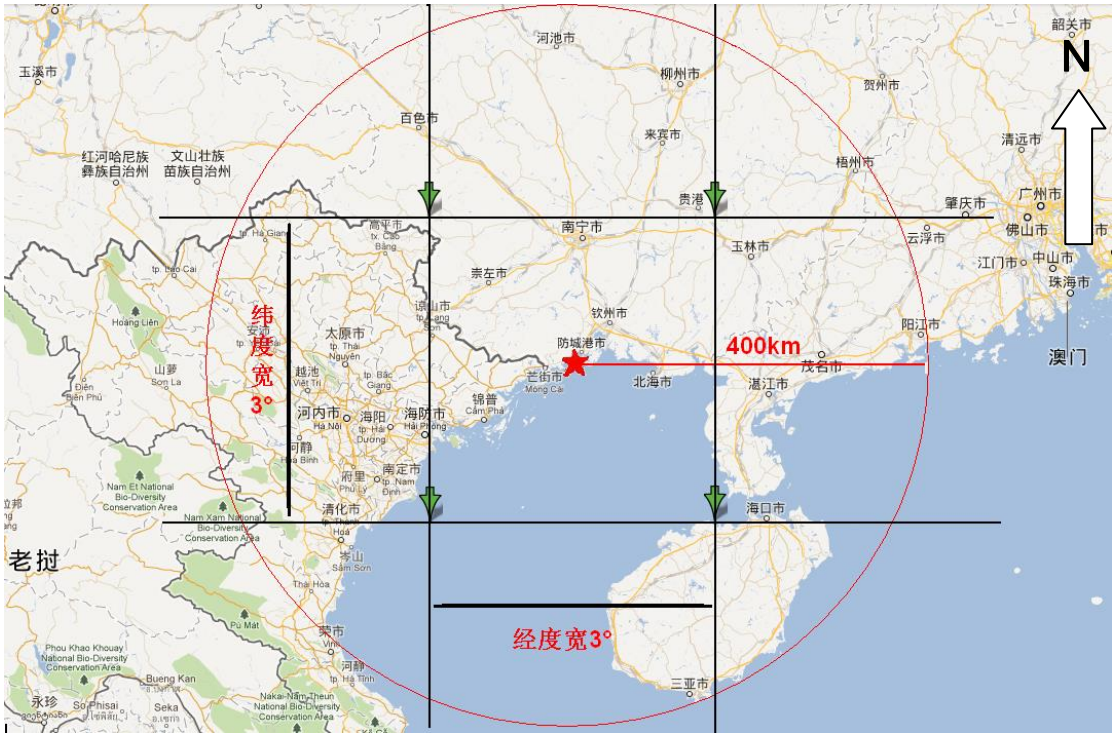


图2.4-3　厂址半径400km、经纬跨度3°示意图

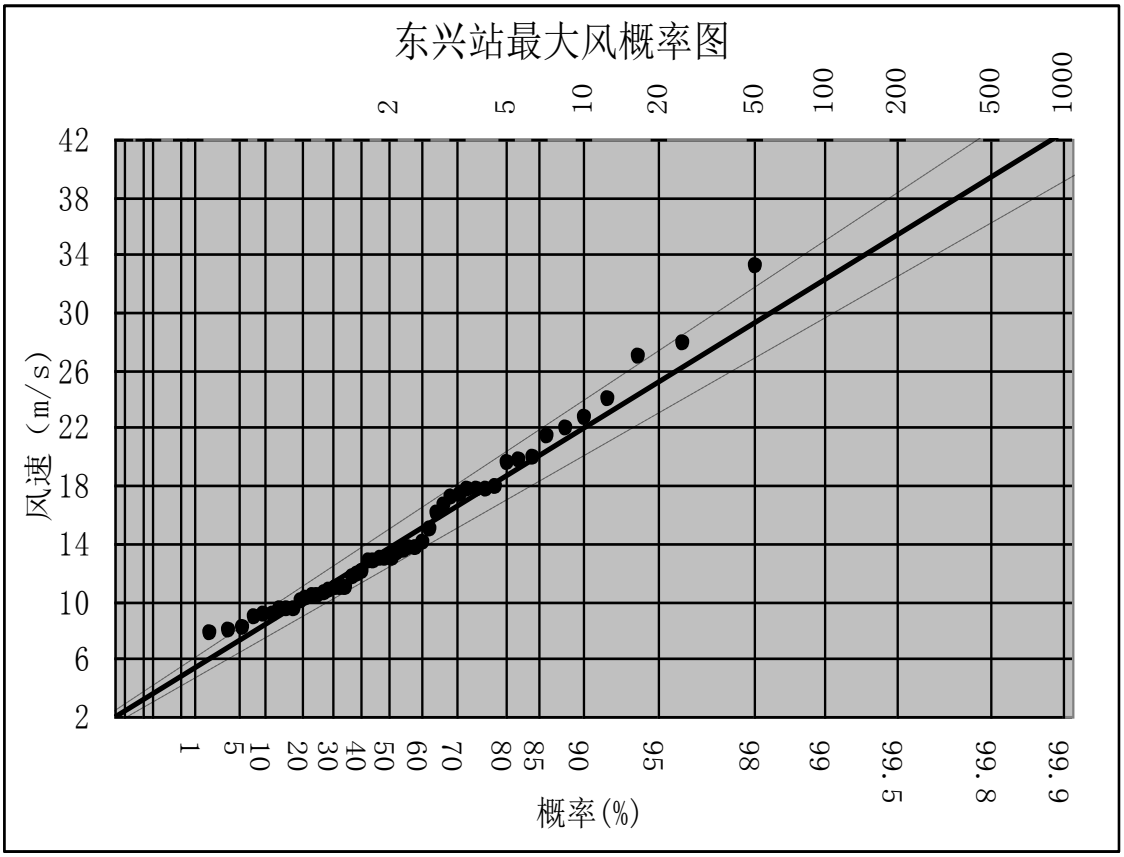


图2.4-4　东兴站最大风Gumbel曲线

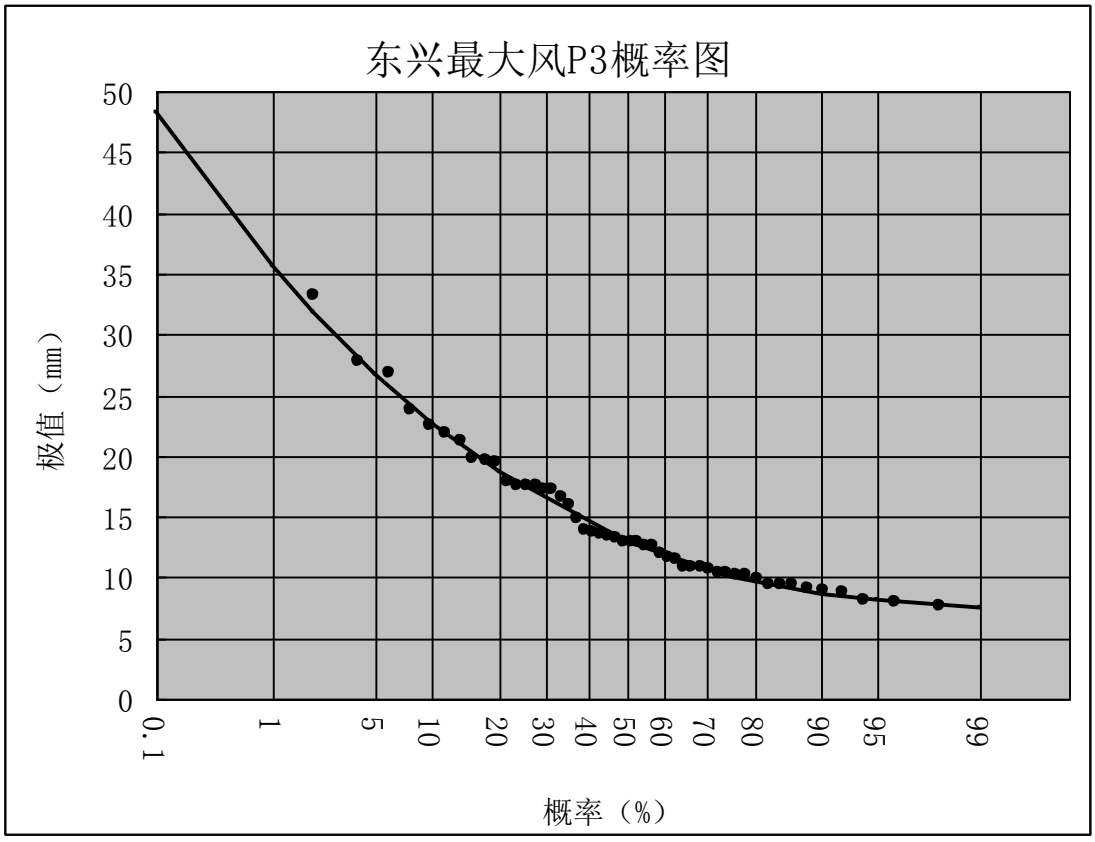


图2.4-5　东兴站最大风P-III曲线

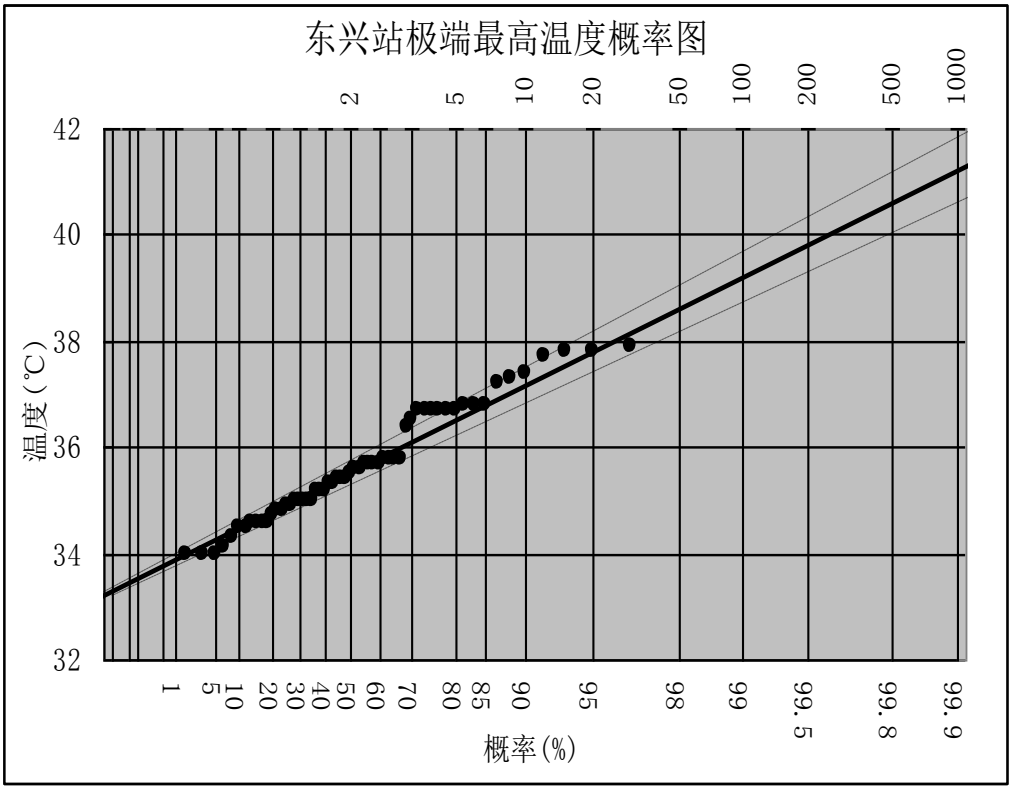


图2.4-6　东兴站极端最高温度Gumbel曲线

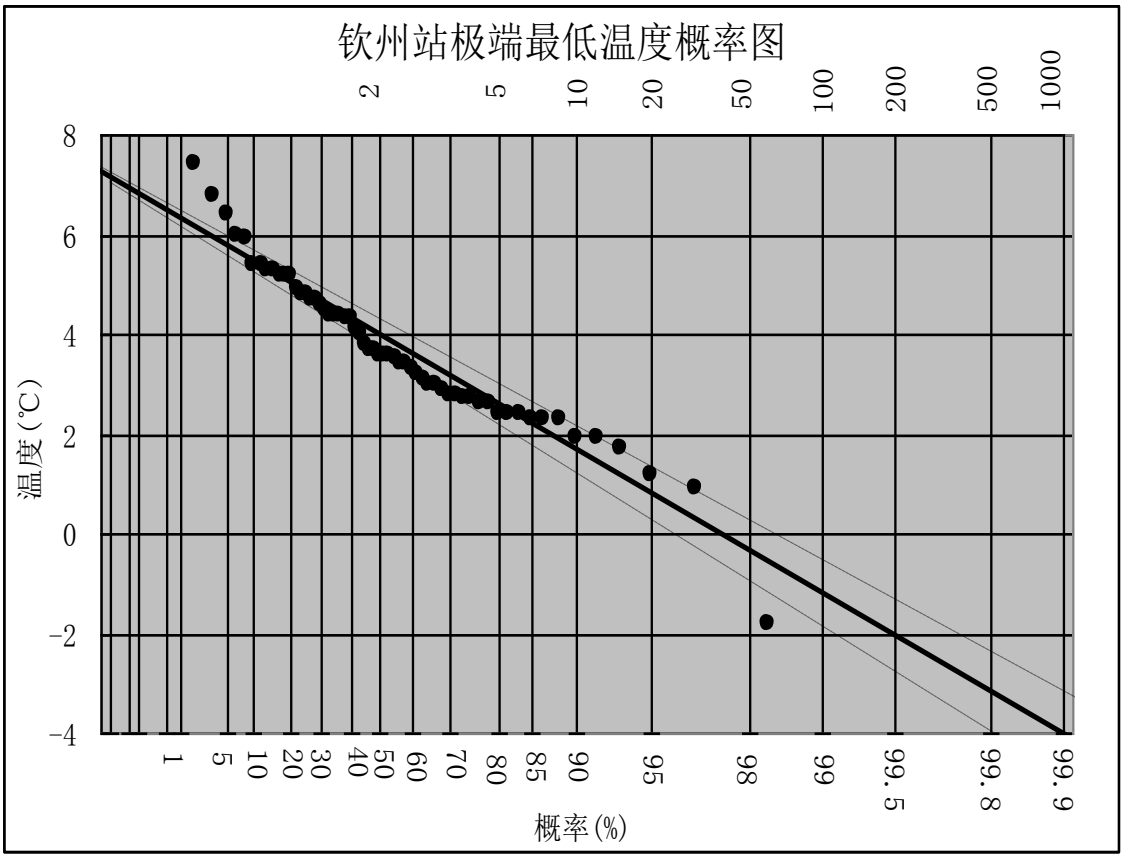
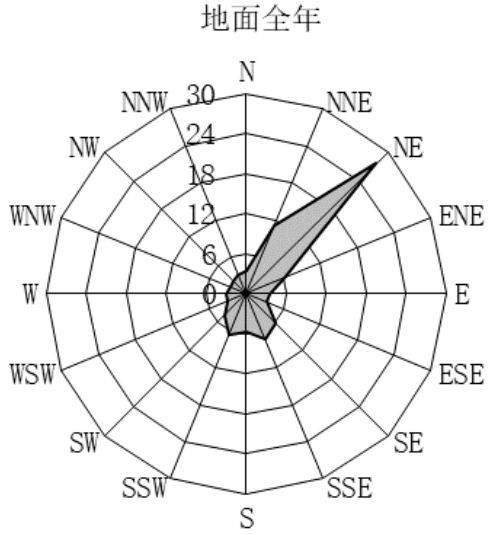
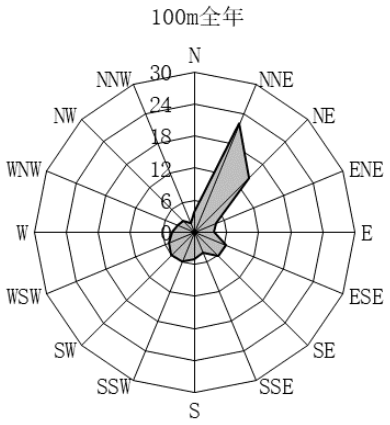


图2.4-7　钦州站极端最低温度Gumbel曲线

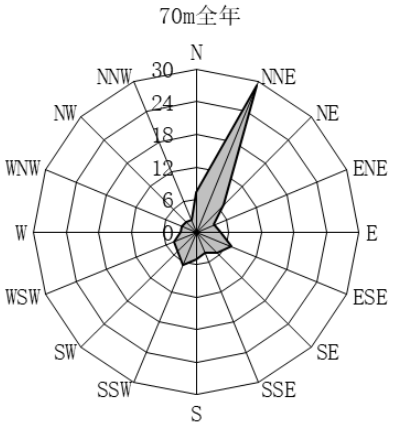


静风频率：5.5%

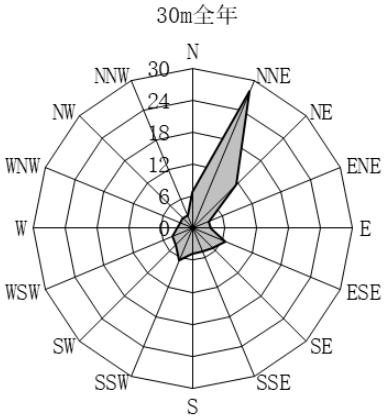
图2.4-8　地面气象站年均风玫瑰图



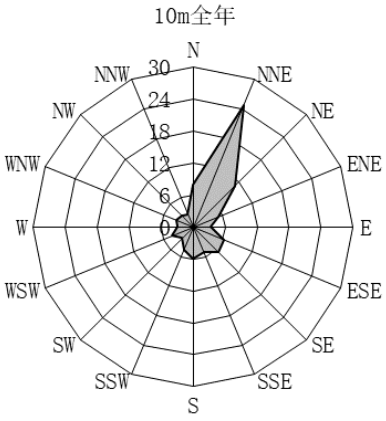
静风频率0.4%



静风频率0.4%



静风频率1.1%



静风频率1.2%

图2.4-9　铁塔各高度年均风玫瑰图

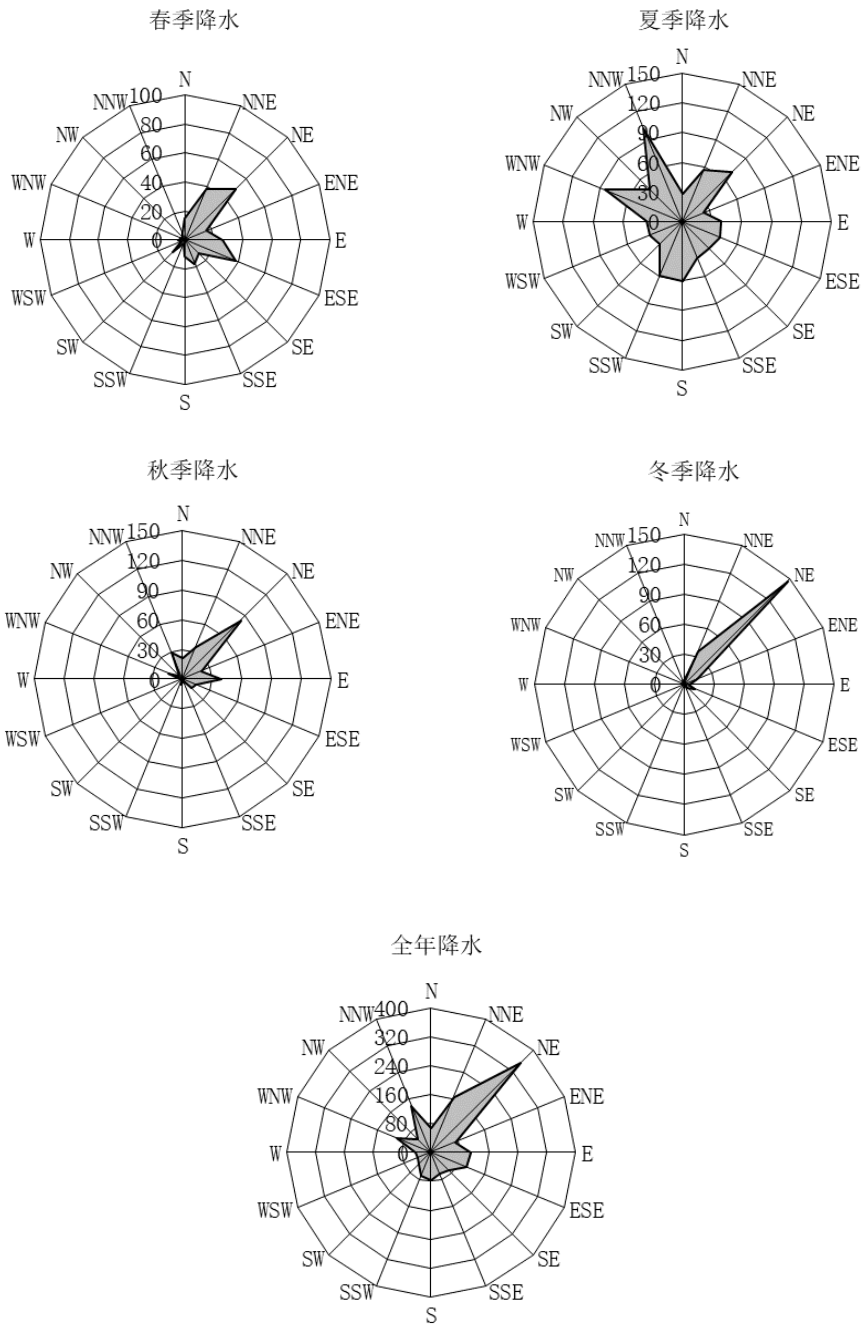


图2.4-10　地面气象站各风向季均、年均降水量玫瑰图

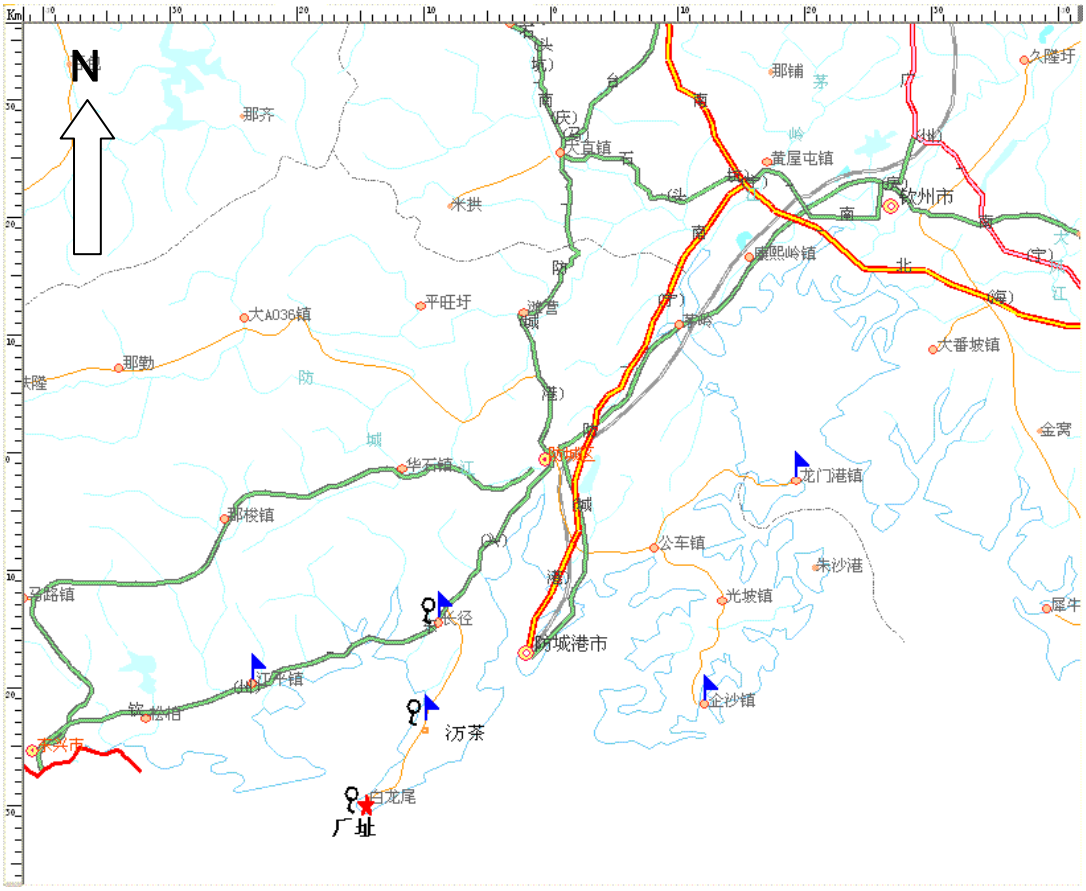


图2.4-11　探空观测点位置地理位置示意图

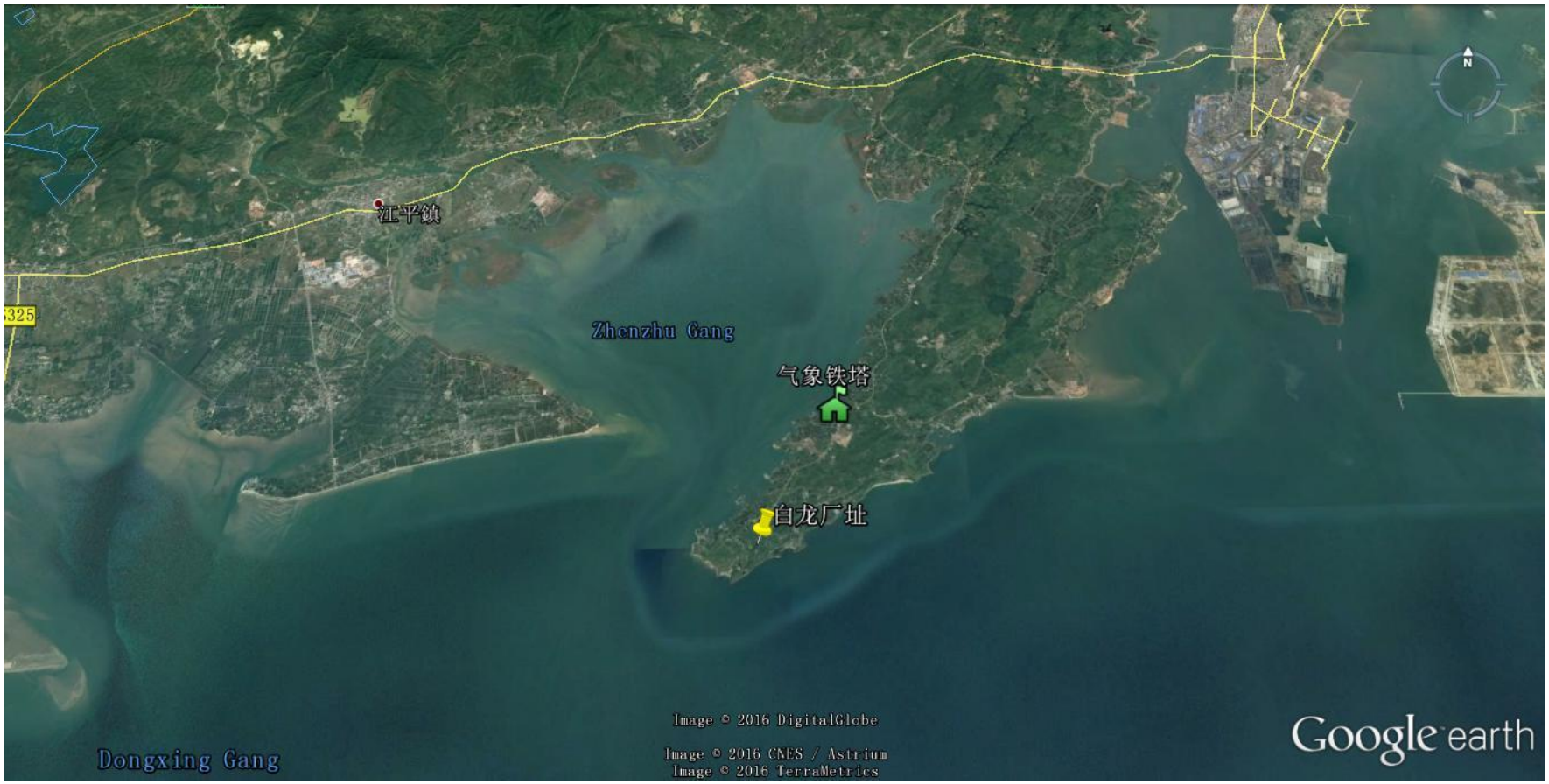


图2.4-12　厂址气象站位置图

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

厂址位于广西壮族自治区防城港市江山半岛，厂址区域东、南、西三面环海，向北为一系列孤立的低小残丘，地形呈波状起伏，丘顶浑圆，偶见矮山脊，残丘高程 20.0～60.0m，最高点原哨所所在山顶标高约 73.8m。在各低丘间多分布洼地、沟谷等负地形，谷底及相对平地高程 0.0～13.0m，海滩区以砂质海滩为主，海岸以岩质海岸为主。

厂址附近有白龙尾站、北海站和涠洲站等长期海洋观测站（见图 2.5-1）。涠洲站距离厂址约 105km，有长期的波浪观测资料，资料序列从 1962 年~2002 年；北海站距离厂址约 85km，有长期的潮位和水温观测资料，其中潮位资料序列从 1954 年 6 月开始，水温资料序列从 1960 年 1 月开始；白龙尾站距离厂址约 3km，潮位、水温和波浪资料序列分别为 1970 年 1 月~1983 年 12 月、1968 年~1984 年和 1969 年~1984 年，1985 年白龙尾站停止水文观测。综合考虑，潮位、水温的水文特征分析选择北海站为厂址长期参证站，波浪的水文特征分析选择涠洲站为厂址长期参证站，都具有较好的代表性，能够反映厂址区域海洋的水文情况。

本工程前期海洋水文观测工作开展较早，包括厂址水文站观测和同步水文测验工作。其中厂址水文站观测从 2005 年 8 月开始，至 2008 年 7 月结束，共观测了三年。2011 年重新开始观测，自 2011 年 5 月至 2012 年 11 月，共观测 18 个月。厂址水文站观测项目包括潮位、海流、波浪、水温、盐度等。

2011 年 12 月 15 日~2011 年 12 月 31 日及 2012 年 7 月 4 日~2012 年 7 月 12 日，国家海洋局南海工程勘察中心开展了工程海区冬夏季全潮同步水文测验工作。国家海洋局第三海洋研究所于 2017 年 12 月 24 日~2018 年 1 月 23 日及 2018 年 7 月 1 日~7 月 31 日也开展了工程海区冬夏季全潮同步水文测验工作。厦门海洋工程勘察设计研究院有限公司于 2022 年 7 月 8 日~2022 年 8 月 7 日及 2022 年 12 月 5 日~2023 年 1 月 3 日开展了工程海区冬夏季同步水文测验工作。同步水文测验项目包括潮位、海流、盐度、水温、悬沙、表层沉积物、风、气温等。

国家海洋局第三海洋研究所于 2012 年开展了工程海域 1：1000 和 1:10000 水域地形的测量工作。国家海洋局南海调查技术中心也于 2018 年开展了工程海

域 1：1000 和 1:10000 水域地形的测量工作。

本节除特别说明外，高程系统均为 1985 国家高程系。

2.5.1.1.1 潮汐

根据北海站 1954 年～2020 年潮汐观测资料和北海站与厂址站的相关关系，分析获得工程海域潮位特征值如下：

潮汐性质：　　规则日潮

最高潮位：　　3.49m

最低潮位：　　-1.82m

年平均高潮位：　　2.17m

年平均低潮位：　　-0.68m

年平均潮位：　　0.57m

最大潮差：　　5.58m

平均潮差：　　2.42m

平均涨潮历时：　　15 小时 32 分

平均落潮历时：　　9 小时 18 分

2.5.1.1.2 海流

2022 年在厂址附近海域的 13 个点位（见图 2.5-2），进行了冬夏季的大、中、小潮全潮同步水文测验。夏季小潮观测时间为 7 月 8 日～7 月 9 日，中潮观测时间为 7 月 11 日～7 月 12 日，大潮观测时间为 7 月 14 日～7 月 15 日；冬季小潮观测时间为 12 月 18～19 日，中潮观测时间为 12 月 21～22 日，大潮观测时间为 12 月 24～25 日。冬夏季大、中、小潮分别持续观测 26h。

1）实测海流成果

冬夏季大、中、小潮期间各站的垂线平均流矢图分别见图 2.5-3-图 2.5-8，潮流的运动形式有以下规律：

（1）涨潮时，来自越南方向的潮波到达白龙半岛南侧海域后经由潮汐通道向珍珠港、防城港等海湾传播；退潮时，则大致沿涨潮相反方向退出。受地形影响，位于潮汐水道的 L1 站涨潮流方向为偏 NE 向，L10 站为偏 NW 向；L4、L7、L11 站也为偏 NE 向，L2、L3、L5、L8、L9、L12、L13 站为偏 N 向。

（2）位于潮汐水道的 L1、L5、L10 站表现为较为明显的往复流特征，其他

站则表现为略带旋转的往复流，其中 L2、L8、L9、L12、L13 站旋转现象较为显著。

（3）工程海域的潮波运动以驻波形式为主，各站的最大流速一般出现在半潮面附近时刻，最小流速一般出现在高、低平潮附近时刻。

冬夏季各站垂线平均流速、流向的计算结果见表 2.5-1-表 2.5-12。由表可见：位于潮汐通道的 L1、L5、L10 站流速较大，其中又以 L1 站最大，夏季 L1 站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 112cm/s 和 139cm/s，冬季 L1 站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 109cm/s 和 140cm/s。其它测站垂线平均流速较小，涨、落潮最大垂线平均流速一般不超过 40cm/s。

2）潮流状况

（1）潮流性质

调查海域各站各层的潮流性质系数（$W_{O1}+W_{k1}$）/W_{M2} 在 1.22~4.43 之间，潮流性质比较复杂，属混合潮性质，但以不规则全日潮流为主。

（2）潮流运动形式

工程海区的潮流运动较为复杂，位于潮汐通道上的 L1、L5、L10 站的潮流运动形式表现为较为明显的往复流，其它站具有一定的旋转流特征，其中 L2、L7、L9、L11、L12、L13 站旋转现象较为显著。

（3）潮流可能最大流速

各站潮流可能最大流速最大值出现在 L1 站 0.2H 层，为 136.5cm/s；其次为 L10 站和 L5 站，分别为 80.2cm/s 和 59.9cm/s；其余大部分测站的潮流可能最大流速小于 50cm/s。

3）余流

夏季大、中、小潮的余流流速相差不大。总体而言，离岸较远的站位表层余流流速较大，表层余流流速最大达到 61.5cm/s，近岸站表层余流流速较小，各站垂线平均余流流速一般小于 30cm/s，大部分站位垂线平均余流方向为 SW 至偏 W 向。余流流速垂向分布的规律一般为近表层＞0.6H 层＞底层。

冬季大、中、小潮的余流流速相差不大。总体而言，调查区域余流流速较小，各站各层余流流速一般小于 20cm/s，大部分站位垂线平均余流方向为偏 S 向。余流流速垂向分布的规律一般为近表层流速＞0.6H 层＞底层。

结合工程海域潮流数值模拟的率定和验证工作，确定糙率（n）为 0.01。

2.5.1.1.3 波浪

2011 年 4 月 28 日~2012 年 11 月 2 日设立的厂址海洋水文专用站采取挪威 Nortek 公司生产的“浪龙”声学多普勒波浪观测仪器进行波浪观测，每日整点观测，测波点海图水深约 8m。

1）波型

工程海域最常见的波浪是风浪，年出现频率为 75%；其次是涌浪，年出现频率为 25%。春、夏、秋、冬四季波型变化规律为风浪频率逐渐增大，由 67.8%增加至 79.5%；涌浪为主的波型逐渐减小，由 32.2%减小至 20.5%。

2）常浪向、强浪向

根据波浪资料统计，工程海域常浪向为 S 向，年出现频率为 27.3%，次常浪向在 E 向，年出现频率为 19.8%。观测点的波向受季风的影响，有明显的季节变化规律。观测点春→夏→秋→冬四季常浪向变化规律为 S→SE→E 向偏转。工程海域强浪向为 SE~S 向，整年 $H_{1/10}$ 波高波向分级玫瑰图见图 2.5-9。

3）波高和周期

工观测期间观测点以 2 级浪所占频率为最大，达到 57.72%；其次为 3 级浪，为 38.85%。波级有明显的季节特征，夏季 3 级浪所占频率最大，春、秋、冬季则以 2 级浪所占频率最大。全年各月波要素统计特征值见表 2.5-13。

工程海域整年 $H_{1/10}$ 波高平均值为 0.51m。观测点波高的季节变化特征明显，夏季波高明显大于其它季节，平均值为 0.69m，春、秋、冬三季平均值分别为 0.49m、0.45m 和 0.42m。实测年最大波高发生在 1118 号“纳沙”台风期间，观测到的波高最大值 H_{max} 为 6.30m，$H_{1/10}$ 波高为 4.16m，波向 SE，相应的平均周期为 6.32s。

工程海域年平均周期 Tm 为 2.69s，各月平均周期 Tm 的平均值为 2.37s~3.29s，以 2012 年 6 月平均周期平均值最大，为 3.29s。

2.5.1.1.4 泥沙

根据 2022 年厂址海域同步水文测验成果，工程海域水体含沙量较小。夏季和冬季全潮平均含沙量分别为 0.0226kg/m^3 和 0.0184kg/m^3，含沙量变化不大。夏季全潮平均含沙量最大为 0.0673kg/m^3，最小为 0.0017kg/m^3；冬季全潮平均含沙量最大为 0.0572kg/m^3，最小为 0.0043kg/m^3。

冬夏季大、中、小潮期间各站的悬沙组成主要为粉砂（T）和砂质粉砂（ST），

分选度上分选较差，偏态以近对称和正偏为主，峰态等级主要为宽至中等峰态。

根据 2016 年 9 月表层沉积物取样分析结果，白龙尾东侧海域的表层沉积物以粉沙质粘土和粘土质粉砂为主。粒度分析的结果表明，在白龙尾西侧的珍珠水道内，表层沉积物中值粒径在 0.137~0.355mm 之间局部出露贝壳和礁石；而白龙尾东部的海域表层沉积物的粒径在 0.0015~0.054mm 之间，表明白龙尾东侧海域沉积物的空间分选较差。

2.5.1.1.5 温盐

1）海水水温

根据海洋水文专用观测站2011年8月~2012年7月表层水温观测资料，观测期间的年平均水温23.3℃；温度最高月为8月，平均水温30.48℃；温度最低月为2月，平均水温12.94℃。

根据 2022 年同步水文测验成果：

（1）夏季水温高于冬季水温。夏季和冬季全站平均水温分别为 30.43℃和 16.52℃，夏季和冬季实测水温最高值分别为 32.07℃和 18.86℃，实测水温最低值分别为 26.30℃和 13.78℃。

（2）水温的平面分布：夏季期间各站水温平均值相差很小，总体呈现出东北近岸海域水温稍高于西南外海海域；冬季水温平面分布规律为近岸站水温较外海站稍低。

（3）大多数测站表现为白天中午至下午时段近表层水温大于近底层水温，水温垂向变化幅度较大，夜晚时段表底层水温相差较小或近表层水温低于近底层，水温垂向变化幅度较小。

2）盐度

根据 2022 年同步水文测验成果：

（1）冬季盐度高于夏季。夏季和冬季全站平均盐度分别为 25.99 和 30.80，夏季和冬季实测盐度最高值分别为 31.01 和 31.73，实测盐度最低值分别为 5.69 和 27.51。

（2）盐度的周日变化主要受潮汐潮流和外海高盐水的影响，涨潮时，外海高盐水流向近岸，盐度升高，在高平潮时段盐度达到相对高值，落潮时，盐度降低，低平潮时段达到相对低值。近岸区域的测站随涨落潮的周日变化较为明显，周日变化幅度较大，外海测站周日变化趋势平缓，幅度较小，周日变化规律不甚

明显。

（3）观测期间，盐度的水平分布具有河口区较低，浅海区较高，从北部近岸向南部外海逐渐增大的趋势，盐度垂向分布特征为从表层至底层盐度逐渐增大。

2.5.1.1.6 岸滩稳定性

1）岸线特征

本工程所在的附近海岸为基岩海岸，工程岸段岸线曲折，岬角与海湾相间分布，在海湾的湾顶多保存着宽度不等的沙滩，多为中、粗沙，分布在平均海面以上，为相对独立的地貌单元，系风暴潮期间在大浪作用下将较粗的泥沙横向输移到湾顶部位堆积下来形成的。

江山半岛西侧是珍珠湾，珍珠湾为一典型的漏斗状溺谷海湾，全湾岸线长约46km，其中礁石岸线 10km，基岩岸线 10km，沙质岸线 3km，石砌岸线 23km。海湾西部为螳尾岛、巫头岛、山心岛连接并陆的海积平原，北部为丘陵环绕，仅南面湾口与北部湾相通。口门西起螳尾岛的东沙头，东至江山半岛西南端的白龙台，宽约 3.5km。口门区潮流深槽自湾口门向湾内延伸约 6km，宽约 0.1~1.5km，水深 5~10m，最深处达 13m。

2）水下地形与冲淤现状

采用中国人民解放军海军航海保证部出版的《珍珠港及附近》1965 年测量的 1：20000 海图和 1996 年测量的 1：25000 海图进行冲淤对比分析，分析结果如图 2.5-10 和图 2.5-11 所示。根据图 2.5-10 和图 2.5-11 可以得出：工程附近海床 1965~1996 年年均淤积 0.017m，年均冲刷 0.013m，年局部最大淤积 0.159m，年局部最大侵蚀-0.180m。从空间分布上来看，东部、南部和西部具有不同的冲淤分布特征，但总体来说，珍珠湾水道的平面位置在 1965 年至 1996 年的 31 年间比较稳定，没有横向摆动的发生。

采用 1990 年 12 月 5 日、2000 年 11 月 6 日两幅 TM 影像、2010 年 9 月 19 日的 ALOS 卫星影像、2013 年 5 月 13 日 SPOT6 影像、2016 年 2 月 7 日的资源 3 号影像、2019 年 10 月 22 日的资源 3 号影像，对六幅卫星影像分别进行了辐射定标、大气辐射校正、影像增强、几何精校正等预处理，并对每幅影像成像时刻的潮位进行了订正，进行统一的岸滩进退演变分析。

分析结果如图 2.5-12 所示，自 1990 年 12 月至 2010 年 9 月，由于没有工程建设，江山半岛的东、南、西南海岸基本上没有变化，而螳尾岛北侧海岸则由于

养殖场的建设，海岸线有所扩张。在 2010 年 9 月至 2019 年 10 月这段时期，除了局部岸段由于养殖场的圈围和建设楼房等建筑物外，江山半岛和潕尾岛的岸线变化很小（图 2.5-13）。

国家海洋局第三海洋研究所于 2012 年进行了工程海域 1：1000 和 1：10000 水域地形的测量，国家海洋局南海调查技术中心也于 2018 年进行了工程海域 1：1000 和 1：10000 测量工作。两次水下地形测量结果的等深线变化见图 2.5-14，表明工程海域等深线进退不显著，海床冲淤幅度有限，西侧亦无明显变化；东南侧海床则是冲大于淤，-10 m 等深线向岸逼近；东侧在江头岭以南，也是冲大于淤。

3）演变趋势

（1）工程前后潮流场对比

图 2.5-15 给出了 1、2 号机组取排水工程建成前后的大潮涨、落急时刻的流态对比，图中黑色箭头为工程前流场，红色箭头为工程后流场。一期取水导流堤长度较短，对潮流影响主要集中在导流堤附近，西导流堤、大件码头和岸线间构成半封闭区，该区域出现旋转流，流速降低；导流堤外侧流速增大。

图 2.5-16 为 1、2 号机组取排水工程实施后电厂正常运行情况下取排水工程周围海域平均流速变化图。堤头和大件码头南侧（图 2.5-16 中黄色区域）流速增大，增大幅度在 0.02~0.06m/s 左右；西导堤、大件码头西侧流速减小，减小幅度在-0.04~-0.1m/s 之间；取水明渠口门内流速减小，1、2 号机组取水构筑物前端流速增大。总体来看取水明渠周边流速变化在-0.1~0.1m/s 范围内。

排水口处流速减小，最大流速减小-0.015m/s，流速减小-0.01m/s 的区域范围集中在排水口周边 100m 范围内；排水口南、北两侧流速增大，南侧流速增大 0.005m/s，北侧至取水明渠区域流速增大 0.005~0.04m/s 不等。

（2）泥沙冲淤

泥沙数值模拟结果（图 2.5-17）表明，正常天气条件下，口门内以淤积为主，取水明渠内平均淤积厚度仅为 0.061m/a，年均淤积总量约为 25066m^3。

2.5.1.1.7 近岸海域环境功能区划

根据《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发〔2023〕9 号），取水口 15km 半径范围内共涉及 22 个近岸海域环境功能区（见图 2.5-18），

其中一类环境功能区 2 个，二类环境功能区 5 个，三类环境功能区 6 个，四类环境功能区 9 个。排水口 15km 半径范围内共涉及 20 个近岸海域环境功能区（见图 2.5-19），其中一类环境功能区 2 个，二类环境功能区 4 个，三类环境功能区 6 个，四类环境功能区 8 个。

取水口位于江山半岛南面排污混合区，环境功能区代码为 GX097CⅢ，属三类功能区，为工业用海，水质保护目标为第三类。排水口位于江山半岛南面工业区，环境功能区代码为 GX098DⅣ，属四类功能区，为核电温排水排污用海，水质保护目标为第四类（除水温外）。

2.5.1.2 陆域水文

2.5.1.2.1 河流和水库

防城港区域内水资源丰富，其中主要河流有防城河、茅岭江、北仑河等，防城港区域的水系见图 2.5-21，主要河流及水利工程分别为：

1）主要河流

（1）防城河

防城河发源于十万大山，于防城港半岛流入海洋，干流全长 83.84km，控制集雨面积 894.6km^2，据长岐水文站多年实测资料统计，多年平均流量 32.5m^3/s，最大洪峰流量 5450m^3/s，最小流量 0.15m^3/s。

（2）茅岭江

茅岭江位于防城区东部，是防城港市与钦州市的分界江。河流发源于钦北区龙门村，进入防城港市茅岭乡，于茅岭街流入茅屋海。干流全长 112km，流域集雨面积 2959km^2，多年平均降雨量 2000mm，多年平均径流量 15.45 亿 m^3。

（3）北仑河

北仑河位于防城港市西南面，是中越界河。发源于防城区那垌乡，至东兴街分作两支，一支向西南流，在越南芒街出海；一支向东南流至东兴会合罗浮江，至竹山口出海，干流全长 107km，流域集雨面积 1187km^2。多年平均降雨量 2719.3mm，多年平均径流量 15.22 亿 m^3。

2）水利工程

目前，防城区和港口区的供水工程主要分为蓄水工程、引水工程和提水工程三大类。引水工程主要为防城河长歧拦河坝，提水工程主要为木头滩拦河坝。防

城港市水源工程特性现状见表 2.5-14。蓄水工程主要有大型水库 1 座（防城河小峰水库）、中型水库 4 座（三波水库、小陶水库、大垌水库和白石牙水库）。防城港市主要蓄水工程现状见表 2.5-15。

厂址半径 15km 的范围的主要河流和水库分布情况见表 2.5-16 与表 2.5-17，以及图 2.5-22 与图 2.5-23。

2.5.1.2.2 淡水水源

本工程的淡水主要用于生活饮用水，除盐水原水，工业用水以及消防水的补充水，在施工阶段还需要供应施工用水，施工期淡水供水保证率 90%，运行期淡水供水保证率 97%。本工程施工期年最大取水量约 106.2 万 m^3（其中施工前期（前 3 年）年最大取水量约 61.0 万 m^3），运行期间年最大取水量约 189.8 万 m^3。本工程施工前期水源为湾潭水库地表水；施工后期和运行期的水源为防城河地表水，取水口位于木头滩拦河坝上游 800m 处右岸。

频率 90%来水年，现状水平年及规划水平年，湾潭水库满足现有及规划供水户及农灌的情况下，供水可以满足本工程施工期前期用水 61.0 万 m^3 需求。

97%枯水年，现状水平年及规划水平年，来水量经白石牙水库、大垌水库、小峰水库和木头滩水闸调节后，可满足现有及规划生活及工业用水户用水量、本工程 189.8 万 m^3/a 和施工期 106.2 万 m^3/a 的取水要求。

本工程于 2023 年 12 月 6 日获得“珠江委关于本工程取水许可申请准予水行政许可决定书（珠许可决[2023]100 号）”。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 厂址附近范围水文地质条件

厂址水文地质分区图见图2.5-24，厂址附近范围综合水文地质图及厂址区综合水文地质图见图2.5-25~图2.5-27。

2.5.2.1.1 地下水类型及含水层划分

根据地下水含水岩组及地下水成因与赋存条件，厂址附近范围内地下水可划分为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两大类。各类型地下水含水层特征详述如下：

（1）第四系松散岩类孔隙含水层

第四系松散岩类孔隙水主要赋存于第四系全新统素填土层、第四系全新统海积层、第四系全新统冲坡积层、坡残积层中。

第四系全新统素填土层孔隙水含水岩组：岩性主要为人工回填的强～中等风化细粒长石石英砂岩岩块、泥质粉砂岩碎屑夹少量粉质黏土等。主要分布于白龙半岛东海岸东头岭东侧，回填层厚度 1.0～5.5m，呈松散～稍密状态。以下伏渗透性相对较弱的细粒长石石英砂岩或冲坡积层、坡残积层为相对隔水层。

第四系全新统海积层孔隙水含水岩组：岩性主要为海积成因的中细砂层，局部为含砾粗砂或粉砂层。仅分布于厂址附近范围南侧及东北侧的海滩及近海岸低洼地局部区域，分布面积小，厚度 0.5～12.3m。第四系海积层含水岩组的孔隙率为 0.37～0.49，有效孔隙度一般为 0.25～0.38，以下伏渗透性相对较弱的细粒长石石英砂岩或冲坡积层、坡残积层为相对隔水层。

第四系全新统冲坡积层、坡残积层孔隙水含水岩组：岩性以粉土为主，褐黄～棕黄色，局部夹粉质黏土，地势低洼地段呈软塑状态，部分地段含大量粉砂，其中粉质黏土重度平均值为 19.7kN/m^3，粉土重度平均值为 18.3kN/m^3。含水岩组主要分布于冲沟内及山体低缓斜坡地段，厚度 0.25～9.9m。第四系全新统冲坡积层、坡残积层含水岩组的孔隙率为 0.34～0.48，有效孔隙度一般为 0.20～0.33，以下伏渗透性相对较弱的细粒长石石英砂岩为相对隔水层。

（2）基岩裂隙含水层

基岩裂隙水含水岩组主要为侏罗系上统东兴组沉积岩，由一套灰白~灰褐色、紫红色~褐红色细粒长石石英砂岩、泥质粉砂岩、泥岩、粉砂质钙质泥岩组成。各种岩性呈夹层或互层状分布，层厚不等，一般泥岩、粉砂质钙质泥岩厚度较薄，细粒长石石英砂岩、泥质粉砂岩厚度较大。该套沉积岩中以细粒长石石英砂岩、泥质粉砂岩为主，主要分布于厂址附近范围内的低山丘陵地貌区。基岩裂隙水地下水赋存于岩石脉状、支脉状节理裂隙及碎屑孔隙中，连通性较差，无统一连续的地下水水面。

2.5.2.1.2 地下水补径排条件

第四系全新统素填土层孔隙水主要由大气降水入渗补给以及上游沟谷内地下水径流补给；第四系全新统海积层孔隙水主要受大气降水补给和海水补给。第四系全新统素填土层孔隙水及第四系全新统海积层孔隙水与海水之间水力联系密切，地下水位受海水潮汐动态变化的影响较大，高潮位时，海水补给素填土层孔隙水及海积层孔隙水；低潮位时则排泄进入大海。除此之外，第四系全新统海积层地下水还受地势较高的第四系残坡积、冲坡积层孔隙裂隙水以及基岩裂隙水

的侧向径流补给。

第四系全新统冲坡积层、坡残积层孔隙水主要来源于大气降水入渗补给；由于受地形地貌、地层岩性控制，地下水径流短。除受大气降水补给外，同时还接受周边基岩裂隙水侧向径流、冲沟内溪流以及地表水塘的入渗补给。第四系全新统冲坡积层、坡残积层孔隙水主要分布于冲沟内冲坡积土层以及山体斜坡坡残积地层中，地下水一般在含水层中作层状流动，其渗流速度取决于自然地形坡度；由于低山丘陵区地形高差大，沟谷发育，大气降水时，地下水顺坡径流，地下水接受降水补给后，多在较短的距离以地面径流或者下降泉的形式排泄于沟谷或坡脚，转而径流排泄于沟谷内溪流中，最终汇入大海；或向下渗流补给基岩裂隙水、人工开采以及蒸发排泄。

基岩裂隙水主要分布于厂址附近范围的低山丘陵地貌区，低山丘陵地貌区地形高差大，基岩裂隙水补给来源主要为大气降水补给，少量为第四系松散岩类孔隙水向下入渗补给。当大气降水后，地表水一部分沿坡面径流，在沟谷内汇聚成溪流，径流排泄入海；另一部分则沿基岩裂隙或第四系松散岩类孔隙入渗，向下补给深部基岩裂隙中，地下水赋存于岩石脉状、支脉状节理裂隙中。基岩裂隙水的补给条件受地形地貌、构造条件、岩层层理等条件控制，整体水量较贫乏，在部分沟谷地段以下降泉的形式排出地表或侧向补给到地势较低的第四系松散岩类孔隙水中。基岩裂隙水接受大气降水补给后，地下水沿基岩裂隙向下入渗到深部基岩裂隙中，顺裂隙倾斜方向随地势往低处流动，直至裂隙发育段的隔水边界，或在裂隙尖灭处渗出；在沟谷处侧向补给到松散岩类水中或以下降泉形式排出地表。基岩裂隙水的径流短，地下水径流速度、途径受地形、构造条件控制。基岩裂隙水的排泄方式为侧向补给第四系松散岩类孔隙水、少量的人工开采、蒸发或径流最终排泄到大海中。

2.5.2.1.3 地下水含水层水文地质特性

（1）厂址附近范围地下水水位

第四系全新统素填土层孔隙水以及海积层孔隙水的地下水埋深为 0.15～2.72m，水位标高多为 0.0～3.42m。第四系全新统冲坡积层、坡残积层孔隙水位于山体斜坡地段的地下水稳定埋深为 3.0～14.1m，标高 9.0～17.1m，位于沟谷地段的地下水稳定埋深为 0.36～5.05m，标高 1.0～5.0m。基岩裂隙水主要赋存于岩体脉状构造裂隙中、岩层层理裂隙及风化裂隙中，含水量很小，地下水位埋深一

般为 5.36～38.31m，标高一般为 2.46～19.86m。基岩裂隙水无统一连续的自由水面，地下水水位受地形地势的控制，随山势起伏，且相互之间基本不连通，水力联系微弱或无水力联系。

（2）渗透性

第四系全新统素填土层含水岩组为人工回填的强～中等风化细粒长石石英砂岩岩块、泥质粉砂岩碎屑夹少量粉质黏土等，松散～稍密状态，均匀性较差。该含水岩组渗透性较好，渗透性等级为中等～强透水性。根据土工实验、钻孔抽水试验结果，第四系全新统海积层的综合渗透性为 0.52～2.50m/d，以中等透水性为主；局部地段夹砾粗砂，呈现强透水性。根据土工实验、钻孔抽水试验及双环注水试验结果，第四系全新统冲坡积层及坡残积层的渗透系数为 0.26～0.60m/d，属于弱～中等透水性，以中等透水性为主。

基岩裂隙含水层主要为强～中风化基岩，根据简易抽水试验结果、压水试验及单环试坑渗水试验结果，强风化基岩的综合渗透系数为 1.2×10^{-4}～1.2×10^{-3}cm/s，为弱～中等透水性，渗透系数综合建议值取 8.6×10^{-4}cm/s；中风化基岩渗透系数为 2.84×10^{-4}～4.88×10^{-4}cm/s，渗透系数综合建议值取 3.6×10^{-4}cm/s；微风化基岩渗透系数为 1.88×10^{-4}～3.77×10^{-4}cm/s，渗透系数综合建议值取 2.3×10^{-4}cm/s。中～微风化细粒长石石英砂岩节理裂隙较发育、裂隙张开性、贯通性较好，一般多为中等透水性岩体，少量为弱透水岩体；中～微风化泥质粉砂岩、粉砂质钙质泥岩、泥岩裂隙多闭合，胶结充填较好，多为弱透水性岩体，少量为中等透水岩体。

（3）富水性

第四系全新统素填土层含水岩组中富水性较差，属弱富水性。根据前期抽水试验结果，第四系全新统海积层松散岩类孔隙水渗透系数为 16.52m/d，导水系数 117.29m^2/d，单孔涌水量 95～169m^3/d，平均 128m^3/d。第四系全新统海积层地下水与海水间存在紧密的水力联系，渗透性等级为中～强透水性，富水性分级为中等富水性。

根据钻孔抽水试验结果，第四系全新统冲坡积层、坡残积层中单位涌水量分别为 0.074L/（s•m）、0.065L/（s•m）、0.063L/（s•m），平均值为 0.067L/（s•m），富水性等级为弱富水性，水量贫乏。根据第四系冲坡积层、坡残积层松散岩类孔隙水区域的民井抽水试验结果，民井单井涌水量 5.22～12.02m^3/d，平

均 8.74m^3/d，富水性弱，水量贫乏。

基岩裂隙水主要赋存于厂址附近范围大部分陆域内中～微风化状态的基岩裂隙中，岩性为侏罗系上统东兴组的细粒长石石英砂岩，泥质粉砂岩、泥岩、粉砂质钙质泥岩等。细粒长石石英砂岩中的构造裂隙较泥岩发育，据前期钻孔压水试验结果，中～微风化细粒长石石英砂岩节理裂隙较发育，裂隙张开性、贯通性较好，一般为中等透水性岩体；泥岩、泥质粉砂岩、粉砂质钙质泥岩一般为弱透水性岩体，裂隙闭合，胶结充填较好，赋水性弱。基岩裂隙含水层渗透系数区间值 0.324～0.528m/d，涌水量区间值 2.51～5.52m^3/d，富水性分级为极贫乏。

（4）地下水位动态变化特征

厂址附近范围第四系松散岩类孔隙水的主要补给来源是为大气降水，其次为基岩裂隙水侧向径流补给，海积层孔隙水的补给来源还有海潮涌入，第四系松散岩类孔隙水受大气降水动态变化而变化，同时海积层、素填土层孔隙水也受海水潮汐动态变化，因此第四系松散岩类孔隙水地下水水位动态变化幅度较大。第四系冲坡积层、坡残积层松散岩类孔隙水地下水位变幅在 1.0～3.0m 之间；海积层、素填土层孔隙水地下水位变幅在 2.0～3.0m 之间。

基岩裂隙水补给来源以大气降水为主，辅以第四系松散岩类孔隙水下渗补给，主要沿裂隙顺地形方向径流，地下水径流途径、速度受地质构造、地形条件、地层岩性及裂隙的发育程度控制。因基岩裂隙贯通性差，基岩渗透性较弱，大气降水除少部分通过裂隙入渗补给地下水外，大部分降雨都沿地表径流下泄，基本上是就地降雨入渗补给、就近沿地势低洼地带渗出后排泄汇入冲沟内形成溪流，最终沿地形排入大海。因此基岩裂隙水的动态变化规律受大气降水影响较弱，地下水位动态变幅小，一般小于 0.5m。

（5）包气带特征

厂址附近范围内包气带分布于第四系松散岩类孔隙水地下水面上部的不饱和带，上界面为地面，下界面为潜水面，一般厚约 0.25～6.0m，局部地段较厚。岩性主要为中细砂、粉土夹粉质黏土以及少量素填土层、砾砂层等，其中粉质黏土重度平均值为 19.7kN/m^3，粉土重度平均值为 18.3kN/m^3。包气带水主要受大气降水入渗补给，以蒸发作为主要排泄方式，一般其存在时间较短暂，赋存量、赋存深度受大气影响深度控制。

包气带降水入渗量与包气带的厚度、岩性、地形地貌、降水量、降水强度等

因素密切相关，包气带降水入渗量可按经验公式估算：

$$Q = 1000\alpha XF \quad (2.5.2\text{-}1)$$

式中 Q：包气带降水入渗补给量（m^3）；

α：降水入渗补给系数（与地形地貌、土壤岩性、年降水量、地下水埋深等有关。根据地区经验，降水入渗补给系数取 0.15～0.35）；

X：计算区域范围内的年降水量（mm）；

F：计算区域面积（km^2）；

厂址附近范围内包气带单位面积（每 km^2）年降水入渗量计算约为 $2.62\times10^5m^3$～$1.26\times10^6m^3$。

（6）吸附系数

本工程结合源项中核素的初始活度、半衰期、滞留因子等因素考虑，对放射性核素筛选并进行了吸附-解吸试验。主要包括 Cs-137、Co-60、I-129、Mn-54、Fe-55、Sr-90、Ru-106、Ag-110m 等 8 种核素。

在厂址附近范围内 29 种介质共 16 种岩性中以上 8 种核素的分配系数（Kd）推荐值见表 2.5-18。

2.5.2.2 厂址附近范围地下水流向

厂址附近范围内地表水主要为海水，分布于厂址附近的东部、西部和南部。陆域地表水主要为水塘以及冲沟内溪流等。

厂址附近范围的地下水流向主要受地形地貌控制，厂址位于江山半岛的西南端白龙尾背斜轴部，受区域构造影响，地形呈东北条带状，中间地势较高，两侧地势较低。在低山丘陵地貌区，地下水多以山脊为分水岭，在山脊两侧沿山坡渗流至低洼处（平原、冲沟）。厂址附近范围内地下水流向受构造、地形、岩性控制，白龙半岛中间地势较高，两侧地势较低，地下水整体上向北西、南西或者南东方向渗流，经冲沟最终汇入或直接流向大海。

2.5.5.3 地下水水质评价

厂址附近范围水化学图见图2.5-28。第四系全新统冲坡积层、坡残积层孔隙水化学类型多为Cl·SO_4-Na·Mg型水，少量为Cl·SO_4-K·Na型水，pH值在4.14～7.20之间，属酸性～中性水，矿化度为0.14～2.12g/L，属淡水～低矿化度水（微咸水）。基岩裂隙水的水化学类型为Cl·SO_4-Na·Ca·Mg型水或HCO_3·SO_4-Ca·K·Na·Mg型水，pH值在4.22～7.78之间，矿化度为0.22～0.45g/L，属淡水。厂址附近范围内

地下水温度范围在13℃~21℃之间。

厂址区地下水类型呈现多样性，主要阴阳离子为 HCO_3^-、Cl^-及 Ca^{2+}、Na^+，一方面是厂址区岩石中普遍含钙元素，另一方面由于厂址区濒临大海，受海水影响，地下水中 Cl^-、Na^+含量较高。

根据水质分析结果，按照《岩土工程勘察规范（GB50021-2001）》（2009 年版）第 12.2 节的规定，对地下水的腐蚀性进行综合评定如下：第四系冲坡积层、坡残积松散岩类孔隙水对混凝土结构有微～弱腐蚀性，对混凝土结构中的钢筋在干湿交替条件下有中腐蚀性，在长期浸水的条件下有微腐蚀性；基岩裂隙水对混凝土结构有微～弱腐蚀性，对混凝土结构中的钢筋在干湿交替条件下有弱腐蚀性，在长期浸水的条件下有微腐蚀性；海水对混凝土结构有弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水的条件下有弱腐蚀性，在干湿交替条件下有强腐蚀性。

2.5.5.4 地下水开采、利用

本工程没有利用地下水的计划。

厂址南、西、北三面环海，居民点分散，人口及农田均较少，工业稀少，有较多水产养殖区域，厂址附近范围地表水主要用于农业灌溉及水产养殖。本工程开展了厂址附近范围水文地质调查，对厂址区及其附近范围地下水用户进行了调查（民井特征见表 2.5-19，位置分布见图 2.5-25 与图 2.5-26）。

厂址半径5km范围内目前无大型工业、生活用水开采规划，区内地下水的开采利用主要为周边村庄居民开挖民井取水，区内除少量冲沟内地下水在雨季较丰富外，地下水富水性整体较弱，水量整体较贫乏，厂址附近区域内地下水不具备大规模开采和利用条件，也无远景开采规划，不会对地下水水位、流向产生影响。厂址地下水径流排泄途径短，最终流入大海，在其主要渗流途径上无大型村庄、河流，未见水库、饮水等工业民用取水源，无环境影响敏感点，无重要的取水点。

2.5.5.5 核电厂建造施工对地下水的影响

本工程场地平整后，大部分第四系土层被挖除，地下水以基岩裂隙水为主，局部地段含少量强风化基岩裂隙水或第四系松散岩类孔隙水，基岩裂隙水水量贫乏，渗透性较弱，赋水性差；第四系松散岩类孔隙水富水性弱，透水性较弱。

场地平整对水文地质条件产生的可能影响：场地平整过程中对基岩裂隙水及残坡积层含水岩组的开挖，将会减少基岩裂隙水含水岩组的贮水空间，引起地下水含水量减少，地下水水位下降。填方工程在厂址区内形成了新的回填块石、碎

石含水岩组，回填层部分将会造成地下水的富集，使原始地貌下沿冲沟汇集的地表溪流等变为回填层的地下水。回填层孔隙相对较大，地下水的流向、排泄通道整体保持不变，未改变厂址地下水的补径排条件。

综上，本工程建造施工活动对地下水条件的影响有限，工程建设未破坏厂址内地下水主要含水岩层结构，未改变地下水主要的水文地质条件，未大量开采地下水，亦未改变地下水的补给、径流、排泄条件，工程建设时对地下水影响较小。

表 2.5-1 垂线平均流速流向表（夏季大潮）

项目	L1		L2		L3		L4		L5		L6		L7	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	41	64	310	21	329	19	9	7	334	28	2	7	320	12
落潮平均	217	83	205	28	212	20	231	11	196	49	235	9	235	19
涨潮最大	52	112	301	35	356	29	30	23	341	50	71	17	51	27
落潮最大	223	139	207	49	195	40	209	21	185	85	230	20	246	23

表 2.5-2 垂线平均流速流向表（夏季大潮）

项目	L8		L9		L10		L11		L12		L13	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	347	17	311	14	340	42	331	10	309	18	319	13
落潮平均	195	27	209	24	161	35	224	20	227	25	228	25
涨潮最大	336	32	274	37	343	86	333	18	288	33	337	25
落潮最大	182	57	210	36	151	58	240	38	224	41	222	48

表 2.5-3 垂线平均流速流向表（夏季中潮）

项目	L1		L2		L3		L4		L5		L6		L7	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	48	51	303	22	306	27	340	11	316	32	298	12	283	29
落潮平均	223	73	230	42	229	33	237	15	214	34	247	18	238	33
涨潮最大	39	100	315	34	290	40	351	21	340	47	273	22	278	42
落潮最大	227	125	243	53	216	51	235	25	221	62	257	34	231	41

表 2.5-4 垂线平均流速流向表（夏季中潮）

项目	L8		L9		L10		L11		L12		L13	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	324	24	306	22	341	36	298	25	287	26	300	18
落潮平均	194	34	224	19	161	36	248	27	234	27	242	28
涨潮最大	341	37	336	31	342	65	315	32	284	42	335	29
落潮最大	186	56	238	31	157	52	237	40	263	42	252	38

表 2.5-5 垂线平均流速流向表（夏季小潮）

项目	L1		L2		L3		L4		L5		L6		L7	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	66	22	292	16	275	21	328	9	290	30	283	13	269	22
落潮平均	225	22	244	24	243	21	238	15	233	23	242	26	246	25
涨潮最大	64	41	279	27	288	35	2	19	287	39	271	22	265	37
落潮最大	222	46	226	30	255	30	226	24	209	35	235	42	249	37

表 2.5-6 垂线平均流速流向表（夏季小潮）

项目	L8		L9		L10		L11		L12		L13	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	309	22	286	20	347	19	292	19	283	19	294	18
落潮平均	241	26	245	25	141	10	255	25	247	23	245	24
涨潮最大	330	42	273	33	338	36	282	25	272	35	274	28
落潮最大	253	32	234	47	93	37	246	40	254	35	223	35

表 2.5-7 垂线平均流速流向表（冬季大潮）

项目	L1		L2		L3		L4		L5		L6		L7	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	49	55	5	10	9	13	50	9	332	20	315	5	349	13
落潮平均	221	88	187	17	198	19	244	11	191	45	216	10	189	10
涨潮最大	56	109	355	23	10	27	55	19	340	34	292	15	358	19
落潮最大	217	140	197	29	186	34	239	19	196	71	222	13	181	15

表 2.5-8 垂线平均流速流向表（冬季大潮）

项目	L8		L9		L10		L11		L12		L13	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	6	16	20	14	337	41	36	12	26	15	34	14
落潮平均	185	21	193	21	155	42	218	15	188	16	208	20
涨潮最大	16	30	1	23	337	93	27	22	47	27	78	23
落潮最大	180	53	187	35	156	60	201	26	191	28	209	32

表 2.5-9 垂线平均流速流向表（冬季中潮）

项目	L1		L2		L3		L4		L5		L6		L7	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	43	39	18	7	350	10	41	7	330	12	6	7	7	7
落潮平均	218	76	177	14	196	14	224	8	187	34	224	6	180	9
涨潮最大	48	80	73	18	353	20	116	17	351	23	334	13	35	15
落潮最大	216	118	189	23	214	24	216	16	191	55	259	26	181	15

表 2.5-10 垂线平均流速流向表（冬季中潮）

项目	L8		L9		L10		L11		L12		L13	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	358	8	27	10	336	26	37	6	34	10	38	11
落潮平均	189	16	165	14	156	32	181	7	172	13	156	11
涨潮最大	38	18	29	20	334	54	353	12	56	23	51	21
落潮最大	177	33	166	24	155	51	183	14	203	19	158	30

表 2.5-11 垂线平均流速流向表（冬季小潮）

项目	L1		L2		L3		L4		L5		L6		L7	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	53	19	317	8	300	13	56	6	345	5	34	4	300	6
落潮平均	233	23	220	10	239	11	174	5	199	12	154	5	221	10
涨潮最大	64	42	319	17	288	18	56	13	6	12	74	17	293	11
落潮最大	232	58	213	16	172	22	278	19	212	22	203	12	185	21

表 2.5-12 垂线平均流速流向表（冬季小潮）

项目	L8		L9		L10		L11		L12		L13	
	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
涨潮平均	341	5	320	8	338	13	315	5	327	7	324	4
落潮平均	179	9	216	9	155	13	228	9	215	8	176	11
涨潮最大	280	12	40	14	342	36	308	11	307	11	302	8
落潮最大	155	23	203	18	158	24	171	25	224	18	171	28

表 2.5-13 各季及整年波级频率统计表（%）

波级	1	2	3	4	5	6
春	3.55	57.98	37.69	0.82	0	0
夏	0.69	41.01	52.96	5.35	0	0
秋	0.88	66.94	31.32	0.55	0.33	0
冬	1.51	65.2	33.29	0	0	0
年	1.63	57.72	38.85	1.68	0.08	0

表 2.5-14 防城港市水源工程特性现状

水源工程	工程等级	防洪标准/年	结构型式	总库容/万 m^3	兴利库容/万 m^3	设计供水量/万 m^3	引水流量/m^3/s	灌溉保证率/%
小峰水库	2	2000/校	土坝	10850	7820	7820	/	85
长歧坝	3	50	砼支墩坝	/	/	90210	12.0	85
木头滩坝	3	100/校	砼重力坝	/	/	78663	1.36	85
黄淡水库	2	1000/校	土坝	5870	4050	4050	/	85

表 2.5-15 防城港市主要蓄水工程现状

水库名称	集水面积(km^2)	兴利库容（万 m^3）	灌溉面积（万亩）	水库名称	集水面积(km^2)	兴利库容（万 m^3）	灌溉面积（万亩）
小峰	54.50	7820	8.50	那湾	1.6	144	0.24
三波	9.30	910	1.3	那桥	1.2	50	0.05
小陶	5.65	786	1.29	万松	2.0	88	0.20
三甲	2.9	243	0.35	林潭	0.5	35	0.06
三曲	9.0	510	0.70	湾潭	7.20	199	0.33
金顶	0.75	50	0.03	官山辽	3.29	428	0.55
茶山	1.8	210	0.35	黄淡	54.8	4050	2.2
大垌	33	2900	0.028	白石牙	32.1	1900	0.07

表2.5-16 厂址半径15km范围内河流分布情况

序号	水体名称	类型	水量/亿m³	用途	分布	功能区划	水质保护目标	取水口距厂址距离/km	相对位置	饮用水量/万m³	取水口距排水口距离/km	相对位置
1	江平江	桂南独流入海水系	5.80	居民生活饮用水源	东兴市、防城区	Ⅱ～Ⅲ	Ⅱ	13.8	NW	730	17.8	NW
2	黄竹江	桂南独流入海水系	1.36	居民生活饮用水源	东兴市	Ⅱ	Ⅲ	15.9	NNW	306	20.7	NNW
3	新禄江	桂南独流入海水系	1.03	居民生活饮用水源	防城区	Ⅱ	Ⅲ	15.7	N	295	20.6	N

表2.5-17 厂址半径15km范围内水库分布情况

序号	水体名称	方位	距离/km	防洪设计标准	供水目标和规模
1	潭蓬尾水库	NE	7.40	小型	Ⅱ
2	薄松水库	NNE	7.89	小型	Ⅱ
3	黄淡水库	NNE	11.47	中型	Ⅱ
4	大坪水库	NNE	11.85	小型	Ⅲ
5	湾潭水库	NNE	12.03	小型	Ⅲ
6	新角水库	N	12.66	小型	Ⅱ～Ⅲ
7	交东水库	NNW	12.85	小型	Ⅱ
8	石角水库	N	13.56	小型	Ⅲ
9	岭泵水库	NW	13.72	小型	Ⅲ
10	火柴树水库	N	14.34	小型	Ⅲ
11	优谷龙水库	NW	14.74	小型	Ⅱ～Ⅲ

表 2.5-18 分配系数（Kd）推荐值（ml/g）

岩土介质	核素类别							
	Sr-90	Co-60	Cs-137	Ru-106	Ag-110m	Fe-55	Mn-54	I-129
粉质黏土	1.92E+00	7.93E+02	1.73E+03	2.85E+02	4.66E+03	3.09E+03	3.70E+02	1.43E+01
粉土	3.73E+00	8.57E+02	2.54E+03	1.83E+02	9.20E+03	4.31E+03	2.37E+02	2.44E+01
人工填土	3.45E+00	3.90E+02	2.94E+03	2.43E+01	1.61E+03	2.04E+01	1.47E+02	5.88E+00
中细砂	1.59E+00	6.21E+02	1.66E+03	1.00E+01	5.12E+03	8.51E+02	1.21E+02	5.98E+00
强风化 泥质粉砂岩	4.90E+00	2.51E+03	8.87E+02	2.25E+02	1.19E+03	1.05E+03	2.81E+02	1.19E+01
中风化 泥质粉砂岩	6.83E+00	1.80E+03	1.93E+03	2.83E+02	6.39E+02	8.57E+02	3.88E+02	3.81E+00
微风化 泥质粉砂岩	7.88E+00	2.30E+03	4.19E+03	3.63E+02	1.85E+03	1.16E+03	5.41E+02	3.15E+00
强风化 粉砂质钙质泥岩	1.12E+01	6.59E+02	3.14E+03	3.90E+01	4.61E+03	1.18E+03	1.63E+02	7.05E+00
中风化 粉砂质钙质泥岩	8.86E+00	4.93E+02	5.97E+03	1.68E+02	6.21E+03	2.12E+03	2.20E+02	5.61E+00
微风化 粉砂质钙质泥岩	5.81E+00	2.98E+03	1.19E+03	2.41E+02	1.39E+04	2.43E+03	3.09E+02	3.42E+00
强风化 细粒长石石英砂岩	1.03E+01	3.55E+02	8.88E+02	1.70E+01	1.85E+03	1.52E+03	2.77E+01	1.62E+01
中风化 细粒长石石英砂岩	7.86E+00	4.99E+02	2.76E+02	2.10E+01	3.77E+02	4.14E+02	2.24E+01	8.17E+00
微风化 细粒长石石英砂岩	5.22E+00	3.16E+02	3.00E+02	2.68E+01	4.80E+02	1.83E+03	3.03E+01	6.51E+00
强风化泥岩	9.15E+00	4.43E+02	9.28E+03	8.98E+01	1.95E+03	1.87E+03	1.11E+02	1.49E+01
中风化泥岩	1.25E+01	1.91E+03	1.09E+04	6.06E+02	3.69E+03	2.16E+03	4.01E+02	1.31E+01
微风化泥岩	1.24E+01	2.86E+03	1.33E+04	6.03E+02	4.77E+03	2.50E+03	4.67E+02	1.22E+01

表 2.5-19 厂址半径 5km 范围主要的地下水井情况

序号	井编号	井口高程（m）	水位埋深（m）	井深（m）	用途	类型	分布位置
1	J5	13.76	7.00	< 20	生活用水	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
2	J7	13.94	3.00	< 20	生活用水	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
3	J8	13.08	0.30	6.30	生活用水	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
4	J9	13.07	0.90	6.20	灌溉	基岩裂隙水	厂址区
5	J10	13.35	1.80	9.30	灌溉	基岩裂隙水	厂址区
6	J18	4.52	0.90	3.60	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
7	J20	7.71	0.90	3.90	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
8	J21	9.26	1.60	4.30	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
9	J22	11.41	7.00	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
10	J24	5.93	0.50	5.40	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
11	J25	6.89	1.70	< 20	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
12	J55	6.31	1.60	5.10	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址附近范围
13	J60	7.62	1.20	2.40	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址附近范围
14	J61	11.91	1.60	6.70	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址附近范围
15	J62	11.06	0.40	3.10	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址附近范围
16	J65	12.78	1.60	3.15	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址附近范围
17	J67	7.08	3.40	9.80	生活用水	第四系冲坡积层孔隙水	厂址附近范围
18	J70	6.03	2.30	6.10	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
19	J71	4.12	1.70	20.00	生活用水	第四系残坡积层孔隙水	厂址区
20	J77	5.76	2.00	6.30	生活用水	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
21	XJ1	8.13	7.00	8.10	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
22	XJ2	3.62	0.20	1.00	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
23	XJ3	5.10	1.30	8.00	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
24	XJ4	5.11	1.00	4.50	生活用水	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
25	XJ5	8.14	6.50	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址区

序号	井编号	井口高程（m）	水位埋深（m）	井深（m）	用途	类型	分布位置
26	XJ6	5.44	1.60	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
27	XJ7	5.36	2.00	6.90	生活用水	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
28	XJ8	5.12	1.70	5.70	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
29	XJ9	12.18	9.60	13.00	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
30	XJ10	16.12	10.30	20.30	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
31	XJ12	16.12	20.00	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
32	XJ13	13.18	0.30	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
33	XJ14	17.83	15.30	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
34	XJ15	16.65	13.10	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址区
35	XJ16	15.53	10.00	< 20	生活用水	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
36	XJ18	14.99	0.90	5.70	灌溉	基岩裂隙水	厂址区
37	XJ19	8.52	1.00	8.00	灌溉	第四系冲坡积层孔隙水	厂址区
38	XJ20	18.15	4.50	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
39	XJ22	20.86	17.00	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
40	XJ23	20.37	18.10	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
41	XJ24	22.86	17.60	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
42	XJ25	14.33	19.20	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
43	XJ26	14.46	20.10	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
44	XJ27	13.83	19.30	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
45	XJ28	17.23	23.80	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
46	XJ29	14.72	19.70	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
47	XJ30	22.80	17.90	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
48	XJ31	7.91	15.20	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
49	XJ32	14.44	11.60	< 20	灌溉	基岩裂隙水	厂址附近范围
50	XJ33	21.29	11.20	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
51	XJ34	10.64	7.00	< 20	灌溉	基岩裂隙水	厂址附近范围

序号	井编号	井口高程（m）	水位埋深（m）	井深（m）	用途	类型	分布位置
52	XJ35	20.87	16.50	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
53	XJ36	20.38	16.90	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
54	XJ37	18.15	22.00	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
55	XJ38	12.23	8.70	< 20	灌溉	基岩裂隙水	厂址附近范围
56	XJ39	10.50	6.50	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
57	XJ41	21.80	15.40	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
58	XJ44	19.39	7.30	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
59	XJ45	19.32	8.50	< 20	生活用水	第四系残坡积层孔隙水	厂址附近范围
60	XJ46	22.37	6.40	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
61	XJ47	17.81	9.00	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
62	XJ48	17.91	9.70	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
63	XJ50	3.44	0.50	< 20	灌溉	基岩裂隙水	厂址附近范围
64	XJ51	29.76	15.00	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
65	XJ52	19.38	8.30	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
66	XJ54	35.56	15.70	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
67	XJ55	5.47	3.70	< 20	生活用水	第四系残坡积层孔隙水	厂址附近范围
68	XJ56	1.96	0.20	< 20	灌溉	基岩裂隙水	厂址附近范围
69	XJ57	12.89	10.50	< 20	生活用水	第四系残坡积层孔隙水	厂址附近范围
70	XJ58	9.91	7.80	< 20	生活用水	第四系残坡积层孔隙水	厂址附近范围
71	XJ62	21.19	14.60	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围
72	XJ63	20.30	15.30	< 20	灌溉	基岩裂隙水	厂址附近范围
73	XJ64	25.85	19.70	< 20	生活用水	基岩裂隙水	厂址附近范围

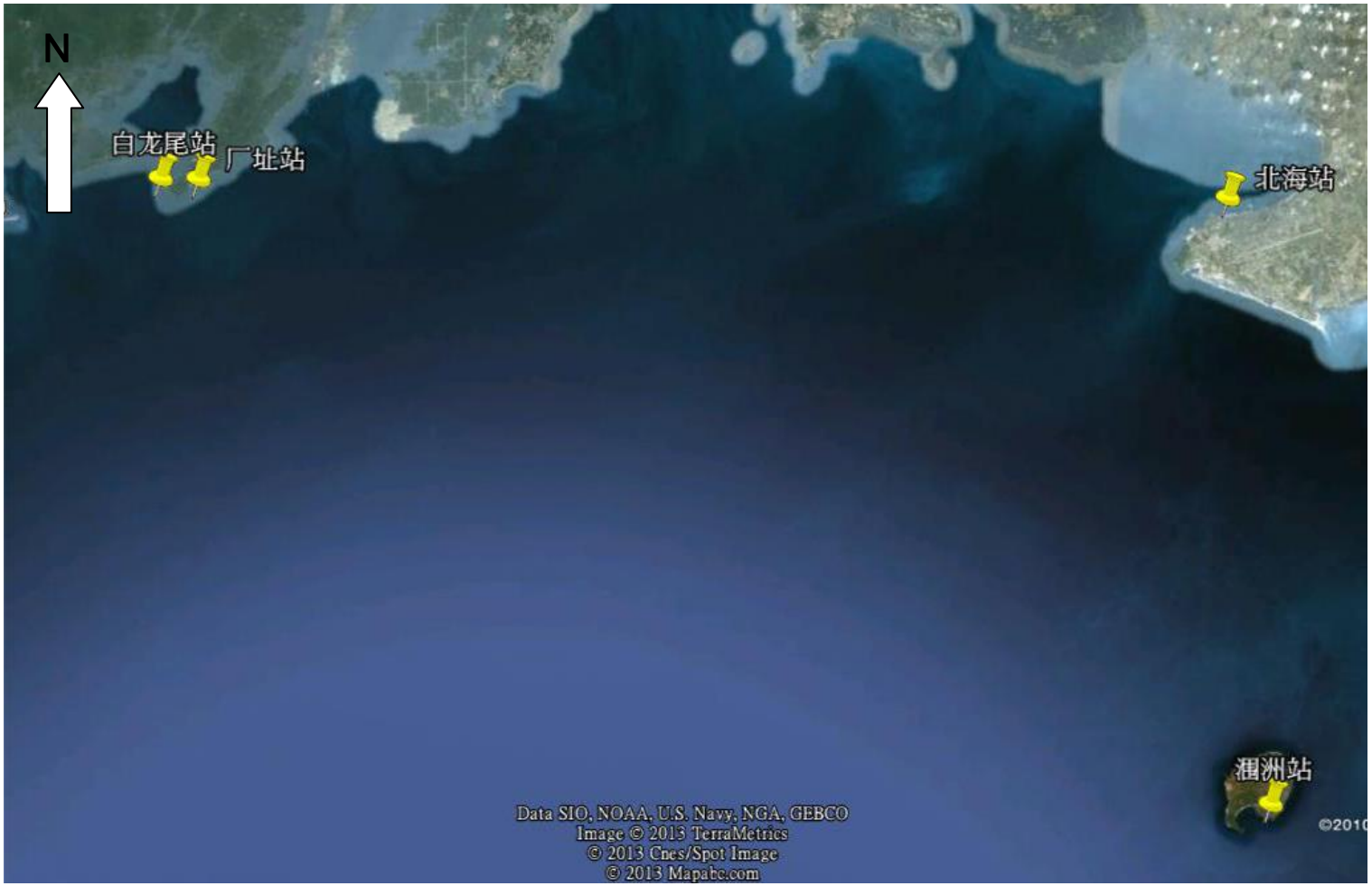


图2.5-1　厂址附近海洋水文站位置示意图

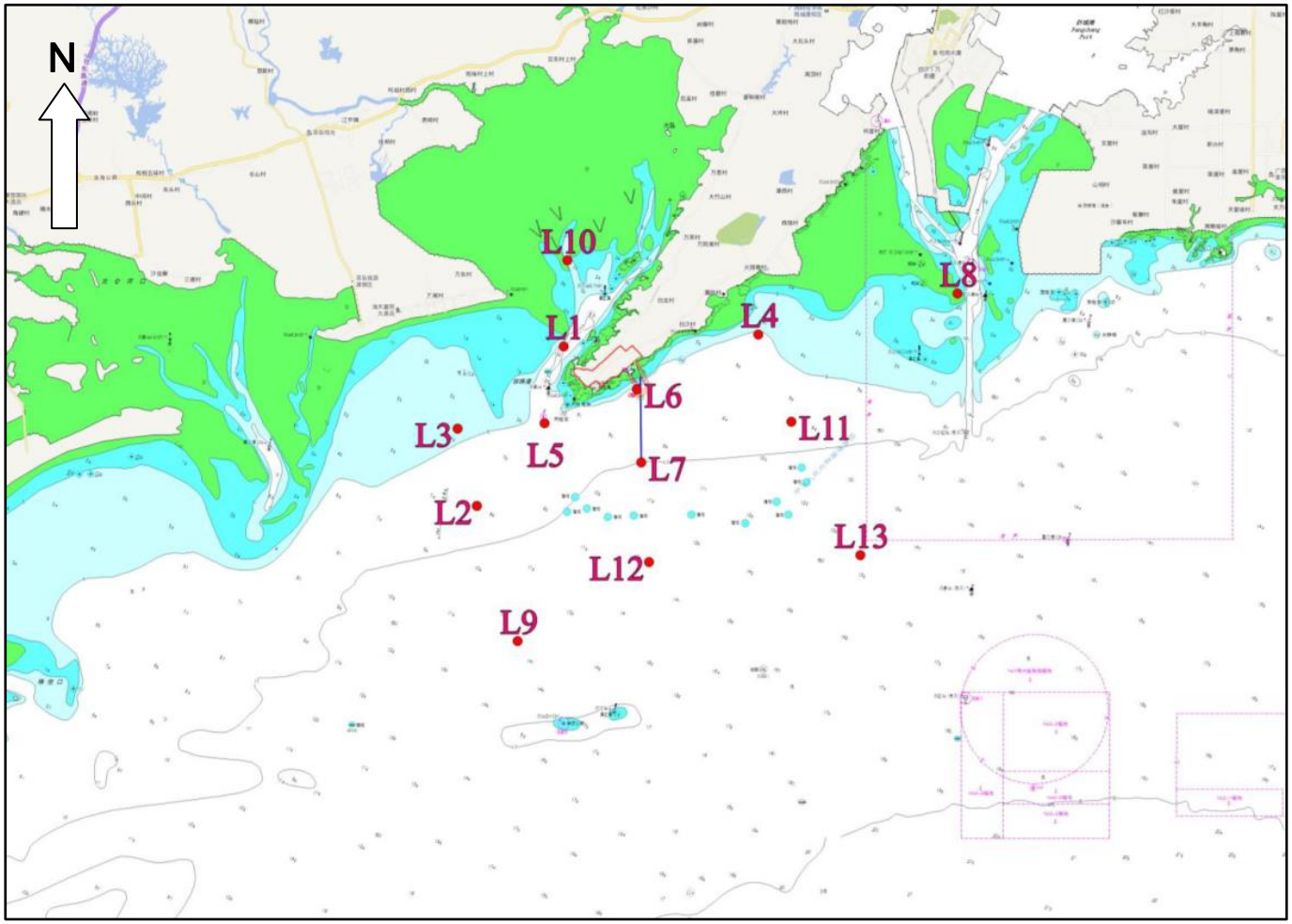


图2.5-2　冬夏季同步水文测验测站位置图

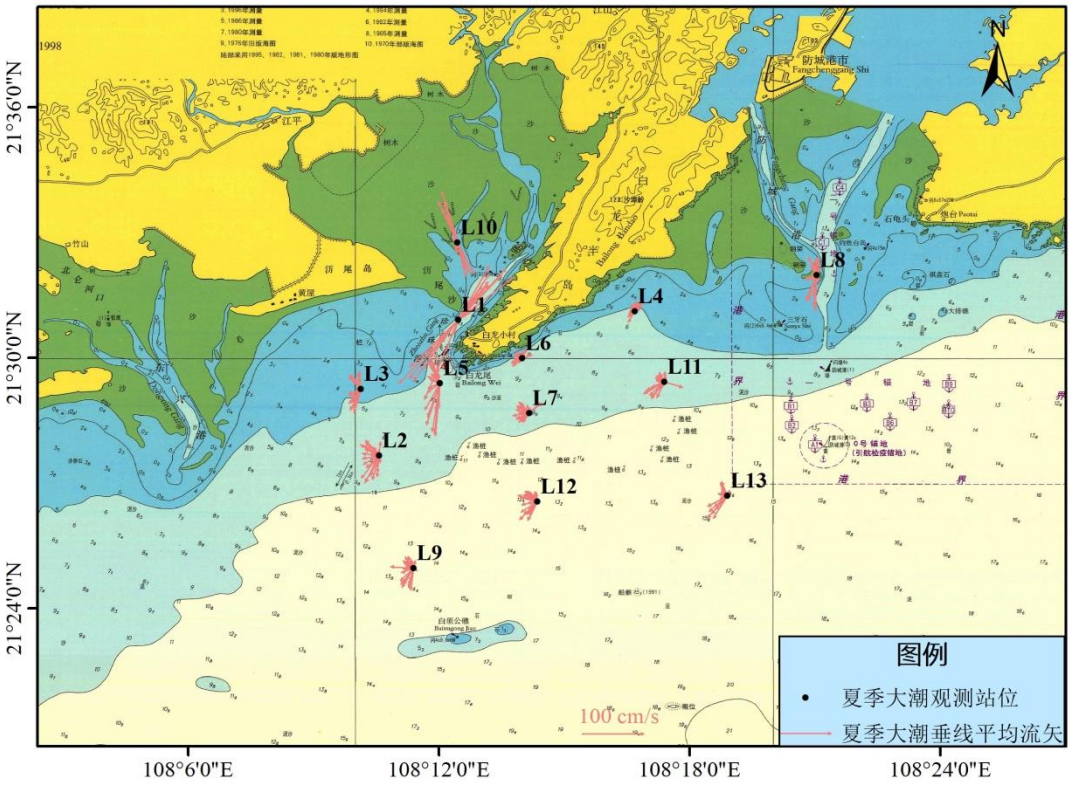


图2.5-3　垂线平均流矢图（夏季大潮）

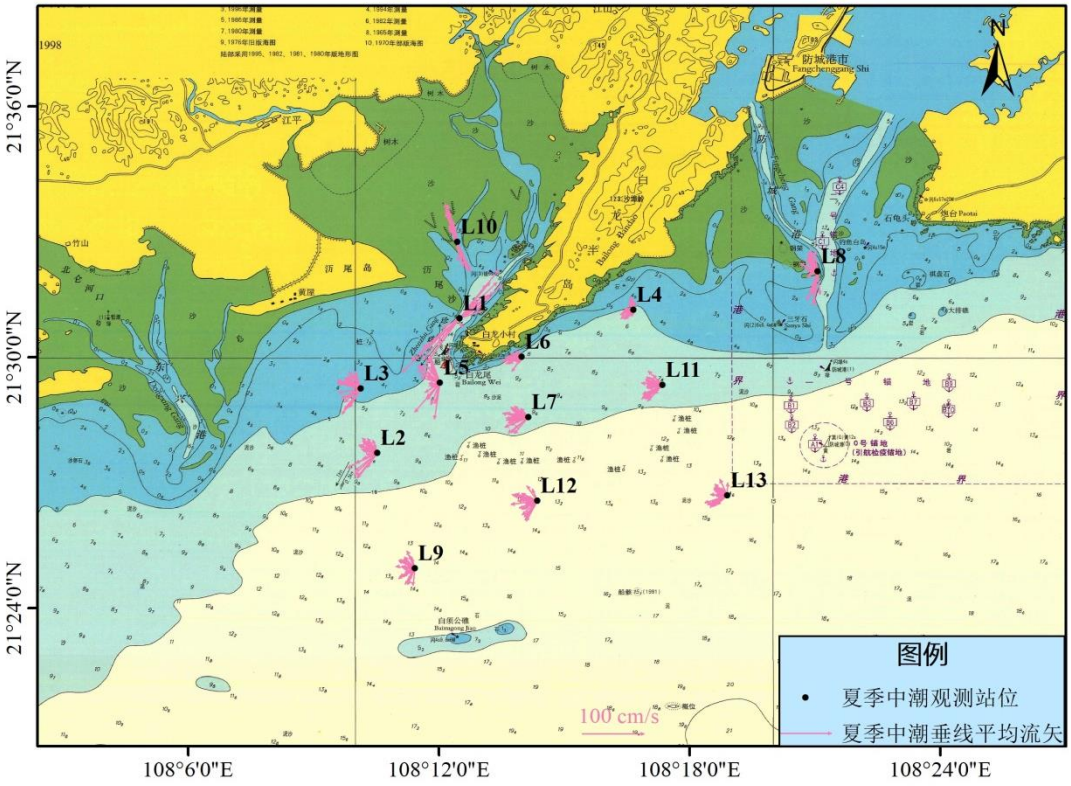


图2.5-4　垂线平均流矢图（夏季中潮）

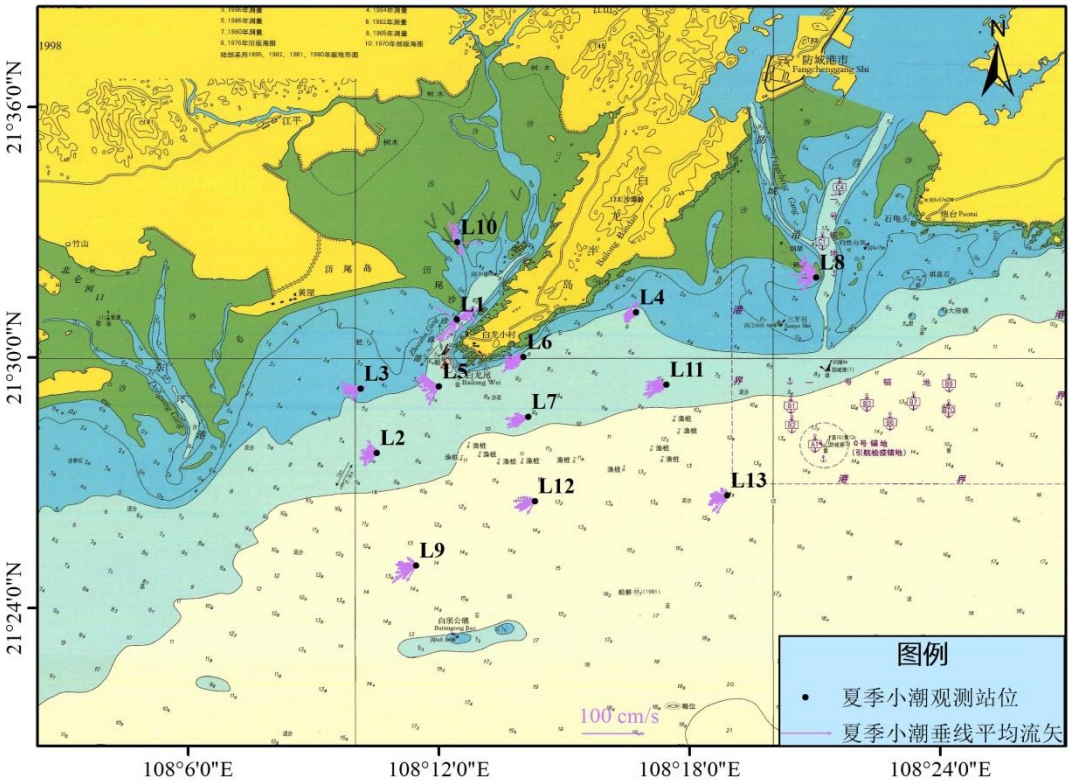


图2.5-5　垂线平均流矢图（夏季小潮）

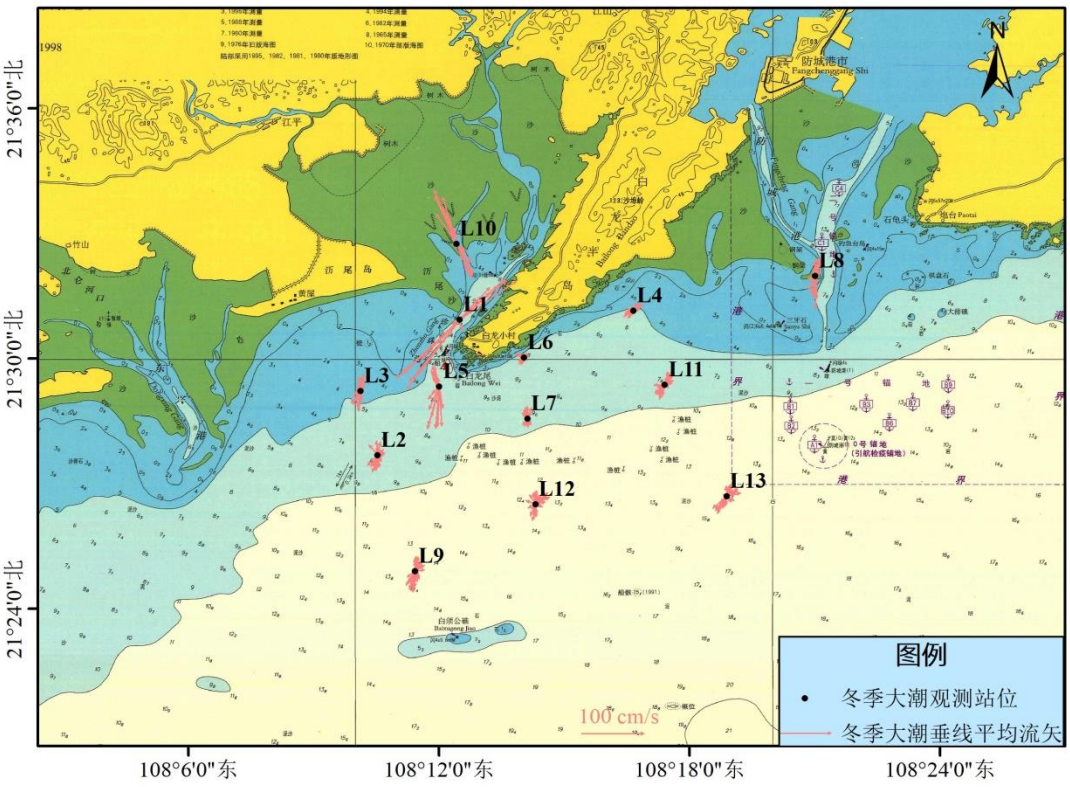


图2.5-6　垂线平均流矢图（冬季大潮）

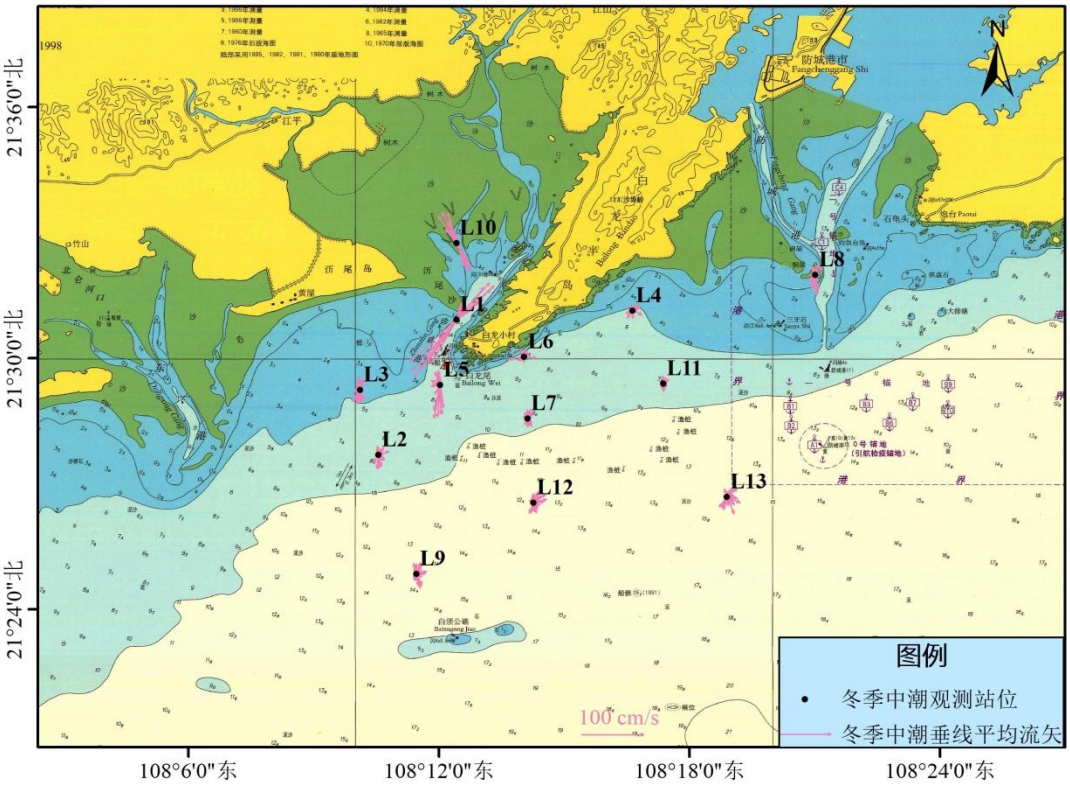


图2.5-7　垂线平均流矢图（冬季中潮）

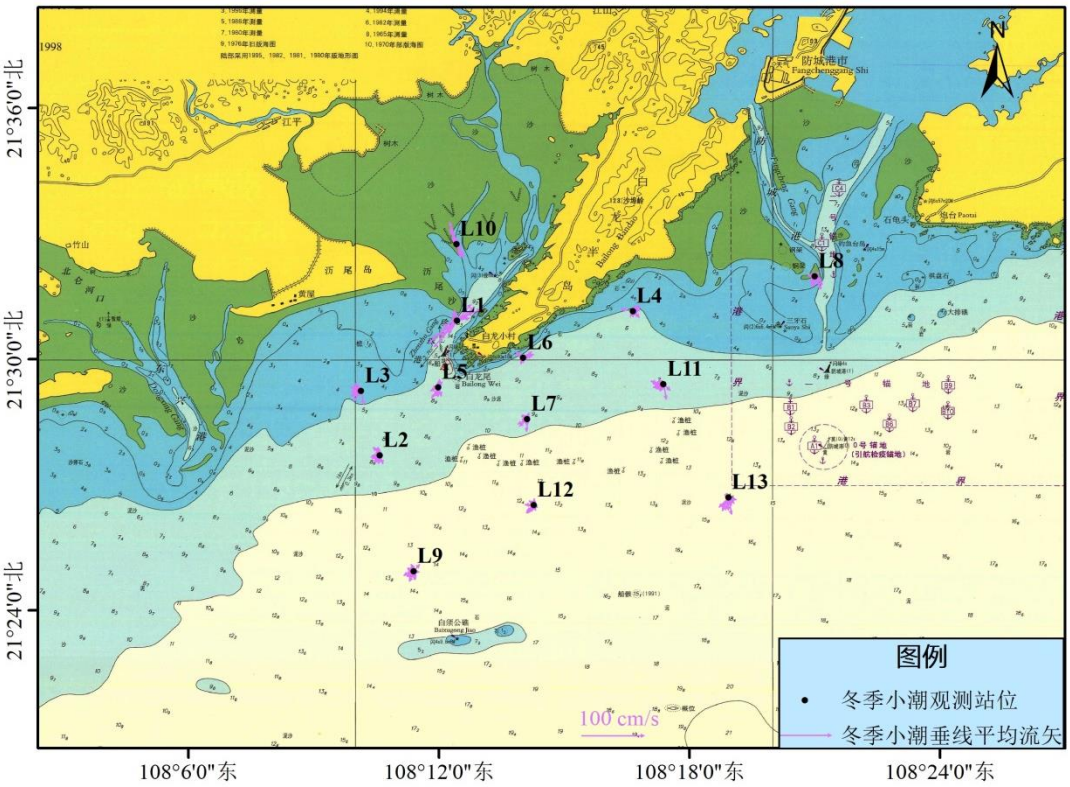


图2.5-8　垂线平均流矢图（冬季小潮）

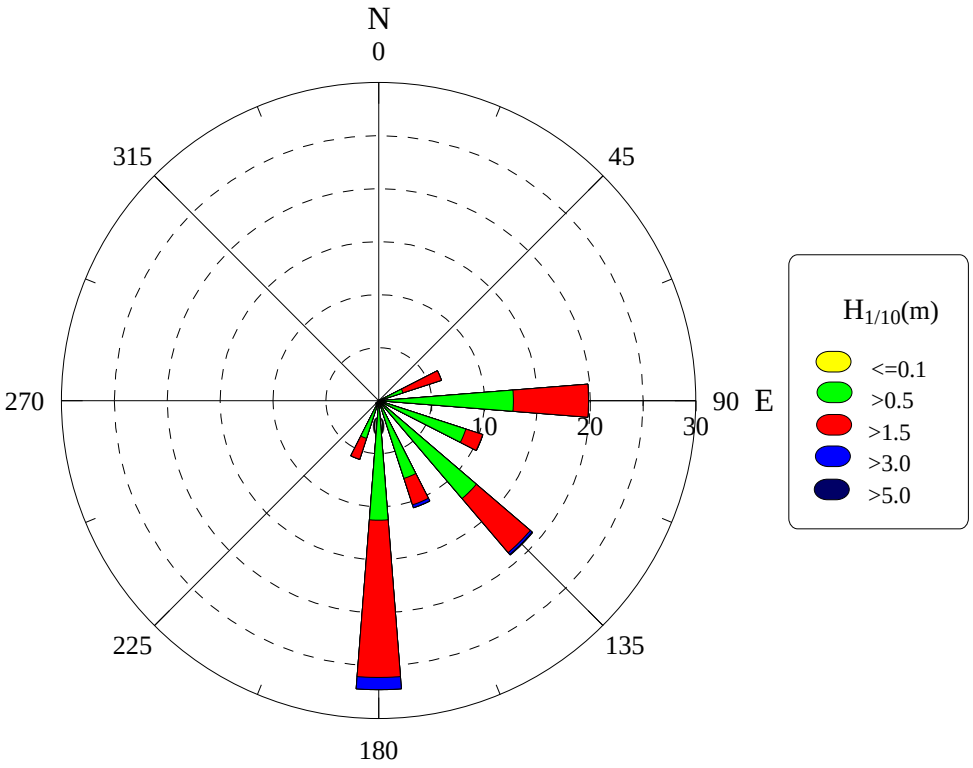


图2.5-9　整年$H_{1/10}$波高波向分级玫瑰图

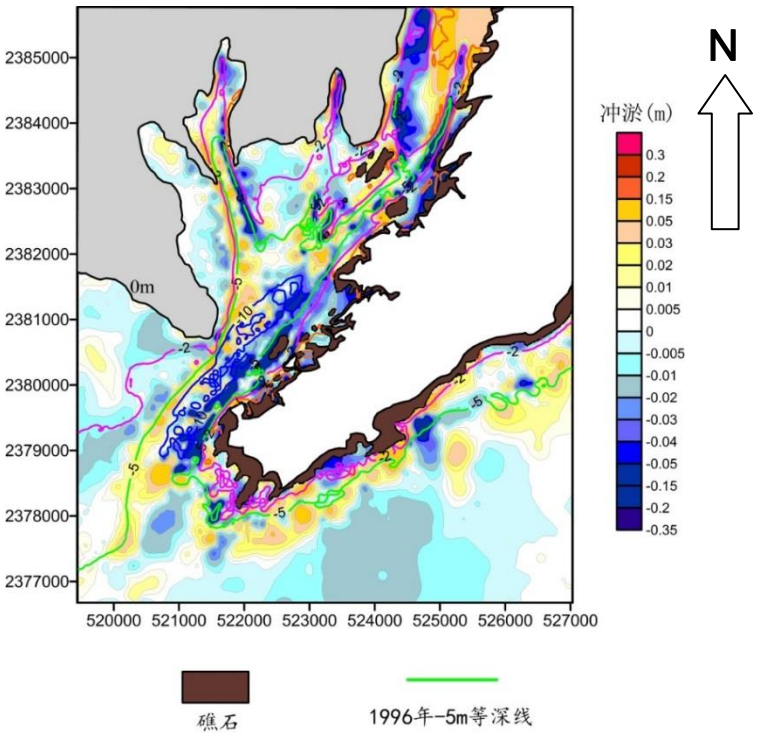


图2.5-10　工程海域1965-1996海床年平均冲淤分布图

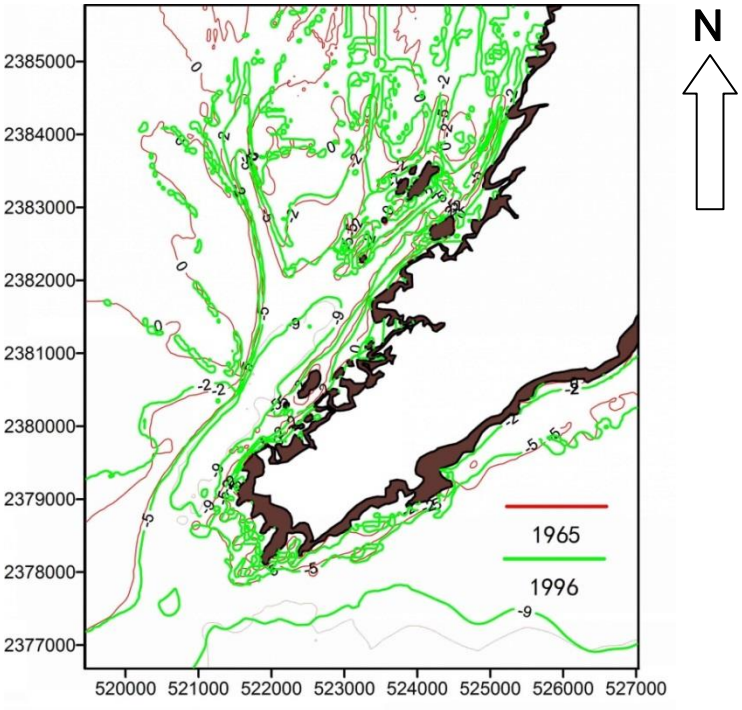


图2.5-11　工程海域1965-1996等深线对比

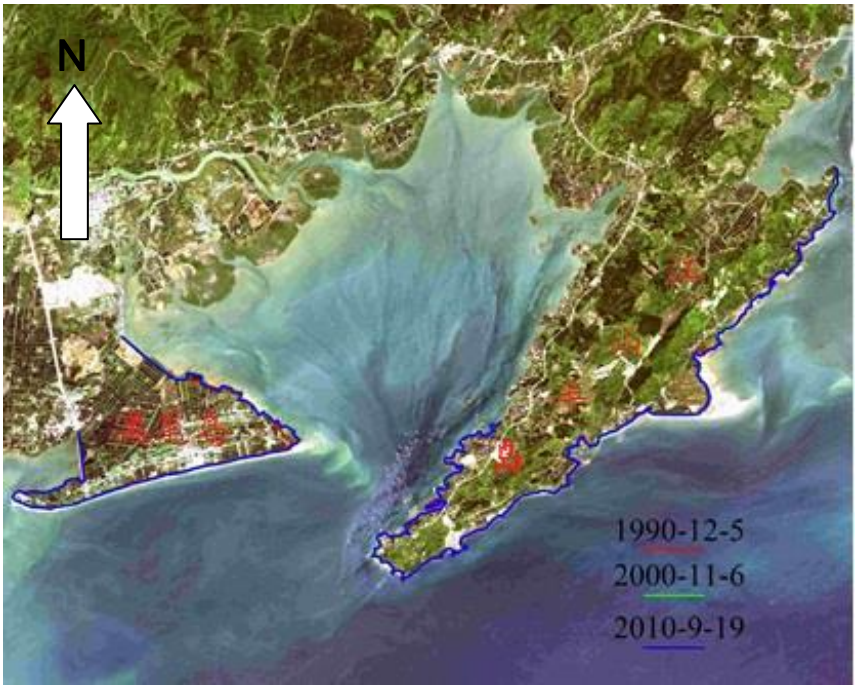


图2.5-12　江山半岛及漵尾岛海岸线1990~2010年变迁（底图为2010-9-19影像）

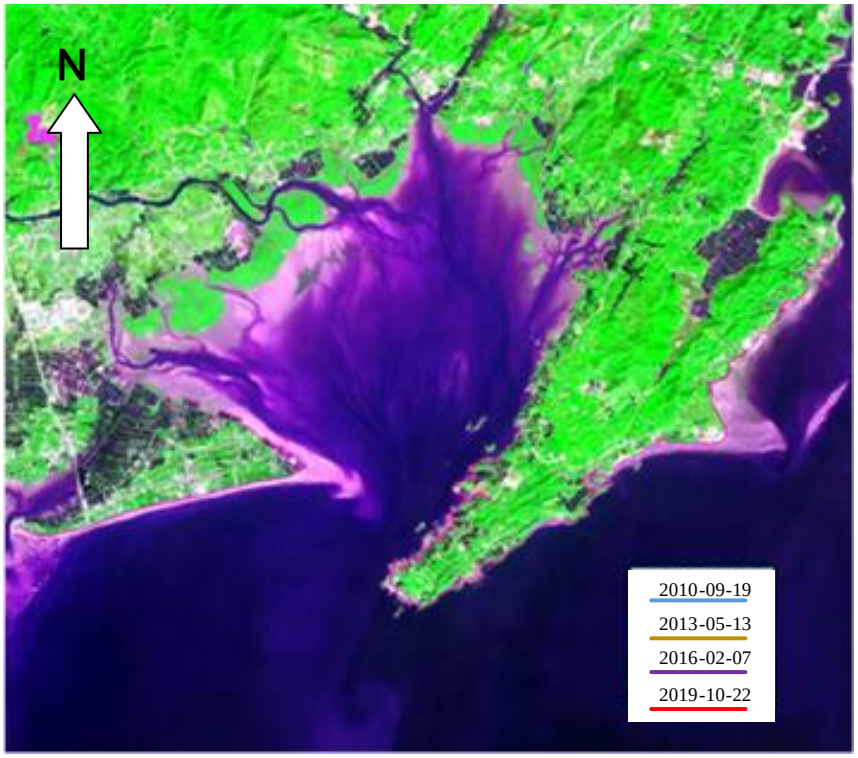


图2.5-13　江山半岛及漵尾岛海岸线2010~2019年变迁（底图为2016-2-7影像）

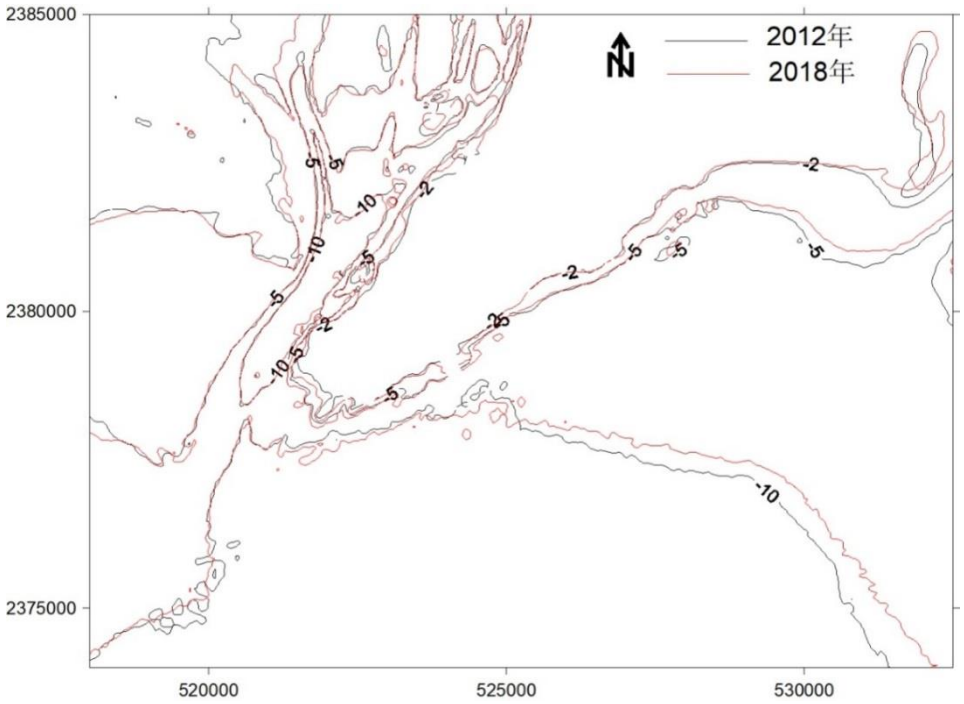
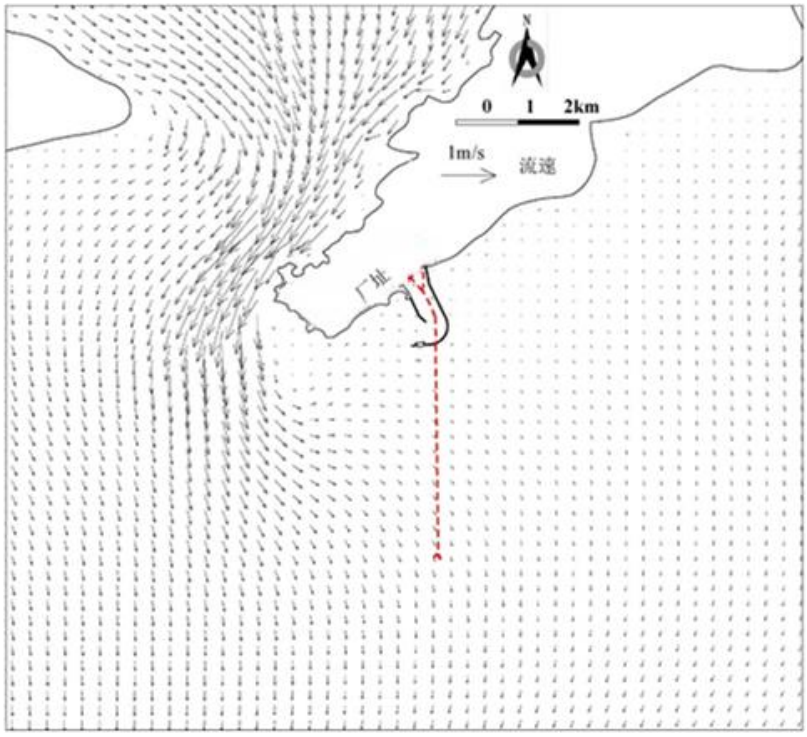
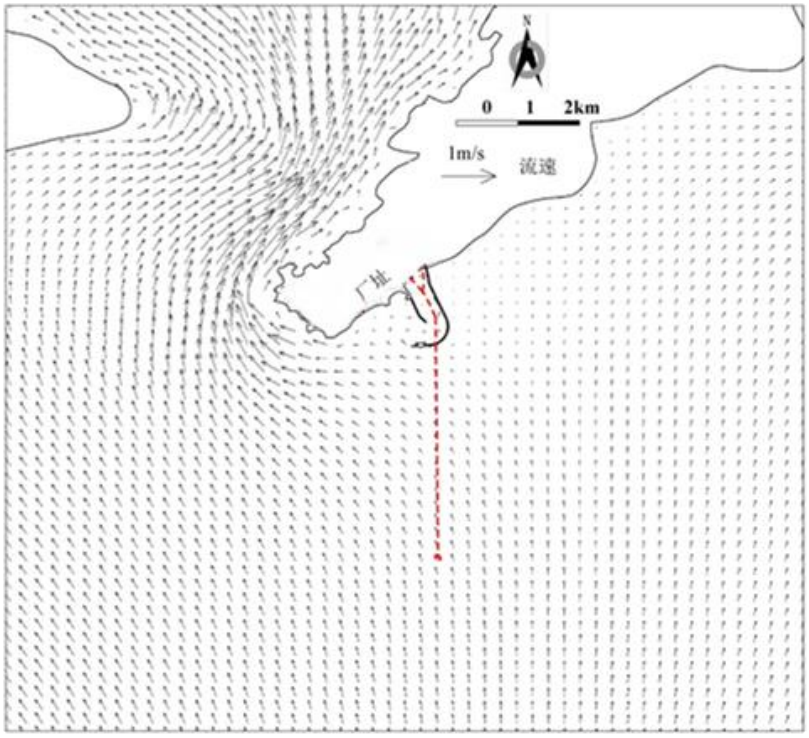


图2.5-14　工程附近海域2012~2018年实测水下地形等深线对比图



(大潮涨急时刻)



(大潮落急时刻)

图2.5-15　1、2号机组取排水工程建成前后流态对比图

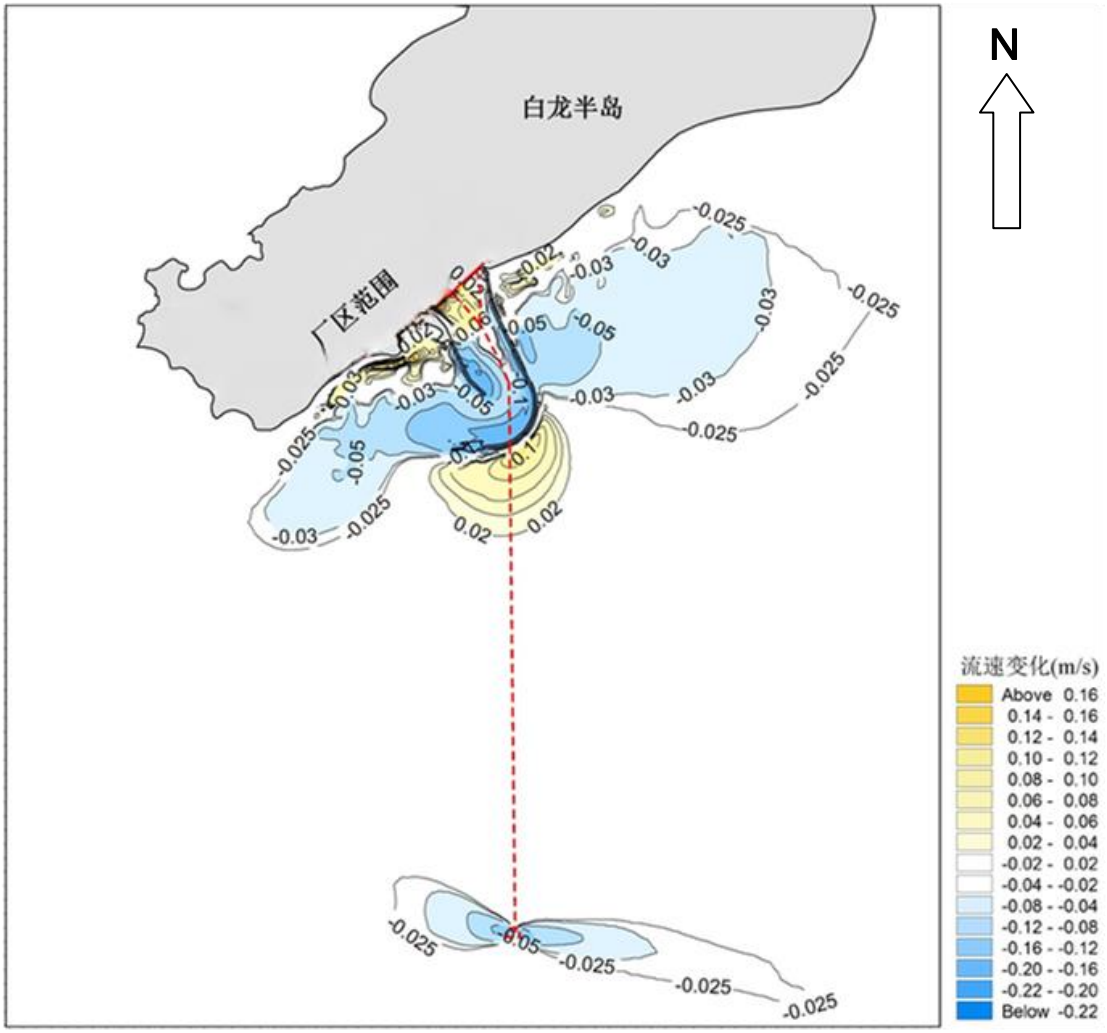


图2.5-16　1、2号机组取排水工程建成前后平均流速变化图

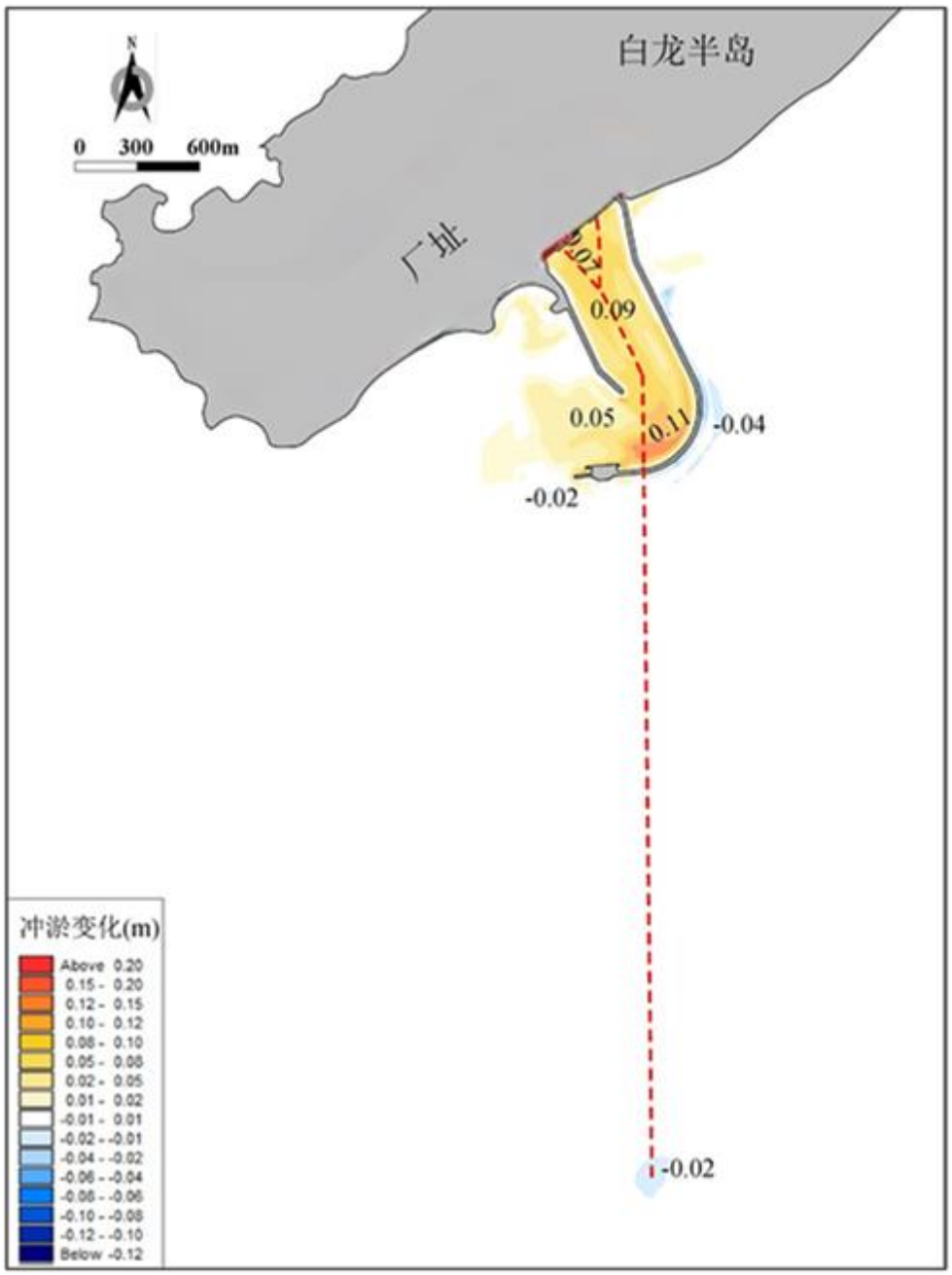


图2.5-17　1、2号机组取排水工程正常天气条件下工程海域年冲淤厚度分布图

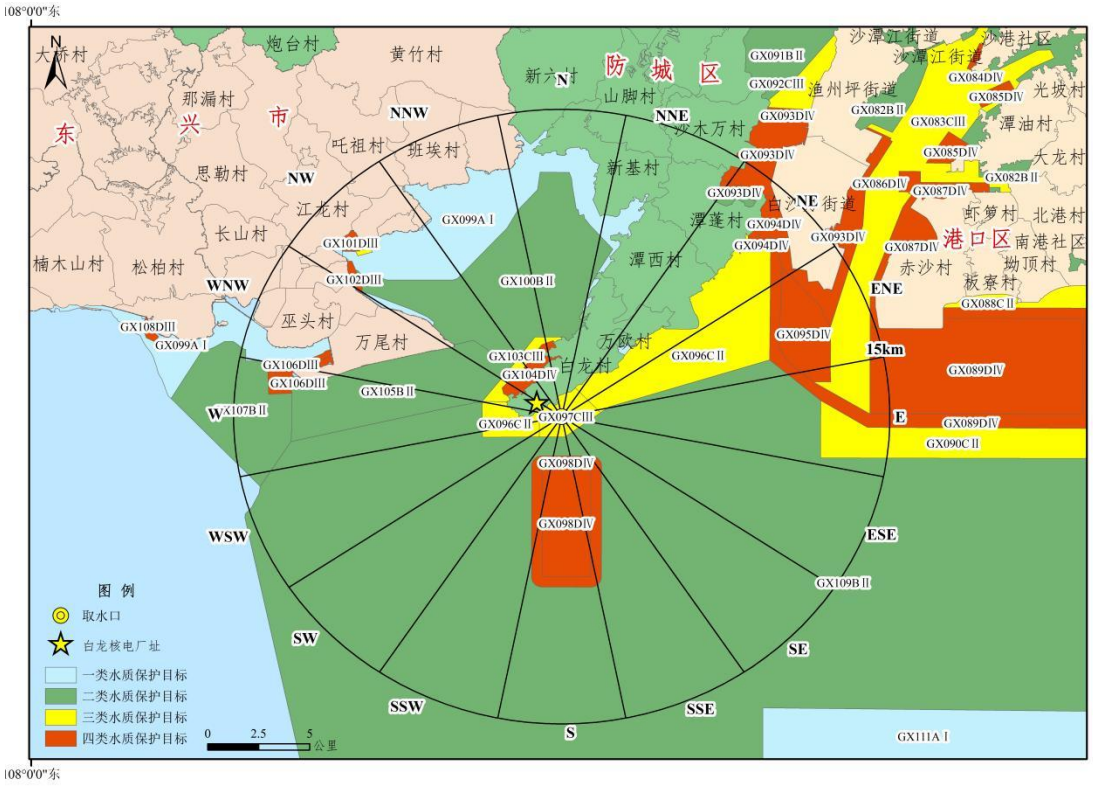


图2.5-18　取水口15km半径范围内涉及近岸海域环境功能区图

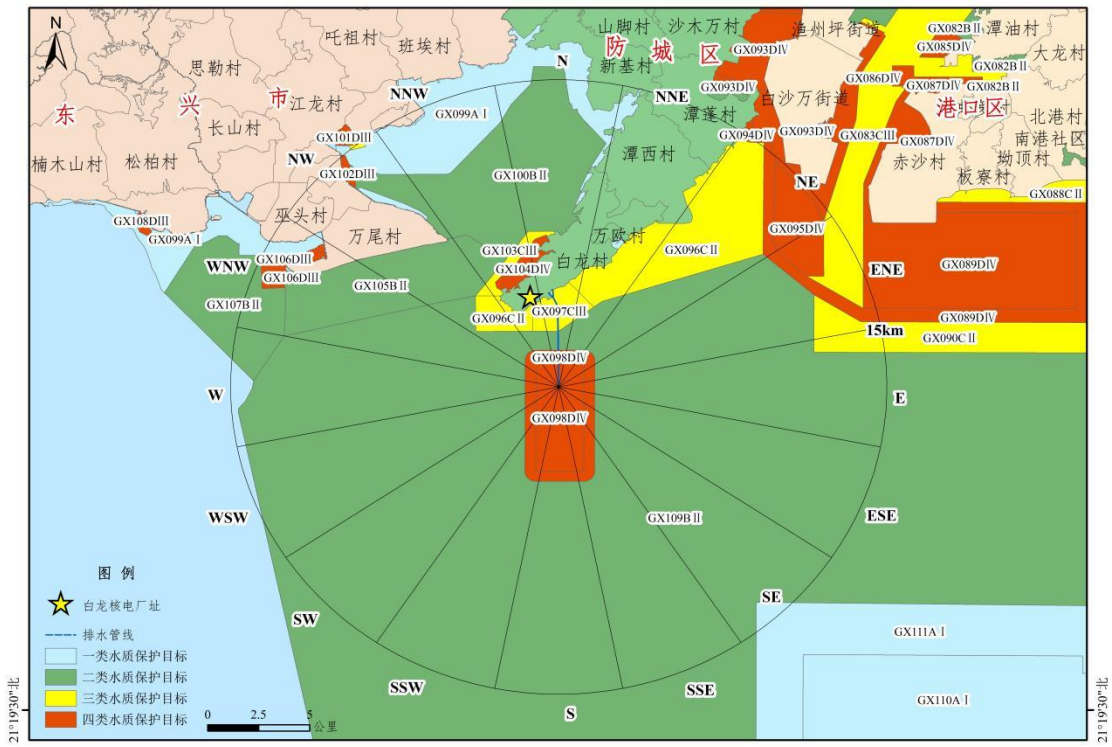


图2.5-19　排水口15km半径范围内涉及近岸海域环境功能区图

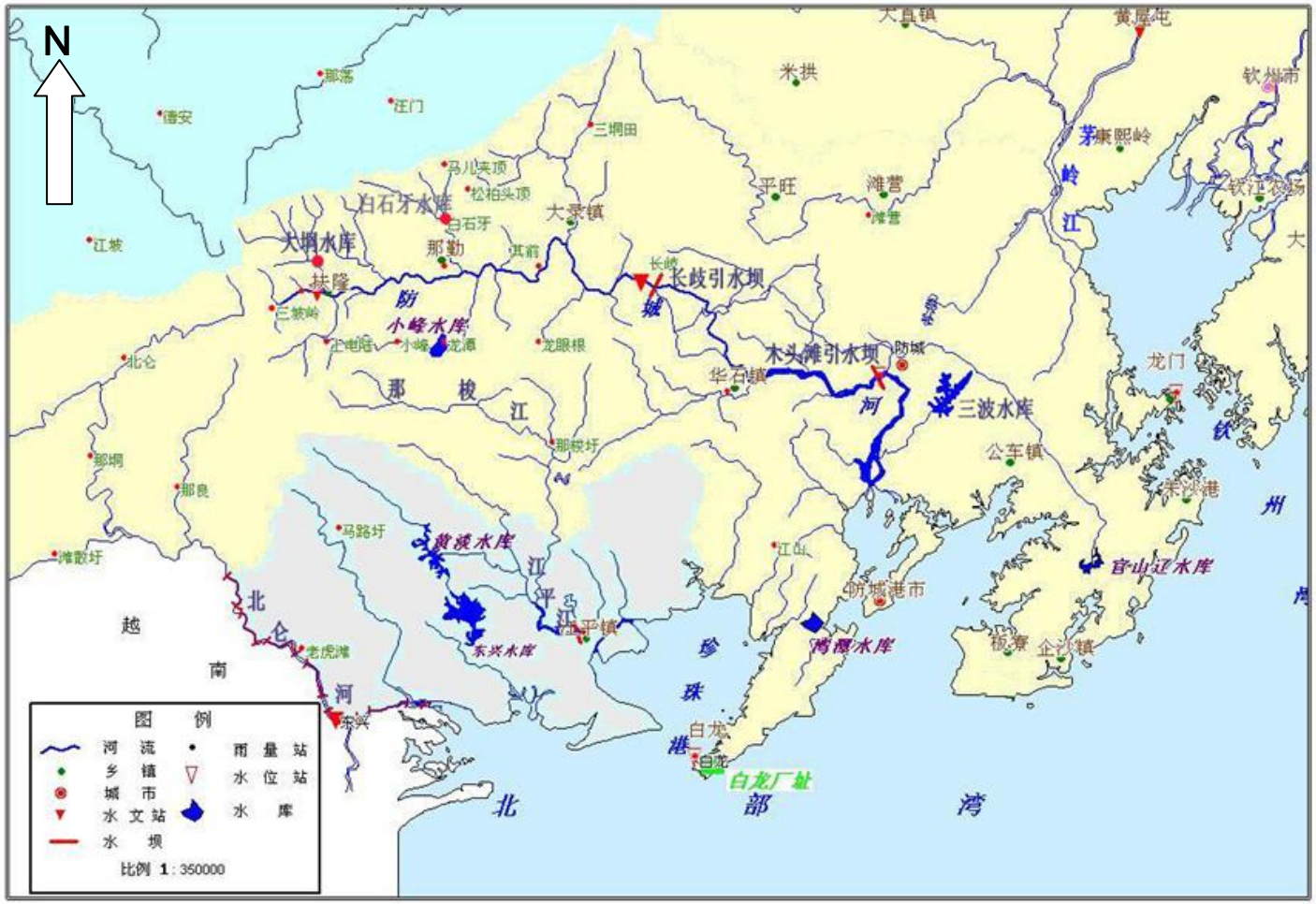


图2.5-21 厂址所在流域水系图



图2.5-22 厂址半径15km范围内河流分布情况

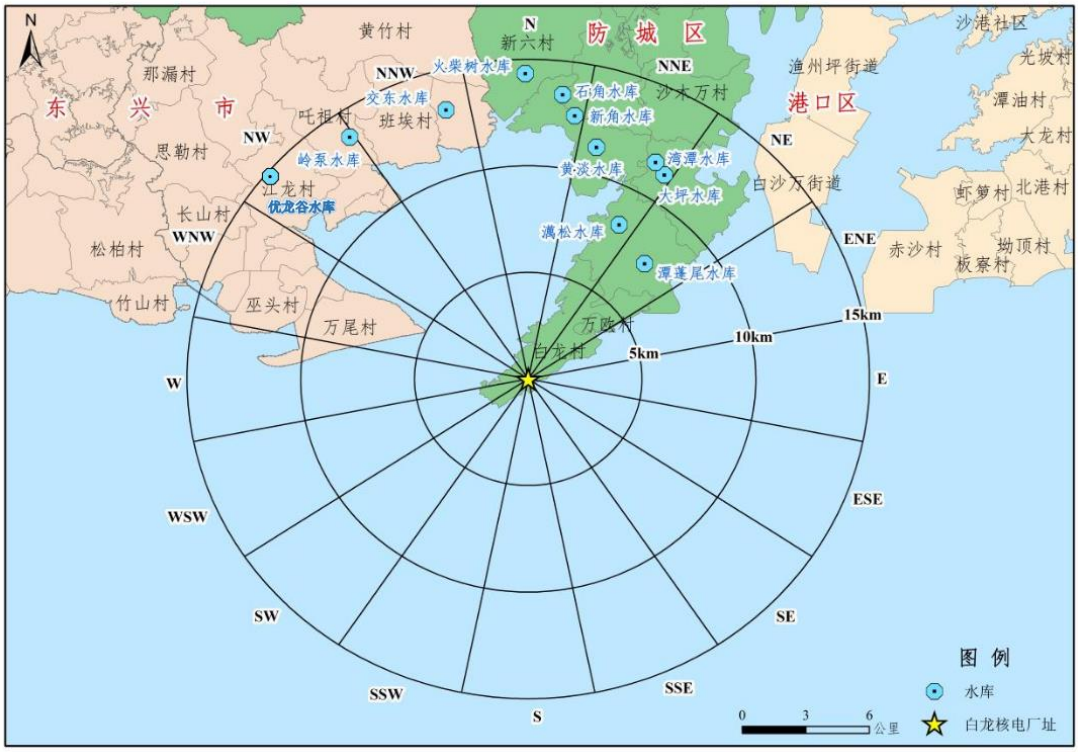


图2.5-23 厂址半径15km范围内水库分布情况

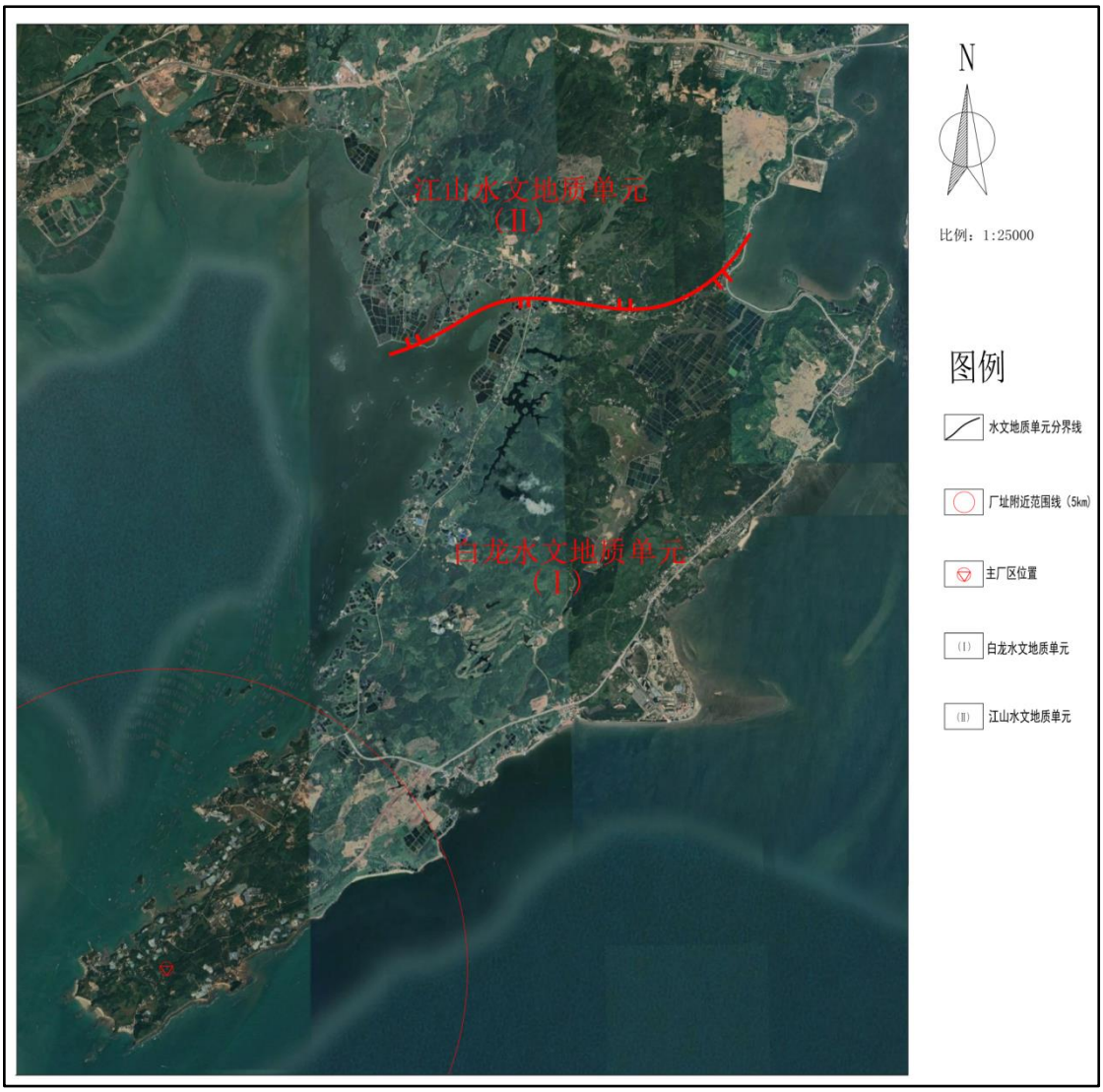


图2.5-24　水文地质单元分区示意图

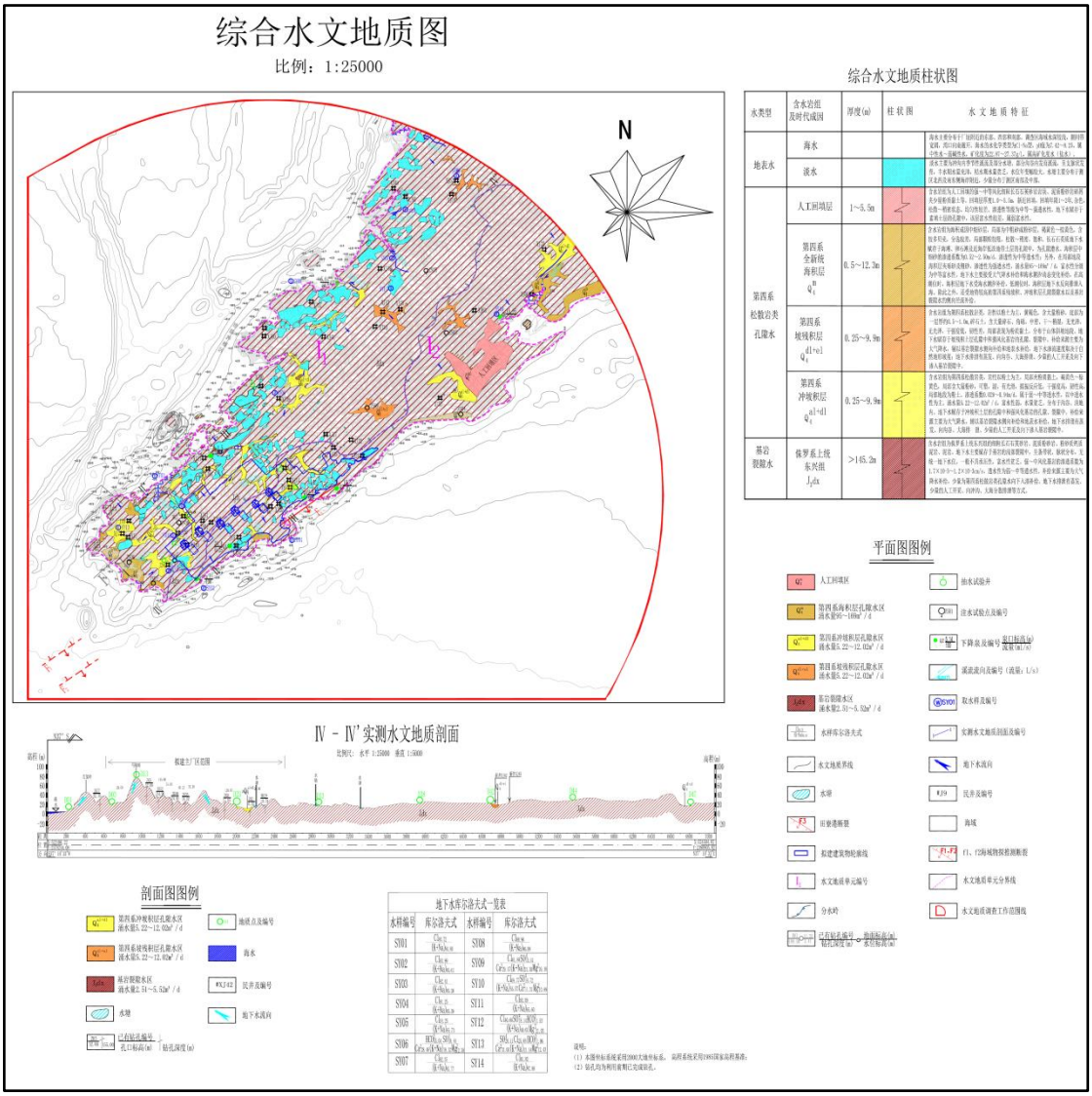


图2.5-25　厂址附近范围综合水文地质图

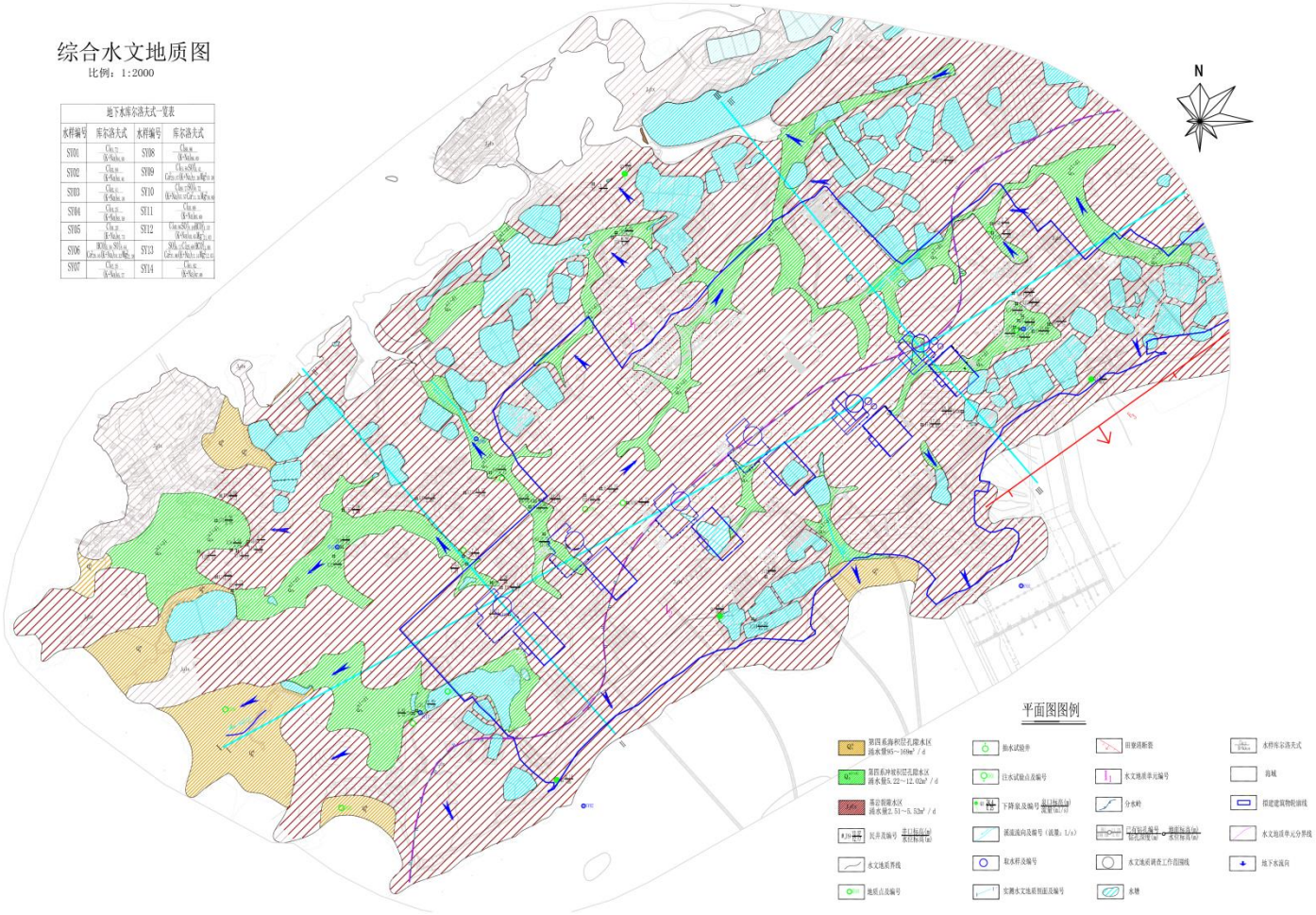


图2.5-26　厂址区综合水文地质图

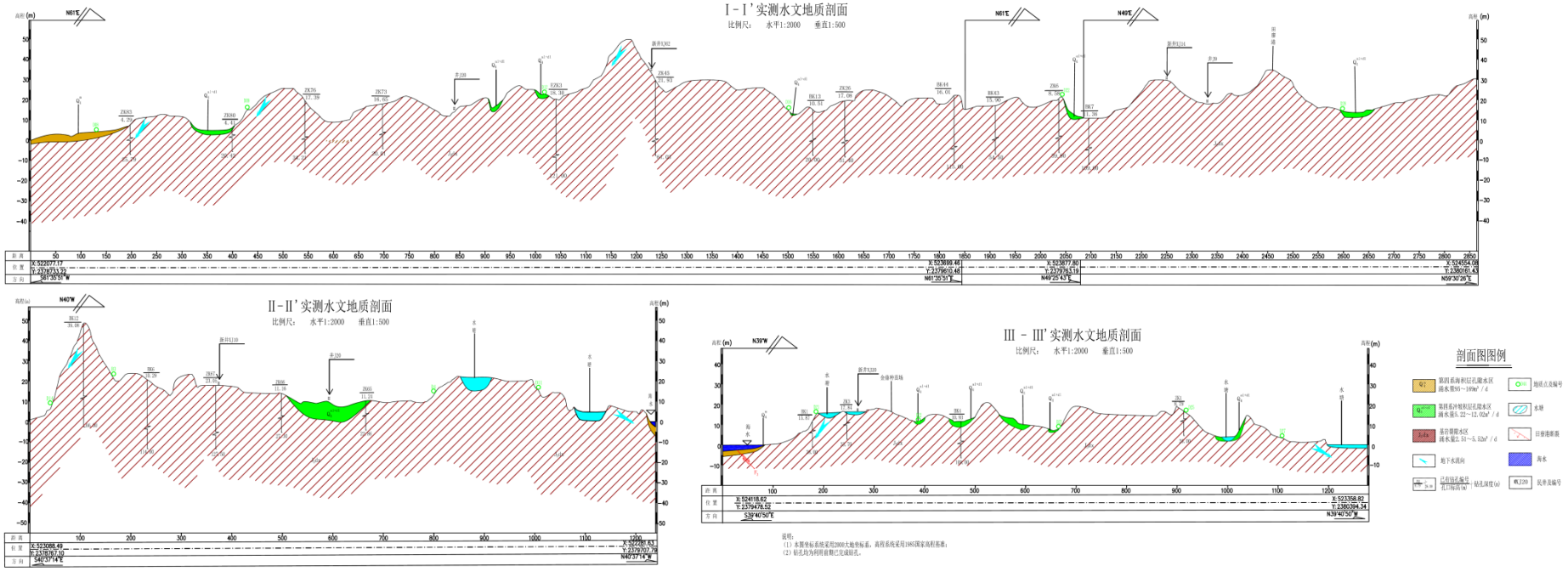


图2.5-27　厂址区水文地质剖面图

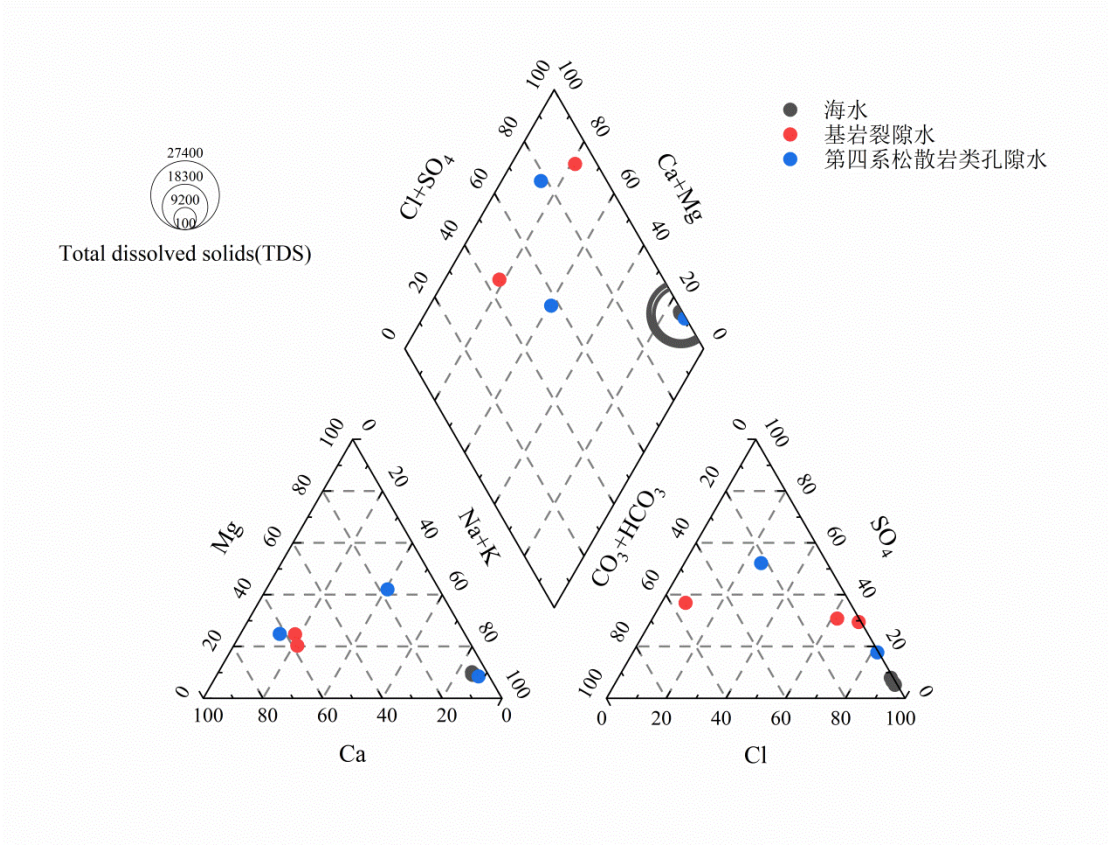


图2.5-28　厂址附近范围水化学图

2.6 地形地貌

厂址附近范围陆域属于我国南方沿海山地丘陵区的一部分，厂址附近范围内分布有丘陵地貌区（I）和海岸地貌区（II）和人工地貌区（III）三个地貌单元，详见地形地貌图（2.6-1）。另外还发育一些微地貌，主要为冲沟、陡崖、人工洞室、养殖池塘等。

厂址区主要位于丘陵地貌区（I），地形呈北东向条带状，中间地势较高，由一系列北东向的低山残丘组成，残丘标高一般为20.0~60.0m，最高点原哨所所在山顶标高约73.8m，两侧地势低，冲沟遍布，三面环海，仅东北方向与陆地相连。

目前厂址区场地尚未平整，仍为原始地貌。广西白龙核电厂 1、2 号核岛区域主要属于剥蚀丘陵地貌，地面标高在 8.0~30.0m 之间。冲沟地貌主要分布于 1 号核岛区域，为一人字形冲沟，沟底较平坦，沟底标高一般为 8.0~11.0m，宽度一般为 6.0~30.0m。

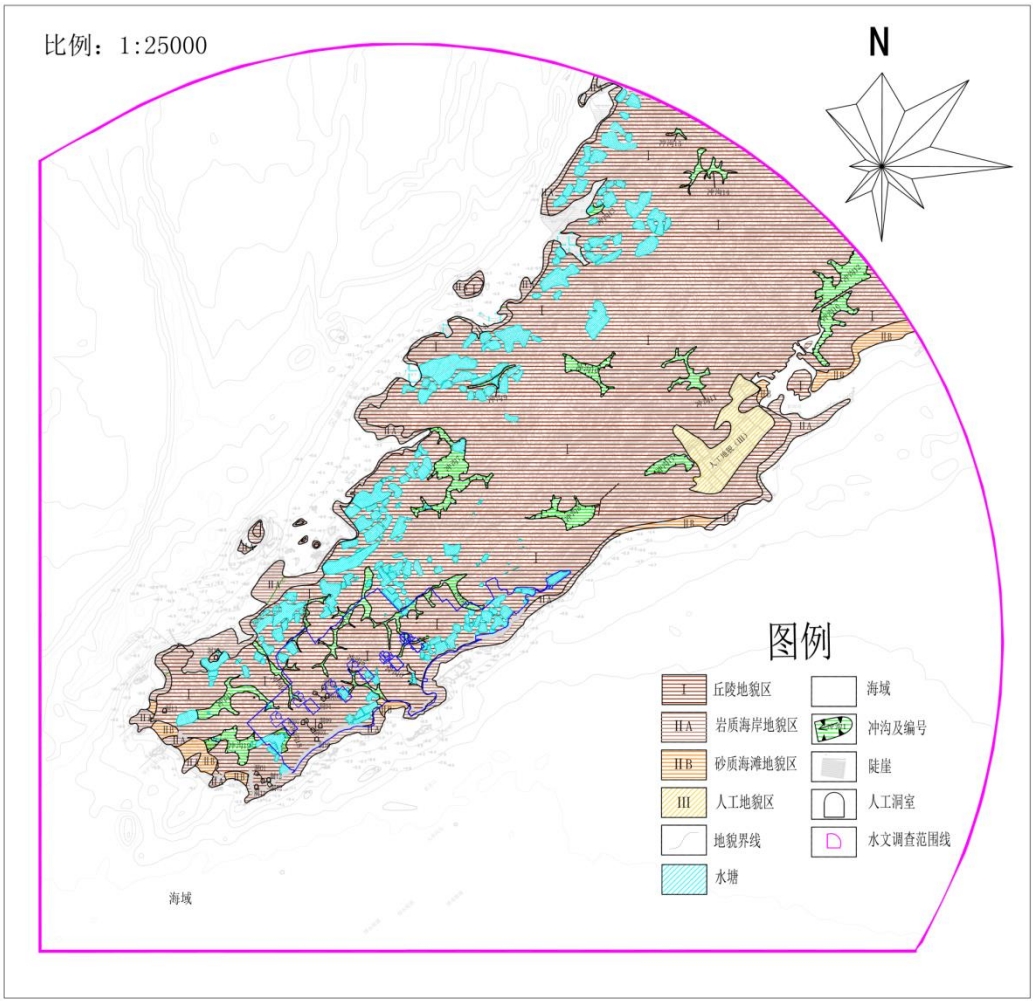


图2.6-1 厂址附近地貌图

第三章　环境质量现状

3.1　辐射环境质量现状

3.1.1　辐射环境本底（现状）调查

2016 年中国辐射防护研究院完成了本工程所在厂址环境辐射本底调查。由于该调查已过 5 年，中国辐射防护研究院于 2022 年 9 月至 2023 年 5 月对本工程所在厂址重新开展了环境辐射本底调查。并与 2016 年的监测结果进行了对比分析。

3.1.1.1　调查内容及范围

厂址环境辐射本底调查范围主要以 1 号机组为中心、半径 20km 的陆域以及以厂址取水口和液态流出物排放口附近的海域。调查对象为环境 γ 辐射、土壤、大气、地表水、地下水、饮用水、海水、沉积物等环境介质。调查方案见表 3.1-1。

3.1.1.1.1　环境 γ 辐射水平

1）陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率

调查范围为厂址半径 20km 范围，以 1 号机组为中心，按半径为 2km、5km、10km、20km 的 16 个方位角的扇形区域内布点，尽可能与 2016 年的布点一致，适当增加了部分点位，在人口稀少的山区适当减少测量点，在人口稠密的居民区域和最大风频下风向适当增加测量点。共设置 57 个测量点，监测频次为 2 次。

- 厂区范围布设 4 个测量点；
- 近密远疏，对于整个子区为海域的，该子区不布置测量点；
- 在人口稀少且交通非常不便的山区及岛屿适当减少测量点；
- 在人口稠密的居民区、主导下风向以及环境敏感点应适当增加测量点。

2）陆地环境 γ 辐射累积剂量

调查范围为厂址半径 20km 范围，共设置 57 个测量点，点位位置与陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率重合，监测频次为 1 次。

3）γ 剂量率连续测量

设置 1 个点位，布设在横港村。

3.1.1.1.2　陆地环境介质

1）气溶胶

分别在关键居民组横港村和最大风频下风向的怪石滩各布设 1 个采样点，共布设 2 个采样点。

监测项目为γ核素（^{7}Be、^{54}Mn、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co），监测频次为单次。

2）土壤

在半径 2km、5km、10km、20km 与 8 个方位角形成的扇形区域内布点（最大风频下风向适当加密），布点时考虑以下原则：

- 兼顾各个方位，在累积剂量测量点中选择点位；
- 设置在无水土流失的山地及田间；
- 兼顾农田、山地、丘陵等不同类型的土壤。

在剂量率监测点位中选取土壤采样点位。监测项目包括γ核素（^{40}K、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs、^{226}Ra、^{54}Mn、^{232}Th、^{238}U）和 ^{90}Sr，监测频次为 1 次。

3）陆地水体（地下水（饮用水）、地表水和沉积物）

- 地下水（饮用水）、地表水

当地饮用水来源即为地下水，因此将两种水体联合采样，共布设 5 个点位。地下水监测项目为γ核素（^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs）、总α、总β、^{3}H、^{90}Sr。地表水的监测项目为γ核素（^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs）、^{3}H、^{90}Sr。监测频次为 1 次

- 沉积物设 2 个采样点：

沉积物的监测项目为γ核素（^{40}K、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs、^{226}Ra、^{54}Mn、^{131}I、^{232}Th、^{238}U）和 ^{90}Sr，监测频次均为单次。

3.1.1.1.3　受纳水体（海水和沉积物）

在厂址附近适宜取水处各设 1 个采样点，其中在排水口点位采集 1 个平行样品，点位位置与海洋沉积物重合。海洋沉积物共布设 3 个点位，采样点与海水采样点一致，包括取水口、排水口附近潮间带土。样品包括 2 个潮下带（厂址取水口和排水口）和 1 个潮间带（怪石滩）。

海水的监测项目为γ核素（^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs、^{110m}Ag、^{106}Ru）、总α、总β、^{3}H、^{90}Sr，海洋沉积物的监测项目为γ核素（^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs、^{106}Ru、^{110m}Ag）和 ^{90}Sr，监测频次均为单次。

3.1.1.2　样品的采集和预处理

1）环境γ辐射水平

陆地环境γ辐射空气吸收剂量率：依据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），采用 RP3000B 型高气压电离室进行测量。测点距附近高大建筑物的距离大于 30m，高气压电离室具有足够的灵敏度和准确度，能量响应特性好，能适应在各种环境下的测量工作。测量时仪器的有效中心离地面 1 米高。

原野贯穿辐射剂量率连续监测：原野贯穿辐射剂量率连续监测共布设了 1 个点位，为关键居民组横港村，仪器均布设在房顶上。测量仪器为 RP3000B 型高气压电离室。仪器每 1 分钟给出一个结果，连续监测，对每小时内的平均结果进行统计。

陆地环境γ辐射累积剂量：测量方法依据《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》（GB/T10264-2014），测量仪器采用中国辐射防护研究院生产的 LiF（Mg、Cu、P）热释光剂量元件进行测量，读数器采用中国防化研究院生产的 RGD-3 型热释光剂量仪。

热释光剂量计现场放置地点的选择尽量能代表总的被测环境，尽可能远离可引起辐射入射方向反常或干扰辐射场的高大密集的物体。剂量计可挂在铁栅栏、小树或轻质木柱上。

在放置期间由于各种原因有 3 个样品丢失。累积剂量的布设点位与剂量率测量点位重合。

2）气溶胶和空气中 ^{131}I

气溶胶：空气中气溶胶样品的采集采用青岛崂应公司生产的 2031 型大流量采样器，滤膜采用 PP 滤膜，其规格为 20cm×25cm，先检查有无漏光现象，将完好无损的滤膜编号、登记、称重。每个采样点采样的时间为连续 7~8 天，中间不间断，昼夜连续采样，瞬时流量一般调为 1.05m^3/min，采集量约 10000m^3，采样结束后详细地记录开机与关机的时间及相关的环境数据，记录采样量，并在样品袋上注明，以便样品交接。进入实验室后，将滤膜用专用刀具切割成 Φ75mm 的圆形，装入 Φ75mm 的样品盒中，压实后直接进行γ谱测量。

空气中 ^{131}I：使用崂应公司生产的 2030 型中流量空气采样器配定制的采样头采集，采样时空气先通过气溶胶滤膜，再通过装有活性炭的碘盒，从而将空气中的碘全部捕集。采样头在建筑物外距离地面 1.5m 以上的高度进行，取样流量为

100L/min，累积取样体积在 100m^3 以上。

3）土壤和底泥

土壤：土壤的采样工具为表层土壤采样器，采样前用自来水冲洗干净，采样容器为自封袋，再装入布袋内，采样点位与对应的辐射场测量点位一致。在比较开阔的未耕区，面积在 1m×1m 范围内，去除采样点表层土后，按五点法（四角和中心）在土壤表层下 1cm~5cm 处采集样品，混合成原始样品。土壤样品进实验室后，进行如下预处理：a.剔除杂草、碎石等异物，样品量取 2~3kg；b.将样品倒在托盘中晾干；c.在干燥箱中经 100°C 烘干；d.用粉碎机将样品进行粉碎，粉碎过的样品过筛（60~80 目），充分混合均匀后装入 φ75mm×50mm 的聚乙烯塑料盒中，称重；e.用胶带密封样品，放置 2~3 周后进行 γ 谱测量；其余样品放置在干燥器内，供放化分析。

采集的土壤主要为田埂地头不被耕种的表层土壤、草地和树林等受人类活动影响较小的区域的土壤和不发生水土流失的田间土壤等，每个样品的采样量一般大于 2kg。

底泥：底泥样品用沉积物采样器伸入河塘底部挖取，将采集到的底泥剔除明显的石子、草根等杂物后装入聚乙烯塑料袋内，再装入布袋内，写明样品名称、编号和采样时间等信息。运回实验室后进行如下处理：a.剔除草根等杂物，样品量取 2~3kg；b.将样品倒在托盘中晾干；c.在干燥箱中经 100°C 烘干；d.用粉碎机将样品进行粉碎，粉碎过的样品过筛（60~80 目），充分混合均匀后装入 φ75mm×50mm 的聚乙烯塑料盒中，称重；e.用胶带密封样品，放置 2~3 周后进行 γ 谱测量；其余样品放置在干燥器内，供放化分析。

4）地表水、地下水（饮用水）

水样品包括地表水和地下水（饮用水），其中地表水的 5 个采样点均为水库水，地下水采集的都是井水，当地饮用水即为地下水，即对饮用水和地下水联合采样。

地表水用塑料桶直接采集表层水，采样时使用橡皮筏在远离岸边 5m 左右位置采集表层水，避免采集到水面的漂浮物；地下水（饮用水）从出水口直接接取至塑料桶中。

对于放射性测量，地表水、地下水（饮用水）每个样品采集 50L 左右，在现场进行酸化处理后，运回实验室。对于分析 ^3H 的样品采集 2.5L，在现场不做

任何处理，采集好样品后用汽车直接运回实验室。

在实验室内对于分析 ^{3}H 的样品采用电解浓集的方法进行处理，用液闪测量。

对于供γ谱分析用的水，采用蒸发的方法，将样品浓集到200mL后，用HpGeγ谱仪测量。γ谱测量完成后，将浓集后的水样采用如下方法处理后供 ^{90}Sr 分析用：在浓集后的水样中加入1.00mL浓度为50mg/mL的锶载体溶液和2.00mL浓度为20mg/mL的钇载体溶液。充分搅拌后，用氨水调节溶液的pH至8~9，加入适量氯化氨，搅拌到固体溶解后，再加入碳酸铵，使钙完全沉淀，搅拌1小时。如沉淀量太少，可适当加入Ca载体100~300mg，静置2天。用虹吸法吸去上清液，过滤残渣，将碳酸铵溶解后，用氨水调节pH值至1.0，通过色层柱，使钇与锶、铯等低价离子分离。再以 1.5mol/L 硝酸淋洗色层柱，清除钇以外的其它被吸附的离子，并以6mol/L硝酸解析钇，实现钇的快速测定，水样中 ^{90}Sr 的浓度根据其子体钇-90的β活度来确定。

5）受纳水体（海水和海洋沉积物）

海水的采集是租用当地渔民的渔船采集，采集到的海水放置后取上清液，保证样品清澈透明无杂质。用于γ谱分析和放化分析的海水每个采集100L，完成现场酸化后，运回实验室进一步处理。用于 ^{3}H 的样品，不酸化直接运回实验室处理，^{3}H 分析的样品每个采集2L。

海洋沉积物样品的采集是租用当地渔民的渔船采集，沉积物用斗式采泥器抓取，采集到的沉积物混有少量的碎裂贝壳，剔除明显的杂质后，装入自封袋内，再装入布袋内，运回实验室后进行如下处理：a.剔除贝壳等杂物，样品量取2~3kg；b.将样品倒在托盘中晾干；c.在干燥箱中经100℃烘干；d.用粉碎机将样品进行粉碎，粉碎过的样品过筛（60目），充分混合均匀后装入Φ75mm×50mm的聚乙烯塑料盒中，称重；e.用胶带密封样品，放置2~3周后进行γ谱测量；其余样品放置在干燥器内，供放化分析。

3.1.1.3　测量仪器和分析方法

各分析测量项目在选定分析测量方法时，有国家标准的，一律采用国家标准，没有国家标准的选用行业标准或经权威专家认可的方法。测量项目所采用的仪器、仪器性能及测量方法依据见表3.1-2，环境介质分析方法探测限见表3.1-3。方法探测限是在一定样品量和一定测量时间下计算得到的，实际测量中部分样品探测限略高于理论计算值，原因如下：1.实际样品测量的样品量小于理论计算值，

探测限升高，2.仪器的相对效率低于理论值，探测限升高，3.样品中天然放射性核素水平较高，导致康普顿坪升高，导致样品的全能峰总计数升高，探测限升高。因此，上述情况不影响总体测量结果。

3.1.1.4　调查结果

3.1.1.4.1 资料调查结果

1）广西壮族自治区、防城港市的原野贯穿辐射剂量率资料

根据《广西壮族自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护,1992,12（5）），报告中给出了广西壮族自治区全区及各地区（市）的原野及道路γ辐射剂量率调查结果，但未体现防城港市的相关情况。考虑到防城港市毗邻北海市和钦州地区，报告中给出其相关剂量率测量结果以作参考。具体见表3.1-4。

2）广西壮族自治区、防城港市的土壤辐射本底资料

相关资料来源于公开发表的期刊文章，具体为：

根据《广西壮族自治区土壤中天然放射性核素含量调查研究》（辐射防护,1993,13（4）），报告中给出了广西壮族自治区全区及各地区（市）土壤中天然核素的调查结果，包括^{238}U、^{226}Ra、^{232}Th和^{40}K，但未体现防城港市的相关情况。考虑到防城港市毗邻北海市和钦州地区，报告中给出其相关剂量率测量结果以作参考。具体见表3.1-5。

3）厂址80km范围内核设施、铀钍矿设施及核技术利用设施概况

厂址半径30km范围内没有核设施。

厂址位于广西壮族自治区防城港市，中广核防城港核电站位于厂址ENE方向，约40km处，其基本情况如下：

广西防城港核电站位于广西壮族自治区防城港市港口区光坡镇原红星村村委会西侧的丘陵及滩涂处，建设规模为6台百万千瓦级压水堆核电机组。

中广核防城港核电站一期工程1、2号机组为CPR1000机组，分别于2016年1月1日和10月1日投入商业运行，二期工程3、4号机组采用“华龙一号”三代核电技术，分别于2023年3月25日和2024年5月25日投入商业运行。三期工程5、6号机组也将采用华龙一号技术，目前正在推进前期工作。

厂址半径 30km 范围内没有铀、钍矿设施。

厂址半径 15km 范围内没有“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施，没有同位素生产以及非密封放射性同位素的应用，无伴生放射性矿。

厂址半径 5km 范围内未涉及Ⅰ类和Ⅱ类放射源的应用。

3.1.1.4.2 现场调查结果

1）环境γ辐射水平

a）点位布设

地表γ辐射剂量率/原野贯穿辐射累积剂量调查范围为 20km，以厂址地理位置为中心，距离厂址半径 2km、5km、10km、20km 与 16 个方位角形成的扇形区域内布点，在人口稀少的山区适当减少测量点，在人口稠密的居民区域和最大风频下风向适当增加测量点。

陆地环境γ辐射空气吸收剂量率共布设 57 个测量点位，其中厂址半径 2km 范围内有 18 个测量点，2~5km 范围内有 14 个测量点，5~10km 范围内有 10 个测量点，10~20km 范围内有 15 个测量点。57 个测量点位中，31 个测量点位是道路，包括 27 个水泥地面、1 个沥青地面和 3 个碎石地面；26 个测量点位是原野，包括 23 个土地、1 个草地和 2 个田地。测量点距附近高大建筑物的距离大于 30m，使用高气压电离室测量，测量时仪器的有效中心离地面 1 米高。

陆地环境γ辐射累积剂量共布设 57 个测量点位，与相应γ剂量率点位重合。

原野贯穿辐射剂量率连续监测点选取在关键居民组横港村。测量仪器为RP3000B型高气压电离室，监测频率为连续监测，监测时间为3个月。

具体布点见连续监测和图 3.1-1~图 3.1-5。

b）监测结果

宇宙射线于2022年12月在黄淡水库进行了测量，共测量40组数据，该水库位于厂址NW方位25.1km处，测量点接近水库中心，测量点距岸边＞1000m，水深约35m。采用RP3000B仪器测量，测量值为40.6±0.5nGy/h。

57个测量点位中，防城港市东兴市万尾、万东村、黄屋、金海宾馆、巫头、班埃、江平镇高墩组、松柏、思勒、黄竹、厂址中心1、厂址中心2点位测量受疫情影响，在2022年12月开始，2023年3月结束，其余点位是在2022年9月至2022年12月。

陆地环境γ辐射空气吸收剂量率：57个测量点位中平均最低值位于三叉港，为18.3nGy/h，地表是原野；最高值位于思勒，为97.4nGy/h，地表是沙石路，57个点位结果均值为51.4nGy/h，各测量点位2次测量结果无明显差别，所有剂量率测量结果均已扣除宇宙射线成分。

将本次的瞬时剂量调查结果与2016年调查结果进行比较，测量结果与测量结果的范围及均值进行比较，两次调查相近点位从整体上未呈现明显差别，厂区东北（田寮港）、江山港检验检疫局、怪石滩、横港、白沙村、万茶大村部分点位数据之间存在差异，可能是因为采样点位没有完全一致，且两次调查相隔较久，为了确保本次结果的准确性，在2023年9月对两次调查相差较大的点位进行重新测量（表3.1-8续表），与本次测量结果没有明显差异。根据历史照片以及地表描述比较，周围环境发生较大的改变，四周地表使用进行了大面积硬化，同时根据当地居民所述，此地大部分土地或田地，从其余地方采集大量土填充。道路和建筑物建材的类型和来源与15年前相比发生了很大变化（部分地区的道路也由过去的泥土路变成了水泥路等因素所致）是本次调查中部分点位与上次调查差异的原因。

将本次调查的结果与20世纪80年代广西壮族自治区全国环境天然放射性水平调查结果相比，未呈现明显差异。具体见表3.1-7。

陆地环境γ辐射累积剂量：陆地环境γ辐射累积剂量点位共计57个，有效点位共计57个，监测频度为1次，累积剂量的布设点位与该点位的剂量率测量点位一致。从累积剂量换算出的贯穿辐射剂量率结果（未扣除宇宙射线）可以看出：结果范围为63~130.2nGy/h。各测量点位均值最低值黄屋，测量结果为63.0nGy/h，最高值是黄竹，测量结果为130.2nGy/h。

将TLD测量结果与原野贯穿辐射剂量率两次测量结果均值进行比较，相同点位两者结果之间互有高低，未呈现明显差异。

将累积剂量与瞬时剂量进行比较（表3.1-9），有两处点位瞬时剂量较高，分别为黄屋、思勒。其中黄屋累积剂量63.0nGy/h，瞬时剂量129.5nGy/h（扣除宇宙射线后的瞬时剂量为88.9nGy/h）；思勒累积剂量98.5nGy/h，瞬时剂量138nGy/h（扣除宇宙射线后的瞬时剂量为97.4nGy/h）；可能的原因是，地表测量分析，瞬时剂量高是由于点位布设相距50m，瞬时剂量在道路上测量，累积剂量布设于丛林中，造成瞬时剂量偏高，但仍然处于正常环境水平。

将累积剂量与瞬时剂量进行比较（表3.1-9），有一处结果累积剂量偏高，为三叉港。三叉港累积剂量102.3nGy/h，瞬时剂量58.9nGy/h；瞬时剂量在原野上测量，累积剂量布设于道路旁，造成累积剂量偏高，但仍然处于正常环境水平。

陆地环境γ辐射连续监测：辐射剂量率连续监测共布设了1个点位，为关键

居民组横港村，监测结果考虑扣除和未扣除宇宙射线响应两种情况，监测结果：未扣除宇宙射线情况下，范围为76.3~109nGy/h，均值为87.1±16.4nGy/h；扣除宇宙射线情况下，范围为35.7~68.4nGy/h，平均值为46.5±16.4nGy/h。其监测结果与同时段降雨量有基本一致的变化规律，表明降雨是导致剂量率发生变化的非常重要的因素。

具体监测结果见表3.1-8~表3.1-9和图3.1-6~图3.1-8。

2）气溶胶

a）点位布设

气溶胶采样点共布设 2 个，分别为怪石滩（最大风频下风向的主要居民点附近）和横港村（关键居民组）。分析项目为 γ 谱分析（^{7}Be、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs）。监测频度为 1 次，具体布点位置见表 3.1-10 和图 3.1-9。

b）监测结果

γ谱分析测量结果中，^{7}Be给出了全部样品的测量结果，其余核素^{137}Cs、^{134}Cs、^{54}Mn、^{131}I、^{58}Co、^{60}Co结果均低于探测限。其中：^{7}Be的测量结果活度浓度范围为3.06~3.47mBq/m^{3}，均值为3.27±0.29mBq/m^{3}。

影响近地地面大气气溶胶中^{7}Be浓度的因素主要为（1）纬度；（2）大气传输；（3）大气清扫效率。此外，还受到具有11年周期的太阳活动的影响。本次调查结果中，^{7}Be数据之间存在差异是因为季节降雨的影响，广西防城港地区属于南亚热带海洋季风气候，6~10月份为雨季，大气沉降以湿沉降形式为主，降雨对大气中气溶胶有强清扫作用，从而减少了大气中^{7}Be的存在介质，气溶胶中^{7}Be含量明显降低。进入12月份，季风影响减弱，降雨量少，大气气溶胶增多，^{7}Be浓度相应升高。不同时间采样结果都有差异，但仍属于环境正常水平。

具体监测结果见表3.1-11，图3.1-10。

3）土壤

a）点位布设

土壤调查范围为厂址半径20km区域，在半径2km、5km、10km、20km与8个方位角形成的扇形区域内布点，土壤采样点与累积剂量测量点、地表γ辐射剂量率测量点一致。土壤采样点共布设13个，监测频次为1次，其中在国营珍珠场和横港村点位各采集1个平行样品。分析项目包括^{90}Sr和γ谱分析（^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs）。土壤采样点位信息具体见表3.1-12

和图3.1-11。

b）监测结果

土壤样品的分析项目包括^{40}K、^{58}Co、^{60}Co、^{90}Sr、^{134}Cs、^{137}Cs、^{226}Ra、^{54}Mn 、^{232}Th、^{238}U，共测量了15个样品（包括2个平行样品），监测频次为1次。

γ谱分析测量结果中，天然放射性核素^{238}U、^{226}Ra、^{232}Th、^{40}K均给出了测量结果， ^{137}Cs在部分样品中高于探测限，其中：

^{238}U的活度浓度范围为11.0~98.7Bq/kg，最低值出现在万茶大村，最高值出现在万尾，均值为31.8±20.8Bq/kg；

^{226}Ra的活度浓度范围为13.9~85.2Bq/kg，最低值出现在万东村，最高值出现在万尾，均值为27.1±18.7Bq/kg；

^{232}Th的活度浓度范围为14.3~132Bq/kg，最低值出现在万东村，最高值出现在万尾，均值为40.4±28.5Bq/kg；

^{40}K的活度浓度范围为37.6~604Bq/kg，最低值出现在万东村，最高值出现在气象站，均值为255.2±176.8Bq/kg；其中万茶大村土壤采集过程中发现其为红色，颜色较深。万东村的土壤比其他地方松软，凝结状较低。

^{137}Cs的活度浓度范围为<MDC~1.32Bq/kg，最高值出现在万茶大村，均值为0.90±0.60Bq/kg。

其中万尾的结果明显高于其他点位，但仍然属于本底范围内。本次调查中土壤所测项目铀（^{238}U）、钍（^{232}Th）、镭（^{226}Ra）、钾（^{40}K）属于天然核素，结合勘探分析以及资料收集，本次调查中所取为滨海盐土，根据《广西壮族自治区土壤中天然放射性核素含量调查研究》（辐射防护,1993,13（4）），资料中广西滨海盐土的^{238}U活度浓度范围为34.6~138.4Bq/kg，均值为53.6±5.0Bq/kg；^{232}Th活度浓度范围为36.8~168.4Bq/kg，均值为43.1±11.0Bq/kg；^{226}Ra活度浓度范围为26.6~186.8Bq/kg，均值为27.6±5.0Bq/kg；^{40}K活度浓度范围为52.4~869.4Bq/kg，均值为95.3±10.0Bq/kg，属于本底范围内。

放化分析结果中，^{90}Sr的样品均给出了测量结果，其中：

^{90}Sr的活度浓度范围为0.51~2.15Bq/kg，最低值出现在万东村，最高值出现在横港村平行样品的第一个结果，第一年度均值为1.11±0.51Bq/kg；

根据上世纪80年代“全国环境天然放射性水平调查研究”，本次调查结果与其基本相符。与2016年本底调查相比，土壤的γ谱分析、^{90}Sr的测量结果符合性都

较好。具体见表3.1-13。

土壤样品测量结果具体见表3.1-14和图3.1-12~图3.1-14。

4）陆地水体（地表水、地下水（饮用水）、底泥）

a）点位布设

地下水（饮用水）：当地饮用水来源即为地下水，即对饮用水和地下水联合采样分析。地下水和饮用水调查范围为厂址半径 10km 区域，共设置 5 个采样点（通过水井取样），分别为厂址附近的横港村、气象站、小村、小村-白龙路口和河口村，将河口村作为对照点，其中河口村的饮用水也为地下水，对照点位于厂址中心 NW 方位，距离 21.8km，监测频次为 1 次。

地表水和底泥：地表水调查范围为半径 20km 范围内主要地表水体，共设置 5 个采样点，分别为厂址附近的东兴水库、江平江河流、湾潭水库、万松水库和黄淡水库。将黄淡水库作为对照点。监测频次为 1 次。

水体的监测项目包括：地下水监测项目为 γ 核素（^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs）、总 α、总 β、^{3}H、^{90}Sr。地表水的监测项目为 γ 核素（^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs）、^{3}H、^{90}Sr。底泥的监测项目包括：^{90}Sr、γ 谱分析（^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs）。

陆地水体采样点位信息具体见表 3.1-15 和图 3.1-15~图 3.1-16。

b）监测结果

地下水（饮用水）样品给出了^{3}H和^{90}Sr的测量结果，地表水样品给出了总α、总β、^{3}H和^{90}Sr的测量结果，γ谱核素（包括：^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs、）的测量结果均低于探测限。

（1）地表水：

γ谱测量^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn测量结果均低于探测限。放化分析^{90}Sr、^{3}H给出了全部测量结果。

对照点中黄淡水库^{90}Sr测量结果活度浓度2.50±0.07mBq/L，^{3}H测量结果活度浓度0.31±0.06Bq/L；本次调查过程中，对照点^{90}Sr测量结果低于厂址附近监测结果。

除过对照点黄淡水库以外，其中：

^{90}Sr测量结果活度浓度范围3.46~6.99mBq/L，最低值出现在万松水库，最高值出现在湾潭水库，均值为4.48±2.37mBq/L；

^{3}H测量结果活度浓度范围0.20~0.44Bq/L，最低值出现在江平江河流，最高值出现东兴水库，均值为0.30±0.10Bq/L；

（2）地下水（饮用水）：

γ谱测量所有结果均低于探测限。

放化分析中总α、总β、^{3}H、^{90}Sr给出了全部测量结果。其中：

总α测量结果活度浓度范围0.012~0.087Bq/L，最低值为河口村，最高值为小村-白龙路口，均值为0.047±0.034Bq/L。

总β测量结果活度浓度范围0.027~0.27Bq/L，最低值为横港村，最高值为小村，均值为0.13±0.10Bq/L。

^{3}H测量结果活度浓度范围0.20~0.27Bq/L，最低值为小村-白龙路口，最高值为横港村的平行样，均值为0.23±0.02Bq/L。

^{90}Sr测量结果活度浓度范围3.04~8.97mBq/L，最低值出现在气象站，最高值出现在横港村，均值为5.52±2.39mBq/L。

《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）规定生活饮用水的放射性指标总α的指导值为0.5Bq/L，总β为1.0Bq/L。地下水（饮用水）中总α测量结果活度浓度范围0.012~0.087Bq/L，均值为0.047±0.034Bq/L。总β测量结果活度浓度范围0.027~0.27Bq/L，均值为0.13±0.10Bq/L。本次调查饮用水中总α和总β监测结果均满足GB5749-2022要求。

（3）底泥：

底泥样品均给出了^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K和^{90}Sr的测量结果，^{137}Cs在部分样品中高于探测限，其他核素（包括：^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs）的测量结果均低于探测限。

对照点中黄淡水库^{238}U测量结果活度浓度为65.9±3.6 Bq/kg，^{226}Ra测量结果活度为63.0±0.8Bq/kg，^{232}Th测量结果活度浓度为88.0±1.3Bq/kg，^{40}K测量结果活度浓度为606±7Bq/kg，^{137}Cs测量结果活度浓度为2.00±0.17 Bq/kg，^{90}Sr测量结果活度浓度为0.58±0.06Bq/kg。

除对照点黄淡水库以外，其中：

^{238}U 测量结果活度浓度范围为 20.4~72.0Bq/kg，最低值出现在万松水库，最高值出现在江平江河流，均值为 41.35±24.17Bq/kg；

^{226}Ra 测量结果活度浓度范围为 17.7~55.4Bq/kg，最低值出现在湾潭水库，最

高值出现在江平江河流，均值为 334.05±17.2Bq/kg；

^{232}Th 测量结果活度浓度范围为 27.9~71.1Bq/kg，最低值出现在湾潭水库，最高值出现在江平江河流，均值为 48.42±22.5Bq/kg；

^{40}K 测量结果活度浓度范围为 65.4~481Bq/kg，最低值出现在湾潭水库，最高值出现在东兴水库，均值为 276±208Bq/kg；其中湾潭水库底泥采集后，其颜色发白。与其他底泥略有区别。

江平江河流 ^{137}Cs 测量结果活度浓度为 1.05±0.14 Bq/kg，其它点位测量结果均低于探测限。

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围为 0.74~1.58Bq/kg，最低值出现在万松水库，最高值出现在江平江河流，均值为 1.15±0.42Bq/kg。

样品测量结果具体见表 3.1-16~表 3.1-18 和图 3.1-17~图 3.1-25。

5）海水和海洋沉积物

a）点位布设

海水布设 2 个点位，分别设置在厂址取水口和排水口附近的海域，点位位置与海洋沉积物重合。海洋沉积物共布设 3 个点位，样品包括 2 个潮下带（厂址取水口和排水口）和 1 个潮间带（怪石滩）。在排水口和潮间带点位各采集 1 个平行样品。

海水的监测项目包括：总 α、总 β、^{3}H、^{90}Sr、γ 谱分析（^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs、^{110m}Ag、^{106}Ru）。海洋沉积物的监测项目包括：^{90}Sr、γ 谱分析（^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs）。

监测频度为单次。采样点位信息具体见表 3.1-19 和图 3.1-26。

b）监测结果

（1）海水样品：

所有样品均给出了总 β、^{90}Sr、^{3}H 和 ^{137}Cs 的测量结果，其他监测项目（包括：总 α、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs、^{110m}Ag、^{106}Ru）的测量结果均低于探测限。其中：

^{137}Cs 测量结果活度浓度范围 1.42~1.78mBq/kg，均值为 1.23±0.18mBq/kg；

放化分析项目中，总 β、^{90}Sr、^{3}H 均给出了测量结果，总 α 测量结果均低于探测限，其中：

总 β 测量结果活度浓度范围 9.14~9.70Bq/L，均值为 9.34±0.32Bq/L；

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.94~2.64mBq/L，均值为 1.66±0.88mBq/L；

^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.28~0.36Bq/L，均值为 0.31±0.04Bq/L；

（2）海洋沉积物：

所有样品均给出了 ^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K 和 ^{90}Sr 的测量结果，^{238}U 和 ^{137}Cs 怪石滩样品的结果低于探测限，其他核素（包括：^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs）的测量结果均低于探测限。其中：

γ 谱分析测量结果中，天然放射性核素 ^{238}U、^{226}Ra、^{232}Th、^{40}K 均给出了测量结果，^{137}Cs 部分测量结果高于探测限，其中：

^{238}U 的活度浓度范围为 9.99~35.8Bq/kg，最低值出现在潮间带样品，最高值出现取水口，均值为 27.6±4.2Bq/kg；

^{226}Ra 的活度浓度范围为 5.62~26.0Bq/kg，最低值出现在潮间带样品，最高值出现取水口，均值为 17.3±10.3Bq/kg；

^{232}Th 的活度浓度范围为 9.11~43.3Bq/kg，最低值出现潮间带的平行样品，最高值出现在取水口，第一年度均值为 26.5±16.2Bq/kg；

^{40}K 的活度浓度范围为 53~388Bq/kg，最低值出现潮间带平行样品，最高值出现在排水口，均值为 242±173Bq/kg；

^{137}Cs 的活度浓度范围为<MDC~0.68Bq/kg，最高值出现在排水口平行样，均值为 0.57±0.15Bq/kg。

放化分析结果中，^{90}Sr 均给出了测量结果，其中：

^{90}Sr 的活度浓度范围为 0.26~2.37Bq/kg，最低值出现在潮间带，最高值出现在取水口，均值为 2.37±0.09Bq/kg；

海水和海洋沉积物样品测量结果具体见表3.1-20~表3.1-21和图3.1-27~图3.1-32。

3.1.1.5　质量保证

辐射本底调查承担单位中国辐射防护研究院具备国家认证认可监督管理委员会颁发的《检验检测机构资质认定证书》，项目参与人员也具有相应的从业资质，并在资质认定允许范围内开展本次监测工作。

1）样品的控制

本项目涉及到的样品采集和预处理主要按照中国辐射防护研究院核工业太原环境分析测试中心的有关作业指导书进行，主要包括：

（1）《气溶胶样品采集操作规范》，编号：QTD/CY01/E-0/2019；

（2）《饮用水、地下水、地表水的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY04/E-0/2019；

（3）《土壤的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY05/E-0/2019；

（4）《海水的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY08/E-0/2019；

（5）《海洋沉积物的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY09/E-0/2019；

按照相关操作规范采集完成并做好标识的样品按照样品的特性进行适当的包装，在运输前认真填写样品清单，清点样品，并且检查包装是否符合要求，然后用厢式货车公路运输样品到实验室，样品送达实验室后，接样人员和送样人员清点样品，并在样品清单上签字，将样品有条理的放置在样品室的未检区，分析人员按规定领取样品，及时分析测量。

2）仪器设备的控制

a）现场设备的控制

对多台同样的设备按仪器编号标识，防止混用。

仪器、采样器和样品容器经常维护，保持清洁，防止交叉污染。

b）测量装置的检定

所有对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量器具或检测设备，均由计量部门或其授权单位进行校准或检定，以保证检测量值具有溯源性。

c）刻度放射性测量仪器用的标准物质

用于刻度放射性测量仪器的标准源，标准溶液和标准物质，均由 IAEA-AQCS 或中国计量科学研究院等计量部门提供，为测量的量值可溯源到国家的或国际的基准提供了有力的保证。

d）放射性测量装置的刻度和性能检验

（1）γ 谱仪

能量刻度曲线的非线性偏离小于 2%。进行探测效率的刻度时，将合适的标准放射性参考物质置于相应的样品盒中组成效率刻度源，在与测量样品相同的条件下，测量刻度源，绘制效率刻度曲线。

在每次开机后、关机前或仪器连续运行一个月以上时测量 γ 谱仪的本底、效率和稳定性（峰位），一般在仪器连续运行一周时测量以上参数并绘制质控图，以确保仪器工作在正常状态。

（2）α/β 测量仪

采用中国计量科学研究院提供的 ^{241}Am 粉末标准物质制成与待测样品相同形式的标准源标定仪器的总 α 探测效率；采用中国计量科学研究院提供的 ^{40}K 粉末标准物质制成与待测样品相同形式的标准源标定仪器的总 β 探测效率。

α/β 测量仪连续运行一段时间后，测量本底，并绘制质控图。

（3）液闪谱仪

液闪谱仪在测量样品前或仪器运行一段时间后，测量本底和效率，并绘制质控图，确保仪器处于正常稳定的状态。

3）化学试剂的控制

a）用标准溶液配置工作溶液时，根据国家标准的技术规范执行，并做详细记录；

b）在使用高活度标准溶液时，防止其对低本底实验室的沾污；

c）实验室使用的试剂溶液和蒸馏水必须贴上标签，试剂溶液的标签必须写明名称、浓度、配置日期，有的试剂还要写明有效期。

4）装卸、储存和运输的控制

a）样品、采样设备在装卸过程中轻拿轻放，防止样品破损和设备损坏；

b）样品在运输前按照规程正确包装；

c）采集到的样品需在现场暂时存放的明确标识后安全放置，以防损伤、变质和丢失；

d）现场采样设备使用后及时放入包装箱或符合规定的地点；

e）采样器和样品容器经常维护，保持清洁，防止交叉污染。

5）调查实施过程控制

a）调查方法的选定

本项目中采样及分析测量方法均严格执行我国已颁布的有关标准和法规。

b）采样点的定位

采用 GPS（卫星定位仪）记录采样点相对于厂址位置的方位和距离，在指定的地点采样或测量。

c）实验室盲样测量的控制

用掺标样品对实验室内放化分析过程进行质量控制。

6）平行样品的测量

为了对项目中样品的采集、预处理及分析测量的全部过程进行有效的质量控制，在项目的实施过程中，分别对土壤、地下水、海水和海洋沉积物等种类的样品采集了平行样，平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同。

7）实验室的比对

实验室在2021年参加了国际原子能机构组织的国际比对IAEA-TEL-2021-04，对实验室的测量分析进行了质量控制。

8）人员资格和分析方法的质量控制

项目参与人员均有相应的专业背景和技术资质，2021年度共进行了3次人员培训，培训范围包括总放、总铀、^{90}Sr、$^{239+240}Pu$、^{210}Po、铀同位素、γ谱分析、γ辐射场、表面污染、氡、β核素（^{3}H、^{14}C、^{63}Ni、^{99}Tc、^{226}Ra、钍）、电磁辐射、质量保证等内容，培训内容完整覆盖了此次调查项目。

3.1.2 辐射环境质量评价

辐射环境质量评价主要结论如下：

1）资料收集

广西防城港核电站位于厂址ENE方向，约40km处。

厂址半径30km范围内没有铀、钍矿设施。

厂址半径15km范围内没有“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施，没有同位素生产以及非密封放射性同位素的应用，无伴生放射性矿。

厂址半径5km范围内未涉及Ⅰ类和Ⅱ类放射源的应用。

2）环境γ辐射水平

陆地环境γ辐射空气吸收剂量率：57个测量点位中平均最低值位于三叉港，为18.3±4.4nGy/h，地表是原野；最高值位于思勒，为97.4±6.6nGy/h，地表是沙石路，57个点位结果均值为51.4±14.6nGy/h，各测量点位2次测量结果无明显差别。

将本次调查的结果与20世纪80年代广西壮族自治区全国环境天然放射性水平调查结果相比，未呈现明显差异。

陆地环境γ辐射累积剂量点位共计57个，有效点位共计57个。从累积剂量换算出的贯穿辐射剂量率结果（未扣除宇宙射线）可以看出：结果范围为63.0~130.2nGy/h。TLD测量结果与原野贯穿辐射剂量率两次测量结果均值相比，

相同点位两者结果之间互有高低，未呈现明显差异。

3）气溶胶

^{7}Be的测量结果活度浓度范围为3.06~3.47mBq/m^3，均值为3.27±0.29mBq/m^3，其他核素（包括：^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs）的测量结果均低于探测限。

4）土壤

^{238}U的活度浓度范围为11.0~98.7Bq/kg，均值为31.8±20.8Bq/kg；

^{226}Ra的活度浓度范围为13.9~85.2Bq/kg，均值为27.1±18.7Bq/kg；

^{232}Th的活度浓度范围为14.3~132Bq/kg，均值为40.4±28.5Bq/kg；

^{40}K的活度浓度范围为37.6~604Bq/kg，均值为255.2±176.8Bq/kg；

^{137}Cs的活度浓度范围为<MDC~1.32Bq/kg，均值为0.90±0.60Bq/kg。

^{90}Sr的活度浓度范围为0.51~2.15Bq/kg，第一年度均值为1.11±0.51Bq/kg；

根据上世纪80年代“全国环境天然放射性水平调查研究”，本次调查结果与其基本相符，未发现明显差异。

5）陆地水体

地下水（饮用水）和地表水样品均给出了总α、总β、^{3}H和^{90}Sr的测量结果，γ谱核素（包括：^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs）的测量结果均低于探测限。

（1）地表水：

γ谱测量^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn测量结果均低于探测限。

对照点中黄淡水库^{90}Sr测量结果活度浓度2.50±0.07mBq/L，^{3}H测量结果活度浓度0.31±0.06Bq/L。

除对照点黄淡水库以外，^{90}Sr测量结果活度浓度范围3.46~6.99mBq/L，均值为4.48±2.37mBq/L；^{3}H测量结果活度浓度范围0.20~0.44Bq/L，均值为0.30±0.10Bq/L；

（2）地下水（饮用水）：

γ谱测量所有结果均低于探测限。

放化分析中总α、总β、^{3}H、^{90}Sr给出了全部测量结果。其中：

总α测量结果活度浓度范围0.012~0.087Bq/L，均值为0.047±0.034Bq/L。

总β测量结果活度浓度范围0.027~0.27Bq/L，均值为0.13±0.10Bq/L。

^{3}H测量结果活度浓度范围0.20~0.27Bq/L，均值为0.23±0.02Bq/L。

^{90}Sr测量结果活度浓度范围3.04~8.97mBq/L，均值为5.52±2.39mBq/L。

（3）底泥：

底泥样品均给出了^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K和^{90}Sr的测量结果，^{137}Cs在部分样品中高于探测限，其他核素（包括：^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs）的测量结果均低于探测限。

对照点中黄淡水库^{238}U测量结果活度浓度为65.9±3.6 Bq/kg，^{226}Ra测量结果活度为63.0±0.8Bq/kg，^{232}Th测量结果活度浓度为88.0±1.3Bq/kg，^{40}K测量结果活度浓度为606±7Bq/kg，^{137}Cs测量结果活度浓度为2.00±0.17 Bq/kg，^{90}Sr测量结果活度浓度为0.58±0.06Bq/kg。

除对照点黄淡水库以外，其中：

^{238}U 测量结果活度浓度范围为 20.4~72.0Bq/kg，均值为 41.35±24.17Bq/kg；

^{226}Ra 测量结果活度浓度范围为 17.7~55.4Bq/kg，均值为 334.05±17.2Bq/kg；

^{232}Th 测量结果活度浓度范围为 27.9~71.1Bq/kg，均值为 48.42±22.5Bq/kg；

^{40}K 测量结果活度浓度范围为 65.4~481Bq/kg，，均值为 276±208Bq/kg；

^{137}Cs 仅江平江河流给出了测量结果，^{137}Cs 测量结果活度浓度为 1.05±0.14 Bq/kg，其它点位测量结果均低于探测限。

放化分析，^{90}Sr 样品均给出了测量结果。

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围为 0.74~1.58Bq/kg，均值为 1.15±0.42Bq/kg。

6）海水和海洋沉积物

（1）海水：

所有样品均给出了总 β、^{90}Sr、^{3}H 和 ^{137}Cs 的测量结果，其他监测项目（包括：总 α、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs、^{110m}Ag、^{106}Ru）的测量结果均低于探测限。其中：

^{137}Cs 测量结果活度浓度范围 1.42~1.78mBq/kg，均值为 1.23±0.18mBq/kg；

放化分析项目中，总 β、^{90}Sr、^{3}H 均给出了测量结果，总 α 测量结果均低于探测限，其中：

总 β 测量结果活度浓度范围 9.14~9.70Bq/L，均值为 9.34±0.32Bq/L；

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.94~2.64mBq/L，均值为 1.66±0.88mBq/L；

^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.28~0.36Bq/L，均值为 0.31±0.04Bq/L；

（2）海洋沉积物：

所有样品均给出了 ^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K 和 ^{90}Sr 的测量结果，^{238}U 和 ^{137}Cs 怪石滩样品的结果低于探测限，其他核素（包括：^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs）的测量结果均低于探测限，其中：

γ 谱分析测量结果中，天然放射性核素 ^{238}U、^{226}Ra、^{232}Th、^{40}K 均给出了测量结果，^{137}Cs 部分测量结果高于探测限，其中：

^{238}U 的活度浓度范围为 9.99~35.8Bq/kg，均值为 27.6±4.2Bq/kg；

^{226}Ra 的活度浓度范围为 5.62~26.0Bq/kg，均值为 17.3±10.3Bq/kg；

^{232}Th 的活度浓度范围为 9.11~43.3Bq/kg，均值为 26.5±16.2Bq/kg；

^{40}K 的活度浓度范围为 53~388Bq/kg，均值为 242±173Bq/kg；

^{137}Cs 的活度浓度范围为<MDC~0.68Bq/kg，均值为 0.57±0.15Bq/kg。

^{90}Sr 的活度浓度范围为 0.26~2.37Bq/kg，均值为 2.37±0.09Bq/kg；

综上所述，根据厂址辐射本底调查结果，厂址及附近区域未发现电离辐射异常情况。

表 3.1-1　广西白龙核电厂环境辐射本底初步调查方案

序号	调查对象		监测项目	监测频次	调查范围	采样点数	**样品个数**	**平行样品数**	**总个数**
1	环境贯穿辐射	地表	γ 辐射剂量率	2 次	20km	57	**114**	**0**	**114**
			累积剂量	1 次	20km	57	**57**	**0**	**57**
			连续剂量率	连续	20km	1	**1**	**0**	**1**
2	土壤	表层土	γ 谱、^{90}Sr	1 次	20km	13	**13**	**2**	**15**
3	空气	气溶胶	γ 谱	1 次	20km	2	**2**	**0**	**2**
		^{131}I	γ 谱	1 次	20km	2	**2**	**0**	**2**
4	陆地水体	饮用水（地下水）	γ 谱、总 α、总 β、^{90}Sr、^{3}H	1 次	5km	5	**5**	**1**	**6**
		地表水	γ 谱、^{90}Sr、^{3}H	1 次	10km	5	**5**	**0**	**5**
		地表水沉积物	γ 谱、^{90}Sr	1 次	10km	5	**5**	**0**	**5**
6	受纳水体	海水	γ 谱、^{90}Sr、^{3}H	1 次	10km	2	**2**	**1**	**3**
		沉积物	γ 谱、^{90}Sr	1 次	10km	2	**2**	**1**	**3**
		潮间带	γ 谱、^{90}Sr	1 次	10km	1	**1**	**1**	**2**
7	**合计**	/	/	/	/	**152**	**209**	**6**	**215**

注：γ 谱核素分析主要为 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs。受纳水体增加 ^{110m}Ag、^{106}Ru 分析，气溶胶增加 ^{7}Be、^{131}I 分析，土壤、水体沉积物增加 ^{40}K、^{226}Ra、^{232}Th、^{238}U 分析。

表 3.1-2　采用的仪器及测量方法依据

序号	监测项目	仪器设备	测量方法依据	取样量
1	环境地表γ辐射剂量率	RP3000B 型高气压电离室	HJ1157-2021《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	/
2	累积剂量	RGD-3 型热释光剂量仪	GB/T 10264-2014《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》	/
3	总α	LB770 低本底 α/β 测量仪	EJ/T1075-1998《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》	5.0L
4	总β	LB770 低本底 α/β 测量仪	EJ/T 900-1994《水中总β放射性测定 蒸发法》	5.0L
5	^{3}H	Quantulus 1220 低水平液闪	HJ1126-2020《水中氚的分析方法》；GB21883.2-2016《食品中放射性物质检验氢-3 的测定》	2.5L
6	水 ^{90}Sr	LB770 低本底 α/β 测量仪	HJ815-2016《水和生物样品灰中锶-90 放射化学分析方法》	50L~55L
7	土壤、沉积物 ^{90}Sr	LB770 低本底 α/β 测量仪	EJ/T 1035-2011《土壤中锶-90 的分析方法》	2kg 左右
8	空气 ^{131}I	HPGeγ谱仪	GB/T 14584-1993《空气中碘-131 的取样与测定》	162.28m^3
				128.38m^3
9	水中γ核素	HPGeγ谱仪	GB/T 16140-2018《水中放射性核素的γ能谱分析方法》	50L~55L
10	土壤、沉积物γ核素	HPGeγ谱仪	GB/T 11743-2013《土壤中放射性核素的γ能谱分析方法》	2kg 左右
11	气溶胶γ核素	HPGeγ谱仪	HJ1149-2020《环境空气气溶胶中γ放射性核素的测定 滤膜压片/γ能谱法》	11097.26 m^3
				11367.84m^3

表 3.1-3　环境介质分析方法探测限

序号	调查对象	样品分析用量	分析核素	测量时间	最小探测限	HJ969 规定的探测下限限值	HJ61 规定的探测下限限值
1	气溶胶	10000 m^3	γ 谱分析	80000s	^{134}Cs：4.8μBq/m^3 ^{137}Cs：5.0μBq/m^3 ^{60}Co：4.0μBq/m^3 ^{58}Co：4.8μBq/m^3 ^{54}Mn：4.8μBq/m^3 ^{7}Be：8.5μBq/m^3 ^{131}I：9.0μBq/m^3	^{137}Cs：5μBq/m^3 ^{131}I：10μBq/m^3	^{137}Cs：10μBq/m^3
2	空气	100m^3	^{131}I	80000s	1.0mBq/m^3	2.0mBq/m^3	碳盒：2.0mBq/m^3（本次采样采用碳盒） 滤纸：0.5mBq/m^3
3	土壤、底泥、海洋沉积物	50g	^{90}Sr	900min	0.15 Bq/kg	0.2Bq/kg	0.5Bq/kg
		300g	γ 谱分析	80000s	^{137}Cs：0.50Bq/kg ^{134}Cs：0.40Bq/kg ^{58}Co：0.40Bq/kg ^{60}Co：0.90Bq/kg ^{110m}Ag：0.90Bq/kg ^{54}Mn：0.50Bq/kg ^{238}U：10Bq/kg ^{232}Th：1.1Bq/kg ^{226}Ra：0.90Bq/kg ^{40}K：4.5Bq/kg	^{137}Cs：0.5Bq/kg	^{137}Cs：1.0Bq/kg

序号	调查对象	样品分析用量	分析核素	测量时间	最小探测限	HJ969 规定的探测下限限值	HJ61 规定的探测下限限值
4	地表水、地下水、饮用水	3L	总 α	600min	2.0×10^{-3}Bq/L	2.0×10^{-2}Bq/L	50mBq/L
		3L	总 β	600min	5.0×10^{-3}Bq/L	5.0×10^{-2}Bq/L	30mBq/L
		250mL	^{3}H	1000min	0.14Bq/L	0.5Bq/L	2.0Bq/L
		50L	^{90}Sr	500min	0.15mBq/L	0.3mBq/L	1.0mBq/L
		50L	γ 谱分析	80000s	^{137}Cs：1.6mBq/L ^{134}Cs：1.4mBq/L ^{54}Mn：1.5mBq/L ^{58}Co：1.3mBq/L ^{60}Co：1.7mBq/L	^{137}Cs：2.0mBq/L	^{137}Cs：3.0mBq/L
5	海水	250mL	^{3}H	1000min	0.14Bq/L	0.5Bq/L	2.0Bq/L
		50L	^{90}Sr	500min	0.15mBq/L	0.3mBq/L	1.0mBq/L
		50L	γ 谱分析	80000s	^{137}Cs：0.8mBq/L ^{134}Cs：1.0mBq/L ^{58}Co：9.0×10^{-4}Bq/L ^{60}Co：1.1mBq/L ^{110m}Ag：1.3mBq/L ^{54}Mn：1.0mBq/L ^{106}Ru：8.5mBq/L	^{137}Cs：2.0mBq/L	^{137}Cs：3.0mBq/L

表3.1-4　广西壮族自治区及相关地区（市）γ辐射剂量率资料

区域名称	原野γ辐射剂量率（nGy/h）	道路γ辐射剂量率（nGy/h）
广西壮族自治区	10.7~238.7	7.1~267.0
北海市	19.1~86.3	14.0~63.0
钦州地区	22.9~119.0	20.5~143.8

表3.1-5　广西壮族自治区及相关地区（市）土壤辐射本底资料

区域名称	^{238}U（Bq/kg）	^{226}Ra（Bq/kg）	^{232}Th（Bq/kg）	^{40}K（Bq/kg）
广西壮族自治区	9.1~206.2	13.9~301.6	15.5~270.2	11.5~2185.2
北海市	22.5~96.6	15.2~62.7	25.5~95.1	17.6~530.7
钦州地区	11.0~151.0	18.9~102.0	36.1~182.0	26.1~905.4

表 3.1-6　陆地环境γ辐射空气吸收剂量率和累积剂量测量点位置

序号	点位名称	方位	距离（km）	测量项目	地表描述
1	厂区西南	SSW	0.75	剂量率和累积剂量	土地
2	厂区东北（田寮港）	NE	1.21	剂量率和累积剂量	沙石（树木下）
3	厂区西北	NW	0.22	剂量率和累积剂量	水泥路面
4	厂区东	E	0.82	剂量率和累积剂量	土路/沙石
5	厂区东偏北	ENE	0.71	剂量率和累积剂量	土路面
6	国营珍珠场	NNW	1.06	剂量率和累积剂量	土地（杂草）
7	江山港检验检疫局	W	0.98	剂量率和累积剂量	水泥路面
8	怪石滩路口	WSW	0.27	剂量率和累积剂量	水泥路面
9	银坑台村	W	1.15	剂量率和累积剂量	水泥路面
10	三叉港	WNW	0.70	剂量率和累积剂量	土地
11	海湾民宿	N	1.09	剂量率和累积剂量	水泥路面
12	环岛西路旁	NNE	1.67	剂量率和累积剂量	土路（草地）
13	怪石滩	SW	0.99	剂量率和累积剂量	水泥路面
14	横港村	NNE	1.80	剂量率和累积剂量	土地（树木下方）
15	珍珠墩	N	1.63	剂量率和累积剂量	水泥路面
16	白龙半岛	NE	1.61	剂量率和累积剂量	水泥路面
17	水塘岭（塞博村）	ENE	2.37	剂量率和累积剂量	土地（树木旁）
18	横港	NE	2.32	剂量率和累积剂量	柏油马路
19	气象站	NNE	3.40	剂量率和累积剂量	土地
20	海墩村	NNE	3.23	剂量率和累积剂量	土路
21	白龙村	NE	3.70	剂量率和累积剂量	水泥路面

序号	点位名称	方位	距离（km）	测量项目	地表描述
22	白沙村	ENE	3.65	剂量率和累积剂量	土地（杂草地）
23	江山镇白龙小学	NE	3.40	剂量率和累积剂量	水泥路面
24	双墩村	NE	3.56	剂量率和累积剂量	土地（树林旁）
25	海之约民宿	NNE	3.71	剂量率和累积剂量	水泥路面
26	蛤墩村	NNE	3.62	剂量率和累积剂量	石子路
27	古云村	NNE	4.43	剂量率和累积剂量	土地（树林中间）
28	深沟	NE	4.68	剂量率和累积剂量	水泥路面
29	欧村	NE	5.01	剂量率和累积剂量	沙石路面
30	东台岭	ENE	3.90	剂量率和累积剂量	土地
31	万欧村	NE	5.02	剂量率和累积剂量	水泥路面
32	万茶大村	NNE	5.83	剂量率和累积剂量	土地（荒草地）
33	火烧墩	NE	6.36	剂量率和累积剂量	水泥路面
34	万尾	WNW	6.80	剂量率和累积剂量	水泥
35	大万村	NNE	8.80	剂量率和累积剂量	水泥路面
36	潭西村	NE	9.62	剂量率和累积剂量	土地
37	万东村	NW	6.11	剂量率和累积剂量	水泥
38	黄屋	WNW	8.47	剂量率和累积剂量	土地
39	金海宾馆	W	9.14	剂量率和累积剂量	土地
40	大竹山村	NNE	7.74	剂量率和累积剂量	土地（杂草）
41	沙田万（岭嘴）	NNE	10.1	剂量率和累积剂量	水泥路面
42	潭蓬村潭北组	NE	12.2	剂量率和累积剂量	水泥路面
43	新基	NNE	11.8	剂量率和累积剂量	土路

序号	点位名称	方位	距离（km）	测量项目	地表描述
44	巫头	WNW	10.6	剂量率和累积剂量	水泥
45	班埃	NNW	12.3	剂量率和累积剂量	石子路
46	沙万村沙万组	NE	13.9	剂量率和累积剂量	土地
47	新基村西万组	N	13.1	剂量率和累积剂量	水泥路面
48	江平镇高墩组	NW	13.8	剂量率和累积剂量	石子路
49	江山乡	NNE	14.4	剂量率和累积剂量	荒土地
50	仙人山公园	NE	18	剂量率和累积剂量	树林草地
51	新禄	N	17.5	剂量率和累积剂量	土地
52	松柏	WNW	18.8	剂量率和累积剂量	水泥
53	思勒	NW	17.4	剂量率和累积剂量	水泥
54	黄竹	NNW	18.5	剂量率和累积剂量	水泥
55	东墩	ENE	20.4	剂量率和累积剂量	水泥
56	厂址中心 1	S	0.32	剂量率和累积剂量	土地
57	厂址中心 2	NNE	0.09	剂量率和累积剂量	石子路
58*	黄淡水库	NW	25.1	测量宇宙射线	湖面

注：带*点位的监测项目为宇宙射线

表3.1-7　γ剂量率调查结果与20世纪80年代数据的比较

项目	区域名称	原野γ辐射剂量率（nGy/h）	道路γ辐射剂量率（nGy/h）
20世纪80年代调查	广西壮族自治区	10.7~238.7	7.1~267.0
	北海市	19.1~86.3	14.0~63.0
	钦州地区	22.9~119.0	20.5~143.8
本次调查	厂址周围20km	18.3~97.4	

表3.1-8　陆地环境γ辐射空气吸收剂量率测量结果（未扣除宇宙射线）

序号	点位名称	（nGy/h）			均值（nGy/h）
		2022 年 9 月	2022 年 12 月	2023 年 9 月	
1	厂区西南	80.3±2.1	92.2±0.8	/	86.3±8
2	厂区东北（田寮港）	83.9±1.2	85.1±0.7	85.3±0.4	84.8±1
3	厂区西北	68.1±0.7	78±0.8	/	73±7
4	厂区东	87.3±2.8	84.1±0.7	/	85.7±5
5	厂区东偏北	69.4±0.6	76±0.7	/	72.7±5
6	国营珍珠场	73.5±1.3	77.8±0.8	/	75.7±3
7	江山港检验检疫局	92.7±1.1	93.9±0.7	90.3±0.5	92.3±2
8	怪石滩路口	89.2±1.2	98.9±1.4	/	94.1±7
9	银坑台村	112.4±0.9	119.6±0.9	/	116.3±6
10	三叉港	55.8±1.3	62±0.6	/	58.9±4
11	小村	80.7±0.7	91±0.8	/	85.9±7
12	环岛西路旁	80.0±0.7	87.5±1	/	83.8±5
13	怪石滩	74.4±1.0	82.9±0.1	79.5±0.4	78.9±5
14	横港村	78.9±0.7	81.3±0.9	/	80.1±2
15	珍珠墩	88.0±2.7	91.8±0.5	/	89.9±3
16	白龙半岛	76.5±0.5	80±0.9	/	78.2±3
17	水塘岭（塞博村）	85.6±0.9	93.3±0.8	/	89.4±5
18	横港	97.3±0.7	110.2±1.6	94.5±0.7	100.7±9
19	气象站	81.7±0.6	100.1±0.8	/	90.9±13
20	海墩村	87.1±1.9	85.1±0.7	/	86.1±1
21	白龙村	90.5±0.8	95.4±0.8	89.0±0.7	91.6±3

序号	点位名称	（nGy/h）			均值（nGy/h）
		2022 年 9 月	2022 年 12 月	2023 年 9 月	
22	白沙村	82.2±3.0	85.3±0.9	77.4±0.3	81.6±4
23	江山镇白龙小学	92.3±4.9	89±0.8	/	90.7±2
24	双墩村	68.5±0.7	83.1±0.7	/	75.8±10
25	海之约民宿	89.0±1.5	96.7±1.3	/	92.9±5
26	蛤墩村	94.7±3.9	115.1±0.8	/	104.9±14
27	古云村	92.1±2.0	96.3±0.8	/	94.2±3
28	深沟	97.3±1.7	86.4±0.9	/	91.9±8
29	欧村	68.3±1.0	83.2±0.8	/	75.8±11
30	东台岭	65.6±1.5	77.1±0.7	/	71.3±8
31	万欧村	86.8±0.6	99±1.1	/	92.9±9
32	万茶大村	92.5±5.5	81.1±0.5	88.3±0.9	87.3±6
33	火烧墩	89.6±4.8	101.6±0.4	/	95.6±9
34	万尾	87.6±3.6	94.5±1.7	/	91.1±5
35	大万村	91.8±1.0	89.9±0.8	/	90.8±1
36	潭西村	95.3±2.1	94.5±0.8	/	94.9±1
37	万东村	118.3±0.8	126.5±0.3	/	122.4±6
38	黄屋	133±1	126±0.6	/	129.5±5
39	金海宾馆	105.5±1.6	108.5±2.1	/	107.0±2
40	大竹山村	92.9±2.6	87±0.5	/	90±4
41	沙田万（岭嘴）	82.7±1.2	90.4±0.8	/	86.5±5
42	潭蓬村潭北组	94.0±1.4	101.3±0.8	/	97.6±5
43	新基	67.6±0.9	80.2±0.5	/	73.9±9

序号	点位名称	（nGy/h）			均值（nGy/h）
		2022 年 9 月	2022 年 12 月	2023 年 9 月	
44	巫头	92.4±0.8	95.2±1.2	/	93.8±2
45	班埃	87.2±0.9	93.5±0.6	/	90.4±4
46	沙万村沙万组	64.5±18.7	70.4±0.8	/	67.4±4
47	新基村西万组	95.7±1.2	108.2±0.8	92.8±0.5	98.9±9
48	江平镇高墩组	103.8±0.4	115.8±0.8	/	109.8±8
49	江山乡	99.9±0.7	96±0.8	93.6±0.6	96.5±3
50	仙人山公园	85.3±0.9	93.4±1.3	/	89.3±6
51	新禄	73.1±1.2	82.9±0.8	/	78±7
52	松柏	114.4±2.3	121.6±0.6	/	118±5
53	思勒	133.3±0.7	142.7±1.6	/	138±7
54	黄竹	107.6±1	113.3±0.7	/	110.5±4
55	东墩	78.2±0.7	88.5±0.5	/	83.4±7
56	厂址中心 1	94.2±0.9	97.6±1.5	/	95.9±2
57	厂址中心 2	82.5±0.8	85.3±0.2	/	83.9±2

***：表中数据未扣除宇宙射线成分.**

表3.1-8（续） 陆地环境γ辐射空气吸收剂量率测量结果（扣除宇宙射线）

序号	点位名称	2022 年 9 月（nGy/h）	2022 年 12 月（nGy/h）	2023 年 9 月（nGy/h）	测量结果均值（nGy/h）	地表描述	2016 年	
							两次测量均值（nGy/h）	地表描述
1	厂区西南	39.7	51.6	/	45.7	土地	/	/
2	厂区东北（田寮港）	43.3	44.5	44.7	44.2	沙石	17.4	草地
3	厂区西北	27.5	37.4	/	32.5	水泥路面	/	/
4	厂区东	46.7	43.5	/	45.1	土路/沙石	/	/
5	厂区东偏北	28.8	35.4	/	32.1	土路面	/	/
6	国营珍珠场	32.9	37.2	/	35.1	土路	31	土地
7	江山港检验检疫局	52.1	53.3	49.7	51.7	水泥路面	29.5	草地
8	怪石滩路口	48.6	58.3	/	53.5	水泥路面	41.7	水泥路面
9	银坑台村	71.8	79	/	75.4	水泥路面	/	/
10	三叉港	15.2	21.4	/	18.3	原野	28.4	沙土地面
11	小村	40.1	50.4	/	45.3	水泥路面	/	/
12	环岛西路旁	39.4	46.9	/	43.2	土路	/	/
13	怪石滩	33.8	42.3	38.9	38.3	水泥路面	9.1	田地
14	横港村	38.3	40.7	/	39.5	土路	/	/
15	珍珠墩	47.4	51.2	/	49.3	水泥路面	/	/
16	白龙半岛	35.9	39.4	/	37.7	水泥路面	/	/
17	水塘岭（塞博村）	45	52.7	/	48.9	土路	51.9	水泥路面
18	横港	56.7	69.6	53.9	60.1	柏油马路	33.1	水泥地

序号	点位名称	2022 年 9 月（nGy/h）	2022 年 12 月（nGy/h）	2023 年 9 月（nGy/h）	测量结果均值（nGy/h）	地表描述	2016 年	
							两次测量均值（nGy/h）	地表描述
19	气象站	41.1	59.5	/	50.3	土路	36.5	草地
20	海墩村	46.5	44.5	/	45.5	土路	/	
21	白龙村	49.9	54.8	48.4	51.0	水泥路面	13.3	田地
22	白沙村	41.6	44.7	36.8	47.7	土地	9.1	草地、田地
23	江山镇白龙小学	51.7	48.4	/	50.1	水泥路面	/	/
24	双墩村	27.9	42.5	/	35.2	土路	/	/
25	海之约民宿	48.4	56.1	/	52.3	水泥路面	/	/
26	蛤墩村	54.1	74.8	/	64.5	石子路	/	/
27	古云村	51.5	55.7	/	53.6	土地	/	/
28	深沟	56.7	45.8	/	51.3	水泥路面	/	/
29	欧村	27.7	42.6	/	35.2	沙石路面	/	/
30	东台岭	25	36.5	/	30.8	土地	/	/
31	万欧村	46.2	58.4	/	52.3	水泥路面	52.2	沙土草地
32	万茶大村	51.9	40.5	47.7	46.7	土地	16.2	田地
33	火烧墩	49	61	/	55.0	水泥路面	74	沙石路面
34	万尾	47	53.9	/	50.5	水泥	37.2	草地
35	大万村	51.2	49.3	/	50.3	水泥路面	/	/
36	潭西村	54.7	53.9	/	54.3	土地	/	/
37	万东村	77.7	85.9	/	81.8	水泥	/	/
38	黄屋	92.4	85.4	/	88.9	地砖	/	/
39	金海宾馆	64.9	67.9	/	66.4	土地	/	/

序号	点位名称	2022 年 9 月（nGy/h）	2022 年 12 月（nGy/h）	2023 年 9 月（nGy/h）	测量结果均值（nGy/h）	地表描述	2016 年	
							两次测量均值（nGy/h）	地表描述
40	大竹山村	52.3	46.4	/	49.4	土地	/	/
41	沙田万（岭嘴）	42.1	49.8	/	46.0	水泥路面	42.8	水泥路
42	潭蓬村潭北组	53.4	60.7	/	57.1	水泥路面	48	水泥路面
43	新基	27	39.6	/	33.3	土路	32.2	田地
44	巫头	51.8	54.6	/	53.2	水泥	56.5	草地
45	班埃	46.6	52.9	/	49.8	石子路	40.8	柏油路面
46	沙万村沙万组	23.9	29.8		26.9	土地	17.6	草地
47	新基村西万组	55.1	67.6	54.0	65.6	水泥路面	36.8	碎石子、沙土路
48	江平镇高墩组	63.2	75.2	/	69.2	石子路	69.5	草地
49	江山乡	59.3	55.4	/	57.4	土路	36.7	草地
50	仙人山公园	44.7	52.8	/	48.8	树林草地	40.3	草地
51	新禄	32.5	42.3	/	37.4	土地	57.5	水泥路面
52	松柏	73.8	81.0	/	77.4	水泥	72.5	水泥路面
53	思勒	92.7	102.1	/	97.4	砂石路	90.5	水泥地面
54	黄竹	67	72.7	/	69.9	水泥	68.5	水泥路面
55	东墩	37.6	47.9	/	42.8	水泥	/	/
56	厂址中心 1	53.6	57	/	55.3	土地	/	/
57	厂址中心 2	41.9	44.7	/	43.3	石子路	/	/
范围值		15.2~92.7	21.4~102.1		15.2~102.1	/	/	/
均值		48.0±15.5	53.8±15.2		51.4±14.6	/	/	/

***：表中数据已扣除宇宙射线成分**

表3.1-9　陆地环境γ辐射累积剂量测量结果

序号	点位名称	TLD 累积剂量（10^{-4}Gy）	累积剂量（nGy/h） （TLD 换算的小时均值）	瞬时剂量（nGy/h）	累积剂量/瞬时剂量
1	厂区西南	0.23	83.3	86.3	0.97
2	厂区东北（田寮港）	0.22	84.3	84.8	0.99
3	厂区西北	0.23	93.2	73	1.28
4	厂区东	0.23	90.5	85.7	1.06
5	厂区东偏北	0.21	83.0	72.7	1.14
6	国营珍珠场	0.23	91.7	75.7	1.21
7	江山港检验检疫局	0.26	101.5	92.3	1.10
8	怪石滩路口	0.31	120.5	94.1	1.28
9	银坑台村	0.28	109.6	116.3	0.94
10	三叉港	0.26	102.3	58.9	1.74
11	小村	0.26	101.6	85.9	1.18
12	环岛西路旁	0.27	106.3	83.8	1.27
13	怪石滩	0.24	94.1	78.9	1.19
14	横港村	0.22	84.8	80.1	1.06
15	珍珠墩	0.19	74.5	89.9	0.83
16	白龙半岛	0.19	70.7	78.2	0.90
17	水塘岭（塞博村）	0.21	81.6	89.4	0.91

序号	点位名称	TLD 累积剂量（10^{-4}Gy）	累积剂量（nGy/h） （TLD 换算的小时均值）	瞬时剂量（nGy/h）	累积剂量/瞬时剂量
18	横港	0.19	71.9	100.7	0.71
19	气象站	0.29	112.9	90.9	1.24
20	海墩村	0.23	90.2	86.1	1.05
21	白龙村	0.22	83.2	91.6	0.91
22	白沙村	0.18	67.8	88.3	0.77
23	江山镇白龙小学	0.26	101.1	90.7	1.11
24	双墩村	0.21	79.9	75.8	1.05
25	海之约民宿	0.26	97.6	92.9	1.05
26	蛤墩村	0.26	100.4	104.9	0.96
27	古云村	0.26	100.1	94.2	1.06
28	深沟	0.26	101.0	91.9	1.10
29	欧村	0.22	84.2	75.8	1.11
30	东台岭	0.22	87.3	71.3	1.22
31	万欧村	0.22	85.0	92.9	0.91
32	万茶大村	0.18	67.7	87.3	0.78
33	火烧墩	丢失	丢失	95.6	/
34	万尾	0.21	102.2	91.1	1.12
35	大万村	0.17	65.3	90.8	0.72

序号	点位名称	TLD 累积剂量（10^{-4}Gy）	累积剂量（nGy/h） （TLD 换算的小时均值）	瞬时剂量（nGy/h）	累积剂量/瞬时剂量
36	潭西村	0.22	82.7	94.9	0.87
37	万东村	丢失	丢失	122.4	/
38	黄屋	0.14	63.0	129.5	0.49
39	金海宾馆	0.19	88.2	107.0	0.82
40	大竹山村	丢失	丢失	90	/
41	沙田万（岭嘴）	0.22	85.3	86.5	0.99
42	潭蓬村潭北组	0.23	89.9	97.6	0.92
43	新基	0.22	85.3	73.9	1.15
44	巫头	0.15	73.8	93.8	0.79
45	班埃	0.23	109.0	90.4	1.21
46	沙万村沙万组	0.20	79.1	67.4	1.17
47	新基村西万组	0.27	103.0	105.6	0.98
48	江平镇高墩组	0.21	100.8	109.8	0.92
49	江山乡	0.28	105.0	96.5	1.09
50	仙人山公园	0.26	95.0	89.3	1.06
51	新禄	0.26	100.9	78	1.29
52	松柏	0.23	98.7	118	0.84
53	思勒	0.22	98.5	138	0.71

序号	点位名称	TLD 累积剂量（10^{-4}Gy）	累积剂量（nGy/h） （TLD 换算的小时均值）	瞬时剂量（nGy/h）	累积剂量/瞬时剂量
54	黄竹	0.23	130.2	110.5	1.18
55	东墩	0.23	96.8	83.4	1.16
56	厂址中心 1	0.21	88.1	95.9	0.92
57	厂址中心 2	0.23	67.6	83.9	0.81
	范围值	0.14~0.28	63.0~130.2	58.9~138	
	均值	0.30±0.11	90.9±24.7	91.2±14.8	

***：表中数据未扣除宇宙射线成分**

表3.1-10　气溶胶采样点

序号	采样点	方位	距离（km）	备注
1	怪石滩	SW	1.00	主导风向下风向
2	横港村	NNE	1.80	关键居民组

表3.1-11　气溶胶样品测量结果

采样时间	采样地点	采样开始时间	采样结束时间	采样标况体积（m^3）
2022 年 12 月	怪石滩	2022.12.19　10:10	2022.12.27　14:07	11097.26m^3
2022 年 9 月	横港村	2022.09.01　13:05	2022.09.10　08:26	11367.84m^3

表3.1-11（续）　气溶胶样品测量结果　　单位：μBq/m^3

点位名称	样品编号	^{7}Be（mBq/m^3）	^{137}Cs（μBq/m^3）	^{131}I（mBq/m^3）	^{134}Cs（μBq/m^3）	^{58}Co（μBq/m^3）	^{54}Mn（μBq/m^3）	^{60}Co（μBq/m^3）
怪石滩	BLLRJ221201	3.47±0.04	＜5.1	＜0.22	＜3.9	＜3.4	＜3.9	＜5.3
横港村	BLLRJ220902	3.06±0.05	＜9.2	＜0.47	＜8.1	＜8.9	＜8.4	＜10
范围值		3.06~3.47	/	/	/	/		
均值		3.27±0.29	/	/	/	/		

表 3.1-12　土壤采样点

序号	点位名称	方位	距离（km）	与2016年本底调查点位重合	备注
1	厂区西南	SSW	0.75		
2	厂区西北	NW	0.22		
3	厂区东	E	0.82		
4	厂区东偏北	ENE	0.71		
5	国营珍珠场	NNW	1.06	√	平行样
6	横港村	NNE	1.80		关键居民组/平行样
7	气象站	NNE	3.40		
8	白龙村	NE	3.70	√	
9	万茶大村	NNE	5.83	√	
10	万尾	WNW	6.80	√	
11	潭西村	NE	9.62		
12	金海宾馆	W	9.14		
13	万东村	NW	6.11		

表3.1-13　土壤中天然放射性调查结果与以往数据的比较

项目	区域名称	^{238}U（Bq/kg）	^{226}Ra（Bq/kg）	^{232}Th（Bq/kg）	^{40}K（Bq/kg）
20世纪80年代调查	广西壮族自治区	9.1~206.2	13.9~301.6	15.5~270.2	11.5~2185.2
	北海市	22.5~96.6	15.2~62.7	25.5~95.1	17.6~530.7
	钦州地区	11.0~151.0	18.9~102.0	36.1~182.0	26.1~905.4
本次调查	/	11.0~98.7	13.9~85.2	14.3~132	37.6~604

表3.1-13（续） 土壤中天然放射性调查结果与以往数据的比较（相近点位）

点位名称	样品编号	^{238}U（Bq/kg）	^{232}Th（Bq/kg）	^{226}Ra（Bq/kg）	^{40}K（Bq/kg）	^{137}Cs（Bq/kg）	^{134}Cs (Bq/kg)	^{58}Co (Bq/kg)	^{54}Mn (Bq/kg)	^{60}Co (Bq/kg)
国营珍珠场（本次调查）	BLLTR220907-1	23.9±1.6	26.8±0.5	20.3±0.3	169±2	＜0.39	＜0.37	＜0.33	＜0.35	＜0.37
	BLLTR220907-2	20.6±1.3	26.4±0.5	17.2±0.3	161±2	＜0.39	＜0.36	＜0.32	＜0.35	＜0.37
国营珍珠场（2016 年调查）	BLLTR160503	14.1±0.8	25.1±0.8	13.2±0.4	178±4	<0.70	<0.58	<0.60	<0.66	＜0.70
两次测量结果比值		1.5	1.0	1.4	0.9	/	/	/	/	/

表3.1-14　土壤样品测量结果　　单位：Bq/kg

样品编号	采样地点	^{90}Sr	^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{137}Cs
		（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）
BLLTR220901	厂区西南	0.68±0.07	29.2±1.7	42.9±0.7	26.4±0.4	313±3	＜0.43
BLLTR220902	白龙村	0.76±0.07	27.1±2.1	51.6±0.8	26.3±0.4	316±3	＜0.46
BLLTR220903	厂区西北	1.10±0.08	18.4±1.1	20.9±0.5	15.2±0.3	41.8±1.2	＜0.36
BLLTR220904	厂区东	0.87±0.07	24.5±1.3	27.7±0.6	19.0±0.3	182±2	＜0.40
BLLTR220905	厂区东偏北	0.66±0.09	27.7±1.4	27.8±0.6	18.9±0.3	179±3	＜0.40
BLLTR220906	气象站	1.03±0.09	39.6±1.9	55.9±0.8	30.0±0.4	604±4	＜0.49
BLLTR220907	国营珍珠场	1.03±0.08	23.9±1.6	26.8±0.5	20.3±0.3	169±2	＜0.39
BLLTR220907-1		1.24±0.07	20.6±1.3	26.4±0.5	17.2±0.3	161±2	＜0.39
BLLTR220908	横港村	2.15±0.08	29.6±1.9	40.2±0.7	24.9±0.4	261±3	＜0.45
BLLTR220908-1		2.10±0.10	28.4±1.8	32.6±0.6	20.9±0.4	231±3	＜0.42
BLLTR221209	万茶大村	1.79±0.10	11.0±1.4	19.5±0.6	14.3±0.3	73.6±2.1	1.32±0.10
BLLTR221210	万尾	1.14±0.06	98.7±3.7	132±2	85.2±0.9	570±6	＜0.48
BLLTR221211	潭西村	0.95±0.07	28.1±2.1	30.0±0.8	20.5±0.4	203±4	＜0.38
BLLTR221212	金海宾馆	0.67±0.07	52.3±2.9	57.1±1.0	53.3±0.6	486±5	＜0.51
BLLTR221213	万东村	0.51±0.07	18.0±1.5	14.3±0.5	13.9±0.3	37.6±1.5	0.53±0.08
范围值		0.51~2.15	11.0~98.7	14.3~132	13.9~85.2	37.6~604	＜MDC~1.32
均值		1.11±0.51	31.8±20.8	40.4±28.5	27.1±18.7	255.2±176.8	0.90±0.60

表3.1-14（续） 土壤样品测量结果 单位：Bq/kg

样品编号	采样地点	^{134}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co
		（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）
BLLTR220901	厂区西南	＜0.43	＜0.40	＜0.43	＜0.46
BLLTR220902	白龙村	＜0.36	＜0.41	＜0.44	＜0.48
BLLTR220903	厂区西北	＜0.47	＜0.32	＜0.32	＜0.33
BLLTR220904	厂区东	＜0.38	＜0.33	＜0.36	＜0.39
BLLTR220905	厂区东偏北	＜0.37	＜0.34	＜0.36	＜0.38
BLLTR220906	气象站	＜0.47	＜0.44	＜0.47	＜0.56
BLLTR220907	国营珍珠场	＜0.37	＜0.33	＜0.35	＜0.37
BLLTR220907-1		＜0.36	＜0.32	＜0.35	＜0.37
BLLTR220908	横港村	＜0.43	＜0.39	＜0.42	＜0.44
BLLTR220908-1		＜0.42	＜0.37	＜0.40	＜0.43
BLLTR221209	万茶大村	＜0.30	＜0.28	＜0.32	＜0.37
BLLTR221210	万尾	＜0.67	＜0.64	＜0.81	＜0.82
BLLTR221211	潭西村	＜0.35	＜0.34	＜0.42	＜0.46
BLLTR221212	金海宾馆	＜0.48	＜0.48	＜0.58	＜0.66

样品编号	采样地点	^{134}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co
		（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）
BLLTR221213	万东村	＜0.28	＜0.28	＜0.32	＜0.34

注：低于探测限的测量结果未参与平均

表 3.1-15　陆地水体采样点

监测项目	序号	采样点	方位	距离（km）	备注
地表水和底泥	1	东兴水库	NW	18.8	
	2	江平江河流	NW	15.6	
	3	湾潭水库	NNE	11.8	
	4	黄淡水库（对照点）	NW	25.2	
	5	万松水库	NE	7.9	
饮用水	1	横港村	NNE	1.86	饮用水即为地下水
	2	气象站	NNE	3.40	
	3	小村	WSW	0.95	
	4	小村-白龙路口	N	0.61	
	5	河口村（对照点）	NW	21.8	

表3.1-16　地表水样品测量结果（一）

采样时间	样品编号	采样地点	^{90}Sr（mBq/L）	2016 年测量结果 ^{90}Sr（mBq/L）	^{3}H（Bq/L）	2016 年测量结果 ^{3}H（Bq/L）
2022 年 12 月	BLLDB221201	东兴水库	4.63±0.09	3.79±0.15	0.44±0.06	0.39±0.06
	BLLDB221202	江平江河流	5.35±0.09	5.44±0.14	0.20±0.06	0.34±0.06
	BLLDB221203	湾潭水库	6.99±0.10	2016 年未测量	0.29±0.06	2016 年未测量
	BLLDB221204	黄淡水库（对照点）	2.50±0.07	2016 年未测量	0.31±0.06	2016 年未测量
	BLLDB221205	万松水库	3.46±0.09	2016 年未测量	0.25±0.06	2016 年未测量
	范围值		3.46~6.99	3.79~5.44	0.20~0.44	0.34~0.39
	均值		4.48±2.37	4.62±1.17	0.30±0.10	0.37±0.04

注：范围值和均值未计算对照点黄淡水库测量值。

表 3.1-16（续）　地表水测量结果（二）

采样时间	样品编号	采样地点	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{54}Mn
			（mBq/L）				
2022 年 12 月	BLLDB221201	东兴水库	＜1.6	＜1.8	＜1.4	＜1.6	＜1.6
	BLLDB221202	江平江河流	＜1.7	＜1.9	＜1.5	＜2.5	＜1.8
	BLLDB221203	湾潭水库	＜1.7	＜1.8	＜1.5	＜2.2	＜1.8
	BLLDB221204	黄淡水库（对照点）	＜1.7	＜1.8	＜1.4	＜2.2	＜1.8
	BLLDB221205	万松水库	＜1.7	＜1.9	＜1.4	＜2.2	＜1.7

表3.1-17　地下水测量结果（一）

采样时间	样品编号	采样地点	^{90}Sr	^{3}H	总 α	总 β
			（mBq/L）	（Bq/L）	（Bq/L）	（Bq/L）
2022 年 9 月	BLLYY220901	横港村	8.97±0.20	0.23±0.06	0.019±0.002	0.027±0.001
	BLLYY220901-1	横港村	7.49±0.17	0.27±0.06	0.018±0.002	0.032±0.001
	BLLYY220902	气象站	3.04±0.09	0.22±0.06	0.080±0.011	0.18±0.01
	BLLYY220903	小村	6.06±0.14	0.22±0.06	0.066±0.006	0.27±0.01
	BLLYY220904	小村-白龙路口	4.22±0.11	0.20±0.06	0.087±0.006	0.19±0.01
2022 年 12 月	BLLYY221205	河口村（对照点）	3.36±0.09	0.24±0.06	0.012±0.002	0.081±0.002
范围值			3.04~8.97	0.20~0.27	0.012~0.087	0.027~0.27
均值			5.52±2.39	0.23±0.02	0.047±0.034	0.13±0.10

表3.1-17（续）　地下水测量结果（二）

采样时间	样品编号	采样地点	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{54}Mn
			（mBq/kg）				
2022 年 9 月	BLLYY220901	横港村	＜0.99	＜2.4	＜0.89	＜1.1	＜0.96
	BLLYY220901-1	横港村	＜1.1	＜2.5	＜1.0	＜1.2	＜1.0
	BLLYY220902	气象站	＜1.3	＜2.7	＜1.1	＜1.3	＜1.4
	BLLYY220903	小村	＜0.81	＜1.5	＜0.67	＜0.89	＜0.79
	BLLYY220904	小村-白龙路口	＜0.88	＜1.7	＜0.83	＜1.2	＜0.98
2022 年 12 月	BLLYY221205	河口村（对照点）	＜1.6	＜1.9	＜1.5	＜2.1	＜1.8

表3.1-18　底泥测量结果（一）　　单位：Bq/kg

样品编号	采样地点	^{90}Sr	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs
		（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）
BLLDN221201	东兴水库	0.85±0.09	49.3±3.0	40.4±0.6	64.4±1.2	481±6	＜0.35
BLLDN221202	江平江河流	1.58±0.07	72.0±3.2	55.4±0.7	71.1±1.1	429±5	1.05±0.14
BLLDN221203	湾潭水库	1.43±0.08	23.7±1.8	17.7±0.3	27.9±0.7	65.4±2.0	＜0.34
BLLDN221204	黄淡水库（对照点）	0.58±0.06	65.9±3.6	63.0±0.8	88.0±1.3	606±7	2.00±0.17
BLLDN221205	万松水库	0.74±0.08	20.4±2.1	22.7±0.4	30.3±0.8	132±3	＜0.40
范围值		0.74~1.58	20.4~72.0	17.7~55.4	27.9~71.1	65.4~481	＜MDC~1.05
平均值		1.15±0.42	41.35±24.17	34.05±17.2	48.42±22.5	276±208	/

注：范围值和均值未计算对照点黄淡水库测量值。

表3.1-18（续）　底泥测量结果（二）　　单位：Bq/kg

样品编号	采样点	^{134}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{54}Mn	^{131}I
		（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）
BLLDN221201	东兴水库	＜0.53	＜0.52	＜0.72	＜0.62	＜0.35
BLLDN221202	江平江河流	＜0.51	＜0.48	＜0.67	＜0.61	＜0.45
BLLDN221203	湾潭水库	＜0.33	＜0.32	＜0.38	＜0.39	＜0.29
BLLDN221204	黄淡水库（对照点）	＜0.60	＜0.59	＜0.48	＜0.71	＜0.52
BLLDN221205	万松水库	＜0.37	＜0.36	＜0.47	＜0.45	＜0.33

表 3.1-19　海水和海洋沉积物采样点

序号	点位名称	方位	距离（km）	备注
1	取水口	SSW	1.21	
2	排水口	NW	4.61	平行样
3	潮间带	E	0.82	平行样

表3.1-20　海水样品测量结果（一）

样品编号	采样点	总 α	总 β	^{90}Sr	^{137}Cs	^{3}H
		（Bq/L）	（Bq/L）	（mBq/L）	（mBq/kg）	（Bq/L）
BLLHS221201	取水口	＜3.63	9.70±0.37	2.64±0.32	1.42±0.34	0.28±0.06
BLLHS221202	排水口	＜3.50	9.14±0.32	1.40±0.06	1.78±0.38	0.36±0.06
BLLHS221202-1	排水口-平行样	＜3.53	9.17±0.35	0.94±0.04	1.70±0.34	0.29±0.06
范围值		/	9.14~9.70	0.94~2.64	1.42~1.78	0.28~0.36
均值		/	9.34±0.32	1.66±0.88	1.23±0.18	0.31±0.04

表3.1-20（续）　海水样品测量结果（二）

样品编号	采样点	^{134}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{54}Mn	^{131}I	^{110m}Ag	^{106}Ru
		（mBq/kg）	（mBq/kg）	（mBq/kg）	（mBq/kg）	（mBq/kg）	（mBq/kg）	（mBq/kg）
BLLHS221201	取水口	＜1.1	＜1.0	＜1.2	＜1.1	＜0.87	＜1.6	＜10
BLLHS221202	排水口	＜1.1	＜1.1	＜1.2	＜1.1	＜0.88	＜1.6	＜9.7
BLLHS221202-1	排水口-平行样	＜1.1	＜1.1	＜1.2	＜1.1	＜0.88	＜1.6	＜9.9

表3.1-21　海洋沉积物样品测量结果（一）　　单位：Bq/kg

样品编号	采样点	^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{137}Cs	^{90}Sr
		（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）
BLLHCJ221201	取水口	35.8±1.9	43.3±0.6	26±0.3	334±3	0.47±0.06	2.37±0.09
BLLHCJ221202	排水口	33.1±2.0	37.1±0.7	25.9±0.4	380±4	＜0.49	1.27±0.08
BLLHCJ221202-1	排水口-平行样	32.8±1.8	33.8±0.6	22.2±0.4	388±3	0.68±0.09	1.49±0.08
BLLHCJ221203	潮间带	9.99±1.20	9.16±0.43	5.62±0.21	54.8±1.8	＜0.28	0.26±0.06
BLLHCJ221203-1	潮间带-平行样	11.1±1.2	9.11±0.42	6.60±0.22	53.0±1.8	＜0.28	0.73±0.07

表 3.1-21（续）　海洋沉积物样品测量结果（二）

样品编号	采样点	^{134}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co	^{106}Ru	^{110m}Ag	^{131}I
		（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）	（Bq/kg）
BLLHCJ221201	取水口	＜0.37	＜0.33	＜0.37	＜0.40	＜3.3	＜0.46	＜0.39
BLLHCJ221202	排水口	＜0.46	＜0.42	＜0.44	＜0.52	＜4.0	＜0.57	＜1.6
BLLHCJ221202-1	排水口-平行样	＜0.39	＜0.35	＜0.38	＜0.44	＜3.4	＜0.47	＜0.39
BLLHCJ221203	潮间带	＜0.27	＜0.26	＜0.29	＜0.33	＜0.39	＜0.41	＜0.22
BLLHCJ221203-1	潮间带-平行样	＜0.26	＜0.26	＜0.30	＜0.32	＜0.39	＜0.38	＜0.23



图 3.1-1　地表γ辐射剂量率、累积剂量采样点图（厂址范围）

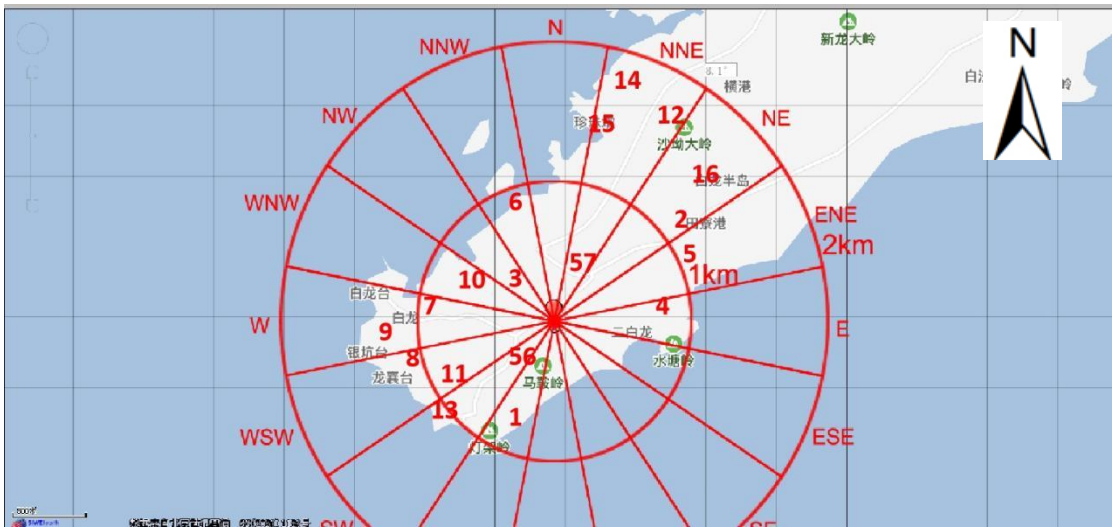


图 3.1-2　地表 γ 辐射剂量率、累积剂量采样点图（半径 0~2 km 范围）

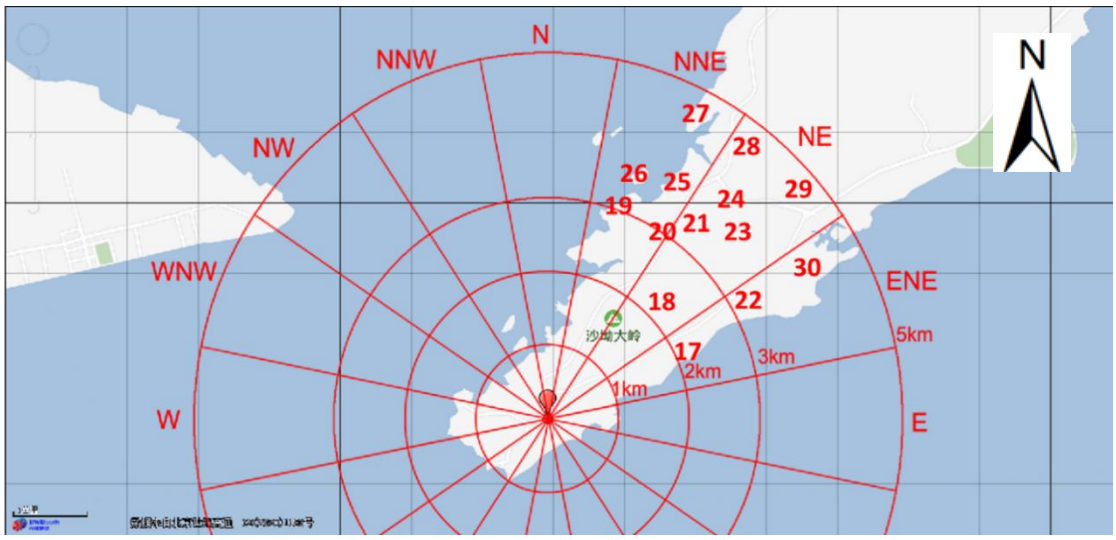


图 3.1-3　地表 γ 辐射剂量率、累积剂量采样点图（半径 2~5 km 范围）

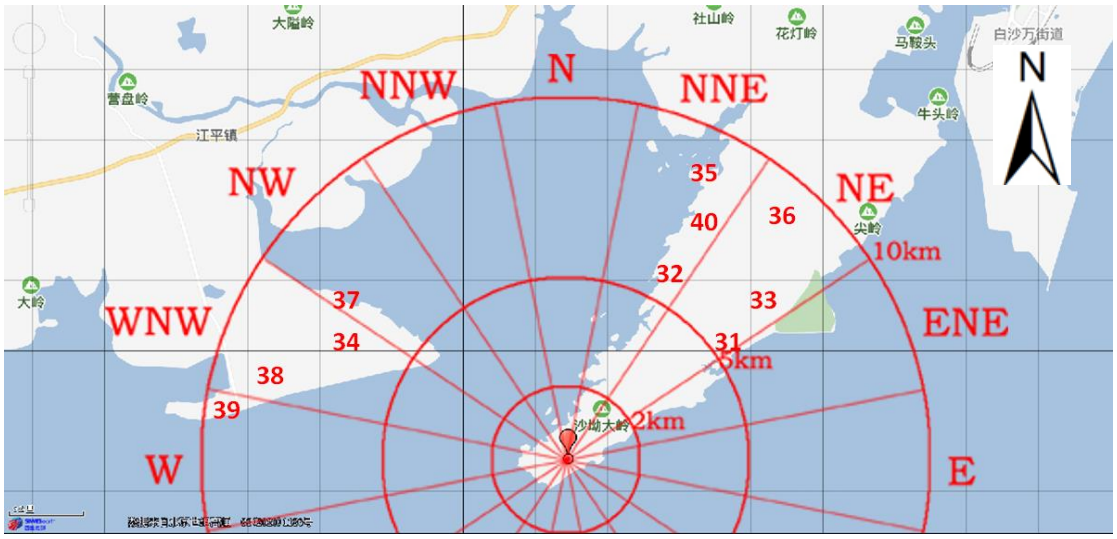


图 3.1-4　地表 γ 辐射剂量率、累积剂量采样点图（半径 5~10 km 范围）

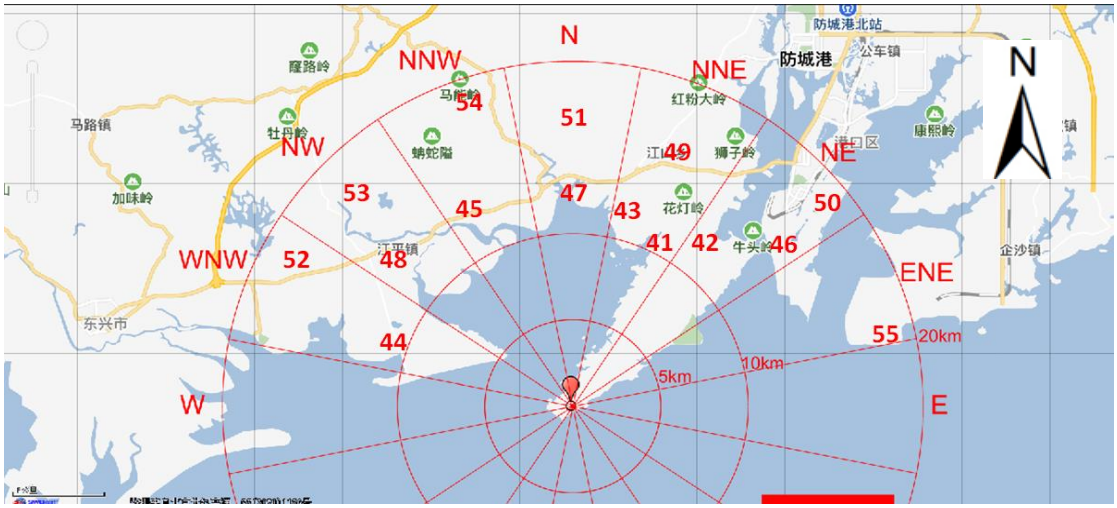


图 3.1-5　地表 γ 辐射剂量率、累积剂量采样点图（半径 10~20km 范围）

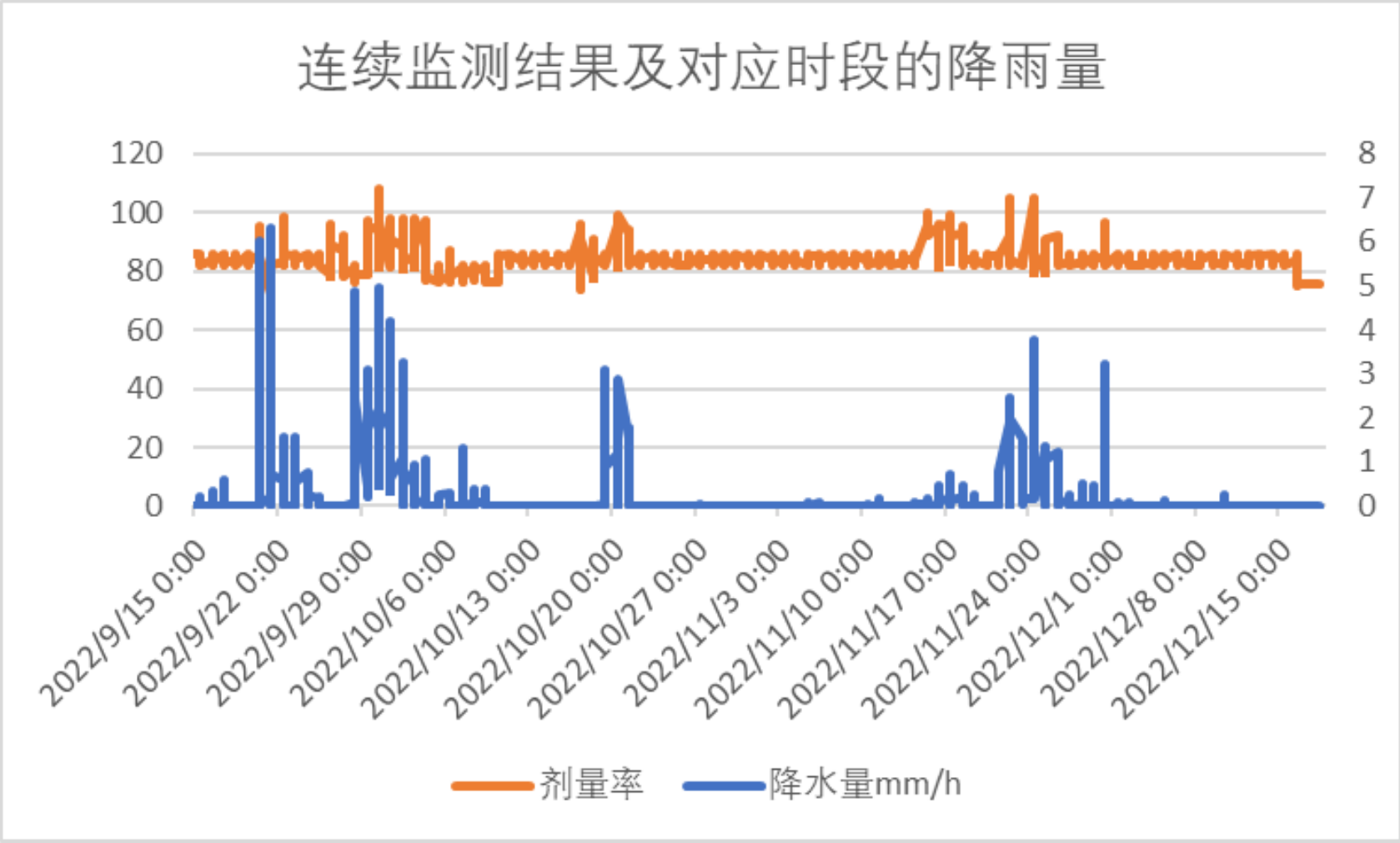


图 3.1-6　地表 γ 辐射贯穿剂量率连续测量结果（未扣除宇宙射线响应）

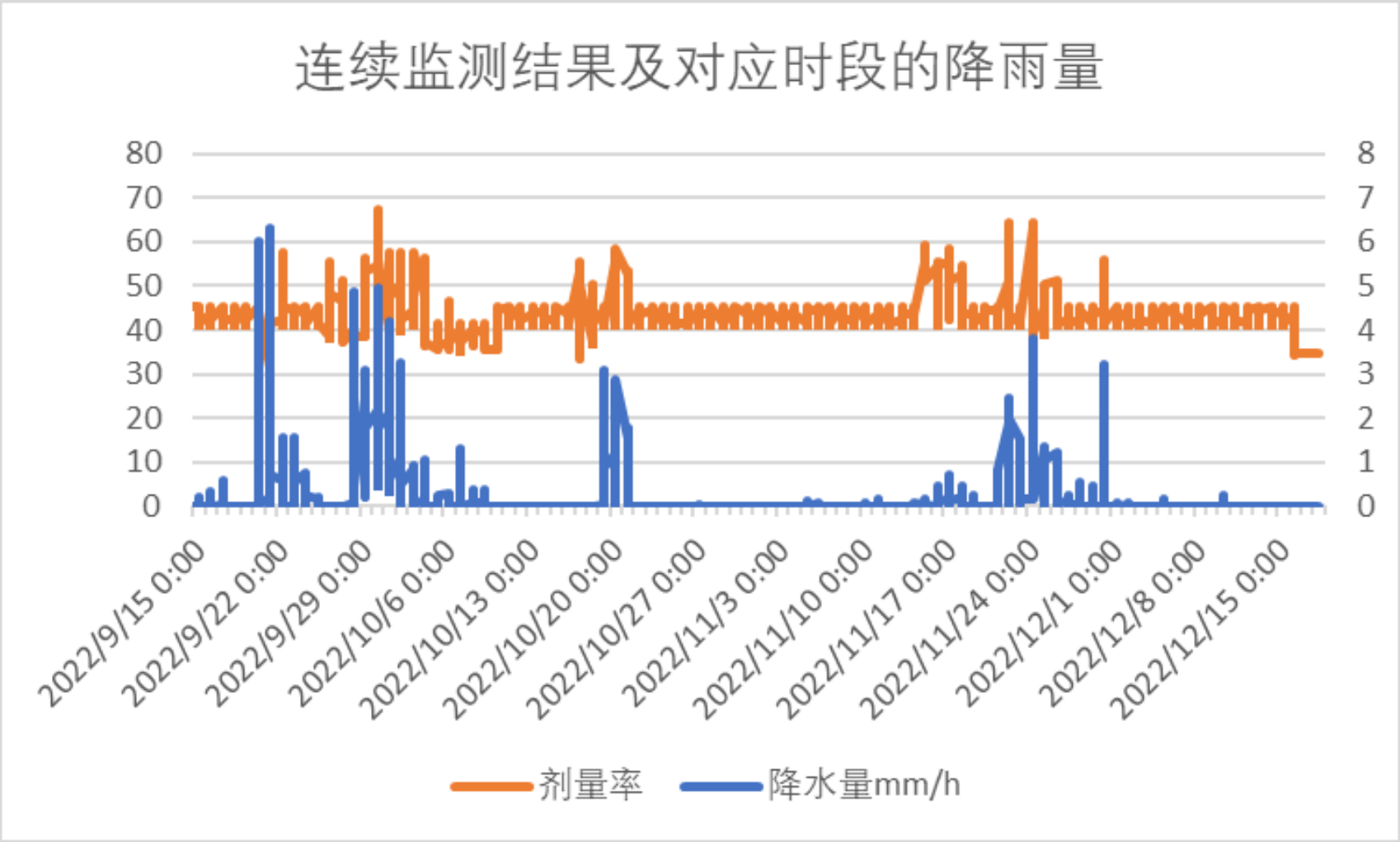


图 3.1-7　地表 γ 辐射贯穿剂量率连续测量结果（扣除宇宙射线响应）

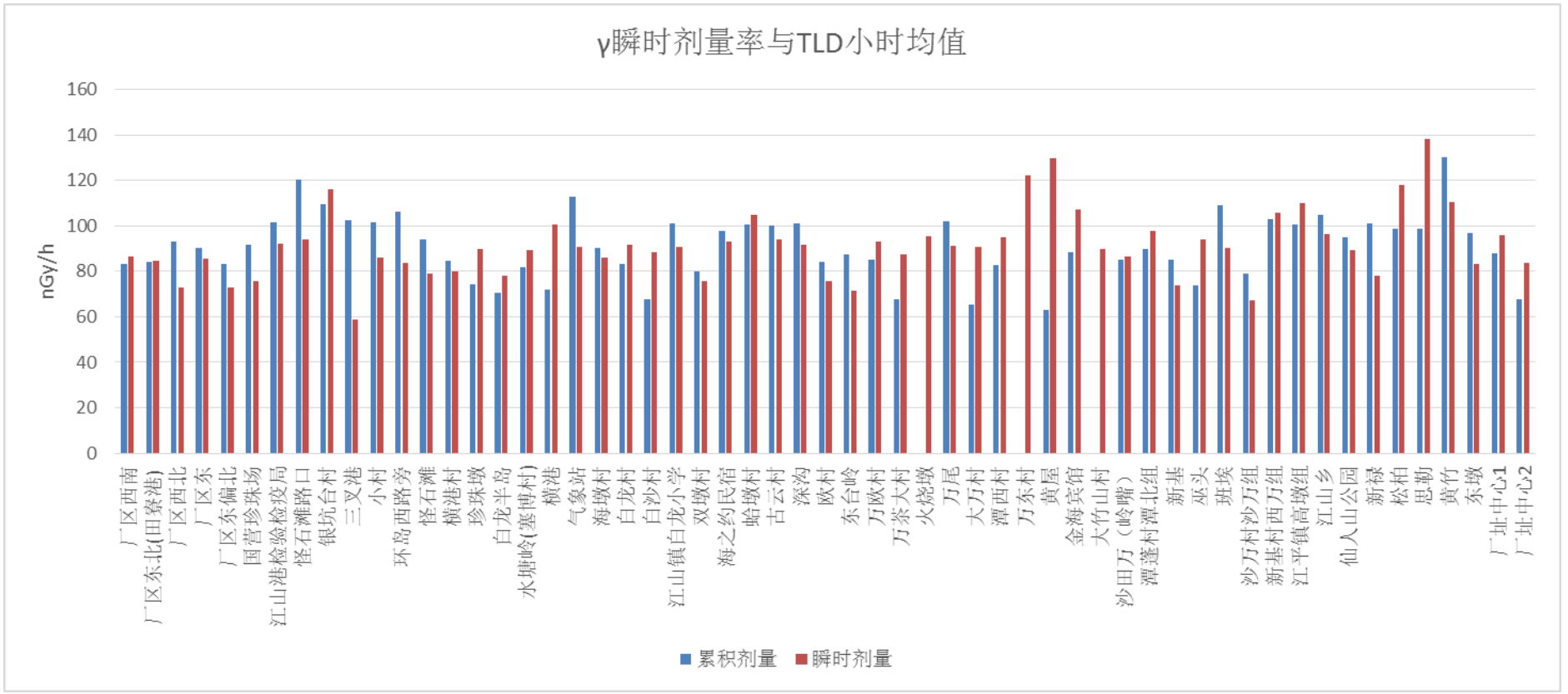


图 3.1-8　地表 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果

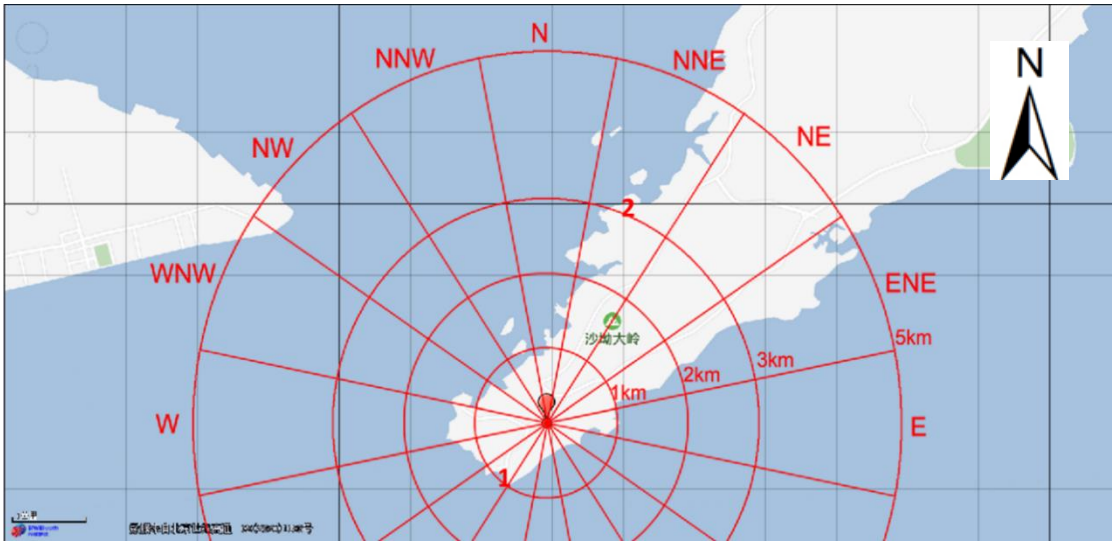


图 3.1-9　空气采样布点图

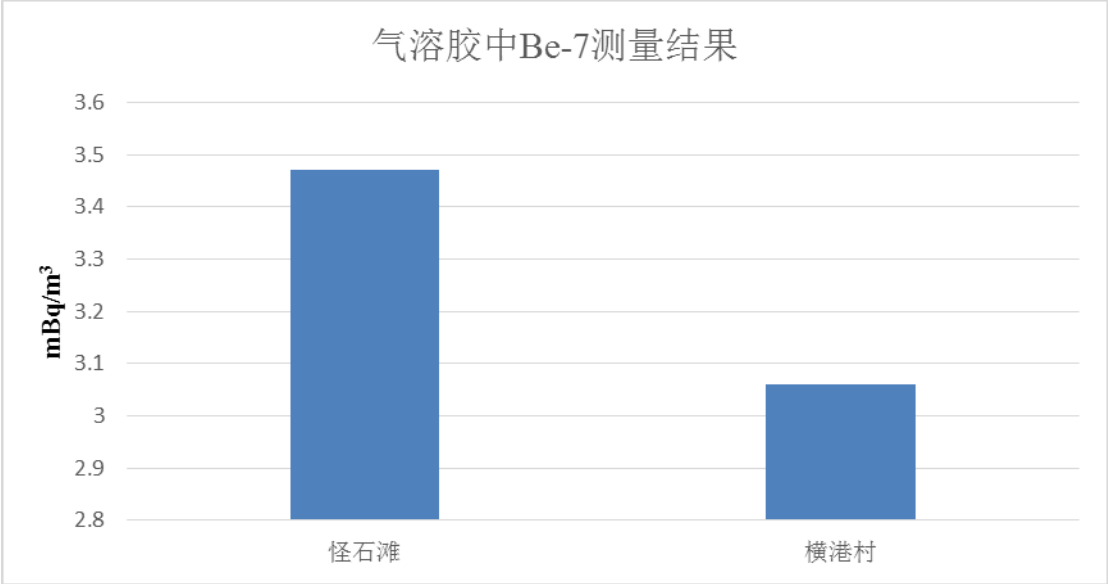


图 3.1-10　气溶胶中 ^{7}Be 测量结果

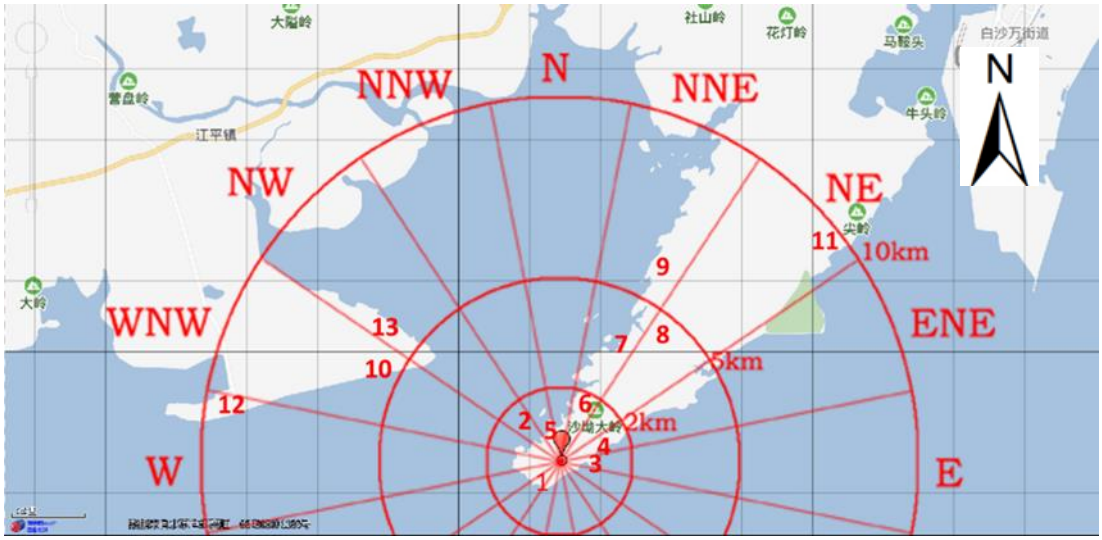


图 3.1-11　土壤采样布点图

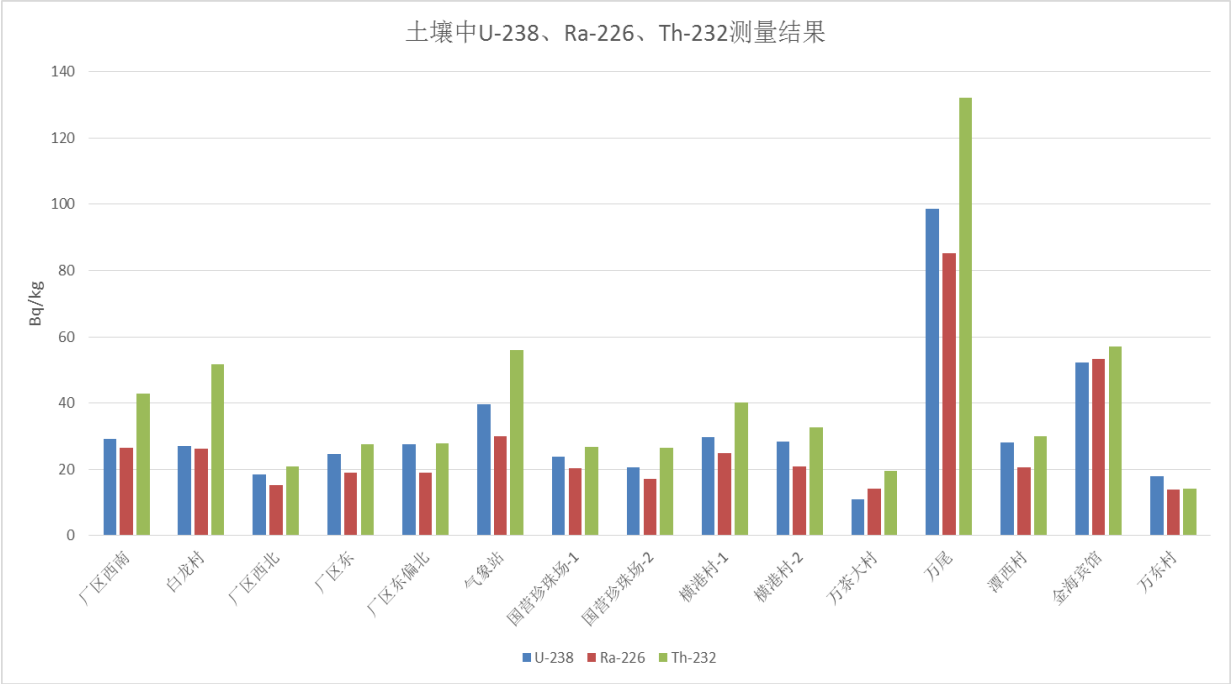


图 3.1-12　土壤 ^{238}U、^{226}Ra、^{232}Th 测量结果

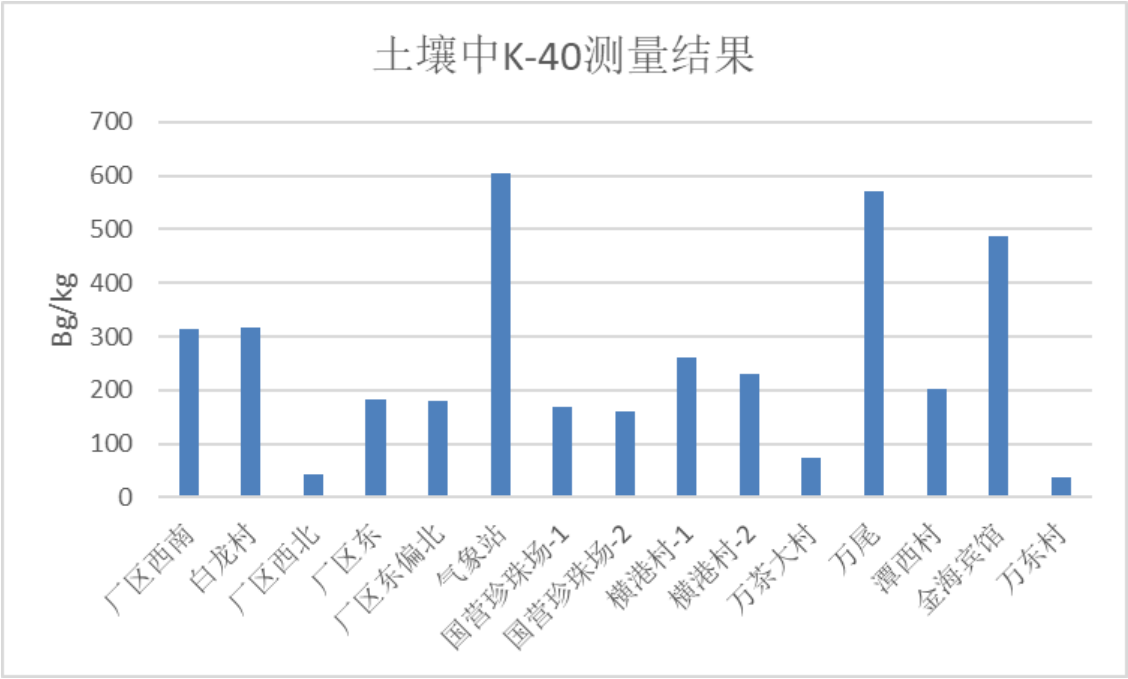


图 3.1-13　土壤 ^{40}K 测量结果

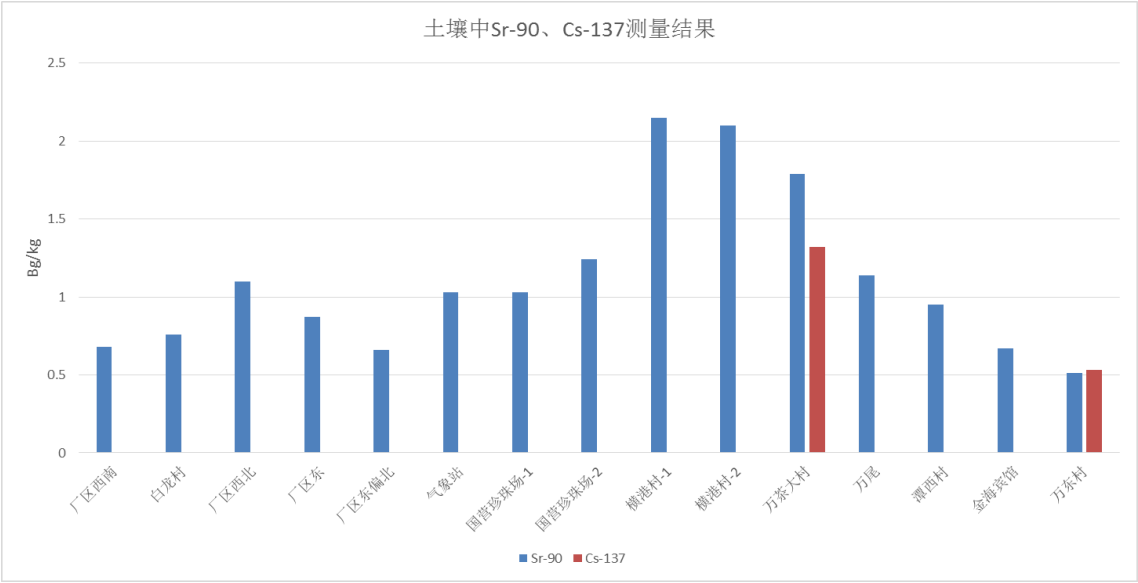


图 3.1-14　土壤 ^{90}Sr、^{137}Cs 测量结果

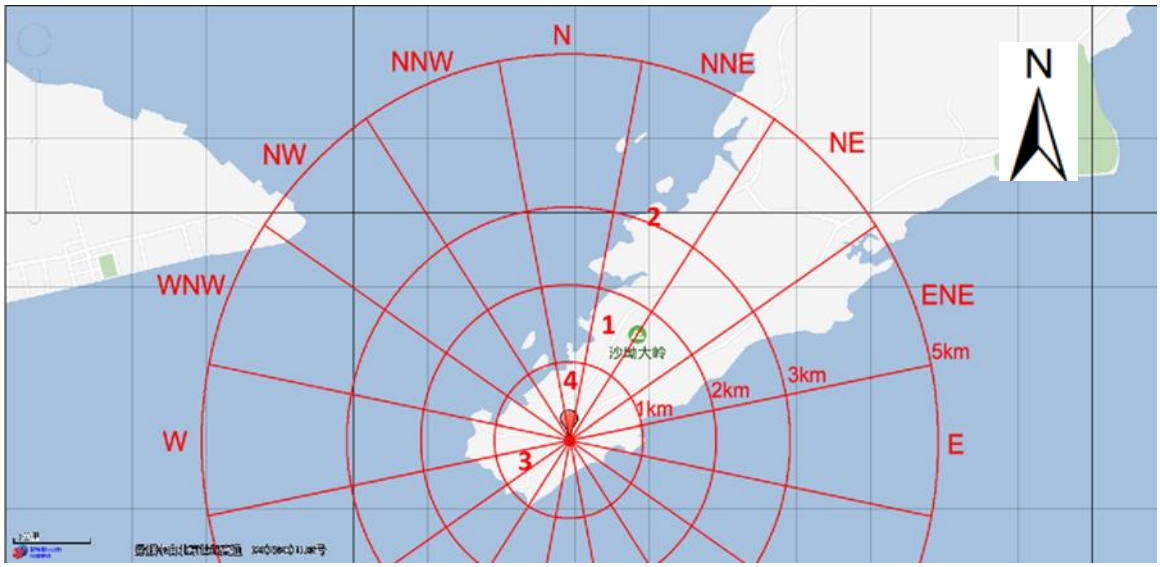


图 3.1-15　饮用水（地下水）布点图（不包括对照点）

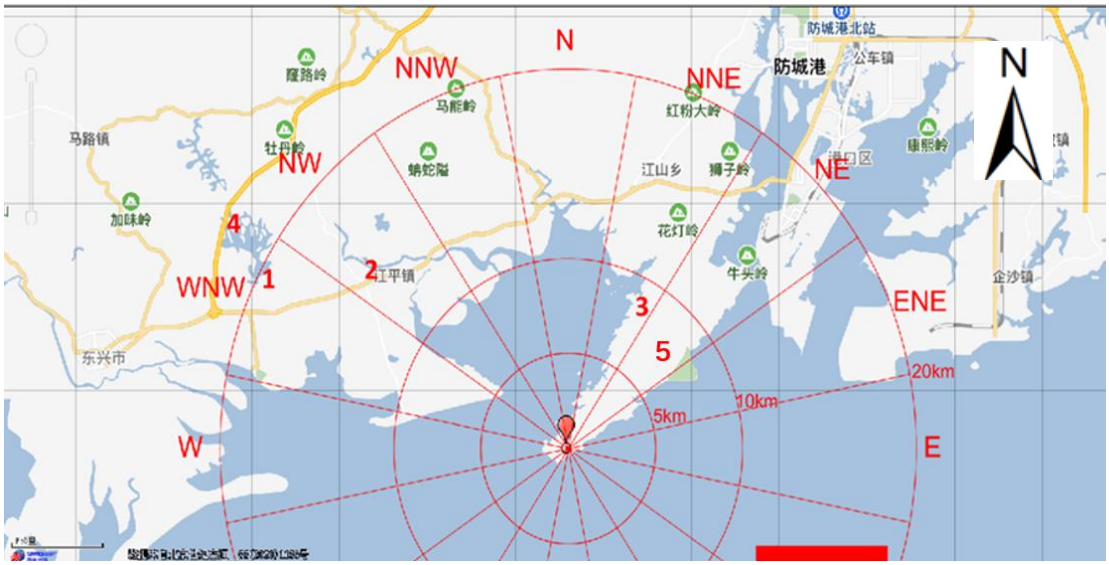


图 3.1-16　地表水（底泥）布点图

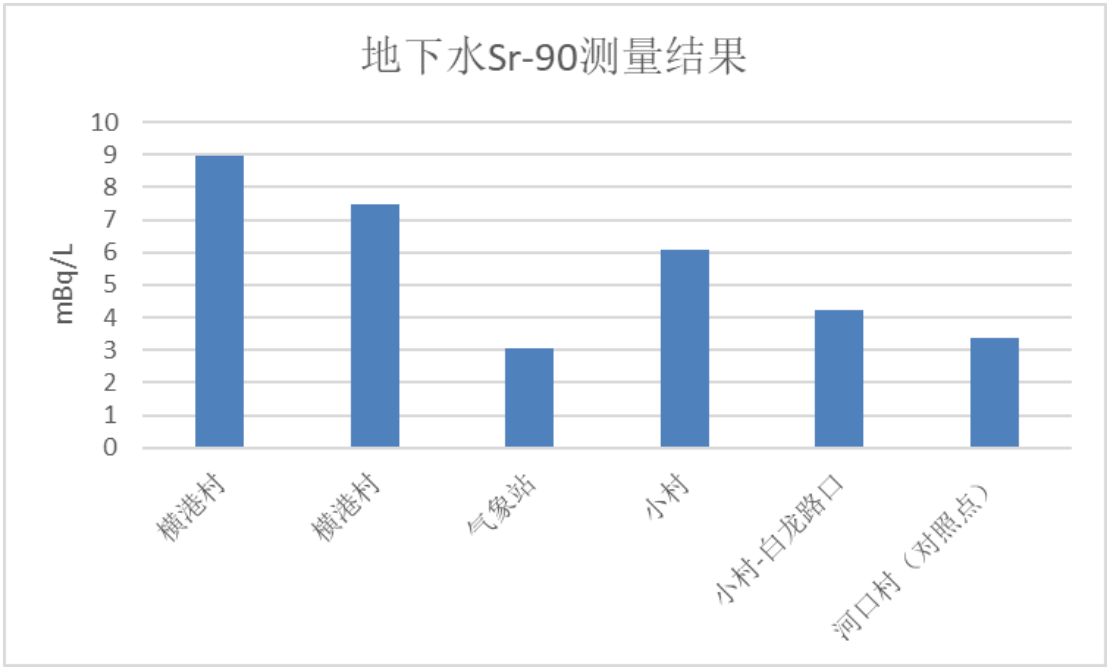


图 3.1-17　地下水 ^{90}Sr 测量结果

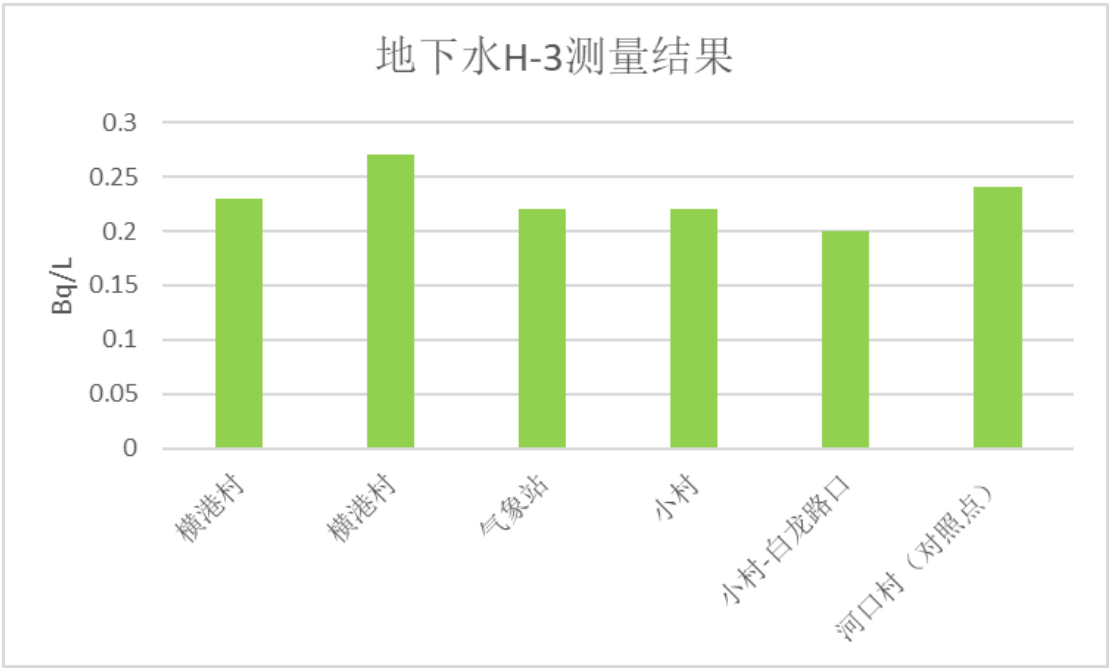


图 3.1-18　地下水 ^{3}H 测量结果

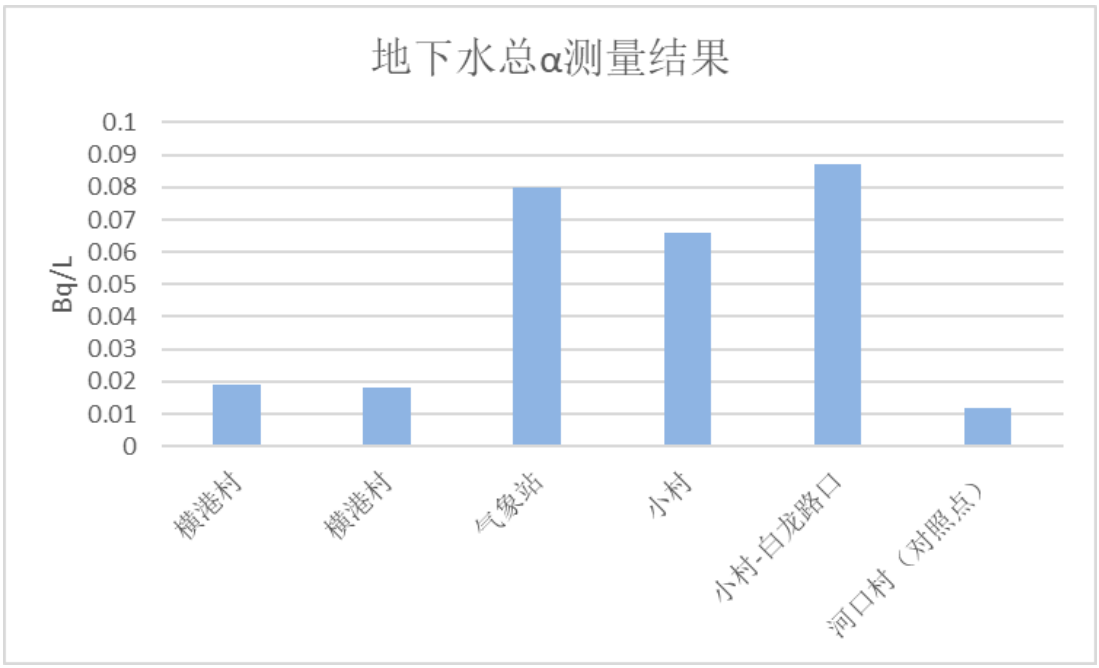


图 3.1-19　地下水总 α 测量结果

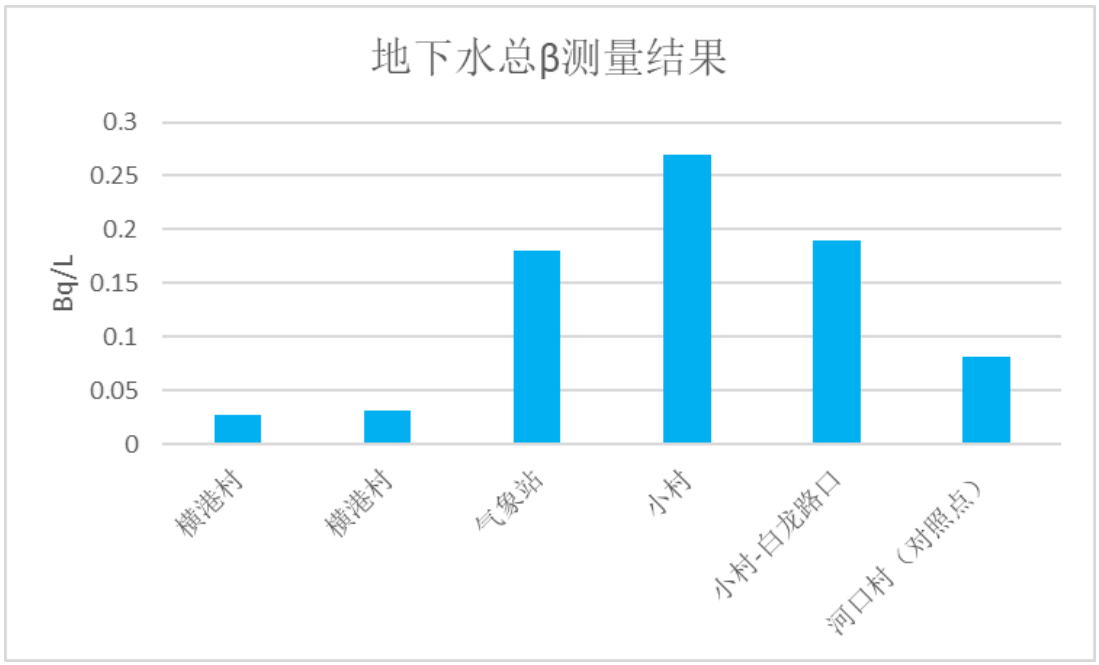


图 3.1-20　地下水总 β 测量结果

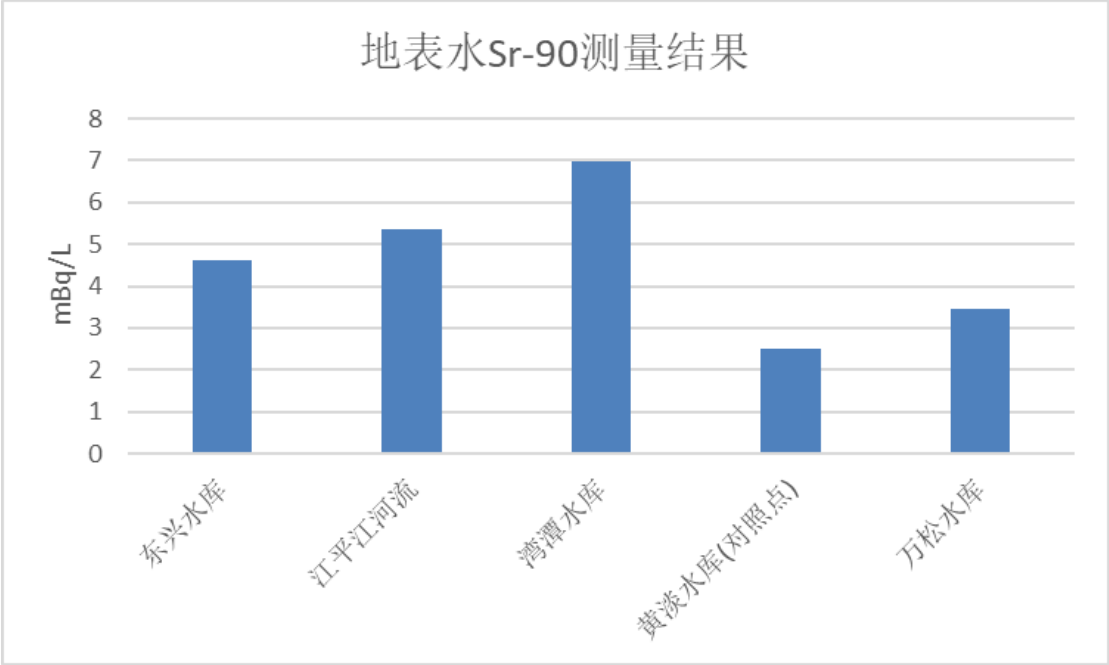


图3.1-21　地表水90Sr测量结果



图 3.1-22　地表水 ^{3}H 测量结果

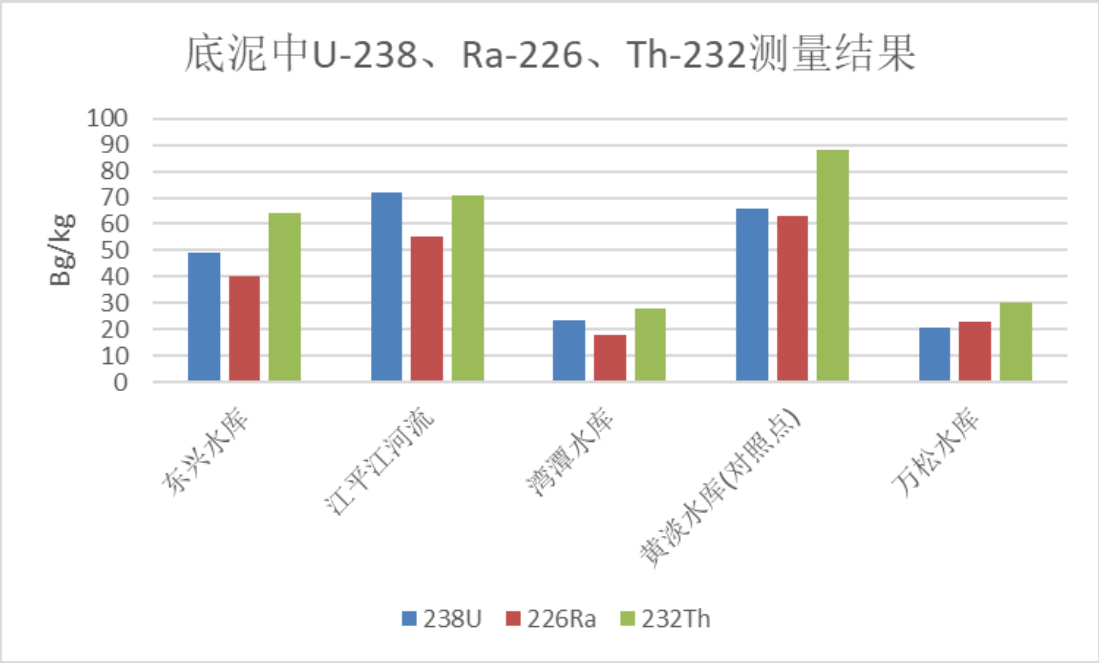


图3.1-23　底泥^{238}U、^{226}Ra、^{232}Th测量结果

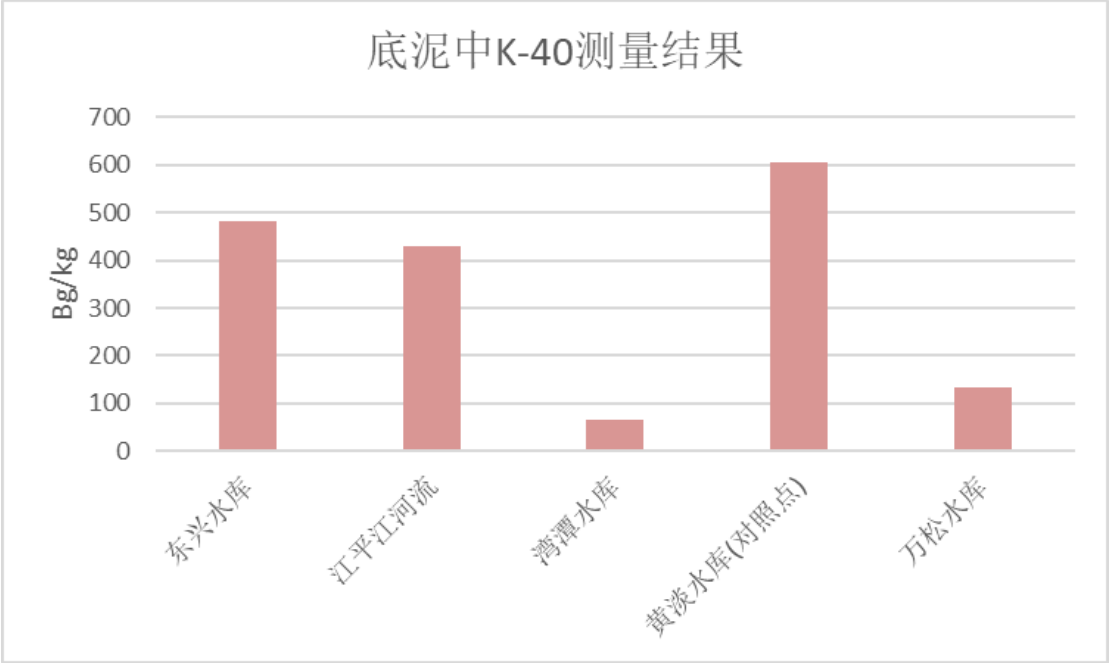


图 3.1-24　底泥 40K 测量结果

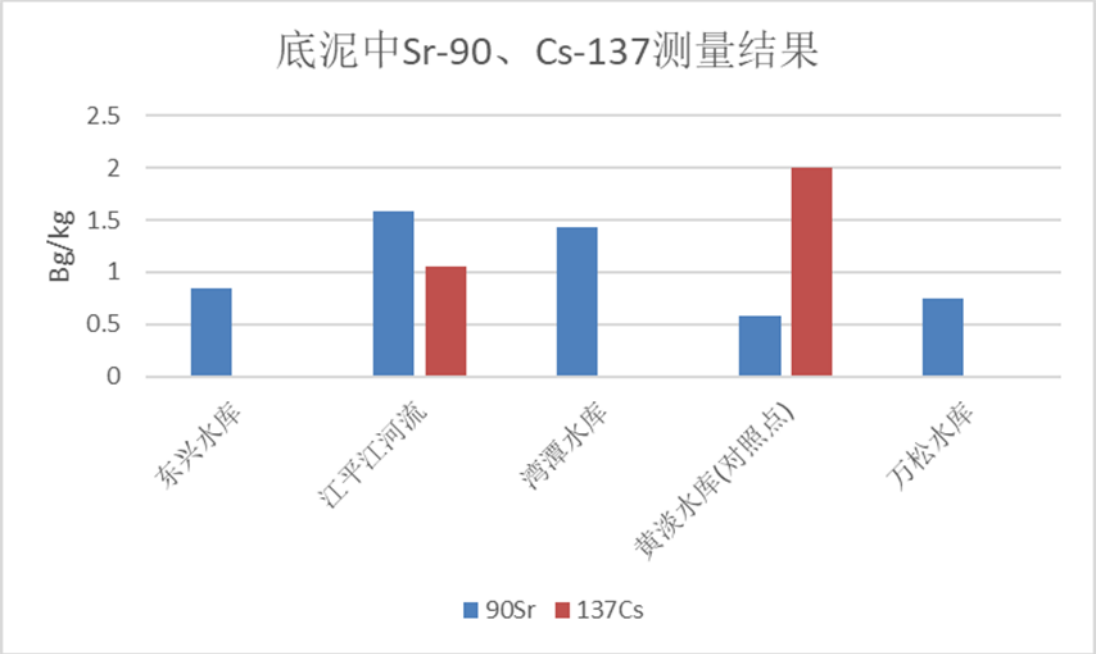


图 3.1-25　底泥 ^{90}Sr、^{137}Cs 测量结果

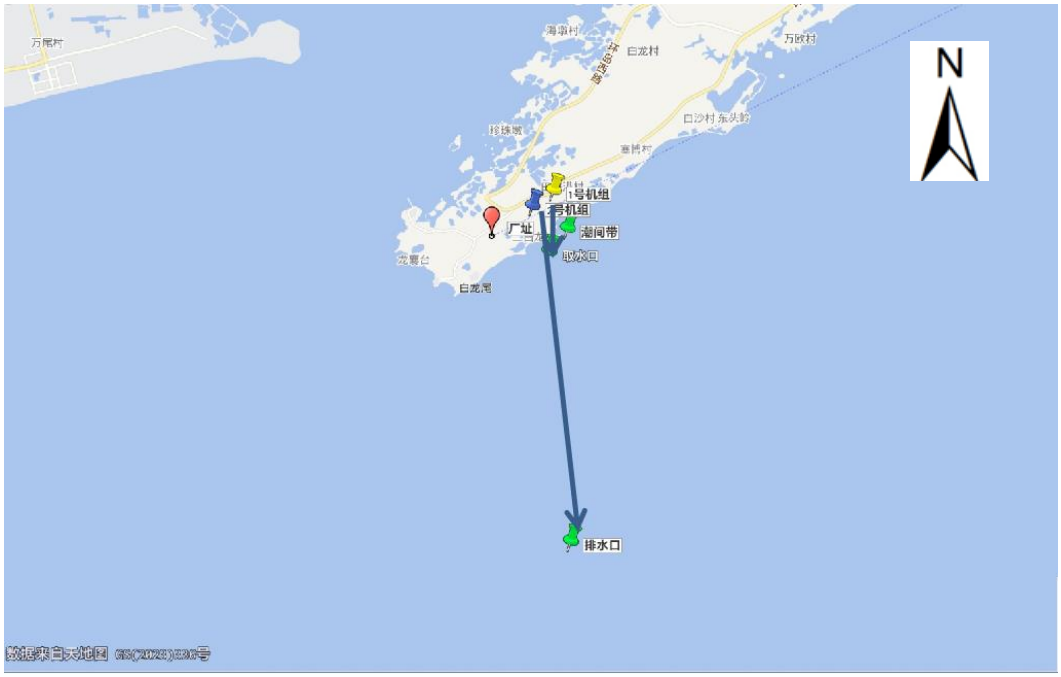


图3.1-26　海水、海洋沉积物布点图

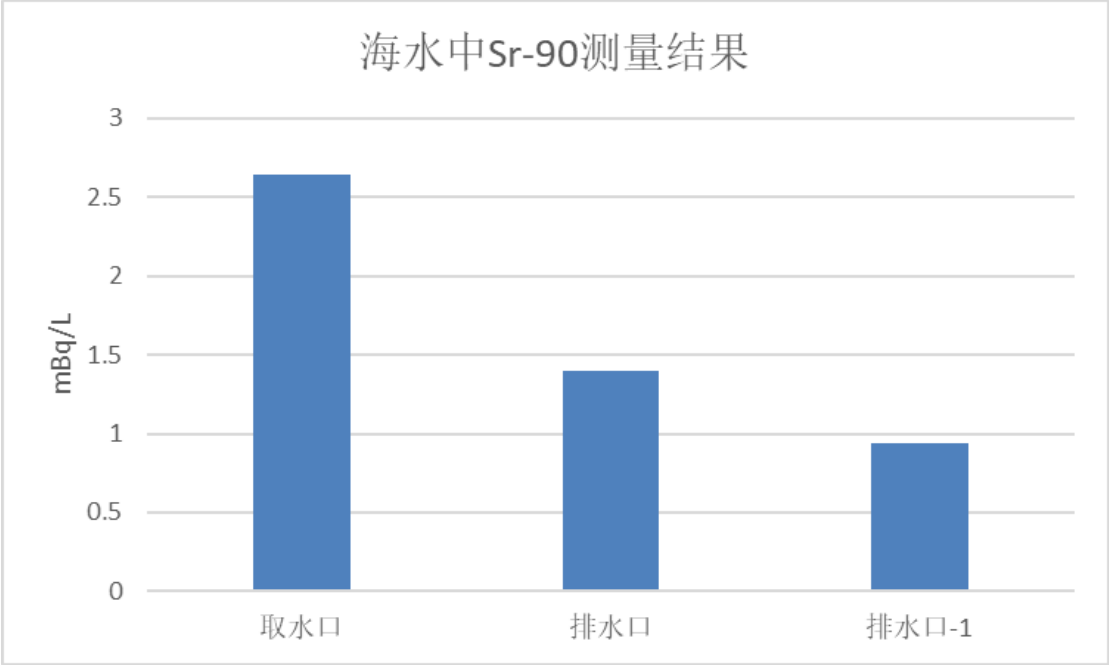


图 3.1-27　海水 ^{90}Sr 测量结果

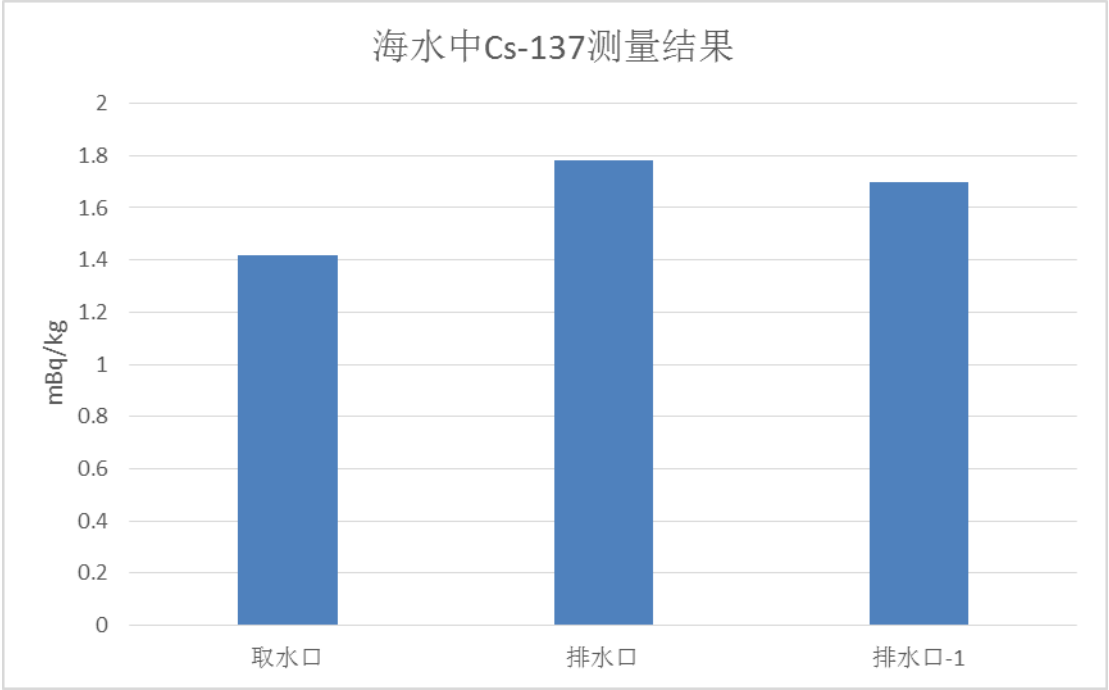


图 3.1-28　海水 ^{137}Cs 测量结果

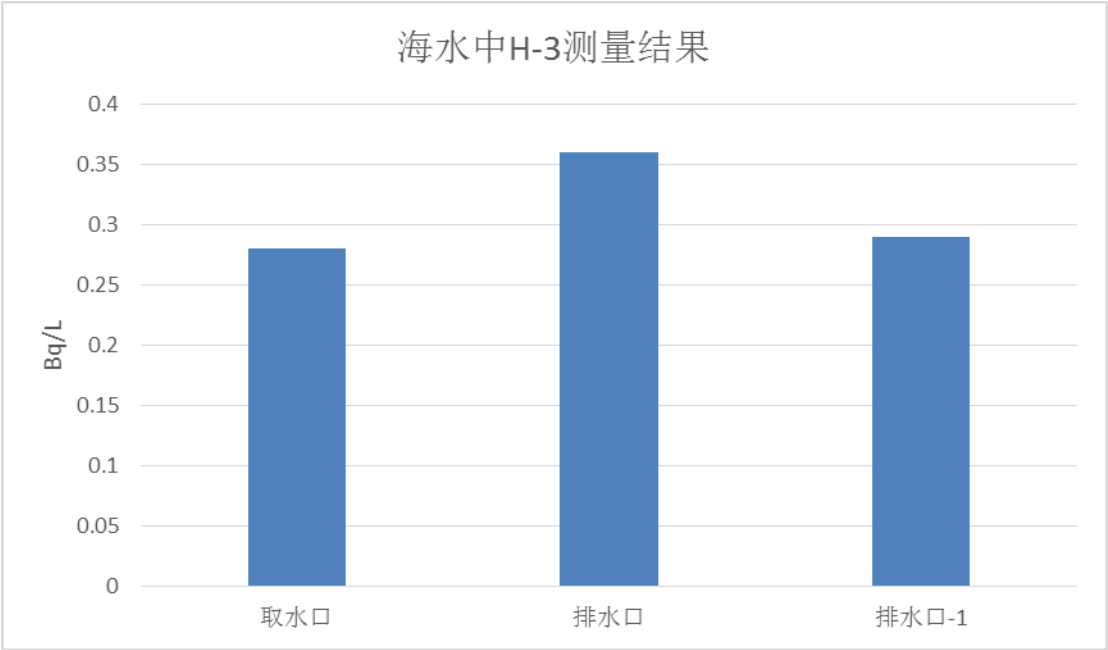


图 3.1-29　海水 ^{3}H 测量结果

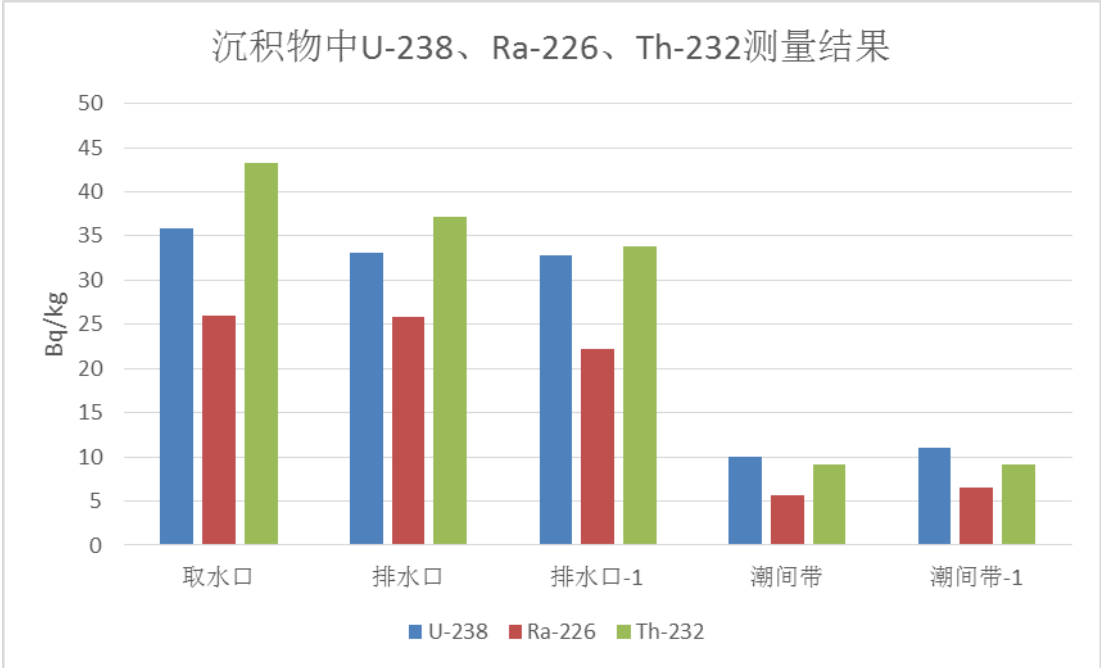


图 3.1-30　海洋沉积物 ^{238}U、^{226}Ra、^{232}Th 测量结果

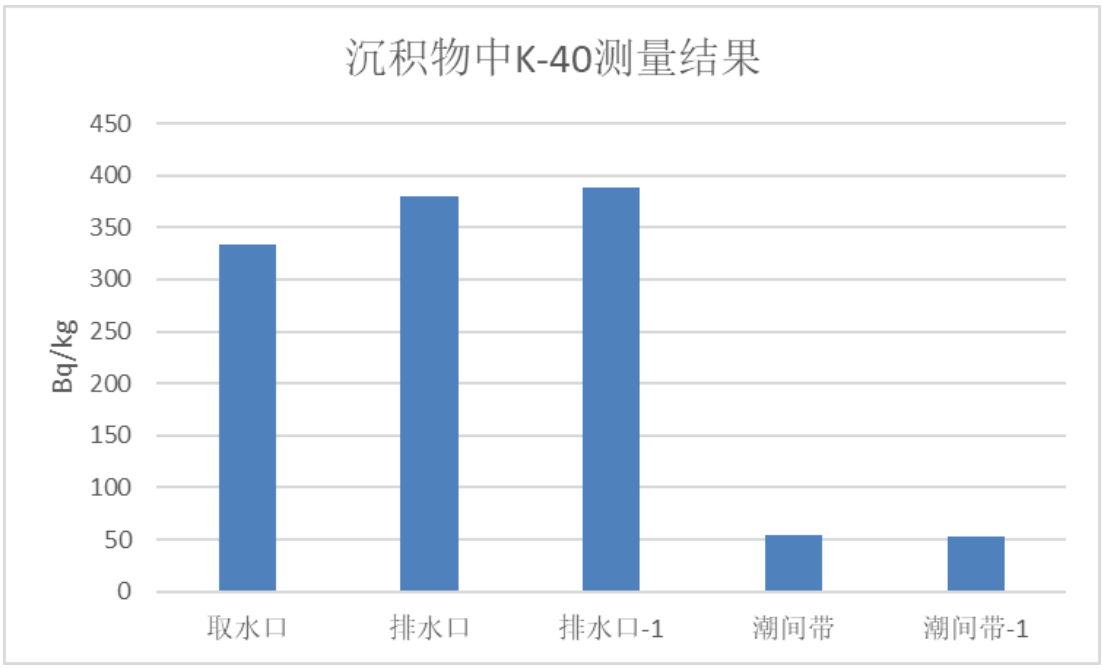


图 3.1-31　海洋沉积物 ^{40}K 测量结果

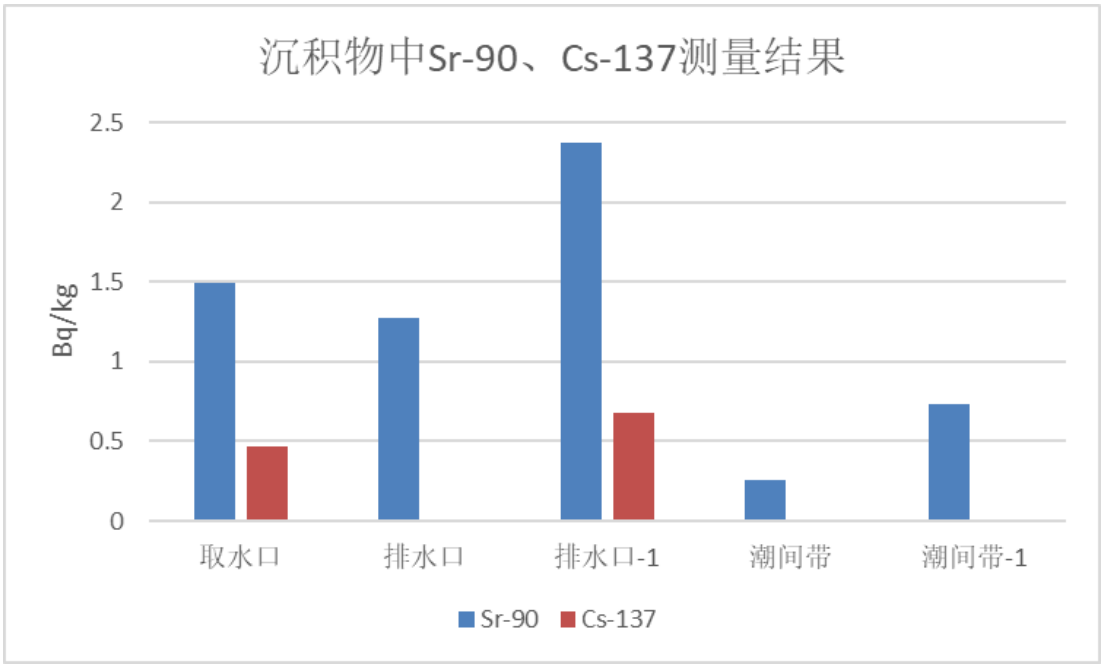


图 3.1-32　海洋沉积物 ^{90}Sr、^{137}Cs 测量结果

3.2 非辐射环境质量现状

广西华测检测认证有限公司工作人员于 2024 年 1 月进入现场，在厂址周围开展大气环境和噪声本底水平的调查，并完成了《广西白龙核电项目 1、2 号机组工程陆域环境监测专题本底调查报告》（大气、声环境质量）。浙江国辐环保科技有限公司工作人员于 2024 年 1 月对厂址周边区域开展电磁环境现状进行了监测，并于 2024 年 3 月完成了《广西白龙核电项目 1、2 号机组工程电磁辐射环境现状调查专题报告》。生态环境部华南环境科学研究所于 2024 年对厂址周围海水环境进行了调查和监测工作，并完成了《广西白龙核电项目厂址邻近海域跟踪调查专题 2024 年春季调查报告》。本节根据《广西白龙核电项目 1、2 号机组工程陆域环境监测专题本底调查报告》（大气、声环境质量）、《广西白龙核电项目 1、2 号机组工程电磁辐射环境现状调查专题报告》以及《广西白龙核电厂可行性研究阶段邻近海域水生生态及渔业资源补充调查专题总报告》，对本工程所在区域目前的非辐射环境质量现状进行描述和评价。

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.1.1 大气环境质量现状初步调查

厂址半径 5km 范围内的环境空气保护目标有该范围内的农村居民点和学校、景区等。

厂址半径 5km 没有规模以上工业企业，无工业大气污染源，厂址周边居民点现有较多农家乐（海鲜大排档），大气污染源主要来源于居民生活污染源，主要为居民生产生活产生的油烟排放。

非放射性大气环境本底监测于冬季 1 月开展，根据厂址周边季节性气象特征，冬季最大风频风向为 NE 风向，风速为 2.9m/s。

非放射性大气环境本底监测于时段于 2024 年 1 月 17 日至 2024 年 1 月 31 日开展，时段选择综合考虑了调查范围的特殊地理位置和风向。由于全年及春、秋、冬三季最大风频下风向所指向的海域（NNE），陆域布点时考虑当地常年主导风向下风向。

3.2.1.2 大气环境质量监测方案

在厂址位置处、厂址周边（半径 5km 的区域）的大气环境保护目标、现有道路沿线处布置监测点，布点原则主要包括：

1)原则上在厂址位置及当地主导风向下风向 5km 范围内设置 1-2 个监测点。

2）原则上在厂址周边（半径 5km 的区域）最近的环境空气保护目标及当季主导风向下风向最近环境空气保护目标处布置各 1 个监测点。

3）厂址进场道路和应急道路尚未开始建设，原则上在厂址周边（半径 5km 的区域）现有最近道路沿线布置 2 个监测点位，1 个点位布置靠近厂址的路段沿线，另 1 个点位布置在厂址周边（半径 5km 的区域）远离厂址且车流量较大的路段沿线。

4）大气环境敏感点监测点位至少包括横港村、珍珠湾、县道 X266 附近的白沙村以及白龙炮台、怪石滩等厂址周边文物和景点。

非放射性大气环境本底监测于冬季 1 月开展，监测因子为二氧化硫（SO_2）、颗粒物（PM_{10}、$PM_{2.5}$）、二氧化氮（NO_2）、一氧化碳（CO）、臭氧（O_3）等，采样时间及频率见表 3.2-1。监测时间为连续 7 天。监测范围为厂址反应堆为中心，半径 5km 范围内的区域。区域内共布设 9 个采样点，分别为厂址中心位置、横港村、进场道路沿线（田寮港村）、大村、细村（白龙炮台）、白沙村、应急道路沿线（白龙村）、珍珠湾、怪石滩。具体点位及其环境特征见表 3.2-2 和图 3.2-1。

采样期间在各测点同时记录 02:00 时、08:00 时、14:00 时、20:00 时气温、气压、风向、风速等有关气象资料，见表 3.2-3。

大气环境质量监测中采用的监测方法及仪器见表 3.2-4。

3.2.1.3　大气环境质量监测结果

各监测点位的大气环境 PM_{10}、$PM_{2.5}$、SO_2、NO_2 日均值监测数据和各监测点位的大气环境 CO、SO_2、NO_2、O_3 小时值监测数据、O_3 日最大 8 小时均值数据统计见表 3.2-5。

从监测结果可以看出，PM_{10}、$PM_{2.5}$ 日均值监测数据最大值分别为 86μg/m^3（2024.01.17，大村）、54μg/m^3（2024.01.27，珍珠湾），SO_2 日均值监测数据最大值为 28μg/m^3（2024.01.17，怪石滩）、NO_2 日均值监测数据最大值为 16μg/m^3（2024.01.17，应急道路沿线（白龙村）），O_3 日最大 8 小时均值监测数据最大值为 115μg/m^3（2024.01.18，应急道路沿线（白龙村）），CO 日均值监测数据最大值为 2.2mg/m^3（2024.01.29，田寮港村（进场道路沿线））。

本次现场监测结果表明，厂址附近的厂址中心位置、横港村、田寮港村（进场道路沿线）、大村、细村（白龙炮台）、白沙村、应急道路沿线（白龙村）、珍珠湾、怪石滩等 9 个大气环境质量监测点位环境空气浓度 NO_2、SO_2、CO 和 O_3 小时浓度值及 NO_2、SO_2、$PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的 24 小时浓度值、O_3 日最大 8 小时均值浓度值均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求，质量浓度值占相应标准质量浓度限值的百分比见表 3.2-5，无超标点位。综上，厂址区域的环境空气质量优良。

3.2.1.4　大气环境质量现状评述

由表 3.2-5 的大气环境质量现状监测结果可见，厂址附近的 9 个大气环境质量监测点位在 2024 年 1 月 17 日至 2024 年 1 月 31 日监测的环境空气浓度 NO_2、SO_2、CO 和 O_3 小时浓度值及 NO_2、SO_2、$PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的 24 小时浓度值、O_3 日最大 8 小时均值浓度值均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

3.2.2　声环境质量现状调查与评价

3.2.2.1　声环境质量现状初步调查

厂址半径 5km 范围内的声环境保护目标主要为农村居民点和白龙小学、白龙炮台等学校、景区。

厂址半径 5km 无规模以上工业企业，位于海边的白龙村和万欧村建有私营海蜇加工厂，监测期间，因属季节性生产，基本未生产。噪声源主要来源于居民生活噪声源和交通噪声源。

3.2.2.2　声环境质量监测方案

本次噪声监测在 2024 年 1 月 17 日至 2 月 2 日进行，昼间测量时段为 6:00-22:00，夜间测量时段为 22:00-次日 6:00。在厂址反应堆位置处进行一次 24 小时连续监测。对于交通噪声的监测，进行昼间和夜间监测，且昼间均分别选择车流高峰时段和车流平均时段进行监测。车流高峰时段和车流平均时段选择时，综合考虑当地居民的生活出行习惯及实地调查，选取 7:00~9:00，11:00~13:00，14:00~16:00，17:00~19:00 时段为高峰时段，其余时间为平均时段。

监测因子包括昼间等效声级 L_d，夜间等效声级 L_n，24h 连续监测 L_{dn}，累积百分声级 L_N（L_{10}、L_{50}、L_{90}），最大 A 声级 L_{max}。

监测范围为以厂址反应堆为中心半径 5km 范围内陆域。总共布设了 36 个监

测点位，分别为：①厂区：在厂址厂区内布设一个定点连续噪声测量点；在厂址边界布设噪声测量点，监测点位包括厂址四周厂界。②厂址半径 5km 范围陆域：以 1km×1km 网格进行布点，其中厂址周边（1km 边长的矩形区域）布点尽可能在厂址周围 200m 范围内的环境敏感目标选点。其余区域的考虑在环境敏感目标以及主要噪声源处选点，其中主要噪声源包括（但不限于）：厂址附近的居民点等处的社会生活噪声测量点；厂址附近的工业企业、主要养殖场（如有）等处的工业生产噪声测量点；项目附近主要公路的交通运输噪声测量点；在建项目的建筑施工噪声测量点。对每个测点均应进行编号和详细描述。③厂外敏感目标：白龙小学、横港村、珍珠湾、白龙炮台和怪石滩等，在靠近厂址最近处布设 1 个测量点。厂址半径 5km 范围陆域布点情况及点位环境特征见表 3.2-6 和图 3.2-2~图 3.2-7。

对于环境噪声的监测：测量点选在居住或工作建筑物外，离任一建筑物的距离不小于 1m，传声器距地面的垂直距离不小于 1.2~1.5m，测量时传声器加风罩。在规定的测量时间内，每次每个测点测量 10min 连续等效 A 声级 L_{eq}、L_N（L_{10}、L_{50}、L_{90}）和 SD。对于定点测量点，进行 24 小时连续测量。测量每小时的 L_{eq}、LN（L_{10}、L_{50}、L_{90}）和 SD 及昼间的 L_d 和夜间的 L_n。

对于交通噪声的监测：对应交通噪声，测点选在路段两路口之间，距任一路口的距离均大于 50m，测点位于人行道上距路面（含慢车道）20cm 处，监测点位高度距地面为 1.2~6.0m，每个测点测量 20min 等效声级 L_{eq}，记录累积百分声级 L_{10}、L_{50}、L_{90}）、L_{max}、L_{min} 和标准偏差（SD），分类（大型车、中小型车）记录车流量。

测量仪器为 AWA5688+多功能噪声分析仪。校准器为 AWA6221B 声校准器。

3.2.2.3　声环境质量监测结果

声环境质量检查结果见表 3.2-7 至表 3.2-9。

本次监测结果表明，噪声连续监测点昼间等效声级 L_d、夜间等效声级 L_n 满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类声环境功能区要求。厂界噪声、居民生活噪声、工业噪声、环境保护目标和网格布点监测点位昼间和夜间噪声均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类声环境功能区要求。N16#江山半岛景区旅游公路（Y134 环岛西路），N17#江山至白龙四级公路（X266 环岛东路）、N18#双墩至水产码头公路、N20#核电站拟建进厂道路通过处等点位出现超过《声

环境质量标准》（GB3096-2008）2 类声环境功能区要求，但因交通噪声点位于交通干线两侧，监测期间，旅游、出行车辆较多，通往车辆产生的胎噪、鸣笛等不可避免的因素会对监测结果产生影响，根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）要求，交通干线两侧一定距离内，可按执行 4a 类标准限值，除 N16#江山半岛景区旅游公路、N20#核电站拟建进厂道路通过处的最高夜间偶发噪声级（L_{max}）超过 4a 类夜间偶发噪声限值（70dB）外，本次所有的交通噪声监测点能够满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准限值。

3.2.2.4　声环境质量现状评述

上述分析可见，噪声连续监测点、昼夜环境噪声测量结果均达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类声环境标准，交通噪声能够满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准限值。综上所述，厂址半径 5km 范围内的声环境质量较好，部分交通噪声结果超标。

3.2.3　受纳水体环境质量现状调查与评价

本工程的排水的受纳水体为北部湾海水。

生态环境部华南环境科学研究所于 2024 年对厂址周围海域环境进行调查和监测工作。

3.2.3.1　水环境质量监测方案

1）调查时间

广西白龙核电项目厂址邻近海域跟踪调查专题 2024 年春季调查工作于 4 月 10 日-4 月 12 日进行春季邻近海域航次调查。

2）布点原则

根据厂址附近海域环境及其地理特点，按照全面覆盖、近密远疏、重点代表的原则设置站位，在排水口和其它环境敏感目标处适当加密调查站位，重点关注珍珠湾、北仑河口红树林海洋保护区等敏感位置。

3）调查范围

调查范围覆盖以核电厂排水口为中心，半径 20km 范围内的海域，采用扇形方式布设断面，共布设大面调查 7 条断面，每个断面布设 3-6 个站位，共计水质站 30 个，站位编号为 S1-S30，其中 S5、S9 为取排水口定点连续观测站，每个站位根据不同水深进行不同层次海水样品的采集。监测点位所在海域的海水水质

保护目标主要为第二、三类水质标准，其中 25 个监测点执行二类海水水质标准，4 个监测点执行三类海水水质标准，1 个监测点执行四类海水水质标准，具体见表 3.2-10。

海水监测采样点位信息见表 3.2-10，示意图见图 3.2-8。

4）调查项目

共调查水温（按层次）、盐度（按层次）、浊度（按层次）、水色（按站位）、透明度（按站位）、水深（按站位）等水文要素 6 项。pH、溶解氧（DO）、悬浮物（SS）、高锰酸钾指数（COD_{Mn}）、营养盐（无机氮、总磷、氨氮、硝态氮、亚硝态氮、活性磷酸盐）、总有机碳、铜、铅、锌、镉、砷、汞、总铬、硼等水质要素；以及特征调查要素：氰化物、余氯、硫化物、石油类、挥发性酚、氟化物共 6 项。

5）采样方法

所用调查船只进入预定站位，使用 GPS 进行定位，测量水深。根据实测水深进行透明度、水色等现场观测，并按照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）的要求采集水样。当水深<10m 时，采集表层水样；当 10m<水深<25m 时，采表、底层两层水样；当 25m≤水深<50m 时，采表、10m、底三层水样；其中表层为距表面 1m，中层为 10m，底层为离底 2m。采样时严禁船舶排污，采样位置应远离船舶排污口，并严格按照相关规定程序和探作要求进行样品的分装、预处理、编号记录、贮存和运输。

6）分析方法和检出限

样品的分析严格按照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）进行，不在规范内的项目参照其他国标或行业标准测试，水样分析方法见表 3.2-11。

3.2.3.2　水环境质量监测结果

2024 年春季各断面的水化学监测结果见表 3.2-12~表 3.2-15，并将结果与历史监测数据（2016 年、2020 年）进行比较，结果无明显差异。监测结果描述如下：

1）水温：春季调查海区大面测站的所有现场水温监测的变化范围介于 17.5℃~26.4℃，平均值为 21.51℃，最小值出现在 S12 底层，最大值出现在 S19 表层；

定点站 S5 水温检测结果范围介于 19.7℃~23.7℃，平均值为 21.86℃，最小值出现在 19:00 时底层，最大值出现在 16:00 时表层。定点站 S9 水温检测结果范围介于 18.7℃~23.31℃，平均值为 21.30℃，最小值出现在 7:00 时底层，最大值出现在 19:00 时表层。

2）盐度：春季调查海区大面测站盐度变化范围介于 28~31.4，平均值为 30.08，最小值出现在 S6 表层，最大值出现在 S14 底层；定点站 S5 盐度检测结果范围介于 30.1~30.9，平均值为 30.35，最小值出现在 13:00 时表层，最大值出现在 16:00 时底层。定点站 S9 盐度检测结果范围介于 30.3~30.9，平均值为 30.53，最小值出现在 13:00 时表层，最大值出现在 19:00 时底层。

3）浊度：春季大面测站所有样品浊度介于 1.1 NTU ~ 4.4 NTU，平均值为 2.10 NTU，最小值出现在 S14 底层，最大值出现在 S28 表层；定点站 S5 浊度检测结果范围介于 0.9 NTU ~1.6 NTU，平均值为 1.22 NTU，最小值出现在 10:00 时底层，最大值出现在 19:00 时表层。定点站 S9 浊度检测结果范围介于 0.9 NTU~1.6 NTU，平均值为 1.33 NTU，最小值出现在 19:00 时表层，最大值出现在 22:00 时底层。

4）水色：春季调查海区大面测站水色检测结果范围介于 4 ~ 9，平均值为 6，最小值出现在 S5、S7，最大值出现在 S23 表层、S29 表层。

5）透明度：春季调查海区大面测站透明度检测结果范围介于 4 m ~ 8.5 m，平均值为 7.23 m，最小值出现在 S30，最大值出现在 S14。

6）水深：春季调查海区大面测站水深变化范围为 1.2~31.5m。定点站 S5 水深检测结果范围介于 7.2 m ~ 12 m，平均值为 9.65mg/L，最小值出现在 4:00 时，最大值出现在 19:00 时。定点站 S9 水深检测结果范围介于 8.4 m ~ 11.6 m，平均值为 10.55 m，最小值出现在 4:00 时，最大值出现在 19:00 时。

7）总悬浮物：春季水样中的总悬浮物含量结果范围介于 8mg/L ~ 17 mg/L，平均值为 11.5mg/L，最小值出现在 S4 表层，最大值出现在 S6 底层。

8）溶解氧（DO）：春季水样中的溶解氧含量介于 5.8 mg/L ~ 8.3 mg/L，平均值为 6.59 mg/L，最小值出现在 S18 表层，最大值出现在 S23 表层。

9）化学需氧量（COD_{Mn}）：春季水样中的化学需氧量（COD_{Mn}）介于 0.48mg/L~1.88mg/L 平均值为 1.00mg/L。

10）pH 值：春季水样中的 pH 值介于 7.7 ~ 8.7，平均值为 8.04，最小值出现在 S2 表层，最大值出现在 S4 底层。

11）亚硝酸盐：春季水样中的亚硝酸盐含量介于 0.001mg/L ~ 0.005 mg/L，平均值为 0.0019mg/L，最小值出现在 S20 表层，最大值出现在 S4 表层。

12）无机氮：无机氮检测结果范围介于 0.009mg/L ~ 0.142 mg/L，平均值为 0.0470 mg/L，最小值出现在 S26 中层，最大值出现在 S15 表层。

13）氨氮：氨氮检测结果范围介于 0.002mg/L ~ 0.089mg/L，平均值为 0.0257 mg/L，最小值出现在 S5 表层，最大值出现在 S10 表层。

14）硝酸盐：硝酸盐检测结果范围介于 0.001mg/L ~ 0.102 mg/L，平均值为 0.0189 mg/L，最小值出现在 S26 中层，最大值出现在 S15 表层。

15）活性磷酸盐：春季水样中的活性磷酸盐含量介于 0.001 mg/L ~ 0.011 mg/L，平均值为 0.0047 mg/L，最小值出现在 S10 表层，最大值出现在 S20 表层。

16）石油类：春季水样中的石油类含量介于 4.4 μg/L ~ 43.2 μg/L，平均值为 16.00 μg/L，最小值出现在 S14 表层，最大值出现在 S8 表层。

17）氰化物：春季水样中的氰化物含量低于检测限。

18）硫化物：春季水样中的氰化物含量低于检测限。

19）氟化物：春季水样中的氟化物含量介于 1.04 mg/L ~ 1.26 mg/L，平均值为 1.173 mg/L，最小值出现在 S23 表层，最大值出现在 S15 表层。

20）挥发酚：挥发酚检测结果范围介于 1.2 μg/L ~ 4.7 μg/L，平均值为 2.65 μg/L，最小值出现在 S7 表层*（平行样），最大值出现在 S11 表层*（平行样）。

21）总汞：春季水样中的总汞含量均低于检出限。

22）铜：春季水样中的铜含量介于 1.109 μg/L ~ 3.09 μg/L，平均值为 1.88 μg/L，最小值出现在 S21 中层，最大值出现在 S4 表层。

23）铅：春季水样中的铅含量介于 ND ~ 3.482 μg/L，平均值为 2.28 mg/L，最小值出现在多个站位，最大值出现在 S8 底层。

24）镉：春季水样中的镉含量介于<0.03μg/L~50.5μg/L 之间，平均值为 0.99μg/L。

25）总铬：春季水样中的总铬含量介于 0.9 μg/L ~ 4.4 μg/L，平均值为 2.72 μg/L，最小值出现在 S2 表层，最大值出现在 S30 表层。

26）锌：春季水样中的锌含量介于 4.558 μg/L ~ 13.336 μg/L，平均值为 7.73 μg/L，最小值出现在 S7 底层，最大值出现在 S10 底层。

27）砷：春季水样中的砷含量变化范围介于 0.5 μg/L ~ 1.8 μg/L，平均值为 0.69 μg/L，最小值出现在 S5 表，最大值出现在 S27 表层*（平行样）。

28）硼：春季水样中的硼含量介于 0.81 mg/L ~ 2.62 mg/L，平均值为 1.754 mg/L，最小值出现在 S28 中层，最大值出现在 S8 底层。

29）余氯：检测结果范围介于 ND ~ 0.144 mg/L，平均值为 0.107 mg/L，最小值出现在多个站位，最大值出现在 S22 表层。

3.2.3.3　水环境质量现状评述

参照海水水质标准（GB3097-1997），对水质现状进行了评价。水质评价方法采用单因子标准指数法。

水质评价方法采用单因子标准指数法。

（1）单项水质标准指数法的计算方法如下：

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{s,i}$$

式中：

$S_{i,j}$ 为标准指数；

$C_{i,j}$ 为评价因子 i 在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

$C_{s,i}$ 为评价因子 j 的评价标准限值，mg/L。

（2）DO 的标准指数为：

当 $DO_j \leqslant DO_f$ 时，$S_{DO,j} = DO_s / DO_j$

当 $DO_j \geqslant DO_f$ 时，$S_{DO,j} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s)$

式中：

$S_{DO,j}$ 为溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

DO_j 为在 j 点的溶解氧实测统计代表值，mg/L；

DO_f 为饱和溶解氧浓度，mg/L，$DO_f = (491-2.65S)/(33.5+T)$；

DO_s 为溶解氧的评价标准限值，mg/L；

S 为实用盐度符号，量纲为 1；

T 为水温，℃。

（3）pH 值的标准指数公式：

当 pH≤7.0：$S_{pH,j}=\frac{7.0-pH_j}{7.0-pH_{sd}}$

当 pH>7.0：$S_{pH,j}=\frac{pH_j-7.0}{pH_{su}-7.0}$

式中：

$S_{pH,j}$为 pH 的标准指数；

pH_j为 pH 的实测统计代表值；

pH_{su}、pH_{sd}分别为 pH 评价标准的上限值和下限值。

根据单项水质参数评价的标准指数法，对春季大面站调查结果进行评价。水环境质量监测结果占相应标准的百分比见表 3.2-16。

春季大面测站中所有样品的 pH 值除 S2、S4 表层，S4、S8 底层海水数据超二类海水水质标准，符合第三、四类海水水质标准外，其余均符合二类海水水质标准。

春季大面测站所有样品的溶解氧数据除 S3 表层、S11 底层和 S18 表层符合第二类海水水质标准。

春季大面测站中所有样品的 COD_{Mn} 数据除 S27、S27*（平行样）和 S28 表层符合第二类海水水质标准。

春季大面测站中所有样品的无机氮数据均符合第二类海水水质标准。

春季大面测站中所有样品的活性磷酸盐数据均符合第二类海水水质标准。

春季大面测站中所有样品的石油类、总铬、硫化物、氰化物、挥发酚、砷、总汞、铜、锌等均符合第二类海水水质标准。

春季大面测站中所有样品的重金属中铅含量符合第二类海水水质标准。

春季大面测站中所有样品的重金属中镉含量数据均符合第一类海水水质标准。总体而言，该海区的海水水质处于较为良好的状态。

根据单项水质参数评价的标准指数法，对春季定点站调查结果进行评价。

1）S5 站位

春季定点站 S5 无机氮、活性磷酸盐 2 个指标的所有样品均符合第一类海水水质标准，pH 符合二类海水水质标准。

春季定点站 S5 溶解氧在 19:00 时底层和 22:00 时表层海水数据符合第二类海水水质标准。

春季定点站 S5 化学需氧量在 22:00 时底层海水数据符合第二类海水水质标准。

春季定点站 S5 石油类在 01:00 时表层海水数据符合第二类海水水质标准。

2）S9 站位

春季定点站 S9 无机氮、活性磷酸盐 2 个指标的所有样品均符合第一类海水水质标准，pH 符合二类海水水质标准。

春季定点站 S9 溶解氧在 16:00 时表层、19:00 时表层、22:00 时表层、4:00 时表层和 7:00 时表层海水数据符合第二类海水水质标准。

春季定点站 S9 石油类在 22:00 时底层海水数据符合第二类海水水质标准。

综合 2024 年春季监测结果，调查海区全年水质较为良好，监测结果均满足相应各点位执行的水质标准。将与历史数据相比，无显著差异（表 3.2-14）。大面站的 pH、溶解氧、COD_{Mn}、活性磷酸盐、无机氮、石油类、氰化物、硫化物、挥发酚、汞、铜、铅、镉、铬、锌、砷 15 个评价指标，共计 1184 个评价数据中，符合第一类海水水质标准的为 1125 个，符合第二类海水水质标准的为 55 个，符合三四类海水标准的为 4 个（0.34%）。符合第二类海水水质标准的数据集中在溶解氧、COD_{Mn} 和铅这 3 个指标上；符合第三四类标准的数据集中在 pH 这个指标上。定点站位均符合一二类水质标准。

3.2.4 电磁环境质量现状调查与评价

根据本项目规划，厂外敏感点主要为白龙行政村和万欧行政村。电磁辐射环境本底现场调查与监测工作于 2024 年 1 月开展，厂区目前环境特征处于原始状态，以林地和荒地为主。

根据实地调查，调查到厂址中心半径 5km（及 5km 附近）范围内共有通讯基站 18 个（其中非 5G 移动通信基站 7 个，5G 移动通信基站 11 个）。具体的通讯基站情况见表 3.2-17。

3.2.4.1 电磁环境质量监测方案

1）厂址边界、主厂房区调查布点方案：沿本工程征地边界布设 9 个监测点。在本工程主厂房区布设 1 个监测点。

2）开关站区、输电线路调查布点方案：在本工程开关站区布设 2 个监测点位，分别布设在开关站区中心和开关站围墙外；在本工程开关站出线侧设置 2 个监测点位。

3）厂外敏感点调查布点方案：根据本工程的总平面布置以及送电走廊规划走向，选取送电走廊厂址边界处下方以及规模较大且距出线走廊较近的敏感点，包括最近的敏感点横港、白沙、双墩等自然村，以及厂址附近码头、怪石滩等敏感点，设定为 7 个监测点。

布点原则：监测点位应布设在移动通信基站天线覆盖范围内的电磁辐射环境敏感目标处，并优先布设在公众居住、工作或学习距离天线最近处。

具体的布点方案见表 3.2-18，图 3.2-9~图 3.2-10。

3.2.4.2　电磁环境质量监测结果

1）已有电磁辐射源调查结果

通讯基站：厂址半径 5km 范围内共有通讯基站 18 个（其中非 5G 移动通信基站 7 个，5G 移动通信基站 11 个）。目前国内使用的 5G 基站网络发射频率 758~3600MHz，非 5G 移动通信基站射频综合场强频率范围为 700~3000MHz。

非 5G 移动通信基站监测结果：

田寮港东基站：射频综合场强测量结果为 0.43V/m；等效平面波功率密度结果为 0.05μW/cm^2；

核电办公楼北基站：射频综合场强测量结果为 0.27V/m；等效平面波功率密度结果为 0.02μW/cm^2；

厂址附近新建基站：射频综合场强测量结果为 0.43~0.48V/m；等效平面波功率密度结果为 0.05~0.06μW/cm^2；

双墩村基站：射频综合场强测量结果为 0.85V/m；等效平面波功率密度结果为 0.19μW/cm^2；

白龙小学新建基站：射频综合场强测量结果为 5.79V/m；等效平面波功率密度结果为 8.89μW/cm^2；

环岛西路新建基站：射频综合场强测量结果为 7.55V/m；等效平面波功率密度结果为 15.12μW/cm^2；

江山镇新建基站：射频综合场强测量结果为 0.39V/m；等效平面波功率密度结果为 0.04μW/cm^2；

根据 5G 移动通信基站监测方法：《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法（试行）》（HJ 1151-2020），5G 基站只监测等效平面波功率密度。5G 移动通信基站监测结果（含各网络发射频率段）见表 3.2-19，各频率段的 5G 移动通信基站均未超标。

2）厂址边界、主厂房区调查结果

厂址边界 1#点~9#点工频电场强度测量结果为 0.05~23.44V/m；工频磁场磁感应强度测量结果为 0.0031~0.0070μT；工频磁场强度测量结果为 0.0025~0.02A/m；射频综合场强测量结果为 0.12~0.66V/m；等效平面波功率密度结果为 0.01~0.12μW/cm^2。

主厂房区工频电场强度测量结果为 0.08V/m；工频磁场磁感应强度测量结果为 0.0074μT。工频磁场强度测量结果为 0.0059A/m。射频综合场强测量结果为 0.25V/m；等效平面波功率密度结果为 0.02μW/cm^2。

3）开关站区、输电线路调查结果

开关站区工频电场测量结果为<0.05~0.85V/m；工频磁场磁感应强度测量结果为 0.0060~0.0162μT。工频磁场磁场强度测量结果为 0.0048~0.013A/m；射频综合场强测量结果为 0.28~0.34V/m；等效平面波功率密度结果为 0.02~0.03μW/cm^2。

输电线路工频电场测量结果为 1.10~1.36V/m；工频磁场磁感应强度测量结果为 0.0049~0.0162μT。工频磁场磁场强度测量结果为 0.0039~0.013A/m。

4）厂外敏感点调查结果

厂外敏感点工频电场测量结果为<0.05~3.73V/m；工频磁场磁感应强度测量结果为 0.0039~0.0436μT。工频磁场磁场强度测量结果为 0.0031~0.15A/m；射频综合场强测量结果为 0.13~1.97V/m；等效平面波功率密度结果为 0.01~1.03μW/cm^2。

5）调查结果与限值比较

根据《环境影响评价技术导则　输变电》（HJ24-2020）标准要求，我国高压交流输变电设施产生的工频电磁场频率 f 为 50Hz（0.05kHz），属于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中 0.025kHz~1.2kHz 档，电场强度限值计算公式 200/f，磁感应强度限值公式 5/f，因此本次调查工频电场强度限值为 4kV/m，磁感应强度限值为 100μT。本次调查测量工频电场、工频磁场结果均低于限值。工频电场、工频磁场测量结果与限值比较见表 3.2-20。

根据《电磁环境控制限值》（GB8702-2014），射频综合场强电磁辐射防护导出限值 12V/m、等效平面波功率密度为 0.4W/m^2（40μW/cm^2），本次调查射频、选频综合场强结果均低于限值。射频、选频综合场强测量结果与限值比较见表 3.2-21、表 3.2-22。各监测点位检测因子及评价标准见表 3.2-23。

根据《环境影响评价技术导则　输变电》（HJ24-2020）、《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）等标准，本次调查结果均低于限值。

3.2.5　环境质量现状监测质量保证

3.2.5.1　大气环境和噪声质量现状监测质量保证

大气环境和噪声质量现状监测工作由广西华测检测认证有限公司承担，该单位具有大气和噪声质量现状监测的相应资质，在承担该项工作的质量保证如下：

1） 配备有资质的人员参与该项工作。

2） 对于采样和分析仪器，所有的仪器设备均符合国家有关标准或技术要求，现场采样仪器以及室内分析仪器均经有关资质的计量检定部门检定/校准合格，并在有效期内。免校设备均已经实验室合格确认后方使用。

3） 采样前，采样介质已按 3%的比例进行质量抽检，均为合格。保存剂已进行空白试验，检测结果均达到质控要求。采样、样品保存和监测方法按照国家相关规定执行。

4） 安排了质量监督员进行了现场监督检查，监督内容包括点位布设、样品采集、现场分析及原始记录查阅等。现场监督过程未发现对检测结果造成重大质量影响的问题，对发现的不规范操作，实验室且在工作中进行了纠正。

5） 对数据的记录、检查、复审、保存进行全过程控制。

3.2.5.2　水环境质量现状监测质量保证

水环境质量现状监测工作由生态环境部华南环境科学研究所承担，该单位及项目参与人员均具有水环境质量现状监测的相应资质，在承担本项工作的质量保证如下：

1） 调查工作人员具有相关专业基础知识和实验分析技能，并且进行了相关技术与业务培训，保证监测与调查工作顺利实施。每次调查，都有派质保人员出海和到现场实验室进行质量检查。

2） 仪器设备应满足调查工作要求，有利于工作的正常开展。仪器设备使用

前应采用核查、检定或校准等方式确认其是否满足检测的要求，并在检定/校准有效期内使用，校准结果产生的修正因子应加以利用，参考标准应满足溯源要求；仪器设备的期间核查严格按照本机构期间核查程序要求进行，并做好核查记录；设备应由经过授权的人员操作并对其进行正常维护；若设备出现故障或异常，应停止使用，修复后应经检定/校准或核查。

3） 样品的采集、预处理、贮存、运输等环节应严格按照规范要求操作。

4） 为了检查项目是否根据调查大纲要求实施开展，本项目还制定了详细的实施计划和调查操作规程。

5） 本项目的质量控制贯穿在项目的各个控制节点上，包括每个航次工作计划的详细制定；计划实施前的安全、质量、仪器设备检查、人员安排和调查船的备航；海上调查的站点准确定位、现场观测、数据记录、样品采集和处理；实验室的室内样品分析与鉴定，数据资料的处理，数据报表和调查报告的内审和归档。整个项目的运作都在项目质保小组的全程控制下进行，并接受了项目委托方的现场监督和指导。

3.2.5.3　电磁环境质量现状监测质量保证

电磁环境质量现状监测工作由浙江国辐环保科技有限公司承担，该单位及项目参与人员均具有电磁环境质量现状监测的相应资质，在承担本项工作的质量保证如下：

1） 在选定分析测量方法时，有国家标准的，一律采用国家标准，没有国家标准的选用行业标准，项目负责人及所有工作人员由有相关资质的人员承担。

2） 测量环境条件符合行业标准和仪器标准中规定的适用条件，即无雪、无雨、无雾、无冰雹。测量记录表应注明环境温度、相对湿度及天气状况。

3） 项目开展前，设备管理员已核查相关仪器设备，并做好核查记录，确保所有仪器均能正常使用。在项目进行过程中，设备管理员负责设备的检定、校准、维修、报废工作，并做好相应的记录，保证设备在计量检定或校准的有效范围内使用。

4） 参与本项目的仪器设备，按照量值溯源关系，定期经计量部门检定/校准，保证检定或校准结果能够溯源到国家计量基准，检定/校准合格后可使用，并定期进行期间核查。

5） 对于数据处理，依据实施细则，每个检测项目均编制了原始记录表，对每个检测项目实施记录制度；现场检测数据，都要按照规定的格式和内容，作清楚、详细、准确的记录，不得随意涂改。如需修改，则在修改处加盖个人印章并注明原因。

6） 在对原始数据进行必要的整理、分析之前，首先要逐一检查原始记录是否按照规定的要求填写正确，修改应保留修改前的痕迹。如发现有误，要反复核算后予以纠正。在数据处理过程中，必须选择合适的统计技术，对计算方法和结果进行复审。复审由 2 人独立进行计算或由未参加计算的人员进行核算。审查无误后由审核人签名。所有的监测记录和质量保证编制文件参照相关规定和内部管理要求应妥善保管，环境检测结果应永久保存。

7） 严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由授权签字人签发。

表 3.2-1 环境空气监测采样时间及频率

污染物	采样时间	采样频率（次/日）	开机时间	天数	单个天数单个点位采样样品数
SO_2	日均：24h，至少 20h	1	08:00	连续 7 天	1
	时段：1h，至少 45min	4	02:00、08:00、14:00、20:00	连续 7 天	4
NO_2	日均：24h，至少 20h	1	08:00	连续 7 天	1
	时段：1h，至少 45min	4	02:00、08:00、14:00、20:00	连续 7 天	4
PM_{10}	日均：24h，至少 20h	1	08:00	连续 7 天	1
$PM_{2.5}$	日均：24h，至少 20h	1	08:00	连续 7 天	1
CO	日均：24h，至少 20h	1	00:00	连续 7 天	1
	时段：1h，至少 45min	4	02:00、08:00、14:00、20:00	连续 7 天	4
O_3	日均：0:00 时至 24:00 时	24	00:00~24:00	连续 7 天	24①
	时段：1h，至少 45min	4	02:00、08:00、14:00、20:00	连续 7 天	4②

注：

①：采用自然日中0:00时至24:00时内每小时1个样品，以8小时滑动平均计算，再以浓度中最大8小时平均浓度进行计算；

②：以日均样品数量为基础，从中取02:00、08:00、14:00、20:00小时质量浓度值进行计算。

表 3.2-2 环境空气监测布点、监测项目及点位环境

编号	监测点位	相对于厂址位置		监测项目	布点理由	点位环境
		方位	距离（km）			
H1#	厂址中心位置	/	/	二氧化硫（SO_2）、颗粒物（PM_{10}、$PM_{2.5}$）、二氧化氮（NO_2）、臭氧（O_3）、一氧化碳（CO）	厂址	点位位于四周荒地，附近无明显污染源。
H2#	横港村	N	1.8		常年北风上风向	点位位于居民楼空地前，点位西南侧到西北侧为海边，附近无组明显污染源。
H3#	（进场道路沿线）田寮港村	NE	1.3		常年主导风向上风向	该点位位于田寮港村口、环岛路旁居民楼后侧空地处，周边无明显污染源。
H4#	大村	SW	0 .34		常年主导风向下风向、最近的居民点	该点位于居民家门口 10 米处，白天经常有小汽车经过。
H5#	细村（白龙炮台）	SWW	0.6		常年主导风向下风向、次近的居民点	该点位位于居民楼顶，周边无明显污染源。
H6#	白沙村	ENE	3.5		进场道路沿线，靠近厂址	该点位位于白沙村村口空地处，周边无明显污染源。
H7#	应急道路沿线（白龙村）	NNE	3.4		应急道路沿线，白龙小学	该点位于居民家菜园边上，无车辆经过，周边无明显污染源。
H8#	珍珠湾	NE	1.5		景点	该点位位于废弃木材加工坊，周边无明显污染源。
H9#	怪石滩	SW	0.9		景点	该点位位于怪石滩边上居民楼前空地处，周围无明显污染源。

表 3.2-3 各测点监测时段同步气象观测资料

采样时间	采样点位	小时采样时段	温度℃	气压 kPa	相对湿度%	风速 m/s	风向
2024-01-17	H4#大村	02:00~02:50	18.0	102.1	78.4	1.5	南
		08:00~08:50	18.8	101.8	77.2	1.5	南
		14:00~14:50	22.0	101.3	71.4	1.1	东南
		20:00~20:50	18.3	101.7	74.5	1.4	南
	H9#怪石滩	02:00~02:50	17.8	102.2	78.6	1.5	南
		08:00~08:50	18.8	101.9	78.4	1.5	南
		14:00~14:50	22.0	101.3	71.4	1.2	南
		20:00~20:50	18.3	101.7	74.6	1.5	南
	H5#细村（白龙炮台）	02:00~03:00	18.0	102.1	78.4	1.5	南
		08:00~09:00	18.8	101.8	77.2	1.5	南
		14:00~15:00	22.0	101.3	71.4	1.1	东南
		20:00~21:00	18.3	101.7	74.5	1.4	南
	H7#应急道路沿线（白龙村）	02:00~03:00	18.0	102.2	78.3	1.5	南
		08:00~09:00	18.4	101.9	77.2	1.5	南
		14:00~15:00	22.0	101.3	71.4	1.1	南
		20:00~21:00	18.3	101.6	74.5	1.3	南
2024-01-18	H1#厂址中心位置	02:00~03:00	18.2	102.1	77.7	1.3	南
		08:00~09:00	18.1	102.1	77.5	1.2	南
		14:00~15:00	21.6	101.5	77.2	1.1	南
		20:00~21:00	21.6	101.5	77.5	1.4	南
	H4#大村	02:00~03:00	18.2	102.1	77.7	1.2	南
		08:00~09:00	18.1	102.1	77.5	1.2	南
		14:00~15:00	21.6	101.5	77.2	1.1	南
		20:00~21:00	21.6	101.5	77.5	1.4	南
	H5#细村（白龙炮台）	02:00~03:00	18.2	102.1	77.7	1.2	南
		08:00~09:00	18.1	102.1	77.5	1.2	南
		14:00~15:00	21.6	101.5	77.2	1.1	南
		20:00~21:00	21.6	101.5	77.5	1.4	南
	H7#应急道路沿线（白龙村）	02:00~03:00	18.3	102.1	77.8	1.2	南
		08:00~09:00	18.0	102.1	77.5	1.2	南
		14:00~15:00	21.5	101.5	77.2	1.1	南
		20:00~21:00	21.7	101.5	77.6	1.3	南
	H9#怪石滩	02:00~03:00	17.8	102.2	78.6	1.5	南
		08:00~09:00	18.8	101.9	78.4	1.5	南
		14:00~15:00	22.0	101.3	71.4	1.2	南
		20:00~21:00	18.3	101.7	74.6	1.5	南
2024-01-19	H1#厂址中心位置	02:00~03:00	18.0	101.7	83.5	1.2	南
		08:00~09:00	21.0	101.4	79.7	1.1	东南
		14:00~15:00	22.8	101.3	72.9	1.1	西南

采样时间	采样点位	小时采样时段	温度℃	气压kPa	相对湿度%	风速 m/s	风向
		20:00~21:00	18.3	101.6	81.6	1.5	西南
	H4#大村	02:00~03:00	18.0	101.7	83.5	1.2	南
		08:00~09:00	21.0	101.4	79.7	1.1	东南
		14:00~15:00	22.8	101.3	72.9	1.1	西南
		20:00~21:00	18.3	101.6	81.6	1.5	南
	H5#细村（白龙炮台）	02:00~03:00	18.0	101.7	83.5	1.2	南
		08:00~09:00	21.0	101.4	79.7	1.1	东南
		14:00~15:00	22.8	101.3	72.9	1.1	西南
		20:00~21:00	18.3	101.6	81.6	1.5	西南
	H7#应急道路沿线（白龙村）	02:00~03:00	18.2	101.7	83.6	1.2	南
		08:00~09:00	21.0	101.4	79.7	1.1	东南
		14:00~15:00	22.8	101.3	72.9	1.1	西南
		20:00~21:00	18.4	101.6	81.7	1.4	西南
	H9#怪石滩	02:00~03:00	18.2	102.2	78.7	1.5	南
		08:00~09:00	18.3	102.0	78.5	1.4	南
		14:00~15:00	20.3	101.8	78.3	1.5	南
		20:00~21:00	21.2	101.7	78.2	1.6	南
2024-01-20	H1#厂址中心位置	02:00~03:00	16.3	101.8	84.0	1.3	东北
		08:00~09:00	18.0	101.5	79.7	1.2	东北
		14:00~15:00	17.2	101.3	79.7	1.4	北
		20:00~21:00	14.0	101.5	83.2	1.8	北
	H4#大村	02:00~03:00	16.3	101.8	84.0	1.3	东北
		08:00~09:00	18.0	101.5	79.7	1.2	东北
		14:00~15:00	17.2	101.3	79.7	1.3	北
		20:00~21:00	14.0	101.5	83.2	1.8	北
	H5#细村（白龙炮台）	02:00~03:00	16.3	101.8	84.0	1.3	东北
		08:00~09:00	18.0	101.5	79.9	1.2	东北
		14:00~15:00	17.2	101.3	79.7	1.3	北
		20:00~21:00	14.0	101.5	83.2	1.8	北
	H7#应急道路沿线（白龙村）	02:00~03:00	10.4	102.0	84.2	1.7	北
		08:00~09:00	9.8	101.7	82.2	1.7	北
		14:00~15:00	11.2	101.6	77.0	1.6	东北
		20:00~21:00	8.5	101.8	80.8	1.6	北
	H9#怪石滩	02:00~03:00	18.3	101.7	83.2	1.6	东南
		08:00~09:00	20.0	101.5	80.8	1.6	东南
		14:00~15:00	22.0	101.2	75.1	1.3	南
		20:00~21:00	22.0	101.4	78.0	1.6	西南
2024-01-21	H1#厂址中心位置	02:00~03:00	10.4	102.0	84.0	1.7	北
		08:00~09:00	9.8	101.7	82.0	1.7	北
		14:00~15:00	11.2	101.6	76.9	1.6	东北
		20:00~21:00	8.5	101.8	80.9	1.6	北

采样时间	采样点位	小时采样时段	温度℃	气压kPa	相对湿度%	风速 m/s	风向
	H4#大村	02:00~03:00	10.4	102.1	84.0	1.7	北
		08:00~09:00	9.8	101.7	82.0	1.7	北
		14:00~15:00	11.2	101.6	76.9	1.6	东北
		20:00~21:00	8.5	101.8	80.9	1.6	北
	H5#细村（白龙炮台）	02:00~03:00	10.4	102.0	84.0	1.7	北
		08:00~09:00	9.8	101.7	82.0	1.7	北
		14:00~15:00	11.2	101.6	76.9	1.6	东北
		20:00~21:00	8.5	101.8	80.9	1.6	北
	H7#应急道路沿线（白龙村）	02:00~03:00	10.4	102.0	84.2	1.7	北
		08:00~09:00	9.8	101.7	82.2	1.7	北
		14:00~15:00	11.2	101.6	77.0	1.6	东北
		20:00~21:00	8.5	101.8	80.8	1.6	北
	H9#怪石滩	02:00~03:00	9.8	102.0	84.0	1.8	北
		08:00~09:00	9.7	101.8	80.8	1.8	北
		14:00~15:00	10.8	101.7	77.0	1.8	北
		20:00~21:00	8.3	101.8	80.6	1.8	北
2024-01-22	H1#厂址中心位置	02:00~03:00	7.0	102.1	84.0	2.2	北
		08:00~09:00	7.6	101.8	83.1	2.0	北
		14:00~15:00	8.8	101.6	82.5	2.1	北
		20:00~21:00	7.6	102.0	83.9	2.0	北
	H4#大村	02:00~03:00	7.0	102.1	84.0	2.2	北
		08:00~09:00	7.6	101.8	83.1	2.0	北
		14:00~15:00	8.8	101.6	82.5	2.1	北
		20:00~21:00	7.6	102.0	83.9	2.0	北
	H5#细村（白龙炮台）	02:00~03:00	7.0	102.1	84.0	2.0	北
		08:00~09:00	7.6	101.8	83.1	2.0	北
		14:00~15:00	8.8	101.6	82.5	2.1	北
		20:00~21:00	7.6	102.0	83.9	2.0	北
	H7#应急道路沿线（白龙村）	02:00~03:00	7.1	102.1	84.3	2.1	北
		08:00~09:00	7.7	101.8	83.2	2.0	北
		14:00~15:00	8.9	101.6	82.5	2.1	北
		20:00~21:00	7.6	102.0	84.1	2.0	北
	H9#怪石滩	02:00~03:00	6.8	102.0	84.0	2.4	北
		08:00~09:00	7.2	101.8	82.2	2.3	北
		14:00~15:00	8.0	101.7	83.5	2.0	北
		20:00~21:00	7.5	101.9	84.3	2.1	北
2024-01-23	H1#厂址中心位置	02:00~03:00	6.5	102.3	82.0	2.1	北
		08:00~09:00	6.3	102.0	75.0	2.0	北
		14:00~15:00	6.7	101.7	67.0	2.4	北
		20:00~21:00	6.1	101.9	72.0	2.0	北
	H4#大村	02:00~03:00	6.5	102.3	82.0	2.1	北

采样时间	采样点位	小时采样时段	温度℃	气压 kPa	相对湿度%	风速 m/s	风向
		08:00~09:00	6.3	102.0	75.0	2.0	北
		14:00~15:00	6.7	101.7	67.0	2.0	北
		20:00~21:00	6.1	101.9	72.0	2.0	北
	H5#细村（白龙炮台）	02:00~03:00	6.5	102.3	82.0	2.1	北
		08:00~09:00	6.3	102.0	75.0	2.0	北
		14:00~15:00	6.7	101.7	67.0	2.0	北
		20:00~21:00	6.1	101.9	72.0	2.0	北
	H7#应急道路沿线（白龙村）	02:00~03:00	6.7	102.3	82.1	2.1	北
		08:00~09:00	6.5	102.0	75.1	2.0	北
		14:00~15:00	6.7	101.7	67.2	2.1	北
		20:00~21:00	6.3	101.9	72.0	2.0	北
	H9#怪石滩	02:00~03:00	6.3	102.0	84.1	2.2	北
		08:00~09:00	6.2	101.8	80.4	2.4	北
		14:00~15:00	6.6	101.7	70.5	2.3	北
		20:00~21:00	5.8	101.8	72.4	2.3	北
2024-01-24	H1#厂址中心位置	02:00~03:00	5.4	102.2	82.8	2.9	北
		08:00~09:00	5.4	102.3	84.0	2.6	北
		14:00~15:00	7.4	102.1	71.4	2.4	北
		20:00~21:00	7.2	102.3	78.8	2.9	东北
2024-01-25	H2#横港村	02:00~03:00	6.4	102.2	76.6	1.8	东北
		08:00~09:00	6.6	102.4	74.9	2.1	东北
		14:00~15:00	9.0	102.1	67.6	1.9	东北
		20:00~21:00	8.2	102.3	72.5	1.8	东北
	H3#（进场道路沿线）田寮港村	02:00~03:00	6.2	102.2	76.4	1.8	东北
		08:00~09:00	6.4	102.4	74.6	2.1	东北
		14:00~15:00	9.0	102.1	67.5	1.9	东北
		20:00~21:00	8.4	102.0	72.4	1.9	东北
	H6#白沙村	02:00~03:00	6.2	102.2	76.4	1.8	东北
		08:00~09:00	6.4	102.4	74.6	2.1	东北
		14:00~15:00	9.0	102.1	67.5	1.9	东北
		20:00~21:00	8.4	102.3	72.4	1.9	东北
	H8#珍珠湾	02:00~03:00	6.4	102.2	76.6	1.8	东北
		08:00~09:00	6.6	102.4	74.9	2.1	东北
		14:00~15:00	9.0	102.1	67.6	1.9	东北
		20:00~21:00	8.2	102.3	72.5	1.8	东北
2024-01-26	H2#横港村	02:00~03:00	8.2	102.5	75.5	2.1	北
		08:00~09:00	8.3	102.7	73.1	2.0	北
		14:00~15:00	9.3	102.8	69.2	2.2	北
		20:00~21:00	8.7	102.7	77.0	2.0	北
	H3#（进场道路沿线）	02:00~03:00	8.0	102.5	75.3	2.1	北
		08:00~09:00	8.3	102.8	73.0	2.0	北

采样时间	采样点位	小时采样时段	温度℃	气压kPa	相对湿度%	风速 m/s	风向
	田寮港村	14:00~15:00	9.1	102.8	69.0	2.3	北
		20:00~21:00	8.4	102.8	77.0	2.1	北
	H6#白沙村	02:00~03:00	8.0	102.5	75.3	2.1	北
		08:00~09:00	8.3	102.8	73.0	2.0	北
		14:00~15:00	9.1	102.8	69.0	2.3	北
		20:00~21:00	8.4	102.8	77.0	2.1	北
	H8#珍珠湾	02:00~03:00	8.2	102.5	75.5	2.1	北
		08:00~09:00	8.3	102.7	73.1	2.0	北
		14:00~15:00	9.3	102.8	69.2	2.2	北
		20:00~21:00	8.7	102.7	77.0	2.0	北
2024-01-27	H2#横港村	02:00~03:00	8.2	103.0	83.4	1.7	北
		08:00~09:00	8.4	102.9	83.9	1.7	东北
		14:00~15:00	8.5	102.7	83.0	1.6	北
		20:00~21:00	8.6	102.9	83.5	1.8	北
	H3#（进场道路沿线）田寮港村	02:00~03:00	8.2	103.0	83.4	1.7	东北
		08:00~09:00	8.2	102.9	84.1	1.7	东北
		14:00~15:00	8.4	102.7	83.0	1.6	北
		20:00~21:00	8.1	102.9	84.3	2.2	北
	H6#白沙村	02:00~03:00	8.2	103.0	83.4	1.7	东北
		08:00~09:00	8.2	102.9	84.1	1.7	东北
		14:00~15:00	8.4	102.7	83.0	1.6	北
		20:00~21:00	8.1	102.9	84.3	2.2	北
	H8#珍珠湾	02:00~03:00	8.2	103.0	83.4	1.7	东北
		08:00~09:00	8.4	102.9	83.9	1.7	东北
		14:00~15:00	8.5	102.7	83.0	1.6	北
		20:00~21:00	8.6	102.9	83.5	1.8	北
2024-01-28	H2#横港村	02:00~03:00	8.1	103.0	84.5	2.1	东北
		08:00~09:00	8.4	103.0	83.7	2.0	东北
		14:00~15:00	9.0	102.7	80.2	2.1	东北
		20:00~21:00	8.5	103.0	82.5	1.8	东北
	H3#（进场道路沿线）田寮港村	02:00~03:00	8.0	103.0	84.5	2.1	东北
		08:00~09:00	8.2	103.0	83.5	1.6	东北
		14:00~15:00	8.9	102.7	80.0	2.1	东北
		20:00~21:00	8.3	103.0	82.5	1.8	东北
	H6#白沙村	02:00~03:00	8.0	103.0	84.5	2.1	东北
		08:00~09:00	8.2	103.0	83.5	1.6	东北
		14:00~15:00	8.9	102.7	80.0	2.1	东北
		20:00~21:00	8.3	103.0	82.5	1.8	东北
	H8#珍珠湾	02:00~03:00	8.1	103.0	84.5	2.1	东北
		08:00~09:00	8.4	103.0	83.7	2.0	东北
		14:00~15:00	9.0	102.7	80.2	2.1	东北

采样时间	采样点位	小时采样时段	温度℃	气压 kPa	相对湿度%	风速 m/s	风向
		20:00~21:00	8.5	103.0	82.5	1.8	东北
2024-01-29	H2#横港村	02:00~03:00	7.8	103.1	83.7	1.9	东北
		08:00~09:00	8.2	103.0	84.0	2.0	东北
		14:00~15:00	9.8	102.4	83.0	1.8	东北
		20:00~21:00	8.2	102.8	83.8	2.1	东北
	H3#（进场道路沿线）田寮港村	02:00~03:00	7.8	103.1	84.0	1.9	东北
		08:00~09:00	8.2	103.0	83.9	2.1	东北
		14:00~15:00	9.7	102.4	83.2	1.8	东北
		20:00~21:00	8.3	102.8	83.8	2.2	东北
	H6#白沙村	02:00~03:00	7.8	103.1	84.0	1.9	东北
		08:00~09:00	8.2	103.0	83.9	2.1	东北
		14:00~15:00	9.7	102.4	83.2	1.8	东北
		20:00~21:00	8.3	102.8	83.8	2.2	东北
	H8#珍珠湾	02:00~03:00	7.8	103.1	83.7	1.9	东北
		08:00~09:00	8.2	103.0	84.0	2.0	东北
		14:00~15:00	9.8	102.4	83.0	1.8	东北
		20:00~21:00	8.2	102.8	83.8	2.1	东北
2024-01-30	H2#横港村	02:00~03:00	8.3	103.1	83.7	2.1	东南
		08:00~09:00	9.0	102.7	83.4	2.0	东南
		14:00~15:00	11.7	101.9	82.0	1.7	南
		20:00~21:00	14.0	101.6	81.4	1.9	南
	H3#（进场道路沿线）田寮港村	02:00~03:00	8.1	103.1	83.9	2.0	东南
		08:00~09:00	8.9	102.7	83.4	2.0	东南
		14:00~15:00	11.8	101.9	82.0	1.8	南
		20:00~21:00	14.1	101.6	81.7	1.9	南
	H6#白沙村	02:00~03:00	8.1	103.1	83.9	2.0	东南
		08:00~09:00	8.9	102.7	83.4	2.0	东南
		14:00~15:00	11.8	101.9	82.0	1.8	南
		20:00~21:00	14.1	101.6	81.7	1.9	南
	H8#珍珠湾	02:00~03:00	8.3	103.1	83.7	2.1	东南
		08:00~09:00	9.0	102.7	83.4	2.0	东南
		14:00~15:00	11.7	101.9	82.0	1.7	南
		20:00~21:00	14.0	101.6	81.4	1.9	南
2024-01-31	H2#横港村	02:00~03:00	12.2	102.4	82.2	1.9	南
		08:00~09:00	11.6	102.7	82.7	2.0	南
		14:00~15:00	14.6	101.9	81.6	1.8	南
		20:00~21:00	18.0	101.4	81.6	1.7	南
	H3#（进场道路沿线）田寮港村	02:00~03:00	12.1	102.4	82.1	2.0	南
		08:00~09:00	11.4	102.7	82.7	2.0	南
		14:00~15:00	15.0	101.8	81.7	1.8	南
		20:00~21:00	18.0	101.4	81.4	1.9	南

采样时间	采样点位	小时采样时段	温度℃	气压 kPa	相对湿度%	风速 m/s	风向
	H6#白沙村	02:00~03:00	12.1	102.4	82.1	2.0	南
		08:00~09:00	11.4	102.7	82.7	2.0	南
		14:00~15:00	14.4	101.9	81.7	1.8	南
		20:00~21:00	18.0	101.4	81.4	1.9	南
	H8#珍珠湾	02:00~03:00	8.2	102.5	75.5	2.1	北
		08:00~09:00	8.3	102.7	73.1	2.0	北
		14:00~15:00	9.3	102.8	69.2	2.2	北
		20:00~21:00	8.7	102.7	77.0	2.0	北

表 3.2-4 监测分析方法依据及检出限

样品类型	检测项目	检测标准（方法）名称 及编号（含年号）	方法 检出限	仪器设备 名称及编号
环境空气	二氧化硫 （1 小时平均）	环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法 及修改单 HJ 482-2009	7μg/m³	紫外分光光度计 TTE20175849
	二氧化硫 （24 小时平均）	环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法 及修改单 HJ 482-2009	4μg/m³	紫外分光光度计 TTE20175849
	二氧化氮 （1 小时平均）	环境空气 氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法 及修改单 HJ 479-2009	5μg/m³	紫外分光光度计 TTE20175849
	二氧化氮 （24 小时平均）	环境空气 氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法 及修改单 HJ 479-2009	3μg/m³	紫外分光光度计 TTE20175849
	一氧化碳 （1 小时平均）	空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法 GB/T 9801-1988	0.3mg/m³	环境空气红外 CO 分析仪 TTE20224047
				环境空气红外 CO 分析仪 TTE20234202
				环境空气红外 CO 分析仪 TTE20221934
				环境空气红外 CO 分析仪 TTE20224046
				环境空气红外 CO 分析仪 TTE20222257
	一氧化碳（24 小时平均）	空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法 GB/T 9801-1988	0.3mg/m³	环境空气红外 CO 分析仪 TTE20224047
				环境空气红外 CO 分析仪 TTE20221934
				环境空气红外 CO 分析仪 TTE20224046

样品类型	检测项目	检测标准（方法）名称 及编号（含年号）	方法 检出限	仪器设备 名称及编号
				环境空气红外 CO 分析仪 TTE20234202
环境空气	一氧化碳 （24 小时平均）	空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法 GB/T 9801-1988	0.3mg/m ^{3}	环境空气红外CO 分析仪 TTE20222257
	臭氧 （1 小时平均）	环境空气 臭氧的测定 靛蓝二磺酸钠分光光度法及修改单 HJ 504-2009	10μg/m³	紫外可见分光光度计（UV） TTE20224094
				紫外可见分光光度计（比例双光束） TTE20214231
	臭氧 （日最大 8 小时平均）		10μg/m³	紫外可见分光光度计（比例双光束） TTE20214231
				紫外可见分光光度计（UV） TTE20224094
	PM_{10} （24 小时平均）	环境空气 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的测定 重量法 及修改单 HJ 618-2011	10μg/m³	电子天平 TTE20177087
	$PM_{2.5}$ （24 小时平均）	环境空气 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的测定 重量法 及修改单 HJ 618-2011	10μg/m³	电子天平 TTE20177087

表 3.2-5 环境空气监测结果

厂址中心位置监测结果

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-18	H1#厂址中心位置	02:00~03:00	18	32	13	13	ND	ND	25	15	42	110
		08:00~09:00	37		15		ND				67	
		14:00~15:00	44		15		ND				119	
		20:00~21:00	20		13		ND				67	
2024-01-19		02:00~03:00	20	33	10	9	ND	ND	27	16	28	109
		08:00~09:00	37		15		ND				85	
		14:00~15:00	37		16		ND				97	
		20:00~21:00	24		11		ND				38	
2024-01-20		02:00~03:00	15	20	8	8	0.6	0.5	27	18	58	82
		08:00~09:00	29		15		0.3				63	
		14:00~15:00	29		15		0.5				77	
		20:00~21:00	18		10		0.5				39	
2024-01-21		02:00~03:00	14	20	11	10	ND	ND	22	13	47	100
		08:00~09:00	37		15		ND				88	
		14:00~15:00	27		14		ND				96	
		20:00~21:00	16		12		ND				41	
2024-01-22		02:00~03:00	ND	7	6	8	ND	ND	25	12	53	87
		08:00~09:00	16		14		ND				74	
		14:00~15:00	17		12		ND				83	
		20:00~21:00	ND		6		ND				69	
2024-01-23		02:00~03:00	ND	9	6	8	ND	0.3	31	16	56	87
		08:00~09:00	18		14		ND				68	
		14:00~15:00	13		16		ND				99	

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m ³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
		20:00~21:00	9		9		0.7				68	
2024-01-24		02:00~03:00	ND	ND	ND	6	ND	ND	48	29	52	85
		08:00~09:00	ND		8		ND				62	
		14:00~15:00	ND		10		ND				95	
		20:00~21:00	ND		6		ND				72	
最大浓度值 Ci			44	33	16	13	0.6	0.5	48	29	96	110
标准限值 Si			500	150	200	80	10	4	150	75	200	160
Pi=Ci/Si			0.09	0.22	0.08	0.16	0.06	0.13	0.32	0.39	0.48	0.69
评价结果			达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注：监测结果如低于检出限时填“ND”，表示未检出。

表 3.2-5 环境空气监测结果（续表）

横港村监测结果

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-25	H2#横港村	02:00~03:00	ND	ND	ND	4	1.7	1.1	47	36	49	88
		08:00~09:00	ND		7		1.0				68	
		14:00~15:00	ND		8		0.6				102	
		20:00~21:00	ND		ND		0.8				68	
2024-01-26		02:00~03:00	ND	ND	5	8	2.7	2.0	66	47	58	89
		08:00~09:00	ND		10		1.8				56	
		14:00~15:00	ND		10		1.8				90	
		20:00~21:00	ND		5		1.8				64	
2024-01-27		02:00~03:00	7	8	5	7	ND	ND	75	53	56	95
		08:00~09:00	9		13		0.4				76	
		14:00~15:00	10		9		ND				104	
		20:00~21:00	7		5		ND				73	
2024-01-28		02:00~03:00	ND	ND	6	7	0.7	0.8	32	27	48	82
		08:00~09:00	ND		12		0.8				75	
		14:00~15:00	ND		16		0.8				81	
		20:00~21:00	ND		9		1.0				54	
2024-01-29		02:00~03:00	ND	ND	7	8	1.2	0.8	31	22	50	95
		08:00~09:00	ND		13		1.0				62	
		14:00~15:00	ND		14		0.4				103	
		20:00~21:00	ND		11		0.7				72	
2024-01-30		02:00~03:00	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	19	13	41	75
		08:00~09:00	ND		ND		ND				71	
		14:00~15:00	ND		ND		0.6				67	
		20:00~21:00	ND		ND		0.9				39	

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-31		02:00~03:00	ND	ND	ND	ND	0.6	0.4	54	34	50	75
		08:00~09:00	ND		ND		0.5				63	
		14:00~15:00	ND		ND		0.6				72	
		20:00~21:00	ND		ND		ND				32	
最大浓度值 Ci			10	8	14	8	2.7	2.0	75	53	104	95
标准限值 Si			500	150	200	80	10	4	150	75	200	160
Pi=Ci/Si			0.02	0.05	0.07	0.10	0.27	0.50	0.50	0.71	0.52	0.59
评价结果			达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注：监测结果如低于检出限时填“ND”，表示未检出。

表 3.2-5 环境空气监测结果（续表）

田寮港（进场道路沿线）监测结果

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-25	H3#（进场道路沿线）田寮港村	02:00~03:00	ND	ND	8	8	0.4	0.6	54	42	48	86
		08:00~09:00	ND		15		0.7				74	
		14:00~15:00	ND		16		0.5				85	
		20:00~21:00	ND		9		0.6				62	
2024-01-26		02:00~03:00	ND	ND	8	10	0.9	0.8	67	48	53	88
		08:00~09:00	ND		15		0.8				56	
		14:00~15:00	ND		18		0.5				100	
		20:00~21:00	ND		8		0.6				65	
2024-01-27		02:00~03:00	ND	ND	ND	5	1.0	1.1	58	38	46	89
		08:00~09:00	ND		9		1.0				69	
		14:00~15:00	ND		7		1.1				90	
		20:00~21:00	ND		ND		1.2				73	
2024-01-28		02:00~03:00	ND	ND	5	8	1.4	1.5	46	33	42	89
		08:00~09:00	ND		12		1.5				75	
		14:00~15:00	ND		15		1.6				103	
		20:00~21:00	ND		5		1.6				61	
2024-01-29		02:00~03:00	ND	ND	10	10	1.6	2.2	33	24	44	94
		08:00~09:00	ND		16		1.9				67	
		14:00~15:00	ND		12		2.0				100	
		20:00~21:00	ND		10		2.7				71	
2024-01-30		02:00~03:00	ND	ND	5	7	1.6	1.2	55	35	39	80
		08:00~09:00	ND		15		1.5				71	
		14:00~15:00	ND		9		0.8				71	
		20:00~21:00	ND		6		1.0				37	
2024-01-31		02:00~03:00	ND	ND	5	10	1.0	0.7	48	35	33	84

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
		08:00~09:00	ND		21		1.0				58	
		14:00~15:00	ND		16		0.6				87	
		20:00~21:00	ND		5		ND				44	
最大浓度值 Ci			ND	ND	21	10	2.7	2.2	67	48	103	94
标准限值 Si			500	150	200	80	10	4	150	75	200	160
Pi=Ci/Si			0.01	0.01	0.11	0.13	0.27	0.55	0.45	0.64	0.52	0.59
评价结果			达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注：监测结果如低于检出限时填“ND”，表示未检出。

表 3.2-5 环境空气监测结果（续表）

大村监测结果

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m ³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-17	H4#大村	02:00~03:00	8	18	6	8	0.3	ND	86	50	55	87
		08:00~09:00	37		15		ND				77	
		14:00~15:00	30		18		ND				89	
		20:00~21:00	10		6		ND				57	
2024-01-18		02:00~03:00	10	22	6	9	ND	ND	55	40	67	114
		08:00~09:00	41		15		ND				94	
		14:00~15:00	35		15		ND				107	
		20:00~21:00	17		6		ND				42	
2024-01-19		02:00~03:00	8	14	5	9	ND	ND	40	25	30	113
		08:00~09:00	29		16		ND				90	
		14:00~15:00	20		13		ND				121	
		20:00~21:00	10		8		ND				62	
2024-01-20		02:00~03:00	15	25	5	8	1.2	0.9	41	25	37	79
		08:00~09:00	36		12		1.0				64	
		14:00~15:00	46		10		1.1				82	
		20:00~21:00	16		6		ND				38	
2024-01-21		02:00~03:00	10	18	6	10	1.1	0.7	33	18	42	78
		08:00~09:00	32		19		0.8				67	
		14:00~15:00	30		20		ND				66	
		20:00~21:00	12		8		ND				35	
2024-01-22		02:00~03:00	7	10	5	6	1.1	0.8	22	14	58	82
		08:00~09:00	11		13		0.8				68	
		14:00~15:00	15		16		ND				82	
		20:00~21:00	7		5		1.4				61	
2024-01-23		02:00~03:00	ND	8	5	7	0.5	0.9	17	11	60	85

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m ³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
		08:00~09:00	16		13		1.0				68	
		14:00~15:00	14		16		0.8				91	
		20:00~21:00	ND		6		1.0				64	
最大浓度值 Ci			46	25	20	10	1.4	0.9	86	50	121	114
标准限值 Si			500	150	200	80	10	4	150	75	200	160
Pi=Ci/Si			0.09	0.17	0.10	0.13	0.14	0.23	0.57	0.67	0.61	0.71
评价结果			达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注：监测结果如低于检出限时填“ND”，表示未检出。

表 3.2-5 环境空气监测结果（续表）

细村（白龙炮台）沿线监测结果

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-17	H5#细村（白龙炮台）	02:00~03:00	7	18	7	10	ND	ND	61	39	69	88
		08:00~09:00	30		18		ND				75	
		14:00~15:00	30		16		ND				82	
		20:00~21:00	7		8		ND				51	
2024-01-18		02:00~03:00	10	14	6	8	ND	ND	56	35	60	89
		08:00~09:00	24		12		ND				98	
		14:00~15:00	19		12		ND				43	
		20:00~21:00	12		6		ND				50	
2024-01-19		02:00~03:00	21	25	9	10	ND	ND	49	25	57	82
		08:00~09:00	35		18		ND				75	
		14:00~15:00	29		13		ND				75	
		20:00~21:00	27		10		ND				46	
2024-01-20		02:00~03:00	12	18	8	9	ND	ND	65	46	62	87
		08:00~09:00	23		17		ND				74	
		14:00~15:00	30		13		ND				91	
		20:00~21:00	14		10		ND				57	
2024-01-21		02:00~03:00	12	19	8	12	ND	ND	23	14	49	83
		08:00~09:00	24		17		ND				66	
		14:00~15:00	33		19		ND				86	
		20:00~21:00	14		9		ND				39	
2024-01-22		02:00~03:00	8	12	9	13	ND	ND	24	16	51	84
		08:00~09:00	18		15		ND				69	
		14:00~15:00	15		18		ND				82	
		20:00~21:00	10		12		ND				60	
2024-01-23	H5#细村	02:00~03:00	ND	7	6	7	ND	ND	22	18	48	78

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
	（白龙炮台）	08:00~09:00	15		12		ND				64	
		14:00~15:00	13		10		ND				88	
		20:00~21:00	ND		7		ND				64	
最大浓度值 Ci			33	25	19	13	ND	ND	65	46	98	89
标准限值 Si			500	150	200	80	10	4	150	75	200	160
Pi=Ci/Si			0.07	0.17	0.10	0.16	0.02	0.04	0.43	0.61	0.49	0.56
评价结果			达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注：监测结果如低于检出限时填“ND”，表示未检出。

表 3.2-5 环境空气监测结果（续表）

白沙村监测结果

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m ³）		PM_{10}（μg/m³）	PM2.5（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-25	H6#白沙村	02:00~03:00	ND	ND	5	5	ND	ND	42	32	53	83
		08:00~09:00	8		9		ND				62	
		14:00~15:00	9		6		ND				87	
		20:00~21:00	ND		5		ND				62	
2024-01-26		02:00~03:00	ND	ND	11	14	ND	ND	67	49	45	81
		08:00~09:00	11		18		ND				67	
		14:00~15:00	ND		15		ND				80	
		20:00~21:00	ND		12		ND				55	
2024-01-27		02:00~03:00	ND	8	6	8	ND	ND	65	40	48	78
		08:00~09:00	10		17		ND				73	
		14:00~15:00	10		14		ND				83	
		20:00~21:00	8		6		ND				67	
2024-01-28		02:00~03:00	ND	ND	5	5	ND	ND	51	30	39	85
		08:00~09:00	ND		11		ND				47	
		14:00~15:00	ND		7		ND				97	
		20:00~21:00	ND		5		ND				55	
2024-01-29		02:00~03:00	ND	ND	6	8	ND	ND	43	27	49	97
		08:00~09:00	ND		13		ND				52	
		14:00~15:00	ND		15		ND				98	
		20:00~21:00	ND		7		ND				65	
2024-01-30		02:00~03:00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	43	22	44	81
		08:00~09:00	ND		ND		ND				78	
		14:00~15:00	ND		ND		ND				78	
		20:00~21:00	ND		ND		ND				38	

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	PM2.5（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-31		02:00~03:00	ND	ND	6	9	0.7	ND	58	30	52	80
		08:00~09:00	ND		19		0.4				73	
		14:00~15:00	ND		15		0.3				73	
		20:00~21:00	ND		6		ND				35	
最大浓度值 Ci			11	8	19	14	0.7	ND	67	49	98	97
标准限值 Si			500	150	200	80	10	4	150	75	200	160
Pi=Ci/Si			0.02	0.05	0.10	0.18	0.07	0.04	0.45	0.65	0.49	0.61
评价结果			达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注：监测结果如低于检出限时填“ND”，表示未检出。

表 3.2-5 环境空气监测结果（续表）

应急道路沿线（白龙村）监测结果

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m ³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-17	H7#应急道路沿线（白龙村）	02:00~03:00	12	15	13	16	ND	ND	58	33	49	93
		08:00~09:00	22		25		ND				66	
		14:00~15:00	26		22		ND				107	
		20:00~21:00	14		15		ND				66	
2024-01-18		02:00~03:00	8	11	5	10	ND	ND	31	22	57	115
		08:00~09:00	21		17		ND				84	
		14:00~15:00	18		16		ND				112	
		20:00~21:00	9		8		ND				51	
2024-01-19		02:00~03:00	15	18	8	10	ND	ND	38	23	30	98
		08:00~09:00	25		15		ND				68	
		14:00~15:00	31		13		ND				75	
		20:00~21:00	16		9		ND				30	
2024-01-20		02:00~03:00	ND	12	8	9	ND	ND	32	20	58	110
		08:00~09:00	22		13		ND				81	
		14:00~15:00	18		15		ND				96	
		20:00~21:00	ND		10		ND				58	
2024-01-21		02:00~03:00	9	17	8	13	ND	ND	19	10	42	79
		08:00~09:00	29		15		ND				73	
		14:00~15:00	33		20		ND				68	
		20:00~21:00	9		9		ND				24	
2024-01-22		02:00~03:00	7	7	6	8	0.3	0.7	17	13	51	79
		08:00~09:00	10		16		0.4				58	
		14:00~15:00	12		14		0.7				88	
		20:00~21:00	7		7		1.0				61	

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-23		02:00~03:00	7	7	7	10	1.2	1.3	20	13	56	79
		08:00~09:00	18		14		1.3				68	
		14:00~15:00	16		17		1.4				73	
		20:00~21:00	8		7		1.5				57	
最大浓度值 Ci			33	17	20	16	1.5	1.3	58	33	112	115
标准限值 Si			500	150	200	80	10	4	150	75	200	160
Pi=Ci/Si			0.07	0.11	0.10	0.20	0.15	0.33	0.39	0.44	0.56	0.72
评价结果			达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注：监测结果如低于检出限时填“ND”，表示未检出。

表 3.2-5 环境空气监测结果（续表）

珍珠湾监测结果

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m ³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8小时滑动平均值
2024-01-25	H8#珍珠湾	02:00~03:00	ND	ND	5	6	ND	ND	55	35	47	88
		08:00~09:00	ND		10		ND				61	
		14:00~15:00	ND		9		ND				89	
		20:00~21:00	ND		5		ND				68	
2024-01-26		02:00~03:00	ND	ND	9	12	ND	ND	63	47	61	87
		08:00~09:00	ND		20		ND				68	
		14:00~15:00	ND		15		ND				83	
		20:00~21:00	ND		10		ND				62	
2024-01-27		02:00~03:00	ND	ND	7	10	ND	ND	79	54	40	86
		08:00~09:00	8		16		ND				56	
		14:00~15:00	ND		15		ND				84	
		20:00~21:00	ND		11		ND				59	
2024-01-28		02:00~03:00	ND	ND	7	10	ND	ND	60	20	45	92
		08:00~09:00	ND		14		ND				69	
		14:00~15:00	ND		20		ND				99	
		20:00~21:00	ND		7		ND				63	
2024-01-29		02:00~03:00	ND	ND	8	8	ND	ND	55	33	47	91
		08:00~09:00	ND		19		ND				59	
		14:00~15:00	ND		15		ND				102	
		20:00~21:00	ND		8		ND				66	
2024-01-30		02:00~03:00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	22	14	26	74
		08:00~09:00	ND		ND		ND				62	
		14:00~15:00	ND		ND		ND				70	
		20:00~21:00	ND		ND		ND				31	

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8小时滑动平均值
2024-01-31		02:00~03:00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	47	39	28	72
		08:00~09:00	ND		ND		ND				58	
		14:00~15:00	ND		ND		ND				66	
		20:00~21:00	ND		ND		ND				32	
最大浓度值 Ci			8	ND	20	12	ND	ND	79	54	102	88
标准限值 Si			500	150	200	80	10	4	150	75	200	160
Pi=Ci/Si			0.02	0.01	0.10	0.15	0.02	0.04	0.53	0.72	0.51	0.55
评价结果			达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注：监测结果如低于检出限时填“ND”，表示未检出。

表 3.2-5 环境空气监测结果（续表）

怪石滩监测结果

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m ³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-17	H9#怪石滩	02:00~03:00	15	28	7	14	0.9	0.4	70	37	56	81
		08:00~09:00	46		25		0.7				65	
		14:00~15:00	51		21		ND				83	
		20:00~21:00	17		8		0.6				57	
2024-01-18		02:00~03:00	12	20	8	12	ND	0.3	63	41	50	105
		08:00~09:00	32		18		ND				86	
		14:00~15:00	37		22		0.9				109	
		20:00~21:00	12		9		ND				36	
2024-01-19		02:00~03:00	10	23	6	8	0.3	0.6	38	25	31	77
		08:00~09:00	31		9		0.6				65	
		14:00~15:00	48		10		0.9				70	
		20:00~21:00	13		7		0.8				40	
2024-01-20		02:00~03:00	ND	16	5	7	0.4	0.6	40	25	35	88
		08:00~09:00	34		8		0.7				70	
		14:00~15:00	33		12		0.8				74	
		20:00~21:00	8		5		0.7				42	
2024-01-21		02:00~03:00	10	20	5	6	ND	ND	25	14	40	76
		08:00~09:00	44		9		ND				68	
		14:00~15:00	31		11		ND				76	
		20:00~21:00	10		5		ND				30	
2024-01-22		02:00~03:00	ND	7	8	8	1.5	0.5	18	11	54	82
		08:00~09:00	15		10		ND				63	
		14:00~15:00	18		11		ND				90	
		20:00~21:00	ND		8		ND				60	

采样日期	采样点位	小时值检测时段	检测结果									
			二氧化硫（μg/m³）		二氧化氮（μg/m³）		一氧化碳（mg/m³）		PM_{10}（μg/m³）	$PM_{2.5}$（μg/m³）	臭氧（μg/m³）	
			小时值	日均值	小时值	日均值	小时值	日均值	日均值	日均值	小时值	8 小时滑动平均值
2024-01-23		02:00~03:00	ND	7	7	9	ND	ND	14	12	33	67
		08:00~09:00	14		14		ND				52	
		14:00~15:00	16		16		0.5				73	
		20:00~21:00	ND		7		ND				42	
最大浓度值 Ci			48	28	25	14	1.5	0.6	70	37	109	105
标准限值 Si			500	150	200	80	10	4	150	75	200	160
Pi=Ci/Si			0.10	0.19	0.13	0.18	0.15	0.15	0.47	0.49	0.55	0.66
评价结果			达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注：监测结果如低于检出限时填“ND”，表示未检出。

表 3.2-6 环境噪声监测布点

编号	监测点位	监测项目	点位布设相对于厂址位置		布点理由	噪声归属标准类型	点位环境
			方位	距离（km）			
N1#	厂址反应堆	L_{dn}	/	/	厂区	环境噪声	四周为荒地
N2#	厂界东	L_d、L_n、L_{max}、L_N	E	/	厂界	环境噪声	周边有水产养殖场池塘
N3#	厂界南	L_d、L_n、L_{max}、L_N	S	/	厂界	环境噪声	四周为荒地
N4#	厂界西	L_d、L_n、L_{max}、L_N	W	/	厂界	环境噪声	南侧为水产养殖池塘，其他为荒地
N5#	厂界北	L_d、L_n、L_{max}、L_N	N	/	厂界	环境噪声	东侧为水产养殖池塘，其他为荒地
N6#	大村	L_d、L_n、L_{max}、L_N	SW	1.0	生活噪声监测	环境噪声	周边为村庄
N7#	细村	L_d、L_n、L_{max}、L_N	W	1.6	生活噪声监测	环境噪声	周边为村庄
N8#	田寮港村	L_d、L_n、L_{max}、L_N	NE	0.6	生活噪声监测	环境噪声	周边为村庄
N9#	横港村	L_d、L_n、L_{max}、L_N	NE	1.3	生活噪声监测	环境噪声	周边为村庄
N10#	白沙村	L_d、L_n、L_{max}、L_N	ENE	2.5	生活噪声监测	环境噪声	周边为村庄
N11#	双墩村	L_d、L_n、L_{max}、L_N	NE	2.8	生活噪声监测	环境噪声	周边为村庄
N12#	万欧村	L_d、L_n、L_{max}、L_N	NE	4.0	生活噪声监测	环境噪声	周边为村庄
N13#	万欧海蜇加工场区	L_d、L_n、L_{max}、L_N	NE	3.4	工业噪声监测	环境噪声	测点位于加工厂边界外 1 米，暂未生产
N14#	白龙村海蜇加工场区	L_d、L_n、L_{max}、L_N	W	1.8	工业噪声监测	环境噪声	测点位于加工厂边界外 1 米，暂未生产
N15#	江山至白龙二级公路（X856环岛西路）	L_{10}、L_{50}、L_{90}、L_{max}、L_{min}	NNE	0.9	交通噪声监测	交通噪声	西面为环岛西路，其余三面为林地，密植桉树

编号	监测点位	监测项目	点位布设相对于厂址位置		布点理由	噪声归属标准类型	点位环境
			方位	距离（km）			
N16#	江山半岛景区旅游公路（X856环岛西路）	L_{10}、L_{50}、L_{90}、L_{max}、L_{min}	NE	2.9	交通噪声监测	交通噪声	附近为江山半岛景区旅游公路，有白沙滩国际自然医学度假区项目施工
N17#	江山至白龙四级公路（X856环岛西路）	L_{10}、L_{50}、L_{90}、L_{max}、L_{min}	N	0.4	交通噪声监测	交通噪声	附近为环岛东路往怪石滩路口，四周为荒地
N18#	双墩至水产码头公路	L_{10}、L_{50}、L_{90}、L_{max}、L_{min}	NNE	2.0	交通噪声监测	交通噪声	东面紧邻环岛西路与居民房，其余三面为菜地
N19#	水产码头公路	L_{10}、L_{50}、L_{90}、L_{max}、L_{min}	N	2.1	交通噪声监测	交通噪声	南面为广西容海公司，北面为居民楼
N20#	核电站拟建进厂道路通过处	L_{10}、L_{50}、L_{90}、L_{max}、L_{min}	NE	1.4	交通噪声监测	交通噪声	环岛东路附近，四周为树林
N21#	核电站拟建应急道路通过处	L_{10}、L_{50}、L_{90}、L_{max}、L_{min}	NW	6.8	交通噪声监测	交通噪声	西面为环岛西路，南北两侧为林地密植桉树，东侧通往核电办公处
N22#	白龙小学	L_d、L_n、L_{max}、L_N	NE	2.8	环境敏感目标	环境噪声	布设点位于校区内，周边为教学楼
N23#	其他网格布点1	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	周边为荒地
N24#	其他网格布点2	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	周边为荒地
N25#	其他网格布点3	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	四周为林地
N26#	其他网格布点4	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	四周为林地，密植桉树

编号	监测点位	监测项目	点位布设相对于厂址位置		布点理由	噪声归属标准类型	点位环境
			方位	距离（km）			
N27#	其他网格布点5	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	四周为林地，密植桉树
N28#	其他网格布点6	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	四周为林地，密植桉树
N29#	其他网格布点7	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	周边为林地
N30#	其他网格布点8	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	背面为码头施工区，其余三面为居民房
N31#	其他网格布点9	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	东面为环岛西路，南面为村道，西北两面为居民房
N32#	其他网格布点10	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	四周为林地，密植桉树
N33#	其他网格布点11	L_d、L_n、L_{max}、L_N	/	/	其他网格布点	环境噪声	四周为林地，密植桉树
N34#	珍珠湾	L_d、L_n、L_{max}、L_N	NE	2.6	环境噪声/景点	环境噪声	周边有水产养殖场池塘
N35#	怪石滩	L_d、L_n、L_{max}、L_N	SW	1.5	环境噪声/景点	环境噪声	点位附近为洪亮渔家乐
N36#	白龙炮台	L_d、L_n、L_{max}、L_N	W	1.9	环境噪声/景点	环境噪声	原广西江山港边地贸口岸内

表 3.2-7 厂址 24h 连续监测结果

监测点位	监测时段		风速 (m/s)	L_{eq} (C_i)	L_{10}	L_{50}	L_{90}	2 类标准限值（S_i）		$P_i=C_i/S_i*100$ （占比）	评价结果
								昼间	夜间		
N1# 厂址反应堆	2024-01-24	00:09-01:09	4.8	44	46	43	41	—	**50**	88%	达标
		01:09-02:09	4.8	43	45	42	41	—	**50**	86%	达标
		02:09-03:09	4.6	44	46	44	42	—	**50**	88%	达标
		03:09-04:09	4.8	45	47	45	43	—	**50**	90%	达标
		04:09-05:09	4.8	44	46	44	41	—	**50**	88%	达标
		05:09-06:09	4.6	45	48	44	42	—	**50**	90%	达标
		06:09-07:09	4.8	46	48	45	43	**60**	—	77%	达标
		07:09-08:09	4.2	45	47	44	42	**60**	—	75%	达标
		08:09-09:09	4.7	45	47	44	41	**60**	—	75%	达标
		09:09-10:09	4.2	46	47	44	41	**60**	—	77%	达标
		10:09-11:09	4.4	44	46	44	41	**60**	—	73%	达标
		11:09-12:09	4.4	50	52	45	38	**60**	—	83%	达标

监测点位	监测时段	风速 (m/s)	L_{eq}（C_i）	L_{10}	L_{50}	L_{90}	2 类标准限值（S_i）		$P_i=C_i/S_i*100$（占比）	评价结果
							昼间	夜间		
	12:09-13:09	4.7	46	49	41	37	**60**	—	77%	达标
	13:09-14:09	4.5	43	43	38	34	**60**	—	72%	达标
	14:09-15:09	4.3	46	49	42	39	**60**	—	77%	达标
	15:09-16:09	4.5	46	49	43	39	**60**	—	77%	达标
	16:09-17:09	4.2	45	48	42	38	**60**	—	75%	达标
	17:09-18:09	4.6	46	48	43	39	**60**	—	77%	达标
	18:09-19:09	4.8	51	46	41	38	**60**	—	85%	达标
	19:09-20:09	4.3	49	50	49	40	**60**	—	82%	达标
	20:09-21:09	4.8	49	50	49	49	**60**	—	82%	达标
	21:09-22:09	4.5	49	50	49	45	**60**	—	82%	达标
	22:09-23:09	4.8	46	48	46	42	—	**50**	92%	达标
	23:09-次日 00:09	4.7	46	47	46	43	—	**50**	92%	达标

表 3.2-8 昼夜环境噪声测量结果 dB（A）

监测点位	监测时间	监测时间	风速 (m/s)	监测类型	监测结果 L_{eq}（C_i）	限值（S_i）	$P_i=C_i/S_i*100$（占比）	评价	最大声级 L_{max}	限值	评价
N2#厂界东	2024-01-23	17:01~17:21	3.0	昼间	54	60	90%	达标	-	-	-
	2024-01-24	00:03~00:23	2.9	夜间	45	50	90%	达标	55	65	达标
N3#厂界南	2024-01-22	14:47~ 15:07	3.9	昼间	47	60	78%	达标	-	-	-
		23:11~ 23:31	2.8	夜间	45	50	90%	达标	56	65	达标
N4#厂界西	2024-01-21	15:46~ 16:06	2.7	昼间	43	60	72%	达标	-	-	-
		22:52~23:11	2.6	夜间	42	50	84%	达标	59	65	达标
N5#厂界北	2024-01-25	13:28~13:48	2.1	昼间	51	60	85%	达标	-	-	-
		22:46~23:06	2.0	夜间	44	50	88%	达标	60	65	达标
N6#大村	2024-01-21	13:01~ 13:21	2.3	昼间	51	60	85%	达标	-	-	-
	2024-01-22	01:19~ 01:39	1.8	夜间	41	50	82%	达标	54	65	达标
N7#细村	2024-01-21	12:29~ 12:49	3.1	昼间	52	60	87%	达标	-	-	-
		23:53~ 00:13	2.9	夜间	41	50	82%	达标	52	65	达标
N8#田寮港村	2024-01-23	17:27~ 17:47	2.4	昼间	49	60	82%	达标	-	-	-
	2024-01-24	00:29~ 00:49	2.5	夜间	45	50	90%	达标	57	65	达标
N9#横港村	2024-01-23	13:58~14:18	4.1	昼间	52	60	87%	达标	-	-	-
		23:00~23:20	4.3	夜间	47	50	94%	达标	54	65	达标
N10#白沙村	2024-01-23	16:01~ 16:21	2.3	昼间	48	60	80%	达标	-	-	-
		23:08~ 23:28	2.4	夜间	42	50	84%	达标	58	65	达标

监测点位	监测时间	监测时间	风速 (m/s)	监测类型	监测结果 L_{eq}（C_i）	限值（S_i）	$P_i=C_i/S_i*100$（占比）	评价	最大声级 L_{max}	限值	评价
N11#双墩村	2024-01-21	15:38~ 15:58	2.7	昼间	43	60	72%	达标	-	-	-
	2024-01-22	01:20~ 01:40	2.7	夜间	40	50	80%	达标	52	65	达标
N12#万欧村	2024-01-21	12:08~ 12:28	2.7	昼间	47	60	78%	达标	-	-	-
		22:46~ 23:06	3.1	夜间	41	50	82%	达标	49	65	达标
N13#万欧海蜇加工场区	2024-01-21	13:02~ 13:22	2.7	昼间	46	60	77%	达标	-	-	-
		23:38~ 23:58	3.1	夜间	42	50	84%	达标	48	65	达标
N14#白龙村海蜇加工场区	2024-01-21	15:13~ 15:33	3.0	昼间	49	60	82%	达标	-	-	-
	2024-01-22	00:23~ 00:43	2.9	夜间	41	50	82%	达标	56	65	达标
N22#白龙小学	2024-01-21	15:15~ 15:35	2.7	昼间	43	60	72%	达标	-	-	-
	2024-01-22	00:44~ 01:04	3.1	夜间	41	50	82%	达标	49	65	达标
N23#其他网格布点 1	2024-01-21	14:41~ 15:01	3.1	昼间	46	60	77%	达标	-	-	-
	2024-01-22	00:54~ 01:14	2.4	夜间	41	50	82%	达标	52	65	达标
N24#其他网格布点 2	2024-01-22	16:28~ 16:48	2.7	昼间	52	60	87%	达标	-	-	-
		22:06~ 22:26	3.1	夜间	45	50	90%	达标	55	65	达标
N25#其他网格布点 3	2024-01-23	15:54~ 16:14	4.2	昼间	54	60	90%	达标	-	-	-
		22:02~ 22:22	4.4	夜间	45	50	90%	达标	53	65	达标
N26#其他网格布点 4	2024-01-24	12:16~ 12:36	3.0	昼间	48	60	80%	达标	-	-	-
		22:17~ 22:37	2.7	夜间	42	50	84%	达标	60	65	达标
N27#其他网	2024-01-23	13:22~ 13:42	4.1	昼间	53	60	88%	达标	-	-	-

监测点位	监测时间	监测时间	风速 (m/s)	监测类型	监测结果 L_{eq}（C_i）	限值（S_i）	$P_i=C_i/S_i*100$（占比）	评价	最大声级 L_{max}	限值	评价
格布点 5		22:30~ 22:50	4.3	夜间	48	50	96%	达标	55	65	达标
N28#其他网格布点 6	2024-01-24	12:45~ 13:05	2.8	昼间	46	60	77%	达标	-	-	-
		22:47~ 23:07	2.7	夜间	44	50	88%	达标	56	65	达标
N29#其他网格布点 7	2024-01-23	15:33~ 15:53	2.9	昼间	48	60	80%	达标	-	-	-
		22:38~ 22:58	3.2	夜间	47	50	94%	达标	56	65	达标
N30#其他网格布点 8	2024-01-22	14:16~ 14:36	3.7	昼间	57	60	95%	达标	-	-	-
		22:27~ 22:47	3.9	夜间	46	50	92%	达标	53	65	达标
N31#其他网格布点 9	2024-01-22	13:40~ 14:00	3.5	昼间	53	60	88%	达标	-	-	-
		22:03~ 22:23	3.9	夜间	46	50	92%	达标	53	65	达标
N32#其他网格布点 10	2024-01-21	13:33~ 13:53	2.7	昼间	50	60	83%	达标	-	-	-
	2024-01-22	01:51~ 02:11	2.7	夜间	44	50	88%	达标	51	65	达标
N33#其他网格布点 11	2024-01-21	14:48~ 15:08	2.7	昼间	44	60	73%	达标	-	-	-
	2024-01-22	00:11~ 00:31	3.2	夜间	42	50	84%	达标	51	65	达标
N34#珍珠湾	2024-01-22	14:40~ 15:00	3.8	昼间	50	60	83%	达标	-	-	-
		22:57~ 23:17	3.9	夜间	46	50	92%	达标	52	65	达标
N35#怪石滩	2024-01-22	14:16~ 14:36	3.8	昼间	55	60	92%	达标	-	-	-
		23:40~ 00:00	3.2	夜间	46	50	92%	达标	57	65	达标
N36#白龙炮台	2024-01-21	11:56~ 12:16	3.9	昼间	52	60	87%	达标	-	-	-
		23:24~ 23:44	2.8	夜间	45	50	90%	达标	54	65	达标

表 3.2-9 交通噪声测量结果 dB（A）

监测点位	检监测日期	监测时段	车流量（辆/20min）			监测类型	监测结果 L_{eq}（Ci）	4a 类限值			夜间最大声级 L_{max}	4a 类限值夜间最大声级 L_{max}		
			大型	中型	小型			限值（Si）	Pi=Ci/Si*100（占比）	评价		限值	Pi=Ci/Si*100（占比）	评价
N15#江山至白龙二级公路	2024-01-23	15:01~15:21	0	0	51	昼间	54	**70**	77%	达标	-	-	-	-
	2024-01-23	23:29~23:49	0	0	6	夜间	49	**55**	89%	达标	59	70	84%	达标
N16#江山半岛景区旅游公路	2024-01-23	14:38~14:58	0	0	0	昼间	52	**70**	74%	达标	-	-	-	-
	2024-01-23	22:06~22:26	0	0	1	夜间	44	**55**	80%	达标	73	70	**104%**	**不达标**
N17#江山至白龙四级公路	2024-01-22	15:56~16:16	0	0	35	昼间	66	**70**	94%	达标	-	-	-	-
	2024-01-22	22:35~22:55	0	0	12	夜间	51	**55**	93%	达标	67	70	**96%**	**达标**
N18#双墩至水产码头公路	2024-01-22	15:36~15:56	0	0	72	昼间	69	**70**	99%	达标	-	-	-	-
	2024-01-23	00:25~00:45	0	0	4	夜间	46	**55**	84%	达标	55	70	79%	达标
N19#水产码头	2024-01-22	15:09~15:29	0	0	1	昼间	50	**70**	71%	达标	-	-	-	-
	2024-01-22	23:36~23:56	0	0	0	夜间	45	**55**	82%	达标	52	70	74%	达标
N20#核电站拟建进厂道路通过处	2024-01-23	16:31~16:51	0	0	30	昼间	62	**70**	89%	达标	-	-	-	-
	2024-01-23	23:36~23:56	0	0	13	夜间	53	**55**	96%	达标	73	70	**104%**	**不达标**
N21#核电站拟建应急道路通过处	2024-01-23	15:26~15:46	0	0	42	昼间	57	**70**	81%	达标	-	-	-	-
	2024-01-23	23:55~次日 00:15	0	0	13	夜间	48	**55**	87%	达标	58	70	83%	达标

表 3.2-10 厂址水环境质量监测点位信息表

站位编号	距厂址距离（km）	执行的水质保护目标
S1	4.60	第二类
S2	6.81	第二类
S3	10.58	第二类
S4	1.80	第三类
S5	4.40	第二类
S6	9.76	第二类
S7	13.55	第二类
S8	17.60	第二类
S9	1.45	第三类
S10	4.33	第二类
S11	9.85	第二类
S12	14.17	第二类
S13	19.03	第二类
S14	25.01	第二类
S15	6.88	第四类
S16	9.63	第二类
S17	13.40	第二类
S18	19.22	第二类
S19	25.24	第二类
S20	4.88	第二类
S21	10.13	第二类
S22	14.52	第二类
S23	19.59	第二类
S24	5.39	第二类
S25	10.21	第二类
S26	19.98	第二类
S27	10.02	第二类
S28	19.64	第二类
S29	14.14	第三类
S30	10.70	第三类

表 3.2-11 样品采集、分析方法一览表

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	测定方法
1	**水文项目**		
1.1	水温	现场测定	GB/T12763.2/4.8-2007 （温盐深仪）CTD
1.2	盐度	现场测定	GB/T12763.2/5.2.1-2007 （温盐深仪）CTD
1.3	浊度	现场测定	GB17378.4/30.3-2007 分光光度法
1.4	水色	现场测定	GB/T12763.2/10.1.1-2007 GB17378.4/21-2007 比色法
1.5	透明度	现场测定	GB/T12763.2/10.1.2-2007 GB17378.4/22-2007 透明度盘法
1.6	水深	现场测定	GB/T12763.2/6.2.1-2007 （温盐深仪）CTD
二	**水化学**		
2.1	pH	现场测定	GB17378.4/26-2007 pH 计法
2.2	溶解氧 （DO）	加 1 mL $MnCl_2$ 和 1 mL KI-NaOH 溶液固定	GB17378.4/31-2007 碘量法
2.3	悬浮物	0.45 μm，φ60 mm 微孔滤膜现场过滤	GB17378.4/27-2007 重量法
2.4	高锰酸钾指数 （COD_{Mn}）	加入硫酸至 PH<2，冷藏于 0 至 4℃保存	GB17378.4/32-2007 碱性高锰酸钾法
2.5	氨氮	现场用 0.45μm，φ60mm 微孔滤膜过滤、现场测定或过滤后-20℃冷冻保存	GB 17378.4/36.2-2007 氨次溴酸盐氧化法
2.6	硝酸盐		GB17378.4/38.1-2007 镉柱还原法
2.7	亚硝酸盐		GB17378.4/37-2007 奈乙二胺分光光度法
2.8	活性磷酸盐		GB17378.4/39.1-2007 磷钼蓝分光光度法
2.9	氰化物	加 NaOH 至 pH12-13	GB17378.4/20.1-2007 异烟酸-吡唑啉酮分光光度法
2.10	硫化物	1 L 水样加入 2 mL 乙酸锌溶液（1 mol/L）固定	GB17378.4/18.1-2007 亚甲基蓝分光光度法
2.11	氟化物	聚乙烯瓶避光保存	GB/T 7484-1987 离子选择电极法
2.12	挥发性酚	加磷酸溶液至 pH=4，1 L 水样加入 2g $CuSO_4$•$5H_2O$，玻璃瓶冷藏保存	GB17378.4/19-2007 4-氨基安替比林分光光度法
2.13	石油类	正己烷萃取	GB 17378.4/13.2-2007 紫外分光光度法
2.14	铜（Cu）	用 0.45μm，φ60mm 微孔滤膜过滤加 HNO3 至 pH<2 低温冷藏	GB 17378.4/6.3-2007 原子吸收分光光度法
2.15	铅（Pb）		GB17378.4/7.3-2007 原子吸收分光光度法

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	测定方法
2.16	镉（Cd）		GB 17378.4/8.3-2007 原子吸收分光光度法
2.17	锌（Zn）		GB 17378.4/9.3-2007 火焰原子吸收分光光度法
2.18	砷（As）	用 0.45μm，φ60mm 微孔滤膜过滤加 H_2SO_4 至 pH<2 低温冷藏	GB 17378.4/11.1-2007 原子荧光法
2.19	总汞（Hg）	加 H_2SO_4 至 pH<2	GB 17378.4/5.1-2007 原子荧光法
2.20	总铬（Cr）	加 H_2SO_4 至 pH<2 低温冷藏	GB 17378.4-2007 苯碳酰二肼分光光度法
2.21	余氯	聚乙烯瓶避光保存	HJ 586-2010 N，N-二乙基-1，4-苯二胺分光光度法
2.22	硼（B）	聚乙烯瓶保存	HJ 776-2015 电感耦合等离子体发射光谱法

表 3.2-12 2024 年春季大面测站水文（水色、水深、透明度、浊度、水温、盐度）调查结果

点位名称	层次	水深（m）	浊度（NTU）	透明度（m）	水色	水温（℃）	盐度（‰）
S1	表	4.2	3.6	4.21	6	23.4	29.4
S2	表	8.3	2.1	7.5	5	23.5	29.6
S3	表	7.3	2.2	7.32	5	23.2	30.3
S4	表	11.2	1.8	8.37	5	22.7	29.6
	底	——	1.7	——	——	18.4	30.2
S5	表	9.6	1.5	8.14	4	22.4	30.2
S6	表	14	1.8	8.22	5	23.1	28
	底	——	1.6	——	——	19.6	29.6
S7	表	15.2	2.1	8.09	4	23.3	29.6
	底	——	1.9	——	——	19.7	30.5
S8	表	13	1.7	8.12	5	25.1	29.1
	底	——	1.6	——	——	19.6	30.2
S9	表	14	2.4	8.06	5	23	30.3
	底	——	1.6	——	——	20.5	30.7
S10	表	13.5	1.6	8.09	6	22.8	30.6
	底	——	1.5	——	——	18.8	30.9
S11	表	15	1.9	8.18	6	23.2	29.1
	底	——	1.8	——	——	19.3	29.7
S12	表	16.3	1.8	8.31	6	24.2	29.8
	中	——	1.6	——	——	20.6	30.2
	底	——	1.2	——	——	17.5	30.5
S13	表	20.6	2.1	8.11	8	26.3	29.5
	中	——	1.9	——	——	22.3	30.3
	底	——	1.6	——	——	18.1	31.1
S14	表	21.5	1.6	8.49	7	25.8	29.7
	中	——	1.5	——	——	21.8	30.6
	底	——	1.1	——	——	17.8	31.4
S15	表	16	2.5	7.32	5	24.8	29.3
	中	——	2.2	——	——	20.4	30.1
	底	——	2	——	——	17.6	30.8
S16	表	17	2.3	7.25	5	24.8	29.6
	中	——	2.2	——	——	20.4	30.4
	底	——	2.0	——	——	17.9	30.9
S17	表	20.3	2.8	7.12	8	25.0	29.4
	中	——	2	——	——	21.4	30.2
	底	——	2	——	——	18.0	30.7
S18	表	22	1.2	7.13	6	25.2	29.2
	中	——	1.5	——	——	20.5	30.1
	底	——	1.7	——	——	18.0	30.7
S19	表	27.5	1.6	7.35	6	26.4	29.6
	中	——	1.8	——	——	21.6	30.4
	底	——	1.2	——	——	17.7	31.3

点位名称	层次	水深（m）	浊度（NTU）	透明度（m）	水色	水温（℃）	盐度（‰）
S20	表	14	1.8	7.05	5	22.9	29.2
	底	——	1.7	——	——	19.0	30.3
S21	表	16	2	7.26	5	24.5	29.7
	中	——	1.9	——	——	21.3	30.4
	底	——	1.8	——	——	18.4	31.0
S22	表	22.8	2.2	6.7	7.0	24.8	30.0
	中	——	1.6	——	——	21.0	30.6
	底	——	1.7	——	——	18.6	31.1
S23	表	24.0	3.8	7.82	9	25.0	29.3
	中	——	3.7	——	——	20.8	29.8
	底	——	2.5	——	——	18.2	30.6
S24	表	12.0	2.2	6.83	5	22.6	29.4
	底	——	1.9	——	——	18.8	29.8
S25	表	9.8	3.2	6.53	5	23.2	30.2
S26	表	20.2	1.8	5.88	8	24.6	30.1
	中	——	1.8	——	——	20.4	30.6
	底	——	1.6	——	——	18.7	30.9
S27	表	9.0	3.3	7.2	5	23	29.1
S28	表	13.5	4.4	5.36	9	24.8	29.4
	中	——	3.6	——	——	20.9	29.8
	底	——	3.2	——	——	18.7	30.5
S29	表	11	3.5	7.08	5	22.9	30.2
	底	——	3.2	——	——	19.0	30.2
S30	表	4.0	2.6	4	5	22.3	29.9

表 3.2-13 春季大面测站水化学检测结果（1）

站位	层次	pH	悬浮物（mg/L）	溶解氧（mg/L）	COD_{Mn}（mg/L）	NO_3-N（mg/L）	NO_2-N（mg/L）	NH_3-N（mg/L）	无机氮（mg/L）	活性磷酸盐（mg/L）	石油类（μg/L）	余氯（mg/L）	总铬（μg/L）	硫化物（μg/L）	氰化物（μg/L）
S1	表	8.0	10	6.4	1.40	0.056	0.002	0.016	0.074	ND	23.7	0.097	2.5	ND	ND
S2	表	7.7	13	6.1	1.14	0.057	0.001	0.036	0.094	0.002	35.6	0.083	0.9	ND	ND
S3	表	7.8	9	6.0	1.42	0.019	0.003	0.069	0.091	0.007	31.8	0.089	1.8	ND	ND
S4	表	8.6	8	7.7	0.82	0.008	0.005	0.024	0.037	0.004	21.2	0.090	2.7	ND	ND
	底	8.7	13	6.2	0.88	0.021	0.001	0.060	0.082	0.002	——	——	2.2	——	——
S5	表	7.9	12	6.2	1.22	0.031	0.005	0.002	0.038	0.006	ND	0.080	1.5	ND	ND
S6	表	8.1	13	6.3	0.99	0.030	0.003	0.084	0.117	0.002	ND	0.074	2.7	ND	ND
	表*	—	——	——	0.90	0.031	0.003	0.082	0.116	0.002	——	0.078	2.9	ND	ND
	底	8.2	17	6.4	0.94	0.023	0.003	0.024	0.050	0.003	——	——	3.1	——	——
S7	表	8.3	12	6.2	0.98	0.030	0.002	0.047	0.079	0.003	9.6	0.087	2.1	ND	ND
	表*	—	——	-	0.96	0.028	0.002	0.043	0.073	0.003	——	0.090	2.2	ND	ND
	底	8.1	12	6.1	0.96	0.018	0.001	0.003	0.022	ND	——	——	2.8	——	——
S8	表	7.8	13	6.3	1.07	0.076	0.002	0.048	0.126	0.003	43.2	0.100	3.6	ND	ND
	表*	—	——	——	1.06	0.071	0.002	0.047	0.120	0.001	——	0.101	3.3	ND	ND
	底	7.7	9	6.3	1.00	0.002	0.002	0.051	0.055	0.001	——	——	4.1	——	——
S9	表	8.0	9	7.8	1.79	0.019	0.002	0.044	0.065	0.006	ND	0.090	2.3	ND	ND
	底	8.0	8	6.9	1.79	0.004	0.002	0.016	0.022	0.002	——	——	3.2	——	——
S10	表	8.3	11	6.3	0.85	0.015	0.005	0.089	0.109	0.001	7.5	0.091	2.7	ND	ND
	底	8.1	11	6.3	0.92	0.005	0.005	0.012	0.022	0.006	——	——	3.3	——	——
S11	表	7.9	12	6.5	0.78	0.010	0.001	0.041	0.052	0.001	14.6	0.095	1.2	ND	ND
	表*	—	——	——	0.82	0.010	0.003	0.030	0.043	0.001	——	0.093	1.1	ND	ND

站位	层次	pH	悬浮物（mg/L）	溶解氧（mg/L）	COD_{Mn}（mg/L）	NO_3-N（mg/L）	NO_2-N（mg/L）	NH_3-N（mg/L）	无机氮（mg/L）	活性磷酸盐（mg/L）	石油类（μg/L）	余氯（mg/L）	总铬（μg/L）	硫化物（μg/L）	氰化物（μg/L）
	底	7.9	9	6.0	0.84	0.020	0.001	0.073	0.094	ND	——	——	ND	——	——
S12	表	8.1	11	6.5	1.09	0.022	0.002	0.011	0.035	0.001	ND	0.108	1.9	ND	ND
	中	8.1	9	6.2	0.88	0.060	0.001	0.081	0.142	ND	——	——	1.5	——	——
	底	8.0	11	6.2	0.84	0.016	0.001	0.021	0.038	0.003	——	——	1.6	——	——
S13	表	7.9	9	7.9	1.19	0.020	0.001	0.021	0.042	0.001	ND	0.121	2.5	ND	ND
	中	7.8	8	6.2	1.10	0.004	0.001	0.016	0.021	0.006	——	——	1.0	——	——
	底	7.8	13	6.3	0.88	0.005	0.001	0.028	0.034	0.003	——	——	2.0	——	——
S14	表	8.2	14	6.4	1.60	0.048	0.001	0.026	0.075	0.003	4.4	0.097	1.0	ND	ND
	中	8.0	11	6.5	1.65	0.004	0.001	0.006	0.011	0.003	——	——	2.8	——	——
	底	8.1	9	6.6	1.60	0.003	0.001	0.023	0.027	0.003	——	——	3.5	——	——
S15	表	8.1	12	6.6	1.41	0.102	0.002	0.019	0.123	ND	13.4	0.131	1.4	ND	ND
	中	8.0	14	6.6	1.44	0.004	0.002	0.006	0.012	ND	——	——	1.6	——	——
	底	8.1	14	6.1	1.42	0.009	0.002	0.007	0.018	0.003	——	——	3.3	——	——
S16	表	8.0	10	6.5	1.56	0.022	0.001	0.011	0.034	0.001	29.8	0.132	3.8	ND	ND
	中	8.1	13	6.7	1.54	0.009	0.001	0.010	0.020	0.002	——	——	2.2	——	——
	底	7.9	8	6.7	1.44	0.006	0.001	0.012	0.019	0.003	——	——	3.2	——	——
S17	表	8.2	14	6.4	1.36	0.028	0.001	0.016	0.045	0.004	ND	0.119	3.7	ND	ND
	中	8.0	9	6.6	1.48	0.005	0.001	0.013	0.019	0.006	——	——	1.8	——	——
	底	7.9	14	6.3	1.55	0.004	0.001	0.016	0.021	0.007	——	——	3.1	——	——
S18	表	7.9	11	5.8	0.94	0.009	0.001	0.036	0.046	0.003	6.4	0.106	1.0	ND	ND
	中	7.9	14	6.2	0.88	0.005	0.002	0.019	0.026	0.002	——	——	2.0	——	——
	底	7.9	15	6.2	0.95	0.042	0.002	0.012	0.056	0.008	——	——	2.7	——	——
S19	表	8.4	10	8.1	0.88	0.021	0.001	0.024	0.046	0.005	8.8	0.097	2.7	ND	ND
	中	8.4	14	6.4	0.92	0.010	0.002	0.024	0.036	0.003	——	——	1.7	——	——
	底	8.3	13	6.4	0.98	0.010	0.002	0.009	0.021	0.004	——	——	2.7	——	——
S20	表	7.9	10	6.6	1.55	0.020	0.001	0.008	0.029	0.011	ND	0.136	1.7	ND	ND

站位	层次	pH	悬浮物（mg/L）	溶解氧（mg/L）	COD_{Mn}（mg/L）	NO_3-N（mg/L）	NO_2-N（mg/L）	NH_3-N（mg/L）	无机氮（mg/L）	活性磷酸盐（mg/L）	石油类（μg/L）	余氯（mg/L）	总铬（μg/L）	硫化物（μg/L）	氰化物（μg/L）
	底	7.8	11	6.7	1.78	0.022	0.001	0.009	0.032	0.006	——	——	2.7	——	——
S21	表	8.0	14	6.5	0.92	0.010	0.002	0.010	0.022	0.006	15.9	0.139	2.4	ND	ND
	中	8.1	11	6.6	1.05	0.020	0.003	0.010	0.033	0.006	——	——	3.3	——	——
	底	8.3	13	6.6	0.96	0.007	0.002	0.020	0.029	0.006	——	——	2.9	——	——
S22	表	8.1	9	6.5	1.05	0.004	0.001	0.018	0.023	0.006	ND	0.144	1.9	ND	ND
	中	8.0	10	6.7	1.08	0.006	0.001	0.011	0.018	0.011	——	——	3.7	——	——
	底	7.9	13	6.8	1.21	0.041	0.002	0.029	0.072	0.007	——	——	2.1	——	——
S23	表	8.2	11	8.3	1.37	0.004	0.001	0.019	0.024	0.002	ND	0.110	2.9	ND	ND
	中	8.2	9	6.7	0.84	0.013	0.001	0.008	0.022	0.007	——	——	4.0	——	——
	底	8.3	12	6.6	0.98	0.012	0.001	0.011	0.024	0.008	——	——	4.3	——	——
S24	表	7.8	9	7.0	1.47	0.002	0.003	0.033	0.038	0.005	5.9	0.109	3.6	ND	ND
	表*	—	——	——	1.38	0.002	0.002	0.035	0.039	0.006	——	0.108	3.8	ND	ND
	底	7.9	12	7.1	1.18	0.020	0.002	0.009	0.031	0.007	——	——	4.4	——	——
S25	表	8.0	14	6.5	1.54	0.027	0.003	0.024	0.054	0.005	ND	0.108	3.2	ND	ND
	表*	—	——	——	1.46	0.029	0.002	0.024	0.055	0.005	——	0.108	3.4	ND	ND
S26	表	8.0	14	6.5	1.78	0.008	0.003	0.011	0.022	0.003	5.3	0.126	4.0	ND	ND
	中	7.9	13	6.6	1.19	0.001	0.002	0.006	0.009	0.007	——	——	4.1	——	——
	底	8.1	10	6.7	1.09	0.006	0.001	0.006	0.013	0.009	——	——	3.6	——	——
S27	表	7.8	10	6.8	2.05	0.010	0.003	0.019	0.032	0.003	15.1	0.113	3.9	ND	ND
	表*	—	——	——	2.04	0.011	0.003	0.022	0.036	0.002	——	0.114	3.8	ND	ND
S28	表	8.2	13	6.9	2.39	0.019	0.002	0.033	0.054	0.008	4.8	0.123	2.9	ND	ND
	中	8.2	12	6.3	1.26	0.005	0.001	0.007	0.013	0.009	——	——	3.4	——	——
	底	8.0	13	7.1	1.43	0.006	0.001	0.006	0.013	0.009	——	——	3.2	——	——
S29	表	7.9	9	6.5	1.19	0.013	0.002	0.014	0.029	0.008	ND	0.133	2.2	ND	ND

站位	层次	pH	悬浮物（mg/L）	溶解氧（mg/L）	COD_{Mn}（mg/L）	NO_3-N（mg/L）	NO_2-N（mg/L）	NH_3-N（mg/L）	无机氮（mg/L）	活性磷酸盐（mg/L）	石油类（μg/L）	余氯（mg/L）	总铬（μg/L）	硫化物（μg/L）	氰化物（μg/L）
	底	7.8	14	7.0	1.26	0.010	0.003	0.013	0.026	0.010	——	——	1.7	——	——
S30	表	7.8	13	6.8	1.92	0.010	0.005	0.037	0.052	0.007	6.9	0.128	4.4	ND	ND
	表*	—	——	——	1.91	0.010	0.004	0.040	0.054	0.007	——	0.127	4.2	ND	ND
最小值			8	5.8	0.78	0.001	0.001	0.002	0.009	0.001	4.4	0.074	0.9	/	/
最大值			17	8.3	2.39	0.102	0.005	0.089	0.142	0.011	43.2	0.144	4.4	/	/
平均值			11.5	6.59	1.249	0.0189	0.0019	0.0257	0.0465	0.0047	16.00	0.1072	2.72	/	/

注：“ND”表示含量低于检出限或未检出。“*”表示为平行样

表 3.2-13（续）春季大面测站水化学检测结果（2）

站位	层次	挥发酚（μg/L）	氟化物（mg/L）	As（μg/L）	Hg（μg/L）	B（mg/L）	Cu（μg/L）	Zn（μg/L）	Pb（μg/L）	Cd（μg/L）
S1	表	ND	1.15	ND	ND	1.32	1.7	5.3	2.1	ND
S2	表	ND	1.2	0.6	ND	2.22	1.8	4.7	2.4	ND
S3	表	1.4	1.2	0.6	ND	1.95	1.9	5.3	2.7	ND
S4	表	ND	1.2	ND	ND	1.63	3.1	11.4	3.0	ND
	底	——	——	0.6	ND	0.89	1.8	9.6	2.7	ND
S5	表	2.9	1.25	0.5	ND	1.02	1.8	7.2	2.4	ND
S6	表	1.8	1.25	ND	ND	1.44	2.2	8.7	1.8	ND
	表*	1.9	1.2	ND	ND	1.50	2.0	8.7	2.0	ND
	底	——	——	0.8	ND	1.86	1.4	7.4	1.8	ND
S7	表	1.4	1.25	0.5	ND	1.15	2.0	5.4	2.0	ND
	表*	1.2	1.25	0.5	ND	1.17	2.1	5.5	2.3	ND
	底	——	——	ND	ND	1.87	2.7	4.6	3.2	0.5
S8	表	1.6	1.2	0.6	ND	2.48	2.4	9.1	2.0	ND
	表*	1.4	1.2	0.6	ND	2.42	2.6	9.2	1.8	ND
	底	——	——	0.5	ND	2.62	2.7	8.9	3.5	0.6
S9	表	ND	1.2	0.5	ND	1.50	1.8	7.5	2.1	ND
	底	——	——	ND	ND	1.54	1.8	9.2	ND	ND
S10	表	1.6	1.25	ND	ND	2.21	2.4	11.7	ND	ND
	底	——	——	ND	ND	1.67	2.9	13.3	2.0	ND
S11	表	4.3	1.25	0.5	ND	2.55	2.1	5.3	2.1	ND
	表*	4.7	1.2	0.5	ND	2.60	2.0	5.8	2.2	ND
	底	——	——	ND	ND	1.41	1.2	5.4	2.2	0.3
S12	表	ND	1.25	ND	ND	1.74	2.3	7.7	ND	0.3
	中	——	——	0.6	ND	1.88	1.6	5.8	ND	ND
	底	——	——	ND	ND	0.83	1.6	5.7	ND	ND

站位	层次	挥发酚（μg/L）	氟化物（mg/L）	As（μg/L）	Hg（μg/L）	B（mg/L）	Cu（μg/L）	Zn（μg/L）	Pb（μg/L）	Cd（μg/L）
S13	表	ND	1.2	0.5	ND	1.89	2.0	9.4	ND	ND
	中	——	——	0.6	ND	1.58	1.1	8.0	ND	ND
	底	——	——	ND	ND	2.37	1.5	6.9	ND	0.4
S14	表	ND	1.25	0.5	ND	1.78	1.9	5.7	2.1	0.4
	中	——	——	0.5	ND	1.99	2.2	5.7	ND	0.3
	底	——	——	0.7	ND	2.02	2.1	5.7	ND	ND
S15	表	ND	1.26	ND	ND	1.30	1.3	6.6	ND	ND
	中	——	——	ND	ND	1.68	1.4	6.5	ND	ND
	底	——	——	ND	ND	1.58	1.4	6.6	ND	ND
S16	表	ND	1.26	ND	ND	0.94	1.3	5.0	2.6	ND
	中	——	——	ND	ND	1.00	3.0	5.1	ND	ND
	底	——	——	ND	ND	1.32	2.3	4.6	ND	ND
S17	表	1.9	1.08	ND	ND	2.28	1.1	7.0	ND	ND
	中	——	——	ND	ND	0.83	2.2	8.6	ND	ND
	底	——	——	0.7	ND	1.86	1.3	6.8	2.0	ND
S18	表	ND	1.15	0.5	ND	2.25	2.2	8.2	2.5	ND
	中	——	——	0.6	ND	1.35	1.9	6.1	1.9	ND
	底	——	——	ND	ND	1.78	2.3	6.3	2.0	ND
S19	表	ND	1.2	0.7	ND	1.52	2.4	7.9	ND	ND
	中	——	——	0.7	ND	1.27	2.3	6.1	ND	ND
	底	——	——	0.7	ND	2.52	1.8	7.6	ND	ND
S20	表	ND	1.17	ND	ND	1.50	ND	9.3	2.8	ND
	底	——	——	1.0	ND	1.79	2.0	7.6	ND	ND
S21	表	ND	1.08	0.7	ND	2.11	2.1	9.0	ND	0.4
	中	——	——	ND	ND	1.79	1.1	7.0	1.9	0.4
	底	——	——	ND	ND	1.66	2.0	9.1	2.3	ND
S22	表	ND	1.12	ND	ND	1.40	1.1	9.0	ND	ND

站位	层次	挥发酚（μg/L）	氟化物（mg/L）	As（μg/L）	Hg（μg/L）	B（mg/L）	Cu（μg/L）	Zn（μg/L）	Pb（μg/L）	Cd（μg/L）
	中	——	——	0.6	ND	0.84	2.9	11.1	ND	ND
	底	——	——	ND	ND	1.77	1.9	9.5	1.9	ND
S23	表	ND	1.04	ND	ND	2.16	2.1	7.0	ND	ND
	中	——	——	ND	ND	0.94	2.8	7.7	ND	ND
	底	——	——	ND	ND	2.58	2.2	7.1	1.8	ND
S24	表	3.3	1.08	1.0	ND	2.14	1.2	12.0	ND	0.4
	表*	2.7	1.12	0.9	ND	2.16	1.3	11.3	ND	0.3
	底	——	——	0.5	ND	2.58	1.4	10.2	ND	ND
S25	表	ND	1.12	ND	ND	2.24	2.0	6.9	ND	ND
	表*	ND	1.17	ND	ND	2.22	1.9	6.8	ND	ND
S26	表	4.3	1.04	ND	ND	2.18	2.4	10.1	ND	ND
	中	——	——	ND	ND	1.49	1.2	9.7	2.2	ND
	底	——	——	ND	ND	1.25	1.3	9.8	ND	ND
S27	表	4.7	1.08	1.7	ND	2.40	1.3	7.0	ND	ND
	表*	4.1	1.12	1.8	ND	2.37	1.3	6.8	ND	ND
S28	表	4.3	1.12	ND	ND	1.59	2.2	9.4	2.1	ND
	中	——	——	ND	ND	0.81	2.0	9.4	2.3	ND
	底	——	——	0.6	ND	1.93	2.4	6.9	3.4	ND
S29	表	ND	1.22	ND	ND	1.56	1.1	7.3	2.4	ND
	底	——	——	ND	ND	1.82	1.2	7.3	1.8	ND
S30	表	1.6	1.12	ND	ND	1.92	1.3	9.6	ND	ND
	表*	1.9	1.08	ND	ND	2.00	1.2	9.1	ND	ND
最小值		1.2	1.04	0.5	ND	0.81	1.1	4.6	1.8	0.3
最大值		4.7	1.26	1.8	ND	2.62	3.1	13.3	3.5	0.6
平均值		2.65	1.173	0.69	ND	1.754	1.88	7.73	2.28	0.39

注：“ND”表示含量低于检出限或未检出。“*”表示为平行样

表 3.2-14 春季海水水质监测结果与历史资料的比较（1）

调查年度	范围	水色	水深（m）	透明度（m）	温度（℃）	盐度	浊度（NTU）	pH	悬浮物（mg/L）	溶解氧（mg/L）	COD（mg/L）	亚硝酸盐（mg/L）	氨盐（mg/L）	硝酸盐（mg/L）	活性磷酸盐（mg/L）	石油类（mg/L）
2024	最大值	9	27.5	8.5	26.4	31.4	4.40	8.7	16.81	8.30	2.39	0.0050	0.112	0.102	0.011	0.043
	最小值	4	4.2	4.0	17.5	28.0	1.10	7.7	7.56	5.80	0.78	0.0006	0.002	0.001	0.001	0.004
	平均值	6	15.2	7.2	21.52	30.08	2.10	8.04	11.54	6.59	1.25	0.0019	0.026	0.019	0.005	0.016
2020	最大值	12	31.5	11.2	28.88	31.19	4.1	8.72	15.5	6.5	1.22	0.0306	0.114	0.231	0.027	0.038
	最小值	5	1.2	0.5	18.41	20.63	0.1	8.02	7.4	6	0.51	0.0008	0.0407	0.074	0.004	0.009
	平均值	8	15.1	4	23.76	29.74	1.6	8.4	10.5	6.2	0.86	0.0022	0.0726	0.095	0.016	0.022
2016	最大值	12	31	11.6	30.31	31.19	4.2	8.25	30.7	9.46	1.76	0.0201	0.081	0.143	0.007	0.047
	最小值	5	1	0.5	18.41	19.56	0.1	7.51	3.3	4.53	0.09	0.0003	0.008	0.003	ND	0.011
	平均值	8	14.9	3.8	23.65	29.75	1.7	8.01	18	7.41	0.66	0.0063	0.028	0.031	0.002	0.026

表 3.2-14（续） 春季海水水质监测结果与历史资料的比较（2）

调查年度	范围	氰化物（mg/L）	氟化物（mg/L）	总汞（μg/L）	铜（μg/L）	铅（μg/L）	镉（μg/L）	铬（μg/L）	锌（μg/L）	砷（μg/L）	硼（mg/L）
2024	最大值	ND	1.26	ND	3.09	3.48	0.57	4.42	13.34	1.8	2.62
	最小值	ND	1.04	ND	1.11	1.75	0.30	0.91	4.56	0.5	0.81
	平均值	ND	1.17	ND	1.88	2.28	0.39	2.72	7.73	0.69	1.75
2020	最大值	<0.0005	1.06	<0.007	73.6	12.7	50.5	7.24	92	11.3	3.02
	最小值	<0.0005	0.55	<0.007	1.2	0.016	<0.03	1.17	5.36	1.47	2.36
	平均值	—	0.87	—	5.7	1.2	0.99	3.27	18.2	3.59	2.79
2016	最大值	<0.0005	0.87	0.015	4.8	6.15	0.81	11.8	23.5	1.4	3.97
	最小值	<0.0005	0.62	<0.001	0.8	0.007	0.06	<0.4	<3.1	0.6	1.17
	平均值	—	0.78	0.002	2.1	0.73	0.23	2.9	9.7	1	2.98

表 3.2-15 春季定点站 S5 海水水文调查结果

站位	时间	层次	水深（m）	水温（℃）	盐度（‰）	浊度（NTU）
S5	13:00	表	9.0	22.8	30.1	1.1
	16:00	表	11.6	23.7	30.2	1.1
		底	——	20.8	30.9	1.2
	19:00	表	12.0	22.4	30.2	1.6
		底	——	19.7	30.6	1.5
	22:00	表	10.2	22.4	30.3	1.3
		底	——	20.1	30.7	1.5
	01:00	表	7.5	23.3	30.3	1.7
	04:00	表	7.2	21.3	30.2	1.8
	07:00	表	9.4	21.4	30.2	1.4
	10:00	表	10.2	22.8	30.1	1.1
		底	——	20.5	30.6	0.9
	次日 13:00	表	9.8	23.0	30.2	1.2

表 3.2-15（续）春季定点站 S9 海水水文调查结果

站位	时间	层次	水深（m）	水温（℃）	盐度（‰）	浊度（NTU）
S9	13:00	表	8	22.8	30.3	1.1
	16:00	表	12.6	23.6	30.5	1.2
		底	——	20.6	31	1.0
	19:00	表	11.6	23.2	30.5	0.9
		底	——	20.2	30.9	1.3
	22:00	表	10.9	22.4	30.5	1.4
		底	——	19.4	30.9	1.6
	1:00	表	8.6	22.9	30.4	1.3
	4:00	表	8.4	21.3	30.4	1.5
	7:00	表	11.2	22.0	30.3	1.4
		底	——	18.7	30.7	1.1
	10:00	表	11.6	22.7	30.3	1.2
		底	——	19.4	30.5	1.0
	13:00	表	11.6	23.0	30.3	1.3
		底	——	20.5	30.7	1.1

表 3.2-15（续）春季定点站 S5 海水水质监测结果

站位	时间	层次	pH	DO (mg/L)	COD_{Mn} （mg/L）	NO_3-N （mg/L）	NO_2-N （mg/L）	NH_3-N （mg/L）	无机氮 （mg/L）	活性磷酸盐 （mg/L）	石油类 （μg/L）
S5	13:00	表	8.0	6.4	1.65	0.061	0.003	0.009	0.073	0.008	34.2
	16:00	表	7.9	6.3	1.86	0.033	0.003	0.018	0.054	0.003	ND
		底	7.9	6.5	1.82	0.002	0.003	0.038	0.043	0.006	——
	19:00	表	7.9	6.7	1.65	0.022	0.002	0.035	0.059	0.006	10.8
		底	8.0	6.0	1.63	0.025	0.003	0.013	0.041	0.003	——
	22:00	表	8.3	6.0	1.55	0.024	0.004	0.025	0.053	0.006	ND
		表*	——	6.2	1.63	0.019	0.004	0.025	0.048	0.005	——
		底	8.4	6.9	2.08	0.004	0.004	0.027	0.035	0.004	——
	01:00	表	7.9	6.8	1.78	0.041	0.005	0.021	0.067	0.005	51.5
	04:00	表	8.1	6.2	1.86	0.019	0.006	0.060	0.085	0.011	17.9
	07:00	表	8.0	6.2	1.25	0.044	0.003	0.048	0.095	0.005	21.2
	10:00	表	8.1	6.8	1.15	0.024	0.003	0.023	0.050	0.003	39.8
		底	7.9	6.1	1.16	0.038	0.004	0.046	0.088	0.003	——
	次日 13:00	表	7.9	6.5	1.22	0.031	0.005	0.002	0.038	0.006	ND

注：“ND”表示含量低于检出限或未检出。“*”表示为平行样

表 3.2-15（续）春季定点站 S9 海水水质监测结果

站位	时间	层次	pH	DO (mg/L)	COD_{Mn}（mg/L）	NO_3-N（mg/L）	NO_2-N（mg/L）	NH_3-N（mg/L）	无机氮（mg/L）	活性磷酸盐（mg/L）	石油类（μg/L）
S9	13:00	表	7.8	6.1	1.88	0.010	0.003	0.028	0.041	0.005	12.0
		表*	——	6.3	1.86	0.010	0.003	0.028	0.033	0.006	——
	16:00	表	8.4	5.2	1.99	0.001	0.003	0.016	0.020	0.003	ND
		底	8.4	6.6	1.83	0.010	0.004	0.006	0.020	0.002	——
	19:00	表	8.1	5.7	1.75	0.004	0.003	0.020	0.027	0.002	4.9
		底	7.9	6.6	1.55	0.015	0.005	0.031	0.051	0.007	——
	22:00	表	8.3	5.2	1.86	0.034	0.003	0.004	0.041	0.011	ND
		底	8.3	6.4	2.17	0.008	0.003	0.028	0.039	0.003	——
	1:00	表	8.0	6.6	1.68	0.001	0.004	0.007	0.012	0.013	6.9
	4:00	表	7.9	5.2	1.67	0.008	0.003	0.026	0.037	0.006	5.2
	7:00	表	8.1	5.7	1.16	0.003	0.005	0.031	0.039	0.005	ND
		底	8.0	6.7	1.28	0.039	0.003	0.025	0.067	0.005	——
		底	——	——	1.20	0.032	0.003	0.031	0.066	0.004	——
	10:00	表	7.9	6.4	1.25	0.056	0.006	0.046	0.108	0.007	ND
		底	8.0	6.4	1.24	0.007	0.006	0.041	0.054	0.007	——
	次日 13:00	表	8.0	7.8	1.79	0.019	0.002	0.044	0.065	0.006	ND
		底	8.0	6.9	1.79	0.004	0.002	0.016	0.022	0.002	——

注：“ND”表示含量低于检出限或未检出。“*”表示为平行样

表 3.2-16 春季大面站水化学评价指数

站位	pH	DO	COD_{Mn}	无机氮	活性磷酸盐	石油类	总铬	硫化物	氰化物	挥发酚	砷	汞	铜	锌	铅	镉
S1 表	0.67	0.78	0.47	0.25	ND	0.47	0.25	ND	ND	ND	ND	ND	0.17	0.11	0.41	ND
S2 表	0.47	0.82	0.38	0.31	0.07	0.71	0.09	ND	ND	ND	0.02	ND	0.18	0.09	0.48	ND
S3 表	0.53	0.83	0.47	0.30	0.24	0.64	0.18	ND	ND	0.28	0.02	ND	0.19	0.11	0.53	ND
S4 表	0.89	2.08	0.20	0.09	0.13	0.07	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	0.06	0.11	0.30	ND
S4 底	0.94	0.65	0.22	0.21	0.06	/	0.01	/	/	/	0.01	ND	0.04	0.10	0.27	ND
S5 表	0.60	0.81	0.41	0.13	0.20	ND	0.15	ND	ND	0.58	0.02	ND	0.18	0.14	0.48	ND
S6 表	0.73	0.79	0.33	0.39	0.08	ND	0.27	ND	ND	0.36	ND	ND	0.22	0.17	0.36	ND
S6 表*	/	/	0.30	0.39	0.07	/	0.29	ND	ND	0.38	ND	ND	0.20	0.17	0.40	ND
S6 底	0.80	0.78	0.31	0.17	0.09	/	0.31	/	/	/	0.03	ND	0.14	0.15	0.35	ND
S7 表	0.87	0.81	0.33	0.26	0.08	0.19	0.21	ND	ND	0.28	0.02	ND	0.20	0.11	0.40	ND
S7 表*	/	/	0.32	0.24	0.10	/	0.22	ND	ND	0.24	0.02	ND	0.21	0.11	0.47	ND
S7 底	0.73	0.82	0.32	0.07	ND	/	0.28	/	/	/	ND	ND	0.27	0.09	0.65	0.10
S8 表	0.53	0.79	0.36	0.42	0.08	0.86	0.36	ND	ND	0.32	0.02	ND	0.24	0.18	0.41	ND
S8 表*	/	/	0.35	0.40	0.05	/	0.33	ND	ND	0.28	0.02	ND	0.26	0.18	0.37	ND
S8 底	0.47	0.79	0.33	0.18	0.05	/	0.41	/	/	/	0.02	ND	0.27	0.18	0.70	0.11
S9 表	0.56	2.05	0.45	0.16	0.20	ND	0.01	ND	ND	ND	0.01	ND	0.04	0.07	0.21	ND
S9 底	0.56	0.58	0.45	0.06	0.07	/	0.02	/	/	/	ND	ND	0.04	0.09	ND	ND
S10 表	0.87	0.79	0.28	0.36	0.04	0.15	0.27	ND	ND	0.32	ND	ND	0.24	0.23	ND	ND
S10 底	0.73	0.79	0.31	0.07	0.22	/	0.33	/	/	/	ND	ND	0.29	0.27	0.40	ND
S11 表	0.60	0.77	0.26	0.17	0.05	0.29	0.12	ND	ND	0.86	0.02	ND	0.21	0.11	0.41	ND
S11 表*	/	/	0.27	0.14	0.05	/	0.11	ND	ND	0.94	0.02	ND	0.20	0.12	0.45	ND
S11 底	0.60	0.83	0.28	0.31	ND	/	ND	/	/	/	ND	ND	0.12	0.11	0.45	0.06
S12 表	0.73	0.77	0.36	0.12	0.04	ND	0.19	ND	ND	ND	ND	ND	0.23	0.15	ND	0.06
S12 中	0.73	0.81	0.29	0.47	ND	/	0.15	/	/	/	0.02	ND	0.16	0.12	ND	ND
S12 底	0.67	0.81	0.28	0.13	0.10	/	0.16	/	/	/	ND	ND	0.16	0.11	ND	ND
S13 表	0.60	2.72	0.40	0.14	0.05	ND	0.25	ND	ND	ND	0.02	ND	0.20	0.19	ND	ND

站位	pH	DO	COD_{Mn}	无机氮	活性磷酸盐	石油类	总铬	硫化物	氰化物	挥发酚	砷	汞	铜	锌	铅	镉
S13 中	0.53	0.81	0.37	0.07	0.20	/	0.10	/	/	/	0.02	ND	0.11	0.16	ND	ND
S13 底	0.53	0.79	0.29	0.11	0.10	/	0.20	/	/	/	ND	ND	0.15	0.14	ND	0.07
S14 表	0.80	0.78	0.53	0.25	0.10	0.09	0.10	ND	ND	ND	0.02	ND	0.19	0.11	0.41	0.09
S14 中	0.67	0.77	0.55	0.04	0.08	/	0.28	/	/	/	0.02	ND	0.22	0.11	ND	0.07
S14 底	0.73	0.76	0.53	0.09	0.10	/	0.35	/	/	/	0.02	ND	0.21	0.11	ND	ND
S15 表	0.61	0.45	0.28	0.25	ND	0.03	0.00	ND	ND	ND	ND	ND	0.03	0.01	ND	ND
S15 中	0.56	0.45	0.29	0.02	ND	/	0.00	/	/	/	ND	ND	0.03	0.01	ND	ND
S15 底	0.61	0.49	0.28	0.04	0.06	/	0.01	/	/	/	ND	ND	0.03	0.01	ND	ND
S16 表	0.67	0.77	0.52	0.11	0.05	0.60	0.38	ND	ND	ND	ND	ND	0.13	0.10	0.52	ND
S16 中	0.73	0.75	0.51	0.07	0.08	/	0.22	/	/	/	ND	ND	0.30	0.10	ND	ND
S16 底	0.60	0.75	0.48	0.06	0.10	/	0.32	/	/	/	ND	ND	0.23	0.09	ND	ND
S17 表	0.80	0.78	0.45	0.15	0.13	ND	0.37	ND	ND	0.38	ND	ND	0.11	0.14	ND	ND
S17 中	0.67	0.76	0.49	0.06	0.19	/	0.18	/	/	/	ND	ND	0.22	0.17	ND	ND
S17 底	0.60	0.79	0.52	0.07	0.24	/	0.31	/	/	/	0.02	ND	0.13	0.14	0.40	ND
S18 表	0.60	0.86	0.31	0.15	0.10	0.13	0.10	ND	ND	ND	0.02	ND	0.22	0.16	0.50	ND
S18 中	0.60	0.81	0.29	0.09	0.07	/	0.20	/	/	/	0.02	ND	0.19	0.12	0.38	ND
S18 底	0.60	0.81	0.32	0.19	0.27	/	0.27	/	/	/	ND	ND	0.23	0.13	0.40	ND
S19 表	0.93	2.61	0.29	0.15	0.18	0.18	0.27	ND	ND	ND	0.02	ND	0.24	0.16	ND	ND
S19 中	0.93	0.78	0.31	0.12	0.10	/	0.17	/	/	/	0.02	ND	0.23	0.12	ND	ND
S19 底	0.87	0.78	0.33	0.07	0.13	/	0.27	/	/	/	0.02	ND	0.18	0.15	ND	ND
S20 表	0.60	0.76	0.52	0.10	0.36	ND	0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.19	0.56	ND
S20 底	0.53	0.75	0.59	0.11	0.20	/	0.27	/	/	/	0.03	ND	0.20	0.15	ND	ND
S21 表	0.67	0.77	0.31	0.07	0.20	0.32	0.24	ND	ND	ND	0.02	ND	0.21	0.18	ND	0.08
S21 中	0.73	0.76	0.35	0.11	0.20	/	0.33	/	/	/	ND	ND	0.11	0.14	0.39	0.08
S21 底	0.87	0.76	0.32	0.10	0.20	/	0.29	/	/	/	ND	ND	0.20	0.18	0.46	ND
S22 表	0.73	0.77	0.35	0.08	0.21	ND	0.19	ND	ND	ND	ND	ND	0.11	0.18	ND	ND
S22 中	0.67	0.75	0.36	0.06	0.36	/	0.37	/	/	/	0.02	ND	0.29	0.22	ND	ND
S22 底	0.60	0.74	0.40	0.24	0.24	/	0.21	/	/	/	ND	ND	0.19	0.19	0.38	ND

站位	pH	DO	COD_{Mn}	无机氮	活性磷酸盐	石油类	总铬	硫化物	氰化物	挥发酚	砷	汞	铜	锌	铅	镉
S23 表	0.80	2.52	0.46	0.08	0.07	ND	0.29	ND	ND	ND	ND	ND	0.21	0.14	ND	ND
S23 中	0.80	0.75	0.28	0.07	0.24	/	0.40	/	/	/	ND	ND	0.28	0.15	ND	ND
S23 底	0.87	0.76	0.33	0.08	0.26	/	0.43	/	/	/	ND	ND	0.22	0.14	0.36	ND
S24 表	0.53	0.71	0.49	0.13	0.17	0.12	0.36	ND	ND	0.66	0.03	ND	0.12	0.24	ND	0.07
S24 表*	/	/	0.46	0.13	0.21	/	0.38	ND	ND	0.54	0.03	ND	0.13	0.23	ND	0.07
S24 底	0.60	0.70	0.39	0.10	0.24	/	0.44	/	/	/	0.02	ND	0.14	0.20	ND	ND
S25 表	0.67	0.77	0.51	0.18	0.16	ND	0.32	ND	ND	ND	ND	ND	0.20	0.14	ND	ND
S25 表*	/	/	0.49	0.18	0.15	/	0.34	ND	ND	ND	ND	ND	0.19	0.14	ND	ND
S26 表	0.67	0.77	0.59	0.07	0.11	0.11	0.40	ND	ND	0.86	ND	ND	0.24	0.20	ND	ND
S26 中	0.60	0.76	0.40	0.03	0.23	/	0.41	/	/	/	ND	ND	0.12	0.19	0.44	ND
S26 底	0.73	0.75	0.36	0.04	0.29	/	0.36	/	/	/	ND	ND	0.13	0.20	ND	ND
S27 表	0.53	0.74	0.68	0.11	0.11	0.30	0.39	ND	ND	0.94	0.06	ND	0.13	0.14	ND	ND
S27 表*	/	/	0.68	0.12	0.07	/	0.38	ND	ND	0.82	0.06	ND	0.13	0.14	ND	ND
S28 表	0.80	0.72	0.80	0.18	0.25	0.10	0.29	ND	ND	0.86	ND	ND	0.22	0.19	0.42	ND
S28 中	0.80	0.79	0.42	0.04	0.29	/	0.34	/	/	/	ND	ND	0.20	0.19	0.47	ND
S28 底	0.67	0.70	0.48	0.04	0.30	/	0.32	/	/	/	0.02	ND	0.24	0.14	0.67	ND
S29 表	0.50	0.62	0.30	0.07	0.28	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	0.07	0.24	ND
S29 底	0.44	0.57	0.31	0.06	0.32	/	0.01	/	/	/	ND	ND	0.02	0.07	0.18	ND
S30 表	0.44	0.59	0.48	0.13	0.23	0.02	0.02	ND	ND	0.16	ND	ND	0.03	0.10	ND	ND
S30 表*	/	/	0.48	0.14	0.24	/	0.02	ND	ND	0.19	ND	ND	0.02	0.09	ND	ND

注：“*”表示为平行样；“ND”表示含量低于检出限，监测结果为未超标；“/”表示为未检测。

表 3.2-16（续） 春季定点站 S5 水化学评价指数

站位	时间	层次	pH	溶解氧	COD_{Mn}	无机氮	活性磷酸盐	石油类
S5	13:00	表	0.67	4.57	0.55	0.24	0.27	0.68
	16:00	表	0.60	4.85	0.62	0.18	0.10	0.00
		底	0.60	4.33	0.61	0.14	0.20	/
	19:00	表	0.60	3.94	0.55	0.20	0.20	0.22
		底	0.67	6.00	0.54	0.14	0.11	/
	22:00	表	0.87	6.00	0.52	0.18	0.19	0.00
		表*	/	5.17	0.54	0.16	0.18	/
		底	0.93	3.63	0.69	0.12	0.13	/
	01:00	表	0.60	3.78	0.59	0.22	0.15	1.03
	04:00	表	0.73	5.17	0.62	0.28	0.38	0.36
	07:00	表	0.67	5.17	0.42	0.32	0.17	0.42
	10:00	表	0.73	3.78	0.38	0.17	0.09	0.80
		底	0.60	5.55	0.39	0.29	0.08	/
	13:00	表	0.60	4.33	0.41	0.13	0.20	0.00

表 3.2-16（续） 春季定点站 S9 水化学评价指数

站位	时间	层次	pH	溶解氧	COD_{Mn}	无机氮	活性磷酸盐	石油类
S9	13:00	表	0.44	2.90	0.47	0.10	0.16	0.04
		表*	/	2.74	0.46	0.08	0.20	/
	16:00	表	0.78	4.33	0.50	0.05	0.10	0.00
		底	0.78	2.54	0.46	0.05	0.06	/
	19:00	表	0.61	3.35	0.44	0.07	0.08	0.02
		底	0.50	2.54	0.39	0.13	0.24	/
	22:00	表	0.72	4.33	0.46	0.10	0.38	0.00
		底	0.72	2.67	0.54	0.10	0.10	/
	1:00	表	0.56	2.54	0.42	0.03	0.43	0.02
	4:00	表	0.50	4.33	0.42	0.09	0.19	0.02
	7:00	表	0.61	3.35	0.29	0.10	0.18	0.00
		底	0.56	2.48	0.32	0.17	0.18	/
		底*	/	/	0.30	0.17	0.12	/
	10:00	表	0.50	2.67	0.31	0.27	0.23	0.00
		底	0.56	2.67	0.31	0.14	0.23	/
	13:00	表	0.56	2.05	0.45	0.16	0.20	0.00
		底	0.56	2.38	0.45	0.06	0.07	/

表 3.2-17 电磁辐射源类型及位置

序号	电磁辐射源名称	距厂址中心		备注
		方位	距离（km）	
1	白龙小学新建基站	NNE	2.56	新建（非5G基站）
2	白沙联通基站	ENE	1.92	5G基站
3	白沙移动基站	ENE	1.91	5G基站
4	厂址附近新建基站	WNW	0.77	非5G基站
5	怪石滩北基站	SW	0.89	5G基站
6	怪石滩基站	SW	1.95	5G基站
7	核电办公楼北基站	NNW	0.71	非5G基站
8	环岛西路新建基站	NNE	2.16	新建（非5G基站）
9	江山镇新建基站	NNE	1.99	新建（非5G基站）
10	老苏田东基站	NE	3.61	5G基站
11	气象站基站	NNE	2.56	5G基站
12	双墩村基站	N	2.50	非5G基站
13	田寮港东基站	ENE	1.04	非5G基站
14	万茶村基站	NNE	4.67	5G基站
15	万欧村基站	NE	4.01	非5G基站
16	万欧村新建基站	NE	4.57	新建（5G基站）
17	万欧海滩基站	NE	4.76	5G基站
18	银坑基站	W	1.94	5G基站
19	防城港 1	ENE	4.33	/
20	怪石滩北 1	SW	1.60	/
21	怪石滩北 2	SW	1.01	/
22	双墩村 1	N	2.48	新建
23	万欧村 1	ENE	4.22	新建

表 3.2-18 调查监测点位表

点位编号	检测点位描述	距厂址中心方位	距厂址中心距离（km）
◆1	厂址边界 1#点	NNW	0.63
◆2	厂址边界 2#点	NNE	0.56
◆3	厂址边界 3#点	SE	0.10
◆4	厂址边界 4#点	SW	0.78
◆5	厂址边界 5#点	SW	1.38
◆6	厂址边界 6#点	WSW	1.48
◆7	厂址边界 7#点	WSW	1.43
◆8	厂址边界 8#点	W	1.05
◆9	厂址边界 9#点	WSW	1.21
◆10	主厂房区	NW	0.18
◆11	开关站中心	W	0.74
◆12	开关站围墙外	W	0.80
◇13	开关站出线侧 1#点	WNW	0.95
◇14	开关站出线侧 2#点	NW	0.90
◆15	怪石滩	WSW	1.84
◆16	万欧村	NE	4.13
◆17	白沙村	ENE	2.84
◆18	厂址附近码头	W	2.01
◆19	横港村	N	1.62
◆20	白龙村	NNE	2.78
◆21	双墩村	N	2.63

注：◆为工频、射频监测点位，◇为工频监测点位

表 3.2-19　5G 移动通信基站周围射频选频场强监测结果

序号	基站名称	点位名称	点位与天线距离（m）		应用场景	758~788 MHz	2110~2130 MHz	2515~2675 MHz	3400~3500 MHz	3500~3600 MHz	700~3000 MHz
			垂直	水平							
1	怪石滩基站	基站东侧 2 层简易房旁	17	49	视频交互	0.0061	0.0007	0.4115	/	/	0.6432
2	怪石滩北基站	基站北侧道路	66	87	视频交互	0.0033	0.0004	0.0045	1.47e-05	/	0.0245
3	万欧海滩基站	大波浪艺术客门口	13	63	视频交互	0.0001	2.12e-05	0.0269	4.95e-05	/	1.8693
		四海渔家乐门口	12	56	视频交互	0.0001	2.13e-05	0.0867	1.99e-05	/	0.2415
4	万欧村基站	万欧村万欧一组 15 号门口	38	69	视频交互	4.47e-05	0.0013	0.0194	/	/	0.0743
5	白沙移动基站/白沙联通基站	基站北侧道路	62（移动） 52（联通）	112（移动） 100（联通）	视频交互	/	2.16e-05	0.0167	/	/	0.0564
6	银坑基站	吴大姐便利店旁	6	18	视频交互	0.0001	3.52e-05	0.0158	3.46e-06	/	0.1746
		老扁大排档门口	—	—	视频交互	0.0002	5.94e-05	0.0074	4.2e-06	/	0.3503
7	老苏田东基站	基站东南侧 2 层房屋旁	36	73	视频交互	0.0297	1.86e-05	0.0216	/	/	0.1150
8	万茶村基站	基站西北侧山路	22	59	视频交互	0.0002	0.0036	0.0049	3.58e-05	2.83e-06	0.1080
9	气象站基站	基站东南侧 3 层民房门口	72	113	视频交互	0.0002	2.15e-05	8.75e-05	4.49e-05	1.34e-05	0.0262
		基站西南侧 3 层民房门口	72	75	视频交互	0.0002	3.31e-05	0.0001	5.38e-05	8.59e-07	0.0193
10	万欧村新建基站	文生渔家乐门口	6	17	视频交互	7.28e-05	2.19e-05	0.0034	3.53e-05	1.76e-07	0.2514

注：“—”表示无法测量出距离，“/”表示未能测量出数据。

表 3.2-20 工频电场、工频磁场测量结果与限值比较

测点位描述	工频电场（V/m）			工频磁感应强度（μT）		
	测量结果	限值	与限值比较	测量结果	限值	与限值比较
厂址边界 1#点	1.14	4000	低于限值	0.0064	100	低于限值
厂址边界 2#点	3.09			0.0070		
厂址边界 3#点	23.44			0.0049		
厂址边界 4#点	0.05			0.0031		
厂址边界 5#点	0.05			0.0054		
厂址边界 6#点	8.09			0.0250		
厂址边界 7#点	1.52			0.0051		
厂址边界 8#点	0.64			0.0051		
厂址边界 9#点	0.06			0.0057		
主厂房区	0.08			0.0074		
开关站中心	＜0.05			0.0060		
开关站围墙外	0.85			0.0162		
开关站出线侧 1#点	1.10			0.0162		
开关站出线侧 2#点	1.36			0.0049		
怪石滩（怪石滩黄金海岸度假村）	0.11			0.0054		
万欧村（万欧一组 22 号门口）	3.73			0.0436		
白沙村（白沙村福顺海景饭店东侧）	0.39			0.0051		
厂址附近码头	0.05			0.0040		
横港村（横港村福聚酒店院内）	＜0.05			0.0039		
白龙村（江山镇白龙小学操场）	0.70			0.0070		
双墩村（双墩村 2 层民房旁）	0.34			0.1913		

表 3.2-21 射频综合场强测量结果与限值比较

检测点位描述	射频综合电场强度（V/m）			等效平面波功率密度（μW/cm^2）		
	测量结果	限值	与限值比较	测量结果	限值	与限值比较
田寮港东基站 基站西南侧水塘简易房旁	0.43	12	低于限值	0.05	40	低于限值
白龙小学新建基站 白龙小学操场	5.79			8.89		
双墩村基站 基站南侧 2 层民房北侧地面	0.85			0.19		
核电办公楼北基站 基站西北侧道路	0.27			0.02		
厂址附近新建基站 基站西北侧 1 层砖房旁	0.48			0.06		
厂址附近新建基站 基站西南侧 2 层民房旁	0.43			0.05		
环岛西路新建基站 基站西南侧道路	7.55			15.12		
江山镇新建基站 基站北侧空地	0.39			0.04		
厂址边界 1#点	0.66			0.12		
厂址边界 2#点	0.14			0.01		
厂址边界 3#点	0.19			0.01		
厂址边界 4#点	0.12			0.01		
厂址边界 5#点	0.38			0.04		
厂址边界 6#点	0.34			0.03		
厂址边界 7#点	0.62			0.10		
厂址边界 8#点	0.61			0.10		
厂址边界 9#点	0.36			0.03		
主厂房区	0.25			0.02		
开关站中心	0.34			0.03		
开关站围墙外	0.28			0.02		
怪石滩（怪石滩黄金海岸度假村）	0.37			0.04		
万欧村（万欧村万欧一组 22 号门口）	1.21			0.39		
白沙村（白沙村福顺海景饭店东侧）	0.19			0.01		
厂址附近码头	0.19			0.01		
横港村（横港村福聚酒店院内）	0.15			0.01		
白龙村（江山镇白龙小学操场）	1.97			1.03		
双墩村（双墩村 2 层民房旁）	0.13			0.01		
怪石滩北 1	0.64			0.11		
怪石滩北 2	＜0.60			＜0.10		
双墩村 1	1.34			0.47		
万欧村 1	1.25			0.41		

表 3.2-22 5G 移动通信基站周围射频选频场强测量结果与限值比较

检测点位描述		频率（MHz）	等效平面波功率密度（μW/cm²）		
			测量结果	限值	与限值比较
怪石滩基站	基站东侧 2 层简易房旁	758~788	0.0061	40	低于限值
		2110~2130	0.0007	40	低于限值
		2515~2675	0.4115	40	低于限值
		3400~3500	/	/	/
		3500~3600	/	/	/
		700~3000	0.6432	40	低于限值
怪石滩北基站	基站北侧道路	758~788	0.0033	40	低于限值
		2110~2130	0.0004	40	低于限值
		2515~2675	0.0045	40	低于限值
		3400~3500	1.47E-05	45	低于限值
		3500~3600	/	/	/
		700~3000	0.0245	40	低于限值
万欧海滩基站	大波浪艺术客门口	758~788	0.0001	40	低于限值
		2110~2130	2.12E-05	40	低于限值
		2515~2675	0.0269	40	低于限值
		3400~3500	4.95E-05	45	低于限值
		3500~3600	/	/	/
		700~3000	1.8693	40	低于限值
万欧海滩基站	四海渔家乐门口	758~788	0.0001	40	低于限值
		2110~2130	2.13E-05	40	低于限值
		2515~2675	0.0867	40	低于限值
		3400~3500	1.99E-05	45	低于限值
		3500~3600	/	/	/
		700~3000	0.2415	40	低于限值
万欧村基站	万欧村万欧一组 15 号门口	758~788	4.47E-05	40	低于限值
		2110~2130	0.0013	40	低于限值
		2515~2675	0.0194	40	低于限值
		3400~3500	/	/	/
		3500~3600	/	/	/
		700~3000	0.0743	40	低于限值
白沙移动基站/白沙联通基站	基站北侧道路	758~788	/	/	/
		2110~2130	2.16E-05	40	低于限值
		2515~2675	0.0167	40	低于限值
		3400~3500	/	/	/
		3500~3600	/	/	/
		700~3000	0.0564	40	低于限值
银坑基站	吴大姐便利店旁	758~788	0.0001	40	低于限值
		2110~2130	3.52E-05	40	低于限值
		2515~2675	0.0158	40	低于限值
		3400~3500	3.46E-06	45	低于限值
		3500~3600	/	/	/
		700~3000	0.1746	40	低于限值

表 3.2-22（续）5G 移动通信基站周围射频选频场强测量结果与限值比较

检测点位描述		频率（MHz）	等效平面波功率密度（$\mu W/cm^2$）		
			测量结果	限值	与限值比较
银坑基站	老扁大排档门口	758~788	0.0002	40	低于限值
		2110~2130	5.94E-05	40	低于限值
		2515~2675	0.0074	40	低于限值
		3400~3500	4.20E-06	45	低于限值
		3500~3600	/	/	/
		700~3000	0.3503	40	低于限值
老苏田东基站	基站东南侧 2 层房屋旁	758~788	0.0297	40	低于限值
		2110~2130	1.86E-05	40	低于限值
		2515~2675	0.0216	40	低于限值
		3400~3500	/	/	/
		3500~3600	/	/	/
		700~3000	0.1150	40	低于限值
万茶村基站	基站西北侧山路	758~788	0.0002	40	低于限值
		2110~2130	0.0036	40	低于限值
		2515~2675	0.0049	40	低于限值
		3400~3500	3.58E-05	45	低于限值
		3500~3600	2.83E-06	46	低于限值
		700~3000	0.1080	40	低于限值
气象站基站	基站东南侧 3 层民房门口	758~788	0.0002	40	低于限值
		2110~2130	2.15E-05	40	低于限值
		2515~2675	8.75E-05	40	低于限值
		3400~3500	4.49E-05	45	低于限值
		3500~3600	1.34E-05	46	低于限值
		700~3000	0.0262	40	低于限值
气象站基站	基站西南侧 3 层民房门口	758~788	0.0002	40	低于限值
		2110~2130	3.31E-05	40	低于限值
		2515~2675	0.0001	40	低于限值
		3400~3500	5.38E-05	45	低于限值
		3500~3600	8.59E-07	46	低于限值
		700~3000	0.0193	40	低于限值
万欧村新建基站	文生渔家乐门口	758~788	7.28E-05	40	低于限值
		2110~2130	2.19E-05	40	低于限值
		2515~2675	0.0034	40	低于限值
		3400~3500	3.53E-05	45	低于限值
		3500~3600	1.76E-07	46	低于限值
		700~3000	0.2514	40	低于限值

表 3.2-22（续）5G 移动通信基站周围射频选频场强测量结果与限值比较

检测点位描述	频率（MHz）	射频选频电场强度（V/m）			等效平面波功率密度（μW/cm^2）		
		测量结果	限值	与限值比较	测量结果	限值	与限值比较
怪石滩北 1	100~200	0.13	12	低于限值	0.01	40	低于限值
怪石滩北 2	100~200	0.14			0.01		
防城港 1 防城港 2	2000~3000	1.18			0.37		

表 3.2-23 各监测点位环境特征、检测因子及评价标准

点位编号	检测点位	环境特征	监测因子	评价标准
1	厂址边界 1#点	荒地、厂房	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
2	厂址边界 2#点	林地、农田、民房	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
3	厂址边界 3#点	厂房、林地、荒地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
4	厂址边界 4#点	沙滩、林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
5	厂址边界 5#点	沙滩、林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
6	厂址边界 6#点	林地、民房	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
7	厂址边界 7#点	林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
8	厂址边界 8#点	水塘、民房、林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT

点位编号	检测点位	环境特征	监测因子	评价标准
9	厂址边界 9#点	林地、民房	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
10	主厂房区	荒地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
11	开关站中心	林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
12	开关站围墙外	林地、房屋	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
13	开关站出线侧 1#点	工地	工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
14	开关站出线侧 2#点	水塘	工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
15	怪石滩	沙滩、民房	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
16	万欧村	民房、林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
17	白沙村	民房、空地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
18	厂址附近码头	空地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
19	横港村	空地、民房、码头	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）
			工频电场强度	4kV/m
			工频磁感应强度	100μT
20	白龙村	民房、学校	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）

点位编号	检测点位	环境特征	监测因子	评价标准	
			工频电场强度	4kV/m	
			工频磁感应强度	100μT	
21	双墩村	民房、林地、水塘	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	
			工频电场强度	4kV/m	
			工频磁感应强度	100μT	
22	田寮港东基站	林地、水塘简易房	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	
23	白龙小学新建基站	民房、学校	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	
24	双墩村基站	民房、林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	
25	核电办公楼北基站	林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	
26	厂址附近新建基站	空地、民房	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	
27	环岛西路新建基站	林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	
28	江山镇新建基站	林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	
29	怪石滩基站	沙滩、民房、林地	射频选频场强	40μw/cm^2	
30	怪石滩北基站	林地	射频选频场强	700~3000MHz	40μw/cm^2
				3400~3500MHz	45μw/cm^2
31	万欧海滩基站	民房、水塘、林地	射频选频场强	700~3000MHz	40μw/cm^2
				3400~3500MHz	45μw/cm^2
32	万欧村基站	民房	射频选频场强	40μw/cm^2	
33	白沙移动基站/白沙联通基站	林地	射频选频场强	40μw/cm^2	
34	银坑基站	民房	射频选频场强	700~3000MHz	40μw/cm^2
				3400~3500MHz	45μw/cm^2
35	老苏田东基站	林地、简易房	射频选频场强	40μw/cm^2	
36	万茶村基站	林地	射频选频场强	700~3000MHz	40μw/cm^2
				3400~3500MHz	45μw/cm^2
				3500~3600MHz	46μw/cm^2
37	气象站基站	民房、水塘	射频选频场强	700~3000MHz	40μw/cm^2

点位编号	检测点位	环境特征	监测因子	评价标准	
				3400~3500MHz	45μw/cm^2
				3500~3600MHz	46μw/cm^2
38	万欧村新建基站	民房、林地	射频选频场强	700~3000MHz	40μw/cm^2
				3400~3500MHz	45μw/cm^2
				3500~3600MHz	46μw/cm^2
39	怪石滩北 1	林地、道路、民房	射频选频场强	12V/m（40μw/cm^2）	
40	防城港 1	民房	射频选频场强	12V/m（40μw/cm^2）	
41	怪石滩北 1	林地、道路、营房	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	
42	双墩村 1	民房、林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	
43	万欧村 1	民房、林地	射频综合场强	12V/m（40μw/cm^2）	



图 3.2-1　环境空气监测点位分布图

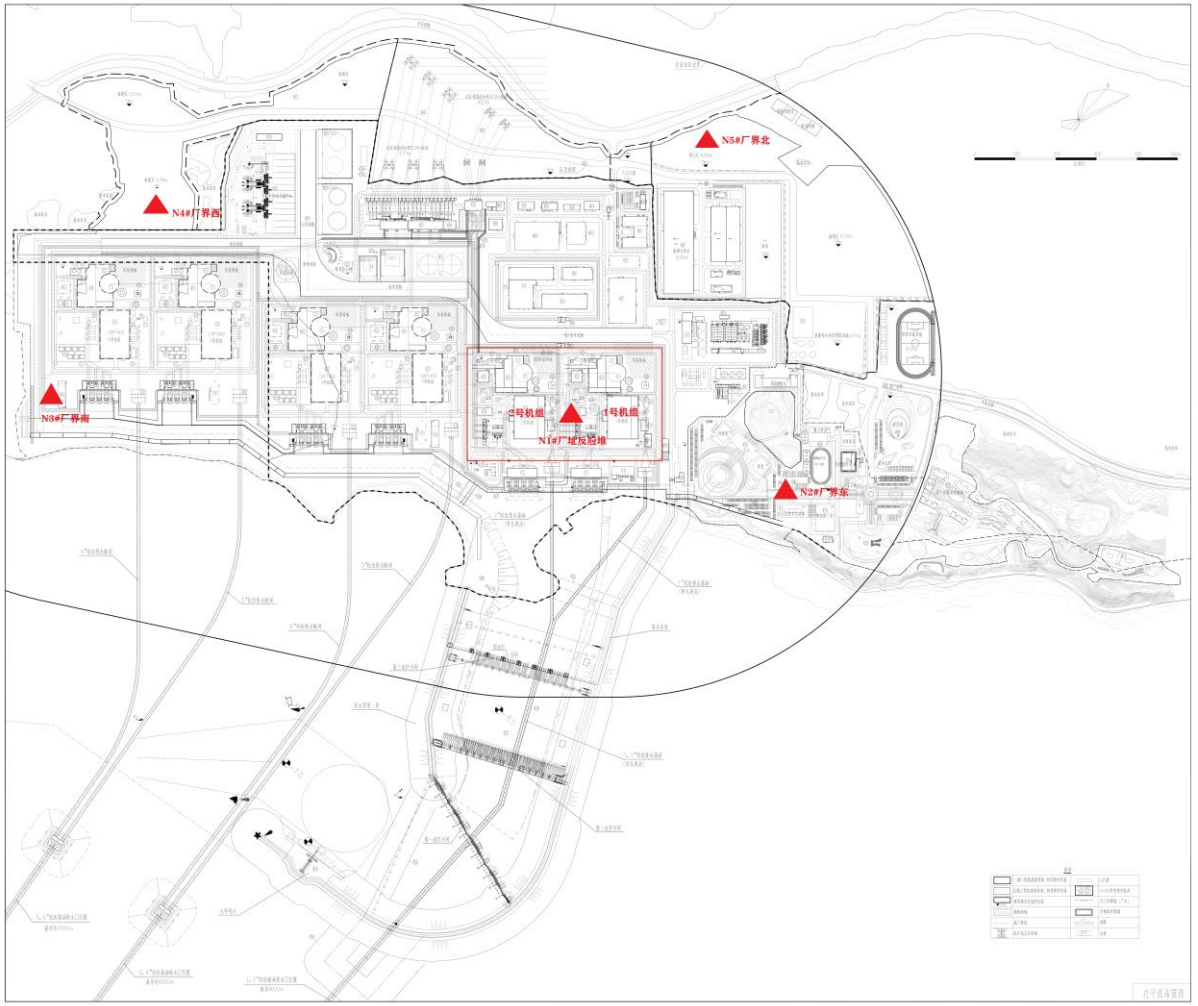
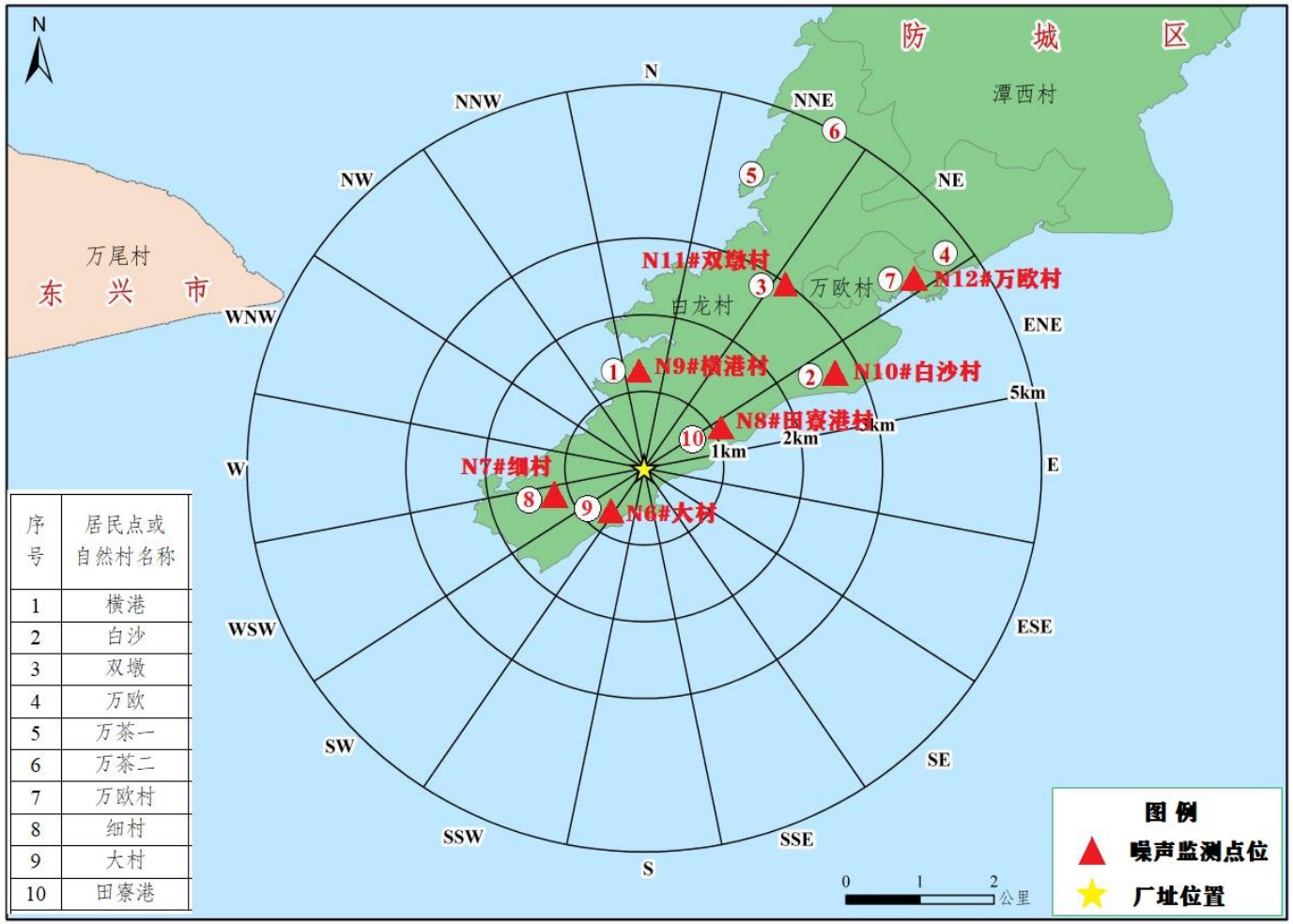


图 3.2-2 厂址区域噪声测量点布设图（示意图）



序号	居民点或自然村名称
1	横港
2	白沙
3	双墩
4	万欧
5	万茶一
6	万茶二
7	万欧村
8	细村
9	大村
10	田寮港

图 3.2-3 社会生活噪声测量点布设图

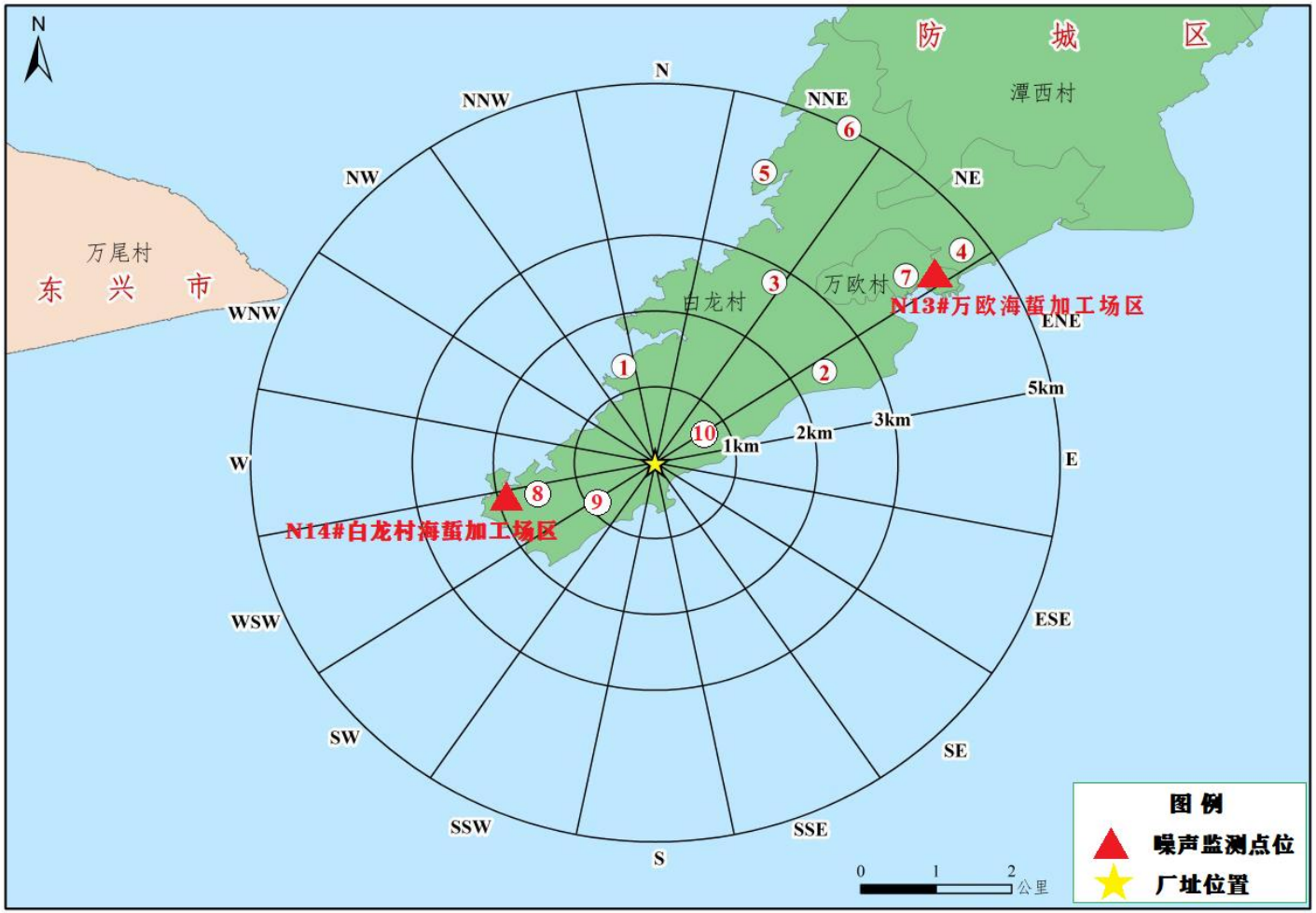


图 3.2-4 工业生产噪声测量点布设图

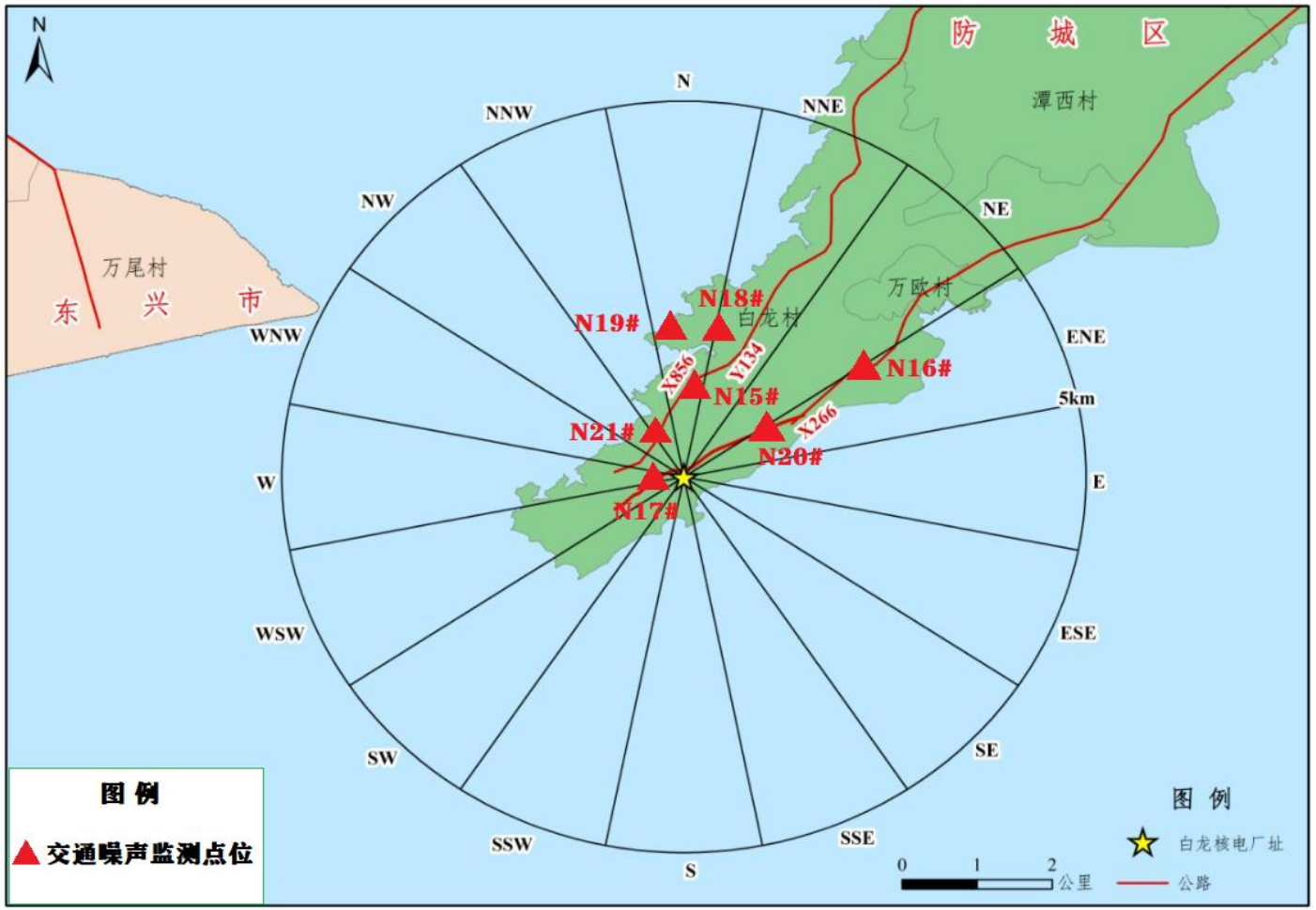


图 3.2-5 交通运输噪声测量点布设图

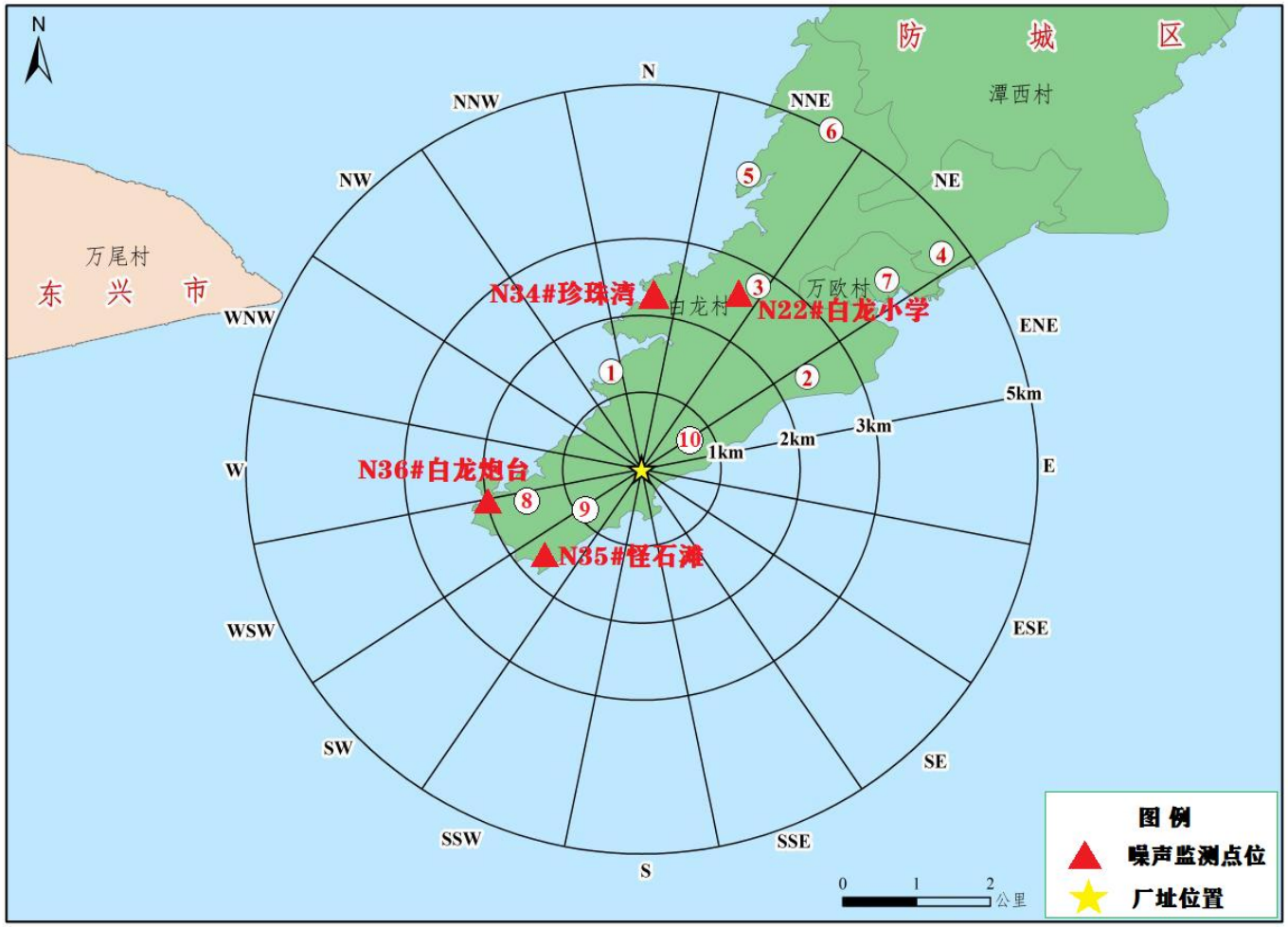


图 3.2-6 环境敏感目标噪声测量点布设图

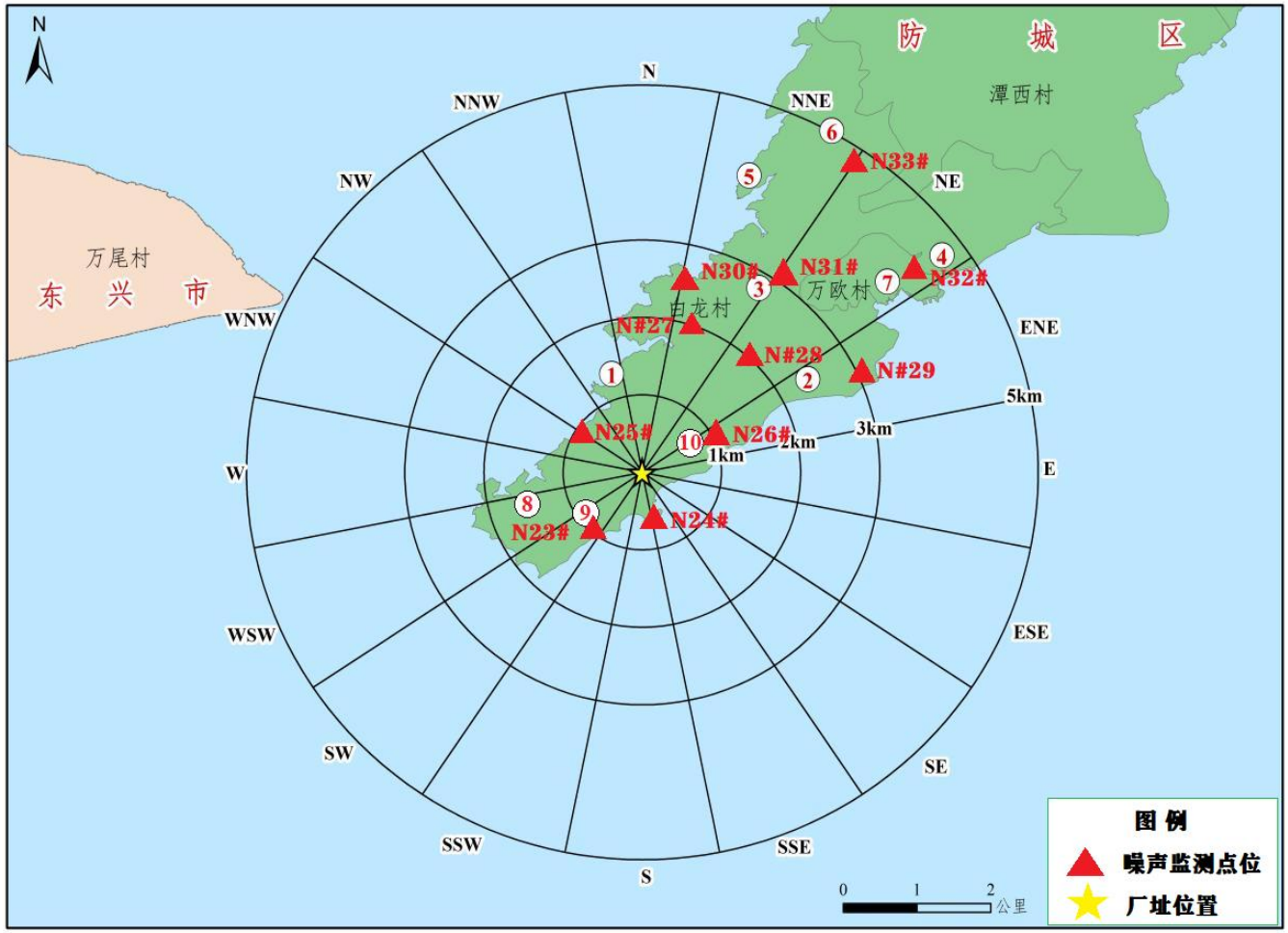


图 3.2-7 网格噪声测量点布设图

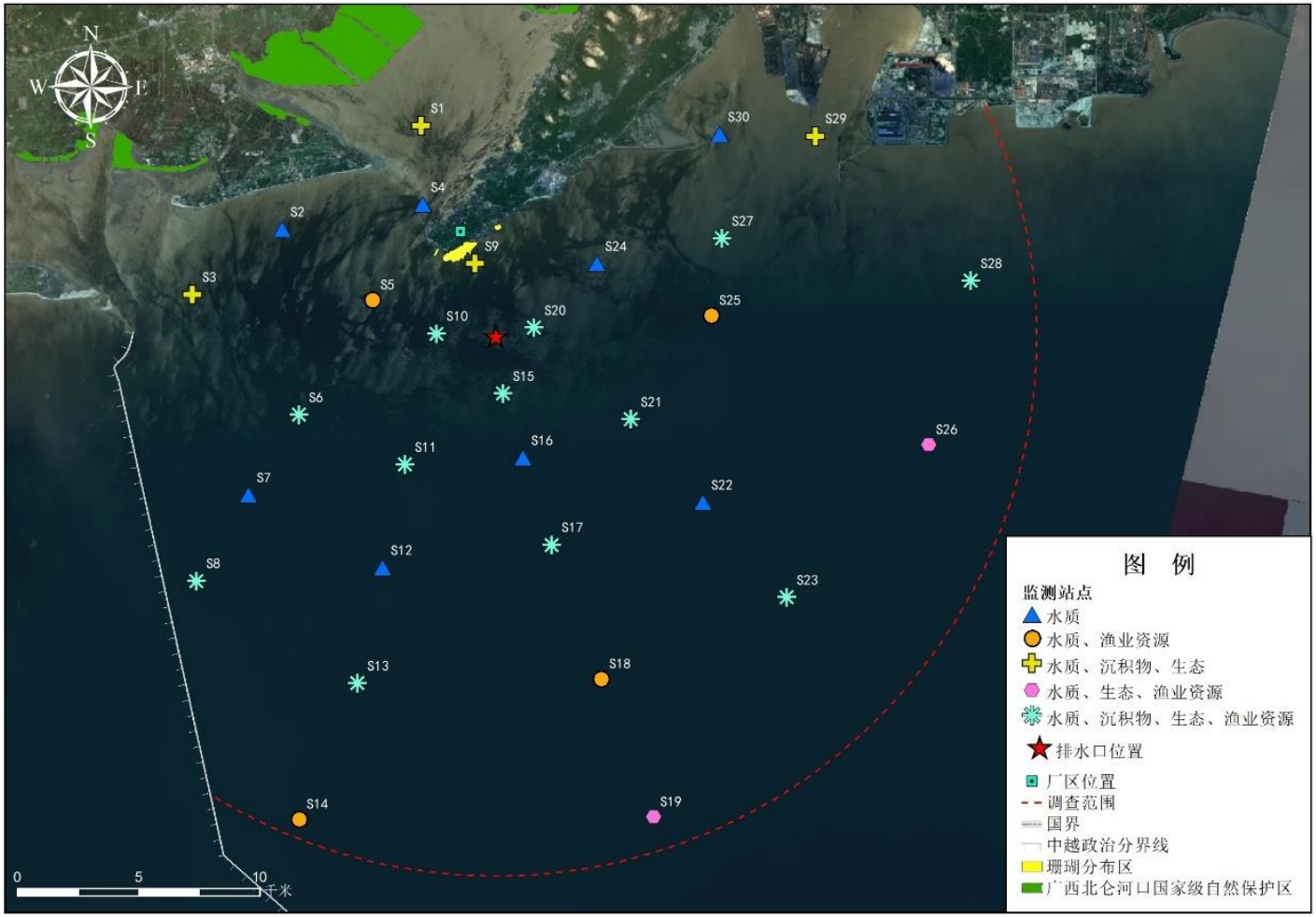


图 3.2-8 海水水质调查站位示意图

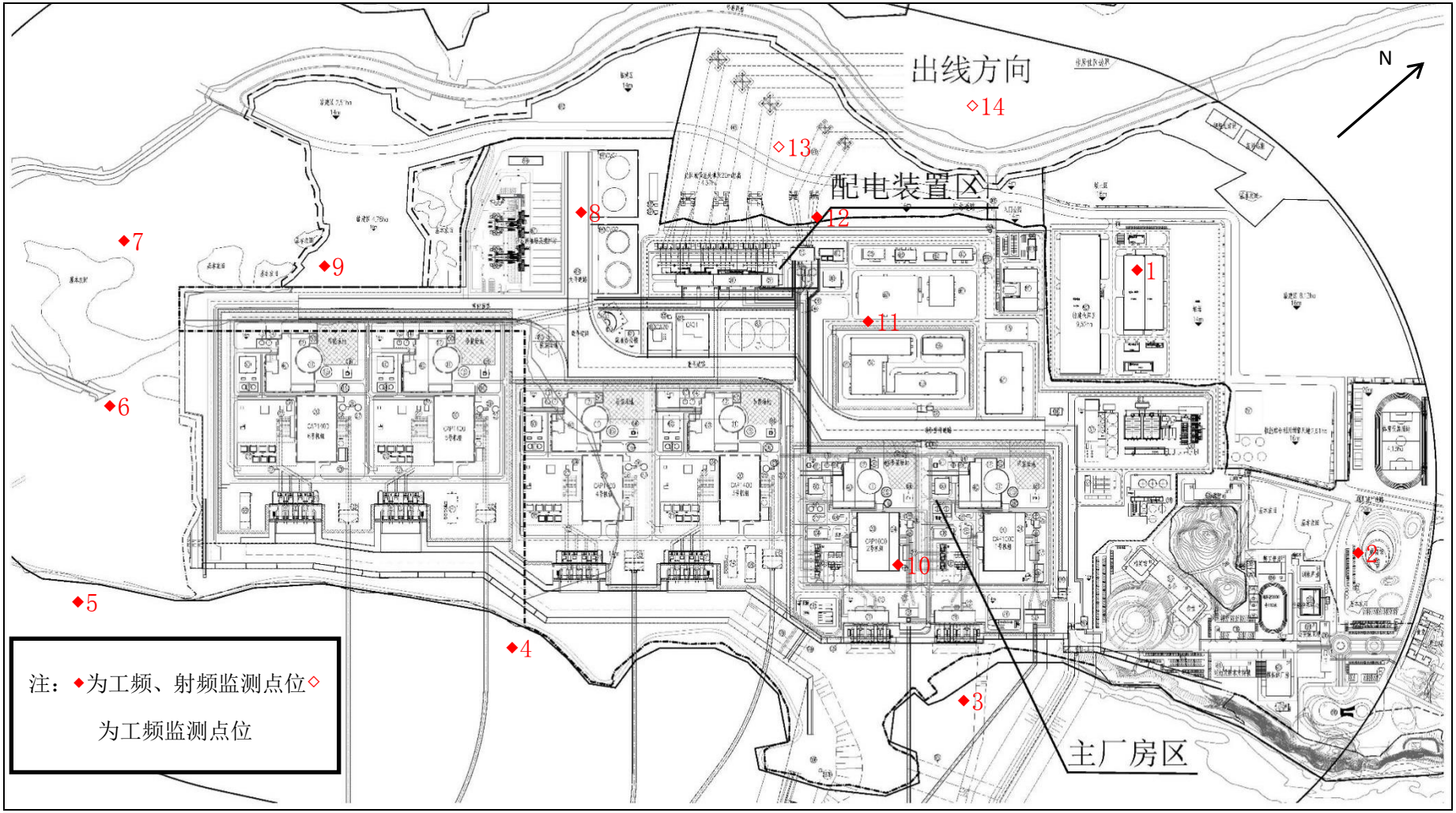


图 3.2-9 广西白龙核电厂厂址周围电磁环境监测点位图



图 3.2-10 广西白龙核电厂周围 5km 内监测点位图

第四章　核电厂

4.1　厂区规划及平面布置

4.1.1　厂区规划

广西白龙核电厂厂址位于防城区江山镇白龙村，地处江山半岛的最南端，厂址东、南、西三侧临北部湾海域，属滨海厂址；北距防城港市江山镇政府驻地约14.9km（直线距离），东北距防城港市区约24.7km（直线距离）。

广西白龙核电项目规划建设2台CAP1000和4台国和一号（CAP1400）核电机组。厂区一次规划，分期建设。本项目为1、2号机组工程，规划建设2台CAP1000核电机组。

4.1.1.1　规划原则

- 总体规划应满足核电厂近、远期规划容量及其配套设施所需用地面积。
- 近期、远期结合，从近期出发考虑远期，统筹安排。
- 节约用地，合理规划反应堆厂房位置，以便最大限度地缩小非居住区面积，并充分利用非居住区边界。
- 按照常年最小风频的下、上侧依次布置生活区、饮用水源、配套设施和核电厂厂区。
- 充分利用自然条件，因地制宜，减少基建费用。
- 满足与相邻城镇设施的安全、卫生、环境等要求，并不影响相互的发展。
- 减少拆迁移民和原有设施的工程量。
- 各配套设施，在符合有关规范、符合安全的前提下，宜与核电厂接近或相对集中。
- 进厂道路、应急道路规划应满足核电厂建设、运行和应急疏散等要求。
- 符合厂址附近城镇区域规划的要求。

4.1.1.2　工程建设规模与核电机组选型

广西白龙核电厂拟规划建设6台百万千瓦级非能动压水堆核电机组，一次规划，分期建设。一期工程建设2台CAP1000核电机组，后期工程建设4台国和一号核电机组。

4.1.1.3　主厂房建筑群位置的确定

每一台机组由核岛与常规岛组成。核岛根据工艺要求，主要包括：反应堆厂

房、辅助厂房、附属厂房、放射性废物厂房；常规岛建构筑物包括：汽机厂房和变压器区域构筑物。2 台机组的核岛和常规岛及其密切相关的辅助厂房（如核岛除盐水储存箱、硼酸箱等）有机地组成一个综合体，这个综合体即为本期工程的主厂房建筑群。

核电厂的主厂房建筑群是整个厂区最核心和最重要的部分，所以主厂房建筑群位置的确定对整个核电厂的总体规划和厂区的总平面布置都是非常关键的。主厂房建筑群位置主要是依据《核动力厂厂址评价安全规定》、《核动力厂设计安全规定》等法规、导则和规范，充分考虑地形特征、地基条件及主厂房与循环水冷却系统、电力出线、BOP 设施区的工艺联系，并综合生产运行、交通运输和实物保护等多方面因素最终确定的。

下面主要从厂区地形条件、地基岩土层的适宜性、工艺流程要求、厂址取排水方案、厂外交通流向和人口搬迁等多个方面来论述主厂房建筑群位置的确定。

1）厂区地形条件

厂址区南、西、东三面环海，地形呈北东向条带状，中间地势较高，由一系列北东向的低山残丘组成，残丘高程一般为 20.0～60.0m，最高点高程约 73.8m，两侧地势低，外围地段为大海。在各低丘间多分布洼地、沟谷等地形，谷底及相对平地的高程约为 0.0-13.0m。据此，主厂房建筑群宜尽可能紧凑地布置在北东侧的残丘上，以减少取水管线的长度，从而减少工程投资。

厂址主厂区范围内现有一座雷达站，供海关缉私使用，该雷达站是核电厂规划的三期工程主厂房所在的位置，根据总体规划的要求，需请业主方协调对该雷达站实施搬迁。同时，在厂址西侧靠近海军码头处有两座炮台，分别为银坑炮台和龙襄炮台，根据文物保护部门的意见，需要对这两座炮台实施保护，并明确要求“修建的道路不得穿过炮台中心 50m 的保护范围，不得破坏炮台及所在山体的完整”，本次总平面设计中按照文物保护主管部门的意见对炮台中心 50m 的范围实施了保护，临建设施尽量远离炮台区域。

2）地基岩土层的适宜性

场地大部分地段为细粒长石石英砂岩分布区，局部夹杂薄层泥岩；局部沟谷洼地分布第四系土层。主厂房建筑群尤其是与核安全有关的建构筑物基底考虑避开第四系土层和强风化的岩石区域。当拟建场地开挖到基础底面设计标高后，场

地大部分地段为中等～微风化的细粒长石石英砂岩，地基条件满足采用天然地基的要求。

3）工艺流程要求

本工程的生产工艺流程，主要是主厂房建筑群与循环冷却水设施、开关站之间的工艺联系，其它各辅助生产设施与主厂房之间，也有较密切的工艺联系。在确定主厂房位置时，应使上述各种工艺联系尽量便捷，管线连接尽量短捷、顺畅。

根据厂址三面环海的地形特征，厂区的开关站适宜布置在北侧。从方便工艺联系的要求出发，厂区的循环水泵房宜靠近取水口布置。

4）厂址取、排水方案

根据厂址工程海域的水深、波浪和海域环境等条件，厂址的取、排水方案推荐东南侧取水、南侧排水的方案。

考虑厂址南侧海域有珊瑚礁等敏感生物，1、2 号机组取水拟采用东南侧明渠取水的方式，取水明渠口门朝向为 WSW 向，且取水明渠防波堤远离珊瑚礁；3~6 号机组考虑在厂区南侧陆域开挖取水明渠。全厂 6 台机组排水均采用箱涵暗排的方式，排向南侧北部湾海域。

5）厂外交通流向

厂址附近重要的城市，例如南宁市和防城港市均位于厂址的东北侧，因此，运行期间的主要交通流向主要来自厂址的东北方向。本项目职工倒班宿舍（兼生活区）布置在厂前区进厂道路南侧，交通比较便利。

根据厂址附近的交通现状和规划，可能的进厂交通路线由防城至东兴的一级公路转环岛东路或环岛西路进入核电厂区。

6）人口搬迁和其他环境特征

主厂房的位置决定了非居住区的范围，从而影响到居民搬迁的数量，因此主厂房位置的确定，应使居民搬迁数量尽量少。厂址用地范围内无基本农田。本项目涉及搬迁安置的村庄包括大村组、细村组、田辽港组 3 个自然村，共计 1026 人。

综合考虑上述各方面因素，厂址的主厂房建筑群布置在丘陵的中部，主厂房采用并列布置；东南侧明渠取水，南侧暗涵排水；开关站位于主厂房区的北侧；循环水泵房区位于主厂房区的南侧。

4.1.1.4　厂区扩建方向

考虑到厂址的人流方向为东侧（防城港）来向，厂区的推荐取水口位于东南侧，排水口位于南侧，因此从主要来流方向和有利于工程的建设运行等因素分析，厂区扩建方向宜确定为由东向西扩建。同时根据总平面规划方案设计 A 版的审查意见（电规发电[2013]909 号），厂区固定端位于东北侧，由东北向西南扩建较为合适。

4.1.1.5　供排水方案

采用厂址东南侧取水（一期工程明渠取水，后期工程开挖陆域明渠取水），南侧箱涵暗排的方案。采用海水直流循环供水系统，冷却水源取自北部湾，排至北部湾。

1）循环水系统

本工程取水构筑物设计水位为平均低潮位-0.24m（1985 国家高程基准，下同），设计高水位为 100 年一遇高潮位 3.91m，设计低水位为 100 年一遇低潮位-2.33m。

本工程采用单元制供水系统，循环水系统流程为：

北部湾→明渠取水口→取水明渠（暗涵）→循环水泵房前池→格栅→滤网→循环水泵进水流道→循环水泵→循环水压力管→凝汽器/开式水系统→循环水压力排水管→虹吸井→排水箱涵→排水口→北部湾。

广西白龙核电项目规划建设 2 台 CAP1000 和 4 台国和一号核电机组，分期建设。一期工程建设 2 台 CAP1000 核电机组，2 台 CAP1000 核电机组夏季海水冷却水量为 149.12m^3/s。

2）核岛厂用水系统

百万千瓦级非能动压水堆核电机组在传统成熟的压水堆核电技术的基础上，引入了非能动的安全系统，安全性能显著提高，其非能动安全壳冷却包括两个过程，即：安全壳外壁面的水膜冷却和安全壳与混凝土屏蔽厂房之间的空气自然对流冷却。事故工况下，钢安全壳本身也用作传热界面。安全壳内的蒸汽由安全壳的内壁面冷却，凝结水则流回安全壳底部，以实现反应堆的再循环冷却。安全壳的外壁面由冷却水箱重力排水在安全壳穹顶上形成的水膜和安全壳外自然对流的空气进行冷却，最后将反应堆的衰变热排入最终热阱-大气。

厂用水系统是一个非核安全相关、开式冷却系统，它把设备冷却水系统热交换器收集的热负荷直接输送到海水，经过设备冷却水系统热交换器排出来的冷却水排放到循环水排水渠道，最终和循环水一起排放到大海。

4.1.1.6　电力出线规划

广西白龙核电 1、2 号机组以 500kV 电压等级接入系统，本期 500kV 出线 3 回，其中 2 回至 500kV 金陵站、1 回至 500kV 海港站，预留 3 回 500 千伏出线备用间隔及 2 组线路高抗位置。具体送出工程线路长度、导线型号等在电厂送出工程可行性研究中确定。

4.1.1.7　交通运输规划

4.1.1.7.1　交通运输要求

核电厂对外交通运输包括施工安装期间的运输、生产运行期间的日常运输、新/乏燃料运输、放射性固体废物运输以及应急计划等。

1）施工安装期间的运输

施工安装期间的运输主要包括设备及建筑材料的运输，其特点是运量大、品种多，如钢材、水泥、砖、瓦、砂、石以及施工机械的运输；并有大量的超大、超重设备运输，大件设备运输、装卸要求严格，需确保安全和可靠。施工安装期间需要运输的大件设备中，控制性设备如下：

考虑到厂址的建设规模为 2 台 CAP1000 核电机组和 4 台国和一号核电机组，以国和一号核电机组的设备为控制性设备。国和一号核电机组最重和最高的控制性设备均为蒸汽发生器，其包装重量约 910t，包装尺寸约为 25.62m（长）×6.8m（宽）×7.38m（高）；最长的控制性设备为常规岛汽机厂房的主吊车梁，包装尺寸约为 42m（长）×1.7m（宽）×3.3m（高），重量约为 70t。

需要考虑从码头到核岛、常规岛区域的大件设备运输通道，预留道路宽度 12m 内侧转弯半径不小于 26m 或道路宽度 9m 内侧转弯半径不小于 35m 的大件设备运输通道。

2）生产运行期间的运输

生产运行期间的运输主要包括生产和生活物资运输以及人员交通。

生产运输包括新燃料运输、乏燃料运输、放射性废物运输以及核电厂生产运行中所需的备品备件、设备及维修材料的运输。

生活运输和人员交通包括职工上下班交通和生活用品的运输等。

3）应急计划要求

根据《核电厂营运单位的应急准备和应急响应》HAF002/01 和《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》HAD002/01 对核电厂的应急要求，核电厂应有对外两个不同方向对外联系的交通路线，以确保在应急状态下的人员安全撤离。

4.1.1.7.2　对外交通运输方案

核电项目按照核电厂建设、运行和应急响应要求建设专门的进厂道路和应急道路。

1）施工安装期间的运输

根据核电厂对外交通运输要求和厂址的交通条件，在施工安装期间，施工人员、建筑材料和中小型设备主要通过公路、部分通过公路与水路或铁路联运，运输至施工现场。大、重件设备（以下简称“大件设备”）拟通过水路运至核电厂专用的大件码头。大件设备通过水路运至核电厂专用大件码头上岸，再用大型液压平板车运至施工现场。

为保护炮台和怪石滩，厂区西侧边界根据相关部门的保护要求进行了避让，同时环岛西路延伸至施工临建区西侧，在西侧填方边坡坡脚处规划 12m 道路与环岛西路和怪石滩景区相接，以满足当地交通需求。同时，施工临建区可从西北侧与 30m 宽环岛西路相接，设置施工物资运输和人员出入口。

2）生产运行期间的运输

核电厂投入运行后，日常的对外交通（包括职工上下班、普通货物的运输等）均采用公路运输。

新燃料组件由专用燃料运输车全程公路运输，运至核电厂厂区的燃料厂房内。

核电厂乏燃料采用专用的乏燃料运输容器，考虑陆路运输方案或海陆联运方案运至国家规定的专用乏燃料后处理基地。

核电厂放射性废物经废物减容处理中心处理后，暂存在其中的废物暂存库中。待放射性废物活性降低至允许的程度后，用专用车辆运至处置场做最终处置。

3）职工上下班的交通运输

职工上下班主要依靠进厂道路。进厂道路接至环岛东路（二级公路），新建的连接段长度约 604m，新建等级为二级公路；应急道路接至环岛西路（二级公

路），新建的连接段长度约 85m。环岛东路和环岛西路均可向北延伸至江山镇再接至防城港市至东兴市的一级公路上。

4.1.1.8　厂前区及配套设施区规划

厂前区拟规划行政办公、行政仓库、医疗中心、档案馆、岩芯库、食堂、厂区大门及警卫室等子项。考虑主要人流方向、对外交通条件和常年最小风频、人员上班流线与放射性运输流线分离等因素，将厂前区布置在厂区的东南侧，在厂区东南侧设置进厂道路和厂区主出入口。

其他设施主要包括运行及技术支持楼、综合办公楼、应急指挥中心、模拟体厂房、移动泵和移动电源储存间、消防站、警卫营房、气象观测站、环境监测站、监督性监测系统、后备应急实验室和后备应急指挥中心、职工现场倒班宿舍等。

其中，运行及技术支持楼和综合办公楼布置在厂前区西南侧；模拟体厂房、移动泵和移动电源储存间布置在厂前区北侧；应急指挥中心布置在厂前区北侧，紧邻进厂道路，消防站和武警营房布置于厂外进厂道路南侧贴近非居住区边界处，同时考虑朝向进厂道路布置，保障武警和消防救援车辆的应急响应时间；气象站位于厂区外的东北侧（已建），厂址的气象观测站位于厂址东北侧靠近白龙小学附近的山体上，与厂址边界的直线距离约 2.2km；环境监测站位于核电厂烟羽应急计划区外，考虑结合地方相关设施进行规划。监督性监测系统、后备应急实验室和后备应急指挥中心拟设置在厂区外。职工现场倒班宿舍布置在厂前区东南侧，紧邻进厂道路。

4.1.1.9　施工场地规划

施工场地包括施工临建设施、模块拼装场地和施工力能区。

施工场地规划布置在厂址西侧和西北侧的回填区域，靠近后期工程用地。一期工程施工时，后期工程的厂区用地将作为施工临时用地。

施工临建设施区域包括核岛土建区、核岛安装区、常规岛土建区、常规岛安装区、BOP 施工区、混凝土搅拌站及砂石料堆场、大件设备周转场地及堆场等。施工场地布置在厂址西北侧区域，靠近二期和三期工程用地。一期工程施工时，二期工程部分用地可作为施工临时用地。

本项目考虑采用大型履带式起重机作为核岛主吊机械，大型履带吊工作范围覆盖 1、2 号机组核岛区域，1、2 号机组核岛区域布置吊装场地，在两台机组之

间设置履带吊转场使用重件道路。大型设备和模块可在履带吊工作范围内起吊，设备和模块运输采用大件运输和重件道路。

SC、CV、CA 拼装场地布置在 4 号机组北侧区域，靠近厂区扩建端，满足全厂 6 台机组模块建造和运输需要。考虑白龙厂址雨季偏多，CV 考虑按厂房建设，预制的模块通过大件道路和重件道路运输至核岛吊装场地。施工临建设施区域包括核岛土建区、核岛安装区、常规岛土建区、常规岛安装区、BOP 施工区、混凝土搅拌站及砂石料堆场、大件设备周转场地及堆场等。

施工力能区包括施工供水站、施工变电所和施工污水处理站等。主体工程施工和一期工程运行期间的淡水取自亿港自来水公司（水源地为防城河）。施工供电由厂址东北方向约 11km 处的江山 110kV 变电站，架空接至施工变电站，向施工现场供电；110kV 施工变电站与 220kV 开关站集中设置，施工供水站布置在厂区的北侧靠近水源来源方向，施工污水处理站考虑布置在施工临建场地内。

4.1.2 厂区平面布置

4.1.2.1 总平面布置

1、2 号机组工程规划容量为 2 台 CAP1000 和 4 台国和一号压水堆核电机组，其中一期工程建设 2 台 CAP1000 压水堆核电机组。

4.1.2.1.1 总平面布置原则

- 厂区总平面布置应满足总体规划要求。
- 总平面布置应以主厂房为中心，以保证安全、工艺流程和交通组织等合理为原则，应注意到地形、地质、气象、设备特点和施工条件等的影响，合理统筹安排竖向、交通、管线和绿化，因地制宜地进行布置。
- 循环冷却水供排水系统（如循环水泵房等）应尽可能靠近汽机厂房布置，以缩短循环冷却水管线和降低运行费用。
- 合理布置汽机厂房、主变压器和开关站三者之间的位置，应尽可能使主变压器和开关站之间的连线短捷。
- 总平面布置必须符合核安全要求，如安全重要建、构筑物应尽可能避开汽轮机飞射物的影响区。
- 在满足生产流程的前提下注意功能分区，合理区划放射性和非放射性厂

房的位置。放射性厂房与核岛以及其它厂房之间的管线和道路连接应短捷，并保证安全和生产管理方便，它们宜相对集中布置在厂区边缘，并位于常年最小风频的上风侧；并尽可能使运输放射性货物的道路与厂区主要道路和人行道分开。

- 道路布置应短捷，人车分流，以满足货运、人行、各类运输（如大件设备、大型模块和乏燃料）、消防和安全等要求。
- 厂区场地的设计标高应适宜，既满足核安全要求，又合理降低汽机厂房的标高以降低运行费用。
- 充分利用地形条件，尽可能使土石方工程量既小又平衡，以降低造价和缩短工期；同时，应避免高边坡和高填方。
- 在满足安全、防火、卫生、环保、生产、运输、管网布置和施工检修等要求的前提下，总平面应紧凑布置，以节约用地，并使道路、工程管线和围墙等设施短捷，同时使生产管理方便。
- 主厂房群和辅助生产区四周应留足够的场地，以满足布置道路、围墙和工程管线以及施工需求。
- 满足分期建设的要求，近期工程宜集中布置，以形成完整的生产体系，并为后期工程的扩建留好发展余地；同时，尽可能减少后期工程施工对前期工程运行的影响。
- 用地宜符合《电力工程项目建设用地指标（火电厂、核电厂、变电站和换流站）》的要求。在满足工艺流程和输送能力的前提下，辅助生产设施宜适度集中。
- 主要建筑物和有特殊要求的主要车间的朝向，应为自然通风和自然采光提供良好条件，以节能环保。

4.1.2.1.3　厂区总平面布置

1）主厂房区的布置

主厂房区由核岛和常规岛组成，规划布置在马鞍岭山体上，1~6 号机组呈北偏东至南偏西向并列布置，核岛位于北侧（陆侧），常规岛位于南侧（海侧）。1、2 号机组核岛的中心间距为 230m，2、3 号机组核岛的中心间距为 250m，3、4 号机组核岛的中心间距为 250m，4、5 号机组核岛的中心间距为 270m，5、6

号机组核岛的中心间距为 250m。

考虑地形因素、地基条件、合理利用自然岸线以及厂址不填海的布置原则，1~6 号机组工程主厂房宜错开布置。1、2 号机组核岛中心连线与 3、4 号机组核岛中心连线错开布置，两条中心线间距为 113.50m；3、4 号机组核岛中心连线与 5、6 号机组核岛中心连线错开布置，两条中心线间距为 107.50m。3、4 号机组主厂房位于 1、2 号机组主厂房西侧，5、6 号机组主厂房位于 3、4 号机组主厂房西侧。

根据岩土工程勘察成果，6 台机组核岛地基均为中-微风化泥质粉砂岩、长石石英砂岩，地基条件满足采用天然地基的要求。

2）取排水设施的布置

取水明渠由取水东堤、取水西堤、取水直立堤和内护岸围成，取水东堤与取水西堤呈环抱型式。一期工程取水明渠口门位于厂区东南侧水域，口门朝西。3~6 号机组工程取水明渠布置在主厂房东南侧，自 2 号机组循环水泵房向西南方向延伸，均为陆域开挖，由取水直立堤和内护岸围成。

排水方向为南侧，采用箱涵暗排方式。一期排水工程从 1、2 号机组虹吸井分别以一机一孔的单孔结构形式出发后，在取水明渠汇合为两孔共壁的形式，然后下穿取水明渠、取水东堤，之后伸向南侧外海。3~6 号机组排水工程分别从各自的虹吸井通过转换井后伸向南侧外海。

3）循环水泵房区布置

循环水泵房和虹吸井按单堆设置，对应布置在每台机组主厂房的东南侧，靠近汽机厂房和取水明渠。循环水加药厂房按双堆设置。

循环水通过循环水压力供水管道从汽机厂房西南侧进入，从汽机厂房的东北侧接出，再通过循环压力排水管进入虹吸井，经排水隧洞和转换井后，最终通过循环水排水箱涵排入北部湾海域。6 台机组的循环水压力供、排水管道布置均比较短捷。

每台机组的循环水泵房取水管采用 2 根取水管连接循环水泵房与汽机厂房，每台机组由汽机厂房至虹吸井之间的循环水排水采用 2 根排水管连接，虹吸井之后采用排水箱涵排水，每期工程的排水箱涵均直接排向北部湾海域。

4）配电装置区的布置

配电装置区主要包括 500kV 开关站、220kV 开关站、网控通讯楼、110kV 施工变电站等设施。根据开关站的布置原则和本厂址的总体出线方向（东北向），全厂共用的 500kV 开关站和 220kV 开关站位于 3 号机组的西北侧，靠近厂区边缘布置。

每台机组的汽机厂房位于东南侧，配电装置区布置在厂区西北侧。受场地条件以及厂址气象条件的限制，6 台机组主变压器与 500kV 开关站的连接采用 GIL 廊道连接。220kV 开关站与起备变之间的连接采用电缆沟方案。

5）放射性辅助生产设施区的布置

放射性辅助生产设施区主要包括废物减容处理中心、去污和热检修车间及特种汽车库、综合实验室和放射源库等子项。通过流出物和放化实验室配置优化，流出物和放化实验室、废物减容处理中心实验室、非放实验室合并优化，去污和热检修车间与特种汽车库合并优化等措施，结合道路和交通流线规划，对放射性辅助生产设施区的平面布置和用地面积进行了整体优化。放射性辅助生产设施区布置在一期工程 2 号机组主厂房的西北侧，便于放射性废物的运输。

6）非核辅助生产设施区的布置

仓储检修设施区布置在放射性辅助生产设施区的西北侧和东北侧，相对集中布置。仓储区包括永久仓库 A、B 级库，C 级库和 D 级库（室外堆场）等，均为全厂共用；其中 A、B 级仓库厂房考虑合建，节约用地面积。

水处理厂、除盐水厂房和非放射性生产废水处理厂房（含油处理室）集中布置在一期工程东北侧，靠近水源引接侧，便于管线的连接。一期工程淡水取自木头滩拦河闸水源。

为便于运行管理和维护，尽量减小子项用地面积，通过供氢站、氢气升压站的组合，以及将氮气储气站、压缩空气站、二氧化碳储气站合并设置为气体厂房，进一步优化了厂区布置。供氢站及氢气升压站为全厂公用，位于 1、2 号机组主厂房区的南侧；高压氢气储气站为单堆设置，位于每台机组核岛东侧区域；气体厂房为单堆设置，位于每台机组常规岛厂房西南侧区域。

7）厂前建筑区的布置

厂前建筑区拟规划一栋综合办公楼，纳入行政办公、行政仓库、医疗中心、档案馆、岩芯库、食堂等功能。另外在综合办公楼西南侧和东南侧布置停车场，

综合办公楼地下设置停车库。厂区大门和警卫室布置于厂前区东侧。

考虑主要人流方向、对外交通条件和常年最小风频等因素，厂前区布置在厂区东南侧，靠近进厂道路和厂区主出入口。考虑节约用地面积和管理成本、尽量减小厂前区用地面积，拟设置综合办公楼，将行政办公、行政仓库、医疗中心、档案馆、岩芯库、食堂等功能结合在同一幢建筑单体内，形成今后全厂的行政办公综合体。厂前区综合体与区域内道路、广场、绿化平面与空间组合简洁美观、方便生产管理、生活出行和人员集散，并与周围环境协调统一。

8）其他设施区的布置

其他设施主要包括消防站、武警营房、应急指挥中心、公安保卫楼、科普宣传展览中心、培训中心、职工现场倒班宿舍、气象站和环境监测站等。

职工现场倒班宿舍、培训中心位于进厂道路东南侧，控制区外，厂区大门东侧区域。

科普宣传展览中心布置在厂区东南侧，控制区外，靠近进厂道路入口处。

消防站布置在厂前建筑区北侧，靠近进厂道路，紧邻控制区出入口，满足厂区应急要求。

武警营房、应急指挥中心、公安保卫楼布置在厂区东侧区域，靠近进厂道路入口处；根据应急计划和管理等要求，应急指挥中心布置在厂区东侧靠近边缘布置，与最近的核岛距离大于 500 米。

移动泵和移动电源储存间布置在厂区西北侧，靠近配电装置区，与核岛间距大于 100 米。

厂址的气象观测站位于厂址东北侧靠近白龙小学（现有）附近的山体上，与厂址边界的直线距离约 2.2km；环境监测站距离核岛中心至少 10km，因此，环境监测站结合地方相关设施进行规划。辐射环境现场监督站、后备应急实验室和后备应急指挥中心等考虑布置在厂外。

4.1.2.2　厂区竖向布置

1）厂坪标高

考虑核电工程所处工程海域波浪影响，厂址设计基准洪水位（DBF）为 12.50m。

按照“完全干厂址”的原则，厂址室外地面设计标高考虑在 13m 以上。

综合考虑地质条件、防洪安全和土石方平衡等因素，厂址的室外地面设计标

高初步确定为 14m，场地平整开挖标高为 14.0m。

根据初步的骨料调查资料，厂址开挖的石方不能满足建筑骨料的要求。综合上述因素，本厂址的竖向设计初步考虑为台阶布置的方案，主厂房区、混凝土搅拌站和拼装场地区域设计标高为 14.00m（注：室外地面设计标高为 14m），厂外施工临建区和填土区域按 14~16m 进行土石方平衡。

2）竖向设计

在竖向设计中考虑将厂区地坪设计一定的坡度。将厂区地面上雨水汇流到路边（厂内道路采用城市型道路），通过道路的纵、横坡度将雨水汇集到雨水口，再经雨水管网排除厂区地表雨水。

4.1.2.3　厂区交通运输设计

4.1.2.3.1　核电厂的运输特点

核电厂施工安装期间运输主要包括设备运输及大量建筑材料的运输，其特点是运量大、品种多，并有大量的超大件、超重件的运输，运输装卸要求严格并需确保大型设备运输的安全性、可靠性。

核电厂生产运行期间，核燃料运量很少，每台百万千瓦级机组新燃料年运量不超过 30t，其他维修材料运量也不多。乏燃料在核电厂运行 10 至 15 年后需运往后处理厂处理。乏燃料运量虽不大，但其具有放射性，必须采用特殊容器运输，并采取相应安全措施，确保运输安全。

核电厂职工生活区一般距厂区较远，因而要求厂区对外交通方便快捷。

4.1.2.3.2　核电厂对外交通

厂址设置了进厂道路和应急道路。

1）进厂道路

进厂道路由环岛东路引接至厂区，新建长度约 604m，道路等级为二级公路。

2）应急道路

应急道路从由环岛西路引接至厂区，新建长度约 85m，道路等级为二级公路。

本工程进厂道路、应急道路均可通过环岛东路和环岛西路向北延伸至江山镇，再接至防城港市至东兴市的一级公路。

4.1.2.3.3　厂内道路设计

4.1.2.3.3.1　厂内道路设计要求

1）厂内道路布置应符合下列要求：

a） 满足生产、运输、安装、检修、消防及环境等要求；

b） 有利于各建筑群的功能分区；

c） 符合物料流程的要求，使厂内各建筑物、构筑物之间物料运输顺直、短捷；

d） 宜平行或垂直于主要建、构筑物；

e） 主厂房建筑群四周应设环形道路，其它区域的道路设置也应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》的有关规定；

f） 人员交通、一般物流与放射性物流不宜混行；

g） 与竖向设计相协调，有利于场地及道路的雨水排除。

2）厂内道路根据使用要求分为主干道、次干道、支道、车间引道和人行道。根据设备运输要求，路面结构分为重型路和轻型路两种，运输大型设备必须走重型路。

主干道为连接厂区主要出入口的道路，或交通运输繁忙的全厂性主要道路及大件设备运输的道路。本工程主厂房四周环形道路、连接控制区和保护区出入口的道路、各功能区之间的连接道路为主干道。

次干道为连接厂区次要出入口的道路，或厂内车间、仓库、码头等之间运输较繁忙或有特殊需要的道路。本工程各功能区内部的道路、连接应急出入口的道路均按次干道标准设置。

支道为车辆和人行都较少的道路以及消防道路等。本工程在区域内行车和行人较少的区域设置支道，大部分按照环形道路设置。

车间引道为车间、仓库等出入口与主、次干道或支道相连接的道路。

4.1.2.3.3.2 厂内道路设计

1）厂内道路平面设计

根据上述要求，进厂道路厂内段和大件运输道路厂内段、主厂区内四周道路按照主干道考虑；进厂道路厂内段和大件运输道路厂内段宽度同厂外段，双向 4 车道，其与厂内重件道路连接；主厂区内四周道路宽度为 9m，双向 2 车道；重件道路为永临结合主干道，宽度约 34m；道路转弯半径按标准要求进行设置。

其他功能区之间的连接道路为主干道，宽度为 7m；功能区内部主要道路为

次干道或支道，次干道宽度为 7m 和 6m，均为双向 2 车道；支道宽度为 4m，单向 1 车道；环厂道路为次干道，宽度为 7m，双向 2 车道；车辆和人行都较少的道路以及消防道路为支道，宽度为 4m，单向 1 车道；道路转弯半径按标准要求进行设置。

根据建构筑物的坡道或台阶，对应设置车间引道和人行道，原则上车间引道或人行道宽度同建构筑物坡道或台阶相适应。

2）厂内道路竖向设计

厂内道路竖向设计结合室外地面标高考虑，一般道路中心标高略低于室外地面标高，道路纵坡按标准要求进行设置；一般大于等于 6m 宽道路，道路横坡考虑双面坡；4m 宽道路，道路横坡采用单面坡。

3）厂内道路型式和做法

厂内道路采用城市型道路，道路路面做法可采用水泥混凝土路面或沥青混凝土路面。

建议运行期道路路面采用沥青路面，其具有表面平整、无接缝、行车舒适、耐磨、振动小、噪声低、施工期短、养护维修简便等优点，因而获得越来越广泛的应用；故建议采用沥青混凝土道路。

在电厂建设期间，道路路面做法也可根据实际需求和现场施工设施等情况综合考虑。如对路面做法有要求，可在厂区道路施工设计开展前沟通确定具体路面做法。

4.1.2.4　厂区实物保护规划布置

厂区实物保护系统主要是防破坏、防盗窃、防非法转移核材料，预防和制止上述敌对分子或团伙对核电厂的各类入侵、威胁、破坏及犯罪活动，为核电厂提供安全可靠的运行环境。

实物保护系统主要包括众多技防子系统。在核电厂的初期规划阶段，主要是根据总平面布置图，将整个实物保护系统的安保区域规划初步确定下来，便于以后的进一步实施。所以一期工程的实物保护系统规划不但需要符合现行法规的要求，还要兼顾二期工程的总体规划。

核电厂的整个区域，按照保卫程度的重要性，可依次分为三个区域：控制区、保护区、要害区，其安保要求逐级加强。

1）控制区

本区域即核电厂厂区周界的一个封闭区域。控制区分别由围墙、铁栅栏、铁丝网等共同组成第一道封闭的实体屏障。

2）保护区

本区域为控制区和要害区之间的区域，它包围核电厂的主厂房区、废物减容处理中心、热检修车间、特种汽车库、厂用水泵房等一些子项。

保护区屏障为双层铁丝网，高度为 2.5m。两层铁丝网之间的隔离带，其宽度约为 6m 左右，隔离带内设置静电场等探测报警系统。

在保护区内侧设有一条机动车道，供安保人员巡逻监视用。

在正常情况下，凡进出本区域的人员或车辆必须通过保护区人员及车辆出入口。

3）要害区

在保护区之内沿反应堆厂房、辅助厂房、附属厂房和放射性废物厂房等重要建筑物周界设置。

要害区实体屏障以一道张力铁丝和一层铁丝网组成，张力铁丝既可作为一道实体屏障又可作为周界探测报警系统，并在张力铁丝前设置一排防撞立柱。

要害区内的设施与核安全有关，进入该区域的人员和车辆应受到严格的限制，由于采用了设置周界屏障的方法，可减少要害区的出入口，便于管理。

在设置实体屏障基础上，还将进一步从技术防范措施上加以完善。以上三个区域的围栏（包括出入口装置）组成了完整、严密的实体屏障，达到了层层设防、纵深防御的保卫目的。

4.1.2.5　厂区主要管沟规划布置

4.1.2.5.1　厂区管线布置原则

- 管线综合布置应与工业企业总平面布置、竖向设计和绿化布置统一进行。应使管线之间、管线与建筑物和构筑物之间在平面及竖向上相互协调、紧凑合理、有利厂容。
- 管线敷设方式的确定，应根据管线内介质的性质、厂区地形、生产安全、交通运输、施工检修等因素，经技术经济比较后择优确定。
- 管线布置应短捷、顺直、适当集中，管线与建筑物、构筑物、道路应平行布

置，减少交叉，当交叉时，宜垂直交叉，不应小于 45 度交叉。干管宜靠近主要用户或支管多的一侧布置。

- 各种管线除了必须架空以外，应埋地敷设，在符合安全、辐射、卫生和检修条件下，宜共沟敷设。
- 在确定各管线敷设方式时，应考虑厂容的要求。
- 管线不应穿过建筑物、构筑物及预留发展用地。
- 相邻管线的附属构筑物如阀门井、检查井等应相互交错布置或有条件时宜合并成一个综合井。
- 管线综合布置过程中发生矛盾时，在满足生产、安全和有关规范条件下，按下列原则处理：

  压力流的让重力流的；

  易弯曲的让不易弯曲的；

  工程量小的让工程量大的；

  管径小的让管径大的；

  施工检修方便的让施工检修不方便的；

  无放射性的让有放射性的；

  新设计的让既有的。

4.1.2.5.2　管线（沟）的种类与敷设方式

根据管线的种类、数量及总平面布置，同时考虑到管线的集中布置原则，管线综合设计选择以管廊布置为主，直埋为辅的布置方式。地下管线有三种布置方式，即可通行管沟、不通行管沟和直埋管线。

4.1.2.5.3　室外主要管线布置

主厂房周围的管线最为集中也最为重要，可研阶段的室外管线布置主要考虑循环水压力供水管、循环水压力排水管、主变至开关站的电力电缆、电力架空管道、控制电缆、综合管廊等在平面、竖向方面的综合布置。

循环水压力供水管根据工艺流程布置，从主厂房西侧进入汽机厂房；循环水压力排水管由汽机厂房东侧引出，经主厂房东南侧的虹吸井后排入大海。循环水压力供水管和循环水压力排水管的管径均较大，但因其埋深较深，不易与其他管线在交叉时相碰，但需关注施工时的开挖对其它管线、建构筑物和设备基础的影

响。

汽机厂房布置在核岛厂房的东南侧，开关站布置在整个厂区的西北侧，主变压器区域布置在汽机厂房的西南侧，故主变压器区域至 500kV 开关站的连线主要布置在主厂房区的南侧。受场地条件以及厂址气象条件的限制，6 台机组主变压器与 500kV 开关站的连接均采用 GIL 廊道。从 220kV 开关站到起备变的连接考虑采用电缆沟的敷设方式。500kV GIL 与 220kV 电缆沟与重件道路之间会有交叉，可通过标高局部调整来避免交叉。

主厂房周围的管线种类多和数量大，占用的空间很大，按照紧凑布置的原则，初步考虑在主厂房周围设置综合管廊。综合管廊分别围绕 1、2 号机组、3、4 号机组和 5、6 号机组，主管廊呈“口”字形布置，主要包含消防水管、工业水环网管、生活水环网管、动力电缆及控制电缆使用的电缆桥架等。综合管廊内管线最为集中的是在两台机组之间的位置，此处断面尺寸也是最大的，包含厂用水和压缩空气等管线等。

气体管线主要是氢气管和压缩空气管，氢气管采用直埋的敷设方式，压缩空气管采用直埋和管廊结合的敷设方式，路径主要是从氢气站和气体站输送至主厂房。

供热管线主要是从辅助锅炉房至汽机厂房的蒸汽管线，主要采用管沟敷设方式。

低放废水及非放射性废水管道均需单独设置管道排放，不与雨污水管道合流。

雨水管道和污水管道均根据建筑物、围墙和道路均匀布置。

4.1.2.6　厂区绿化及景观

核电厂厂区由于有剂量防护、卫生防火、安全保卫等方面的特殊要求，对厂区绿化的要求不同于一般的电厂。核电厂的绿化布置首先必须保证核电厂的安全和环境保护，即厂区核岛四周环形道路内和带有放射性物质的厂房等区域不宜绿化，同时厂区有瞭望要求的围墙内外 6m 以内禁止种植乔木和灌木，保护区实物保护隔离带内严禁种植乔木和灌木。行政管理设施区和员工活动较多的室外场所是核电厂的重点绿化地段；其它对环境洁净要求高的或噪声大的车间、站房附近要加强绿化。

在保证核电厂安全的前提下尽量提高厂区的绿地率，保证厂区总体有

5%~10%的绿地率，以达到美化厂区环境的目的。

4.1.3 排放口布置

一期工程两台机组产生的放射性废气经处理达标后通过各自位于辅助厂房顶部的烟囱排入环境。电厂烟囱的高度约为 75m，烟囱内径约为 1.8m×2.2m。烟气出流速度约 11.38m/s。厂址气象参考站的常年主导风向为 NE~NNE，厂前办公区（主要建构筑物为综合办公楼、食堂、培训中心等）布置在厂区的东北角侧。烟囱位于厂前办公区的下风向，因此气载流出物排放口设置较为合理。

一期工程两台机组产生的低放废液经过放射性废液系统（WLS）处理后进入该系统的厂区废液大贮罐，经监测符合排放控制标准后，与循环冷却水混合后排海。排水明渠暗涵设置在厂区南侧，一期工程排水暗涵排水口处距离岸边约 4.0km，离厂前办公区位置较远，排放口设置较为合理。

厂址实行分期场平，排放口按永临结合考虑，一期工程场平阶段共设置 7 个主要排放口：P1-P6，6 个排放口在厂区边界附近。

4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

4.2.1 概述

根据我国已有的核电设计、制造、建设和运行技术水平及能力，并满足核电设计自主化和设备本地化的要求，本工程计划建设 2 台 CAP1000 核电机组，每台机组由核岛（NI）、常规岛（CI）和电厂配套设备（BOP）三大部分组成：

— NI 包括整个核蒸汽供应、相关辅助和支持的系统设备，涉及的厂房包括反应堆厂房、屏蔽厂房、辅助厂房、附属厂房、放射性废物厂房、柴油机厂房等。

— CI 包括二回路常规岛相关的系统设备，主要涉及汽轮机厂房；

— BOP 包括 NI、CI 以外的辅助系统设备及厂房构筑物。

本工程每台机组的核蒸汽供应系统（NSSS）的额定功率为 3415MWt，反应堆堆芯额定功率为 3400MWt，机组电功率（毛）约 1254.6MWe；堆芯热工裕量＞15%，堆芯损伤频率为＜10^{-6}/堆年，大量放射性释放频率为＜10^{-7}/堆年；机组设计寿命为 60 年，机组年平均可利用率 93%。机组的主要设计性能参数见表 4.2-1。反应堆冷却剂系统、蒸汽发生器系统流程分别参见图 4.2-1、图 4.2-2。

CAP1000 核电机组在传统成熟的压水堆核电技术的基础上，运用非能动安全设计理念，采用非能动专设安全系统，系统简单，不依赖交流电和能动设备即可确保电厂安全功能，事故发生后 72 小时内可不需要操纵员干预，极大的降低了由于人因失误导致的事故风险。

4.2.2 核岛

核岛由一个独立的钢安全壳结构、一个混凝土屏蔽建筑和一个核辅助厂房建筑组成，安全壳/屏蔽/核辅助厂房的基础是一个整体。核岛厂房布置示意图见图 4.2-3~4.2-12。

4.2.2.1 燃料组件

本工程反应堆堆芯装载 157 组 AP1000 型燃料组件。在燃料组件骨架未装上、下管座之前，先插入燃料棒，然后再装上、下管座，组成完整的燃料组件。燃料棒装入燃料组件骨架内由格架夹持，使之保持在确定的轴向和径向位置上。燃料棒端部与上、下管座之间留有足够的间隙，以补偿燃料棒与导向管间不同的热膨胀和辐照生长。燃料组件简图见图 4.2-13。

燃料组件的一些主要特点如下：

- 采用一体化上管座，减少产生松脱件的可能性；
- 燃料棒内设置上、下轴向低富集度区，减少中子轴向泄漏从而改善中子利用；
- 采用防异物下管座、保护格架和下部包壳预氧化，有效防止燃料棒的异物磨损破坏；
- 燃料棒内设置上、下气腔，降低堆芯下板的中子辐照损伤，并有效降低燃料棒内压；
- 采用 ZIRLO 合金作为包壳和结构件材料；
- 组件上半部装有四层搅混格架（IFM），提高堆芯热工安全性能；
- 导向管壁厚增加，提高组件整体刚度，降低控制棒不完全插入风险；
- 使用先进的 IFBA 可燃毒物（芯块柱面涂 ZrB_2）；
- 增加燃料棒与格架刚凸及弹簧的接触面积，采用优化搅混翼布置形式，增加底部格架弹簧力，以减少燃料棒振动磨蚀破坏可能性；
- 堆内测量仪表从燃料组件上部插入，与压力容器底部无贯穿件设计相匹配；
- 14 英尺（4.27m）活性段燃料组件有丰富运行使用经验。

4.2.2.2　反应堆冷却剂系统

反应堆冷却剂系统由两个传热环路组成，每个环路包括一台蒸汽发生器、两台反应堆冷却剂泵、一条热段主管道和两条冷段主管道。系统还包括一台稳压器、相关连接管道、阀门和用于运行控制和专设驱动的仪表。

反应堆冷却剂系统执行以下功能：

1）安全有关功能

- 维持反应堆冷却剂压力边界，限制放射性向安全壳的释放，限制一次侧系统向非放二次侧系统和大气的泄漏。
- 循环冷却剂，排出显热和衰变热，提供均匀的温度分布和化学性，补偿控制棒插入引起的负反应性。
- 监测反应堆冷却剂压力边界内的过程参数，向保护和安全监测系统（PMS）和操纵员提供所需信号。
- 在小破口失水事故时自动卸压，使非能动堆芯冷却系统（PXS）可以充分地冷却堆芯。

- 提供应急下泄以防止事故期间稳压器液位升高引起的长期满溢。

2）执照申请相关功能

- 反应堆冷却剂系统（RCS）能够排出可能聚集在稳压器和反应堆压力容器上封头的不凝性气体，以增强事故后的堆芯冷却能力。

3）非安全有关纵深防御功能

- 在事故工况下，将其产生的热量传递给蒸汽发生器系统（SGS），避免非能动余热排出系统启动。
- 通过稳压器喷雾和电加热器控制系统压力，有助于阻止非能动安全系统的启动。
- 在所有电厂运行工况下，监测反应堆冷却剂压力边界内的过程参数，向多样化驱动系统（DAS）和操纵员提供所需的信号。
- 手动可控卸压以缓解蒸汽发生器传热管破裂（SGTR），并防止多重失效状况下的高压熔堆。

4）其它非安全有关功能

- 在电厂功率运行、热备用、电厂冷却第一阶段时，循环冷却剂，将热量传递给 SGS 以冷却堆芯，正常运行时保证 RCS 温度的均匀分布和反应堆冷却剂中化学物质的均匀性，功率运行期间维持堆芯的中子链式反应和功率分布均匀并提供反应性控制，停堆运行期间补偿控制棒插入带来的负反应性，在电厂冷却第二阶段、冷停堆、换料和启动前期阶段，RCS 通过正常余热排出系统（RNS）排出堆芯衰变热。
- 除开盖换料外的电厂所有正常运行期间，控制系统压力，冷停堆模式至热备用模式期间控制系统压力和温度，向电厂控制系统（PLS）提供各种信号以控制 RCS 平均温度和控制棒、RCS 压力和稳压器液位等。
- 在电厂所有正常运行工况、电厂冷却和启动运行期间，监测反应堆冷却剂压力边界内的参数。

反应堆冷却剂系统流程简图见图 4.2-14。

4.2.2.3 辅助系统

1）化学和容积控制系统

化学和容积控制系统（CVS）由再生和下泄热交换器、树脂床和过滤器、补水泵、水箱和相关阀门、管道以及仪表组成。系统的主要功能包括：

- 净化：维持冷却剂纯度和活化程度在一个可接受的水平。
- 控制和补充反应堆冷却剂装量：维持 RCS 要求的冷却剂装量；电厂正常运行时维持设定的稳压器水位。
- 化学补偿和化学控制：在电厂启动时维持反应堆冷却剂的化学性能、正常稀释以补偿燃料消耗的反应性效应，以及停堆后的硼化，并通过维持合适的氢氧化锂浓度来控制 RCS 的 pH 值。
- 氧含量控制：在功率运行期间提供维持冷却剂中合适的氧浓度的手段，并在每次停堆后使氧浓度达到启动前合适的浓度。
- RCS 充满和压力试验：为 RCS 充满和压力试验提供手段。CVS 不进行 RCS 的水压试验，但为临时水压试验泵的接入提供接入点。
- 向辅助设备补充硼酸盐：向需要硼化水的一次侧系统补充硼化水。
- 稳压器辅助喷淋—提供稳压器辅助喷淋以帮助降压。

化学和容积控制系统流程简图见图 4.2-15。

2）正常余热排出系统

正常余热排出系统（RNS）由两个设备序列组成，每列包含一台泵和一台热交换器。两个序列共用一根连接到 RCS 的入口母管以及一根出口母管。RNS 包括系统运行所必需的管道、阀门和仪表。系统的主要功能包括：

- 停堆热量排出：在电厂冷停堆期间排出堆芯衰变热和 RCS 显热。
- 停堆净化：换料期间提供从 RCS 到 CVS 的净化流。
- 安全壳内换料水箱（IRWST）冷却：对 IRWST 进行冷却，保证 RNS 长期运行期间 IRWST 水温低于 100℃，正常运行期间水温不大于 49℃。
- RCS 低压注射：在第 1、2、3 级自动卸压系统（ADS）阀门动作后，如果 RNS 可用，可以使用 RNS 从装料池或安全壳内换料水箱吸水，为 RCS 提供非安全有关的低压注射。
- 低温超压保护：在启堆和停堆操作期间为 RCS 提供低温超压保护。

- 事故后安全壳水装量长期补充通道：在假想的安全壳泄漏事故情况下，为事故后安全壳水装量的长期补给提供通道。
- 事故后恢复：在 PXS 成功缓解事故后，从堆芯和 RCS 排出热量。
- 乏燃料池冷却：提供备用的乏燃料池冷却。

正常余热排出系统流程简图见图 4.2-16。

3）乏燃料池冷却系统

乏燃料池冷却系统（SFS）由两个机械系列组成，每个系列包括一台泵、一台热交换器、一台除盐床、一台过滤器以及相关的阀门、管道和仪表，两个系列共用入口母管和回流母管。系统的主要功能包括：

- 乏燃料池冷却：运行期间从乏燃料池中排出衰变热，以维持其温度在可接受限值内。
- 乏燃料池净化：运行期间对乏燃料池水进行净化。
- 换料水池净化：换料操作期间对换料水池进行净化。
- 转运水：换料期间在安全壳内换料水箱（IRWST）和换料水池之间转运水。
- 安全壳内换料水箱（IRWST）净化：正常运行期间对 IRWST 进行净化和冷却。

乏燃料池冷却系统流程简图见图 4.2-17。

4）设备冷却水系统

设备冷却水系统（CCS）由两个机械系列组成，每个系列包括一台泵和一台热交换器。各系列单独设置供水/回水管道。两个波动箱分别连接在两个系列的设备冷却水回水管上。系统的主要功能包括：

- 在正常停堆时，向正常余热排出系统（RNS）的热交换器及泵提供冷却。
- 在换料和半充水运行时，向 RNS 系统的热交换器及泵提供冷却。
- 向化学和容积控制系统补水泵的小流量热交换器提供冷却。
- 向乏燃料池热交换器提供冷却。
- 在非能动余热排出热交换器运行时，向 RNS 热交换器提供冷却水以冷却安全壳内置换料水箱的水。

- 在非能动堆芯冷却系统缓解事故后的电厂恢复阶段，向 RNS 系统提供冷却水带走堆芯热量。

设备冷却水系统流程简图见图 4.2-18。

5）蒸汽发生器系统

蒸汽发生器系统包括两个相同的系列，每台蒸汽发生器对应一个系列。每个系列包括四个主要的部分：安全有关主蒸汽管道及其相关管道、安全有关主给水管道、安全有关启动给水管道和安全有关蒸汽发生器排污管道。

蒸汽发生器系统执行以下功能：

（1）安全有关功能

- 安全壳内的蒸汽发生器系统管道与蒸汽发生器壳侧，以及传热管，形成隔离屏障，分隔工艺流体与安全壳大气。同时，系统为贯穿安全壳的主给水、启动给水、主蒸汽以及蒸汽发生器排污管道提供安全壳隔离，限制厂外辐射量。
- 发生蒸汽、主给水、启动给水、排污管道破裂、任一台主蒸汽安全阀或大气释放阀误开或卡开后，通过提供隔离措施，限制超过一台蒸汽发生器失控排放，维持反应堆压力容器完整性，避免燃料损坏。
- 蒸汽管道破裂事故后，通过隔离给水和启动给水，限制向安全壳的质能释放，限制厂外辐射量。
- 通过主蒸汽安全阀为蒸汽发生器二次侧和主蒸汽管道提供超压保护。
- 监测蒸汽发生器液位、蒸汽管线流量、蒸汽管线压力、启动给水流量等工艺参数，并提供 PMS 所必需的信号。

（2）执照申请相关功能

- 向多样化驱动系统提供执照申请相关功能所需信号。

（3）非安全有关纵深防御功能

- 特定事故后，将反应堆冷却剂系统产生的热量通过蒸汽发生器、主蒸汽系统输送至二回路或将蒸汽排至大气，释放衰变热。
- 监测蒸汽发生器、主蒸汽和给水的工艺参数，向多样化驱动系统和操纵员提供蒸汽发生器宽量程液位信号。
- 利用大气释放阀提供蒸汽发生器二次侧超压保护。

（4）非安全有关功能

- 正常运行期间，将加热的给水从主给水系统输送到蒸汽发生器，并将蒸汽发生器内产生的蒸汽输送到主蒸汽系统，供汽轮机发电。
- 功率运行期间连续运行，带走反应堆冷却剂系统产生的热量，并由蒸汽发生器传递至二次侧。
- 提供蒸汽发生器内、主蒸汽隔离阀上游的蒸汽管道以及蒸汽发生器给水的工艺参数监测。
- 在主给水流量和启动给水流量之间提供可靠稳定的自动切换，防止低功率运行时反应堆的不必要停堆，并避免启动给水管嘴处的热冲击。
- 正常停堆工况下提供非安全有关衰变热导出功能。
- 在电站启动、停堆和正常功率运行时，提供二次侧连续排污。
- 提供主蒸汽管道暖管、疏水、取样。

蒸汽发生器系统流程简图见图 4.2-19。

6）蒸汽发生器排污系统

蒸汽发生器排污系统设有两个系列，每个系列包括一台再生热交换器、一个隔离阀，一个流量控制阀和一套电离除盐装置。

蒸汽发生器排污系统执行以下非安全有关功能：

- 正常运行期间，蒸汽发生器排污系统通过排出蒸汽发生器二次侧的排污流对蒸汽发生器二次侧的水化学性质进行控制。
- 停堆期间，蒸汽发生器排污系统通过再循环运行进行蒸汽发生器湿保养。
- 停堆期间，蒸汽发生器排污系统为蒸汽发生器设置疏水通道，排空蒸汽发生器以进行检查和维修。
- 蒸汽发生器排污系统通过从蒸汽发生器管板上部冲入二次侧水，带走淤积在管板上的淤泥。
- 恢复异常的蒸汽发生器水化学特性。

蒸汽发生器排污系统流程简图见图 4.2-20。

7）启动给水系统

启动给水系统由并联的两台启动给水泵以及相应的阀门、管道和仪表等组成。

启动给水系统执行以下非安全有关功能：

- 为蒸汽发生器系统（SGS）提供备用的给水隔离功能。
- 在某些设计基准事件中，向蒸汽发生器提供启动给水，执行排出反应堆冷却剂系统（RCS）热量的纵深防御功能，防止非能动堆芯冷却系统动作。
- 在热备用、启动、低功率运行和停堆冷却工况下，向蒸汽发生器提供所需压力和流量的给水并维持蒸汽发生器的液位。
- 为 PLS 提供每个蒸汽发生器的主给水流量信号。

启动给水系统流程简图见图 4.2-21。

4.2.3 常规岛

常规岛工艺系统主要由蒸汽系统和给水系统两大部分组成。核岛蒸汽发生器二次侧产生的饱和蒸汽通过主蒸汽系统输送到汽轮机，汽轮机将蒸汽热能转化为机械能并继而通过发电机转化为电能。做完功的排汽经凝汽器凝结成水，由凝结水泵经低压加热器送入除氧器除氧，此后再由给水泵经高压加热器加热后送回蒸汽发生器二次侧，带走反应堆冷却剂热量转变成饱和蒸汽，如此往复构成了汽-水-汽不断转换的二回路系统。常规岛系统及其辅助系统主要包括：主蒸汽系统、汽水分离再热器系统、凝结水系统、主给水系统、汽轮机抽汽系统、汽机旁路系统和其它辅助系统。

本工程汽轮机采用单轴、半速、三缸四排汽、凝汽式汽轮发电机组，每台机组配有两台卧式汽水分离和两级再热装置。汽轮发电机组机转速 1500rpm，机组出力为 1250MWe 等级。

1）主汽轮机

主汽轮机包括一个高压缸、两个低压缸及其附属设备，包括阀门、盘车装置、带顶轴系统的润滑油系统、仪表和控制系统等。

汽轮机的主要设计参数：

形式	单轴四排汽再热凝汽式
机组额定出力	约为 1254MWe（毛）
转速	1500 转/分钟

旋转方向（从调端看）　　顺时针

设计工况

进口压力（主汽阀前）　5.38MPa（a）

蒸汽温度（主汽阀前）　　268.6℃

蒸汽湿度（主汽阀前）　0.45%

背压（平均背压）　　5.59kPa（a）

给水温度　　226.7 ℃

抽汽级数　　7

旁路容量　　40%

2）汽水分离再热器

汽水分离再热器型式：　卧式、一级分离、两级再热

额定工况下：

汽轮机高压缸排汽流量　5161.18t/h

汽轮机高压缸排汽压力　0.951MPa（a）

汽轮机高压缸排汽湿度　12.78%

汽水分离再热器出口蒸汽压力 0.914MPa（a）

再热蒸汽的出口温度　　260℃

3）发电机

发电机额定容量　　1407MVA

功率因数　　0.9

额定电压　　24kV

额定转速　　1500r/min

极数　　4

频率　　50Hz

绝缘等级（定子绕组、转子绕组） F

冷却方式及介质

定子绕组　　水

转子绕组　　氢

定子铁芯　　氢

效率　　99%

4）凝汽器

凝汽器为单流程、表面式热交换器。汽轮机低压缸的排汽、旁路排放蒸汽和其它汽水流体进入凝汽器冷却和除氧。热量由循环水带入海水中，不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。冷却管为钛管。

凝汽器有两个壳体，每个壳体由颈部、壳体、热井和水室组成。允许凝汽器单侧解列运行。组合式 1、2 号低压加热器放置在凝汽器颈部。凝汽器由汽轮机厂配套设计供货。

凝汽器设备数据参见表 4.2-2。蒸汽-电力转换系统流程简图见图 4.2-22。

表 4.2-1 主要设计性能参数

参数名称	单位	参数值
设计寿命	年	60
NSSS 额定功率	MWt	3415
堆芯额定功率	MWt	3400
机组电功率（毛）	MWe	1254.6
反应堆冷却剂环路数	个	2
压力容器入口温度	℃	280.7
压力容器出口温度	℃	321.1
一回路系统运行压力	MPa（a）	15.5
负荷跟踪能力		有
年平均可利用率	%	93
汽轮发电机组效率	%	～36.7
换料周期	月	18
燃料组件平均批卸料燃耗	MWd/tU	～50000
年燃料消耗量（富集铀 U_e）	ton	22.87
堆芯损伤频率	1/堆年	＜10^{-6}
大量放射性物质释放频率	1/堆年	＜10^{-7}

表 4.2-2　凝汽器设备参数

序号	项目	单位	数据
1	额定工况凝汽器背压/循环水温度	KPa（a）/℃	5.59 / 24.8
2	汽轮机跳闸背压	KPa（a）	28.0
3	旁路运行时凝汽器允许的最高压力	KPa（a）	14.6
4	额定工况凝汽器出口凝结水温度	℃	34.9
5	凝汽器冷却面积（含 5%堵管率）	m^2	105000
6	清洁系数		0.9
7	循环水温升	℃	7.1
8	凝汽器流程		1
9	冷却水管数量	根	84400
10	冷却水管规格	mm	φ 22×0.5
11	冷却水管有效长度	m	18
12	冷却水管总长度	m	18.092
13	冷却水管材质		钛管
14	管板材质		钛复合钢板
15	凝汽器壳体材质		碳钢
16	水室材质		碳钢 （内衬胶）
17	热阱总储水量（正常液位）	m^3	345
18	凝汽器支撑方式		刚性支撑
19	凝汽器重量		
	水室	t	30×8
	凝汽器空重	t	1050×2
	凝汽器运行重	t	2000×2
	凝汽器满水重	t	4100×2

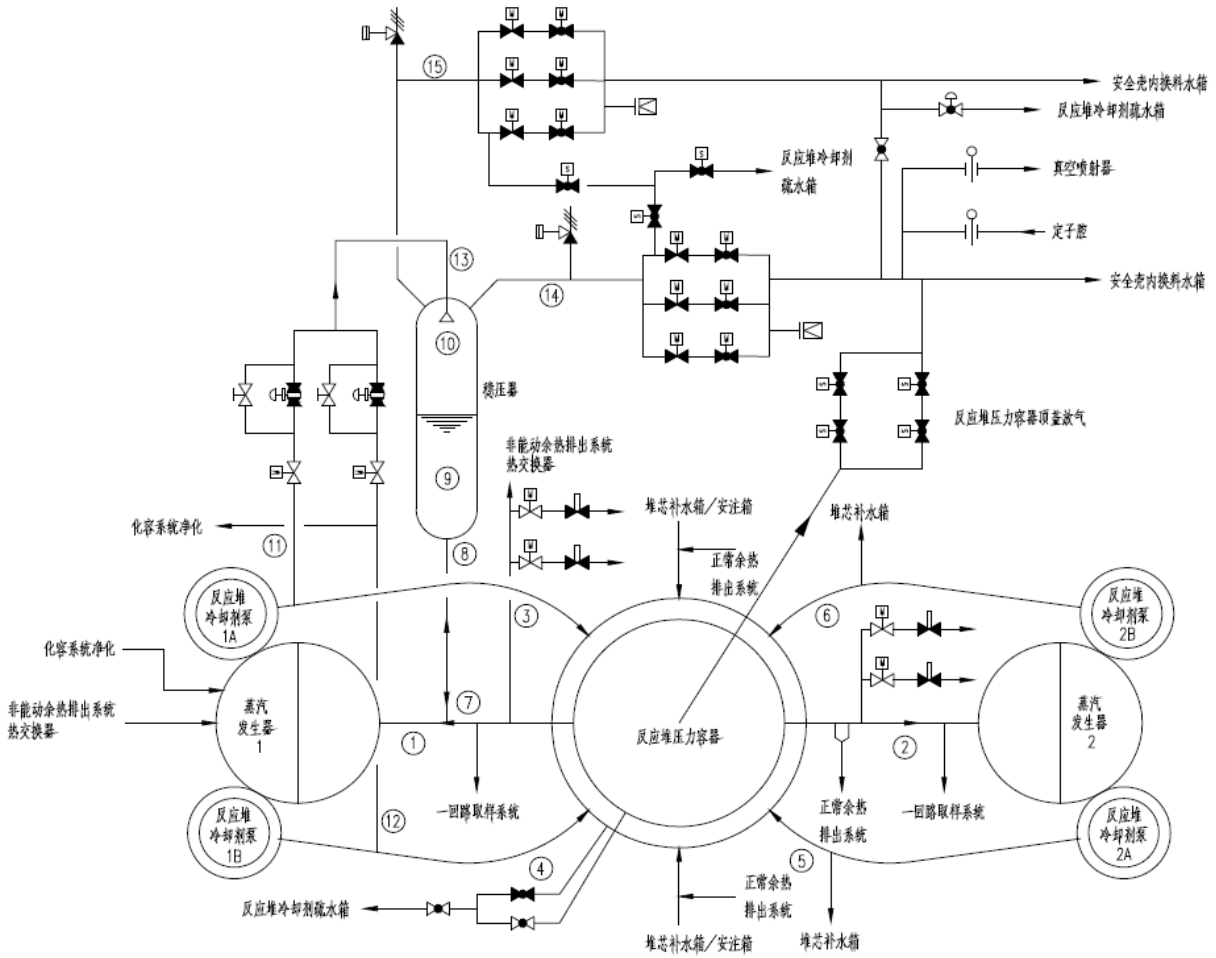


图 4.2-1　反应堆冷却剂系统流程图

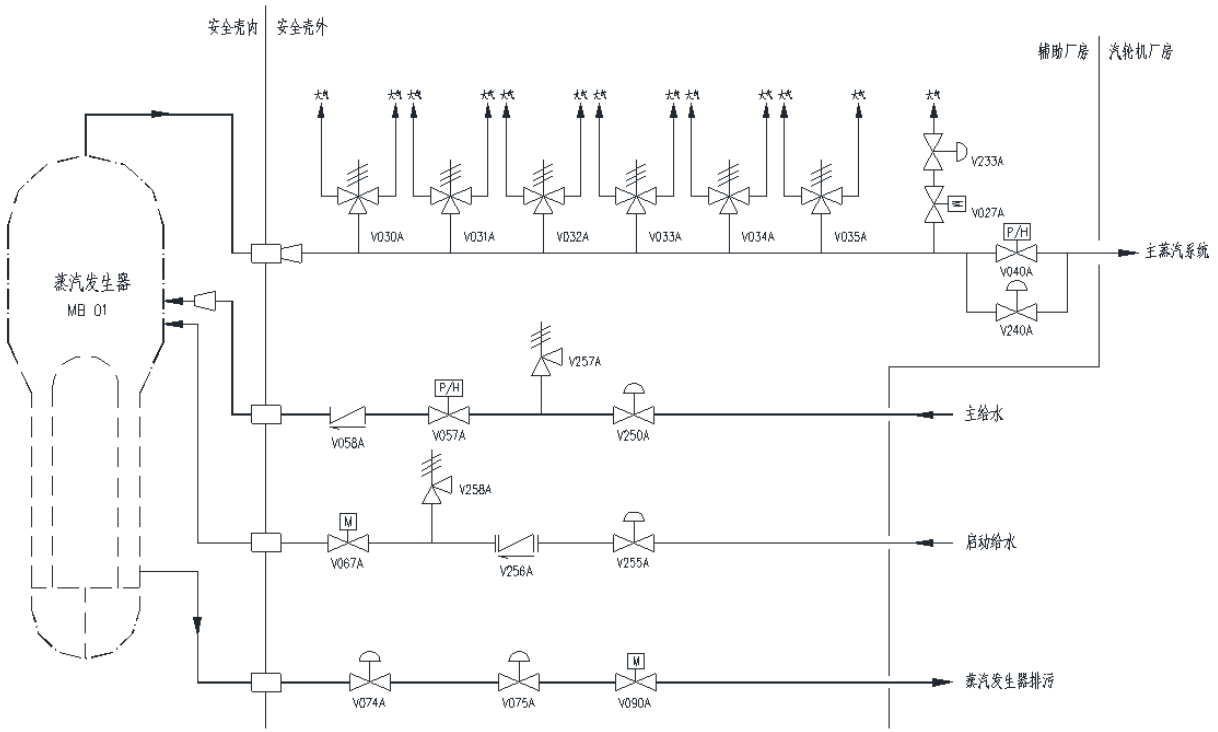


图 4.2-2　蒸汽发生器系统流程图

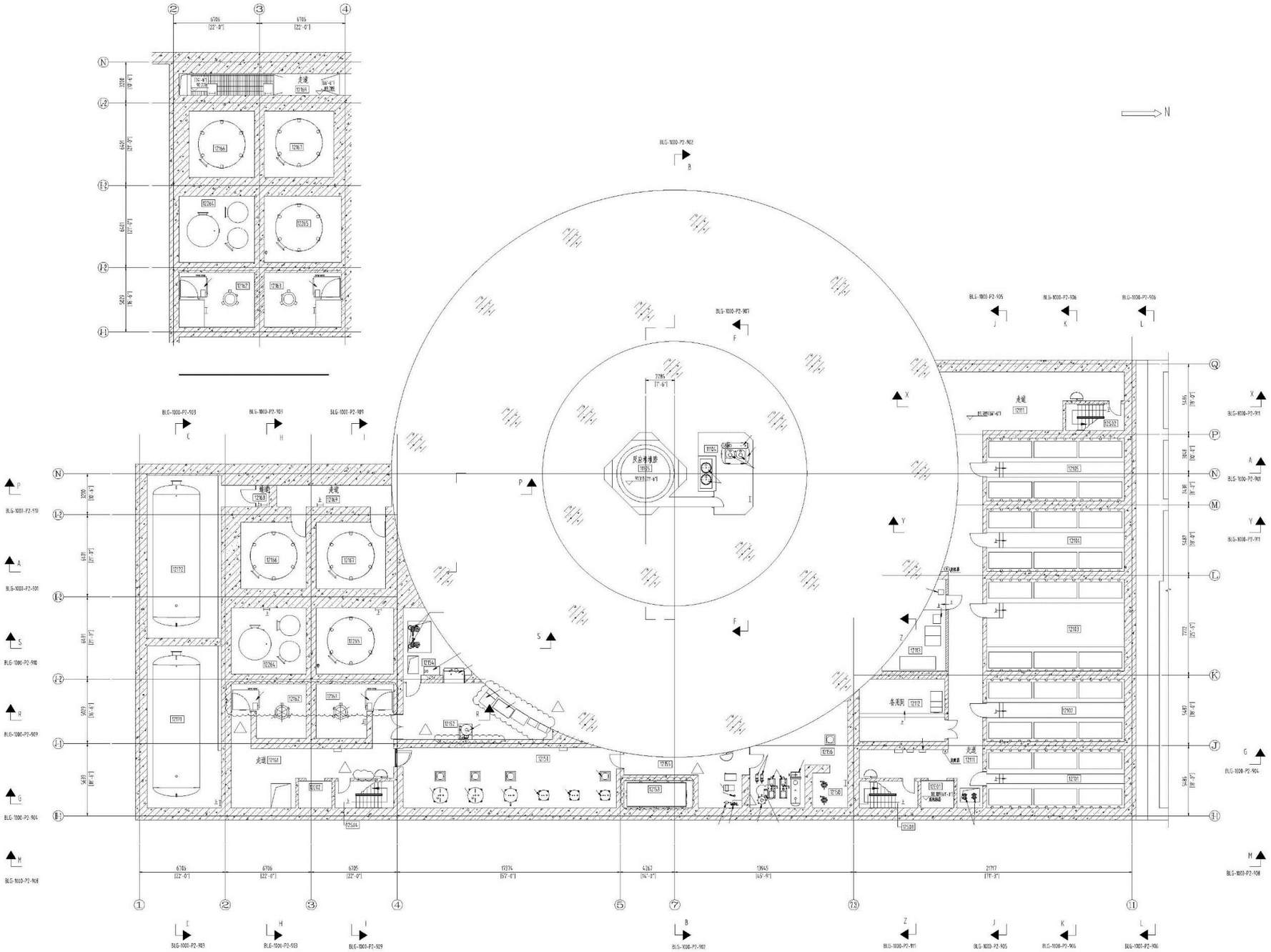
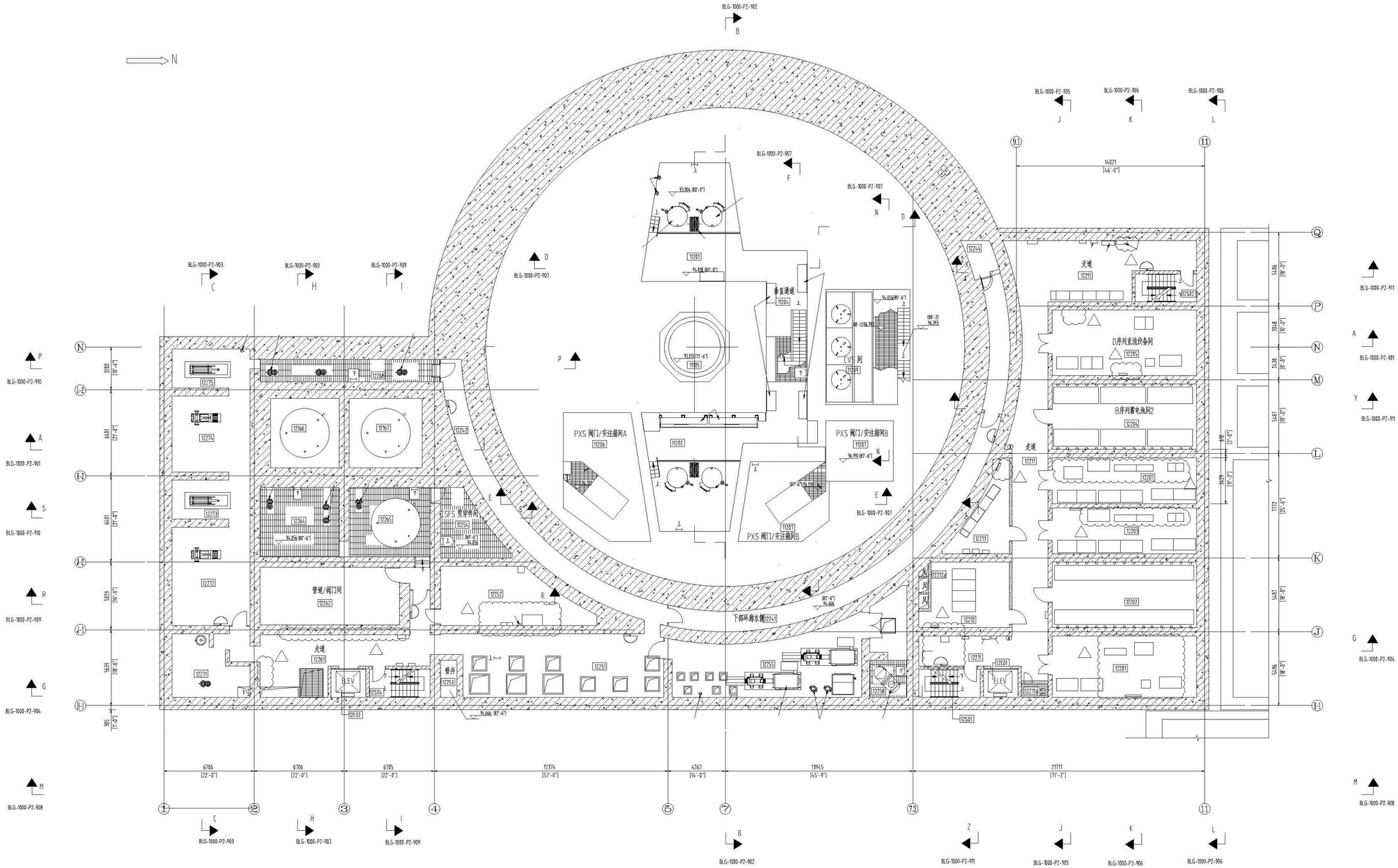


图 4.2-3　核岛厂房布置示意图 89.789m


N
BLG-1000-P2-902
B
BLG-1000-P2-903
C
BLG-1000-P2-903
H
BLG-1000-P2-909
I
BLG-1000-P2-907
D
BLG-1000-P2-907
F
BLG-1000-P2-907
N
BLG-1000-P2-907
E
BLG-1000-P2-905
J
BLG-1000-P2-906
K
BLG-1000-P2-906
L
BLG-1000-P2-910
P
BLG-1000-P2-901
A
BLG-1000-P2-910
S
BLG-1000-P2-909
R
BLG-1000-P2-904
G
BLG-1000-P2-908
M
BLG-1000-P2-911
Y
BLG-1000-P2-911
A
BLG-1000-P2-901
BLG-1000-P2-904
G
BLG-1000-P2-908
M
BLG-1000-P2-903
C
BLG-1000-P2-903
H
BLG-1000-P2-909
I
BLG-1000-P2-902
B
BLG-1000-P2-911
Z
BLG-1000-P2-905
J
BLG-1000-P2-906
K
BLG-1000-P2-906
L
14021
[46'-0"]
走道
12211
D序列直流设备间
12285
B序列蓄电池间2
12204
走道
12211
PXS 阀门/安注箱间A
11206
PXS 阀门/安注箱间B
11207
PXS 阀门/安注箱间B
11207
CSFS 贵宾件间
12250
管道/阀门间
12262
走道
12261
管井
12253
下部环廊东侧
12241
LVS 间
11209
垂直通道
11204
走道
12211
12202
12201
12281
12208
12207
12212
12211
12211
12E01
12E01
12E02
12504
12758
12755
12251
12252
12242
12244
12712a
12713
12717a
12717
12711
12271
12272
12273
12274
12275
12264
12265
12166
12167
12768
11261
11205
11202
11207
11206
11207
11202
11205
11209
11204
12244
12211
12507
12285
12204
12211
12207
12208
12202
12201
12281
12E01
12E01
12504
12758
12755
12251
12253
12252
12242
12241
12262
12264
12265
12166
12167
12768
12271
12272
12273
12274
12275

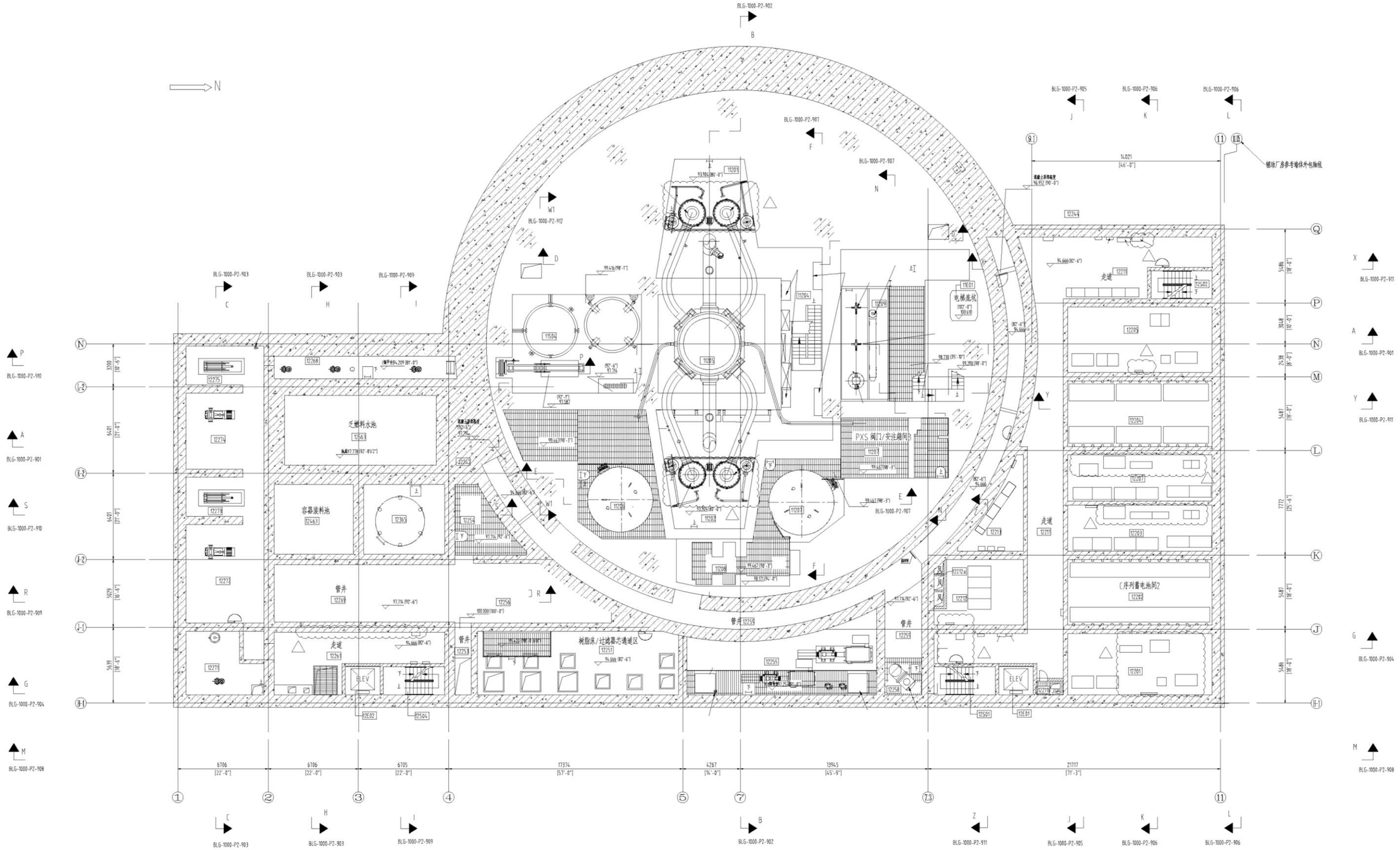


图 4.2-5　核岛厂房布置示意图 97.714m

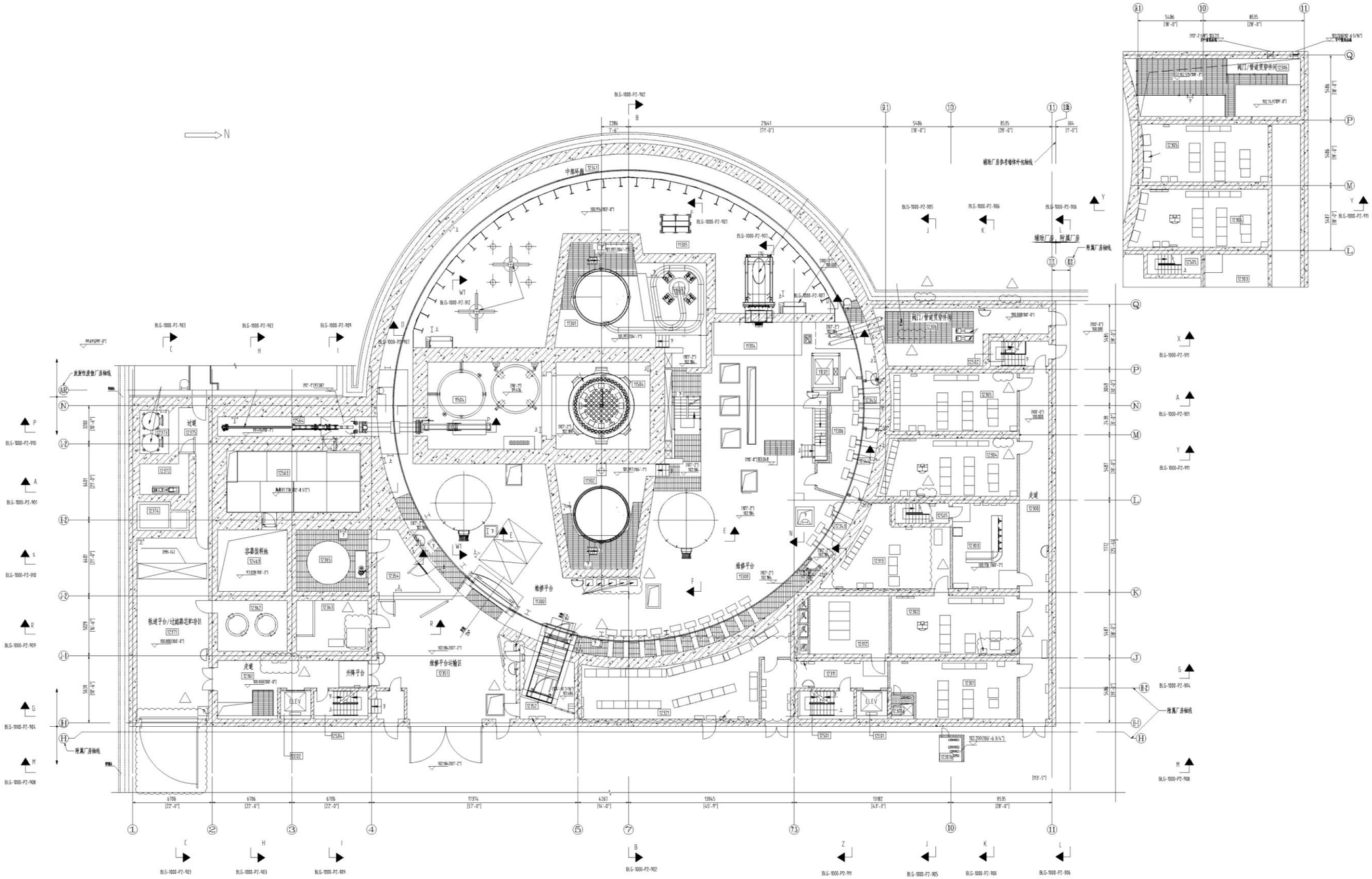


图 4.2-6　核岛厂房布置示意图 100.000m 及 102.184m

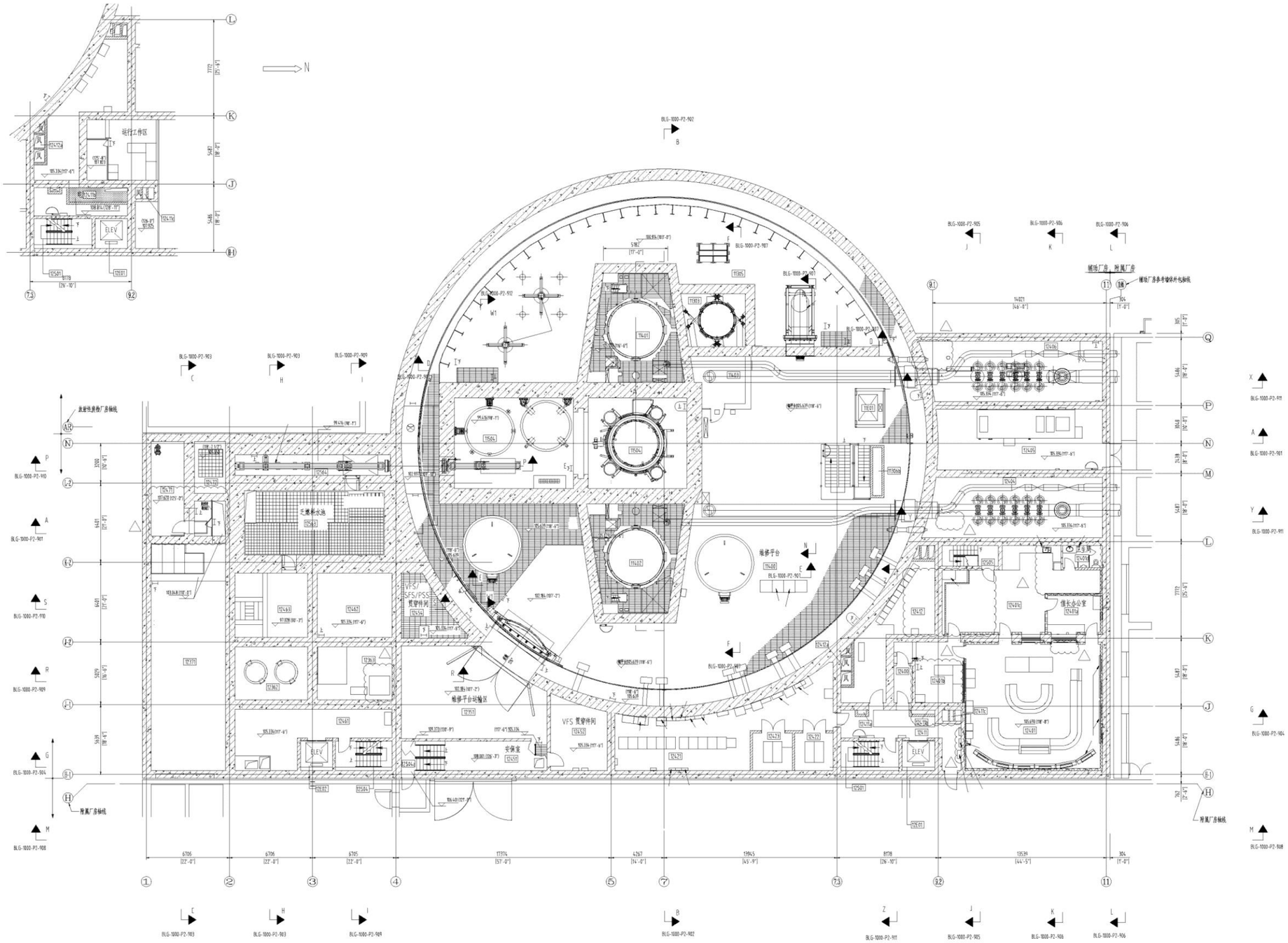


图 4.2-7　核岛厂房布置示意图 105.334m

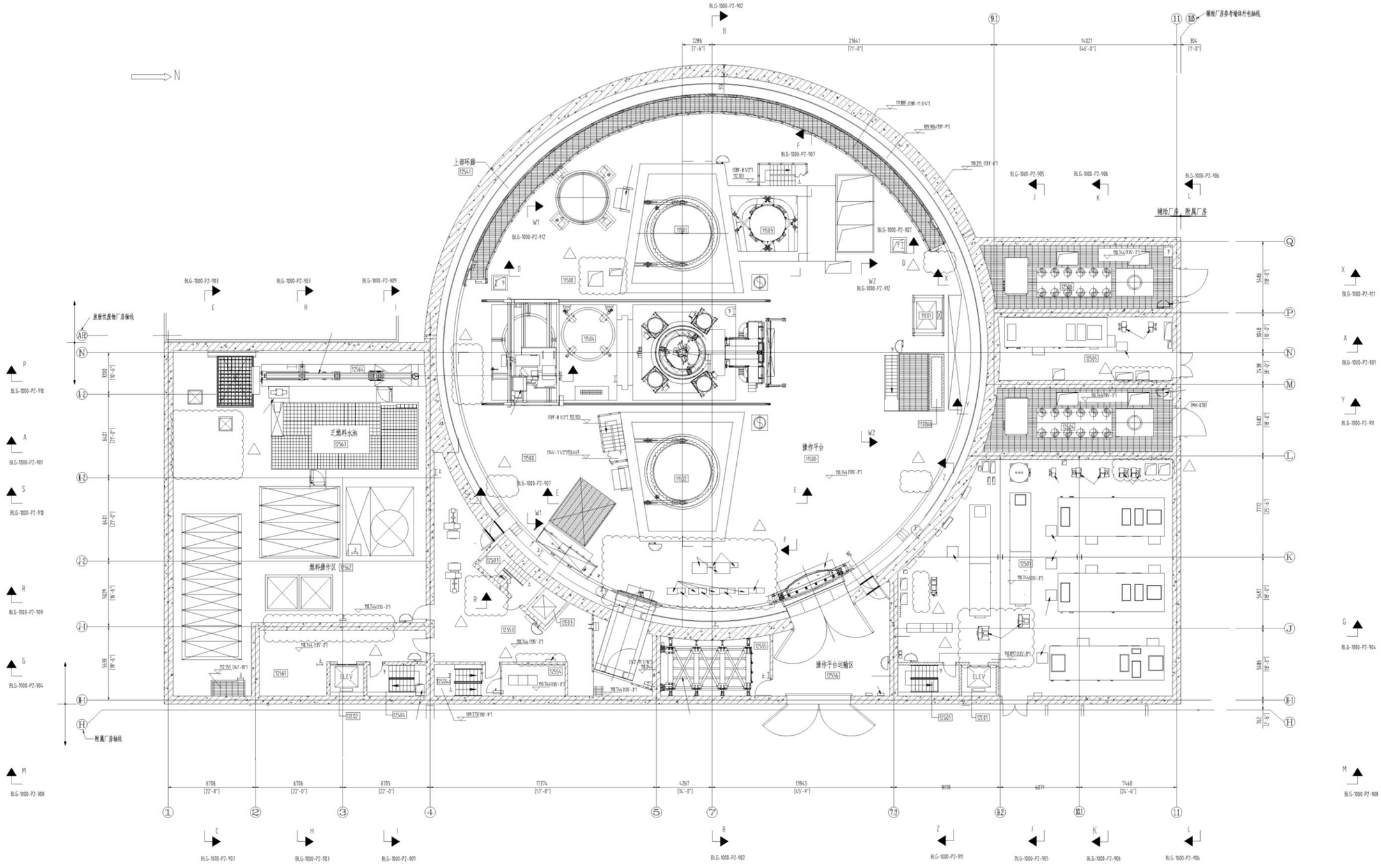


图 4.2-8　核岛厂房布置示意图 110.744m

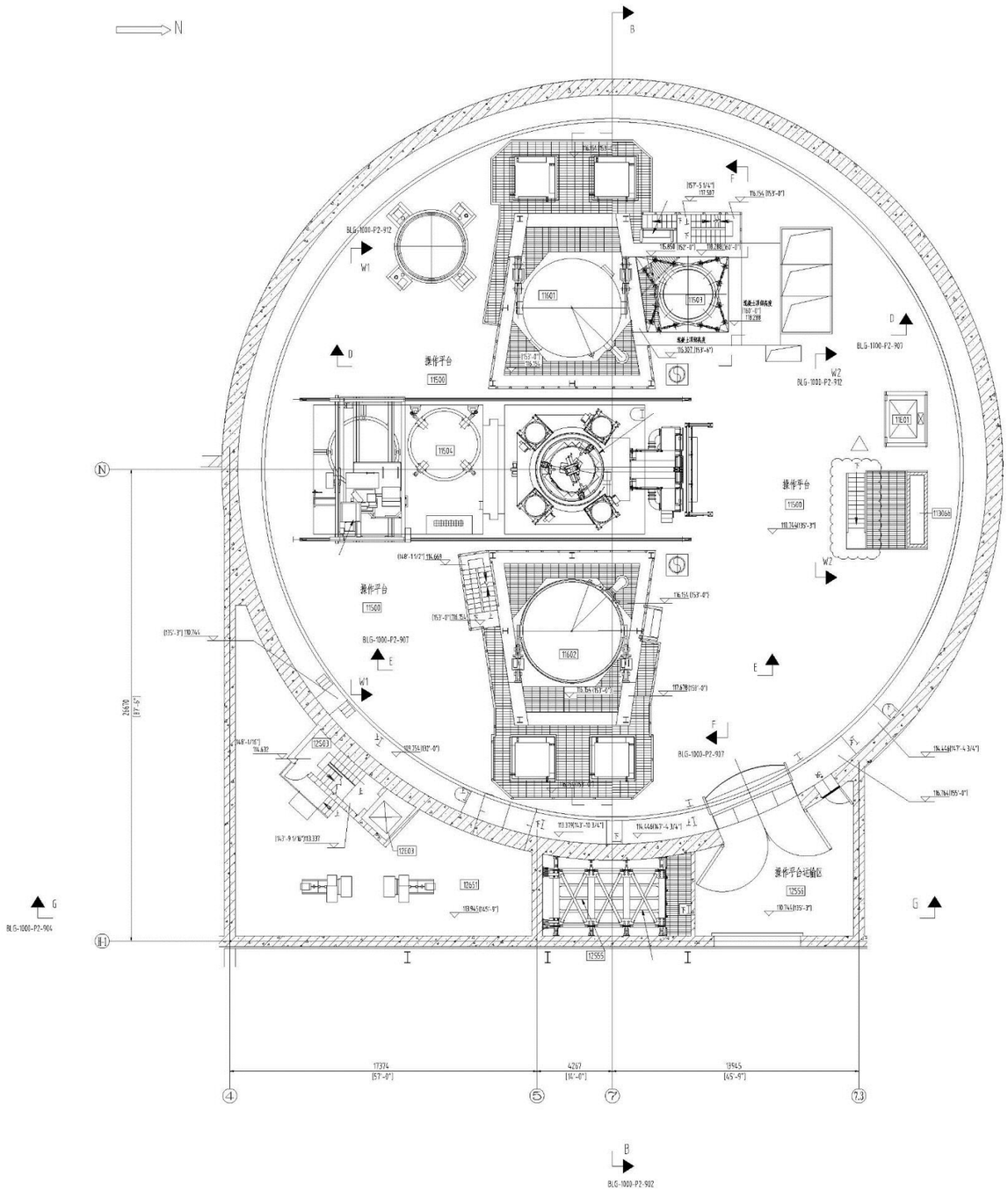


图 4.2-9　核岛厂房布置示意图 116.154m

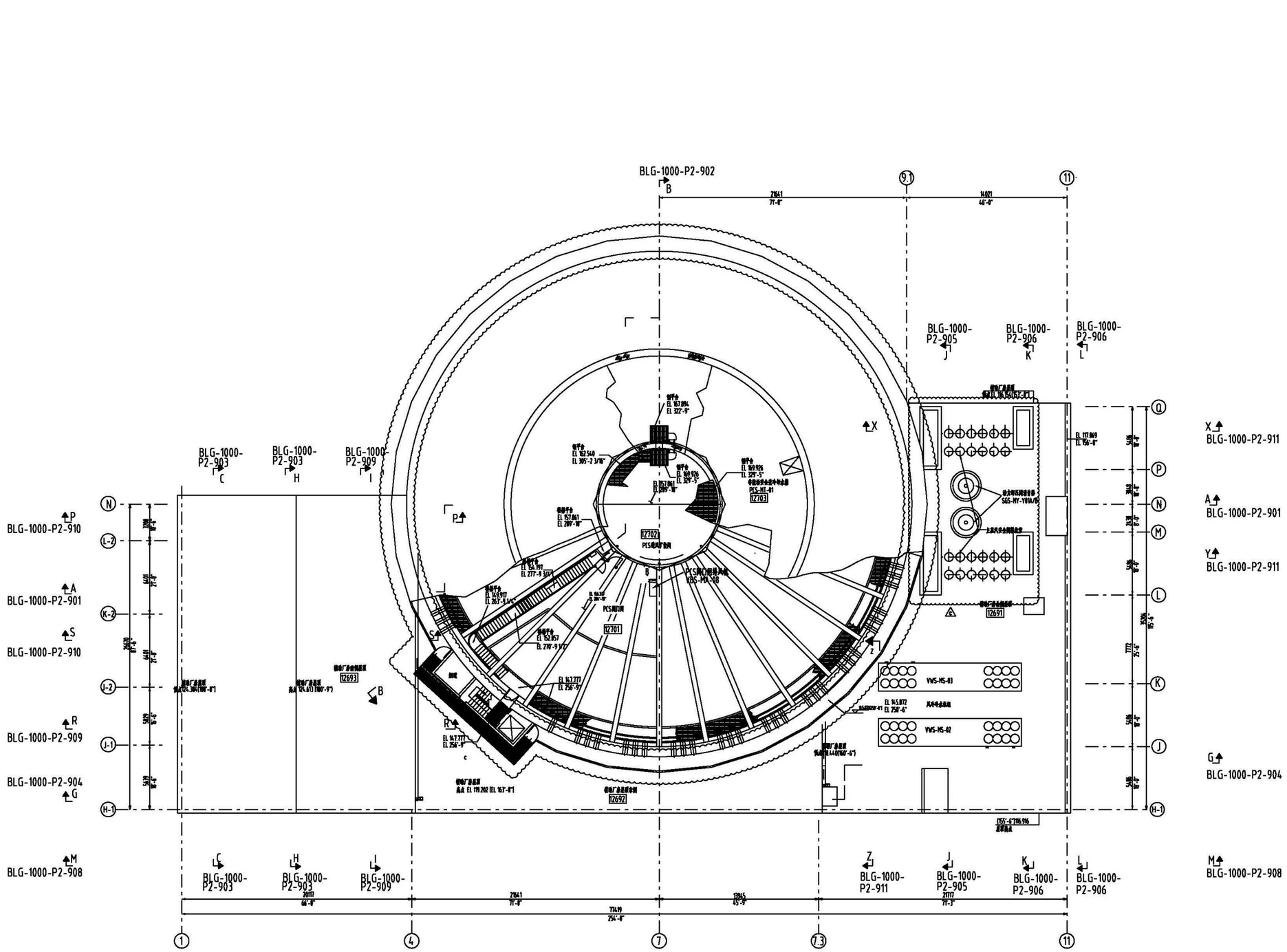


图 4.2-10　核岛厂房布置示意图屋顶平面

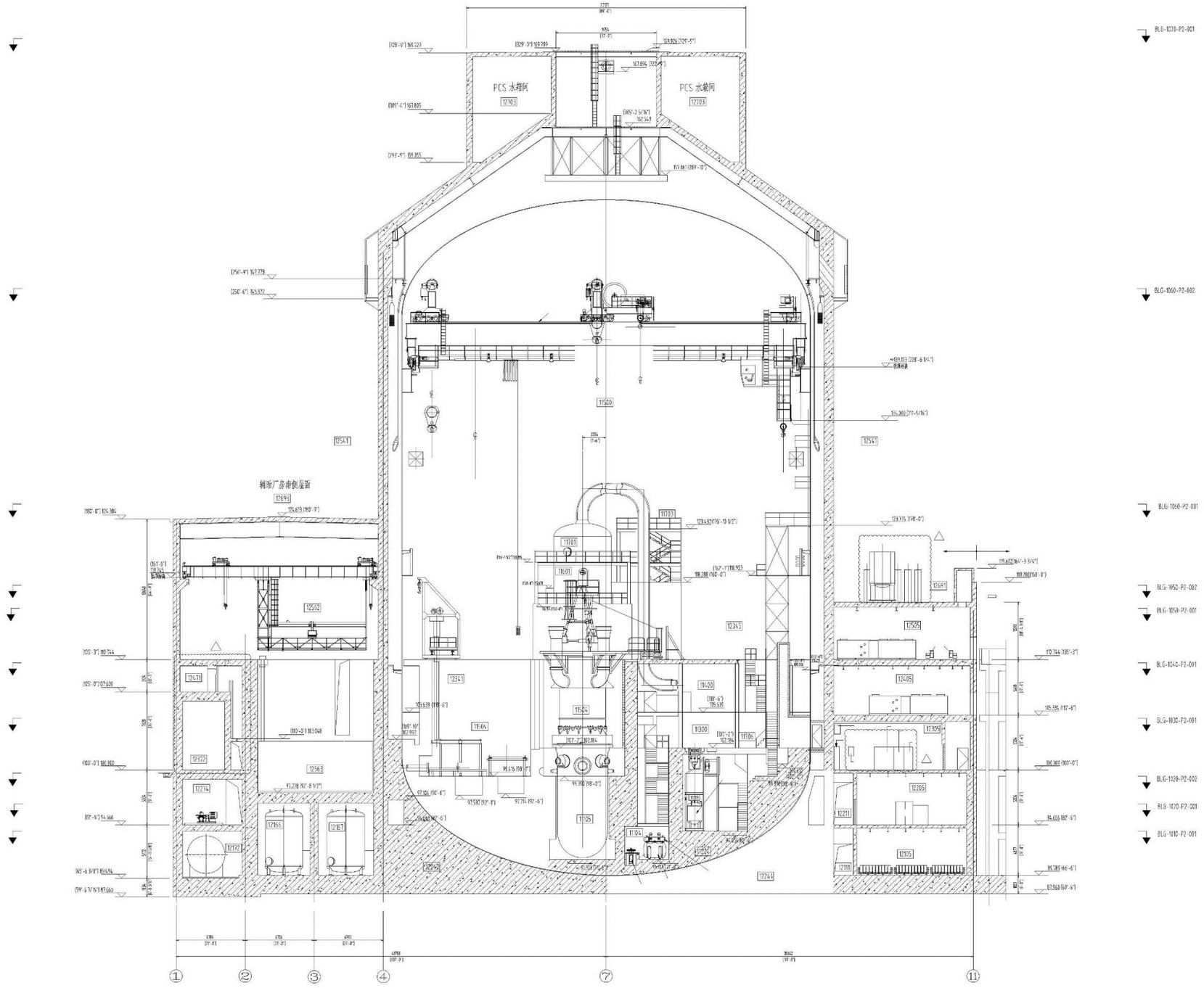


图 4.2-11　核岛厂房布置示意图 A-A 剖面

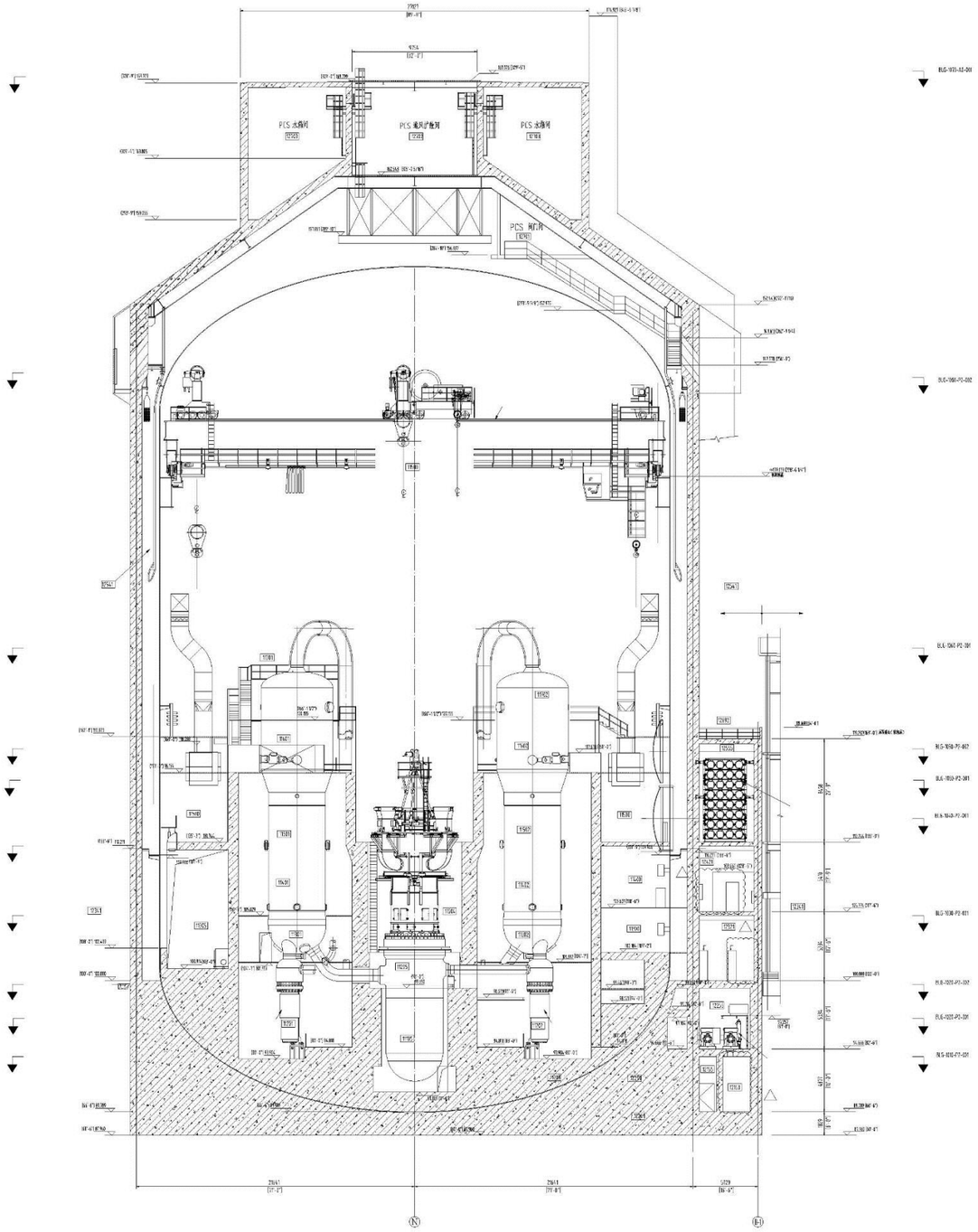


图 4.2-12　核岛厂房布置示意图 B-B 剖面

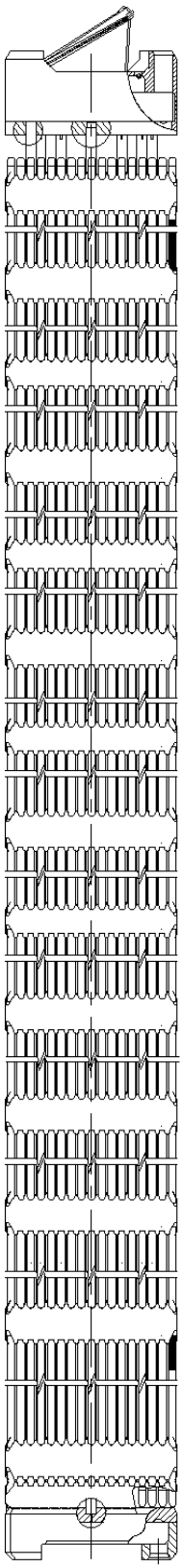


图 4.2-13　燃料组件简图

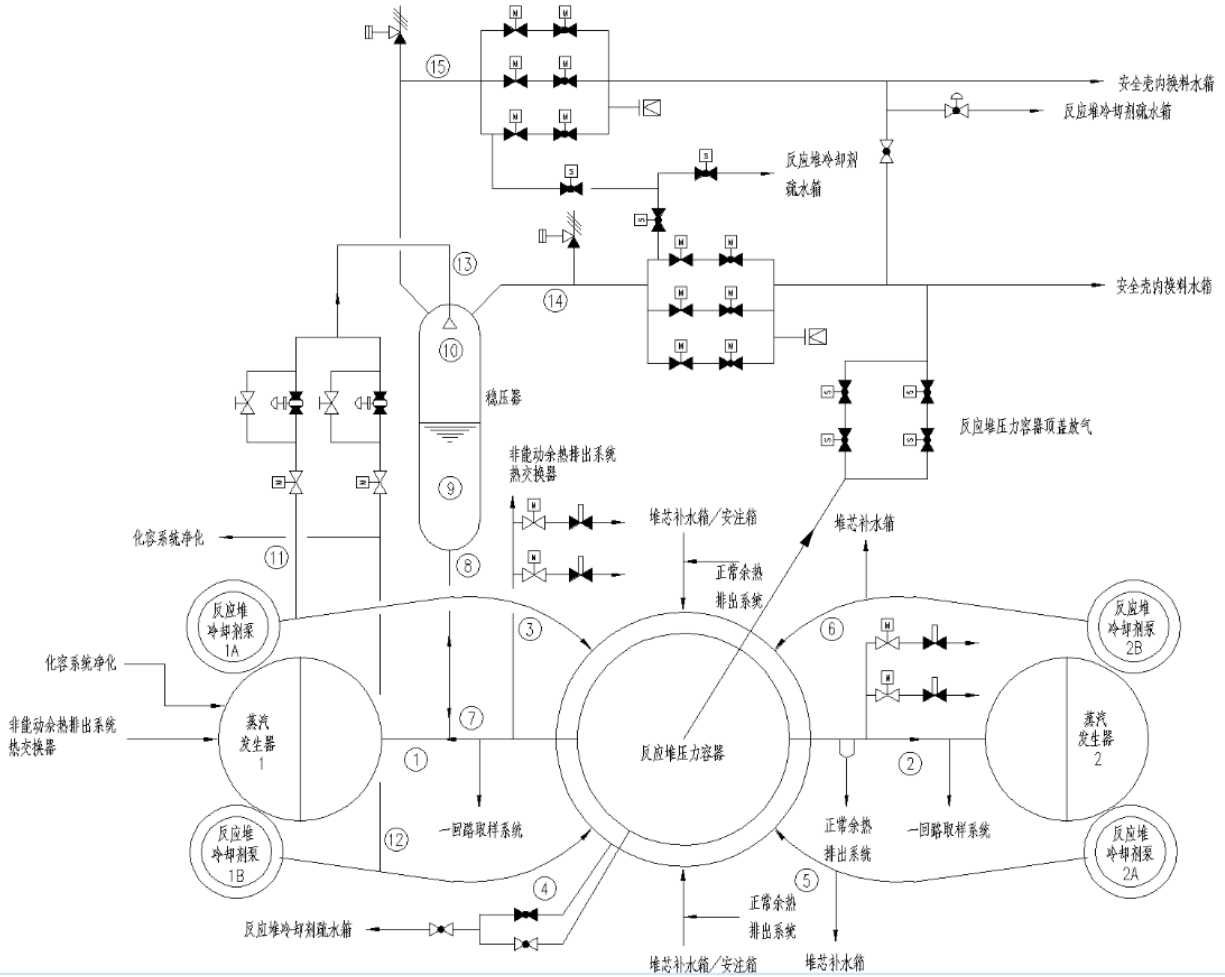


图4.2-14　反应堆冷却剂系统流程简图

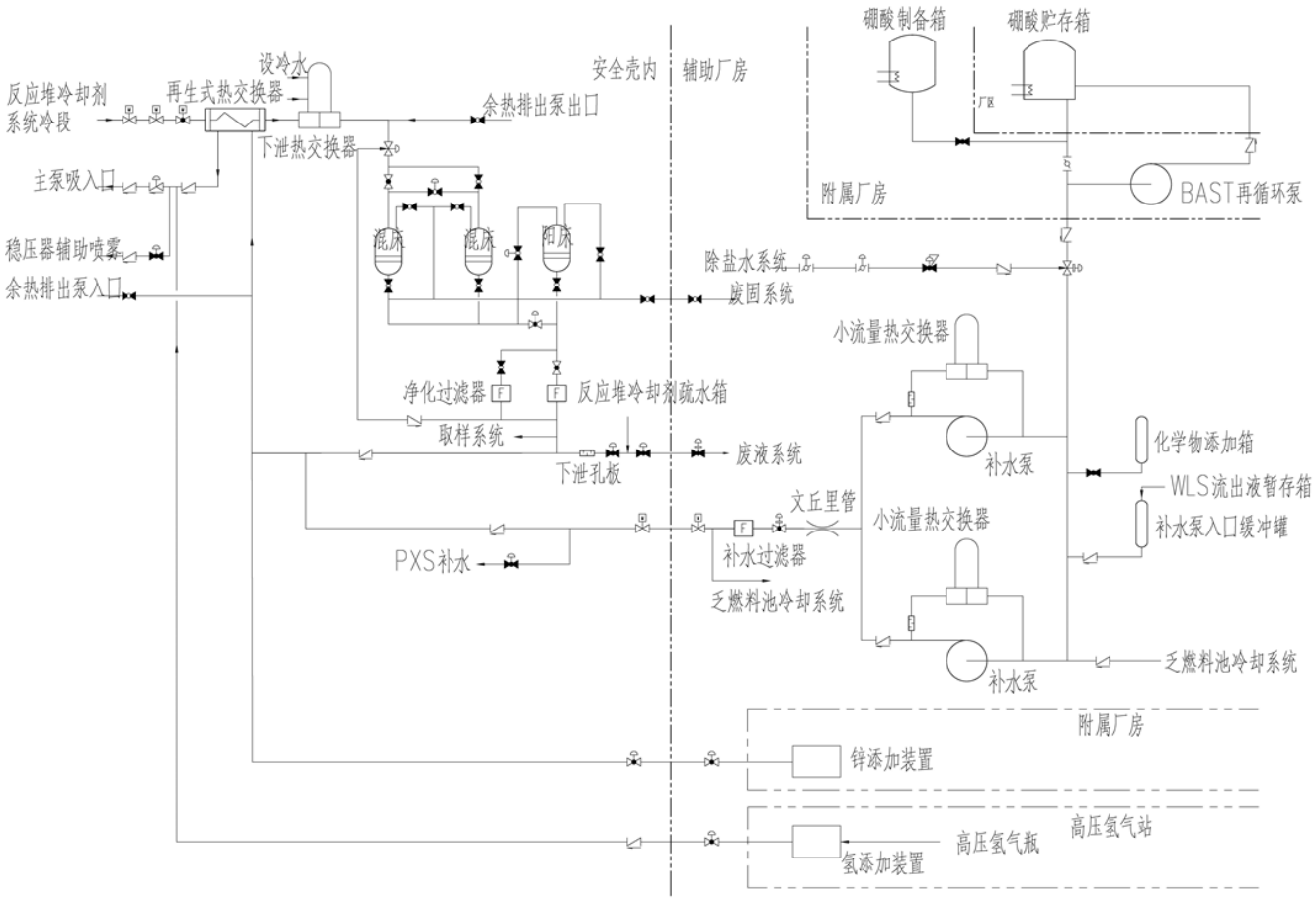


图 4.2-15　化学和容积控制系统流程简图

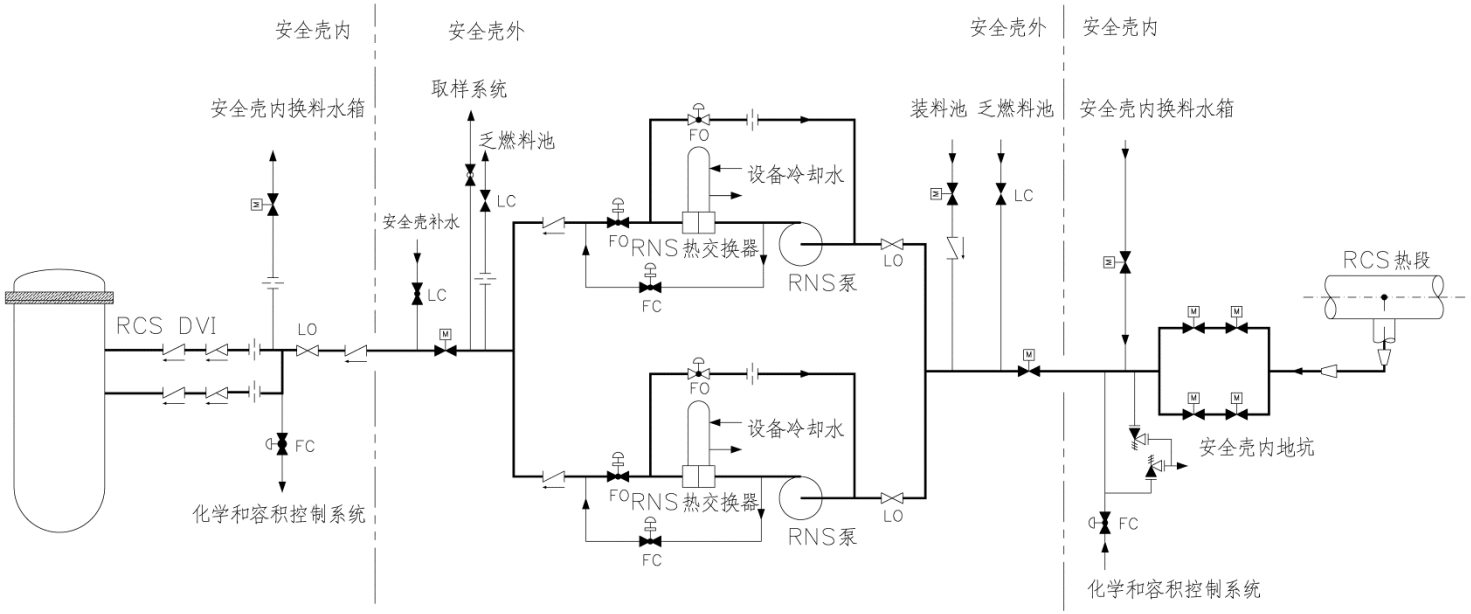


图 4.2-16　正常余热排出系统流程简图

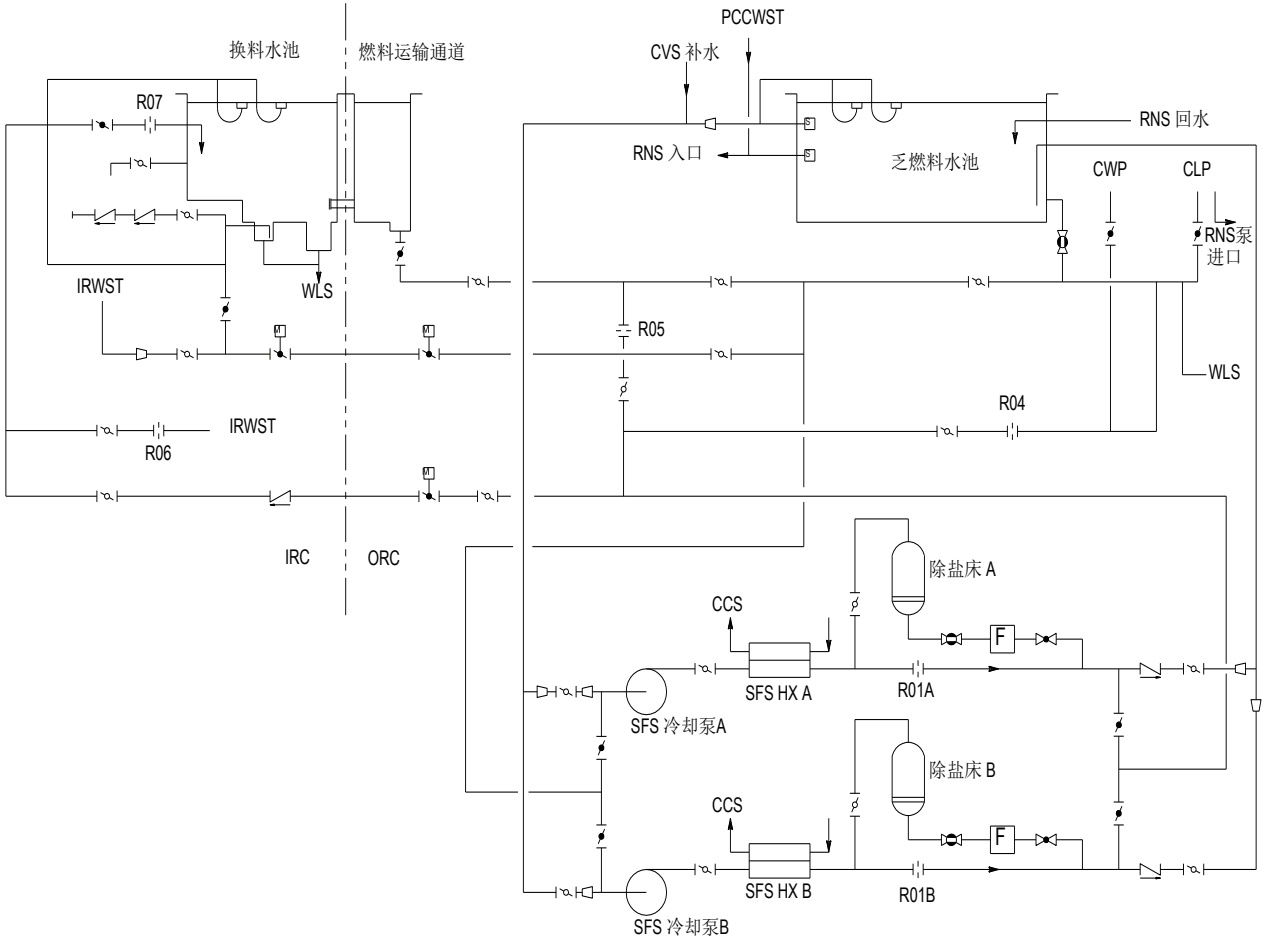


图 4.2-17　乏燃料池冷却系统流程简图

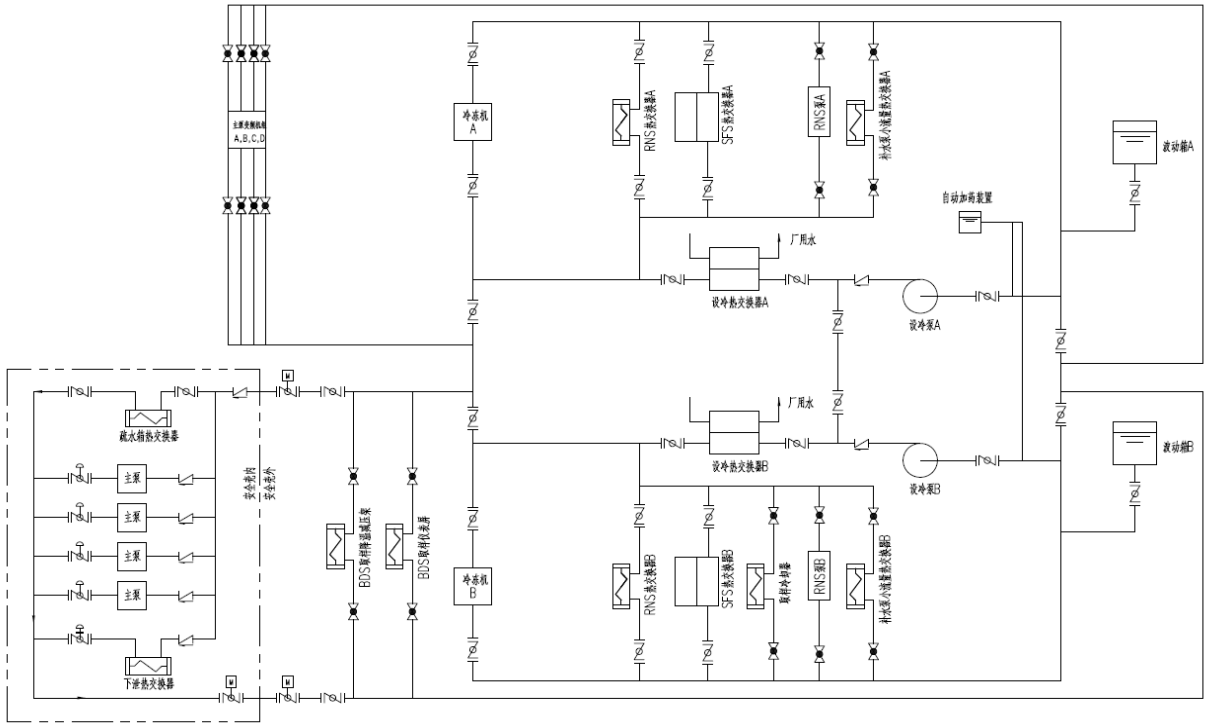


图 4.2-18　设备冷却水系统流程简图

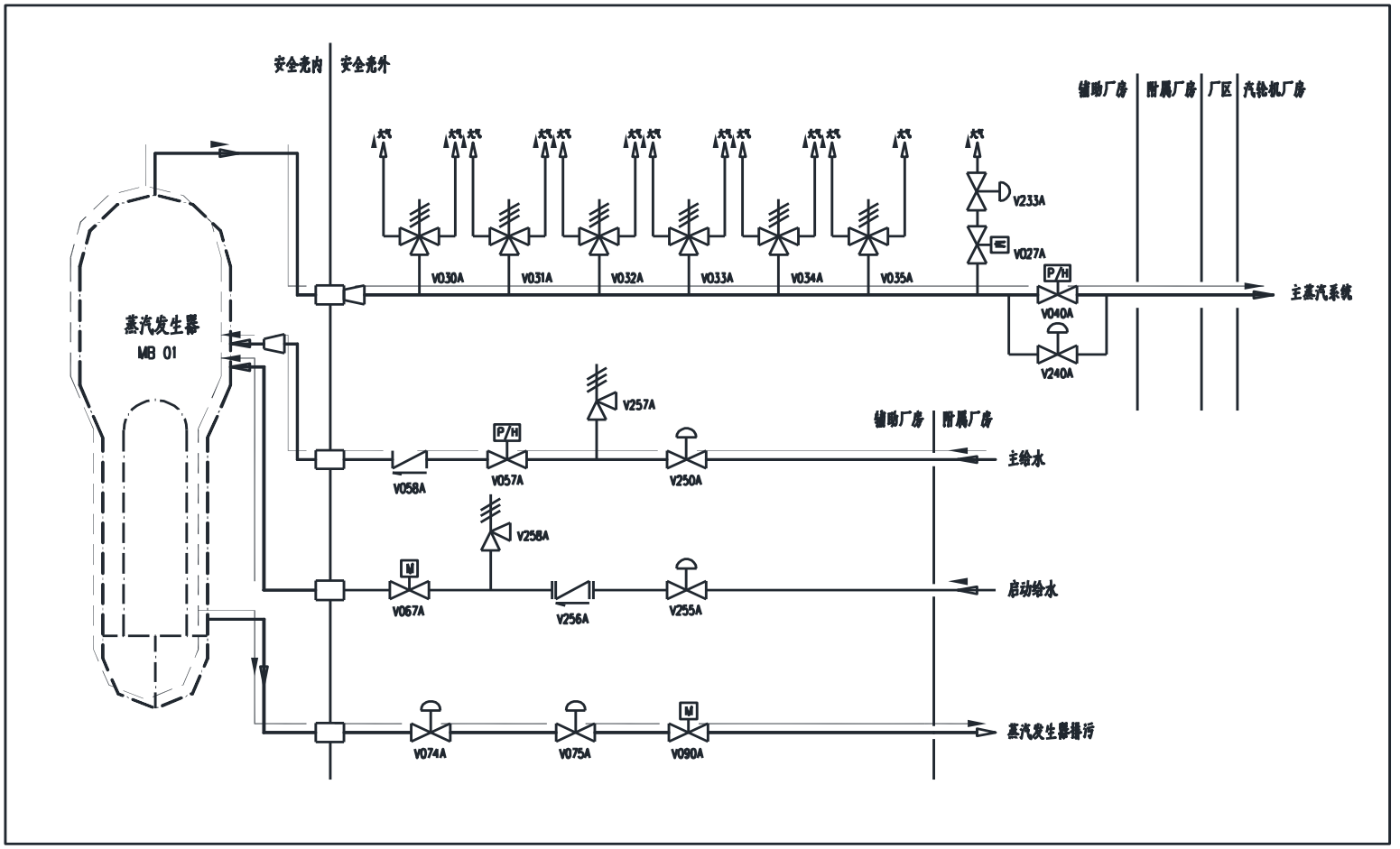


图4.2-19　蒸汽发生器系统流程简图

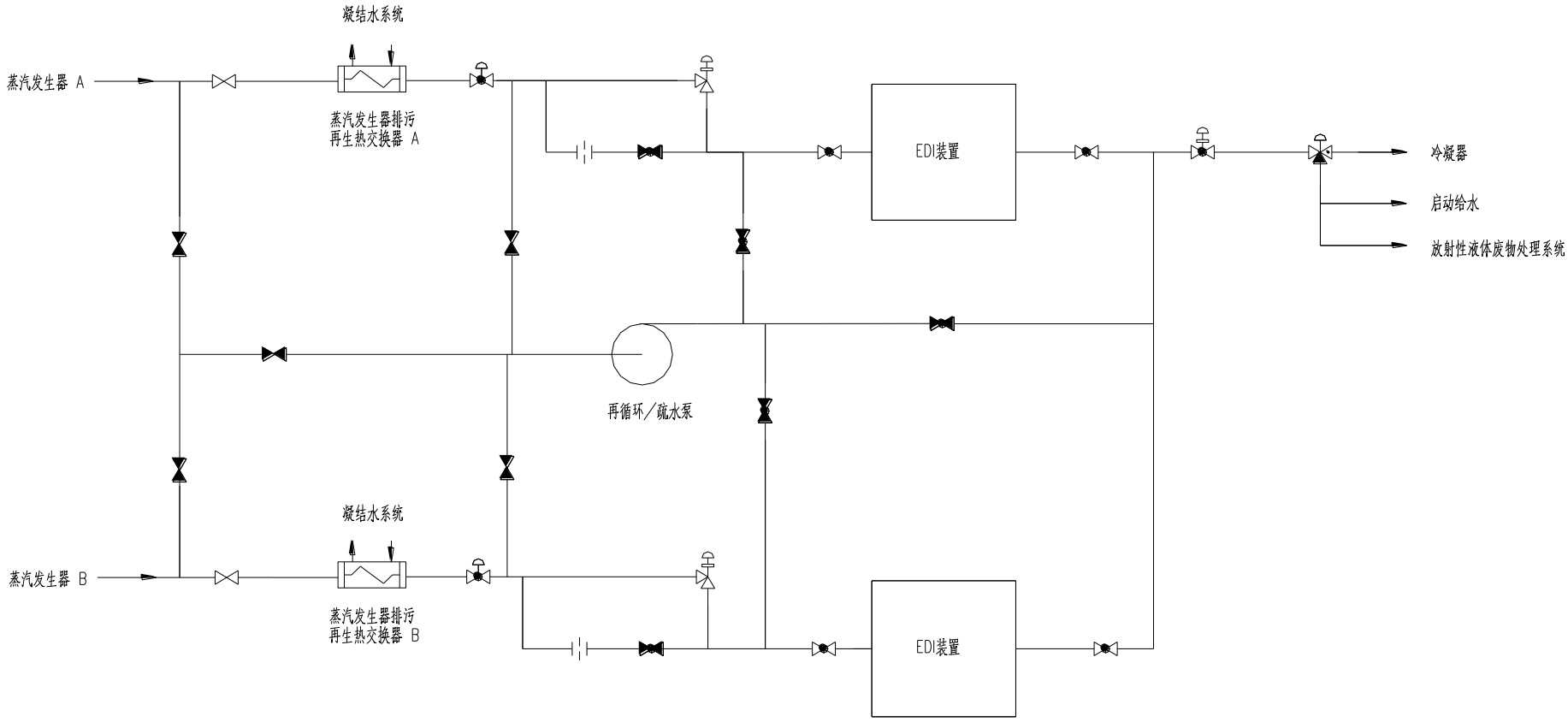


图4.2-20　蒸汽发生器排污系统流程简图

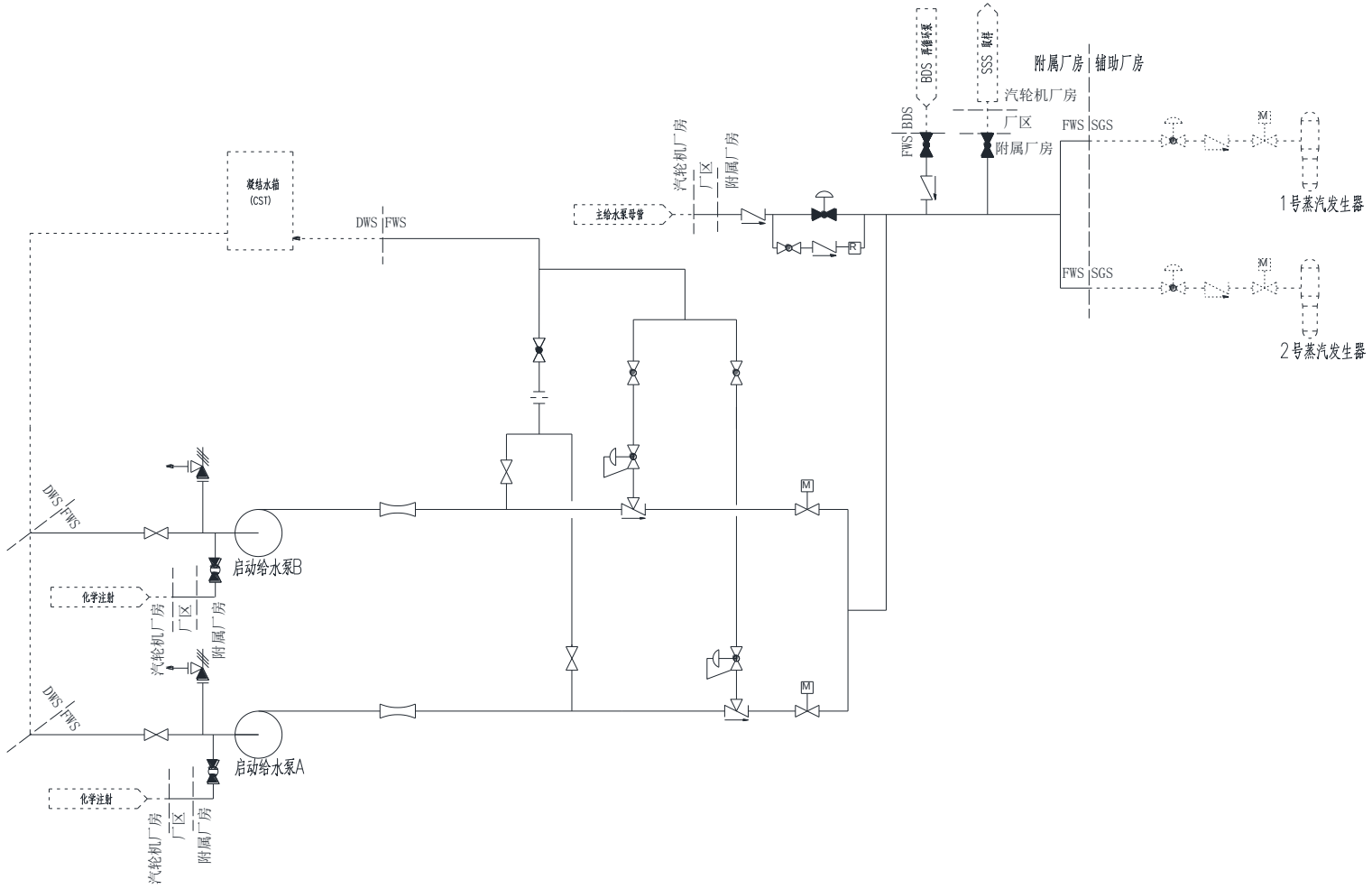


图 4.2-21　启动给水系统流程简图

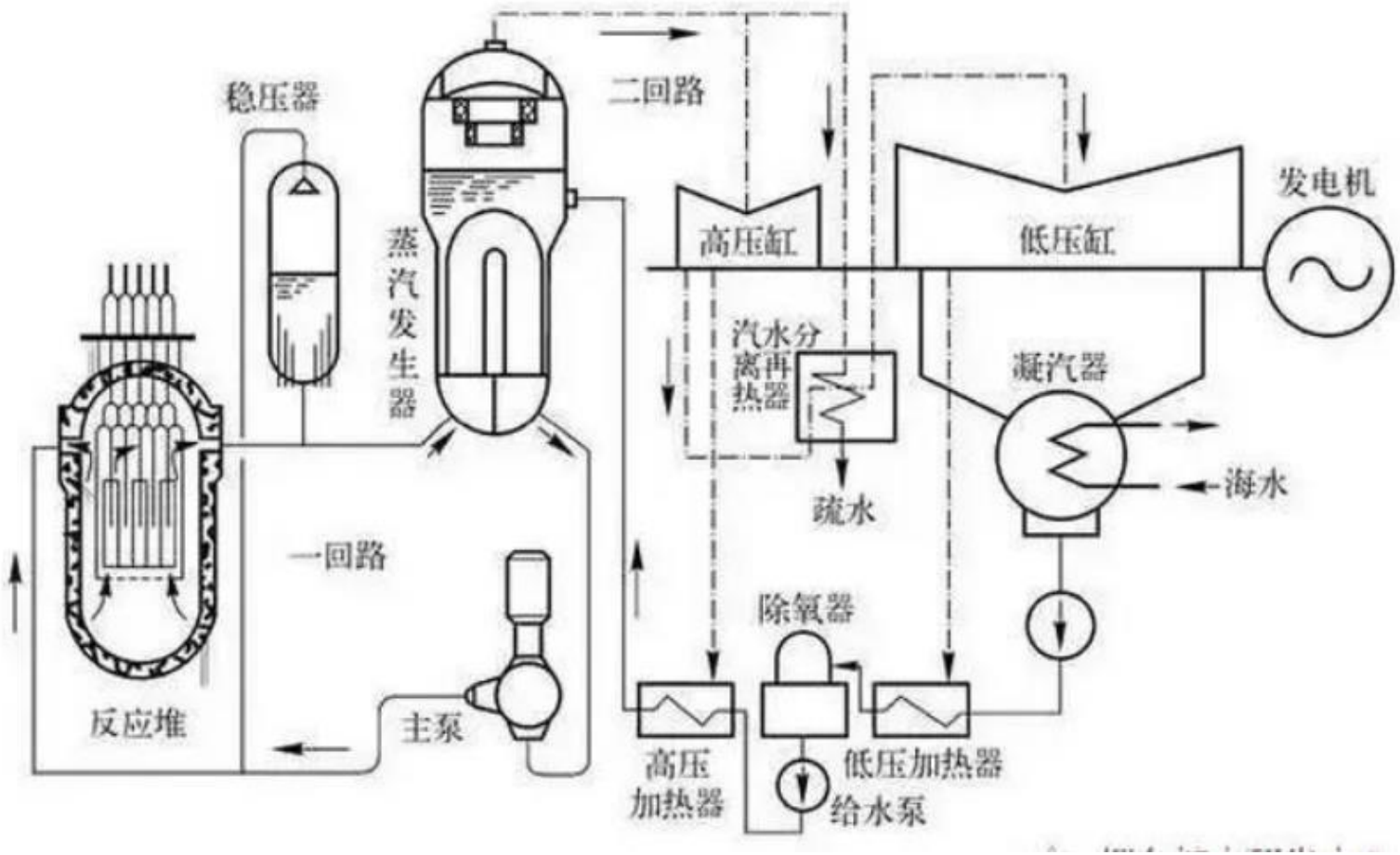


图 4.2-22　蒸汽-电力转换系统流程简图

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.1.1 淡水水源及海水水源

广西白龙核电厂的淡水主要用于核电厂的生活饮用水，除盐水原水，工业用水以及消防水的补充水，在施工阶段还需要供应施工用水，施工期淡水供水保证率 90%，运行期淡水供水保证率 97%。本工程施工期年最大取水量约 106.2 万 m^3（其中施工前期（前 3 年）年最大取水量约 61.0 万 m^3），运行期间年最大取水量约 189.8 万 m^3。本工程施工期日最大取水量 3831m^3/d，运行期间各种运行工况下日最大取水量为 11253m^3/d，日平均取水量 5676m^3/d。本工程施工前期水源为湾潭水库地表水；施工后期和运行期的水源为防城河地表水，取水口位于木头滩拦河坝上游 800m 处右岸。

本工程于 2023 年 12 月 6 日获得“珠江委关于广西白龙核电项目一期工程取水许可申请准予水行政许可决定书（珠许可决【2023】100 号）”。根据《广西白龙核电项目一期工程水资源论证报告书（报批稿）》，本工程正常运行时的设计耗水指标为 0.024m^3/（s•GW），满足《取水定额 第 46 部分：核电（GB/T 18916.46-2019）》规范要求。

水量平衡图见图 4.3-1。工业用水重复利用率 99.9%。

厂址东、南、西三面环海，循环水系统采用直流供水系统，用海水作为冷却水。单台 CAP1000 核电机组的夏季冷却水量为 74.6m^3/s，排水温升为 6.96℃；单台 CAP1000 核电机组的冬季冷却水量为 63.6m^3/s，排水温升为 8.19℃；单台 CAP1000 核电机组的春（秋）季冷却水量为 74.6m^3/s，排水温升为 6.96℃。

4.3.1.2 厂用水系统

SWS 是一个非安全相关、开式冷却系统，它把 CCS 热交换器收集的热负荷直接输送到海水，经过热交换器排出的冷却水最终和循环水一起排放入海。SWS 在核电厂停堆、热备用、启动和正常运行模式下，通过 CCS 向核电厂的各种设备提供冷却；此外在电厂冷却和冷停堆期间，SWS 通过 CCS 为正常余热导出系统（RNS）热交换器和泵提供冷却。

SWS 或者其部件的故障不会影响其它安全相关系统执行相应的安全功能。SWS 在冷停堆开始阶段（安全停堆 4 小时后）能够提供安全停堆所需的冷却。

在失去正常 AC 电源的工况下，每个 SWS 泵和相应的电动阀门由独立的后备 AC 电源供电。

每个机组的 SWS 设计为 2 个系列的设备和管道，每个系列含有一台 SWS 泵、一台过滤器及相关的阀门和仪表。每个机组的 SWS 设有一台检修备用 SWS 泵。在电厂正常运行时，每个系列提供 100％容量的冷却水。在 CCS 热交换器的上游和下游管道，2 个系列之间接有联管，可以允许任何一台泵提供冷却水给任何一个热交换器，也允许经过任何一个热交换器出水排放到循环水排水管沟。

SWS 泵布置在循环水泵房，SWS 从循环水过滤系统后端吸水，冷却水经过自动反冲洗过滤器进入 CCS 热交换器以排出核岛部件的热量，升温后的冷却水借助余压进入循环水排水管沟，将热量消散在大海中。

SWS 的材料选取要与介质的化学性质及用来控制系统长期运行而形成有机污垢的药剂相适应。冷却水的水质由化学加药系统控制。

SWS 确保从堆启动到满功率运行、直至停堆和换料等所有正常运行工况下 CCS 热交换器的冷却水供应。系统在失去正常 AC 电源时由备用柴油机带载。

表 4.3-1 给出了电厂不同运行模式下，SWS 的冷却水流量和热量负荷。

SWS 系统简图见图 4.3-2。

4.3.2 核电厂散热系统

广西白龙核电厂规划建设 2 台 CAP1000+4 台 CAP1400 压水堆核电机组，一次规划，分期建设，本工程为 2 台 CAP1000 压水堆核电机组。

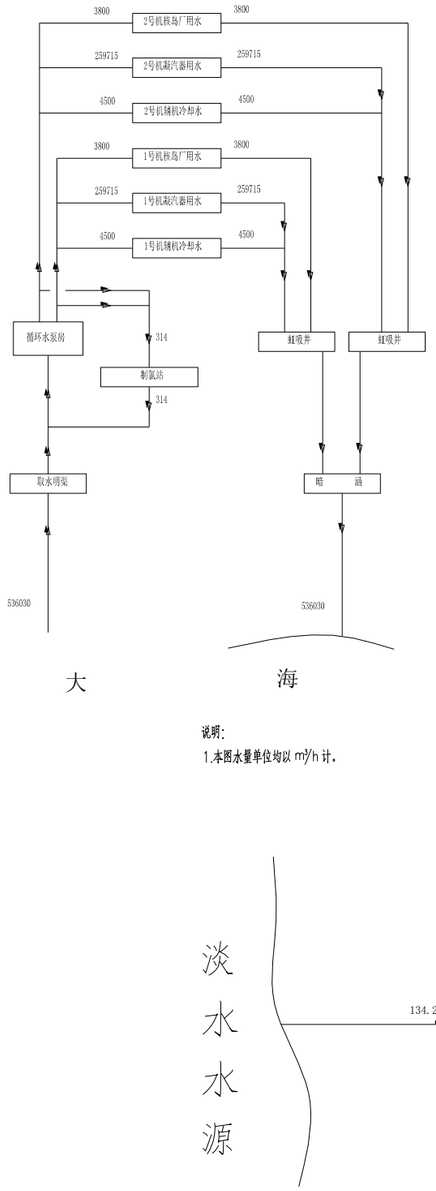
厂址东、南、西三面环海，循环水系统采用直流供水系统，用海水作为冷却水。厂址取排水工程按规划容量统一规划布置。本工程采用东南侧明渠取水，南侧暗涵排水方案。取水明渠位于厂区东南侧，口门处地形标高约-9.5m，口门处底宽约 260m，取水明渠底高程-8.5m，渠底宽度约 175m；排水口处底高程约-12.9m，距离岸边约 4.0km。

广西白龙核电厂取排水工程方案见图 4.3-3。循环水系统图见图 4.3-4。

表 4.3-1　厂用水系统的冷却水流量和热负荷

不同运行模式下厂用水系统的冷却水流量和热负荷				
	CCS 运行水泵和热交换器	SWS 运行水泵	SWS侧流量（m^3/h）	热负荷（MW）
功率运行	1	1	3800	29.92
停堆 4 小时	2	2	7600	80.21
停堆 96 小时	2	2	7600	32.48
电厂启动	2	2	7600	27.65
换料（包括紧急全堆芯卸载）	2	2	7600	35.86
失去厂外电（1 台柴油机启动）	1	1	3800	61.64
失去厂外电（2 台柴油机启动）	2	2	7600	61.73

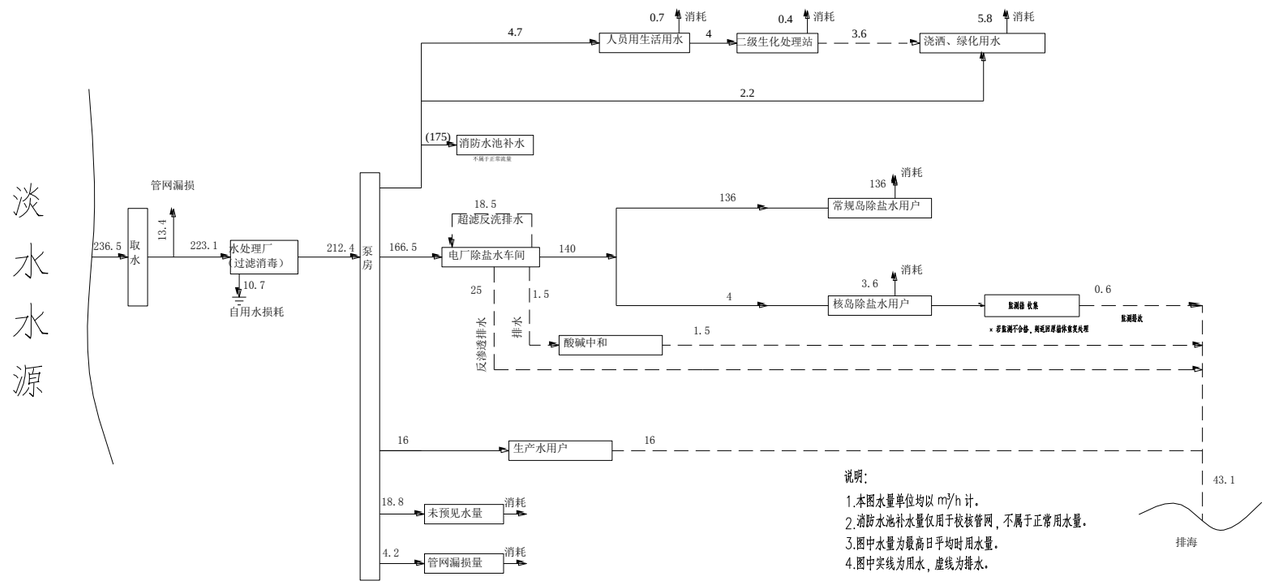
白龙核电厂一期工程运行期夏季工况海水水量平衡图



说明:

1.本图水量单位均以 m^3/h 计.

白龙核电厂一期工程运行期淡水水量平衡图



白龙核电厂一期工程施工水量平衡图

两机施工

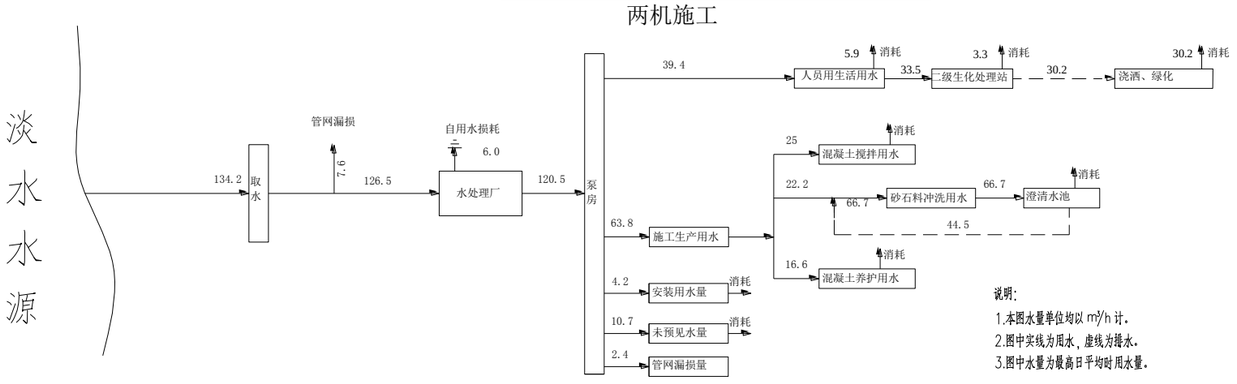


图 4.3-1　水量平衡图

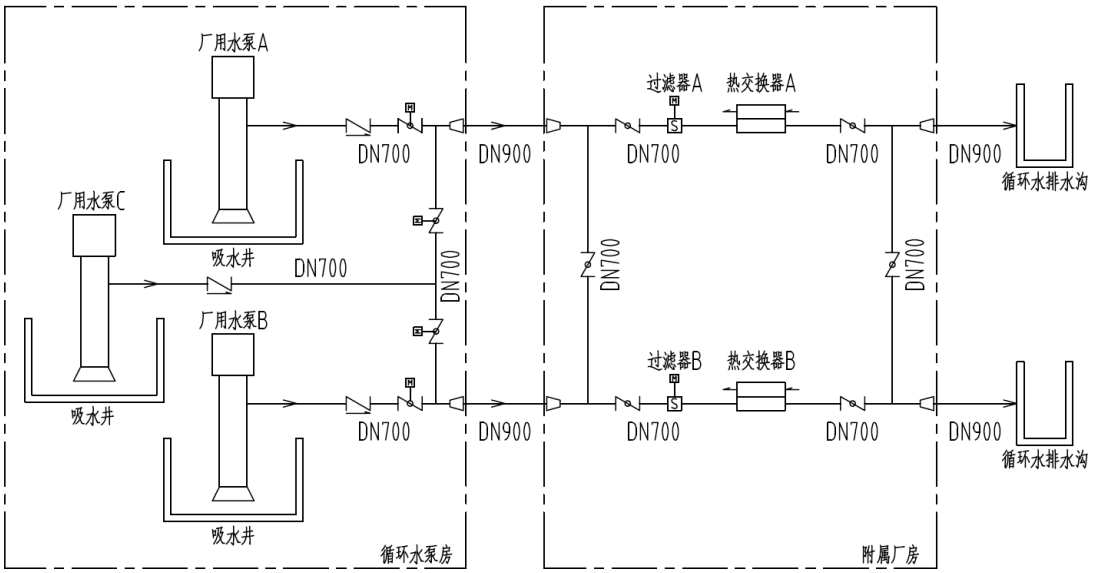
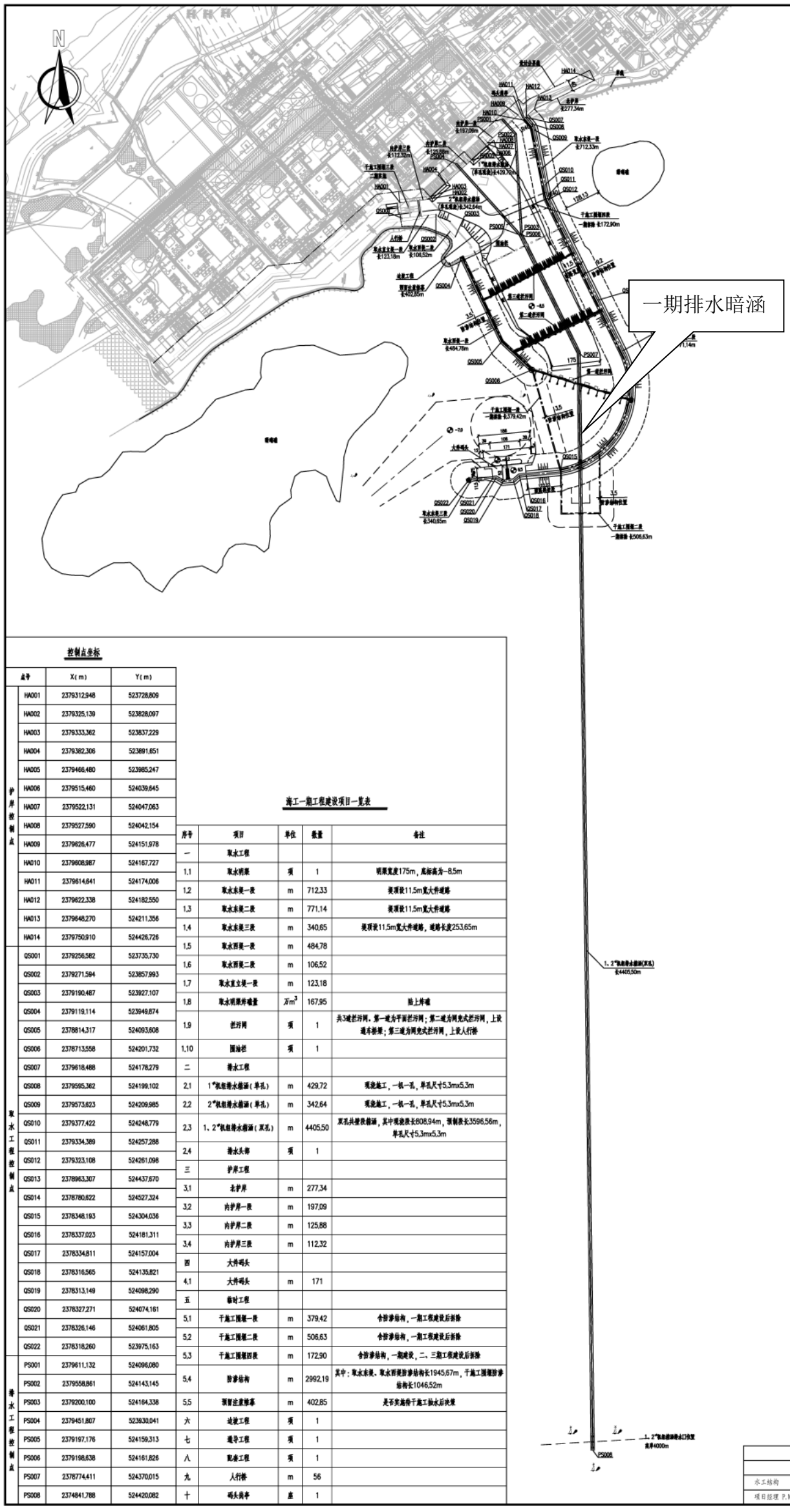


图 4.3-2　SWS 系统简图



控制点坐标

点号		X(m)	Y(m)
护岸控制点	HA001	2379312.948	523728.809
	HA002	2379325.139	523828.097
	HA003	2379333.362	523837.229
	HA004	2379382.306	523891.651
	HA005	2379466.480	523985.247
	HA006	2379515.460	524039.645
	HA007	2379522.131	524047.063
	HA008	2379527.590	524042.154
	HA009	2379626.477	524151.978
	HA010	2379608.987	524167.727
	HA011	2379614.641	524174.006
	HA012	2379622.338	524182.550
	HA013	2379648.270	524211.356
	HA014	2379750.910	524426.726
取水工程控制点	QS001	2379256.582	523735.730
	QS002	2379271.594	523857.993
	QS003	2379190.487	523927.107
	QS004	2379119.114	523949.874
	QS005	2378814.317	524093.608
	QS006	2378713.558	524201.732
	QS007	2379618.488	524178.279
	QS008	2379595.362	524199.102
	QS009	2379573.623	524209.985
	QS010	2379377.422	524248.779
	QS011	2379334.389	524257.288
	QS012	2379323.108	524261.098
	QS013	2378963.307	524437.670
	QS014	2378780.622	524527.324
	QS015	2378348.193	524304.036
	QS016	2378337.023	524181.311
	QS017	2378334.811	524157.004
	QS018	2378316.565	524135.821
	QS019	2378313.149	524098.290
	QS020	2378327.271	524074.161
	QS021	2378326.146	524061.805
	QS022	2378318.260	523975.163
排水工程控制点	PS001	2379611.132	524096.080
	PS002	2379558.861	524143.145
	PS003	2379200.100	524164.338
	PS004	2379451.807	523930.041
	PS005	2379197.176	524159.313
	PS006	2379198.638	524161.826
	PS007	2378774.411	524370.015
	PS008	2374841.788	524420.082

海工一期工程建设项目一览表

序号	项目	单位	数量	备注
一	取水工程			
1.1	取水明渠	项	1	明渠宽度175m，底标高为-8.5m
1.2	取水东堤一段	m	712.33	堤顶设11.5m宽大件道路
1.3	取水东堤二段	m	771.14	堤顶设11.5m宽大件道路
1.4	取水东堤三段	m	340.65	堤顶设11.5m宽大件道路，道路长度253.65m
1.5	取水西堤一段	m	484.78	
1.6	取水西堤二段	m	106.52	
1.7	取水直立堤一段	m	123.18	
1.8	取水明渠炸礁量	万m^3	167.95	陆上炸礁
1.9	拦污网	项	1	共3道拦污网。第一道为平面拦污网；第二道为网兜式拦污网，上设通车桥架；第三道为网兜式拦污网，上设人行桥
1.10	围油栏	项	1	
二	排水工程			
2.1	1*钢筋排水箱涵（单孔）	m	429.72	现浇施工，一机一孔，单孔尺寸5.3mx5.3m
2.2	2*钢筋排水箱涵（单孔）	m	342.64	现浇施工，一机一孔，单孔尺寸5.3mx5.3m
2.3	1、2*钢筋排水箱涵（双孔）	m	4405.50	双孔共敷设箱涵，其中现浇段长808.94m，预制段长3596.56m，单孔尺寸5.3mx5.3m
2.4	排水头部	项	1	
三	护岸工程			
3.1	北护岸	m	277.34	
3.2	内护岸一段	m	197.09	
3.3	内护岸二段	m	125.88	
3.4	内护岸三段	m	112.32	
四	大件码头			
4.1	大件码头	m	171	
五	临时工程			
5.1	干施工围堰一段	m	379.42	含防渗结构，一期工程建设后拆除
5.2	干施工围堰二段	m	506.63	含防渗结构，一期工程建设后拆除
5.3	干施工围堰四段	m	172.90	含防渗结构，一期建设，二、三期工程建设后拆除
5.4	防渗结构	m	2992.19	其中：取水东堤、取水西堤防渗结构长1945.67m，干施工围堰防渗结构长1046.52m
5.5	预留注浆帷幕	m	402.85	是否实施待干施工抽水后决定
六	边坡工程	项	1	
七	道导工程	项	1	
八	配套工程	项	1	
九	人行桥	m	56	
十	码头简单	座	1	

说明：

1、本图根据上海核工业院提供的广西白龙核电厂2023.9.26版取总平面图绘制；
2、图中尺寸单位以米计，标高以米计；
3、平面坐标系统采用CGCS2000坐标系统，高程系统采用1985国家高程系统；
4、规划建设容量为2台CAP1000+4台CAP1400核电机组，一次规划、分期建设。一期工程建设2台CAP1000核电机组。
5、一期工程海工建设内容包括取水工程、排水工程、护岸工程、大件码头工程、炸岩和疏浚工程、临时干施工工程等。
6、白龙核电海工护岸的设计分界线在护岸轴线后方40m处，护岸轴线后方40m范围之内只考虑回填工程量。取水构筑物取水泵房以外海侧部分包括取水明渠渠坡、取水防波堤、拦污栅设施、大件码头、泵房两侧内护岸等；排水构筑物为虹吸井出水海侧部分给排水结构暗涵。

图例

设计分界线
堤身轴线
防渗结构
预留注浆帷幕
斜坡梁
直立梁

相关图纸 REFERENCE DRAWINGS

图号 DRG No.	图纸名称 DRG TITLE.

REV.	DATE	出版状态 DESCRIPTION	设计 BY	校对 CHECKED	专业负责 CHIEF DESIGNER	审核 REVIEWED	审定 APPROVED
C	2024.01	审阅版	郝浩晶	吕静	吕静	王秉昌	谢春水
B	2017.11	审阅版	孙继涛	张俊	张俊	夏伟民	李秀英
A	2017.08	审阅版	孙继涛	张俊	张俊	夏伟民	李秀英

审定 APPROVED BY 日期 DATE
审核 REVIEWED BY 日期 DATE
专业负责 CHIEF DESIGNER 日期 DATE
校对 CHECKED BY 日期 DATE
设计 DESIGNED BY 日期 DATE

业主 CLIENT
中电投广西核电有限公司

中交第四航务工程勘察设计院有限公司
CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd.

广西白龙核电项目1、2号机组工程
海工工程

总平面布置图(一期)

图号 DRG No.	12S174-CS-DWG-ZT-0002	版号 REV.	C
水工结构	比例 DRG SCALE	图框比例 PLOT SCALE	A1 (1 : 1)
项目经理 P.M	版权所有 COPYRIGHT RESERVED		

图 4.3-3　广西白龙核电厂取排水工程方案布置图

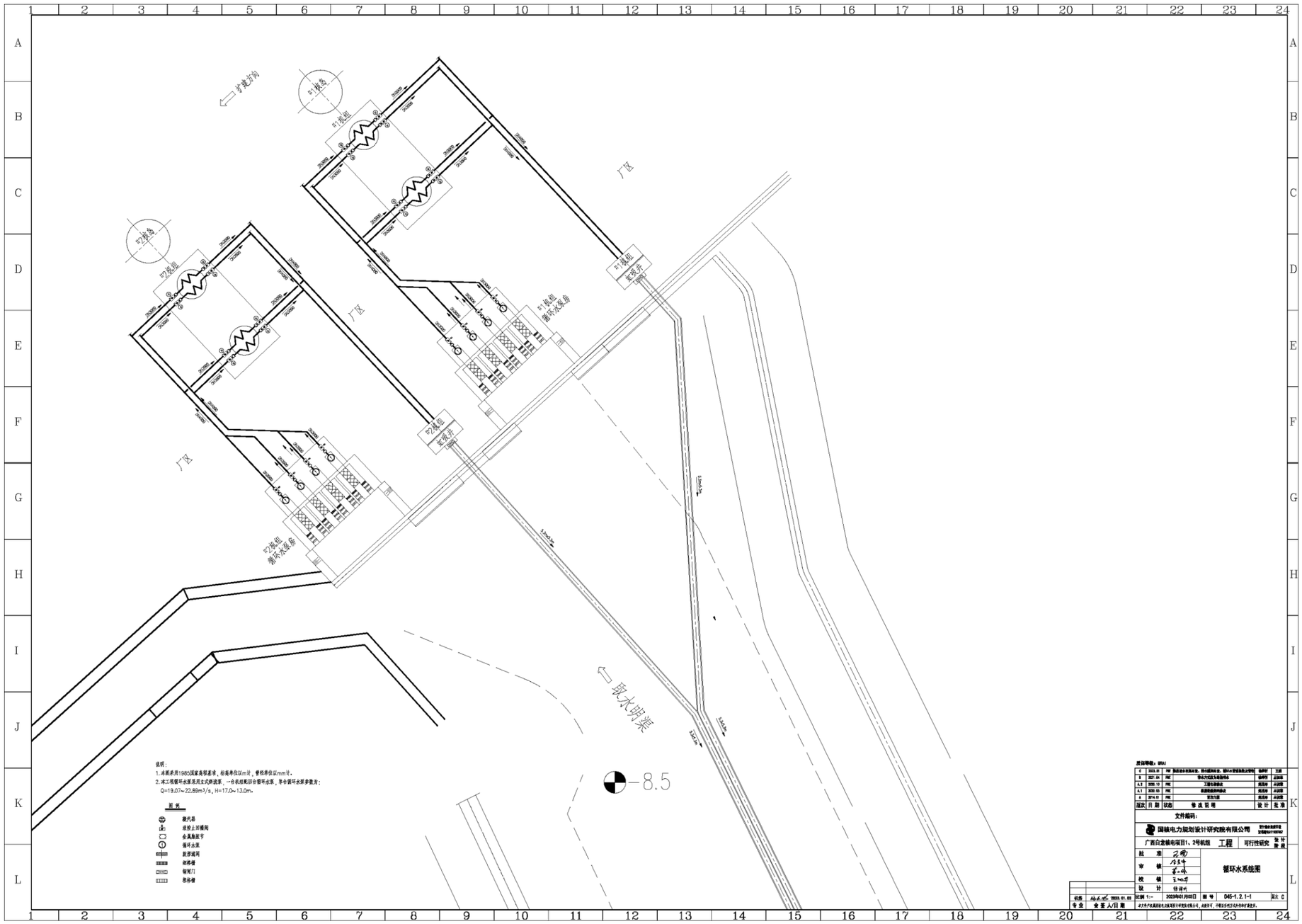


图 4.3-4　循环水系统简图

4.4 输电系统

4.4.1 接入系统

根据白龙核电供电范围及消纳方案分析，白龙核电电力电量可全部在广西电网消纳，送电方向主要为南宁和崇左地区。

白龙核电厂500kV远景出线6回，一期工程500kV出线3回，其中2回至金陵站，1回至海港站（参见图4.4-1）；预留3回出线间隔备用位置及2组线路高抗位置。

一期工程接入系统方案已通过南方电网批复（南方电网规划【2023】104号）。

4.4.2 电气主接线和安全应急电源

结合白龙核电厂终期双回路共塔的出线需求，并预留分厂运行的能力，白龙核电厂500kV升压站500kV配电装置采用3/2接线。

广西白龙核电项目系统保安电源采用220kV电压等级，终期6台机组时需从两个相互独立的电源点取两路系统保安电源，其中一期装机时考虑一回系统保安电源。

初步考虑保安电源通过1回220kV线路接入220kV竹坪变电站，1回220kV线路接入近区规划的220kV江龙站。

4.4.3 开关站选型和布置

核电厂紧靠海边，盐雾污染严重，故500kV和220kV配电装置拟采用SF_6绝缘全封闭组合电器（GIS），室内安装。核电厂500kV和220kV开关站位置在厂区的西北侧，出线向北。主变压器及其厂用备用变压器布置在汽轮机厂房附近。

本工程主变、高厂变、备用变均布置在汽机房T.A列外的变压器区域。厂内输电系统从主变接入500kV开关站采用GIL地下管廊敷设方式。

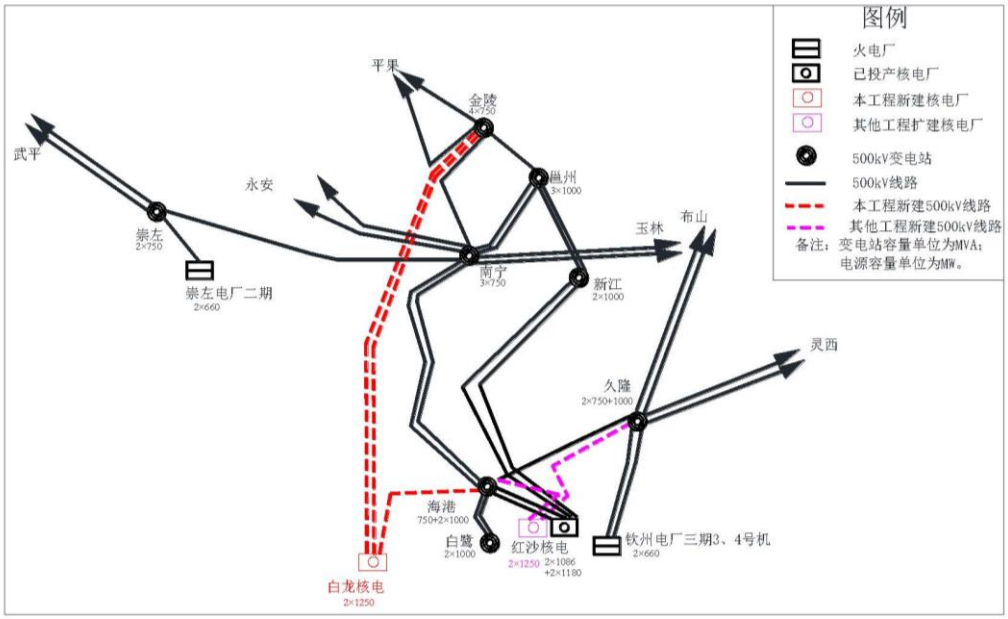


图 4.4-1　1、2 号机组接入方案示意图

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

核电厂安全是在反应堆固有安全性的基础上，通过设置合适的控制系统、保护系统和专设安全设施，在各种运行工况下尽可能减少放射性物质向环境的释放，保护公众和电站工作人员免受过量辐射伤害。

“纵深防御”是核电厂设计安全原则的基础，这是一套既逐渐深入又相互补充的设计防御措施，其核心是所有与核安全有关的活动，无论是组织实施还是系统设备配置，都应进行多重冗余设置，使单个失效可以得到补救或纠正。

实施纵深防御的一个重要内容是设置多道实体屏障，将放射性物质限制在特定的范围内。在压水堆核电厂中设置了燃料元件包壳、一回路压力边界和安全壳三道安全屏障。

专设安全设施是专门用来应付设计基准事故，以减轻其后果使之符合安全准则的规定要求。它是纵深防御体系中的第三个防御层次。专设安全设施主要包括非能动堆芯冷却系统、非能动安全壳冷却系统、安全壳氢气控制系统、安全壳和安全壳隔离系统、主控制室应急可居留系统。

4.5.2 非能动堆芯冷却系统

4.5.2.1 系统功能

非能动堆芯冷却系统（PXS）的主要功能是在假想的设计基准事件发生后提供应急堆芯冷却。为此，非能动堆芯冷却系统设计实现如下安全有关功能：

- 应急堆芯衰变热排出

在瞬态、事故或任何正常热量排出路径丧失时提供堆芯衰变热排出。该热量排出功能适用于包括停堆在内的反应堆冷却剂系统的各种工况。在换料期间，当安全壳内换料水箱水排入换料水池时，可利用其他非能动方法排出堆芯衰变热。

- 反应堆冷却剂系统应急补给和硼化

当发生化容系统提供的正常反应堆冷却剂系统补给不可用或不足的瞬态或事故时，PXS为反应堆冷却剂系统提供紧急补给和硼化。

- 安全注射

在发生所有破口范围内的冷却剂丧失事故，直至并包括反应堆冷却剂系统最

大主管道双端断裂时，PXS为反应堆冷却剂系统提供安注以提供足够的堆芯冷却。

- 安全壳pH值控制

在事故工况后，PXS在安全壳内添加化学物质来控制内部环境的pH值。该pH值同时满足抑制放射性核素析出和在长期淹没条件下防止腐蚀安全壳内设备的要求。

4.5.2.2 系统组成

非能动堆芯冷却系统（PXS）是一个抗震I类安全系统。系统由两个系列组成，每个系列包括一个堆芯补水箱、一个安注箱和安全壳内换料水箱（两个系列共用）。系统还包括pH值调节篮、安全壳内换料水箱滤网、安全壳再循环滤网和管线以及相关联的管道、阀门、仪表和其余相关设备。属于反应堆冷却剂系统一部分的自动卸压系统的阀门和鼓泡器，也提供重要的非能动堆芯冷却功能。

4.5.2.3 工艺流程

电厂正常运行期间，系统处于备用状态。事故工况下，非能动堆芯冷却系统投入运行，以实现其安全功能。在发生LOCA事故时，堆芯补水箱通过直接注射管向反应堆冷却剂系统注入含硼水，当反应堆系统压力降到安注箱静压以下，安注箱中含硼水通过直接注射管线快速注射到反应堆冷却剂系统。当反应堆冷却剂系统压力降到安全壳内换料水箱注射压力以下时，安全壳内换料水箱依靠重力向反应堆冷却剂系统进行安注。堆芯补水箱冷却水注入时，当堆芯补水箱液位降低到自动卸压系统的整定值时，自动卸压系统动作，逐渐降低反应堆冷却剂系统的压力，使得安注箱和IRWST能够连续投入。当安注箱、堆芯补水箱和安全壳内换料水箱注水完成后，安全壳内水淹达到相当高的水位，可以通过再循环管向堆芯注水以建立再循环。此外，为支持LOCA事故后的长期的PXS再循环运行，在RNS注入堆芯的流道上，设有安全有关的连接接口。该接口可直接与临时水源相连接，补充安全壳的泄漏量。

非能动堆芯冷却系统流程图见图4.5-1。

4.5.3 非能动安全壳冷却系统

4.5.3.1 系统功能

非能动安全壳冷却系统（PCS）执行以下安全有关功能：

- 通过将安全壳大气中的热量传递至环境，限制并降低设计基准事故（DBA）后安全壳内的温度和压力。
- 提供一个安全级乏燃料池补水源。
- 为保护和安全监测系统（PMS）提供安全壳压力信号，从而在适当的电站运行工况期间触发反应堆自动停堆并驱动PCS运行。

4.5.3.2　系统组成

非能动安全壳冷却系统为安全有关系统，由一台非能动安全壳冷却水箱（PCCWST）、空气流道、安全壳水分配系统等组成。此外，还有一台非能动安全壳冷却辅助水箱（PCCAWST）、两台再循环泵、一台化学添加箱、移动式柴油机应急补水泵和成套加药装置等。

4.5.3.3　工艺流程

非能动安全壳冷却系统利用钢制安全壳壳体作为一个传热表面，蒸汽在安全壳内表面冷凝并加热内表面，然后通过导热将热量传递至钢壳体。加热的钢壳外表面通过水和空气的对流、辐射和物质传递（水蒸发）等热传递机理冷却。热量以显热和水蒸汽的形式通过自然对流的空气带出。来自环境的空气通过一个“常开”流道进入，沿安全壳容器外壁上升，最终通过一个高位排气口返回环境。安全壳壳体由位于安全壳上方、与屏蔽厂房结构为一体的非能动安全壳冷却水箱利用重力排水洒湿。PCS由安全壳高2压力信号或安全壳高温信号自动触发运行，安全壳冷却水流满足至少在3天内不需要操纵员的干预调节流量或补充非能动安全壳冷却水的要求。事故72小时后一旦PCCWST水用完，PCS可以不借助厂外支援保证安全壳继续冷却4天，由抗震II类的PCS再循环泵以及再循环管路将PCCAWST的水输送至安全壳外壁面。此外，PCS也可以利用移动式柴油机应急补水泵将PCCAWST或厂内外其他可用水源连接至安全有关补水接口，提供安全壳冷却水。非能动安全壳冷却系统利用了钢制安全壳容器、环绕安全壳的混凝土屏蔽厂房，以及安全壳与屏蔽厂房之间的空气导流板构成空气流道，用来形成沿安全壳外表面向上的自然循环气流，增强安全壳外表面的水蒸发从而降低安全壳的压力。

非能动安全壳冷却系统流程图见图4.5-2。

4.5.4 安全壳氢气控制系统

4.5.4.1 系统功能

安全壳氢气控制系统的功能是限制安全壳大气中的氢浓度，从而在发生各类假想事件后，不会威胁安全壳完整性。

该系统执行以下功能：

- 在设计基准事故期间和事故后，利用安全级非能动氢气复合器（PAR）防止安全壳氢浓度达到可燃限值；
- 在严重事故后，利用氢气点火器与安全级非能动氢气复合器控制安全壳内的氢浓度；
- 在正常运行和事故后监测安全壳大气中的氢浓度。

4.5.4.2 系统组成

位于安全壳内的两台安全级非能动氢气复合器（PAR）能在任何设计基准事故后维持安全壳总体氢浓度在较低水平。安全壳内安装了66台氢气点火器，在严重事故和堆芯熔化事故期间以及以后，通过燃烧（爆燃）相对低浓度的氢，以防止氢浓度达到爆炸水平。三台氢浓度监测仪表分布在安全壳内，为操纵员提供安全壳大气氢浓度的连续指示。

4.5.4.3 工艺流程

两台安全级非能动氢气复合器（PAR）安装在安全壳内高于操作平台的区域，能适应丧失冷却剂事故（LOCA）后预期的氢气产生速率。

在严重事故后，假定100%的燃料包壳与水发生反应。锆-水蒸气反应产生氢的速率足够快，基于PAR运行时不可能防止安全壳内氢浓度超过最低可燃浓度限值，特别是局部区域。因此，当安全壳内任一区域的氢浓度达到最低可燃浓度限值，氢气点火器可以将氢气点燃以降低氢气浓度。在较低氢可燃范围燃烧氢气可防止在较高氢浓度时发生事故性氢燃烧。这可确保氢燃烧期间维持安全壳的完整性，并且保证氢燃烧期间及以后安全有关设备可持续运行。

对于氢快速产生的事故序列，通过氢气点火器的运行也可限制安全壳内总体氢浓度，从而防止氢爆炸的发生。为达到这个目的，氢气点火器布置在安全壳内氢气可能释放、流动或聚集的区域。

分布在安全壳内的氢浓度监测仪表为操纵员提供安全壳大气氢浓度的连续

指示。这些监控能力使操纵员监控和开始事故后缓解措施，包括开启氢气点火器。

4.5.5 安全壳和安全壳隔离系统

4.5.5.1 系统功能

安全壳和安全壳隔离系统执行以下与安全有关的功能：

- 完整性：安全壳系统应设计成能承受由假想失水事故、蒸汽管道破裂、给水管道破裂或其他设计基准事故（如失去所有交流电）引起的最大内压和最高温度。系统设计考虑了严重事故下的完整性要求。
- 隔离：事故后维持安全壳边界的完整性，阻止和限制裂变产物外泄。
- 热量导出：安全壳容器在安全壳大气和非能动安全壳冷却系统之间提供传热界面。
- 安全壳封闭：安全壳系统提供停堆期间安全壳内有燃料时的安全壳封闭功能，以维持安全壳内的冷却水总量。

安全壳和安全壳隔离系统还执行以下非安全有关的功能：

- 空气循环：安全壳内部设计允许空气自由循环以促使安全壳内环境一致。
- 泄漏率试验：对钢制安全壳和贯穿件进行泄漏率试验。
- 维修空间：安全壳设计提供空间以便进行换料和维修操作。
- 进口/出口：设备闸门和人员闸门留有足够的空间以便在任何正常或异常情况下设备和人员可以容易进出。
- 燃料运输：在安全壳内换料通道和辅助厂房的燃料处理区之间的燃料运输通过安全壳燃料运输贯穿件进行。

4.5.5.2 系统组成和工艺流程

安全壳和安全壳隔离系统（CNS）是分隔电厂结构和外部环境的边界。安全壳和安全壳隔离系统的边界包括钢制安全壳、电气和机械贯穿件、燃料运输贯穿件、设备闸门和人员闸门、蒸汽发生器外壳、蒸汽发生器蒸汽侧仪表连接件、以及安全壳内的蒸汽、给水和排污管线。

4.5.6 主控制室应急可居留系统

主控制室应急可居留系统（VES）为主控制室提供可呼吸空气并防止气溶胶

进入，保证主控制室的可居留性。在设计基准事故下本系统也用来限制电厂特定区域内的温度上升。

4.5.6.1　系统功能

本系统为非能动专设安全有关系统，执行以下功能：

- 为主控制室人员提供可呼吸空气。
- 维持主控制室相对周围区域为正压，以防止气溶胶污染物进入。
- 利用构筑物的蓄热能力，为设计基准事故后仍需保持功能的电厂部分区域的设备提供非能动冷却。
- 为主控制室提供非能动再循环过滤气流，在本系统运行期间维持主控制室剂量低于允许水平。

4.5.6.2　系统组成

本系统由应急空气储存罐和相关的阀门、管道、喷射器、过滤机组、风管和必要的仪表等组成，为主控制室通风、加压和空气过滤。系统利用辅助厂房钢筋混凝土墙体、地板以及附带散热片的顶板的蓄热能力，来保证相关设备和人员停留房间的温度维持在可接受水平内。

4.5.6.3　工艺流程

系统包括四个压缩空气储存罐模块（共 32 个罐），每个模块包括 8 个独立的空气罐，空气罐内装有可供呼吸的压缩空气。每个模块的储存罐连接至一根集管，四根模块集管再连接至一根公用集气母管。公用集气母管上接出通往主控制室的两根管路，分别为主送风管路和备用送风管路。两根管路在主控制室内合并为一根供气管后连接至非能动过滤管线上的喷射器，通过喷射器诱导一定量的室内空气进入非能动过滤机组，以保证主控制室的人员剂量低于允许水平。非能动过滤机组包括 HEPA 过滤器，活性炭吸附器和后置高效过滤器。

在核岛非放射性通风系统（VBS）不可运行后，本系统利用非能动热阱，限制主控制室、仪控间和和直流设备间内的空气温度不超过相应的设计限值。

主控制室应急可居留系统流程简图见图 4.5-3。

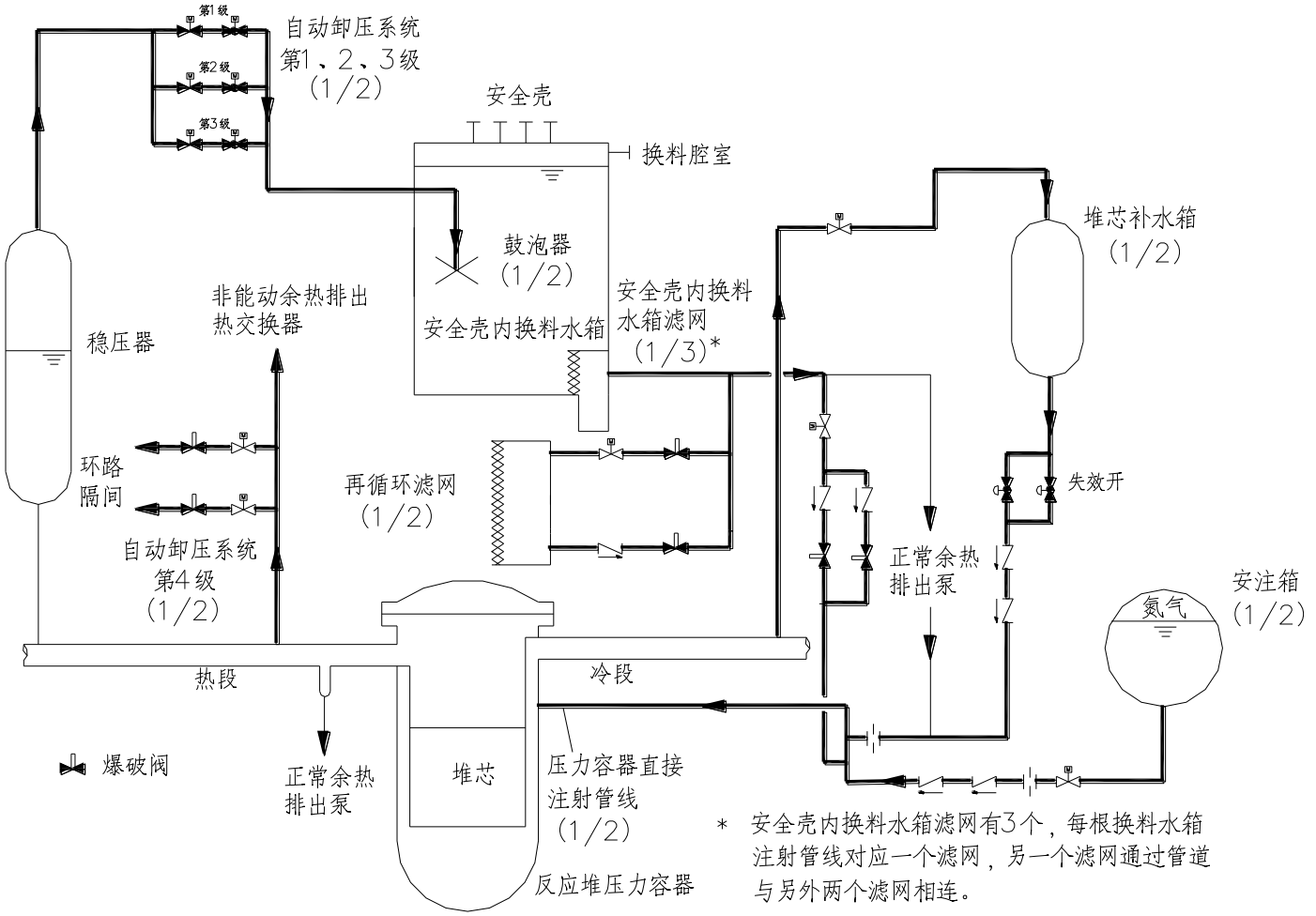


图 4.5-1 （1/2） 非能动堆芯冷却系统流程简图

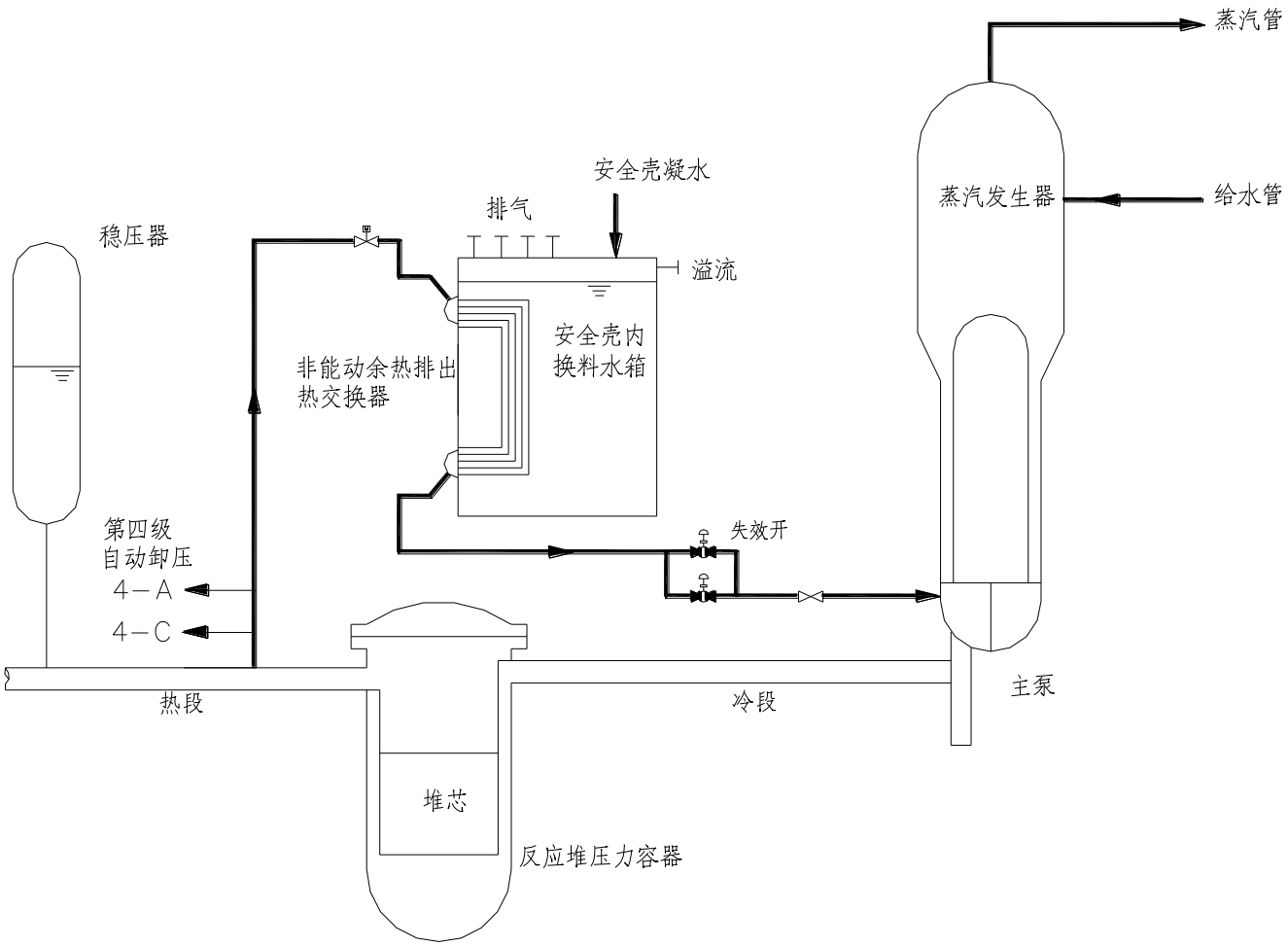


图 4.5-1 （2/2） 非能动堆芯冷却系统流程简图

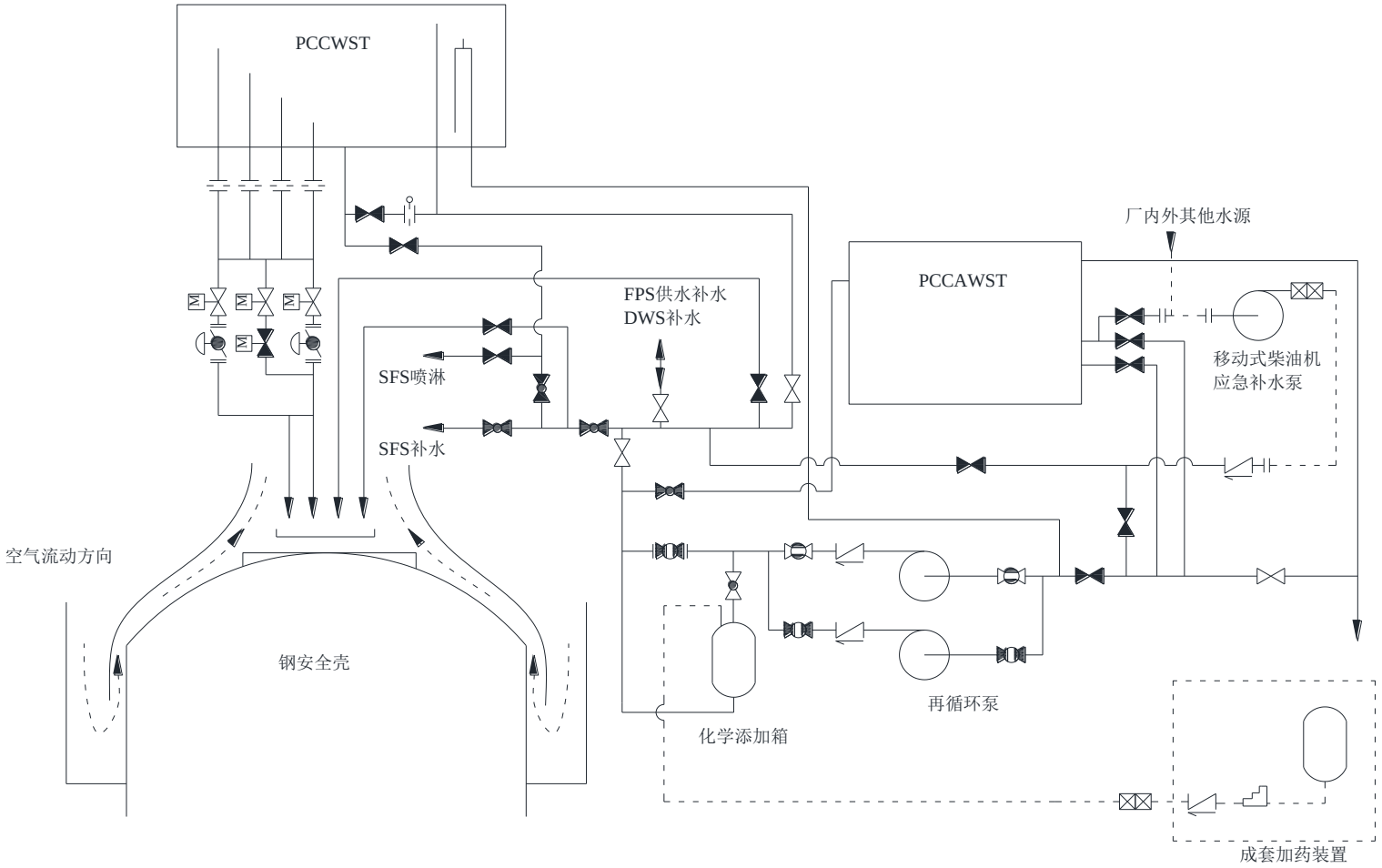


图 4.5-2　非能动安全壳冷却系统流程图

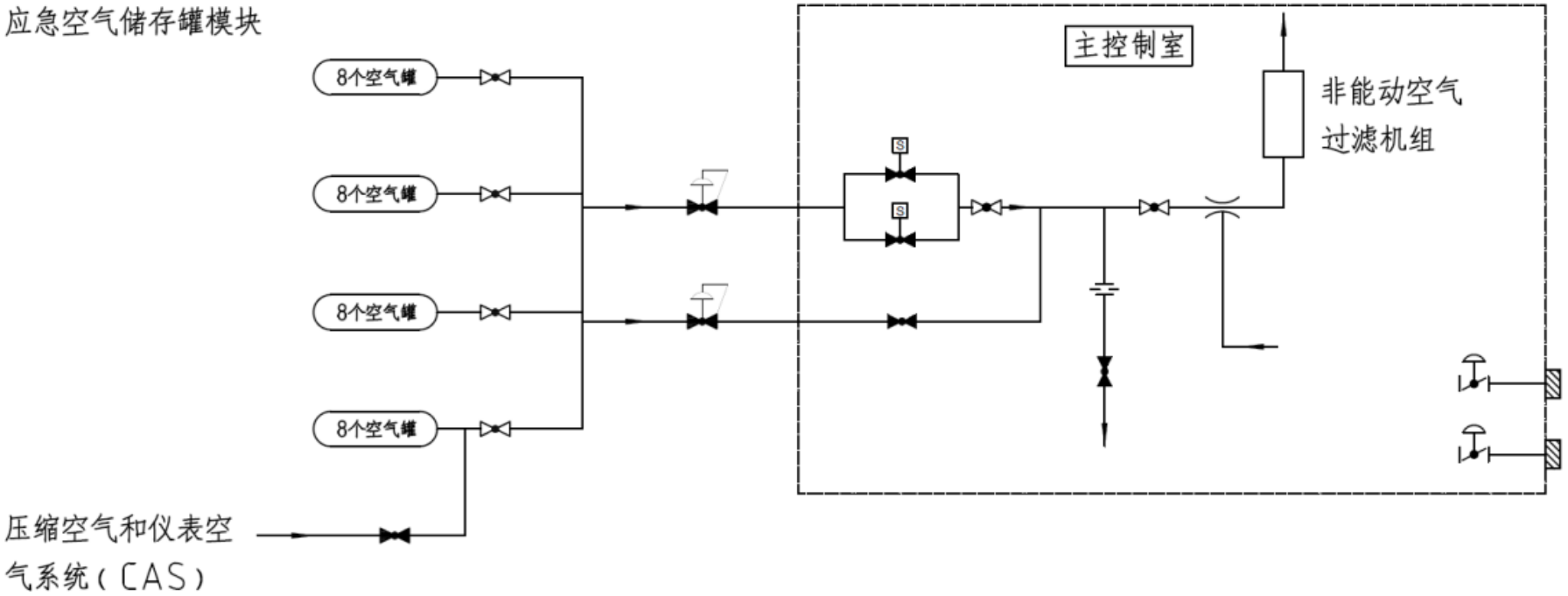


图 4.5-3 主控制室应急可居留性系统流程简图

4.6 放射性废物管理系统和源项

本节对核电厂中放射性废物处理系统和放射性源项进行描述。放射性源项主要包括堆芯放射性积存量、一回路及二回路的放射性核素的活度浓度。放射性废物处理系统主要包括放射性液体、气体和固体废物处理系统，并给出了液态和气载流出物的释放量、固体放射性废物的产生量。

4.6.1 放射性源项

本节阐述由放射性液体及气体废物处理系统处理的放射性源项。在燃料芯块内产生的放射性物质（裂变产物）可能通过破损的燃料包壳泄漏进入到反应堆冷却剂系统中。堆芯辐射场导致了冷却剂中的物质活化后形成 ^{14}C 以及氚，而且反应堆冷却剂系统材料表面的腐蚀产物也被活化成为具有放射性的活化腐蚀产物。

4.6.1.1 堆芯放射性积存量

采用 ORIGEN 程序计算得到了本工程平衡循环寿期末的堆芯放射性积存量，并考虑了燃料管理方案变化的包络性及反应堆热功率测量的不确定性。堆芯放射性积存量计算结果见表 4.6-1。

4.6.1.2 一回路冷却剂源项

1）裂变产物

对于设计基准源项，假设燃料包壳小破损存在于能产生 0.25%的堆芯功率输出的燃料棒中（也称之为 0.25%燃料包壳破损率），并且破损燃料棒均匀分布在整个堆芯中。

用来计算设计基准一回路冷却剂裂变产物活度浓度的参数，包括裂变产物逃脱率系数、冷却剂净化率及除盐床去除效率等相关的数据，列在表 4.6-2 中。

设计基准一回路冷却剂中裂变产物核素活度浓度的确定以 ORIGEN 程序计算得到的与时间相关的堆芯积存量为基础。

采用如下的微分方程来计算设计基准一回路冷却剂中裂变产物的活度浓度。

对于冷却剂中的母核：

$$\frac{dN_{cp}}{dt}=\frac{F\times R_p\times N_{Fp}}{M_c}-\left[\lambda_p+D_p+\frac{Q_L}{M_c}\times\left(\frac{DF_p-1}{DF_p}\right)\right]\times N_{cp} \qquad (4.6\text{-}1)$$

对于冷却剂中的子核：

$$\frac{dN_{cd}}{dt}=\frac{F\times R_d\times N_{Fd}}{M_c}+f_p\times\lambda_p\times N_{c_p}-\left[\lambda_d+D_d+\frac{Q_L}{M_c}\times\left(\frac{DF_d-1}{DF_d}\right)\right]\times N_{cd} \qquad (4.6\text{-}2)$$

其中：

N_C=设计基准一回路冷却剂中核素的浓度，原子数/g；

N_F=燃料中核素的数目，原子数；

t=运行时间，s；

R=核素的逃脱率系数，s^{-1}；

F=燃料棒包壳破损率；

M_C= 一回路冷却剂质量，g；

λ＝核素衰变常数，s^{-1}；

D＝冲排水所致的稀释系数，s^{-1}，$D=\frac{\beta}{B_0-\beta\times t}\times\frac{1}{DF}$；

B_0＝初始硼浓度，ppm；

β=硼浓度下降速率，ppm/s；

DF=除盐床对核素的去污因子；

Q_L＝净化或下泄质量流量，g/s；

f=母核产生子核的衰变分支比。

下标 p 适用于母核，下标 d 适用于子核。

在表 4.6-3 中给出了基于 0.25%包壳破损率计算得到的设计基准一回路冷却剂中主要裂变产物核素的活度浓度。该值为反应堆从启动到平衡循环的整个燃料循环过程中核素活度浓度的最大值。因此，该源项不代表燃料循环中任何特定时间点的值，但它是保守值。

用于设计排放源项分析的反应堆冷却剂剂量等效 I-131 活度浓度为 5GBq/t，该源项是在参考核电厂运行经验数据的基础上，又保守考虑了电厂运行中可能的各种瞬态情况而确定的。用于现实排放源项分析的反应堆冷却剂剂量等效 I-131 活度浓度为 0.1GBq/t，该源项是在国内核电厂正常运行经验数据统计的基础上确定的。上述反应堆冷却剂源项通过对设计基准源项按照剂量等效 I-131 活度浓度的比例调整得到，结果见表 4.6-4 和表 4.6-5。

2）腐蚀产物

反应堆冷却剂中的活化腐蚀产物来自两方面：一方面是堆内部件，另一方面是堆外的主回路管道和主回路设备。前者在发生腐蚀并释放到冷却剂中之前已经受到中子

照射而具有放射性；后者产生的腐蚀产物流经堆芯时受到堆芯及其附近区域中子照射之后才具有放射性。

反应堆冷却剂中腐蚀产物活度浓度的确定以运行电厂数据为基础，并且与燃料包壳破损率无关，并根据 NUREG-0017 中描述的方法计算得到。只要所考虑的核电厂的系统流程和系统内核素的去除途径与参考核电厂相同或相似，就可以将参考核电厂各主要流体内核素的活度浓度调整为所考虑的核电厂的相应数值。

对参考电厂核素活度浓度的调整是通过调整因子实现的，即将参考电厂的已有数值，乘以调整因子即得出待算电厂的相应数值。调整因子为平衡状态时待算电厂和参考电厂核素活度浓度的比值，核素活度浓度的计算如公式（4.6-3）所示。

$$c = \frac{s}{M_c \times (\lambda + \kappa)} \qquad (4.6\text{-}3)$$

其中：

c　　放射性核素活度浓度，Bq/g；

s　　系统内放射性核素产生率（包括由本系统产生的或由其它系统流入的），Bq/s；

κ　　在系统内由于除盐、过滤及泄漏等原因（不包括核素的衰变作用）而导致的放射性核素的去除率，s^{-1}。

其他参数同上。

用于计算设计基准腐蚀产物源项的输入参数见表 4.6-6，设计基准腐蚀产物的活度浓度同样在表 4.6-3 中列出。

对于腐蚀产物，考虑到本电厂采取了一系列降低腐蚀产物的措施，比如从电厂开堆时起，即向反应堆冷却剂中注入贫化锌；减少钴含量；主冷却剂的 pH 值控制；材料表面处理及减少设备数量等，以上措施预期会降低反应堆冷却剂中腐蚀产物的活度浓度。其中，根据 EPRI 等国际机构提供的经验数据，加锌电厂材料腐蚀释放速率降低为未加锌电厂的三分之一。同时根据国际上压水堆的运行经验，预期采取以上控制腐蚀产物措施将使反应堆冷却剂中腐蚀产物的活度浓度至少降低二分之一，因此本文假设腐蚀产物的现实源项为设计基准腐蚀产物源项的二分之一，用于设计排放源项分析的腐蚀产物源项与设计基准腐蚀产物源项相同，结果同样见表 4.6-4 和表 4.6-5。

3）氚

一回路冷却剂中主要的产氚途径如下：

- 燃料裂变（三元裂变）产生的氚通过燃料包壳扩散或燃料包壳破损处泄漏进入一回路冷却剂中；

- 在一回路冷却剂中可溶硼与中子的反应；
- 可燃的中子吸收体中产生的氚通过扩散或包壳破损进入一回路冷却剂中；
- 在一回路冷却剂中可溶锂与中子的反应；
- 一回路冷却剂中氘与中子的反应；
- 次级源棒产生的氚通过扩散进行到一回路冷却剂中。

前两种途径为一回路冷却剂中氚的主要来源。

各产氚途径计算原理可参考微分方程（4.6-4）计算得到：

$$\frac{dA_{H3}}{dt}=\lambda_{H3}\times N_p\times\left(\sum_E\sigma(E)\times\phi(E)\right)\times\delta-\lambda_{H3}\times A_{H3} \qquad (4.6\text{-}4)$$

其中：

A_{H3} 与中子反应产生的氚活度，Bq；

λ_{H3} 氚的衰变常数，s^{-1}；

N_p 产氚靶核的原子数，原子数；

$\sigma(E)$ 靶核产氚的中子反应截面，b；

$\phi(E)$ 辐照区域中子注量率，n/（cm^2 s）；

δ 氚从燃料包壳或次级中子源包壳渗透至冷却剂中的份额。

计算时考虑了如下的假设条件：

- 设计产生量计算时，假设了通过燃料棒包壳和可燃毒物棒包壳的氚释放份额为 1%。在计算现实产生量时，假设为 0.5%。
- 主冷却剂中采用 LiOH 作为 pH 值控制剂，循环平均浓度为 3.0ppm。设计产生量计算时，假设了 pH 值控制剂 LiOH 的 Li-7 丰度为 99.9%，现实产生量计算时则采用了 99.96%。
- 在计算设计产生量时，假定电厂可利用因子为 1.0。计算现实产生量时，考虑了 0.93 的电厂可利用因子。

用于计算氚产生量的主要参数见表 4.6-7。表 4.6-8 列出了平衡循环反应堆冷却剂中各种途径每年氚的设计产生量和现实产生量。

4）C-14

C-14 主要是反应堆冷却剂水中的 O-17 和溶解在反应堆冷却剂中的 N-14 分别通过 O-17（n,α）C-14 和 N-14（n,p）C-14 反应生成的。由于 C-14 的半衰期非常长，为 5730 年，在核电厂运行期间内可以不考虑 C-14 的衰减。因此，在计算 C-14 源项时不考虑 C-14 的衰变量。

C-14 产生量计算方法可参考公式（4.6-5）计算得到：

$$A_{C14}=\lambda_{C14}\times N_p\times V_n\times\left(\sum_E\sigma(E)\times\phi(E)\right)\times T \qquad (4.6\text{-}5)$$

其中：

A_{C14}　主回路中 C-14 产生量，Bq；

λ_{C14}　C-14 的衰变常数，s^{-1}；

N_p　冷却剂中 O-17 或 N-14 的核子密度，原子数/cm^3；

V_n　中子辐照区域体积，cm^3。

T　单个自然年（365.25 天）对应的秒数，3.15576×10^7s。

其他参数同上。

计算时考虑了如下的假设条件：

- 用于设计排放源项计算时，假设循环平均氮浓度为 15ppm。用于现实排放源项计算时，假设循环平均氮浓度为 10ppm；
- 在计算设计产生量时，假定电厂可利用因子为 1.0。计算现实产生量时，考虑了 0.93 的电厂可利用因子。

反应堆冷却剂中每年 C-14 的设计产生量和现实产生量见表 4.6-9。

4.6.1.3 二回路冷却剂源项

以表 4.6-4 中给出了以设计基准反应堆冷却剂中核素的活度浓度等为基础计算得到的设计基准蒸汽发生器二次侧水和蒸汽中放射性核素的活度浓度。

计算设计基准蒸汽发生器二次侧水和蒸汽中核素活度浓度的主要原理，可见微分方程式（4.6-6）。

$$\frac{d}{dt}(M_S\times C_S+M_L\times C_B)=\text{核素生成项-核素去除项} \qquad (4.6\text{-}6)$$

核素生成项定义为 $m_p\times C_p$，去除项由以下几项构成：

（1） 衰变 $\lambda\times(M_S\times C_S+M_L\times C_B)$

（2） 蒸汽发生器排污系统（EDI）净化 $m_B\times C_B\times(1-\frac{1}{DF_W})$

（3） 蒸汽侧的净化 $(m_s-m_f)\times[C_S\times(1-X)+X\times C_B]\times[1-\frac{1}{DF_S}]$

（4） 系统补水去除 $m_f\times[C_S\times(1-X)+X\times C_B]$

其中：

M_S　二次侧蒸汽总质量，g；

C_S　　二次侧蒸汽中核素的活度浓度，Bq/g；

M_L　　二次侧水总质量，g；

C_B　　二次侧水中核素的活度浓度，Bq/g；

m_p　　设计基准一次侧向二次侧的泄漏率，g/s；

C_P　　反应堆冷却剂中核素的活度浓度，Bq/g；

λ　　核素的衰变常数，s^{-1}；

m_B　　蒸汽发生器的排污流量，g/s；

DF_W　　电离除盐装置（EDI）对核素的去污因子；

m_s　　二次侧蒸汽流量，g/s；

m_f　　给水补水流量，g/s；

X　　蒸汽中水夹带率；

DF_S　　冷凝液除盐床对核素的去污因子。

主要计算输入参数见表 4.6-10，设计基准二回路源项见表 4.6-11 及表 4.6-12。

在计算用于设计排放源项分析的二回路源项时，假定二回路总的活度浓度水平为90Bq/L。用于设计排放源项分析的二回路源项核素谱与设计基准二回路源项的核素谱保持一致，结果见表 4.6-13 及表 4.6-14。

考虑到现实情况下二回路活度水平非常低，因此不对二回路的现实源项进行分析。

4.6.2　放射性废液管理系统及排放源项

4.6.2.1　放射性液态流出物排放源项

液态流出物的放射性来自于反应堆冷却剂（主要来自于反应堆冷却剂调硼排水和反应堆冷却剂的泄漏）、二回路冷却剂（主要来自于蒸汽发生器排污流的处理和二回路的泄漏）和废物减容处理中心（CVRF）的排放（主要来自于洗衣废液、各种冷凝液以及设备/地面疏水）。

液态流出物向环境排放前，操作员会对废液监测箱内的液体进行取样分析，确定其放射性浓度在控制值范围内（GB6249-2011）后进行排放，同时取样结果在液态流出物计划排放记录内登记。若取样结果发现废液放射性活度浓度超过排放控制值，则将监测箱内的废液返回至废液暂存箱，进行再处理。同时，排放管线设有辐射监测仪表，达到报警值时排放管线隔离阀自动关闭，中止废液系统排放，防止系统误排放。通过上述措施可以确保运行过程中废液的排放浓度不会超过 GB6249-2011 中的排放控制值 1000Bq/L（氚和碳 14 除外）。

本文分析得到了放射性液态流出物的两套排放源项，包括设计排放源项和现实排放源项。基于反应堆冷却剂剂量等效 I-131 活度浓度为 5GBq/t 时的源项，经过废液处理系统的处理，结合核岛废液的排放量（调硼排水、设备疏水和脏废液）以及废液的处理量，得到槽式排放口处的排放浓度约为 678Bq/L，可见核岛槽式排放口处排放浓度低于 GB6249-2011 中规定的 1000Bq/L 的控制值要求。考虑到电厂中实际的控制方式等，液态流出物设计排放源项计算时，保守假设核岛槽式排放口处的液态流出物排放浓度为 1000Bq/L，同时基于废液产生量，反推得到核岛废液的年排放量。

核岛槽式排放口液态流出物现实排放量计算时，以各类废液的产生量为基础，同时考虑了废液处理系统对各类废液中不同核素的去污因子。在计算液态流出物现实排放源项时，假定反应堆冷却剂中裂变产物的剂量等效 I-131 活度浓度为 0.1GBq/t。该源项是在核电厂正常运行经验数据的基础上确定的，通过对设计基准源项按照剂量等效 I-131 活度浓度的比例调整得到。对于腐蚀产物，考虑其反应堆冷却剂源项为设计基准源项的一半。

对于核岛废液排放源项计算方法采用公式（4.6-7）：

$$A_{liq}^{i}=\sum_{j}\frac{C_{rcs}^{i}\times Q_{j}\times f_{j}}{DF_{CVS}\times DF_{WLS}}\times\left(1-e^{-\lambda_{i}\times t_{j}^{c}}\right)\times e^{-\lambda_{i}\times t_{j}^{d}}\times\zeta_{j}\times N_{j} \qquad (4.6\text{-}7)$$

其中，

A_{liq}^{i} 核岛中废液 j 的核素 i 放射性活度年排放总量，Bq/a；

C_{rcs}^{i} 主冷却剂中核素 i 的活度浓度，Bq/g；

Q_{j} 废液 j 的排放流量，m^3/d；

f_{j} 废液 j 相对于主冷却剂的活度水平，无量纲；

DF_{CVS} CVS 系统对主冷却剂的去污因子，仅适用于调硼排水废液，其他废液 DF_{CVS}=1.0；

DF_{WLS} WLS 系统对主冷却剂的去污因子；

t_{j}^{c} 废液 j 的收集时间，d；

t_{j}^{d} 废液 j 的处理及排放时间，d，本工程保守假定为 0；

ζ_{j} 废液 j 处理完成后的排放份额；

N_{j} 废液 j 的年处理次数。

对于二回路设计排放源项，保守认为二回路冷却剂的总活度水平为 90Bq/L，并考虑二回路的排污流量后得到。分析时不考虑二回路排污系统的净化作用，并保守假定二回路排污流的排放份额为 10%。由于二回路现实源项的活度水平非常低，因此不对现实排放源项进行分析。

CVRF 产生的放射性废液主要为洗衣废液、热检修车间化学废液、各类冷凝液以及设备/地面疏水。在计算本工程 CVRF 的排放源项时，对于洗衣废液，根据电厂运行经验，洗衣废液的排放浓度保守取为 100Bq/L；其他各类废液分析时保守假设其排放浓度取上限值 1000Bq/L。

除氚和 C-14 外的其它核素设计和现实排放源项计算所需的主要参数见表 4.6-15。除氚和 C-14 外的其它核素通过液态途径的排放量衡算图见图 4.6-1。

单机组液态氚年设计排放量为 45.1TBq/a，年现实排放量为 37.6TBq/a。氚的放射性排放量的衡算图见图 4.6-2。

单机组液态 C-14 年设计排放量为 43.8GBq/a，年现实排放量为 39.2GBq/a。C-14 的放射性排放量的衡算图见图 4.6-3。

单台机组的液态流出物年设计排放量和现实排放量分别见表 4.6-16 和表 4.6-17。在表 4.6-18 给出了单台机组的液态流出物年排放量与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249）中控制值的比较。可以看出，单台机组的液态流出物年排放量均能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249）规定的排放量控制值要求。

4.6.2.2　放射性废液处理系统

1）系统概述

放射性液体废物处理系统（WLS）设计用于控制、收集、处理、输送、贮存和处置正常运行及预期运行事件下产生的放射性废液，并可控制地向环境排放。处理后的液态流出物放射性水平和年排放总量符合国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249）规定的限值。

2）系统功能

WLS 执行的安全有关功能主要包括安全壳隔离和防止事故工况下安全壳内水淹倒流至不允许水淹的隔间。该系统的非安全有关功能为：

- 分类收集不同类型的放射性废液；
- 通过固定式处理设备（过滤器/化学絮凝处理装置/离子交换床），处理电厂预期产生的废液，使其可控制地向环境达标排放；

- 能够承受处理设备故障情况下的预期废液量和由于过量泄漏可能导致的波动量；
- 考虑到在电厂寿期内可预见的技术革新，保留接口使更为先进的工艺通过移动式设备的方式与WLS固定式设备串联使用。

3）系统描述

WLS 系统放射性污废液分成四类：

- 反应堆冷却剂流出液（含硼废液）

反应堆冷却剂流出液（含硼废液）来自化容系统（CVS）下泄的反应堆冷却剂系统流出液、取样系统取样疏水以及设备引漏水和疏水。反应堆冷却剂流出液通过真空脱气塔去除溶解氢和裂变废气。脱气塔排放泵将脱气后废液输送至指定的流出液暂存箱。

- 地面疏水和含较多颗粒杂质的废液

地面疏水来自可能受污染地面疏水地坑的废液和其他含高颗粒物废液，收集在废液暂存箱中。

- 洗手废液

洗手废液为放射性热淋浴水、洗手水和附属厂房内相应房间的地面疏水。这类废液放射性水平较低，收集在两个洗手废液箱内。

- 化学废液

化学废液来自放化实验室、可能含有大量化学物质的废液。它可能含危险性和放射性废物或其他高溶解性固体杂质的放射性废物，收集在化学废液箱中。

电厂正常运行期间，反应堆冷却剂流出液、地面疏水和含较多颗粒杂质的废液经由过滤器、化学絮凝处理装置、深床过滤器和离子交换床处理。

第一台床体（深床过滤器）的顶部通常装有活性炭起到过滤吸附作用，用于去除经上游化学絮凝处理装置在废水中形成的絮凝体。这台床体比下游的树脂床略大。其它五台床体（离子交换树脂床）设计相同，但可根据电厂情况选择性的装填不同类型树脂。

经离子交换处理后，废液经过一台后过滤器，截留水中残留的放射性颗粒和碎树脂。处理后的废液进入一台监测箱。当一台监测箱充满时，系统会自动切换将废液转送至另一个监测箱。

监测箱内排放废液采取槽式监测排放，并在排放管路上设有在线辐射监测仪表监

测放射性活度浓度，确保达标排放。

图 4.6-4 给出了 WLS 的系统流程简图。WLS 预计废液输入和处理方式见表 4.6-19，WLS 去污因子见表 4.6-20。

4）部件描述

WLS 的主要部件包括泵、热交换器、箱体、过滤器、化学絮凝处理装置、深床过滤器、离子交换床等。表 4.6-21 给出了 WLS 的主要设备参数。

- 泵
  - 2 台反应堆冷却剂疏水箱泵，可循环箱内的流出液，将其排至脱气塔或流出液暂存箱。
  - 2 台安全壳地坑泵，将安全壳地坑内的废液排至废液暂存箱。
  - 2 台脱气塔真空泵，维持脱气塔内的低压，以保证有效脱气。
  - 2 台脱气塔分离器泵，回收从脱气塔分离器排放的水，并送回真空泵。
  - 气动双隔膜泵，包括 2 台脱气塔排放泵、2 台流出液暂存箱泵、2 台废液暂存箱泵、8 台监测箱泵、1 台化学废液箱泵、2 台洗手废液箱泵。
- 热交换器
  - 1 台反应堆冷却剂疏水箱热交换器，为卧式 U 型管式热交换器，热交换器的设计防止反应堆冷却剂疏水箱内收集的高温泄漏水沸腾。
  - 1 台蒸汽冷凝器，为卧式 U 型管式热交换器，辅助真空泵分离气水，将气体送入放射性气体废物处理系统中。
  - 1 台真空泵工作液冷却器，为板式热交换器，用于冷却真空泵的工作液。
- 箱体
  - 1 台反应堆冷却剂疏水箱，卧式圆筒形箱体。
  - 1 台安全壳地坑，嵌入混凝土中的矩形不锈钢地坑水箱。
  - 2 台流出液暂存箱，卧式圆筒形箱体。
  - 2 台废液暂存箱，立式圆筒形箱体。
  - 8 台监测箱，立式圆筒形箱体。
  - 1 台化学废液箱，立式圆筒形箱体。
  - 2 台洗手废液箱，立式圆筒形箱体。
  - 1 台脱气塔，单级（净化）不锈钢脱气塔，流出液呈喷雾状进入脱气塔的顶部，并分为小股水流沿壁面流下，低压脱出的不凝性气体经真空接口

排出。

- 1 台脱气塔分离器，不锈钢材质，从真空泵排放流中分离出压缩液回用。

- 化学絮凝处理装置
  - 1 套，包括化学添加箱、化学添加泵、管道混合器等。
- 移动式加药装置
  - 1 套，加药箱、加药泵等。
- 过滤器
  - 1 台前过滤器，收集工艺流中的杂质颗粒。
  - 1 台后过滤器，收集碎树脂等。
  - 1 台疏水废液后过滤器，收集碎树脂等。
- 深床过滤器
  - 1 台。床体顶部活性炭用于截留絮凝体与杂质颗粒，单独更换活性炭时可避免影响床体下层选择性介质，可有效减少固体放射性废物的产生量。
- 离子交换床
  - 5 台离子交换床，设有工艺流进出口以及用于树脂添加、排出和疏水的接口。工艺流出口、冲洗水出口和溢流口都装有树脂截流滤网。

5）系统运行

- 反应堆冷却剂流出液

流出液子系统接收两个来源的含硼和含氢废液：反应堆冷却剂疏水箱以及化学和容积控制系统。该类废液通常含氢和裂变气体。因此，废液在进入流出液暂存箱之前，需先经过脱气塔、蒸汽冷凝器、脱气塔分离器等设备，将含氢和裂变气体分离且送往放射性气体废物处理系统。一台脱气塔排放泵将液体输送至指定的流出液暂存箱。如果化容下泄流的管线和反应堆冷却剂疏水箱同时疏水至脱气塔，则优先处理下泄流，疏水箱疏水自动暂缓处理。

该系统设置两台流出液暂存箱。一个水箱接收废液，当箱内的液体装到适当液位时，向操作员发出该水箱已满，准备进行处理的报警。在水箱发出高高液位报警时，自动切换阀门，将流出液排往另一个水箱。

反应堆冷却剂流出液通常经由化学絮凝处理装置、深床过滤器、离子交换床、后过滤器处理。

反应堆冷却剂流出液先通过化学絮凝处理装置注入化学添加剂，使其利于深床过

滤器和离子交换床处理。流出液经深床过滤器和离子交换床进一步过滤和除盐处理。

经除盐和过滤后的废液送入监测箱。当其中一个监测箱充满时，触发报警，警告操作员某监测箱已满需要排放。在出现高高液位报警时，自动切换阀门，将液体转送至另一个监测箱。操作员启动监测箱泵，循环监测箱内废液后进行取样。对处理后的废液取样分析，确定其放射性和化学特性。万一出现放射性水平超过排放限值时，监测箱中的液体送回废液暂存箱进行再处理。如果放射性水平低于排放限值，且受纳水体条件满足要求，则可监测排放。操作员启动监测箱泵，远控打开排放阀，排放废液。在废液排放前，操作员需手动取样送至实验室并记录存档。

如果排放管线的放射性监测仪监测到较高的放射性，排放阀将自动关闭，并向操作员发出高放射性报警，要求采取纠正措施。操作员必须在确认低放射性后才能将其排出。

在反应堆冷却剂系统脱气期间，流出液暂存箱泵将液体排至化容系统补水泵吸入口。该运行模式适用于反应堆冷却剂脱气运行工况。化容系统的反应堆冷却剂下泄流在脱气塔中脱气后，收集在一台流出液暂存箱内，由泵不断地输送回化容系统补水泵入口。补水泵再将脱气后的冷却剂送回主系统。

- 地面疏水和含较多颗粒杂质的废液

该类废液通常包括放射性地面疏水、设备疏水和辅助厂房地坑收集水以及放射性固体废物处理系统的过剩排水。该废液收集到两个废液暂存箱中。当一个水箱充满，需准备处理时，向操作员发出水箱高液位报警。在出现高高液位报警时，入口管转换阀自动将液体转送至另一个废液暂存箱。废液暂存箱泵启动，循环水箱内废液，并进行取样。在废液暂存箱内可以按需加入添加剂，优化过滤和离子交换处理工艺。

来自安全壳地坑的地面疏水也排入废液暂存箱。地坑液位高时，自动打开安全壳隔离阀，启动一台地坑泵输送地坑内的废液。地坑液位低时，自动停泵，关闭隔离阀。安全壳地坑液位出现异常高液位时，向操作员发出报警，并自动启动备用泵。由于该类废液的放射性水平低于冷却剂类废液，一般情况下可以旁路化学絮凝处理装置。废液通过前过滤器处理，去除大量颗粒杂质，再通过两台离子交换床和疏水废液后过滤器处理后，进入监测箱。对监测箱内的废液进行取样，如果放射性活度浓度超过限值，则需要将其送回废液暂存箱重新处理。满足排放要求的废液通过放射性监测仪表后排放。

- 洗手废液

核岛厂房洗手废液由人员洗手产生。这类废液通常不适用上述离子交换方法处理，收集在两个洗手废液箱内。通常此类废液的放射性水平较低，可不经处理直接监测排放。

- 化学废液

化学废液产生量小，通常核岛内只作收集，不处理。但可在化学废液箱中添加化学试剂用以调节 pH 和其它化学性质等。化学废液可通过来自废物减容处理中心（CVRF）的化学废液屏蔽转运装置运至废物减容处理中心进行处理。

- 蒸汽发生器排污

正常运行工况下，蒸汽发生器排污流不送往 WLS 系统处理。如果蒸汽发生器传热管发生泄漏导致蒸汽发生器排污流出现放射性高报时，排污流则需送往 WLS 系统。在该工况下，一台废液暂存箱排空用于接收排污水。排污水可由离子交换床处理。经处理后的排污水收集在监测箱内，取样并进行监测排放。系统描述参见 4.2.2.3 节。

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

4.6.3.1 放射性气载流出物排放源项

放射性气载流出物主要通过下列途径，向环境大气排放：

- 从反应堆冷却剂系统泄漏到安全壳大气中的放射性核素通过安全壳通风向环境的释放。
- 工艺流体泄漏的放射性核素通过辅助厂房向环境的释放。
- 燃料操作区域的通风导致的放射性核素的释放。
- 放射性核素通过放射性废气处理系统的释放。
- 通过二回路系统的释放。

在计算放射性气载流出物设计排放源项时，保守假定反应堆冷却剂中裂变产物的剂量等效 I-131 活度浓度为 5GBq/t。该源项保守考虑了电厂运行中可能的各种瞬态情况导致的反应堆冷却剂中核素活度浓度的增加，通过对设计基准源项按照剂量等效 I-131 活度浓度的比例调整得到。对于腐蚀产物，则保守考虑其冷却剂源项与设计基准源项相同。

在计算放射性气载流出物现实排放源项时，假定反应堆冷却剂中裂变产物的剂量等效 I-131 活度浓度为 0.1GBq/t。该源项是在核电厂正常运行经验数据的基础上确定

的，通过对设计基准源项按照剂量等效 I-131 活度浓度的比例调整得到。对于腐蚀产物，考虑其冷却剂源项为设计基准源项的一半。

厂房中气态流出物排放源项计算模式可参考公式（4.6-8）计算得到：

$$A_{gas}^{i}=\frac{LR_i\times C_{rcs}^{i}\times f\times PF_i\times(1-e^{-\lambda_{Ti}\times t})}{V\times\lambda_{Ti}}\times(1-\eta)\times Q\times t \qquad (4.6\text{-}8)$$

其中，

A_{gas}^{i}　所在厂房或区域中核素 i 的放射性活度年排放总量，Bq/a。

LR_i　所在厂房或区域中流体的泄漏率或蒸发率，g/s。

f　所在厂房或区域中流体的活度水平份额。

PF_i　放射性核素 i 的闪蒸份额或气水分配系数。

η　通风系统过滤效率。

Q　所在厂房或区域的通风流量，m^3/s。

V　所在厂房或区域的自由容积，m^3。

λ_{Ti}　所在厂房或区域中的核素 i 的总去除率常数（s^{-1}）；$\lambda_{Ti}=\lambda_{di}+\lambda_e$，分别为核素 i 的放射性衰变和所在区域的通风去除率常数。

t　1 年内通风持续时间，s。

其他参数同上。

对于废气处理系统，则基于年脱气产生量考虑相应的 Kr 和 Xe 的延迟衰变时间，即可计算得到惰性气体的年排放量。

通过以上各途径的气态流出物排放量的分析过程如下：

1）反应堆厂房

反应堆厂房的气载放射性主要来自反应堆厂房设备的泄漏液，由于反应堆厂房泄漏液的压力和温度相对较高，泄漏液以一定的闪蒸份额变为蒸气后进入反应堆厂房气空间，然后经过通风过滤系统中的活性炭过滤器和高效过滤器的净化后排入环境中。

2）辅助厂房

辅助厂房的气载放射性主要来自辅助厂房设备的泄漏液，由于辅助厂房冷却剂泄漏液的温度较低，泄漏液以一定的气水分配变为蒸气后进入辅助厂房气空间，然后通过厂房通风系统进入环境中。分析时，保守假设冷却剂泄漏到辅助厂房中的气载放射性核素没有衰变和沉积，直接释放到环境中。

3）燃料操作区域

换料期间，换料通道将乏燃料池和反应堆压力容器连通，因此，反应堆冷却剂水将与乏燃料池水、燃料运输通道中的水（包括门和连接体积）和换料腔中的水混合，冷却剂水的活度被稀释。同时，乏燃料池中存放的破损乏燃料组件中的核素也会以一定的释放份额进入冷却剂中。以上两部分是乏燃料水池放射性的主要来源，池水的放射性通过蒸发的形式进入燃料操作区域气空间，通过厂房通风系统进入环境中。

4）放射性废气处理系统

在计算放射性废气处理系统的气态放射性流出物排放量时，考虑了化学与容积控制系统下泄流和反应堆冷却剂疏水箱中废液脱气产生的废气。根据反应堆冷却剂源项，并考虑了延迟床对氪和氙的延迟作用后，得到废气处理系统处理后的放射性废气的排放量。

5）二回路

对于二回路系统，未经冷凝的放射性气体主要是通过真空泵的抽气释放进入环境。计算时，以二回路气态源项为基础，保守考虑放射性废气的排放流量为二回路蒸汽流量，同时考虑一定的气水分配系数后得到通过二回路系统释放的气载放射性流出物排放量。由于二回路现实源项的活度水平非常低，因此不对二回路的气态现实排放源项进行分析。

用于计算除氚和 C-14 外其他核素气态排放量的输入参数同样列在表 4.6-15 中。惰性气体、碘和其他粒子的气态排放量衡算图见图 4.6-5~图 4.6-7。

单机组气态氚年设计排放量为 5.01TBq/a，年现实排放量为 4.18TBq/a。

单机组气态 C-14 年设计排放量为 394GBq/a，年现实排放量为 353GBq/a。单机组气载流出物年设计排放量和现实排放量分别列在表 4.6-22 和表 4.6-23 中。

在表 4.6-24 中给出了单台机组的气载流出物年设计排放量与 GB 6249-2011 中规定的年排放量控制值的比较。可以看出，单台机组的气载流出物年设计排放量均能满足 GB 6249-2011 规定的排放量控制值要求。

4.6.3.2　系统概述及组成

在反应堆运行期间，会裂变产生放射性同位素氚、氪和碘。因为少量燃料包壳的破损，部分核素会释放到反应堆冷却剂中。反应堆冷却剂的泄漏又导致放射性惰性气体释放到安全壳内大气中。通过严格限制反应堆冷却剂泄漏和限制反应堆冷却剂系统内惰性气体和碘的放射性浓度，可控制气载放射性释放。

除放射性气体废物处理系统（WGS）释放途径以外，各厂房通风系统也是向环

境释放气载放射性物质的途径。

4.6.3.2.1　放射性气体废物处理系统（WGS）

1）系统功能

WGS 的主要功能是接收系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体，并对其进行处理和排放，使电厂气载放射性释放量低于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249）规定的限值。WGS 不执行安全有关功能，其非安全有关功能为：

- 收集含氢气体和放射性气体；
- 处理和排放废气，保持厂外放射性释放在可接受的限值以内；
- 排放管线上设置辐射监测仪表连续监测WGS的放射性释放。系统还可对释放流进行取样分析。

2）废气来源

WGS 接收工艺系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体。WGS 输入如下：

- 反应堆冷却剂系统调硼时的下泄流。含有少量放射性气体的含氢气体进入WGS。
- 反应堆冷却剂去脱气时的下泄流。含有少量放射性气体的含氢气体进入WGS。
- 维持反应堆冷却剂疏水箱液位。间歇产生0.85m^3/h含有少量放射性气体的氢气和氮气。
- 反应堆冷却剂疏水箱排气。

WGS 的系统设计参数见表 4.6-25，工艺流程图见图 4.6-8。

3）部件描述

WGS 系统是一个直流常温活性炭延迟处理系统，包括一台气体冷却器、一台气水分离器、一台活性炭保护床和两台活性炭延迟床。此外，系统中还包括一套气体取样装置。WGS 的主要设备参数见表 4.6-26。

- 气体冷却器

气体冷却器将废气充分冷却，以便有效除湿。

- 气水分离器

去除气体冷却形成的水分。

- 活性炭保护床

活性炭保护床防止活性炭延迟床因过高水汽受到损害。正常运行时，活性炭保护床可增加氙和氪的延迟处理时间。

- 活性炭延迟床

系统设置两台活性炭延迟床串联运行。由于气流进出延迟床都是在其顶部，所以延迟床不需要活性炭截流筛网。

- 取样装置

提供两台取样泵。通常一台取样泵连续运行输送废气至氢气、氧气分析仪。另一台泵将各取样点的废气定期送至取样筒内，并作为向氢气、氧气分析仪输送废气的备用泵。

4）系统运行

WGS 系统为间歇运行。没有废气进入 WGS 系统时，在排放管线的隔离阀入口处有小流量的氮气注入，以维持 WGS 系统处于正压，防止废气流量低时空气进入系统。

WGS 系统为非能动运行，借助气体输入源的压力，使废气通过本系统。进气先通过气体冷却器，由冷冻水对废气进行冷却。气水分离器去除由气体冷却形成的水分。气水分离器的疏水排往 WLS 脱气塔分离器。

放射性气体流经保护床，去除多余的水分。然后，放射性气体流经两台活性炭延迟床，通过动态吸附过程使氙、氪得以延迟衰变。离开 WGS 系统的废气在排往电厂通风系统前先经过一个辐射监测仪表。该仪表在放射性高整定值时联锁关闭 WGS 出口控制/隔离阀。出口隔离阀也在通风系统低流量时关闭，防止氢气在通风管道内的累积。

放射性气体在延迟床的吸附不需能动设备或运行人员操作。运行人员误操作或能动设备失效不会引起放射性向环境的非受控释放。若由于失去冷冻水或其他原因，废气进入延迟床之前未能去除水分，将导致 WGS 系统性能逐渐下降。

放射性气体废物处理系统设置独立、冗余的监测仪进行连续氧含量分析。系统氧含量过高时，将向运行人员发出警报。当氧含量在操作员可调控范围内的高值时，WLS 脱气塔真空泵自动停泵，防止可能含氧的气流进入 WGS，同时自动打开氮气阀门，使用氮气吹扫。系统出口隔离阀前用氮气连续加压，防止出口管路空气倒灌入系统。

4.6.3.2.2 供热、通风与空调系统

1）系统功能及组成

本工程的供热、通风与空调系统（HVAC）的功能是：

- 对每个可能污染的厂房进行供热、通风和空气调节以提供一个合适的环境，确保操作人员的舒适、安全、健康以及设备的有效运行和完整性。
- 控制空气气流从污染较少的区域流向污染逐渐增加的区域，并使各厂房内可能被污染区域的全部通风经监测后，通过烟囱排放。
- 对相关系统的排风进行过滤和除碘处理，以减少气载物质向大气环境的释放。HVAC 系统中对于未被放射性污染的废气从天花板或者从排气口直接排入大气；对于可能污染区域的全部通风气体经过监测后，通过核岛烟囱排入大气。

HVAC 系统中与放射性废气产生及释放有关的主要包括以下系统，正常运行时总排风量约为 113000m^3/h：

- 放射性控制区通风系统（VAS）。
- 安全壳空气过滤系统（VFS）。
- 核岛保健物理和热机修车间通风空调系统（VHS）。

2）放射性控制区通风系统

放射性控制区通风系统（VAS）服务于辅助厂房的燃料操作区域、辅助及附属厂房中除物理保健和热机修车间区域以外放射性以及放射性废物厂房。

（1）系统功能

VAS 不执行安全相关的功能，它的非安全相关功能为：

- 提供通风以维持余热排出泵房和 CVS 泵房在其设计温度范围之内。
- 提供通风以维持厂房的气载放射性处于电厂人员的安全水平之内。
- 维持区域内总的空气气流的方向从低放射性污染区流向高放射性污染区。
- 维持每个厂房区域处于轻微负压，以防止气载放射性不受控制的释放至大气或邻近的电厂清洁区域中。
- 当在排风管道中出现高气载放射性或探测到厂房相对环境高压或低压时，通过关闭送风和排风管道隔离阀，自动将异常区域与外部环境隔离，并启动安全壳空气过滤系统（VFS）。

（2）系统描述

VAS 包括两个子系统：辅助/附属厂房通风子系统和燃料操作区通风子系统。VAS 的主要设备参数见表 4.6-27。VAS 的主要系统流程图见图 4.6-9 和图 4.6-10。

a）辅助/附属厂房通风子系统

辅助/附属厂房通风子系统服务于放射性控制的设备、管道和阀门房间以及邻近

的通道、楼梯区域。该系统包括两套 50%容量的送风空气处理机组（总风量约为57200m^3/h）、送风和排风管路系统、隔离阀门、空气分布器、排风风机、自动控制器和附件。送风空气处理机组位于附属厂房的空气处理机组设备房间。每套送风空气处理机组包括一台低效过滤器组、一台高效过滤器组、一个热水加热盘管、一个冷冻水冷却盘管和一台送风风机。设置两台 50%容量的排风风机，设计风量可维持放射性控制区轻微负压。风管系统布置便于送风气流从低放射性区域流向高放射性区域。此外排风系统接收放射性废液疏水系统（WRS）地坑的排风，以维持疏水地坑轻微负压，从而防止潜在放射性污染的空气泄漏至周围环境。排风管道留有与流出液贮存箱的接口，以防止流出液贮存箱内气载放射性或氢气的积累。排风通过排风机直接排至电厂烟囱。

本子系统的送风管和排风管均设置隔离阀，当探测到排风的高气载放射性浓度或厂房相对环境高、低压时，自动关闭送、排风管上的隔离阀，并切换至安全壳空气过滤系统（VFS）。此时，VFS 系统承担排风除碘，减小放射性泄漏，并维持厂房的轻微负压。

b）燃料操作区通风子系统

燃料操作区通风子系统服务于燃料操作区、轨道车平台、过滤器贮存区、树脂输送泵/阀门间、废树脂箱间、废物处置容器区域、固体废物系统（废树脂）阀/管道区。燃料操作区通风子系统包括两列 50%容量送风空气处理机组（总风量约为17900m^3/h）、送风和排风管路系统、隔离阀、空气分布器、排风机、自动控制器和附件。送风空气处理机组位于附属厂房的空气处理设备房间。空气处理机组通过管道系统将空气分配至辅助厂房的燃料操作区和轨道车隔间/过滤器贮存区。设置两台50%容量的排风机，设计风量可维持厂房轻微负压。风管系统布置便于送风气流从低放射性区域流向高放射性区域。排风通过排风机直接排至电厂烟囱。

本子系统的送风管和排风管均设置隔离阀，当探测到排风的高气载放射性浓度或厂房相对环境高、低压时，自动关闭送、排风管上的隔离阀，并切换至安全壳空气过滤系统（VFS）。此时，VFS 系统承担排风除碘，减小放射性泄漏，并维持厂房的轻微负压。

（3）系统运行

电厂正常运行期间，每个子系统的两台送风空气处理机组和两台排风风机都连续运行，以直流模式对所服务的区域提供通风。调节送风流量使得服务区相对于周围环

境保持负压状态。排出的空气不经过过滤并直接向电厂烟囱排放，同时对排放至厂区的气载放射性浓度进行监测。

电厂异常运行期间，当辅助/附属厂房或燃料操作区的排风中探测到高气载放射性时，对应子系统的送风和排风管道隔离阀会自动关闭，将相应区域与外部环境隔离。启动安全壳空气过滤系统（VFS），以维持该隔离区相对于外部环境及邻近未受影响的电厂区间轻微负压，进而限制气载放射性物质未经过滤的泄漏。当辅助/附属厂房或燃料操作区的正常通风被破坏，造成厂房相对于室外环境高压或低压时，送风管上和排风管上的隔离阀自动关闭，此时通过 VFS 系统维持隔离区相对室外轻微负压，直至燃料操作区通风子系统重新正常运行。

3）安全壳空气过滤系统

安全壳空气过滤系统（VFS）为安全壳、燃料装运区域和辅助及附属厂房的其他放射性控制区提供服务，放射性废物贮存区和保健物理区域除外。除安全壳隔离以保持安全壳的完整性以及安全壳真空卸压功能之外没有其他安全相关功能。

（1）系统功能

VFS 执行以下非安全相关的功能：

- 测量、显示和记录电厂排气烟囱排放至大气的放射性物质的浓度，并提供主控制室报警和指示。
- 在电厂正常运行期间，间歇供应外部新风以清洗安全壳大气；在电厂热停堆或冷停堆工况下，向安全壳提供连续的气流。
- 过滤燃料装运区、辅助/燃料厂房的放射性控制区排风，以维持这些区域相对于邻近的区域有轻微的负压差。

（2）系统描述

VFS 包括两台 100%容量的送风空气处理机组和排风过滤机组，分为两个序列。VFS 的主要设备参数见表 4.6-28，系统流程图见图 4.6-11。

VFS 送风空气处理机组送风至安全壳，由 VCS 的再循环机组分配净化后的空气。排风过滤机组位于附属厂房的放射性控制区。排风过滤机组的 HEPA 过滤器和活性炭吸附器净化来自安全壳、燃料装卸区、辅助和附属厂房的排风。排风过滤机组下游设有一个气体放射性监测器，它在探测到异常气体释放时发出报警。电厂烟囱处设有向环境的气体、粒子和碘的释放的监测装置。

（3）系统运行

电厂正常运行期间，由主控制室运行人员定期运行本系统，净化安全壳内空气以降低气载放射性水平或维持安全壳内压力在正常运行范围内。过滤后的安全壳排风经电厂烟囱排至大气。在单个送风和排风子系统运行期间，如运行序列失效，运行人员可手动启动备用的送风和排风机组。

在电厂停堆前和停堆期间，VFS 系统的一个或两个序列运行，以便在人员进入前除去气载放射性。在冷环境工况下，送风由电厂热水加热系统提供热水。排风过滤机组内的电加热器用来控制进入过滤机组的排风相对湿度不高于 70%。当两个序列一起运行时，本系统提供每小时约等于 0.21 次换气次数的最大通风量。

本系统为非安全有关系统，假定在设计基准事故时或之后不运行。但如果排风机可运行，可用来过滤和排风至电厂烟囱。在这此情况下，VFS 电厂放射性监测器必须对大气排放进行监测。

燃料操作区，辅助厂房的放射性控制区和附属/辅助区的排风气载放射性由 VAS 系统的放射性探测器持续监测。高放射性信号自动隔离受影响区域的正常通风系统，并启动 VFS 系统的排风过滤机组，以减轻未过滤空气的排放。

排风过滤机组的活性炭吸附器段设置水淹没灭火系统，在活性炭发生火灾时提供灭火措施。

当电厂在冬季失去厂外电源，安全壳内出现高真空度，VFS 系统位于安全壳外侧的安全壳真空卸压隔离阀自动打开，同时位于安全壳内侧的安全壳真空卸压止回阀自动打开，缓解安全壳内真空度，保护安全壳。

4）核岛保健物理和热机修车间通风空调系统

核岛保健物理和热机修车间通风空调系统（VHS）服务于保健物理区和放射性废物贮存区，保证人员舒适性和设备正常运行所需的环境条件。

（1）系统功能

系统具体功能如下:

- 提供处理过的空气，维持室内所要求的温湿度条件。
- 保证气流从干净区域流向有潜在污染危险的区域。
- 监测排风放射性。
- 维持保健物理区和放射性废物贮存区相对于室外轻微负压。
- 提供直流式通风。

（2）系统描述

VHS 系统是直流式系统，包括一套送风子系统和一套排风子系统。送排风系统相互连锁运行。VHS 的主要设备参数见表 4.6-29，系统流程图见图 4.6-12。

送风子系统包括两台 100%容量空气处理机组、一套送风管系统、相应的自控系统以及各种附件。

排风子系统包括两台 100%容量的排风机、一套排风管系统、相应的自控系统以及各种附件。

（3）系统运行

VHS 系统在电厂 60 年服务期里连续运行，只有当通风空调设备需维修时才会停止运行。

空气处理机组通过风管系统将处理过的新风送至保健物理区和放射性废物贮存区。保健物理区的墙上装有温度控制器，通过控制冷冻水阀门或迎风旁通阀来调节保健物理区内的温度。冬季时，通过风管内的电蒸汽加湿器来维持房间相对湿度大于 35%。夏季时，通过送风总管电加热盘管维持房间相对湿度小于 75%。

通过压差控制器自动控制送风量，维持所服务的房间相对于室外大气负压，保证气流从附属厂房内干净区域流向保健物理区、从安全壳出入口通道流向放射性废物贮存区。位于保健物理区的压差传感器将信号送至送风机变频驱动装置，保证保健物理区相对于室外大气轻微负压。另外一个压差传感器位于放射性废物贮存区。该传感器将信号送至位于放射性废物贮存区送风管上的调节阀，调节风阀保证放射性废物贮存区相对于室外大气轻微负压。

排风子系统排风机通过排风管将排风排至厂房烟囱。在 VHS 系统排风干管上装有放射性粒子监测器。该监测器与辐射监测系统（RMS）有接口，能够对放射性物质的扩散进行记录并在主控制室报警。

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

放射性固体废物处理系统（WSS）设计用于收集和暂存正常运行以及预期运行事件产生的废树脂、深床过滤器过滤介质、活性炭、废（水）过滤器滤芯、放射性干废物和混合固体废物。这些废物先收集暂存在辅助厂房和附属厂房内，后送往废物减容处理中心进一步处理和中间贮存。废物减容处理中心的描述参见第4.6.6节。废物最小化的描述参见第4.6.7节，放射性固体废物处置方案的描述参见第4.6.8节。

4.6.4.1 系统功能

WSS 系统设计满足下列要求：

- 输送和贮存来自WLS、CVS和、SFS的废树脂和深床过滤器过滤介质。
- 提供混合、取样、输送废树脂和深床过滤器过滤介质的手段。
- 更换、输送、收集废（水）过滤器滤芯时，降低对人员的放射性照射和污染扩散。
- 收集来自电厂加热、通风、空调系统（HVAC）的废过滤器滤芯、活性炭。
- 收集电厂废通风过滤器滤芯。
- 根据放射性水平对固体废物进行分类和临时贮存。
- 收集含有害物质的放射性废物。
- 分类收集放射性控制区（RCA）产生的废物。
- 在废物送往废物减容处理中心前（运输设备由废物减容处理中心提供）可提供至少6个月的贮存时间。
- 向辅助厂房有轨车平台和附属厂房移动设备提供所需的空间和辅助服务。
- 将废树脂接收槽内废液送回WLS进行再处理后，监测排放。
- 提供核岛与废物减容处理中心之间的接口。

4.6.4.2 废物产生量

预期的放射性废物产生量计算依据如下：

- 每个换料周期更换的离子交换树脂床废树脂（包含深床过滤器过滤介质）。
- 每个换料周期更换WGS活性炭保护床内的活性炭。
- 每十年更换WGS活性炭延迟床内的活性炭。
- 每个换料周期更换全部水过滤器的滤芯。
- 使用电厂历史运行数据估计的可压实废物、不可压实废物和混合废物总量。

放射性废物最大产生量的计算依据如下：

- 每个换料周期更换两次WGS活性炭保护床内的活性炭。
- 每五年更换WGS活性炭延迟床内的活性炭。
- WLS深床、离子交换树脂及水过滤器处理废液量为年最大废液量下运行。除WLS外，其余系统离子交换树脂床和水过滤器滤芯在0.25%燃料包壳破损率下运行。
- 可压实废物量增加50%，不可压实废物、化学废液和混合固体废物量增加100%。

- 一回路向二回路系统泄漏时，需更换受污染的凝结水精处理系统和排污系统的树脂和膜。

废物的年预期产生量和最大产生量见表 4.6-30。

废物的年预期活度产生量和最大产生量见表 4.6-32~表 4.6-35。

4.6.4.3 部件描述

WSS 系统的设备设计参数见表 4.6-31，工艺流程图见图 4.6-13。

- 箱体

2 台废树脂接收槽，每台废树脂接收槽内的树脂通过混合喷射器进行混合，在排气口和溢流口设置树脂截留滤网避免废树脂的意外排放。

- 泵

1 台树脂混合泵，为废树脂接收槽内树脂的流动和混合提供动力，在废树脂槽之间进行水流输送，将槽内多余的水排至放射性液体废物处理系统，以及冲洗树脂输送管线。

1 台树脂输送泵，为废树脂接收槽内的废树脂循环混合和取样提供动力。树脂输送泵也用于向位于辅助厂房有轨车平台的屏蔽转运装置输送废树脂。

- 过滤器

1 台树脂碎片过滤器，树脂碎片过滤器将最大限度地防止树脂碎片的扩散，并过滤掉管线冲洗水或废树脂接收槽向 WLS 的排放水中的杂质颗粒。

- 树脂取样装置

树脂取样装置在废树脂循环时进行取样。设备配置一个移动式屏蔽桶用于取样后样品的输送。

- 废过滤器滤芯更换、运输装置

废过滤器滤芯屏蔽运输容器便携式操作工具（MH60）及废过滤器滤芯屏蔽桶（MR40）能够远距离更换废（水）过滤器滤芯，无泄漏输送至辅助厂房滤芯贮存区，将滤芯装入或取出临时贮存格架，吊入屏蔽转运装置内。

4.6.4.4 系统运行

- 废树脂的装运

在输送前先检查用于接收的废树脂接收槽，并确认有足够容量接收树脂床的废树脂。此外，还需确认系统已设置废树脂混合泵将过量的转运水通过树脂碎片过滤器排放至 WLS。

在树脂混合工况时，废树脂接收槽通过树脂截流滤网向外疏水。疏水通过混合喷射器再回到槽内。在该运行模式下，（废树脂接收槽内）废树脂层产生局部流态化。在循环或屏蔽转运装置装填工况时，运行树脂取样装置可获取有代表性的树脂样品。

开启屏蔽转运装置填充阀开始废物装填。冲排水回流至废树脂接收槽内，由此保持系统的水装量，并截留下系统中树脂碎片，去除杂质颗粒。

当装填操作完成时，手动开启管线冲洗控制器，自动运行泵和阀门，冲洗树脂输送管线，冲洗水再回流至废树脂接收槽。废树脂接收槽充填阀短时间开启，将残余树脂冲洗入接收槽内。废树脂混合泵输送废树脂接收槽内过滤后的冲洗水。

- 废（水）过滤器滤芯的处理操作

废过滤器滤芯屏蔽运输容器便携式操作工具（MH60）及废过滤器滤芯屏蔽桶（MR40）用于化学和容积控制系统（CVS）、乏燃料池冷却系统（SFS）、放射性液体废物处理系统（WLS）和放射性固体废物处理系统（WSS）放射性过滤器滤芯的更换。当更换废过滤器滤芯时，先将滤芯吊入 MR40 中，然后转运至辅助厂房滤芯贮存区进行临时贮存。待滤芯贮存一段时间后，再利用 MR40 将滤芯转运至屏蔽转运装置中。放射性（水）过滤器滤芯通过屏蔽转运装置运往废物减容处理中心处理。暖通设备的放射性过滤器滤芯装袋后和其他放射性干废物一起运往废物减容处理中心处理。

- 干废物的处理操作

来自放射性控制区域表面污染区的废物打包或装入容器，在废物产生地点标注放射性水平、废物类型和处理地点的信息。废物袋或容器运至附属厂房，使用合适屏蔽措施，分类存放在中、低放射性水平区域内。待累积到足够废物量后，再转运至废物减容处理中心进行稳定化处理。在放射性控制区的表面污染区域以外产生的其他放射性废物装袋或装桶后运送到附属厂房内临时贮存场所。通常这些废物通过便携式放射性监测装置确认其放射性水平并进行对应处理。

4.6.5 乏燃料贮存系统

反应堆换料时，从堆芯卸出的乏燃料组件贮存在核岛辅助厂房的燃料操作区域的乏燃料水池中，采用水下布置和贮存的方式。贮存设施包括乏燃料水池和乏燃料贮存格架。乏燃料贮存格架位于乏燃料水池内，乏燃料水池是池底和四壁衬有不锈钢覆面的钢筋混凝土结构，与辅助厂房构成整体结构。池内充以含硼去离子水，池水水质由

乏燃料水池冷却系统保持。乏燃料组件贮存在格架的贮腔内。

乏燃料贮存格架的临界设计遵循《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》（HAD102-15）有关要求。乏燃料贮存格架由Ⅰ区格架、Ⅱ区格架以及破损燃料组件贮腔组成。Ⅰ区贮存格架可以贮存最大设计基准富集度的燃料组件，Ⅱ区贮存格架可以贮存满足燃耗要求的乏燃料组件。

反应堆正常运行期间，每次平衡换料卸出乏燃料组件 64 组。乏燃料贮存格架至少可以贮存反应堆 10 个日历年正常运行卸出的乏燃料组件外加一个完整堆芯的燃料组件数。

乏燃料贮存的设计准则如下：

1) 乏燃料贮存格架的设计，应保证在正常工况和特殊工况下燃料组件都处于次临界状态。
2) 乏燃料贮存格架的设计，能承受正常和假定的静载荷、动载荷、由于热效应产生的载荷和由安全停堆地震产生的载荷；应能承受一个燃料组件从抓取机上的最高工位上掉落时的冲击能量；应能承受燃料抓取机的最大提升载荷。此外还具有稳定、不会倾倒或意外晃动等结构性能。
3) 乏燃料水池的深度和水层高度具有足够的屏蔽防护能力，允许操作人员不受限制地接近池区而不受辐射危害。
4) 乏燃料贮存格架的设计，可以为乏燃料贮存提供安全、有效的保护措施。包括便于乏燃料组件的插入和取出、防止燃料组件不适当的插入及具有保护组件不受损伤的措施、有专门贮存破损或泄漏燃料组件的专用贮存腔。
5) 乏燃料贮存格架的材料与乏燃料水池的环境条件相容。
6) 乏燃料贮存格架为非安全级，设备分级为 D 级，抗震分类为Ⅰ类。
7) 乏燃料贮存格架的设计，应使贮存水池中的冷却水能够在贮存格架内自由循环，以冷却贮存的乏燃料组件。
8) 各贮存腔的周围设置有中子吸收材料，以保证满足贮存时对次临界的要求。
9) 乏燃料水池有足够的密封性，使冷却水泄漏保持在可接受的限值内。

从堆芯卸出的乏燃料组件转运至燃料操作区后，插入乏燃料贮存格架，进行贮存和冷却。如果检测到有破损的组件，装入专门的破损组件贮存腔内。

乏燃料贮存格架采用奥氏体不锈钢制造，用于贮存燃料组件的贮存腔由围板构成方形的截面，贮存腔外围包覆有中子吸收材料。

乏燃料水池中的水为含硼去离子水，水池设有乏燃料池冷却系统，以排出乏燃料组件的余热，并保证水池的水温、水质和水位，同时，限制放射性水平在规定的范围内。

乏燃料水池还设有水位、水温监测系统和水池检漏系统，可随时监测水池的水位、水温和水池密封情况。

核电厂运行时，乏燃料水池不与一回路系统连通，且净化系统持续投入运行，乏燃料水池放射性活度水平是比较低的；换料过程中，乏燃料水池与反应堆冷却剂混合稀释，稀释比例在 10 倍以上，且反应堆冷却剂在开盖前已净化至足够低的活度水平，同时即使存在破损的燃料棒，在低温条件下，对乏燃料水池的活度水平贡献也非常有限，因此，换料过程中乏燃料水池中的放射性核素活度浓度处于比较低的水平。

乏燃料贮存区域设有通风系统，系统能及时净化燃料贮存区域的空气。

乏燃料贮存区域还设置有辐照剂量监测点，以保证操作人员的辐射安全。

4.6.6 废物减容处理中心（CVRF）

废物减容处理中心是一个集中式放射性废物处理设施，位于核岛BOP区域。它作为核岛三废处理系统的补充，提供完整、适宜的手段统一处理厂址各机组核岛产生但无法直接处理的放射性废液与放射性固体废物。根据该设施执行的功能，可划分为：废物处理厂房、洗衣房、废物暂存库三大区域。厂房部分墙体和楼板厚度除需满足结构要求外还需满足屏蔽要求。废物暂存库为单层单跨钢筋混凝土排架结构，局部有夹层。洗衣房为单层现浇钢筋混凝土框架结构，局部有一层地下室。设施内处理达标的废液将送至临近机组的厂区排放总管进行排放。经该设施处理后的废物均采用统一包装容器（200L钢桶）进行包装，并送往设施内的废物暂存库进行暂存。

4.6.6.1 设计基准

废物减容处理中心不执行安全有关基准，但其放射性排放应符合对应的法规要求。其设计时考虑了如下基准：

- 6 台机组采用错峰停堆换料模式。
- 换料时间约为 17 天（每 18 个月）。
- 废物处理采用成熟减容工艺，充分贯彻“废物最小化”理念。
- 废物减容处理中心职业照射剂量不超过核电厂的剂量约束值，且可合理达到尽量低。

- 洗衣房的处理容量依据换料大修期间员工 1000 人/机组*天，正常运行期间员工 100 人/机组*天的基准来设计。
- 各类废物都通过屏蔽转运装置和专用车辆转运至废物减容处理中心。
- 废物暂存库按照暂存全厂 6 台机组 5 年产生的放射性废物总量设计。
- 废物减容处理中心内产生的所有废物均在本子项内完成处理，无须再回到核岛或其它设施进行再处理。废物减容处理中心处理合格的废液将通过本子项排放总管槽式监测排放，并汇入全厂指定排放区域。

4.6.6.2 总体描述

核岛的各类废物流通过屏蔽转运装置和专用车辆送往废物减容处理中心。除一回路废树脂、水过滤器滤芯的收集在核岛辅助厂房中，其余固体废物都先从核岛各区域集中至附属厂房临时暂存，随后送往废物减容处理中心。

1）废物处理厂房

废物处理厂房分三层布置，设有局部二层，局部地下层。其中废液、废固处理工艺主要布置在底层。废物处理厂房包含了废液、废固处理工艺以及配套辅助系统，如：废物减容处理中心水过滤器滤芯处理系统（FCS）、废物减容处理中心干废物处理系统（HVS）、废物减容处理中心废树脂处理系统（RES）、废物减容处理中心化学废液处理系统（CTS）等。表4.6-36给出了主要子系统的设备参数。

（1）废物减容处理中心水过滤器滤芯处理系统（FCS）

屏蔽转运装置在核岛辅助厂房卡车区接收来自核岛的废水过滤器滤芯，随后运送至废物减容处理中心。

在废物减容处理中心指定区域，由专用抓具将200L钢桶从屏蔽转运装置内吊出。装有废水过滤器滤芯的200L钢桶通过辊道送往水泥灌浆区进行灌浆固定。灌浆固定完成的200L钢桶经短期养护后，送至剂量检测间进行桶体剂量监测，最终送往废物暂存库存放。工艺流程归纳如下：

水过滤器滤芯 → 废物减容处理中心指定区域 → 卸出钢桶 → 灌浆 → 检测 → 中间贮存

（2）废物减容处理中心干废物处理系统（HVS）

核岛产生的通风过滤器滤芯/干废物/混合废物等由专用车辆运送至废物减容处理中心。

放射性较低的通风过滤器滤芯作为极短半衰期废物运往指定区域等待清洁解控。

放射性较高的通风过滤器滤芯运往废物减容处理中心的预压装置进行处理。通风过滤器滤芯通过一套专用的预压装置进行预处理，再送往超级压实机进行超压处理。其中湿的可压实干废物装入压实桶后，送往含水干废物多桶干燥装置进行烘干处理，随后再送往干废物分拣装置进行预压实；干的干废物/混合废物则通过分拣、切割后装入压实桶或200L钢桶内。其中装入压实桶内的可压实废物经预压实处理后，随后再送超级压实机进行超压处理。装入200L钢桶内的不可压实废物则直接送水泥灌浆固定。

经超压形成的压实饼通过测高，在指定区域集中存放，并通过优选组合的方式装桶（200L钢桶）。压实饼在200L钢桶内由水泥灌浆固定，最终送往废物暂存库存放。

通风过滤器滤芯处理的工艺流程归纳如下：

通风过滤器滤芯→ 废物减容处理中心指定区域 →通风过滤器滤芯预压装置 → 装桶（压实桶） → 超压 → 装桶（200L 钢桶） → 灌浆 → 检测 → 中间贮存

干废物/混合废物处理的工艺流程归纳如下：

干废物（不可压实） → 装桶（200L 钢桶） → 灌浆 → 检测 → 中间贮存

干废物（可压实，不含水） → 装桶（压实桶）→ 超压 → 装桶（200L 钢桶） → 灌浆 → 检测 → 中间贮存

干废物（可压实，含水） → 装桶（压实桶） → 含水干废物多桶干燥装置 → 超压 → 装桶（200L 钢桶） → 灌浆 → 检测 → 中间贮存

（3）废物减容处理中心废树脂处理系统（RES）

核岛产生的废树脂由废树脂屏蔽转运装置接收，并转运至废物减容处理中心的废树脂缓冲罐内。废树脂缓冲罐内的废树脂通过废树脂转运泵送往废树脂计量罐。经计量后，由废树脂计量罐送至废树脂干燥装置。废树脂干燥装置的夹套通过160℃的热油加热。其外壳设有保温隔层，使夹套的外表面温度不超过60°C。运行真空泵产生负压，使干燥器内的废树脂在一个比较低的温度下（36~67°C）蒸发水分，提高干燥速率。干燥过程中产生的蒸汽，先经由干燥器顶部的可再清洗型过滤器过滤，然后送往冷凝器和二次冷凝器中冷凝。干燥完成之后，废树脂装入200L钢桶并加盖，送至剂量检测间进行桶体剂量监测，最终送往废物暂存库存放。

废树脂处理系统（RES）的工艺流程归纳如下（工艺流程图见图4.6-14）：

核岛废树脂 → 废树脂屏蔽转运装置 → 废物减容处理中心废树脂缓冲罐 → 废树脂干燥装置 →装桶（200L 钢桶） → 检测 → 中间贮存

（4）废物减容处理中心化学废液处理系统（CTS）

核岛产生的化学废液由屏蔽转运装置运送至废物减容处理中心的化学废液缓冲罐内。废物减容处理中心内产生的化学废液等均通过该系统进行收集和处理。

收集在废物减容处理中心化学废液缓冲罐内的化学废液，通过输送泵送往一套小型蒸发装置进行预处理。经过蒸发预处理，废液中的放射性核素大多浓集于蒸残液中，并随蒸残液去化学废液烘干装置进一步干燥处理或固化处理。蒸发后的蒸残液通过输送泵分批送往化学废液烘干装置。化学废液烘干装置内的干燥容器直接采用200L钢桶。经该装置反复多次进料、干燥、再进料、再干燥后形成化学废液盐块。干燥后的盐桶加盖后送至剂量检测间进行桶体剂量监测，最终送往废物暂存库存放。化学废液处理系统的工艺流程归纳如下：

化学废液处理系统的工艺流程归纳如下（工艺流程图见图4.6-15）：

化学废液（浓缩液）→ 废物减容处理中心化学废液缓冲罐 → 蒸发装置 → 化学废液烘干装置（200L 钢桶）→ 检测 → 中间贮存
                                                                                    ↘ 水泥固化

2）洗衣房

在核电站正常运行和维修期间，会产生程度不同的被放射性污染的工作服和工作鞋等衣物。对污染严重的直接作为放射性固体废物处理，否则将其去污清洗、脱水、烘干和熨平，使其满足卫生、剂量标准后回收重复使用。

洗衣的操作程序根据衣物的种类和污染程度制定。电站正常运行期间，采用一洗二漂的操作程序。洗衣房分为：脏工作服接收间、洗衣间、烘干间、平整间、工具洗涤剂存放间、废液暂存间及相关配套设施。

3）废物暂存库

废物暂存库用于贮存全厂各机组五年产生的（200L钢桶）桶装放射性废物。废物桶由废物减容处理中心废物处理厂房经相关工艺处理产生。废物暂存库设有混凝土高完整容器（HIC）贮存区和两个废物桶贮存区，其中贮存I区用于存放放射性较低的废物桶（表面剂量率≤2mSv/h），贮存II区用于存放放射性较高的废物桶（表面剂量率＞2mSv/h）。贮存II区的废物桶按4层竖直堆叠，设有混凝土楼板和屏蔽塞，减少对厂房上部空间的辐射。贮存I区废物桶按照5层竖直堆叠，废物桶周围设置专用钢结构框架进行支撑，维持桶体堆叠的安全性与稳定性，防止废物桶倾倒。混凝土HIC贮存区用于存放混凝土HIC废物包，混凝土HIC内装有化学废液盐块或废树脂的200L钢桶。

对于装有化学废液盐块和废树脂的200L钢桶，需要进一步装入混凝土高完整性容器（HIC）中，经灌浆、养护和检测后再送往处置场。其余废物则以200L钢桶作为最终包装体送往处置场。废物库内废物经暂存后，最终运至国家处置场进行集中处置。

废物减容处理中心处理废物流见表4.6-37和表4.6-38。

4.6.6.3 放射性释放和监测

废物减容处理中心的放射性废液经处理后送往监测箱内进行槽式排放。每次排放前，监测箱内的废液循环后取送化学分析室分析，取样结果符合排放标准后进行排放。排放管上设置有流出液辐射监测通道，连续测量废物减容处理中心向环境排放的液态流出物的放射性水平，并保证流出液排放符合标准要求。当流出液放射性活度浓度超过设定值时，自动关闭排放阀并停泵，停止对外排放，发出报警。来自废物减容处理中心排放管的液态流出物将送往临近机组的排放总管。

废物减容处理中心内设置了必要的设备和仪表，能对处理过程中的固体废物进行检测和控制，为废物减容处理中心的正常运行提供必要的依据。固体包装废物将采用统一的200L钢桶作为包装容器，200L钢桶入库前会对放射性核素及比活度进行测量和记录。

废物减容处理中心的工艺及暖通排气经高效过滤器过滤后对外排放。排放总管上设有辐射监测措施及流量计，监测废物减容处理中心对外排气的放射性活度浓度及总量。

4.6.7 废物最小化

核电厂废物最小化的原则在国际上已得到充分的重视，本工程在设计、建造、运行乃至退役等各个阶段将积极考虑先进的技术和管理方法，在废物政策上落实最小化的原则。

核电厂放射性废物的体积和活度的量通过合理的设计手段和运行、退役措施保持在切实可行的最小水平，这些措施包括设备材料的选择和控制、材料的再循环和再利用、合理的运行程序的应用等，重点在于不同类型废物和材料的隔离以减少放射性废物的体积并利于管理。

“废物最小化”可从管理和技术安全两方面进行考虑：

- 管理：建立废物管理和废物最小化的程序和合理可靠的废物清洁和排放程序以及相应的质量保证系统，并对运行人员进行培训和论证等；

- 技术安全：核电站在设计和建造阶段对废物最小化的考虑对将来运行和退役阶段废物的产生有直接的影响。本工程在设计时将考虑如下因素：
  - 选择合适的材料（抗腐蚀、高质量的表面处理、不会或较低可能被活化或产生其它放射性核素）；
  - 应用最有效、可靠和先进的技术以确保设备尽可能长时间维持可运行状态，而不需要更换和/或维修；
  - 采用高性能的设备，避免废物的无序积累，减少泄漏或排放以避免维修的设备被污染而产生额外的废物；
  - 严格区分非放射性物质和放射性物质，合理地根据物质的特性和放射性活度进行分离。

需要指出的是，核电厂不可避免地将产生放射性废物，由于现有废物贮存设施和处理设备的限制以及保护环境和公众的考虑，在“废物最小化”原则中也包含了待处理和贮存放射性废物的体积和放射性最小化的含义，减少已产生废物的体积和放射性的措施主要有：

- 在处理已产生的放射性废物前放置足够长的时间，通过衰变来降低废物的放射性，这对于短半衰期核素特别有用。这也可以简化废物处理的过程并相应提高处理效率。
- 对于电站日常维护和大修、以及电站退役后产生的非放射性金属废物应区分出来，可用作民用建筑材料再循环复用。

4.6.8 放射性固体废物处置方案

本工程放射性固体废物包在废物减容处理中心废物暂存库暂存期满后，将送至龙和国家集中处置场进行处置。废物包厂外运输按《放射性物品安全运输规程》（GB 11806）要求执行。

表 4.6-1　平衡循环堆芯放射性积存量

	核素	堆芯积存量（Bq）		核素	堆芯积存量（Bq）
碘	I-130	1.15E+17	惰性气体	Kr-85m	9.48E+17
	I-131	3.55E+18		Kr-85	3.73E+16
	I-132	5.17E+18		Kr-87	1.82E+18
	I-133	7.28E+18		Kr-88	2.56E+18
	I-134	8.03E+18		Xe-131m	3.96E+16
	I-135	6.84E+18		Xe-133m	2.26E+17
铯组	Cs-134	6.21E+17		Xe-133	7.18E+18
	Cs-136	1.84E+17		Xe-135m	1.43E+18
	Cs-137	4.04E+17		Xe-135	1.95E+18
	Cs-138	6.70E+18		Xe-138	6.05E+18
	Rb-86	7.06E+15	铈组	Ce-141	5.96E+18
碲组	Te-127m	4.84E+16		Ce-143	5.54E+18
	Te-127	3.78E+17		Ce-144	4.48E+18
	Te-129m	1.65E+17		Pu-238	1.08E+16
	Te-129	1.12E+18		Pu-239	1.07E+15
	Te-131m	5.12E+17		Pu-240	1.33E+15
	Te-132	5.06E+18		Pu-241	4.84E+17
	Sb-127	3.73E+17		Np-239	6.78E+19
	Sb-129	1.14E+18	镧组	Y-90	3.04E+17
铑组	Ru-103	5.40E+18		Y-91	4.48E+18
	Ru-105	3.72E+18		Y-92	4.69E+18
	Ru-106	1.81E+18		Y-93	5.41E+18
	Rh-105	3.32E+18		Nb-95	6.07E+18
	Mo-99	6.72E+18		Zr-95	6.03E+18
	Tc-99m	5.97E+18		Zr-97	6.01E+18
钡和锶组	Sr-89	3.48E+18		La-140	6.48E+18
	Sr-90	2.94E+17		La-142	5.76E+18
	Sr-91	4.32E+18		Pr-143	5.40E+18
	Sr-92	4.67E+18		Nd-147	2.38E+18
	Ba-139	6.54E+18		Am-241	5.49E+14
	Ba-140	6.29E+18		Cm-242	1.54E+17
				Cm-244	1.21E+16

表 4.6-2　计算设计基准反应堆冷却剂裂变产物活度浓度所需参数

堆芯热功率（MWt）	3400
一回路冷却剂液相质量（kg）(1)	2.029E+05
反应堆冷却剂正常净化流量（m^3/h）(2)	22.7
阳床等效流量，年平均（m^3/h）(2)	2.27
核素释放率系数（燃料破损份额和裂变产物逃脱率系数的乘积）	
含有少量包壳破损的燃料棒产生的等效功率份额（燃料份额）	0.0025
满功率运行期间裂变产物的逃脱率系数（s^{-1}）：	
Kr 和 Xe 同位素 Br、Rb、I 和 Cs 同位素 Mo、Tc 和 Ag 同位素 Te 同位素 Sr 和 Ba 同位素 Y、Zr、Nb、Ru、Rh、La、Ce 和 Pr 同位素	6.5E-08 1.3E-08 2.0E-09 1.0E-09 1.0E-11 1.6E-12
化学和容积控制系统混床	
树脂体积（m^3）	1.4
除盐床的同位素去污因子：	
Kr 和 Xe 同位素 Br 和 I 同位素 Sr 和 Ba 同位素 其它同位素	1 10 10 1
化学和容积控制系统阳床	
树脂体积（m^3）	1.4
除盐床的同位素去污因子：	
Kr 和 Xe 同位素 Sr 和 Ba 同位素 Rb 和 Cs 同位素 其它同位素	1 1 10 1
其它同位素的去除机理	见注（3）
初始硼浓度（ppm）	1504
运行时间（等效满功率小时）	12182.4

注：

1. 用于计算一回路冷却剂中裂变产物活度的一回路冷却剂质量，是热膨胀前上述条件下的值（保守的）；

2. 流量的计算条件为 15.513MPa（a）和 54.4℃；

3. 对于除 Kr、Xe、Br、I、Rb、Cs、Sr 和 Ba 以外的所有同位素，其去污因子假定是 10，以便考虑除离子交换以外的其它去除机制，例如沉积或过滤。此去污因子适用于正常净化下泄流。

表 4.6-3　0.25%包壳破损率对应的反应堆冷却剂中核素的活度浓度

核素	活度浓度（Bq/g）	核素	活度浓度（Bq/g）
Kr-83m	6.50E+03	Rb-89	2.47E+03
Kr-85m	2.97E+04	Sr-89	3.45E+01
Kr-85	9.62E+04	Sr-90	1.58E+00
Kr-87	1.68E+04	Sr-91	5.87E+01
Kr-88	5.28E+04	Sr-92	1.41E+01
Kr-89	1.24E+03	Y-90	3.80E-01
Xe-131m	4.68E+04	Y-91m	3.07E+01
Xe-133m	6.07E+04	Y-91	4.16E+00
Xe-133	4.37E+06	Y-92	1.12E+01
Xe-135m	6.07E+03	Y-93	3.86E+00
Xe-135	1.28E+05	Zr-95	5.06E+00
Xe-137	2.39E+03	Nb-95	5.07E+00
Xe-138	8.78E+03	Mo-99	6.91E+03
Br-83	1.05E+03	Tc-99m	6.38E+03
Br-84	5.33E+02	Ru-103	4.39E+00
Br-85	6.30E+01	Rh-103m	4.35E+00
I-129	4.73E-04	Ru-106	1.47E+00
I-130	3.17E+02	Rh-106	1.47E+00
I-131	2.25E+04	Te-125m	5.01E+00
I-132	3.25E+04	Te-127m	2.44E+01
I-133	4.27E+04	Te-129m	8.38E+01
I-134	7.70E+03	Te-129	1.30E+02
I-135	2.66E+04	Te-131m	2.23E+02
Cs-134	1.94E+04	Te-131	1.50E+02
Cs-136	2.98E+04	Te-132	2.57E+03
Cs-137	1.54E+04	Te-134	3.78E+02
Cs-138	1.31E+04	Ba-137m	1.53E+04
Cr-51	8.51E+01	Ba-140	3.31E+01
Mn-54	4.37E+01	La-140	9.56E+00
Fe-55	3.28E+01	Ce-141	4.97E+00
Fe-59	8.21E+00	Ce-143	4.80E+00
Co-58	1.26E+02	Pr-143	4.80E+00
Co-60	1.45E+01	Ce-144	3.67E+00
Zn-65	1.39E+01	Pr-144	3.70E+00
Rb-88	5.40E+04	--	--

表 4.6-4　用于设计排放源项分析的反应堆冷却剂源项

核素	活度浓度（Bq/g）	核素	活度浓度（Bq/g）
Kr-83m	1.03E+03	Y-92	1.78E+00
Kr-85m	4.71E+03	Y-93	6.12E-01
Kr-85	1.53E+04	Zr-95	8.03E-01
Kr-87	2.67E+03	Nb-95	8.04E-01
Kr-88	8.38E+03	Mo-99	1.10E+03
Kr-89	1.97E+02	Tc-99m	1.01E+03
Xe-131m	7.43E+03	Ru-103	6.96E-01
Xe-133m	9.63E+03	Rh-103m	6.90E-01
Xe-133	6.93E+05	Ru-106	2.33E-01
Xe-135m	9.63E+02	Rh-106	2.33E-01
Xe-135	2.03E+04	Te-127m	3.87E+00
Xe-137	3.79E+02	Te-129m	1.33E+01
Xe-138	1.39E+03	Te-129	2.06E+01
Br-83	1.67E+02	Te-131m	3.54E+01
Br-84	8.46E+01	Te-131	2.38E+01
Br-85	1.00E+01	Te-132	4.08E+02
I-129	7.50E-05	Te-134	6.00E+01
I-130	5.03E+01	Ba-137m	2.43E+03
I-131	3.57E+03	Ba-140	5.25E+00
I-132	5.16E+03	La-140	1.52E+00
I-133	6.77E+03	Ce-141	7.89E-01
I-134	1.22E+03	Ce-143	7.62E-01
I-135	4.22E+03	Pr-143	7.62E-01
Cs-134	3.08E+03	Ce-144	5.82E-01
Cs-136	4.73E+03	Pr-144	5.87E-01
Cs-137	2.44E+03	Cr-51	8.51E+01
Cs-138	2.08E+03	Mn-54	4.37E+01
Rb-88	8.57E+03	Fe-55	3.28E+01
Rb-89	3.92E+02	Fe-59	8.21E+00
Sr-89	5.47E+00	Co-58	1.26E+02
Sr-90	2.51E-01	Co-60	1.45E+01
Sr-91	9.31E+00	Zn-65	1.39E+01
Sr-92	2.24E+00	Sb-124	1.11E+01
Y-90	6.03E-02	Ag-110m	4.81E+01
Y-91m	4.87E+00	剂量等效 I-131 活度浓度	5.00E+03
Y-91	6.60E-01	--	--

表 4.6-5　用于现实排放源项分析的反应堆冷却剂源项

核素	活度浓度（Bq/g）	核素	活度浓度（Bq/g）
Kr-83m	2.06E+01	Y-92	3.55E-02
Kr-85m	9.42E+01	Y-93	1.22E-02
Kr-85	3.05E+02	Zr-95	1.61E-02
Kr-87	5.33E+01	Nb-95	1.61E-02
Kr-88	1.68E+02	Mo-99	2.19E+01
Kr-89	3.93E+00	Tc-99m	2.02E+01
Xe-131m	1.49E+02	Ru-103	1.39E-02
Xe-133m	1.93E+02	Rh-103m	1.38E-02
Xe-133	1.39E+04	Ru-106	4.66E-03
Xe-135m	1.93E+01	Rh-106	4.66E-03
Xe-135	4.06E+02	Te-127m	7.74E-02
Xe-137	7.58E+00	Te-129m	2.66E-01
Xe-138	2.79E+01	Te-129	4.13E-01
Br-83	3.33E+00	Te-131m	7.08E-01
Br-84	1.69E+00	Te-131	4.76E-01
Br-85	2.00E-01	Te-132	8.15E+00
I-129	1.50E-06	Te-134	1.20E+00
I-130	1.01E+00	Ba-137m	4.85E+01
I-131	7.14E+01	Ba-140	1.05E-01
I-132	1.03E+02	La-140	3.03E-02
I-133	1.35E+02	Ce-141	1.58E-02
I-134	2.44E+01	Ce-143	1.52E-02
I-135	8.44E+01	Pr-143	1.52E-02
Cs-134	6.16E+01	Ce-144	1.16E-02
Cs-136	9.46E+01	Pr-144	1.17E-02
Cs-137	4.89E+01	Cr-51	4.26E+01
Cs-138	4.16E+01	Mn-54	2.19E+01
Rb-88	1.71E+02	Fe-55	1.64E+01
Rb-89	7.84E+00	Fe-59	4.11E+00
Sr-89	1.09E-01	Co-58	6.30E+01
Sr-90	5.01E-03	Co-60	7.25E+00
Sr-91	1.86E-01	Zn-65	6.95E+00
Sr-92	4.47E-02	Sb-124	5.55E+00
Y-90	1.21E-03	Ag-110m	2.41E+01
Y-91m	9.74E-02	剂量等效 I-131 活度浓度	1.00E+02
Y-91	1.32E-02	--	--

表 4.6-6　反应堆冷却剂中腐蚀产物活度浓度计算所需参数

参数	单位	参考电厂	本工程
热功率	MWt	3400	3400
反应堆冷却剂系统中的水装量	kg	2.49E+05	2.03E+05
反应堆冷却剂下泄流量	kg/h	1.68E+04	2.27E+04
年平均调硼排水流量	kg/h	2.27E+02	6.88E+01
通过化学和容积控制系统阳床的流量	kg/h	1.68E+03	2.27E+03
化学和容积控制系统阳床对腐蚀产物的去除系数	---	0.9	0.9
化学和容积控制系统混床对腐蚀产物的去除系数	---	0.98	0.98

表 4.6-7　主回路氚产生量计算所需主要参数

参数		单位	平衡循环
整体型可燃毒物棒（IFBA）数量		个	7616（换料组件） 7616（一次料） 2784（二次料）
所有 IFBA 中 ^{10}B 总质量		g	2185.6
湿式环状离散型可燃毒物（WABA）数量		个	0
所有 WABA 中 ^{10}B 总质量		g	0
等效满功率天数		EFPD	507.6
初始硼浓度		ppm	1873.6
硼去除率		ppm/s	4.178E-05
锂浓度		ppm	3.0
辐照区域水质量	堆芯活性区	g	1.30E+07
	旁通区	g	4.41E+06
	下降段	g	9.67E+06
	上反射层	g	4.61E+05
	下反射层	g	3.81E+05
次级源棒参数			
单根次级源棒中的 Sb-Be 芯块质量		kg	0.338
Sb-Be 芯块中 Be 的质量份额		%	20.3~23.3 (1)
Sb-Be 芯块密度		g/cm^3	4.27
首循环堆芯次级源棒数量		个	12
次级源棒计算时采用的堆芯平均热中子通量		$n\ cm^{-2}\ s^{-1}$	3.755E+13

注：（1） 计算时保守取 Be 质量份额上限。

表 4.6-8　平衡循环主回路中氚的年产生量

产氚途径	主回路氚年产生量（Bq/a）	
	设计值	现实值
燃料中三元裂变	4.60E+12	2.14E+12
可燃毒物棒中 ^{10}B（n,2α）T 反应	2.02E+11	9.39E+10
可燃毒物棒内 ^{10}B（n,α）^{7}Li（n,nα）T 反应	5.02E+11	2.33E+11
主冷却剂中 ^{10}B（n,2α）T 反应	3.37E+13	3.14E+13
主冷却剂中 ^{7}Li（n,nα）T 反应	3.88E+11	3.61E+11
主冷却剂中 ^{6}Li（n,α）T 反应	4.25E+12	1.58E+12
主冷却剂中 ^{2}H（n,γ）T 反应	1.17E+11	1.09E+11
次级源棒的贡献	6.36E+12	5.91E+12
合计	5.01E+13	4.18E+13

表 4.6-9　主回路中 C-14 的年产生量

反应类型	C-14 的年产生量（Bq/a）
设计值	
O-17（n,α）C-14	3.88E+11
N-14（n,p）C-14	4.99E+10
总计	4.38E+11
现实值	
O-17（n,α）C-14	3.61E+11
N-14（n,p）C-14	3.10E+10
总计	3.92E+11

表 4.6-10　计算设计基准二回路冷却剂活度浓度所需的参数

二次侧水总质量（kg）	1.54E+05
蒸汽发生器蒸汽份额	0.063 (1)
总蒸汽流量（kg/h）	6.80E+06
蒸汽中水夹带率（%）	0.3 (2)
总补给水流量（kg/d）	7.70E+03
总排污率（kg/s）	11.52
一次侧向二次侧的总泄漏率（m^3/d）	1.14
碘分配因子（基于质量）	100

注：

1.根据最佳估算 0%堵管和 100%满功率工况获得该结果；

2.蒸汽中水夹带率限值为 0.3%，设计目标值为 0.1%。

表 4.6-11　设计基准二回路冷却剂液相核素的活度浓度

核素	活度浓度（Bq/g）	核素	活度浓度（Bq/g）
Br-83	4.35E-01	Y-91	3.90E-03
Br-84	7.63E-02	Y-92	9.26E-03
Br-85	9.49E-04	Y-93	2.74E-03
I-129	4.26E-07	Zr-95	4.63E-03
I-130	2.32E-01	Nb-95	4.64E-03
I-131	1.99E+01	Mo-99	6.07E+00
I-132	1.44E+01	Tc-99m	5.66E+00
I-133	3.37E+01	Ru-103	4.01E-03
I-134	1.70E+00	Ru-106	1.34E-03
I-135	1.68E+01	Rh-103m	4.01E-03
Rb-88	4.88E+00	Rh-106	1.34E-03
Rb-89	1.92E-01	Ag-110m	1.08E-02
Cs-134	3.18E+01	Te-125m	4.56E-03
Cs-136	4.81E+01	Te-127m	2.23E-02
Cs-137	2.52E+01	Te-127	5.20E-03
Cs-138	2.04E+00	Te-129m	7.62E-02
Cr-51	7.75E-02	Te-129	6.96E-02
Mn-54	3.99E-02	Te-131m	1.86E-01
Fe-55	3.00E-02	Te-131	5.36E-02
Fe-59	7.49E-03	Te-132	2.27E+00
Co-58	1.15E-01	Te-134	6.79E-02
Co-60	1.33E-02	Ba-137m	2.37E+01
Zn-65	1.27E-02	Ba-140	3.00E-02
Sb-124	1.01E-02	La-140	1.01E-02
Sr-89	5.71E-02	Ce-141	4.52E-03
Sr-90	2.59E-03	Ce-143	4.05E-03
Sr-91	6.27E-02	Ce-144	3.36E-03
Sr-92	8.02E-03	Pr-143	4.40E-03
Y-90	4.44E-04	Pr-144	3.36E-03
Y-91m	3.45E-02	--	--

表 4.6-12　设计基准二回路蒸汽侧的核素活度浓度

核素	活度浓度（Bq/g）
Kr-83m	3.66E-02
Kr-85m	1.50E-01
Kr-85	4.86E-01
Kr-87	8.47E-02
Kr-88	2.67E-01
Kr-89	6.14E-03
Xe-131m	2.35E-01
Xe-133m	3.07E-01
Xe-133	2.20E+01
Xe-135m	1.90E-01
Xe-135	6.71E-01
Xe-137	1.19E-02
Xe-138	4.41E-02
I-129	5.52E-09
I-130	3.01E-03
I-131	2.58E-01
I-132	1.87E-01
I-133	4.37E-01
I-134	2.20E-02
I-135	2.18E-01

表 4.6-13　用于设计排放源项分析的二回路冷却剂液相源项

核素	活度浓度（Bq/g）	核素	活度浓度（Bq/g）
Br-83	1.64E-04	Y-93	1.04E-06
Br-84	2.88E-05	Zr-95	1.75E-06
Br-85	3.59E-07	Nb-95	1.75E-06
I-129	1.61E-10	Mo-99	2.29E-03
I-130	8.77E-05	Tc-99m	2.14E-03
I-131	7.52E-03	Ru-103	1.52E-06
I-132	5.44E-03	Ru-106	5.06E-07
I-133	1.27E-02	Rh-103m	1.52E-06
I-134	6.42E-04	Rh-106	5.06E-07
I-135	6.35E-03	Ag-110m	1.66E-05
Rb-88	1.84E-03	Te-125m	1.72E-06
Rb-89	7.25E-05	Te-127m	8.43E-06
Cs-134	1.20E-02	Te-127	1.96E-06
Cs-136	1.82E-02	Te-129m	2.88E-05
Cs-137	9.52E-03	Te-129	2.63E-05
Cs-138	7.71E-04	Te-131m	7.03E-05
Cr-51	2.93E-05	Te-131	2.03E-05
Mn-54	1.51E-05	Te-132	8.58E-04
Fe-55	1.13E-05	Te-134	2.57E-05
Fe-59	2.83E-06	Ba-137m	8.95E-03
Co-58	4.35E-05	Ba-140	1.13E-05
Co-60	5.03E-06	La-140	3.82E-06
Sr-89	2.16E-05	Ce-141	1.71E-06
Sr-90	9.79E-07	Ce-143	1.53E-06
Sr-91	2.37E-05	Ce-144	1.27E-06
Sr-92	3.03E-06	Pr-143	1.66E-06
Y-90	1.68E-07	Pr-144	1.27E-06
Y-91m	1.30E-05	Zn-65	4.79E-06
Y-91	1.47E-06	Sb-124	3.83E-06
Y-92	3.50E-06	--	--

表 4.6-14　用于设计排放源项分析的二回路冷却剂气相源项

核素	活度浓度（Bq/g）
Kr-83m	1.38E-05
Kr-85m	5.67E-05
Kr-85	1.84E-04
Kr-87	3.20E-05
Kr-88	1.01E-04
Kr-89	2.32E-06
Xe-131m	8.88E-05
Xe-133m	1.16E-04
Xe-133	8.31E-03
Xe-135m	7.18E-05
Xe-135	2.54E-04
Xe-137	4.50E-06
Xe-138	1.67E-05
I-129	2.09E-12
I-130	1.14E-06
I-131	9.75E-05
I-132	7.07E-05
I-133	1.65E-04
I-134	8.31E-06
I-135	8.24E-05

表 4.6-15　除氚和 C-14 外其他核素气液态排放量计算所需输入参数

参数及量纲	数值
热功率水平（MWt）	3400
主冷却剂质量（kg）	2.03E+05
主系统下泄流量（m^3/h）	22.7
下泄去污阳离子床流量，年平均（m^3/h）	2.27
蒸汽发生器数目	2
总蒸汽流量（kg/h）	6.80E+06
在每个蒸汽发生器中液体质量（kg）	7.70E+04
总排污流量（kg/s）	11.52
调硼排水释放	
现实排水流量（m^3/d）	1.65
设计排水流量（m^3/d）	8.41
收集时间（d）	30
处理及排放时间（d）	0
排放份额	1.0
设备疏水	
设备疏水现实流量（m^3/d）	1.1
设备疏水设计流量（m^3/d）	1.23
反应堆冷却剂活度份额	0.3679
收集时间（d）	30
处理及排放时间（d）	0
排放份额	1.0
脏废液	
脏废液现实输入流量（m^3/d）	4.69
脏废液设计输入流量（m^3/d）	10.63
反应堆冷却剂活度份额	0.0013
收集时间（d）	10
处理及排放时间（d）	0
排放份额	1.0

注：[1] 基于上述现实流量数据得到的废液年产生量约为 2717m^3，该值用于正常运行现实排放源项的计算。在计算设计排放源项时，考虑调硼排水、设备疏水、脏废液以及洗手废液的贡献，总废液量取为 7700m^3。

表 4.6-15　气液态排放量计算所需输入参数（续）

参数	值
反应堆厂房	
反应堆冷却剂泄漏率（m^3/d）	0.0667
闪蒸份额 •惰性气体 •碘和其它粒子	 1 0.4
通风系统过滤效率 •惰性气体 •碘 •其它粒子	 0 90% 99%
沉积去除常数（h^{-1}） •碘	 1
辅助厂房	
冷却剂泄漏率（m^3/d）	0.30
气水分配因子 •碘 •其它粒子	 0.01 0.005
通风系统过滤效率 •惰性气体 •碘和其它粒子	 0 0
燃料操作区	
换料期间水的净总体积（m^3）	2807.76
燃料操作区的通风流量（m^3/s）	5.39
燃料操作区自由容积（m^3）	6099.95
乏燃料池过滤除盐床流量（m^3/s）	0.01577
换料期间乏燃料池水蒸发率（g/s）	230.87
燃料破损率	
设计排放源项	3.968E-04
现实排放源项	7.937E-06
废气处理系统	
设计输入流量（m^3/d）	8.41
现实输入流量（m^3/d）	1.65
延迟床延迟时间（d） •氮 •氙	 2 38
二回路	
蒸汽流量（kg/h）	6.80E+06
气水分配系数 •碘和粒子 •惰性气体	 0.0001 1

表 4.6-15　气液态排放量计算所需输入参数（续）

废液处理系统对各类废液核素的去污因子					
I-131 活度浓度水平	废液类别	I	Cs/Rb	Ag/Sb	其他[(1)]
5GBq/t	调硼排水	550	10000	500	12500
	设备疏水	550	10000	500	12500
	脏废液	100	20	100	100
0.1GBq/t	调硼排水	11	1000	200	250
	设备疏水	11	1000	200	250
	脏废液	1	10	10	10

注：（1）在计算活化腐蚀产物现实排放源项时，仍假设采用同计算设计排放源项时相同的去污因子。

表 4.6-16　单台机组液态流出物年设计排放量

核素	核岛废液（Bq/a）	二回路（Bq/a）	CVRF（Bq/a）	总释放（Bq/a）
活化腐蚀产物				
Cr-51	7.41E+06	1.06E+06	2.57E+07	3.42E+07
Mn-54	4.48E+06	5.48E+05	1.60E+07	2.10E+07
Fe-55	3.40E+06	4.12E+05	2.55E+07	2.93E+07
Fe-59	7.62E+05	1.03E+05	8.69E+06	9.55E+06
Co-58	1.22E+07	1.58E+06	4.94E+07	6.32E+07
Co-60	1.51E+06	1.83E+05	6.03E+07	6.20E+07
Zn-65	1.42E+06	1.74E+05	9.84E+02	1.59E+06
Ag-110m	7.23E+07	6.05E+05	4.25E+06	7.71E+07
Sb-124	1.47E+07	1.39E+05	1.52E+06	1.64E+07
裂变产物				
Br-83	6.31E+05	5.97E+06	8.70E+04	6.69E+06
Br-84	7.08E+04	1.05E+06	4.43E+04	1.16E+06
Br-85	7.62E+02	1.30E+04	5.24E+03	1.90E+04
Rb-88	7.14E+06	6.70E+07	4.49E+06	7.86E+07
Rb-89	2.78E+05	2.64E+06	2.05E+05	3.12E+06
Sr-89	5.35E+05	7.84E+05	4.84E+05	1.80E+06
Sr-90	2.61E+04	3.56E+04	3.78E+04	9.94E+04
Sr-91	4.59E+04	8.61E+05	4.14E+03	9.08E+05
Sr-92	3.11E+03	1.10E+05	2.86E+05	1.17E+05
Y-90	2.03E+04	6.10E+03	1.08E+03	2.73E+04
Y-91m	2.90E+04	4.74E+05	9.46E+02	5.03E+05
Y-91	6.90E+04	5.36E+04	5.34E+02	4.09E+05
Y-92	6.33E+03	1.27E+05	4.61E+02	1.34E+05
Y-93	3.19E+03	3.76E+04	8.06E+02	4.16E+04
Zr-95	7.72E+04	6.36E+04	3.90E+06	4.04E+06
Nb-95	8.29E+04	6.37E+04	6.74E+06	6.89E+06
Mo-99	3.44E+07	8.34E+07	3.28E+05	1.18E+08
Tc-99m	3.31E+07	7.77E+07	5.65E+05	1.11E+08
Ru-103	6.37E+04	5.51E+04	1.45E+06	1.57E+06
Rh-103m	6.30E+04	5.51E+04	3.64E+02	1.18E+05

表 4.6-16　单台机组液态流出物年设计排放量（续）

核素	核岛废液（Bq/a）	二回路（Bq/a）	CVRF（Bq/a）	总释放（Bq/a）
Ru-106	2.40E+04	1.84E+04	1.22E+02	4.25E+04
Rh-106	2.40E+04	1.84E+04	1.22E+02	4.25E+04
Te-127m	3.84E+05	3.06E+05	2.03E+03	6.92E+05
Te-129m	1.19E+06	1.05E+06	6.96E+03	2.25E+06
Te-129	7.60E+05	9.56E+05	1.08E+04	1.73E+06
Te-131m	5.98E+05	2.55E+06	1.85E+04	3.17E+06
Te-131	1.60E+05	7.36E+05	1.25E+04	9.09E+05
Te-132	1.44E+07	3.12E+07	2.14E+05	4.58E+07
Te-134	2.14E+04	9.32E+05	3.14E+04	9.85E+05
I-129	4.77E+01	5.85E+00	3.93E-02	5.36E+01
I-130	9.80E+05	3.19E+06	2.64E+04	4.19E+06
I-131	8.97E+08	2.73E+08	7.75E+06	1.18E+09
I-132	7.21E+07	1.98E+08	2.70E+06	2.73E+08
I-133	2.22E+08	4.63E+08	3.55E+06	6.89E+08
I-134	1.76E+06	2.33E+07	6.40E+05	2.57E+07
I-135	4.38E+07	2.31E+08	2.21E+06	2.77E+08
Cs-134	1.97E+09	4.37E+08	4.06E+07	2.45E+09
Cs-136	2.03E+09	6.61E+08	3.79E+06	2.69E+09
Cs-137	1.58E+09	3.46E+08	5.81E+07	1.98E+09
Cs-138	3.25E+06	2.80E+07	1.09E+06	3.24E+07
Ba-137m	6.68E+08	3.25E+08	1.28E+06	9.94E+08
Ba-140	3.80E+05	4.12E+05	3.23E+06	4.02E+06
La-140	3.46E+05	1.39E+05	7.93E+02	4.86E+05
Ce-141	7.03E+04	6.21E+04	8.15E+05	9.47E+05
Ce-143	1.28E+04	5.56E+04	3.99E+02	6.88E+04
Pr-143	6.11E+04	6.04E+04	3.99E+02	1.22E+05
Ce-144	5.95E+04	4.61E+04	1.38E+07	1.39E+07
Pr-144	5.95E+04	4.61E+04	3.07E+02	1.06E+05
总量	7.70E+09	3.27E+09	3.50E+08	1.13E+10
液态氚：4.51E+13Bq/a				
液态 C-14：4.38E+10Bq/a				

表 4.6-17　单台机组液态流出物年现实排放量

核素	核岛废液 （Bq/a）	CVRF （Bq/a）	总释放 （Bq/a）
活化腐蚀产物			
Cr-51	1.22E+06	2.57E+07	2.69E+07
Mn-54	7.55E+05	1.60E+07	1.68E+07
Fe-55	5.78E+05	2.55E+07	2.61E+07
Fe-59	1.27E+05	8.69E+06	8.82E+06
Co-58	2.03E+06	4.94E+07	5.14E+07
Co-60	2.50E+05	6.03E+07	6.05E+07
Zn-65	2.43E+05	9.84E+02	2.44E+05
Ag-110m	2.93E+07	4.25E+06	3.35E+07
Sb-124	6.05E+06	1.52E+06	7.57E+06
裂变产物			
Br-83	3.33E+05	8.70E+04	4.20E+05
Br-84	4.00E+04	4.43E+04	8.43E+04
Br-85	4.14E+02	5.24E+03	5.65E+03
Rb-88	1.13E+05	4.49E+06	4.60E+06
Rb-89	4.43E+03	2.05E+05	2.09E+05
Sr-89	8.06E+04	4.84E+05	5.65E+05
Sr-90	4.22E+03	3.78E+04	4.20E+04
Sr-91	4.70E+03	1.08E+03	5.78E+03
Sr-92	3.14E+02	4.14E+03	4.45E+03
Y-90	4.07E+03	9.46E+02	5.02E+03
Y-91m	3.00E+03	5.34E+02	3.53E+03
Y-91	1.12E+04	2.86E+05	2.97E+05
Y-92	6.37E+02	4.61E+02	1.10E+03
Y-93	3.33E+02	8.06E+02	1.14E+03
Zr-95	1.23E+04	3.90E+06	3.91E+06
Nb-95	1.40E+04	6.74E+06	6.75E+06
Mo-99	3.66E+06	3.28E+05	3.99E+06
Tc-99m	3.52E+06	5.65E+05	4.09E+06
Ru-103	9.81E+03	1.45E+06	1.46E+06
Rh-103m	9.81E+03	3.64E+02	1.02E+04

表 4.6-17　单台机组液态流出物年现实排放量（续）

核素	核岛废液（Bq/a）	CVRF 排放量（Bq/a）	总释放（Bq/a）
Ru-106	3.93E+03	1.22E+02	4.05E+03
Rh-106	3.93E+03	1.22E+02	4.05E+03
Te-127m	6.77E+04	2.03E+03	6.97E+04
Te-129m	1.82E+05	6.96E+03	1.88E+05
Te-129	1.17E+05	1.08E+04	1.27E+05
Te-131m	5.47E+04	1.85E+04	7.32E+04
Te-131	1.03E+04	1.25E+04	2.28E+04
Te-132	1.25E+06	2.14E+05	1.47E+06
Te-134	2.15E+03	3.14E+04	3.36E+04
I-129	2.40E+01	3.93E-02	2.40E+01
I-130	5.15E+05	2.64E+04	5.41E+05
I-131	4.56E+08	7.75E+06	4.64E+08
I-132	3.08E+07	2.70E+06	3.35E+07
I-133	1.18E+08	3.55E+06	1.22E+08
I-134	9.25E+05	6.40E+05	1.57E+06
I-135	2.29E+07	2.21E+06	2.51E+07
Cs-134	3.99E+07	4.06E+07	8.05E+07
Cs-136	3.82E+07	3.79E+06	4.20E+07
Cs-137	3.33E+07	5.81E+07	9.14E+07
Cs-138	4.96E+04	1.09E+06	1.14E+06
Ba-137m	9.18E+07	1.28E+06	9.31E+07
Ba-140	5.14E+04	3.23E+06	3.28E+06
La-140	5.07E+04	7.93E+02	5.15E+04
Ce-141	1.06E+04	8.15E+05	8.26E+05
Ce-143	1.30E+03	3.99E+02	1.70E+03
Pr-143	8.37E+03	3.99E+02	8.77E+03
Ce-144	1.01E+04	1.38E+07	1.38E+07
Pr-144	1.01E+04	3.07E+02	1.04E+04
总量	8.83E+08	3.50E+08	1.24E+09
液态氚：3.76E+13Bq/a			
液态 C-14：3.92E+10Bq/a			

表 4.6-18　单机组液态年设计排放量与控制值的比较

核素	GB 6249-2011 中规定的单机组排放量控制值（Bq/a）	单机组排放量计算值（Bq/a）
除氚和 C-14 外的其余核素	5.00E+10	1.13E+10
氚	7.50E+13	4.51E+13
C-14	1.50E+11	4.38E+10

表 4.6-19 放射性液体废物处理系统（WLS）废液输入和处理方式

收集水箱和废液来源	预期输入量	放射性活度浓度	依据	处理方式
1. 流出液暂存箱				脱气、化学絮凝、离子交换、监测、排放
CVS下泄流	602m^3/年	100%反应堆冷却剂	电厂水量计算(1)	
安全壳内泄漏（排至反应堆冷却剂疏水箱）	0.04 m^3/天	167%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
安全壳外泄漏（排至流出液暂存箱）	0.30 m^3/天	100%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
取样疏水	0.76 m^3/天	5%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
2. 废液暂存箱				过滤、离子交换、监测、排放
反应堆安全壳冷却	1.89 m^3/天	0.1%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
乏燃料池衬里泄漏	0.09 m^3/天	0.1%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
其他疏水	2.56 m^3/天	0.1%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
设备和区域去污	0.15 m^3/天	1%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
3. 洗手废液				收集、监测、排放。
热淋浴器	0 m^3/天	3.7 Bq/kg	ANSI/ANS-55.6	
洗手水	0.76 m^3/天	3.7 Bq/kg	ANSI/ANS-55.6	
洗衣房洗衣废水				全厂共用的废物减容处理中心洗衣房
4. 化学废液	0.0273m^3/天	≤5%反应堆冷却剂	估计	由屏蔽转运装置送至废物减容处理中心处理

（1）正常反应堆燃料循环运行时平均下泄；启动升温，稀释和硼化

表 4.6-20 放射性液体废物处理系统（WLS）去污因子

去污因子如下：（注 1，2）			
树脂类型/设备	碘	铯/铷	其他
深床过滤器（活性炭/选择性介质）	1.1 [1.1]	100 [100]	25 [15]
阳床/废液离子交换树脂床 A	1 [1]	25 [25]	10 [10]
混床/废液离子交换树脂床 B	100 [50]	5 [10]	100 [10]
混床/废液离子交换树脂床 C	20 [20]	10 [10]	10 [10]
混床/废液离子交换树脂床 D	10[10]	10[5]	10[10]
混床/废液离子交换树脂床 E	5[5]	5[2]	5[5]

注：

1. 正常运行期间树脂床 A、B、C 投入运行处理流出液暂存箱废液，树脂床 D、E 投入运行处理废液暂存箱废液。在发生设计基准源项的预期运行事件时，树脂床 A、B、C、D、E 均投入运行处理该事件下产生的放射性废液。
2. [ ]外为正常运行和设计排放源项时的设备去污因子，[ ]内为发生设计基准源项的预期运行事件时的设备去污因子。

表 4.6-21 放射性液体废物处理系统（WLS）的主要设备

泵	
安全壳地坑泵	
数量	2
类型	离心式潜水泵
设计压力	0.86 MPa
设计温度	121℃
设计流量	22.7 m³/h
材料	不锈钢
反应堆冷却剂疏水箱泵	
数量	2
型号	立式地坑泵，离心式
设计压力	1MPa
设计温度	135℃
设计流量	22.7 m³/h
材料	不锈钢
脱气塔分离泵	
数量	2
型号	离心泵
设计压力	0.86 MPa
设计温度	93℃
设计流量	3.2m³/h
材料	不锈钢
气动双隔膜泵	

气动双隔膜泵用于： 数量　　名称 2 脱气塔排放泵 2 流出液暂存箱泵 2　　废液暂存箱泵 8　　监测箱泵 1 化学废液箱泵 2 洗手废液箱泵	
型号	气动，双隔膜泵
设计压力	0.86 MPa
设计温度	66℃
设计流量	22.7 m³/h （随空气供入量不同而变化）
材料	泵体不锈钢，隔膜为 Buna N 材料
脱气塔真空泵	
数量	2
型号	液体环式
设计压力	1.03MPa
设计温度	66℃
设计流量	163.6 m³/h（稳定）、254.9m³/h（最大）
材料	不锈钢
过滤器	
废液前过滤器	
数量	1
型号	可更换式
设计压力	1.03 MPa
设计温度	66℃
设计流量	22.7m³/h
颗粒尺寸 （98% 截留）	25 微米
壳体材料	不锈钢
废液后过滤器	

数量	1
型号	可更换式
设计压力	1 MPa
设计温度	66 ℃
设计流量	56.8 m ³/h
颗粒尺寸 （98% 截留）	20 微米
壳体材料	不锈钢
废液后过滤器	
数量	1
型号	可更换式
设计压力	1MPa
设计温度	66 ℃
设计流量	56.8 m ³/h
颗粒尺寸 （98% 截留）	20 微米
壳体材料	不锈钢
热交换器	
反应堆冷却剂疏水箱热交换器	
数量	1
型号	卧式 U 型管式
设计压力	1.38 MPa 管侧
设计温度	121℃管侧 93℃壳侧
设计流量	22090 kg/h 管侧 28213 kg/h 壳侧
传热设计	
进口温度	79.4℃管侧 35℃壳侧
出口温度	61.7℃管侧 48.9℃壳侧
材料	管侧不锈钢，壳侧碳钢

蒸汽冷凝器	
数量	1
型号	卧式 U 型管式
设计压力	1.03 MPa
设计温度	66℃
设计流量	56783 kg/h 管侧 851.6 kg/h 壳侧
传热设计	
进口温度	4.4℃管侧 30.6℃壳侧
出口温度	13.2℃管侧 20.6℃壳侧
材料	不锈钢
WLS 真空泵工作液冷却器	
数量	1
型号	板式热交换器
设计压力	1.03 MPa
设计温度	66℃
设计流量	5520kg/h 工艺流侧 6930kg/h 冷却水侧
进口温度	40.3℃工艺流侧 4.4℃冷却水侧
出口温度	28.9℃工艺流侧 13.3℃冷却水侧
材料	不锈钢
床体	
深床过滤器	
数量	1
设计压力	1.03 MPa
设计温度	10~121℃

设计流量	17.0 m^3/h
名义装填容量	1.6 m^3
材料	不锈钢
介质型号	活性炭装填在选择性介质上
处理去污因子	见表 4.6-19
离子交换床	
数量	5
设计压力	1.03 MPa
设计温度	66℃
设计流量	17.0 m^3/h
名义树脂容量	0.75 m^3
材料	不锈钢
树脂型号	一台阳床，四台混床

表 4.6-22　单台机组气载放射性年设计排放量

惰性气体	废气处理系统（Bq/a）	厂房通风区域				总量（Bq/a）
		安全壳（Bq/a）	辅助厂房（Bq/a）	燃料操作区域（Bq/a）	二回路（Bq/a）	
Kr-83m	4.08E+04	2.37E+10	1.13E+11	0.00E+00	8.24E+08	1.38E+11
Kr-85m	8.73E+09	1.08E+11	5.16E+11	2.27E+00	3.38E+09	6.36E+11
Kr-85	4.76E+13	3.52E+11	1.68E+12	2.58E+08	1.09E+10	4.96E+13
Kr-87	3.60E+01	6.14E+10	2.92E+11	5.87E-18	1.91E+09	3.55E+11
Kr-88	2.31E+08	1.93E+11	9.18E+11	4.27E-04	6.01E+09	1.12E+12
Kr-89	0.00E+00	4.53E+09	2.16E+10	0.00E+00	1.38E+08	2.63E+10
Xe-131m	2.46E+12	1.71E+11	8.14E+11	4.22E+07	5.29E+09	3.45E+12
Xe-133m	1.79E+08	2.21E+11	1.05E+12	1.86E+07	6.91E+09	1.28E+12
Xe-133	1.43E+13	1.59E+13	7.59E+13	2.44E+09	4.95E+11	1.07E+14
Xe-135m	0.00E+00	2.21E+10	1.05E+11	9.78E-02	4.28E+09	1.32E+11
Xe-135	0.00E+00	4.67E+11	2.22E+12	2.89E+05	1.51E+10	2.70E+12
Xe-137	0.00E+00	8.72E+09	4.15E+10	0.00E+00	2.68E+08	5.05E+10
Xe-138	0.00E+00	3.20E+10	1.52E+11	0.00E+00	9.93E+08	1.85E+11
总量	6.42E+13	1.76E+13	8.38E+13	2.76E+09	5.51E+11	1.66E+14

表 4.6-22　单台机组气载放射性年设计排放量（续）

碘	厂房/区域通风				总量（Bq/a）
	燃料操作区域（Bq/a）	安全壳（Bq/a）	辅助厂房（Bq/a）	二回路（Bq/a）	
I-129	5.40E+02	8.60E+00	8.46E+00	1.24E-02	5.57E+02
I-130	9.23E+03	5.75E+06	5.67E+06	6.78E+03	1.14E+07
I-131	1.98E+09	4.09E+08	4.03E+08	5.81E+05	2.79E+09
I-132	2.95E-06	5.85E+08	5.82E+08	4.21E+05	1.17E+09
I-133	2.09E+07	7.75E+08	7.64E+08	9.84E+05	1.56E+09
I-134	1.38E-28	1.37E+08	1.38E+08	4.95E+04	2.75E+08
I-135	3.10E+03	4.82E+08	4.76E+08	4.91E+05	9.58E+08
总量	2.00E+09	2.39E+09	2.37E+09	2.53E+06	6.76E+09

表 4.6-22　单台机组气载放射性年设计排放量 （续）

核素	厂房/区域通风			总量（Bq/a）
	安全壳（Bq/a）	辅助厂房（Bq/a）	燃料操作区域（Bq/a）	
Zn-65	1.28E+06	8.37E+05	9.84E+06	1.20E+07
Cr-51	7.83E+06	5.13E+06	2.10E+07	3.40E+07
Mn-54	4.02E+06	2.63E+06	3.12E+07	3.79E+07
Fe-55	3.02E+06	1.98E+06	2.36E+07	2.86E+07
Fe-59	7.55E+05	4.94E+05	3.38E+06	4.63E+06
Co-58	1.16E+07	7.59E+06	8.45E+07	1.04E+08
Co-60	1.33E+06	8.73E+05	1.04E+07	1.26E+07
Sb-124	1.02E+06	6.68E+05	4.27E+06	5.96E+06
Ag-110m	4.42E+06	2.90E+06	3.41E+07	4.14E+07
Br-83	1.54E+07	9.42E+06	3.81E-08	2.48E+07
Br-84	7.78E+06	4.77E+06	0.00E+00	1.26E+07
Br-85	9.20E+05	5.64E+05	0.00E+00	1.48E+06
Rb-88	7.88E+08	2.19E+09	1.57E-96	2.98E+09
Rb-89	3.61E+07	1.00E+08	0.00E+00	1.36E+08
Sr-89	5.03E+05	3.29E+05	2.58E+06	3.41E+06
Sr-90	2.31E+04	1.51E+04	1.81E+05	2.19E+05
Sr-91	8.56E+05	5.61E+05	2.36E+01	1.42E+06
Sr-92	2.06E+05	1.35E+05	1.80E-08	3.41E+05
Y-90	5.55E+03	3.63E+03	5.37E+02	9.72E+03
Y-91m	4.48E+05	2.93E+05	0.00E+00	7.41E+05
Y-91	6.07E+04	3.97E+04	3.63E+05	4.63E+05
Y-92	1.64E+05	1.07E+05	7.63E-06	2.71E+05
Y-93	5.63E+04	3.69E+04	3.03E+00	9.32E+04
Zr-95	7.39E+04	4.84E+04	4.85E+05	6.07E+05
Nb-95	7.40E+04	4.84E+04	2.55E+05	3.77E+05
Mo-99	1.01E+08	6.62E+07	1.04E+07	1.78E+08
Tc-99m	9.29E+07	6.08E+07	2.31E+01	1.54E+08
Ru-103	6.40E+04	4.19E+04	2.51E+05	3.57E+05
Rh-103m	6.35E+04	4.16E+04	0.00E+00	1.05E+05

表 4.6-22　单台机组气载放射性年设计排放量 （续）

核素	厂房/区域通风			总量（Bq/a）
	安全壳（Bq/a）	辅助厂房（Bq/a）	燃料操作区域（Bq/a）	
Ru-106	2.14E+04	1.40E+04	8.48E+05	8.83E+05
Rh-106	2.14E+04	1.40E+04	8.48E+05	8.83E+05
Te-127m	3.56E+05	2.33E+05	2.72E+06	3.41E+06
Te-129m	1.22E+06	8.01E+05	4.04E+06	6.42E+06
Te-129	1.89E+06	1.24E+06	0.00E+00	3.68E+06
Te-131m	3.26E+06	2.13E+06	4.30E+04	6.38E+06
Te-131	2.19E+06	1.43E+06	0.00E+00	4.26E+06
Te-132	3.75E+07	2.46E+07	5.39E+06	7.84E+07
Te-134	5.52E+06	3.61E+06	0.00E+00	1.07E+07
Cs-134	2.83E+08	7.86E+08	2.21E+09	3.25E+09
Cs-136	4.35E+08	1.21E+09	4.86E+08	2.08E+09
Cs-137	2.24E+08	6.23E+08	1.76E+09	2.58E+09
Cs-138	1.91E+08	5.31E+08	0.00E+00	7.00E+08
Ba-137m	2.24E+08	1.46E+08	0.00E+00	4.36E+08
Ba-140	4.83E+05	3.16E+05	5.28E+05	1.47E+06
La-140	1.40E+05	9.15E+04	4.48E+03	2.76E+05
Ce-141	7.26E+04	4.75E+04	2.32E+05	3.73E+05
Ce-143	7.01E+04	4.59E+04	1.26E+03	1.38E+05
Pr-143	7.01E+04	4.59E+04	8.26E+04	2.19E+05
Ce-144	5.35E+04	3.51E+04	4.15E+05	5.19E+05
Pr-144	5.40E+04	3.54E+04	0.00E+00	1.05E+05
总量	2.49E+09	5.79E+09	4.71E+09	1.29E+10
气态氚：5.01E+12Bq/a				
气态 C-14：3.94E+11Bq/a				

表 4.6-23　单台机组气载放射性年现实排放量

惰性气体	废气系统（Bq/a）	厂房通风区域			总量（Bq/a）
		安全壳（Bq/a）	辅助厂房（Bq/a）	燃料操作区域（Bq/a）	
Kr-83m	1.61E+02	4.74E+08	2.26E+09	0.00E+00	2.73E+09
Kr-85m	3.46E+07	2.17E+09	1.03E+10	4.55E-02	1.25E+10
Kr-85	1.88E+11	7.01E+09	3.34E+10	5.16E+06	2.28E+11
Kr-87	1.43E-01	1.23E+09	5.84E+09	1.17E-19	7.07E+09
Kr-88	9.19E+05	3.86E+09	1.84E+10	8.54E-06	2.23E+10
Kr-89	0.00E+00	9.04E+07	4.30E+08	0.00E+00	5.20E+08
Xe-131m	9.79E+09	3.43E+09	1.63E+10	8.44E+05	2.95E+10
Xe-133m	7.11E+05	4.44E+09	2.11E+10	3.72E+05	2.55E+10
Xe-133	5.67E+10	3.20E+11	1.52E+12	4.87E+07	1.90E+12
Xe-135m	0.00E+00	4.44E+08	2.11E+09	1.95E-03	2.55E+09
Xe-135	1.74E-19	9.34E+09	4.45E+10	5.77E+03	5.38E+10
Xe-137	0.00E+00	1.74E+08	8.30E+08	0.00E+00	1.00E+09
Xe-138	0.00E+00	6.42E+08	3.06E+09	0.00E+00	3.70E+09
总量	2.55E+11	3.53E+11	1.68E+12	5.51E+07	2.29E+12

表 4.6-23　单台机组气载放射性年现实排放量（续）

碘	厂房/区域通风			总量（Bq/a）
	燃料操作区域（Bq/a）	安全壳（Bq/a）	辅助厂房（Bq/a）	
I-129	1.08E+01	1.72E-01	2.51E-01	1.12E+01
I-130	1.85E+02	1.16E+05	1.69E+05	2.85E+05
I-131	3.95E+07	8.19E+06	1.20E+07	5.97E+07
I-132	5.89E-08	1.17E+07	1.73E+07	2.90E+07
I-133	4.16E+05	1.55E+07	2.26E+07	3.85E+07
I-134	2.76E-30	2.74E+06	4.09E+06	6.83E+06
I-135	6.20E+01	9.63E+06	1.41E+07	2.37E+07
总量	3.99E+07	4.79E+07	7.03E+07	1.58E+08

表 4.6-23　单台机组气载放射性年现实排放量（续）

核素	厂房/区域通风			总量（Bq/a）
	安全壳（Bq/a）	辅助厂房（Bq/a）	燃料操作区域（Bq/a）	
Zn-65	6.39E+05	6.05E+05	4.92E+06	6.16E+06
Cr-51	3.92E+06	3.71E+06	1.05E+07	1.81E+07
Mn-54	2.01E+06	1.91E+06	1.56E+07	1.95E+07
Fe-55	1.51E+06	1.43E+06	1.18E+07	1.47E+07
Fe-59	3.78E+05	3.58E+05	1.69E+06	2.43E+06
Co-58	5.79E+06	5.48E+06	4.23E+07	5.36E+07
Co-60	6.67E+05	6.31E+05	5.22E+06	6.52E+06
Sb-124	5.10E+05	4.83E+05	2.14E+06	3.13E+06
Ag-110m	2.22E+06	2.10E+06	1.71E+07	2.14E+07
Br-83	3.06E+05	2.79E+05	7.60E-10	5.85E+05
Br-84	1.55E+05	1.42E+05	4.15E-55	2.97E+05
Br-85	1.84E+04	1.68E+04	0.00E+00	3.52E+04
Rb-88	1.57E+07	4.40E+07	0.00E+00	5.97E+07
Rb-89	7.21E+05	2.02E+06	0.00E+00	2.74E+06
Sr-89	1.00E+04	9.49E+03	5.14E+04	7.09E+04
Sr-90	4.61E+02	4.36E+02	3.61E+03	4.51E+03
Sr-91	1.71E+04	1.62E+04	4.72E-01	3.33E+04
Sr-92	4.11E+03	3.89E+03	3.59E-10	8.00E+03
Y-90	1.11E+02	1.05E+02	1.08E+01	2.27E+02
Y-91m	8.96E+03	8.48E+03	0.00E+00	1.74E+04
Y-91	1.21E+03	1.15E+03	7.25E+03	9.61E+03
Y-92	3.27E+03	3.09E+03	1.52E-07	6.36E+03
Y-93	1.12E+03	1.06E+03	6.04E-02	2.18E+03
Zr-95	1.48E+03	1.40E+03	9.72E+03	1.26E+04
Nb-95	1.48E+03	1.40E+03	5.11E+03	7.99E+03
Mo-99	2.01E+06	1.91E+06	2.07E+05	4.13E+06
Tc-99m	1.86E+06	1.76E+06	4.62E-01	3.62E+06
Ru-103	1.28E+03	1.21E+03	5.02E+03	7.51E+03
Rh-103m	1.27E+03	1.20E+03	0.00E+00	2.47E+03

表 4.6-23　单台机组气载放射性年现实排放量（续）

核素	厂房/区域通风			总量（Bq/a）
	安全壳（Bq/a）	辅助厂房（Bq/a）	燃料操作区域[(1)]（Bq/a）	
Ru-106	4.29E+02	4.06E+02	5.02E+04	5.10E+04
Rh-106	4.29E+02	4.06E+02	5.02E+04	5.10E+04
Te-127m	7.12E+03	6.74E+03	5.43E+04	6.82E+04
Te-129m	2.45E+04	2.32E+04	8.07E+04	1.28E+05
Te-129	3.80E+04	3.60E+04	0.00E+00	7.40E+04
Te-131m	6.51E+04	6.16E+04	8.60E+02	1.28E+05
Te-131	4.38E+04	4.14E+04	0.00E+00	8.52E+04
Te-132	7.50E+05	7.09E+05	1.08E+05	1.57E+06
Te-134	1.10E+05	1.04E+05	1.62E-41	2.14E+05
Cs-134	5.67E+06	1.51E+07	4.42E+07	6.50E+07
Cs-136	8.70E+06	2.32E+07	9.71E+06	4.16E+07
Cs-137	4.50E+06	1.20E+07	3.52E+07	5.17E+07
Cs-138	3.83E+06	1.02E+07	0.00E+00	1.40E+07
Ba-137m	4.46E+06	4.22E+06	0.00E+00	8.68E+06
Ba-140	9.66E+03	9.14E+03	1.06E+04	2.94E+04
La-140	2.79E+03	2.64E+03	8.93E+01	5.52E+03
Ce-141	1.45E+03	1.38E+03	4.64E+03	7.47E+03
Ce-143	1.40E+03	1.32E+03	2.51E+01	2.75E+03
Pr-143	1.40E+03	1.32E+03	1.65E+03	4.37E+03
Ce-144	1.07E+03	1.01E+03	8.27E+03	1.04E+04
Pr-144	1.08E+03	1.02E+03	0.00E+00	2.10E+03
总量	6.67E+07	1.31E+08	2.01E+08	4.00E+08
气态氚排放量：4.18E+12Bq/a				
气态 C-14 排放量：3.53E+11Bq/a				

表 4.6-24　单机组气载放射性年设计排放量与控制值的比较

核素	GB 6249-2011 中规定的单机组排放量控制值（Bq/a）	单机组排放量计算值（Bq/a）
惰性气体	6.00E+14	1.66E+14
碘	2.00E+10	6.76E+09
粒子（半衰期≥8d）	5.00E+10	1.29E+10
氚	1.50E+13	5.01E+12
C-14	7.00E+11	3.94E+11

表 4.6-25　放射性气体废物处理（WGS）系统参数

设计运行压力 （MPa ）	0.014
设计进口流量 （m^3/h）	0.85
延迟床设计运行温度 （℃）	25.0
延迟床设计运行露点温度 （℃）	4.4
延迟床活性炭（平均）质量（混合总量）（kg）	2091（2 台）
氙滞留时间 （天）	38
氪滞留时间 （天）	2

表 4.6-26　放射性气体废物处理系统（WGS）设备参数

泵 取样泵 　台数 　类型	 2 隔膜泵	
热交换器 气体冷却器 　台数 　类型	 1 双盘管式	
	工艺流侧	冷却流侧
设计压力 （MPa） 　设计温度 （℃） 　设计流量 （m^3/h） 　进口温度 （℃） 　出口温度 （℃） 　材料	1.03 94 1.84 25-80 4.5 不锈钢	1.96 94 0.03 4.4 4.6-5.2 不锈钢
箱体 （活性炭）保护床 　台数 　有效容积 （m3） 　类型 　设计压力 （MPa） 　设计温度 （℃） 　材料	 1 0.21 立管式 1.03 94 不锈钢	
（活性炭）延迟床 　台数 　有效容积 （m3） 　类型 　设计压力 （MPa） 　设计温度 （℃） 　材料	 2 2.29 弯曲立管式 1.03 94 碳钢	
气水分离器 　台数 　有效容积 （m3） 　类型 　设计压力 （MPa） 　设计温度 （℃） 　材料	 1 0.01 立式 1.03 94 不锈钢	

表 4.6-27　放射性控制区通风系统（VAS）主要设备参数

辅助/附属厂房空气处理机组		
数量		2
每个机组的系统能力（%）		50
送风风机	类型	离心式
	设计空气流量（m^3/h）	28600
	风机全压（Pa）	2035
冷却盘管	类型	冷冻水
	容量（kW）	512
加热盘管	类型	热水
	容量（kW）	79
过滤器	低效过滤器，ASHRAE Standard 52.2 MERV 等级	8
	高效过滤器，ASHRAE Standard 52.2 MERV 等级	13
排风机	数量	2
	类型	离心式
	设计空气流量（m^3/h）	31280
	风机全压（Pa）	1887

燃料操作区空气处理机组		
数量		2
每个机组的系统能力（%）		50
送风风机	类型	离心式
	设计空气流量（m^3/h）	8950
	风机全压（Pa）	1337
冷却盘管	类型	冷冻水
	容量（kW）	161
加热盘管	类型	热水
	容量（kW）	41
过滤器	低效过滤器，ASHRAE Standard 52.2 MERV 等级	8
	高效过滤器，ASHRAE Standard 52.2 MERV 等级	13
排风机	数量	2
	类型	离心式
	设计空气流量（m^3/h）	9700
	风机全压（Pa）	937

表4.6-28 安全壳空气过滤系统主要设备参数

空气处理机组		
数量		2
每个机组的系统能力（%）		100
送风风机	类型	离心式
	设计空气流量（m^3/h）	6800
	风机全压（Pa）	5000
冷却盘管	类型	冷冻水
	容量（kW）	128
加热盘管	类型	热水
	容量（kW）	45
过滤器	低效过滤器，ASHRAE Standard 52.2 MERV 等级	8
	高效过滤器，ASHRAE Standard 52.2 MERV 等级	13

排风过滤机组		
数量		2
每个机组的系统能力（%）		100
风机	类型	离心式
	设计空气流量（m^3/h）	6800
	风机全压（Pa）	6500
加热盘管	类型	电加热
	容量（kW）	20
过滤器	高效过滤器，ASHRAE Standard 52.2 MERV 等级	13
	HEPA 过滤器，最低 DOP 效率（0.3μm）（%）	99.97
	后置过滤器，最低 DOP 效率（0.3μm）%）	99.97
活性炭吸附器	床深（mm）	102
	去污效率（%）	99
	空气滞留时间（s）	0.5

表4.6-29 核岛保健物理和热机修车间通风空调系统（VHS）主要设备参数

空气处理机组		
数量		2
每个机组的系统容量（%）		100
送风风机	类型	离心式
	设计风量（m^3/h）	18120
	风机全压（Pa）	1564
冷却盘管	类型	冷冻水
	容量（kW）	309
加热盘管	类型	热水
	容量（kW）	141
过滤器	低效过滤器，ASHRAE Standard 52.2 MERV 等级	8
	高效过滤器，ASHRAE Standard 52.2 MERV 等级	13

排风机		
数量		2
每个机组的系统容量（%）		100
风机	类型	离心式
	设计空气流量（m^3/h）	20860
	风机全压（Pa）	1064

表 4.6-30　预期固体废物量（单机组）

废物来源	预期产生量[m^3/a]	最大产生量[m^3/a]
湿废物		
一回路树脂（包括废树脂和湿活性炭）	5.78	13.14
化学废液	9.97	19.94
凝结水精处理树脂 (1)	0	5.83
蒸汽发生器排污 (1)(6) 介质（树脂和过滤膜）	0	15.3
一回路过滤器(包括中、低放过滤器滤芯）	0.07	0.07
湿废物总量	**15.82**	**54.28**
干废物		
可压实干废物	104.9	157.35
不可压实干废物	5.1	10.2
混合固体废物	0.14	0.28
干废物总量	**110.14**	**167.83**
干、湿废物总量	**125.96**	**222.11**

注:

1. 由一回路向二回路泄漏（如蒸汽发生器传热管泄漏）产生的二回路放射性树脂和膜。

2.估计的体积和活性是保守的。树脂和膜随同电离除盐装置整体更换，不作为湿废物贮存。

表 4.6-31　放射性固体废物处理系统（WSS）的主要设备

贮槽	
废树脂接收槽	
数量	2
有效容积	7.08 m^3
类型	立式、圆锥形底部、碟型封头
设计压力	0.103 MPa
设计温度	66℃
材料	不锈钢
泵	
树脂混合泵	
数量	1
类型	气动隔膜式
设计压力	0.86 MPa
设计温度	66℃
设计流量	27.3 m^3/h
设计扬程	48.8 m
材料	泵体为不锈钢
树脂输送泵	
数量	1
类型	正排量泵
设计压力	0.86 MPa
设计温度	66℃
设计流量	22.7 m^3/h
材料	泵体为不锈钢

表 4.6-31　放射性固体废物处理系统（WSS）的主要设备（续）

过滤器	
树脂碎片过滤器	
数量	1
类型	可拆卸式滤芯
设计压力	1.03 MPa
设计温度	66 ℃
设计流量	27.3m^3/h
过滤效率	10 微米，效率 98%
壳体材料	不锈钢
取样装置	
树脂取样装置	
数量	1
类型	旋塞式或活塞式取样器
材料	不锈钢和 EPDM 湿性材料

表 4.6-32　一回路废物预期年放射性量（单机组）

核素	一回路废树脂总量（Bq /a）	一回路废过滤器总量（Bq /a）
Br-83	1.57E+08	1.57E+07
Br-84	1.75E+07	1.75E+06
Br-85	1.95E+05	1.95E+04
I-129	1.78E+05	1.78E+04
I-130	2.43E+08	2.43E+07
I-131	2.69E+11	2.69E+10
I-132	4.59E+09	4.59E+08
I-133	5.48E+10	5.48E+09
I-134	4.17E+08	4.17E+07
I-135	1.09E+10	1.09E+09
Cs-134	6.81E+12	6.81E+11
Cs-136	6.34E+11	6.34E+10
Cs-137	6.30E+12	6.30E+11
Cs-138	4.80E+08	4.80E+07
Cr-51	5.52E+11	5.52E+10
Mn-54	1.78E+12	1.78E+11
Fe-55	1.72E+12	1.72E+11
Fe-59	8.55E+10	8.55E+09
Co-58	9.62E+12	9.62E+11
Co-60	5.25E+12	5.25E+11
Rb-88	5.44E+10	5.44E+09
Rb-89	4.32E+07	4.32E+06
Sr-89	2.64E+09	2.64E+08
Sr-90	5.87E+08	5.87E+07
Sr-91	3.44E+07	3.44E+06
Sr-92	2.37E+06	2.37E+05
Y-90	1.52E+06	1.52E+05
Y-91m	1.58E+06	1.58E+05
Y-91	3.59E+08	3.59E+07
Y-92	2.45E+06	2.45E+05
Y-93	2.45E+06	2.45E+05

表 4.6-32　一回路废物预期年放射性量（单机组）（续）

核素	一回路废树脂总量（Bq /a）	一回路废过滤器总量（Bq /a）
Zr-95	1.25E+05	1.25E+04
Nb-95	1.90E+05	1.90E+04
Mo-99	7.26E+06	7.26E+05
Tc-99m	9.54E+05	9.54E+04
Ru-103	6.62E+04	6.62E+03
Rh-103m	6.55E+04	6.55E+03
Ru-106	1.03E+05	1.03E+04
Rh-106	1.03E+05	1.03E+04
Ag-110m	4.64E+08	4.64E+07
Te-127m	9.18E+05	9.18E+04
Te-129m	1.07E+06	1.07E+05
Te-129	6.78E+05	6.78E+04
Te-131m	1.07E+05	1.07E+04
Te-131	2.45E+04	2.45E+03
Te-132	3.21E+06	3.21E+05
Te-134	4.22E+03	4.22E+02
Ba-137m	6.30E+12	6.30E+11
Ba-140	6.30E+08	6.30E+07
La-140	6.30E+08	6.30E+07
Ce-141	6.21E+04	6.21E+03
Ce-143	2.52E+03	2.52E+02
Ce-144	2.35E+05	2.35E+04
Pr-143	2.51E+04	2.51E+03
Pr-144	1.33E+04	1.33E+03
Zn-65	5.13E+11	5.13E+10
总计	4.00E+13	4.00E+12

表 4.6-33　一回路废物最大年放射性量（单机组）

核素	一回路树脂总量（Bq /a）	一回路过滤器总量（Bq /a）
Br-83	1.69E+11	1.69E+10
Br-84	9.59E+09	9.59E+08
Br-85	1.02E+08	1.02E+07
I-129	1.06E+08	1.06E+07
I-130	2.14E+11	2.14E+10
I-131	1.73E+14	1.73E+13
I-132	5.02E+12	5.02E+11
I-133	4.68E+13	4.68E+12
I-134	2.37E+11	2.37E+10
I-135	1.01E+13	1.01E+12
Cs-134	3.51E+14	3.51E+13
Cs-136	6.23E+13	6.23E+12
Cs-137	3.70E+14	3.70E+13
Cs-138	4.45E+11	4.45E+10
Rb-88	1.04E+12	1.04E+11
Rb-89	2.05E+10	2.05E+09
Ba-137m	3.68E+14	3.68E+13
Ba-140	3.81E+11	3.81E+10
La-140	3.51E+11	3.51E+10
CR-51	2.34E+12	2.34E+11
Mn-54	8.89E+12	8.89E+11
Fe-55	9.57E+12	9.57E+11
Fe-59	3.58E+11	3.58E+10
Co-58	1.77E+13	1.77E+12
Co-60	9.98E+12	9.98E+11
Sr-89	1.42E+12	1.42E+11
Sr-90	3.47E+11	3.47E+10
Sr-91	3.10E+10	3.10E+09
Sr-92	2.51E+09	2.51E+08
Y-90	3.42E+11	3.42E+10
Y-91m	1.18E+10	1.18E+09
Y-91	1.98E+11	1.98E+10
Y-92	2.63E+09	2.63E+08
Y-93	1.31E+09	1.31E+08
总计	1.44E+15	1.44E+14

表 4.6-34　一回路废物预期年放射性量（衰变 5 年）（单机组）

核素	一回路废树脂总量（Bq /a）	一回路废过滤器总量（Bq /a）
I-129	1.78E+05	1.78E+04
Cs-134	1.26E+12	1.26E+11
Cs-137	5.61E+12	5.61E+11
Mn-54	3.08E+10	3.08E+09
Fe-55	4.76E+11	4.76E+10
Fe-59	3.96E-02	3.96E-03
Co-58	1.74E+05	1.74E+04
Co-60	2.72E+12	2.72E+11
Zn-65	2.85E+09	2.85E+08
Sr-89	7.39E-02	7.39E-03
Sr-90	5.19E+08	5.19E+07
Ru-106	3.27E+03	3.27E+02
Rh-106	3.27E+03	3.27E+02
Ag-110m	3.07E+06	3.07E+05
Te-127m	8.30E+00	8.30E-01
Ba-137m	5.61E+12	5.61E+11
Ce-144	2.74E+03	2.74E+03
Pr-144	2.74E+03	2.74E+03
总计	1.57E+13	1.57E+12

表 4.6-35　一回路废物最大年放射性量（衰变 30 天）（单机组）

核素	一回路废树脂总量（Bq /a）	一回路废过滤器总量（Bq /a）
I-129	1.06E+08	1.06E+07
I-131	1.30E+13	1.30E+12
I-133	1.76E+03	1.76E+02
Cs-134	3.42E+14	3.42E+13
Cs-136	1.26E+13	1.26E+12
Cs-137	3.69E+14	3.69E+13
Ba-137m	3.69E+14	3.69E+13
Ba-140	7.50E+10	7.50E+09
La-140	1.46E+06	1.46E+05
Cr-51	1.10E+12	1.10E+11
Mn-54	8.32E+12	8.32E+11
Fe-55	9.37E+12	9.37E+11
Fe-59	2.25E+11	2.25E+10
Co-58	1.32E+13	1.32E+12
Co-60	9.88E+12	9.88E+11
Sr-89	9.54E+11	9.54E+10
Sr-90	3.46E+11	3.46E+10
Y-90	1.40E+08	1.40E+07
Y-91	1.39E+11	1.39E+10
总计	1.15E+15	1.15E+14

表 4.6-36　废物减容处理中心（CVRF）主要系统设备清单

过滤器滤芯处理系统（FCS）设备参数表		
序号	设备名称	设备参数
1	水过滤器滤芯屏蔽转运装置	1 台
2	远距离控制电动单梁悬挂起重机	1 台
3	专用抓具	1 个

干废物处理系统设备参数表		
序号	设备名称	设备参数
1	干废物分拣装置	1 台，处理能力：≥0.8m^3/h
2	通风过滤器滤芯预压实装置	1 套 每小时至少处理 5 个
3	含水干废物多桶干燥装置	2 套处理能力：≤3 天/批次
4	单梁悬挂起重机	1 台载重 5t
5	钢桶推车	3 辆
6	超级压实机（合用）	1 套 超压吨位：2000t（可调节）
7	灌浆站（合用）	1 套 每小时至少处理一个 200L 桶
8	优选站（合用）	1 个
9	放射性剂量检测装置（合用）	1 套

废树脂处理系统设备参数表		
序号	设备名称	设备参数
1	屏蔽转运装置	1 个（自带脱水泵） 容积：1 m^3/个
2	废树脂缓冲罐	2 个，容积：6 m^3/个
3	废树脂计量罐	2 个，容积：0.6 m^3/个
4	废树脂冲排水罐	2 个，容积：8 m^3/个
5	废树脂转运泵	2 个，流量：16m^3/h
6	废树脂干燥装置	1 套，容积：500L 干燥速率：≥20L/h
7	200L 桶加盖装置（合用）	1 个

化学废液处理系统设备参数表		
序号	设备名称	设备参数
1	屏蔽转运装置	1 个容积：10 m^3
2	化学废液缓冲罐	2 个容积：20 m^3
3	化学废液烘干装置	1 套蒸发速率：4L/h
4	蒸发装置	1 套蒸发速率：80L/h
5	蒸残液箱	2 个，容积：2.4m^3
6	给料箱	1 个，容积：2.0m^3
7	蒸发冷凝液箱	1 个，容积：1.0m^3
8	自清洗过滤器	1 个
9	化学添加装置	3 套
10	固化站（合用）	1 套

洗衣房系统设备参数表		
序号	设备名称	设备参数
1	洗衣机	5 台，容量：100kg
2	洗衣机	1 台，容量：50kg
3	洗鞋机	3 台，容量：100kg
4	烘干机	6 台，容量：100kg
5	烘干机	2 台，容量：50kg
6	烘鞋机	4 台，容量：72 双
7	洗衣废水箱	3 台，容量：60m^3
8	废水排放泵	2 台，流量：30m^3/h 扬程：38m

废物暂存库设备参数表		
序号	设备名称	设备参数
1	3t 遥控起重机	1 台，3t
2	20t 遥控起重机	1 台，20t
3	钢桶支架	若干
4	支撑钢架	若干
5	200L 桶专用抓具	1 个
6	HIC 专用抓具	2 个（桶型/箱型）
7	200L 废物桶主要放射性核素浓度检测装置	1 台
8	HIC 特性监测装置	1 台
9	混凝土 HIC 抹平及振动装置	1 台
10	混凝土 HIC 灌浆备料装置	1 台

表 4.6-37　废物减容处理中心处理单机组废物流表（预期产生量）

废物流	每机组 每年废物产生量	1 级处理	2 级处理	包装/灌浆	每年产 200L 桶数量（取整）	减容 因子	送至处置场包 装体形式	最终包装 体体积	预期表面剂量率
水过滤器滤芯	0.07m^3（7 个）	将过滤器滤芯装入 200L 钢桶	×	是	7	1[1]	200L 钢桶	1.4 m^3	＞2mSv/h
可压实废物	104.9 m^3	分拣、预压装入压实桶	超压	是	75	7	200L 钢桶	15.0 m^3	≤2mSv/h
不可压实废物	5.1 m^3	分拣装入 200L 钢桶	×	是	27	0.95	200L 钢桶	5.4 m^3	≤2mSv/h
废树脂（一回路）	5.78 m^3	脱水、干燥装入 200L 钢桶	×	否	15	1.9	混凝土容器[3]	8.0 m^3	＞2mSv/h
化学废液（核岛）	9.97 m^3	蒸发+烘干（假设 1%固体含量）	×	否	1	80	混凝土容器[3]	0.6 m^3	＞2mSv/h
化学废液（CVRF）	3.33 m^3	蒸发+烘干（假设 1%固体含量）	×	否					
化学废液（热车间）	7.5 m^3	蒸发+烘干（假设 1%固体含量）	×	否					
预期工况下每年每机组的总桶装量（200L 钢桶）约：125 桶 预期工况下每年每机组的总废物量约：30.4m^3									

注：[1]该减容比指一个 200L 钢桶内装的滤芯数量。

[2]通风过滤器滤芯清洁解控考虑。

[3] 混凝土容器为方形容器，可装入 4 个 200L 钢桶，体积约为 2.13m^3。

表 4.6-38　废物减容处理中心处理单机组废物流表（最大产生量）

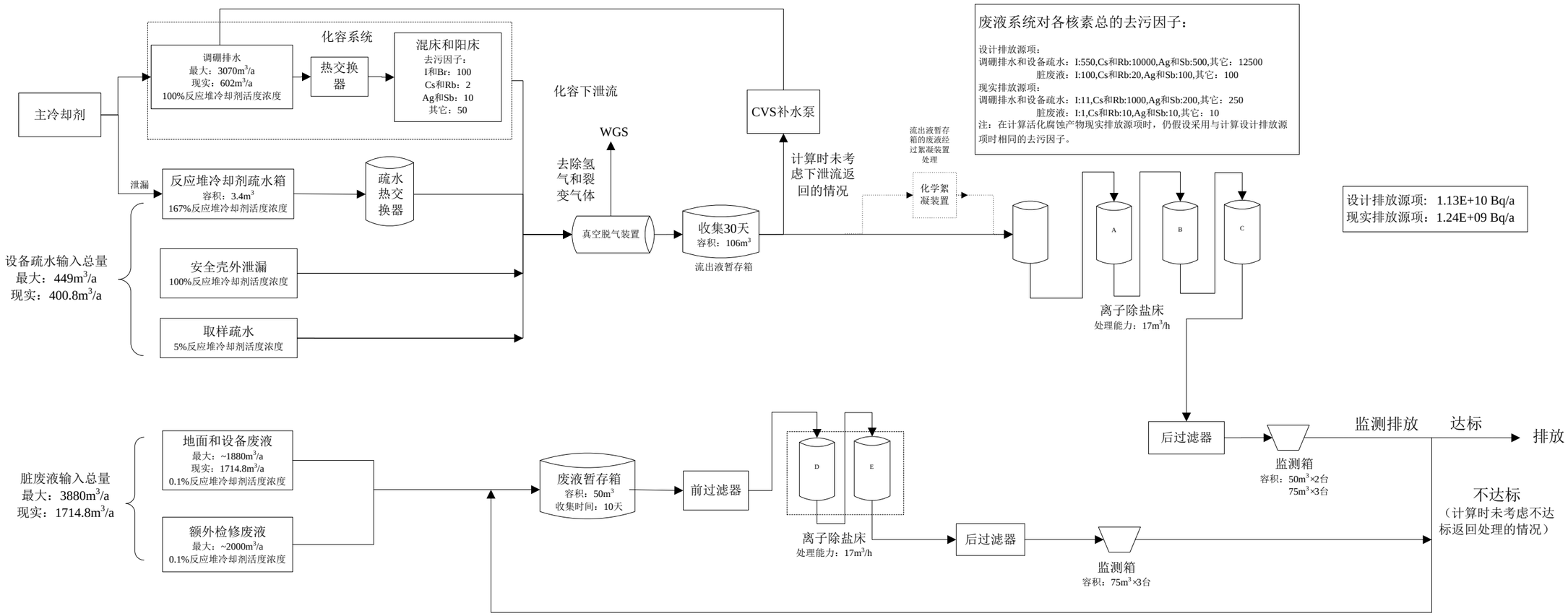
废物流	每机组 每年废物产生量	1 级处理	2 级处理	包装/灌浆	每年产 200L 桶数量（取整）	减容 因子	送至处置场包 装体形式	最终包装 体体积	预期表面剂量率
水过滤器滤芯	0.07m^3（7 个）	将过滤器滤芯装入 200L 钢桶	×	是	7	1[1]	200L 钢桶	1.4 m^3	＞2mSv/h
可压实废物	157.35 m^3	分拣、预压装入压实桶	超压	是	112	7	200L 钢桶	22.4 m^3	≤2mSv/h
不可压实废物	10.2 m^3	分拣装入 200L 钢桶	×	是	54	0.95	200L 钢桶	10.8 m^3	≤2mSv/h
废树脂（一回路）	13.14 m^3	脱水、干燥装入 200L 钢桶	×	否	35	1.9	混凝土容器[3]	18.6 m^3	＞2mSv/h
化学废液（核岛）	19.94 m^3	蒸发+烘干（假设 1%固体含量）	×	否	3	80	混凝土容器[3]	1.6 m^3	＞2mSv/h
化学废液（CVRF）	6.67 m^3	蒸发+烘干（假设 1%固体含量）	×	否					
化学废液（热车间）	15.0 m^3	蒸发+烘干（假设 1%固体含量）	×	否					
预期工况下每年每机组的总桶装量（200L 钢桶）约：211 桶 预期工况下每年每机组的总废物量约：54.8 m^3									

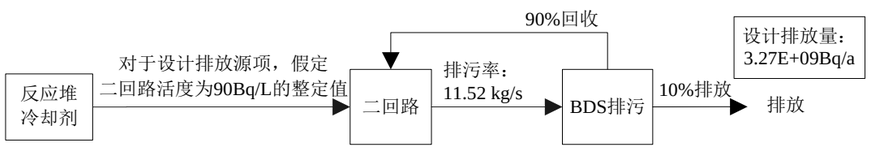
注：[1]　该减容比指一个 200L 钢桶内装的滤芯数量。

[2]　通风过滤器滤芯按清洁解控考虑。

[3]　混凝土容器为方形容器，可装入 4 个 200L 钢桶，体积约为 2.13m^3。

[4]　凝结水精处理树脂和蒸汽发生器排污介质考虑暂存后清洁解控。





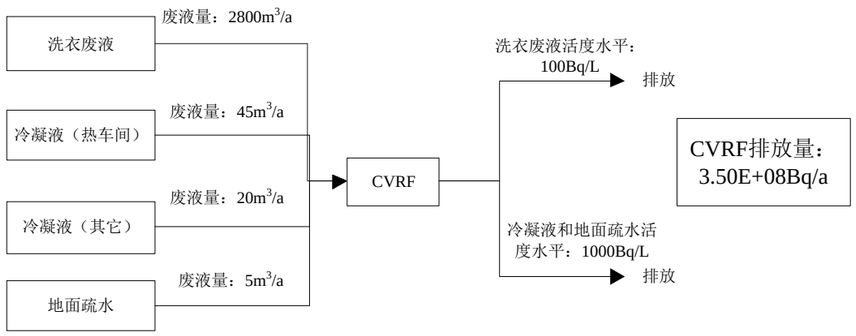


图 4.6-1　除氚和 C-14 外其它核素通过液态途径的释放量衡算图

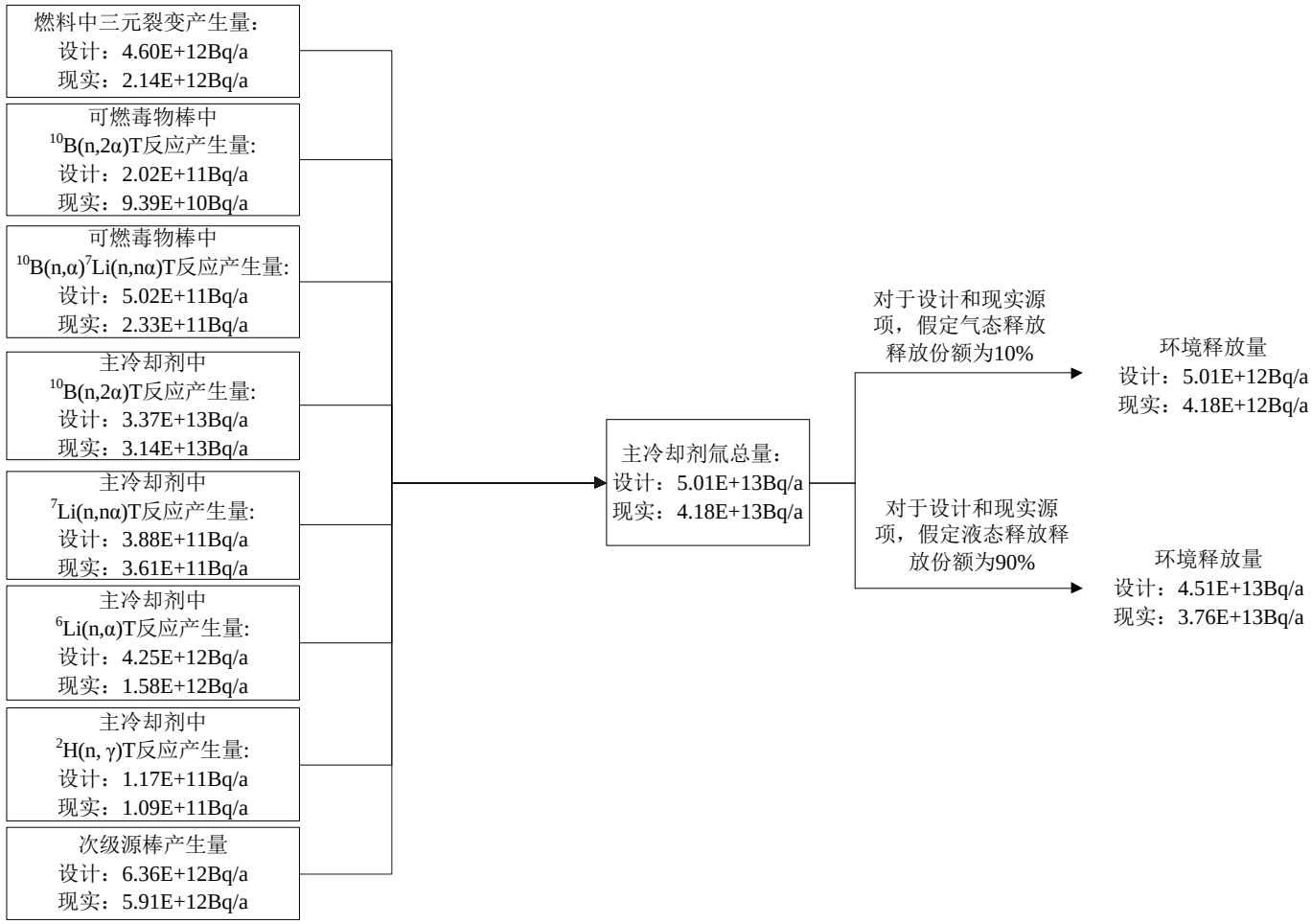


图 4.6-2　氚的放射性释放量衡算图

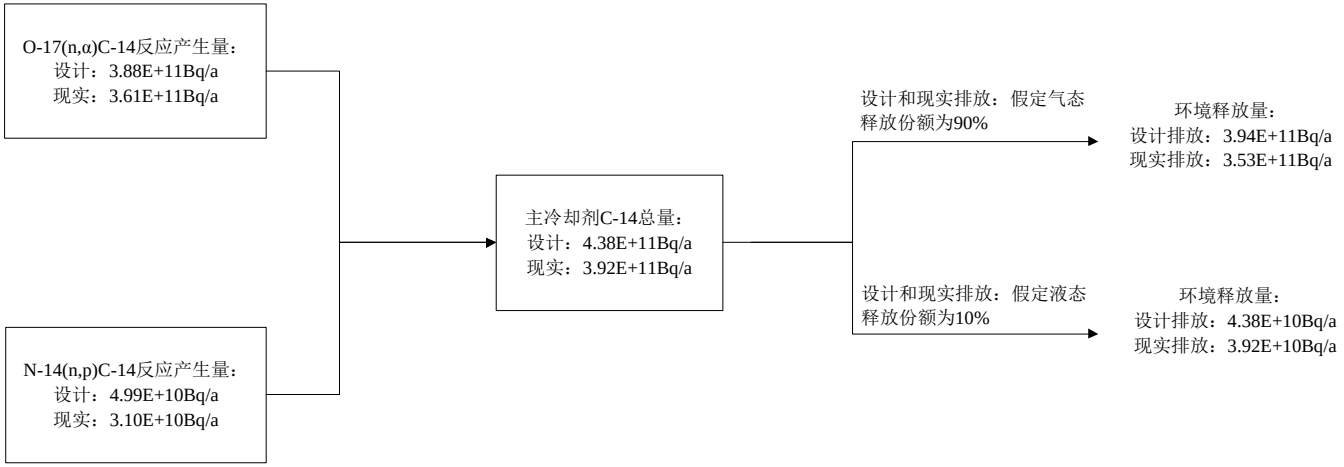


图 4.6-3　C-14 的放射性释放量衡算图

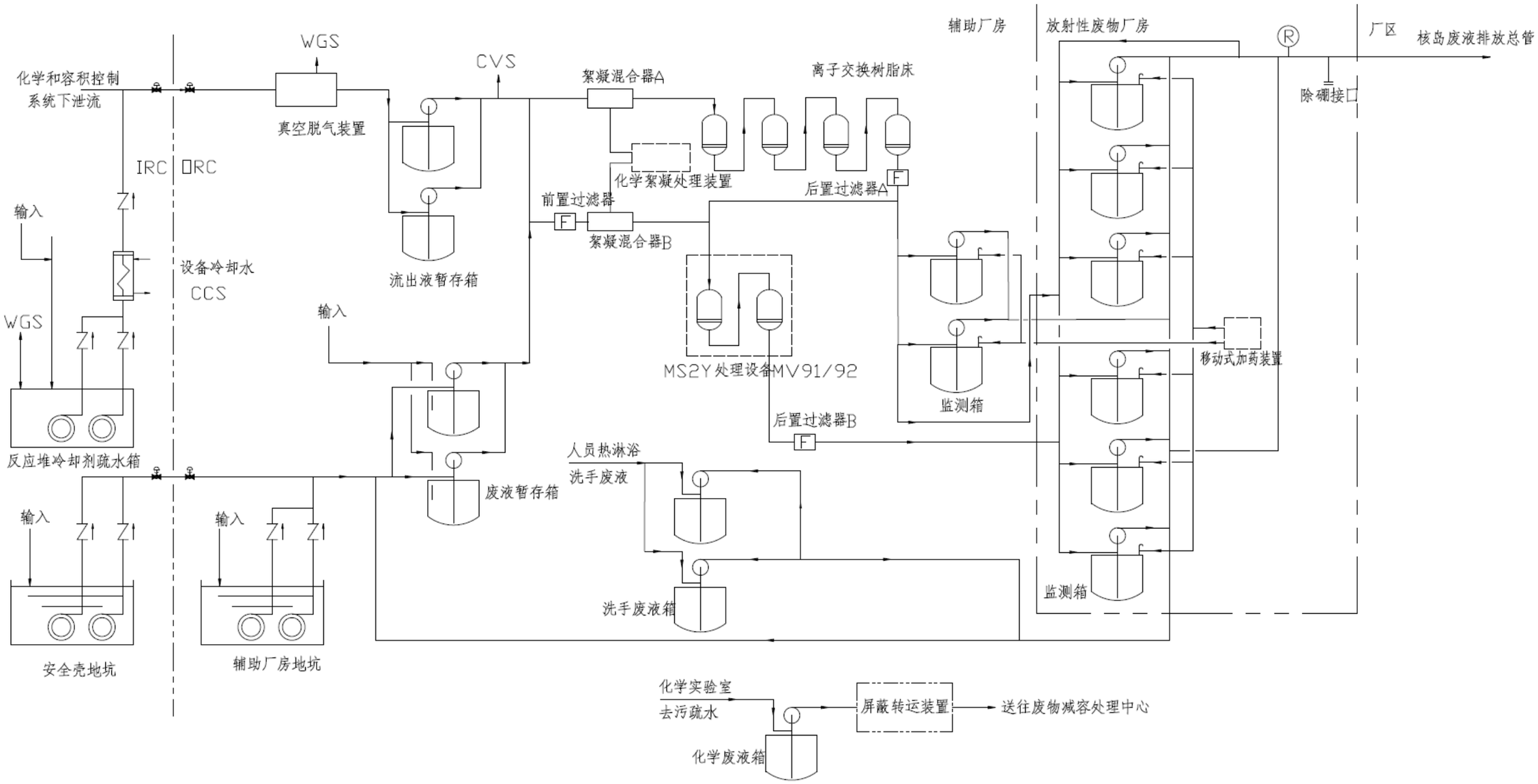


图 4.6-4　放射性液体废物处理系统（WLS）流程简图

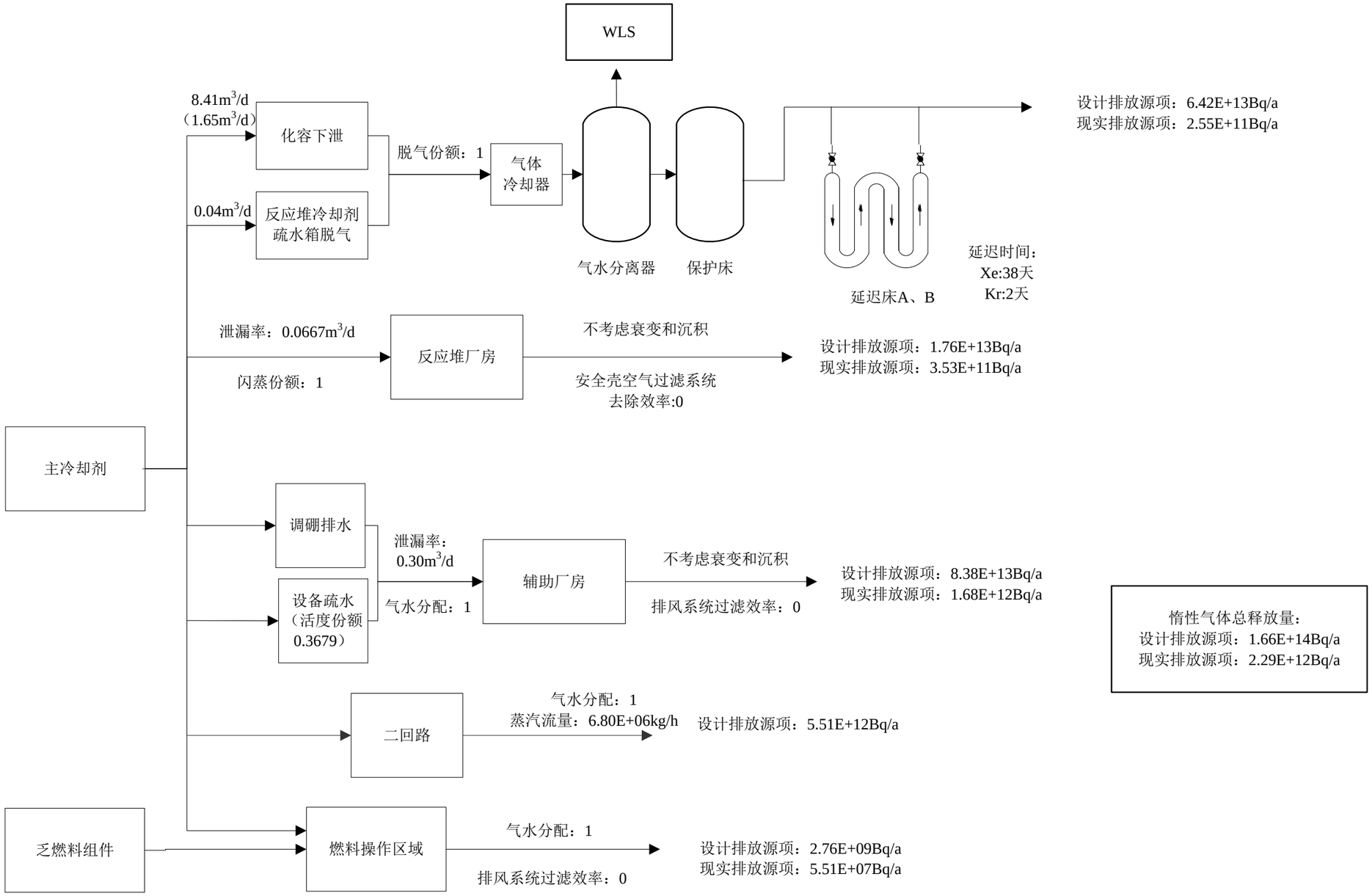


图 4.6-5　惰性气体的放射性释放量衡算图

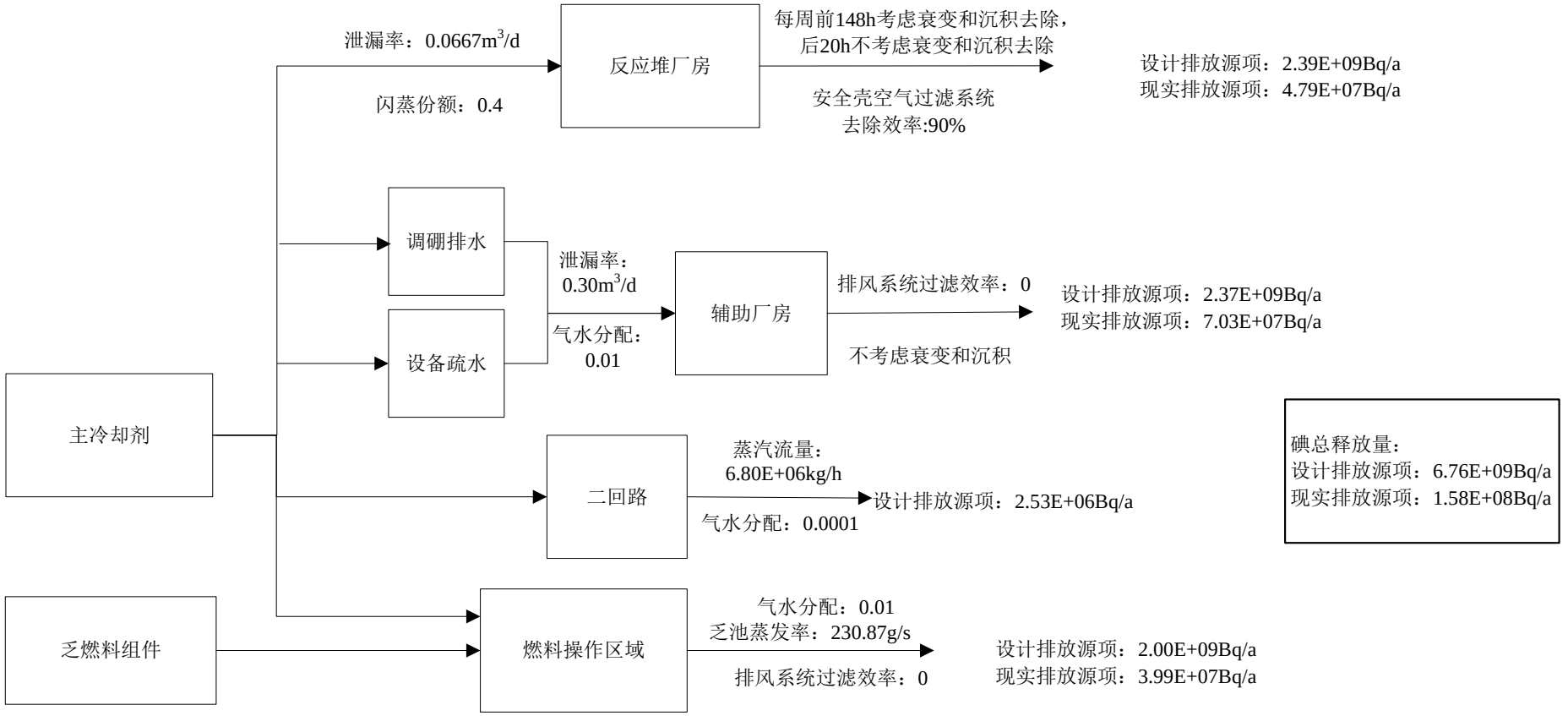


图 4.6-6　碘通过气态途径的释放量衡算图

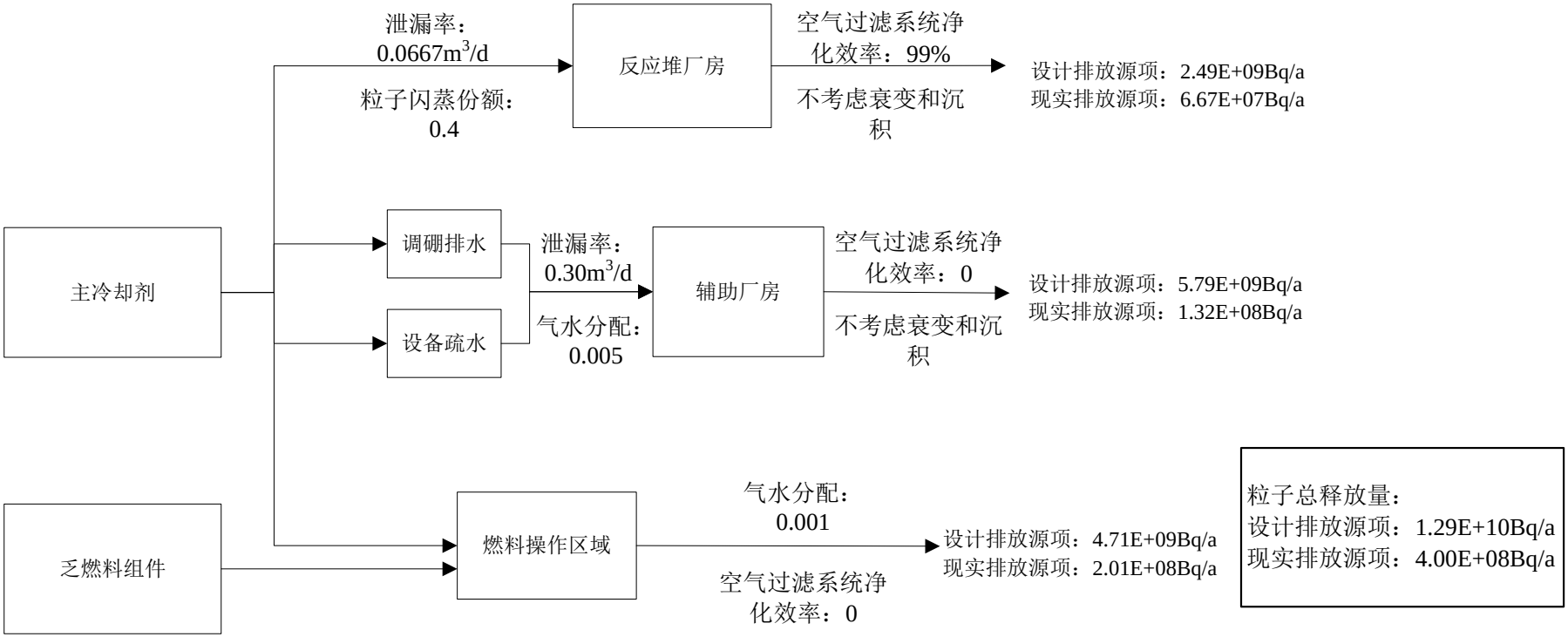


图 4.6-7　粒子通过气态途径的释放量衡算图

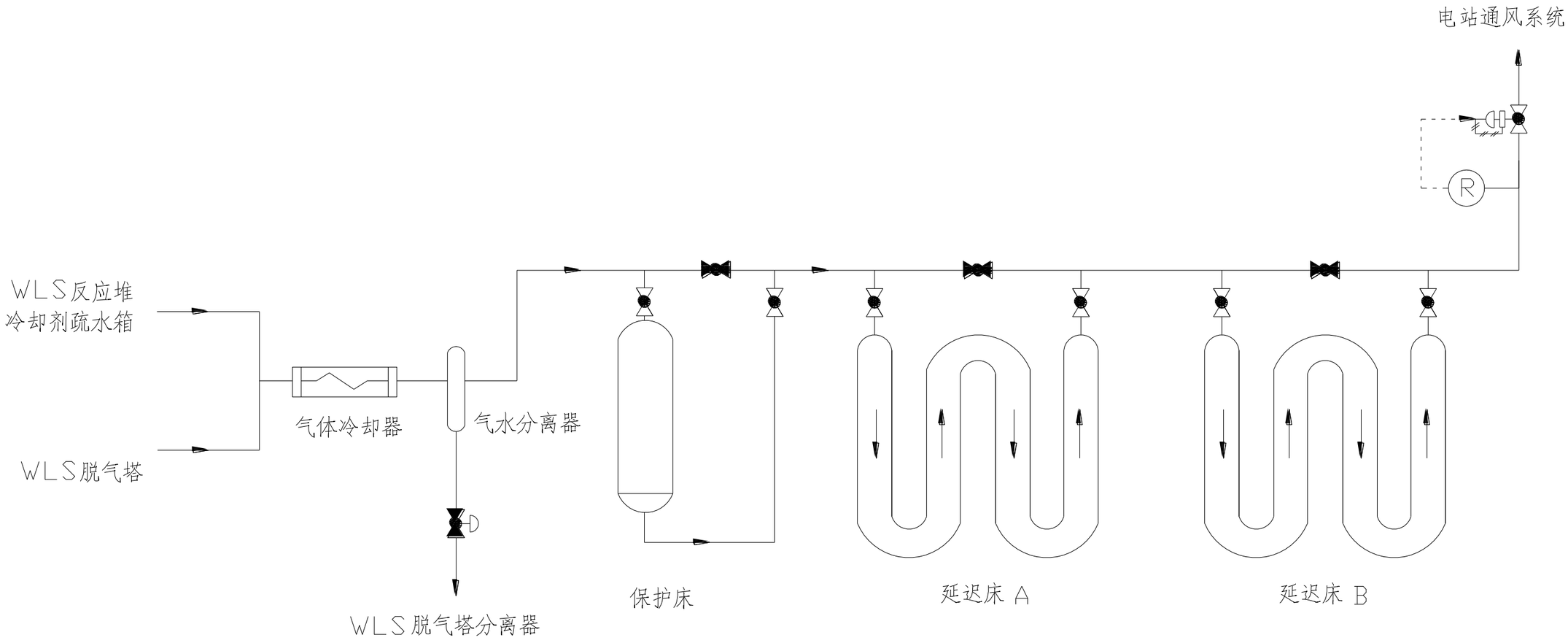


图 4.6-8　放射性气体废物处理系统（WGS）流程简图

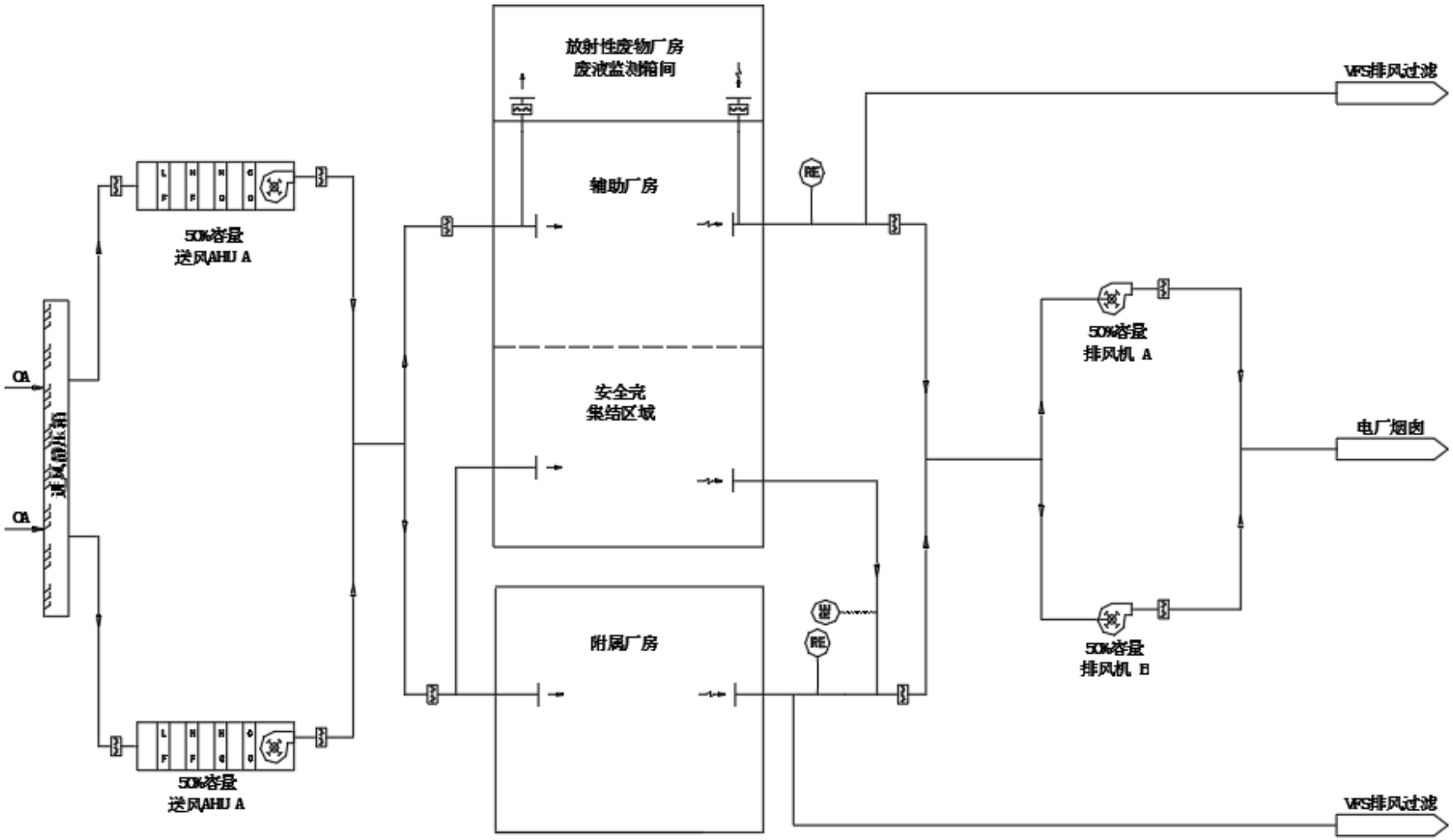


图 4.6-9 辅助/附属厂房通风子系统（VAS）示意图

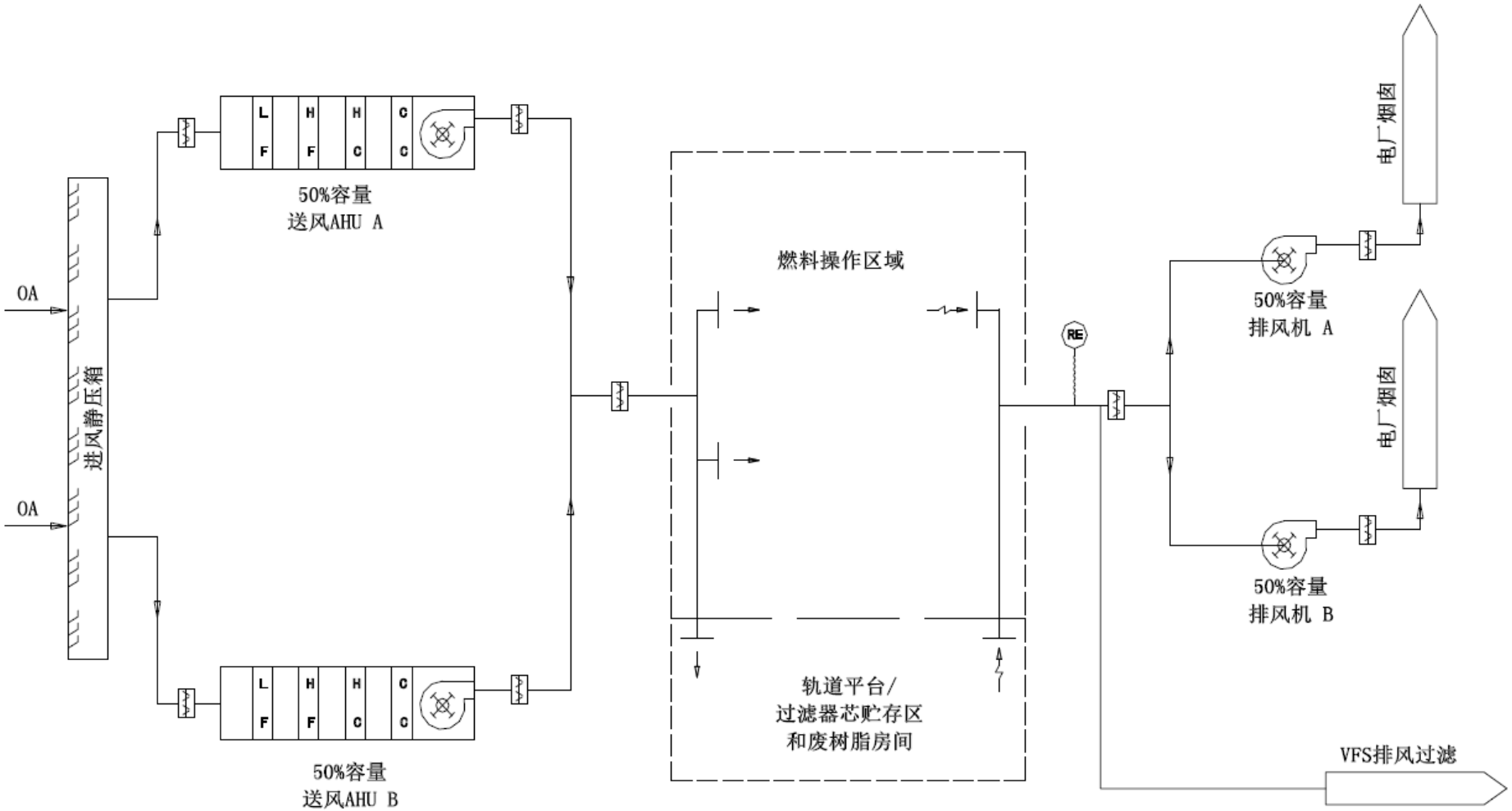


图 4.6-10 燃料操作区通风子系统（VAS）示意图

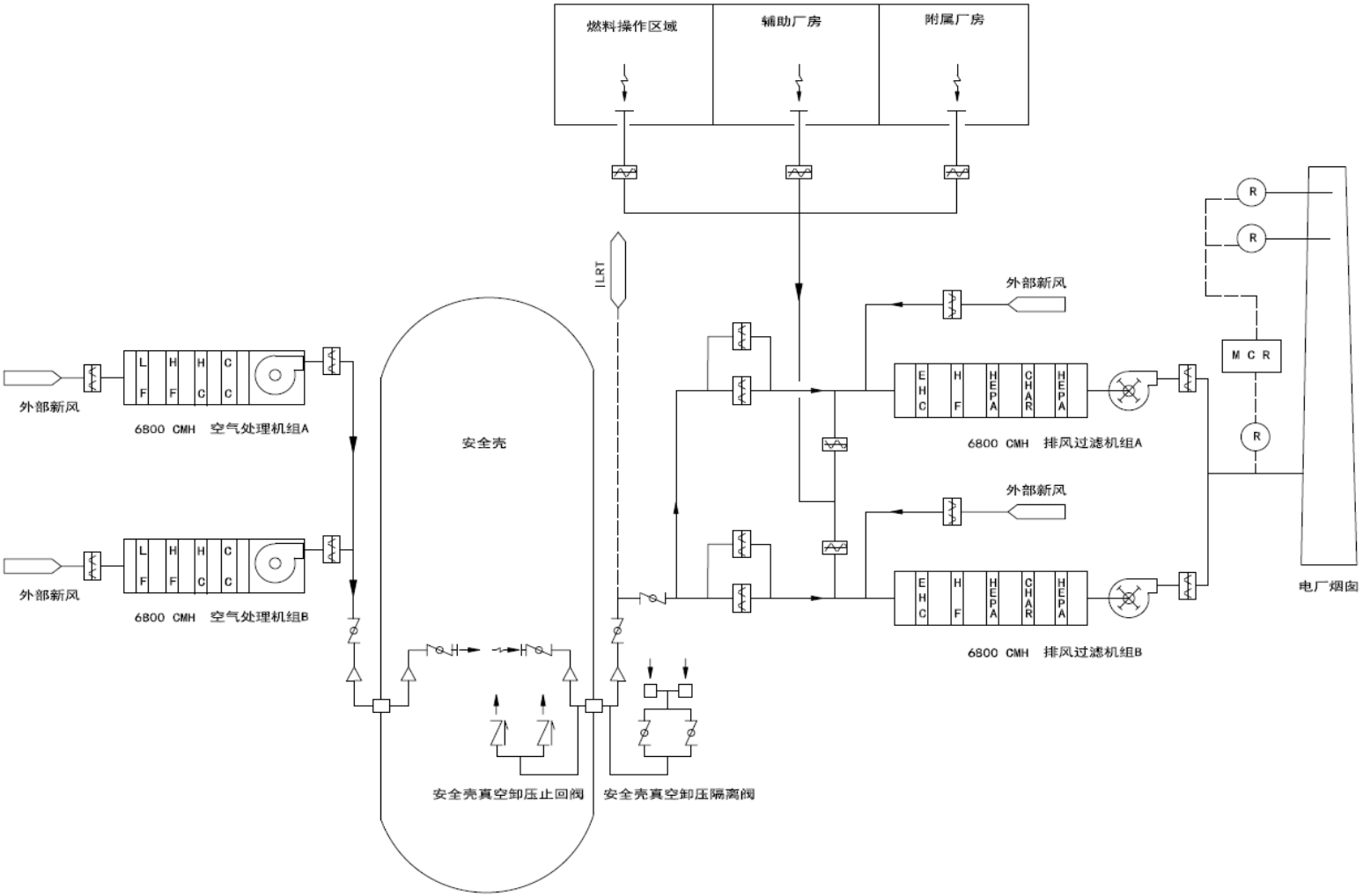


图 4.6-11　安全壳空气过滤系统（VFS）示意图

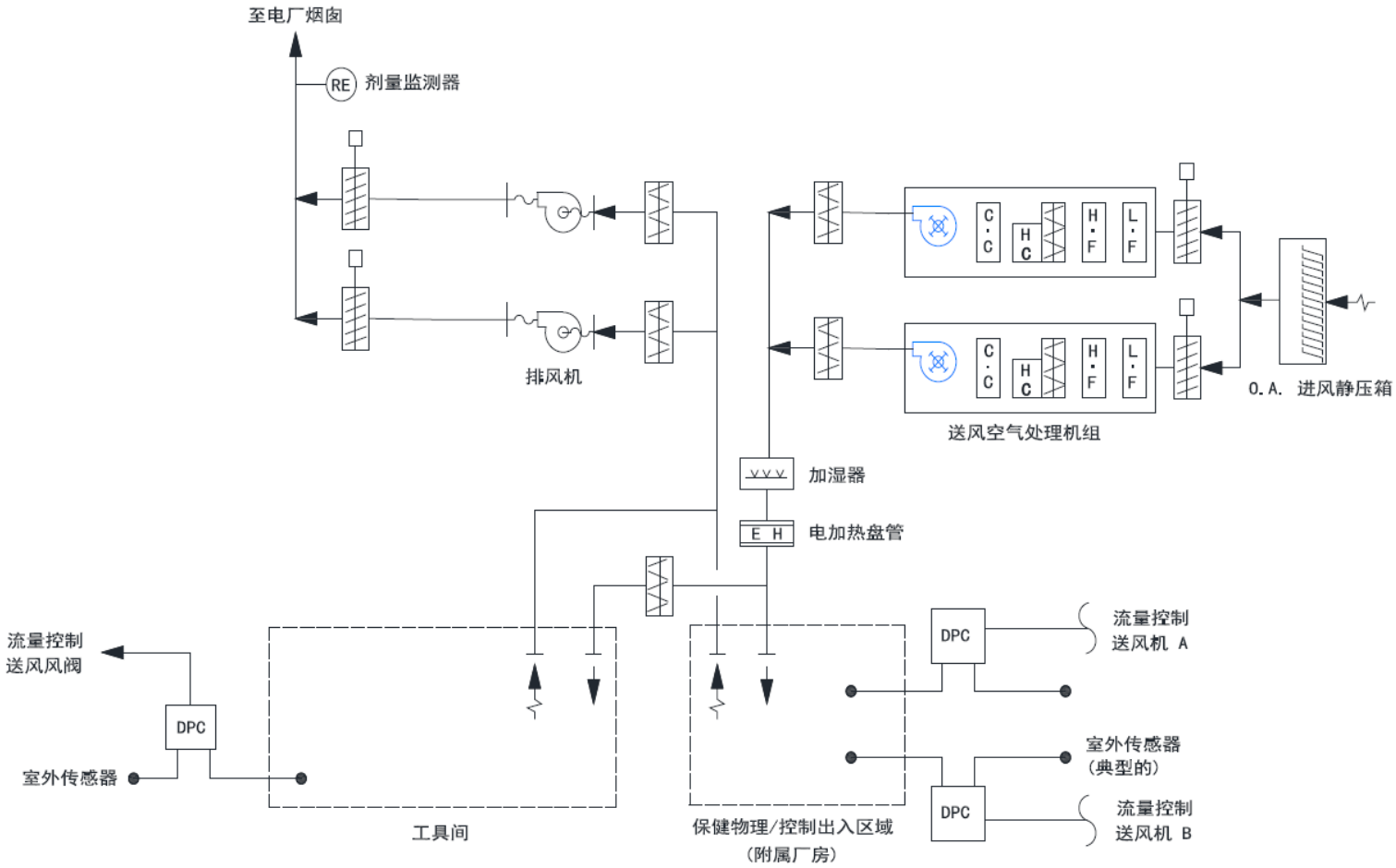


图 4.6-12 核岛保健物理和热机修车间通风空调系统（VHS）示意图

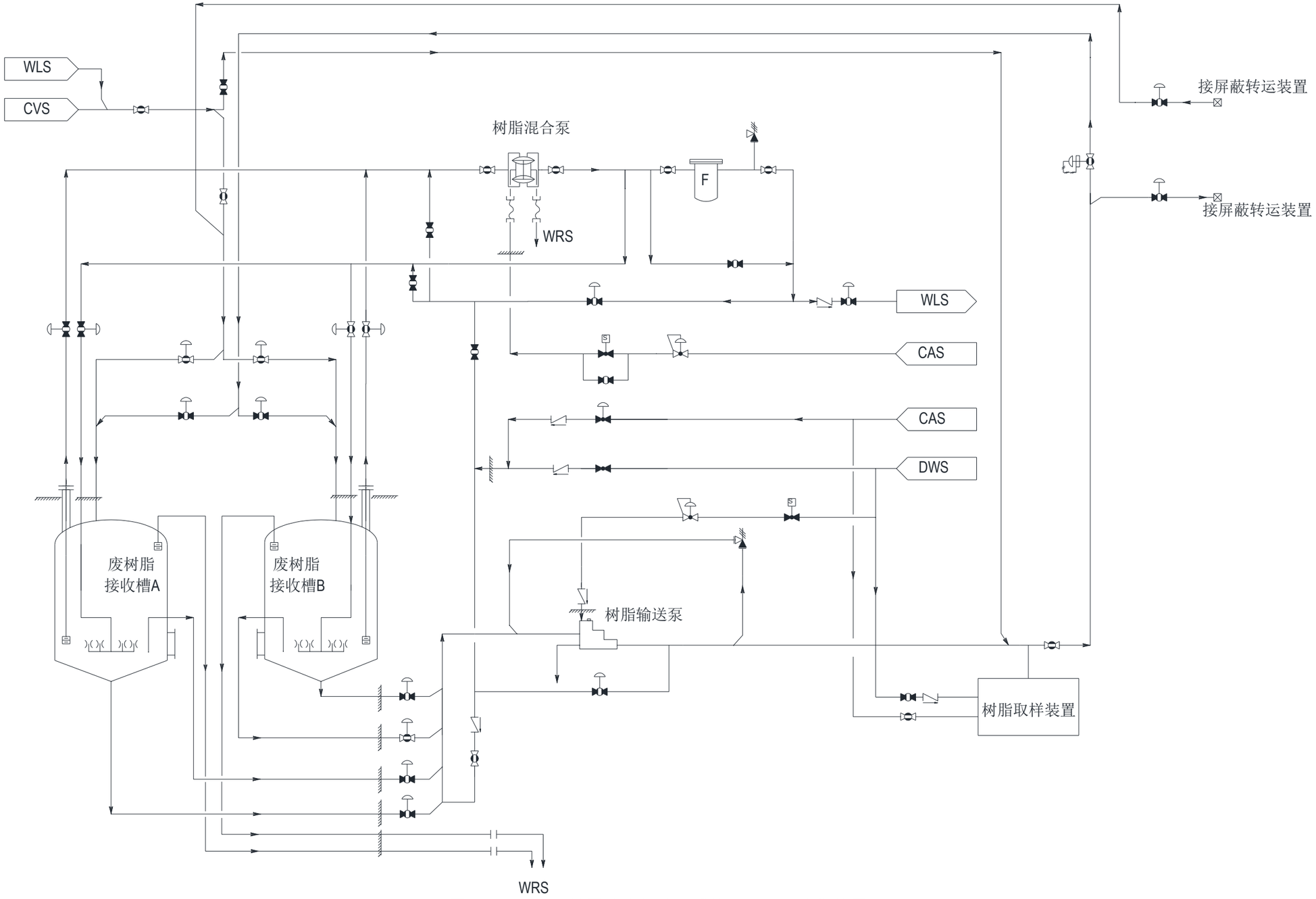


图 4.6-13　放射性固体废物处理系统（WSS）流程简图

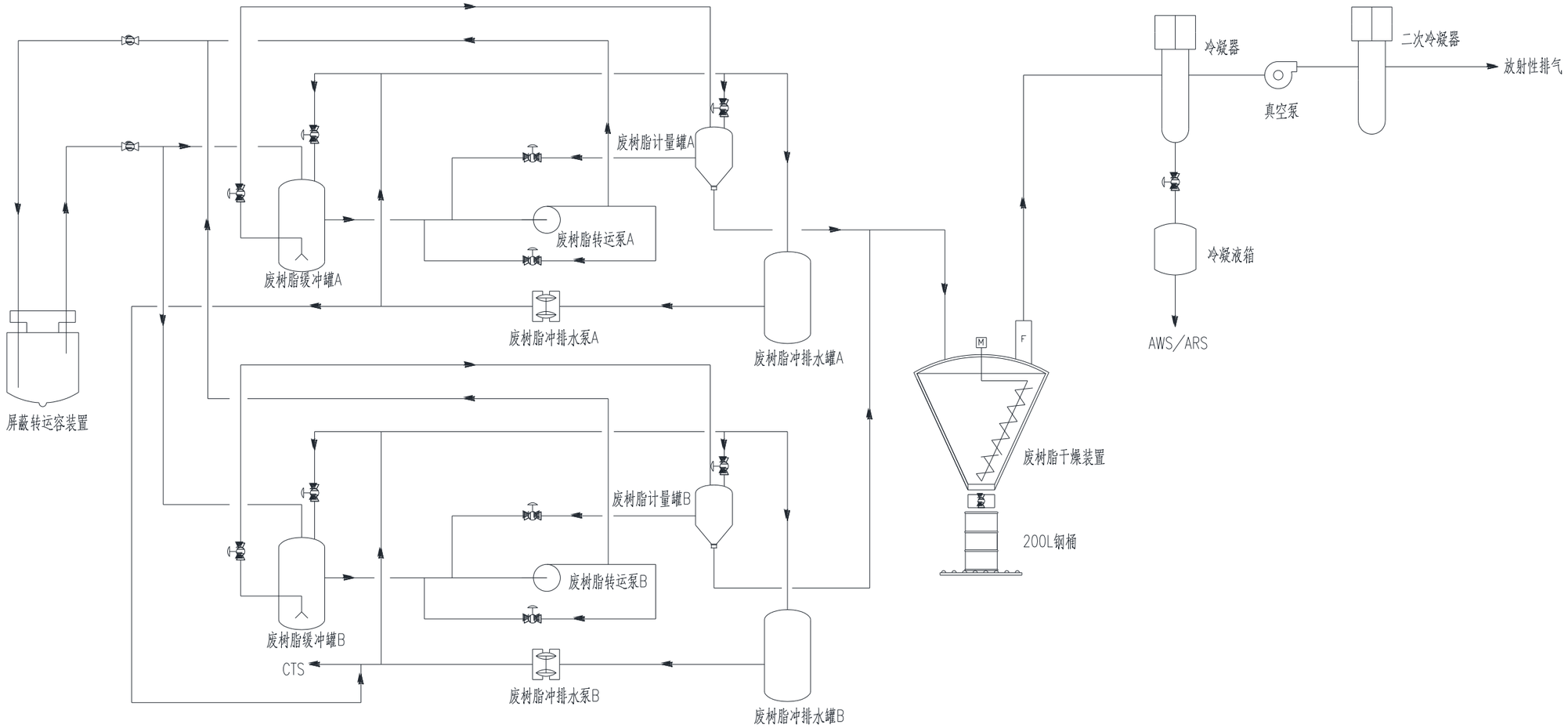


图 4.6-14　废物减容处理中心废树脂处理系统（RES）工艺流程简图

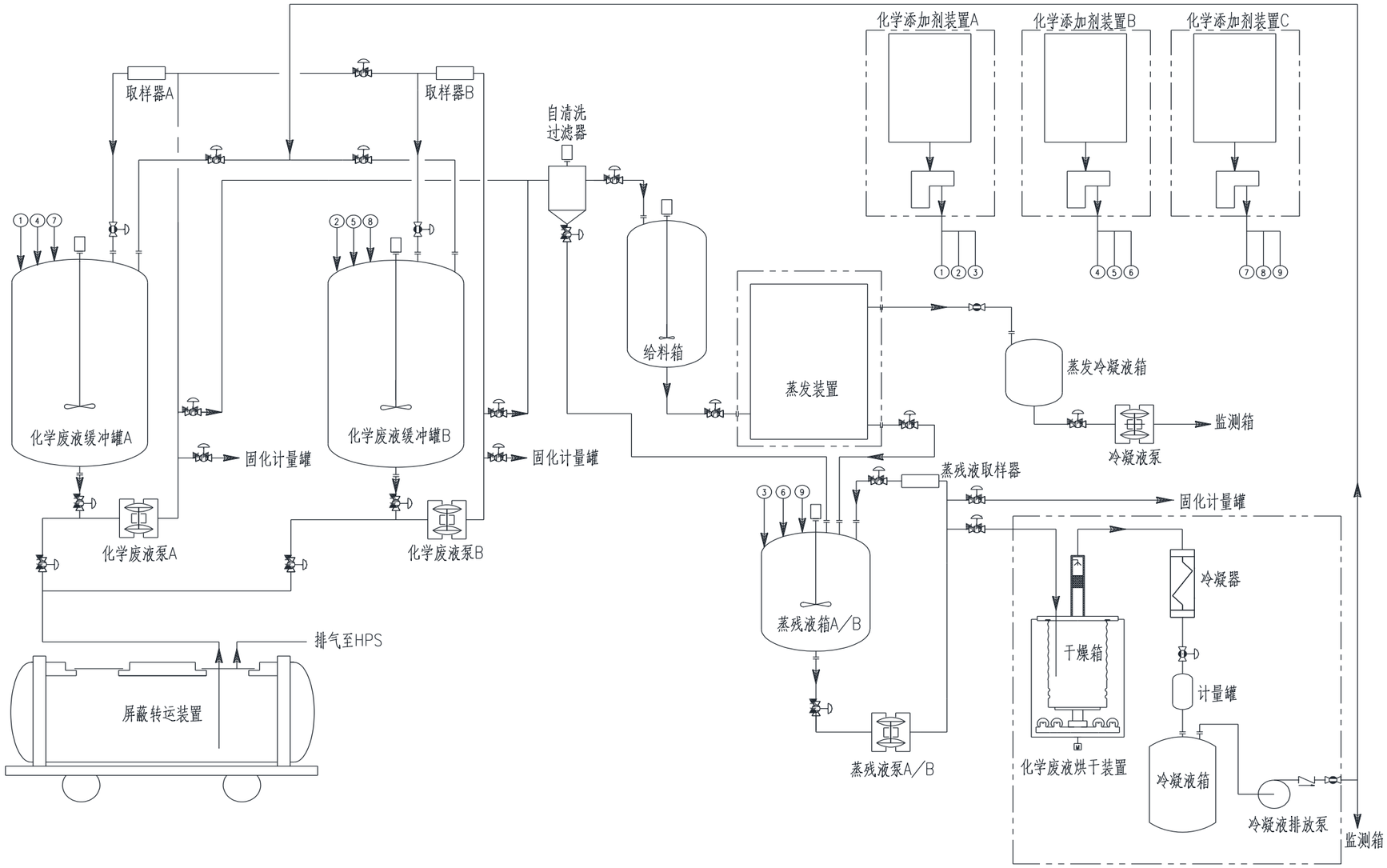


图4.6-15　废物减容处理中心化学废液处理系统（CTS）工艺流程简图

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

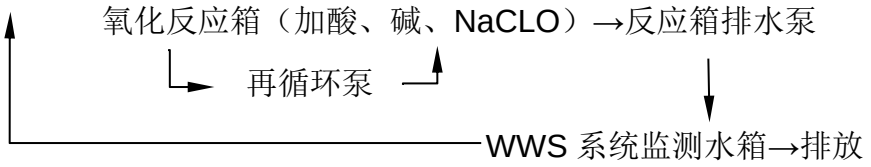
本工程排放的化学物质主要来自于：

- 除盐水处理系统
- 凝结水精处理系统
- 循环水加药系统
- 化学加药供给系统
- 硼酸的排放

除盐水处理系统、凝结水精处理系统、循环水加药系统、化学加药供给系统中主要化学物质的使用、处理、排放情况参见表4.7-1。

本工程考虑设计氨氮等处理工艺，确保化学生产废水达标排放。对于氨氮废水考虑在全厂设置一套集中废水处理系统，用于处理系统中的高氨氮废水。初步考虑采用加氯法，处理系统设计如下：

精处理废水中和池→中和池废水输送泵→废水收集箱→废水输送泵→



本工程没有硼回收系统。由于调硼动作造成的化学和容积控制系统下泄流以及泄漏出的反应堆冷却剂中的硼进入放射性液体废物处理系统（WLS），并最终随液态流出物一起与循环水排水掺混后排放。预计本工程单台机组每年排放的硼质量约为2吨。

4.7.2 生活废物

本工程运行期间产生的超过放射性物质豁免活度的固体废物均按放射性废物做专门处理。本工程运行期间产生的非放射性固体生活废物按生活垃圾处理规定收集处理。生活垃圾的来源主要为办公楼生活垃圾和食堂废物，现场设有垃圾中转站来临时储存，由市政环卫定期清理。

本工程产生的生活污水由污水管网收集至生活污水处理设施进行处理。初步考虑采用生物接触氧化法工艺，处理工艺流程如下：

生活污水→格栅井→生活污水调节池→生活污水处理装置→中间水池→过

滤器→中间水池→回用

根据一期商运规划电厂人数 925 人考虑，核算得到生活污水产生量约为 87.875m^3/d。

回用水质执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）标准，回用水主要用于厂区绿化和道路冲洗。

4.7.3 其他废物

本工程运行期间产生一般工业固体废物及危险废物，其中危险废物主要包括废试剂、废油、废油漆、废涂料、非放废树脂等。

本工程产生的一般工业废物主要为水处理过程中产生的污泥、除盐水处理系统产生的离子交换树脂以及生产活动中产生的废塑料、废木材、废金属等。污泥主要为生活污水处理过程中产生的污泥。生活污水处理设施也设有污泥消化系统，污泥进入污泥浓缩池进行浓缩处理后定期外运。除盐水系统设置了树脂再生装置，更换的树脂优先考虑再生，无法再生的，按照一般工业固体废物进行外委处理。废塑料、废木材、废金属等暂存后外委处理。

危险废物贮存设施目前考虑布置在非放危险废物库。危险废物贮存设施在厂区内建设，危险废物库的设计和建造按照GB18597-2023的相关规定开展，其中包括：危险废物贮存于专用厂房内；各类危险废物分类存放并置于符合规定的容器内；厂房内加装排风机以保持厂房内通风良好，以减少挥发出的有害气体积聚；地面水泥硬化，并考虑防渗措施。

表 4.7-1　化学物质使用、处理、排放情况

来源	废水类型	废水量	处理方式	排放方式	排放浓度	排放去向	最终排放浓度	达标情况
除盐水处理系统	反渗透浓水	约 25t/h	直接排放	连续排放	根据参考水质，总含盐量小于 500 mg/l	排入虹吸井经循环水稀释后入海	小于海水含盐量	总排放口满足 GB8978《污水综合排放标准》要求
	过滤器排水	约 18.5t/h	回收至水处理厂	泵排放、间断	悬浮物较高，含盐量与原水一致	水处理厂	回收利用	不排放
	酸碱废水	约 1.5t/h	在除盐水处理系统的废水中和池内中和处理至 pH6~9	泵排放、间断	主要为化学物质为 NaCl 总含盐量小于 10000 mg/l	排入虹吸井经循环水稀释后入海	小于海水含盐量	总排放口满足 GB8978《污水综合排放标准》要求
循环水加药系统	酸性废水	酸洗频率 1~2 个月/次，每次排水量约 2t						
凝结水精处理系统	酸碱废水	约 33t/h（按 CPS 连续运行计）	收集在精处理中和池中和处理 pH6~9	泵排放、间断	主要为化学物质为 NaCl, NH_4CL（小于 5000mg/l） 总含盐量小于 10000 mg/l	排至非放射性废水处理系统（WWS），然后排入虹吸井，随循环水排入大海	小于海水含盐量，导致海水氨氮增加小于 0.08 mg/l（以 N 计）	总排放口满足 GB8978《污水综合排放标准》要求
常规岛化学药剂供给系统	含 NH_3 或 N_2H_4 废水	仅在设备检修等需要放空时排放						

4.8 放射性物质运输

运进核电厂的放射性物品有初级中子源和未经辐照的新燃料组件。为了安全运输初级中子源，应根据《密封放射源一般要求和分级》（GB 4075）对密封中子源的试样进行试验，每项试验后应按《密封放射源的泄漏检验方法》（GB 15849）的规定对试样进行泄漏试验。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造应能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806）的要求。

运出核电厂的放射性物品有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

本节叙述上述放射性物品的运输。

4.8.1 新燃料的转运

4.8.1.1 新燃料运输容器

新燃料组件在运输过程中必须放在专用的运输容器内，使新燃料组件在运输过程中得到充分的保护而避免受到损伤。

新燃料运输容器能够满足核材料国际运输管理导则的要求，并应满足《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令第 562 号）、《放射性物品运输安全许可管理办法》（原国家环保部令第 11 号令）和《放射性物品安全运输规程》（GB 11806）的规定。在正常运输工况和事故工况下（如火烧、跌落、水淹等），新燃料运输容器能够保证运输容器内燃料组件的结构完整性。新燃料运输容器能够保证在最佳慢化条件下，k_{eff}<0.95。

新燃料组件存放在专用的新燃料组件运输容器内运输。新燃料运输容器用于保护新燃料组件，避免新燃料组件在正常运输或操作过程中受到振动和冲击而造成损坏；保证正常运输条件下对新燃料组件的屏蔽能力；保持新燃料组件在正常运输条件下的次临界状态。同时容器还需保持新燃料组件在运输事故条件下的次临界状态。新燃料运输容器基本结构为不锈钢上下外壳加铝合金内壳，附件包括减震器，聚氨酯泡沫填充等。新燃料运输容器可提供新燃料组件垂直装卸等功能，使新燃料组件在整个运输过程中便于实行由公路、铁路和海路分段运输之间的中转、转换等操作。

4.8.1.2 新燃料的厂外运输

由中核包头核燃料元件股份有限公司制造的燃料组件和相关组件，可以通过全程公路运输的形式运至本核电厂现场。

公路运输前需要预先与高速公路管理部门就有关限速等问题进行协调。

4.8.1.3 新燃料的厂内运输

新燃料组件装在专用的新燃料运输容器内由专用运输车辆运至核岛辅助厂房内，根据程序进行检查确认、开箱等操作，最终将新燃料组件吊运并贮存在新燃料贮存格架中。

新燃料贮存格架的贮存容量或能力应能保证充分满足堆芯一次平衡换料所需的新燃料组件的数量。经检查合格的新燃料组件一次一个地吊运到新燃料贮存格架内，然后采用干法贮存。反应堆换料之前，用燃料抓取机（借助于新燃料组件操作工具）将新燃料组件从新燃料贮存格架内吊至新燃料升降机，然后由新燃料升降机将新燃料组件转运至乏燃料水池底部，再用燃料抓取机（借助于乏燃料组件操作工具）将新燃料组件吊入乏燃料贮存格架内暂存，换料时通过辅助厂房的燃料运输设备将新燃料组件传送到反应堆厂房。

新燃料的接收操作在核岛辅助厂房的新燃料接收和检查区进行。

现场接收新燃料运输容器后，首先进行外部检查，并确认商标、标记以及安全铅封均完好。当容器打开后，检查安装在其内部的震动监视器，确认运输过程中的震动没有超过设计限值。

从运输容器中取出燃料组件时，借助于新燃料开箱操作台，检查其塑料包装，确认没有受损。然后，去掉包装材料，对整个新燃料组件进行目测检查。

根据设计的详细步骤，用燃料抓取机将新燃料组件逐一转运至新燃料贮存格架中或转运到新燃料升降机里，经升降机下降到乏燃料水池中，然后转运并存放在乏燃料贮存格架中，或转运至燃料运输设备的燃料篮内。

重复上述贮存操作过程，直至所有新燃料组件全部放入贮存格架内。

对于首炉新燃料的贮存，在新燃料到厂后，超过新燃料贮存格架的贮存容量的部分，可采用暂时贮存在乏燃料贮存格架内的方法。

4.8.2 乏燃料的厂内运输

乏燃料的厂内运输包括从乏燃料组件装入乏燃料运输容器至厂外运输前的全过程。相关的操作工具和设备包括乏燃料运输容器吊车、燃料抓取机、乏燃料组件操作工具、容器专用运输卡车等。乏燃料组件装入专用的乏燃料运输容器中外运，对容器进行装载的操作以及容器的清洗、检查等操作分别在装料池和清洗

池内进行。装料池和清洗池为毗邻的两个水池，均位于辅助厂房内乏燃料水池旁。

乏燃料组件通常贮存在乏燃料水池中，直到裂变产物的活性降低到允许外运的程度。然后，将乏燃料组件装入到乏燃料运输容器中。

乏燃料组件在装入乏燃料运输容器的过程中，以及之前在水池内贮存和转移的过程中，其顶部均保持有足够的屏蔽水层。在装入乏燃料运输容器后，通过特殊设计的容器实现乏燃料组件的辐射屏蔽。因此，乏燃料组件厂内运输过程中的辐射影响是严格控制的，满足合理、可行、尽量低的原则。

乏燃料运输容器装料操作的典型步骤如下：

1) 装料池已经充满了水，且装料池和乏燃料水池之间的水闸门已经打开。
2) 将乏燃料运输容器运到清洗池，用去离子水洗净。卸掉容器外盖，给容器充水排气。
3) 将乏燃料运输容器吊运至充满水的装料池中，先在中转平台换钩再下放到装料池底部，卸掉容器内盖。
4) 连接乏燃料组件操作工具的燃料抓取机定位在待外运的乏燃料组件上方。
5) 提起燃料组件，经水闸门转运至装料池，将其装进已经就位的乏燃料运输容器内。在燃料组件转运的过程中，需保持燃料组件活性区顶部有足够的屏蔽水层。
6) 重复上述两步步骤直至装满乏燃料运输容器，将运输容器内盖重新安装到运输容器上。
7) 将乏燃料运输容器转移到清洗池，进行内盖密封，充气排水、干燥、充氦气和外表面冲洗等处理措施，安装外盖并确认容器表面剂量率满足限值后，才能将容器提升出清洗池。

4.8.3 放射性固体废物的转运

核岛无法直接处理的各类放射性废物，将根据其废物类型，采用适宜的运输形式，转运至废物减容处理中心进行处理。废物类型主要包括废树脂、水过滤器滤芯、化学废液及其他废物。每台机组废物厂内运输方式、单批次转运量及转运次数的信息参见表 4.8-1。

放射性各类废物转运至废物减容处理中心后，通过对应的处理工艺，最终以

200L 钢桶的包装形式在废物减容处理中心的废物暂存库内进行中间贮存，暂存期间废物桶外不另设屏蔽外包装，在外运送至最终处置场时再根据废物表面剂量水平加装外屏蔽桶。

表4.8-1　每台机组废物厂内运输信息表

废物类型	运输容器	单批次转运量	转运次数/一个燃料周期
废树脂	废树脂屏蔽转运装置	0.8m ^{3}	约 10 次
水过滤器滤芯	水过滤器滤芯屏蔽转运装置	1 个滤芯	约 6 次
化学废液	化学废液屏蔽转运装置	10m ^{3}	约 1 次
其他废物	转运卡车	12m ^{3}	15~20 次

第五章　核电厂施工建设过程的环境影响

5.1　土地利用

5.1.1　工程用地概况

本工程所在厂址拟建6台压水堆核电机组，一次规划，分期建设；本工程为1、2号机组工程，拟建设2台CAP1000核电机组。

5.1.1.1　用地概况

白龙核电厂厂区总用地面积约为215.24ha（六台机组，用地面积不包括取排水工程、大件码头、厂外大件运输道路、进厂道路和应急道路等建设用地），其中拟征地面积约157.15ha，拟租地约59.52ha。厂区用地范围内无工业、商业和矿产资源，也无公共娱乐设施、无名胜古迹、考古场地及风景旅游区，厂区西侧为防城港市文旅集团开发用地。

本工程永久占地面积162.81公顷，包括核岛及常规岛区、BOP厂房区、开关站、行政管理区、警卫营房、消防站、倒班宿舍、混凝土搅拌站、拼装场地等，均为永久占地，占用土地类型主要为农用地（林地），少量建设用地和部分未利用用地；施工临建区为临时占地。本工程不占用基本农田。

本项目用地与国家和地方土地利用计划和政策不存在冲突。

5.1.1.2　土石方平衡

本工程所在厂址的设计基准洪水位为 12.50m，综合考虑地质条件、防洪安全和土石方平衡等因素，厂址的室外地面设计标高初步确定为 14m，场地平整开挖标高为 14.0m。

根据初步的骨料调查资料，厂址开挖的石方不能满足建筑骨料的要求。综合上述因素，本厂址的竖向设计初步考虑为台阶布置的方案，主厂房区、混凝土搅拌站和拼装场地区域设计标高为 14.00m（注：室外地面设计标高为 14m），厂外施工临建区和填土区域按 14m~16m 的进行土石方平衡。

经计算，全厂正挖工程量（几何体积）约为 416.71 万 m^3（实方），回填工程量约为 163.16 万 m^3。一期工程负挖工程量约为 340.63 万 m^3（实方）。

其中，本工程陆域土石方平衡考虑包括：本工程场平范围的正挖工程量、回填工程量、边坡工程量、本工程负挖工程量和用于本工程海工堤心石回填工程量。

另外，考虑到后期工程负挖及其取排水工程的不确定性，本次土石方平衡未

包含后期工程负挖及其取排水工程。

初步分析，厂区中风化和微风化细粒长石石英砂岩的饱和单轴抗压强度分别为 31.4MPa 和 79.4MPa，能够满足取水明渠堤心石的石料回填要求（强度要求大于 30~35MPa）。因此，综合考虑开采和利用因素，白龙厂区一期场平正挖及 1、2 号机组核岛、常规岛负挖可用于海工工程堤心石的石料约 55.57 万方（理论计算值）。

厂区余土考虑综合利用，建设单位已与地方相关单位签订厂区余方外运综合利用的协议。

5.1.1.3　施工场地规划

施工场地包括施工临建设施、模块拼装场地和施工力能区。

施工场地规划布置在厂址西侧和西北侧的回填区域，靠近后期工程用地。本工程施工时，后期工程的厂区用地将作为施工临时用地。

施工临建设施区域包括核岛土建区、核岛安装区、常规岛土建区、常规岛安装区、BOP 施工区、混凝土搅拌站及砂石料堆场、大件设备周转场地及堆场等。施工场地布置在厂址北侧和西北侧区域。本工程施工时，二期工程部分用地可作为施工临时用地。

本工程考虑采用大型履带式起重机作为核岛主吊机械，大型履带吊工作范围覆盖本工程 1、2 号机组核岛区域，1、2 号机组核岛区域布置吊装场地，在两台机组之间设置履带吊转场使用重件道路。大型设备和模块可在履带吊工作范围内起吊，设备和模块运输采用大件运输和重件道路。

SC、CV、CA 拼装场地布置在后期工程 5 号机组北侧区域，靠近厂区扩建端，满足全厂 6 台机组模块建造和运输需要。考虑白龙厂址雨季偏多，CV 考虑按厂房建设，预制的模块通过大件道路和重件道路运输至核岛吊装场地。

施工力能设施包括施工供水站、施工变电站等。本工程主体工程施工和运行期间的淡水取自亿港自来水公司（水源地为防城河）。施工供电由厂址东北方向约 11km 处的江山 110kV 变电站，架空接至施工变电站，向施工现场供电；施工变电站考虑与 220kV 开关站集中设置，施工供水站布置在厂区的北侧靠近水源来源方向。

5.1.2　施工活动对环境的影响

5.1.2.1　社会环境及环境敏感区域影响

本工程的建设将永久占用土地。本工程所在厂址非居住区边界和征地范围内共包括大村、细村（小村）及田寮港村，该部分居民将进行搬迁。通过对搬迁居民妥善安置，本工程建设占地将对社会环境的影响十分有限。

厂址西侧的银坑炮台和龙襄炮台将按照文物保护主管部门的意见对炮台实施保护，保护范围为炮台中心半径50m的范围，本项目建设占地及施工不会对其产生不良影响。

本工程用地范围内无风景名胜区，距厂址最近的旅游景点为江山半岛省级旅游度假区中的一处景点——珍珠湾，位于厂址NNE方位约1.3km处，本工程施工不会对其造成不良影响。

本工程建设期间需要大量的工程施工人员，大量外来施工人员将进驻施工现场，并在该地区居住和生活，这将增加该地区的消费能力，增加当地居民的就业机会，一定程度上将促进该地区经济的发展。与此同时对当地居民的物价指数可能会带来一定影响。

5.1.2.2　大气环境影响

本工程建设将永久占用土地，本项目场地的开挖和填充以及厂建构筑物的建设将改变当地的局部地形和下垫面粗糙度，但与当地的地形相比，还不足以影响本项目所在厂址边界以外的大气环境。

土石方工程施工过程中，由于爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会造成施工区域尘土飞扬，大气中扬尘含量增高。

施工过程中产生的扬尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。在采取必要的防护措施后即可降低扬尘的影响。施工过后，当地的大气环境质量将很快得以恢复。

采用其他CAP系列核电厂作为类比项目。本工程建设的2台CAP1000机组与类比电厂采用的施工方式相同及施工内容相似，均位于沿海区域，地形相似。因此开展类比分析是合理的。

类比电厂施工期无组织排放监测数据参见表5.1-1。由表可见国核示范主厂区边界SO_2无组织排放监测值范围为未检出~0.052mg/m^3，NO_X无组织排放监测值范围为0.025~0.104mg/m^3，TSP无组织排放监测值范围为0.041~0.907mg/m^3，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值要求（SO_2：0.4mg/m^3，NO_X：0.12mg/m^3，颗粒物：1.0mg/m^3）。

施工期厂区无组织废气排放的情况与施工方施工工艺、施工管理方式密切相关。本工程将严格遵循施工管理的有关要求，加强施工管理，尽可能减少厂区无组织废气的排放，预计本工程施工期无组织废气排放能满足达标排放的要求。

施工期喷涂工序会产生 VOCs 释放，本工程将设置专门的喷砂油漆车间，喷砂油漆车间内设置有通风系统，并在排风管道中设置去污和活性炭过滤装置，确保产生的 VOCs（非甲烷总烃）满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）的排放标准。

5.1.2.3　水环境影响

本工程建设期间对海洋环境的污染主要来自于施工期间土石方和建筑材料的流失，施工废水处理后回用，施工期生活污水由承包商外运处理。

1）土石方和建筑材料的流失

本工程施工期间，由于外界条件（如大风、降水等）的作用，容易造成开挖的土石方和堆放的建筑材料随风或水扩散，其中部分将落入厂址邻近海域，污染海洋水体环境。

2）施工废水和生活污水

（1）生活污水：施工生活污水主要为施工人员的如厕冲洗水、洗涤废水、淋浴排水、食堂排水等生活污水。施工中前期生活污水全部由承包商外运处置。在施工后期厂内 37 子项（生活污水处理设施）建成后，37 子项管网接收范围内的生活污水经生活污水处理设施处理后回用；污水处理产生的污泥等固体废物通过当地的环卫部门专用车辆运送至当地的污水处理厂集中处理；其余施工区域的生活污水继续由承包商外运处置。

施工单位租赁当地民居作为施工临时住所的，在临时住所产生的生活污水通过当地现有的生活污水处理设施进行处理；施工单位另行建设施工临时住所的，由施工单位负责生活污水处理设施的建设。

（2）施工废水：土建施工期间，混凝土搅拌站设置废水沉淀池，收集洗车和搅拌站废水，沉淀后上清水回用，不进行排放；混凝土浇筑养护水同样沉淀后回用，不外排。

调试期间废水主要来自管道冲洗水和冷试、热试水。管道冲洗等含油废水纳入 38 子项进行油水分离处理，冷试、热试水参照正常运行工况开展处理。确保调试期废水处理后达标排放。

因此，施工期间会对当地水环境造成临时性影响。对此，在采取合理有效的预防措施（如加强对材料和废水的管理、建设临时施工废水沉淀池、生活污水外运处置不乱排等）后，上述影响能降到最低程度。随着施工的结束，水环境质量将得到恢复。

5.1.2.4　噪声影响

本工程建造期间的施工期噪声主要来自不同施工阶段所使用的不同施工机械的非连续作业噪声。基础施工阶段，主要施工机械是各种打桩机、空压机等，基本上都是固定噪声源，打桩机为主要噪声源，其声级为 95-105dB（A），结构施工阶段主要施工机械是混凝土搅拌机和振捣棒，其声级为 75-88dB（A）。场地平整采取的爆破措施，爆破产生的瞬间噪声水平可超过 120dB（A）；工程建设期运送材料的汽车等运行噪声为随机移动声源，施工期大型运输设备正常行驶时噪声最大可达 80dB（A），鸣笛时可达 85dB（A），水工工程施工的主要噪声源为施工开挖机械等，其声级为 70-75dB（A）。实际施工过程中，往往是多台机械设备同时作业，各台设备产生的噪声会互相叠加。根据类比调查，叠加后的噪声增值约 3-8dB（A），一般不超过 l0dB（A）。

本工程施工期环境监测拟在施工期间进行，目前尚无法获得施工场界的实测数据。考虑到本工程与国核示范工程建设施工阶段所用的机械设备及工程内容相似，本项目夜间不进行高噪声的施工作业，因此昼间场界噪声参考类比国核压水堆示范工程 2014~2021 年的施工期噪声实测数据（参见表 5.1-2）：由表可见厂界昼间噪声最大监测值范围为 47.2~69.9dB(A)，夜间噪声最大监测值范围为 41.2~66.9dB(A)，只在施工初期（2014 年第一季度）夜间噪声最大监测值超过《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中夜间厂界限值 55dB(A)要求，其余时段各监测点位的昼、夜间噪声最大监测值均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）场界环境噪声限值（昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A)）要求。

本工程场界处无敏感目标，搬迁后距厂址最近的居民点位于厂址 NNE 方位约 2.8km 处的双墩，该居民点距厂址较远以及不会受到施工噪声影响。建设单位将在总结其他核电厂的施工经验教训，加强施工期、特别是施工初期的环境管理，通过建设施工围墙、合理安排施工工序、避免高噪声设备同时运行等措施，尽可能降低施工期噪声影响。同时开展施工期场界噪声监测，发现问题及时整改。

施工期噪声影响是暂时的且影响范围有限，施工期噪声影响将在本项目施工完成后消失。

5.1.2.5　固体废物影响

本工程施工阶段产生的工业固废主要为一般工业废物、建筑垃圾以及危险废物，这些固体废物如保存和处理不当，可能造成大气、水体和土壤的污染。

为此，建设单位需制定严格的施工环境管理规定，做到文明施工，尽可能减少各类固废产生量，对于弃土、废钢材、废木材等具有回收利用价值的，进行回收利用；其他没有利用价值的，委托有资质单位填埋处理。

施工单位在其施工临建区内设立危险废物集中存放区域，废油、废油漆、废显定影液等危险废物，按照危废特性分类堆放在该区域，由供应商回收或委托有资质单位外运处理。

本工程施工期间，施工现场生活垃圾主要为现场办公室、食堂、施工现场等部位产生的生活垃圾。在上述部位设置垃圾箱，分类堆放生活垃圾，及时清理，最终运往垃圾处理场进行处置。

5.1.2.6　生态环境及地形地貌影响

本工程施工期间将在建设规划区内占用大量土地，其表土和植被需要剥离，这将影响当地植物资源量和动物的生存环境。根据调查结果，施工所在地的植被多为乔木、灌木和杂草，没有名贵的动植物资源，也没有风景名胜和文物古迹。因此，本项目的建设不会对当地的生态环境造成不良影响。

本工程建设的各个阶段，都将有规划地进行厂区绿化，本项目建成后将与周围环境相协调的景观。

5.1.2.7　水土流失影响

在本工程建设过程中，水土流失主要发生在施工期。期间，将有开挖和填筑裸露面产生，裸露面表层结构疏松，植被覆盖度较低，使区域内土壤抗侵蚀能力下降；同时，大量土石方的搬运和堆置，也将造成工程区及其附近施工区域的局部水土流失加剧。为尽可能降低水土流失影响，建设单位已编制《广西白龙核电项目一期工程水土保持方案报告书》并获批，参见 5.3.3 节。

表 5.1-1　类比电厂施工期无组织排放监测结果

单位：mg/m^3

监测项目 / 监测时段	主厂区边界无组织排放		
	SO_2 浓度	**NO_x 浓度**	**TSP 浓度**
2014 年第一季度	0.021	0.052	0.333
2014 年第二季度	0.009	0.092	0.282
2014 年第三季度	0.008	0.042	0.260
2014 年第四季度	0.024	0.052	0.230
2015 年第一季度	0.015	0.039	0.529
2015 年第二季度	0.012	0.037	0.647
2015 年第三季度	0.013	0.050	0.308
2015 年第四季度	0.020	0.043	0.288
2016 年第一季度	0.012	0.069	0.309
2016 年第二季度	0.014	0.104	0.643
2016 年第三季度	0.013	0.044	0.479
2016 年第四季度	未检出	0.027	0.381
2017 年第一季度	0.017	0.042	0.907
2017 年第四季度	0.027	0.047	0.082
2018 年第一季度	0.010	0.035	0.116
2018 年第二季度	0.015	0.037	0.188
2018 年第三季度	0.016	0.031	0.108
2018 年第四季度	0.028	0.057	0.197
2019 年第一季度	0.033	0.086	0.248
2019 年第二季度	0.009	0.05	0.104
2019 年第三季度	0.029	0.068	0.114
2019 年第四季度	0.031	0.061	0.184
2020 年第一季度	0.021	0.077	0.223
2020 年第二季度	0.022	0.031	0.041
2020 年第三季度	0.009	0.025	0.048
2020 年第四季度	未检出	0.041	0.102
2021 年第一季度	0.009	0.093	0.087
2021 年第二季度	0.009	0.093	0.087
2021 年第三季度	0.009	0.103	0.144
2021 年第四季度	0.052	0.060	0.137

注：表中列出了各监测项目各季度最大监测值。

表 5.1-2　类比电厂施工期场界噪声监测结果

单位：dB(A)

监测时段	主厂区边界	
	L_d	L_n
2014 年第一季度	66.2	66.9
2014 年第二季度	62.2	52.9
2014 年第三季度	63.2	47.6
2014 年第四季度	63.7	43.6
2015 年第一季度	60.2	42.5
2015 年第二季度	60.8	45.2
2015 年第三季度	54.9	52.1
2015 年第四季度	69.9	51.8
2016 年第一季度	47.2	46.2
2016 年第二季度	54	41.2
2016 年第三季度	49.3	48.1
2016 年第四季度	47.4	45.1
2017 年第一季度	48.7	46.6
2017 年第四季度	56.3	42.6
2018 年第一季度	55.5	43.1
2018 年第二季度	56.8	42.7
2018 年第三季度	59.8	44.1
2018 年第四季度	58.9	44.1
2019 年第一季度	59.1	43.7
2019 年第二季度	56.2	45
2019 年第三季度	58.5	49.4
2019 年第四季度	55	50
2020 年第一季度	55	48
2020 年第二季度	57	48
2020 年第三季度	55	48
2020 年第四季度	50	43
2021 年第一季度	51	45
2021 年第二季度	51.2	44.6
2021 年第三季度	52.7	47.6
2021 年第四季度	54	48

注：表中列出了各监测项目各季度最大监测值。

5.2 水的利用

5.2.1 水资源利用

本工程施工期淡水用水保证率 90%，施工期年最大需水量约 106.2 万 m^3（其中施工前期（土建安装阶段）年最大需水量约 61.0 万 m^3）。本工程不修建水库，施工前期由白浪滩供水管网供水，其中，湾潭水库为白浪滩供水管网水源地；施工后期和运行期的水源为防城河（取水口位于防城河木头滩拦河坝上游约 0.8km 防城河右岸），湾潭水库作为备用水源。

根据《广西白龙核电项目一期工程水资源论证报告书》，本工程取水不会造成其他用水户用水保证率降低，不影响其他用户的用水需求。

5.2.2 海工施工活动对海洋环境的影响

本工程海工施工内容为东、西防波堤工程、干施工围堰工程、大件码头工程、取水明渠开挖以及排水工程，不涉及向水中填土、取直或挖深水道等。

1）对海水水质的影响

本工程施工期排水暗涵开挖和大件码头防波堤、取水西堤和取水东堤建设等会导致工程周围海域海水中悬浮物浓度增大。但该影响仅限于取排水工程建设阶段，且影响是暂时性的，随着施工的结束，水环境质量将逐步得到恢复。

本工程用海已通过自然资源部批复（《自然资源部办公厅关于广西白龙核电项目一期工程用海预审意见的函》，自然资办函[2023]1187 号），根据《广西白龙核电项目一期工程海域使用论证报告书》，本工程取排水工程施工期各阶段工程悬沙的影响范围有限，影响可接受。具体说明如下：

本工程取排水工程施工期悬浮物扩散所涉及的施工环节为抛石、疏浚、基槽开挖、炸岩等。根据施工进度安排，为分析工程同时施工造成的悬浮物影响，取最不利情况，计算工程同时施工叠加影响。

根据本工程取排水工程施工方案，取排水工程水上施工过程分为三个阶段：阶段一为取水东堤、西堤、干施工围堰一段和二段的抛石；阶段二为对抛石挤淤物进行堤脚开挖疏浚、对大件码头进行基槽开挖、进行排水暗涵基槽开挖；阶段三为排水暗涵基础水下炸岩。

取排水工程海工施工布置图以及各阶段悬浮泥沙发生点参见图 5.2-1 和图 5.2-2。

各阶段及施工期汇总的悬沙结果如下：

（1）施工阶段一

块石施工情况下：悬浮泥沙主要在工程周边小范围内扩散，最远扩散距离245m。悬浮泥沙超二类水质标准（10mg/L）范围面积为34.3959hm^2，悬浮泥沙超三类水质标准（100mg/L）范围面积为 8.7048hm^2，悬浮泥沙超四类水质标准（150mg/L）范围面积为5.1455hm^2。参见表5.2-1和图5.2-3。

本阶段悬浮泥沙在西侧珊瑚处最大浓度增量约为3mg/L，在东侧珊瑚处最大浓度增量约为4mg/L。

（2）施工阶段二

堤脚开挖施工情况下：在潮流作用下，悬浮泥沙主要向东西方向扩散，最远扩散距离297m。悬浮泥沙超二类水质标准（10mg/L）范围面积为203.2499hm^2，悬浮泥沙超三类水质标准（100mg/L）范围面积为45.2743hm^2，悬浮泥沙超四类水质标准（150mg/L）范围面积为28.5561hm^2。参见表5.2-2和图5.2-4。

本阶段悬浮泥沙在西侧珊瑚处最大浓度增量约为7mg/L，在东侧珊瑚处最大浓度增量小于1mg/L。

（3）施工阶段三

由于爆破施工悬浮泥沙发生时间短，沉降快，悬浮泥沙整体扩散范围较小，爆破施工悬浮泥沙最远扩散距离约 124m。悬浮泥沙超二类水质标准（10mg/L）范围面积为 65.7730hm^2，悬浮泥沙超三类水质标准（100mg/L）范围面积为33.8380hm^2，悬浮泥沙超四类水质标准（150mg/L）范围面积为28.5751hm^2。参见表5.2-3和图5.2-5。

（4）总扩散范围

对整个施工期间各分区悬浮泥沙范围进行叠加，整个施工期间悬浮泥沙超二类水质标准（10mg/L）范围面积为 215.7724hm^2，悬浮泥沙超三类水质标准（100mg/L）范围面积为 50.1346hm^2，悬浮泥沙超四类水质标准（150mg/L）范围面积为36.7675hm^2。参见表5.2-4和图5.2-6。

2）对海洋生态的影响

本工程取排水工程距广西壮族自治区“三区三线”划定成果中的海洋生态红线较远，施工期悬沙影响大于10mg/L的范围不涉及海洋生态红线，取排水工程施工不会对海洋生态红线造成影响。

本工程取排水工程所在海域分布有珊瑚礁以及北部湾二长棘鲷长毛对虾国

家级水产种质资源保护区，以下分别分析施工期悬沙对珊瑚礁和种质资源保护区的影响：

（1）珊瑚礁

本工程取水西堤和取水东堤两侧均有珊瑚礁分布，珊瑚分布参见图 5.2-7。

工程海域造礁石珊瑚种类较少，密度低且个体大小也相对较小。根据广西海洋科学院（广西红树林研究中心）2024 年春季最新调查结果，调查区域共鉴定出造礁石珊瑚 7 科 12 属 22 种，以裸肋珊瑚科的种类数量最多，优势种为斯氏伯孔珊瑚。工程海域主要礁石珊瑚种类对悬浮物的耐受情况见表 5.2-5 所示。可见工程海域各造礁石珊瑚的悬沙耐受范围比较大，大多数在 100mg/L 以上。

参照广西海洋科学院（广西红树林研究中心）2024 年春季最新调查结果，珊瑚所在区域的悬浮物浓度在 2.1mg/L~6.3mg/L 之间，叠加悬浮物增量 10mg/L 后，珊瑚所在海域悬浮物浓度介于 12.1~16.3mg/L 之间，仍在珊瑚耐受范围内（参见表 5.2-5）。参考《海南昌江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）》（2020.1，生态环境部）、《东方市八所中心渔港升级改造渔业风情街 PPP 项目海洋环境影响评价报告书报批稿》（2019 年 11 月，东方市生态环保局）中工程建设悬沙增量对珊瑚影响的判断标准，本工程选取 10mg/L 悬沙增量作为珊瑚是否受到影响的判断标准。

根据图 5.2-3~图 5.2-6 的计算结果，施工期悬沙增量超 10mg/L 的范围不会进入珊瑚分布区，因此可以认为本项目海工施工不会对珊瑚造成不良影响。

（2）北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区

本工程与北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区的位置关系参见图 5.2-8，由图可见本工程取排水工程全部位于种质资源保护区实验区内，距核心区距离较远。

建设单位委托中国水产科学研究院东海水产研究所编制了《广西白龙核电项目一期工程对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》并于 2021 年 7 月取得了农业农村部渔业渔政管理局同意该专题报告的意见（农渔资环便[2021]178 号），之后随着取排水方案的调整，专题单位更新了《广西白龙核电项目一期工程对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》并编制了《种质资源专题变化情况说明》，于 2023 年 4 月获得农业农村部渔业渔政管理局同意该专题报告的意见（农渔资环便

[2023]87 号）。

由于涨、落潮流的作用，工程施工引起的悬浮物将伴随工程海域的潮流进行对流扩散运动，悬浮物输移方向与潮流方向基本一致。悬浮泥沙随着涨、落潮水流发生扩散，趋势与流向较一致；涨落急时刻流速较大悬浮泥沙扩散速度较快，扩散范围大，但浓度较小；涨落憩时刻流速小，悬浮泥沙扩散速度较慢，泥沙影响范围略小，但其工程区附近浓度高于涨落急时刻同区域浓度。根据施工期悬浮泥沙扩散数模的结果与保护区的位置关系可知，施工期悬沙产生的影响均在保护区实验区内，距离核心区最近距离约 25.2km，大于 10mg/L 的包络面积最大为 215.7724hm^2。悬浮泥沙影响主要分布在取、排水等工程附近水域，影响范围较小。受潮流的作用，悬浮泥沙很快地稀释扩散至较低浓度，作业开始后，进入水体的悬浮泥沙除部分发生落淤之外，另一部分则在潮流作用下，在作业点附近水域作输移扩散，且随着时间延长，施工产生的悬浮泥沙增量浓度将逐渐趋于 0，一般在产生结束后约 6~8 小时左右后基本稀释落淤完毕，海域水体含沙量也将逐渐恢复到自然状态的含沙量。根据悬浮泥沙浓度的变化过程线可以看出影响不是累积和重叠的，持续影响时间不长。由于施工过程引起的入海悬沙是暂时有限的，随着工程的结束，泥沙的沉降，水质将逐渐恢复，因此悬沙扩散对保护区实验区海水水质的影响是较小的和暂时的。

本工程取排水工程施工会导致悬浮泥沙扩散污染，进而造成局部水质暂时下降。由于鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量暂时下降，从而短暂影响该区域内的生物群落的种类组成和数量分布。随着施工的结束，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复。海水中悬浮物对虾、蟹类的影响较小，但在许多方面对鱼类会产生不利的影响。首先是悬浮微粒过多时，不利于天然饵料的繁殖生长；其次，水中大量存在的悬浮物微粒会随鱼呼吸动作进入其鳃部，损伤鳃组织，隔断气体交换，影响鱼类的存活和生长。根据渔业水质标准要求，人为增加悬浮物浓度大于 10mg/L 会对鱼类栖息造成影响。由前文数模计算结果可知，施工期悬沙影响最大范围 10-20mg/L 的包络面积为 79.8273hm^2，20-50mg/L 的包络面积为 57.8138hm^2，50-100mg/L 的包络面积为 27.9967hm^2，＞150mg/L 的包络面积为 36.765hm^2。因此施工期悬浮泥沙仅会对保护区实验区造成小范围的短期轻微影响，不会影响到保护区核心区。

3）对航运、防洪堤坝、景观的影响

根据《广西白龙核电项目一期工程航道通航条件影响评价报告》，本工程对附近水域船舶通航条件没有影响。该报告已取得交通运输部的批复意见（《交通运输部关于广西白龙核电项目一期工程航道通航条件影响评价的审核意见》，交水函[2023]568 号）。

本工程的海工工程施工范围内无防洪堤坝，不会对防洪堤坝产生影响。

距厂址最近的旅游景点为江山半岛省级旅游度假区中的一处景点——珍珠湾，位于厂址 NNE 方位约 1.3km 处，距本工程的海工施工区域位较远。本工程海工施工不会对景观产生影响。

表5.2-1　施工阶段一悬浮泥沙各分区浓度面积一览表

序号	分区浓度	面积（hm^2）	面积（hm^2）
1	10-20mg/L	9.5179	9.5179
2	20-50mg/L	11.0753	11.0753
3	50-100mg/L	5.0979	5.0979
4	100-150mg/L	3.5593	8.7048
5	>150mg/L	5.1455	

表5.2-2　施工阶段二悬浮泥沙各分区浓度面积一览表

序号	分区浓度	面积（hm^2）	面积（hm^2）
1	10-20mg/L	78.8134	78.8134
2	20-50mg/L	52.4733	52.4733
3	50-100mg/L	26.6889	26.6889
4	100-150mg/L	16.7182	45.2743
5	>150mg/L	28.5561	

表5.2-3　施工阶段三悬浮泥沙各分区浓度面积一览表

序号	分区浓度	面积（hm^2）	面积（hm^2）
1	10-20mg/L	14.5338	14.5338
2	20-50mg/L	10.9361	10.9361
3	50-100mg/L	6.4651	6.4651
4	100-150mg/L	5.2629	33.8380
5	>150mg/L	28.5751	

表5.2-4　整个施工期间悬浮泥沙各分区浓度面积一览表

序号	分区浓度	面积（hm^2）	面积（hm^2）
1	10-20mg/L	79.8273	79.8273
2	20-50mg/L	57.8138	57.8138
3	50-100mg/L	27.9967	27.9967
4	100-150mg/L	13.3671	50.1346
5	>150mg/L	36.7675	

表5.2-5　珊瑚耐受悬浮沉积物的极端阈值

序号	工程海域珊瑚种类	形态	悬沙含量耐受范围	参考文献	备注
1	澄黄滨珊瑚	块状	＞240mg/L	Stafford-Smith (1993)	Stafford-Smith (1993)研究发现澳大利亚大堡礁的澄黄滨珊瑚在悬砂沉积速率为200 mg cm^2 d^{-1}（浓度240mg/L）下6天后就全部白化，但没有死亡。
2	标准盘星珊瑚	块状	＞800mg/L	Roy and Smith (1971), Marshall and Orr (1931)	根据Roy and Smith (1971)一文中的描述，在Marshall和Orr的实验中，盘星珊瑚属（曾用名为蜂巢珊瑚属Favia），被放入含有800 mg/L悬浮泥浆的水中后，几乎没有或没有不良反应。
3	圈纹盘星珊瑚	块状			
4	翘齿盘星珊瑚	块状			
5	板叶角蜂巢珊瑚	块状	＞240mg/L	Riegl (1995)，Riegl and Bloomer (1995)	参考五边角蜂巢珊瑚的耐受范围
6	五边角蜂巢珊瑚	块状			数据来源于室内模拟实验
7	海孔角蜂巢珊瑚	块状			参考五边角蜂巢珊瑚的耐受范围
8	多孔同星珊瑚	块状	＞960mg/L	Rogers (1990)	参考相似种简短圆星珊瑚的室内模拟实验数据
9	盾形陀螺珊瑚	块状	＞132mg/L	Sofonia（2008）	参考澳大利亚大堡礁泻湖内的同属珊瑚种皱折陀螺珊瑚(Turbinariamesenterina)，根据野外采样经室内实验研究，沉积物浓度大于110mg/cm^2（即大于132 mg/L）条件下发现该种珊瑚生理指标没有受到任何影响。
10	斯氏伯孔珊瑚	表覆状	166.6mg/L	Stafford-Smith and Ormond (1992)	斯氏伯孔珊瑚与角孔珊瑚很相似，原名为斯氏角孔珊瑚，曾归为角孔珊瑚属。Stafford-Smith and Ormond (1992)研究发现，多种角孔属珊瑚适应在高沉积速率下存活。该种珊瑚少有研究，故在此参考同为表覆状的蔷薇珊瑚属设定悬砂含量耐受范围。
11	膨胀蔷薇珊瑚	表覆状		Stafford-Smith (1993)；Dikou and Van Woesik, (2006)	参考澳大利亚大堡礁北部的蜥蜴岛海域同属种瘿叶蔷薇珊瑚（Montiporaaequituberculata），该种珊瑚在悬砂200mg cm^{-2} d^{-1}（166.6 mg/L）下6天后就全部白化，但没有死亡；另外Dikou and Van Woesik (2006)的研究表明，蔷薇珊瑚属很适应浑浊的水质。
12	小牡丹珊瑚	表覆状	35.5~71.7mg/L	Yeemin et al.(2013)	对泰国湾西部的苏梅岛两个地点珊瑚群落沉积物耐受性研究发现，两个地点的沉降速率在29.49~59.53mg $cm^{-2}d^{-1}$之间，两个群落的共同优势种有牡丹珊瑚，说明该种造礁石珊瑚在该沉降速率范围内不受影响。十字牡丹珊瑚与小牡丹珊瑚同属，可参考其耐受范围。

13	大角孔珊瑚	块状	＞240mg/L	Stafford-Smith, M. G. (1993)	大堡礁原位试验发现，多种角孔属珊瑚在10， 50，200和1000 mg cm^{-2} 的沉积速率中均能存活下来，考虑到海域的差异性，我们选取中间耐受值200 mg cm^{-2}，即241 mg/L。
14	大盘星珊瑚	块状	＞800mg/L	Roy and Smith (1971)	根据Roy and Smith (1971)一文中的描述，在1931年Marshall和Orr的实验中，盘星珊瑚属（曾用名为蜂巢珊瑚属），被放入含有800mg/L悬浮泥浆的水中后，几乎没有或没有不良反应。
15	海洋盘星珊瑚				
16	似蜂巢盘星珊瑚				
17	美龙氏盘星珊瑚				
18	丹氏盘星珊瑚				
19	蜥岛盘星珊瑚				
20	大角蜂巢珊瑚	块状	＞240mg/L	Riegl (1995) , Riegl and Bloomer (1995)	参考五边角蜂巢珊瑚的室内模拟实验数据的耐受范围 。
21	日本刺星珊瑚	块状	24.1mg/L	Tuttle and Donahue (2020)	根据Tuttle and Donahue (2020)在文献综述中统计的结果，小叶刺星珊瑚暴露在20mg $cm^{-2}d^{-1}$的环境中，第18天在群落中开始出现部分成熟个体出现死亡现象。日本刺星珊瑚与小叶刺星珊瑚同属，可参照其耐受范围。
22	大花筒星珊瑚	块状	＞132mg/L	Sofonia, J. J., & Anthony, K. R. N. (2008).	参考澳大利亚大堡礁泻湖内的同科珊瑚种类——皱折陀螺珊瑚，根据野外采样经室内实验研究，沉积物浓度大于110 mg/cm^2 （即大于132 mg/L）条件下发现该种珊瑚生理指标没有受到任何影响。大花筒星珊瑚与皱褶陀螺珊瑚同科，可参考其耐受范围。
23	横小星珊瑚	表覆状	36.1mg/L	Tuttle and Donahue (2020)	根据Tuttle and Donahue (2020)在文献综述中统计的结果，紫小星珊瑚暴露在20mg $cm^{-2}d^{-1}$的环境中，第21天开始出现青年个体死亡的现象；暴露在30mg $cm^{-2}d^{-1}$的环境中时，第15天就开始出现青少年个体死亡的现象。横小星珊瑚和白斑小星山湖与紫小星珊瑚同属，可参考其耐受范围。
24	白斑小星珊瑚				
注：参考 Flores et al.(2012)一文，1 mg/L=0.83 mg cm^{-2} d^{-1}					

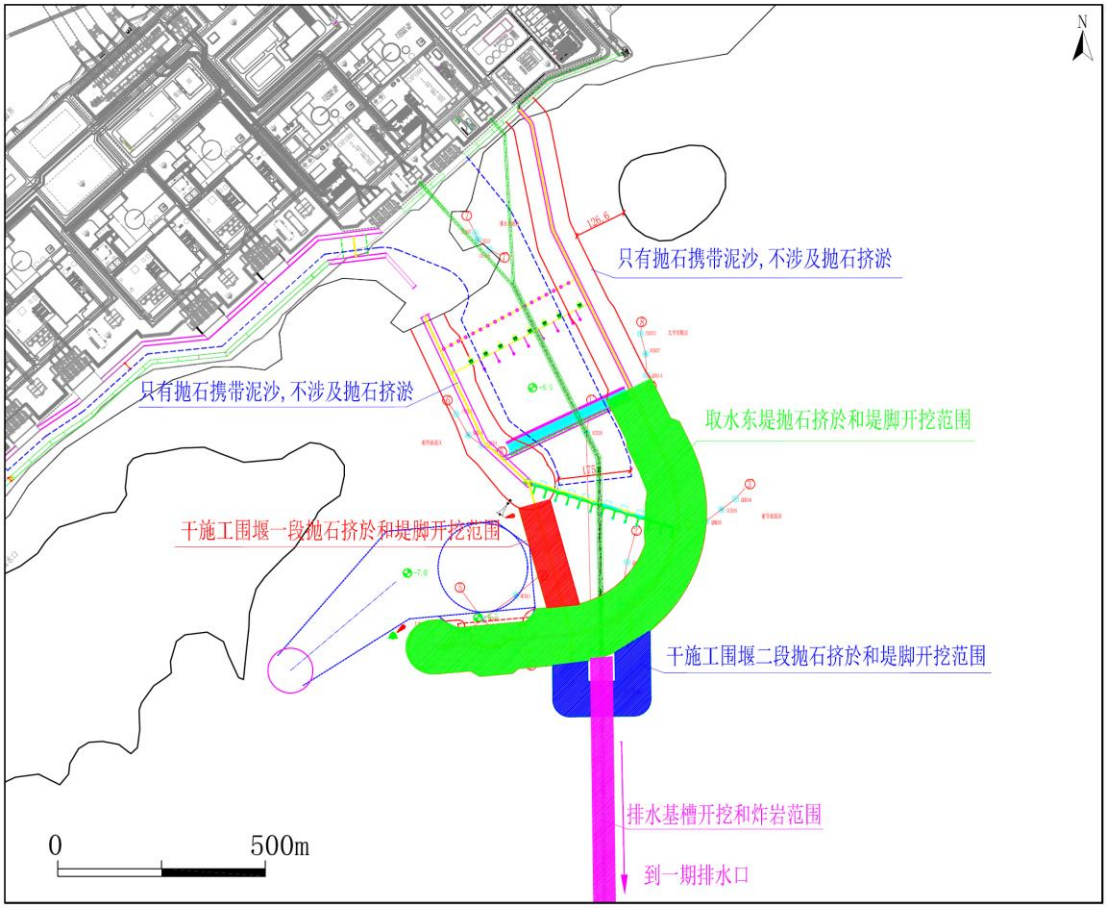
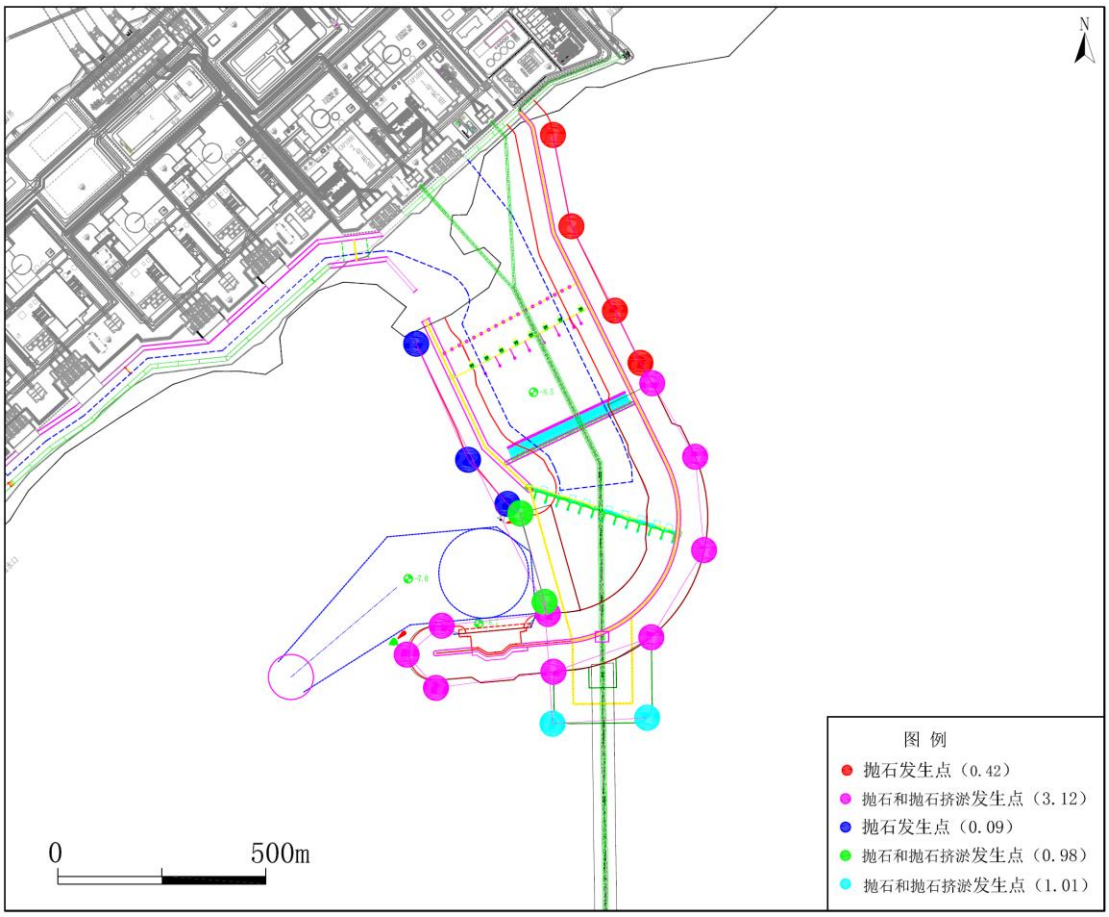
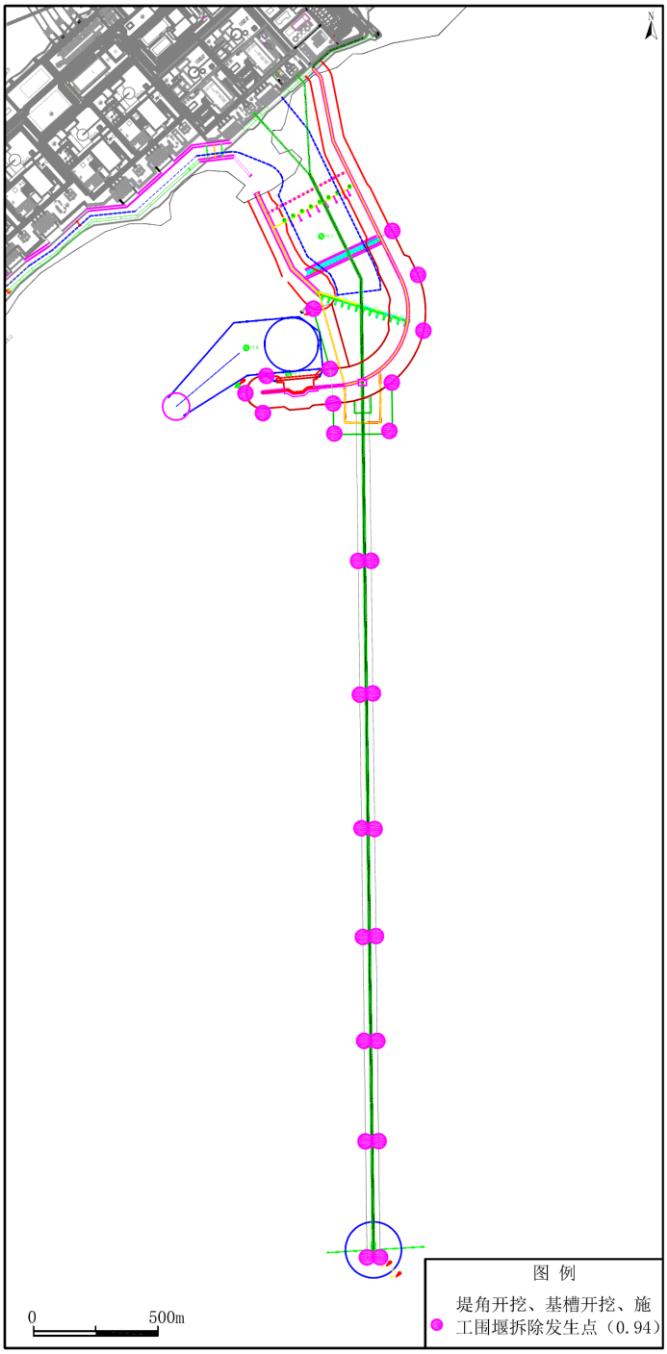


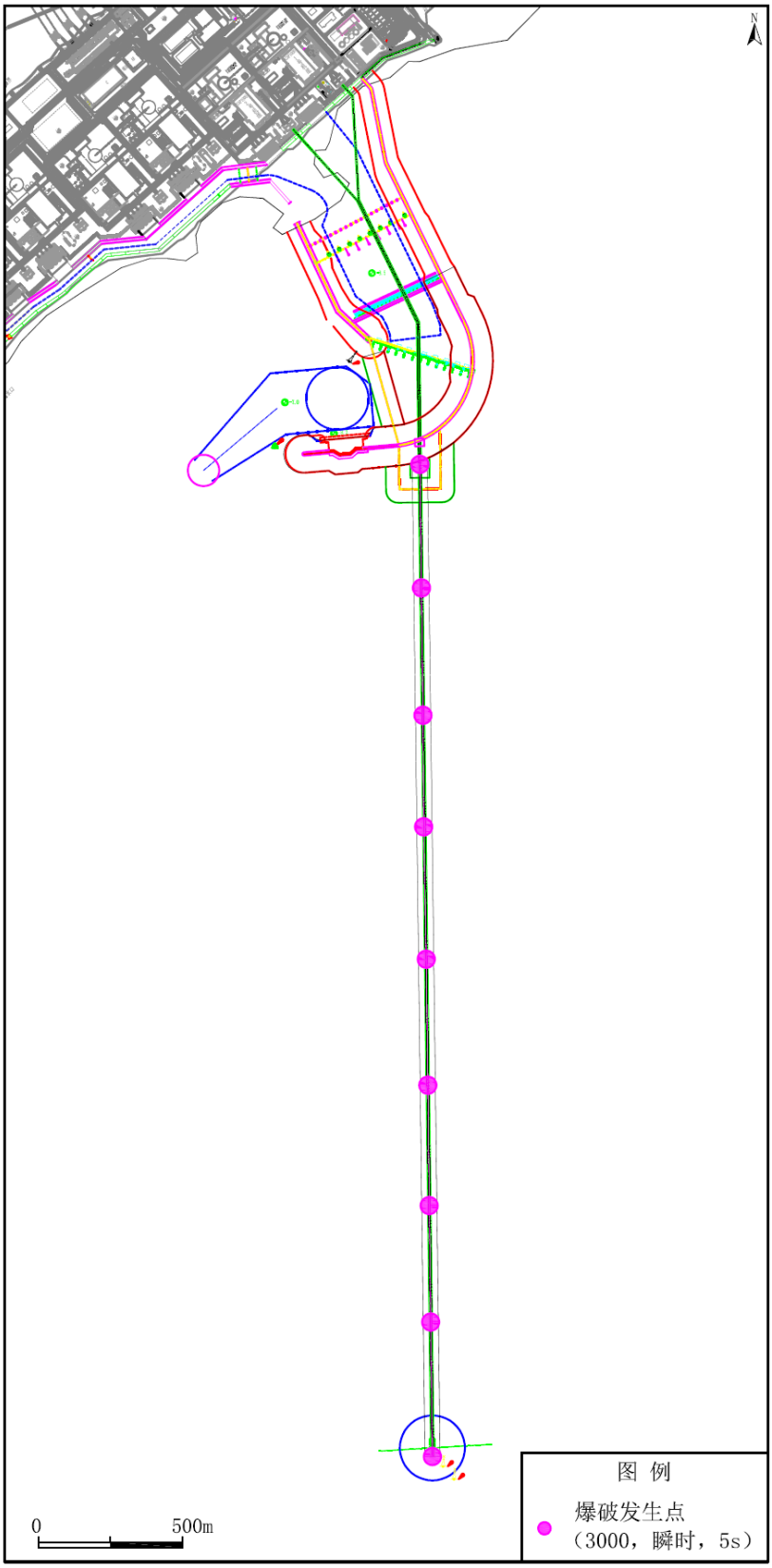
图5.2-1　各施工点布置图


N
图 例
抛石发生点（0.42）
抛石和抛石挤淤发生点（3.12）
抛石发生点（0.09）
抛石和抛石挤淤发生点（0.98）
抛石和抛石挤淤发生点（1.01）
0
500m

a）施工阶段一



b）施工阶段二



c）施工阶段三

图5.2-2　各阶段悬浮泥沙发生点

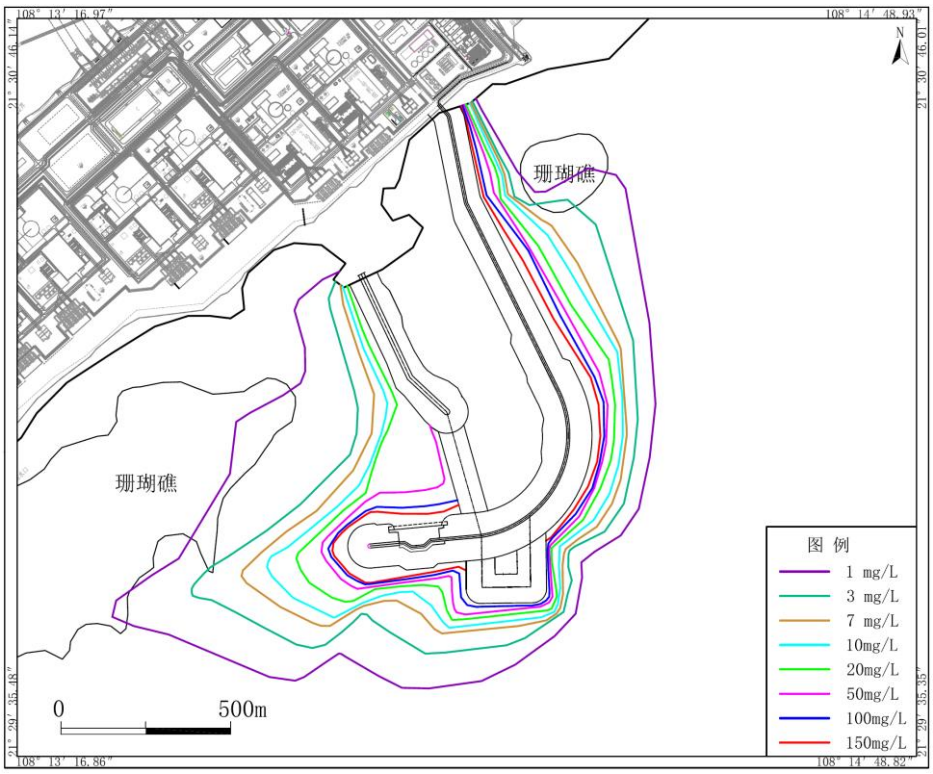


图5.2-3　施工阶段一抛石施工悬浮泥沙扩散范围图

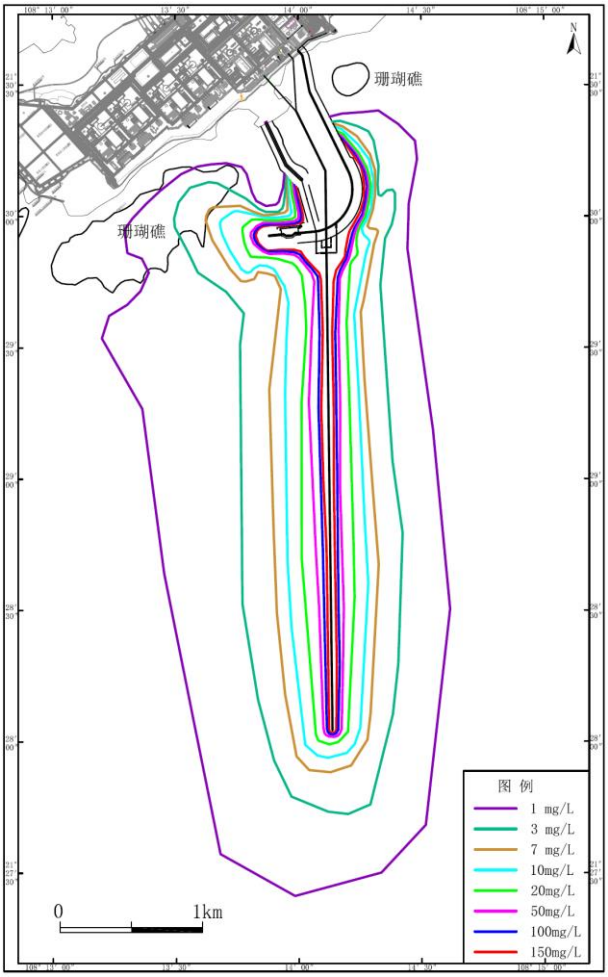


图5.2-4　施工阶段二堤脚开挖施工悬浮泥沙扩散范围图

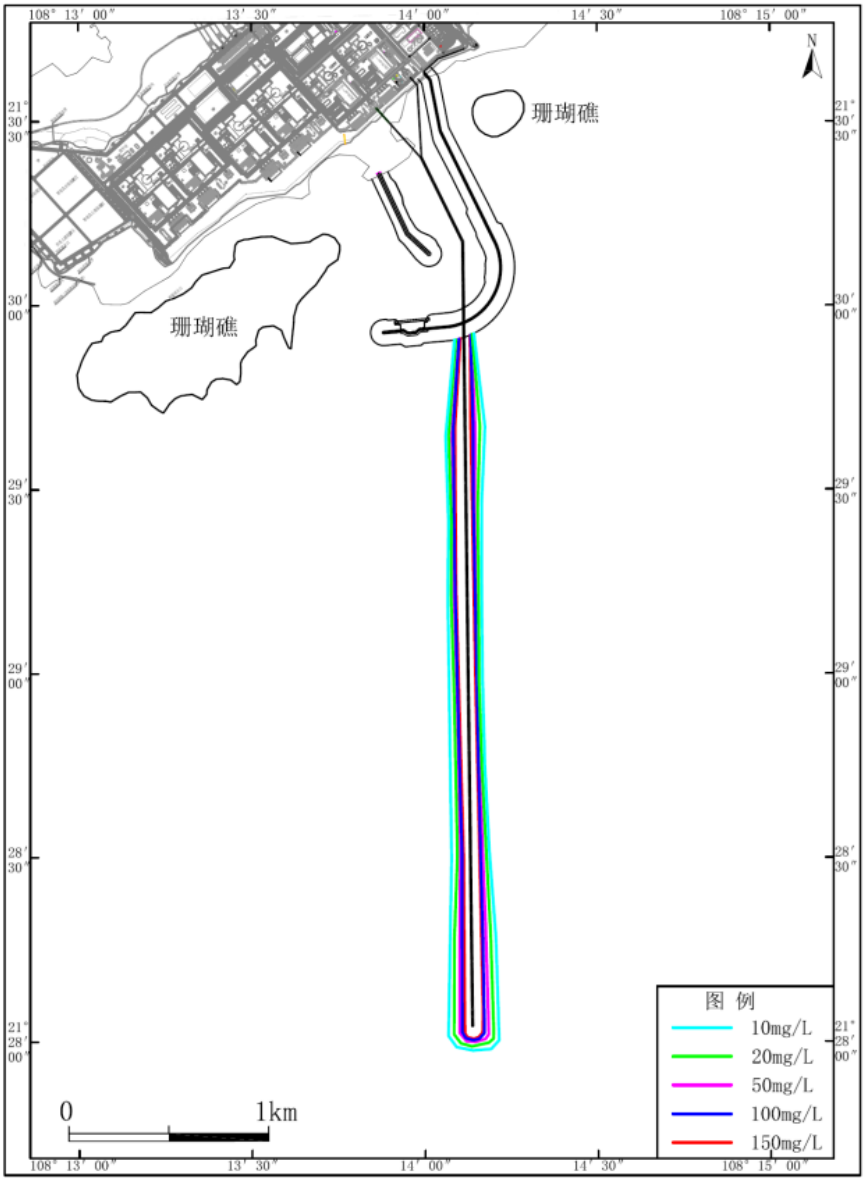


图5.2-5　施工阶段三爆破施工悬浮泥沙扩散范围图

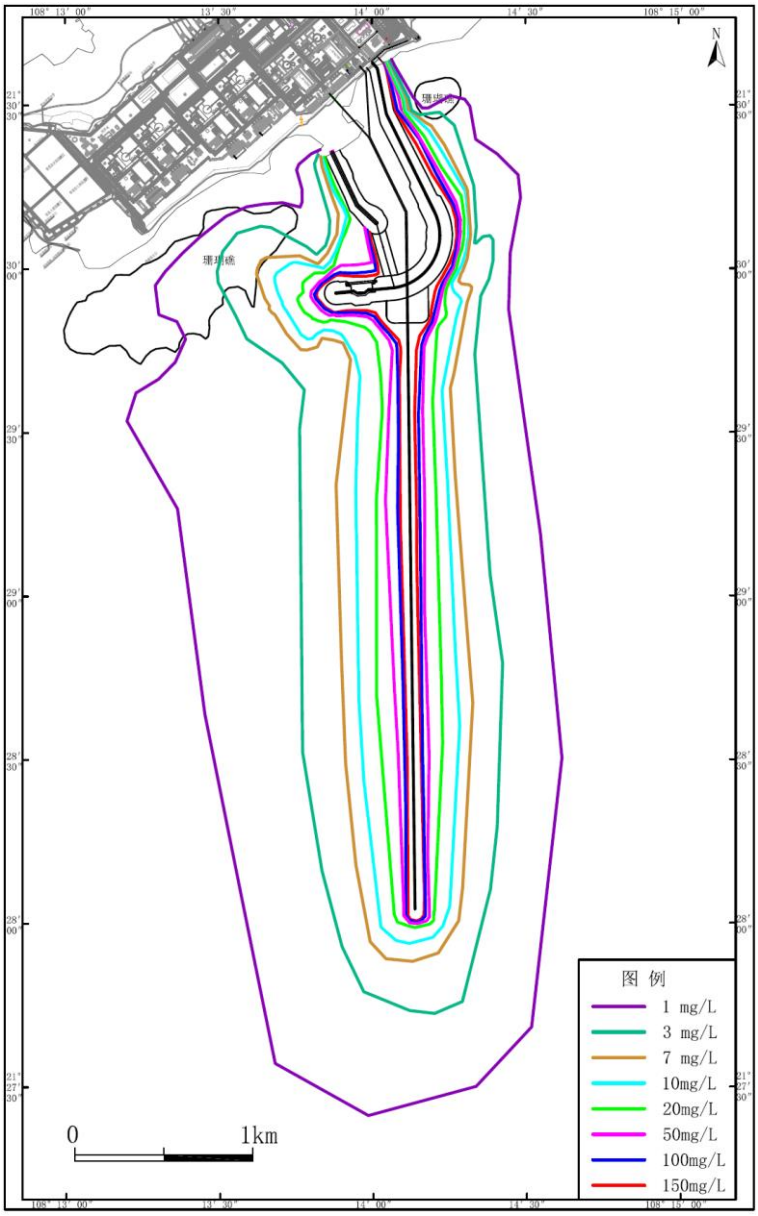


图5.2-6　施工期间悬浮泥沙总扩散范围图

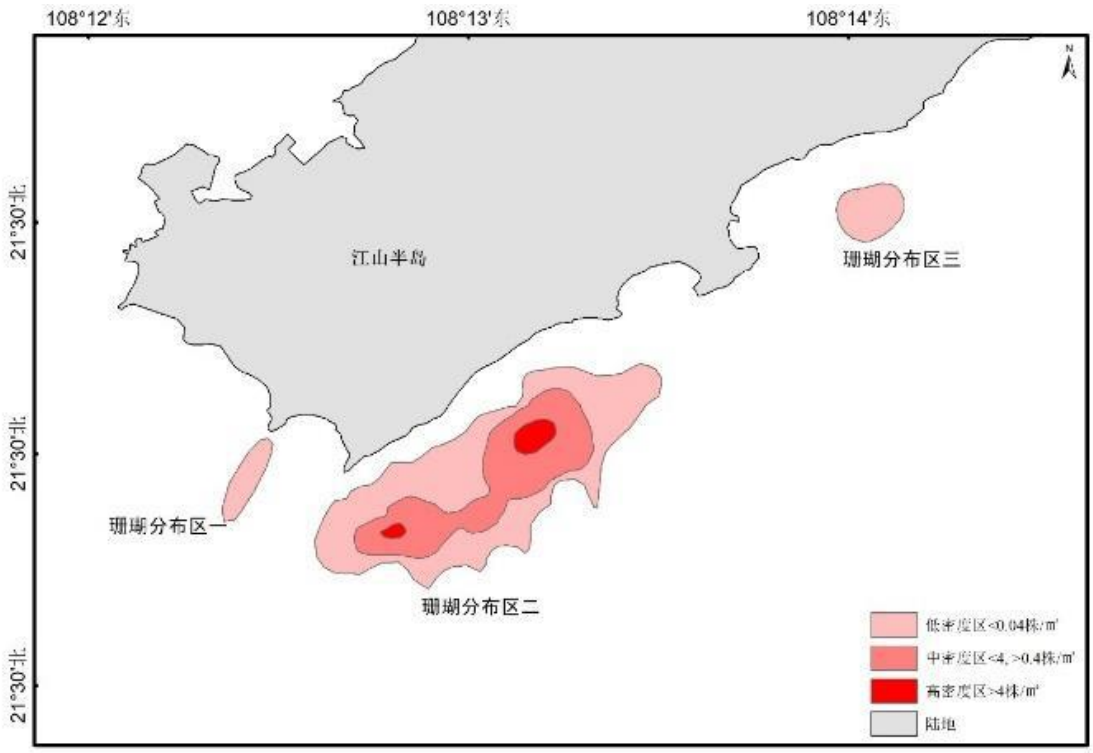


图5.2-7　珊瑚覆盖率分布图

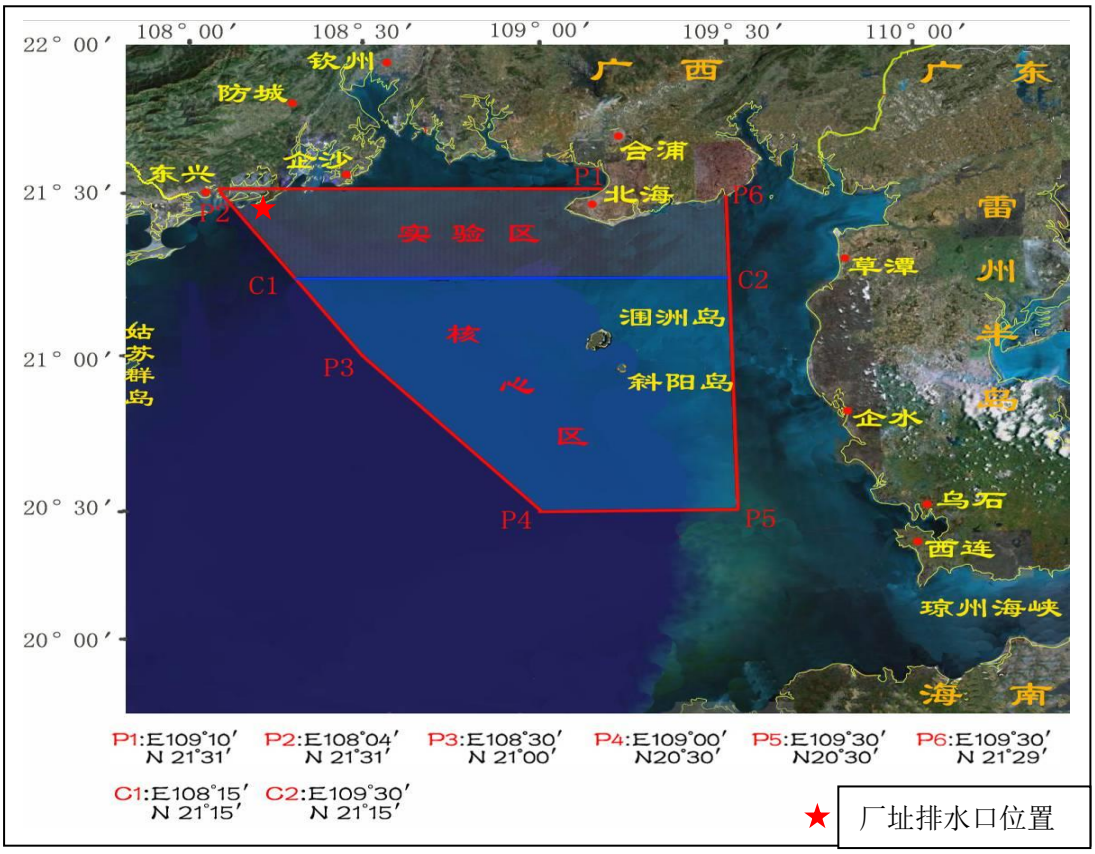


图5.2-8　北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区范围及功能区划

5.3 施工影响控制

本工程的施工过程，特别是“四通一平”等前期厂址场地准备工程，其施工活动必然会对周围环境产生一定的影响。为此，需要采取一定的控制措施，以减少对环境造成的不利影响。

5.3.1 施工期污染物产生情况

施工期污染物产生量变化较大，参考其他核电厂施工期的初步统计结果，对本工程施工期污染物产生情况进行估算。本工程施工期将开展相关监测及台账记录，以确定各类污染物的实际产生量。

1）废气

（1）颗粒物

施工期颗粒物的排放主要为无组织排放，无组织排放浓度在施工场界外通过监测确定。预计本项目颗粒物无组织排放浓度小于 1 mg/m^3。

（2）VOCs

施工期喷涂工序是将油漆主剂、固化剂和适量稀释剂混合均匀后，使用喷涂设备施涂到喷砂后的管道、板材、支架等物项表面，以形成固态漆膜。该工序会造成 VOCs 的释放。预计每年排放的 VOCs 约为 0.5t。

2）废水

（1）生产废水

土建、安装阶段生产废水主要为混凝土搅拌水、养护水、冲洗水等，通过沉淀池沉淀后上清液回用、不外排。

调试阶段冲洗水等含油废水排入 38 子项（非放射性生产废水处理厂房）进行处理后排放。在进行管道冲洗时会依据 38 子项的处理能力（60t/h）制定工作计划，确保含油废水产生量小于 60 t/h。

冷试、热试期间产生的废水特征与运行期类似，但废水量视调试情况变化较大，较难确定，预计最大产生量不超过 300t/h。依托厂址非放废水处理设施处理后排放。本工程拟在 38 子项后增设氨氮废水处理设施，处理能力同样为 60t/h，冷试、热试期间废水依托系统本身存量，通过制定计划、错峰排放，必要时设置临时储水箱，确保调试废水依托厂址非放废水处理设施处理后达标排放。

（2）生活污水

整个施工期（含调试阶段）施工高峰人数约 10500 人，最高日用水量约为

1400m^3/d，污水产生系数按照 0.85 计，生活污水最大产生量约为 1200m^3/d。

施工中前期生活污水全部由承包商外运处置，在施工后期厂内 37 子项（生活污水处理设施）建成后，37 子项管网接收范围内的生活污水经生活污水处理设施处理后回用（与运行期相同）；其余施工区域的生活污水继续由承包商外运处置。

生活污水处理措施拟采用考虑采用生物接触氧化法工艺，处理能力约为 20 m^3/h。

3）固废

（1）危险废物

危险废物产生量约为 16t/年，分类暂存后委托有资质单位外运处理。

（2）一般工业废物

一般工业废物产生量预计约 25000t/年，建筑垃圾产生量预计约 3000t/年，委托有资质单位外运处理。

其中厂区余土考虑综合利用，建设单位已与地方相关单位签订厂区余方外运综合利用的协议。

（3）生活垃圾

生活垃圾预计不超过 1000t/年，分类收集后由环卫部门外运处理。

5.3.2 施工污染控制

5.3.2.1 大气污染的控制

施工期间对大气污染的防治主要是减少扬尘和尾气的释放，相应的防治措施包括：

— 施工区和车辆运输相关道路上散落的灰土应及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润。

— 在施工区边界，使用隔离板使施工区与周围环境隔离。

— 混凝土搅拌站设置除尘过滤器、重点部位采用全封闭防护防止粉尘溢出。

— 开挖出的土方应尽可能及时运至填方地段充填，尽量减少土方的堆置时间。

— 临时堆放应加盖布条进行防护，防止二次扬尘。

— 水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放。

— 加强施工管理，合理调度运输车辆等。

施工期间 VOCs 的防治措施有：

— 首先考虑源头控制，优先选择环保型涂料；

— 涂料等物料贮存于密闭容器内，相关容器在室内或有防雨、防晒、防渗措施的专用场地内存放；

— 避免露天作业，主要涂装作业集中在专门的喷砂油漆车间内进行；无法在密闭车间内开展涂装的，采用局部气体收集措施进行收集；

— 喷砂油漆车间内设置有通风系统，以便为车间内通风换气，并在排风管道中设置去污和活性炭过滤装置。

— 建立 VOCs 台账，记录 VOCs 原辅材料的使用量、回收量、废弃量等信息。

5.3.2.2 水污染的控制

本项目施工期间对水环境的污染主要考虑对厂址邻近海域的海水水质的影响，影响虽然短暂而且有限，但仍需要采取适当的防治措施以使污染最小化。水污染防治措施主要包括：

— 海工工程（主要为取排水构筑物及泵房等）建设施工应采用合理可行的方法，尽量减少建设施工对邻近海域的海水水质的影响。

— 施工材料妥善保管，堆放地宜远离海岸，且需采取一定的防护措施。

— 加强对车辆、设备使用的油品的管理，防止油品进入施工废水，避免污染水环境。

— 加强施工人员环保意识，禁止将施工废水和生活污水乱排或就近排放入厂址邻近水体。

— 建设施工过程中，施工废水收集在沉淀池内，上清液回用，不外排。

— 施工中前期生活污水全部由承包商外运处置。在施工后期厂内 37 子项建成后，37 子项管网接收范围内的生活污水经生活污水处理设施处理后回用；其余施工区域的生活污水继续由外运处置。

— 调试期废水依托 38 子项以及氨氮废水处理设施处理，确保达标排放。

5.3.2.3 生态污染的控制

1）陆生生态污染的控制

本项目施工期间的场地开挖、车辆运输等会对陆生生态造成一定的不利影响，建设过程中将通过恢复植被、增设水土保持设施等措施减少对陆生生态的影响。

2）海洋生态污染的控制

本项目施工期间的取排水构筑物建设施工等会对海洋生态造成一定的不利影响，建设过程中将通过合理选择施工方案、安排施工进度、采用先进机械等措施减少对海洋生态的影响：

— 水下爆破应严格采用微差延时爆破方式，严格控制一次爆破的总药量和最大一段药量；尽可能减少单次最大爆破药量尤其是爆夯药量以及爆破次数以及增加单次爆破或爆夯之间的时间间隔，并尽量分层、分片实施，以减小水下冲击波对海洋生物的影响。

— 合理安排施工进度，爆破工程尽量避开浮游生物、鱼卵、仔稚鱼及鱼类繁殖生长旺盛的季节，清淤工程尽量避开海洋生物繁殖和生长最佳的春、夏季。

考虑到项目取水西堤和取水东堤两侧均有珊瑚礁分布，在堤心石推填、堤脚开挖过程中首先通过降低施工速度和控制堤心石含泥量来减小施工产生的悬沙源强，以降低施工过程中产生的悬浮泥沙对珊瑚礁的影响。

由 5.2.2 节对海工施工所致悬沙的影响预测可知，海域施工悬沙不会对珊瑚产生不良影响。为进一步保护珊瑚，在施工过程中还考虑在堤体和珊瑚礁之间设置双层防污帘作为临时防护措施进一步对悬浮泥沙进行拦截，保证堤体施工不会对附近珊瑚礁造成不良环境影响。

增设防污帘后可以较好的阻挡悬浮泥沙向取水导堤两侧扩散，减小对两侧水域的影响。通过拦污帘阻挡悬浮泥沙，可预防并保护取排水工程施工过程中对本海域珊瑚的影响。

防污帘 A1、A2 位于取水西堤、大件码头与珊瑚礁分布区二之间，长度为 1080m、1130m，平行于堤体轴线、大件码头西端的取水东堤坡脚线布置，第一层防污帘 A1 距离取水西堤海侧、码头和东堤堤脚 30m，A1、A2 两层防污帘之间间距暂按 50m 考虑。

防污帘 B1、B2 位于取水东堤与珊瑚礁分布区三之间，长度为 940m、1000m，平行于堤体轴线布置，第一层防污帘 B1 距离取水东堤海侧堤脚 30m，B1、B2 两层防污帘之间的间距暂按 50m 考虑。

防污帘平面及立面见图 5.3-1。

此外建设单位将加强项目施工过程中的环境保护管理，尤其是对该海区珊瑚

礁生态系统的保护，主要采取以下措施：

（1）项目施工期严格执行环评提出的各项要求和环保措施，如围堰措施、防波堤建设设置防护帘、合理安排施工工期等。

（2）定期对项目临近海域的珊瑚礁开展监测活动。在建设期以 1~3 个月为周期对该海域的海水环境，特别是悬浮物含量、浊度、沉积速率等进行监测，监测次数应不少于每年 4 次。

（3）在项目建设期，严格控制施工船舶航行路线，航道应避开珊瑚分布区，防止船舶碰撞对该海区的珊瑚造成破坏影响；合理安排施工工期，建设区域设置防护帘，控制单位时间内的悬浮物浓度，减小悬浮物扩散影响的范围；施工船舶不得带病作业，防止发生跑、漏、冒油现象；禁止船只在珊瑚生长区内抛锚；

（4）在发生溢油时，及时采取相应措施防止溢油扩散，最大限度地减少溢油污染对海洋环境的影响。

以上措施在保护珊瑚礁的同时，也能减少对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区的影响。

5.3.2.4　噪声污染的控制

施工期间可以通过以下措施来降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响：

— 使用低噪声的施工设备。

— 合理安排施工进度，施工期间加强对高噪声设备的管理，避免同时使用多个高噪声设备。

— 加工车间、混凝土搅拌站内的机械、污水处理站等建筑内的水泵进行隔声减振等防噪设计以降低其噪声影响。

— 车辆的运输作业应尽量避免安排在夜间进行，运输路线应尽量避开居民区等环境敏感点。

— 关注噪声敏感点，采用距离衰减的方式，必要时建立隔声屏障以降低施工噪声对公众的影响。

5.3.2.5　固体废弃物的控制

本项目施工期间将产生施工人员的生活垃圾、危险废物、一般工业废物以及建筑垃圾，如果不合理处置也将对环境造成破坏，对固体废弃物的控制措施主要包括：

— 对施工过程产生的弃渣弃土进行分类，能回收利用的尽量回用于陆域回

填，达到建筑固废的减量化；厂内无法利用的余土外运综合利用，不得长期堆积或随意丢弃。

— 在施工场地和施工人员临时生活区指定地点设置设垃圾桶和垃圾箱，禁止随意丢弃，定时清运，并运输当地垃圾处理场进行统一处理。

— 设置专门的贮存设施（如危险品库、危险废物库等）贮存润滑剂、含油废物、表面处理废物及其他化学废物等废弃物质。

— 各承包商建立危险废物、一般工业废物、建筑垃圾台账，如实记录各类固体废物的产生、暂存和处置情况。

5.3.2.6 其他措施

本项目施工所在地的植被多为乔木、灌木和杂草，没有名贵的动植物资源，没有风景名胜和文物古迹，也不涉及河流湖泊，因此施工期无需采取针对性保护措施。

在本项目建设的各个阶段，都将有规划地进行厂区绿化，本项目建成后将形成与周围环境相协调的景观。

本项目施工过程中将采取如下节水措施：

1）尽可能采用节水工艺和节水设备；

2）加强水资源回收利用，施工废水回收沉淀后用于混凝土养护、路面及施工车辆冲洗等；

3）加强施工期设备设施维护、保养，降低管线及用水设施的漏损；

4）加强对施工方用水管理，对施工人员开展节水宣传，加强施工人员节水意识。

5.3.3 施工建设监控计划

本项目将在开工建设后开展施工期环境监测，监测时段涵盖场地平整阶段及主体工程施工期。具体如下：

1）大气环境

（1）排放监测

无组织排放监测因子主要为 TSP、SO_2 和 NO_x，在本工程建设施工场界周边布点监测。

此外还将在喷砂油漆车间处进行非甲烷总烃监测。

（2）环境敏感点监测

监测因子包括 PM_{10}、$PM_{2.5}$、SO_2、NO_2、CO、O_3 等指标。依据厂址施工活动以及所在地的气象条件，结合大气环境本底监测点位布设情况，主要考虑厂址最近的居民点（如横港村等），距厂址最近的景点（珍珠湾、怪石滩等），厂址进场道路、应急道路沿线居民点（如白沙村、白龙村等）。

以上监测每季一次，布点图参见图 5.3-2。

2）噪声

噪声监测同样包括施工场界噪声监测和敏感点声环境资料监测，监测因子包括 L_{eq} 和最大声级 L_{max} 等指标。根据施工活动状况、敏感区分布等情况，布点位置与大气环境相同。

监测频率每季昼夜各一次，厂区噪声监测监测点位参见图 5.3-2。

3）海洋环境

施工监测范围以海工工程为中心，尽可能与施工前监测点位重合，同时关注珊瑚等敏感点，监测内容包括：海水水质、沉积物、水生生态以及珊瑚群落情况，具体监测内容参见表 5.3-1，布点示意图参见图 5.3-3。

此外，为更好的跟踪海域施工对珊瑚的影响，将置在防污帘外 F2 和 F7 处设置固定监测点，对珊瑚分布区水质进行连续监测。

4）生产和生活污水

除调试期生产废水外，施工期生产和生活污水收集处理后全部回用，不外排，可视情况开展回用水水质监测，在生活污水处理设施出口或回用水池进行采样，监测因子包括生化需氧量（BOD_5）、化学需氧量（COD）、溶解性总固体、氨氮、阴离子表面活性剂（LAS）、色度、pH、嗅、浊度、大肠埃希氏菌等指标，至少每季度监测一次。

建设单位将加强施工期环境管理，制定施工期环境管理相关制度，在开工建设前组织全体施工人员学习环保相关要求，增强施工人员环保观念。建设单位将委托具有 CMA、CNAS 资质的专业环境监测机构开展施工期环境监测工作。

5.3.4 水土保持方案

本工程将采取水土保持措施以降低水土流失的影响。根据本项目《广西白龙核电项目一期工程水土保持方案报告书》以及水利部的批复许可——《广西白龙核电项目一期工程水土保持方案审批准予行政许可决定书》（水许可决〔2020〕76 号），本工程选址可行，建设方案符合水土保持要求，从水土保持角度分析，

其总体方案采取合理的水保措施后，可有效防治建设过程中的水土流失，工程建设是可行的。

结合优化调整后的厂址总平面布置方案，水土保持方案报告编制单位（北京水保生态工程咨询有限公司）提出的水土保持的方案和相关指标详见如下。

5.3.4.1　水土流失现状

本工程位于广西壮族自治区防城港区江山半岛的白龙村，根据项目区情况，水土流失类型区划为南方红壤区（南方山地丘陵区）华南沿海丘陵台地人居环境维护区，土壤侵蚀类型以微度水力侵蚀为主，容许土壤流失量为500t/km^2·a，侵蚀强度以轻度为主。根据《广西壮族自治区人民政府关于划分水土流失重点防治区的通知》，防城港区不属于省级水土流失重点防治区,按照《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T50434-2018）的规定，本项目执行建设类项目南方红壤区二级标准。

本项目区土壤侵蚀背景值为500t/km^2·a。

5.3.4.2　水土流失预测

1）根据对该项目水土流失的预测，明确水土流失重点防治区域为厂区和施工场地区。

2)预测本工程建设将扰动地表面积242.32hm^2,损毁植被地表面积143.30hm^2。

3）本工程建设期总挖填土石方 1424.67 万 m^3，其中开挖土石方 1007.35 万 m^3，回填土石方 417.32 万 m^3，利用方 192.63 万 m^3，产生余方 397.40 万 m^3。

4）经预测，本项目可能造成的土壤流失总量 42294t，新增土壤流失总量36984t,其中施工期新增土壤流失总量36832t,自然恢复期新增土壤流失量152t。工程建设可能造成新增土壤流失量占比重最大的是厂区。

从水土流失预测结果可以看出，本项目的建设可能导致泥沙进入海域，影响海洋景观;产生扬尘,影响周边村庄居民出行和生产生活;影响周边耕地和林地，降低土地生产力。

5.3.4.3　防治责任范围

水土流失防治责任范围是生产建设单位依法承担水土流失防治义务的区域，为工程总占地面积，共计 242.32hm^2，包括厂区、施工场地区、厂外道路区和厂外供水工程区等，水土流失防治责任主体为中电投广西核电有限公司。

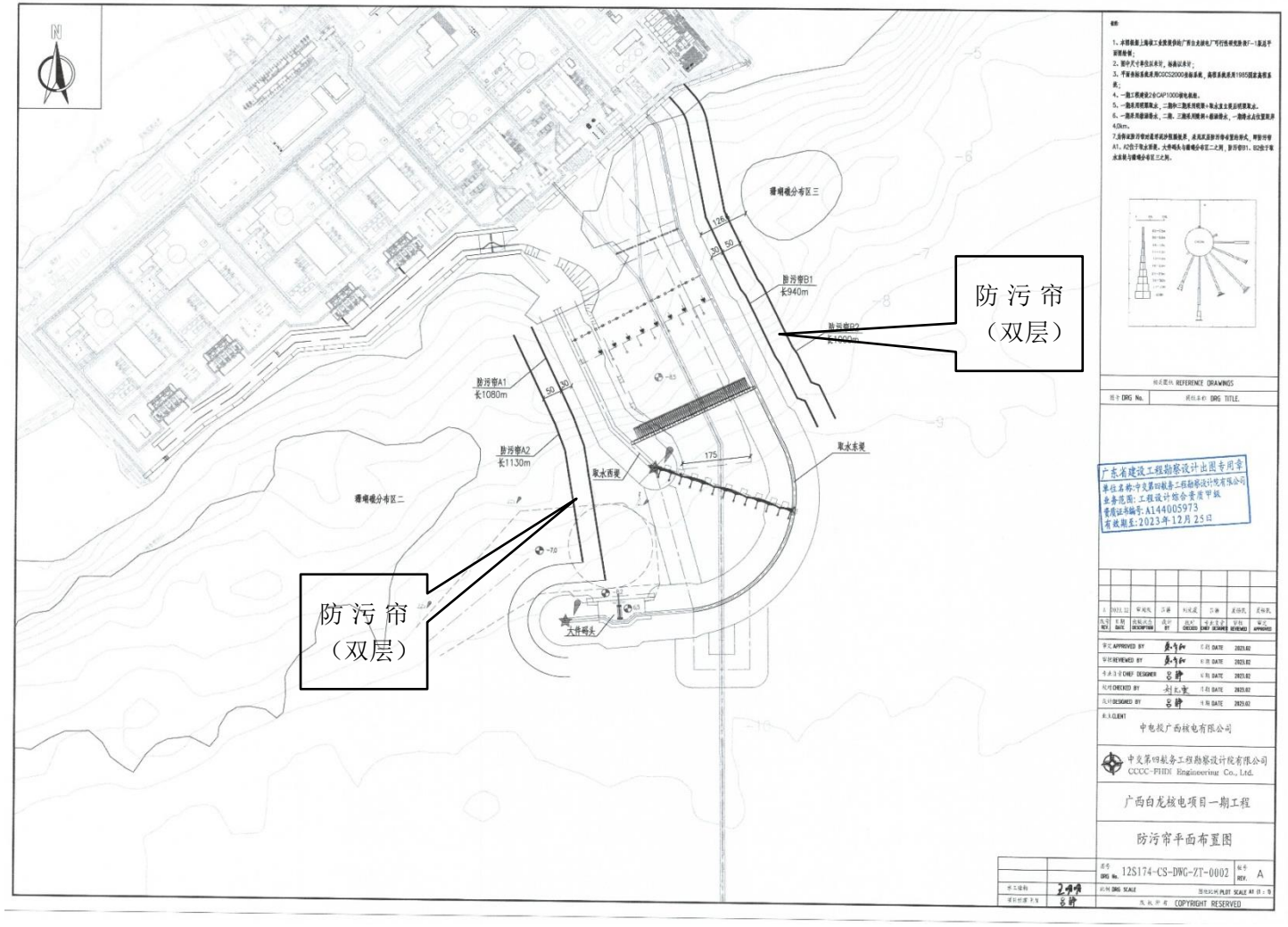
5.3.4.4　水土保持投资估算及效益

本工程水土保持总投资 7261.65 万元，其中工程措施投资 3649.10 万元（主体已列投资 2848.18 万元），植物措施投资 1425.68 万元（主体已列投资 742.13 万元），临时措施投资 437.91 万元，独立费用 1086.47 万元，基本预备费 395.95 万元，水土保持补偿费 266.55 万元。

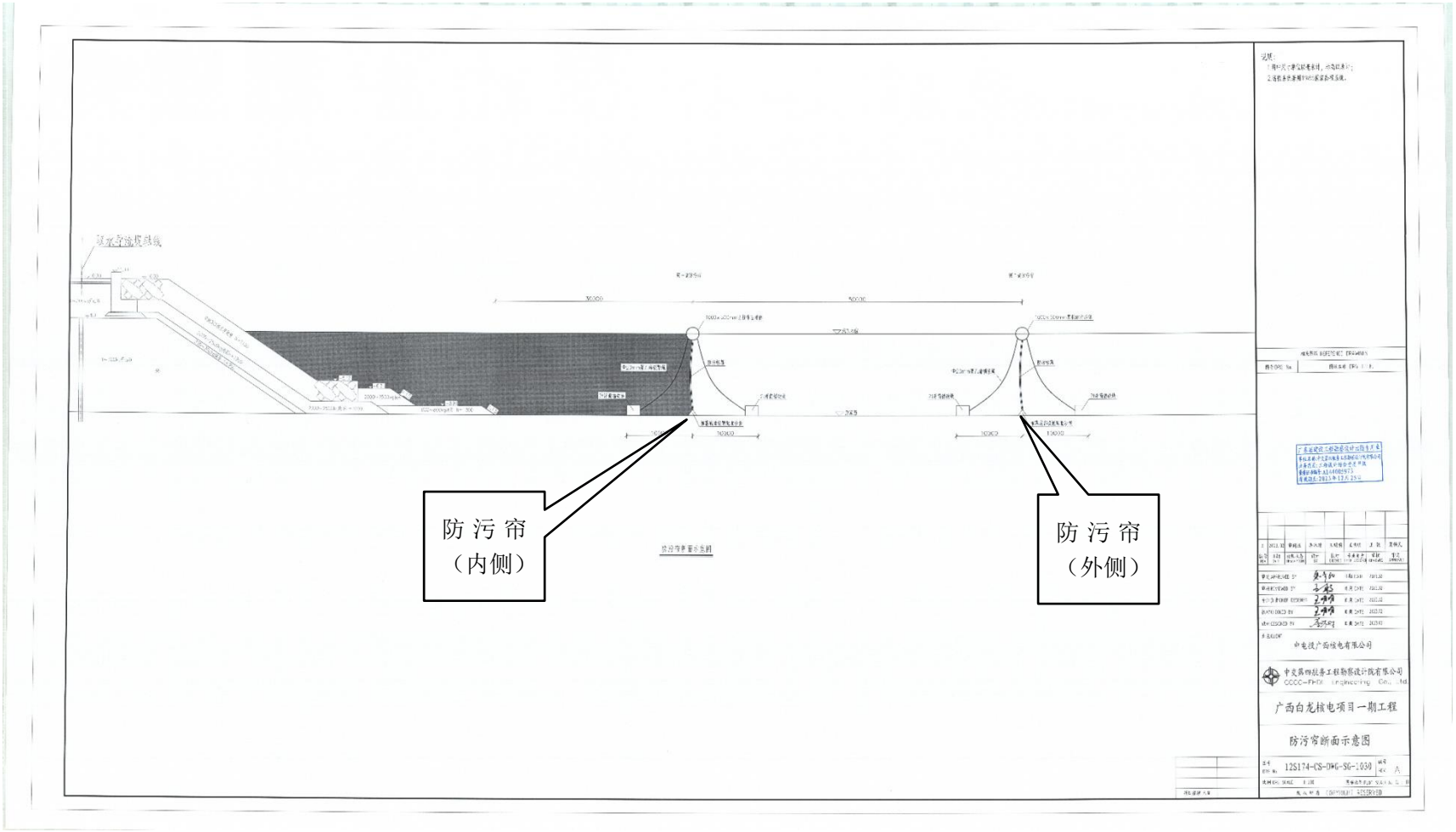
本工程水土保持方案实施后，在设计水平年将达到如下防治效果：①水土流失治理度 99.52%；②土壤流失控制比 1.0；③渣土防护率 99%；④表土保护率达到 100%；⑤林草植被恢复率 98.05%；⑥林草覆盖率 24.08%，采取措施后可减少土壤流失量 36240t，可恢复植被面积 59.30hm^2，达到了建设类项目二级防治标准。

表5.3-1　施工期海域环境监测计划

序号	监测项目	站位布设与监测频次
1	海水水质（悬浮物、BOD_5、COD、溶解氧、活性磷酸盐、无机氮、石油类、汞、铬、锌、砷、铜、铅、镉等）	频次：施工期每季度监测一次，施工结束后进行一次后评估监测。 站位：拟设 20 个站位。见图 5.3-3 a）。
2	沉积物（有机碳、硫化物、石油类、锌、镉、铅、铜、铬、砷、汞等）	频次：施工期每年监测一次，施工结束后进行一次后评估监测。 站位：拟设 10 个站位。见图 5.3-3 a）。
3	海洋生态（叶绿素 a、初级生产力、浮游生物、潮间带生物、底栖生物、渔业资源等）	频次：海工施工期每季一次，除海工工程外的建设施工期每年春秋两季各监测一次，施工结束后进行一次后评估监测。 站位：拟设 12 个站位。见图 5.3-3 a）。
4	沿岸珊瑚群落及其生境情况（造礁石珊瑚群落、礁栖生物群落和海洋环境三大部分）	海工施工期每年监测一次，海工施工结束后监测一次。 点位：参见图 5.3-3 b）

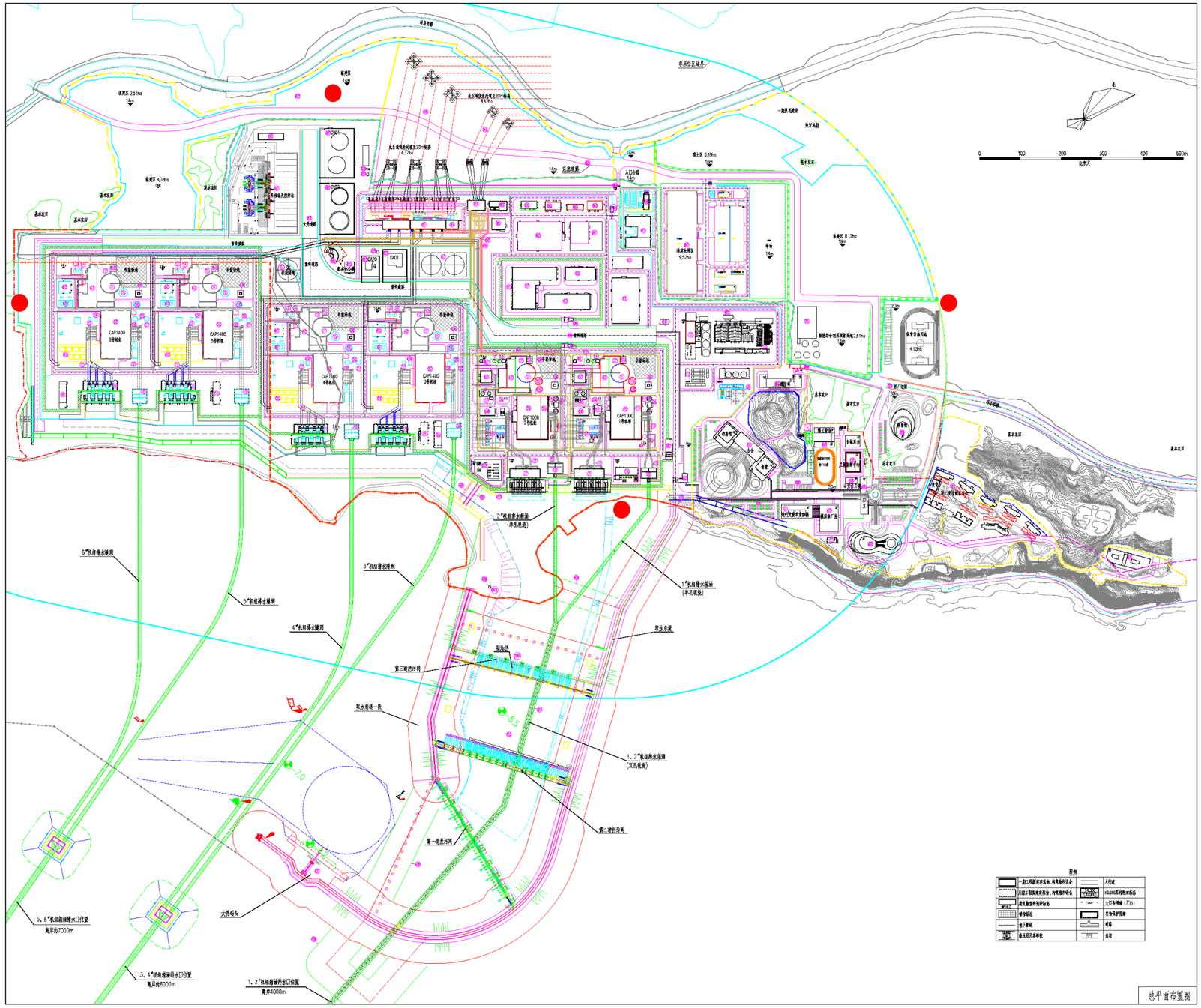

防污帘
（双层）
防污帘
（双层）
潜堤堤分布区三
潜堤堤分布区二
防污帘B1
长940m
防污帘A1
长1080m
防污帘A2
长1130m
取水东堤
取水西堤
5万吨码头
广东省建设工程勘察设计出图专用章
单位名称:中交第四航务工程勘察设计院有限公司
业务范围:工程设计综合资质甲级
资质证书编号:A144005973
有效期至:2023年12月25日
中电投广西核电有限公司
中交第四航务工程勘察设计院有限公司
CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd.
广西白龙核电项目一期工程
防污帘平面布置图
12S174-CS-DWG-ZT-0002
A
COPYRIGHT RESERVED

防污帘平面图

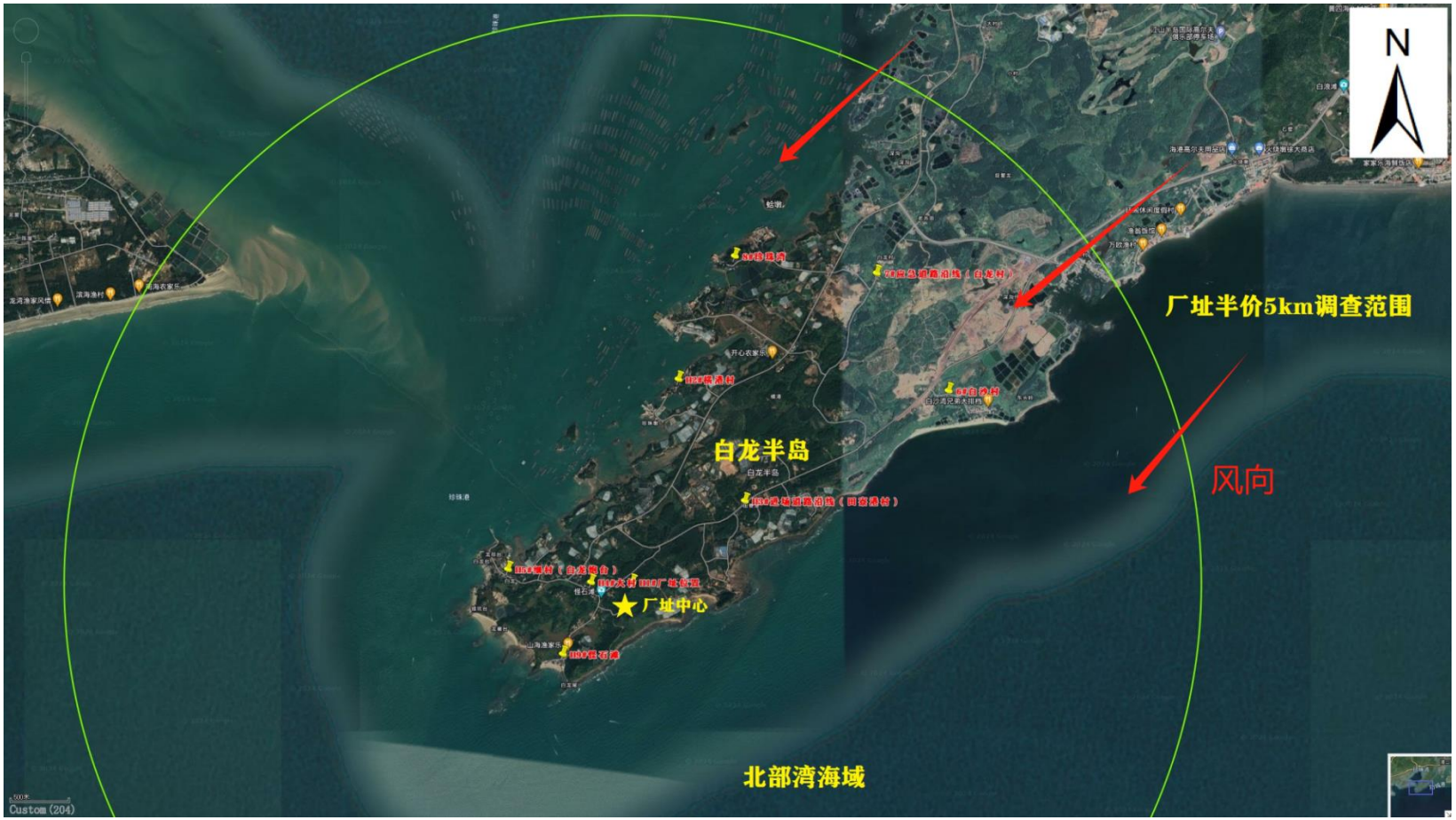


防污帘立面图

图5.3-1　防污帘布置图

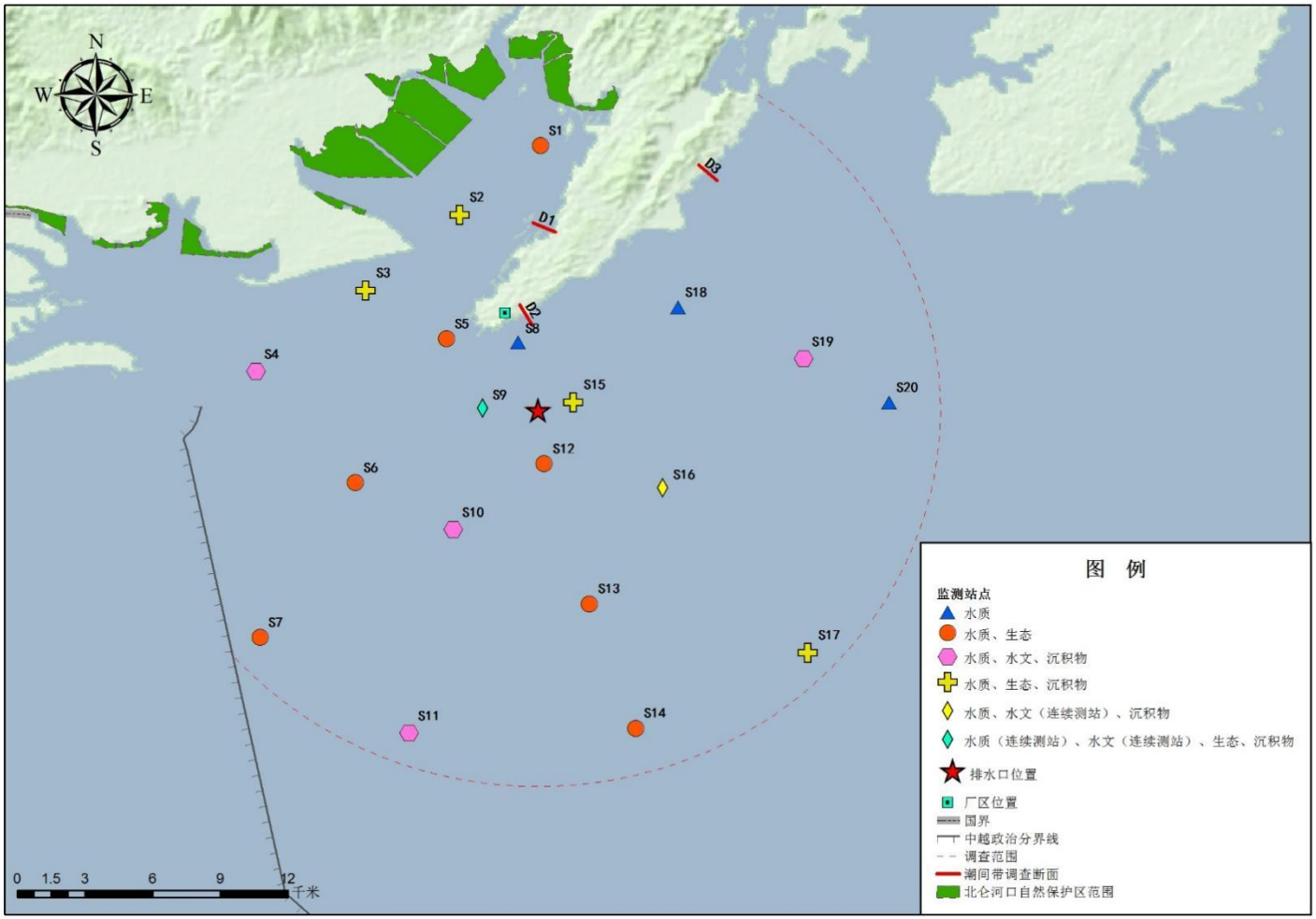

总平面布置图
6"机组排水隧洞
5"机组排水隧洞
4"机组排水隧洞
3"机组排水隧洞
2"机组排水隧洞
(单孔尾段)
1"机组排水隧洞
(单孔尾段)
取水布置
第三建筑物洞
取水前第一段
1、2"机组排水隧洞
(双孔尾段)
第二建筑物洞
第一建筑物洞
大件码头
5、6"机组排涵排水口位置
离岸约7000m
3、4"机组排涵排水口位置
离岸约6000m
1、2"机组排涵排水口位置
离岸4000m
图例
0 100 200 300 400 500m

● 厂界拟监测点位

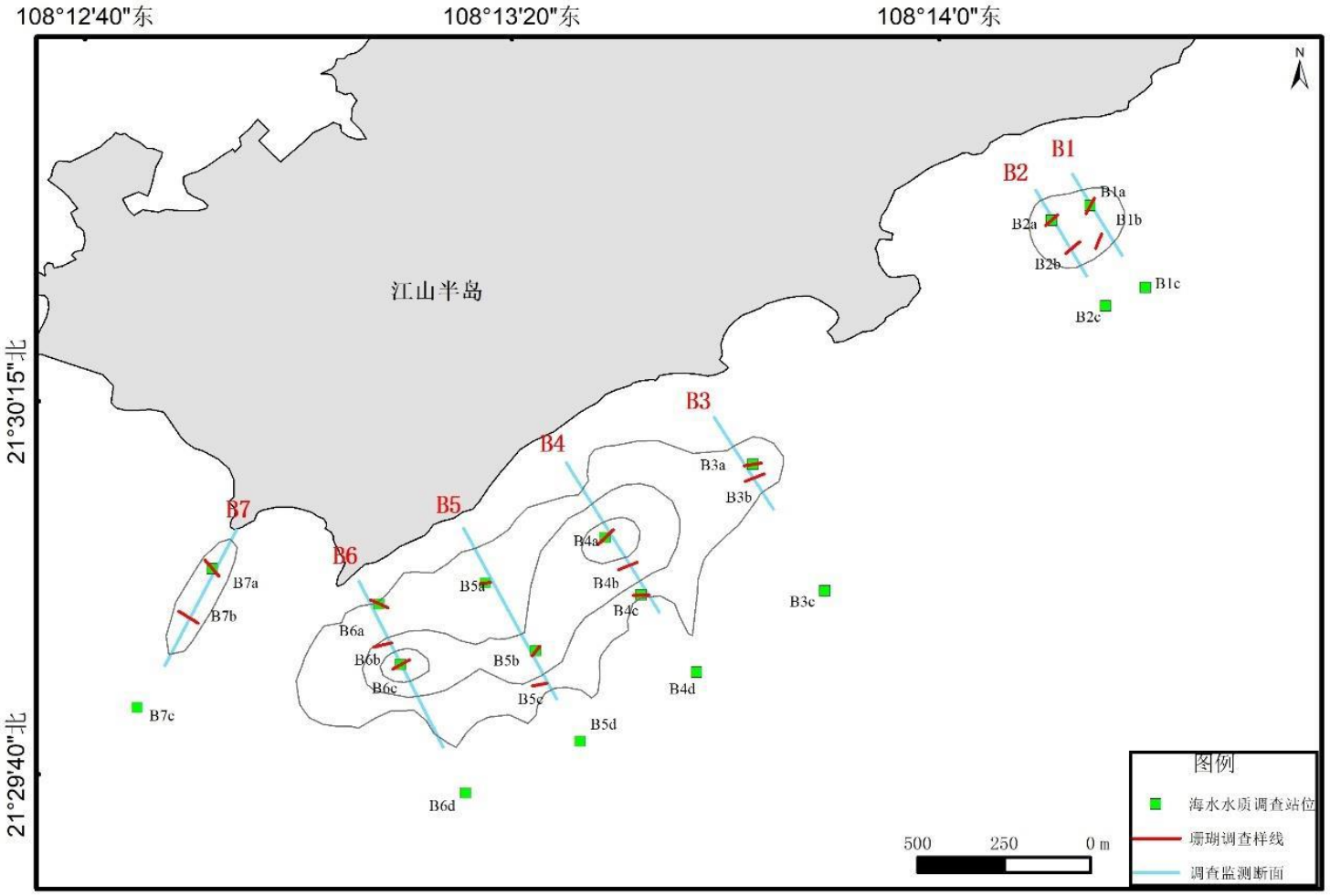


敏感点拟监测点位

图5.3-2　大气、声环境监测点示意图



a）海水水质、生态、沉积物监测点位



b）珊瑚调查点位

图5.3-3　海域监测点位示意图

第六章　核电厂运行的环境影响

6.1　散热系统的环境影响

6.1.1　散热系统方案

6.1.1.1　散热系统冷却方式比选

散热系统的冷却方式主要有海水直流循环和冷却塔二次循环两种。

海水直流循环的主要环境影响为取水所致的水生生物损失以及温排水对海水温升的影响，对海洋生态、海水养殖产生的影响，同时 4℃以上温升范围需要进行征海，直流方案的比选过程和具体影响范围模拟结果参见后文描述。

冷却塔二次循环方案对环境的主要影响为对局地气候的影响以及盐沉积和噪声的影响。冷却塔产生的雾雨荫屏和飘滴会对厂址周边区域造成一定的太阳辐射损失并增加水沉积量。冷却塔采用海水进行冷却，所致盐沉积可能会影响周围植物的生长，具体需结合植被类型进行分析。正常情况一机一塔方案下各冷却塔的噪声源强约为 80dB（A），不会对非居住区外产生影响，但可能会导致厂界处噪声超标，需要考虑增加隔声措施。

从环境影响的角度看，海水直流循环和冷却塔二次循环对环境影响的途径各不相同。在选择冷却方式时，还需考虑厂址自身条件、技术经济因素。

委托国核电力规划设计研究院开展散热系统技术经济比选工作，首先对海水直流循环方案、海水二次循环方案进行冷端优化，确定比选方案。通过比较，海水直流循环方案和海水二次循环方案在技术上均可行。直流供水方案机组出力大，系统简单可靠，便于维护。但取排水流量大，温排水对周围海洋环境、养殖等产生影响。二次循环方案的循环水排污系统排水量相对较小，温升相对较低，超大型海水冷却塔在技术上是可行的。二次循环方案的机组出力相对较低，系统相对复杂，运行维护工作量大，对环境的主要影响包括对局地气候、盐沉积和噪声的影响。同时冷却塔盐沉积也加重建构筑物和设备的腐蚀，防腐方面需要进一步研究。

本工程为滨海电厂，受纳海域稀释条件较优，有利于海水直流循环方案温排水扩散、降低温排水影响的实现。同时，本工程所在江山半岛的场地条件限制了二次循环方案的实施，且二次循环方案经济性较差，因此本工程散热系统采用直流循环的冷却方式。由于直流循环冷却方式取排水流量大，排水温升高，温排水

对周边海域产生影响，因此本工程对取排水方案进一步进行优化比选。

6.1.1.2　取排水方案比选及优化论证

1）第一阶段方案比选工作

2006 年至 2009 年中国辐射防护研究院对本工程的温排水影响先后进行了数模计算和物模分析。排水口布置分别采用暗管排水和明渠排水。排水明渠布置在厂址西南侧的白龙半岛头部；暗管排水的排水口布置在厂址西南侧或东北侧。

通过计算分析，本工程排水方案考虑近岸排放，则最大 1℃温升包络范围都将进入珍珠湾。考虑到东北排的方案，排水口附近水域的潮流速较小，热水掺混较差，4.0℃温升等值线包络面积大，且温排水对珍珠湾内影响的优化有限，综合考虑厂址采用西南排的方案，并对西南排的方案做进一步的优化考虑。

2）第二阶段方案比选工作

2013 年 9 月中国辐射防护研究院完成了本工程可行性研究阶段温排水、液态流出物排放数值模拟补充计算分析报告。报告中根据之前的工作成果，采用 3 个方案加 1 个推荐方案共 4 个方案开展数值模拟计算。方案一为东南港池取水，西南明渠排水。方案二为西南港池取水，南侧明渠排水。方案三为西北明渠取水，东南明渠排水。推荐方案为东南侧明渠取水，南侧明渠排水。报告经专家评审，又增加一个暗涵排水方案，并于 2014 年 5 月形成最终报告，取排水方案描述具体见表 6.1-1。

经数模计算对不同取排水工程布置方案进行比较，考虑温排水影响范围、取水温升及对珍珠湾的影响，并综合考虑其它专题试验结果，确定东南侧明渠取水、明渠南排的方案为推荐方案。

3）第三阶段方案比选工作

中国辐射防护研究院根据本工程所在厂址规划机组功率调整情况，对取排水方案进一步进行了分析论证。报告根据之前的研究成果，对取排水布置方案进一步进行优化调整，主要对二、三期排水导堤长度进行比选。取排水方案描述如表 6.1-2 所示。

针对上述取排水方案，经数模计算对不同取排水工程布置方案进行比较，考虑温排水影响范围、取水温升及对珍珠湾的影响，并综合考虑其它专题试验结果，确定东南侧明渠取水、明渠南排的方案为推荐方案。

4）第四阶段方案比选工作

2020 年，本工程针对第三阶段推荐方案开展进一步优化研究，主要针对排水明渠方案和排水暗涵方案进行比选并针对排水暗涵长度进行优化分析。模型采用 2018 年实测地形和水文测验资料数据。具体方案如表 6.1-3 所示。

针对上述各方案，中国辐射防护研究院进一步开展数模论证，经对不同取排水工程布置方案进行比较，考虑温排水影响范围和取水温升，并综合考虑其它专题试验结果，确定一期排水离岸 2.75km。

5）第五阶段方案

针对第四阶段推荐的取排水方案，建设单位根据用海要求，主要考虑不与厂址周边的珊瑚等敏感目标发生冲突，进一步进行优化，并委托青岛博研海洋环境科技有限公司开展三维数值模拟专题工作。排水方案主要开展了“单排点”、“双排点”、“三排点”等六个方案比选。其中方案 1 排水口整体布置在厂址南部，方案 2 排水口整体布置在厂址南部，在方案 1 基础上排水口整体南移，方案 3 一期排水口布置在厂址东南部海域，二期和三期排水口布置在厂址南部，方案 4 一期排水口布置在厂址南部海域，二期布置在厂址东南部海域，三期排水口布置在厂址西南部，方案 5 一期、二期和三期排水口布置在厂址西南部，方案 6 一期排水口布置在厂址南部海域，二期和三期排水口布置在厂址西南部。综合考虑排水方案 2 为集中排放，4℃温升范围最小，且夏季 1℃温升范围未进入红线区和珍珠湾内，作为推荐方案。

取水方案主要开展了明渠口门朝东取水，明渠口门朝西取水，离岸港池取水，湾内明渠取水，南侧暗涵取水等五个方案。通过对各方案优缺点的对比，综合考虑安全性、施工难易程度、运行维护、协调工作量和工程投资等，尤其是对海洋生态、珊瑚礁影响，推荐明渠取水（口门朝西）方案。

6.1.1.3　推荐的取排水工程方案

推荐的取排水方案取水明渠位于厂区东南侧，口门处地形标高约-9.5m，口门处底宽约 260m，取水明渠底高程-8.5m，渠底宽度约 175m。排水方案一期工程采用暗涵排水方案，排水口处底高程约-12.9m，距离岸边约 4.0km；二、三期工程也采用暗涵排水方案。方案描述如表 6.1-4 所示。取排水方案布置图如图 6.1-1 所示。

本工程单台 CAP1000 核电机组的夏季取、排水流量为 74.56m^3/s，排水温升为 6.96℃；冬季取、排水流量为 63.56m^3/s，排水温升为 8.19℃。

6.1.2　散热系统对水体的物理影响

针对推荐的取排水方案，建设单位委托中国水利水电科学研究院编制完成了《广西白龙核电厂可行性研究阶段岸滩稳定与泥沙数值模拟专题报告》，委托青岛博研海洋环境科技有限公司编制完成了《广西白龙核电项目三维温排水数值模拟报告》和《广西白龙核电工程建设期悬浮泥沙和船舶溢油风险及运营期液态流出物数值模拟计算专题报告》，委托中国辐射防护研究院编制完成了《广西白龙核电项目温排水、液态流出物物理模型试验专题研究报告》。后续关于取排水海域流场、温排水分析结果采用推荐取排水方案的数值模拟结果和物理模型成果。

6.1.2.1　散热系统设施对水体的物理影响

取排水构筑物和设施描述如下：

取水构筑物和设施：取水明渠为 6 台机组共用，取水西堤与取水东堤呈环抱型式，西堤长约 591.3m，东堤长约 1831.2m；取水口门设于厂区东南侧海域约-9~-10m 天然水深处，口门朝西。取水明渠底标高为-8.50m，明渠渠底宽度为 175m，明渠渠顶标高为 10.0~6.5m。1、2 号机组循泵房前池与取水明渠直接相通，3-6 号机组循泵房前池通过陆域明渠与海域取水明渠相连。

排水构筑物和设施：1#机组现浇单孔排水箱涵段长 412.7m，2#机组现浇单孔排水箱涵段长 332.9m；1、2#机组排水箱涵两孔共壁段长 4407.8m，其中现浇段 977.2m，预制段 3430.6m。单孔尺寸为 5.3m×5.3m。排水口头部采用异型箱涵结构形式，位于厂区西南侧水域-12.9m 水深处，距离岸边约 4000m。

1）对流场的影响

根据中国水利水电科学研究院编制的《广西白龙核电厂可行性研究阶段岸滩稳定与泥沙数值模拟专题报告》，本工程建成后的大潮涨、落急时刻取排水工程海域流态如图 6.1-2 所示。工程前后流速变化分布如图 6.1-3 所示，图中可以清楚看出工程方案对工程附近水体水动力条件的影响。本工程取水导流堤长度较短，对潮流影响主要集中在导堤附近，东导堤环抱西导堤在取水工程西侧构成半封闭区，该区域出现旋转流，流速降低；导堤外侧流速增大。

堤头和大件码头南侧（图 6.1-3 中黄色区域）流速增大，增大幅度在 0.02~0.06m/s 左右；明渠东、西两侧流速减小，减小幅度在-0.04~-0.1m/s 之间；取水明渠口门内流速减小，1、2 号取水构筑物前端流速增大。总体来看取水明

渠周边流速变化在-0.1~0.1m/s 范围内。

排水口处流速减小，最大流速减小-0.015m/s，流速减小-0.01m/s 的区域范围集中在排水口周边 100m 内；排水口南、北两侧流速增大，南侧流速增大 0.005m/s，北侧至取水明渠区域流速增大 0.005m/s~0.04m/s 不等。

2）对冲淤的影响

本工程 2 台机组运行情况下工程海域、取水口、排水口和大件码头附近的年冲淤分布如图 6.1-4 所示。《核电厂海工构筑物设计规范》（NB/T25002-2011）规定“取水明渠的备淤深度应根据淤积量、平均淤强及清淤要求确定，不应小于 0.4m”；我国核电厂大件码头设计船型多为 3000 吨~5000 吨级驳船，码头备淤深度不小于 0.4m，考虑到核电厂的安全运行，取水明渠内、大件码头允许的淤积厚度均暂定为 0.4m。

由图中可以看出，2 台机组运行情况下取水口内流速较小，口门内以淤积为主，取水口内最大淤积厚度为 0.11m/a，分布在导堤拐角处，年均淤积总量约为 25066m^3；取水口南堤外侧以冲刷为主，年最大冲刷厚度为-0.04m/a。

排水采用暗涵排至外海，排水口处地形稳定，年冲淤变化小于 0.015m/a，冲淤强度较弱，主要原因是排水量有限，对流速的改变较小。大件码头处泥沙淤积，最大淤积厚度为 0.05m/a。

3）对岸线及底部冲刷的影响

采用岸线演变模型，计算了现状情况下和工程建成后厂址附近岸线和怪石滩附近岸线 10~50 年演变趋势，计算结果见图 6.1-5、图 6.1-6。

由图可以看出，本工程建成后白沙湾仍然以冲蚀为主，蚀退幅度与现状情况下基本一致，50 年间岸线最大冲蚀后退了约 26m，平均年蚀退 0.52m/a，与现状情况下相比，50 年间岸线变化相差 2m，说明本工程对白沙湾影响很小。怪石滩仍以淤积为主，50 年间岸线向海侧推移了约 22m，年均 0.44m/a，与现状情况下一致。由于岸线演变主要反映波浪对其影响，怪石滩位于厂址西南侧，波浪以 SW、S 和 SE 向为主，此处波浪基本不受本工程影响，故本工程对怪石滩无明显影响。

本工程运行期不会对水体混浊产生影响，对水体热分层模式的改变见温排水对水体的物理影响。

6.1.2.2　温排水对水体的物理影响

6.1.2.2.1　水动力模型

（1）模型简介

采用 MIKE3 FM 三维数学模型模拟工程海域的潮流场，该模型采用非结构三角网格剖分计算域，三角网格能较好的拟合陆边界，网格设计灵活且可随意控制网格疏密。采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

控制方程可以表示为：

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=\mathrm{Sc}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{\partial u^2}{\partial x}+\frac{\partial vu}{\partial y}+\frac{\partial wu}{\partial z}=fv-g\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x}-\frac{g}{\rho_0}\int_z^{\eta}\frac{\partial \rho}{\partial x}dz$$
$$-\frac{1}{\rho_0 h}\left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial s_{xy}}{\partial y}\right)+F_u+\frac{\partial}{\partial z}\left(v_t\frac{\partial u}{\partial z}\right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+\frac{\partial v^2}{\partial y}+\frac{\partial uv}{\partial x}+\frac{\partial wv}{\partial z}=-fu-g\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y}-\frac{g}{\rho_0}\int_z^{\eta}\frac{\partial \rho}{\partial y}dz-\frac{1}{\rho_0 h}\left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial s_{yy}}{\partial y}\right)+F_v+\frac{\partial}{\partial z}\left(v_t\frac{\partial v}{\partial z}\right)$$

其中，η 为水位；d 为静水深；h 为总水深，$h=\eta+d$；u、v、w 分别为 x、y、z 方向流速分量；g 为重力加速度；f 为科氏力参数（$f=2\omega\sin\varphi$，φ 为计算海域所处地理纬度）；ρ 为水的密度；s_{xx}、s_{xy}、s_{yx}、s_{yy} 为辐射应力张量的分量；v_t 为垂直湍流（或涡流）粘度。

MIKE3_FM 的定解条件可以表示为：

①初始条件

$$\begin{cases}\eta(x,y,z,t)|_{t=t_0}=\eta(x,y,z,t_0)|_{t=t_0}=0\\ u(x,y,z,t)|_{t=t_0}=v(x,y,z,t)|_{t=t_0}=w(x,y,z,t)|_{t=t_0}=0\end{cases}$$

②边界条件

固定边界取法向流速为零，即 $\vec{V}\cdot\vec{n}=0$；在潮滩区采用动边界处理。

（2）计算域设置

本工程所建立的海域数学模型计算域范围见图 6.1-7，模拟范围为广东乌石至越南唎门以北的北部湾海域，边界长约 337km，距本工程所在厂址约 107km。模拟采用非结构三角网格，计算域模拟网格分布见图 6.1-8。为了能清楚了解本工程附近海域的潮流状况，将本工程附近海域进行局部加密，加密区网格分布见图 6.1-9。整个模拟区域内由 29822 个节点和 54529 个三角单元组成，本工程最

小空间步长约为 15m，最大空间步长约 5.5km，计算时间步长从 0.8-30s 自动调节。垂向采用σ坐标平均分层，共分为 6 层。

（3）水深和岸界

水深和岸界选取采用海图及工程周边水深地形和岸线测量资料。

（4）大海域模型水边界输入

本次数值模拟开边界采用中国区外海潮汐开边界。

闭边界：以大海域和工程周边岸线作为闭边界。

（5）计算时间步长

模型计算时间步长根据 CFL 条件进行动态调整，确保模型计算稳定进行，最小时间步长 0.5s。

（6）底部摩擦系数 c_f

可按 Chezy 数或 Manning 数计算，即：$c_f = \frac{g}{C^2}$ 或 $c_f = \frac{g}{\left(Mh^{1/6}\right)^2}$，Chezy 数或 Manning 数。三维模拟中底部摩擦系数是按粗糙高度设定，根据计算及率定确定糙率 n=0.01。

（7）模型验证

- 潮位验证

潮位验证采用 5 个验潮站资料进行，分别为 T1 防城港站、T2 珍珠港站、T4 企沙港站、T5 南万港站、T6 二白龙站（T3 竹山港站因为位于珍珠湾内、水深地形对潮位影响较大、未采用）。潮位验证时间分别为 2018 年 07 月 1 日 00:00~31 日 23:00、2017 年 12 月 24 日 00:00~2018 年 01 月 23 日 23:00。

潮位验证站位见图 6.1-10。潮位验证曲线如图 6.1-11 和图 6.1-12 所示。数值模拟结果表明，模拟潮位与实测潮位吻合较好，能够反映工程区域的潮汐变化特征。

- 潮流验证

验证数据采用夏季（2018 年 7 月 1 日~7 月 31 日）和冬季（2017 年 12 月 24 日~2018 年 1 月 23 日）大、中、小潮水文实测资料。测验内容为流速、流向观测数据，进行大、中、小潮 27 小时连续观测，取样间隔 1 小时。

潮流验证点位置见图 6.1-13，潮流验证曲线见图 6.1-14 和图 6.1-15（这里仅给出大潮的验证结果）。从验证结果可以看出，模拟流速的大小以及方向、转流

发生时刻与实测值基本一致，潮流潮位模拟验证结果较好，计算结果基本能够反映计算海域潮汐和潮流状况，可以作为进一步分析计算的基础模型。

（8）热污染源

厂址附近区域无其它热污染源。

6.1.2.2.2 温排水模型

（1）热输运方程：

$$\frac{\partial T}{\partial t}+\frac{\partial uT}{\partial x}+\frac{\partial vT}{\partial y}+\frac{\partial wT}{\partial z}=F_T+\frac{\partial}{\partial z}\left(D_v\frac{\partial T}{\partial z}\right)+T_sS+\widehat{H}+T_{dis}S$$

式中：T 为水温；$T_{dis}S$为温排水热量源项；D_v为垂向紊动扩散系数；水平扩散项F_T为：

$$F_T=\frac{\partial}{\partial x}\left(D_h\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(D_h\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)\right)$$

其中，D_h和 D_v分别为水平和垂向扩散系数。

水面边界处 $D_v\frac{\partial T}{\partial z}=\frac{Q_n}{\rho_0 C_p}$ 。

$\widehat{H}$ 为水体界面热交换的热量源项。

（2）温度场定解条件

- 边界条件：

a）排水口温度=环境水温+冷却水温升；b）取水口：环境水温；c）水陆交界：绝热。d）开边界：水流流出，边界条件由计算给出，水流流入，边界温度给定。

- 初始条件：环境水温。

（3）主要计算参数

- 表面综合散热系数

采用《工业循环水冷却设计规范》（GB/T50102–2014）中 5.19 的公式计算表面综合散热系数 K_m：

$$K_m=(k+b)\alpha+4\varepsilon\sigma(T_s+273)^3+\left(\frac{1}{\alpha}\right)(b\Delta T+\Delta e)$$

$$\alpha=(22.0+12.5v^2+2.0\Delta T)^{1/2}$$

$$\Delta T=T_s-T_a$$

$$\Delta e=e_s-e_a$$

式中：

α—水面蒸发系数（$\mathrm{W}\cdot m^{-2}\cdot hP_a^{-1}$）；

K_m—表面综合散热系数（$\mathrm{W}\cdot m^{-2}\cdot ℃^{-1}$）；

b—系数（$hP_a℃^{-1}$），$b=0.66\frac{P}{1000}\approx 0.66$；

k—e_s-T_s曲线的斜率，$k=\frac{\partial e_s}{\partial T_s}$，可由饱和水汽压力表中查取与计算温度相近的一组温度-饱和水汽压值求得；

P—水面以上 1.5m 处大气压（hP_a），无实测资料时可取 P=1000 hP_a；

v—水面以上 1.5m 处的风速（m/s），统计实测资料获得，无实测资料时可利用 10m 高度处实测资料求取；

ε —水面辐射系数，可取 0.97；

σ —Stafan-Boltzman 常数，其值为 5.6×10^{-8}（$\mathrm{W}\cdot m^{-2}\cdot ℃^{-4}$）；

T_a—水面以上 1.5m 处的气温（℃），统计获得，无实测资料时可利用 10m 高度处实测资料；

T_s—水面水温（℃），统计实测资料获得；

e_s—水温为T_s时的相应水面饱和水汽压（hP_a），无实测资料时，可根据马格努斯公式计算或查水面上饱和水汽压表获得。马格努斯水面饱和水汽压公式为：

$$e_s=e_0\cdot 10^{\left[\left(\frac{at}{b+t}\right)\right]}$$

对于水面，e_0=6.11 hP_a，为 0℃时水面饱和水气压；t 是水面温度（℃）。对于水面，a=7.5，b=237.3，则：

$$e_s=6.11*10\text{^}\left[\frac{7.5*t}{(273.3+t)}\right]$$

e_a—水面以上 1.5m 处的水汽压（hP_a），可根据下式求得：

$e_a=e_s$-AP （T-T_w）；

式中：

A—干湿表系数，可按照经验公式计算：A=0.00001×（65+6.75/v）；

T、T_w分别为干球温度和湿球温度，实测资料不全时，可根据统计资料 T（或 T_w）以及相对湿度，从湿度查算表上获得 T_w（或 T）。

根据厂址海域多年统计的气象资料和水文资料，依据上述公式计算得到表面综合散热系数。

夏季水温 30.0℃、气温 28.8℃、风速 3.06m/s、相对湿度 87.0%作为计算条件，计算表面综合散热系数为 49.8W/（m^2 ℃）。

冬季水温 16.3℃、气温 15.2℃、风速 3.30m/s、相对湿度 78.0%作为计算条件，计算表面综合散热系数为 39.0W/（m^2 ℃）。

- 水平涡动粘滞系数

采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky （1963）公式计算水平涡粘系数，表达式为：

$$A=C_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

式中：

Cs 为常数，l 为特征混合长度，由 $S_{ij}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$，（i，j=1，2）计算得到。

- 水平热扩散系数Dh

水平热扩散系数表征温排水在受纳海域的广义扩散，具体包括分子扩散和湍动扩散，取值甚至弥补一定程度的数值耗散。水平热扩散系数采用与水平涡粘相关的取值方法：$Dh = \alpha A$，水平扩散系数与水平涡粘系数相关系数取 1。水平热扩散系数由模型自动计算得出，根据数模输出结果，排水口周边水平扩散系数多在 0.005-0.3㎡/s 之间。

- 垂向涡粘性系数ν_t

经率定，采用 k-ε 湍流模型计算垂向涡粘性系数ν_t。

- 垂向扩散系数Dv

垂向扩散系数Dv取值对温排水垂向掺混、热水分层特征影响较为明显。数值模拟中，通过三维湍流模型求解的垂向涡粘系数 νt 确定。垂向扩散系数与垂向涡粘系数相关系数取 1。垂向涡粘性系数采用 k-ε 湍流模型计算垂向涡粘性系数ν_t。垂向扩散系数由模型自动计算得出，根据数模输出结果，垂向扩散系数多在 0.0005-0.0009㎡/s 之间。

6.1.2.2.3　温升计算结果

2 台机组冬、夏季半月潮及典型大、中、小潮条件下温排水计算的全潮最大温升包络面积（包括垂向面积）见表 6.1-5，平均温升包络面积见表 6.1-6。

- 夏季半月潮温排水最大影响范围

综合叠加各层的温排水影响范围，温排水 0.5℃温升最大包络面积 35.99km^2，

1.0℃温升最大包络面积 20.92km^2，2.0℃温升最大包络面积 7.69km^2，3.0℃温升最大包络面积 2.62km^2，4.0℃温升最大包络面积 0.85km^2。取水口最大温升＜0.1℃。夏季半月潮全潮最大温升分布见图 6.1-16。

- 夏季典型大潮、中潮和小潮温排水最大影响范围

大潮期间，温排水 0.5℃温升最大包络面积 31.3km^2，1.0℃温升最大包络面积 18.27km^2，2.0℃温升最大包络面积 6.28km^2，3.0℃温升最大包络面积 1.9km^2，4.0℃温升最大包络面积 0.66km^2。取水口最大温升＜0.1℃。夏季典型大潮全潮最大温升分布见图 6.1-17。

中潮期间，温排水 0.5℃温升最大包络面积 39.64km^2，1.0℃温升最大包络面积 22.61km^2，2.0℃温升最大包络面积 6.32km^2，3.0℃温升最大包络面积 1.85km^2，4.0℃温升最大包络面积 0.58km^2。取水口最大温升＜0.1℃。夏季典型中潮全潮最大温升分布见图 6.1-18。

小潮期间，温排水 0.5℃温升最大包络面积 33km^2，1.0℃温升最大包络面积 19.76km^2，2.0℃温升最大包络面积 6km^2，3.0℃温升最大包络面积 1.91km^2，4.0℃温升最大包络面积 0.66km^2。取水口最大温升＜0.1℃。夏季典型小潮全潮最大温升分布见图 6.1-19。

- 冬季半月潮温排水最大影响范围

综合叠加各层的温排水影响范围，温排水 0.5℃温升最大包络面积 46.49km^2，1.0℃温升最大包络面积 26.53km^2，2.0℃温升最大包络面积 11.29km^2，3.0℃温升最大包络面积 4.35km^2，4.0℃温升最大包络面积 1.45km^2。取水口最大温升约为 0.16℃。冬季半月潮全潮最大温升分布见图 6.1-20。

- 冬季典型大潮、中潮和小潮温排水最大影响范围

大潮期间，温排水 0.5℃温升最大包络面积 28.09km^2，1.0℃温升最大包络面积 17.14km^2，2.0℃温升最大包络面积 7.69km^2，3.0℃温升最大包络面积 3.12km^2，4.0℃温升最大包络面积 1.1km^2。取水口最大温升＜0.1℃。冬季典型大潮全潮最大温升分布见图 6.1-21。

中潮期间，温排水 0.5℃温升最大包络面积 27.25km^2，1.0℃温升最大包络面积 16.7km^2，2.0℃温升最大包络面积 7.39km^2，3.0℃温升最大包络面积 2.96km^2，4.0℃温升最大包络面积 1.07km^2。取水口最大温升＜0.1℃。冬季典型中潮全潮最大温升分布见图 6.1-22。

小潮期间，温排水 0.5℃温升最大包络面积 36.81km^2，1.0℃温升最大包络面积 18.95km^2，2.0℃温升最大包络面积 7.09km^2，3.0℃温升最大包络面积 3.25km^2，4.0℃温升最大包络面积 1.42km^2。取水口最大温升约为 0.31℃。冬季典型小潮全潮最大温升分布见图 6.1-23。

6.1.2.2.4　物理模型试验方法

综合考虑厂址附近的潮流特点和收集的潮流资料，同时依据厂址物理模型试验要求及周边海域自然条件，模型设计以重力相似为主，兼顾潮流运动相似、浮力相似等其他相似条件设计。

- 重力相似

考虑到重力为主要作用力，以重力相似准则（又称佛劳德模型定律）设计模型，即：

$$(Fr)_r = (\frac{u}{\sqrt{gh}})_r$$

- 浮力相似

由于从电厂排出的温水比海水的温度要高，其水温高，密度就小，产生分层流动，按照温排水出流浮力相似，需满足密度佛劳德数相等，即：

$$(Fr_d)_r = (\frac{u}{\sqrt{gh}}\sqrt{\frac{\rho}{\Delta\rho}})_r$$

结合重力相似要求，则浮力相似要求变为：

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = 1$$

在模型试验中，模拟介质通常为水，根据水的密度随温度变化规律，可得 $(\Delta T)_r = 1$，即模型试验中，要求模型中冷热水温差与实测相等。

具体相应模型参数比尺如下：

平面比尺：$\lambda_l = \frac{l_p}{l_m} = 650$

垂直比尺：$\lambda_h = \frac{h_p}{h_m} = 150$

流速比尺：$\lambda_V = \lambda_h^{1/2} = 12.25$

糙率比尺：$\lambda_n = \frac{\lambda_h^{2/3}}{\lambda_l^{1/2}} = 1.11$

水流时间比尺：$\lambda_{t_1} = \frac{\lambda_l}{\lambda_V} = \frac{\lambda_l}{\lambda_h^{1/2}} = 53.07$

流量比尺：$\lambda_Q = \lambda_l * \lambda_h * \lambda_V = \lambda_l \lambda_h^{3/2} = 1194126.25$

综合散热系数模型比尺：$K_r \approx \frac{\lambda_h^{\frac{3}{2}}}{\lambda_l} = 2.83$

模型热水流量：根据源项和比尺计算获取。

按温升相似：$（\Delta T）_r = 1$ 排放热水。

（1）控制系统及设备仪器

- 供水系统（冷、热水）：试验中的冷、热水供应系统完备。其中冷水供水系统主要设备包括地下水库、大型水泵、高位平水箱、电磁流量计、阀门、变频器、微型水泵以及内外侧循环水道等。

- 供水流量控制系统：系统主要设备包括上位机、综合控制箱、变频器、水泵、电磁流量计、阀门。

- 潮汐潮流控制系统：

采用微机自动控制的多边流量～潮位控制系统。在各开边界上配置了一定数量大小不同的潜水泵，包含有变频泵和定频泵。

根据数模计算的流量过程，由微机控制各段边界向水池进出水的实时流量，按照目标潮位调节水泵流量，将模拟的实验潮位曲线与原形潮水位绘制曲线对比，反复调节有关参数，达到较好模拟结果，形成调潮文件，系统可自动导入生潮文件，按照设置周期，进行自动生潮，从而实现潮汐过程。本次试验共采用 114 台潜水泵，每台水泵由微机系统控制，可变频调节流量（0-18m^3/h），从而达到不同流量进出模型大厅，实现模型水域潮汐的涨落控制。在模型中设置了多个精密潮位计，作为潮位验证和观测点，同时也可作为模型试验过程中的潮位监控点。

- 潮位测量：采用跟踪式水位仪和超声波水位仪结合使用，分辨率均为±0.1mm，测量精度均＜0.1mm。

- 流速测量：采用声学多普勒流速仪和旋浆流速仪配合使用，测量精度分别为±lmm/s，0.5%。

- 高精度加热加料循环排放设备系统：采用闭路循环供给，温度排放精度达到±0.1℃，液态流出物精度达到±0.01ppm。

- 温度测量：采用温度采集传感器 DLPT-PZP1S11 定时自动巡回检测，共设 286 个测温探头，测温精度±0.1℃。在模型边界处设置一定数量的温度探头，实现对温升边界的监测，从而对试验结果进行温度补偿。

● 浓度场测量：采用氟离子浓度在线测量仪，共设 172 个测量探头，测量精度±0.01ppm。

（2）模型模拟范围

本项目厂址物理模型试验范围为 34.1km×17.6km，物理模型范围见图 6.1-24。

6.1.2.2.5 物理模型模拟结果

（1）温升包络分析

根据物模试验结果，工程海域不同潮型条件下最大温升包络面积统计结果可见表 6.1-7 和图 6.1-25~图 6.1-32，平均温升包络面积见表 6.1-8，具体温排水扩散规律分析如下：

a）热水自排水口排出后，受涨落潮流影响，热水整体扩散趋势显现南北向两个方向输移扩散，且热水向南向的输移扩散强度较大，呈现倒三角形趋势输移扩散，高温升主要在排口附近聚集南北扩散。

b）1、2 号机组正常运行时，冬、夏季半月潮及典型大、中、小潮条件下最大温排水包络面积如下：

● 夏季半月潮温排水最大影响范围

综合叠加各层的温排水影响范围，温排水 1℃温升最大包络面积 20.43km^2，2℃温升最大包络面积 8.37km^2，3℃温升最大包络面积 3.51km^2，4℃温升最大包络面积 1.21km^2。夏季半月潮全潮最大温升分布见图 6.1-25。

● 夏季典型大潮、中潮和小潮温排水最大影响范围

大潮期间，温排水 1℃温升最大包络面积 17.47km^2，2℃温升最大包络面积 7.00km^2，3℃温升最大包络面积 2.19km^2，4℃温升最大包络面积 0.69km^2。夏季大潮全潮最大温升分布见图 6.1-26。

中潮期间，温排水 1℃温升最大包络面积 21.90km^2，2℃温升最大包络面积 7.05km^2，3℃温升最大包络面积 2.15km^2，4℃温升最大包络面积 0.57km^2。夏季中潮全潮最大温升分布见图 6.1-27。

小潮期间，温排水 1℃温升最大包络面积 19.21km^2，2℃温升最大包络面积 6.92km^2，3℃温升最大包络面积 2.24km^2，4℃温升最大包络面积 0.76km^2。夏季小潮全潮最大温升分布见图 6.1-28。

● 冬季半月潮温排水最大影响范围

综合叠加各层的温排水影响范围，温排水 1℃温升最大包络面积 26.30km^2，

2℃温升最大包络面积 12.98km^2，3℃温升最大包络面积 4.88km^2，4℃温升最大包络面积 1.49km^2。冬季半月潮全潮最大温升分布见图 6.1-29。

● 冬季典型大潮、中潮和小潮温排水最大影响范围

大潮期间，温排水 1℃温升最大包络面积 17.09km^2，2℃温升最大包络面积 8.35km^2，3℃温升最大包络面积 3.65km^2，4℃温升最大包络面积 1.29km^2。冬季大潮全潮最大温升分布见图 6.1-30。

中潮期间，温排水 1℃温升最大包络面积 16.54km^2，2℃温升最大包络面积 7.87km^2，3℃温升最大包络面积 3.32km^2，4℃温升最大包络面积 1.24km^2。冬季中潮全潮最大温升分布见图 6.1-31。

小潮期间，温排水 1℃温升最大包络面积 18.74km^2，2℃温升最大包络面积 7.67km^2，3℃温升最大包络面积 3.61km^2，4℃温升最大包络面积 1.61km^2。冬季小潮全潮最大温升分布见图 6.1-32。

（2）取排水口附近垂向温升分析

为分析白龙核电排水口近区热水的分层现象以及对取水温升的影响，沿着流路分析排水口和取水口近区垂向温升规律，垂向分析点的位置见下图 6.1-33；试验稳定后，冬夏季大潮、中潮、小潮的平均温升垂向分布，见图 6.1-34~图 6.1-35。

从图中可知，冬、夏季各个垂向点平均垂向温升分布规律基本一致，且冬季试验结果整体略大于夏季；分析取水口附近（T1、T2）垂向平均温升分布，大潮、中潮、小潮的底层、中层和表层平均温升呈现一定的梯度变化，由底到表，逐渐升高；分析排水口附近（T6-一期排水口）垂向平均温升分布，排水口附近平均温升垂向变化明显，表层最大、中层次之，底层最小。

（3）取水温升

试验稳定后，1、2 号机组冬季半月潮、小潮、中潮、大潮的最大取水温升分别为 0.23℃、0.25℃、0.15℃、0.18℃；夏季半月潮、小潮、中潮、大潮的最大取水温升分别为 0.20℃、0.18℃、0.13℃、0.15℃。

6.1.2.2.6 数模、物模结果综合分析

物理模型与三维温排水数学模型最大温升包络面积统计结果见表 6.1-9，综合对比分析计算结果可知：

a）物理模型测得的高温升 3℃和 4℃包络面积范围基本与三维数学模型模拟计算结果相近，物模试验温升包络范围略大于数模计算结果。

b)物理模型测得的低温升1℃包络面积范围与三维数学模型预测范围相近，主要受不同潮型潮流场规律不同，冷却水散热扩散强度不同，不同潮型结果相差面积略有不同。

c）相较于数值模拟，物理模型试验由于其变态率，且对于水温、气温、风速、湿度、气压等试验条件的考虑，不能与数学模型计算条件完全贴合，故物模试验结果与数值模拟计算结果具有一定的差异性。

d）结合数学模型及物理模型试验成果，近区 4℃高温升包络线分布范围可采用物理模型试验成果，远区 1℃低温升包络范围可采用数学模型研究成果。

因此，根据物理模型试验结果，本项目 2 台机组温排水混合区范围（4℃温升最大包络面积）为 1.49km^2。

6.1.2.2.7　温排用海相容性

（1）国土空间规划符合性

2023年12月国务院已批复《广西壮族自治区国土空间规划（2021--2035年）》，并于 2024 年 8 月 30 日在广西壮族自治区人民政府官网发布。根据国土空间规划中海洋“两空间内部一红线”分布图，厂址排水口位于海洋开发利用空间。

根据《防城港市国土空间总体规划（2020-2035 年）》（批复稿，尚未正式发布），厂址排水口半径 15km 范围内涉及的海洋功能区划主要包括交通运输用海区、工矿通信用海区、海洋发展区、海洋预留区、渔业用海区、游憩用海区、特殊利用区、生态保护区以及生态控制区。

本工程取排水口及温排水温升范围与厂址附近海洋功能区划位置关系见图 6.1-36。由图可见，厂址取水口和排水口均位于工矿通信用海区。本工程夏季 1℃温升包络范围还涉及渔业用海区和海洋发展区，冬季 2℃温升包络范围还涉及渔业用海区。

（2）近岸海域环境功能区划符合性

广西壮族自治区生态环境厅于 2023 年 3 月 7 日发布了《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发【2023】85 号）。本工程温升 4℃温排水影响区域位于为江山半岛南面排污混合区（GX098DⅣ）内：江山半岛南面排污混合区位于江山镇白龙村南部海域，范围是 E108°13′32″、N21°28′45″，E108°13′32″、N21°25′49″，E108°14′48″、N21°25′49″，E108°14′48″、N21°28′45″围成的海域，面积为 11.9 平方公里。主导功能为核电温排水排污用海，属四类

环境功能区，水质保护目标为海水水质标准第四类（除水温外）。周围设 0.5 公里水质过渡带，水质保护目标为海水水质标准第三类（除水温外）。《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发【2023】85 号）中对核电项目温升 1℃温排水影响的要求为：核电项目温升 1℃温排水影响的环境功能区（除排污混合区外）水温执行不低于第三类海水水质标准，其他指标不低于对应环境功能区水质保护目标。

本工程温排水影响符合新发布的《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》的要求。本工程夏季和冬季排水温升范围与调整的厂址附近近岸海域环境功能区划关系见图 6.1-37。

（3）防城港市“三线一单”生态环境分区管控要求符合性

广西壮族自治区生态环境厅于 2024 年 8 月 13 日印发的《广西壮族自治区生态环境分区管控动态更新成果（2023 年）》，根据动态更新成果，厂址及工程取排水设施均位于重点管控单元范围内。

本工程 1℃温升影响范围还涉及一般管控单元。本工程温排水与防城港市“三线一单”生态环境分区管控要求符合性如表 6.1-10 所示。

（4）生态红线符合性

根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办[2022]2207 号），目前广西壮族自治区“三区三线”划定成果已经批准。

本工程夏、冬季温升范围与 2022 年 10 月 14 日起启用的自治区“三区三线”划定成果中海洋生态红线进行叠加分析结果见图 6.1-38。根据划定成果，本工程的取排水设施及温升影响范围不涉及海洋生态红线，符合“三区三线”要求。

本项目为减少温排水对水体的物理影响，对取排水方案进行了多轮的优化比选。针对排水明渠方案和排水暗涵方案进行比选，确定环境影响更小的排水暗涵方案，同时针对排水暗涵长度进行优化分析，最终选取了 4℃温升范围最小，且夏季 1℃温升范围未进入红线区和珍珠湾内，作为推荐方案。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取排水工程对水生生物的影响

取排水系统主要包括取水头部、自流引水管、闸门、拦污栅、鼓形滤网、水

泵、冷凝器和排水暗涵等。本工程单台 CAP1000 核电机组的夏季取水流量为 74.56m^3/s，冬季取水流量为 63.56m^3/s。根据中国水利水电科学研究院编制的《广西白龙核电厂可行性研究阶段岸滩稳定与泥沙数值模拟专题报告》，机组正常运行状态时，明渠内流速增大，流速大小与渠内宽度及导堤走向相关。2 台机组运行情况下明渠周边流速分布如图 6.1-39 所示。

取水产生的卷吸效应一般只对那些能通过滤网的鱼卵、仔鱼、仔虾、浮游生物及其它游泳类生物幼体产生明显的伤害，这种伤害主要包括机械碰撞、温升和冷却水氯化的毒性（见 6.3 节描述）等。

1）卷吸效应对浮游生物的影响

关于机械冲击，法国沿海电站的观测表明，对浮游植物并未产生明显的影响，对浮游动物的影响亦很小，死亡率低于 10%。据东北师范大学的观测报告，机械冲击对进入冷却系统中的浮游植物造成的损伤率达到 11.98%-27.08%。经过 72 小时后，浮游藻类损伤后恢复的数量与自然海水中的数量相同，经过 3 天后即可恢复到原来的数量。浮游动物个体相对较大，对机械冲击较为敏感，经过冷却系统，其损伤率可能重些，其中部分个体立即致死。浮游动物的总损伤率为 55%，高于浮游植物。但浮游动物生殖周期短（一般 1~7 天），繁殖快，生物量周转率较高，浮游动物各种类恢复到原来数量的时间为 30 小时~6 天。

根据上面分析初步预测，核电厂运行期间其取水系统产生的卷吸效应将对浮游生物产生一定程度的损伤，使取水口附近小范围内的浮游生物，尤其是浮游动物的生物量有所减少，局部范围的海洋初级生产力会有所降低，其中夏季的影响较重，而冬季的影响较轻。但由于浮游生物的生殖周期较短，繁殖较快，其损伤后的恢复也较快。因此，卷吸造成的损伤对厂址海区的浮游生物总量及种群结构等的影响将是有限的。

2）卷吸对鱼卵、仔鱼、甲壳类幼体的影响

本工程利用自然海水进行冷却作用，将对水体中经济资源产生一定的影响，主要是鱼卵和仔稚鱼资源。国内若干电厂的现场实测结果，进入电厂冷却系统的梭鱼幼鱼（体长 25~40mm）的损伤率为 31.6%~46.3%。国外有关报道认为，卷吸效应造成的幼鱼致死率与幼鱼的体长有关，两者呈负相关关系。幼鱼体长在 14~40mm 范围内体长每增加 1mm，幼鱼因卷吸而造成的死亡率减少约 3%。冷却系统对仔虾的损伤实验表明，因卷吸进入冷却系统的仔虾致死率为

24.3%~56.9%，平均为 40.7%。仔虾损伤率随其密度的增加而增加，两者呈正相关关系。然而，在加氯情况下，进入冷却系统的海洋生物的死亡率要大于上述结果。

由于本工程采用明渠取水，因而生活于本工程取水口附近上层水体的鱼卵、仔鱼、甲壳类幼体将可能被吸入。但是，由于海洋鱼虾类属 r 生态型，具有繁殖能力强，产卵多的特点，在自然环境下其幼体阶段的自然死亡率亦很高。根据人工育苗的经验，多数情况下鱼虾卵及其幼体达到商品苗规格的存活率为 10%。在自然环境下，鱼卵的存活率在十万分之一与百万分之一之间。根据调查，厂址附近主要经济鱼类产卵场和幼鱼密集区离本工程取水口有一定距离，加上鱼卵和幼鱼随时间的变化和成长过程以及鱼的逆流性，海水运移的时间因素，实际的吸入量将大为减少。

3）卷吸效应对底栖生物的影响

底栖生物成体由于底表生活方式，受核电站取水口卷吸作用甚微，不会产生明显影响。底栖生物在繁殖季节，其早期发育阶段主要以浮游幼虫方式度过，浮游幼虫的个体大小一般为 50~100 微米，个体非常微小。从法国沿海电站观测表明，卷吸的机械冲击对个体微小的浮游植物并未产生明显的影响，对浮游动物的影响亦很小，死亡率低于 10%，因此卷吸的机械冲击损伤对个体微小底栖生物浮游幼虫不会产生明显影响。

因此，本工程取水系统的卷吸效应对厂址海域的鱼卵和仔幼鱼会造成一定程度的损伤，但相对于广阔海域仔幼鱼蕴藏量，其损伤量是有限的。卷吸效应对于核电站取排水口近区影响相对较大，但这种较大影响的范围是局部的，有限的。

4）取排水工程对珊瑚礁的影响

根据《广西壮族自治区海洋环境保护规划（2016-2025）》，本工程取排水设施周边海域存在珊瑚礁和海草床两种典型海洋生态系统。项目建设单位针对该情况，委托自然资源部第三海洋研究所完成了《广西白龙核电厂厂址周边海域珊瑚礁与海草床现状调查专题报告》，并委托广西红树林研究中心完成了《白龙核电项目用海范围内珊瑚礁详细调查报告》。

通过调查认为，本工程海工构筑物没有直接占用珊瑚礁分布区，取水东堤围堰与珊瑚分布区三边缘最近约 126m，取水西堤围堰与珊瑚分布区二边缘最近距离 286m，不对珊瑚造成直接破坏。

本工程取排水设施施工期环境影响具体见第五章 5.2 节描述。施工期间悬浮泥沙影响主要分布在取、排水等工程附近水域，影响范围较小。根据调查数据，本工程处在珊瑚分布区以外，施工引起的悬沙未扩散至珊瑚分布范围内，不对其造成影响。

本工程取水东堤距离珊瑚较近，在堤心石推填过程中将通过降低施工速度和控制堤心石含泥量来减小施工产生的源强，以降低施工过程中产生的悬浮泥沙对珊瑚的影响。除控制源强外，在施工过程中还考虑在堤体和珊瑚之间设置防污帘作为临时防护措施进一步对悬浮泥沙进行拦截，保证堤体施工不会对附近珊瑚造成不良环境影响。

本工程投运后，取排水设施周边会产生泥沙淤积。将代表潮作用下本工程 2 台机组工程海域年冲淤厚度与本区域珊瑚分布叠加，详见图 6.1-40。可以看出，2 台机组运行情况下取水口内流速较小，口门内以淤积为主，取水口内最大淤积厚度为 0.11m/a，分布在导堤拐角处，平均淤积厚度为 0.061m/a；明渠建成后与岸线形成遮蔽区，西堤西侧和东堤东侧均出现明显淤积，西堤西侧局部淤积 0.09m/a，东堤东侧局部淤积 0.07m/a。东堤堤头受挑流影响，外海侧以冲刷为主，年最大冲刷厚度为-0.04m/a。年均 0.09m 和 0.07m 的淤积程度相当于每天 0.024cm 和 0.017cm 的淤积。本海域造礁石珊瑚的沉降速率阈值在 200mgcm^{2}d^{-1} 以上，根据本工程海洋环境影响评价专题报告，该海域沉积物密度为 2.65g/cm^{3}，每天 1cm^{2} 面积上厚度 0.024cm 的淤积物质量为 6.35mg，此淤积量不会对珊瑚造成影响。根据文献研究，珊瑚会分泌黏液抵御沉降的沉积物颗粒。珊瑚通过纤毛反复地去除包围珊瑚的吸附沉积物的黏液膜，不断扫除沉降于珊瑚上的沉积物。

百年一遇大风浪过后，东侧珊瑚部分区域泥沙落淤 0.02m。0.01m 淤积范围内的珊瑚种类为斯氏伯孔珊瑚和多孔同星珊瑚，两种珊瑚的沉降速率阈值分别为 200mgcm^{-2}d^{-1}，796mgcm^{-2}d^{-1}，百年一遇大风浪条件下最大 2cm 的沉降淤积不会对珊瑚造成影响。

核电厂寿期末，珊瑚部分区域泥沙落淤 1.14m 和 0.78m，年均 6.7cm 和 4.58cm。泥沙淤积主要集中在礁石间隙，而本区域造礁石珊瑚主要生长礁石顶部和上部，同时珊瑚生长速度略大于泥沙沉降淤积速度，而珊瑚可以通过分泌黏液抵御沉降的沉积物颗粒，因此，核电厂寿期末的泥沙淤积不会对本区域珊瑚生长造成影响。综上，本工程冲淤变化不会对珊瑚造成影响。

5）取排水工程对海草床的影响

珍珠湾海草床的分布距离本工程的取排水设施较远，取排水工程对海草床的影响可忽略。

本项目为减少取排水工程对水生生物的影响，对取水方案进行了多轮的优化比选，考虑对海洋生态、珊瑚礁影响，最终推荐明渠取水（口门朝西）方案。根据数模结果，该方案取水口流速较小，对水生生物影响较小。

6.1.3.2　温排水对水生生物的影响

本工程在运行过程中，循环冷却水经过散热装置后夏季升温为 6.96℃，冬季升温为 8.19℃，排入周围海域后将导致周围水体有一定的温升。如果环境水体升温后超过海洋生物生长的适宜温度，温度的升高将可能导致海洋生物的生长受到抑制或死亡。另外，自然水体经过冷却系统后骤然形成的高温差，亦有可能使海洋生物不适应而造成死亡。但如果在适温范围内，环境水体温度的升高，则会促进海洋生物的生长和繁殖。

1）温排水对水生生物的影响

（1）浮游生物

据研究，增温对水生生物群落的种类数的影响较大。一般来说，当水体适度增温（ΔT≦3℃）时，群落中的种类数增加，其中浮游植物的种类数平均增加 50%，浮游动物种类数平均增加 76%，底栖动物可增加 40%，尤其是在水温较低的春秋季节，在冬季表现更加明显。有观察结果表明，春季弱增温区（ΔT≦3℃）的生物量最高，是自然水温区生物量的 1.3 倍；而冬季的浮游动物生物量是自然水温区生物量的 2.4 倍。但是在水体强增温（ΔT＞3℃）时，水生生物群落中的种类数出现减少。特别是在夏季自然水温较高时的强增温区（ΔT＞4℃）内，也即水温超过 35℃时，浮游动物的种类和数量都会减少，群落的物种多样性降低，物种组成也发生改变，有的种类个体数量明显减少，而一些耐热种类数量开始增多，成为明显的优势种。

浮游生物不但是某些鱼、虾、贝类的饵料生物，同时其数量的多少也决定海域海洋初级生产力的大小，从而影响渔业资源的潜在量。

温排水的影响与浮游生物的种类数关系密切。在水温较低的季节，尤其是在冬季，水体的适度增温可以使群落中的种类数增加，其中浮游植物的种类数平均增加 50%，浮游动物种类数平均增加 76%；在夏季自然水温较高时，大于 3℃

的强增温会对浮游生物生长产生不利影响，可能引起浮游生物的种类和数量的减少，群落物种多样性降低，并改变群落中的物种组成。

（2）鱼类及鱼卵仔鱼

鱼类喜在适宜温度水域内活动，它对超出适宜温度范围的高温或低温水体，均具有回避反应，因为鱼类从生理上讲不具备调节自身体温以适应环境温度的能力，只有靠其主动游泳的行为来选择适合所需的温度。在自然水体中，近海鱼类一般都有随季节变化而进行洄游的现象，这就是鱼类对温度的选择。如春季当近海水温升高时，鱼类便从深海越冬场向近海洄游进行生殖和索饵；夏季，当近海水温超过适宜温度时，大部分鱼类又游回到水温较低的深海区；秋季随着水温的下降，鱼类又重新回到近海区；秋末冬初，近海水温明显下降，鱼类又洄游到深海越冬。受核电站温排水影响，在春季、秋季以至冬季，升温场内的温度都将保持着多数鱼类的适宜温度范围，因此可发现吸引数量较多的鱼类在此栖息。同时，在适宜温度范围内，水温升高可以促使鱼类新陈代谢加强，生长发育加快，渔产量比非受热海区有一定程度的增加。夏季随着水温的升高，升温区的温度将超过鱼类的适宜温度，在这个季节里，大多数的鱼类将避开升温区域而到其它水域栖息。根据中国水产科学研究院东海水产研究所编制的《广西白龙核电项目一期工程对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》，本工程影响的主要鱼种其核心产卵场均位于保护区涠洲岛水域，本工程取排水设施水域离主要鱼种的核心产卵场距离大都在 10~20km 以远，温排水不触及主要鱼种“三场”和洄游通道核心位置。

鱼卵的孵化和仔稚鱼的发育，与温度的关系密不可分。首先，温度与鱼卵孵化时间成倒数关系，即孵化水温越低，孵化时间越长。其次，决定鱼类补充资源量的因素是成活率和生长率。成活率与温度成反比例关系。虽然生长率与温度成正比例，但由于高温致使种群死亡率升高，进而影响鱼类资源量。总之，温度对鱼类种群的影响是双向的，既有正效应，也有负效应。鱼卵、仔鱼的分布受到亲鱼的产卵行为（包括各种环境及生态因子）的影响，同时也会受到海流等物理因子的影响。国内学者认为，温排水调查海域鱼卵和仔鱼的总数量及季节变化均无明显影响，鱼卵死亡率的影响也不显著，说明温升对鱼卵和仔鱼的生存影响不大，这与日本海洋生物环境研究所的研究结果一致。

（3）底栖生物及潮间带生物

海洋底栖生物是指栖息于海洋底部、运动能力有限的一类生物，是海洋生态系统的重要组成部分。与其它水生生物种类一样，水温的适度升高，可明显增加海区底栖动物的种类数，增强新陈代谢强度，促进生长发育。如近江牡蛎可耐受温度范围是 6-32℃、适宜温度为 20-30℃；翡翠贻贝的耐温范围为 10-35℃、适温范围 20-30℃；日本对虾和长毛对虾的最高耐受温度为 33℃。超过适温的范围，生长速度就会减慢或停止，繁殖率、苗种成活率都将出现下降。

春季是底栖生物的繁殖季节，温排水带来的海水温升对底栖生物的早期发育和生长均有促进作用。底栖生物的繁殖主要受海水温度的影响，春季海水温度开始回升，是底栖生物繁殖的诱发环境因子，因此温排水会使上述重要底栖生物种类原有的繁殖时间提前。冬季，大多数底栖生物会有迁移现象，向深水方向迁移，以避开冬季寒冷的不利影响，温排水的海水温升效应可使底栖生物冬季深水迁移程度降低，使近岸底栖生物的生物量相对增加。

潮间带周期性地潮涨潮落，潮间带生物周期性地暴露于外部严寒和酷热空气环境，由于长期适应于潮间带剧烈周期性变化的环境，潮间带生物对环境的适应能力特别强，核电厂温排水效应对上述重要潮间带生物不会产生明显不利影响。核电厂温排水效应会对潮间带冬季繁殖的种类，如短滨螺的繁殖季节的时间产生影响，使其繁殖时间提前。

（4）微生物

据有关专家对长江口海区和沉积物中一样微生物的研究试验结果，革兰氏阳性细菌对温度有较强的适应性，当温度为 42℃时，仍有 94.3%的革兰氏阳性菌可生长。因此，本工程温排水对海区细菌的影响很小，不至于明显影响海洋微生物对有机质的分解。

（5）水生生物影响

根据厂址所在的白龙尾水文站多年资料统计，1 月份平均水温 15.9°C，最高 20.7°C，最低 10.7°C，7 月份平均水温 30.0°C，最高水温 33.6°C，最低水温 26.3°C。本工程 2 台 CAP1000 核电机组建成投入运行后，温升超过 1°C、也即夏季最高温度超过 35°C 的区域较为有限，对应各类水生生物的耐温范围，除了可能在近区对海洋底栖生物生长造成一定的不利影响外，对其它水生生物的影响非常有限。

2）温排水对周围养殖的影响

北仑河口及珍珠湾水域和防城港湾水域是北部湾重要的水产养殖区之一，珍

珠湾沿岸滩涂适宜于水产养殖，传统养殖业为养殖珍珠、鱼、虾、蟹和浅海滩涂养殖牡蛎。厂址周围的养殖场主要为浅海养殖、滩涂养殖和海水高位池养殖场。主要养殖对南美白对虾和海水经济鱼类（红鱼，鲈鱼等）及牡蛎类。南美对虾适宜生长水温 25~32℃之间，水温 15℃以下对虾将减少或停止摄食，35℃以上高温对对虾的摄食和生长将受到较大影响。

根据本工程温排水数值模拟和物理模拟结果，本工程 2 台机组 1°C 温升范围离岸分布，不会涉及浅海养殖场和滩涂养殖场。

根据周边环境调查资料，厂址周边有部分海水高位池养殖场，主要养殖南美对虾。根据厂址所在的白龙尾水文站多年资料统计，1 月份平均水温 15.9°C，最高 20.7°C，最低 10.7°C，7 月份平均水温 30.0°C，最高水温 33.6°C，最低水温 26.3°C。根据温排水数值模拟和物理模拟结果，本工程 2 台 CAP1000 核电机组建成投入运行后，温升超过 1°C 区域离岸分布，不会影响高位池养殖场取水。养殖场取水平均温度基本仍在养殖品种的适温范围内。综合分析，核电厂的温排水对附近区域的养殖区的影响很小。

3）温排水对自然保护区的影响

厂址半径 15km 范围内经正式批准的自然保护区只有广西北仑河口国家级自然保护区，具体见第二章 2.3 节描述。

北仑河口国家级自然保护区范围内距离厂址最近的区域为珍珠港湾，该港湾呈马蹄形朝北部湾开口，保护区的主要保护对象是红树林，有 95.58%分布在该港湾的北面和西面，其东南面的潮间带和浅海部分虽然属于保护区的范围，但人为活动频繁，红树林分布稀少，偶尔有单株出现。

根据数值模拟计算结果，本工程两台 CAP1000 核电机组正常运行情况下，夏、冬季半月潮和各典型潮最大 0.5°C 温升范围均不进入珍珠湾，离保护区较远，因此可以认为本工程两台 CAP1000 核电机组正常运行情况下，对保护区红树林的影响很小。

4）温排水对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区的影响

北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区是农业部2008年12月批准公布的63个国家级水产种质资源保护区之一（农业部公告1130号）。该保护区位于北部湾东北部沿岸区域，总面积1142158.03公顷，其中核心区面积808771.36公顷，实验区面积333386.67公顷。具体见图6.1-41。

保护区主要保护对象为二长棘犁齿鲷和长毛对虾，其他保护物种包括金线鱼、蓝圆鲹、黄带鲱鲤、长尾大眼鲷、蛇鳗类、日本金线鱼、墨吉对虾、长足鹰爪虾、中华管鞭虾、锈斑蟳、逍遥馒头蟹、日本蟳、马氏珠母贝、方格星虫等，以及其生存环境。

考虑到本工程排水口位于北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区试验区。根据有关法律法规规定，广西核电有限公司委托中国水产科学研究院东海水产研究所编制完成了《广西白龙核电项目一期工程对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》，并于 2021 年 7 月 15 日取得了农业农村部渔业渔政管理局同意该专题报告的意见。由于取水方案发生了变化，建设单位又组织中国水产科学研究院东海水产研究所根据变化情况更新了报告，2023 年 4 月 26 日，农业农村部渔业渔政管理局回函关于《广西白龙核电项目一期工程对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》的意见（农渔资环便[2023]87 号），原则同意专题报告的主要结论及渔业资源保护和补偿措施。

本工程用海位置位于保护区实验区西北部边缘，排水口位置离核心区外缘最近的海域约有 25km。

本工程 1℃~4℃温升最大扩散范围均在实验区的边缘，距离保护区核心区最近距离均超过 20km，均未达到保护区核心区，不会影响到保护区核心区。

结合工程厂址海域多年表层水温统计结果，除春末、夏季及秋季（5 月~10 月）外，其余月份评价海域海水环境水温相对较低时（环境水温<25℃）核电厂温排水温升≤3℃时，增温仍在评价海域大部分鱼类适温范围内，对评价海域鱼类生长不会造成明显影响。在冬季，一定范围内鱼类种群数量随水温升高而提高，并且鱼类的迁入增多、迁出减少，其个体数量也会增加，但会引起鱼类产卵行为和鱼类群落结构的变化；温升≥3℃影响范围内（本工程两台机组运行工况下夏季半月潮数模结果最大为 2.62km^2，物模结果最大为 3.51km^2），对部分鱼类有一定的影响，例如影响海域鱼类的繁殖、胚胎发育和鱼苗的成活，幼鱼和成鱼则产生回避反应。春末、夏季及秋季（5 月~10 月），温升>1℃影响范围内（本工程两台机组运行工况下夏季半月潮数模结果最大为 20.92km^2，物模结果最大为 20.43km^2），超出大部分鱼类适温范围，尤其是强增温区（温升>4℃，本工程两台机组运行工况下夏季半月潮数模结果最大为 0.85km^2，物模结果最大为 1.21km^2）

鱼类受危害比较明显，幼鱼和成鱼产生回避反应，会改变温升区鱼类的正常分布，引起群落结构变化。

依据分析，本工程影响的主要鱼种其核心产卵场均位于保护区涠洲岛水域，项目水域离主要鱼种的核心产卵场距离大都在 10~20km 以远，温排水不触及主要鱼种“三场”和洄游通道核心位置。

电厂温排水温升≤4℃时，增温仍在评价海域大部分甲壳类生物成体和幼体适温范围内，一定范围内甲壳类种群数量随水温升高而提高，对其幼体生长有促进作用；但在海水温度较高时（环境水温>25℃），尤其是 5 月~9 月温升超过 4℃时，超过评价海域大多数甲壳类生物，尤其是幼体适宜温度，对甲壳类生长产生不利影响。本工程一期工程两台机组运行工况下夏季半月潮超 4℃的面积数模结果最大为 0.85km^2，物模结果最大为 1.21km^2，影响面积较小。因此，温排水对甲壳类生长不利的影响较小。

北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区总面积 1,142,158.03 公顷，其中核心区面积 808,771.36 公顷，实验区面积 333,386.67 公顷。以丧失保护区功能最大温升超 4.0℃包络面积计算，丧失保护区功能面积占整个保护区面积可以忽略，故核电温排水排放对保护区整体功能影响有限。

由于本工程对应的排水方案和温升影响范围变化，中国水产科学研究院东海水产研究所重新对保护区的影响进行了评价，温排水扩散面积较之前变大，但是仍在保护区实验区内，距离保护区核心区最近距离也超过 20km。根据研究分析并结合当地海域的实际，夏季温升超过 3℃是造成渔业资源损失的主要因素，升温 1℃和 2℃对渔业资源不会造成明显影响。较之前的论证报告，对比整个保护区面积而言，温排水增加的面积不明显。综合所有分析结果，工程对保护区影响可行性结论没有明显变化。

机械卷载虽然造成一定数量鱼卵仔稚鱼损失，相比整个北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区而言，本工程排水口位于保护区边缘，海域鱼卵、仔稚鱼的敏感性要低于保护区核心区海域，且调查出现的鱼卵、仔稚鱼种类在邻近的其他海域都有出现。再加上这一海区同属于整个北部湾渔业生态系统，项目水域受影响的鱼卵、仔稚鱼及渔场环境，可以由周边水域同种渔场环境部分替代而不至于造成渔场消失，本工程排水口所在局部保护区水域的渔场环境和渔业资源具有可替代性和可补充性。其局部水域渔业功能的损失，可以由保护区其他水

域功能代偿而不至于整个保护区渔业资源功能衰退。

因此，本工程建设虽然对保护区试验区有一定的不利影响，但从规模、性质、程度和位置而言，对保护区主体功能影响有限，因而对水产种质资源保护区功能的影响是可以接受的。

根据《广西白龙核电项目一期工程对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》及《广西白龙核电项目一期工程对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》的意见（农渔资环便[2023]87 号）：

后续将制定详细的实施方案，落实好渔业资源保护和补偿措施，中华白海豚、中国鲎、珊瑚等珍贵濒危水生野生动物保护和救助措施，并特别做好以下工作。

（一）鉴于项目工程占用北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区实验区，特别保护期（1 月 15 日-3 月 1 日）内不得从事爆破作业以及其他可能对保护区渔业资源和生态环境造成损害的活动；

（二）采取有效措施，减少项目施工和运营对渔业资源和渔业生态环境及中华白海豚、中国鲎、珊瑚等珍贵濒危水生野生动物的影响；

（三）规范实施增殖放流、人工鱼礁建设、重要保护物种栖息地修复等措施，修复受损渔业资源及水域生态环境；

（四）加强该海域渔业资源和渔业生态环境跟踪监测，及中华白海豚、中国鲎珍贵濒危水生野生动物跟踪监测，做好施工期运营期风险事故防范和应急处置。

5）温排水对珊瑚礁和海草床的影响

在本工程投运后，对于夏季和秋季，温排水可能导致局部水温过高。根据调查可知，本工程周边造礁石珊瑚区基本为团块状类型的种类，未见到分枝状的造礁珊瑚，对高温有一定的耐受能力。

研究表明造礁石珊瑚在 32℃自然光的条件下，其共生虫黄藻的光合作用和密度都会下降，但是 26℃和 30℃就没有类似情况，而 34℃时，这一过程缩短不到 24h，随后造成珊瑚死亡，所以选择 32℃作为珊瑚白化的阈值温度。工程海域年平均水温为 23.8℃，该海域最热月平均水温为 30.4℃，若增温 1℃则未达到珊瑚白化的阈值温度，如增温 2℃达到 32.4℃将会使本海域珊瑚超过白化阈值而出现白化。夏季高温是本区域珊瑚热白化的敏感期，因此建议夏季 1℃温升线和冬季 2℃温升线作为本工程温排水对珊瑚影响的临界温度。

造礁石珊瑚主要分布在底层，根据温排水数模结果，选取底层温排水半月潮最大温升包络范围，其夏季和冬季的增温范围与珊瑚分布的关系见图6.1-42。可以看出，夏季和冬季本工程周边海域珊瑚分布区的底层温排水升温均在0.5℃以下。另外，保守考虑取半月潮各层最大温升的垂向平均包络范围，其夏季和冬季的增温范围与珊瑚分布的关系见图6.1-43。从图中可以看出，夏季和冬季本工程周边海域珊瑚分布区的温排水升温也均在0.5℃以下。因此，本工程温排水不会对本区域造礁石珊瑚造成明显影响。

珍珠湾海草床的分布皆在夏季 1℃温升包络线外。已有研究证实，海水温度升高 1~1.5℃对海草的直接损害较小。鉴于现有的海草分布区离厂址较远且未在温排水 1℃温升包络线内，可以认为其受本工程温排水的直接影响很微小。

本项目减少温排水对水生生物不利影响的计划和措施主要通过优化比选排水方案，选取了 4℃温升范围最小，且夏季 1℃温升范围未进入红线区和珍珠湾内，作为推荐方案。经分析，该方案下温排水对水生生物的影响较小。后续将做好温排水影响范围监测和保护区生物监测，确保本项目温排水对水生生物的影响可接受。

表 6.1-1　第二阶段取排水方案描述

方案	取水	排水
1	东南港池取水。港池口门处地形高程-9m~-10m，宽340m，口门朝向东北侧，取水港池北堤长约570m，南堤长约1500m；港池内底标高-8.0m，防波堤顶标高7.5m。	西南明渠排水。一期工程东侧导堤长690m，西侧导堤长1080m，渠口门宽300m，堤头处地形高程-8~-10m；二、三期工程东侧导堤长1690m，西侧导堤长1580m，渠口门宽150m，堤头处地形高程-11m。明渠底标高为-6.0m。
2	西南港池取水。港池口门处地形高程-8m~-10m，宽350m，口门朝向西侧，取水港池北堤长约250m，南堤呈弧形长580m；港池内底标高-8.0m。	南侧明渠排水。排水工程自电厂东部延伸至电厂南部，一期工程东侧导堤长1500m，西侧导堤长350m，渠口门宽200m，堤头处地形高程-10m~-11m；二、三期工程东侧导堤长4500m，西侧导堤长3300m，渠口门宽200m，堤头处地形高程-11m~-12m。明渠底标高为-6.0m。
3	西北明渠取水。取水工程布置在厂址西北珍珠湾口门内，明渠口门处地形高程-2m~-5m，宽340m，口门朝向西北侧，取水明渠北堤长约450m，南堤长380m；明渠内底标高-8.0m。	东南明渠排水。排水工程自电厂东部延伸至电厂南部，然后折向东南，一期工程东侧导堤长1250m，西侧导堤长600m，渠口门宽200m，堤头处地形高程-10m；二、三期工程东侧导堤长3900m，西侧导堤长3250m，渠口门宽200m，堤头处地形高程-12m。明渠底标高为-6.0m。
4	东南侧明渠取水。取水港池位于厂址南侧，口门朝向东北侧，口门处地形高程约-9m，宽215m，取水港池北堤长约350m，南堤长2100m；港池内底标高-8.0m。	南侧暗涵排水。排水暗涵离岸分别为3.5km、3.9km、4.2km。排水口附近地形高程-12m。
T（推荐方案）		南侧明渠排水。排水工程布置在取水工程南堤外侧，采用暗涵穿过取水明渠通过排水明渠排至外海。一期工程东侧导堤长1450m，西侧导堤长1050m，渠口门宽180m，堤头处地形高程-11m；二、三期工程东侧导堤长4050m，西侧导堤长3650m，渠口门宽180m，堤头处地形高程-12m。明渠底标高为-6.0m。

表 6.1-2　第三阶段取排水方案描述

<table>
<tr><th>方案</th><th>取水</th><th colspan="2">排水</th></tr>
<tr><td>2014年推荐方案</td><td>东南侧明渠取水。取水港池位于厂址南侧，口门朝向东北侧，口门处地形高程约-9m，宽 215m，取水港池北堤长约 350m，南堤长 2100m；港池内底标高-8.0m。</td><td colspan="2">南侧明渠排水。排水工程布置在取水工程南堤外侧，采用暗涵穿过取水明渠通过排水明渠排至外海。一期工程东侧导堤长1450m，西侧导堤长 1050m，渠口门宽180m，堤头处地形高程-11m；二、三期工程东侧导堤长 4050m，西侧导堤长 3650m，渠口门宽 180m，堤头处地形高程-12m。明渠底标高为-6.0m。</td></tr>
<tr><td>一</td><td rowspan="6">位置与2014年推荐方案基本一致，口门宽 240m。</td><td rowspan="5">一期排水与2014 年推荐方案基本一致。</td><td>二、三期的排水导堤延长300m。</td></tr>
<tr><td>二</td><td>二、三期的排水导堤延长500m。</td></tr>
<tr><td>三</td><td>二、三期的排水导堤延长100m。</td></tr>
<tr><td>四</td><td>二、三期的排水导堤延长200m。</td></tr>
<tr><td>五</td><td>二、三期的排水导堤延长250m。</td></tr>
<tr><td>六</td><td colspan="2">暗涵排水，排水口离岸 3750 米，位置与方案五明渠口门位置相同。</td></tr>
<tr><td>推荐方案</td><td>优化陆域和泵房布置，保留白龙头，口门位置和宽度不变。</td><td colspan="2">同方案五</td></tr>
</table>

表 6.1-3　第四阶段排水方案比选

方案	取水	排水
明渠排水	东北港池取水。取水港池位于厂址南侧，口门朝向东北侧，口门处地形高程约-9m，宽 215m，取水港池北堤长约 350m，南堤长 2100m；港池内底标高-8.0m。口门宽 240m。	南侧明渠排水。排水工程布置在取水工程南堤外侧，采用暗涵穿过取水明渠通过排水明渠排至外海。一期工程排水在近岸，排水堤长 750m，渠口门宽 180m，堤头处地形高程-11m；二、三期工程排水在离岸，排水堤长 3750m，渠口门宽 180m，堤头处地形高程-12m。明渠底标高为-6.0m。
暗涵排水		一期排水仍然是明渠排水，排水堤长 750m；二、三期排水采用暗涵方式排水，暗涵长度 4000m 长。
明渠取水暗涵排水	东北港池取水。取水港池位于厂址南侧，口门朝向东北侧，口门处地形高程约-9m，二、三期在明渠内暗涵取水。	排水采用隧洞+箱涵的方式，一期排水离岸分别：1.5km、2km、2.25km、2.5km、2.75km、3km、4km，二期排水分别离岸 3km、4km，三期排水分别离岸 3km、4km、5km、5.5km。

表 6.1-4　推荐的取排水方案

方案	取水	排水
明渠取水暗涵排水	取水明渠位于厂区东南侧，口门处地形标高约-9.5m，口门处底宽约 260m，取水明渠底高程-8.5m，渠底宽度约 175m。	一期工程采用暗涵排水方案，排水口处底高程约-12.9m，距离岸边约 4.0km；二、三期工程也采用暗涵排水方案。

表 6.1-5　2 台机组最大温升包络面积（数模）

工况	计算潮型	层位	最大温升包络面积（km^2）					取水口最大温升（℃）
			≥0.5℃	≥1℃	≥2℃	≥3℃	≥4℃	
夏季	半月潮	表层	35.92	20.92	7.69	2.62	0.85	＜0.1
		中层	5.23	1.66	0.44	0.18	0.08	
		底层	1.60	0.57	0.17	0.08	0.04	
		各层叠加	35.99	20.92	7.69	2.62	0.85	
	典型大潮	表层	31.30	18.27	6.28	1.90	0.66	＜0.1
		中层	5.76	1.59	0.42	0.16	0.08	
		底层	2.04	0.58	0.15	0.07	0.04	
		各层叠加	31.30	18.27	6.28	1.90	0.66	
	典型中潮	表层	39.60	22.61	6.32	1.85	0.58	＜0.1
		中层	3.19	1.04	0.30	0.13	0.07	
		底层	0.89	0.36	0.12	0.07	0.04	
		各层叠加	39.64	22.61	6.32	1.85	0.58	
	典型小潮	表层	32.69	19.76	6.00	1.91	0.66	＜0.1
		中层	2.34	0.93	0.31	0.15	0.08	
		底层	0.74	0.33	0.13	0.07	0.03	
		各层叠加	33.00	19.76	6.00	1.91	0.66	
冬季	半月潮	表层	46.45	26.53	11.29	4.35	1.45	0.16
		中层	9.37	2.64	0.68	0.27	0.13	
		底层	2.63	0.86	0.25	0.12	0.06	
		各层叠加	46.49	26.53	11.29	4.35	1.45	
	典型大潮	表层	28.09	17.14	7.69	3.12	1.10	＜0.1
		中层	9.70	3.22	0.78	0.29	0.14	
		底层	4.37	1.10	0.29	0.12	0.06	
		各层叠加	28.09	17.14	7.69	3.12	1.10	
	典型中潮	表层	27.25	16.70	7.39	2.96	1.07	＜0.1
		中层	7.66	2.50	0.60	0.22	0.11	
		底层	3.54	0.93	0.22	0.09	0.05	
		各层叠加	27.25	16.70	7.39	2.96	1.07	
	典型小潮	表层	36.66	18.92	7.09	3.25	1.42	0.31
		中层	1.89	0.99	0.36	0.18	0.10	
		底层	0.63	0.32	0.13	0.07	0.04	
		各层叠加	36.81	18.95	7.09	3.25	1.42	

表 6.1-6　2 台机组平均温升包络面积（数模）

工况	计算潮型	层位	平均温升包络面积（km^2）				
			≥0.5℃	≥1℃	≥2℃	≥3℃	≥4℃
夏季	半月潮	表层	1.254	0.475	0.131	0.050	0.023
		中层	0.051	0.032	0.016	0.009	0.006
		底层	0.018	0.012	0.006	0.004	0.002
		各层叠加	1.254	0.475	0.131	0.050	0.023
	典型大潮	表层	0.413	0.140	0.036	0.016	0.007
		中层	0.059	0.027	0.013	0.006	0.004
		底层	0.022	0.014	0.006	0.003	0.002
		各层叠加	0.413	0.140	0.036	0.016	0.007
	典型中潮	表层	1.460	0.523	0.125	0.052	0.023
		中层	0.066	0.037	0.018	0.010	0.005
		底层	0.019	0.015	0.006	0.004	0.002
		各层叠加	1.460	0.523	0.125	0.052	0.023
	典型小潮	表层	4.828	1.597	0.364	0.128	0.055
		中层	0.077	0.043	0.021	0.014	0.006
		底层	0.020	0.015	0.007	0.005	0.003
		各层叠加	4.828	1.597	0.364	0.128	0.055
冬季	半月潮	表层	2.338	0.745	0.160	0.055	0.023
		中层	0.076	0.041	0.019	0.012	0.007
		底层	0.021	0.016	0.007	0.004	0.004
		各层叠加	2.338	0.745	0.160	0.055	0.023
	典型大潮	表层	0.525	0.139	0.032	0.015	0.007
		中层	0.084	0.037	0.014	0.007	0.005
		底层	0.031	0.017	0.006	0.003	0.002
		各层叠加	0.525	0.139	0.032	0.015	0.007
	典型中潮	表层	1.450	0.503	0.093	0.034	0.016
		中层	0.088	0.044	0.020	0.011	0.006
		底层	0.029	0.017	0.007	0.004	0.002
		各层叠加	1.450	0.503	0.093	0.034	0.016
	典型小潮	表层	14.681	6.622	1.242	0.326	0.138
		中层	0.139	0.075	0.034	0.021	0.014
		底层	0.029	0.021	0.010	0.009	0.005
		各层叠加	14.681	6.622	1.242	0.326	0.138

表 6.1-7　2 台机组运行时物模最大温升等值线包络面积（km^2）

季节	潮型	4℃	3℃	2℃	1℃
冬季	半月潮	1.49	4.88	12.98	26.30
	小潮	1.61	3.61	7.67	18.74
	中潮	1.24	3.32	7.87	16.54
	大潮	1.29	3.65	8.35	17.09
夏季	半月潮	1.21	3.51	8.37	20.43
	小潮	0.76	2.24	6.92	19.21
	中潮	0.57	2.15	7.05	21.90
	大潮	0.69	2.19	7.00	17.47

表 6.1-8　2 台机组运行时物模平均温升等值线包络面积（km^2）

季节	潮型	4℃	3℃	2℃	1℃
冬季	半月潮	-	-	0.19	0.73
	小潮	0.15	0.40	1.32	6.59
	中潮	-	-	0.11	0.48
	大潮	-	-	0.04	0.14
夏季	半月潮	-	0.07	0.15	0.45
	小潮	-	0.14	0.40	1.58
	中潮	-	-	0.13	0.49
	大潮	-	-	0.04	0.13

表 6.1-9　2 台机组温排水物理模型与数学模型最大温升面积统计（单位: km^2）

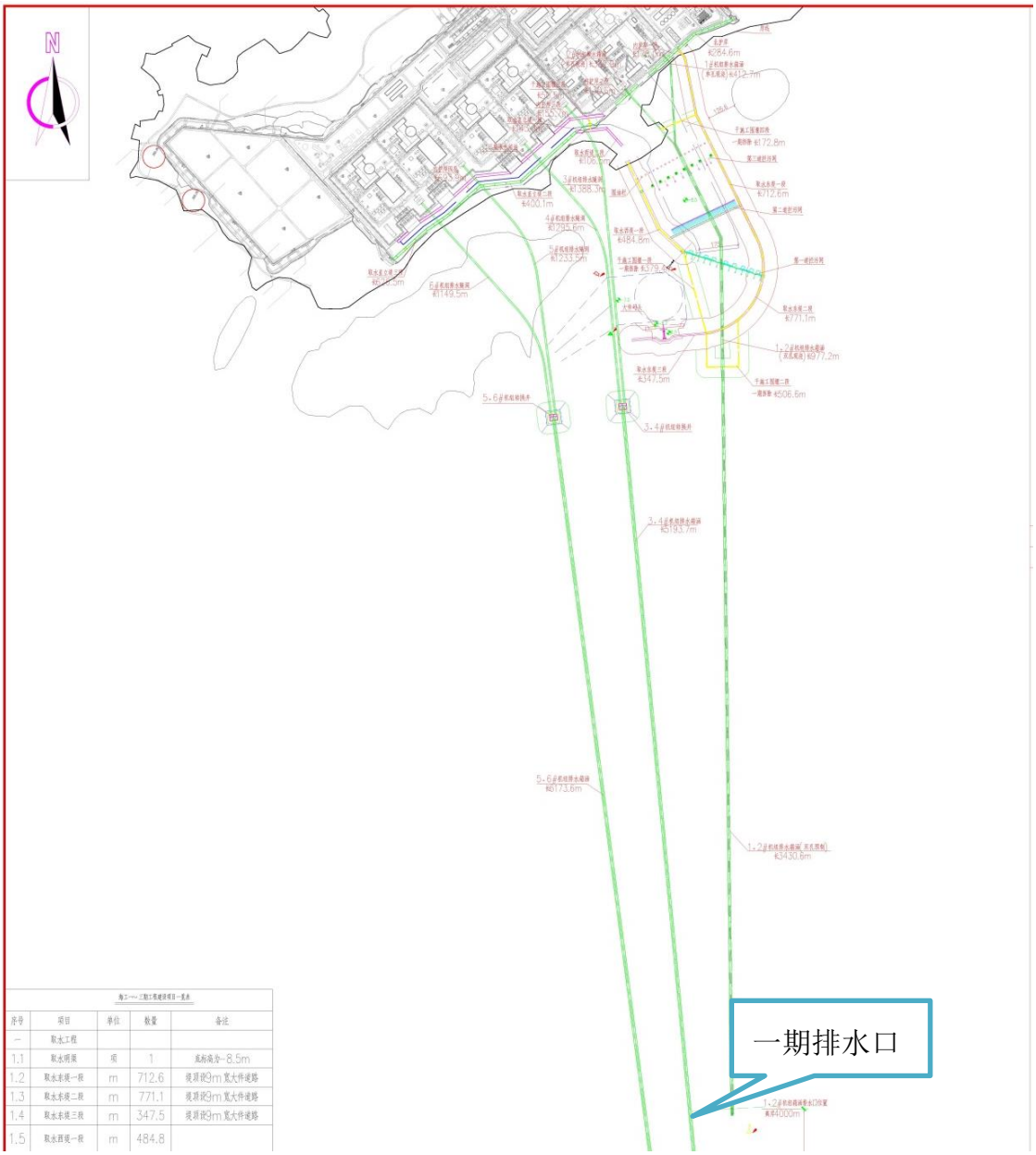
季节	潮型	4℃		3℃		2℃		1℃	
		物模	数模	物模	数模	物模	数模	物模	数模
冬季	半月潮	1.49	1.45	4.88	4.35	12.98	11.29	26.30	26.53
	小潮	1.61	1.42	3.61	3.25	7.67	7.09	18.74	18.95
	中潮	1.24	1.07	3.32	2.96	7.87	7.39	16.54	16.70
	大潮	1.29	1.10	3.65	3.12	8.35	7.69	17.09	17.14
夏季	半月潮	1.21	0.85	3.51	2.62	8.37	7.69	20.43	20.92
	小潮	0.76	0.66	2.24	1.91	6.92	6.00	19.21	19.76
	中潮	0.57	0.58	2.15	1.85	7.05	6.32	21.90	22.61
	大潮	0.69	0.66	2.19	1.90	7.00	6.28	17.47	18.27

表 6.1-10　本工程温排水与周边生态环境分区管控要求的相符性评价

范围	管控单元名称	管控单元分类	管控要求	本工程与管控要求的相符性评价
排水口及4℃温升范围	防城港市江山半岛南面排污混合区（防城港市江山半岛特殊用海区）	重点管控单元	空间布局约束： 1、严格按照相关法律法规、海洋国土空间规划以及海水动力条件等要求，经科学论证后，规范设置和监管入海排污口，并报设区的市级以上人民政府生态环境行政主管部门备案。 2、加快推进深海排放基础设施建设，实行离岸排放。 污染物排放管控： 1、入海排污口各类污染物排放须符合国家、省、市以及相关行业的污染物排放标准及主要污染物总量控制指标，同时满足海洋国土空间规划的管理要求。 2、禁止向海域排放油类、酸液、碱液、剧毒废液和高、中水平放射性废水，严格控制向海域排放含有不易降解的有机物和重金属的废水，排放低水平放射性废水应当符合国家放射性污染防治标准，其他污染物的排放应当符合国家或者地方标准。 3、含病原体的医疗污水、生活污水和工业废水必须经过处理，符合国家有关排放标准后，方能排入海域。 4、含有机物和营养物质的工业废水、生活污水，应当严格控制向海湾、半封闭海及其他自净能力较差的海域排放。 5、向海域排放含热废水，必须采取有效措施，保证邻近渔业水域的水温符合国家海洋环境质量标准，避免热污染对水产资源的危害。 6、严格控制排污混合区主要污染物排放超出最大允许排放量。 7、水质保护目标为海水水质标准第四类（除水温外），应定期评估水温变化对周边敏感目标的影响情况，并根据情况采取相应的保护措施。 环境风险防控： 1、深入强化入海排污口环境安全监管，提升海域水环境监察、监测能力，建立入海排污口长效管理机制，定期开展联合执法。 2、强化环境风险源精准化管理，健全突发环境事件风险评估制度，加强污染物排放浓度和总量监测监控，强化监控确保达标排放。 3、根据各污水排放口在线监测系统实时的监测数据，实时掌握污染物排放情况，一旦发现污染物超标，应立即启动应急管控预案。	空间布局约束： 本工程入海排污口设置符合管控要求。 污染物排放管控： 本工程排放液态流出物符合国家放射性污染防治标准。 本工程向海域排放含热废水，根据《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》，本工程温排水符合要求。 本工程排水符合水质保护目标为海水水质标准第四类（除水温外）。

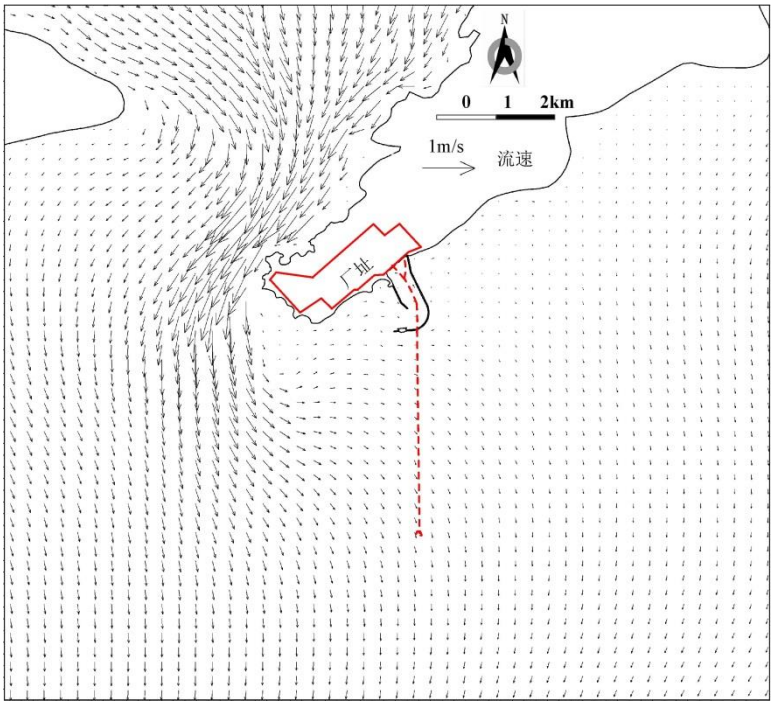
夏季1℃温升范围及冬季2℃温升范围	防城港市江山半岛南部农渔业区（防城港市江山半岛南部渔业用海区）	一般管控单元	空间布局约束： 1、鼓励养殖用海与其他用海活动融合发展、立体利用；按照养殖容量控制养殖规模和养殖密度，发展健康、生态养殖方式；不得擅自改变养殖水域滩涂使用用途的行为。 2、禁渔期间，禁止底拖网渔船和拖虾渔船及捕捞二长棘鲷幼鱼和幼虾为主的其他作业渔船进入生产。1~7月为蓝圆鲹或二长棘鲷产卵期，加强对蓝圆鲹和二长棘鲷产卵场的保护。 污染物排放管控： 1、海从事养殖生产不得使用含有毒有害物质的饵料、饲料。科学确定养殖密度，合理投饵、施肥、使用药物，养殖排放水应符合相关规定，不得造成水域的环境污染。 2、船舶排放含油污水、生活污水，应当符合船舶污染物排放标准。船舶的残油、废油应当回收，禁止排入水体。禁止向水体倾倒船舶垃圾。禁止排放不符合规定的船舶压载水。 3、规范回收处置废弃塑料制品、渔网渔具等废弃物。 4、向海洋排放养殖尾水污染物等应当符合污染物排放标准。 5、严格控制国控监测点海水水质不劣于二类标准。	空间布局约束： 本工程符合。 污染物排放管控： 根据《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》，本工程温排水符合要求。 除水温外，本工程排水能满足国控监测点海水水质不劣于二类标准。
	广西近海南部农渔业区（防城港市）（广西近海南部渔业用海区）	一般管控单元	空间布局约束： 1、鼓励养殖用海与其他用海活动融合发展、立体利用；按照养殖容量控制养殖规模和养殖密度，发展健康、生态养殖方式；不得擅自改变养殖水域滩涂使用用途的行为。 2、锚地、倾倒区和人工鱼礁建设应征求相关部门的意见。除人工渔礁建设、航道改扩建、锚地和倾废区的选划外，不得改变海域自然属性。禁渔期间，禁止底拖网渔船和拖虾渔船及捕捞二长棘绸幼鱼和幼虾为主的其它作业渔船进入生产。调整与清理影响生态环境和航行安全的养殖方式。1~7月为蓝圆鲹或二长棘鲷产卵期，加强对蓝圆鲹和二长棘鲷产卵场的保护。 污染物排放管控： 1、海域从事养殖生产不得使用含有毒有害物质的饵料、饲料。科学确定养殖密度，合理投饵、施肥、使用药物，养殖排放水应符合相关规定，不得造成水域的环境污染。 2、船舶排放含油污水、生活污水，应当符合船舶污染物排放标准。船舶的残油、废油应当回收，禁止排入水体。禁止向水体倾倒船舶垃圾。禁止排放不符合规定的船舶压载水。 3、规范回收处置废弃塑料制品、渔网渔具	空间布局约束： 本工程符合。 污染物排放管控： 根据《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》，本工程温排水符合要求。 除水温外，本工程排水能满足国控监测点海水水质不劣于二类标准。

			等废弃物。 4、向海洋排放养殖尾水污染物等应当符合污染物排放标准。 5、严格控制国控监测点海水水质不劣于二类标准。	

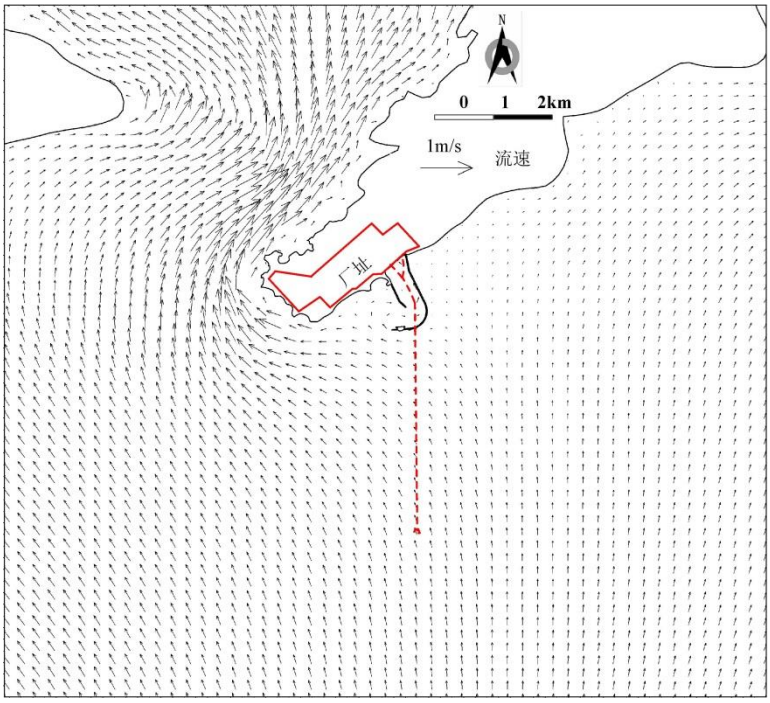


序号	项目	单位	数量	备注
–	取水工程			
1.1	取水明渠	项	1	底标高为-8.5m
1.2	取水东坡一段	m	712.6	设置宽3m宽大件道路
1.3	取水东坡二段	m	771.1	设置宽3m宽大件道路
1.4	取水东坡三段	m	347.5	设置宽3m宽大件道路
1.5	取水西坡一段	m	484.8	

图 6.1-1　推荐的取排水方案布置图



（大潮落急时刻）



（大潮涨急时刻）

图 6.1-2　工程潮流场

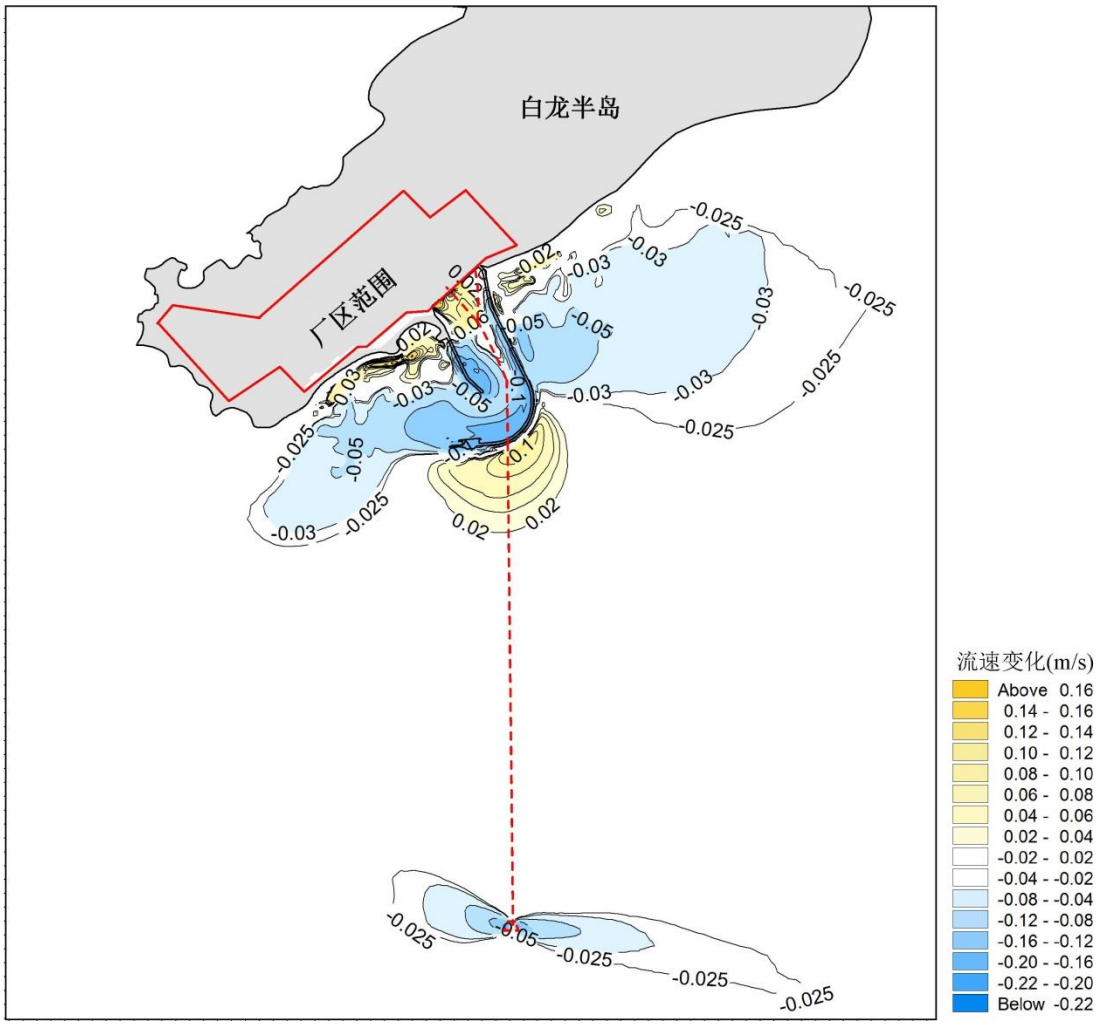


图 6.1-3　工程前后平均流速变化图

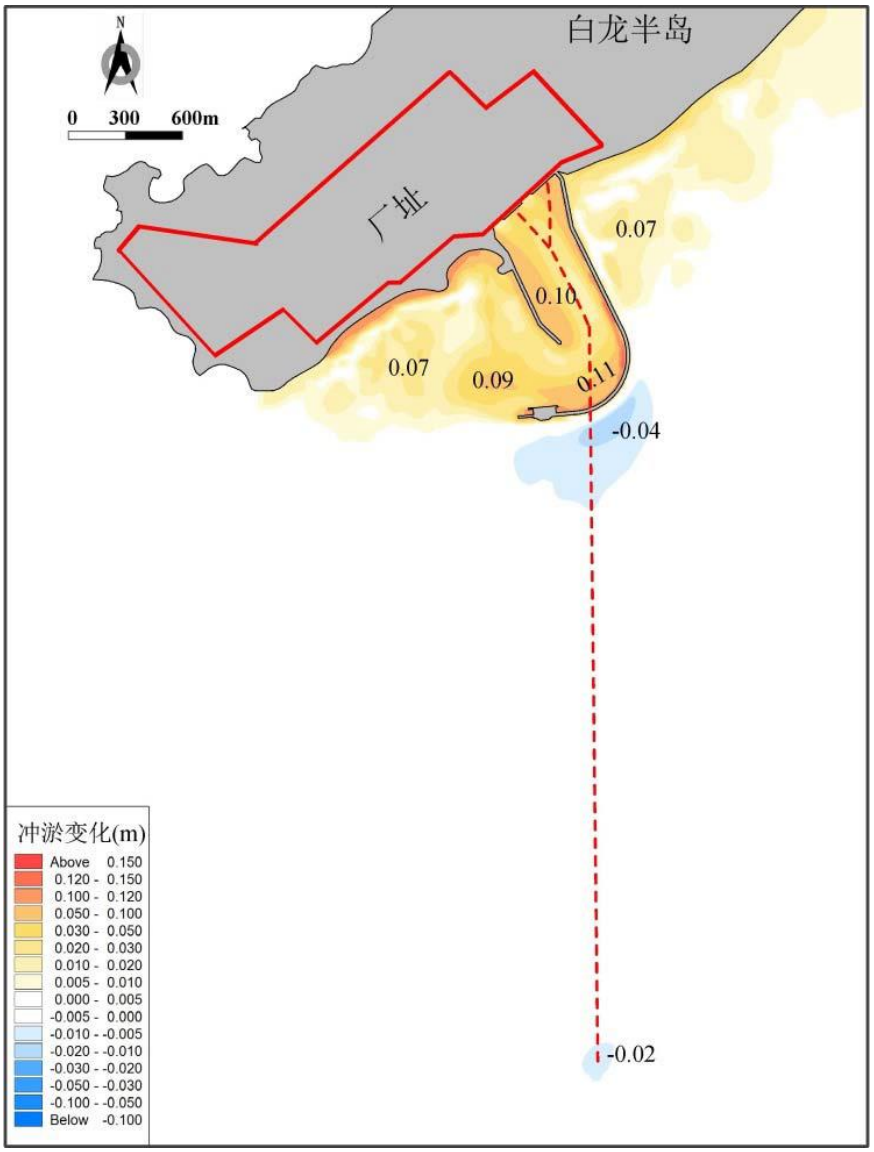


图 6.1-4　代表潮作用下工程海域年冲淤厚度分布图（2 台机组）

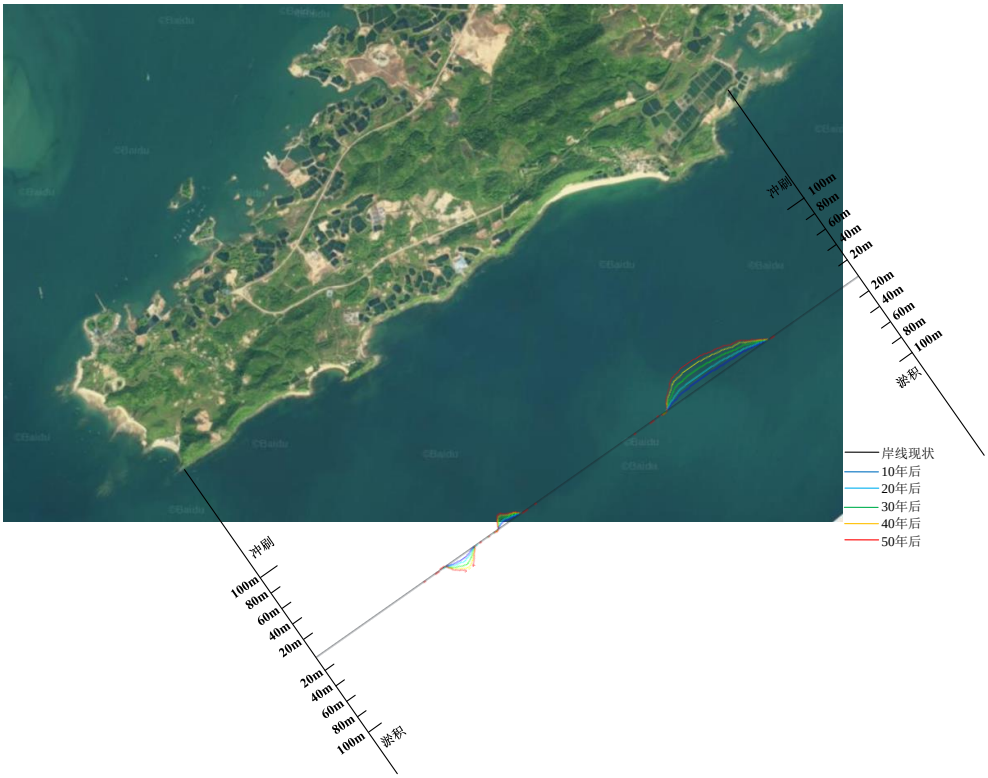


图 6.1-5a　现状条件下厂址附近岸线变化（冲淤幅度与岸线长度比尺为 20:1）

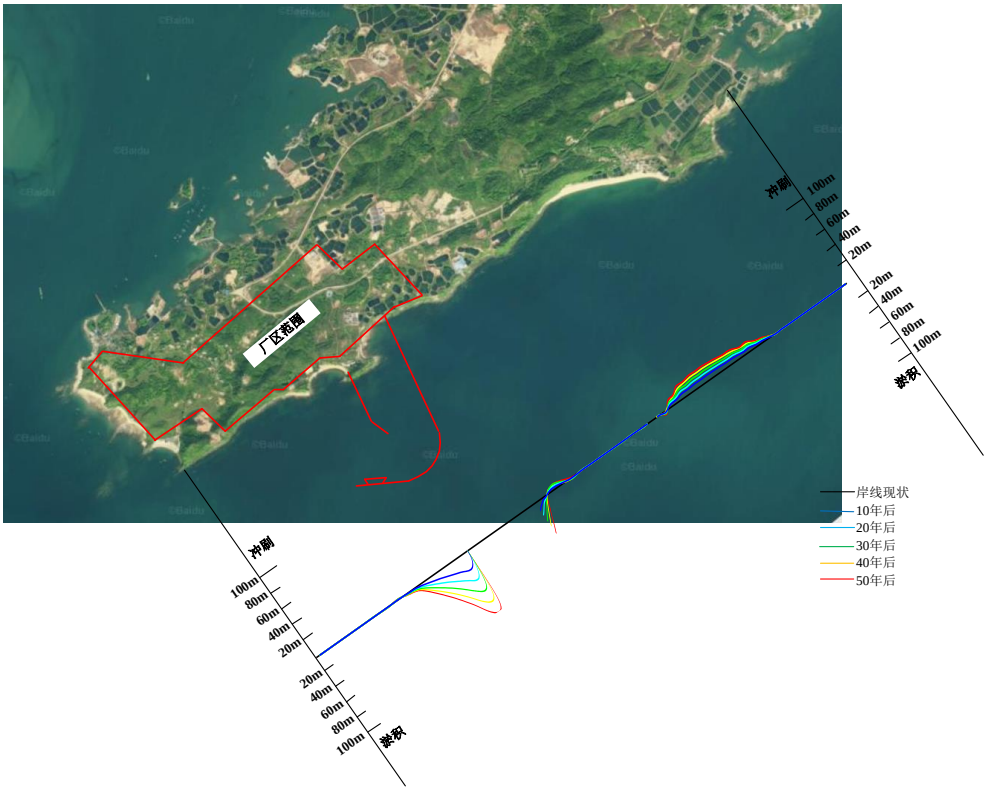


图 6.1-5b　工程后厂址附近岸线变化（冲淤幅度与岸线长度比尺为 20:1）



图 6.1-5c　工程后厂址附近岸线变化（冲淤幅度与岸线长度比尺为 20:1）

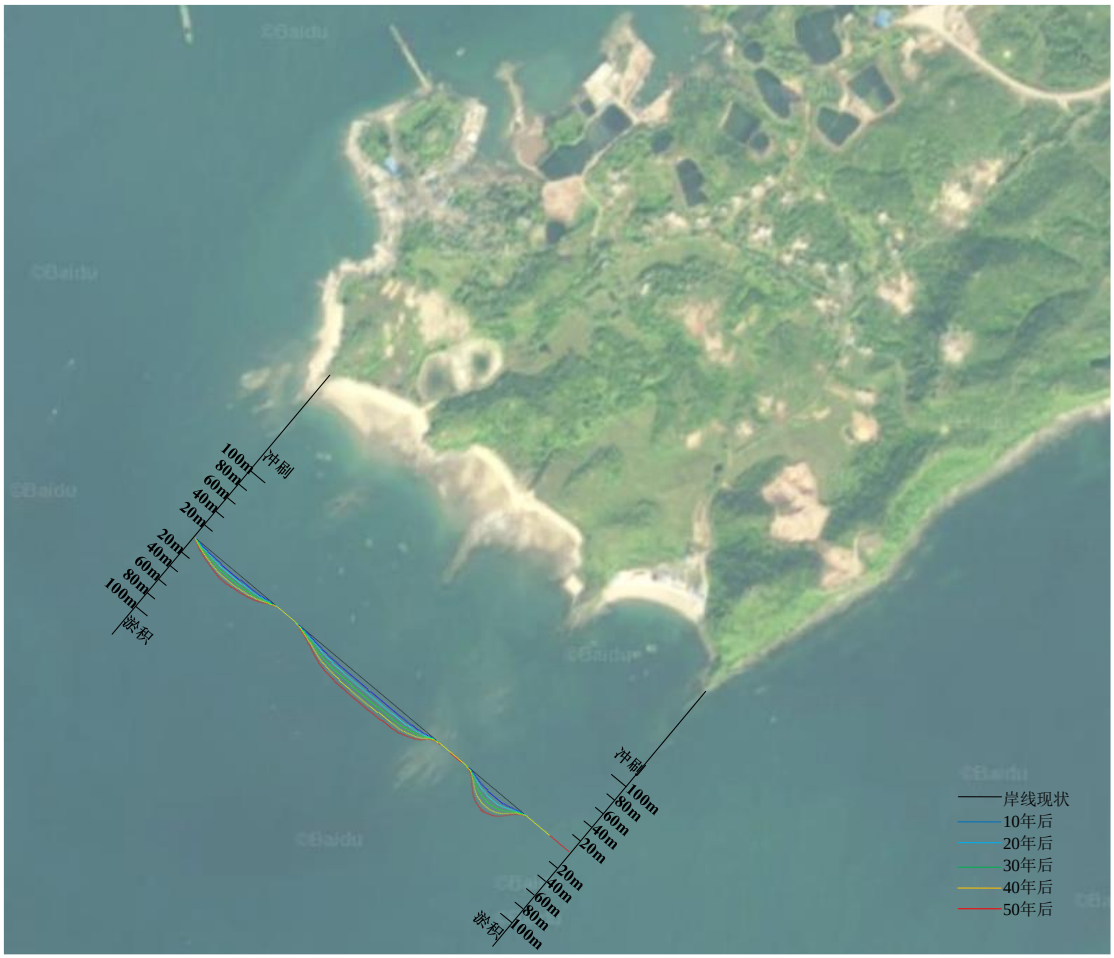


图 6.1-6a　现状情况下怪石滩附近岸线变化（冲淤幅度与岸线长度比尺为 10:1）

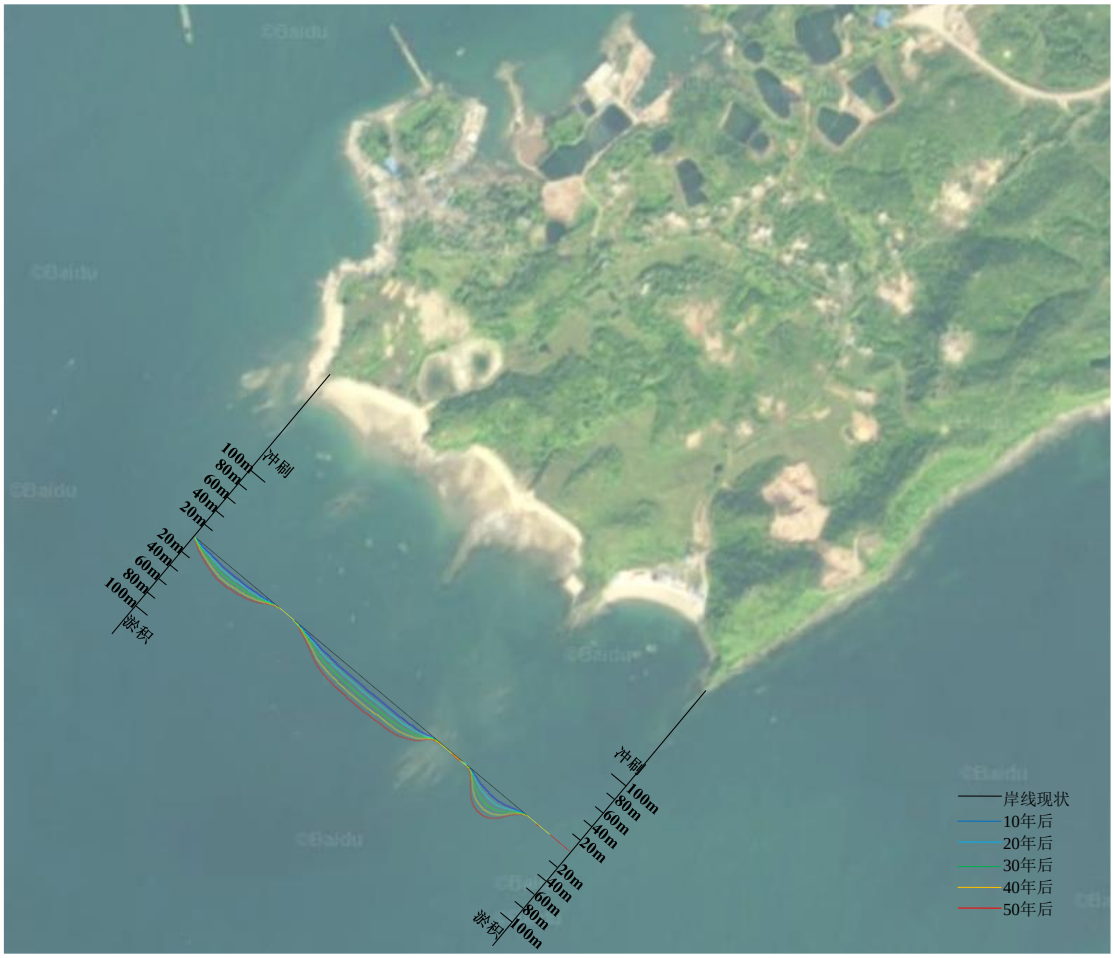


图 6.1-6b　工程后怪石滩附近岸线变化（冲淤幅度与岸线长度比尺为 10:1）

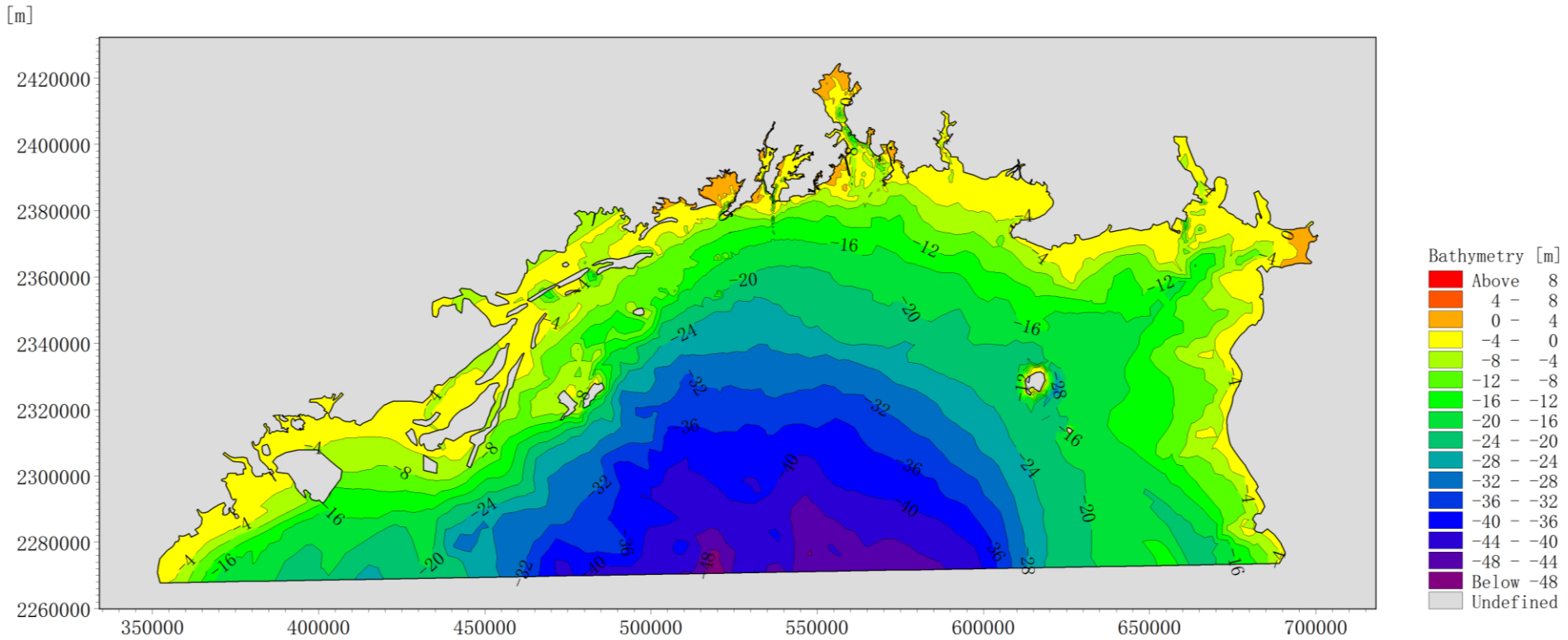


图 6.1-7　数值模拟计算范围及水深地形图

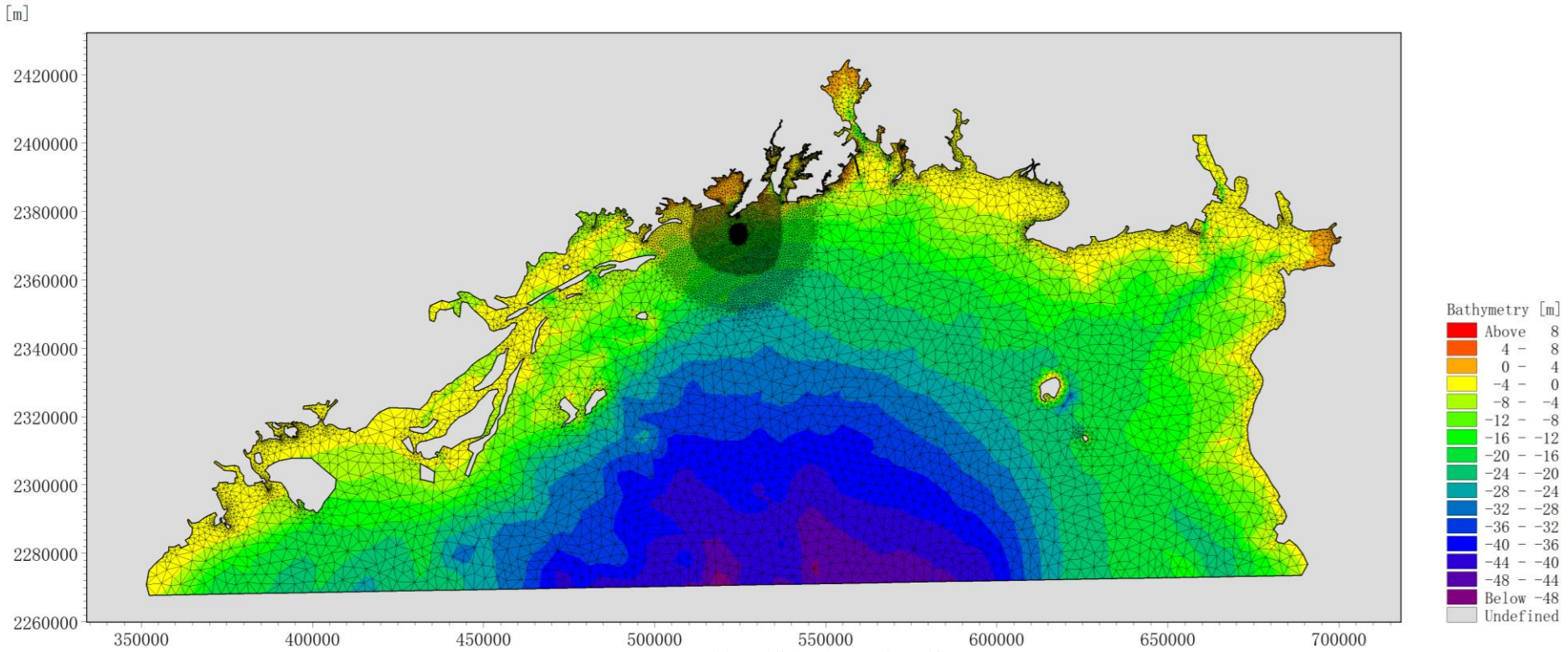


图 6.1-8　数值模拟大区域网格图

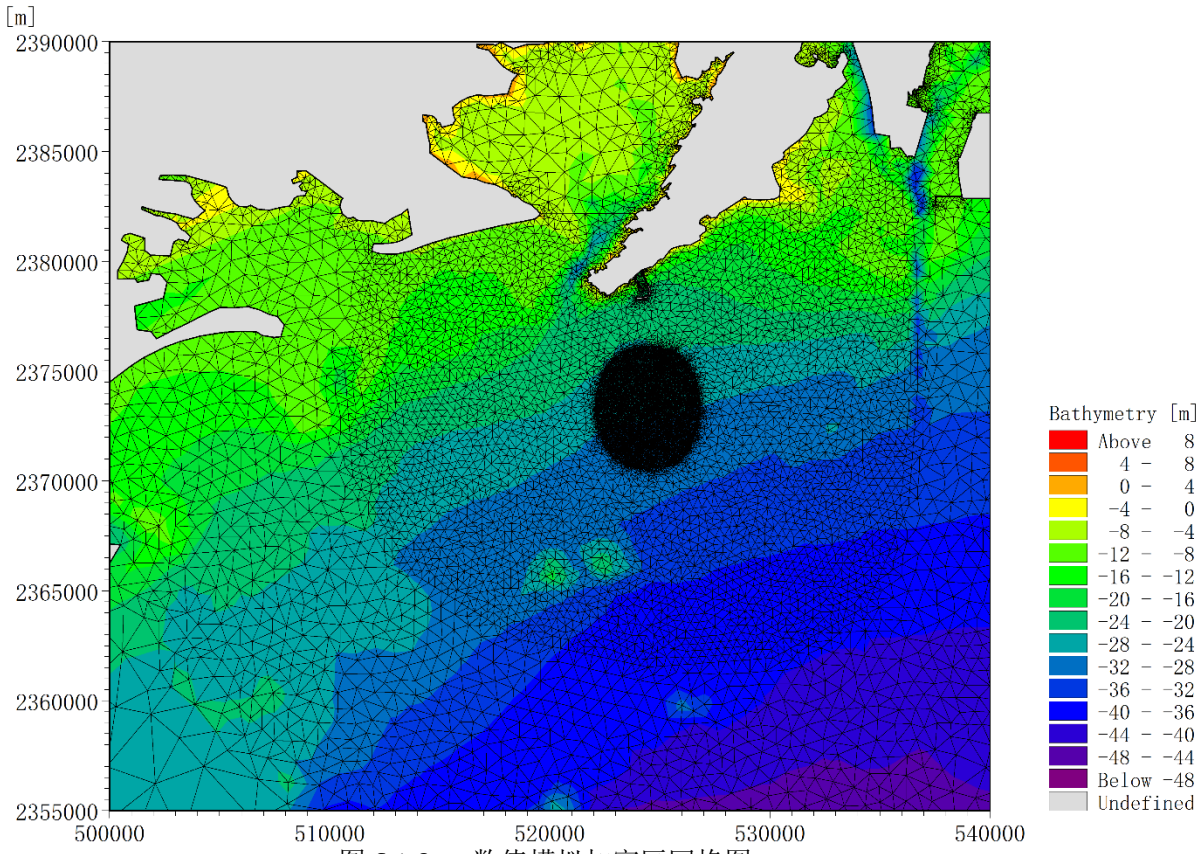


图 6.1-9a　数值模拟加密区网格图

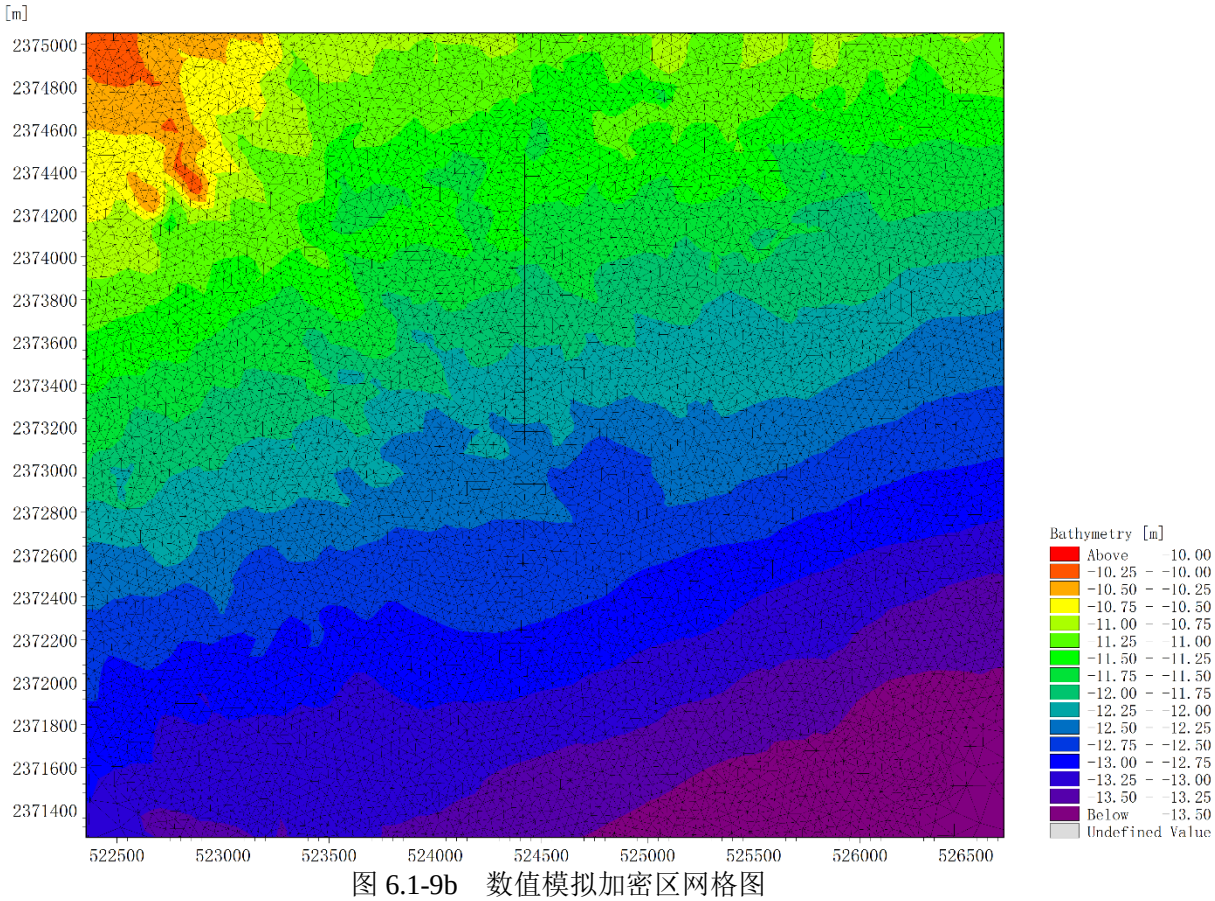


图 6.1-9b　数值模拟加密区网格图

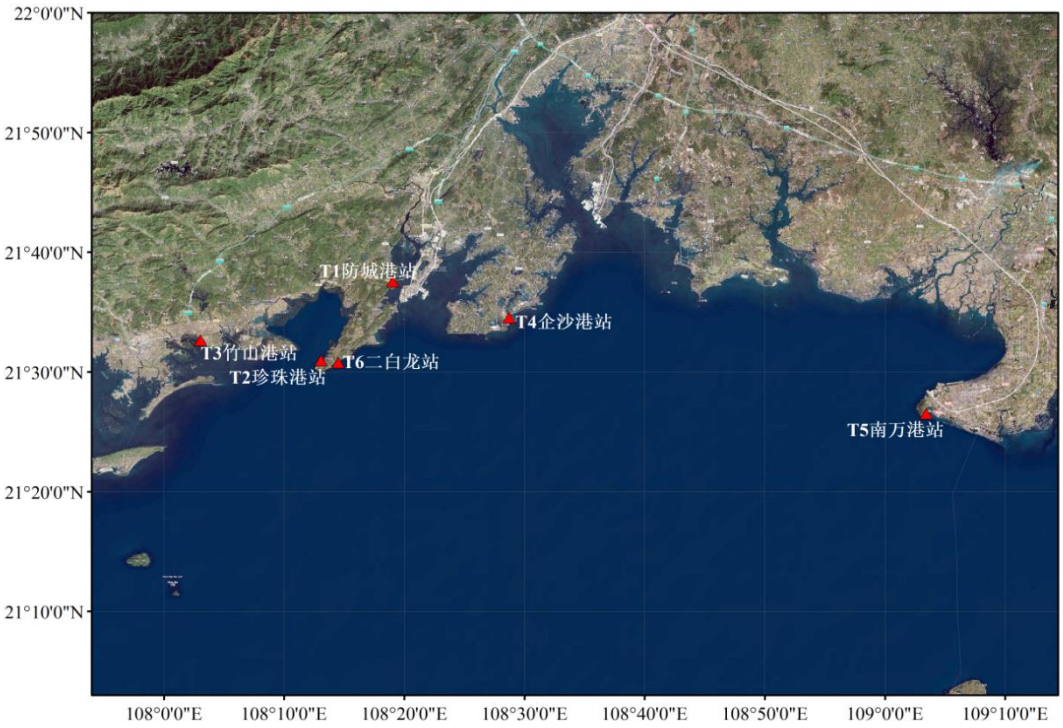


图 6.1-10　潮位点位置图

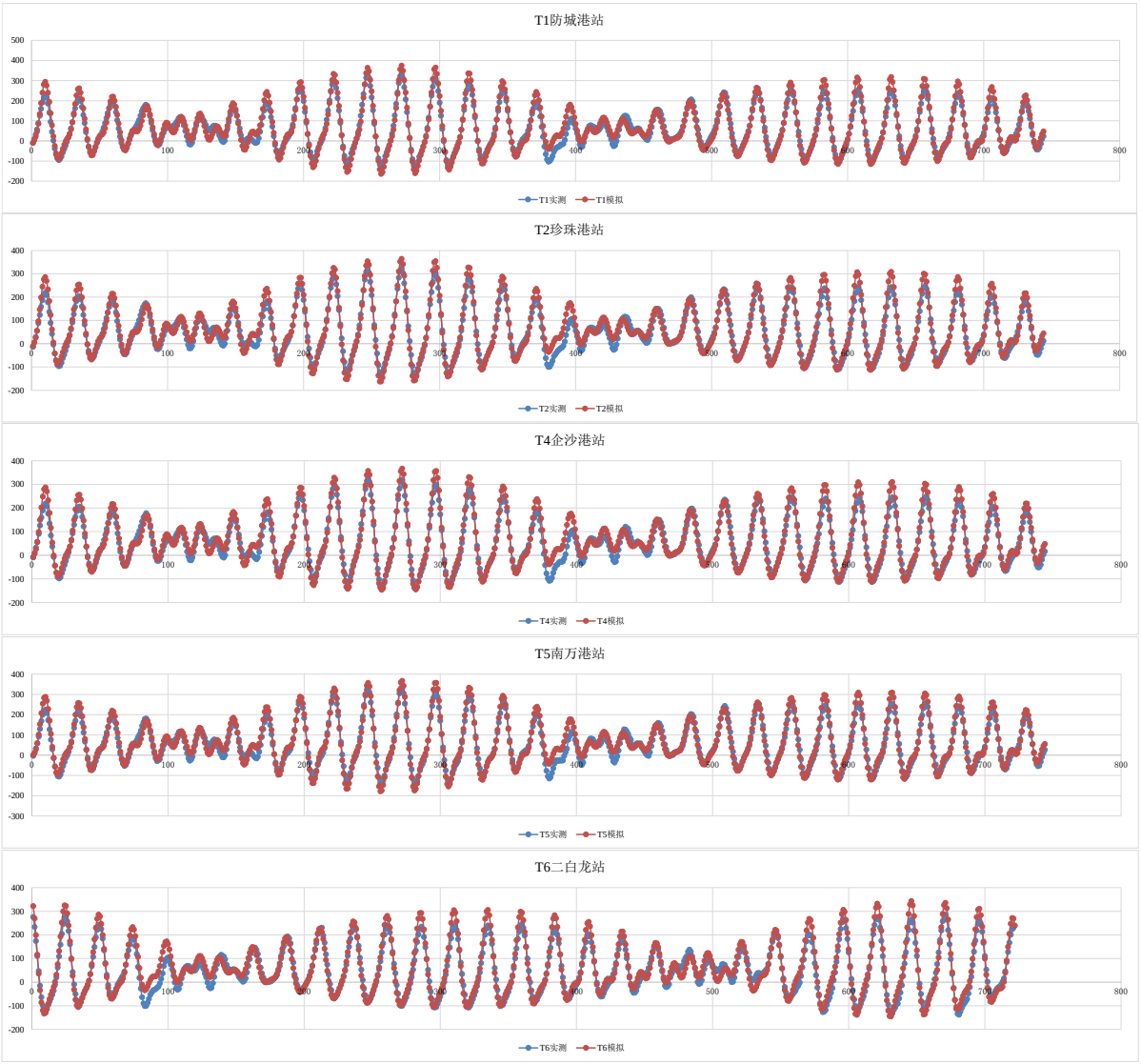


图 6.1-11　冬季潮位验证曲线

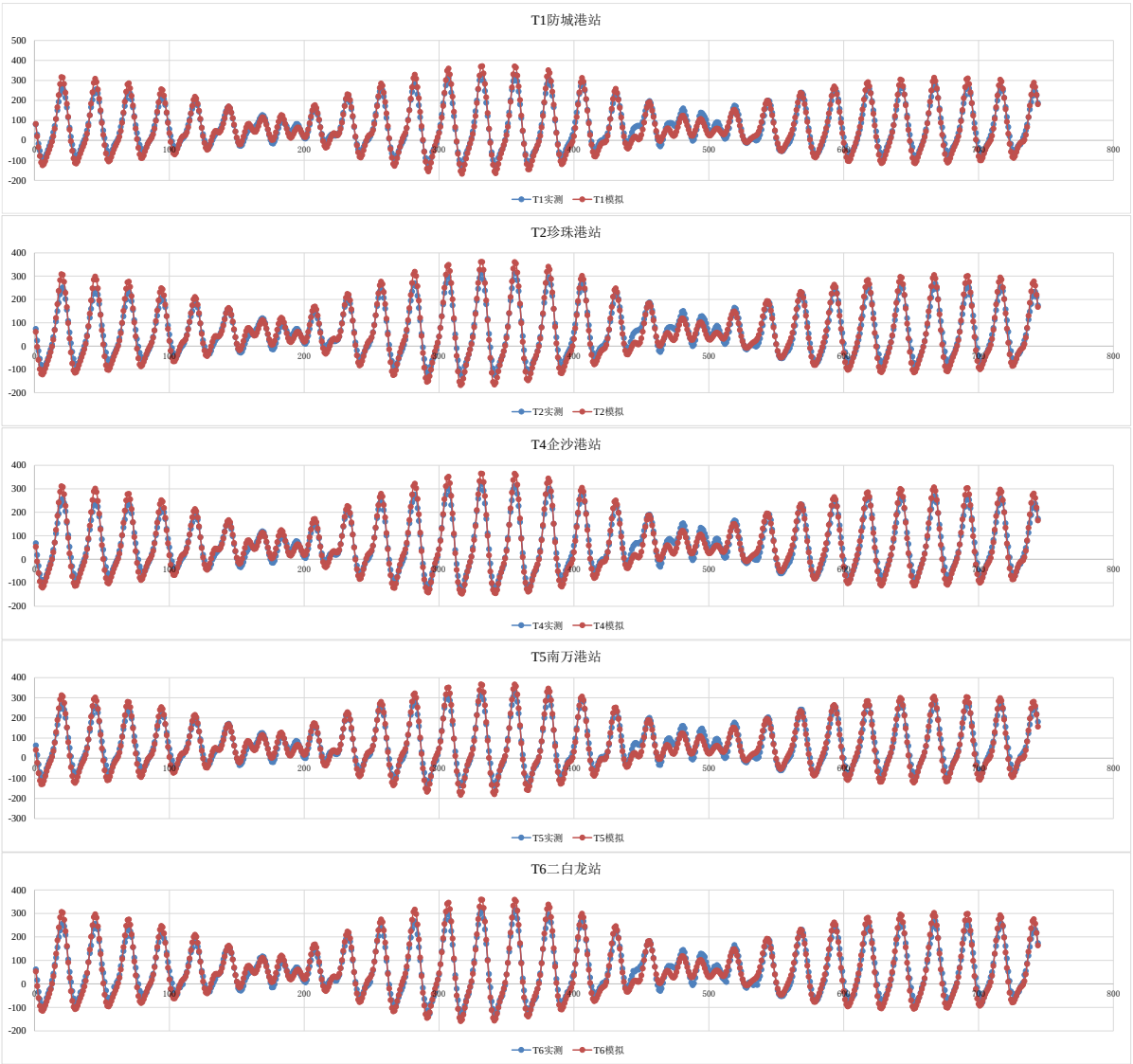


图 6.1-12　夏季潮位验证曲线

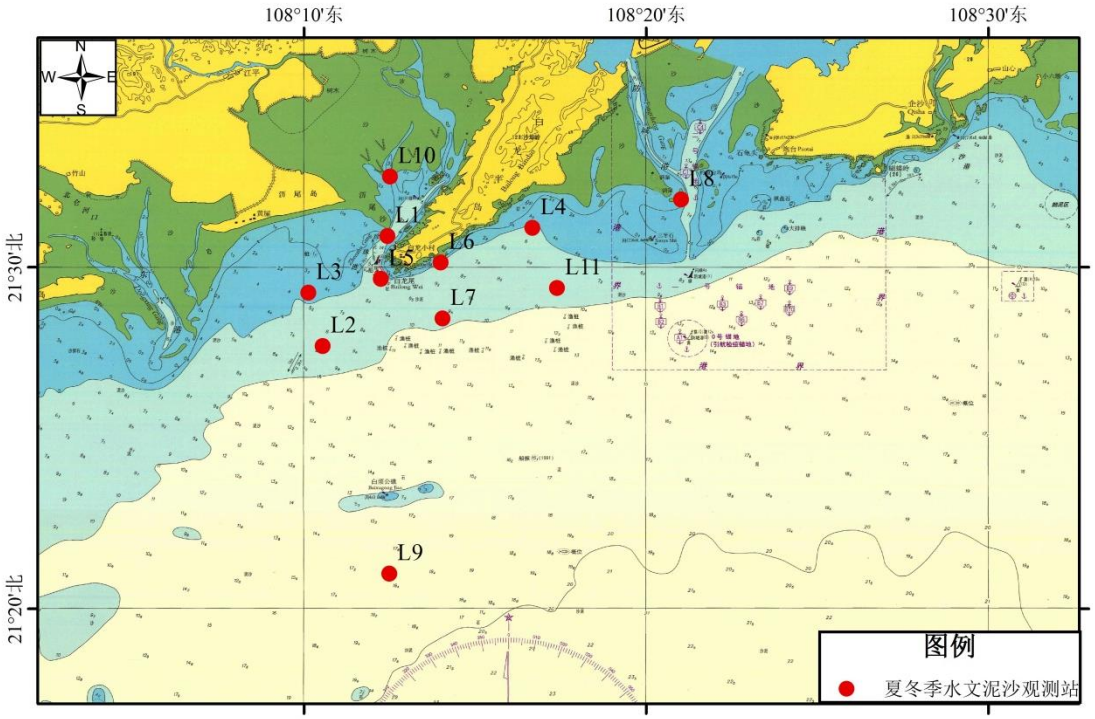


图 6.1-13　潮流验证点位置图

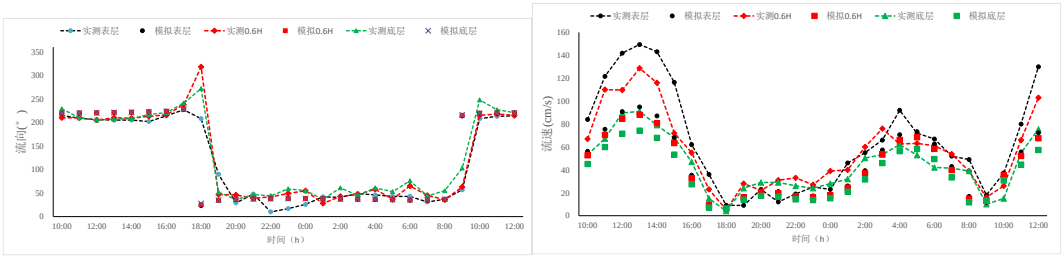


图 6.1-14（1） 1 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）

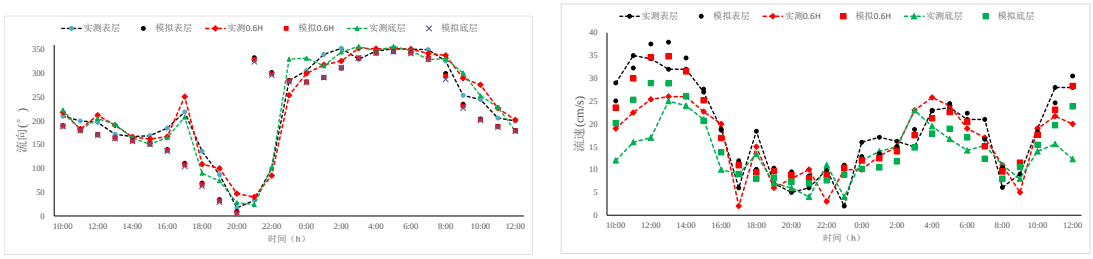


图 6.1-14（2） 2 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）

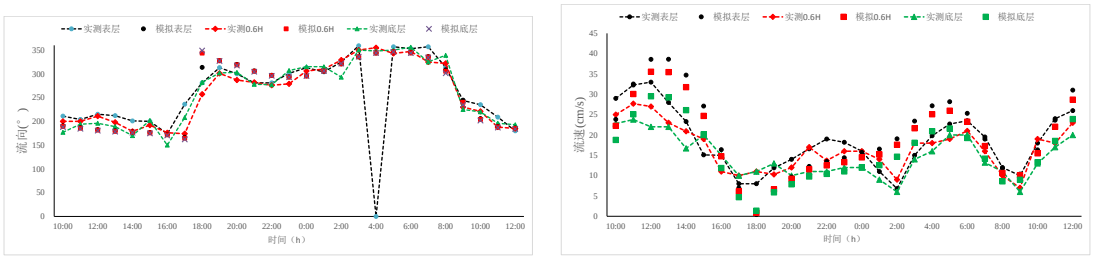


图 6.1-14（3） 3 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）

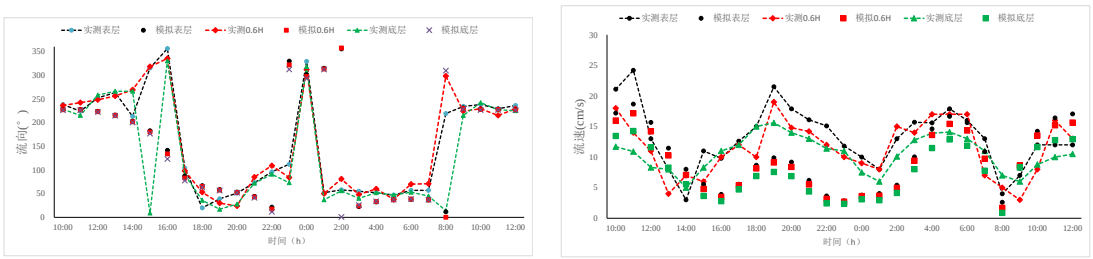


图 6.1-14（4） 4 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）

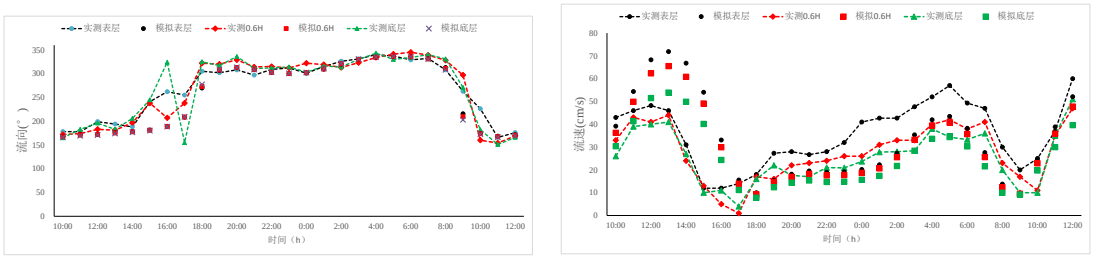


图 6.1-14（5） 5 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）

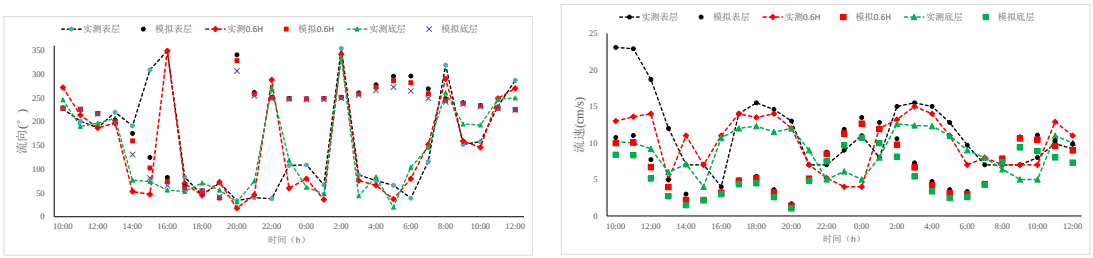


图 6.1-14（6） 6 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）

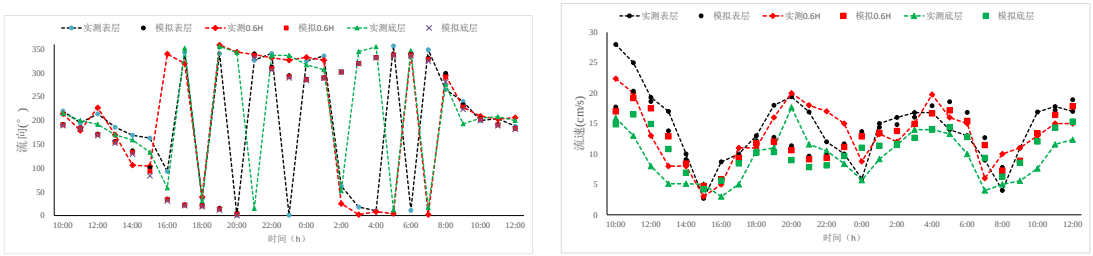


图 6.1-14（7） 7 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）

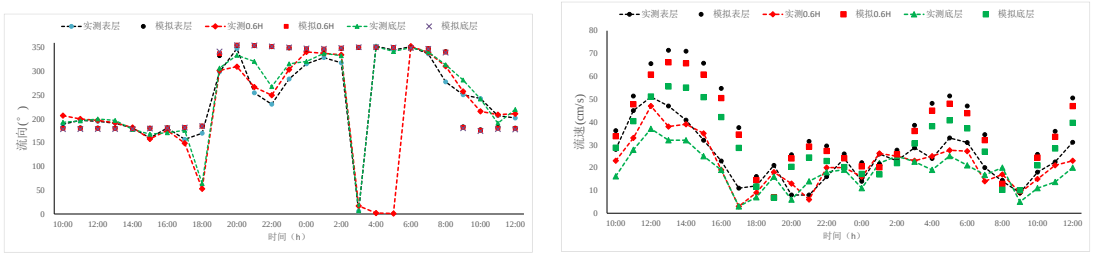


图 6.1-14（8） 8 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）

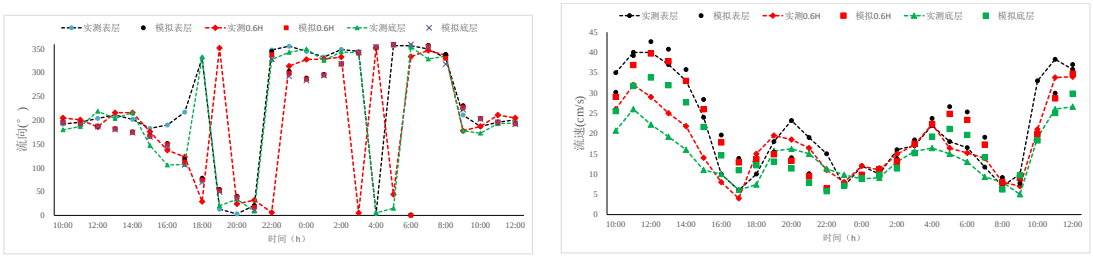


图 6.1-14（9） 9 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）

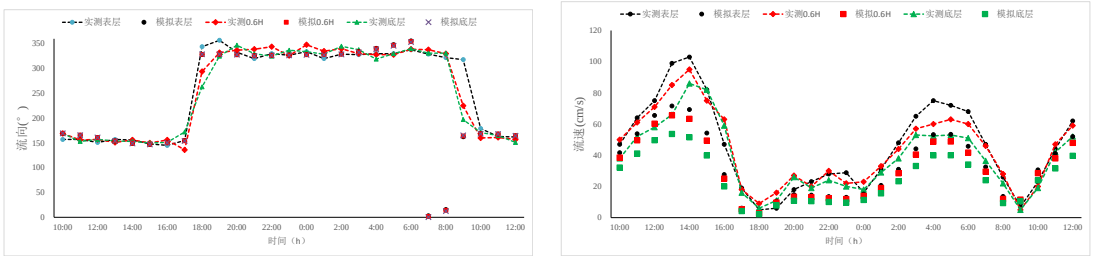


图 6.1-14（10） 10 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）

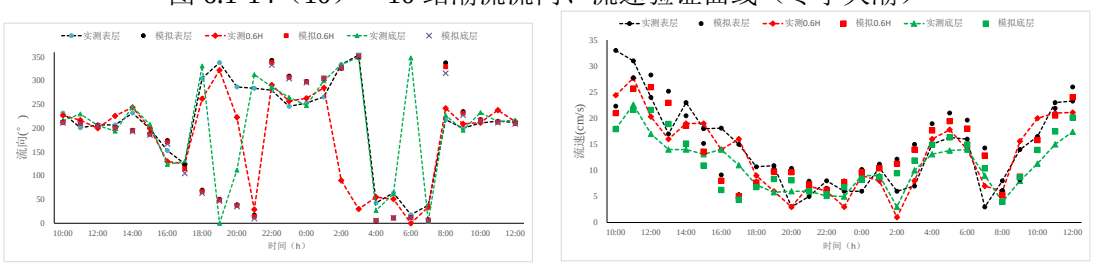
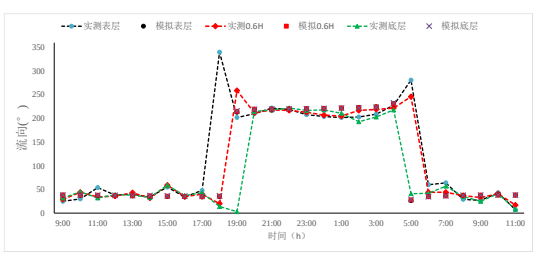


图 6.1-14（11） 11 站潮流流向、流速验证曲线（冬季大潮）



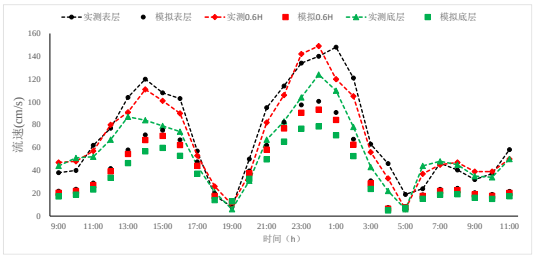
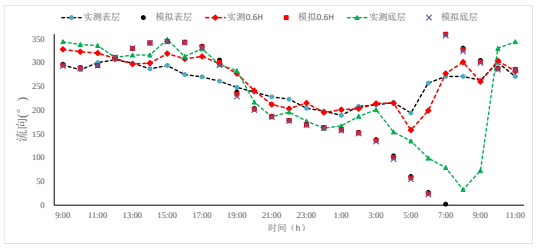


图 6.1-15（1）　1 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）



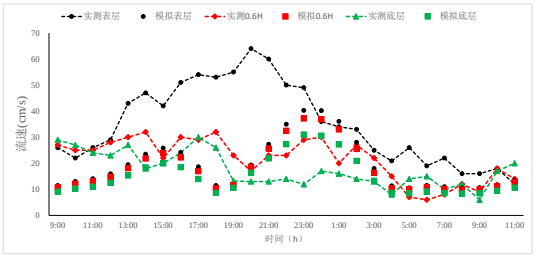
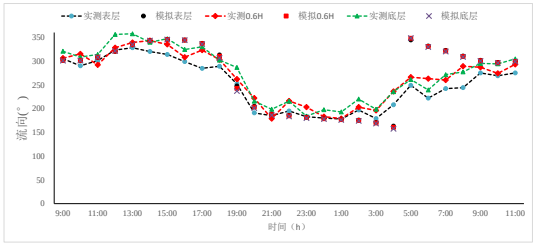


图 6.1-15（2）　2 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）



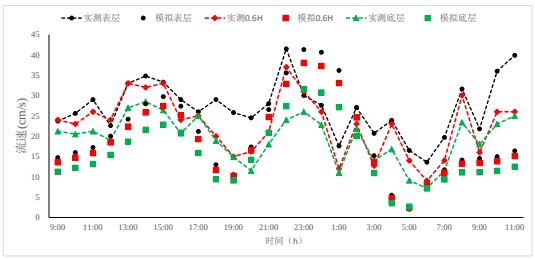
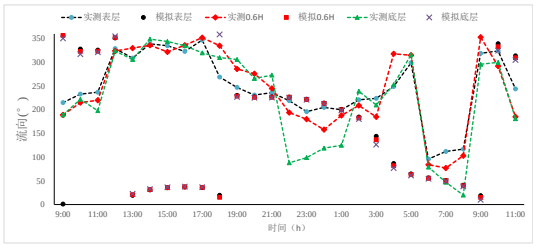


图 6.1-15（3）　3 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）



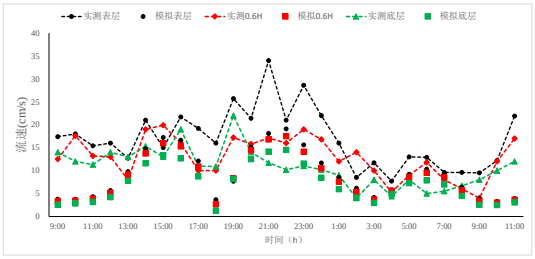
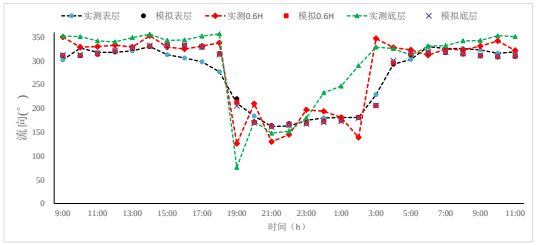


图 6.1-15（4）　4 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）



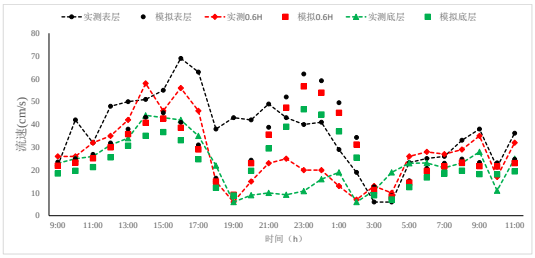
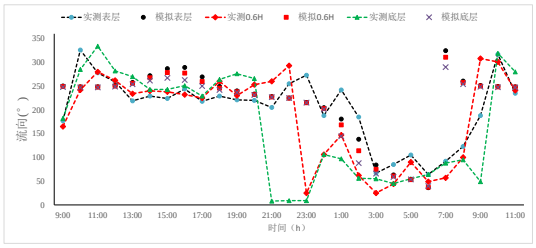


图 6.1-15（5）　5 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）



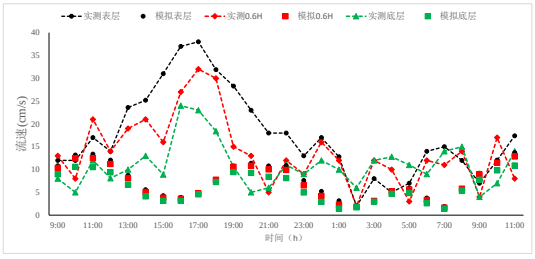
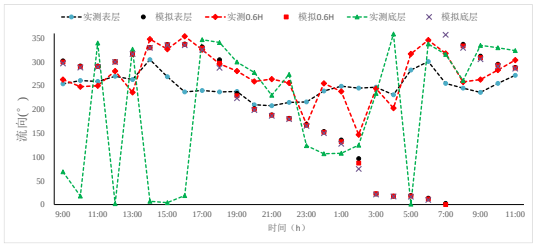


图 6.1-15（6）　6 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）



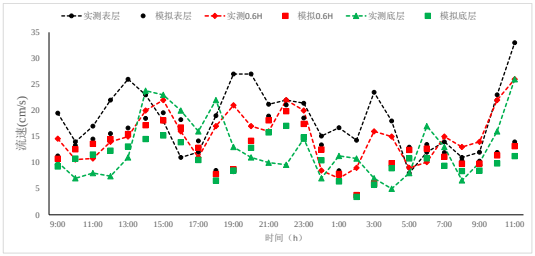
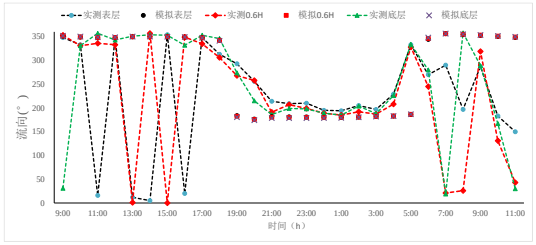


图 6.1-15（7） 7 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）



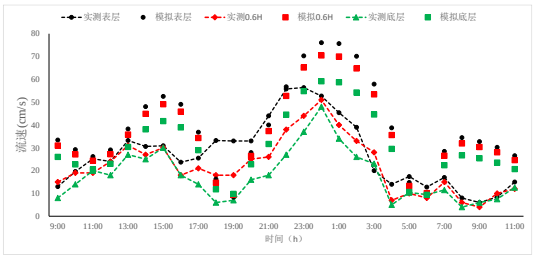
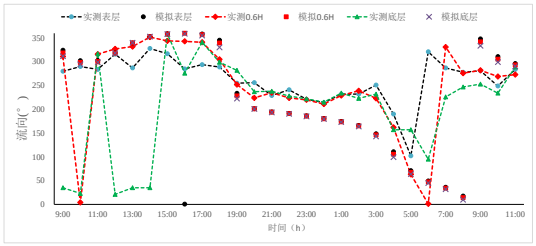


图 6.1-15（8） 8 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）



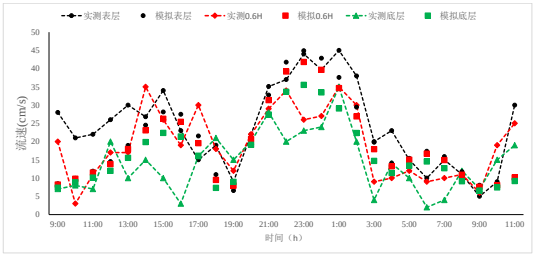
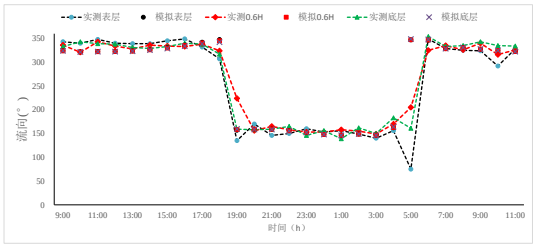


图 6.1-15（9） 9 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）



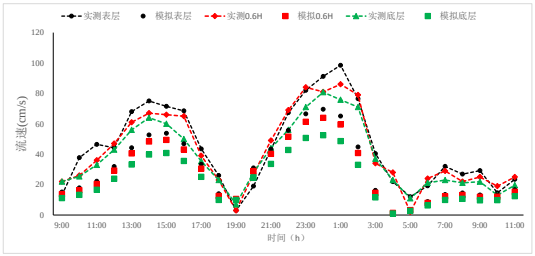
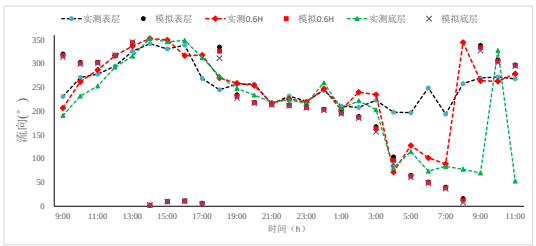


图 6.1-15（10） 10 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）



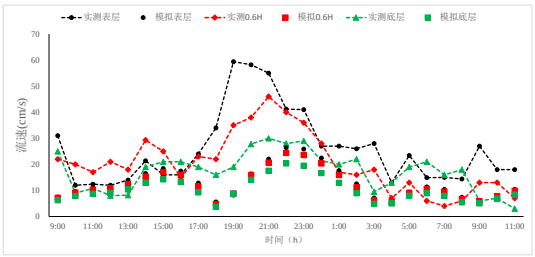


图 6.1-15（11） 11 站潮流流向、流速验证曲线（夏季大潮）

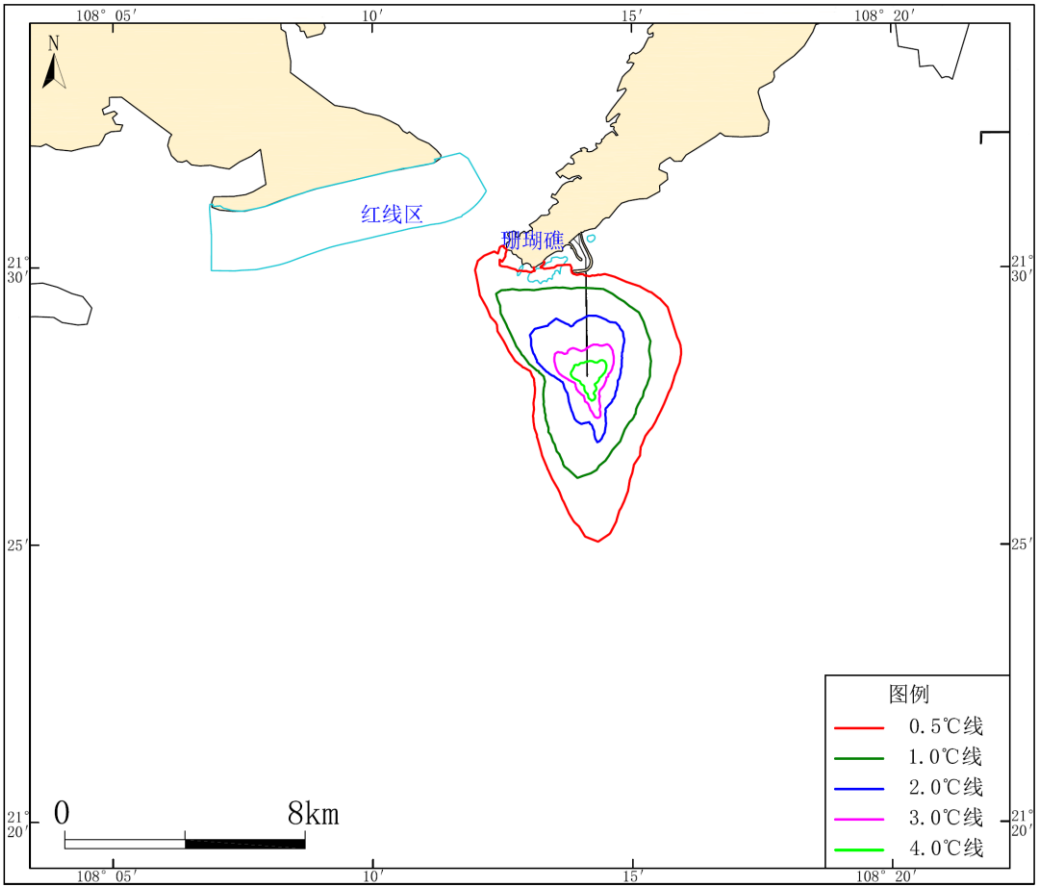


图 6.1-16　夏季各层叠加最大温升包络范围（半月潮、2 台机组）

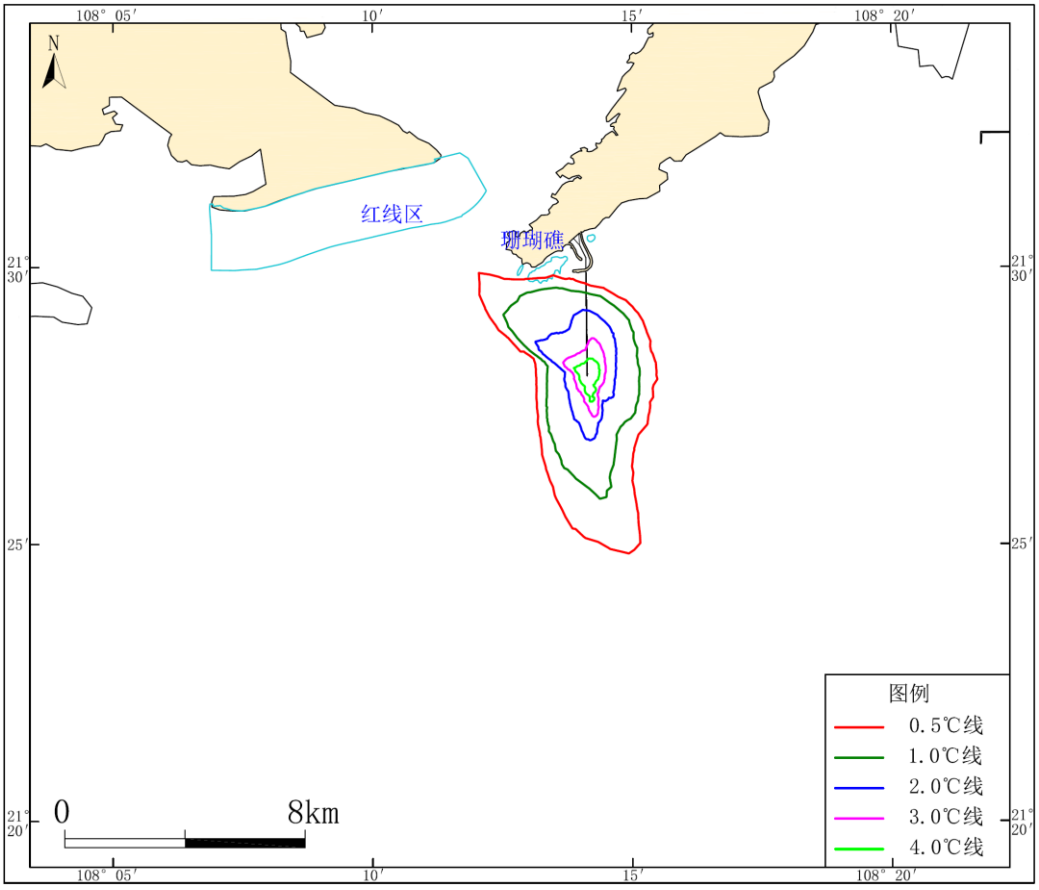


图 6.1-17　夏季各层叠加最大温升包络范围（典型大潮、2 台机组）

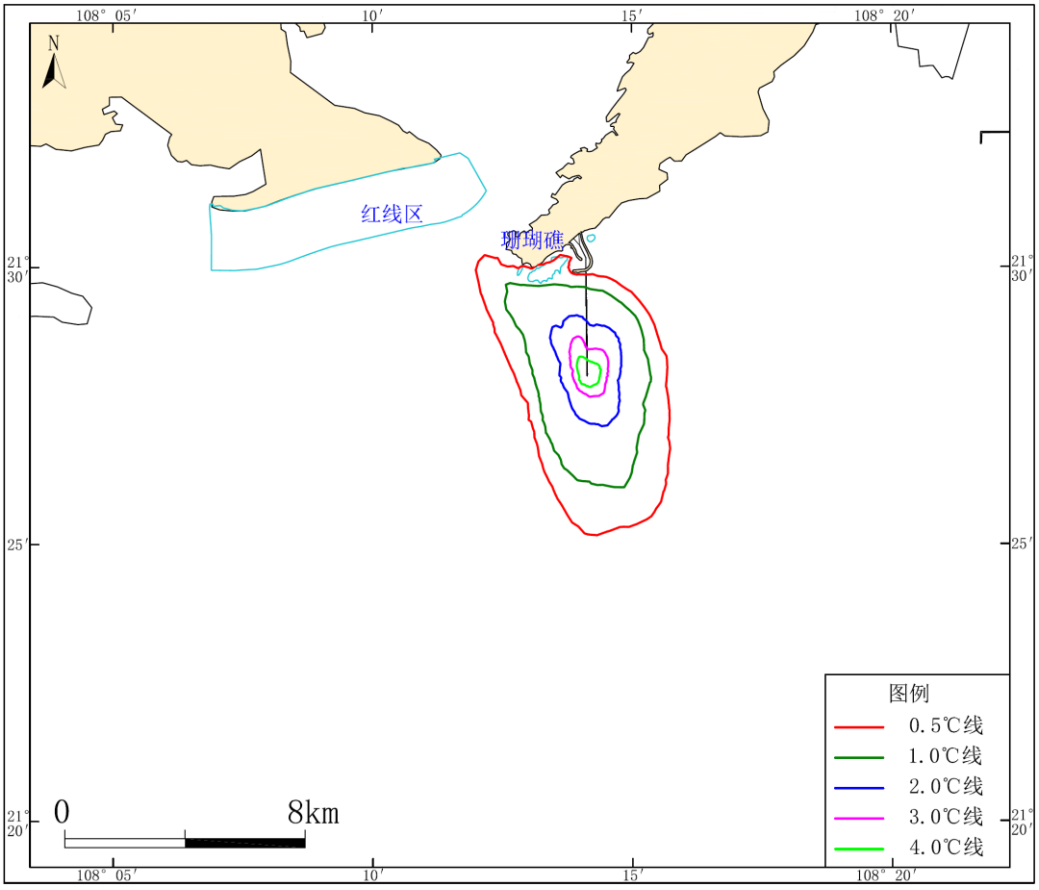


图 6.1-18　夏季各层叠加最大温升包络范围（典型中潮、2 台机组）

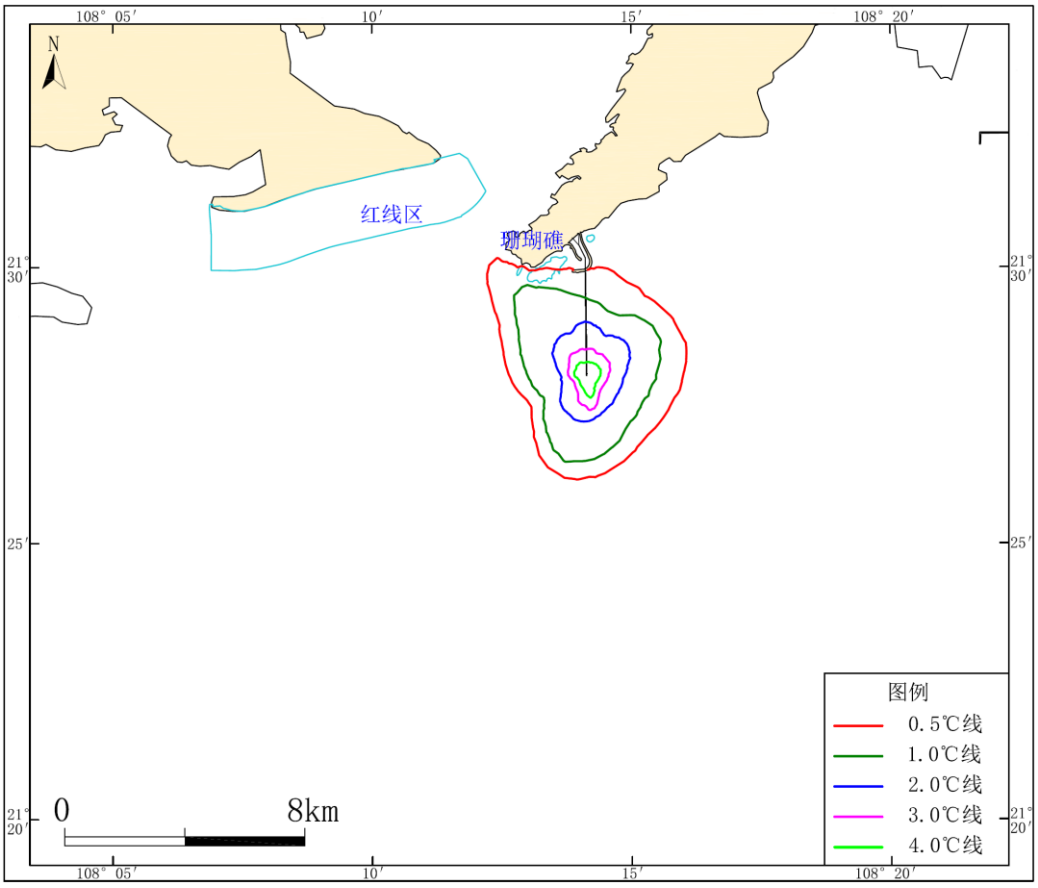


图 6.1-19　夏季各层叠加最大温升包络范围（典型小潮、2 台机组）

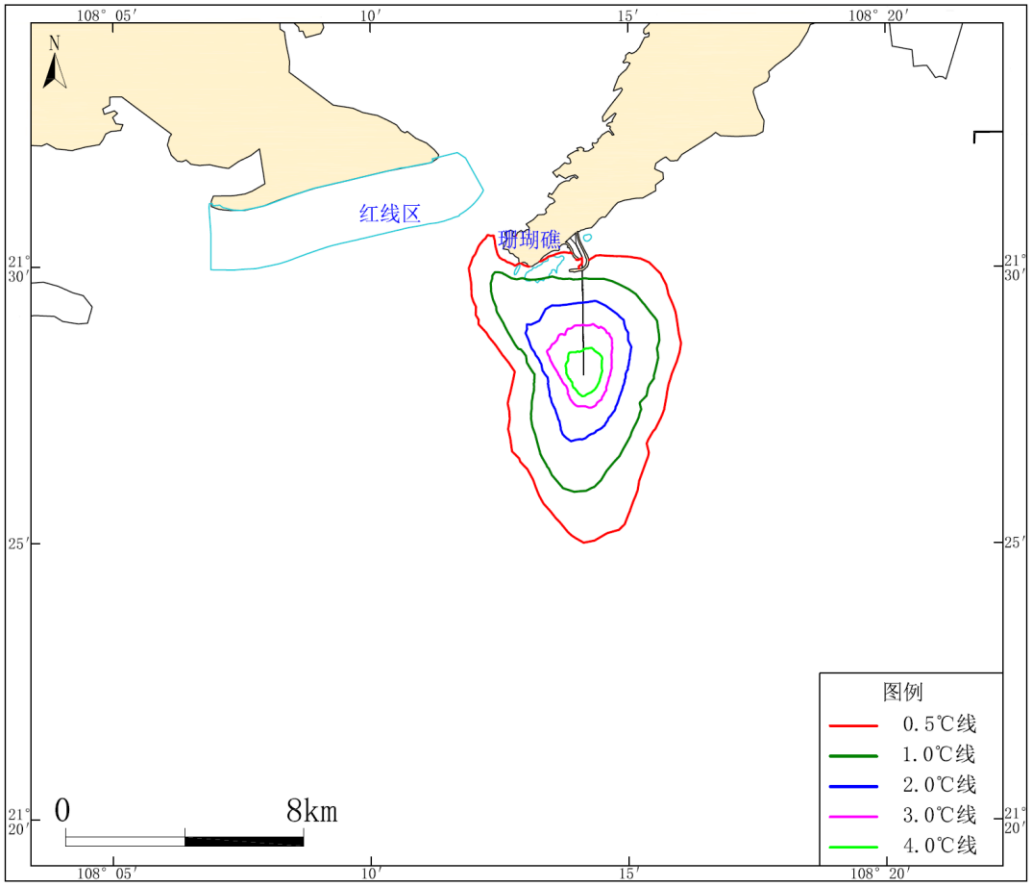


图 6.1-20　冬季各层叠加最大温升包络范围（半月潮、2 台机组）

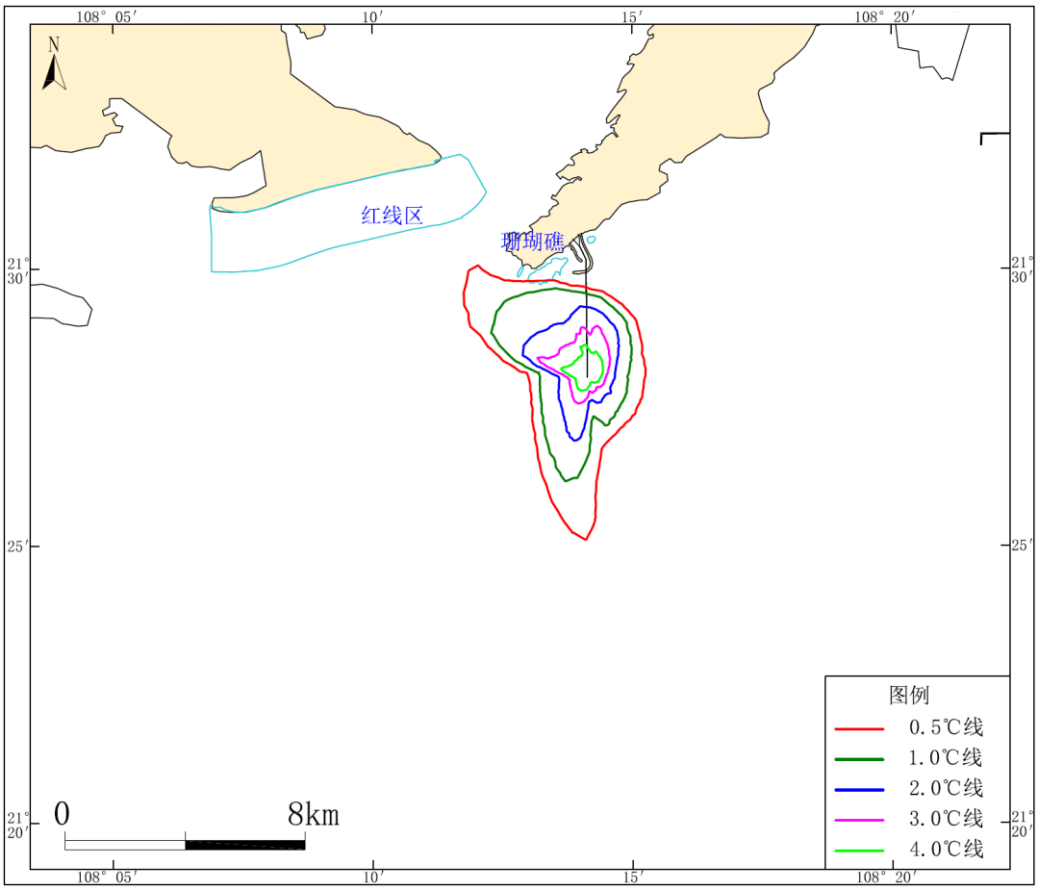


图 6.1-21　冬季各层叠加最大温升包络范围（典型大潮、2 台机组）

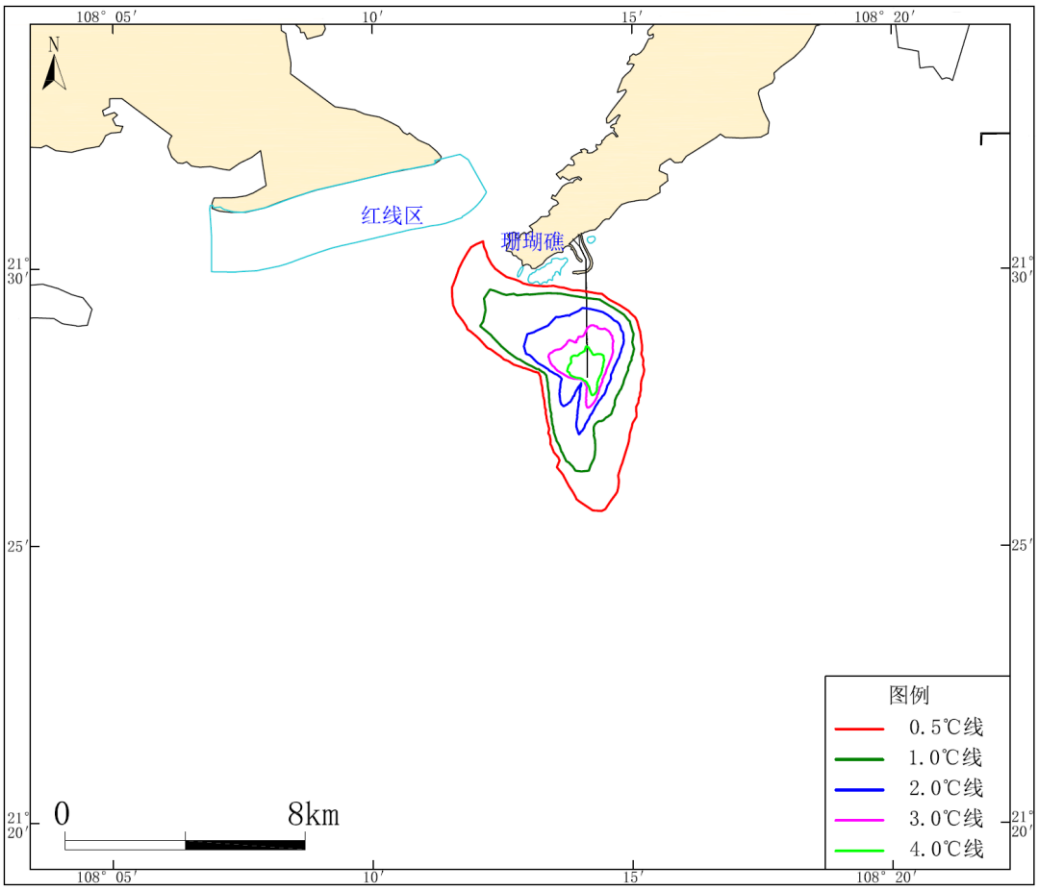


图 6.1-22　冬季各层叠加最大温升包络范围（典型中潮、2 台机组）

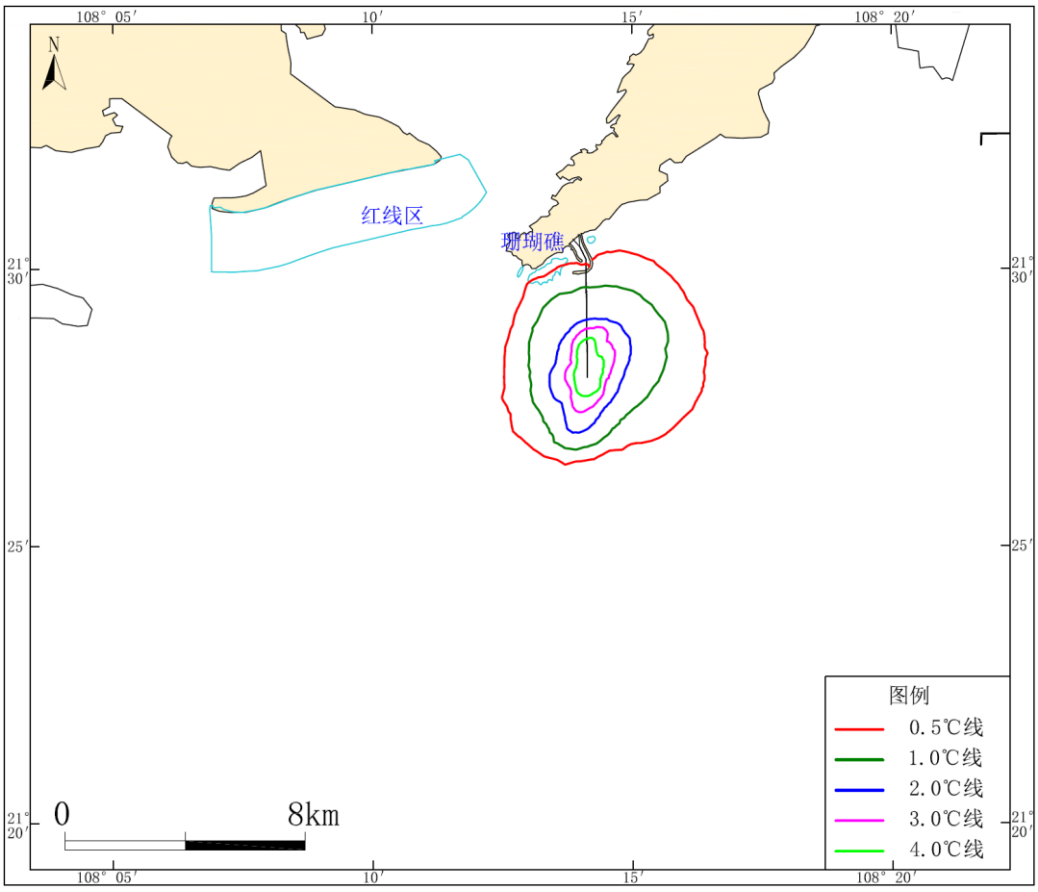


图 6.1-23　冬季各层叠加最大温升包络范围（典型小潮、2 台机组）

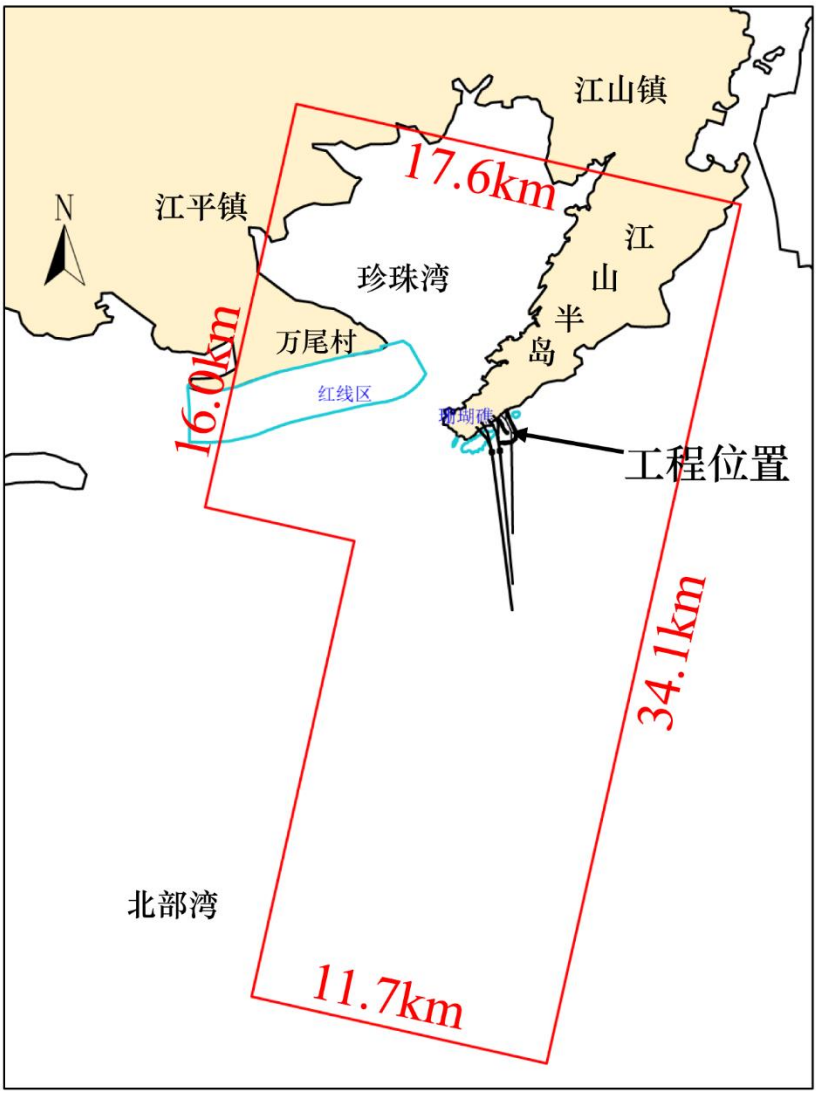


图 6.1-24　物理模型范围

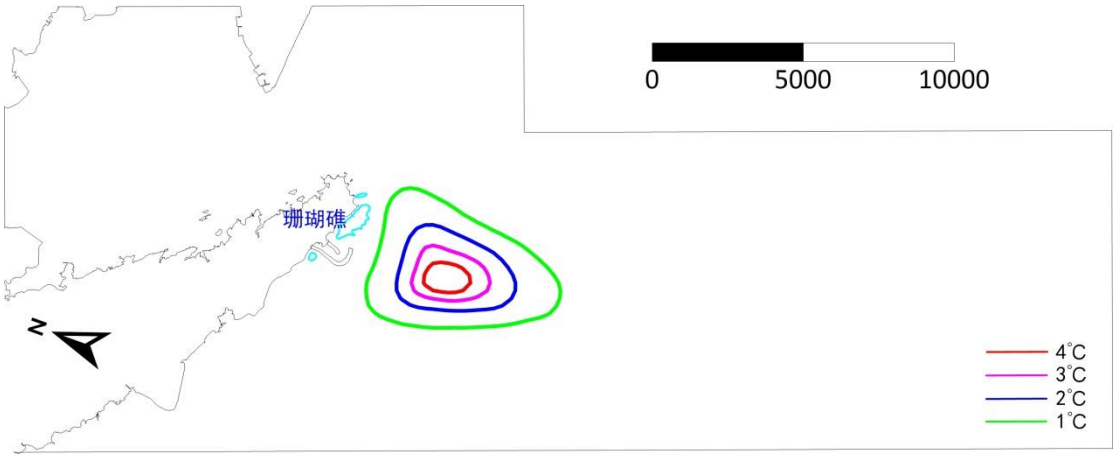


图 6.1-25　夏季半月潮最大温升等值线包络范围示意图（2 台机组）

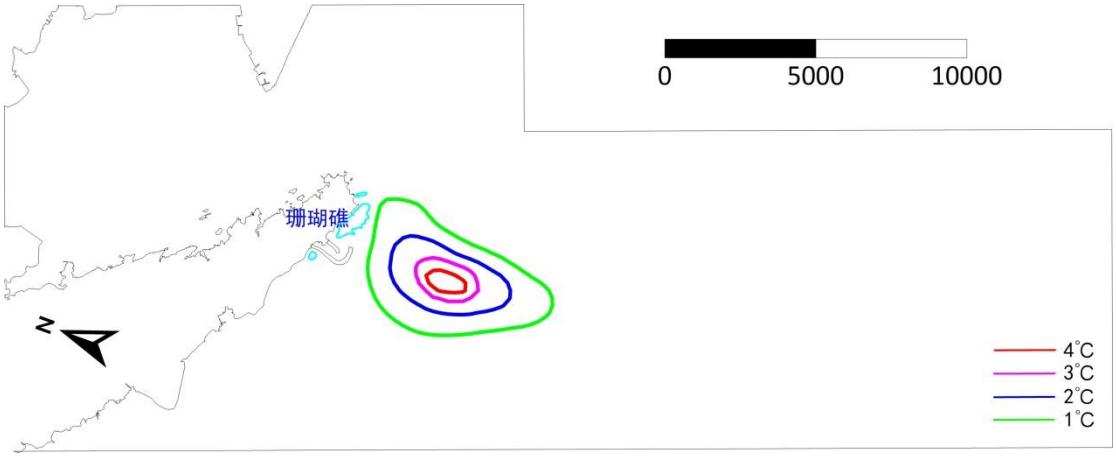


图 6.1-26　夏季大潮最大温升等值线包络范围示意图（2 台机组）

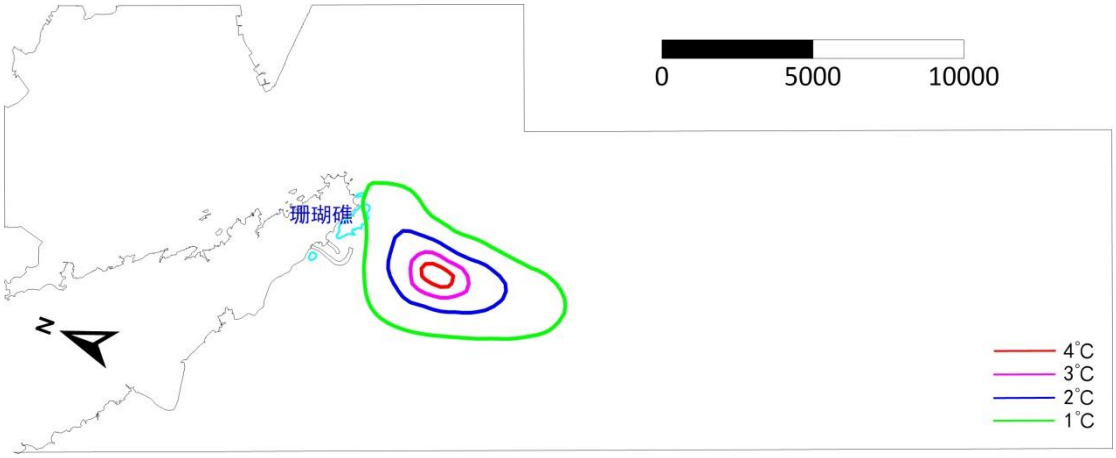


图 6.1-27　夏季中潮最大温升等值线包络范围示意图（2 台机组）

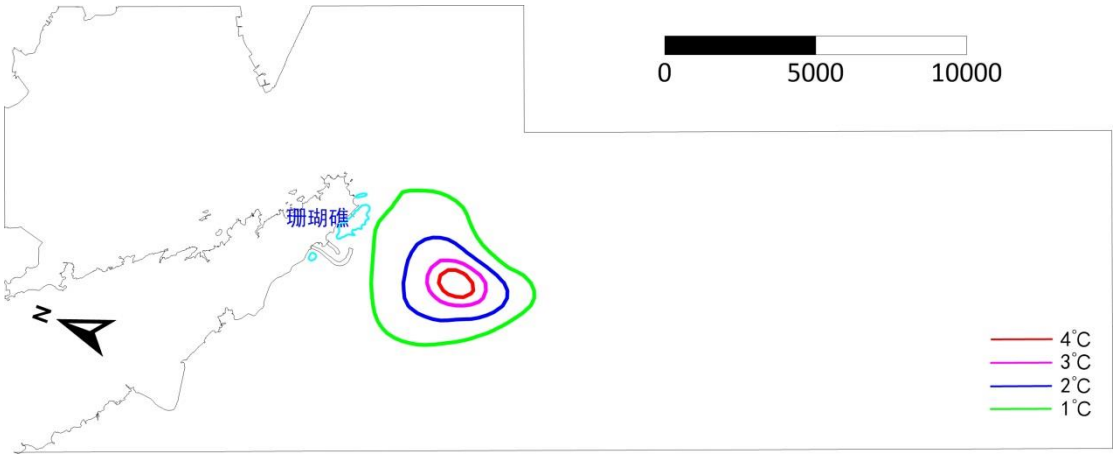


图 6.1-28　夏季小潮最大温升等值线包络范围示意图（2 台机组）

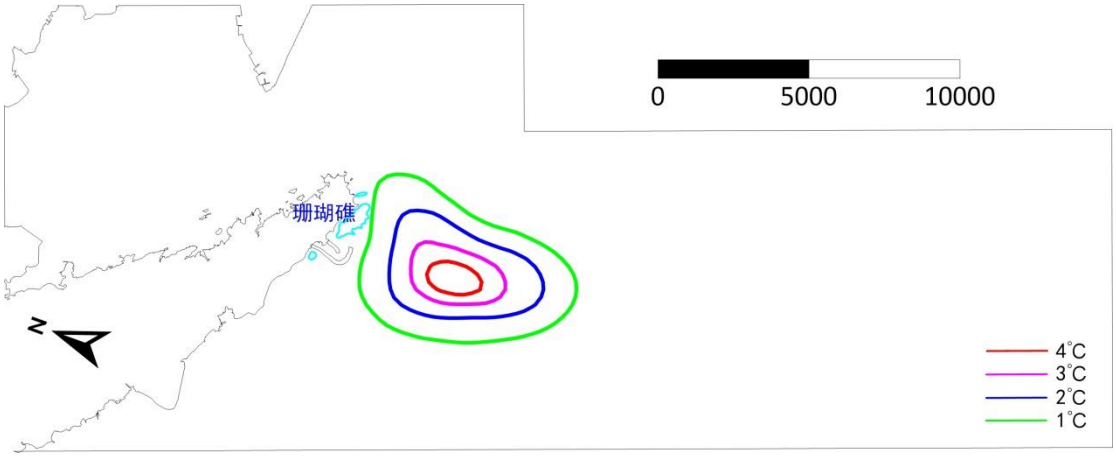


图 6.1-29　冬季半月潮最大温升等值线包络范围示意图（2 台机组）

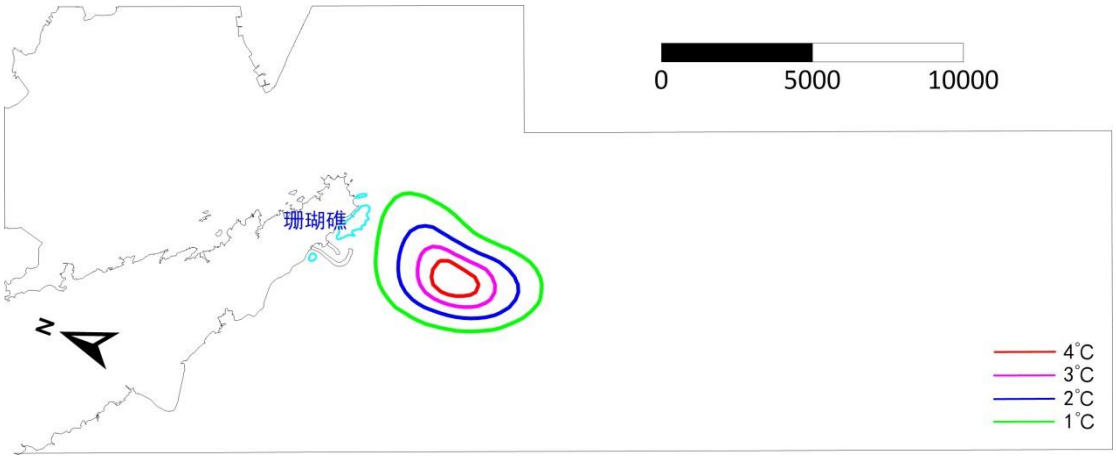


图 6.1-30　冬季大潮最大温升等值线包络范围示意图（2 台机组）

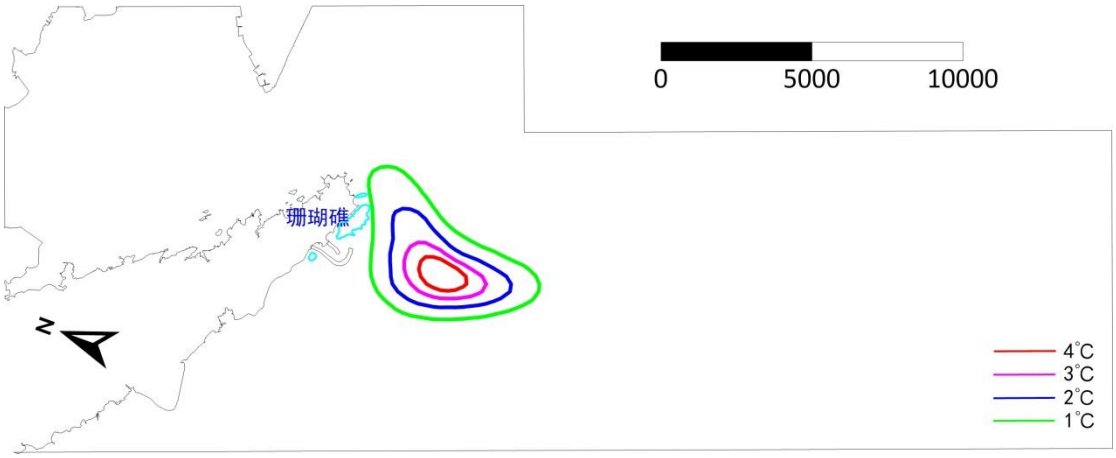


图 6.1-31　冬季中潮最大温升等值线包络范围示意图（2 台机组）

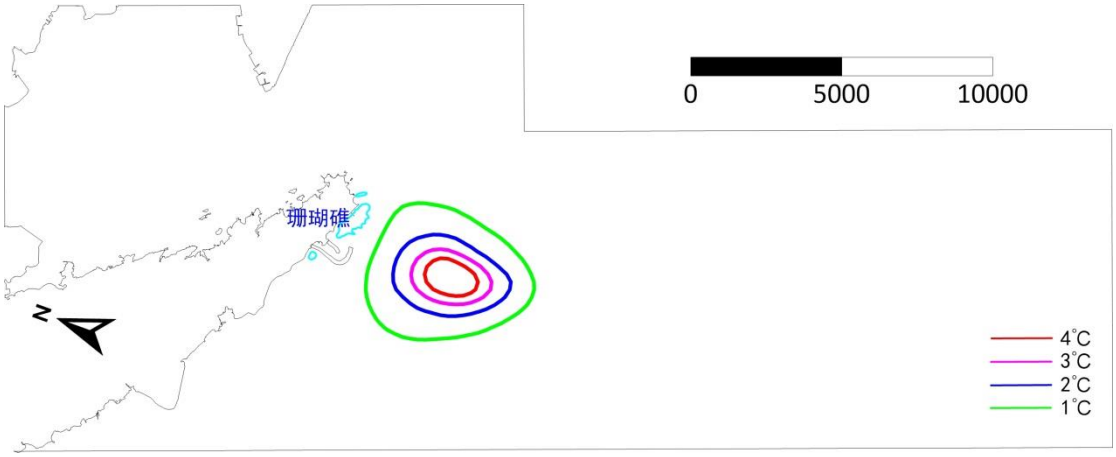


图 6.1-32　冬季小潮最大温升等值线包络范围示意图（2 台机组）

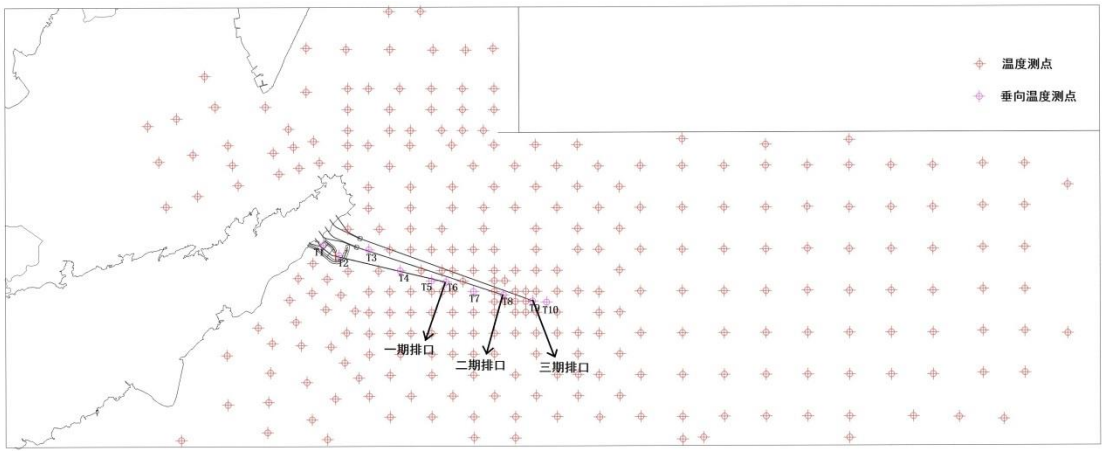


图 6.1-33　取排水口附近垂向温升分析点位置示意图

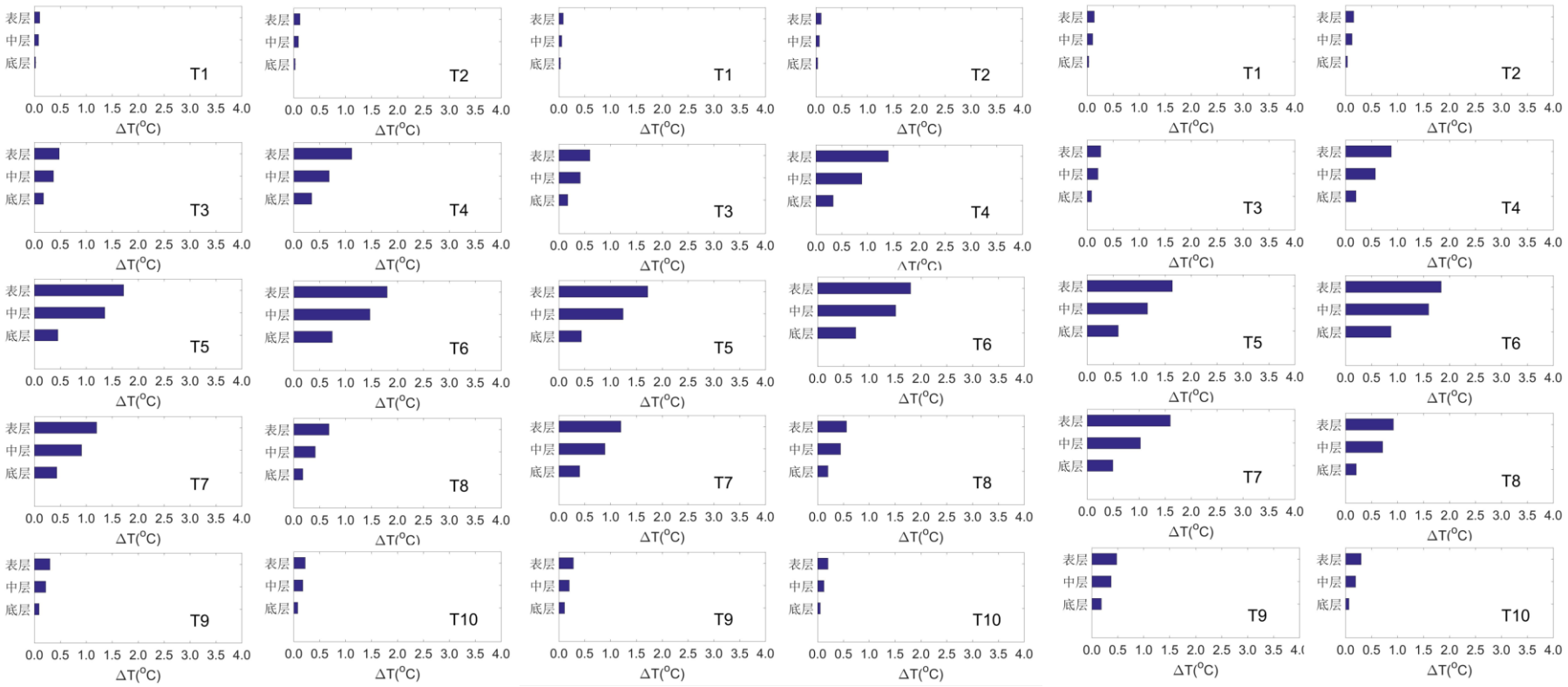


图 6.1-34　1-2 号机组冬季大、中、小潮（从左至右）平均垂向温升分布图

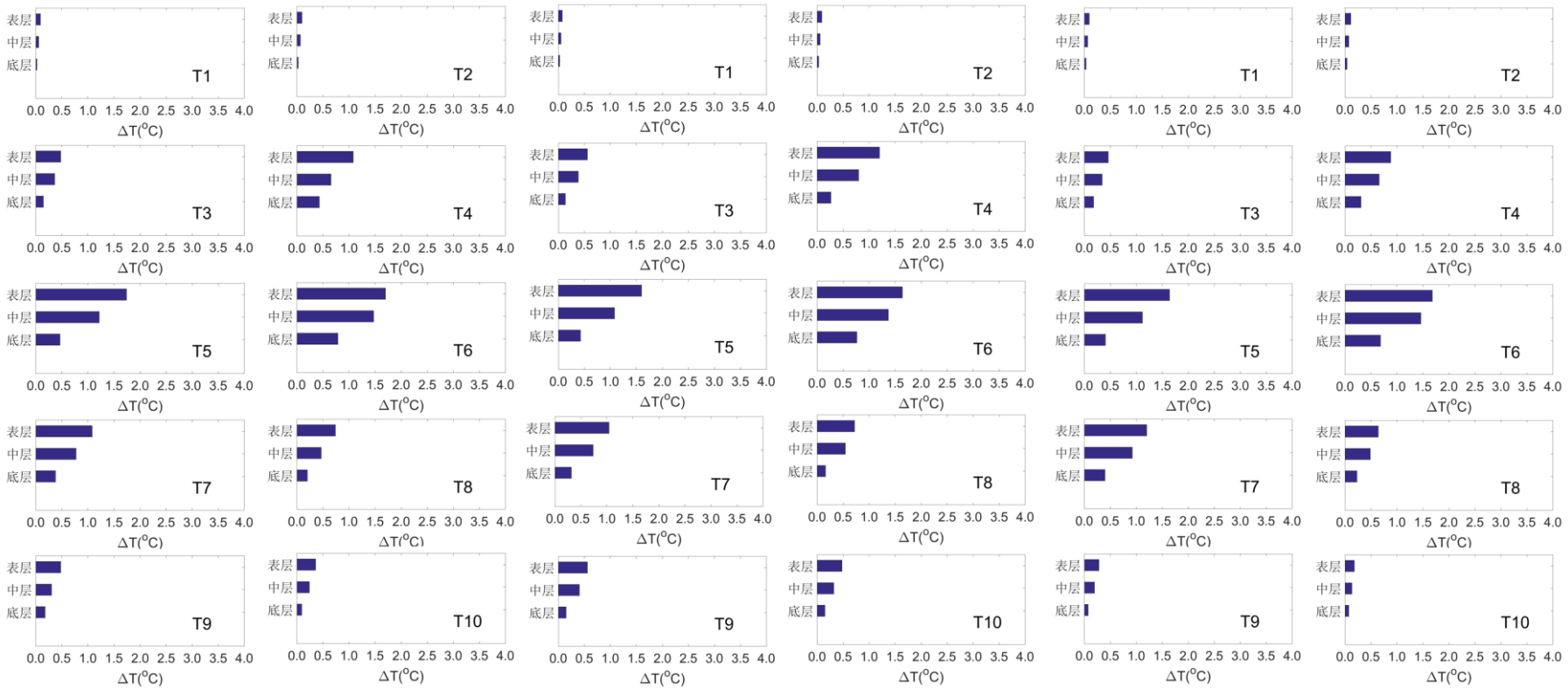


图 6.1-35　1-2 号机组夏季大、中、小潮（从左至右）平均垂向温升分布图

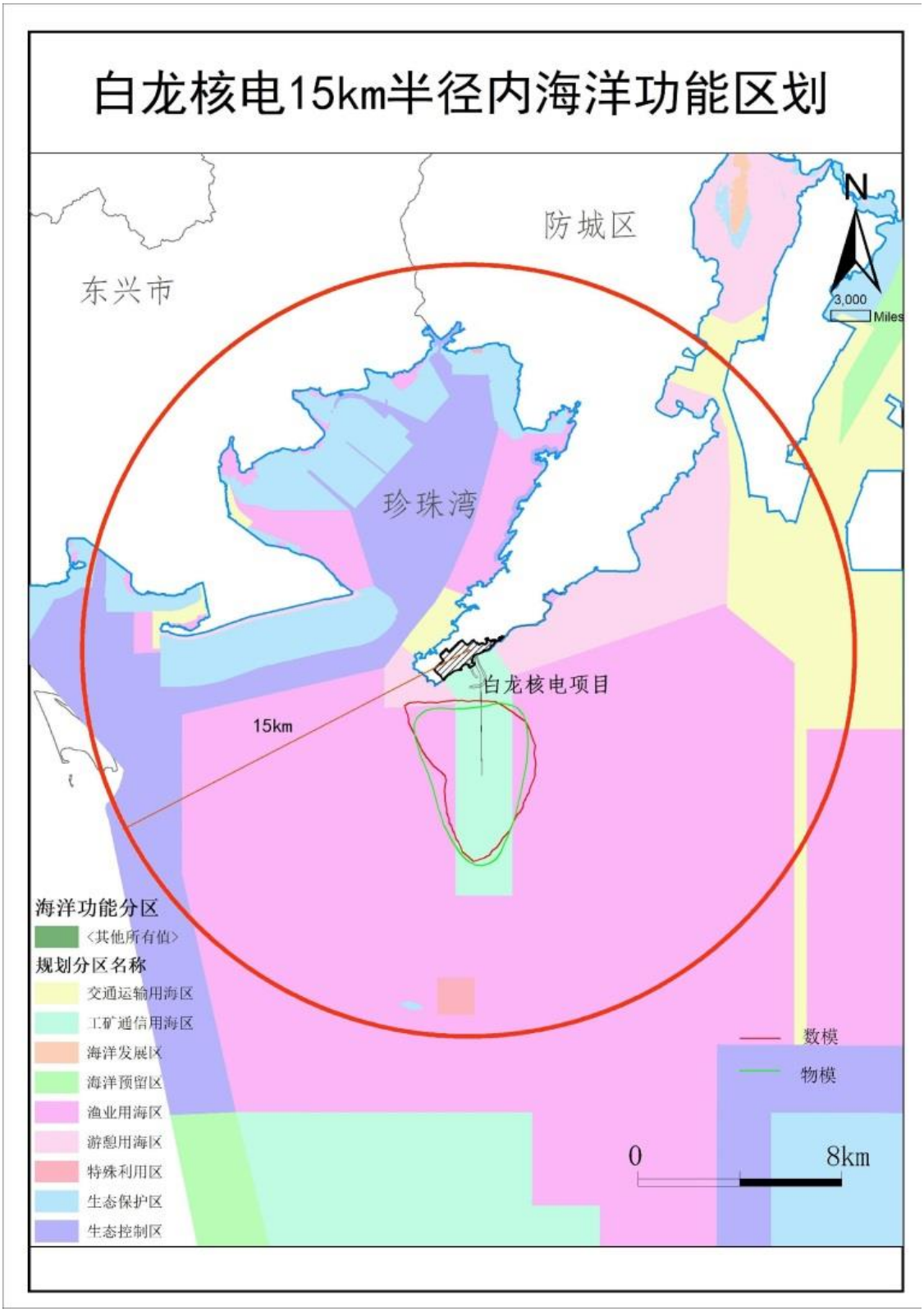


图 6.1-36a　本工程夏季 1℃温升包络范围与附近海域海洋功能区划位置关系图（局部）

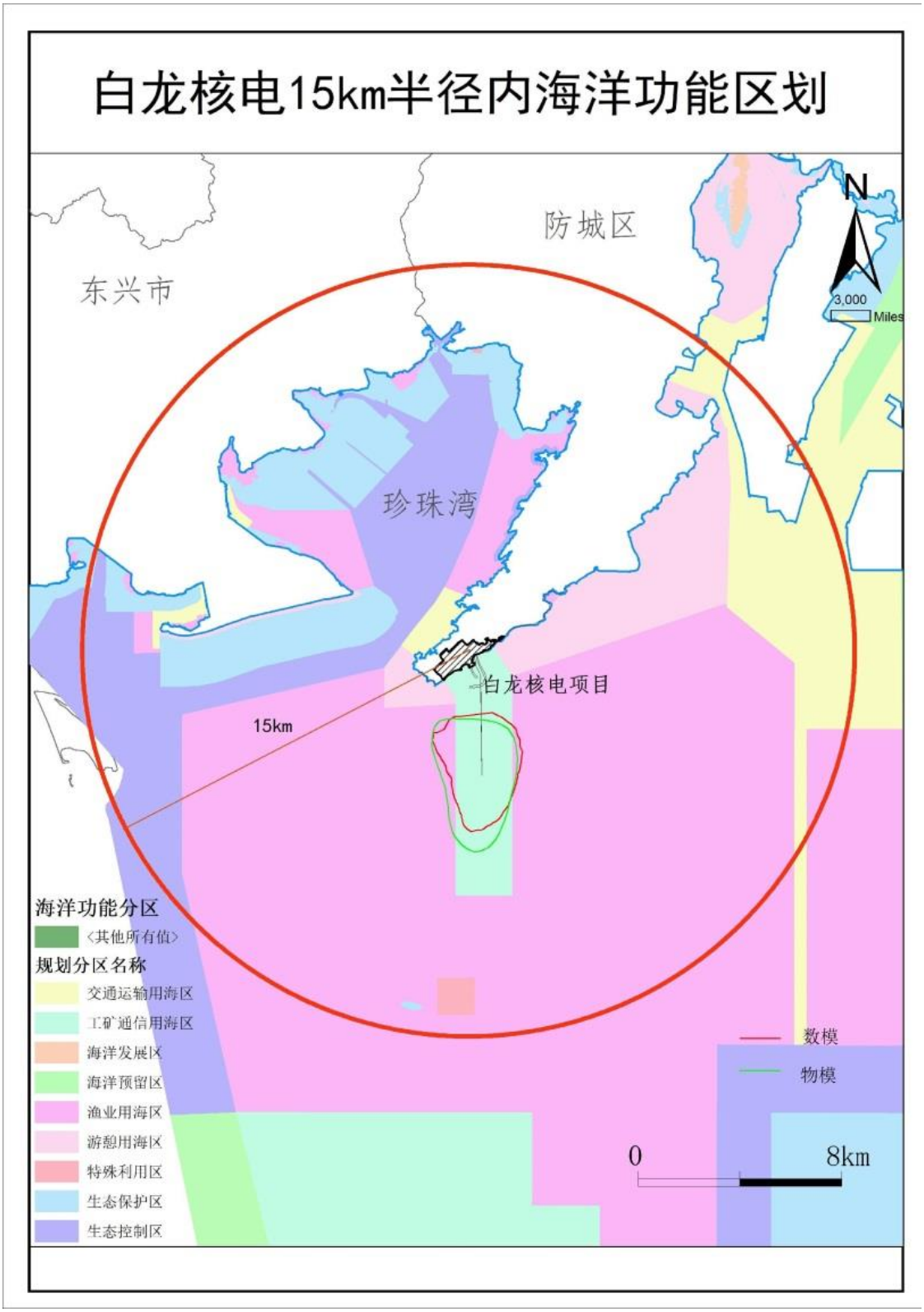


图 6.1-36b　本工程冬季 2℃温升包络范围与附近海域海洋功能区划位置关系图（局部）

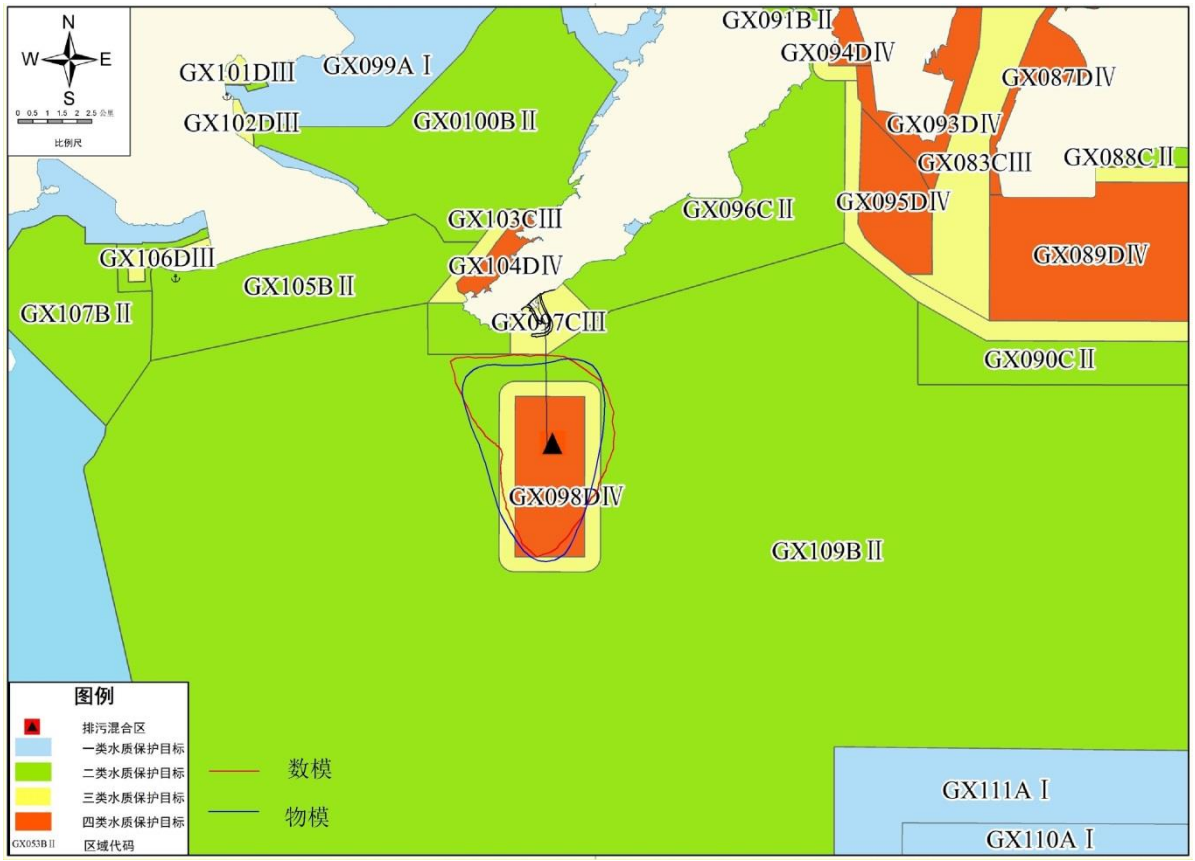


图 6.1-37a　夏季 1℃温升包络范围与调整的近岸海域环境功能区划关系图

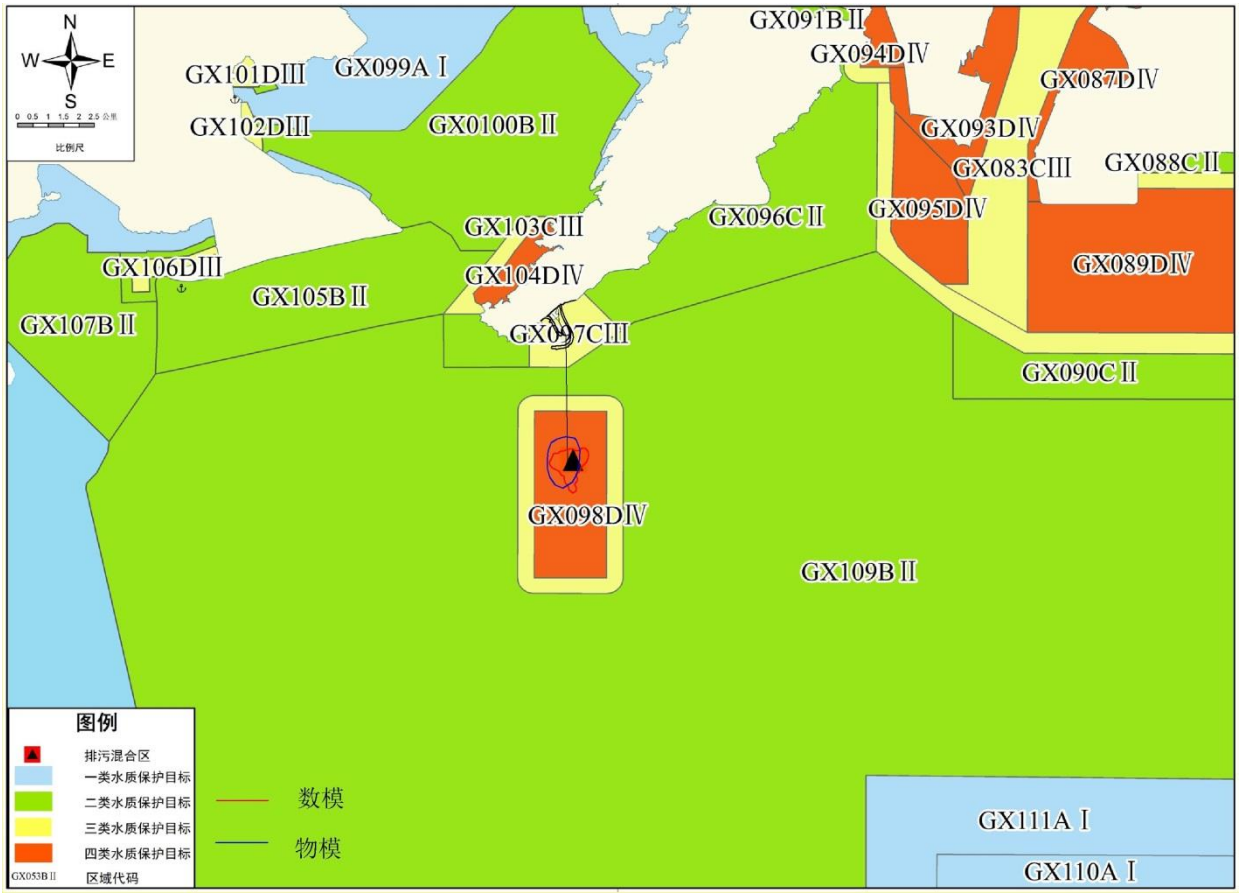


图 6.1-37b　夏季 4℃温升包络范围与调整的近岸海域环境功能区划关系图

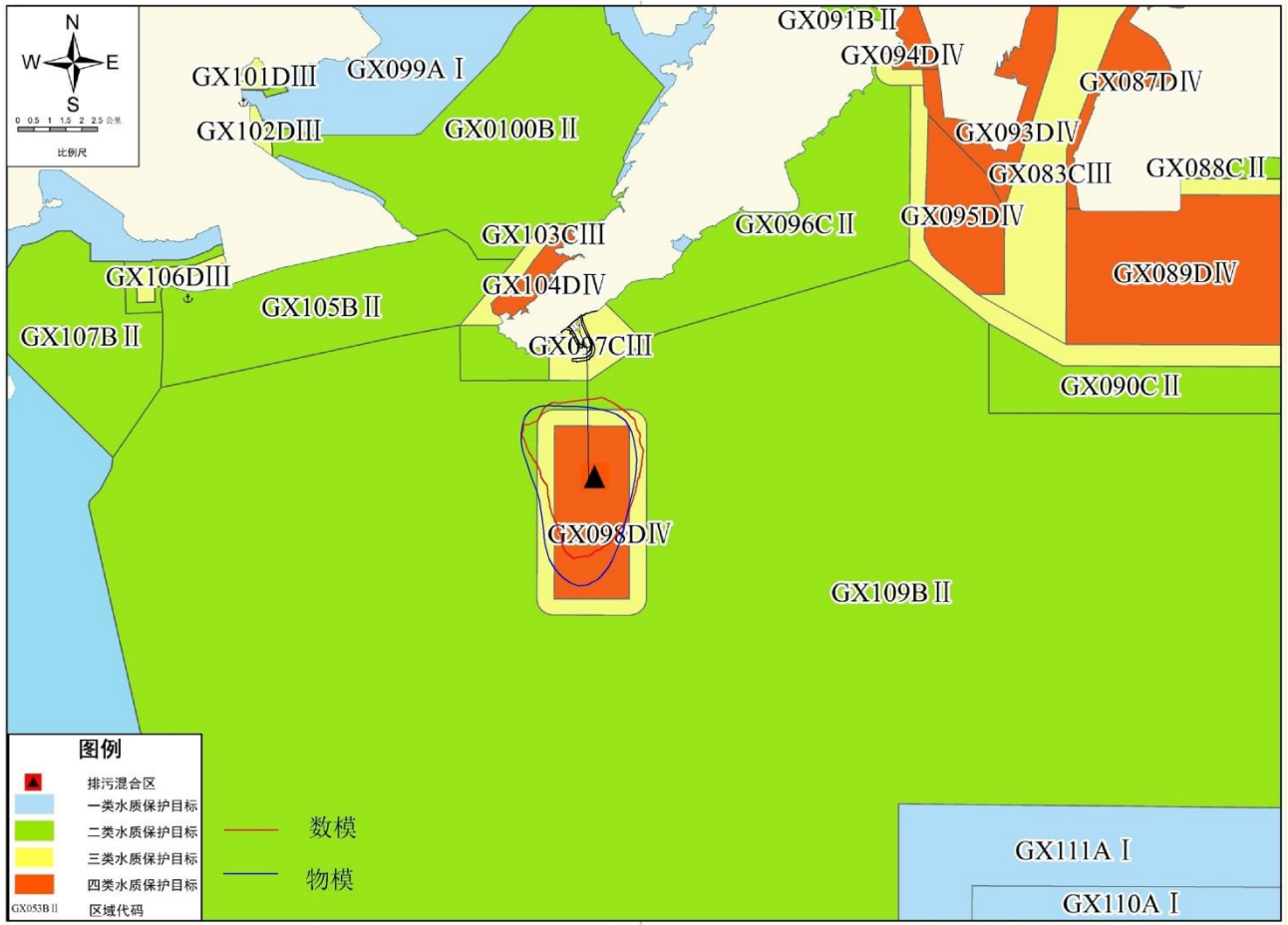


图 6.1-37c　冬季 2℃温升包络范围与调整的近岸海域环境功能区划关系图

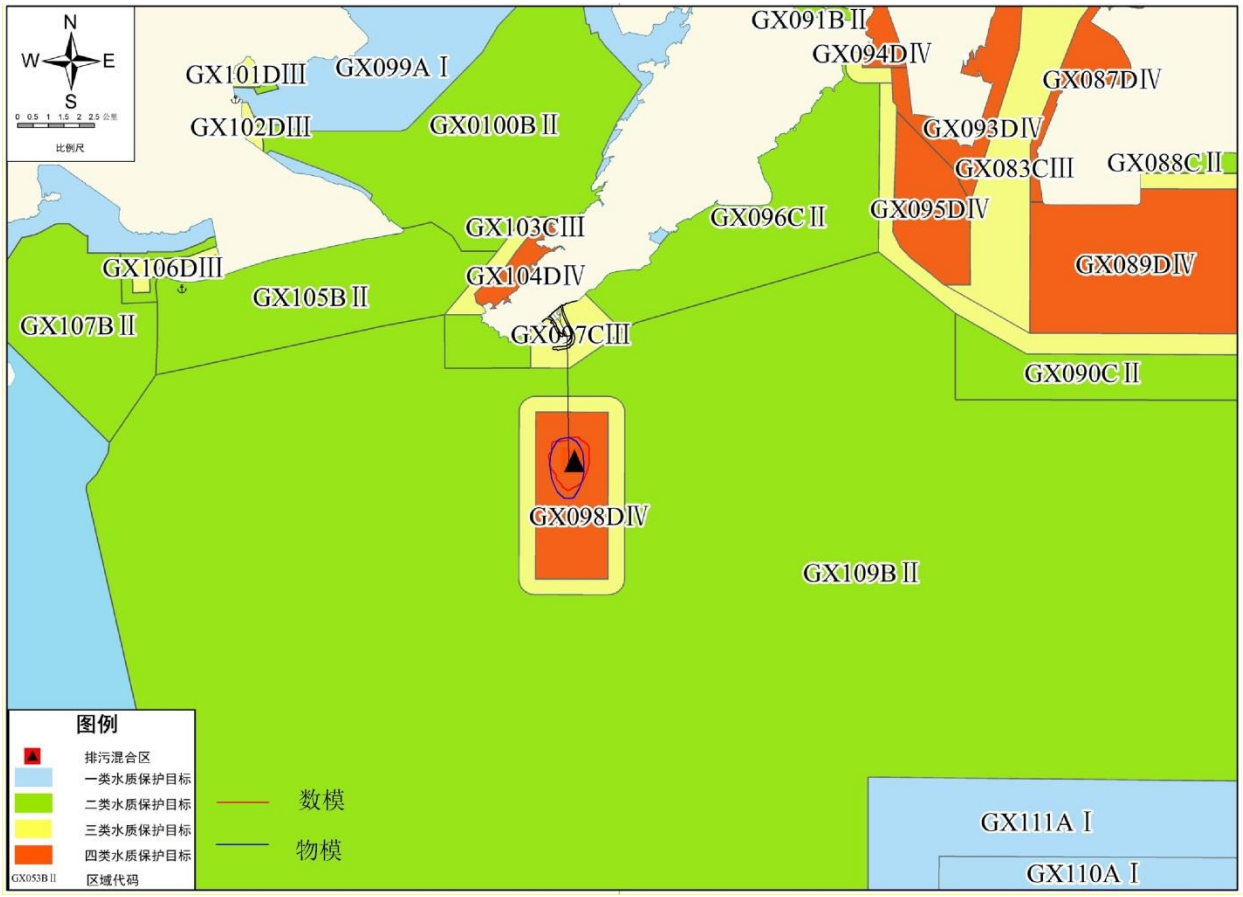


图 6.1-37d　冬季 4℃温升包络范围与调整的近岸海域环境功能区划关系图



图 6.1-38a　本工程夏季 1℃温升范围与海洋生态保护红线叠加示意图



图 6.1-38b　本工程冬季 2℃温升范围与海洋生态保护红线叠加示意图

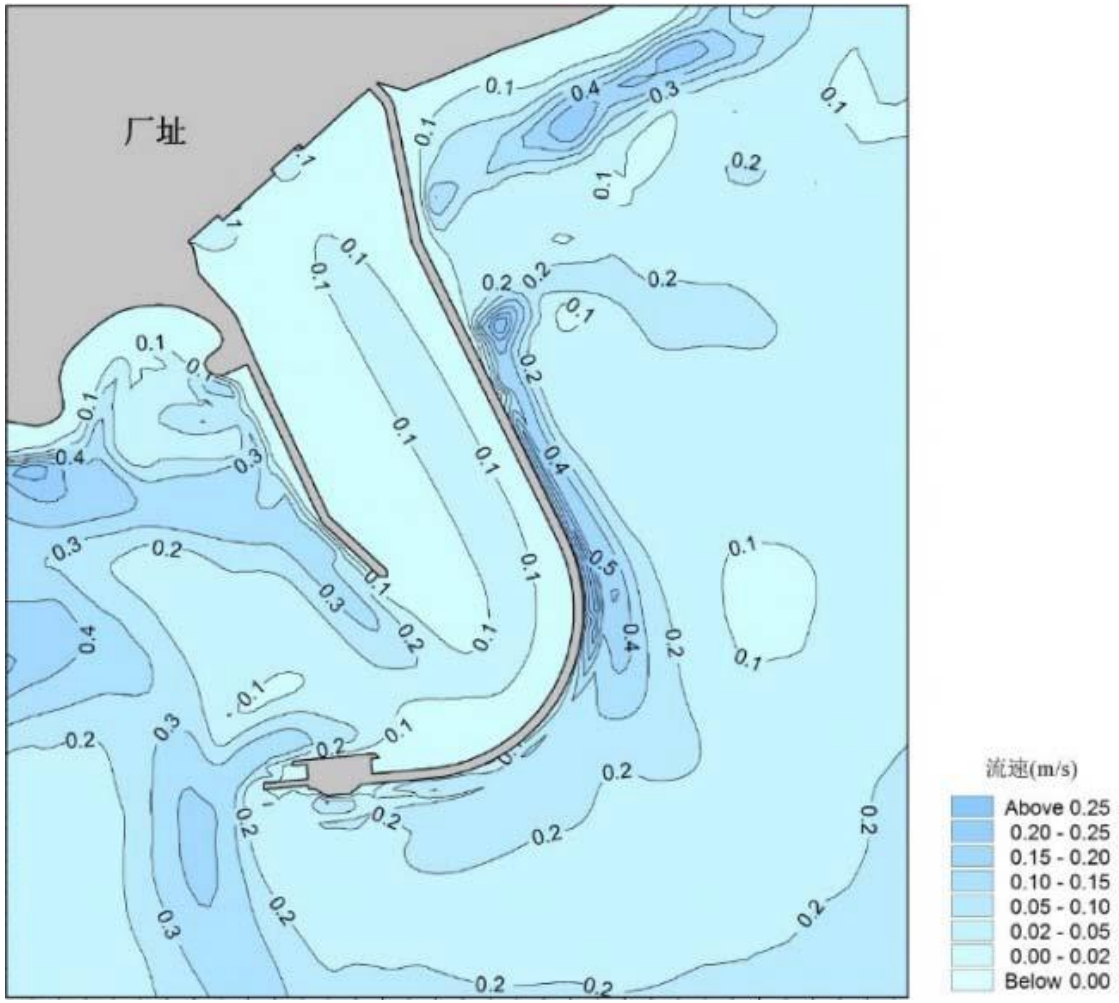


图 6.1-39　2 台机组运行情况下明渠周边流速分布

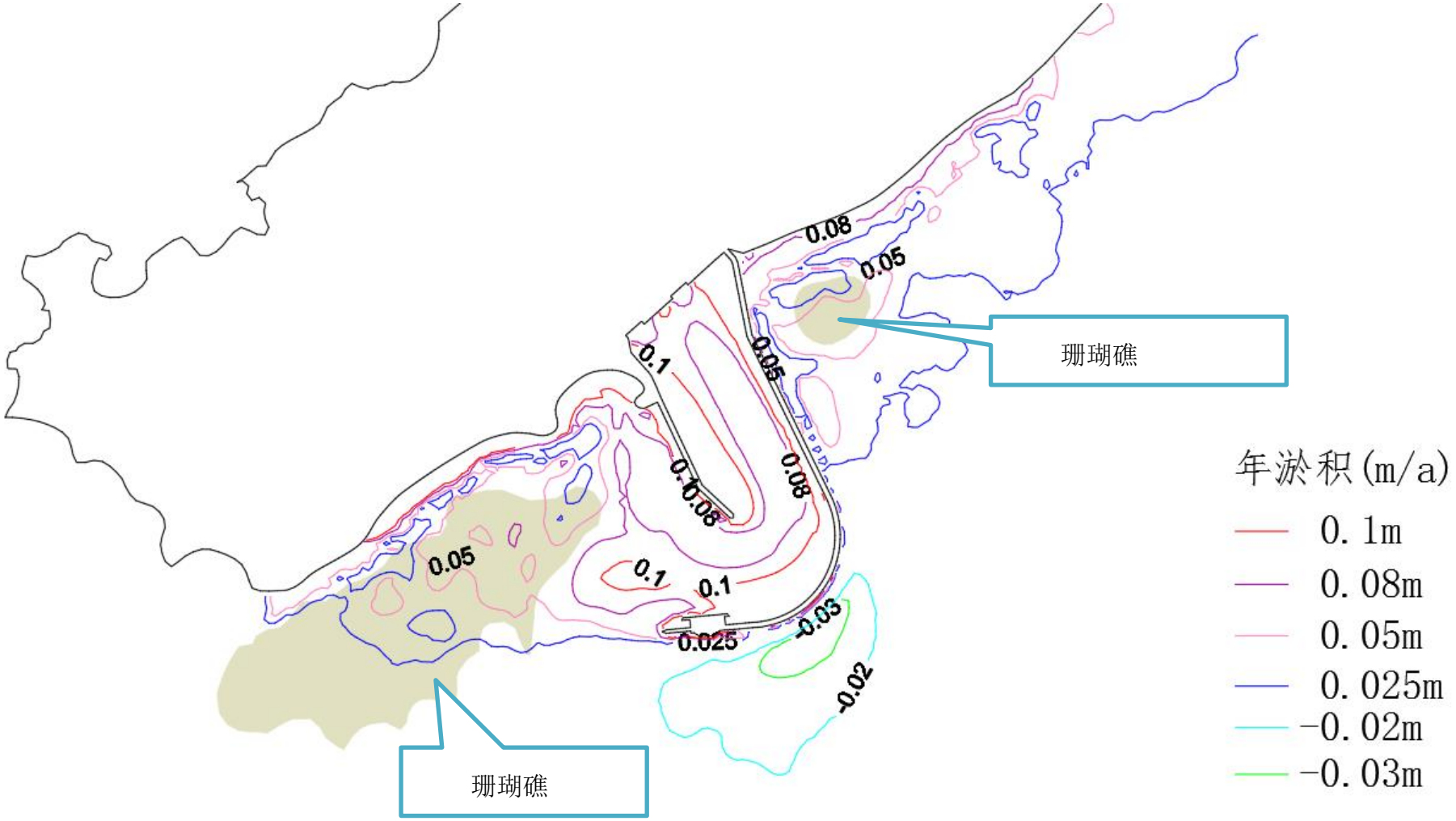


图 6.1-40　代表潮作用下一期 2 台机组工程海域年冲淤厚度与珊瑚分布

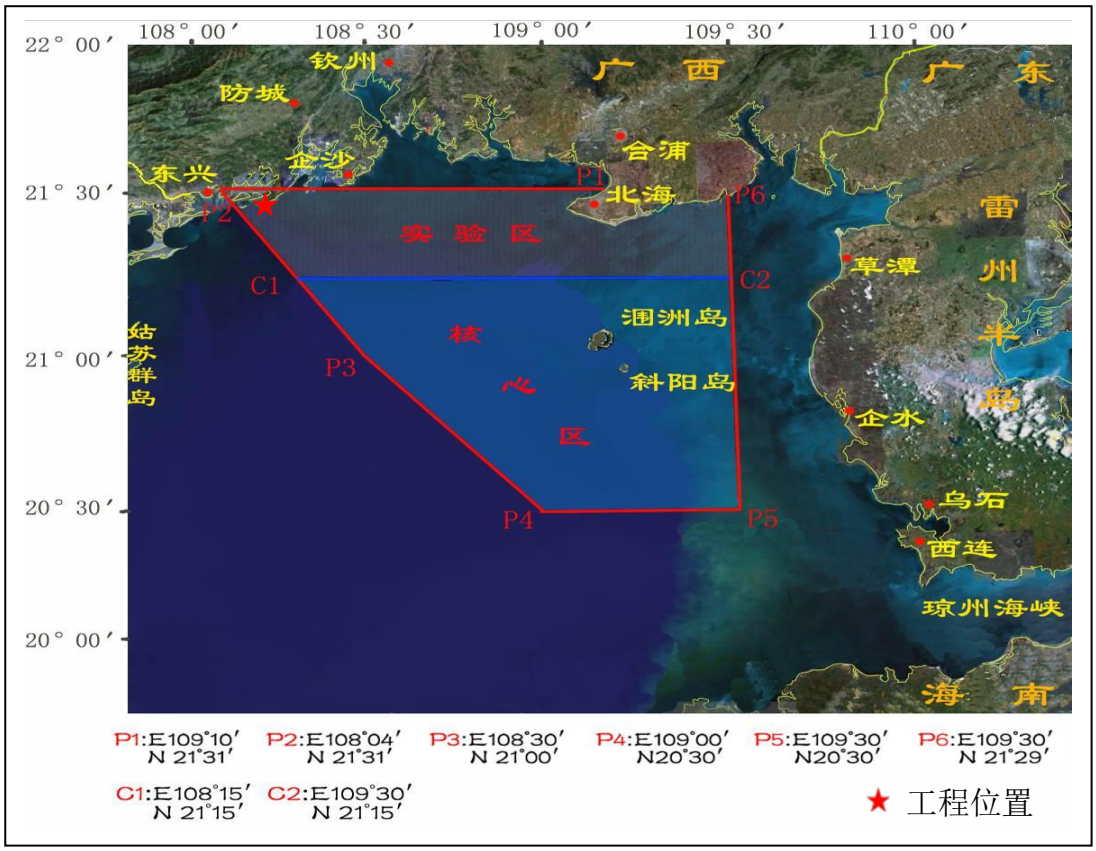


图 6.1-41　北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区范围及功能区划图

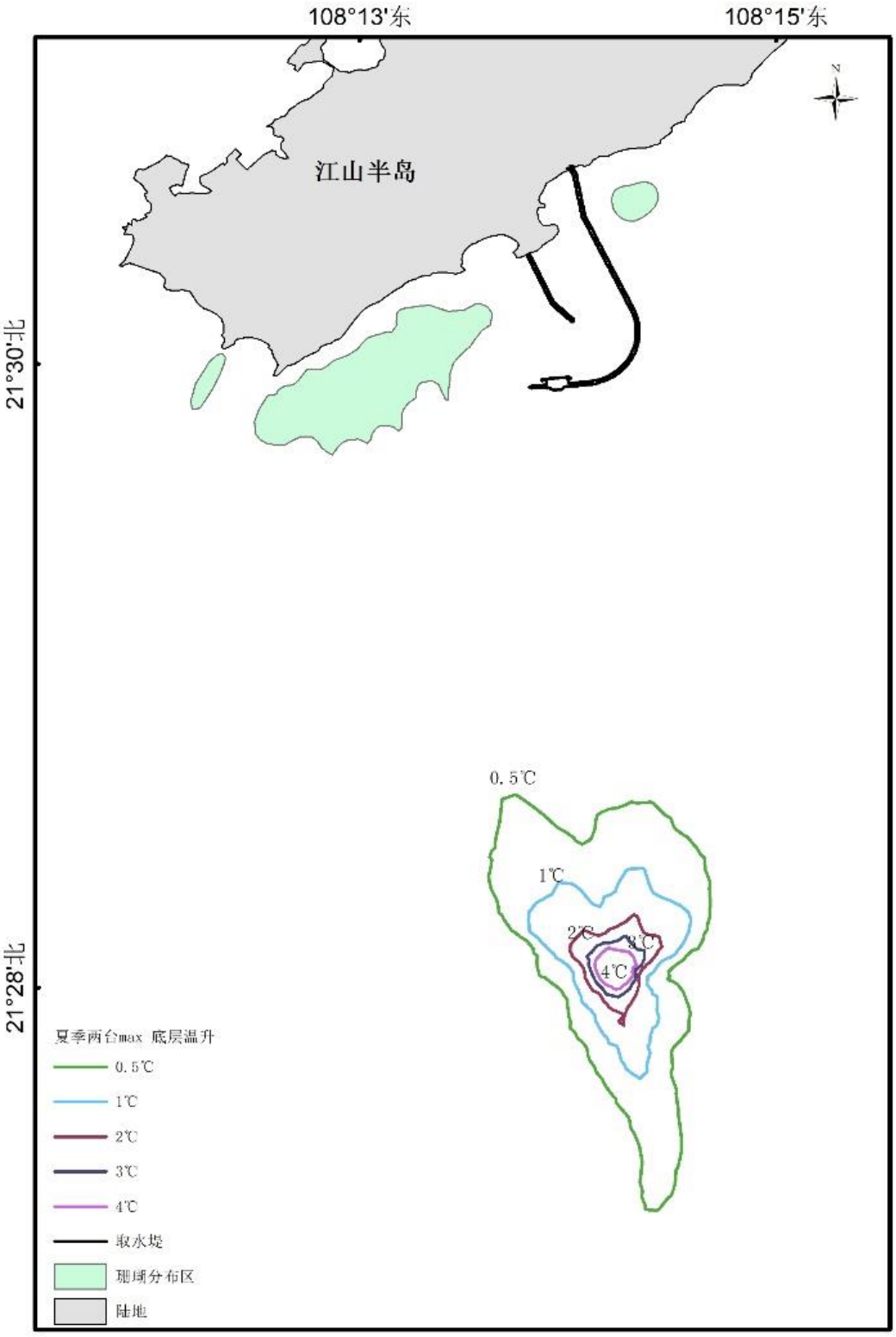


图 6.1-42a　造礁石珊瑚分布范围与底层最大温排水包络范围（2×CAP1000）（夏季半月潮）

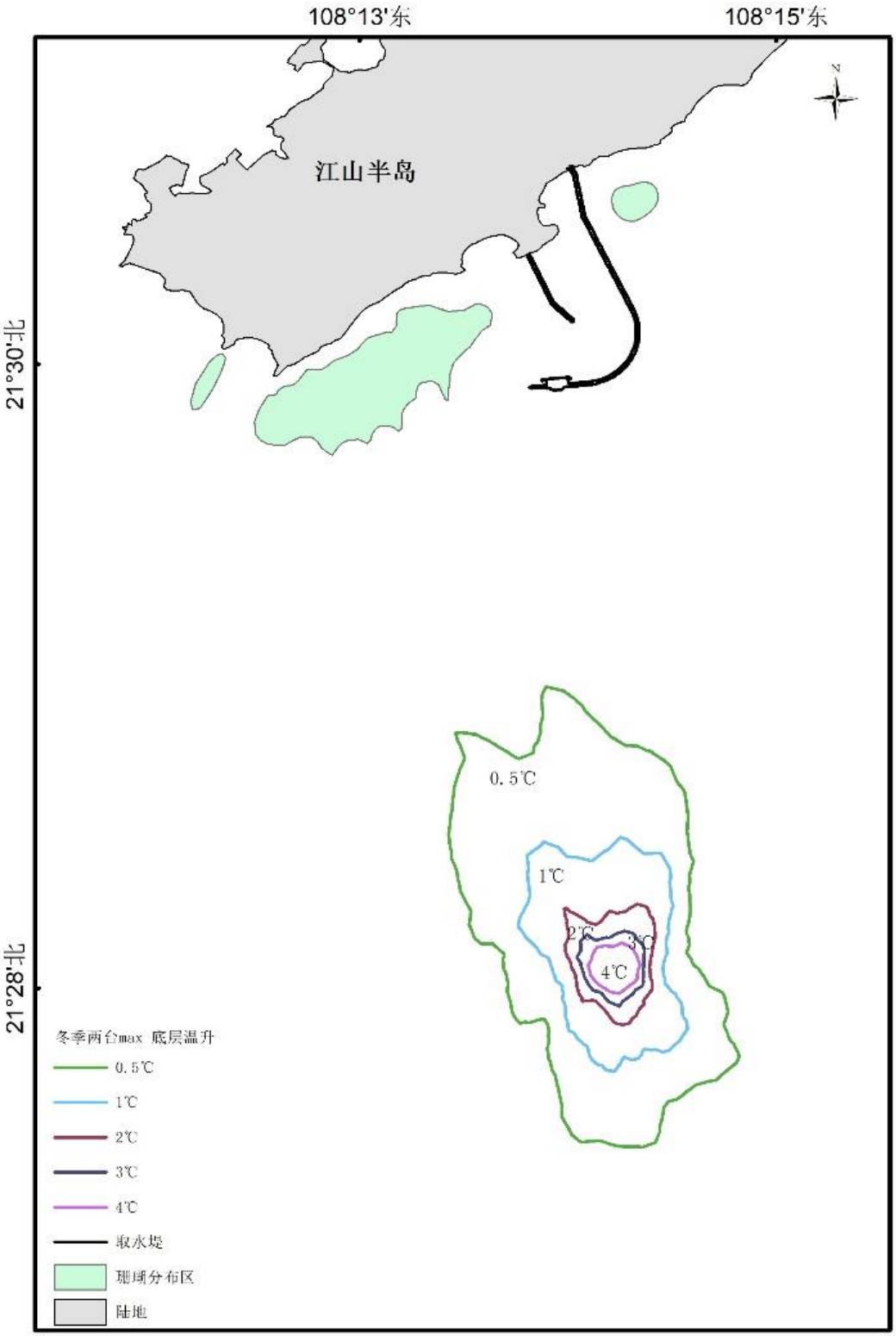


图 6.1-42b　造礁石珊瑚分布范围与底层最大温排水包络范围（2×CAP1000）（冬季半月潮）

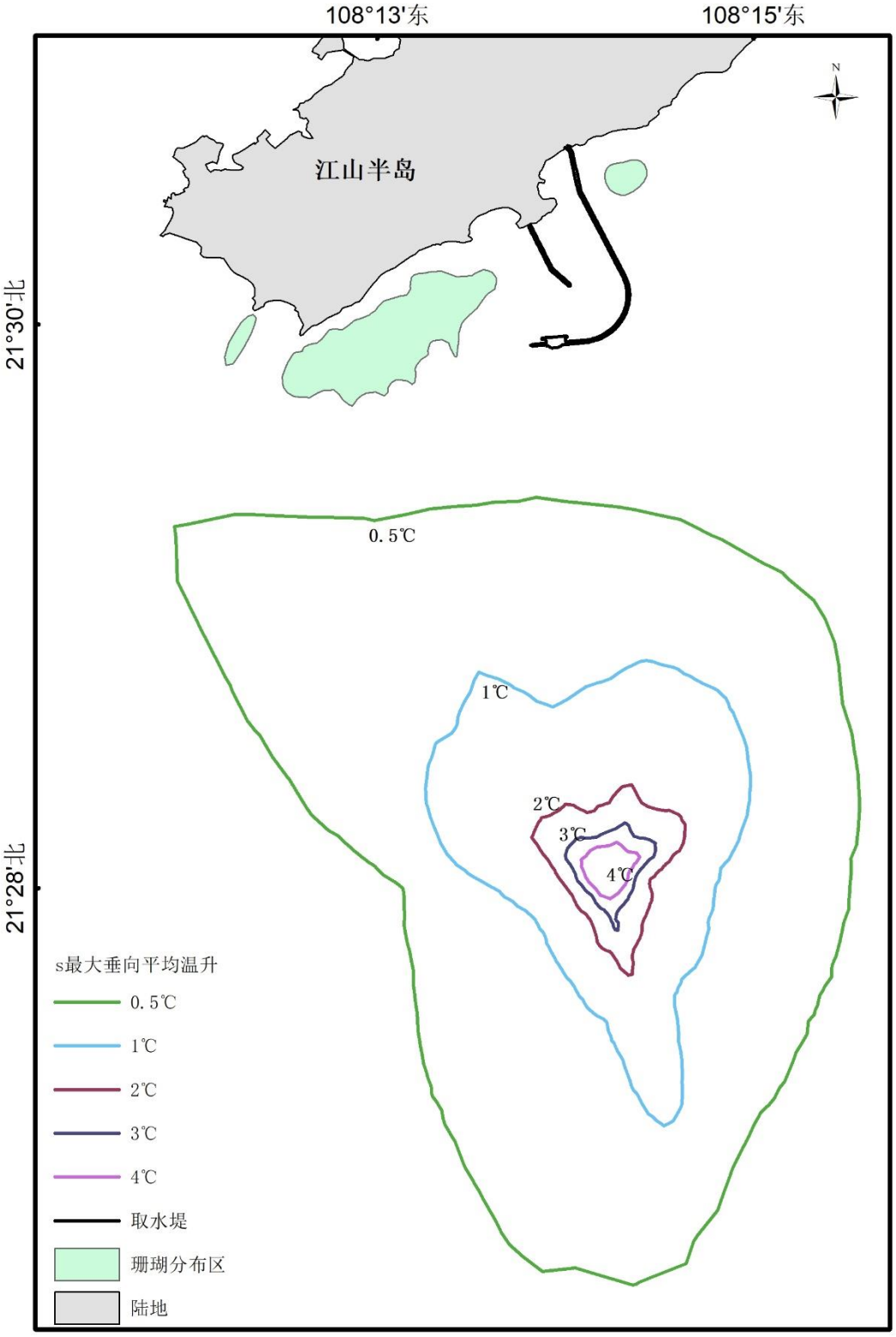


图 6.1-43a　造礁石珊瑚分布范围与各层最大温升垂向平均包络范围（2×CAP1000）（夏季半月潮）

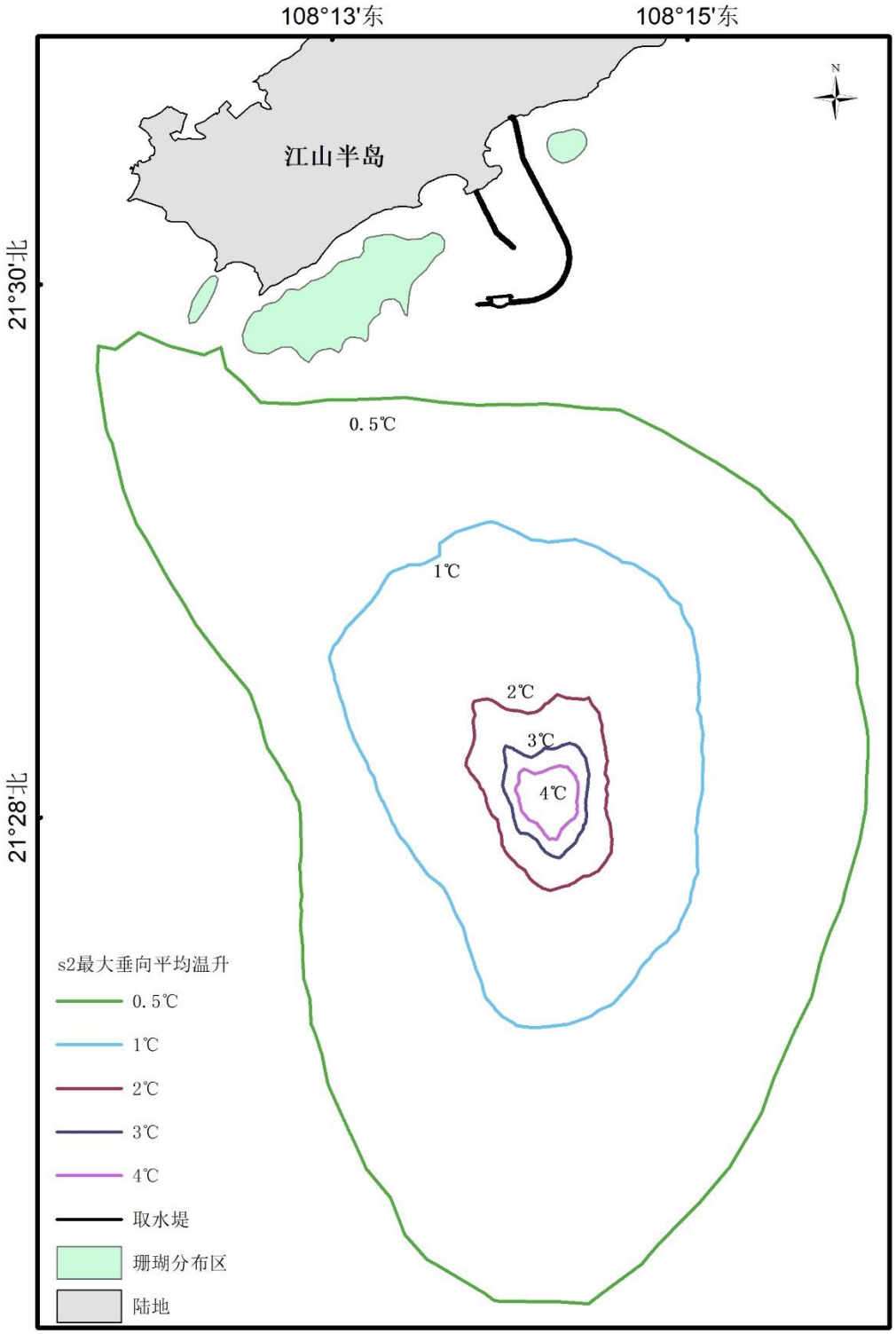


图 6.1-43b　造礁石珊瑚分布范围与各层最大温升垂向平均包络范围（2×CAP1000）（冬季半月潮）

6.2 正常运行的辐射影响

本节将对本工程 1、2 号机组正常运行工况下气态和液态流出物所造成的辐射影响进行估算及评价。

6.2.1 流出物排放源项

本工程正常运行状态下的气液态流出物的设计排放量、现实排放量、核素组成、排放方式、计算方法及相关输入参数见第四章的相关描述。本次估算环境介质中的放射性核素浓度、公众的最大个人剂量和非人类生物的辐射剂量时，采用流出物的设计排放源项；在分析关键人群组、关键核素、关键照射途径时，采用流出物的现实排放源项。

6.2.2 照射途径

6.2.2.1 气载途径

本工程 2 台 CAP1000 核电机组在正常运行工况下，通过气态途径释放到大气中的气载流出物在大气弥散过程中对公众造成辐射照射的途径如图 6.2-1 所示。在估算对周围公众造成的辐射剂量时考虑了如下的照射途径：

- 浸没于空气中受到的外照射；
- 由于干、湿沉降导致地面放射性沉积物引起的外照射；
- 吸入空气造成的内照射；
- 食入因干、湿沉降导致放射性沉积的粮食、蔬菜等食物造成的内照射；
- 食入由干、湿沉降导致放射性沉积的饲料所喂养的家畜肉、奶及其制品造成的内照射。

6.2.2.2 液态途径

本工程 2 台 CAP1000 核电机组在正常运行工况下，产生的液态流出物经处理合格后与循环冷却水混合后排入北部湾。在辐射环境影响评价中，液态流出物对人造成辐射照射的途径如图 6.2-2 所示。在估算对周围公众造成的辐射剂量时考虑了如下的照射途径：

- 食用由受纳水域生长的水产品（或水生生物）所致的内照射；
- 在受纳水域中游泳或划船等造成的直接外照射；
- 岸边沉积的放射性流出物对岸边活动公众所造成的外照射。

- 本项目液态途径不涉及饮用水的内照射、食入用水灌溉的作物（蔬菜、粮食、水果等）的内照射、食入与液态排放有关的动物产品（肉、奶等）的内照射。

6.2.2.3　其它途径

根据目前调查情况看，厂址周围区域不存在达到或超过以上途径的个人有效剂量 10%的其他照射途径。

6.2.3　计算模式与参数

6.2.3.1　气态途径

1）弥散因子计算模式与参数

混合层厚度是大气环境评价的重要参数之一。厂址地区，夏季和冬季均呈现早晨混合层高度一般较低；日出后混合层高度逐渐增高，在午后混合层高度达到最大值。由于混合层底面对烟气的向上扩散起到抑制作用，故混合层越低越不利于污染物的扩散。根据上述冬夏两季的混合层观测结果，从保守的角度出发，取同稳定度下，厂址冬、夏两季混合层高度的平均值的较小值作为该稳定度下混合层高度的推荐值。最终推荐的不同稳定度条件下的混合层高度为 A-B 类 1096m，C 类 840m，D 类 550m。

大气弥散参数 σ_z 是进行大气弥散计算的基本参数，根据厂址大气扩散试验得到的结果进行修正，获得厂址地区垂直弥散参数，见报告第二章。

本电厂烟囱几何高度为 75m，安全壳高度为 55.5m，安全壳上水箱高度为 70m，对烟囱释放的气载流出物按混合释放考虑。

在大气弥散因子计算中考虑了建筑物尾流影响，以及混合层高度的修正，同时也考虑了干、湿沉积损耗，核素衰变损耗的修正。

计算年均扩散因子的计算模式及参数如下描述：

（1）烟云抬升

计算中考虑了动力抬升，对于高架排放，根据下式确定有效烟囱高度：

$$h_e = h_s + \Delta h \qquad (6.2\text{-}1)$$

式中，

h_e=有效烟羽高度，m；

h_s=烟囱高度，m；

Δh=烟羽抬升高度，m；

使用 Briggs（1969）给出的公式计算由于动量引起的烟羽抬升。

对于中性或者不稳定情况，按如下关系式计算烟羽抬升：

$$\Delta h = 1.44\left(\frac{W_0}{u}\right)^{2/3}\cdot\left(\frac{x}{D}\right)^{1/3}\cdot D \qquad (6.2\text{-}2)$$

式中，

Δh=烟羽抬升高度，m；

W_0=烟囱出口处速度，m/s；

x=下风向距离，m；

u=排放高度的风速，m/s；

D=烟囱出口内径，m。

当出口速度小于风速的 1.5 倍时，公式（6.2-2）中导入一个减去下洗气流的修正（Gifford,1972）：

$$C = 3\left(1.5 - \frac{W_0}{u}\right)D \qquad (6.2\text{-}3)$$

式中，C 是被减去的值，而其它项如公式（6.2-2）定义。公式（6.2-2）根据需要与否按公式（6.2-3）修正后的结果与公式（6.2-4）比较，并取较小的Δh：

$$\Delta h = 3\left(\frac{W_0}{u}\right)D \qquad (6.2\text{-}4)$$

对于稳定情况，公式（6.2-2）和公式（6.2-4）的结果与如下两个公式的结果比较：

$$\Delta h = 4\left(\frac{F_m}{S}\right)^{1/4} \qquad (6.2\text{-}5)$$

和

$$\Delta h = 1.5\left(\frac{F_m}{u}\right)^{1/3}\cdot S^{-1/6} \qquad (6.2\text{-}6)$$

式中，

F_m=（W_o·D/2）^{2}

F_m=动量流量参数，m^4/s^2；

S=大气中绝热运动每单位垂直位移的恢复性加速度，s^{-2}；

程序中，S 对 E 稳定度设置为 8.7×10^{-4}，对 F 稳定度设置为 1.75×10^{-3}，计算后使用公式（6.2-2），（6.2-5）和（6.2-6）计算的最小的Δh 值。

（2）烟云的扩散

程序计算高架和地面连续排放导致的浓度，如果是混合排放，需要同时计算高架和地面排放，计算结果根据排放类型发生的时间分配比相加。

对于高架排放，高架释放应考虑混合层的反射作用，根据 $h_e+2.15\sigma_Z(x)=h_m$ 确定混合层对烟羽影响的起始距离 x_b，并根据计算点 x 与 x_b 的距离关系，按以下计算模型确定高架释放条件下的大气弥散因子：

当 $x<x_b$ 时，假定混合层对烟羽扩散没有影响，大气弥散因子由下式给出：

$$(\chi/Q)_H=\frac{2.032}{x\bullet u_H\sigma_Z}\bullet f_{Hd}\bullet f_{Hw}\bullet f_{HR}\bullet\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{h_e}{\sigma_Z}\right)^2\right]$$

当 $x_b\leqslant x<2x_b$ 时，假定烟羽在地面与混合层之间进行多次反射，大气弥散因子由下式给出：

$$(\chi/Q)_H=\frac{2.032}{x\bullet u_H\sigma_Z}\bullet f_{Hd}\bullet f_{Hw}\bullet f_{HR}\bullet\sum_{n=-2}^{2}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{2nh_m-h_e}{\sigma_Z}\right)^2\right]$$

当 $x\geqslant2x_b$ 时，假定烟羽在地面与混合层之间已均匀混合，大气弥散因子由下式给出：

$$(\chi/Q)_H=\frac{2.032}{\sqrt{2/\pi}\bullet x\bullet u_H\bullet h_m}\bullet f_{Hd}\bullet f_{Hw}\bullet f_{HR}$$

式中，

$(\chi/Q)_H$=高架释放条件下的大气扩散因子，s/m^3；

x=下风向距离，m；

u_H=烟羽有效高度处的风速，m/s；

σ_z=垂直烟羽扩散系数，m；

h_e=有效烟羽高度，m；

f_{Hd}=高架释放条件下干沉降引起的烟羽耗减校正因子，无量纲。

f_{Hw}=高架释放条件下湿沉降引起的烟羽耗减校正因子，无量纲。

f_{HR}=高架释放条件下核素衰变引起的烟羽耗减校正因子，无量纲。

其中：

$$(\chi/Q)_G = \frac{2.032}{x \bullet u_G \bullet \sum_z} \bullet f_{Gd} \bullet f_{Gw} \bullet f_{GR}$$

式中：

$(\chi/Q)_G$ —地面释放条件下的大气弥散因子，s/m^3；

x—计算点与释放点之间的距离，m；

u_G—地面 10m 高度风速，m/s；

$\sum_z$ —经建筑物尾流校正后的垂直扩散参数，m；

f_{Gd}—地面释放条件下干沉降引起的烟羽耗减校正因子，无量纲；

f_{Gw}—地面释放条件下湿沉降引起的烟羽耗减校正因子，无量纲；

f_{GR}—地面释放条件下核素衰变引起的烟羽耗减校正因子，无量纲。

地面释放条件下，应考虑建筑物的下风向尾流效应对各类大气稳定度下的垂直扩散参数进行修正，修正方法由下式给出：

$$\sum_z = \min\left(\left(\sigma_Z^2 + \frac{0.5}{\pi} D_Z^2\right)^{0.5}, \sqrt{3}\sigma_Z\right)$$

式中：

D_z—邻近建筑物的高度，m；

σ_Z —厂址垂直扩散参数，m。

（3）干湿沉积

干沉积、湿沉积（亦称冲洗）和放射性衰变等过程，将造成烟羽中放射性含量的减少，此过程称为烟羽耗减。干、湿沉积还将同时造成地面的反射性沉积。

i）干沉降损耗

干沉积地面放射性物质的干沉积速率可以用下式表示：

$$\boldsymbol{A_p = V_d \chi}$$

式中：

A_p 为干沉积因子，Bq ṁ$^{-2}$ s^{-1}；

χ 为地面空气浓度，Bq ṁ$^{-3}$；

V_d 为沉积速度，m s^{-1}，对于碘取 0.01m/s，对于其他粒子取 0.001m/s。

ii）湿沉降损耗

引入湿沉积校正因子 Fw，来修正在实际降雨期间湿沉积造成烟羽浓度的损耗，即

$$\acute{\chi} = \chi F_W$$

$$F_W = \exp\left(-\Lambda\frac{\chi}{u}\right)$$

式中，χ，$\acute{\chi}$分别为校正前后的浓度；Λ 为冲洗系数，s^{-1}。通常假定 Λ 近似于降雨率 I（mm h^{-1}）成正比：

$$\Lambda = \alpha I$$

式中 α 为比例常数，单位为 h（mm s）$^{-1}$，粒子为 1.6×10^{-4}，元素碘为 1.1×10^{-4}，有机碘≤10^{-4}。

长期沉积因子$\overline{W_{wi}}$为

$$W_{wi} = \frac{8CB_i}{\pi x\bar{u}}$$

式中：

B_i 为对应 i 风向的降雨量，mm a^{-1}；

$\bar{u}$为年平均风速，m/s；

C 为冲洗常数，a·（mm s）$^{-1}$，粒子为 1.8×10^{-8}，元素碘 1.2×10^{-8}，有机碘≤10^{-8}。

（4）高、低架排放的时间分配

当烟囱高度高于邻近建筑物，且低于其 2.5 倍时，视为混合排放，即部分时间为高架排放，部分时间为地面源排放,两者的分配由计算值 E_t 决定。

按如下关系式确定烟羽高架排放和地面排放的份额：

$E_t = 1.0$ 当 $W_0/\bar{u} \le 1.0$

$E_t = 2.58 - 1.58(W_0/\bar{u})$ 当 $1.0 < W_0/\bar{u} \le 1.5$

$E_t = 0.3 - 0.06(W_0/\bar{u})$ 当 $1.5 < W_0/\bar{u} \le 5.0$

$E_t = 0.0$ 当 $W_0/\bar{u} \ge 5.0$

式中，

E_t=排放为地面的时间份额；

W_0=烟羽排出速度，m/s；

u=出口处平均风速，m/s。

2）气载流出物剂量模式

本工程在正常运行时，按照图 6.2-1 所示照射途径计算气载流出物通过气态途径释放对人的受照剂量。

气载流出物对居民所致的剂量计算模式描述如下：

（1）空气浸没外照射剂量

全身剂量年空气浸没全身剂量由下式表示：

$$\boldsymbol{D_{Bi} = 3.15 \times 10^{7} S_F \dot{Q} \left(\frac{\overline{x}}{\dot{Q}}\right)_i g_B}$$

式中：

D_{Bi} 是对应风向的下风向扇形的全年全身剂量当量，Sv a^{-1}；

S_F 是建筑物屏蔽产生的剂量减弱因子，根据文献的推荐，对于个人，取 S_F=0.7，对于群体，取 S_F=0.5；

g_B 为烟云浸没照射因子，Sv·（s Bq m^{-3}）$^{-1}$；

$\dot{Q}$为释放源项，Bq/s；

$\left(\overline{\chi}/\dot{Q}\right)_i$为大气弥散因子，$s/m^3$。

（2）地面沉积外照射剂量

由下式计算干沉积或湿沉积产生的地表放射性的外照射剂量：

$$\boldsymbol{D_{B_i}^G = 3.15 \times 10^{7} S_F C_i^G g_B^G}$$

式中：$\boldsymbol{D_{B_i}^G}$为沉积外照射的年全身剂量当量，$\boldsymbol{\overline{S}_v \cdot a^{-1}}$；

$\boldsymbol{g_B^G}$为污染地表面上的全身外照射剂量转换因子，Sv·a^{-1}；

$\boldsymbol{C_i^G}$为 i 方向下风向扇形内地表面的放射性核素浓度，$\boldsymbol{\overline{B}q \cdot a^{-1}}$。$\boldsymbol{C_i^G}$由下式计算：

$$\boldsymbol{C_j^G = \frac{3.15 \times 10^{7}\left(\overline{W}_{D_i} + \overline{W}_{w_i}\right)}{\lambda_e^s}\left(1 - e^{-\lambda_e^s t_b}\right)}$$

式中：

$\boldsymbol{\overline{W}_{D_i}}$，$\boldsymbol{\overline{W}_{w_i}}$分别为 i 风向下风向的年平均干沉积因子和湿沉积因子，m^{-2}；

t_b 为放射性核素在地面的累积时间（近似取为核设施开始气载释放至待计算年份的时间），a^{-1}；

$\boldsymbol{\lambda_e^s}$为放射性核素由地表清除的有效速率常数，a^{-1}。$\boldsymbol{\lambda_e^s = \lambda + \lambda_s}$，λ 为物理衰变参数，$\lambda_s$ 为除衰变外其他清除过程的速率常数。显然，λ_s 与再悬浮、降水冲洗和核素向地下的迁移等过程有关，因此，λ_s 的确定比较困难。本报告推荐近似采用文献给出的核素在土壤根区附近的 λ_s 值：

$$\boldsymbol{\lambda_s} = \begin{cases} \boldsymbol{1 \times 10^{-1} a^{-1}}\text{（对于碘）} \\ \boldsymbol{1 \times 10^{-2} a^{-1}}\text{（对于其他粒子）} \end{cases}$$

（3）吸入内照射剂量

由下式计算放射性核素年吸入产生的待积有效剂量当量：

$$D_{A_i}^{a} = R_a \dot{Q} \left(\frac{\overline{\chi}}{\dot{Q}}\right)_i g_{A_a}$$

式中：

$D_{A_i}^{a}$为 i 风向下风向扇形内 a 年龄组个人的年吸入生产的待积有效剂量当量或器官的剂量当量，Sv a^{-1}；

R_a为 a 年龄组个人的年空气摄入量，m^{-3} a^{-1}；

g_{A_a}为对应 a 年龄组的吸入剂量因子，Sv Bq^{-1}。

（4）食入陆地动植物内照射剂量

因食入污染的食物产生的待积有效剂量当量为：

$$D_{D_i}^{a} = g_{D_a} \sum_{P} U_a^P f_P C_i^P$$

式中：$D_{D_i}^{a}$为 i 风向下风扇形内 a 年龄组的个人因食入污染食物产生的待积有效剂量当量，Sv a^{-1}；

g_{D_a}为 a 年龄组的食入剂量因子，Sv Bq^{-1}；

U_a^P为 a 年龄组的个人对 P 类农产品的年摄入量，kg a^{-1} 或 1 a^{-1}；

f_P为食入有关地区产生的 P 类农产品的份额，%；

C_i^P为 P 类农产品中的放射性核素浓度，Bq kg^{-1} 或 Bq L^{-1}。

i）蔬菜、谷类、水果等农作物中的核素浓度（不包括 H-3 和 C-14）

$$C_i^P = 3.15 \times 10^7 \dot{Q}\left(\overline{W}_{D_i} + \overline{W}_{w_i}\right)\left\{\frac{RT_{i\nabla}[1 - exp(-\lambda_c^{\nabla} t_c)]}{Y_{\nabla}\lambda_c^{\nabla}} + \frac{B_{\nabla}[1 - exp(-\lambda_e^{s} t_b)]}{P\lambda_c^{s}}\right\} \times exp(-\lambda t_h)$$

式中：

R 为滞留份额，即沉积放射性保留在植物中的份额；

$T_{i\nabla}$为易位因子，即沉积于植物外部的放射性核素向植物食用部分的易位因子，无量纲；

λ_c^{∇}为放射性核素由植物中清除的有效速率，a^{-1}，$\lambda_c^{\nabla} = \lambda + \lambda_w$，其中$\lambda_w$是风化产生的物理消除速率常数；

t_c是农作物在生长季节受污染的时间，a；

Y，为收获时农作物的有效生物质量，即单位面积产量，kg ㎡$^{-2}$，

$\boldsymbol{B_V}$是农作物食用部分从土壤摄入核素的浓集因子，Bq ㎏$^{-1}$（鲜作物）/Bq ㎏$^{-1}$（干土壤）；

$\boldsymbol{t_b}$是核素在土壤中的累积时间，a；

P 为土壤的有效表面密度，kg（干土壤） ㎡$^{-2}$；

$\boldsymbol{t_h}$是农作物由收获到消费的时间，a。

表 6.2-1 给出了计算涉及的其他参数的虚定值。

ii）植物中 ^{3}H 的浓度

$$\boldsymbol{C_i^T = 10^3 \dot{Q}_T (\bar{\chi}/\dot{Q})_i (0.75)(0.5/H)}$$

$$\boldsymbol{= 3.8 \times 10^2 \dot{Q}_T (\bar{\chi}/\dot{Q})_i \frac{1}{H}}$$

式中：

$\boldsymbol{C_i^T}$是 i 风向下风向扇形内植物中的 ^{3}H 浓度，Bq ㎏$^{-1}$；

H 为评价点的年平均绝对湿度，g ㎥$^{-3}$；

$\boldsymbol{\dot{Q}_T}$为 ^{3}H 的释放率，Bq s^{-1}；

0.5 是植物中水的氚浓度与大气水中 ^{3}H 浓度之比值；

0.75 是水在植物中总质量中的份额。

iii）植物中 ^{14}C 的浓度

$$C_{14}^T = \frac{1}{3.15\times10^4} \cdot Q_{14} \cdot (\chi/Q)_i \cdot p \cdot 0.11/0.16$$

式中：

C_{14}^T—i 风向下风向扇形区内农作物中 ^{14}C 浓度，Bq/kg；

Q_{14}—^{14}C 的年释放率，Bq/a；

p—相对平衡比；

（x/Q）$_i$—i 风向下风向扇形区内在 x 距离处的大气弥散因子，s/m^3；

0.11—植物总量中天然碳所占的份额；

0.16—大气中天然碳的浓度，g/m^3；

1/（3.5×10^4）—单位转换系数。

iv）奶、肉和蛋中的核素浓度

$$\boldsymbol{C_i^m = F_m C_i^a Q_F exp(-\lambda t_F)}$$

式中：

C_i^m为 i 风向下风向扇形内奶中的核素浓度，Bq l^{-1}；

C_i^a为动物饲料中的核素比活度，Bq kg^{-1}（干重）；

F_m为动物每天摄入的放射性核素出现在每升奶中的平均份额，d l^{-1}；

Q_F为动物每天消耗的饲料量，kg（干重） d^{-1}；

t_F为放射性核素由奶到人的平均迁移时间，a。

肉中的核素浓度同样可表示为

$$C_i^f = F_f C_i^a Q_F exp(-\lambda t_f)$$

式中：C_i^f为肉中的核素比活度，Bq kg^{-1}；

F_f为动物每天摄入的放射性核素出现在每公斤肉中的份额，d kg^{-1}；

t_f为屠宰到消费的时间，a。

关于蛋中的核素浓度的表达式及各参数的含义，完全类同于奶中核素浓度的计算。

其中的动物饲料核素浓度C_i^a由下式计算：

$$C_i^a = f_p f_s C_i^p + (1 - f_p) C_i^s + f_p (1 - f_s) C_i^s$$

式中：C_i^p为生长中的牧草的核素比活度，Bq kg^{-1}（干重）；

C_i^s为贮存饲料的核素比活度，Bq kg^{-1}（干重）；

f_p为动物每年放牧于牧场的时间份额；f_s为放牧期间饲料中鲜草的份额。

上式也可以表示为

$$C_i^a = \acute{f}_p C_i^p + \acute{f}_s C_i^s$$

式中：$\acute{f}_p = f_p f_s$，为饲料中鲜牧草的份额；

$\acute{f}_s = 1 - \acute{f}_p$，为饲料中贮存牧草的份额。

计算动物产品中放射性核素浓度所涉及的各种参数参见表 6.2-2。

剂量转换因子参见表 6.2-3。

（5）集体剂量

$$D = \sum_d \sum_a p_{da} D_{da}$$

式中：

D—某一半径区域内的居民所接受的年集体剂量，人 Sv；

p_{da}—d 子区内 a 年龄组的居民总数；

D_{da}—d 子区内 a 年龄组个人接受的年平均剂量，Sv。

3）公众位置、人口分布、食物生产、加工以及消费

公众位置、人口分布、食物生产、加工及消费等与受照途径相关的数据详见第二章相关章节描述。

6.2.3.2　液态途径

1）水体稀释扩散计算模式

液态流出物连续排放，浓度归一化处理。核素半衰期放射性核素的半衰期及衰变参数见表 6.2-4。余氯半减期取 1.5h。

流场控制方程参见 6.1.2.2 章节温排水数值模拟过程的描述。

液态流出物扩散控制方程如下：

$$\frac{\partial h\overline{C}}{\partial t}+\frac{\partial h\overline{uC}}{\partial x}+\frac{\partial h\overline{vC}}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}\left(hD\frac{\partial\overline{C}}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial \mathrm{y}}\left(hD\frac{\partial\overline{C}}{\partial y}\right)-hK_p\overline{C}+hC_sS$$

式中：C为放射性物质的水深平均浓度；

u、v 分别为 x、y 向流速分量，h 为水深；

D 为对应 x、y 向分散系数；

Kp 为放射性物质的衰变常数；

C_S 为放射性核素在排放口的浓度，余氯用排放浓度、其余在排放口处的浓度作归一化处理；S 为排放量。

2）液态途径剂量计算模式

液态流出物致公众个人和集体剂量的计算主要基于《滨海核电厂液态放射性流出物辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20199-2013），主要考虑海产品食入内照射、岸边沉积外照射、海水浸没外照射和海上活动外照射四种主要照射途径下的公众剂量。

（1）海产品食入个人内照射剂量

海产品一般分为海鱼、甲壳类、软体类和海藻四大类，公众食入海产品造成的内照射剂量计算公式：

$$D_{EP}=\sum_i C_{PKi}\cdot U_p\cdot e^{(-\lambda_i T_p)}\cdot Df_{EEi}$$

式中：

D_{EP}　——通过食入途径造成的公众个人年有效剂量（Sv/a）；

C_{PKi}　——海产品中放射性核素 i 的浓度，单位为贝可每千克（Bq/kg）；

U_p ——公众个人的海产品消费量（kg/a）；

λ_i ——核素 i 的衰变常数，单位为每小时（h^{-1}）；

T_p ——海产品从捕捞到被消费的时间间隔（h）；

Df_{EEi} ——食入放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子（Sv/Bq）。

海产品中放射性核素 i 的浓度基于下式计算：

$$C_{PKi} = C_{WKi} \cdot B_{Pi}$$

式中：

C_{PKi} ——海产品 P 中放射性核素 i 的浓度，单位为贝可每千克（Bq/kg）；

C_{WKi} ——海水中放射核素 i 的浓度，单位为贝可每升（Bq/L）；

B_{Pi} ——海产品 P 对放射性核素 i 的浓集因子，单位为贝可升每贝可千克（Bq/kg）/（Bq/L）。

（2）岸边沉积个人外照射剂量

岸边沉积外照射剂量基于下式计算：

$$D_{ES} = \sum_i C_{Bi} \cdot W \cdot Df_{ESi} \cdot T_S$$

式中：

D_{ES} ——通过岸滩沉积物途径造成的公众个人年有效剂量，单位为希沃特每年（Sv/a）；

C_{Bi} ——岸边放射性核素 i 的沉积量，单位为贝可每平方米（Bq/m^2）；

W ——岸宽因子（无量纲）；

Df_{ESi} ——岸边沉积物中核素 i 对人体的有效剂量转换因子，单位为希沃特平方米每贝可小时（Sv/h）/（Bq/m^2）；

T_S ——每年公众在岸边的活动时间，单位为小时每年（h/a）。

岸边放射性核素 i 的沉积量基于下式计算：

$$C_{Bi} = \frac{(0.1)(0.001) \cdot K_{di} \cdot D_S \cdot C_{wi}}{1+(0.001) S_s \cdot K_{di}} \cdot \frac{1-e^{-\lambda_i \cdot T_e}}{\lambda_i \cdot T_e}$$

式中：

C_{Bi} ——岸边放射性核素 i 的沉积量，单位为贝可每平方米（Bq/m^2）；

C_{wi} ——海水中放射性核素的浓度，单位为贝可每立方米（Bq/m^3）；

D_S ——悬浮物在岸边的有效沉积密度，单位为千克每平方米（kg/m^2），据《Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment》（IAEA Safety Reports Series No. 19），该参数取值60；

S_S ——海水中悬浮物的浓度，单位为千克每立方米（kg/m^3），据《Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment》（IAEA Safety Reports Series No. 19），近海取值 1×10^{-2}；

K_{di} ——海水中悬浮物对核素 i 的吸附分配因子，单位为升每千克（L/kg）；

λ_i ——放射性核素 i 的衰变常数，单位为每小时（1/h）；

T_e ——沉积物中放射性累积时间，单位为小时（h），取 8760h；

0.1 ——底部沉积物吸附分配因子与悬浮物吸附分配因子之比；

0.01 ——体积转换系数，单位为立方米每升（m^3/L）。

（3）海水浸没个人外照射剂量

海水浸没（包括游泳、水下作业等）外照射剂量基于下式计算：

$$D_{EWs}=\sum_i C_{wi}\cdot T_s\cdot Df_{EWi}$$

式中：

D_{EWs} ——游泳或海中作业时海水中放射性核素对公众个人产生的有效剂量，单位为希沃特每年（Sv/a）；

C_{Wi} ——水中放射性核素 i 的浓度，单位为贝可每立方米（Bq/m^3）；

T_S ——每年公众个人游泳或海水中作业的时间，单位为小时每年（h/a）；

Df_{EWi} ——放射性核素 i 对人体的水体浸没有效剂量转换因子，单位为希沃特立方米每贝可小时（Sv/h）/（Bq/m^3）。

（4）海上活动个人外照射剂量

公众划船、捕捞等海上活动受到的外照射剂量：

$$D_{EWf} = \sum_i C_{wi} \cdot g \cdot T_f \cdot Df_{EWi}$$

式中：

D_{EWf} ——海上作业时海水中放射性核素对公众个人产生的有效剂量，单位为希沃特每年（Sv/a）；

C_{wi} ——水中放射性核素 i 的浓度，单位为贝可每立方米（Bq/m^3）；

T_f ——每年公众个人在海面上作业的时间，单位为小时每年（h/a）；

Df_{EWi} ——浸没于无限大水体中放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子，单位为希沃特立方米每贝可小时（Sv/h）/（Bq/m^3）；

g ——海上作业的几何因子，无量纲，取 0.5。

（5）集体剂量

计算居民集体剂量的通用方程式如下：

$$D_{ip} = 0.001P\sum_a D_a \cdot f_a$$

式中：

D_{ip}—核素 i 通过途径 p 所致的居民年集体剂量，人—Sv/a；

P—80km 半径范围内居民数，人；

D_a—年龄组 a 中个人所接受的年剂量，mSv/a；

f_a—居民中年龄组 a 所占的份额；

0.001—mSv 转换成 Sv 的换算因子。

6.2.4 大气弥散和水体稀释

6.2.4.1 大气弥散

表 6.2-5~6.2-10 分别列出了厂址半径 80km 范围内各子区代表性放射性核素 ^{85}Kr、^{133}Xe、^{131}I、^{137}Cs、^{3}H 和 ^{14}C 混合释放情况下年均长期大气弥散因子值。厂址半径 80km 范围因干湿沉积所致的核素年均沉积因子见表 6.2-11~表 6.2-12。

6.2.4.2 水体稀释

液体流出物在受纳水体中的稀释扩散，与受纳水体的水文气象条件、取排水构筑物的形式以及排放方式有密切关系。

为了预测液态流出物对北部湾海域造成的影响，建设单位委托青岛博研海洋

环境科技有限公司针对广西白龙核电厂进行了液态流出物排放的数值模拟研究工作。

液态流出物排放计算考虑不衰变和四种不同半衰期的核素排放，分夏季和冬季两种情况，计算潮型同温排水。液态流出物和温排水一起排放，核素排放浓度进行归一化计算。

全潮平均及最大相对浓度等值线包络面积见表 6.2-13 和表 6.2-14。主要结论如下：

液态流出物排放的数值模拟计算以流场计算结果为基础，计算出的浓度分布规律主要取决于环境海域流场的分布与变化，水深对其分布也有一定的影响。相对浓度等值线分布规律与温排水分布规律基本相同。

典型核素的半衰期较长，随着半衰期的增加，不同核素相对浓度等值线范围也逐渐增大，同时取水口处的相对浓度也逐渐增大；受夏、冬季余流流向不同的影响，夏、冬季核素分布形态存在一定差异，夏季半月潮时液态流出物向北、向东输移强度较大，冬季半月潮时液态流出物向西南输移强度较大。

对于水体稀释因子，这里考虑平均包络面积，并以不衰变核素结果进行分析。以冬、夏季半月潮模拟结果分析水体稀释状况，数值模拟结果见图 6.2-3 所示。根据数值模拟结果，求得不同环段内平均相对浓度平均值见表 6.2-15。

根据数模计算结果，近区距离排放口最近居民点的稀释因子为 0.1 左右（取 3-5km 环段平均相对浓度，9.94E-02），远区距离排放口较大的居民点的稀释因子为 0.024 左右（保守取 10-20km 环段平均相对浓度，2.40E-02）。在计算本工程 2 台核电机组正常运行期间厂址附近居民个人最大有效剂量时，近区食入水生生物途径、岸边活动、游泳等途径的稀释因子取 0.1（稀释 10 倍）；在计算 80km 范围内的集体有效剂量时，稀释因子取 0.024（稀释约 40 倍）。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.2.5.1 大气中主要核素浓度

表 6.2-16~表 6.2-21 给出了厂址半径 80km 范围内各子区代表性放射性核素 ^{85}Kr、^{133}Xe、^{131}I、^{137}Cs、^{3}H 和 ^{14}C 混合释放情况下在空气中的平均活度浓度。由表可见，各核素浓度最大值出现在 SSW 方位 0~1km 处。

6.2.5.2 海水中主要放射性核素浓度

《海水水质标准》（GB3097-1997）中规定了 5 种放射性核素的限值。本工程单台CAP1000核电机组的核岛废液采用间歇性排放，年排放量为7700m^3左右，年排放时间为 856h，排放速率为 9-17m^3/h（计算总排口核素的峰值浓度时保守取 17 m^3/h）。正常运行条件下，冬季冷却水（单堆）排水量为63.56m^3/s。

本次保守考虑两台机组一台机组正常运行，一台机组大修，因此核岛废液排放量按两台考虑，但冷却水量按一台机组 63.56m^3/s 考虑。根据 5 种核素的年排放量（保守取年总排放量）计算得到本工程总排放口各核素的峰值浓度和年平均浓度见表 6.2-22。由表 6.2-22 可见，总排放口处 5 种核素的峰值浓度和年平均浓度均小于《海水水质标准》（GB 3097-1997）中规定的限值。各核素浓度最大值出现在排水口位置，即厂址 S 方位 3~5km 处。液态流出物的排放能满足标准要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

6.2.6.1 气态途径

根据 CAP1000 压水堆核电机组正常运行工况下气载流出物设计排放源项、各种放射性核素的平均食物摄入量、剂量转换因子、长期大气弥散因子、地面沉积因子等数据（见表 6.2-3 和表 6.2-5~表 6.2-12），计算了本工程 2 台 CAP1000 机组在正常运行工况下经气载途径所致公众最大个人有效剂量。单台机组气态途径设计排放源项见第四章 4.6 节，剂量转换因子采用我国国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、国际原子能机构报告和美国联邦导则报告等。

根据气态途径剂量计算结果，本工程 2 台机组由气态途径所致厂址附近的婴儿、儿童、青少年、成人（包含渔民）的最大个人剂量分别为 1.68E-03mSv/a、5.11E-03mSv/a、3.26E-03mSv/a 和 3.10E-03mSv/a。

6.2.6.2 液态途径

根据 CAP1000 压水堆核电机组正常运行工况下液态流出物设计排放源项、食物摄入量、剂量转换因子等数据，计算了本工程 2 台 CAP1000 机组在正常运行工况下经液态途径所致公众最大个人有效剂量。单台机组液态途径设计排放源项见第四章 4.6 节，剂量转换因子采用我国国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和美国联邦导则报告，见表 6.2-23。用于计算本工程所在厂址附近居民中个人最大受照有效剂量和居民集体剂量的利用因子分

别列于表 6.2-24。

根据液态途径剂量计算结果，本工程 2 台机组由液态途径所致厂址附近的婴儿、儿童、青少年、成人和渔民的最大有效剂量为2.22E-05mSv/a、5.40E-04mSv/a、3.62E-04mSv/a、4.02E-04mSv/a 和 4.03E-04mSv/a。

6.2.6.3　剂量汇总

国家标准 GB6249-2011 规定：正常运行工况下，每座核动力厂向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年应小于 0.25mSv。

本工程正常运行工况下剂量汇总见表 6.2-25。计算中考虑了当地居民的生活习惯，并采用了偏保守的假设条件。

由表 6.2-25 可知：本工程 2 台 CAP1000 核电机组在正常运行期间放射性物质由气态途径和液态途径排放所致的最大个人有效剂量为 5.65E-03mSv/a，为本项目剂量约束值 0.0735mSv/a 的 7.69%，为国家标准规定的 0.25mSv/a 的 2.26%。

气态途径所致的半径 80km 范围内居民集体有效剂量 1.68E-01 人 Sv/a。液态途径所致的半径 80km 范围内居民集体有效剂量 5.90E-01 人 Sv/a。厂址半径 80km 范围内集体有效剂量为 7.58E-01 人·Sv/a，其中气态途径份额为 22.2%，液态途径份额为 77.8%。

6.2.7　非人类生物的辐射剂量

生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性及核设施气、液态流出物，这些照射导致了水生生物和陆生生物的内外照射剂量。核设施气、液态流出物引起的生物内外照射，对于水生生物而言，外照射主要分为水体照射和底泥照射，内照射主要来自于生物体的食入照射；对于陆生生物而言，外照射主要分为空气照射和地面沉积外照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

2000 年 11 月~2003 年 10 月欧共体完成了 FASSET 计划，这个计划的目的是发展评价电离辐射生物和生态系统影响的方法和工具，以及支持防护辐射对环境有害效应的努力。计划分为 4 个方面：1）环境剂量学；2）放射性核素在生态系统中的转移；3）电离辐射生物效应；4）建立评价的框架。欧共体在完成 FASSET 计划后，在 2004 年 3 月制定了一个 ERICA 计划，计划实施从 2004 年 1 月到 2007 年 2 月，计划分为 5 个方面：1）提供评价工具；2）提供生态危害评价危害特征方法学；3）提供管理导则，支持电离辐射的环境保护；4）在 5 个不同场址事例

研究情景中，应用和检验评价的方法学；5）总的管理和计划进展评价。

基于欧洲模式的非人类生物辐射影响评估模式采用了危害商的定义，危害商的定义是剂量估算值与参考值的比值，具体公式如下：

$$RQ=\frac{\text{预测的生物剂量率}}{\text{认定安全的剂量率基准值}}$$

由上述公式可知，如果危害商小于 1，说明不可能对环境产生危害。

基于欧洲模式的非人类生物辐射影响评估模式由三级筛选组成：一级筛选中只需输入要评价的生态系统、选择核素、输入核素在介质中的活度浓度，导出危害商，若危害商大于 1 则进入二级筛选；二级筛选在一级筛选的基础上增加了生物种类的选择，同时程序还允许用户进行核素参数设置（包括分布系数、生物参数设置等）；三级筛选的特点是用户在进行核素参数设置时，不但可以输入或采用程序提供的默认值，也可以根据选择的分布类型计算其分布值（可选择 7 种，包括指数分布、正态分布、三角分布、均匀分布、对数正态分布、对数三角分布、对数均匀分布）。

根据欧共体的人类生物辐射影响评估模式对本工程的生物辐射剂量进行了计算。计算采用二级筛选模式，同时采用程序提供的参数默认值。非人类生物辐射影响评估模式中生物辐射剂量计算模式和参数如下所述：

1）浓度平衡比和分配系数

- 对于陆生生物

$$\text{浓度平衡比}\ CR=\frac{\text{放射性核素在生物体中的浓度}(Bq/kg\text{干重})}{\text{放射性核素在介质中的浓度}(Bq/kg\text{或}Bq/\mathrm{m}^3)}$$

- 对于水生生物

$$\text{浓度平衡比}\ CR=\frac{\text{放射性核素在生物体中的浓度}(Bq/kg\text{干重})}{\text{放射性核素在水中的浓度}(Bq/L)}$$

$$\text{分配系数}\ K_{\mathrm{d}}=\frac{\text{放射性核素在沉积物中的浓度}(Bq/kg\text{干重})}{\text{放射性核素在水中的浓度}(Bq/L)}$$

具体分配系数、浓度平衡比见表 6.2-26、表 6.2-27 和表 6.2-28。

2）剂量转换因子

- 对于单能源的剂量转换因子

内照射剂量转换因子$DCC_{\mathrm{int}}=5.77\times10^{-4}\times E\times\Phi_E$

外照射剂量转换因子$DCC_{\text{ext}} = 5.77 \times 10^{-4} \times E \times （1 - \Phi_E）$

式中：

DCC—剂量转换因子（$\mu Gyh^{-1}/Bq\ kg^{-1}$）；

E—单能源的能量（MeV）；

Φ_E—特定能量的吸收系数；

5.77×10^{-4}—转换因子。

- 对于多能源的剂量转换因子

$$DCC_{\text{int}} = wf_{low\beta} \times DCC_{int,low\beta} + wf_{\beta+\gamma} \times DCC_{int,\beta+\gamma} + wf_{\alpha} \times DCC_{int,\alpha}$$

$$DCC_{\text{ext}} = wf_{low\beta} \times DCC_{ext,low\beta} + wf_{\beta+\gamma} \times DCC_{ext,\beta+\gamma}$$

式中 wf 是各能量源的权重因子（β，β+γ 和 α）

3）生物辐射剂量

- 内照射剂量率

$$D_{int}^{b} = \sum_{i} C_i^b \times DCC_{int,j}^{b}$$

式中：

D_{int}^{b}—生物体 b 的内照射吸收剂量率；

C_i^b—核素 i 在生物体 b 内的平均浓度（Bq/kg 干重）；

$DCC_{int,j}^{b}$—内照射剂量转换因子。

- 外照射剂量率

$$D_{ext}^{b} = \sum_{Z} V_z \sum_{i} C_{zi}^{ref} \times DCC_{ext,Zi}^{b}$$

式中：

V_z—占有系数，即生物体 b 在介质 Z 所停留时间的份额；

C_{zi}^{ref} C_{zi}^{ref}—核素 i 在介质 Z 中的平均浓度（Bq/kg 干重或 Bq/l）；

$DCC_{ext,Zi}^{b}$—外照射剂量转换因子。

- 总照射剂量

总照射剂量$\text{D} = D_{int} + D_{ext}$

1）水生生物

根据厂址水生生物本底调查结果，初步选取代表性指示生物开展计算。表6.2-29~表6.2-31分别给出了本工程2台CAP1000核电机组正常运行时放射性核素对受纳海域中水生生物造成的内照射剂量率、外照射剂量率及总辐射剂量率。表6.2-32给出了选取的代表性指示生物及本工程2台CAP1000核电机组正常运行时液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商。本次评价保守采用非人类生物辐射影响评估模式中默认的剂量率评价基准值：10μGy/h。考虑到液态流出物进入受纳海域后会马上被海水所稀释，同时各类生物也会具有一定的移动能力，因此计算时各核素浓度考虑排水口1km范围环段典型小潮4.10E-01的稀释因子。

由表6.2-32可知，本工程2台CAP1000核电机组正常运行时液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商最大为多毛类，其值为6.82E-04，小于1。因此，本工程2台机组正常运行工况下，液态流出物排放不会对受纳海域中的水生生物产生影响。

2）陆生生物

根据厂址陆生生物本底调查结果，初步选取代表性指示生物开展计算。本工程主导风向为NE，次主导风向为NNE，根据风向情况和厂址特征，初步分析本工程主导风向和次主导风向下风向基本位于厂区或大海，因此本次陆生生物辐射影响使用 ESE 风向（下风向为陆域的风频较高风向）分析最大落地浓度。表6.2-33~表6.2-35分别给出了本工程2台CAP1000核电机组正常运行时各核素厂址 ESE 风向下风向746米处对陆生生物造成的内照射剂量率、外照射剂量率及总辐射剂量率。表6.2-36给出了选取的代表性指示生物及本工程正常运行时对陆生生物造成的危害商，本次评价保守的采用非人类生物辐射评价模式中默认的剂量率基准值：10μGy/h。

由表6.2-36可知，本工程2台CAP1000核电机组正常运行时对陆生生物造成的危害商最大为鸟类，其值为2.76E-03，远小于1，因此，可以认为，本工程正常运行不会对厂址周边陆生生物产生影响。

6.2.8 辐射影响评价

6.2.8.1 排放量和排放浓度评价

本报告第一章1.7节给出了本工程2台机组的气载流出物和液态流出物设计

排放量与国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中规定的年排放量控制值的比较。比较结果可以看出，本工程 2 台机组气载流出物和液态流出物的年排放量能满足标准要求。

本工程槽式排放口处液态流出物排放浓度满足国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中规定的控制值。

6.2.8.2　辐射剂量评价

1）公众最大剂量

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定：正常运行工况下，任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年应小于 0.25mSv 的剂量约束值。

考虑当地居民的生活习惯，并采用偏保守的假设条件，本工程正常运行工况下剂量汇总见表 6.2-25。由表可知，本工程 2 台机组在正常运行期间所致最大个人的有效剂量为 5.65E-03mSv/a，为本项目剂量约束值 0.0735mSv/a 的 7.69%，为国家标准规定的 0.25mSv/a 的 2.26%。因此，本工程在正常运行期间，对环境的辐射影响是可以接受的。

2）非人类生物

本工程 2 台 CAP1000 核电机组正常运行时液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商如表 6.2-32 所示。从表中可以看出，危害商最大为多毛类，其值为 6.82E-04，小于 1。本工程 2 台 CAP1000 核电机组正常运行工况下，液态流出物排放不会对受纳海域中的水生生物产生影响。

本工程 2 台 CAP1000 核电机组正常运行时气态流出物排放对厂址附近陆生生物造成的危害商如表 6.2-36 所示。从表中可以看出，危害商最大为鸟类，其值为 2.76E-03，远小于 1。本工程 2 台 CAP1000 核电机组正常运行工况下，气态流出物排放不会对陆生生物造成的影响。

表 6.2-1　用于计算农作物中核素浓度的各种参数的虚定值

R	λ_w a^{-1}	Y_v $kg•m^{-2}$	t_c a	t_h a	P $kg•m^{-2}$	T_{iv}
0.5	17	2.0（鲜重）	0.16（60d）	2.7×10^{-3}（24h）	240（干重）	1
（对谷物上的铯）	（粒子）	（蔬菜）	（蔬菜）	（蔬菜，最大个人）		（叶类蔬菜）
				5.5×10^{-3}（2d）（蔬菜，群体）		
0.2	5	0.6（鲜重）	0.25（90d）	8.2×10^{-2}（30h）		0.1
（粒子）	（碘）	（其他作物）	（其他作物）	（其他作物，最大个人）		（其他作物）
				0.5（其他作物，群体）		

表 6.2-2　用于计算饲料作物中核素比活度的若干参数的虚定值

R/Tv（干重）（$kg\ m^{-2}$）$^{-1}$	λw a^{-1}	λs a^{-1}	tc a	th a	P $kg\ m^{-2}$	T_{iv}
2.0	25（对碘）	1×10^{-1}（对碘）	3.2×10^{-2}（30d）	0（牧场牧放）	240（干重）	1
	17（对粒子）	1×10^{-2}（对粒子）		0.25（贮存牧草）		

*表中给出的 t_h 值，适用于牛和羊。对猪和家禽，考虑我国具体的情况，对于贮存饲料（主要是粮食），推荐统一取 t_h=0.5a（即喂上一季的粮食）。

表 6.2-3　计算中涉及的剂量转换因子

核素	衰变常数	空气浸没（Sv/s）/（Bq/m^3）				沉积（Sv/s）/（Bq/m^2）				吸入（Sv/Bq）				食入（Sv/Bq）			
	（1/s）	婴儿	儿童	青少年	成人	婴儿	儿童	青少年	成人	婴儿	儿童	青少年	成人	婴儿	儿童	青少年	成人
Kr-83m	1.05E-04	2.43E-18	2.43E-18	2.43E-18	2.43E-18	3.80E-19	3.80E-19	3.80E-19	3.80E-19	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85m	4.30E-05	6.83E-15	6.83E-15	6.83E-15	6.83E-15	1.52E-16	1.52E-16	1.52E-16	1.52E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	2.05E-09	2.55E-16	2.55E-16	2.55E-16	2.55E-16	2.64E-18	2.64E-18	2.64E-18	2.64E-18	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	1.52E-04	3.94E-14	3.94E-14	3.94E-14	3.94E-14	7.32E-16	7.32E-16	7.32E-16	7.32E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	6.78E-05	9.72E-14	9.72E-14	9.72E-14	9.72E-14	1.74E-15	1.74E-15	1.74E-15	1.74E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-89	5.43E-03	1.24E-13	1.19E-13	1.09E-13	9.89E-14	1.65E-15	1.56E-15	1.45E-15	1.34E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131m	6.74E-07	3.70E-16	3.70E-16	3.70E-16	3.70E-16	2.06E-17	2.06E-17	2.06E-17	2.06E-17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	3.66E-06	1.27E-15	1.27E-15	1.27E-15	1.27E-15	4.07E-17	4.07E-17	4.07E-17	4.07E-17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.53E-06	1.39E-15	1.39E-15	1.39E-15	1.39E-15	4.61E-17	4.61E-17	4.61E-17	4.61E-17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135m	7.55E-04	1.85E-14	1.85E-14	1.85E-14	1.85E-14	4.24E-16	4.24E-16	4.24E-16	4.24E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	2.12E-05	1.11E-14	1.11E-14	1.11E-14	1.11E-14	2.42E-16	2.42E-16	2.42E-16	2.42E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-137	4.36E-03	1.99E-14	1.91E-14	1.74E-14	1.56E-14	4.24E-16	4.07E-16	3.84E-16	3.65E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	8.12E-04	5.44E-14	5.44E-14	5.44E-14	5.44E-14	1.03E-15	1.03E-15	1.03E-15	1.03E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-129	1.40E-15	3.81E-16	3.81E-16	3.81E-16	3.81E-16	2.63E-17	2.63E-17	2.63E-17	2.63E-17	7.20E-08	8.60E-08	6.70E-08	3.60E-08	1.80E-07	2.20E-07	1.90E-07	1.10E-07
I-130	1.55E-05	1.04E-13	1.04E-13	1.04E-13	1.04E-13	2.10E-15	2.10E-15	2.10E-15	2.10E-15	8.20E-09	7.40E-09	1.60E-09	6.70E-10	2.10E-08	1.80E-08	4.60E-09	2.00E-09
I-131	9.98E-07	1.84E-14	1.84E-14	1.84E-14	1.84E-14	3.81E-16	3.81E-16	3.81E-16	3.81E-16	7.20E-08	7.20E-08	1.90E-08	7.40E-09	1.80E-07	1.80E-07	5.20E-08	2.20E-08
I-132	8.37E-05	1.14E-13	1.14E-13	1.14E-13	1.14E-13	2.28E-15	2.28E-15	2.28E-15	2.28E-15	1.10E-09	9.60E-10	2.20E-10	1.10E-10	3.00E-09	2.40E-09	6.20E-10	2.90E-10
I-133	9.25E-06	3.01E-14	3.01E-14	3.01E-14	3.01E-14	6.34E-16	6.34E-16	6.34E-16	6.34E-16	1.90E-08	1.80E-08	3.80E-09	1.50E-09	4.90E-08	4.40E-08	1.00E-08	4.30E-09
I-134	2.20E-04	1.33E-13	1.33E-13	1.33E-13	1.33E-13	2.63E-15	2.63E-15	2.63E-15	2.63E-15	4.80E-10	3.70E-10	1.10E-10	5.50E-11	1.10E-09	7.50E-10	2.10E-10	1.10E-10
I-135	2.91E-05	8.24E-14	8.24E-14	8.24E-14	8.24E-14	1.52E-15	1.52E-15	1.52E-15	1.52E-15	4.10E-09	3.70E-09	7.90E-10	3.20E-10	1.00E-08	8.90E-09	2.20E-09	9.30E-10
Zn-65	3.29E-08	2.92E-14	2.92E-14	2.92E-14	2.92E-14	5.71E-16	5.71E-16	5.71E-16	5.71E-16	1.50E-08	1.00E-08	3.80E-09	2.20E-09	3.60E-08	1.60E-08	6.40E-09	3.90E-09
Cr-51	2.90E-07	1.52E-15	1.52E-15	1.52E-15	1.52E-15	3.11E-17	3.11E-17	3.11E-17	3.11E-17	2.60E-10	2.10E-10	6.60E-11	3.70E-11	3.50E-10	2.30E-10	7.80E-11	3.80E-11
Mn-54	2.57E-08	4.12E-14	4.12E-14	4.12E-14	4.12E-14	8.24E-16	8.24E-16	8.24E-16	8.24E-16	7.50E-09	6.20E-09	2.40E-09	1.50E-09	5.40E-09	3.10E-09	1.30E-09	7.10E-10
Fe-55	8.14E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.20E-09	3.20E-09	1.40E-09	7.70E-10	7.60E-09	2.40E-09	1.10E-09	3.30E-10

Fe-59	1.80E-07	6.02E-14	6.02E-14	6.02E-14	6.02E-14	1.14E-15	1.14E-15	1.14E-15	1.14E-15	2.10E-08	1.30E-08	5.80E-09	4.00E-09	3.90E-08	1.30E-08	4.70E-09	1.80E-09
Co-58	1.13E-07	4.76E-14	4.76E-14	4.76E-14	4.76E-14	9.51E-16	9.51E-16	9.51E-16	9.51E-16	9.00E-09	7.50E-09	3.10E-09	2.10E-09	7.30E-09	4.40E-09	1.70E-09	7.40E-10
Co-60	4.17E-09	1.27E-13	1.27E-13	1.27E-13	1.27E-13	2.38E-15	2.38E-15	2.38E-15	2.38E-15	9.20E-08	8.60E-08	4.00E-08	3.10E-08	5.40E-08	2.70E-08	1.10E-08	3.40E-09
Sb-124	1.33E-07	9.20E-14	9.20E-14	9.20E-14	9.20E-14	1.78E-15	1.78E-15	1.78E-15	1.78E-15	3.90E-08	3.10E-08	1.30E-08	8.60E-09	2.50E-08	1.60E-08	5.20E-09	2.50E-09
Ag-110m	3.21E-08	1.36E-13	1.36E-13	1.36E-13	1.36E-13	2.70E-15	2.70E-15	2.70E-15	2.70E-15	4.60E-08	4.10E-08	1.80E-08	1.20E-08	2.40E-08	1.40E-08	5.20E-09	2.80E-09
Br-83	8.05E-05	3.82E-16	3.82E-16	3.82E-16	3.82E-16	8.13E-18	8.13E-18	8.13E-18	8.13E-18	3.50E-10	2.30E-10	7.70E-11	4.80E-11	5.30E-10	3.00E-10	8.30E-11	4.30E-11
Br-84	3.63E-04	9.41E-14	9.41E-14	9.41E-14	9.41E-14	1.60E-15	1.60E-15	1.60E-15	1.60E-15	3.70E-10	2.40E-10	6.90E-11	3.70E-11	1.00E-09	5.80E-10	1.60E-10	8.80E-11
Br-85	5.56E-03	8.41E-15	8.13E-15	7.42E-15	6.69E-15	2.28E-16	2.21E-16	2.12E-16	2.03E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb-88	6.48E-04	3.36E-14	3.36E-14	3.36E-14	3.36E-14	5.95E-16	5.95E-16	5.95E-16	5.95E-16	1.90E-10	1.20E-10	3.20E-11	1.60E-11	1.10E-09	6.20E-10	1.70E-10	9.00E-11
Rb-89	7.61E-04	1.06E-13	1.06E-13	1.06E-13	1.06E-13	1.91E-15	1.91E-15	1.91E-15	1.91E-15	1.40E-10	9.30E-11	2.70E-11	1.40E-11	5.40E-10	3.00E-10	8.60E-11	4.70E-11
Sr-89	1.59E-07	4.44E-16	4.44E-16	4.44E-16	4.44E-16	6.98E-17	6.98E-17	6.98E-17	6.98E-17	3.90E-08	3.00E-08	1.20E-08	7.90E-09	3.60E-08	1.80E-08	5.80E-09	2.60E-09
Sr-90	7.55E-10	9.83E-17	9.83E-17	9.83E-17	9.83E-17	1.11E-16	1.11E-16	1.11E-16	1.11E-16	4.20E-07	4.00E-07	1.80E-07	1.60E-07	2.30E-07	7.30E-08	8.00E-08	2.80E-08
Sr-91	2.03E-05	3.45E-14	3.45E-14	3.45E-14	3.45E-14	6.77E-16	6.77E-16	6.77E-16	6.77E-16	3.50E-09	2.50E-09	7.70E-10	4.10E-10	5.20E-09	4.00E-09	1.20E-09	6.50E-10
Sr-92	7.10E-05	6.79E-14	6.79E-14	6.79E-14	6.79E-14	1.25E-15	1.25E-15	1.25E-15	1.25E-15	2.20E-09	1.50E-09	4.50E-10	2.30E-10	3.40E-09	2.70E-09	8.20E-10	4.30E-10
Y-90	3.00E-06	8.24E-16	8.24E-16	8.24E-16	8.24E-16	1.11E-16	1.11E-16	1.11E-16	1.11E-16	1.30E-08	8.80E-09	2.70E-09	1.50E-09	3.10E-08	2.00E-08	5.90E-09	2.70E-09
Y-91m	2.32E-04	2.55E-14	2.55E-14	2.55E-14	2.55E-14	5.23E-16	5.23E-16	5.23E-16	5.23E-16	7.40E-11	5.90E-11	2.00E-11	1.10E-11	9.20E-11	6.00E-11	2.10E-11	1.10E-11
Y-91	1.37E-07	6.34E-16	6.34E-16	6.34E-16	6.34E-16	7.61E-17	7.61E-17	7.61E-17	7.61E-17	4.30E-08	3.40E-08	1.30E-08	8.90E-09	2.80E-08	1.80E-08	5.20E-09	2.40E-09
Y-92	5.44E-05	1.30E-14	1.30E-14	1.30E-14	1.30E-14	2.53E-16	2.53E-16	2.53E-16	2.53E-16	1.90E-09	1.20E-09	3.50E-10	1.80E-10	5.90E-09	3.60E-09	1.00E-09	4.90E-10
Y-93	1.91E-05	4.80E-15	4.80E-15	4.80E-15	4.80E-15	9.12E-17	9.12E-17	9.12E-17	9.12E-17	4.60E-09	3.00E-09	8.50E-10	4.20E-10	1.40E-08	8.50E-09	2.50E-09	1.20E-09
Zr-95	1.25E-07	3.49E-14	3.49E-14	3.49E-14	3.49E-14	1.49E-15	1.49E-15	1.49E-15	1.49E-15	2.40E-08	1.90E-08	8.30E-09	5.90E-09	8.50E-09	5.60E-09	1.90E-09	9.50E-10
Nb-95	2.29E-07	3.81E-14	3.81E-14	3.81E-14	3.81E-14	7.61E-16	7.61E-16	7.61E-16	7.61E-16	7.70E-09	5.90E-09	2.50E-09	1.80E-09	4.60E-09	3.20E-09	1.10E-09	5.80E-10
Mo-99	2.92E-06	1.27E-14	1.27E-14	1.27E-14	1.27E-14	2.92E-16	2.92E-16	2.92E-16	2.92E-16	6.90E-09	4.80E-09	1.70E-09	9.90E-10	5.50E-09	3.50E-09	1.10E-09	6.00E-10
Tc-99m	3.20E-05	6.02E-15	6.02E-15	6.02E-15	6.02E-15	1.24E-16	1.24E-16	1.24E-16	1.24E-16	1.30E-10	1.00E-10	3.50E-11	2.00E-11	2.00E-10	1.30E-10	4.30E-11	2.20E-11
Ru-103	2.04E-07	2.28E-14	2.28E-14	2.28E-14	2.28E-14	4.76E-16	4.76E-16	4.76E-16	4.76E-16	1.30E-08	1.00E-08	4.20E-09	3.00E-09	7.10E-09	4.60E-09	1.50E-09	7.30E-10
Rh-103m	2.06E-04	8.80E-18	8.80E-18	8.80E-18	8.80E-18	1.25E-18	1.25E-18	1.25E-18	1.25E-18	2.00E-11	1.30E-11	4.30E-12	2.70E-12	4.70E-11	2.70E-11	7.40E-12	3.80E-12
Ru-106	2.18E-08	1.14E-14	1.14E-14	1.14E-14	1.14E-14	3.49E-16	3.49E-16	3.49E-16	3.49E-16	2.60E-07	2.30E-07	9.10E-08	6.60E-08	8.40E-08	4.90E-08	1.50E-08	7.00E-09
Rh-106	1.25E-04	1.04E-14	1.04E-14	1.04E-14	1.04E-14	2.12E-16	2.12E-16	2.12E-16	2.12E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-127m	7.36E-08	1.55E-16	1.55E-16	1.55E-16	1.55E-16	2.22E-17	2.22E-17	2.22E-17	2.22E-17	4.10E-08	3.30E-08	1.40E-08	9.80E-09	4.10E-08	1.80E-08	5.20E-09	2.30E-09

Te-129m	2.39E-07	1.71E-15	1.71E-15	1.71E-15	1.71E-15	6.02E-17	6.02E-17	6.02E-17	6.02E-17	3.80E-08	2.90E-08	1.20E-08	7.90E-09	4.40E-08	2.40E-08	6.60E-09	3.00E-09
Te-129	1.66E-04	2.75E-15	2.75E-15	2.75E-15	2.75E-15	6.01E-17	6.01E-17	6.01E-17	6.01E-17	3.50E-10	2.30E-10	6.90E-11	3.90E-11	7.50E-10	4.40E-10	1.20E-10	6.30E-11
Te-131m	6.42E-06	7.93E-14	7.93E-14	7.93E-14	7.93E-14	1.55E-15	1.55E-15	1.55E-15	1.55E-15	8.70E-09	7.60E-09	2.00E-09	9.40E-10	2.00E-08	1.40E-08	4.30E-09	1.90E-09
Te-131	4.62E-04	2.04E-14	2.04E-14	2.04E-14	2.04E-14	4.10E-16	4.10E-16	4.10E-16	4.10E-16	2.60E-10	2.00E-10	5.30E-11	2.80E-11	9.00E-10	6.60E-10	1.90E-10	8.70E-11
Te-132	2.46E-06	1.05E-14	1.05E-14	1.05E-14	1.05E-14	2.51E-15	2.51E-15	2.51E-15	2.51E-15	2.20E-08	1.80E-08	4.20E-09	2.00E-09	4.80E-08	3.00E-08	8.30E-09	3.80E-09
Te-134	2.77E-04	4.24E-14	4.24E-14	4.24E-14	4.24E-14	8.67E-16	8.67E-16	8.67E-16	8.67E-16	5.60E-10	4.00E-10	1.30E-10	6.80E-11	1.10E-09	7.50E-10	2.20E-10	1.10E-10
Cs-134	1.07E-08	7.61E-14	7.61E-14	7.61E-14	7.61E-14	1.55E-15	1.55E-15	1.55E-15	1.55E-15	7.00E-08	6.30E-08	2.80E-08	2.00E-08	2.60E-08	1.60E-08	1.90E-08	1.90E-08
Cs-136	6.12E-07	1.08E-13	1.08E-13	1.08E-13	1.08E-13	2.12E-15	2.12E-15	2.12E-15	2.12E-15	1.50E-08	1.10E-08	4.10E-09	2.80E-09	1.50E-08	9.50E-09	4.40E-09	3.00E-09
Cs-137	7.32E-10	2.76E-14	2.76E-14	2.76E-14	2.76E-14	5.71E-16	5.71E-16	5.71E-16	5.71E-16	1.10E-07	1.00E-07	4.80E-08	3.90E-08	2.10E-08	1.20E-08	1.30E-08	1.30E-08
Cs-138	3.59E-04	1.21E-13	1.21E-13	1.21E-13	1.21E-13	2.19E-15	2.19E-15	2.19E-15	2.19E-15	4.20E-10	2.80E-10	8.20E-11	4.30E-11	1.10E-09	5.90E-10	1.70E-10	9.20E-11
Ba-137m	6.53E-03	2.88E-14	2.88E-14	2.88E-14	2.88E-14	5.86E-16	5.86E-16	5.86E-16	5.86E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	6.32E-07	8.58E-15	8.58E-15	8.58E-15	8.58E-15	1.80E-16	1.80E-16	1.80E-16	1.80E-16	2.90E-08	2.20E-08	8.60E-09	5.80E-09	3.20E-08	1.80E-08	5.80E-09	2.60E-09
La-140	4.77E-06	1.17E-13	1.17E-13	1.17E-13	1.17E-13	2.16E-15	2.16E-15	2.16E-15	2.16E-15	8.80E-09	6.30E-09	2.00E-09	1.10E-09	2.00E-08	1.30E-08	4.20E-09	2.00E-09
Ce-141	2.47E-07	3.49E-15	3.49E-15	3.49E-15	3.49E-15	7.61E-17	7.61E-17	7.61E-17	7.61E-17	1.60E-08	1.20E-08	5.30E-09	3.80E-09	8.10E-09	5.10E-09	1.50E-09	7.10E-10
Ce-143	5.81E-06	1.29E-14	1.29E-14	1.29E-14	1.29E-14	2.79E-16	2.79E-16	2.79E-16	2.79E-16	5.90E-09	4.10E-09	1.40E-09	8.30E-10	1.20E-08	8.00E-09	2.40E-09	1.10E-09
Pr-143	5.90E-07	2.10E-17	2.10E-17	2.10E-17	2.10E-17	7.01E-19	7.01E-19	7.01E-19	7.01E-19	1.30E-08	9.20E-09	3.60E-09	2.40E-09	1.40E-08	8.70E-09	2.60E-09	1.20E-09
Ce-144	2.82E-08	3.49E-15	3.49E-15	3.49E-15	3.49E-15	1.81E-16	1.81E-16	1.81E-16	1.81E-16	3.60E-07	2.70E-07	7.80E-08	5.30E-08	6.60E-08	3.90E-08	1.10E-08	5.20E-09
Pr-144	6.68E-04	1.95E-15	1.95E-15	1.95E-15	1.95E-15	3.78E-17	3.78E-17	3.78E-17	3.78E-17	1.90E-10	1.20E-10	3.40E-11	1.80E-11	6.40E-10	3.50E-10	9.50E-11	5.00E-11
H-3	1.79E-09	3.31E-19	3.31E-19	3.31E-19	3.31E-19	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-09	1.00E-09	3.80E-10	2.60E-10	6.40E-11	4.80E-11	2.30E-11	1.80E-11
C-14	3.84E-12	2.24E-19	2.24E-19	2.24E-19	2.24E-19	1.61E-20	1.61E-20	1.61E-20	1.61E-20	1.90E-08	1.70E-08	7.40E-09	5.80E-09	1.40E-09	1.60E-09	8.00E-10	5.80E-10

表 6.2-4 不同放射性核素衰变系数

核素	^{131}I	^{58}Co	^{110m}Ag	^{60}Co
半衰期	8.07d	70.78d	249.9d	5.27a
λ_i（/s）	1.00×10^{-6}	1.15×10^{-7}	3.21×10^{-8}	4.40×10^{-9}

表 6.2-5　Kr-85 的长期大气弥散因子

单位：s/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	3.56E-07	1.30E-07	6.57E-08	4.49E-08	2.00E-08	7.64E-09	3.60E-09	2.36E-09	1.72E-09	1.38E-09	1.15E-09	9.85E-10
NNE	4.14E-07	1.52E-07	7.49E-08	5.36E-08	2.39E-08	9.16E-09	4.32E-09	2.88E-09	2.12E-09	1.70E-09	1.41E-09	1.21E-09
NE	3.23E-07	1.35E-07	6.68E-08	4.53E-08	2.14E-08	8.67E-09	4.25E-09	2.89E-09	2.15E-09	1.73E-09	1.44E-09	1.23E-09
ENE	3.13E-07	1.40E-07	7.04E-08	4.52E-08	2.23E-08	9.45E-09	4.80E-09	3.25E-09	2.42E-09	1.95E-09	1.62E-09	1.38E-09
E	2.03E-07	1.24E-07	6.36E-08	3.71E-08	2.02E-08	9.10E-09	4.79E-09	3.29E-09	2.48E-09	2.00E-09	1.66E-09	1.42E-09
ESE	2.02E-07	1.33E-07	6.75E-08	3.75E-08	2.15E-08	1.03E-08	5.65E-09	3.89E-09	2.92E-09	2.35E-09	1.95E-09	1.66E-09
SE	1.63E-07	1.23E-07	6.29E-08	3.34E-08	1.99E-08	9.80E-09	5.45E-09	3.77E-09	2.85E-09	2.29E-09	1.90E-09	1.62E-09
SSE	1.48E-07	1.15E-07	5.85E-08	3.07E-08	1.84E-08	9.18E-09	5.16E-09	3.58E-09	2.71E-09	2.18E-09	1.81E-09	1.54E-09
S	4.35E-07	2.07E-07	1.02E-07	6.47E-08	3.38E-08	1.55E-08	8.32E-09	5.71E-09	4.27E-09	3.41E-09	2.82E-09	2.39E-09
SSW	1.69E-06	5.78E-07	2.78E-07	2.05E-07	9.32E-08	3.78E-08	1.88E-08	1.26E-08	9.17E-09	7.30E-09	6.02E-09	5.11E-09
SW	4.37E-07	1.91E-07	9.34E-08	6.03E-08	3.07E-08	1.39E-08	7.49E-09	5.10E-09	3.79E-09	3.02E-09	2.50E-09	2.12E-09
WSW	2.30E-07	1.10E-07	5.43E-08	3.35E-08	1.76E-08	8.16E-09	4.42E-09	3.02E-09	2.26E-09	1.80E-09	1.49E-09	1.27E-09
W	2.79E-07	1.30E-07	6.47E-08	4.00E-08	2.04E-08	9.16E-09	4.87E-09	3.33E-09	2.48E-09	1.99E-09	1.65E-09	1.40E-09
WNW	4.70E-07	1.76E-07	8.79E-08	5.97E-08	2.70E-08	1.06E-08	5.16E-09	3.43E-09	2.52E-09	2.02E-09	1.68E-09	1.44E-09
NW	3.79E-07	1.39E-07	7.00E-08	4.76E-08	2.16E-08	8.46E-09	4.09E-09	2.70E-09	1.96E-09	1.57E-09	1.31E-09	1.12E-09
NNW	3.12E-07	1.17E-07	5.93E-08	3.93E-08	1.79E-08	7.06E-09	3.43E-09	2.25E-09	1.64E-09	1.32E-09	1.10E-09	9.38E-10

表 6.2-6　Xe-133 的长期大气弥散因子

单位：s/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	3.56E-07	1.30E-07	6.54E-08	4.46E-08	1.98E-08	7.45E-09	3.44E-09	2.21E-09	1.58E-09	1.25E-09	1.02E-09	8.58E-10
NNE	4.14E-07	1.52E-07	7.47E-08	5.33E-08	2.36E-08	8.96E-09	4.16E-09	2.73E-09	1.97E-09	1.56E-09	1.28E-09	1.07E-09
NE	3.23E-07	1.34E-07	6.66E-08	4.50E-08	2.11E-08	8.45E-09	4.07E-09	2.71E-09	1.98E-09	1.56E-09	1.28E-09	1.07E-09
ENE	3.13E-07	1.40E-07	7.01E-08	4.49E-08	2.20E-08	9.18E-09	4.56E-09	3.02E-09	2.21E-09	1.74E-09	1.42E-09	1.18E-09
E	2.03E-07	1.23E-07	6.32E-08	3.68E-08	1.98E-08	8.77E-09	4.49E-09	3.01E-09	2.22E-09	1.74E-09	1.41E-09	1.18E-09
ESE	2.02E-07	1.32E-07	6.71E-08	3.72E-08	2.11E-08	9.94E-09	5.32E-09	3.57E-09	2.62E-09	2.05E-09	1.66E-09	1.38E-09
SE	1.63E-07	1.22E-07	6.25E-08	3.31E-08	1.96E-08	9.44E-09	5.12E-09	3.45E-09	2.54E-09	1.99E-09	1.61E-09	1.34E-09
SSE	1.48E-07	1.15E-07	5.81E-08	3.04E-08	1.80E-08	8.84E-09	4.84E-09	3.28E-09	2.42E-09	1.89E-09	1.53E-09	1.27E-09
S	4.35E-07	2.07E-07	1.01E-07	6.43E-08	3.34E-08	1.51E-08	7.97E-09	5.37E-09	3.95E-09	3.10E-09	2.52E-09	2.10E-09
SSW	1.69E-06	5.77E-07	2.77E-07	2.04E-07	9.25E-08	3.72E-08	1.83E-08	1.21E-08	8.71E-09	6.86E-09	5.60E-09	4.69E-09
SW	4.37E-07	1.90E-07	9.30E-08	6.00E-08	3.04E-08	1.36E-08	7.20E-09	4.83E-09	3.53E-09	2.77E-09	2.25E-09	1.88E-09
WSW	2.30E-07	1.10E-07	5.41E-08	3.33E-08	1.74E-08	7.95E-09	4.23E-09	2.84E-09	2.08E-09	1.63E-09	1.33E-09	1.11E-09
W	2.79E-07	1.30E-07	6.44E-08	3.98E-08	2.01E-08	8.91E-09	4.64E-09	3.11E-09	2.27E-09	1.78E-09	1.45E-09	1.21E-09
WNW	4.70E-07	1.76E-07	8.76E-08	5.94E-08	2.67E-08	1.04E-08	4.95E-09	3.23E-09	2.33E-09	1.84E-09	1.51E-09	1.26E-09
NW	3.79E-07	1.39E-07	6.98E-08	4.73E-08	2.13E-08	8.25E-09	3.92E-09	2.54E-09	1.81E-09	1.43E-09	1.17E-09	9.79E-10
NNW	3.12E-07	1.17E-07	5.91E-08	3.91E-08	1.77E-08	6.87E-09	3.27E-09	2.11E-09	1.50E-09	1.19E-09	9.70E-10	8.14E-10

表 6.2-7　I-131 的长期大气弥散因子

单位：s/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	3.38E-07	1.14E-07	5.57E-08	3.58E-08	1.49E-08	5.26E-09	2.17E-09	1.27E-09	8.13E-10	6.20E-10	4.79E-10	3.60E-10
NNE	3.93E-07	1.33E-07	6.33E-08	4.25E-08	1.76E-08	6.17E-09	2.50E-09	1.47E-09	9.36E-10	7.02E-10	5.33E-10	3.94E-10
NE	3.07E-07	1.18E-07	5.67E-08	3.61E-08	1.59E-08	5.97E-09	2.56E-09	1.55E-09	1.02E-09	7.77E-10	5.99E-10	4.49E-10
ENE	2.97E-07	1.23E-07	5.97E-08	3.60E-08	1.66E-08	6.53E-09	2.91E-09	1.76E-09	1.16E-09	8.87E-10	6.84E-10	5.14E-10
E	1.92E-07	1.09E-07	5.39E-08	2.95E-08	1.50E-08	6.25E-09	2.87E-09	1.76E-09	1.17E-09	8.94E-10	6.89E-10	5.16E-10
ESE	1.92E-07	1.16E-07	5.71E-08	2.99E-08	1.59E-08	7.05E-09	3.37E-09	2.07E-09	1.36E-09	1.04E-09	7.93E-10	5.91E-10
SE	1.55E-07	1.08E-07	5.33E-08	2.66E-08	1.48E-08	6.72E-09	3.26E-09	2.01E-09	1.34E-09	1.02E-09	7.81E-10	5.83E-10
SSE	1.41E-07	1.01E-07	4.96E-08	2.44E-08	1.37E-08	6.31E-09	3.10E-09	1.92E-09	1.28E-09	9.75E-10	7.49E-10	5.59E-10
S	4.13E-07	1.82E-07	8.61E-08	5.16E-08	2.52E-08	1.07E-08	5.04E-09	3.09E-09	2.05E-09	1.55E-09	1.19E-09	8.92E-10
SSW	1.61E-06	5.08E-07	2.36E-07	1.64E-07	6.96E-08	2.62E-08	1.15E-08	6.87E-09	4.44E-09	3.37E-09	2.59E-09	1.94E-09
SW	4.15E-07	1.68E-07	7.92E-08	4.81E-08	2.29E-08	9.64E-09	4.55E-09	2.77E-09	1.83E-09	1.39E-09	1.06E-09	7.95E-10
WSW	2.18E-07	9.65E-08	4.61E-08	2.68E-08	1.32E-08	5.63E-09	2.68E-09	1.64E-09	1.08E-09	8.23E-10	6.33E-10	4.73E-10
W	2.65E-07	1.15E-07	5.49E-08	3.19E-08	1.52E-08	6.34E-09	2.96E-09	1.81E-09	1.20E-09	9.11E-10	7.01E-10	5.25E-10
WNW	4.46E-07	1.55E-07	7.46E-08	4.76E-08	2.02E-08	7.37E-09	3.14E-09	1.87E-09	1.22E-09	9.32E-10	7.22E-10	5.43E-10
NW	3.60E-07	1.22E-07	5.94E-08	3.80E-08	1.61E-08	5.86E-09	2.49E-09	1.47E-09	9.49E-10	7.26E-10	5.62E-10	4.23E-10
NNW	2.96E-07	1.03E-07	5.03E-08	3.14E-08	1.34E-08	4.89E-09	2.09E-09	1.23E-09	7.92E-10	6.07E-10	4.70E-10	3.54E-10

表 6.2-8 Cs-137 的长期大气弥散因子

单位：s/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	3.38E-07	1.14E-07	5.57E-08	3.58E-08	1.49E-08	5.27E-09	2.18E-09	1.27E-09	8.18E-10	6.25E-10	4.84E-10	3.64E-10
NNE	3.93E-07	1.33E-07	6.32E-08	4.24E-08	1.75E-08	6.11E-09	2.46E-09	1.43E-09	9.06E-10	6.75E-10	5.09E-10	3.74E-10
NE	3.07E-07	1.18E-07	5.67E-08	3.61E-08	1.59E-08	5.99E-09	2.57E-09	1.56E-09	1.03E-09	7.84E-10	6.05E-10	4.54E-10
ENE	2.97E-07	1.23E-07	5.98E-08	3.61E-08	1.67E-08	6.56E-09	2.94E-09	1.78E-09	1.18E-09	9.05E-10	7.01E-10	5.28E-10
E	1.93E-07	1.09E-07	5.40E-08	2.96E-08	1.50E-08	6.29E-09	2.90E-09	1.79E-09	1.19E-09	9.14E-10	7.07E-10	5.32E-10
ESE	1.92E-07	1.16E-07	5.72E-08	2.99E-08	1.60E-08	7.07E-09	3.39E-09	2.08E-09	1.38E-09	1.05E-09	8.05E-10	6.01E-10
SE	1.55E-07	1.08E-07	5.34E-08	2.67E-08	1.48E-08	6.76E-09	3.29E-09	2.04E-09	1.36E-09	1.04E-09	7.98E-10	5.97E-10
SSE	1.41E-07	1.01E-07	4.96E-08	2.45E-08	1.37E-08	6.35E-09	3.13E-09	1.95E-09	1.31E-09	9.98E-10	7.70E-10	5.77E-10
S	4.13E-07	1.82E-07	8.61E-08	5.16E-08	2.52E-08	1.07E-08	5.07E-09	3.12E-09	2.07E-09	1.58E-09	1.21E-09	9.08E-10
SSW	1.61E-06	5.09E-07	2.36E-07	1.64E-07	6.96E-08	2.62E-08	1.15E-08	6.89E-09	4.47E-09	3.39E-09	2.61E-09	1.96E-09
SW	4.16E-07	1.68E-07	7.93E-08	4.81E-08	2.30E-08	9.67E-09	4.57E-09	2.80E-09	1.84E-09	1.40E-09	1.08E-09	8.09E-10
WSW	2.18E-07	9.65E-08	4.61E-08	2.68E-08	1.32E-08	5.66E-09	2.70E-09	1.66E-09	1.10E-09	8.36E-10	6.44E-10	4.83E-10
W	2.65E-07	1.15E-07	5.49E-08	3.20E-08	1.53E-08	6.37E-09	2.99E-09	1.84E-09	1.22E-09	9.31E-10	7.20E-10	5.41E-10
WNW	4.47E-07	1.55E-07	7.46E-08	4.77E-08	2.02E-08	7.41E-09	3.17E-09	1.89E-09	1.24E-09	9.50E-10	7.38E-10	5.57E-10
NW	3.60E-07	1.23E-07	5.95E-08	3.80E-08	1.61E-08	5.89E-09	2.52E-09	1.49E-09	9.65E-10	7.41E-10	5.76E-10	4.35E-10
NNW	2.96E-07	1.03E-07	5.04E-08	3.14E-08	1.34E-08	4.92E-09	2.11E-09	1.25E-09	8.07E-10	6.20E-10	4.83E-10	3.65E-10

表 6.2-9 H-3 的长期大气弥散因子

单位：s/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	3.56E-07	1.30E-07	6.57E-08	4.49E-08	2.00E-08	7.64E-09	3.60E-09	2.36E-09	1.72E-09	1.38E-09	1.15E-09	9.85E-10
NNE	4.14E-07	1.52E-07	7.49E-08	5.36E-08	2.39E-08	9.16E-09	4.32E-09	2.88E-09	2.12E-09	1.70E-09	1.41E-09	1.21E-09
NE	3.23E-07	1.35E-07	6.68E-08	4.53E-08	2.14E-08	8.67E-09	4.25E-09	2.89E-09	2.15E-09	1.73E-09	1.44E-09	1.23E-09
ENE	3.13E-07	1.40E-07	7.04E-08	4.52E-08	2.23E-08	9.45E-09	4.80E-09	3.25E-09	2.42E-09	1.95E-09	1.62E-09	1.38E-09
E	2.03E-07	1.24E-07	6.36E-08	3.71E-08	2.02E-08	9.10E-09	4.79E-09	3.29E-09	2.48E-09	2.00E-09	1.66E-09	1.42E-09
ESE	2.02E-07	1.33E-07	6.75E-08	3.75E-08	2.15E-08	1.03E-08	5.65E-09	3.89E-09	2.92E-09	2.35E-09	1.95E-09	1.66E-09
SE	1.63E-07	1.23E-07	6.29E-08	3.34E-08	1.99E-08	9.80E-09	5.45E-09	3.77E-09	2.85E-09	2.29E-09	1.90E-09	1.62E-09
SSE	1.48E-07	1.15E-07	5.85E-08	3.07E-08	1.84E-08	9.18E-09	5.16E-09	3.58E-09	2.71E-09	2.18E-09	1.81E-09	1.54E-09
S	4.35E-07	2.07E-07	1.02E-07	6.47E-08	3.38E-08	1.55E-08	8.32E-09	5.71E-09	4.27E-09	3.41E-09	2.82E-09	2.39E-09
SSW	1.69E-06	5.78E-07	2.78E-07	2.05E-07	9.32E-08	3.78E-08	1.88E-08	1.26E-08	9.17E-09	7.30E-09	6.02E-09	5.11E-09
SW	4.37E-07	1.91E-07	9.34E-08	6.03E-08	3.07E-08	1.39E-08	7.49E-09	5.10E-09	3.79E-09	3.02E-09	2.50E-09	2.12E-09
WSW	2.30E-07	1.10E-07	5.43E-08	3.35E-08	1.76E-08	8.16E-09	4.42E-09	3.02E-09	2.26E-09	1.80E-09	1.49E-09	1.27E-09
W	2.79E-07	1.30E-07	6.47E-08	4.00E-08	2.04E-08	9.16E-09	4.87E-09	3.33E-09	2.48E-09	1.99E-09	1.65E-09	1.40E-09
WNW	4.70E-07	1.76E-07	8.79E-08	5.97E-08	2.70E-08	1.06E-08	5.16E-09	3.43E-09	2.52E-09	2.02E-09	1.68E-09	1.44E-09
NW	3.79E-07	1.39E-07	7.00E-08	4.76E-08	2.16E-08	8.46E-09	4.09E-09	2.70E-09	1.96E-09	1.57E-09	1.31E-09	1.12E-09
NNW	3.12E-07	1.17E-07	5.93E-08	3.93E-08	1.79E-08	7.06E-09	3.43E-09	2.25E-09	1.64E-09	1.32E-09	1.10E-09	9.38E-10

表 6.2-10　C-14 的长期大气弥散因子

单位：s/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	3.56E-07	1.30E-07	6.57E-08	4.49E-08	2.00E-08	7.64E-09	3.60E-09	2.36E-09	1.72E-09	1.38E-09	1.15E-09	9.85E-10
NNE	4.14E-07	1.52E-07	7.49E-08	5.36E-08	2.39E-08	9.16E-09	4.32E-09	2.88E-09	2.12E-09	1.70E-09	1.41E-09	1.21E-09
NE	3.23E-07	1.35E-07	6.68E-08	4.53E-08	2.14E-08	8.67E-09	4.25E-09	2.89E-09	2.15E-09	1.73E-09	1.44E-09	1.23E-09
ENE	3.13E-07	1.40E-07	7.04E-08	4.52E-08	2.23E-08	9.45E-09	4.80E-09	3.25E-09	2.42E-09	1.95E-09	1.62E-09	1.38E-09
E	2.03E-07	1.24E-07	6.36E-08	3.71E-08	2.02E-08	9.10E-09	4.79E-09	3.29E-09	2.48E-09	2.00E-09	1.66E-09	1.42E-09
ESE	2.02E-07	1.33E-07	6.75E-08	3.75E-08	2.15E-08	1.03E-08	5.65E-09	3.89E-09	2.92E-09	2.35E-09	1.95E-09	1.66E-09
SE	1.63E-07	1.23E-07	6.29E-08	3.34E-08	1.99E-08	9.80E-09	5.45E-09	3.77E-09	2.85E-09	2.29E-09	1.90E-09	1.62E-09
SSE	1.48E-07	1.15E-07	5.85E-08	3.07E-08	1.84E-08	9.18E-09	5.16E-09	3.58E-09	2.71E-09	2.18E-09	1.81E-09	1.54E-09
S	4.35E-07	2.07E-07	1.02E-07	6.47E-08	3.38E-08	1.55E-08	8.32E-09	5.71E-09	4.27E-09	3.41E-09	2.82E-09	2.39E-09
SSW	1.69E-06	5.78E-07	2.78E-07	2.05E-07	9.32E-08	3.78E-08	1.88E-08	1.26E-08	9.17E-09	7.30E-09	6.02E-09	5.11E-09
SW	4.37E-07	1.91E-07	9.34E-08	6.03E-08	3.07E-08	1.39E-08	7.49E-09	5.10E-09	3.79E-09	3.02E-09	2.50E-09	2.12E-09
WSW	2.30E-07	1.10E-07	5.43E-08	3.35E-08	1.76E-08	8.16E-09	4.42E-09	3.02E-09	2.26E-09	1.80E-09	1.49E-09	1.27E-09
W	2.79E-07	1.30E-07	6.47E-08	4.00E-08	2.04E-08	9.16E-09	4.87E-09	3.33E-09	2.48E-09	1.99E-09	1.65E-09	1.40E-09
WNW	4.70E-07	1.76E-07	8.79E-08	5.97E-08	2.70E-08	1.06E-08	5.16E-09	3.43E-09	2.52E-09	2.02E-09	1.68E-09	1.44E-09
NW	3.79E-07	1.39E-07	7.00E-08	4.76E-08	2.16E-08	8.46E-09	4.09E-09	2.70E-09	1.96E-09	1.57E-09	1.31E-09	1.12E-09
NNW	3.12E-07	1.17E-07	5.93E-08	3.93E-08	1.79E-08	7.06E-09	3.43E-09	2.25E-09	1.64E-09	1.32E-09	1.10E-09	9.39E-10

表 6.2-11　厂址半径 80km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）

元素碘（1/m^2）

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	5.44E-09	1.92E-09	1.03E-09	6.84E-10	3.26E-10	1.39E-10	7.36E-11	5.04E-11	3.80E-11	3.09E-11	2.60E-11	2.24E-11
NNE	6.56E-09	2.32E-09	1.23E-09	8.37E-10	3.99E-10	1.72E-10	9.14E-11	6.33E-11	4.80E-11	3.89E-11	3.27E-11	2.81E-11
NE	5.05E-09	1.95E-09	1.03E-09	6.80E-10	3.35E-10	1.47E-10	7.88E-11	5.48E-11	4.17E-11	3.38E-11	2.83E-11	2.43E-11
ENE	4.79E-09	1.95E-09	1.04E-09	6.59E-10	3.34E-10	1.50E-10	8.12E-11	5.62E-11	4.27E-11	3.46E-11	2.90E-11	2.49E-11
E	3.08E-09	1.59E-09	8.47E-10	5.03E-10	2.72E-10	1.26E-10	6.90E-11	4.80E-11	3.66E-11	2.96E-11	2.48E-11	2.12E-11
ESE	3.12E-09	1.69E-09	8.94E-10	5.13E-10	2.88E-10	1.40E-10	7.85E-11	5.46E-11	4.14E-11	3.35E-11	2.79E-11	2.39E-11
SE	2.57E-09	1.54E-09	8.17E-10	4.51E-10	2.62E-10	1.29E-10	7.32E-11	5.11E-11	3.89E-11	3.14E-11	2.62E-11	2.24E-11
SSE	2.38E-09	1.45E-09	7.65E-10	4.19E-10	2.44E-10	1.22E-10	6.96E-11	4.87E-11	3.71E-11	2.99E-11	2.50E-11	2.13E-11
S	7.08E-09	2.98E-09	1.56E-09	9.88E-10	5.20E-10	2.46E-10	1.38E-10	9.61E-11	7.30E-11	5.89E-11	4.92E-11	4.21E-11
SSW	2.78E-08	9.40E-09	4.95E-09	3.40E-09	1.65E-09	7.39E-10	4.05E-10	2.80E-10	2.12E-10	1.72E-10	1.44E-10	1.23E-10
SW	7.02E-09	2.79E-09	1.46E-09	9.33E-10	4.84E-10	2.28E-10	1.28E-10	8.88E-11	6.73E-11	5.43E-11	4.53E-11	3.88E-11
WSW	3.63E-09	1.54E-09	8.09E-10	5.01E-10	2.65E-10	1.26E-10	7.08E-11	4.92E-11	3.73E-11	3.01E-11	2.51E-11	2.15E-11
W	4.43E-09	1.85E-09	9.74E-10	6.05E-10	3.13E-10	1.46E-10	8.15E-11	5.67E-11	4.31E-11	3.48E-11	2.91E-11	2.49E-11
WNW	7.26E-09	2.62E-09	1.39E-09	9.17E-10	4.41E-10	1.92E-10	1.03E-10	7.09E-11	5.37E-11	4.35E-11	3.66E-11	3.15E-11
NW	5.77E-09	2.05E-09	1.10E-09	7.23E-10	3.48E-10	1.51E-10	8.06E-11	5.53E-11	4.16E-11	3.38E-11	2.83E-11	2.44E-11
NNW	4.67E-09	1.69E-09	9.03E-10	5.87E-10	2.83E-10	1.22E-10	6.53E-11	4.47E-11	3.36E-11	2.73E-11	2.29E-11	1.97E-11

表 6.2-12 厂址半径 80km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）

粒子态核素（1/m^2）

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	3.17E-09	1.07E-09	6.29E-10	3.97E-10	2.08E-10	1.02E-10	5.99E-11	4.26E-11	3.30E-11	2.70E-11	2.28E-11	1.98E-11
NNE	4.03E-09	1.36E-09	7.98E-10	5.06E-10	2.65E-10	1.30E-10	7.66E-11	5.45E-11	4.23E-11	3.46E-11	2.92E-11	2.53E-11
NE	3.04E-09	1.04E-09	6.11E-10	3.85E-10	2.03E-10	9.93E-11	5.87E-11	4.17E-11	3.24E-11	2.65E-11	2.24E-11	1.94E-11
ENE	2.80E-09	9.70E-10	5.69E-10	3.57E-10	1.88E-10	9.25E-11	5.46E-11	3.88E-11	3.01E-11	2.46E-11	2.08E-11	1.80E-11
E	1.79E-09	6.52E-10	3.80E-10	2.35E-10	1.26E-10	6.19E-11	3.65E-11	2.59E-11	2.01E-11	1.64E-11	1.39E-11	1.20E-11
ESE	1.85E-09	6.82E-10	3.97E-10	2.44E-10	1.31E-10	6.52E-11	3.86E-11	2.74E-11	2.12E-11	1.73E-11	1.46E-11	1.26E-11
SE	1.57E-09	5.91E-10	3.44E-10	2.09E-10	1.14E-10	5.66E-11	3.35E-11	2.38E-11	1.85E-11	1.51E-11	1.27E-11	1.10E-11
SSE	1.50E-09	5.64E-10	3.28E-10	1.99E-10	1.08E-10	5.41E-11	3.21E-11	2.28E-11	1.77E-11	1.44E-11	1.22E-11	1.05E-11
S	4.52E-09	1.57E-09	9.19E-10	5.76E-10	3.06E-10	1.52E-10	9.01E-11	6.41E-11	4.97E-11	4.06E-11	3.43E-11	2.97E-11
SSW	1.80E-08	6.00E-09	3.53E-09	2.24E-09	1.18E-09	5.80E-10	3.44E-10	2.45E-10	1.90E-10	1.55E-10	1.31E-10	1.14E-10
SW	4.41E-09	1.51E-09	8.87E-10	5.56E-10	2.95E-10	1.46E-10	8.69E-11	6.18E-11	4.79E-11	3.91E-11	3.30E-11	2.86E-11
WSW	2.22E-09	7.73E-10	4.52E-10	2.82E-10	1.50E-10	7.45E-11	4.42E-11	3.14E-11	2.44E-11	1.99E-11	1.68E-11	1.45E-11
W	2.74E-09	9.50E-10	5.56E-10	3.47E-10	1.84E-10	9.11E-11	5.41E-11	3.85E-11	2.98E-11	2.43E-11	2.06E-11	1.78E-11
WNW	4.32E-09	1.46E-09	8.57E-10	5.40E-10	2.83E-10	1.39E-10	8.21E-11	5.84E-11	4.53E-11	3.70E-11	3.13E-11	2.71E-11
NW	3.35E-09	1.13E-09	6.65E-10	4.19E-10	2.20E-10	1.08E-10	6.36E-11	4.52E-11	3.50E-11	2.86E-11	2.42E-11	2.09E-11
NNW	2.64E-09	8.92E-10	5.24E-10	3.30E-10	1.73E-10	8.46E-11	4.99E-11	3.55E-11	2.75E-11	2.25E-11	1.90E-11	1.64E-11

表 6.2-13　平面相对浓度等值线包络面积（km^2）

半衰期	装机容量	季节	潮型	全潮最大相对浓度													取水口相对浓度
				0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
不衰变	2×CAP1000	夏季	半月潮	8367.4	3924.6	2011.79	458.12	288.73	81.2	26.13	17.62	12.81	9.32	6.59	3.89	1.48	0.203
			典型大潮	8478.75	3416.85	1306.23	302.9	83.47	7.75	2.94	1.45	0.69	0.42	0.25	0.13	0.06	0.021
			典型中潮	7701.94	4049.52	1907.92	319.52	163	19.95	6.54	2.75	1.26	0.68	0.39	0.21	0.09	0.016
			典型小潮	8576.75	3660.25	1905.71	334.27	236.8	166.19	17.02	10.36	5.46	2.97	1.38	0.59	0.26	0.115
		冬季	半月潮	8809.82	3913.98	1852.51	396.77	203.85	32.53	17.79	11.5	7.79	4.98	3.14	1.4	0.68	0.059
			典型大潮	7947.42	2425.56	992.95	209.29	16.71	4.05	1.4	0.58	0.29	0.17	0.08	0.04	0.01	0.005
			典型中潮	8047.87	2350.49	1112.98	149.88	13.5	3.91	1.35	0.57	0.3	0.18	0.1	0.07	0.03	0.001
			典型小潮	6141.21	3310.2	2156.35	417.46	249.03	178.76	50.85	8.36	6.03	4.68	3.37	1.67	0.59	0.193
5a	2×CAP1000	夏季	半月潮	8345.04	3798.4	1971.91	456	287.19	80.03	26.08	17.62	12.76	9.29	6.56	3.87	1.48	0.203
			典型大潮	8446.31	3275.97	1270.66	302.02	82.86	7.74	2.94	1.45	0.69	0.42	0.25	0.13	0.06	0.021
			典型中潮	7679	3975.48	1883.78	316.75	162.53	19.77	6.43	2.74	1.25	0.68	0.39	0.21	0.09	0.016
			典型小潮	8527.12	3579.31	1848.88	331.07	235	165.07	16.95	10.28	5.46	2.96	1.37	0.58	0.26	0.116
		冬季	半月潮	8785.16	3857.9	1833.88	391.71	202.59	32.44	17.79	11.49	7.78	4.98	3.14	1.4	0.68	0.059

			典型大潮	7901.45	2373.92	970.41	208.28	16.71	4.05	1.4	0.58	0.29	0.17	0.08	0.04	0.01	0.005
			典型中潮	8029.46	2285.63	1103.6	148.95	13.5	3.91	1.35	0.57	0.3	0.18	0.1	0.07	0.03	0.001
			典型小潮	6042.57	3250.8	2083.58	404.57	247.53	177.43	35.32	8.36	6	4.68	3.34	1.66	0.59	0.192
250d	2×CAP1000	夏季	半月潮	8016.31	3286.61	1758.9	442.81	280.54	71.91	25.59	17.26	12.67	9.23	6.5	3.82	1.45	0.198
			典型大潮	8170.01	2731.49	1139.19	295.24	77.78	7.61	2.92	1.44	0.68	0.42	0.25	0.13	0.06	0.02
			典型中潮	7438.99	3415.41	1729.15	305.49	154.81	19.09	6.34	2.71	1.24	0.68	0.39	0.21	0.09	0.016
			典型小潮	8324.41	2966.91	1673.61	314.54	228.95	159.29	16.51	10	5.32	2.94	1.35	0.58	0.26	0.112
		冬季	半月潮	8539.37	3210.18	1658.75	375.99	193.47	32.08	17.56	11.38	7.74	4.89	3.13	1.38	0.68	0.057
			典型大潮	7543.37	2090.96	812.52	202.89	16.3	4.03	1.39	0.58	0.29	0.17	0.08	0.04	0.01	0.005
			典型中潮	7680.04	2065.79	984.82	143.92	13.49	3.9	1.34	0.57	0.3	0.18	0.1	0.07	0.03	0.001
			典型小潮	5470.66	2939.55	1766.48	355.44	236.19	170.51	16.1	8.23	5.98	4.65	3.3	1.65	0.59	0.187
70d	2×CAP1000	夏季	半月潮	6948.95	2282.98	1212.03	384.47	259.72	52.78	24.96	16.57	12.22	8.95	6.1	3.64	1.39	0.188
			典型大潮	7253.48	2026.13	782.12	280.92	62.3	7.37	2.89	1.43	0.68	0.42	0.25	0.13	0.06	0.019
			典型中潮	6593.35	2263.8	1119.34	284.81	125.7	17.29	6.12	2.63	1.23	0.67	0.39	0.21	0.09	0.016
			典型小潮	7017.34	1989.74	1039.63	281.21	213.1	61.49	15.47	9.5	4.83	2.82	1.29	0.58	0.25	0.108

		冬季	半月潮	7410.65	2159.47	1140.53	344.32	166.78	30.36	17.06	11.14	7.42	4.77	3.01	1.36	0.67	0.055
			典型大潮	6522.19	1680.73	658.33	184.07	15.4	3.99	1.38	0.57	0.29	0.17	0.08	0.04	0.01	0.004
			典型中潮	6819.48	1657.88	684.2	131.74	13.44	3.87	1.33	0.57	0.3	0.18	0.1	0.07	0.03	0.001
			典型小潮	4274.04	1859.94	996.59	279.82	211.13	152.21	12.19	7.79	5.83	4.52	3.18	1.56	0.56	0.181
8d	2×CAP1000	夏季	半月潮	1256.98	582.1	436.01	234.7	99.74	28.99	18.17	13.25	9.57	6.75	4.37	2.33	0.93	0.117
			典型大潮	1403.14	550.04	403.8	156.76	22.53	6.01	2.5	1.31	0.66	0.4	0.24	0.12	0.06	0.014
			典型中潮	1293.1	481.18	351.8	162.31	45.66	11.87	5.01	2.25	1.11	0.63	0.36	0.2	0.08	0.014
			典型小潮	718.28	357.68	286.68	166.35	52.59	17.71	11.05	6.54	3.8	1.95	0.94	0.45	0.23	0.075
		冬季	半月潮	1318.23	567.28	422.34	183.34	54.57	23.07	13.55	8.8	5.72	3.85	2.24	1.08	0.57	0.036
			典型大潮	1347.97	516.39	384.71	91.96	12.43	3.45	1.23	0.55	0.28	0.17	0.08	0.04	0.01	0.004
			典型中潮	1330.7	500.6	360.08	74.87	11.57	3.57	1.24	0.55	0.29	0.17	0.1	0.06	0.03	0.001
			典型小潮	445.77	275.71	232.65	101.88	33.07	11.21	7.68	5.85	4.59	3.39	1.97	1.01	0.39	0.111

表 6.2-14　平面相对浓度等值线包络面积（km^2）

半衰期	装机容量	季节	潮型	全潮平均相对浓度													取水口相对浓度
				0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
不衰变	2×CAP1000	夏季	半月潮	5452.25	1881.18	819.64	256.58	168.52	4.59	0.31	0.06	0.02	0.01	0.01	0	0	0.051
			典型大潮	6586.63	1786.46	597.79	205.84	5.17	0.11	0.03	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0.01
			典型中潮	5969.66	2005.57	949.33	226.24	62.23	0.38	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01	0	0	0.01
			典型小潮	5867.93	1764.15	924.96	236.49	181.71	35	4.27	0.34	0.07	0.03	0.02	0.01	0	0.071
		冬季	半月潮	5835.98	1768.46	722.09	214.04	23	0.54	0.06	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0.016
			典型大潮	6055.58	1496.94	505.7	77.62	0.48	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0.002
			典型中潮	6301.29	1499.09	549.6	40.47	0.55	0.08	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0.0003
			典型小潮	3510.58	1538.15	858.94	252.61	193.81	140.96	6.95	3.63	2.25	1.25	0.44	0.04	0.01	0.158
5a	2×CAP1000	夏季	半月潮	5410.55	1851.05	800.05	255.04	163.71	4.58	0.31	0.06	0.02	0.01	0.01	0	0	0.051
			典型大潮	6547.88	1768.18	587.37	205.4	5.15	0.11	0.03	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0.01
			典型中潮	5921.71	1987.45	932.16	225.41	60.38	0.38	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01	0	0	0.01
			典型小潮	5747.65	1723.23	910.2	235.8	181.14	33.31	4.24	0.34	0.07	0.03	0.02	0.01	0	0.071
		冬季	半月潮	5774.32	1746.49	706.72	213.54	22.89	0.54	0.06	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0.016
			典型大潮	5994.57	1438.42	501.54	76.17	0.48	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0.002
			典型中	6276.46	1474.44	543.98	40.08	0.55	0.08	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0.0003

			潮														
			典型小潮	3464.32	1493.48	847.76	251.52	192.61	140.05	6.95	3.62	2.24	1.24	0.44	0.04	0.01	0.158
250d	2×CAP1000	夏季	半月潮	5159.68	1622.45	694.24	247.94	138.8	4.24	0.28	0.06	0.02	0.01	0.01	0	0	0.05
			典型大潮	6195.9	1465.69	550.81	201.39	4.93	0.11	0.03	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0.01
			典型中潮	5652.31	1856.65	816.62	220.01	52.36	0.35	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01	0	0	0.01
			典型小潮	5130.86	1499.43	836.36	230.4	177.8	22.57	3.98	0.33	0.07	0.03	0.02	0.01	0	0.07
		冬季	半月潮	5362.89	1615.63	625.41	207.07	20.94	0.51	0.06	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0.016
			典型大潮	5666.84	1233.3	477.84	67.35	0.46	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0.002
			典型中潮	5882.42	1283.83	513.18	37.31	0.55	0.08	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0.0003
			典型小潮	3197.45	1269.57	757.46	241.32	187.36	87.56	6.41	3.59	2.21	1.21	0.41	0.04	0.01	0.155
70d	2×CAP1000	夏季	半月潮	4058.78	1160.62	542.91	228.29	98.26	3.46	0.25	0.06	0.02	0.01	0.01	0	0	0.048
			典型大潮	5164.82	1094.5	482.33	190.51	3.74	0.1	0.03	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0.01
			典型中潮	4793.48	1330.6	561.31	208.06	37.76	0.31	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01	0	0	0.01
			典型小潮	4083.24	1074.84	536.92	217.47	168.71	12.85	3.38	0.27	0.07	0.03	0.02	0.01	0	0.067
		冬季	半月潮	4281.51	1092.13	496.13	194.52	17.1	0.43	0.06	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0.015
			典型大潮	4613.34	949.3	434.07	50.75	0.42	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0.002
			典型中潮	4661.83	1029.85	445.25	29.84	0.53	0.08	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0.0003

			典型小潮	2435.92	891.93	501.49	220.88	172.88	35.73	5.77	3.31	2.07	1.13	0.36	0.04	0.01	0.147
8d	2×CAP1000	夏季	半月潮	717.89	363.87	281.59	97.64	11.27	0.93	0.12	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0	0.031
			典型大潮	944.81	406.45	297.39	45.78	0.78	0.07	0.03	0.01	0.01	0	0	0	0	0.009
			典型中潮	890.63	353.9	272.46	81.77	5.94	0.17	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0	0	0.007
			典型小潮	540.49	285.35	235.96	110.92	21.3	4.76	1.08	0.13	0.05	0.02	0.01	0.01	0	0.046
		冬季	半月潮	736.97	343.44	262.24	41.06	5.63	0.21	0.05	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0.011
			典型大潮	952.55	387.4	287.39	7.83	0.24	0.04	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0.002
			典型中潮	1053.4	379.48	279.42	5.72	0.41	0.07	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0.0003
			典型小潮	375.32	240.68	204.02	63.02	17.48	6.03	3.58	2.23	1.25	0.52	0.08	0.02	0.01	0.09

表 6.2-15　不同环段稀释因子结果

半衰期	装机容量	季节	潮型	环段半径（km）							
				0＜R≤1	1＜R≤2	2＜R≤3	3＜R≤5	5＜R≤10	10＜R≤20	20＜R≤50	50＜R≤80
不衰变	2×CAP1000	夏季	半月潮	2.27E-01	1.65E-01	1.28E-01	9.94E-02	5.63E-02	2.40E-02	5.18E-03	2.37E-03
			典型大潮	9.98E-02	9.38E-02	8.67E-02	6.96E-02	3.47E-02	1.62E-02	4.67E-03	2.12E-03
			典型中潮	1.39E-01	1.33E-01	1.18E-01	9.13E-02	5.38E-02	2.12E-02	4.91E-03	2.64E-03
			典型小潮	3.32E-01	1.74E-01	1.08E-01	6.78E-02	3.08E-02	1.43E-02	3.39E-03	1.02E-03
		冬季	半月潮	1.67E-01	1.15E-01	8.76E-02	6.62E-02	3.84E-02	1.64E-02	3.18E-03	9.57E-04
			典型大潮	6.69E-02	6.33E-02	6.03E-02	5.00E-02	3.04E-02	1.39E-02	3.41E-03	1.30E-03
			典型中潮	5.23E-02	5.12E-02	4.29E-02	4.05E-02	3.09E-02	1.47E-02	3.48E-03	1.63E-03
			典型小潮	4.10E-01	7.83E-02	3.16E-02	2.22E-02	1.32E-02	1.18E-02	2.54E-03	3.85E-04

表 6.2-16　空气中 Kr-85 的平均活度浓度

单位：Bq/m^3

距离 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	1.12E+00	4.08E-01	2.07E-01	1.41E-01	6.30E-02	2.40E-02	1.13E-02	7.42E-03	5.40E-03	4.34E-03	3.62E-03	3.10E-03
NNE	1.30E+00	4.78E-01	2.36E-01	1.68E-01	7.51E-02	2.88E-02	1.36E-02	9.07E-03	6.67E-03	5.34E-03	4.44E-03	3.79E-03
NE	1.02E+00	4.24E-01	2.10E-01	1.42E-01	6.72E-02	2.73E-02	1.34E-02	9.08E-03	6.77E-03	5.43E-03	4.52E-03	3.85E-03
ENE	9.85E-01	4.40E-01	2.21E-01	1.42E-01	7.01E-02	2.97E-02	1.51E-02	1.02E-02	7.62E-03	6.12E-03	5.09E-03	4.34E-03
E	6.38E-01	3.89E-01	2.00E-01	1.17E-01	6.34E-02	2.86E-02	1.51E-02	1.03E-02	7.81E-03	6.29E-03	5.23E-03	4.47E-03
ESE	6.35E-01	4.17E-01	2.12E-01	1.18E-01	6.75E-02	3.24E-02	1.78E-02	1.22E-02	9.19E-03	7.38E-03	6.13E-03	5.22E-03
SE	5.12E-01	3.86E-01	1.98E-01	1.05E-01	6.27E-02	3.08E-02	1.71E-02	1.19E-02	8.96E-03	7.19E-03	5.97E-03	5.08E-03
SSE	4.66E-01	3.61E-01	1.84E-01	9.65E-02	5.78E-02	2.89E-02	1.62E-02	1.13E-02	8.54E-03	6.85E-03	5.68E-03	4.83E-03
S	1.37E+00	6.52E-01	3.19E-01	2.03E-01	1.06E-01	4.87E-02	2.62E-02	1.80E-02	1.34E-02	1.07E-02	8.87E-03	7.53E-03
SSW	5.33E+00	1.82E+00	8.74E-01	6.44E-01	2.93E-01	1.19E-01	5.92E-02	3.95E-02	2.88E-02	2.29E-02	1.89E-02	1.61E-02
SW	1.38E+00	6.00E-01	2.94E-01	1.90E-01	9.66E-02	4.38E-02	2.36E-02	1.60E-02	1.19E-02	9.51E-03	7.85E-03	6.66E-03
WSW	7.23E-01	3.45E-01	1.71E-01	1.06E-01	5.55E-02	2.57E-02	1.39E-02	9.50E-03	7.10E-03	5.67E-03	4.69E-03	3.98E-03
W	8.78E-01	4.10E-01	2.03E-01	1.26E-01	6.41E-02	2.88E-02	1.53E-02	1.05E-02	7.81E-03	6.25E-03	5.18E-03	4.40E-03
WNW	1.48E+00	5.54E-01	2.76E-01	1.88E-01	8.50E-02	3.35E-02	1.62E-02	1.08E-02	7.93E-03	6.36E-03	5.29E-03	4.52E-03
NW	1.19E+00	4.38E-01	2.20E-01	1.50E-01	6.78E-02	2.66E-02	1.29E-02	8.49E-03	6.17E-03	4.95E-03	4.12E-03	3.52E-03
NNW	9.80E-01	3.68E-01	1.87E-01	1.24E-01	5.64E-02	2.22E-02	1.08E-02	7.08E-03	5.16E-03	4.15E-03	3.45E-03	2.95E-03

表 6.2-17　空气中 Xe-133 的平均活度浓度

单位：Bq/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	2.42E+00	8.79E-01	4.44E-01	3.03E-01	1.34E-01	5.05E-02	2.34E-02	1.50E-02	1.07E-02	8.46E-03	6.93E-03	5.82E-03
NNE	2.81E+00	1.03E+00	5.07E-01	3.62E-01	1.60E-01	6.08E-02	2.82E-02	1.85E-02	1.34E-02	1.06E-02	8.67E-03	7.29E-03
NE	2.19E+00	9.12E-01	4.52E-01	3.06E-01	1.43E-01	5.74E-02	2.76E-02	1.84E-02	1.35E-02	1.06E-02	8.67E-03	7.26E-03
ENE	2.12E+00	9.47E-01	4.75E-01	3.04E-01	1.49E-01	6.23E-02	3.10E-02	2.05E-02	1.50E-02	1.18E-02	9.61E-03	8.03E-03
E	1.37E+00	8.36E-01	4.29E-01	2.49E-01	1.34E-01	5.95E-02	3.05E-02	2.04E-02	1.50E-02	1.18E-02	9.57E-03	7.97E-03
ESE	1.37E+00	8.96E-01	4.55E-01	2.52E-01	1.43E-01	6.74E-02	3.61E-02	2.42E-02	1.78E-02	1.39E-02	1.13E-02	9.38E-03
SE	1.10E+00	8.30E-01	4.24E-01	2.25E-01	1.33E-01	6.41E-02	3.47E-02	2.34E-02	1.73E-02	1.35E-02	1.10E-02	9.09E-03
SSE	1.00E+00	7.77E-01	3.94E-01	2.06E-01	1.22E-01	6.00E-02	3.28E-02	2.22E-02	1.64E-02	1.28E-02	1.04E-02	8.60E-03
S	2.95E+00	1.40E+00	6.86E-01	4.36E-01	2.27E-01	1.02E-01	5.41E-02	3.64E-02	2.68E-02	2.10E-02	1.71E-02	1.42E-02
SSW	1.15E+01	3.92E+00	1.88E+00	1.39E+00	6.28E-01	2.52E-01	1.24E-01	8.19E-02	5.91E-02	4.65E-02	3.80E-02	3.19E-02
SW	2.97E+00	1.29E+00	6.31E-01	4.07E-01	2.06E-01	9.24E-02	4.89E-02	3.27E-02	2.39E-02	1.88E-02	1.53E-02	1.28E-02
WSW	1.56E+00	7.43E-01	3.67E-01	2.26E-01	1.18E-01	5.39E-02	2.87E-02	1.93E-02	1.41E-02	1.11E-02	9.01E-03	7.51E-03
W	1.89E+00	8.82E-01	4.37E-01	2.70E-01	1.37E-01	6.04E-02	3.15E-02	2.11E-02	1.54E-02	1.21E-02	9.82E-03	8.18E-03
WNW	3.19E+00	1.19E+00	5.94E-01	4.03E-01	1.81E-01	7.05E-02	3.36E-02	2.19E-02	1.58E-02	1.25E-02	1.02E-02	8.57E-03
NW	2.57E+00	9.43E-01	4.73E-01	3.21E-01	1.45E-01	5.60E-02	2.66E-02	1.72E-02	1.23E-02	9.68E-03	7.92E-03	6.64E-03
NNW	2.11E+00	7.91E-01	4.01E-01	2.65E-01	1.20E-01	4.66E-02	2.22E-02	1.43E-02	1.02E-02	8.05E-03	6.58E-03	5.52E-03

表 6.2-18　空气中 I-131 的平均活度浓度

单位：Bq/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	5.99E-05	2.02E-05	9.85E-06	6.33E-06	2.64E-06	9.30E-07	3.84E-07	2.24E-07	1.44E-07	1.10E-07	8.47E-08	6.37E-08
NNE	6.96E-05	2.36E-05	1.12E-05	7.52E-06	3.11E-06	1.09E-06	4.43E-07	2.60E-07	1.66E-07	1.24E-07	9.43E-08	6.97E-08
NE	5.43E-05	2.09E-05	1.00E-05	6.39E-06	2.81E-06	1.06E-06	4.53E-07	2.75E-07	1.81E-07	1.38E-07	1.06E-07	7.94E-08
ENE	5.26E-05	2.17E-05	1.06E-05	6.37E-06	2.94E-06	1.15E-06	5.15E-07	3.11E-07	2.05E-07	1.57E-07	1.21E-07	9.09E-08
E	3.40E-05	1.92E-05	9.54E-06	5.23E-06	2.65E-06	1.11E-06	5.08E-07	3.12E-07	2.07E-07	1.58E-07	1.22E-07	9.13E-08
ESE	3.39E-05	2.06E-05	1.01E-05	5.28E-06	2.82E-06	1.25E-06	5.97E-07	3.65E-07	2.41E-07	1.83E-07	1.40E-07	1.05E-07
SE	2.74E-05	1.91E-05	9.43E-06	4.71E-06	2.62E-06	1.19E-06	5.77E-07	3.56E-07	2.37E-07	1.80E-07	1.38E-07	1.03E-07
SSE	2.49E-05	1.79E-05	8.77E-06	4.32E-06	2.42E-06	1.12E-06	5.48E-07	3.40E-07	2.27E-07	1.72E-07	1.32E-07	9.89E-08
S	7.31E-05	3.22E-05	1.52E-05	9.13E-06	4.46E-06	1.89E-06	8.92E-07	5.47E-07	3.62E-07	2.75E-07	2.11E-07	1.58E-07
SSW	2.85E-04	9.00E-05	4.17E-05	2.89E-05	1.23E-05	4.63E-06	2.03E-06	1.21E-06	7.86E-07	5.96E-07	4.58E-07	3.43E-07
SW	7.35E-05	2.97E-05	1.40E-05	8.51E-06	4.05E-06	1.71E-06	8.05E-07	4.91E-07	3.23E-07	2.45E-07	1.88E-07	1.41E-07
WSW	3.86E-05	1.71E-05	8.16E-06	4.73E-06	2.33E-06	9.97E-07	4.75E-07	2.90E-07	1.92E-07	1.46E-07	1.12E-07	8.37E-08
W	4.69E-05	2.03E-05	9.71E-06	5.65E-06	2.69E-06	1.12E-06	5.24E-07	3.20E-07	2.12E-07	1.61E-07	1.24E-07	9.29E-08
WNW	7.90E-05	2.74E-05	1.32E-05	8.43E-06	3.57E-06	1.30E-06	5.56E-07	3.31E-07	2.16E-07	1.65E-07	1.28E-07	9.61E-08
NW	6.37E-05	2.17E-05	1.05E-05	6.72E-06	2.85E-06	1.04E-06	4.41E-07	2.61E-07	1.68E-07	1.28E-07	9.95E-08	7.49E-08
NNW	5.24E-05	1.82E-05	8.91E-06	5.55E-06	2.37E-06	8.65E-07	3.69E-07	2.17E-07	1.40E-07	1.07E-07	8.32E-08	6.27E-08

表 6.2-19　空气中 Cs-137 的平均活度浓度

单位：Bq/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	5.54E-05	1.87E-05	9.11E-06	5.86E-06	2.44E-06	8.62E-07	3.56E-07	2.08E-07	1.34E-07	1.02E-07	7.91E-08	5.95E-08
NNE	6.43E-05	2.18E-05	1.03E-05	6.93E-06	2.86E-06	9.99E-07	4.02E-07	2.34E-07	1.48E-07	1.10E-07	8.33E-08	6.12E-08
NE	5.02E-05	1.94E-05	9.27E-06	5.91E-06	2.60E-06	9.79E-07	4.21E-07	2.55E-07	1.68E-07	1.28E-07	9.90E-08	7.43E-08
ENE	4.86E-05	2.01E-05	9.78E-06	5.90E-06	2.72E-06	1.07E-06	4.80E-07	2.92E-07	1.93E-07	1.48E-07	1.15E-07	8.64E-08
E	3.15E-05	1.78E-05	8.83E-06	4.84E-06	2.46E-06	1.03E-06	4.75E-07	2.92E-07	1.95E-07	1.50E-07	1.16E-07	8.70E-08
ESE	3.14E-05	1.90E-05	9.35E-06	4.89E-06	2.61E-06	1.16E-06	5.55E-07	3.40E-07	2.25E-07	1.71E-07	1.32E-07	9.84E-08
SE	2.53E-05	1.77E-05	8.73E-06	4.36E-06	2.43E-06	1.11E-06	5.38E-07	3.33E-07	2.22E-07	1.70E-07	1.31E-07	9.77E-08
SSE	2.30E-05	1.65E-05	8.12E-06	4.00E-06	2.24E-06	1.04E-06	5.12E-07	3.19E-07	2.14E-07	1.63E-07	1.26E-07	9.44E-08
S	6.76E-05	2.98E-05	1.41E-05	8.45E-06	4.13E-06	1.76E-06	8.30E-07	5.11E-07	3.39E-07	2.58E-07	1.98E-07	1.49E-07
SSW	2.63E-04	8.32E-05	3.86E-05	2.68E-05	1.14E-05	4.29E-06	1.88E-06	1.13E-06	7.31E-07	5.55E-07	4.27E-07	3.20E-07
SW	6.80E-05	2.74E-05	1.30E-05	7.87E-06	3.76E-06	1.58E-06	7.48E-07	4.57E-07	3.02E-07	2.30E-07	1.77E-07	1.32E-07
WSW	3.57E-05	1.58E-05	7.55E-06	4.38E-06	2.15E-06	9.26E-07	4.42E-07	2.71E-07	1.79E-07	1.37E-07	1.05E-07	7.90E-08
W	4.34E-05	1.88E-05	8.98E-06	5.23E-06	2.50E-06	1.04E-06	4.89E-07	3.00E-07	1.99E-07	1.52E-07	1.18E-07	8.85E-08
WNW	7.31E-05	2.53E-05	1.22E-05	7.80E-06	3.31E-06	1.21E-06	5.18E-07	3.10E-07	2.03E-07	1.55E-07	1.21E-07	9.12E-08
NW	5.89E-05	2.00E-05	9.73E-06	6.22E-06	2.64E-06	9.64E-07	4.12E-07	2.44E-07	1.58E-07	1.21E-07	9.42E-08	7.12E-08
NNW	4.84E-05	1.68E-05	8.24E-06	5.14E-06	2.19E-06	8.04E-07	3.45E-07	2.04E-07	1.32E-07	1.01E-07	7.90E-08	5.98E-08

表 6.2-20　空气中 H-3 的平均活度浓度

单位：Bq/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	1.13E-01	4.12E-02	2.09E-02	1.43E-02	6.37E-03	2.43E-03	1.14E-03	7.50E-04	5.46E-04	4.39E-04	3.66E-04	3.13E-04
NNE	1.32E-01	4.83E-02	2.38E-02	1.70E-02	7.58E-03	2.91E-03	1.37E-03	9.16E-04	6.73E-04	5.40E-04	4.49E-04	3.83E-04
NE	1.03E-01	4.28E-02	2.12E-02	1.44E-02	6.79E-03	2.76E-03	1.35E-03	9.17E-04	6.84E-04	5.49E-04	4.56E-04	3.89E-04
ENE	9.95E-02	4.44E-02	2.24E-02	1.43E-02	7.08E-03	3.00E-03	1.53E-03	1.03E-03	7.70E-04	6.18E-04	5.14E-04	4.38E-04
E	6.44E-02	3.93E-02	2.02E-02	1.18E-02	6.40E-03	2.89E-03	1.52E-03	1.05E-03	7.89E-04	6.35E-04	5.29E-04	4.51E-04
ESE	6.42E-02	4.21E-02	2.14E-02	1.19E-02	6.82E-03	3.27E-03	1.80E-03	1.24E-03	9.29E-04	7.45E-04	6.19E-04	5.27E-04
SE	5.18E-02	3.90E-02	2.00E-02	1.06E-02	6.33E-03	3.11E-03	1.73E-03	1.20E-03	9.05E-04	7.26E-04	6.03E-04	5.13E-04
SSE	4.71E-02	3.65E-02	1.86E-02	9.74E-03	5.84E-03	2.92E-03	1.64E-03	1.14E-03	8.62E-04	6.92E-04	5.74E-04	4.88E-04
S	1.38E-01	6.58E-02	3.22E-02	2.06E-02	1.07E-02	4.92E-03	2.64E-03	1.81E-03	1.36E-03	1.08E-03	8.97E-04	7.61E-04
SSW	5.38E-01	1.84E-01	8.83E-02	6.51E-02	2.96E-02	1.20E-02	5.98E-03	3.99E-03	2.91E-03	2.32E-03	1.91E-03	1.62E-03
SW	1.39E-01	6.06E-02	2.97E-02	1.91E-02	9.76E-03	4.43E-03	2.38E-03	1.62E-03	1.20E-03	9.61E-04	7.93E-04	6.73E-04
WSW	7.30E-02	3.49E-02	1.73E-02	1.07E-02	5.60E-03	2.59E-03	1.41E-03	9.60E-04	7.17E-04	5.73E-04	4.74E-04	4.02E-04
W	8.86E-02	4.14E-02	2.05E-02	1.27E-02	6.48E-03	2.91E-03	1.55E-03	1.06E-03	7.89E-04	6.31E-04	5.23E-04	4.45E-04
WNW	1.49E-01	5.59E-02	2.79E-02	1.90E-02	8.58E-03	3.38E-03	1.64E-03	1.09E-03	8.01E-04	6.43E-04	5.35E-04	4.56E-04
NW	1.20E-01	4.42E-02	2.22E-02	1.51E-02	6.85E-03	2.69E-03	1.30E-03	8.57E-04	6.23E-04	5.00E-04	4.16E-04	3.55E-04
NNW	9.90E-02	3.71E-02	1.88E-02	1.25E-02	5.70E-03	2.24E-03	1.09E-03	7.16E-04	5.21E-04	4.19E-04	3.49E-04	2.98E-04

表 6.2-21　空气中 C-14 的平均活度浓度

单位：Bq/m^3

距离 / 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km	50~60km	60~70km	70~80km
N	8.90E-03	3.24E-03	1.64E-03	1.12E-03	5.01E-04	1.91E-04	9.00E-05	5.90E-05	4.29E-05	3.45E-05	2.88E-05	2.46E-05
NNE	1.04E-02	3.80E-03	1.87E-03	1.34E-03	5.96E-04	2.29E-04	1.08E-04	7.21E-05	5.29E-05	4.25E-05	3.53E-05	3.01E-05
NE	8.08E-03	3.37E-03	1.67E-03	1.13E-03	5.34E-04	2.17E-04	1.06E-04	7.21E-05	5.38E-05	4.32E-05	3.59E-05	3.06E-05
ENE	7.82E-03	3.49E-03	1.76E-03	1.13E-03	5.57E-04	2.36E-04	1.20E-04	8.12E-05	6.06E-05	4.86E-05	4.04E-05	3.45E-05
E	5.06E-03	3.09E-03	1.59E-03	9.27E-04	5.03E-04	2.27E-04	1.20E-04	8.22E-05	6.21E-05	4.99E-05	4.16E-05	3.55E-05
ESE	5.05E-03	3.31E-03	1.69E-03	9.38E-04	5.36E-04	2.57E-04	1.41E-04	9.72E-05	7.31E-05	5.86E-05	4.87E-05	4.14E-05
SE	4.07E-03	3.07E-03	1.57E-03	8.36E-04	4.98E-04	2.45E-04	1.36E-04	9.42E-05	7.12E-05	5.71E-05	4.74E-05	4.04E-05
SSE	3.70E-03	2.87E-03	1.46E-03	7.66E-04	4.59E-04	2.29E-04	1.29E-04	8.95E-05	6.78E-05	5.44E-05	4.51E-05	3.84E-05
S	1.09E-02	5.18E-03	2.54E-03	1.62E-03	8.44E-04	3.87E-04	2.08E-04	1.43E-04	1.07E-04	8.53E-05	7.05E-05	5.98E-05
SSW	4.23E-02	1.44E-02	6.94E-03	5.12E-03	2.33E-03	9.43E-04	4.70E-04	3.14E-04	2.29E-04	1.82E-04	1.50E-04	1.28E-04
SW	1.09E-02	4.77E-03	2.33E-03	1.51E-03	7.68E-04	3.48E-04	1.87E-04	1.27E-04	9.48E-05	7.55E-05	6.24E-05	5.29E-05
WSW	5.74E-03	2.74E-03	1.36E-03	8.38E-04	4.41E-04	2.04E-04	1.11E-04	7.55E-05	5.64E-05	4.51E-05	3.73E-05	3.16E-05
W	6.97E-03	3.26E-03	1.62E-03	9.99E-04	5.09E-04	2.29E-04	1.22E-04	8.32E-05	6.21E-05	4.96E-05	4.11E-05	3.50E-05
WNW	1.17E-02	4.40E-03	2.20E-03	1.49E-03	6.75E-04	2.66E-04	1.29E-04	8.57E-05	6.30E-05	5.06E-05	4.21E-05	3.59E-05
NW	9.47E-03	3.48E-03	1.75E-03	1.19E-03	5.39E-04	2.11E-04	1.02E-04	6.74E-05	4.90E-05	3.93E-05	3.27E-05	2.79E-05
NNW	7.79E-03	2.92E-03	1.48E-03	9.83E-04	4.48E-04	1.76E-04	8.57E-05	5.63E-05	4.10E-05	3.30E-05	2.74E-05	2.35E-05

表 6.2-22　5 种放射性核素总排放口浓度

放射性核素	Ⅰ~Ⅳ类海域浓度标准（Bq/L）	单机组排放量（Bq/a）	总排放口峰值浓度（Bq/L）	总排放口年平均浓度（Bq/L）
^{60}Co	0.03	6.20E+07	1.20E-03	3.09E-05
^{90}Sr	4	9.94E+04	1.92E-06	4.96E-08
^{106}Ru	0.2	4.25E+04	8.20E-07	2.12E-08
^{134}Cs	0.6	2.45E+09	4.73E-02	1.22E-03
^{137}Cs	0.7	1.98E+09	3.82E-02	9.88E-04

表 6.2-23　计算液态辐射途径所用的剂量转换因子

核素	淹没在水体	岸边沉积	食入（Sv/Bq）			
	（Sv/h）/（Bq/m^3）	（Sv/h）/（Bq/m^2）	婴儿	儿童	青少年	成人
Cr-51	1.12E-13	1.19E-14	3.50E-10	2.30E-10	7.80E-11	3.80E-11
Mn-54	2.97E-12	3.20E-13	5.40E-09	3.10E-09	1.30E-09	7.10E-10
Fe-55	0.00E+00	0.00E+00	7.60E-09	2.40E-09	1.10E-09	3.30E-10
Fe-59	4.11E-12	4.17E-13	3.90E-08	1.30E-08	4.70E-09	1.80E-09
Co-58	3.42E-12	3.41E-13	7.30E-09	4.40E-09	1.70E-09	7.40E-10
Co-60	8.56E-12	8.79E-13	5.40E-08	2.70E-08	1.10E-08	3.40E-09
Zn-65	1.99E-12	2.26E-13	3.60E-08	1.60E-08	6.40E-09	3.90E-09
Ag-110m	9.70E-12	3.33E-13	2.40E-08	1.40E-08	5.20E-09	2.80E-09
Sb-124	6.39E-12	7.13E-13	2.50E-08	1.60E-08	5.20E-09	2.50E-09
Br-83	2.93E-14	2.97E-15	5.30E-10	3.00E-10	8.30E-11	4.30E-11
Br-84	5.76E-12	7.34E-13	1.00E-09	5.80E-10	1.60E-10	8.80E-11
Br-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb-88	2.14E-12	2.61E-13	1.10E-09	6.20E-10	1.70E-10	9.00E-11
Sr-89	2.51E-13	5.36E-16	3.60E-08	1.80E-08	5.80E-09	2.60E-09
Sr-90	4.00E-13	5.26E-17	2.30E-07	7.30E-08	8.00E-08	2.80E-08
Y-90	4.00E-13	1.31E-15	3.10E-08	2.00E-08	5.90E-09	2.70E-09
Sr-91	2.44E-12	2.69E-13	5.20E-09	4.00E-09	1.20E-09	6.50E-10
Y-91m	0.00E+00	0.00E+00	9.20E-11	6.00E-11	2.10E-11	1.10E-11
Y-91	2.74E-13	1.96E-15	2.80E-08	1.80E-08	5.20E-09	2.40E-09
Sr-92	4.50E-12	5.29E-13	3.40E-09	2.70E-09	8.20E-10	4.30E-10
Y-92	9.11E-13	1.01E-13	5.90E-09	3.60E-09	1.00E-09	4.90E-10
Y-93	3.28E-13	3.71E-14	1.40E-08	8.50E-09	2.50E-09	1.20E-09
Zr-95	5.37E-12	2.82E-13	8.50E-09	5.60E-09	1.90E-09	9.50E-10
Nb-95	2.74E-12	2.92E-13	4.60E-09	3.20E-09	1.10E-09	5.80E-10
Mo-99	1.05E-12	5.69E-14	5.50E-09	3.50E-09	1.10E-09	6.00E-10
Tc-99m	4.45E-13	4.72E-14	2.00E-10	1.30E-10	4.30E-11	2.20E-11
Ru-103	1.71E-12	1.76E-13	7.10E-09	4.60E-09	1.50E-09	7.30E-10
Rh-103m	4.50E-15	7.45E-17	4.70E-11	2.70E-11	7.40E-12	3.80E-12
Ru-106	1.26E-12	1.40E-13	8.40E-08	4.90E-08	1.50E-08	7.00E-09
Rh-106	7.63E-13	8.06E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-127m	0.00E+00	0.00E+00	4.10E-08	1.80E-08	5.20E-09	2.30E-09
Te-129m	0.00E+00	0.00E+00	4.40E-08	2.40E-08	6.60E-09	3.00E-09
Te-129	2.16E-13	2.16E-14	7.50E-10	4.40E-10	1.20E-10	6.30E-11
Te-131m	5.59E-12	5.47E-13	2.00E-08	1.40E-08	4.30E-09	1.90E-09
Te-131	1.48E-12	1.60E-13	9.00E-10	6.60E-10	1.90E-10	8.70E-11
Te-132	9.02E-12	8.21E-14	4.80E-08	3.00E-08	8.30E-09	3.80E-09
Te-134	3.12E-12	3.33E-13	1.10E-09	7.50E-10	2.20E-10	1.10E-10
I-129	9.29E-14	3.21E-15	1.80E-07	2.20E-07	1.90E-07	1.10E-07

I-130	7.56E-12	8.10E-13	2.10E-08	1.80E-08	4.60E-09	2.00E-09
I-131	1.37E-12	1.43E-13	1.80E-07	1.80E-07	5.20E-08	2.20E-08
I-132	8.22E-12	8.75E-13	3.00E-09	2.40E-09	6.20E-10	2.90E-10
I-133	2.28E-12	2.30E-13	4.90E-08	4.40E-08	1.00E-08	4.30E-09
I-134	9.47E-12	1.02E-12	1.10E-09	7.50E-10	2.10E-10	1.10E-10
I-135	5.48E-12	6.23E-13	1.00E-08	8.90E-09	2.20E-09	9.30E-10
Cs-134	5.59E-12	5.90E-13	2.60E-08	1.60E-08	1.90E-08	1.90E-08
Cs-136	7.65E-12	8.32E-13	1.50E-08	9.50E-09	4.40E-09	3.00E-09
Cs-137	2.05E-12	5.36E-17	2.10E-08	1.20E-08	1.30E-08	1.30E-08
Cs-138	7.88E-12	9.43E-13	1.10E-09	5.90E-10	1.70E-10	9.20E-11
Ba-137m	2.11E-12	2.25E-13	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	6.25E-13	6.73E-14	3.20E-08	1.80E-08	5.80E-09	2.60E-09
La-140	6.67E-12	9.14E-13	2.00E-08	1.30E-08	4.20E-09	2.00E-09
Ce-141	2.74E-13	2.74E-14	8.10E-09	5.10E-09	1.50E-09	7.10E-10
Ce-143	1.00E-12	1.02E-13	1.20E-08	8.00E-09	2.40E-09	1.10E-09
Pr-143	2.79E-20	1.45E-16	1.40E-08	8.70E-09	2.60E-09	1.20E-09
Ce-144	6.51E-13	6.88E-15	6.60E-08	3.90E-08	1.10E-08	5.20E-09
Pr-144	9.17E-14	1.49E-14	6.40E-10	3.50E-10	9.50E-11	5.00E-11
H-3	0.00E+00	0.00E+00	6.40E-11	4.80E-11	2.30E-11	1.80E-11
C-14	0.00E+00	0.00E+00	1.40E-09	1.60E-09	8.00E-10	5.80E-10

表 6.2-24　公众液体途径剂量的利用因子

项目		利用因子										稀释倍数
		渔民		成人		青年		儿童		婴儿		
		最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	
个人最大剂量	食用鱼（kg/a）	81.7	18.2	81.7	18.2	45.5	10.7	25.6	4.6	1.4	0.3	10
	甲壳（kg/a）	26.1	4.9	26.1	4.9	18.7	3.7	13.6	2	1.2	0.2	
	软体（kg/a）	14.2	2.7	14.2	2.7	10.1	2	8.3	1.2	0	0	
	海藻（kg/a）	1.4	0.3	1.4	0.3	1.2	0.2	1.2	0.2	0	0	
	岸边活动（h/a）	1600	519.9	765.4	500.5	202.3	135.9	134.3	97.8	16.6	12.4	
	游泳（h/a）	400	67.4	96.5	60.5	49.7	31.6	21.3	12.5	0	0	
	划船（h/a）	2400	993.6	931.9	378.6	3.2	1.7	0	0	0	0	
集体剂量	食用鱼（人·kg/a）	3.16E+07		3.16E+07		3.89E+06		8.54E+05		4.69E+03		40
	无脊椎动物（人·kg/a）	1.37E+07		1.37E+07		2.14E+06		6.31E+05		3.13E+03		
	岸边活动（h/a）	9.02E+08		8.69E+08		4.94E+07		1.82E+07		1.94E+05		
	游泳（h/a）	1.17E+08		1.05E+08		1.15E+07		2.32E+06		0.00E+00		
	划船（h/a）	1.72E+09		6.57E+08		6.18E+05		0.00E+00		0.00E+00		

注：利用因子均取自本报告第二章“居民饮食习惯”，稀释倍数采用本工程数模计算的结果。

表 6.2-25　2 台 CAP1000 核电机组工程方案最大个人有效剂量汇总（mSv/a）

年龄组 / 途径	婴儿	儿童	青年	成人	渔民
气态	1.68E-03	5.11E-03	3.26E-03	3.10E-03	3.10E-03
液态	2.22E-05	5.40E-04	3.62E-04	4.02E-04	4.03E-04
合计	1.70E-03	5.65E-03	3.63E-03	3.50E-03	3.50E-03

表 6.2-26　各核素的分配系数

核素	分配系数（K_d）（L/kg）
Ag	7.31E+02
Ba	2.00E+03
Br	0.00E+00
C	5.00E+04
Ce	3.00E+06
Co	1.55E+02
Cr	5.00E+04
Cs	3.43E+01
Fe	9.53E+04
H	2.66E+00
I	0.00E+00
La	1.00E+04
Mn	2.34E+01
Mo	1.00E+04
Nb	8.00E+05
Pr	5.00E+06
Rb	5.00E+02
Rh	2.00E+02
Ru	2.04E+01
Sb	2.00E+03
Sr	2.10E+00
Tc	1.00E+02
Te	1.00E+03
Y	9.00E+05
Zn	1.20E+03
Zr	2.00E+06

表 6.2-27　水生生物浓集因子（$Bq \cdot kg^{-1}/Bq \cdot L^{-1}$）

核素 \ 水生生物	底层鱼	水鸟类	甲壳类	大型海藻	哺乳动物	双壳类	浅层鱼	浮游植物	多毛类	爬行类	珊瑚	脉管植物	浮游动物
Ag	1.00E+04	2.20E+04	2.24E+04	4.90E+03	2.20E+04	2.24E+04	1.00E+04	5.18E+04	2.70E+04	2.20E+04	1.26E+02	4.90E+03	6.67E+03
Ba	2.00E+01	1.60E+02	4.70E+02	5.30E+01	1.60E+02	6.23E+02	2.00E+01	5.12E+01	6.23E+02	1.60E+02	4.70E+02	2.02E+02	4.70E+02
Br	1.50E-02	3.10E+00	3.10E+00	3.10E+00	0.00E+00	3.10E+00	1.50E-02	1.50E+00	1.50E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.50E+00	3.10E+00
C	1.20E+02	1.20E+02	1.00E+03	3.60E+02	1.20E+02	2.18E+02	1.20E+02	5.00E+03	1.00E+03	1.20E+02	1.00E+03	4.90E+02	1.00E+03
Ce	1.15E+02	1.15E+02	1.87E+03	1.71E+03	1.15E+02	1.19E+03	1.15E+02	1.07E+04	1.87E+03	1.15E+02	1.27E+02	1.55E+02	1.87E+03
Co	4.85E+03	5.00E+02	2.54E+03	1.66E+03	5.00E+02	3.44E+03	4.85E+03	2.98E+03	5.68E+03	5.00E+02	3.27E+02	5.21E+01	4.56E+03
Cr	1.20E+02	1.20E+02	1.00E+03	3.60E+02	1.20E+02	2.18E+02	1.20E+02	5.00E+03	1.00E+03	1.20E+02	1.00E+03	4.90E+02	1.00E+03
Cs	8.18E+01	4.78E+02	5.21E+01	8.51E+01	2.12E+02	6.03E+01	8.18E+01	8.52E+00	1.79E+02	4.78E+02	2.33E+02	1.04E+01	1.31E+02
Fe	3.00E+04	5.00E+00	5.00E+05	2.00E+04	3.00E+07	5.00E+05	3.00E+04	4.00E+05	5.00E+05	5.00E+05	5.00E+05	4.00E+05	7.00E+05
H	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
I	8.08E+00	6.80E-01	3.92E+01	5.56E+03	6.80E-01	5.37E+01	8.08E+00	9.50E+02	5.37E+01	6.80E-01	4.69E+03	2.40E+01	4.69E+03
La	5.70E+03	5.70E+03	5.70E+03	1.10E+04	5.70E+03	1.24E+04	5.70E+03	1.10E+04	1.24E+04	5.70E+03	1.24E+04	1.10E+04	1.24E+04
Mn	8.97E+03	4.50E+03	2.51E+04	6.85E+03	4.50E+03	5.83E+03	8.97E+03	2.73E+03	3.20E+03	4.50E+03	1.00E+01	3.05E+04	2.57E+03
Mo	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	0.00E+00	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+01	1.00E+01
Nb	3.00E+01	3.00E+01	1.00E+02	3.73E+02	3.00E+01	7.01E+03	3.00E+01	4.57E+03	7.01E+03	3.00E+01	7.01E+03	4.21E+04	7.01E+03
Pr	2.50E+01	5.00E+03	1.00E+03	5.00E+03	0.00E+00	1.00E+03	2.50E+01	5.00E+03	5.00E+03	0.00E+00	0.00E+00	5.00E+03	1.00E+03
Rb	8.30E+00	1.70E+01	1.70E+01	1.70E+01	0.00E+00	1.70E+01	8.30E+00	1.70E+01	1.70E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.70E+01	1.70E+01
Rh	2.20E+04	1.69E+04	8.83E+04	5.42E+04	2.20E+04	1.34E+05	1.18E+04	5.18E+04	2.70E+04	2.20E+04	3.27E+02	3.05E+04	1.52E+04
Ru	2.82E+01	2.82E+01	2.02E+03	1.14E+03	2.82E+01	2.02E+03	2.82E+01	6.20E+03	2.02E+03	2.82E+01	2.85E+01	1.14E+03	3.00E+04
Sb	2.90E+00	2.90E+00	6.90E+00	2.00E+02	2.90E+00	1.85E+02	2.90E+00	2.00E+02	1.85E+02	2.90E+00	9.00E+01	2.00E+02	1.31E+03
Sr	2.48E+01	1.60E+02	8.34E+01	2.86E+01	1.60E+02	1.08E+02	2.48E+01	1.91E+02	1.08E+02	1.60E+02	9.53E+01	3.00E+00	6.70E+01
Tc	1.69E+04	1.69E+04	1.69E+04	5.42E+04	1.69E+04	1.05E+04	1.69E+04	4.90E+00	1.69E+04	1.69E+04	1.69E+04	5.42E+04	1.69E+04
Te	6.81E+02	8.30E+03	1.85E+03	3.55E+02	8.30E+03	1.85E+03	6.81E+02	1.31E+04	4.50E+03	8.30E+03	4.50E+03	7.14E+01	9.76E+02

Y	1.60E+01	1.60E+01	8.20E+02	1.70E+02	1.60E+01	2.66E+03	1.60E+01	2.85E+03	2.66E+03	1.60E+01	2.66E+03	2.85E+03	2.66E+03
Zn	1.18E+04	1.18E+04	1.90E+02	3.70E+00	1.18E+04	2.66E+03	1.18E+04	2.85E+03	2.66E+03	1.18E+04	2.66E+03	2.85E+03	1.00E+05
Zr	8.52E+01	8.52E+01	4.90E+01	2.02E+03	8.52E+01	4.75E+01	8.52E+01	1.11E+04	4.75E+01	8.52E+01	1.30E+02	1.10E+03	1.52E+04

表 6.2-28　陆生生物浓集因子（$Bq \cdot kg^{-1}/Bq \cdot L^{-1}$）

核素 \ 陆生生物	两栖类	环节动物	节肢动物	鸟类	飞行昆虫	牧草	苔藓	大型哺乳类	小型哺乳类	软体动物	爬行动物	灌木	树
Ag	9.99E-02	2.38E-01	2.38E-01	7.74E-02	8.28E-02	7.93E+00	1.28E-02	3.18E-02	3.18E-02	2.38E-01	9.99E-02	9.79E-03	2.64E-01
Ba	2.03E-02	2.15E-02	2.66E-02	2.77E+00	2.66E-02	5.05E-02	1.00E-01	5.64E-01	5.64E-01	1.08E-01	8.47E-01	4.77E-01	7.40E-02
Br	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C	1.34E+03	4.29E+02	4.29E+02	1.34E+03	4.29E+02	8.90E+02	8.90E+02	1.34E+03	1.34E+03	4.29E+02	1.34E+03	8.90E+02	1.30E+03
Ce	1.80E-04	1.91E-02	1.91E-02	3.82E-02	2.48E-03	1.22E-02	1.51E-02	1.71E-03	1.71E-03	1.91E-02	3.82E-02	8.69E-03	1.36E-03
Co	7.38E-03	2.67E-01	2.67E-01	3.37E-03	7.37E-02	2.30E-02	8.01E-02	5.74E-02	5.74E-02	2.67E-01	1.90E-02	1.36E-02	3.19E-02
Cr	3.50E-03	3.71E-02	3.71E-02	2.01E-02	6.01E-03	2.62E-02	5.21E-02	1.06E-02	1.06E-02	3.71E-02	1.33E-02	9.86E-03	1.09E-02
Cs	4.51E-01	4.15E-02	1.27E-01	5.47E-01	1.28E-01	1.13E+00	3.94E+00	2.85E+00	2.85E+00	4.82E-02	6.18E-01	1.82E+00	1.59E-01
Fe	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.10E-02	1.50E-03
H	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02
I	4.97E-03	1.92E-01	2.95E-01	5.65E-03	1.45E-01	6.59E-02	7.37E-03	5.65E-03	5.65E-03	1.75E-01	5.65E-03	8.22E-03	2.71E-02
Kr	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La	2.10E-04	1.80E-02	1.91E-02	3.70E-04	1.75E-03	1.28E-02	1.94E-02	3.22E-04	3.22E-04	1.91E-02	3.70E-04	2.57E-03	2.75E-03
Mn	7.97E-02	5.52E-02	1.13E+00	6.03E-03	1.13E+00	1.37E+00	6.09E-01	1.26E-02	1.26E-02	7.66E-02	1.02E-02	4.56E+00	1.21E+00
Mo	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb	7.14E-02	1.53E-01	1.53E-01	7.14E-02	9.54E-04	3.04E-03	2.00E-02	3.79E-02	3.79E-02	1.53E-01	7.14E-02	1.44E-03	1.09E-02
Pr	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rh	2.98E+00	4.43E+00	4.43E+00	2.98E+00	4.43E+00	1.66E+01	6.87E-01	2.98E+00	2.98E+00	4.43E+00	2.98E+00	4.56E+00	4.56E+00
Ru	1.20E-01	4.43E+00	4.43E+00	1.20E-01	6.37E-03	4.07E-01	6.87E-01	1.20E-01	1.20E-01	4.43E+00	1.20E-01	4.07E-01	4.07E-01
Sb	4.50E-01	1.95E+00	1.95E+00	5.10E-01	2.35E-02	4.33E-02	2.80E-01	5.37E-02	5.37E-02	3.81E-01	5.10E-01	1.04E-02	1.94E-01
Sr	9.72E-01	6.14E-02	3.01E-01	1.09E+00	2.15E-01	6.64E-01	4.71E+00	1.51E+00	1.51E+00	1.08E-01	1.16E+00	2.07E-01	7.18E-01
Tc	3.58E-01	4.43E+00	4.43E+00	1.67E-01	4.43E+00	1.66E+01	1.66E+01	3.58E-01	3.58E-01	4.43E+00	3.58E-01	1.16E-02	1.16E-02

Te	6.38E-01	3.25E+00	3.25E+00	6.38E-01	2.08E-01	2.78E-02	5.05E-02	6.38E-01	6.38E-01	3.25E+00	2.69E-01	6.28E-03	3.14E-02
Xe	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y	5.50E-05	1.85E-02	1.85E-02	2.80E-04	7.60E-04	1.96E-03	5.05E-02	2.30E-04	2.30E-04	1.85E-02	2.80E-04	1.87E-03	2.81E-03
Zn	6.82E-01	4.05E+00	1.41E+00	1.37E+00	1.13E+00	3.39E-01	6.87E-01	2.98E+00	2.98E+00	4.05E+00	6.73E-01	8.75E-01	4.12E-01
Zr	2.30E-03	4.83E-03	6.30E-03	1.92E-01	6.30E-03	3.16E-02	9.94E-02	2.39E-03	2.39E-03	6.30E-03	1.92E-01	4.55E-03	7.87E-03

表 6.2-29　水生生物内照射剂量率（μGy/h）

核素 \ 水生生物	底层鱼	水鸟类	甲壳类	大型海藻	双壳类	浅层鱼	浮游植物	多毛类	爬行类	珊瑚	脉管植物	浮游动物
Ag-110m	2.61E-05	8.33E-05	7.45E-05	6.53E-06	3.28E-05	2.97E-05	2.41E-05	3.31E-05	2.75E-04	1.30E-07	8.10E-06	4.50E-06
Ba-137m	3.08E-11	3.18E-10	8.53E-10	1.48E-10	6.83E-10	3.35E-11	2.29E-11	6.05E-10	8.27E-10	4.19E-10	6.82E-10	2.75E-10
Ba-140	2.95E-09	2.67E-08	7.50E-08	1.12E-08	7.93E-08	3.08E-09	3.68E-09	7.46E-08	4.78E-08	5.35E-08	4.90E-08	3.93E-08
Br-83	4.54E-12	9.44E-10	9.42E-10	8.60E-10	9.17E-10	4.55E-12	2.02E-10	4.32E-10	0.00E+00	0.00E+00	4.45E-10	7.50E-10
Br-84	2.42E-12	5.71E-10	5.53E-10	3.28E-10	4.17E-10	2.60E-12	1.91E-11	1.82E-10	0.00E+00	0.00E+00	2.09E-10	1.31E-10
C-14	3.13E-03	3.13E-03	2.61E-03	2.09E-03	3.12E-03	3.13E-03	1.38E-03	2.60E-03	3.13E-03	3.12E-03	2.10E-03	2.57E-03
Ce-141	1.22E-09	1.25E-09	2.00E-08	2.48E-08	1.21E-08	1.22E-09	1.12E-07	1.88E-08	1.50E-09	1.26E-09	2.32E-09	1.74E-08
Ce-143	7.26E-10	7.49E-10	1.20E-08	9.30E-09	7.14E-09	7.34E-10	2.19E-08	1.08E-08	8.67E-10	7.16E-10	9.33E-10	8.32E-09
Ce-144	2.00E-07	2.14E-07	3.44E-06	2.28E-06	1.93E-06	2.10E-07	2.85E-06	2.80E-06	2.25E-07	1.65E-07	2.73E-07	1.19E-06
Co-58	3.19E-06	4.67E-07	2.10E-06	7.20E-07	1.36E-06	3.59E-06	6.03E-07	1.94E-06	1.48E-06	9.81E-08	2.67E-08	1.03E-06
Co-60	1.01E-05	1.48E-06	6.66E-06	1.84E-06	4.23E-06	1.14E-05	1.73E-06	6.06E-06	4.80E-06	3.01E-07	6.75E-08	3.23E-06
Cr-51	3.60E-09	4.03E-09	3.21E-08	1.43E-08	5.75E-09	3.71E-09	1.79E-07	2.57E-08	7.27E-09	2.51E-08	1.99E-08	2.40E-08
Cs-134	6.77E-06	5.09E-05	5.08E-06	4.72E-06	3.60E-06	7.36E-06	2.13E-07	9.77E-06	1.34E-04	1.18E-05	6.53E-07	5.37E-06
Cs-136	2.56E-06	2.01E-05	1.98E-06	2.98E-06	1.25E-06	2.83E-06	1.63E-07	3.35E-06	5.85E-05	3.94E-06	4.16E-07	1.80E-06
Cs-137	5.68E-06	3.68E-05	3.86E-06	4.84E-06	3.69E-06	5.87E-06	2.31E-07	1.05E-05	6.23E-05	1.32E-05	6.45E-07	6.24E-06
Cs-138	3.98E-07	2.69E-06	2.82E-07	2.68E-07	2.50E-07	4.29E-07	2.95E-09	6.74E-07	4.32E-06	7.31E-07	4.44E-08	1.74E-07
Fe-55	1.47E-06	2.44E-10	2.44E-05	9.74E-07	2.43E-05	1.47E-06	1.85E-05	2.43E-05	2.45E-05	2.41E-05	1.95E-05	3.31E-05
Fe-59	7.08E-06	1.51E-09	1.39E-04	3.19E-06	8.60E-05	7.69E-06	3.89E-05	7.96E-05	4.00E-04	7.38E-05	7.04E-05	8.86E-05
H-3	7.06E-05	7.06E-05	7.06E-05	7.08E-05	7.06E-05	7.06E-05	7.09E-05	7.06E-05	7.06E-05	7.06E-05	7.09E-05	7.06E-05
I-129	4.65E-15	4.08E-16	2.32E-14	3.00E-12	2.92E-14	4.71E-15	4.77E-13	2.89E-14	4.48E-16	2.49E-12	1.31E-14	2.44E-12
I-130	1.84E-09	1.95E-10	1.04E-08	8.43E-07	9.12E-09	1.99E-09	5.22E-08	8.32E-09	4.87E-10	6.79E-07	4.16E-09	5.22E-07
I-131	5.43E-08	5.02E-09	2.79E-07	6.69E-05	3.22E-07	5.58E-08	6.59E-06	3.12E-07	8.31E-09	2.66E-05	3.07E-07	2.37E-05
I-132	5.47E-10	5.53E-11	2.99E-09	7.58E-07	2.91E-09	5.84E-10	3.08E-08	2.66E-09	1.18E-10	2.15E-07	3.96E-09	1.39E-07

I-133	1.14E-08	1.02E-09	5.76E-08	1.86E-05	6.92E-08	1.16E-08	1.44E-06	6.64E-08	1.45E-09	5.62E-06	8.87E-08	4.51E-06
I-134	1.81E-08	1.82E-09	9.89E-08	8.33E-06	9.65E-08	1.93E-08	2.97E-07	8.82E-08	3.84E-09	7.08E-06	4.40E-08	4.39E-06
I-135	2.17E-07	2.05E-08	1.13E-06	1.17E-04	1.25E-06	2.25E-07	7.16E-06	1.18E-06	3.66E-08	9.88E-05	5.65E-07	7.71E-05
La-140	1.19E-08	1.40E-08	1.32E-08	4.34E-08	2.12E-08	1.26E-08	9.76E-09	1.95E-08	2.88E-08	1.82E-08	5.19E-08	1.19E-08
Mn-54	1.70E-06	1.31E-06	6.32E-06	5.69E-07	5.49E-07	1.97E-06	8.59E-08	2.39E-07	4.64E-06	5.98E-10	3.23E-06	9.44E-08
Mo-99	5.94E-08	6.20E-08	6.10E-08	4.99E-08	5.55E-08	6.02E-08	1.74E-08	5.32E-08	0.00E+00	0.00E+00	5.60E-08	3.94E-08
Nb-95	1.46E-09	2.01E-09	6.00E-09	1.54E-08	2.21E-07	1.63E-09	1.24E-07	1.97E-07	6.00E-09	1.78E-07	1.98E-06	1.47E-07
Pr-143	1.12E-10	2.25E-08	4.49E-09	2.02E-08	4.36E-09	1.12E-10	7.94E-09	2.12E-08	0.00E+00	0.00E+00	2.19E-08	3.45E-09
Pr-144	3.35E-10	7.23E-08	1.43E-08	4.71E-08	1.25E-08	3.55E-10	5.50E-09	5.74E-08	0.00E+00	0.00E+00	6.37E-08	4.23E-09
Rb-88	1.34E-07	3.10E-07	3.03E-07	1.77E-07	2.24E-07	1.45E-07	1.34E-08	1.98E-07	0.00E+00	0.00E+00	2.35E-07	5.11E-08
Rb-89	4.80E-09	1.09E-08	1.06E-08	7.03E-09	8.62E-09	5.04E-09	1.22E-09	7.97E-09	0.00E+00	0.00E+00	8.80E-09	4.00E-09
Rh-103m	1.34E-08	1.03E-08	5.37E-08	3.25E-08	8.03E-08	7.15E-09	3.03E-08	1.62E-08	1.35E-08	1.95E-10	1.83E-08	8.98E-09
Rh-106	1.58E-12	1.33E-12	6.85E-12	7.97E-12	8.69E-12	8.99E-13	7.74E-13	1.60E-12	1.91E-12	1.58E-14	6.11E-12	2.95E-13
Ru-103	4.60E-10	5.44E-10	3.67E-08	2.05E-08	2.71E-08	4.85E-10	9.13E-08	2.58E-08	1.16E-09	3.51E-10	2.16E-08	3.44E-07
Ru-106	1.65E-10	1.81E-10	1.28E-08	4.80E-09	1.07E-08	1.76E-10	3.08E-09	9.79E-09	1.99E-10	1.13E-10	6.51E-09	4.92E-08
Sb-124	1.89E-09	2.28E-09	5.10E-09	1.13E-07	9.65E-08	2.03E-09	3.29E-08	8.87E-08	4.88E-09	3.93E-08	1.37E-07	3.70E-07
Sr-89	1.85E-09	1.22E-08	6.34E-09	2.30E-09	7.71E-09	1.88E-09	3.38E-09	7.32E-09	1.24E-08	6.18E-09	2.88E-10	2.81E-09
Sr-90	3.00E-10	2.03E-09	1.05E-09	2.68E-10	1.25E-09	3.11E-10	4.48E-10	1.18E-09	2.08E-09	9.56E-10	3.52E-11	3.95E-10
Sr-91	3.40E-09	2.36E-08	1.21E-08	2.98E-09	1.36E-08	3.52E-09	4.14E-09	1.27E-08	3.10E-08	1.05E-08	3.83E-10	4.52E-09
Sr-92	5.36E-10	3.89E-09	1.97E-09	4.25E-10	2.04E-09	5.72E-10	5.09E-10	1.86E-09	5.32E-09	1.35E-09	5.83E-11	4.61E-10
Tc-99m	7.54E-06	9.14E-06	8.42E-06	1.77E-05	3.55E-06	7.86E-06	1.25E-09	5.37E-06	2.24E-05	5.12E-06	1.85E-05	4.70E-06
Te-127m	1.74E-08	2.14E-07	4.76E-08	8.56E-09	4.63E-08	1.74E-08	2.02E-07	1.11E-07	2.18E-07	1.10E-07	1.79E-09	2.18E-08
Te-129	7.49E-08	9.35E-07	2.07E-07	3.25E-08	1.95E-07	7.59E-08	3.52E-07	4.52E-07	9.90E-07	4.35E-07	7.58E-09	6.65E-08
Te-129m	5.83E-08	7.29E-07	1.62E-07	3.71E-08	1.52E-07	5.92E-08	4.78E-07	3.53E-07	7.75E-07	3.39E-07	8.60E-09	5.27E-08
Te-131	6.85E-08	8.98E-07	1.96E-07	2.79E-08	1.71E-07	7.08E-08	3.24E-07	3.93E-07	1.21E-06	3.71E-07	6.68E-09	5.42E-08
Te-131m	1.77E-07	2.51E-06	5.31E-07	6.97E-08	4.04E-07	1.86E-07	1.25E-06	9.26E-07	4.91E-06	8.76E-07	1.58E-08	1.50E-07
Te-132	2.88E-07	4.15E-06	8.75E-07	2.67E-07	6.38E-07	3.05E-07	3.66E-06	1.44E-06	8.50E-06	1.34E-06	6.30E-08	2.08E-07
Te-134	8.47E-08	1.22E-06	2.58E-07	3.10E-08	1.87E-07	8.99E-08	3.73E-07	4.20E-07	2.55E-06	3.92E-07	7.34E-09	5.97E-08

Y-90	1.30E-11	1.38E-11	7.00E-10	2.61E-10	2.05E-09	1.36E-11	6.45E-10	1.91E-09	1.41E-11	1.72E-09	5.74E-09	8.52E-10
Y-91	4.44E-10	4.56E-10	2.33E-08	3.80E-09	7.08E-08	4.52E-10	1.36E-08	6.72E-08	4.65E-10	6.40E-08	7.66E-08	4.07E-08
Y-91m	6.11E-10	6.54E-10	3.28E-08	5.01E-09	9.33E-08	6.30E-10	1.76E-08	8.78E-08	8.72E-10	8.32E-08	1.01E-07	5.29E-08
Y-92	3.21E-10	3.53E-10	1.78E-08	2.32E-09	4.78E-08	3.43E-10	3.93E-09	4.34E-08	3.94E-10	3.46E-08	5.27E-08	1.39E-08
Y-93	8.21E-11	8.87E-11	4.50E-09	6.13E-10	1.27E-08	8.68E-11	1.25E-09	1.16E-08	9.48E-11	9.93E-09	1.39E-08	4.35E-09
Zn-65	1.28E-07	1.85E-07	2.64E-09	2.20E-11	1.65E-08	1.45E-07	8.76E-09	1.41E-08	6.12E-07	1.20E-08	2.00E-08	3.29E-07
Zr-95	8.08E-09	1.03E-08	5.44E-09	1.66E-07	3.32E-09	8.75E-09	6.02E-07	3.07E-09	2.66E-08	7.87E-09	9.97E-08	7.97E-07
合计	3.28E-03	3.42E-03	2.96E-03	2.42E-03	3.36E-03	3.28E-03	1.56E-03	2.86E-03	4.21E-03	3.46E-03	2.30E-03	2.91E-03

表 6.2-30　水生生物外照射剂量率（μGy/h）

核素 \ 水生生物	底层鱼	水鸟类	甲壳类	大型海藻	双壳类	浅层鱼	浮游植物	多毛类	爬行类	珊瑚	脉管植物	浮游动物
Ag-110m	8.46E-06	2.18E-08	8.16E-06	9.02E-06	8.92E-06	2.27E-08	2.55E-08	1.80E-05	1.20E-08	9.10E-06	8.89E-06	2.53E-08
Ba-137m	1.50E-11	7.95E-13	1.44E-11	1.62E-11	1.59E-11	8.31E-13	1.01E-12	3.14E-11	4.18E-13	1.63E-11	1.58E-11	9.60E-13
Ba-140	1.10E-06	1.04E-09	1.06E-06	1.22E-06	1.17E-06	1.08E-09	1.47E-09	2.39E-06	5.98E-10	1.22E-06	1.16E-06	1.32E-09
Br-83	4.62E-10	7.42E-12	4.05E-10	1.74E-09	8.16E-10	8.45E-12	1.78E-10	2.40E-09	3.01E-12	1.39E-09	7.55E-10	6.98E-11
Br-84	1.25E-08	2.25E-10	1.17E-08	1.53E-08	1.39E-08	2.36E-10	3.97E-10	2.88E-08	1.36E-10	1.58E-08	1.36E-08	3.67E-10
C-14	4.03E-06	1.62E-10	4.81E-06	4.82E-05	1.62E-05	2.11E-10	1.51E-08	3.22E-05	3.48E-11	3.25E-05	1.40E-05	3.86E-09
Ce-141	1.16E-05	7.16E-12	1.11E-05	1.35E-05	1.28E-05	7.60E-12	1.43E-11	2.61E-05	3.05E-12	1.34E-05	1.27E-05	1.01E-11
Ce-143	3.23E-06	1.96E-12	3.04E-06	4.50E-06	3.70E-06	2.09E-12	6.42E-12	8.10E-06	9.27E-13	4.24E-06	3.64E-06	3.99E-12
Ce-144	4.57E-04	1.61E-10	2.67E-04	1.25E-03	6.46E-04	1.98E-10	1.94E-09	1.69E-03	5.67E-11	1.16E-03	5.90E-04	1.51E-09
Co-58	5.17E-07	6.23E-09	4.98E-07	5.51E-07	5.46E-07	6.51E-09	7.33E-09	1.10E-06	3.36E-09	5.57E-07	5.44E-07	7.24E-09
Co-60	1.32E-06	1.60E-08	1.28E-06	1.40E-06	1.39E-06	1.67E-08	1.85E-08	2.79E-06	9.31E-09	1.41E-06	1.38E-06	1.83E-08
Cr-51	7.74E-06	1.09E-10	7.44E-06	8.31E-06	8.24E-06	1.14E-10	1.30E-10	1.67E-05	5.24E-11	8.42E-06	8.21E-06	1.29E-10
Cs-134	7.25E-06	3.86E-07	6.98E-06	7.78E-06	7.68E-06	4.04E-07	4.72E-07	1.51E-05	2.06E-07	7.84E-06	7.65E-06	4.54E-07
Cs-136	1.09E-05	5.84E-07	1.05E-05	1.17E-05	1.15E-05	6.09E-07	6.88E-07	2.27E-05	3.20E-07	1.18E-05	1.15E-05	6.77E-07
Cs-137	2.13E-06	1.13E-07	2.05E-06	2.35E-06	2.27E-06	1.18E-07	1.63E-07	4.51E-06	5.94E-08	2.35E-06	2.26E-06	1.42E-07
Cs-138	1.58E-07	8.18E-09	1.48E-07	1.88E-07	1.70E-07	8.56E-09	1.35E-08	3.45E-07	4.76E-09	1.88E-07	1.68E-07	1.25E-08
Fe-55	3.98E-09	8.23E-14	4.66E-09	1.24E-08	1.65E-08	1.08E-13	2.69E-12	3.97E-08	1.77E-14	3.36E-08	1.42E-08	1.69E-12
Fe-59	5.88E-05	1.17E-09	5.68E-05	6.24E-05	6.18E-05	1.21E-09	1.37E-09	1.25E-04	6.70E-10	6.30E-05	6.16E-05	1.34E-09
H-3	1.38E-11	3.53E-12	1.66E-13	3.94E-08	5.12E-11	1.02E-13	1.72E-09	7.44E-11	3.58E-13	1.33E-12	4.68E-11	1.99E-12
I-129	5.11E-17	7.91E-17	4.38E-17	6.99E-17	6.71E-17	9.53E-17	1.77E-16	0.00E+00	1.94E-17	7.37E-17	6.60E-17	1.59E-16
I-130	4.83E-10	9.07E-10	4.65E-10	5.21E-10	5.12E-10	9.48E-10	1.14E-09	0.00E+00	4.79E-10	5.25E-10	5.10E-10	1.08E-09
I-131	2.42E-08	4.53E-08	2.33E-08	2.66E-08	2.59E-08	4.75E-08	6.46E-08	0.00E+00	2.23E-08	2.67E-08	2.58E-08	5.63E-08
I-132	3.37E-08	6.32E-08	3.24E-08	3.72E-08	3.59E-08	6.60E-08	8.54E-08	0.00E+00	3.42E-08	3.72E-08	3.57E-08	7.94E-08

I-133	2.47E-08	4.59E-08	2.36E-08	2.88E-08	2.68E-08	4.83E-08	8.07E-08	0.00E+00	2.34E-08	2.84E-08	2.66E-08	6.53E-08
I-134	3.54E-09	6.64E-09	3.40E-09	3.91E-09	3.76E-09	6.93E-09	9.01E-09	0.00E+00	3.66E-09	3.90E-09	3.74E-09	8.38E-09
I-135	2.89E-08	5.44E-08	2.78E-08	3.18E-08	3.06E-08	5.67E-08	7.70E-08	0.00E+00	3.07E-08	3.17E-08	3.05E-08	6.81E-08
La-140	6.18E-07	1.17E-10	5.96E-07	6.78E-07	6.54E-07	1.21E-10	1.57E-10	1.33E-06	6.78E-11	6.77E-07	6.51E-07	1.45E-10
Mn-54	2.31E-08	1.79E-09	2.23E-08	2.46E-08	2.44E-08	1.86E-09	2.07E-09	4.73E-08	9.73E-10	2.49E-08	2.43E-08	2.06E-09
Mo-99	1.70E-05	3.13E-09	1.62E-05	2.17E-05	1.89E-05	3.31E-09	7.61E-09	4.02E-05	1.51E-09	2.08E-05	1.87E-05	5.38E-09
Nb-95	2.27E-04	5.35E-10	2.19E-04	2.42E-04	2.40E-04	5.58E-10	6.24E-10	4.86E-04	2.88E-10	2.45E-04	2.39E-04	6.20E-10
Pr-143	1.76E-07	4.64E-14	1.36E-07	1.24E-06	4.55E-07	5.99E-14	2.96E-12	1.57E-06	1.06E-14	9.26E-07	4.05E-07	1.09E-12
Pr-144	5.29E-06	1.03E-12	2.89E-06	1.53E-05	7.62E-06	1.30E-12	1.44E-11	2.03E-05	3.53E-13	1.41E-05	6.92E-06	1.13E-11
Rb-88	2.25E-06	6.95E-09	1.84E-06	3.70E-06	3.01E-06	7.72E-09	2.44E-08	6.75E-06	3.60E-09	4.21E-06	2.85E-06	2.22E-08
Rb-89	2.04E-07	7.48E-10	1.92E-07	2.45E-07	2.21E-07	7.83E-10	1.32E-09	4.61E-07	4.38E-10	2.43E-07	2.19E-07	1.15E-09
Rh-103m	7.47E-13	4.92E-15	5.79E-13	1.61E-12	1.37E-12	6.61E-15	2.95E-14	3.20E-12	1.06E-15	1.77E-12	1.33E-12	2.20E-14
Rh-106	2.76E-17	1.74E-18	1.99E-17	5.64E-17	3.60E-17	1.99E-18	1.05E-17	8.28E-17	7.58E-19	5.66E-17	3.38E-17	8.77E-18
Ru-103	8.95E-10	7.83E-11	8.60E-10	9.61E-10	9.50E-10	8.21E-11	9.39E-11	1.83E-09	3.99E-11	9.70E-10	9.47E-10	9.22E-11
Ru-106	2.02E-11	1.28E-12	1.46E-11	4.14E-11	2.64E-11	1.46E-12	7.69E-12	6.07E-11	5.56E-13	4.15E-11	2.48E-11	6.43E-12
Sb-124	3.35E-06	3.14E-09	3.22E-06	3.67E-06	3.54E-06	3.27E-09	4.13E-09	7.21E-06	1.80E-09	3.67E-06	3.52E-06	3.90E-09
Sr-89	8.57E-12	2.65E-12	4.80E-12	4.32E-11	1.59E-11	3.53E-12	1.03E-10	3.39E-11	6.14E-13	3.23E-11	1.43E-11	5.72E-11
Sr-90	1.54E-12	4.02E-13	7.28E-13	5.76E-12	2.39E-12	5.48E-13	1.08E-11	4.63E-12	9.20E-14	4.73E-12	2.14E-12	7.21E-12
Sr-91	1.67E-10	9.76E-11	1.56E-10	2.18E-10	1.85E-10	1.03E-10	2.24E-10	2.67E-10	5.17E-11	2.09E-10	1.82E-10	1.78E-10
Sr-92	3.58E-11	2.04E-11	3.26E-11	4.63E-11	4.00E-11	2.16E-11	4.20E-11	5.77E-11	1.15E-11	4.71E-11	3.92E-11	3.78E-11
Tc-99m	7.50E-08	1.39E-09	7.24E-08	8.11E-08	8.06E-08	1.47E-09	1.68E-09	1.61E-07	6.07E-10	8.22E-08	8.03E-08	1.65E-09
Te-127m	5.27E-10	8.55E-13	4.67E-10	1.26E-09	8.05E-10	9.98E-13	1.11E-11	1.97E-09	2.88E-13	1.11E-09	7.68E-10	4.28E-12
Te-129	7.60E-09	1.24E-11	6.54E-09	1.67E-08	9.94E-09	1.36E-11	9.84E-11	2.48E-08	5.70E-12	1.41E-08	9.51E-09	5.68E-11
Te-129m	1.18E-08	1.90E-11	1.00E-08	2.50E-08	1.52E-08	2.10E-11	1.38E-10	3.73E-08	8.74E-12	2.13E-08	1.46E-08	8.31E-11
Te-131	4.16E-08	7.54E-11	3.89E-08	5.25E-08	4.57E-08	7.97E-11	1.59E-10	9.62E-08	3.74E-11	5.06E-08	4.51E-08	1.28E-10
Te-131m	3.33E-07	6.23E-10	3.19E-07	3.64E-07	3.54E-07	6.51E-10	8.29E-10	7.19E-07	3.33E-10	3.65E-07	3.52E-07	7.70E-10
Te-132	6.22E-06	1.16E-08	5.97E-06	6.86E-06	6.63E-06	1.22E-08	1.57E-08	1.35E-05	6.21E-09	6.87E-06	6.60E-06	1.46E-08
Te-134	1.86E-07	3.48E-10	1.78E-07	2.04E-07	1.98E-07	3.64E-10	4.67E-10	4.02E-07	1.89E-10	2.04E-07	1.97E-07	4.34E-10

Y-90	1.62E-14	4.15E-15	7.51E-15	5.92E-14	2.47E-14	5.67E-15	1.04E-13	4.78E-14	9.51E-16	4.88E-14	2.22E-14	7.38E-14
Y-91	6.81E-07	7.74E-13	3.99E-07	3.11E-06	1.19E-06	9.97E-13	2.45E-11	3.65E-06	2.24E-13	2.35E-06	1.08E-06	1.40E-11
Y-91m	1.37E-05	2.77E-11	1.28E-05	1.76E-05	1.51E-05	2.93E-11	6.25E-11	3.21E-05	1.41E-11	1.68E-05	1.49E-05	4.87E-11
Y-92	3.09E-06	4.82E-12	2.31E-06	5.98E-06	4.03E-06	5.46E-12	2.55E-11	9.56E-06	2.26E-12	6.20E-06	3.79E-06	2.17E-11
Y-93	4.99E-07	6.81E-13	3.31E-07	1.18E-06	6.66E-07	7.98E-13	5.79E-12	1.68E-06	2.97E-13	1.11E-06	6.17E-07	4.59E-12
Zn-65	6.00E-08	9.45E-11	5.80E-08	6.36E-08	6.32E-08	9.83E-11	1.09E-10	1.27E-07	5.37E-11	6.43E-08	6.30E-08	1.08E-10
Zr-95	6.45E-04	6.06E-10	6.21E-04	6.89E-04	6.81E-04	6.33E-10	7.21E-10	1.38E-03	3.26E-10	6.95E-04	6.79E-04	7.07E-10
合计	1.50E-03	1.39E-06	1.27E-03	2.43E-03	1.77E-03	1.45E-06	1.79E-06	3.97E-03	7.48E-07	2.33E-03	1.70E-03	1.68E-06

表 6.2-31　水生生物总辐射剂量率（μGy/h）

水生生物 / 核素	底层鱼	水鸟类	甲壳类	大型海藻	双壳类	浅层鱼	浮游植物	多毛类	爬行类	珊瑚	脉管植物	浮游动物
Ag-110m	3.45E-05	8.33E-05	8.27E-05	1.55E-05	4.17E-05	2.97E-05	2.41E-05	5.11E-05	2.75E-04	9.23E-06	1.70E-05	4.53E-06
Ba-137m	4.58E-11	3.19E-10	8.67E-10	1.65E-10	6.99E-10	3.43E-11	2.39E-11	6.36E-10	8.27E-10	4.36E-10	6.97E-10	2.76E-10
Ba-140	1.11E-06	2.77E-08	1.14E-06	1.23E-06	1.25E-06	4.16E-09	5.15E-09	2.47E-06	4.84E-08	1.27E-06	1.21E-06	4.06E-08
Br-83	4.67E-10	9.51E-10	1.35E-09	2.60E-09	1.73E-09	1.30E-11	3.79E-10	2.83E-09	3.01E-12	1.39E-09	1.20E-09	8.19E-10
Br-84	1.25E-08	7.96E-10	1.22E-08	1.57E-08	1.43E-08	2.39E-10	4.16E-10	2.90E-08	1.36E-10	1.58E-08	1.39E-08	4.99E-10
C-14	3.13E-03	3.13E-03	2.61E-03	2.14E-03	3.14E-03	3.13E-03	1.38E-03	2.64E-03	3.13E-03	3.15E-03	2.12E-03	2.57E-03
Ce-141	1.16E-05	1.26E-09	1.11E-05	1.35E-05	1.28E-05	1.23E-09	1.12E-07	2.61E-05	1.50E-09	1.34E-05	1.27E-05	1.74E-08
Ce-143	3.23E-06	7.51E-10	3.05E-06	4.51E-06	3.71E-06	7.36E-10	2.19E-08	8.11E-06	8.68E-10	4.24E-06	3.65E-06	8.33E-09
Ce-144	4.58E-04	2.14E-07	2.71E-04	1.25E-03	6.48E-04	2.10E-07	2.86E-06	1.69E-03	2.25E-07	1.16E-03	5.91E-04	1.19E-06
Co-58	3.71E-06	4.73E-07	2.60E-06	1.27E-06	1.91E-06	3.60E-06	6.10E-07	3.04E-06	1.48E-06	6.55E-07	5.71E-07	1.04E-06
Co-60	1.14E-05	1.50E-06	7.94E-06	3.24E-06	5.62E-06	1.14E-05	1.75E-06	8.85E-06	4.81E-06	1.71E-06	1.45E-06	3.25E-06
Cr-51	7.74E-06	4.14E-09	7.48E-06	8.32E-06	8.25E-06	3.83E-09	1.79E-07	1.67E-05	7.33E-09	8.45E-06	8.23E-06	2.41E-08
Cs-134	1.40E-05	5.13E-05	1.21E-05	1.25E-05	1.13E-05	7.76E-06	6.85E-07	2.49E-05	1.34E-04	1.96E-05	8.30E-06	5.82E-06
Cs-136	1.35E-05	2.07E-05	1.25E-05	1.46E-05	1.28E-05	3.43E-06	8.51E-07	2.60E-05	5.89E-05	1.57E-05	1.19E-05	2.48E-06
Cs-137	7.81E-06	3.69E-05	5.91E-06	7.19E-06	5.97E-06	5.99E-06	3.94E-07	1.50E-05	6.24E-05	1.56E-05	2.91E-06	6.39E-06
Cs-138	5.56E-07	2.69E-06	4.30E-07	4.56E-07	4.20E-07	4.37E-07	1.64E-08	1.02E-06	4.32E-06	9.19E-07	2.13E-07	1.86E-07
Fe-55	1.47E-06	2.44E-10	2.44E-05	9.86E-07	2.43E-05	1.47E-06	1.85E-05	2.43E-05	2.45E-05	2.42E-05	1.95E-05	3.31E-05
Fe-59	6.59E-05	2.68E-09	1.95E-04	6.56E-05	1.48E-04	7.69E-06	3.89E-05	2.04E-04	4.00E-04	1.37E-04	1.32E-04	8.86E-05
H-3	7.06E-05	7.06E-05	7.06E-05	7.09E-05	7.06E-05	7.06E-05	7.09E-05	7.06E-05	7.06E-05	7.06E-05	7.09E-05	7.06E-05
I-129	4.71E-15	4.87E-16	2.32E-14	3.00E-12	2.93E-14	4.81E-15	4.77E-13	2.89E-14	4.68E-16	2.49E-12	1.32E-14	2.44E-12
I-130	2.33E-09	1.10E-09	1.08E-08	8.43E-07	9.63E-09	2.93E-09	5.34E-08	8.32E-09	9.65E-10	6.79E-07	4.68E-09	5.23E-07
I-131	7.85E-08	5.03E-08	3.02E-07	6.70E-05	3.48E-07	1.03E-07	6.65E-06	3.12E-07	3.06E-08	2.66E-05	3.32E-07	2.38E-05
I-132	3.43E-08	6.32E-08	3.54E-08	7.95E-07	3.88E-08	6.66E-08	1.16E-07	2.66E-09	3.44E-08	2.52E-07	3.96E-08	2.19E-07

I-133	3.61E-08	4.70E-08	8.12E-08	1.86E-05	9.61E-08	6.00E-08	1.52E-06	6.64E-08	2.49E-08	5.65E-06	1.15E-07	4.57E-06
I-134	2.16E-08	8.46E-09	1.02E-07	8.33E-06	1.00E-07	2.62E-08	3.06E-07	8.82E-08	7.51E-09	7.08E-06	4.78E-08	4.40E-06
I-135	2.46E-07	7.49E-08	1.16E-06	1.17E-04	1.28E-06	2.82E-07	7.24E-06	1.18E-06	6.73E-08	9.89E-05	5.95E-07	7.72E-05
La-140	6.30E-07	1.41E-08	6.09E-07	7.21E-07	6.76E-07	1.27E-08	9.92E-09	1.35E-06	2.88E-08	6.95E-07	7.03E-07	1.21E-08
Mn-54	1.72E-06	1.31E-06	6.34E-06	5.93E-07	5.74E-07	1.97E-06	8.80E-08	2.87E-07	4.64E-06	2.55E-08	3.25E-06	9.64E-08
Mo-99	1.70E-05	6.51E-08	1.62E-05	2.17E-05	1.89E-05	6.35E-08	2.50E-08	4.03E-05	1.51E-09	2.08E-05	1.87E-05	4.48E-08
Nb-95	2.27E-04	2.54E-09	2.19E-04	2.42E-04	2.40E-04	2.19E-09	1.25E-07	4.86E-04	6.28E-09	2.45E-04	2.41E-04	1.48E-07
Pr-143	1.76E-07	2.25E-08	1.40E-07	1.26E-06	4.59E-07	1.12E-10	7.95E-09	1.59E-06	1.06E-14	9.26E-07	4.27E-07	3.45E-09
Pr-144	5.29E-06	7.23E-08	2.91E-06	1.53E-05	7.64E-06	3.56E-10	5.51E-09	2.03E-05	3.53E-13	1.41E-05	6.99E-06	4.24E-09
Rb-88	2.39E-06	3.17E-07	2.14E-06	3.87E-06	3.23E-06	1.53E-07	3.78E-08	6.94E-06	3.60E-09	4.21E-06	3.08E-06	7.32E-08
Rb-89	2.08E-07	1.17E-08	2.03E-07	2.52E-07	2.30E-07	5.82E-09	2.54E-09	4.69E-07	4.38E-10	2.43E-07	2.27E-07	5.16E-09
Rh-103m	1.34E-08	1.03E-08	5.37E-08	3.25E-08	8.03E-08	7.15E-09	3.03E-08	1.62E-08	1.35E-08	1.97E-10	1.83E-08	8.98E-09
Rh-106	1.58E-12	1.33E-12	6.85E-12	7.97E-12	8.69E-12	8.99E-13	7.74E-13	1.60E-12	1.91E-12	1.59E-14	6.11E-12	2.95E-13
Ru-103	1.35E-09	6.23E-10	3.75E-08	2.14E-08	2.80E-08	5.67E-10	9.14E-08	2.77E-08	1.20E-09	1.32E-09	2.26E-08	3.44E-07
Ru-106	1.85E-10	1.82E-10	1.28E-08	4.84E-09	1.08E-08	1.77E-10	3.08E-09	9.85E-09	2.00E-10	1.55E-10	6.54E-09	4.92E-08
Sb-124	3.35E-06	5.42E-09	3.22E-06	3.78E-06	3.64E-06	5.30E-09	3.70E-08	7.30E-06	6.68E-09	3.71E-06	3.66E-06	3.74E-07
Sr-89	1.85E-09	1.22E-08	6.34E-09	2.34E-09	7.72E-09	1.88E-09	3.48E-09	7.35E-09	1.24E-08	6.21E-09	3.02E-10	2.87E-09
Sr-90	3.01E-10	2.04E-09	1.05E-09	2.74E-10	1.25E-09	3.11E-10	4.59E-10	1.18E-09	2.08E-09	9.60E-10	3.73E-11	4.02E-10
Sr-91	3.56E-09	2.37E-08	1.22E-08	3.20E-09	1.38E-08	3.62E-09	4.37E-09	1.30E-08	3.11E-08	1.07E-08	5.65E-10	4.70E-09
Sr-92	5.71E-10	3.91E-09	2.01E-09	4.71E-10	2.08E-09	5.93E-10	5.51E-10	1.92E-09	5.33E-09	1.40E-09	9.75E-11	4.99E-10
Tc-99m	7.61E-06	9.14E-06	8.49E-06	1.78E-05	3.63E-06	7.87E-06	2.92E-09	5.53E-06	2.24E-05	5.20E-06	1.86E-05	4.71E-06
Te-127m	1.79E-08	2.14E-07	4.80E-08	9.81E-09	4.71E-08	1.74E-08	2.02E-07	1.13E-07	2.18E-07	1.11E-07	2.56E-09	2.18E-08
Te-129	8.25E-08	9.35E-07	2.14E-07	4.92E-08	2.05E-07	7.59E-08	3.52E-07	4.77E-07	9.90E-07	4.50E-07	1.71E-08	6.65E-08
Te-129m	7.00E-08	7.29E-07	1.72E-07	6.20E-08	1.67E-07	5.92E-08	4.78E-07	3.90E-07	7.75E-07	3.61E-07	2.32E-08	5.28E-08
Te-131	1.10E-07	8.98E-07	2.35E-07	8.04E-08	2.17E-07	7.08E-08	3.24E-07	4.89E-07	1.21E-06	4.22E-07	5.18E-08	5.44E-08
Te-131m	5.10E-07	2.51E-06	8.50E-07	4.34E-07	7.57E-07	1.87E-07	1.26E-06	1.64E-06	4.91E-06	1.24E-06	3.68E-07	1.51E-07
Te-132	6.51E-06	4.17E-06	6.84E-06	7.13E-06	7.27E-06	3.18E-07	3.68E-06	1.49E-05	8.50E-06	8.21E-06	6.66E-06	2.23E-07
Te-134	2.71E-07	1.22E-06	4.36E-07	2.35E-07	3.84E-07	9.02E-08	3.74E-07	8.23E-07	2.55E-06	5.96E-07	2.04E-07	6.01E-08

Y-90	1.30E-11	1.38E-11	7.00E-10	2.61E-10	2.05E-09	1.36E-11	6.45E-10	1.91E-09	1.41E-11	1.72E-09	5.74E-09	8.52E-10
Y-91	6.81E-07	4.57E-10	4.23E-07	3.11E-06	1.26E-06	4.53E-10	1.37E-08	3.71E-06	4.65E-10	2.41E-06	1.15E-06	4.07E-08
Y-91m	1.37E-05	6.82E-10	1.29E-05	1.76E-05	1.52E-05	6.59E-10	1.77E-08	3.22E-05	8.86E-10	1.69E-05	1.50E-05	5.30E-08
Y-92	3.09E-06	3.58E-10	2.33E-06	5.98E-06	4.08E-06	3.48E-10	3.96E-09	9.61E-06	3.96E-10	6.23E-06	3.84E-06	1.39E-08
Y-93	4.99E-07	8.94E-11	3.36E-07	1.18E-06	6.78E-07	8.76E-11	1.25E-09	1.69E-06	9.51E-11	1.12E-06	6.31E-07	4.36E-09
Zn-65	1.88E-07	1.85E-07	6.06E-08	6.37E-08	7.97E-08	1.45E-07	8.87E-09	1.42E-07	6.13E-07	7.63E-08	8.29E-08	3.29E-07
Zr-95	6.45E-04	1.09E-08	6.21E-04	6.89E-04	6.81E-04	9.38E-09	6.03E-07	1.38E-03	2.69E-08	6.95E-04	6.79E-04	7.98E-07
合计	4.78E-03	3.42E-03	4.23E-03	4.85E-03	5.13E-03	3.28E-03	1.56E-03	6.82E-03	4.21E-03	5.80E-03	4.00E-03	2.91E-03

表 6.2-32　水生生物危害商

水生生物名称	代表性生物	危害商
底层鱼	二长棘鲷	4.78E-04
水鸟类	白鹭	3.42E-04
甲壳类	须赤虾	4.23E-04
大型海藻	马尾藻	4.85E-04
双壳类	菲律宾帘蛤	5.13E-04
浅层鱼	康氏小公鱼	3.28E-04
浮游植物	角毛藻	1.56E-04
多毛类	管栖多毛类	6.82E-04
爬行类	海龟	4.21E-04
珊瑚	石珊瑚	5.80E-04
脉管植物	海草	4.00E-04
浮游动物	微刺哲水蚤	2.91E-04

表 6.2-33　陆生生物内照射剂量率（μGy/h）

核素 \ 陆生生物	两栖类	环节动物	节肢动物	鸟类	飞行昆虫	牧草	苔藓	小型哺乳类	爬行动物	灌木	树
Ag-110m	2.09E-08	3.34E-08	2.24E-08	3.77E-08	9.31E-09	1.14E-06	1.14E-09	1.08E-08	3.07E-08	1.41E-09	4.51E-07
Ba-137m	9.57E-11	8.00E-11	7.29E-11	2.23E-08	8.62E-11	5.51E-10	2.51E-10	3.56E-09	5.02E-09	5.21E-09	4.69E-09
Ba-140	1.19E-11	1.12E-11	1.10E-11	2.07E-09	1.25E-11	4.86E-11	3.89E-11	3.76E-10	5.47E-10	4.60E-10	1.82E-10
Br-83	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Br-84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14	5.43E-04	1.74E-04	1.72E-04	5.44E-04	1.73E-04	3.60E-04	3.57E-04	5.44E-04	5.44E-04	3.60E-04	5.28E-04
Ce-141	2.26E-14	2.33E-12	2.23E-12	5.09E-12	2.98E-13	2.19E-12	1.71E-12	2.22E-13	4.93E-12	1.56E-12	3.27E-13
Ce-143	2.88E-15	2.86E-13	2.44E-13	6.54E-13	3.50E-14	1.81E-13	1.81E-13	2.85E-14	6.30E-13	1.30E-13	2.73E-14
Ce-144	3.07E-12	2.72E-10	1.53E-10	7.25E-10	2.70E-11	1.77E-10	1.10E-10	3.16E-11	6.72E-10	1.27E-10	2.90E-11
Co-58	3.58E-10	9.31E-09	7.10E-09	3.53E-10	2.20E-09	9.68E-10	2.02E-09	4.31E-09	1.30E-09	5.72E-10	1.32E-08
Co-60	3.71E-09	9.60E-08	7.36E-08	3.72E-09	2.26E-08	8.05E-09	2.13E-08	4.52E-08	1.36E-08	4.76E-09	1.10E-07
Cr-51	2.48E-12	2.47E-11	2.37E-11	1.79E-11	3.91E-12	2.65E-11	3.30E-11	8.38E-12	1.03E-11	1.00E-11	2.78E-11
Cs-134	2.36E-05	1.79E-06	4.54E-06	4.85E-05	4.99E-06	4.91E-05	1.34E-04	1.98E-04	4.05E-05	7.90E-05	3.81E-05
Cs-136	9.78E-08	7.04E-09	1.76E-08	2.25E-07	1.93E-08	3.49E-07	5.26E-07	8.78E-07	1.77E-07	5.61E-07	3.49E-07
Cs-137	1.14E-04	9.67E-06	2.59E-05	1.71E-04	2.81E-05	2.62E-04	7.65E-04	8.04E-04	1.71E-04	4.22E-04	8.46E-05
Cs-138	8.56E-10	6.22E-11	9.52E-11	1.34E-09	1.38E-10	1.60E-09	2.63E-09	6.30E-09	1.28E-09	2.58E-09	6.11E-10
Fe-55	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.75E-09	6.85E-11
Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.88E-10	2.40E-11
H-3	2.03E-04	2.03E-04	2.03E-04	2.03E-04	2.03E-04	2.04E-04	2.03E-04	2.03E-04	2.03E-04	2.04E-04	2.04E-04
I-129	1.34E-14	5.04E-13	7.58E-13	1.67E-14	3.75E-13	1.72E-13	1.89E-14	1.60E-14	1.59E-14	2.15E-14	8.85E-14
I-130	1.18E-12	3.80E-11	4.74E-11	2.17E-12	2.59E-11	1.28E-11	1.11E-12	1.74E-12	1.65E-12	1.60E-12	2.62E-11
I-131	5.45E-10	1.97E-08	2.76E-08	7.48E-10	1.43E-08	1.42E-08	6.61E-10	6.81E-10	6.68E-10	1.77E-09	1.29E-08
I-132	1.08E-13	3.50E-12	3.88E-12	1.76E-13	2.28E-12	3.50E-12	8.92E-14	1.49E-13	1.42E-13	4.36E-13	5.36E-12

I-133	1.22E-11	4.37E-10	5.75E-10	1.59E-11	3.09E-10	4.23E-10	1.36E-11	1.49E-11	1.47E-11	5.27E-11	3.12E-10
I-134	3.37E-12	1.09E-10	1.18E-10	5.48E-12	7.03E-11	3.65E-11	2.69E-12	4.66E-12	4.42E-12	4.55E-12	5.48E-11
I-135	1.07E-10	3.71E-09	4.75E-09	1.53E-10	2.59E-09	1.26E-09	1.11E-10	1.37E-10	1.33E-10	1.57E-10	1.29E-09
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	3.40E-16	2.48E-14	1.94E-14	8.30E-16	2.11E-15	4.69E-14	1.81E-14	6.21E-16	6.83E-16	9.40E-15	3.34E-14
Mn-54	4.61E-09	1.90E-09	2.42E-08	9.45E-10	2.95E-08	4.71E-08	1.23E-08	1.31E-09	9.47E-10	1.57E-07	7.10E-07
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	4.45E-12	7.33E-12	6.08E-12	8.77E-12	4.08E-14	2.05E-13	7.78E-13	3.44E-12	5.98E-12	9.71E-14	5.76E-12
Pr-143	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pr-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rh-103m	5.64E-14	8.32E-14	8.26E-14	5.71E-14	8.29E-14	3.11E-13	1.28E-14	5.68E-14	5.68E-14	8.55E-14	8.80E-14
Rh-106	1.51E-12	1.78E-12	8.42E-13	1.75E-12	1.24E-12	1.87E-11	1.16E-13	1.68E-12	1.59E-12	5.13E-12	8.89E-12
Ru-103	1.42E-11	4.72E-10	4.40E-10	1.98E-11	6.51E-13	6.04E-11	6.73E-11	1.68E-11	1.62E-11	6.04E-11	2.06E-10
Ru-106	4.97E-09	1.45E-07	7.01E-08	5.72E-09	1.47E-10	1.32E-08	9.66E-09	5.49E-09	5.20E-09	1.32E-08	2.26E-08
Sb-124	5.15E-09	1.86E-08	1.32E-08	8.42E-09	1.91E-10	5.17E-10	1.75E-09	7.51E-10	6.76E-09	1.24E-10	8.64E-09
Sr-89	6.41E-09	3.70E-10	1.35E-09	7.54E-09	1.16E-09	5.26E-09	1.94E-08	1.04E-08	7.80E-09	1.64E-09	6.74E-09
Sr-90	7.80E-08	4.36E-09	1.42E-08	9.36E-08	1.27E-08	4.60E-08	2.04E-07	1.28E-07	9.48E-08	1.43E-08	6.34E-08
Sr-91	7.50E-11	4.18E-12	1.44E-11	9.60E-11	1.26E-11	4.43E-11	2.06E-10	1.26E-10	9.40E-11	1.38E-11	8.31E-11
Sr-92	5.96E-12	2.97E-13	7.79E-13	8.17E-12	7.58E-13	3.02E-12	1.10E-11	1.06E-11	7.67E-12	9.41E-13	7.28E-12
Tc-99m	4.13E-11	4.49E-10	4.14E-10	2.99E-11	4.28E-10	1.66E-09	1.53E-09	5.17E-11	5.01E-11	1.16E-12	5.51E-12
Te-127m	8.23E-09	4.08E-08	3.83E-08	8.43E-09	2.55E-09	3.49E-10	5.75E-10	8.36E-09	3.52E-09	7.88E-11	4.25E-10
Te-129	6.39E-12	3.01E-11	2.37E-11	6.75E-12	1.76E-12	2.55E-13	3.42E-13	6.63E-12	2.76E-12	5.75E-14	3.53E-13
Te-129m	4.88E-09	2.30E-08	1.82E-08	5.16E-09	1.34E-09	2.84E-10	2.65E-10	5.07E-09	2.10E-09	6.41E-11	3.94E-10

Te-131	4.11E-12	1.88E-11	1.40E-11	4.71E-12	1.06E-12	1.58E-13	2.03E-13	4.45E-12	1.82E-12	3.58E-14	3.18E-13
Te-131m	3.46E-10	1.56E-09	1.29E-09	4.65E-10	9.12E-11	1.31E-11	1.90E-11	4.04E-10	1.64E-10	2.97E-12	4.51E-11
Te-132	1.20E-09	5.24E-09	4.04E-09	1.68E-09	2.98E-10	1.11E-10	5.89E-11	1.44E-09	5.78E-10	2.50E-11	4.27E-10
Te-134	1.87E-11	8.16E-11	6.22E-11	2.64E-11	4.62E-12	6.85E-13	9.01E-13	2.25E-11	9.06E-12	1.55E-13	2.70E-12
Xe-131m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	2.95E-13	8.56E-11	5.06E-11	1.63E-12	2.80E-12	2.26E-11	1.24E-10	1.31E-12	1.53E-12	2.16E-11	4.36E-11
Y-91	9.47E-14	2.90E-11	2.13E-11	5.08E-13	1.06E-12	3.03E-12	5.33E-11	4.11E-13	4.92E-13	2.89E-12	5.20E-12
Y-91m	9.00E-17	2.70E-14	1.98E-14	5.22E-16	9.82E-16	2.82E-15	4.96E-14	4.06E-16	4.81E-16	2.70E-15	7.06E-15
Y-92	2.93E-16	7.62E-14	3.55E-14	1.74E-15	2.15E-15	7.49E-15	8.56E-14	1.37E-15	1.58E-15	7.16E-15	1.95E-14
Y-93	2.46E-16	6.81E-14	3.53E-14	1.41E-15	2.06E-15	6.84E-15	8.60E-14	1.12E-15	1.30E-15	6.54E-15	1.51E-14
Zn-65	8.28E-09	3.39E-08	8.60E-09	3.82E-08	7.82E-09	2.92E-09	4.03E-09	5.84E-08	1.20E-08	7.55E-09	3.96E-08
Zr-95	1.56E-12	2.75E-12	3.14E-12	2.15E-10	3.33E-12	2.25E-11	4.81E-11	2.11E-12	1.60E-10	3.24E-12	2.88E-11
合计	8.85E-04	3.89E-04	4.07E-04	9.67E-04	4.10E-04	8.77E-04	1.46E-03	1.75E-03	9.59E-04	1.07E-03	8.57E-04

表 6.2-34　陆生生物外照射剂量率（μGy/h）

陆生生物 / 核素	两栖类	环节动物	节肢动物	鸟类	飞行昆虫	牧草	苔藓	小型哺乳类	爬行动物	灌木	树
Ag-110m	2.93E-06	2.97E-06	2.99E-06	1.16E-06	1.12E-06	1.10E-06	1.06E-06	2.80E-06	2.69E-06	1.04E-06	8.87E-07
Ba-137m	3.46E-09	3.50E-09	3.53E-09	1.53E-09	1.56E-09	1.30E-09	1.52E-09	3.28E-09	3.15E-09	1.23E-09	1.04E-09
Ba-140	4.65E-09	4.70E-09	4.73E-09	2.02E-09	1.70E-09	1.73E-09	1.51E-09	4.45E-09	4.29E-09	1.64E-09	1.41E-09
Br-83	1.79E-12	1.82E-12	1.84E-12	7.68E-13	8.29E-13	7.49E-13	7.49E-13	1.69E-12	1.62E-12	6.41E-13	5.28E-13
Br-84	4.39E-11	4.44E-11	4.47E-11	1.54E-11	1.15E-11	1.55E-11	1.55E-11	4.21E-11	4.06E-11	1.47E-11	1.27E-11
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	6.43E-11	6.51E-11	6.56E-11	2.78E-11	2.96E-11	3.09E-11	2.97E-11	6.13E-11	5.89E-11	2.92E-11	2.44E-11
Ce-143	4.80E-12	4.86E-12	4.90E-12	1.90E-12	1.99E-12	1.95E-12	1.95E-12	4.56E-12	4.37E-12	1.83E-12	1.54E-12
Ce-144	6.02E-10	6.09E-10	6.13E-10	2.58E-10	2.36E-10	2.43E-10	2.21E-10	5.75E-10	5.54E-10	2.30E-10	1.95E-10
Co-58	7.41E-07	7.51E-07	7.57E-07	3.44E-07	3.44E-07	2.80E-07	3.31E-07	7.06E-07	6.79E-07	2.64E-07	2.25E-07
Co-60	6.05E-06	6.12E-06	6.16E-06	2.39E-06	2.10E-06	2.26E-06	1.89E-06	5.80E-06	5.60E-06	2.13E-06	1.84E-06
Cr-51	2.83E-09	2.87E-09	2.89E-09	1.47E-09	1.57E-09	1.19E-09	1.57E-09	2.69E-09	2.59E-09	1.11E-09	9.45E-10
Cs-134	3.43E-04	3.47E-04	3.50E-04	1.41E-04	1.42E-04	1.29E-04	1.38E-04	3.26E-04	3.13E-04	1.22E-04	1.04E-04
Cs-136	5.86E-06	5.93E-06	5.97E-06	2.55E-06	2.48E-06	2.23E-06	2.36E-06	5.59E-06	5.39E-06	2.10E-06	1.80E-06
Cs-137	4.90E-04	4.97E-04	5.01E-04	2.17E-04	2.22E-04	1.85E-04	2.16E-04	4.66E-04	4.47E-04	1.75E-04	1.48E-04
Cs-138	3.46E-09	3.50E-09	3.52E-09	1.35E-09	1.13E-09	1.27E-09	1.27E-09	3.31E-09	3.20E-09	1.21E-09	1.04E-09
Fe-55	3.07E-10	3.20E-10	3.28E-10	4.44E-12	4.42E-11	4.03E-10	4.03E-10	2.58E-10	2.20E-10	2.90E-11	8.62E-15
Fe-59	2.46E-08	2.49E-08	2.50E-08	1.05E-08	9.38E-09	9.21E-09	9.21E-09	2.36E-08	2.27E-08	8.70E-09	7.49E-09
H-3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-129	1.87E-13	1.93E-13	1.96E-13	5.00E-14	7.96E-14	1.05E-13	8.06E-14	1.66E-13	1.49E-13	8.56E-14	4.82E-14
I-130	1.29E-09	1.31E-09	1.32E-09	5.29E-10	5.38E-10	4.90E-10	4.90E-10	1.23E-09	1.18E-09	4.64E-10	3.93E-10
I-131	8.20E-07	8.31E-07	8.37E-07	3.35E-07	3.52E-07	3.33E-07	3.49E-07	7.79E-07	7.48E-07	3.14E-07	2.66E-07
I-132	2.55E-08	2.58E-08	2.60E-08	9.89E-09	9.72E-09	9.58E-09	9.30E-09	2.43E-08	2.33E-08	9.07E-09	7.71E-09

I-133	8.73E-08	8.85E-08	8.91E-08	3.84E-08	3.93E-08	3.40E-08	3.84E-08	8.30E-08	7.96E-08	3.21E-08	2.70E-08
I-134	2.49E-09	2.52E-09	2.53E-09	1.01E-09	9.61E-10	9.34E-10	9.34E-10	2.37E-09	2.28E-09	8.83E-10	7.54E-10
I-135	4.88E-08	4.94E-08	4.97E-08	1.96E-08	1.74E-08	1.85E-08	1.85E-08	4.67E-08	4.51E-08	1.75E-08	1.50E-08
Kr-85	2.38E-02	0.00E+00	2.36E-02	2.43E-02	2.38E-02	0.00E+00	2.36E-02	2.33E-02	2.30E-02	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85m	7.23E-07	0.00E+00	7.37E-07	7.46E-07	7.35E-07	0.00E+00	7.37E-07	7.08E-07	6.98E-07	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	7.96E-07	0.00E+00	5.93E-07	8.49E-07	6.62E-07	0.00E+00	5.93E-07	8.11E-07	8.08E-07	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	1.53E-05	0.00E+00	1.03E-05	1.65E-05	1.20E-05	0.00E+00	1.03E-05	1.57E-05	1.57E-05	0.00E+00	0.00E+00
La-140	1.06E-10	1.08E-10	1.08E-10	4.62E-11	3.82E-11	3.95E-11	3.36E-11	1.02E-10	9.84E-11	3.75E-11	3.22E-11
Mn-54	1.02E-06	1.03E-06	1.04E-06	4.48E-07	4.43E-07	3.83E-07	4.24E-07	9.71E-07	9.34E-07	3.61E-07	3.08E-07
Mo-99	1.10E-08	1.12E-08	1.12E-08	4.43E-09	4.58E-09	4.63E-09	4.63E-09	1.05E-08	1.01E-08	4.38E-09	3.69E-09
Nb-95	1.05E-09	1.06E-09	1.07E-09	3.51E-10	3.52E-10	3.93E-10	3.40E-10	9.97E-10	9.57E-10	3.72E-10	3.16E-10
Pr-143	2.76E-18	2.79E-18	2.81E-18	9.83E-19	9.90E-19	1.04E-18	1.04E-18	2.62E-18	2.52E-18	9.79E-19	8.31E-19
Pr-144	3.01E-15	3.05E-15	3.07E-15	1.15E-15	9.49E-16	1.10E-15	1.10E-15	2.88E-15	2.78E-15	1.04E-15	8.94E-16
Rb-88	1.93E-09	1.95E-09	1.97E-09	7.02E-10	5.31E-10	6.98E-10	6.98E-10	1.85E-09	1.79E-09	6.63E-10	5.73E-10
Rb-89	2.58E-10	2.61E-10	2.63E-10	1.00E-10	8.43E-11	9.43E-11	9.43E-11	2.47E-10	2.39E-10	8.93E-11	7.70E-11
Rh-103m	1.24E-16	1.29E-16	1.32E-16	2.43E-17	8.33E-17	8.81E-17	8.81E-17	1.06E-16	9.21E-17	5.39E-17	1.51E-17
Rh-106	9.52E-15	9.65E-15	9.72E-15	3.93E-15	4.00E-15	3.64E-15	3.90E-15	9.06E-15	8.69E-15	3.45E-15	2.92E-15
Ru-103	7.10E-10	7.19E-10	7.25E-10	2.29E-10	2.39E-10	2.76E-10	2.36E-10	6.74E-10	6.46E-10	2.62E-10	2.20E-10
Ru-106	6.98E-09	7.08E-09	7.13E-09	2.89E-09	2.94E-09	2.67E-09	2.86E-09	6.64E-09	6.37E-09	2.53E-09	2.14E-09
Sb-124	6.72E-08	6.80E-08	6.84E-08	2.59E-08	2.23E-08	2.49E-08	2.01E-08	6.42E-08	6.19E-08	2.36E-08	2.02E-08
Sr-89	1.52E-12	1.54E-12	1.55E-12	5.74E-13	5.60E-13	5.70E-13	5.33E-13	1.45E-12	1.39E-12	5.38E-13	4.60E-13
Sr-90	1.61E-14	1.67E-14	1.71E-14	2.01E-15	7.56E-15	1.28E-14	8.23E-15	1.39E-14	1.21E-14	5.54E-15	1.15E-15
Sr-91	5.92E-11	6.00E-11	6.04E-11	2.46E-11	2.43E-11	2.24E-11	2.24E-11	5.64E-11	5.42E-11	2.12E-11	1.80E-11
Sr-92	5.98E-12	6.05E-12	6.09E-12	2.36E-12	2.03E-12	2.23E-12	2.23E-12	5.73E-12	5.53E-12	2.11E-12	1.82E-12
Tc-99m	3.39E-10	3.43E-10	3.46E-10	1.63E-10	1.73E-10	1.65E-10	1.65E-10	3.24E-10	3.12E-10	1.57E-10	1.31E-10
Te-127m	2.80E-10	2.86E-10	2.89E-10	1.11E-10	1.39E-10	1.32E-10	1.32E-10	2.59E-10	2.42E-10	1.15E-10	8.05E-11
Te-129	9.99E-13	1.01E-12	1.02E-12	3.83E-13	3.99E-13	3.96E-13	3.96E-13	9.49E-13	9.10E-13	3.72E-13	3.12E-13
Te-129m	1.51E-09	1.53E-09	1.54E-09	5.84E-10	6.10E-10	5.92E-10	5.97E-10	1.43E-09	1.37E-09	5.54E-10	4.60E-10

Te-131	4.96E-12	5.03E-12	5.06E-12	1.95E-12	2.01E-12	2.00E-12	2.00E-12	4.73E-12	4.54E-12	1.89E-12	1.60E-12
Te-131m	1.53E-09	1.55E-09	1.56E-09	5.85E-10	5.77E-10	5.90E-10	5.90E-10	1.46E-09	1.41E-09	5.58E-10	4.75E-10
Te-132	6.32E-08	6.41E-08	6.45E-08	2.47E-08	2.44E-08	2.41E-08	2.35E-08	6.02E-08	5.79E-08	2.28E-08	1.93E-08
Te-134	1.01E-10	1.02E-10	1.03E-10	4.03E-11	3.93E-11	3.82E-11	3.82E-11	9.60E-11	9.23E-11	3.61E-11	3.08E-11
Xe-131m	3.06E-05	0.00E+00	3.41E-05	2.80E-05	3.36E-05	0.00E+00	3.41E-05	2.62E-05	2.39E-05	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.12E-03	0.00E+00	1.18E-03	1.99E-03	2.12E-03	0.00E+00	1.18E-03	1.05E-03	1.01E-03	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	1.01E-05	0.00E+00	1.06E-05	5.56E-06	5.84E-06	0.00E+00	1.06E-05	9.36E-06	8.94E-06	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	9.65E-06	0.00E+00	9.77E-06	9.91E-06	9.76E-06	0.00E+00	9.77E-06	9.43E-06	9.31E-06	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	2.51E-07	0.00E+00	1.91E-07	2.66E-07	2.13E-07	0.00E+00	1.91E-07	2.54E-07	2.53E-07	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	1.72E-16	1.78E-16	1.82E-16	2.15E-17	8.05E-17	1.36E-16	8.76E-17	1.48E-16	1.29E-16	5.90E-17	1.23E-17
Y-91	8.52E-12	8.62E-12	8.67E-12	2.92E-12	2.68E-12	3.19E-12	3.19E-12	8.17E-12	7.89E-12	3.01E-12	2.60E-12
Y-91m	1.31E-12	1.33E-12	1.34E-12	5.33E-13	5.51E-13	5.04E-13	5.04E-13	1.25E-12	1.20E-12	4.78E-13	4.03E-13
Y-92	1.00E-12	1.02E-12	1.02E-12	3.76E-13	3.51E-13	3.77E-13	3.77E-13	9.60E-13	9.25E-13	3.57E-13	3.05E-13
Y-93	3.71E-13	3.75E-13	3.78E-13	1.40E-13	1.23E-13	1.40E-13	1.40E-13	3.55E-13	3.42E-13	1.33E-13	1.14E-13
Zn-65	1.71E-07	1.73E-07	1.74E-07	6.80E-08	6.37E-08	6.43E-08	5.93E-08	1.64E-07	1.58E-07	6.07E-08	5.21E-08
Zr-95	5.98E-09	6.06E-09	6.10E-09	2.07E-09	2.08E-09	2.25E-09	2.01E-09	5.69E-09	5.46E-09	2.12E-09	1.80E-09
合计	2.59E-02	8.62E-04	2.57E-02	2.67E-02	2.64E-02	3.21E-04	2.52E-02	2.52E-02	2.48E-02	3.04E-04	2.57E-04

表 6.2-35　陆生生物总辐射剂量率（μGy/h）

陆生生物 / 核素	两栖类	环节动物	节肢动物	鸟类	飞行昆虫	牧草	苔藓	小型哺乳类	爬行动物	灌木	树
Ag-110m	2.95E-06	3.00E-06	3.01E-06	1.20E-06	1.13E-06	2.24E-06	1.06E-06	2.81E-06	2.72E-06	1.04E-06	1.34E-06
Ba-137m	3.55E-09	3.58E-09	3.60E-09	2.38E-08	1.65E-09	1.86E-09	1.77E-09	6.84E-09	8.17E-09	6.44E-09	5.73E-09
Ba-140	4.66E-09	4.71E-09	4.74E-09	4.08E-09	1.71E-09	1.78E-09	1.55E-09	4.82E-09	4.84E-09	2.10E-09	1.59E-09
Br-83	1.79E-12	1.82E-12	1.84E-12	7.68E-13	8.29E-13	7.49E-13	7.49E-13	1.69E-12	1.62E-12	6.41E-13	5.28E-13
Br-84	4.39E-11	4.44E-11	4.47E-11	1.54E-11	1.15E-11	1.55E-11	1.55E-11	4.21E-11	4.06E-11	1.47E-11	1.27E-11
C-14	5.43E-04	1.74E-04	1.72E-04	5.44E-04	1.73E-04	3.60E-04	3.57E-04	5.44E-04	5.44E-04	3.60E-04	5.28E-04
Ce-141	6.43E-11	6.75E-11	6.78E-11	3.29E-11	2.99E-11	3.31E-11	3.14E-11	6.15E-11	6.38E-11	3.08E-11	2.47E-11
Ce-143	4.80E-12	5.15E-12	5.14E-12	2.55E-12	2.02E-12	2.13E-12	2.13E-12	4.59E-12	5.00E-12	1.96E-12	1.57E-12
Ce-144	6.05E-10	8.82E-10	7.66E-10	9.83E-10	2.63E-10	4.20E-10	3.31E-10	6.07E-10	1.23E-09	3.56E-10	2.24E-10
Co-58	7.42E-07	7.60E-07	7.64E-07	3.44E-07	3.46E-07	2.81E-07	3.33E-07	7.11E-07	6.80E-07	2.65E-07	2.38E-07
Co-60	6.05E-06	6.21E-06	6.23E-06	2.40E-06	2.12E-06	2.26E-06	1.91E-06	5.84E-06	5.61E-06	2.14E-06	1.95E-06
Cr-51	2.83E-09	2.89E-09	2.91E-09	1.49E-09	1.57E-09	1.22E-09	1.60E-09	2.70E-09	2.60E-09	1.12E-09	9.73E-10
Cs-134	3.66E-04	3.49E-04	3.54E-04	1.90E-04	1.47E-04	1.79E-04	2.71E-04	5.24E-04	3.53E-04	2.01E-04	1.42E-04
Cs-136	5.96E-06	5.94E-06	5.99E-06	2.77E-06	2.50E-06	2.57E-06	2.89E-06	6.47E-06	5.56E-06	2.66E-06	2.15E-06
Cs-137	6.05E-04	5.07E-04	5.27E-04	3.88E-04	2.50E-04	4.47E-04	9.80E-04	1.27E-03	6.17E-04	5.97E-04	2.33E-04
Cs-138	4.31E-09	3.56E-09	3.62E-09	2.69E-09	1.27E-09	2.87E-09	3.90E-09	9.61E-09	4.48E-09	3.78E-09	1.65E-09
Fe-55	3.07E-10	3.20E-10	3.28E-10	4.44E-12	4.42E-11	4.03E-10	4.03E-10	2.58E-10	2.20E-10	2.77E-09	6.85E-11
Fe-59	2.46E-08	2.49E-08	2.50E-08	1.05E-08	9.38E-09	9.21E-09	9.21E-09	2.36E-08	2.27E-08	8.89E-09	7.52E-09
H-3	2.03E-04	2.03E-04	2.03E-04	2.03E-04	2.03E-04	2.04E-04	2.03E-04	2.03E-04	2.03E-04	2.04E-04	2.04E-04
I-129	2.01E-13	6.97E-13	9.54E-13	6.67E-14	4.54E-13	2.78E-13	9.94E-14	1.82E-13	1.65E-13	1.07E-13	1.37E-13
I-130	1.29E-09	1.34E-09	1.36E-09	5.31E-10	5.64E-10	5.03E-10	4.91E-10	1.23E-09	1.18E-09	4.65E-10	4.19E-10
I-131	8.20E-07	8.50E-07	8.64E-07	3.35E-07	3.66E-07	3.47E-07	3.50E-07	7.80E-07	7.49E-07	3.16E-07	2.79E-07
I-132	2.55E-08	2.58E-08	2.60E-08	9.89E-09	9.72E-09	9.59E-09	9.30E-09	2.43E-08	2.33E-08	9.07E-09	7.71E-09

I-133	8.73E-08	8.89E-08	8.97E-08	3.84E-08	3.96E-08	3.44E-08	3.84E-08	8.30E-08	7.96E-08	3.21E-08	2.74E-08
I-134	2.49E-09	2.63E-09	2.65E-09	1.01E-09	1.03E-09	9.70E-10	9.37E-10	2.38E-09	2.29E-09	8.87E-10	8.09E-10
I-135	4.89E-08	5.31E-08	5.45E-08	1.98E-08	2.00E-08	1.97E-08	1.86E-08	4.69E-08	4.52E-08	1.76E-08	1.63E-08
Kr-85	2.38E-02	0.00E+00	2.36E-02	2.43E-02	2.38E-02	0.00E+00	2.36E-02	2.33E-02	2.30E-02	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85m	7.23E-07	0.00E+00	7.37E-07	7.46E-07	7.35E-07	0.00E+00	7.37E-07	7.08E-07	6.98E-07	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	7.96E-07	0.00E+00	5.93E-07	8.49E-07	6.62E-07	0.00E+00	5.93E-07	8.11E-07	8.08E-07	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	1.53E-05	0.00E+00	1.03E-05	1.65E-05	1.20E-05	0.00E+00	1.03E-05	1.57E-05	1.57E-05	0.00E+00	0.00E+00
La-140	1.06E-10	1.08E-10	1.08E-10	4.62E-11	3.82E-11	3.96E-11	3.36E-11	1.02E-10	9.84E-11	3.75E-11	3.23E-11
Mn-54	1.02E-06	1.03E-06	1.06E-06	4.49E-07	4.72E-07	4.30E-07	4.37E-07	9.73E-07	9.35E-07	5.18E-07	1.02E-06
Mo-99	1.10E-08	1.12E-08	1.12E-08	4.43E-09	4.58E-09	4.63E-09	4.63E-09	1.05E-08	1.01E-08	4.38E-09	3.69E-09
Nb-95	1.05E-09	1.07E-09	1.07E-09	3.60E-10	3.52E-10	3.94E-10	3.41E-10	1.00E-09	9.63E-10	3.72E-10	3.21E-10
Pr-143	2.76E-18	2.79E-18	2.81E-18	9.83E-19	9.90E-19	1.04E-18	1.04E-18	2.62E-18	2.52E-18	9.79E-19	8.31E-19
Pr-144	3.01E-15	3.05E-15	3.07E-15	1.15E-15	9.49E-16	1.10E-15	1.10E-15	2.88E-15	2.78E-15	1.04E-15	8.94E-16
Rb-88	1.93E-09	1.95E-09	1.97E-09	7.02E-10	5.31E-10	6.98E-10	6.98E-10	1.85E-09	1.79E-09	6.63E-10	5.73E-10
Rb-89	2.58E-10	2.61E-10	2.63E-10	1.00E-10	8.43E-11	9.43E-11	9.43E-11	2.47E-10	2.39E-10	8.93E-11	7.70E-11
Rh-103m	5.65E-14	8.33E-14	8.27E-14	5.71E-14	8.29E-14	3.12E-13	1.29E-14	5.70E-14	5.69E-14	8.56E-14	8.80E-14
Rh-106	1.52E-12	1.79E-12	8.52E-13	1.75E-12	1.25E-12	1.87E-11	1.19E-13	1.68E-12	1.59E-12	5.14E-12	8.89E-12
Ru-103	7.24E-10	1.19E-09	1.16E-09	2.49E-10	2.40E-10	3.37E-10	3.03E-10	6.91E-10	6.62E-10	3.22E-10	4.27E-10
Ru-106	1.19E-08	1.52E-07	7.73E-08	8.61E-09	3.08E-09	1.58E-08	1.25E-08	1.21E-08	1.16E-08	1.57E-08	2.48E-08
Sb-124	7.23E-08	8.66E-08	8.16E-08	3.43E-08	2.25E-08	2.54E-08	2.19E-08	6.49E-08	6.86E-08	2.38E-08	2.89E-08
Sr-89	6.42E-09	3.72E-10	1.35E-09	7.54E-09	1.16E-09	5.26E-09	1.94E-08	1.04E-08	7.81E-09	1.64E-09	6.74E-09
Sr-90	7.80E-08	4.36E-09	1.42E-08	9.36E-08	1.27E-08	4.60E-08	2.04E-07	1.28E-07	9.48E-08	1.43E-08	6.34E-08
Sr-91	1.34E-10	6.42E-11	7.48E-11	1.21E-10	3.69E-11	6.67E-11	2.28E-10	1.83E-10	1.48E-10	3.50E-11	1.01E-10
Sr-92	1.19E-11	6.35E-12	6.87E-12	1.05E-11	2.79E-12	5.25E-12	1.33E-11	1.63E-11	1.32E-11	3.05E-12	9.09E-12
Tc-99m	3.81E-10	7.93E-10	7.60E-10	1.93E-10	6.01E-10	1.83E-09	1.69E-09	3.76E-10	3.62E-10	1.58E-10	1.37E-10
Te-127m	8.51E-09	4.11E-08	3.86E-08	8.54E-09	2.69E-09	4.81E-10	7.07E-10	8.62E-09	3.76E-09	1.94E-10	5.05E-10
Te-129	7.39E-12	3.11E-11	2.47E-11	7.13E-12	2.15E-12	6.51E-13	7.38E-13	7.58E-12	3.67E-12	4.30E-13	6.65E-13
Te-129m	6.38E-09	2.45E-08	1.98E-08	5.74E-09	1.95E-09	8.76E-10	8.62E-10	6.49E-09	3.47E-09	6.18E-10	8.54E-10

Te-131	9.08E-12	2.39E-11	1.91E-11	6.66E-12	3.07E-12	2.16E-12	2.20E-12	9.18E-12	6.36E-12	1.93E-12	1.92E-12
Te-131m	1.88E-09	3.11E-09	2.85E-09	1.05E-09	6.68E-10	6.03E-10	6.09E-10	1.87E-09	1.57E-09	5.61E-10	5.20E-10
Te-132	6.44E-08	6.93E-08	6.86E-08	2.64E-08	2.47E-08	2.42E-08	2.35E-08	6.17E-08	5.85E-08	2.28E-08	1.98E-08
Te-134	1.19E-10	1.83E-10	1.65E-10	6.67E-11	4.39E-11	3.89E-11	3.91E-11	1.18E-10	1.01E-10	3.62E-11	3.35E-11
Xe-131m	3.06E-05	0.00E+00	3.41E-05	2.80E-05	3.36E-05	0.00E+00	3.41E-05	2.62E-05	2.39E-05	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.12E-03	0.00E+00	1.18E-03	1.99E-03	2.12E-03	0.00E+00	1.18E-03	1.05E-03	1.01E-03	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	1.01E-05	0.00E+00	1.06E-05	5.56E-06	5.84E-06	0.00E+00	1.06E-05	9.36E-06	8.94E-06	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	9.65E-06	0.00E+00	9.77E-06	9.91E-06	9.76E-06	0.00E+00	9.77E-06	9.43E-06	9.31E-06	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	2.51E-07	0.00E+00	1.91E-07	2.66E-07	2.13E-07	0.00E+00	1.91E-07	2.54E-07	2.53E-07	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	2.95E-13	8.56E-11	5.06E-11	1.63E-12	2.80E-12	2.26E-11	1.24E-10	1.31E-12	1.53E-12	2.16E-11	4.36E-11
Y-91	8.62E-12	3.76E-11	3.00E-11	3.42E-12	3.74E-12	6.21E-12	5.65E-11	8.58E-12	8.38E-12	5.91E-12	7.80E-12
Y-91m	1.31E-12	1.36E-12	1.36E-12	5.33E-13	5.52E-13	5.07E-13	5.54E-13	1.25E-12	1.20E-12	4.80E-13	4.10E-13
Y-92	1.01E-12	1.09E-12	1.06E-12	3.77E-13	3.53E-13	3.85E-13	4.63E-13	9.62E-13	9.27E-13	3.64E-13	3.25E-13
Y-93	3.71E-13	4.43E-13	4.13E-13	1.41E-13	1.25E-13	1.47E-13	2.26E-13	3.56E-13	3.43E-13	1.39E-13	1.29E-13
Zn-65	1.79E-07	2.07E-07	1.83E-07	1.06E-07	7.16E-08	6.72E-08	6.34E-08	2.22E-07	1.70E-07	6.82E-08	9.17E-08
Zr-95	5.98E-09	6.06E-09	6.11E-09	2.28E-09	2.08E-09	2.27E-09	2.06E-09	5.69E-09	5.62E-09	2.13E-09	1.83E-09
合计	2.67E-02	1.25E-03	2.61E-02	2.76E-02	2.68E-02	1.20E-03	2.66E-02	2.70E-02	2.58E-02	1.37E-03	1.11E-03

表 6.2-36　陆生生物危害商

陆生生物名称	代表性生物	危害商
两栖类	斑腿泛树蛙	2.67E-03
环节动物	蚯蚓	1.25E-04
节肢动物	马陆	2.61E-03
鸟类	白鹭	2.76E-03
飞行昆虫	玉带凤蝶	2.68E-03
牧草	白茅	1.20E-04
苔藓	地钱	2.66E-03
小型哺乳类	褐家鼠	2.70E-03
爬行动物	变色树蜥	2.58E-03
灌木	桃金娘	1.37E-04
树	马尾松	1.11E-04

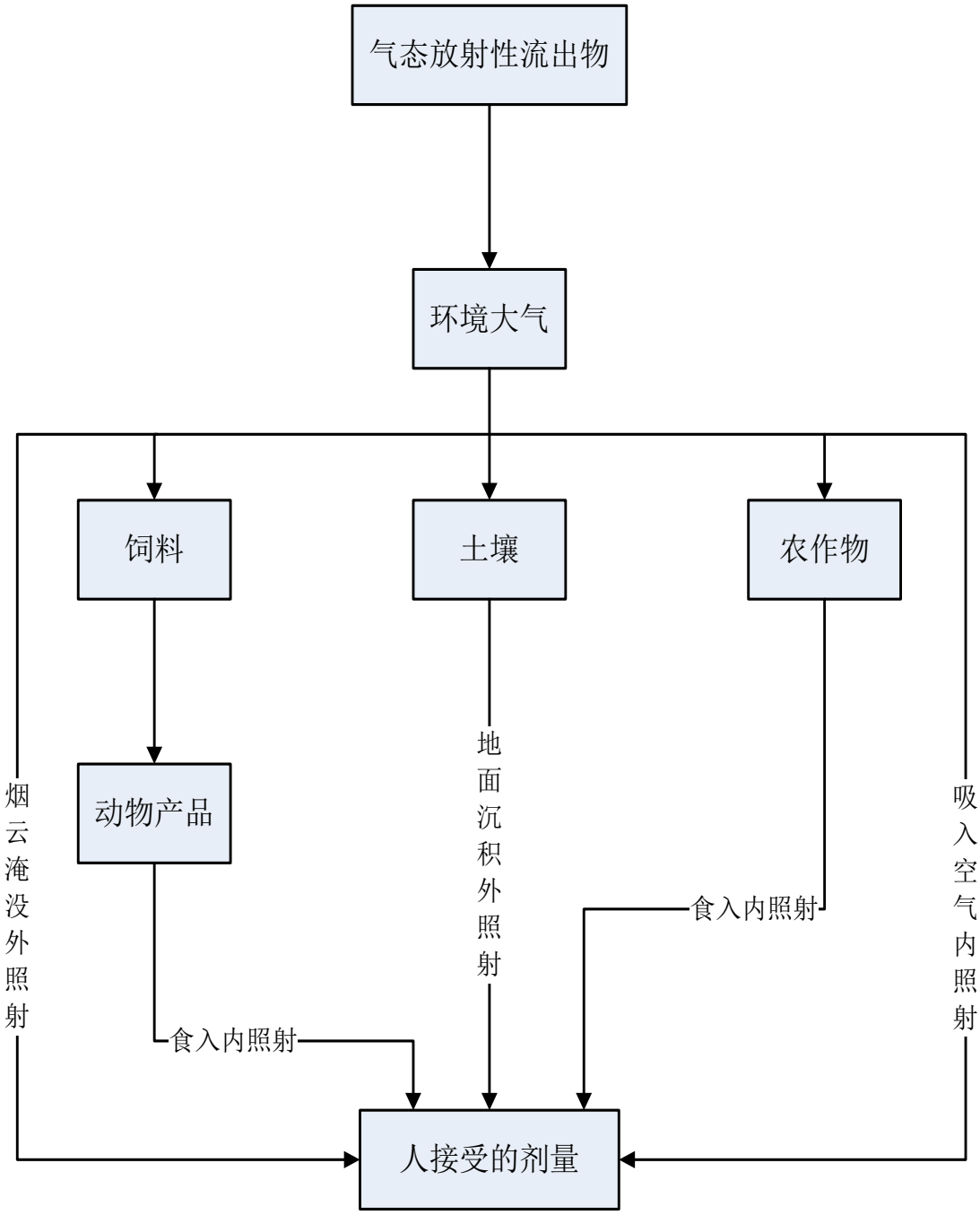


图 6.2-1　正常运行气态流出物对人体的照射途径

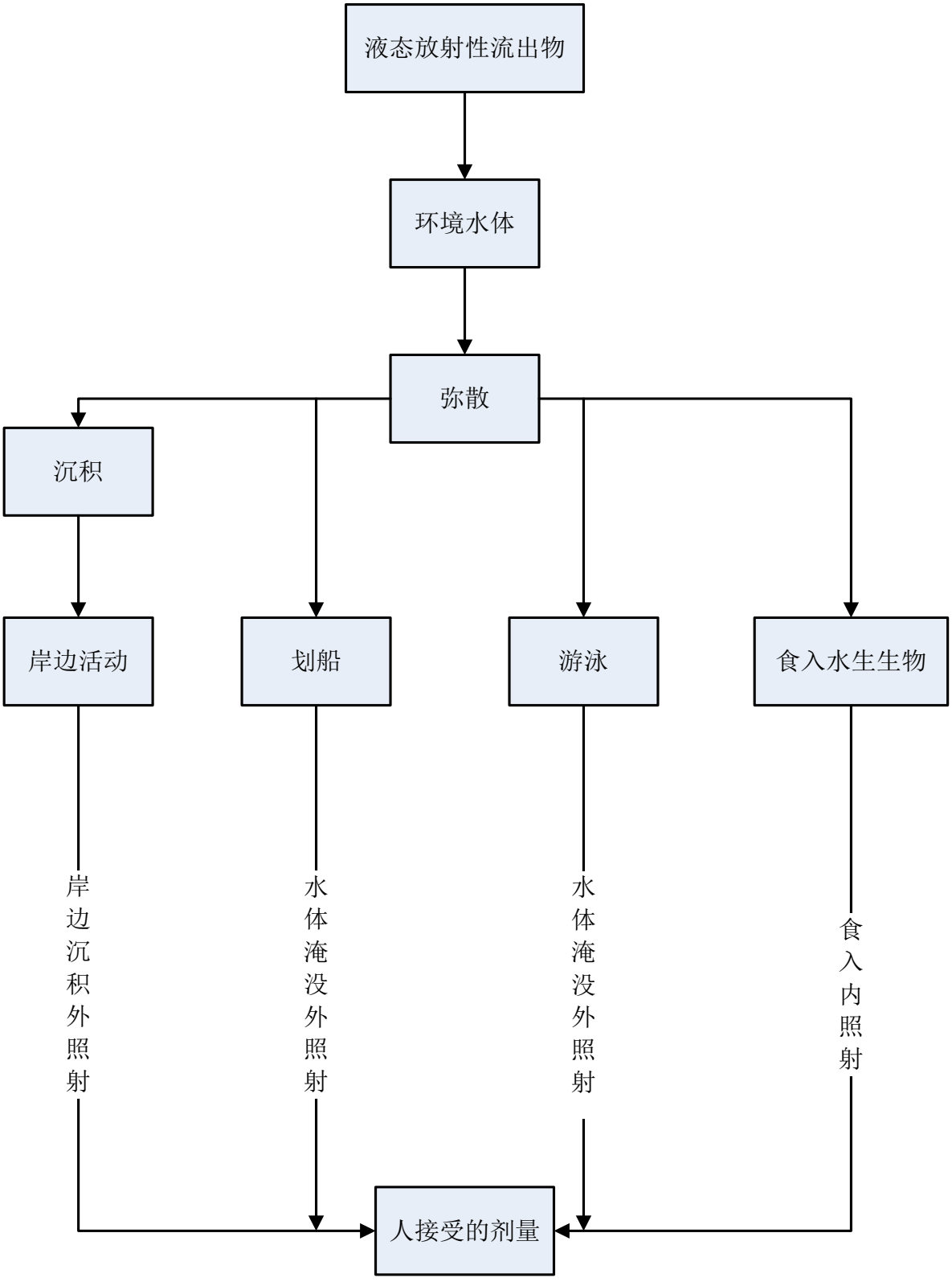


图 6.2-2　正常运行液态流出物对人体的照射途径

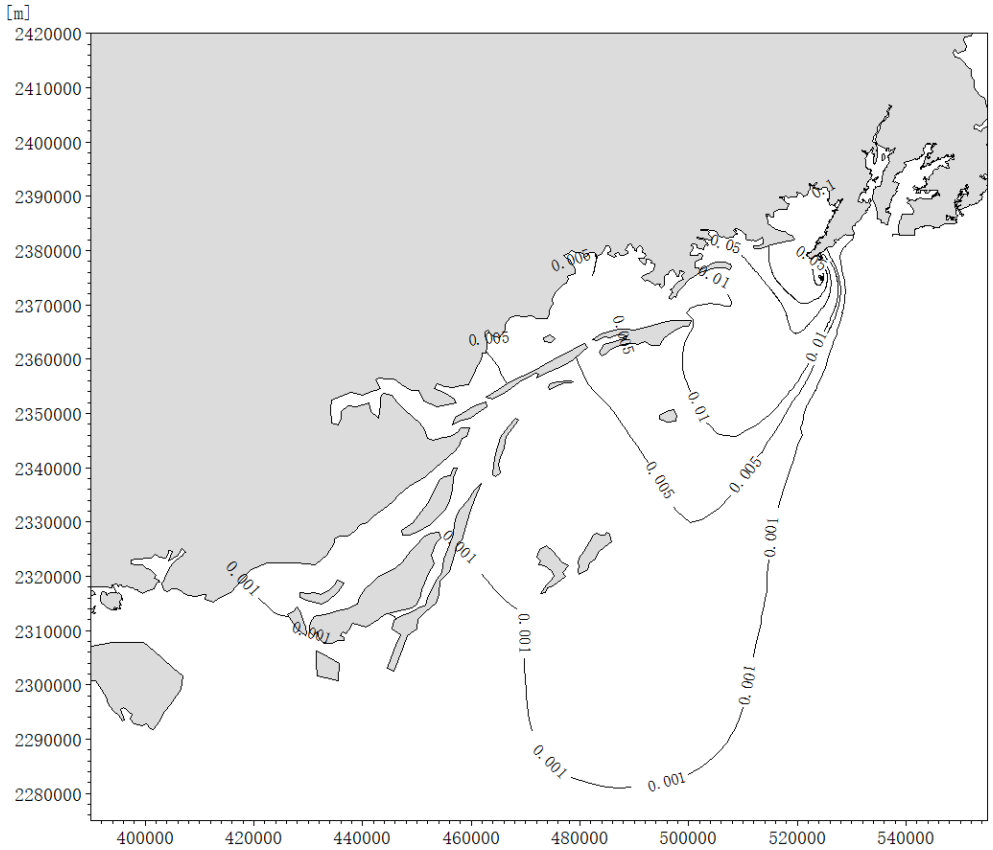


图 6.2-3a　夏季半月潮平均相对浓度包络范围（2 台机组、不衰变）

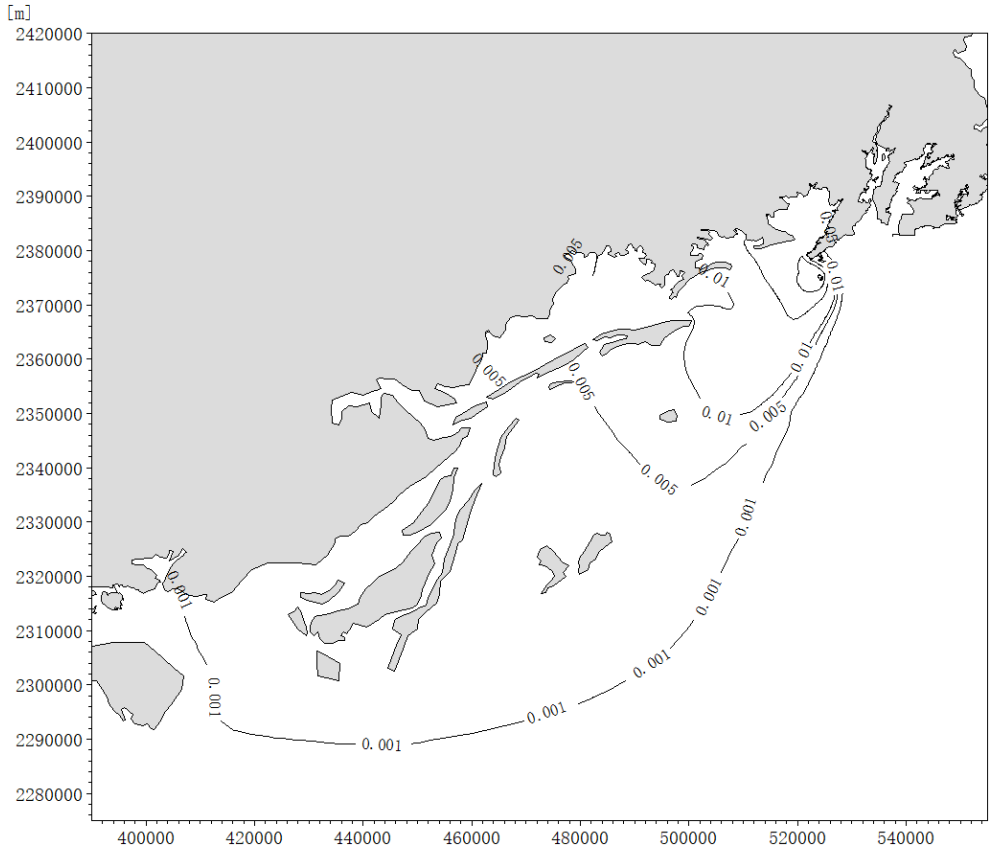


图 6.2-3b　冬季半月潮平均相对浓度包络范围（2 台机组、不衰变）

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

本工程运行对环境的其它影响主要是化学物质排放引起的影响。

本工程排放的化学物质来自下列工艺过程产生的废水中：

- 除盐水处理系统；
- 凝结水精处理系统；
- 化学加药供给系统；
- 循环水加药处理；
- 非放射性废水；
- 硼酸排放。

各系统中化学物质使用情况、处理、排放情况参见 4.7.1 节。本工程考虑设计氨氮等处理工艺，确保化学生产废水达标排放。对于氨氮废水考虑在全厂设置一套集中废水处理系统，用于处理系统中的高氨氮废水。

1）除盐水处理系统

该系统排放废水主要包含三股，一是反渗透浓水，废水量约为 25t/h，总含盐量<500mg/L，该水通过排入虹吸井经循环水稀释后入海，最终排水含盐量（<0.055mg/L）低于海水含盐量；二是过滤器排水，废水量约为 18.5t/h，主要为悬浮物浓度较高，该水经水处理厂处理后回收利用；三是酸碱性废水，废水量约 1.5t/h，该水收集到除盐水处理系统废水中和池就地中和处理至 pH 为 6-9，排放化学物质主要为 NaCl，总含盐量小于 10000mg/L，然后排入虹吸井随循环水排入海，最终排水含盐量（<0.065mg/L）低于海水含盐量；上述排水不会影响海水质量。《海水水质标准》（GB3097-1997）中也没有含盐量的控制指标。

2）凝结水精处理系统

本工程中凝结水精处理系统每台机组设置 1 套，采用“前置阳床+混床”的处理工艺。系统采用 30%盐酸和 30%氢氧化钠再生失效树脂。

凝结水精处理系统排放的废水主要为酸碱性废水，凝结水精处理系统的酸碱用量与机组运行时二回路水质相关，当水质合格时，精处理系统不运行，无酸碱用量。该废水量约 33t/h（按 CPS 连续运行计）。其废水均收集在精处理中和池中进行中和处理，将 pH 值调至 6~9 后，排至非放射性废水处理系统（WWS）经监测合格后随循环水排入大海。排放化学物质主要为 NaCl 和 NH_4Cl，总含盐量

小于 10000mg/L，NH_4Cl 浓度小于 5000mg/L。最终排水含盐量（<1.44mg/L）低于海水含盐量，上述排水不会影响海水质量。本工程考虑设计氨氮等处理工艺，确保化学生产废水达标排放。

3）化学药剂供给

化学药剂供给系统排放的废水主要为含 NH_3 或 N_2H_4 的废水，两台核电机组的年排放量约为 1t，其废水排至凝结水精处理系统的废水池，经监测箱收集后监测排放。本工程考虑设计氨氮等处理工艺，确保化学生产废水达标排放。

4）循环水加药处理

为保护循环冷却水系统不受海洋附着生物的堵塞，本工程在冷却水中注入次氯酸钠。次氯酸钠由电解海水制氯系统生产。次氯化物的注入，会在海水中产生下列产物：

— 次氯化物与海水中的溴盐作用，产生次溴化物离子；

— 在海水中产生少量游离溴或游离氯；

— 次溴化物或次氯化物与海洋中的含氮有机化合物作用，产生化合态的氧化物，从而造成低值氧化剂残留量。

根据法国格拉芙林核电站的研究结果，余氯浓度为 0.05mg/L 时，藻类的初生组织就开始受到影响。但参考目前国内运行核电厂的运行情况，余氯随循环冷却水系统的冷却水排入水环境前，水体中余氯的浓度经降解（半减期 1.5h）一般均可降至 0.15mg/L 以下。本工程将根据厂址附近海域的实际污损生物量尽可能减少加氯量，尽可能降低排水口处的余氯浓度。

关于余氯对水生生物的影响，曾江宁等人（曾江宁等，余氯对水生生物的影响，生态学报，2005（10）：2717-2724）对余氯造成水生生物的损伤开展了一定的研究，研究发现余氯对浮游植物的损害较大，0.2mg/L 的氯可以直接杀死水中 60~80%的藻类；0.1mg/L 的余氯会使浮游植物光合作用下降 50%；当余氯稀释到 0.03mg/L 以下时，水中初级生产力可完全恢复。浮游动物对余氯较敏感，48h 的半致死浓度乘以安全因子 0.5 可确定余氯的安全浓度。25℃时余氯对海水中浮游动物 96h 的半致死浓度（LC_{50}）为 0.062~0.267mg/L。张穗等人（张穗等，大亚湾核电站余氯排放对邻近海域环境的影响，海洋环境科学，2000（2）：14-18）则选择若干养殖经济动物进行了余氯毒性胁迫试验。以 0.5 为安全因子，余氯胁迫作用时间不超过 30min 时，游离余氯对平鲷、黑鲷仔鱼的安全容许浓度约为

0.10mg/L，对斑节对虾幼苗为 0.86mg/L；余氯胁迫作用不超过 60min 时，化合态余氯对平鲷、黑鲷仔鱼的安全容许浓度约为 0.30mg/L，对斑节对虾幼苗约为 2.86mg/L。

根据数值模拟计算报告，余氯同温排水一起排放，计算条件同温排水，排放口浓度保守考虑为 0.2mg/L，其半减期仅为 1.5h，浓度在水域中的衰减很快，影响范围较小。表 6.3-1 为余氯全潮最大浓度等值线包络面积。本工程 2 台核电机组排放的余氯浓度小于 0.01mg/L 对应的夏季和冬季半月潮最大包络面积约为 5.60km^2 和 4.59km^2，两台核电机组排放的余氯相对浓度在附近海域中夏季和冬季半月潮最大包络范围见图 6.3-1。由图可见，本工程两台核电机组余氯排放的影响范围主要位于排水口附近，不会对厂址附近海洋生态环境造成不良影响。

5）液体放射性废物处理的化学废水

此类废水的化学成分由两部分组成：

— 工艺水中少量化学添加剂。按照运行规程的要求，这些化学物质的浓度通常很低，不会厂址附近海域水体质量产生明显影响。

— 放射性核素。放射性核素的辐射影响已在 6.2 节中进行了分析，由于这些核素浓度甚微，因此这些核素对厂址附近海域的化学影响比起辐射影响可以忽略不计。

6）硼酸排放

本工程 CAP1000 核电机组不设置硼回收系统。由于调硼动作造成的化学和容积控制系统（CVS）下泄流以及泄漏出的反应堆冷却剂中的硼进入放射性废液系统（WLS），并最终随放射性废液一起与循环冷却水混合后排入大海。

由于《污水综合排放标准》（GB8978-1996）未对硼排放的浓度制定限值，因此本报告参考《上海市污水综合排放标准》（DB31/199-2018），该标准规定总排放口的硼排放限值为 2ppm。

两台 CAP1000 机组每年向海水排放的硼质量约为 4t（见本报告 4.7 节），两台 CAP1000 核电机组冬季冷却水流量为 127.2m^3/s。经计算，白龙核电厂循环冷却水入海口处硼的浓度最大仅为 1.02×10^{-2}ppm，远小于《上海市污水综合排放标准》（DB31/199-2018）规定的硼排放限值 2ppm，也远小于海水本身含硼量 4~7ppm，因此不会对厂址附近海域的水质产生影响。

6.3.2　其它污染物的环境影响

1）废污水排放

本工程生产废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996），经处理后达标排放。

本工程产生的生活污水由污水管网收集至生活污水处理设施进行处理后回用。初步考虑采用生物接触氧化法工艺，处理工艺流程如下：

生活污水→格栅井→生活污水调节池→生活污水处理装置→中间水池→过滤器→中间水池→回用

回用水质执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）标准，回用水主要用于厂区绿化和道路冲洗。

2）固体废弃物

本工程运行期间产生的超过放射性物质豁免活度的固体废物均按放射性废物做专门处理。

本工程运行期间产生的生活垃圾收集处理。生活垃圾的来源主要为办公楼生活垃圾和食堂废物，现场设有垃圾中转站来临时储存，由市政环卫定期清理。

本项目一般工业固体废物将收集并在一般固体废物库进行贮存，不会对周围环境产生不良影响。一般工业固废贮存设施必须满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中的相关规定：贮存设施基础必须防渗；贮存设施内一般工业固废单独收集贮存，禁止危险废物和生活垃圾混入。

本工程运行期间产生的危险废物主要包括废油、废油漆、废涂料、非放废树脂等，危险废物收集后临时贮存在危险废物贮存设施中，定期委托有资质的单位外运处置。危险废物贮存设施布置在非放危险废物库。危险废物库目前完成了初步设计，后续将开展施工设计，其设计及建造按照 GB18597-2023 的相关规定开展，其中包括：危险废物贮存于专用仓库内；各类危险废物分类存放并置于符合规定的容器内；仓库内加装排风机以保持仓库内通风良好，以减少挥发出的有害气体积聚；地面根据各个仓库性质，采用防腐蚀、防渗、防发火的不同面层做法。

3）噪声的环境影响

本工程主要噪声来自核岛主厂房和常规岛厂房，主要噪声源为各类泵、阀、风机、汽轮机、发电机等，大部分位于厂房内。噪声的主要控制措施是从设备噪声源强度上进行控制，设计中尽量选用低噪声设备，从根本上减少噪声的产生。对某些无法从声源上实现噪声控制的高噪声设备，采取加设吸声、隔声、消声装

置，从传播途径上进行控制。通过上述措施，确保厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准。厂址周边最近居民点横港位于厂址 NNW 方位约 1.3km 处，离厂址较远，本项目噪声不会对周边居民点产生影响。

4）电磁的环境影响

厂址 500kV 开关站与第一级塔之间多为电厂内部，周围无办公、居住等长期停留的人员，无敏感点。

采用类比分析方法，类比分析的变电站选为 500kV 常熟变电站。500kV 常熟变电站地处常熟市区西南部与无锡市的交界处，距常熟市区约 14km，属辛庄镇管辖。变电站周边为河道、鱼塘、农田，西侧约 1km 为苏虞张公路，进站道路由站址北面的沈张线县道引接，长度约 700m。

500kV 配电装置布置在场区的中部，500kV 线路往东、西出线；220kV 配电装置分别布置在南北两侧，南侧的 220kV 向南出线，35kV 配电装置居中；北侧的 220kV 东、西向出线，与 35kV 配电装置一道，位于 500kV 配电装置北侧。站前区布置于站区南部西侧，主控通信楼在站内主干道西侧，其它建构筑物根据各专业工艺的需要，分散布置在所内道路的两侧。500kV 常熟变电站主要设备距围墙距离参见表 6.3-2。

500kV 常熟变电站一期工程分为北站和南站 2 个部分，共建 3 台主变，2010 年 12 月北站已建成 2 台 1000MVA 主变（2#、3#主变），2011 年 6 月南站已建成 1 台 1000MVA 主变（5#主变）。二期工程正在北站建设 1#主变（1 组 1000MVA 单相自耦无励磁调压变压器）。江苏省辐射环境监测站于 2011 年 7 月对 500kV 常熟变电站及周边居民点的工频电场强度、工频磁感应强度、无线电干扰和噪声监测，监测结果参见表 6.3-3。

500kV 常熟变电站厂界（包含变电站 500kV 出线和 220kV 出线）工频电场强度范围为 0.041~0.766kV/m，工频磁感应强度在 0.00116~0.012mT。

本项目 500kV 和 220kV 配电装置拟采用 SF_6 绝缘全封闭组合电器（GIS），室内安装。核电厂 500kV 和 220kV 开关站位置在厂区的西北侧，出线向北。主变压器及其厂用备用变压器布置在汽轮机厂房附近。由于采用 GIS 配电装置，电磁场得到有效屏蔽。且本项目变压器区域位于厂区中间汽机厂房附近，离厂区边界较远，对厂区边界的电磁场影响较小。

根据 500kV 常熟变电站厂界工频电磁场监测值，可以推论本工程电磁影响可以满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中规定的限值要求（对于 0.05kHz 频率，公众曝露限值分别为 4000V/m 和 100μT）。

表 6.3-1　余氯平面浓度等值线包络面积（km^2）

半衰期	排放浓度（mg/L）	装机容量	季节	潮型	全潮最大浓度（mg/L）对应包络面积（km^2）			
					0.01	0.02	0.05	0.1
Cl	0.2	2×CAP1000	夏季	半月潮	5.6	2.88	0.85	0.21
				典型大潮	4.45	2.12	0.59	0.15
				典型中潮	4.22	2.15	0.64	0.17
				典型小潮	2.96	1.73	0.63	0.17
			冬季	半月潮	4.59	2.11	0.63	0.15
				典型大潮	4.16	1.84	0.45	0.09
				典型中潮	3.36	1.38	0.35	0.09
				典型小潮	1.78	1.13	0.43	0.11

表 6.3-2　类比变电站主要设备距围墙距离

主要设备名称	距围墙最近距离（m）
主变压器	28
低压电抗器	8.3
低压电容器	31
500kV 户外 AIS 配电装置	18
220kV 户外 GIS 配电装置	12.5

表 6.3-3　类比变电站工频电场、工频磁感应强度监测结果

测点编号	监测点位置描述	工频电场（kV/m）	工频磁感应强度（mT）
1	东侧围墙外 5m 北端	1.27×10^{-1}	2.80×10^{-4}
2	东侧围墙外 5m 北端偏南（有 500kV 出线）	2.30×10^{-1}	5.84×10^{-4}
3	东侧围墙外 5m 中端（有 500kV 出线）	2.04×10^{-1}	1.16×10^{-3}
4	东侧围墙外 5m 南端偏北（有 500kV 出线）	1.48×10^{-1}	1.91×10^{-4}
5	东侧围墙外 5m 南端	2.48×10^{-1}	1.75×10^{-4}
6	南侧围墙外 5m 东端	5.47×10^{-2}	1.73×10^{-4}
7	南侧围墙外 5m 中端（有 220kV 出线）	1.33×10^{-1}	1.68×10^{-4}
8	南侧围墙外 5m 西端	4.09×10^{-2}	2.68×10^{-4}
9	西侧围墙外 5m 南端	8.80×10^{-2}	2.13×10^{-4}
10	西侧围墙外 5m 中端（有 500kV 出线）	1.88×10^{-1}	5.21×10^{-4}
11	西侧围墙外 5m，进站道路上	2.53×10^{-1}	7.18×10^{-4}
12	西侧围墙外 5m 北端	2.83×10^{-1}	2.07×10^{-4}
13	北侧围墙外 5m 西端	2.08×10^{-1}	1.20×10^{-4}
14	北侧围墙外 5m 中端（有 220kV 出线）	6.22×10^{-1}	4.71×10^{-4}
15	北侧围墙外 5m 东端	7.66×10^{-1}	2.78×10^{-4}
标准		**4**	**0.1**

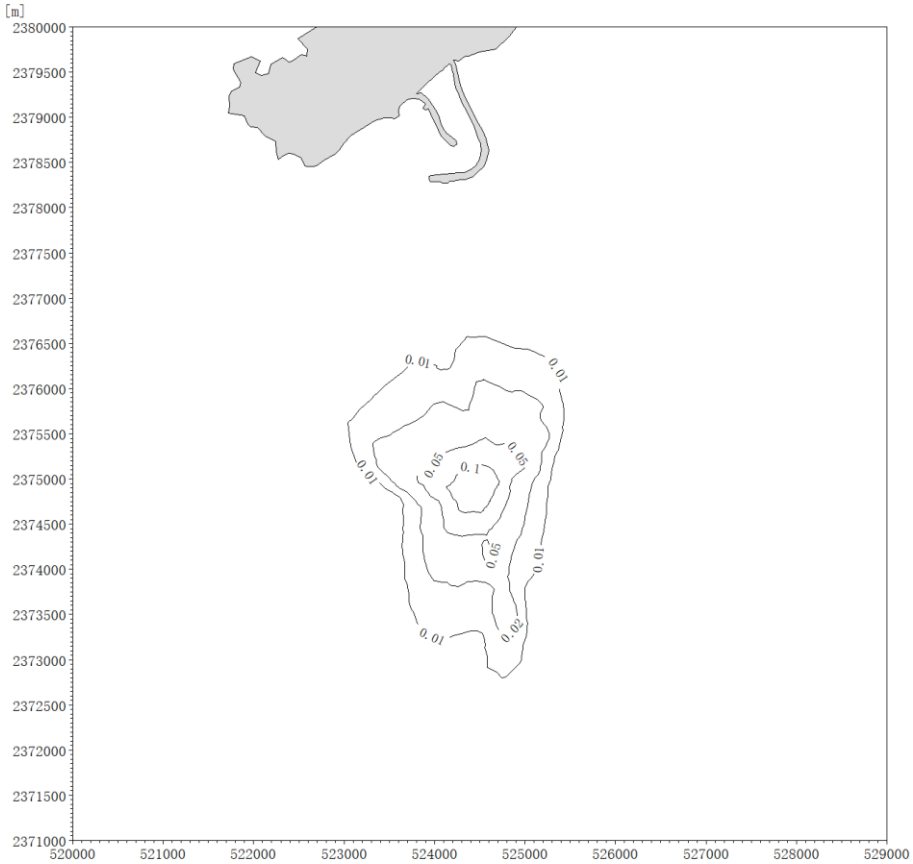


图 6.3-1a　夏季半月潮余氯浓度最大包络范围（2 台机组、排放浓度 0.2mg/L）

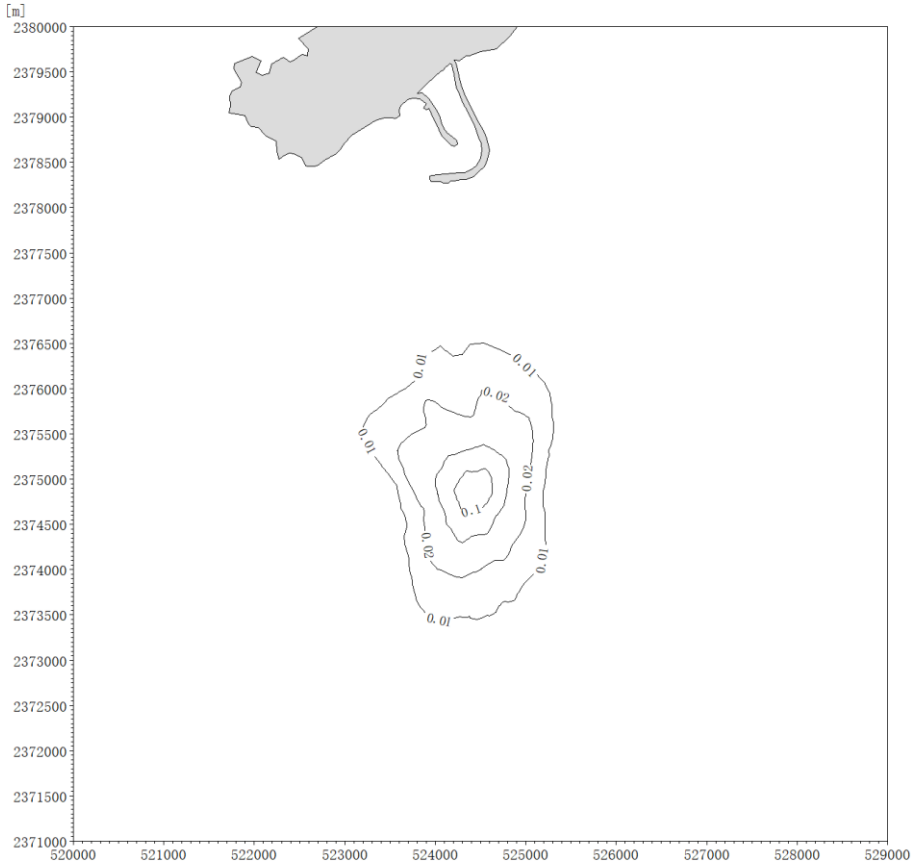


图 6.3-1b　冬季半月潮余氯浓度最大包络范围（2 台机组、排放浓度 0.2mg/L）

6.4 初步退役计划

核电厂的退役是指为解除核电厂的部分或全部监管控制而采取的行政和技术行动。其中，核电厂退役的重点是反应堆装置的退役，其退役受多方面的制约，其中包括政治、经济、科学技术和政策法规等的影响。

辐射环境水平现状调查见本报告第 3 章 3.1 节描述。

6.4.1 退役策略

核电厂退役策略如下：

1）立即拆除

立即拆除策略一般在核电厂永久停堆之后便立即开始着手实施一系列的退役活动。该策略目标是在较短的时间内，便可将厂址内特定放射性水平（一般指放射性解控值）以上的所有核材料全部移除，以实现所属厂址或设施的安全解控或无需任何核安全监管限制下的再利用。

采用立即拆除策略可以最大限度地利用现有的人力资源及核电厂的技术知识储备实施去污、拆除和解体等作业，但是这个策略选项无法实现核电厂辐射源的显著衰减，同时要求退役核电厂的废物及乏燃料管理设施可用。另外，由于没有缓冲期，退役资金也必须充足或得到充分保证。

2）延缓拆除

采用延缓拆除策略意味着永久停堆后的核电机组完成最终处置的时间将会延后。一般采用此策略的核设施或核电厂从永久停堆到最终完成去污、拆除、解体并实现解控最长可达 50 年。为实现如此长时间内的安全关闭（或贮存），系统中所有的滞留液体都需及时排空、运行阶段收集和累积的废物也都必须移除。

这个策略的好处是可以使待退役核电厂的大部分放射性源有效地衰减，可以减少退役实施过程中达到辐射防护目标所需的资源，同时有利于保障作业人员的安全；另外，延缓拆除策略也可以降低对退役资金筹集的时间压力，这对拥有多个运行核电厂的业主而言尤其明显。但对于单堆核电厂采用此策略，同样也具有以下缺点：

- 在安全关闭期间，核电厂现有资质人员及待退役核电厂相关的技术和知识储备大幅度流失；
- 为降低长时间内核电厂整体风险水平，核电厂在进入长期安全关闭之前

移除厂内的乏燃料；

- 在安全关闭期间建立起核电厂的监测和维护保养，并维持实体保卫。

因此，目前国际上采用此策略的核电厂主要为所在国的放射性废物管理战略尚未建立或健全、支持退役活动所需的资金尚有欠缺、或待退役核电机组所在厂址为多堆厂址。

退役策略的选择需考虑许多因素，包含但不限于：国家政策和法规、国内退役技术情况、厂址地理位置和未来使用用途、公众接受能力、退役资金、环境危害等。两种策略中，立即拆除这一选项更受国际原子能机构青睐。在有合适的最终废物处置厂址或中间废物暂存设施来处理并处置低放和其他中高放废物以及退役资金充足的条件下，本工程应实施立即拆除的退役策略。

广西白龙核电厂共规划六台机组分三期建设。鉴于最早的一期工程和最晚的三期工程投运时间相差 8~10 年时间，考虑一期工程两台机组停堆后至少需要安全关闭 8~10 年，待工程的其余机组寿期结束后同步开展退役活动，避免本工程的退役活动对二期、三期工程的运行造成影响。

厂址规划情况若有变化，两台机组的退役计划将根据规划情况进一步优化。

6.4.2 退役技术研究

6.4.2.1 退役进度计划

为保证核电厂退役工程顺利实施和验收，需制定退役进度计划。制定退役进度计划时应考虑如下问题：

- 退役策略和阶段目标；
- 依据的法律、法规和标准；
- 核电厂运行历史、现状及周围环境状况；
- 设计图纸、维修和改造情况；
- 现有设备条件的可利用情况；
- 放射性和非放射性物质的特性（包括类别、数量和状态）；
- 去污、拆除、环境政治技术的可得性和优化选择；
- 废物的处理、整备、贮存、运输条件和处置条件；
- 检测分析技术和设备；
- 管理组织机构的建立和职责分工；

- 建筑物和场地使用情况；
- 费用估算和筹资方式；
- 公众反应和态度。

核电厂退役拆除顺序如下：

- 将乏燃料组件从堆芯及乏燃料贮存水池运出；
- 利用现有的系统及设备对一回路系统进行系统去污；
- 改造辅助厂房燃料操作区域，使其转变为一个可用于暂存、去污、处理退役设备的场所；
- 移除、拆解放射性沾污的大设备/部件；
- 移除、拆解反应堆堆内构件及压力容器；
- 切割并移除安全壳内及辅助厂房燃料操作区域内的混凝土结构；
- 拆除钢制安全壳和屏蔽厂房；
- 拆除辅助厂房；
- 拆除临时设置的废物处理设施和建筑；
- 最终将厂址恢复原貌。

6.4.2.2 退役方案

核电厂关键设备的退役方案包括：

1）整体吊运

将反应堆压力容器、蒸汽发生器、热交换器等设备在卸出乏燃料和冷却剂、切断外部管路、封堵管口之后整体吊出，送到合适的拆卸场地或厂房进行拆卸解体，或者直接送处置场进行整体存放或掩埋处置。

整体吊运方案的设备拆卸费用较低，退役工期也较短，但是运输成本很高，放射性废物体积大，且后续解体也需要资金投入。

2）现场切割

在现场将受到放射性污染的设备切割分解为较小的部件，根据放射性水平进行分类。中等放射性水平的部分进行打包和稳定性处理后，送到暂存库场或直接送到处置场进行暂存或掩埋处置。低放射性水平的部分可通过熔炼等退役废物处理技术回收利用。

现场切割方案产生的放射性废物较少，有利于资源回收利用，废物运输方便、成本低。现场采用机器人或水下切割的技术也将使下工作人员受到的照射大大降

低。

综合以上因素，本工程退役过程中的关键设备主要采用现场切割方案。

6.4.2.3　安全关闭

核电厂的安全关闭阶段开始于反应堆运行的最后阶段，持续时间较长，有时甚至需要数年，其目的是使设施处于安全、稳定的状态，消除或减少危害，防止放射性扩散，尽可能减少废物量。

本工程安全关闭工作内容主要包括：

1）移除乏燃料

将乏燃料组件转运出堆芯及乏燃料贮存水池，确保移除厂房内的主要放射源（被活化的设备除外），以便后续退役活动的开展。乏燃料组件通过专用乏燃料运输容器外运，乏燃料组件可直接运往专门的暂存设施或场所、或送至乏燃料后处理厂（如有）进行处置。

2）初步源项调查

退役活动实施前进行，包括对厂区放射性水平进行调查和评估，掌握核电厂中的放射性物质的量、主要核素种类、存在类型和主要位置分布。主要包括：

- 对核电厂有关系统、部件等的辐射水平、放射性活度及放射性污染水平等进行调查并进行源项估算；
- 对厂区和厂房内γ辐射水平及放射性气体和气溶胶水平进行调查；
- 对核材料操作区域、放射性废物处理区域和放射性废物暂存库进行放射性水平调查。

确定退役活动的实施边界、放射性量、放射性污染分布和放射性热点位置、废物存积情况（废物类型、数量、放射性水平）、易裂变物质的数量和存在位置、反应堆和水池中存有的乏燃料以及建筑物污染水平、厂址土壤和地下水污染情况，为制订退役方案、估算退役费用、做好辐射防护和应急准备提供依据。

3）系统去污及净化处理

系统去污主要是利用现有的系统及设备对一回路系统进行去污。在系统去污之前，应对所利用的系统及设备的可用性进行充分评估，如有不足之处，则需进行适当的系统改造，以便系统性去污可以顺利实施。国际上诸多退役实践证明这种方法可以大大减少一回路主系统及设备中的放射性，有利于退役过程的辐射防护。

系统净化处理主要是对核电厂内剩余的放射性废液（如主系统内的反应堆冷却剂、乏燃料水池水等）及部分去污废液进行处理。该类废液的处理尽量采用核岛或废物减容处理中心（CVRF）中已有的废物处理系统。

4）技术研发

开展有针对目的性的研发使核电厂去污、拆除工作失败和危险的风险降低，并减轻环境影响，研发工作主要包括：

- 开发去污效果好、产生二次废物量少的去污技术；
- 开发被污染设备/设施的解体切割技术与工具；
- 减少拆除期间人员受辐照量的防护措施；
- 废物回收利用的技术实施方案。

5）新建或改建废物处理设施

如果核岛三废处理系统和 CVRF 不能满足退役阶段的废物处理实际情况及要求，则需结合退役方案综合全厂址考虑，在安全关闭期新建或改建用于退役废物处理、去污和暂存的设施。

6）确定适当的安全及实物保护措施

在安全关闭期，由于放射性材料等依然存在核电厂内，根据《核设施实物保护》（HAD501/02-2018）中的分级规定，退役初期的核电厂依然属于“实施一级实物保护的核设施”，按要求原有的实物保护系统应当基本保持不变，继续维持运行。

6.4.2.4　退役活动

1）退役原则

（1）辐射防护原则：辐射防护原则包括实践的正当性、防护的最优化、个人剂量和危险限值。核电厂退役活动实施应符合 GB18871-2002 的相关要求。

（2）基本安全原则：遵循 IAEA 提出的适用于所有设施和活动以及设施或辐射源寿期中的所有阶段（包括规划、选址、设计、制造、建设、调试和运行以及退役）的 10 条基本安全原则，包括安全责任、政府职责、对安全的领导和管理、设施和活动的合理性、防护的最优化、限制对个人造成的危害、保护当代和后代、防止事故、应急准备和响应、采取防护行动减少现有的或未受监管控制的辐射危险。

（3）放射性废物管理基本原则：遵循 IAEA 提出的 9 条放射性废物管理基

本原则，包括保护人类健康、保护环境、超越国界的保护、保护后代、不对后代造成负担、纳入国家法律框架、控制放射性废物的产生、兼顾放射性废物产生和管理阶段间的相依性、设施安全。

（4）退役废物最小化原则：保持放射性废物的产生可能或实际最小；放射性废物产生的放射性的扩散最小化；尽可能再循环和再利用现有和潜在废物流中的有价值的成分；通过应用适当的技术使产生的废物量最小化。

2）去污方法和技术的选择

核电厂退役去污对象多数为强固定性污染，但在退役过程中形成的新污染也可能是附着性污染或弱固定污染。一般来说，退役去污宜采用强去污法，亦即腐蚀性去污法，但也需要考虑防止槽罐和管道内产生沉积物、结构材料腐蚀穿孔、结构材料腐蚀变薄渗漏等问题。

去污工艺技术有多种，理想的去污工艺应有最大的去污因子、最小的二次废物、最少的人员受照和环境影响小以及低廉的成本。总体而言，系统、管路的去污宜选用化学法、机械法；设备部件的去污宜选用化学法、电化学法、超声波法、溶胶、凝胶法、机械法；池、槽、箱室和建筑物墙壁的去污宜选用高压水喷射、磨料喷射、可剥离膜法；混凝土的去污宜选用机械法。具体选用何种退役去污方法应根据安全性、经济性和可实现性进行优选。

（1）放射性沾污的设备/部件的去污

放射性沾污的设备/部件拆除并切割后，部分仅表面沾污的部分需进行去污才能进行外运。对于易清洗的表面，可在现场进行冲洗。对于不易清洗的表面，应用屏蔽容器转运至去污和热检修车间进行去污处理。

去污和热检修车间中可以对设备/部件进行去污的方式包括：高压水冲洗去污、超声波去污、干冰去污等。去污方式的选择应考虑需清洗部件的材料、尺寸、放射性等因素。必要时对单个部件采用多种去污手段进行清洗。

（2）混凝土的去污

对于有钢面板的混凝土结构，去污工作比较简单，可以去除油漆，或者是对将钢面板进行去污工作。

对于没有保护而又可能遭到污染的混凝土结构，有必要移除混凝土的受污染部分。可行的机械技术手段有冲击破碎、机械钻孔、刮削以及高压喷水器等。激光技术目前正处于研究阶段。

3）拆除步骤和工艺的选择

目前已退役的核设施中采用过的切割方法有很多种，主要分为冷切割和热切割两大类。

冷切割如机械切割、高压水射流切割、磨料射流切割等。机械切割工具很多，如弓锯、液压剪、手持锯、金刚石圆盘锯、金刚石丝锯、金刚石砂轮切割机、直条式锯片往复切割机、旋转切割机、冲击切割机、冲击切割机、墙壁开槽机、万能切割机、环切机等，多为常规成熟技术和设备。

热切割如氧炔焰切割、电弧切割、微波切割、等离子体弧切割、聚能爆炸切割、热反应切割、激光切割等。氧炔焰切割的切割速度慢；电弧切割的切割速度较快，常用；等离子弧切割能力强、速度快，可切割多种金属材料和大尺寸的板材、罐、桶和箱体。氧炔焰适宜切割碳钢，不宜用来切割铸铁、不锈钢和非铁金属物件。等离子弧切割速度快，切口粗糙，但对退役使用影响不大。

冷切割优点是烟尘和气溶胶污染少，操作简单，工具易得，投资小。缺点是速度慢，操作人员劳动强度大，会产生较多的固体微粒废物。热切割的优点是切割速度快，可切割厚件物体便于远距离操作。缺点是温度高，有较多的气溶胶和烟尘物释出，可能需要配置额外通风、过滤系统和防护用具。热切割的切口粗糙，不便于焊接和封口，而冷切割切口比较平整，便于焊接和封口。

放射性沾污的大设备/部件的切割，国际上采用最多的切割解体方法有等离子弧切割、射流切割和水下切割。

等离子弧切割速度快，而且易于操作，既可手工操作，又可远距离控制。可在空气中使用，也可在水下使用。缺点是只适用于导电材料，耗能高，产生烟尘、气溶胶较多，易造成污染扩散，排气要求设净化过滤。

射流切割为中速切割，适用于所有材料。关键问题是射流切割产生较多二次废物。国外经验认为金刚砂磨料射流切割是反应堆压力容器首选切割技术。磨料射流切割需要专门设计过滤器除去切屑和金刚砂磨料。金刚砂一般不循环使用。

水下切割包括水下机械切割、水下热切割、水下爆炸切割（线性聚能切割）等。水下切割优点有：降低受照射剂量；控制切割温度；抑制气溶胶扩散。但水下切割可能出现透明度变差，需要通过有效的水过滤工艺来保持水质、除去切屑和保证良好的能见度。

切割解体方案的选择，应考虑：

- 所选用的设备技术的安全性和可靠性，首选成熟的技术；
- 设备、条件、检测和技术的易满足性；
- 产生二次废物量，如气溶胶污染扩散危害；
- 工作人员受照剂量，应考虑作业时间，包括准备工作时间和维修设备时间等；
- 对相邻区域、系统的不利影响；
- 对废物管理，如包装、搬运和运输要求；
- 工业卫生和职业安全；
- 对培训和评价的要求等。

针对反应堆压力容器筒体、封头、顶盖、蒸汽发生器外壳等大型部件，应主要采用射流切割和水下切割方式；换热管应主要采用剪切方式；其余部件根据结构、材料、放射性等因素选用合适的切割技术。

4）场址清污

根据场址调查的结果和审管机构规定的厂址开放标准，确定场址开放前所需要做的清污工作。清污的目标是在对工作人员、公众和环境的优化辐射防护下，实现场址从审管控制下开放。清污应先制定计划，确定适当目标或终点，规定工作人员和公众剂量限值和剂量约束值，研发适当的清污技术和监测仪表等。清污活动应该按照顺序进行，通常为：

- 场址调查，包括残留放射性物质的特性和污染水平；
- 利用所有获得的有重要影响的资料评价场址；
- 鉴别和评价清污方案；
- 确定清污目标和终点，选择最佳清污方案；
- 确定检测和验收方案。

5）辐射监测要求

退役活动进行过程中应对工作场所的γ辐射水平、气载放射性水平、设备部件表面剂量率和表面污染水平以及退役作业人员的个人剂量进行监测。在作业场所，可根据工艺需要随时进行取样，必要时进行核素分析。在完成退役施工作业时，对作业对象进行放射性特性调查，如γ剂量率测量、表面污染测量和放射性活度浓度测量，以判断施工作业是否达到预定目标值，并对退役活动进行监督。除此之外，在整个退役过程中应连续进行环境监测，对厂区周围地区的环境γ剂

量率、大气、生物、土壤、水和沉降灰等环境样品进行分析测量。

6.4.3 废物管理措施

6.4.3.1 废物管理原则

退役废物管理是整个退役的重要活动，废物管理的成本是整个退役成本的重要部分，所以退役要高度重视废物最小化和废物优化管理。废物管理过程中，需要关注与贯彻如下原则：

- 废物最小化，严格控制气载和液体废物的非受控排放。减少流出物排放，降低对公众与环境的影响；
- 废物分类，从源头做好分类工作，防止交叉污染；
- 废物包装到位，尽量同时满足贮存、运输和处置的要求，避免重复包装；
- 退役前需要解决废物的贮存/处置场所；
- 尽可能利用原有的退役处理和贮存设施，进行处理和临时贮存；
- 分类收集处理废物，尤其是可待解控废物，以便减少最终需处置的废物量；
- 重视非放危险物品，如含石棉、汞等危险废物；
- 重视工作人员的培训和安全文化修养；

6.4.3.2 退役废物量评估

退役产生的物料和放射性废物有三种处理途径：

- 清洁解控允许无限制使用；
- 授权在核设施内部使用；
- 作为放射性废物贮存和处置。

一般而言，核电厂退役过程将产生大量的废物。按照德国压水堆核电厂退役实施经验，百万千瓦级压水堆核电机组退役废物总量约为 160000 吨，其中建筑废物占 92%（基本均可解控）。在 8%的其它废物中，通过机械、化学、熔炼等途径实现循环再利用的废物占 70%，可解控的废物约占 5%，最终需要通过废物处理系统处理的放射性废物仅占 25%（总废物量的 2%，约 3200 吨）。可见，绝大多数退役活动产生的废物是可以进行豁免处理。

退役实施单位需结合核电厂固有设计特点、核电厂运行记录、拟定退役方案以及国内外核设施退役经验对退役废物量进行评估，为后续退役废物管理奠定基

础。

6.4.3.3　废物处理设施的准备

1）退役废物的产生

核电厂退役过程将产生各类放射性废物，主要是在以下活动中产生：

- 去污活动；
- 设备的切割和解体、构筑物拆除活动；
- 污染厂区（地面与土壤）和水体清污活动。

2）废物类型及处理手段

退役废物的类型主要包括气载放射性废物、液体放射性废物和固体放射性废物。气载放射性废物主要产生于切割、去污和清洗过程产生的气溶胶和污染烟尘。液体放射性废物主要产生于去污和切割过程，特别是采用水力喷射去污或切割。退役产生的放射性固体废物种类最多，如污染的废钢铁、废电缆、工具、滤芯、建筑废物、劳保用品等。该类废物具有数量大、污染程度低、体积大、且可能含有化学毒性物质等特点。因此，在废物处理过程中，应做好合理的分类和包装，减少二次废物量。详细的废物类型及处理手段参见表 6.4-1。

3）废物处理及暂存设施

在核电厂正常运行期间，核岛产生的放射性废物由核岛三废处理系统，包括放射性液体废物处理系统（WLS）、放射性气体废物处理系统（WGS）及放射性固体废物处理系统（WSS），以及废物减容处理中心（CVRF）共同进行处理。CVRF 提供完整、适宜的手段来处理核岛产生但无法直接处理的各类废物，CVRF 包括废物处理厂房、废物暂存库、洗衣房。

此外，全厂还设有去污和热检修车间，用于核电厂正常运行及检修期间设备和部件的去污和检修。

在全厂址统一考虑退役时，可根据上述子项的运行容量和运行条件，执行部分退役期间所需的废物处理及设备和部件的去污功能。可根据 CVRF 的废物暂存库的储存裕量，为包装后的特定退役废物提供一定的储存空间。若上述子项不满足退役阶段的废物处理实际情况及要求，则需结合退役方案综合全厂址考虑，新增专门用于退役废物处理、去污和暂存的设施。

核岛三废处理系统以及废物减容处理中心（CVRF）描述见第四章 4.6 节。

6.4.4 退役经费安排

6.4.4.1 经费估算

足够的退役资金是完成核电厂退役的重要前提。对退役费用有直接影响的因素包括堆型、退役策略的选择和废物处置方案等等。退役费用各国处理方法不同，不同厂址之间由于不同的堆型、厂址条件等因素有所不同。国际上现在使用三个宽范的类别来估计退役费用：

1）直接与退役活动有关的项目，如源项调查、拆卸、去污、运输和处置工作等费用；

2）与完成退役期限有关的项目，如退役项目的工程管理、质量监督、安全保障、许可证申请等费用；

3）特殊项目，如为退役服务的特殊设备采购等。

目前国内所有核电机组从未完成或正在进行退役，核电机组退役过程中产生的费用明细和额度尚难按以上类别准确估计，现阶段通常按核电站初始投资的一定比例来提取退役基金作为退役资金。目前国家尚未出台关于核电厂年退役基金提取标准规范，通常按国家能源局发布的标准 NB/T20048-2011 中的相关规定进行计算。

根据 NB/T20048-2011 的规定，退役基金的总额为核电厂建设工程固定资产原值的 10%，从核电厂投产后第一年开始平均提取。计算公式如下：

年退役基金=核电厂建设工程固定资产原值×年退役基金提取率

退役基金=年退役基金×评价期=核电厂建设工程固定资产原值×退役基金提取率

从本工程可研阶段投资估算来看，其投资估算中计入固定资产原值的投资金额为 3561650 万元，评价期为 30 年，则其退役基金为 356165 万元，年提取退役基金约 11872 万元。

6.4.4.2 经费筹集及管理

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》，核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，列入投资概算或生产成本。我国在《国家核电发展专题规划（2005-2020 年）》中规定：核电厂从投入商业运行开始时，即可在核电厂发电成本中强制提取、积累核电厂退役处理费用，在中央财政设立核电厂退役专项基金账户，在各核电厂商业运行期内提取。但到目前为止，尚没有法规对核电厂退

役资金提取办法、资金管理方式、资金监管使用等做出详细的规定，退役经费由核电业主管理还是由其他独立机构（政府部门）管理、如何进行筹集及如何监管使用仍需待相关法规或规章出台后方能明确。

6.4.5 知识管理

6.4.5.1 组织管理

本工程的核电厂营运单位为了完成退役任务，应建立强有力的组织领导机构，分工明确，责任到位。退役组织机构形式多样，一般包括技术管理、计划合同、综合管理、质量管理、物资采购、现场管理等，根据需要而定。典型的组织机构分工见图 6.4-1。

保障部门主要负责人力资源和人员培训、后勤保障和维修、计划管理和协调、财会管理。

实施部门主要负责去污、切割解体、拆卸和清洗去污及相关技术的开发。

安全部门负责辐射防护和监测、核安全和核保障、工业安全和保卫、质量控制和质量保证。

废物管理部门负责废物处理和整备、废物贮存和处置、清洁解控和再循环利用、包装运输。

6.4.5.2 人员培训

人员培训是有效执行核设施退役计划的重要保证之一。

退役需要去污、切割、拆卸、废物处理、辐射防护、分析检测等方面的操作人员，维修人员和熟练技工，退役任务要根据退役任务进行。培训目的是为了完成退役所规定的任务。

培训种类有很多，有上岗培训、再培训、技能培训、专项培训、特种作业培训、管理培训、承包商培训等。培训方式有短期培训、定期培训、在岗培训、脱产培训等。培训内容包括：法规标准、专业技术、废物管理、安全文化、应急计划、灭火、急救、质量保证、辐射防护、风险辨识和控制。

培训要制定培训计划和培训大纲，要有培训记录。受训人员考核合格，颁发合格证。

6.4.6 记录保存

核电厂退役需要的文件和记录产生于核电厂设计、建设、营运、退役和管理活动的全过程。

核电厂退役需要的文件和记录的主要来源有：设计和建造阶段的数据；运行维修和更新改造的数据；核电厂关闭和退役执行期间的数据。

核电厂退役期间典型的文件和记录见表 6.4-2。

核电厂应建立一套完整的文档管理系统，确保记录的数据真实有效。在退役过程中，便于检索过往的数据。存储数据的介质应具有稳定的物理和化学性质，能够长期保存且容易复制和转移。核电厂应根据选取的存储介质制定适当的控制措施，防止由于温度、湿度、光照和微生物等因素引起的损坏。

表 6.4-1　退役废物类型及预期处理方式

废物分类	废物来源	废物类型	处理手段
气载废物	切割、去污和清污	气溶胶和污染烟尘	通风系统过滤处理
	反应堆冷却剂脱气	工艺废气	核岛废气处理系统处理
液体废物	一回路系统疏水	含硼废液	1）监测排放； 2）移动式处理设备； 3）利用现有处理设施（如 CVRF 可用）或新建合适的处理设施处理后达标排放。
	设备/地面疏水	设备/地面疏水	
	去污和切割产生的废液	去污废液	
固体废物	主设备、辅助设备、泵、阀及拆除工具等	废设备	1）现场或热车间去污后切割解体或解控； 2）降级后送处置。
	切割管道	金属废物	1）现场或热车间去污后切割解体或解控； 2）降级后送处置。
	拆除电线	废电缆	1）铜芯回收利用； 2）护套和绝缘材料作为可压实废物处理。
	拆除厂房产生的混凝土和钢筋混凝土	建筑废物	1）达到解控水平，送至填埋场填埋； 2）具有再利用价值的，由授权工厂加工回收。
	通风系统更换滤芯	通风过滤器	1）解控； 2）未达到解控水平，可将滤芯转运至 CVRF 压实打包后处置。
	人防劳保用品	可压废物（劳保用品）	1）解控； 2）送至 CVRF 洗衣房清洗去污后解控； 3）未达到解控水平，则运输至 CVRF 压实打包后处置。

表 6.4-2　核电厂退役期间典型的文件和记录

设计和建造阶段的数据	— 厂址特征描述、地质和放射性本底基准数据 — 核电厂完整的竣工图纸和技术规格书，包括设计概算 — 有详细说明的结构图 – 结构变更的清单和图纸 – 用以识别建造过程中所用材料类型和数量的采购记录 – 工程法规 – 设备和部件的技术规格书，包括相关信息（如供应商、重量、尺寸、结构材料等） – 设施建筑材料样本 – 化学和放射性物质周转的设计总量 – 质量合格证明 – 核电厂运行的安全措施 – 环境影响说明 – 核电厂役前试验和调试记录 – 许可证审批和运行要求 – 初步退役计划
运行维修和更新改造的数据	– 许可证和许可证审批要求 – 安全分析报告 – 技术手册 – 向环境排放的详细记录 – 运行日志 – 核电厂和/或厂址放射性调查报告 – 运行、维修规程和记录 – 异常事件报告 – 去污计划和报告 – 技术规格书（限值和使用工况） – 设计变更报告和更新的图纸 – 危害物质总量 – 与其它单位的生产和服务接口 – 生产和服务流程 – 系统、构筑物和部件的检查记录 – 厂内废物管理记录 – 厂址水文和地下水污染记录 – 工作人员离岗问询记录 – 质量保证记录 – 燃料布置、燃料性能（如损坏）和核燃料衡算记录 – 中子通量及分布记录 – 废物管理策略和废物位置的记录 – 放射源及位置 – 辐照脆化的材料样本 – 相关的试验报告

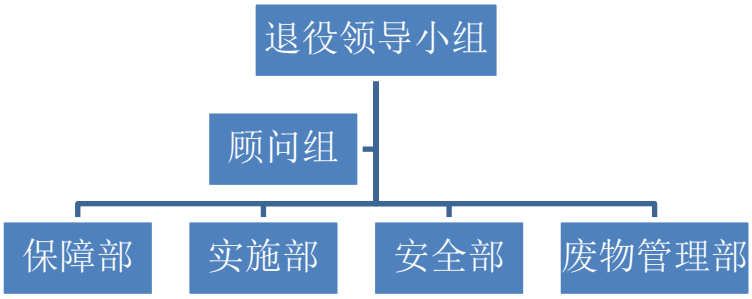


图 6.4-1　核电厂退役工程组织分工图

第七章　核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1　核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1　事故描述和事故源项

7.1.1.1　事故描述

7.1.1.1.1　事故分类

根据国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的要求：按可能导致环境危害程度和发生概率的大小，将核动力厂的事故工况分为设计基准事故和严重事故，其中设计基准事故包括稀有事故和极限事故，核动力厂事故工况的环境影响评价采用设计基准事故。

1）稀有事故

在核电厂运行寿期内发生频率很低的事故（预计为 10^{-4}~10^{-2}/堆年），这类事故可能导致少量燃料棒损坏，但单一的稀有事故不会导致反应堆冷却剂系统或安全壳屏障丧失功能。

2）极限事故

在核电厂运行寿期内发生频率极低的事故（预计为 10^{-6}~10^{-4}/堆年），这类事故的后果包含了大量放射性物质释放的可能性，但单一的极限事故不会造成应对事故所需的系统（包括应急堆芯冷却系统和安全壳）丧失功能。

7.1.1.1.2　事故选取

参考安全分析报告，对 7 类共 10 种具有代表性的、放射性后果为所属类型中最严重的设计基准事故进行分析，确定与不同释放时间相对应的放射性释放量，用来计算对电厂周围人员造成的剂量。

对 7 类事故分类如下所示：

事故	事故类别
安全壳外主蒸汽管道破裂事故（MSLB）-事故并发碘尖峰	极限事故
安全壳外主蒸汽管道破裂事故-事故前碘尖峰	极限事故
主泵卡转子/断轴事故-启动给水不可用	极限事故
主泵卡转子/断轴事故-启动给水可用	极限事故
弹棒事故	极限事故

蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）-事故并发碘尖峰	稀有事故
蒸汽发生器传热管破裂事故-事故前碘尖峰	极限事故
安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道破裂事故	稀有事故
燃料操作事故	极限事故
设计基准失水事故（DBA LOCA）	极限事故

7.1.1.1.3　事故描述

（1）安全壳外主蒸汽管道破裂事故

主蒸汽管道大破口是“一次侧热输出增加”这类事故中最严重的反应堆冷却剂降温瞬态，计算时选择最极限的安全壳外主蒸汽管道双端断裂事故。

主蒸汽管道破裂引起的蒸汽释放，起初引起蒸汽流量快速增加，而后，随着蒸汽压力下降，蒸汽流量逐渐减小。一次侧排出热量过多导致反应堆冷却剂系统降温降压。由于存在负的慢化剂温度系数，反应堆冷却剂降温将向堆芯引入正的反应性。分析时假设反应堆初始状态为热态无负荷状态并且不考虑衰变热的影响，这是因为衰变热可缓解反应堆冷却剂降温过程，从而降低了堆芯重返功率的可能性。

分析表明主蒸汽管道破裂事故满足堆芯偏离泡核沸腾设计准则的要求。根据该准则，主蒸汽管道破裂后，堆芯偏离泡核沸腾和包壳穿孔并非不可接受。但分析表明，主蒸汽管道破裂后，在假设一束具有最大反应性价值的控制棒组件卡在完全抽出位置的工况下，堆芯没有发生偏离泡核沸腾。反应堆最终将由非能动堆芯冷却系统带至停堆。

（2）主泵卡转子/断轴事故

主泵卡转子/断轴事故是“反应堆冷却剂系统流量下降”这类事故中产生最严重放射性释放的事故，可以包络其他此类型事故造成的放射性后果。

该事故分析假设一台（共四台）反应堆冷却剂泵转轴瞬时卡死。受影响环路的冷却剂流量迅速减小，将由冷却剂低流量停堆信号触发反应堆停堆。

随着反应堆停堆，储存于燃料棒中的热量持续传给冷却剂，这将导致冷却剂温度上升、体积膨胀。同时，故障环路蒸汽发生器传热管壳侧的传热量减少。

反应堆堆芯内冷却剂的快速膨胀以及蒸汽发生器传热量减少，将导致冷却剂的波动流量进入稳压器，导致反应堆冷却剂系统压力升高。波动流量进入稳压器压缩了蒸汽空间，将依次触动稳压器自动喷淋系统，并使得稳压器安全阀开启。

基于保守考虑，分析中不考虑稳压器喷淋的降压效应。

（3）弹棒事故

弹棒事故定义为一个控制棒机构承压壳套机械损坏导致一束 RCCA 及其驱动杆弹出堆芯。这种机械损坏的后果是在堆芯快速引入正反应性并且产生不利的堆芯功率分布，可能导致局部燃料棒损坏。

弹棒事故中燃料棒热工瞬态可能会导致 DNB 发生和有限的燃料损坏。控制棒组件弹出可能损害堆芯的长期冷却能力，或者可能会导致堆芯压力边界的损坏。在这些后果出现之前，该事故瞬态将会由燃料温度升高引起的多普勒效应等予以缓解，并由中子注量率信号引发的反应堆停堆终止。本事故属于工况 IV，即极限事故。

核电厂采取多种措施防止弹棒事故的发生或限制事故发生后的后果。这些措施包括控制棒机构承压壳套合理而保守的机械设计以及在装配过程中完整的质量控制程序。

（4）蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）

蒸汽发生器传热管破裂事故属于“反应堆冷却剂系统装量减少”事故中放射性后果最为严重的两个事故之一（另一个是 LOCA 事故）。事故分析中，假设一根传热管完全断裂。事故发生时处于功率运行，反应堆冷却剂含有的放射性物质处于在技术规格书规定允许的有限数量的燃料棒破损情况下连续运行时的最大平衡浓度。由于带有放射性的冷却剂经由破口流入蒸汽发生器的二次侧，这将导致二回路系统放射性增加。如果在事故期间核电厂丧失厂外电源或者冷凝器蒸汽旁排失效，放射性将通过蒸汽发生器动力卸压阀或安全阀排至大气中。这种情况将导致最大的放射性释放。

在事故分析中，假设发生单根传热管完全断裂是保守的，因为蒸汽发生器传热管的材料是一种耐腐蚀的高韧性金属。蒸汽发生器传热管更加可能的破损模式是一个或多个小裂缝。在核电厂运行期间，二次侧的放射性是连续监测的，这样的泄漏引起的放射性积累不允许超过技术规格书规定的限值。

本工程设计为 SGTR 事故提供了自动保护措施。自动保护措施包括反应堆停堆、非能动余热排出系统（PRHR）热交换器投入、启动堆芯补水箱（CMT）、关闭稳压器电加热器、以及由蒸汽发生器（SG）高-3 水位信号或 SG 高水位与反应堆停堆（P-4）相符隔离化学和容积控制系统（CVS）和启动给水流量。这

些保护措施可实现反应堆冷却剂系统（RCS）自动降温降压，以终止破口流量和向大气的蒸汽释放，并将 RCS 长期保持在稳定状态下。这些保护系统还可防止 SG 发生满溢以使厂外放射性剂量保持在设计基准事故所允许的限值范围内。

事故发生后通过一系列报警信号，操纵员可以很容易判断 SGTR 事故的发生，识别并隔离破损蒸汽发生器，并完成要求的恢复操作以稳定核电厂和终止一次侧向二次侧的破口流量。恢复规程必须在一定时间范围内完成，以便在破损蒸汽发生器发生满溢之前终止向二次侧的破口流量。核电厂为操纵员执行这些功能提供了足够的指示和控制。SGTR 事故后操纵员的这些操作进一步的缓解了事故的后果，使得预期的结果小于保守分析的情况。

分析中采取了下列保守假设：

- 反应堆处于满功率运行状态，并且假定一、二次侧的初始水装量为运行名义值减去允许的不确定度（使得放射性浓度更大）；
- 极限单一故障为破损蒸汽发生器大气释放阀失效，失效模式为阀门卡在开启位置，这将导致破损蒸汽发生器的不可控的降压，从而增大一次侧向二次侧的泄漏量和蒸汽向大气的排放量。假定破损蒸汽发生器的大气释放阀失效卡开发生在稳压器水位低-2 信号产生时，这将导致累积的一次侧向二次侧破口流量闪蒸量最大。随后，将由保护系统的主蒸汽低压力信号触动相关的隔离阀自动关闭，从而使该阀门隔离；
- 保守认为破口位置在传热管顶部，使可能的裸露时间更长（闪蒸更多的放射性）。

最终，堆芯的剩余热量由非能动堆芯冷却系统导出，使得主系统压力最终将会降至破损 SG 二次侧压力。破口流量将终止，并且系统将稳定在安全状态，向环境排放的蒸汽也将停止。

（5）安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道破裂事故

安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道包括反应堆冷却剂系统取样管和从化学容积控制系统至放射性液体废物处理系统的排放管。这些管道仅周期性使用。安全壳外没有含有反应堆冷却剂的仪表管道。

当因硼稀释运行产生过多的一次侧冷却剂时，化学和容积控制系统的净化流量将排至安全壳外的核岛放射性液体废物处理系统。在排出安全壳之前，流体将经过化学和容积控制系统热的交换器和除盐床。因此，排至安全壳外时，流体温

度低于 60℃，而且已经经过化容混床净化。这些假想的管道破口流量受到化学和容积控制系统 22.71m^3/h 净化流量的限制。由于流体温度低，而且经过除盐处理后碘的放射性活度降低，因此，对该事件不作分析。假想的取样管破裂事故是较不利的事故工况。

安全壳内、外的取样管道隔离阀只有在取样时才开启。假设取样管破口发生在安全壳外隔离阀和取样盘之间。因为隔离阀只在取样时打开，所以核电厂人员可根据丧失取样流量，判定出现破口。此外，取样管道破口也会导致放射性释放，从而导致区域和空气辐射监测器报警。丧失冷却剂将会使稳压器水位降低，需要对反应堆冷却剂系统进行补水。根据取样管破口指示，操纵员将会采取操作措施，隔离破口。

根据伯努利方程和取样管内外的压力差和流体的密度，计算出管道内流速。再根据管径得到管道内的流量，并将该流量保守作为液体取样管线的破口流量，为 5.63m^3/h。根据事故分析结果，保守假设在 30min 后隔离破口。

（6）燃料操作事故

燃料操作事故可能发生在安全壳内或辅助厂房的燃料操作区域，该事故定义为燃料操作过程中，一个乏燃料组件发生跌落，导致该组件所有燃料棒包壳破损，包壳间隙中的放射性释放出来，通过水层进入安全壳或辅助厂房内，进而泄漏到外界环境中。

如果燃料操作事故发生在安全壳内，一旦探测到高放射性出现，安全壳净化管线就会立即关闭，终止放射性的释放。为保守起见，分析时不考虑这个作用，并且进一步忽略净化管线的过滤器对气载碘的去除作用。对于发生在乏燃料水池的燃料操作事故，假设从乏燃料水池释放出的放射性物质直接排向环境，放射性在厂房的释放途径中没有经过过滤，也不考虑在厂房内的滞留或延迟。在此假设下，该事故无论发生在安全壳或辅助厂房，其释放到外界环境中的放射性源项是相同的。

由于燃料操作中有许多的管理控制措施和设备操作限制，燃料操作事故发生的可能性是很低的。每次只吊起一个乏燃料组件，以低速移动，且移动中注意不要撞击到其它东西。安全壳、辅助厂房、换料水池、乏燃料水池均设计成抗震 I 类，能够保证在安全停堆地震时结构的完整性。乏燃料池储存格架的位置可预防可信的外部飞射物到达储存的乏燃料组件。燃料操作装置的设计可防止倾翻装置

倾翻在压力容器内的燃料组件和乏燃料池内的燃料组件上面。设施的设计使重物体的吊装，如乏燃料运输罐，不会横垮或跌入乏燃料水池。

（7）设计基准 LOCA 事故

设计基准 LOCA 是反应堆冷却剂系统压力边界管道发生破损的事故。对于本分析，定义为总的破口横截面积大于或等于 0.09m^2 的破口。

热工分析表明在设计基准 LOCA 事故中堆芯能保持完整性，不会出现熔化。

7.1.1.1.4　事故分析保守性说明

在对核电厂进行的事故分析中，为了使结果具有代表性和包络性，在分析中作一定的假设，使结果处于合理保守的程度。主要包括以下四个方面：

1）失去厂外电源

这个假设对本工程事故分析中的影响包括：二回路蒸汽旁排至冷凝器的导热失效，为了导出堆芯余热保证堆芯的完整性，此时蒸汽直接排向大气环境，放射性就混合于蒸汽释放，保守地考虑事故放射性后果。

2）最大价值棒卡在堆外

此时停堆系统引入的负反应性最小，使停堆深度最小，从反应性的角度使事故放射性后果更加保守。

3）仅考虑安全级设备的缓解作用

事故分析中保守假设非安全级系统在事故后失效。如果非安全级系统的投入反而会导致事故剂量的增加，则要分别进行计算。如主泵卡转子/断轴事故，当非安全级的启动给水系统（SFW）可用时，蒸汽发生器传热管不裸露，则不发生一回路泄漏液在 SG 内的闪蒸，但事故将持续更长的时间，可能使最终的剂量结果比 SFW 不可用时更大，所以要对两种情况均进行分析。

4）假设极限的单一故障

事故后，考虑某些系统设备失效，但只选择可能导致放射性后果最严重的设备失效，而不是所有设备均失效。如 SGTR 事故，事故后放射性通过二回路蒸汽管线的阀门释放，并假设其打开后失效（卡开不能回位），此时放射性释放将持续。当二回路压力继续降到一定程度，另外一种类型的隔离阀将在低压信号下隔离该释放管线，从而终止释放。

7.1.1.2　事故源项

7.1.1.2.1　堆芯源项及冷却剂源项

1）堆芯源项

采用堆芯核素放射性积存量作为堆芯源项，热功率在 3400MWt 的基础上考虑了功率测量 1%的不确定性，增加到 3434MWt。具体数据见表 7.1-1。

2）一回路及二回路源项

事故发生时，认为反应堆已经运行足够长的时间，一回路冷却剂源项已经达到电厂允许的最大值。计算该源项的主要参数和假设有：

- 与时间相关的堆芯放射性积存量作为输入条件之一；
- 假设堆芯存在 0.25%的燃料包壳破损率，破损燃料棒均匀分布在整个堆芯中，该值与电厂技术规格书中一致；
- 裂变产物逃脱率系数（裂变产物从燃料芯块释放到间隙的速率）、冷却剂下泄流量及除盐床净化效率等相关数据也为主要的输入条件之一；
- 根据上述假设，对冷却剂活度建立核素产生和消失的微分方程，求解得到各核素浓度随时间的变化关系，并取其最大值。

表 7.1-2 中给出了一回路冷却剂中放射性核素的活度浓度，惰性气体及碘活度浓度达到技术规格书中规定的限值，碘同位素活度浓度为 3.20E+01GBq/t 剂量等效 I-131，惰性气体活度浓度为 9.90E+03GBq/t 剂量等效 Xe-133，碱金属活度浓度对应于设计基准燃料棒破损水平。

对于二回路的源项：保守地假定事故时二回路中核素的活度浓度为一回路的 1%。所以根据表 7.1-2 中的数值乘以 1%得到二回路中核素的活度浓度（假设惰性气体不在二回路累积）。

7.1.1.2.2　分析中的假设与说明

1）放射性物质形态分类

本工程事故分析时，假设放射性物质释放出来后以气体和气溶胶等形态存在。对于碘核素，进一步分为三类：

粒子碘（Particulate）　　95%

元素碘（Elemental）　　4.85%

有机碘（Organic）　　0.15%

核素形态的划分，主要是考虑到其在迁移及释放过程中的去除机制不同。对以气体形态存在的放射性物质，如惰性气体，释放后就直接进入安全壳或外环境。对于粒子碘、碱金属和其他放射性核素假设均以气溶胶形式存在，在空气中由于

各种沉积机制被去除。对于有机碘假设不能被去除，元素碘则会由表面沉积去除。

2）碘尖峰释放

堆芯内的燃料棒存在一定的破损，当运行出现瞬态时，由于堆芯功率、一回路的压力、温度等的变化，造成破损燃料棒中的放射性在短时间内向冷却剂的释放增加，使冷却剂中碘等同位素的活度浓度大幅增加。

在事故分析中考虑以下两种情况：

- 事故并发（accident-initiated）碘尖峰释放

这种情况认为，事故发生时出现瞬态，使碘尖峰释放与事故同时发生。主蒸汽管道破裂事故及安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道破裂事故假设碘同位素从燃料棒间隙向冷却剂的释放速率为反应堆冷却剂中放射性为 3.20E+01GBq/t 剂量等效 I-131 时平衡释放速率的 500 倍。而碘的平衡释放速率根据释放与去除作用的平衡方程求解得到，见表 7.1-3。蒸汽发生器传热管破裂事故，认为破损燃料棒间隙的放射性在事故后 8h 内全部释放到冷却剂中，燃料棒破损率对应于一回路冷却剂中放射性为 3.20E+01GBq/t 剂量等效 I-131。

- 事故前（pre-accident）碘尖峰释放

考虑事故前碘尖峰时，认为在事故发生之前一回路已经发生了瞬态，使得一回路内碘同位素的浓度达到了技术规格书中规定的 9.60E+02GBq/t 剂量等效 I-131，即表 7.1-2 中碘同位素数值的 30 倍。

3）放射性的自然去除（natural removal）

除了衰变外，放射性核素在迁移过程中还存在其它形式的损耗。本工程在设计中，采用了“非能动”的先进理念，通过自然的力量来减轻事故后的后果，对放射性进行自然去除。本工程主要的非能动设计之一即为“非能动安全壳冷却系统（PCS）”。PCS 主要由钢安全壳和屏蔽厂房顶部的冷却水箱构成。事故后，如果安全壳出现高温高压，会触发该系统的投入。此时水箱的水就会通过重力作用流到钢安全壳的外表面，对钢安全壳起到冷却作用，以散热的方式带走事故后从堆芯释放到安全壳内的能量。而钢安全壳里面，由于事故后，大量高温冷却剂释放到安全壳大气内产生带有放射性的蒸汽。当这些高温蒸汽遇到温度较低的钢安全壳时，就会冷凝并顺着内壁流下，先回到地坑，再回到堆芯，最终形成安全壳内的自然循环。与采用混凝土安全壳的传统电厂相比，这些设计的效果使得安全壳内的换热效率提高，从而加剧了事故后安全壳内流体的流动性，除了可以高效

地导出热量外，还增强了对安全壳大气中放射性的去除效果。

对以气溶胶形态（粒子碘、碱金属和其它裂变产物）存在的放射性核素来说，主要有三种去除方式：

- 重力沉降（Gravitational sedimentation）

此去除机制主要是在重力的作用下，悬浮在安全壳大气中的气溶胶沉降在相关设备或构筑物的表面。

- 扩散泳（Diffusiophoresis）

此机制主要是由于气溶胶载体-气体中的蒸汽在墙壁表面上凝结而引起的。蒸汽在墙壁表面的凝结导致了墙壁附近的蒸汽浓度减低，从而形成了一个离墙壁越远浓度越大的蒸汽浓度梯度。因为浓度梯度的存在及蒸汽凝结的持续，导致气溶胶向墙壁表面流动，当气溶胶接触到墙壁时被吸附到墙壁表面上，从而对安全壳内的气溶胶起到了去除的作用。

- 热泳（Thermophoresis）

此机制是由于堆芯附近的温度高，而钢安全壳温度相对较低，在这样一个存在温度梯度的场内，气溶胶就会发生自然的定向运动，最终也是在钢安全壳内壁附着，随冷凝流回到地坑液相中。

综合考虑气溶胶的自然去除机制后，计算得到事故开始后 24 小时内的去除系数，见表 7.1-4。

对元素碘的沉积去除，计算式为：

$$\lambda_{\mathrm{d}}=\frac{K_{\mathrm{w}}\times A}{V} \qquad (7.1.1\text{-}1)$$

式中：

λ_{d}—表面沉积的一阶去除系数，h^{-1}；

K_{w}—质量迁移系数，取4.9m/h；

A—安全壳内可供沉积的表面积，m^2；

V—安全壳的自由容积，m^3。

保守取安全壳内可供沉积的表面积约为2.03E+04m^2，自由容积为5.83E+04m^3。将上述数值代入公式计算得到元素碘的去除系数为1.7h^{-1}。元素碘去除可一直持续至去污因子达到200为止。

4）闪蒸（flashing）现象与分配系数

事故分析中假设一回路冷却剂通过破口泄漏到压力温度较低的环境时，就会发生闪蒸，液相中的放射性在汽化时释放到气相中，形成气载放射性。此时保守假设释放到气相中的放射性份额与液相汽化的份额相同，称之为“闪蒸份额（flash fraction）”，其计算式为：

$$F_{\text{flash}} = \frac{h_{\text{f1}} - h_{\text{f2}}}{h_{\text{fg}}} \quad （7.1.1-2）$$

式中：

F_{flash}—闪蒸份额，无量纲；

h_{f1}—泄漏液的比焓，kJ/kg；

h_{f2}—泄漏液进入环境的温度、压力对应的比焓，kJ/kg；

h_{fg}—与环境温度、压力对应的汽化潜热，kJ/kg。

根据泄漏液的泄漏率和闪蒸份额，就可计算出闪蒸到气相的放射性物质的释放率。泄漏液闪蒸后剩余的液相将与泄漏进入的液相混合，然后通过蒸发继续释放放射性。

低于饱和温度的液体蒸发比闪蒸轻微得多，此时液相中的放射性核素向气相的转移速率也慢得多。此时放射性活度存在一个分配效应：气相与液相中有一个稳定的核素浓度之比（分配系数）。事故分析中，根据液相的活度浓度和热工水力分析得到的蒸汽释放量，就可以求出释放到气相或环境的放射性总量。分析中选取的分配系数的具体数值见各事故的参数表。

7.1.1.2.3　计算模型简述

根据核电厂假想事故后放射性释放过程的特点，将其物理模型简化为图7.1-1 中的模式。

将放射性迁移中每个有明显边界的系统或设备看作一个“体元”，这个“体元”可以表示为体积或质量。其数学模型示意见图 7.1-2。放射性物质在这些“体元”之间可以相互转移，对转移过程中的任意一个“体元”，及对任意核素有如下平衡方程：

活度变化量=增加量 - 减少量

活度变化率=（释放率+流入率）-（流出率+衰变率+去除率）

$$\frac{dQ_{\text{i}}}{dt} = \left[q_{\text{i}}(t) + \frac{Q_{\text{i-1}}(t)}{V_{\text{i-1}}} \times F_{\text{i}}(t) \right] - Q_{\text{i}}(t) \times \left[\frac{F_{\text{i+1}}(t)}{V_{\text{i}}} + \lambda_{\text{di}}(t) + \lambda_{\text{ri}}(t) \right] \quad （7.1.1-3）$$

式中：

Q_i—体元 i 中核素的活度，Bq；

Q_{i-1}—体元 i 的上游体元 i-1 中核素的活度，Bq；

q_i—体元 i 内放射性的释放率，Bq/s；

V_{i-1}—体元 i 的上游体元 i-1 的体积或质量，m^3 或 g；

V_i—体元 i 的体积或质量，m^3 或 g；

F_i—体元单位时间 i 的流入量，m^3/s 或 g/s；

F_{i+1}—体元 i 单位时间的流出量，m^3/s 或 g/s；

λ_{di}—体元 i 中核素的衰变常数，1/s；

λ_{ri}—体元 i 中核素的去除系数，1/s。

对事故中所有涉及到放射性转移的“体元”均采用上述方程，联立求解得到每个“体元”内任意核素的活度浓度随时间的变化。

对于向环境释放的总量，可对所有向环境释放放射性的“体元”进行积分，再求和，可得到任意时段内向环境的释放总量。

$$Q=\sum_{i=1}^{n}\int_{t1}^{t2}C_i(t)\times F_i(t)dt \qquad (7.1.1\text{-}4)$$

式中：

$C_i(t)$—向环境释放的体元i内，在t时刻活度浓度，Bq/g；

$F_i(t)$—体元i向环境的质量释放率，g/s；

n—事故分析中所描述的体元总数。

上式中，对一般的典型事故来说“体元”可以包括：堆芯、安全壳、一回路系统、二回路系统及其他设备。

7.1.1.2.4　事故进程及源项分析

1）安全壳外主蒸汽管道破裂事故

主蒸汽管道破裂事故后的放射性释放分析假设破损回路的蒸汽发生器通过破口处在短时间内喷放蒸干，该回路碘和碱金属全部释到环境中；热工分析表明完好回路蒸汽发生器的传热管不会裸露，该回路部分碘和碱金属以蒸发形式释放到环境中。同时，考虑事故期间从一回路按技术规格书中蒸汽发生器假想的设计泄漏率，泄漏到二回路的碱金属、碘（分别计算事故前碘尖峰和事故并发碘尖峰

两种情况）及惰性气体。

本事故有以下释放途径：

- 假设破损回路蒸汽发生器中的二回路冷却剂以蒸汽形式从破口释放出去，冷却剂中所有碘和碱金属全部释放出去；
- 虽然完好蒸汽发生器不会蒸干，但放射性后果分析中仍保守的假设二回路冷却剂中所有碘和碱金属在 72h 内全部释放出去；
- 假设泄漏到破损回路蒸汽发生器的反应堆冷却剂，不考虑汽水分配效应及在蒸汽发生器内的沉积，全部直接排放到环境；
- 鉴于事故中完好回路 SG 传热管处于淹没状态，完好回路 SG 中水层对泄漏到二次侧的反应堆冷却剂中非气态放射性物质有一定的滞留作用，假设泄漏到该回路的碘和碱金属需要考虑汽水分配后释放到环境中（汽水分配系数分别取 0.01 及 0.003），惰性气体不需考虑汽水分配作用。

考虑放射性物质在事故过程中的衰变，一旦释放到环境后，不再考虑衰变。

本事故计算使用的参数见表 7.1-5，MSLB 事故后释放的放射性源项见表 7.1-6。

2）主泵卡转子/断轴事故

主泵卡转子/断轴事故的热工水力分析结果显示，在瞬态期间，反应堆冷却剂系统的峰值压力小于使应力超过 ASME 第Ⅲ篇中故障条件下应力限值的压力，燃料包壳表面最高温度远低于 1482.2℃。表明事故中没有燃料棒损坏，所以燃料棒包壳间隙中的放射性不会释放到反应堆冷却剂中。但放射性分析中保守假定有 10%的燃料棒损坏。反应堆冷却剂活度考虑为事故前碘尖峰释放模式。

本事故释放到环境中的放射性包括：

- 二回路初始的碘和碱金属；
- 技术规格书中规定的蒸汽发生器的设计泄漏率，从一回路泄漏到二回路的碱金属、碘及惰性气体；
- 从破损燃料棒间隙中释放到反应堆冷却剂中的碱金属、碘及惰性气体，最终通过泄漏到二回路释放。

该事故释放到环境的主要放射性核素为碘、碱金属和惰性气体。其中从破损燃料棒间隙中释放出来的裂变产物的份额，对于 I-131 间隙中份额为堆芯积存量的 8%，Kr-85 为 10%，其它的放射性碘和惰性气体为 5%，碱金属为 12%。另外，

考虑到破损燃料棒的间隙份额可能在高于堆芯平均水平，因此，源项还需考虑乘以径向功率峰因子。

事故放射性释放中有两个途径：

- 二回路中初始的放射性随蒸汽排放而释放；
- 假设泄漏到蒸汽发生器的反应堆冷却剂与二回路冷却剂混合，来自反应堆冷却剂的放射性与二回路冷却剂混合。蒸汽释放时，冷却剂中的部分放射性碘和碱金属被排放出去，所释放的放射性份额取决于蒸汽发生器假定的闪蒸因子和分配系数。进入二回路的放射性惰性气体均释放到环境。这些释放持续到蒸汽排放结束为止。

考虑放射性核素在事故过程中的衰变，一旦释放到环境后衰变不再考虑。

主泵卡转子/断轴事故源项分析中，分别考虑了启动给水可用与启动给水不可用 2 种基本工况。

本事故计算使用的参数见表 7.1-7，主泵卡转子/断轴事故后释放的放射性源项见表 7.1-8。

3）弹棒事故

通过大量的堆芯物理、热工水力分析结果表明，最不利工况下，发生燃料棒破损的份额将小于 10%，分析中保守认为最大发热点在发生弹棒前后重合。但预期发生弹棒事故不会导致燃料芯块发生熔化。放射性后果分析中仍然保守假设有 0.25%的燃料发生熔化，燃料棒破损的份额也保守取 10%。

弹棒事故导致释放的重要放射性核素有碘同位素、碱金属及惰性气体。与部分堆芯损坏释放的裂变产物相比，初始反应堆冷却剂活度是次要的。反应堆冷却剂活度考虑为事故前碘尖峰释放模式。具体的初始源项包括：

- 二回路初始的碘和碱金属；
- 按技术规格书中规定的蒸汽发生器的设计泄漏率，从一回路泄漏到二回路的碱金属、碘及惰性气体；
- 从破损燃料棒间隙中释放到一回路冷却剂中的碱金属、碘及惰性气体，最终通过泄漏到二回路释放。

释放途径：

- 一回路的放射性先从压力容器顶盖破口处释放到安全壳内，然后通过安全壳再泄漏到外环境；

- 来自一回路的放射性通过蒸汽发生器泄漏到二回路，与二回路的初始放射性混合后，再通过蒸汽管道的安全阀或者动力卸压阀释放到环境。

本事故计算使用的参数见表 7.1-9，弹棒事故后释放的放射性源项见表 7.1-10。

4）蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）

SGTR 事故释放的主要放射性核素为惰性气体、气载的碱金属和碘，它们作为事故后的放射性释放到环境中。具体的源项包括：

- 事故过程中通过受损蒸汽发生器破口和完好蒸汽发生器正常泄漏到二回路的一回路源项，包括碘（分别计算事故前碘尖峰和事故并发碘尖峰两种情况）、碱金属和惰性气体；
- 二回路初始的源项，主要是碱金属和碘。

只要存在通向环境的出口，泄漏进入完好蒸汽发生器和通过破口进入破损蒸汽发生器反应堆冷却剂里的放射性惰性气体立即向环境释放。碘和碱金属的释放模式一共有三种：

- 完好环路的蒸发释放，考虑碘和碱金属的分配效应；
- 通过破损环路反应堆冷却剂的闪蒸释放，不考虑覆盖水层的水洗作用（保守假设破口位于传热管顶部）；
- 破损环路的蒸发释放，考虑闪蒸释放后余下的碘和碱金属的蒸发时的分配效应。

这些放射性最终都通过二回路的安全阀或者动力卸压阀释放到环境，释放持续到蒸汽排放结束为止。在释放到环境之前考虑放射性核素的衰变。一旦释放到环境中，则不考虑放射性核素的衰变。

本事故计算使用的参数见表 7.1-11，SGTR 事故后释放的放射性源项见表 7.1-12。

5）安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道破裂事故

安全壳外载有主冷却剂的小管道破裂事故后释放到环境中有重要影响的放射性核素是碘、惰性气体和碱金属。分析假设反应堆在连续运行的条件下，反应堆冷却剂中的碘含量达到技术规格书所允许的最高水平。另外，事故时并发碘尖峰。反应堆冷却剂中惰性气体浓度达到平衡运行限值对应的值。反应堆冷却剂中的碱金属活度浓度达到设计基准的燃料破损水平（0.25%）对应的值。

假设从破口处释放的反应堆冷却剂为高温高压，则大部分流体将闪蒸为蒸汽，液体中的碘就变成气载碘。破口处反应堆冷却剂闪蒸份额取 0.47。

尽管预期大部分的气载碘和气载碱金属将沉积在周围建筑物的表面，但假设碘、惰性气体和碱金属毫无损失地直接释放到环境。释放到环境后不再考虑放射性核素的衰变。

安全壳外载有主冷却剂的小管道破裂事故后，释放的放射性源项见表 7.1-13。

6）燃料操作事故

燃料操作事故是在换料期间装卸核燃料组件时，发生组件跌落，导致燃料棒损坏，包壳间隙内的放射性释放出来。

假想的燃料操作事故可发生在安全壳内或辅助厂房的燃料操作区域。事故定义为一个乏燃料组件跌落，保守认为组件中所有燃料棒包壳破损，燃料和包壳间隙中的放射性释放出来。

事故发生时，可能释放出的裂变产物总量与很多因素有关，如燃料组件的功率历史、停堆到换料操作时经过的衰变时间和核素的挥发特性等。换料时，所有的组件操作都在安全壳内进行，为了使事故具有包络性，保守假定发生事故的组件中的所有燃料棒曾以最大燃料功率因子运行，即最大功率组件。根据技术规格书中的规定，燃料操作事故前裂变产物经历的衰变时间至少为 48h。

在功率运行过程中，燃料芯块中产生的一部分裂变产物会扩散到燃料棒和包壳的间隙中。间隙中裂变产物的份额由核素的扩散速率和其放射性衰变率共同决定。发生燃料操作事故时，间隙中的气体和挥发性放射核素直接释放出来，主要关注的放射性核素是惰性气体（Kr 和 Xe）与碘。本事故分析中，间隙份额与 NB/T20444-RK 相一致，间隙份额列于表 7.1-14。

与 NB/T20444-2017RK 相一致，从破损燃料棒释放的碘的形态假设为：95%为粒子碘（碘化铯），4.85%为元素碘，0.15%为有机碘。碘化铯是非挥发性的，溶于水中，不容易变成气载形态。假定碘化铯溶于低 pH 值的水中就立即转变成元素碘。分析中假设所有的碘化铯释放到池水后，立即转化为元素碘，并且将其当作初始元素碘一样处理。这时碘的形态变为：99.85%的元素碘和 0.15%的有机碘。

本事故放射性的释放途径假设为：

在水下释放出的放射性首先会受到至少 7m 深的水层的过滤。水层过滤对惰性气体和有机碘都不起作用，但对于元素碘有显著的去除作用。与 NB/T20444-2017RK 相一致，假设碘的水洗去除因子为 200。

从水层释放出来的放射性，假设在 2h 内直接释放到环境，而不考虑其它任何对碘的去除作用。

如果燃料操作事故是在安全壳内发生，一旦探测到高放射性出现，安全壳净化管线就会立即隔离，终止放射性的释放。分析时保守认为该管线隔离失效，放射性继续释放，并且进一步忽略净化管线的过滤器对气载碘的去除作用。

对于发生在乏燃料水池的燃料操作事故，此时认为从乏燃料水池释放出的放射性物质直接通过厂房排风系统排向环境，而不考虑在厂房内滞留或延迟。

由于燃料操作中有许多的管理控制措施和设备操作限制，燃料操作事故的发生的可能性是很低的。分析中使用的参数和假设也是非常保守的：比如间隙份额取值较大；忽略了放射性物质在包壳内壁的附着作用；碘化铯向元素碘的转化也是瞬间完成；认为有机碘初始就存在于间隙内；操作的第一个组件就发生事故等。

本事故计算使用的参数见表 7.1-14，燃料操作事故后，释放的放射性源项见表 7.1-15。

7）设计基准 LOCA 事故

根据 NB/T20444-2017RK，设计基准 LOCA 事故放射性释放分为反应堆冷却剂系统中的放射性的初始释放和堆芯间隙释放两个阶段：

- 反应堆冷却剂放射性初始释放

假设反应堆冷却剂的活度达到技术规格书中的限值。本工程为“先漏后破（Leak-before-break）”型的电厂，假设反应堆冷却剂向安全壳喷放 10min，且在这 10min 内流量为常数。这段时间内释放到安全壳的放射性主要为一回路冷却剂中的碘、碱金属和惰性气体。

- 堆芯间隙释放

堆芯间隙释放，假设发生在反应堆冷却剂释放结束后（事故后 10min），持续 30min。如 NB/T20444-2017RK 所述，间隙释放的放射性分三组核素：惰性气体、碘和碱金属（铯、铷），释放到安全壳大气的各类放射性核素份额均为 0.05。

碘的形态与 NB/T20444-2017RK 的模型一致。模型中，碘的各形态中以非挥发性的碘化铯为主，附带少量元素碘。此外模型中还假设元素碘和安全壳内的有机物反应生成有机碘化合物。各形态碘份额见表 7.1-16。

如果事故后的冷却溶液的 pH 值小于 6，部分碘化铯将转化成元素碘形态。非能动堆芯冷却系统会向事故后冷却溶液中加入足够的磷酸三钠，维持事故后地坑溶液的 pH 值大于等于 7。

不考虑能动系统对安全壳内大气中放射性的去除。在安全壳内部，放射性元素碘和气溶胶考虑自然去除作用。元素碘通过表面沉积去除。气溶胶的去除方式有重力沉降、扩散泳（蒸汽冷凝驱动的沉积）、热泳（传热引起的沉积）等。有机碘假设不能去除。

事故后所有的放射性将释放到安全壳内，通过安全壳这个唯一的途径释放到外环境。安全壳释放包括两种方式：安全壳净化管线泄漏和安全壳正常泄漏。事故开始到安全壳隔离之前，假设安全壳净化管线在运行，放射性的释放将持续到净化管线阀门关闭。不考虑净化管线的过滤作用。事故发生后 24h 内的安全壳泄漏率为设计泄漏率，此后的泄漏率为设计泄漏率的一半。

本事故计算使用的参数见表 7.1-16，LOCA 事故后，释放的放射性源项见表 7.1-17。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

计算方法采用《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20182-2012）推荐的模式，该模式适用于大多数地形较为开阔平坦的厂址。

本工程短期大气弥散因子采用下列一组地面释放轴线浓度公式计算：

$$\left(x/Q\right)_x = \frac{1}{u_{10}\left(\pi\sigma_y\sigma_z + CA\right)} \quad （7.1.2\text{-}1）$$

$$\left(x/Q\right)_x = \frac{1}{u_{10}\left(3\pi\sigma_y\sigma_z\right)} \quad （7.1.2\text{-}2）$$

$$\left(x/Q\right)_x = \frac{1}{u_{10}\pi\Sigma_y\sigma_z} \quad （7.1.2\text{-}3）$$

式中：

（χ/Q）$_x$—释放点下风向 x 米距离处烟羽中心线上的地面相对浓度，即大气弥散因子，s/m^3；

u_{10}—地面上方 10m 高度处的风速，m/s；

σ_y—烟羽水平弥散参数，m；

σ_z—烟羽垂直弥散参数，m；

A—反应堆建筑物最小迎风截面积，m^2；

C—反应堆建筑物几何修正因子，0.5；

Σ_y—考虑烟羽弯曲和建筑物尾流效应的烟羽水平弥散参数，m。

在用上列诸式作大气弥散因子计算时，χ/Q 按下述条件取值：

1）对中性（D）和稳定（E、F）类大气稳定度，且 u_{10}<6m/s 的天气条件，考虑烟羽弯曲效应，χ/Q 由（7.1.2-1）与（7.1.2-2）两式计算结果的较大者再与（7.1.2-3）式的计算结果比较取较小者，即其取值表达式为：

$$\chi/Q=\min\left\{\frac{1}{u_{10}\pi\Sigma_y\sigma_z},\max\left[\frac{1}{u_{10}\left(\pi\sigma_y\sigma_z+CA\right)},\frac{1}{u_{10}\left(3\pi\sigma_y\sigma_z\right)}\right]\right\} \quad (7.1.2\text{-}4)$$

2）对不稳定（A、B、C）类大气稳定度或 u_{10}>6m/s 的天气条件，不考虑烟羽弯曲效应，χ/Q 取（7.1.2-1）与（7.1.2-2）两式计算结果的较大者，即其取值表达式为：

$$\chi/Q=\max\left[\frac{1}{u_{10}\left(\pi\sigma_y\sigma_z+CA\right)},\frac{1}{u_{10}\left(3\pi\sigma_y\sigma_z\right)}\right] \quad (7.1.2\text{-}5)$$

厂址 10m 高度的年逐时风向、风速、大气稳定度联合频率见第二章 2.4 节。用上列诸式计算释放点下风向不同距离处的逐时大气弥散因子（χ/Q）值，把算得的每个方位某给定距离处的所有逐时（χ/Q）值由大到小顺序排列，则可截取相应于某累积概率水平的 χ/Q 值。对 16 个方位的某个给定距离，可得到 16 个相应于某概率水平的小时短期大气弥散因子。取其最大者，用于短期释放（持续时间在 1 小时以内）的后果评价。

对持续时间长于 1 小时的事故释放，按事故过程划分不同的时间段。各时间段的短期大气弥散因子，可由小时短期大气弥散因子与年均弥散因子对数线性内插求取。

对于设计基准事故先逐一计算非居住区边界和规划限制区边界处每个方位

的大气弥散因子，选择全厂址 95%概率水平和各方位 99.5%概率水平中较大的大气弥散因子（保守值）以及全厂址 50%概率水平的大气弥散因子（现实值）两组大气弥散因子进行个人剂量评价。

本工程非居住区边界范围为距 1、2 号机组核岛各方位均为 800m 所构成的边界线。同时根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，规划限制区边界范围定为以反应堆为中心、半径 5km 的圆周边界线。表 7.1-22 和表 7.1-23 分别给出了厂址非居住区边界（0~2h）和规划限制区边界（30d）上短期大气弥散因子。

7.1.2.2　事故剂量

本工程事故放射性释放造成的剂量后果估算主要考虑事故期间起主要作用的 3 个照射途径：

- 烟云浸没外照射；
- 吸入内照射；
- 地面沉积外照射。

采用《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20182-2012）推荐的剂量计算模式，该模式适用于核电厂选址、建造和运行等阶段事故工况下的辐射环境影响评价。具体如下：

放射性后果分析的目的是确定由假想事故造成的总有效剂量。总有效剂量包括吸入气载放射性物质造成的待积有效剂量（也就是体内各种器官长期的剂量累积）和浸没在放射性烟羽中造成的有效剂量，以及地面沉积所造成的有效剂量。

a）浸没照射

假设处于半无限大烟羽中，浸没剂量由下式计算：

$$D_{im} = \sum_i DCF_i \sum_j R_{ij}(\chi/Q)_j \quad （7.1.2-6）$$

式中：

D_{im}—浸没剂量，Sv；

DCF_i—核素i的浸没剂量转换因子，$Sv\text{-}m^3/Bq\text{-}s$；

R_{ij}—核素i在时间段j内释放的放射性量，Bq；

$（\chi/Q）_j$—时间段j内的大气弥散因子，s/m^3；

b）吸入照射

吸入剂量用下式计算：

$$D_{CEDE} = \sum_i DCF_i \sum_j R_{ij} (BR)_j (\chi/Q)_j \quad (7.1.2\text{-}7)$$

式中:

D_{CEDE}—吸入照射剂量，Sv；

DCF_i—核素i的吸入剂量转换因子，Sv/Bq；

R_{ij}—核素i在时间段j内释放的放射性量，Bq；

$(BR)_j$—时间段j内的呼吸率，m^3/s；

$(\chi/Q)_j$—时间段j内的大气弥散因子，s/m^3；

c）沉积物照射

由于干沉积产生的地面沉积因子如下：

$$D/Q = (x/Q) \cdot V_d \quad (7.1.2\text{-}8)$$

式中：

D/Q—地面沉积因子，$1/m^2$；

V_d—放射性物质干沉积速度m/s；元素碘0.01，颗粒物和粒子碘取0.0015，有机碘取0.0001。

地面沉积外照射产生的剂量：

$$(D_{GE})_{dkn} = \sum_i Q_m \cdot (D/Q)_{dkn} \cdot [1 - \exp(-\lambda_i t)] \lambda_i^{-1} \cdot DF_{GEi} \quad (7.1.2\text{-}9)$$

式中：

$(DGE)_{dkn}$—为事故发生后第n个释放时段在扇形区d方向上第k个区段内由于地面沉积外照射产生的个人有效剂量，Sv；

$(D/Q)_{dkn}$—扇形区d方向上第k个区段在第n个释放时段中某概率水平的地面沉积因子，$1/m^2$；

$DFGE_i$—沉积在地面的核素i的有效剂量转换因子，$Sv\text{-}m^2/Bq\text{-}h$；

λ_i—核素i的放射性衰变常数，h^{-1}；

t—地面沉积放射性积累时间，h。

采用的剂量转换因子如下：1）元素碘和有机碘的吸入所致的待积有效剂量取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B9 吸入：可溶性或活性气体与蒸汽之单位摄入量所致的待积有效剂量。2）粒子碘以及其他核素的吸入所致的待积有效剂量取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）表 B7 吸入：公众成员吸入单位摄入量所致的待积有效剂量。3）惰性气体的烟云浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表B10，其他核素的外照射剂量转换因子取自IAEA19号报告。

7.1.3 事故后果评价

本工程非居住区边界范围与选址阶段环评一致，为距 1、2 号机组核岛各方位均为 800m 所构成的边界线，具体范围见表 7.1-22。厂址规划限制区范围为反应堆为中心、半径 5km 的区域。针对本工程非居住区边界和规划限制区外边界上公众进行事故放射性后果计算。

对于事故环境影响的评价标准，《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定：

核动力厂事故工况的环境影响评价可采用设计基准事故，在设计中应采取针对性措施，使设计基准事故的潜在照射后果符合下列要求：

- 在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。
- 在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

各种设计基准事故在不同时间间隔、不同方位上非居住区边界和规划限制区外边界所致的个人有效剂量和甲状腺当量剂量见表 7.1-24~表 7.1-33。表 7.1-34 给出了按照偏保守和偏现实大气弥散因子计算的设计基准事故后果与国家标准的比较。从表中可以看出，在本节所考虑的设计基准事故工况下，均能满足国家相关标准的要求。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，本工程的安全设施设计性能可靠，厂址周围各类边界的设置是合理的，本工程的设计基准事故导致的环境放射性后果满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的相应要求。

表 7.1-1　堆芯积存量

单位：GBq

	核素	总活度		核素	总活度
碘	I-130	1.15E+08	惰性气体	Kr-85m	9.48E+08
	I-131	3.55E+09		Kr-85	3.73E+07
	I-132	5.17E+09		Kr-87	1.82E+09
	I-133	7.28E+09		Kr-88	2.56E+09
	I-134	8.03E+09		Xe-131m	3.96E+07
	I-135	6.84E+09		Xe-133m	2.26E+08
铯组	Cs-134	6.21E+08		Xe-133	7.18E+09
	Cs-136	1.84E+08		Xe-135m	1.43E+09
	Cs-137	4.04E+08		Xe-135	1.95E+09
	Cs-138	6.70E+09		Xe-138	6.05E+09
	Rb-86	7.06E+06	钡和锶组	Sr-89	3.48E+09
碲组	Te-127m	4.84E+07		Sr-90	2.94E+08
	Te-127	3.78E+08		Sr-91	4.32E+09
	Te-129m	1.65E+08		Sr-92	4.67E+09
	Te-129	1.12E+09		Ba-139	6.54E+09
	Te-131m	5.12E+08		Ba-140	6.29E+09
	Te-132	5.06E+09	镧系	Y-90	3.04E+08
	Sb-127	3.73E+08		Y-91	4.48E+09
	Sb-129	1.14E+09		Y-92	4.69E+09
钌组	Ru-103	5.40E+09		Y-93	5.41E+09
	Ru-105	3.72E+09		Nb-95	6.07E+09
	Ru-106	1.81E+09		Zr-95	6.03E+09
	Rh-105	3.32E+09		Zr-97	6.01E+09
	Mo-99	6.72E+09		La-140	6.48E+09
	Tc-99m	5.97E+09		La-142	5.76E+09
铈组	Ce-141	5.96E+09		Pr-143	5.40E+09
	Ce-143	5.54E+09		Nd-147	2.38E+09
	Ce-144	4.48E+09		Am-241	5.49E+05
	Pu-238	1.08E+07		Cm-242	1.54E+08
	Pu-239	1.07E+06		Cm-244	1.21E+07
	Pu-240	1.33E+06		—	—
	Pu-241	4.84E+08		—	—
	Np-239	6.78E+10		—	—

表 7.1-2　反应堆冷却剂源项

单位：GBq/t

核素	活度浓度
I-130	3.22E-01
I-131	2.29E+01
I-132	3.30E+01
I-133	4.34E+01
I-134	7.82E+00
I-135	2.70E+01
Kr-85m	2.98E+01
Kr-85	9.66E+01
Kr-87	1.69E+01
Kr-88	5.30E+01
Xe-131m	4.70E+01
Xe-133m	6.09E+01
Xe-133	4.39E+03
Xe-135m	6.09E+00
Xe-135	1.29E+02
Xe-138	8.81E+00
Cs-134	1.94E+01
Cs-136	2.98E+01
Cs-137	1.54E+01
Cs-138	1.31E+01

表 7.1-3　并发碘尖峰释放相关参数

单位：GBq/s

核素	平衡状态碘释放速率
I-130	3.36E-03
I-131	1.78E-01
I-132	7.54E-01
I-133	4.03E-01
I-134	3.73E-01
I-135	3.49E-01

表 7.1-4（1/2）　事故后安全壳内气溶胶的去除系数

时间（h）	去除系数（h^{-1}）
0.167~0.179	0.804
0.179~0.2	0.795
0.2~0.251	0.782
0.251~0.292	0.762
0.292~0.433	0.690
0.433~0.631	0.574
0.631~0.684	0.709
0.684~0.801	0.728
0.801~0.893	0.637
0.893~1.033	0.691
1.033~1.171	0.642
1.171~1.233	0.626
1.233~1.331	0.631
1.331~1.395	0.643
1.395~1.429	0.679
1.429~1.475	0.732
1.475~1.519	0.713
1.519~1.579	0.679
1.579~1.653	0.641
1.653~1.776	0.605
1.776~1.903	0.573
1.903~1.991	0.727
1.991~2.067	0.592
2.067~2.176	0.495
2.176~2.371	0.486
2.371~2.621	0.514
2.621~2.822	0.530
2.822~2.872	0.541
2.872~2.973	0.544
2.973~3.176	0.549
3.176~3.684	0.555

表 7.1-4（2/2）　事故后安全壳内气溶胶的去除系数

时间（h）	去除系数（h^{-1}）
3.684~3.737	0.557
3.737~3.839	0.557
3.839~3.99	0.556
3.99~4.09	0.555
4.09~4.438	0.554
4.438~4.684	0.549
4.684~4.88	0.541
4.88~4.928	0.538
4.928~5.362	0.533
5.362~5.46	0.530
5.46~5.511	0.529
5.511~5.608	0.528
5.608~6.04	0.525
6.04~6.09	0.522
6.09~6.615	0.518
6.615~6.753	0.514
6.753~7.194	0.511
7.194~7.285	0.508
7.285~7.814	0.504
7.814~7.904	0.500
7.904~8.431	0.498
8.431~8.521	0.495
8.521~9.387	0.491
9.387~9.553	0.486
9.553~11.189	0.488
11.19~14.937	0.474
14.94~17.61	0.459
17.61~24	0.449

表 7.1-5　用于计算 MSLB 事故放射性后果的主要参数

事故持续时间	72h
反应堆冷却剂质量	1.72E+05kg
破损回路的 SG 参数	
初始水装量	1.37E+05kg
一、二次侧的泄漏率	23.65kg/h [a]
碘分配系数	1.0
碱金属分配系数	
– 0min~1min	0.1
– 1min~10min	1.0
蒸汽释放量	
– 0h~2h	1.37E+05kg
– 2h~72h	1.66E+03kg
完好回路的 SG 参数	
一、二次侧的泄漏率	23.65kg/h [a]
碘分配系数	0.01
碱金属分配系数	0.003
蒸汽释放量	
– 0h~2h	1.37E+05kg
– 2h~72h	1.66E+03kg

注：

a　等效于密度为 1000kg/m^3 冷流体，泄漏率为 0.57m^3/d。

表 7.1-6（1/2）　MSLB 事故放射性释放量

单位：GBq

并发碘尖峰释放					
核素	各时段释放量				
	0h~2h	2h~8h	8h~24h	24h~96h	96h~720h
元素碘					
I-130	2.06E+00	1.57E+01	2.63E+01	1.70E+01	0.00E+00
I-131	1.20E+02	9.86E+02	2.79E+03	7.43E+03	0.00E+00
I-132	3.54E+02	1.81E+03	4.67E+02	3.33E+01	0.00E+00
I-133	2.56E+02	2.03E+03	4.22E+03	4.79E+03	0.00E+00
I-134	1.27E+02	3.62E+02	8.99E+00	6.99E+00	0.00E+00
I-135	1.99E+02	1.41E+03	1.51E+03	3.65E+02	0.00E+00
有机碘					
I-130	6.36E-02	4.86E-01	8.12E-01	5.26E-01	0.00E+00
I-131	3.72E+00	3.05E+01	8.62E+01	2.30E+02	0.00E+00
I-132	1.10E+01	5.59E+01	1.44E+01	1.03E+00	0.00E+00
I-133	7.92E+00	6.26E+01	1.31E+02	1.48E+02	0.00E+00
I-134	3.92E+00	1.12E+01	2.83E-01	2.16E-01	0.00E+00
I-135	6.17E+00	4.36E+01	4.67E+01	1.13E+01	0.00E+00
碱金属					
Cs-134	2.86E+01	5.02E+00	1.34E+01	3.99E+01	0.00E+00
Cs-136	4.39E+01	7.66E+00	2.01E+01	5.80E+01	0.00E+00
Cs-137	2.27E+01	3.98E+00	1.06E+01	3.17E+01	0.00E+00
Cs-138	1.89E+01	1.53E+00	4.03E+00	1.21E+01	0.00E+00
惰性气体					
Kr-85m	2.44E+00	4.06E+00	2.42E+00	2.18E-01	0.00E+00
Kr-85	9.18E+00	2.75E+01	7.31E+01	2.17E+02	0.00E+00
Kr-87	9.76E-01	4.75E-01	1.89E-02	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	3.98E+00	4.86E+00	1.43E+00	2.96E-02	0.00E+00
Xe-131m	4.45E+00	1.32E+01	3.42E+01	9.42E+01	0.00E+00
Xe-133m	5.72E+00	1.63E+01	3.75E+01	7.42E+01	0.00E+00
Xe-133	4.16E+02	1.22E+03	3.05E+03	7.63E+03	0.00E+00
Xe-135m	1.06E-01	4.44E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.13E+01	2.52E+01	3.05E+01	1.24E+01	0.00E+00
Xe-138	1.42E-01	4.07E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

表 7.1-6（2/2） MSLB 事故放射性释放量

单位：GBq

事故前碘尖峰释放					
核素	各时段释放量				
	0h~2h	2h~8h	8h~24h	24h~96h	96h~720h
元素碘					
I-130	8.70E-01	1.06E+00	1.61E+00	1.25E+00	0.00E+00
I-131	6.35E+01	9.67E+01	2.48E+02	6.63E+02	0.00E+00
I-132	8.03E+01	3.88E+01	1.67E+01	2.96E+01	0.00E+00
I-133	1.19E+02	1.59E+02	3.00E+02	3.63E+02	0.00E+00
I-134	1.63E+01	2.28E+00	2.35E+00	6.99E+00	0.00E+00
I-135	7.14E+01	7.10E+01	7.11E+01	3.85E+01	0.00E+00
有机碘					
I-130	2.69E-02	3.27E-02	4.98E-02	3.88E-02	0.00E+00
I-131	1.96E+00	2.99E+00	7.66E+00	2.05E+01	0.00E+00
I-132	2.48E+00	1.20E+00	5.16E-01	9.16E-01	0.00E+00
I-133	3.66E+00	4.92E+00	9.29E+00	1.12E+01	0.00E+00
I-134	5.03E-01	7.06E-02	7.23E-02	2.16E-01	0.00E+00
I-135	2.21E+00	2.20E+00	2.20E+00	1.19E+00	0.00E+00
碱金属					
Cs-134	2.86E+01	5.02E+00	1.34E+01	3.99E+01	0.00E+00
Cs-136	4.39E+01	7.66E+00	2.01E+01	5.80E+01	0.00E+00
Cs-137	2.27E+01	3.98E+00	1.06E+01	3.17E+01	0.00E+00
Cs-138	1.89E+01	1.53E+00	4.03E+00	1.21E+01	0.00E+00
惰性气体					
Kr-85m	2.44E+00	4.06E+00	2.42E+00	2.18E-01	0.00E+00
Kr-85	9.18E+00	2.75E+01	7.31E+01	2.17E+02	0.00E+00
Kr-87	9.76E-01	4.75E-01	1.89E-02	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	3.98E+00	4.86E+00	1.43E+00	2.96E-02	0.00E+00
Xe-131m	4.45E+00	1.32E+01	3.42E+01	9.42E+01	0.00E+00
Xe-133m	5.72E+00	1.63E+01	3.75E+01	7.42E+01	0.00E+00
Xe-133	4.16E+02	1.22E+03	3.05E+03	7.63E+03	0.00E+00
Xe-135m	1.06E-01	4.44E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.13E+01	2.52E+01	3.05E+01	1.24E+01	0.00E+00
Xe-138	1.42E-01	4.07E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

表 7.1-7　用于计算主泵卡转子/断轴事故放射性后果的主要参数

燃料棒破损率	10%
径向峰因子（用来确定破损燃料棒活度）	1.75
间隙中裂变产物份额 – I-131 – Kr-85 – 其它放射性碘和惰性气体 – 碱金属	 0.08 0.10 0.05 0.12
反应堆冷却剂质量	1.72E+05kg
二回路冷却剂质量	2.74E+05kg
冷凝器	不可用
每台 SG 一、二次侧的泄漏率	23.65kg/h
蒸汽发生器中核素的分配系数 – 碘 – 碱金属	 0.01 0.003
启动给水不可用 – 事故持续时间 – 蒸汽释放速率 0h~1.5h – 泄漏液体闪蒸份额 0h~1h >1h	 1.5h 35.00kg/s 0.03 0
启动给水可用 – 事故持续时间 – 蒸汽释放速率 – 泄漏液闪蒸份额	 8.0h 30.00kg/s 0

表 7.1-8（1/2）　主泵卡转子/断轴事故放射性释放量

单位：GBq

启动给水不可用	
核素	0h~2h 释放量
元素碘	
I-130	1.23E+01
I-131	6.32E+02
I-132	4.75E+02
I-133	7.96E+02
I-134	5.47E+02
I-135	7.11E+02
有机碘	
I-130	3.81E-01
I-131	1.95E+01
I-132	1.47E+01
I-133	2.46E+01
I-134	1.69E+01
I-135	2.20E+01
碱金属	
Cs-134	3.02E+01
Cs-136	9.40E+00
Cs-137	1.97E+01
Cs-138	1.84E+02
Rb-86	3.39E-01
惰性气体	
Kr-85m	3.11E+03
Kr-85	2.81E+02
Kr-87	4.57E+03
Kr-88	7.87E+03
Xe-131m	1.49E+02
Xe-133m	8.27E+02
Xe-133	2.66E+04
Xe-135m	1.27E+03
Xe-135	6.77E+03
Xe-138	5.00E+03

表 7.1-8（2/2）　主泵卡转子/断轴事故放射性释放量

单位：GBq

启动给水可用		
核素	各时段释放量	
	0h~2h	2h~8h
元素碘		
I-130	4.15E+00	4.82E+01
I-131	2.20E+02	3.18E+03
I-132	1.37E+02	6.24E+02
I-133	2.72E+02	3.47E+03
I-134	1.17E+02	1.27E+02
I-135	2.32E+02	2.21E+03
有机碘		
I-130	1.28E-01	1.49E+00
I-131	6.81E+00	9.84E+01
I-132	4.23E+00	1.93E+01
I-133	8.42E+00	1.07E+02
I-134	3.61E+00	3.93E+00
I-135	7.17E+00	6.82E+01
碱金属		
Cs-134	1.81E+01	2.67E+02
Cs-136	5.69E+00	7.98E+01
Cs-137	1.18E+01	1.74E+02
Cs-138	9.59E+01	4.44E+02
Rb-86	2.03E-01	3.02E+00
惰性气体		
Kr-85m	4.00E+03	6.65E+03
Kr-85	3.74E+02	1.12E+03
Kr-87	5.44E+03	2.65E+03
Kr-88	9.92E+03	1.21E+04
Xe-131m	1.98E+02	5.88E+02
Xe-133m	1.10E+03	3.12E+03
Xe-133	3.54E+04	1.04E+05
Xe-135m	1.28E+03	5.55E+00
Xe-135	8.87E+03	1.97E+04
Xe-138	5.05E+03	1.48E+01

表 7.1-9　用于计算弹棒事故放射性后果的主要参数

径向峰因子	1.75
燃料包壳破损 – 燃料包壳破损份额（发生 DNB） – 间隙中裂变产物份额 碘和惰性气体 碱金属	 0.10 0.10 0.12
堆芯熔化 – 堆芯熔化份额 – 进入反应堆冷却剂份额 碘和碱金属 惰性气体 – 进入安全壳份额 碘和碱金属 惰性气体	 0.0025 0.5 1.0 0.25 1.0
释放到安全壳内碘的形态 – 元素碘 – 有机碘 – 粒子碘	 4.85% 0.15% 95.0%
释放到二回路碘的形态 – 元素碘 – 有机碘	 97.0% 3.0%
反应堆冷却剂质量	1.72E+05kg
冷凝器	不可用（失去厂外电）
二回路系统释放途径 – 每台 SG 一、二次侧的泄漏率 – 泄漏闪蒸份额 – 二回路冷却剂质量 – 泄漏闪蒸持续时间 – 阀门释放持续时间 – 阀门蒸汽释放率 – 蒸汽发生器中的分配系数 碘 碱金属	 23.65kg/h 0.04 2.74E+05kg 0.5h 0.5h 27.22kg/s 0.01 0.003
安全壳泄漏释放途径	
– 安全壳泄漏率 0~24h >24h – 气载放射性去除系数 元素碘 有机碘 粒子碘和碱金属 – 元素碘去污因子限值 – 粒子碘和碱金属去污因子限值 – 达到元素碘去污因子限值的时间 – 达到粒子碘去污因子限值的时间	 每天 0.10%安全壳自由容积 每天 0.05%安全壳自由容积 $1.7h^{-1}$ $0h^{-1}$ $0.1h^{-1}$ 200 1000 3.1h 69.08h

表 7.1-10　弹棒事故放射性释放量

单位：GBq

核素	各时段释放量				
	0h~2h	2h~8h	8h~24h	24h~96h	96h~720h
元素碘					
I-130	1.57E+01	1.48E-01	1.54E-01	5.14E-02	1.11E-03
I-131	4.93E+02	5.70E+00	1.06E+01	2.04E+01	6.15E+01
I-132	6.60E+02	2.74E+00	2.96E-01	0.00E+00	0.00E+00
I-133	1.00E+03	1.03E+01	1.37E+01	8.84E+00	8.51E-01
I-134	8.93E+02	9.99E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	9.21E+02	7.25E+00	4.51E+00	5.18E-01	0.00E+00
有机碘					
I-130	6.75E-01	6.44E-01	9.53E-01	3.22E-01	5.92E-03
I-131	2.15E+01	2.58E+01	6.60E+01	1.27E+02	3.83E+02
I-132	2.69E+01	9.71E+00	1.89E+00	7.40E-03	0.00E+00
I-133	4.34E+01	4.57E+01	8.52E+01	5.50E+01	5.51E+00
I-134	3.36E+01	2.55E+00	2.22E-02	0.00E+00	0.00E+00
I-135	3.91E+01	3.04E+01	2.82E+01	3.22E+00	0.00E+00
粒子碘					
I-130	1.54E+02	2.56E+02	1.51E+02	6.66E+00	0.00E+00
I-131	5.00E+03	1.01E+04	9.44E+03	1.13E+03	2.41E+02
I-132	5.56E+03	4.11E+03	4.07E+02	0.00E+00	0.00E+00
I-133	9.98E+03	1.80E+04	1.29E+04	8.51E+02	3.70E+01
I-134	5.84E+03	1.17E+03	7.40E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	8.75E+03	1.22E+04	4.85E+03	9.25E+01	0.00E+00
惰性气体					
Kr-85m	4.28E+03	2.48E+03	1.48E+03	6.66E+01	0.00E+00
Kr-85	1.86E+02	2.08E+02	5.55E+02	1.25E+03	1.07E+04
Kr-87	6.93E+02	9.88E+01	3.89E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	1.10E+04	4.50E+03	1.33E+03	1.11E+01	0.00E+00
Xe-131	1.95E+02	2.16E+02	5.59E+02	1.13E+03	4.59E+03
Xe-133	1.10E+03	1.16E+03	2.68E+03	3.49E+03	2.19E+03
Xe-133	3.52E+04	3.84E+04	9.64E+04	1.71E+05	3.39E+05
Xe-135	2.87E+03	2.22E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	9.13E+03	7.33E+03	8.89E+03	1.85E+03	7.40E+00
Xe-138	1.16E+04	5.55E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
碱金属					
Cs-134	1.10E+03	2.21E+03	2.15E+03	2.78E+02	1.81E+02
Cs-136	3.24E+02	6.48E+02	6.16E+02	7.58E+01	2.40E+01
Cs-137	7.14E+02	1.44E+03	1.40E+03	1.81E+02	1.18E+02
Cs-138	4.45E+03	2.89E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb-86	1.24E+01	2.50E+01	2.39E+01	2.96E+00	1.18E+00

表 7.1-11　用于计算 SGTR 事故放射性后果的主要参数

反应堆冷却剂质量	1.80E+05kg
蒸汽释放持续时间	16.13h
破损回路蒸汽发生器	
– 初始水装量	5.20E+04kg
– 一次侧到二次侧破口流量	见表 7.1-18
– 破口闪蒸量	见表 7.1-19
– 蒸汽释放率	见表 7.1-20
– 碘分配系数	0.01
– 碱金属分配系数	0.003
完整回路蒸汽发生器	
– 初始水装量	7.00E+03kg
– 一次侧到二次侧的泄漏率	23.65kg/h
– 蒸汽释放率	见表 7.1-21
– 碘分配系数	0.01
– 碱金属分配系数	0.003

表 7.1-12（1/2）　SGTR 事故放射性释放量

单位：GBq

并发碘尖峰释放			
核素	各时段释放量		
	0h~2h	2h~8h	8h~24h
元素碘			
I-130	1.75E+01	1.38E+00	2.05E+01
I-131	9.15E+02	9.19E+01	2.01E+03
I-132	7.33E+02	1.86E+01	4.43E+01
I-133	1.19E+03	1.01E+02	1.77E+03
I-134	7.82E+02	3.37E+00	0.00E+00
I-135	1.04E+03	6.39E+01	6.58E+02
有机碘			
I-130	5.42E-01	4.30E-02	6.34E-01
I-131	2.83E+01	2.85E+00	6.23E+01
I-132	2.27E+01	5.67E-01	1.38E+00
I-133	3.69E+01	3.14E+00	5.47E+01
I-134	2.42E+01	1.05E-01	7.40E-03
I-135	3.21E+01	1.98E+00	2.04E+01
碱金属			
Cs-134	4.84E+01	6.66E-01	8.10E+00
Cs-136	7.43E+01	1.04E+00	1.21E+01
Cs-137	3.84E+01	5.18E-01	6.44E+00
Cs-138	2.04E+01	7.40E-03	0.00E+00
惰性气体			
Kr-85m	1.93E+03	8.47E+02	1.67E+01
Kr-85	7.02E+03	4.63E+03	2.11E+02
Kr-87	8.38E+02	1.43E+02	3.70E-01
Kr-88	3.21E+03	1.13E+03	1.11E+01
Xe-131m	3.41E+03	2.24E+03	9.99E+01
Xe-133m	4.38E+03	2.79E+03	1.18E+02
Xe-133	3.17E+05	2.07E+05	9.25E+03
Xe-135m	1.20E+02	1.85E-01	0.00E+00
Xe-135	8.81E+03	4.74E+03	1.44E+02
Xe-138	1.64E+02	1.85E-01	0.00E+00

表 7.1-12（2/2）　SGTR 事故放射性释放量

单位：GBq

事故前碘尖峰释放			
核素	各时段释放量		
	0h~2h	2h~8h	8h~24h
元素碘			
I-130	2.68E+01	3.93E-01	4.13E+00
I-131	1.95E+03	3.64E+01	5.77E+02
I-132	2.47E+03	1.27E+01	1.99E+01
I-133	3.65E+03	5.95E+01	7.48E+02
I-134	4.77E+02	4.07E-01	0.00E+00
I-135	2.20E+03	2.58E+01	1.86E+02
有机碘			
I-130	8.29E-01	1.23E-02	1.28E-01
I-131	6.02E+01	1.15E+00	1.79E+01
I-132	7.65E+01	3.97E-01	5.86E-01
I-133	1.13E+02	1.82E+00	2.31E+01
I-134	1.48E+01	1.59E-02	0.00E+00
I-135	6.81E+01	7.94E-01	5.75E+00
碱金属			
Cs-134	4.84E+01	6.66E-01	8.10E+00
Cs-136	7.43E+01	1.04E+00	1.21E+01
Cs-137	3.84E+01	5.18E-01	6.44E+00
Cs-138	2.04E+01	7.40E-03	0.00E+00
惰性气体			
Kr-85m	1.93E+03	8.47E+02	1.67E+01
Kr-85	7.02E+03	4.63E+03	2.11E+02
Kr-87	8.38E+02	1.43E+02	3.70E-01
Kr-88	3.21E+03	1.13E+03	1.11E+01
Xe-131m	3.41E+03	2.24E+03	9.99E+01
Xe-133m	4.38E+03	2.79E+03	1.18E+02
Xe-133	3.17E+05	2.07E+05	9.25E+03
Xe-135m	1.20E+02	1.85E-01	0.00E+00
Xe-135	8.81E+03	4.74E+03	1.44E+02
Xe-138	1.64E+02	1.85E-01	0.00E+00

表 7.1-13　安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道破裂事故放射性释放量

单位：GBq

核素	0h~2h 释放量
元素碘	
I-130	1.17E+01
I-131	6.30E+02
I-132	2.47E+03
I-133	1.41E+03
I-134	1.12E+03
I-135	1.19E+03
有机碘	
I-130	3.62E-01
I-131	1.95E+01
I-132	7.64E+01
I-133	4.36E+01
I-134	3.47E+01
I-135	3.70E+01
碱金属	
Cs-134	2.57E+01
Cs-136	3.94E+01
Cs-137	2.04E+01
Cs-138	1.73E+01
惰性气体	
Kr-85m	8.39E+01
Kr-85	2.72E+02
Kr-87	4.75E+01
Kr-88	1.49E+02
Xe-131m	1.32E+02
Xe-133m	1.71E+02
Xe-133	1.23E+04
Xe-135m	1.71E+01
Xe-135	3.62E+02
Xe-138	2.48E+01

表 7.1-14　用于计算燃料操作事故放射性后果的主要参数

源项假设	
– 堆芯功率	3434MWt
– 衰变时间	48h
停堆 48h 后的堆芯源项	单位：GBq
I-130	7.80E+06
I-131	3.03E+09
I-132	3.41E+09
I-133	1.47E+09
I-135	4.46E+07
Kr-85m	5.64E+05
Kr-85	3.74E+07
Kr-88	2.09E+04
Xe-131m	3.92E+07
Xe-133m	1.65E+08
Xe-133	6.35E+09
Xe-135m	7.66E+06
Xe-135	4.04E+08
堆芯燃料组件数目	157
受损燃料组件数目	一个组件
径向功率峰因子	1.75
间隙裂变产物份额	
I-131	8%
其他放射性碘	5%
Kr-85	10%
其它惰性气体	5%
池水对碘的去污因子	200
放射性释放持续时间	2h

表 7.1-15　燃料操作事故放射性释放量

单位：GBq

核素	0h~2h 释放量
元素碘	
I-130	1.24E+01
I-131	7.70E+03
I-132	5.42E+03
I-133	2.34E+03
I-135	7.09E+01
有机碘	
I-130	9.39E+00
I-131	5.81E+03
I-132	4.09E+03
I-133	1.77E+03
I-135	5.35E+01
惰性气体	
Kr-85m	3.15E+02
Kr-85	4.18E+04
Kr-88	1.17E+01
Xe-131m	2.18E+04
Xe-133m	9.21E+04
Xe-133	3.54E+06
Xe-135m	4.26E+03
Xe-135	2.25E+05

表 7.1-16　用于计算设计基准 LOCA 事故放射性后果的主要参数

反应堆冷却剂源项数据	
– 惰性气体活度浓度	9.90E+03GBq/t 剂量等效 Xe-133，见表 7.1-2
– 碘活度浓度	3.20E+01GBq/t 剂量等效 I-131，见表 7.1-2
– 反应堆冷却剂质量	1.72E+05kg
安全壳净化释放数据	
– 安全壳净化流率	2.72E+04m^3/h
– 净化管线隔离时间	30s
– 反应堆冷却剂喷放时间	10min
– 反应堆冷却剂中碘变成气载碘的份额	1.0
– 碘的形态	
• 元素碘	4.85%
• 有机碘	0.15%
• 粒子碘	95%
安全壳泄漏释放数据	
– 安全壳自由容积	5.83E+04m^3
– 安全壳泄漏率，0h~24h	每天 0.10%安全壳自由容积
– 安全壳泄漏率，>24h	每天 0.05%安全壳自由容积
– 元素碘去除的去污因子限值	200

表 7.1-17　设计基准 LOCA 事故放射性释放量

单位：GBq

核素	各时段释放量				
	0h-2h	2h-8h	8h-24h	24h-96h	96h-720h
元素碘					
I-130	6.06E+00	5.77E-01	3.96E-01	1.33E-01	0.00E+00
I-131	1.96E+02	2.15E+01	2.73E+01	5.25E+01	1.58E+02
I-132	2.22E+02	1.18E+01	7.77E-01	0.00E+00	0.00E+00
I-133	3.92E+02	3.96E+01	3.55E+01	2.26E+01	2.22E+00
I-134	2.32E+02	4.88E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	3.46E+02	2.90E+01	1.18E+01	1.11E+00	0.00E+00
有机碘					
I-130	5.32E-01	1.64E+00	2.42E+00	8.18E-01	1.48E-02
I-131	1.75E+01	6.53E+01	1.67E+02	3.22E+02	9.71E+02
I-132	1.80E+01	2.46E+01	4.81E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	3.47E+01	1.16E+02	2.16E+02	1.40E+02	1.37E+01
I-134	1.65E+01	6.47E+00	5.92E-02	0.00E+00	0.00E+00
I-135	2.99E+01	7.71E+01	7.15E+01	8.18E+00	3.70E-05
粒子碘					
I-130	2.10E+02	1.20E+02	4.03E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	6.86E+03	4.46E+03	2.07E+02	0.00E+00	7.40E+00
I-132	7.37E+03	2.40E+03	1.48E+01	0.00E+00	0.00E+00
I-133	1.37E+04	8.24E+03	3.18E+02	3.70E+00	0.00E+00
I-134	7.15E+03	8.88E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	1.19E+04	6.02E+03	1.48E+02	0.00E+00	0.00E+00
碱金属					
Rb-86	1.44E+01	9.42E+00	4.48E-01	3.70E-03	2.22E-02
Cs-134	1.27E+03	8.33E+02	4.00E+01	3.70E-01	3.70E+00
Cs-136	3.74E+02	2.44E+02	1.18E+01	0.00E+00	3.70E-01
Cs-137	8.24E+02	5.41E+02	2.59E+01	3.70E-01	2.22E+00
Cs-138	4.07E+03	2.07E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
惰性气体					
Kr-85m	2.60E+03	5.65E+03	3.37E+03	1.55E+02	0.00E+00
Kr-85	1.26E+02	4.71E+02	1.25E+03	2.82E+03	2.42E+04
Kr-87	3.23E+03	2.26E+03	8.88E+01	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	6.35E+03	1.03E+04	3.04E+03	3.33E+01	0.00E+00
Xe-131m	1.31E+02	4.90E+02	1.27E+03	2.57E+03	1.04E+04
Xe-133m	7.35E+02	2.65E+03	6.11E+03	7.96E+03	5.00E+03
Xe-133	2.36E+04	8.74E+04	2.19E+05	3.89E+05	7.70E+05
Xe-135m	3.77E+02	4.81E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	5.86E+03	1.67E+04	2.03E+04	4.22E+03	3.70E+01
Xe-138	1.38E+03	1.22E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

表 7.1-18　SGTR 事故一次侧到二次侧破口流量

时间（s）	释放量（kg）
0~2663.1	4.65E+04
2663.1~3217.1	6.54E+03
3217.1~3497.2	2.68E+03
3497.2~15413.1	1.20E+05
15413.1~17001.1	1.09E+04
17001.1~34669.1	1.94E+04
>34669.1	0.00E+00

表 7.1-19　SGTR 事故累计破口闪蒸量

时间（s）	释放量（kg）
0~61.1	8.48E+01
61.1~121.1	7.34E+01
121.1~181.1	7.71E+01
181.1~241.1	6.64E+01
241.1~301.1	6.16E+01
301.1~2663.1	1.99E+03
2663.1~3217.1	2.21E+02
3217.1~3497.2	2.68E+01
>3497.2	0.00E+00

表 7.1-20　SGTR 事故破损蒸汽发生器向大气排放蒸汽的质量流量

时间（s）	释放量（kg）
0~301.1	9.69E+03
301.1~2663.1	5.64E+04
2663.1~3217.1	4.95E+04
3217.1~34669.1	3.86E+03
34669.1~36469.1	0.00E+00
36469.1~58069.1	3.86E+04
>58069.1	0.00E+00

表 7.1-21　SGTR 事故完整蒸汽发生器向大气排放蒸汽的质量流量

时间（s）	释放量（kg）
0~34669.1	8.86E+04
34669.1~36469.1	4.80E+04
36469.1~58069.1	3.96E+05
>58069.1	0.00E+00

表 7.1-22　厂址非居住区边界 0－2 小时短期大气弥散因子

（各方位角 99.5%和全厂址 95%、50%概率水平）

方位	距离（m）	0-2h 弥散因子（s/m^3）
S	800	2.49E-04
SSW	800	2.79E-04
SW	800	2.61E-04
WSW	800	2.03E-04
W	800	1.30E-04
WNW	800	1.30E-04
NW	800	1.14E-04
NNW	800	1.07E-04
N	800	8.97E-05
NNE	800	9.37E-05
NE	800	1.04E-04
ENE	800	1.03E-04
E	800	9.83E-05
ESE	800	1.36E-04
SE	800	1.39E-04
SSE	800	1.66E-04
全厂址 50%	--	4.35E-05
全厂址 95%	--	2.16E-04
最大值	--	2.79E-04

表 7.1-23　厂址规划限制区边界 30 天内短期大气弥散因子

（各方位角 99.5%和全厂址 95%、50%概率水平）

单位：s/m^3

方位	规划限制区外边界（5000m）				
	0-2h	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h
S	4.03E-05	1.93E-05	1.33E-05	5.97E-06	1.89E-06
SSW	4.52E-05	2.33E-05	1.68E-05	8.18E-06	2.92E-06
SW	4.23E-05	2.08E-05	1.46E-05	6.76E-06	2.24E-06
WSW	3.29E-05	1.51E-05	1.02E-05	4.41E-06	1.31E-06
W	2.08E-05	9.18E-06	6.09E-06	2.50E-06	6.97E-07
WNW	2.05E-05	9.42E-06	6.38E-06	2.74E-06	8.17E-07
NW	1.73E-05	8.02E-06	5.46E-06	2.37E-06	7.16E-07
NNW	1.53E-05	6.97E-06	4.70E-06	2.00E-06	5.88E-07
N	1.16E-05	5.54E-06	3.84E-06	1.73E-06	5.49E-07
NNE	1.27E-05	6.05E-06	4.18E-06	1.87E-06	5.88E-07
NE	1.51E-05	6.86E-06	4.62E-06	1.96E-06	5.71E-07
ENE	1.48E-05	6.83E-06	4.65E-06	2.01E-06	6.06E-07
E	1.37E-05	6.18E-06	4.15E-06	1.75E-06	5.06E-07
ESE	2.17E-05	9.64E-06	6.42E-06	2.66E-06	7.53E-07
SE	2.23E-05	9.83E-06	6.52E-06	2.68E-06	7.45E-07
SSE	2.68E-05	1.17E-05	7.75E-06	3.16E-06	8.71E-07
全厂址 50%	3.29E-06	2.62E-06	2.34E-06	1.82E-06	1.28E-06
全厂址 95%	3.48E-05	1.88E-05	1.38E-05	7.04E-06	2.69E-06
最大值	4.52E-05	2.33E-05	1.68E-05	8.18E-06	2.92E-06

表 7.1-24　厂址 MSLB 事故（事故并发碘尖峰）剂量计算结果（依据各方位角 99.5%概率水平弥散因子计算）

方位角	非居住区边界		规划限制区边界（5km）							
	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）	个人有效剂量（Sv）				甲状腺当量剂量（Sv）			
	0-2h	0-2h	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h
S	5.17E-04	6.34E-03	3.90E-04	3.71E-04	4.19E-04	0.00E+00	4.41E-03	3.51E-03	4.60E-03	0.00E+00
SSW	5.80E-04	7.10E-03	4.71E-04	4.69E-04	5.75E-04	0.00E+00	5.34E-03	4.44E-03	6.30E-03	0.00E+00
SW	5.42E-04	6.65E-03	4.20E-04	4.07E-04	4.74E-04	0.00E+00	4.75E-03	3.86E-03	5.21E-03	0.00E+00
WSW	4.23E-04	5.17E-03	3.04E-04	2.84E-04	3.11E-04	0.00E+00	3.46E-03	2.70E-03	3.40E-03	0.00E+00
W	2.70E-04	3.31E-03	1.85E-04	1.70E-04	1.75E-04	0.00E+00	2.10E-03	1.61E-03	1.93E-03	0.00E+00
WNW	2.70E-04	3.31E-03	1.90E-04	1.78E-04	1.92E-04	0.00E+00	2.15E-03	1.69E-03	2.11E-03	0.00E+00
NW	2.37E-04	2.90E-03	1.62E-04	1.52E-04	1.66E-04	0.00E+00	1.83E-03	1.44E-03	1.83E-03	0.00E+00
NNW	2.23E-04	2.72E-03	1.41E-04	1.31E-04	1.40E-04	0.00E+00	1.59E-03	1.24E-03	1.54E-03	0.00E+00
N	1.87E-04	2.28E-03	1.12E-04	1.07E-04	1.21E-04	0.00E+00	1.27E-03	1.02E-03	1.33E-03	0.00E+00
NNE	1.94E-04	2.38E-03	1.22E-04	1.17E-04	1.31E-04	0.00E+00	1.38E-03	1.11E-03	1.44E-03	0.00E+00
NE	2.16E-04	2.64E-03	1.39E-04	1.29E-04	1.38E-04	0.00E+00	1.57E-03	1.22E-03	1.51E-03	0.00E+00
ENE	2.14E-04	2.62E-03	1.38E-04	1.30E-04	1.41E-04	0.00E+00	1.56E-03	1.23E-03	1.55E-03	0.00E+00
E	2.04E-04	2.50E-03	1.25E-04	1.16E-04	1.23E-04	0.00E+00	1.41E-03	1.10E-03	1.35E-03	0.00E+00
ESE	2.82E-04	3.46E-03	1.95E-04	1.79E-04	1.87E-04	0.00E+00	2.21E-03	1.70E-03	2.05E-03	0.00E+00
SE	2.89E-04	3.54E-03	1.98E-04	1.82E-04	1.88E-04	0.00E+00	2.25E-03	1.73E-03	2.07E-03	0.00E+00
SSE	3.45E-04	4.22E-03	2.36E-04	2.16E-04	2.22E-04	0.00E+00	2.68E-03	2.05E-03	2.44E-03	0.00E+00

表 7.1-25　厂址 MSLB 事故（事故前碘尖峰）剂量计算结果（依据各方位角 99.5%概率水平弥散因子计算）

方位角	非居住区边界		规划限制区边界（5km）							
	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）	个人有效剂量（Sv）				甲状腺当量剂量（Sv）			
	0-2h	0-2h	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h
S	3.16E-04	3.17E-03	6.12E-05	3.25E-05	3.98E-05	0.00E+00	6.00E-04	2.97E-04	4.04E-04	0.00E+00
SSW	3.54E-04	3.56E-03	7.41E-05	4.09E-05	5.44E-05	0.00E+00	7.24E-04	3.74E-04	5.53E-04	0.00E+00
SW	3.32E-04	3.32E-03	6.62E-05	3.55E-05	4.50E-05	0.00E+00	6.46E-04	3.25E-04	4.58E-04	0.00E+00
WSW	2.58E-04	2.59E-03	4.80E-05	2.49E-05	2.92E-05	0.00E+00	4.69E-04	2.28E-04	2.98E-04	0.00E+00
W	1.66E-04	1.66E-03	2.92E-05	1.49E-05	1.66E-05	0.00E+00	2.85E-04	1.36E-04	1.70E-04	0.00E+00
WNW	1.66E-04	1.66E-03	3.00E-05	1.56E-05	1.82E-05	0.00E+00	2.93E-04	1.42E-04	1.86E-04	0.00E+00
NW	1.45E-04	1.45E-03	2.55E-05	1.33E-05	1.58E-05	0.00E+00	2.49E-04	1.22E-04	1.60E-04	0.00E+00
NNW	1.36E-04	1.36E-03	2.21E-05	1.15E-05	1.33E-05	0.00E+00	2.16E-04	1.05E-04	1.35E-04	0.00E+00
N	1.14E-04	1.14E-03	1.76E-05	9.36E-06	1.15E-05	0.00E+00	1.72E-04	8.57E-05	1.17E-04	0.00E+00
NNE	1.19E-04	1.19E-03	1.92E-05	1.02E-05	1.24E-05	0.00E+00	1.88E-04	9.32E-05	1.26E-04	0.00E+00
NE	1.32E-04	1.32E-03	2.18E-05	1.13E-05	1.30E-05	0.00E+00	2.13E-04	1.03E-04	1.33E-04	0.00E+00
ENE	1.31E-04	1.31E-03	2.17E-05	1.13E-05	1.34E-05	0.00E+00	2.12E-04	1.04E-04	1.37E-04	0.00E+00
E	1.25E-04	1.25E-03	1.97E-05	1.01E-05	1.17E-05	0.00E+00	1.92E-04	9.24E-05	1.18E-04	0.00E+00
ESE	1.73E-04	1.73E-03	3.07E-05	1.57E-05	1.77E-05	0.00E+00	3.00E-04	1.43E-04	1.80E-04	0.00E+00
SE	1.77E-04	1.77E-03	3.13E-05	1.59E-05	1.79E-05	0.00E+00	3.05E-04	1.46E-04	1.81E-04	0.00E+00
SSE	2.11E-04	2.11E-03	3.72E-05	1.89E-05	2.10E-05	0.00E+00	3.63E-04	1.73E-04	2.14E-04	0.00E+00

表 7.1-26　厂址卡转子事故（启动给水不可用）剂量计算结果（依据各方位角 99.5%概率水平弥散因子计算）

方位角	非居住区边界		规划限制区边界（5km）	
	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）
	0-2h	0-2h	0-2h	0-2h
S	2.07E-03	2.86E-02	4.62E-04	4.63E-03
SSW	2.32E-03	3.21E-02	5.19E-04	5.19E-03
SW	2.18E-03	3.00E-02	4.85E-04	4.86E-03
WSW	1.70E-03	2.33E-02	3.79E-04	3.78E-03
W	1.08E-03	1.49E-02	2.39E-04	2.38E-03
WNW	1.08E-03	1.49E-02	2.35E-04	2.36E-03
NW	9.51E-04	1.31E-02	1.98E-04	1.98E-03
NNW	8.92E-04	1.23E-02	1.76E-04	1.76E-03
N	7.49E-04	1.03E-02	1.33E-04	1.33E-03
NNE	7.82E-04	1.08E-02	1.46E-04	1.46E-03
NE	8.67E-04	1.19E-02	1.73E-04	1.73E-03
ENE	8.59E-04	1.18E-02	1.70E-04	1.70E-03
E	8.21E-04	1.13E-02	1.57E-04	1.57E-03
ESE	1.14E-03	1.56E-02	2.49E-04	2.49E-03
SE	1.16E-03	1.60E-02	2.56E-04	2.56E-03
SSE	1.39E-03	1.90E-02	3.08E-04	3.08E-03

表 7.1-27　厂址卡转子事故（启动给水可用）剂量计算结果（依据各方位角 99.5%概率水平弥散因子计算）

方位角	非居住区边界		规划限制区边界（5km）	
	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）
	0-2h	0-2h	0-8h	0-8h
S	1.04E-03	9.89E-03	1.07E-03	1.14E-02
SSW	1.16E-03	1.11E-02	1.29E-03	1.38E-02
SW	1.09E-03	1.04E-02	1.15E-03	1.23E-02
WSW	8.46E-04	8.07E-03	8.36E-04	8.95E-03
W	5.41E-04	5.16E-03	5.07E-04	5.44E-03
WNW	5.41E-04	5.16E-03	5.21E-04	5.59E-03
NW	4.75E-04	4.53E-03	4.44E-04	4.75E-03
NNW	4.45E-04	4.25E-03	3.87E-04	4.13E-03
N	3.73E-04	3.56E-03	3.07E-04	3.28E-03
NNE	3.90E-04	3.72E-03	3.35E-04	3.59E-03
NE	4.32E-04	4.13E-03	3.80E-04	4.06E-03
ENE	4.29E-04	4.09E-03	3.78E-04	4.05E-03
E	4.09E-04	3.90E-03	3.42E-04	3.67E-03
ESE	5.65E-04	5.40E-03	5.34E-04	5.71E-03
SE	5.79E-04	5.52E-03	5.45E-04	5.83E-03
SSE	6.91E-04	6.59E-03	6.48E-04	6.93E-03

表 7.1-28　厂址弹棒事故剂量计算结果（依据各方位角 99.5%概率水平弥散因子计算）

方位角	非居住区边界		规划限制区边界（5km）							
	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）	个人有效剂量（Sv）				甲状腺当量剂量（Sv）			
	0-2h	0-2h	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h
S	1.21E-02	1.22E-01	2.72E-03	5.71E-04	4.12E-05	9.09E-06	2.39E-02	4.45E-03	3.41E-04	7.91E-05
SSW	1.36E-02	1.36E-01	3.28E-03	7.21E-04	5.64E-05	1.41E-05	2.88E-02	5.62E-03	4.67E-04	1.22E-04
SW	1.28E-02	1.28E-01	2.93E-03	6.27E-04	4.66E-05	1.08E-05	2.57E-02	4.89E-03	3.86E-04	9.38E-05
WSW	9.93E-03	9.94E-02	2.13E-03	4.38E-04	3.04E-05	6.30E-06	1.87E-02	3.42E-03	2.52E-04	5.49E-05
W	6.36E-03	6.35E-02	1.30E-03	2.61E-04	1.72E-05	3.36E-06	1.14E-02	2.04E-03	1.43E-04	2.91E-05
WNW	6.36E-03	6.35E-02	1.33E-03	2.74E-04	1.89E-05	3.93E-06	1.16E-02	2.14E-03	1.56E-04	3.42E-05
NW	5.58E-03	5.57E-02	1.13E-03	2.35E-04	1.63E-05	3.44E-06	9.92E-03	1.83E-03	1.35E-04	3.00E-05
NNW	5.24E-03	5.24E-02	9.82E-04	2.02E-04	1.38E-05	2.83E-06	8.62E-03	1.58E-03	1.14E-04	2.47E-05
N	4.39E-03	4.38E-02	7.81E-04	1.65E-04	1.19E-05	2.64E-06	6.85E-03	1.29E-03	9.87E-05	2.30E-05
NNE	4.57E-03	4.58E-02	8.53E-04	1.79E-04	1.29E-05	2.83E-06	7.49E-03	1.40E-03	1.07E-04	2.47E-05
NE	5.09E-03	5.09E-02	9.67E-04	1.99E-04	1.35E-05	2.75E-06	8.48E-03	1.55E-03	1.12E-04	2.39E-05
ENE	5.03E-03	5.04E-02	9.63E-04	2.00E-04	1.39E-05	2.92E-06	8.44E-03	1.56E-03	1.15E-04	2.53E-05
E	4.80E-03	4.81E-02	8.71E-04	1.78E-04	1.21E-05	2.43E-06	7.64E-03	1.39E-03	9.97E-05	2.12E-05
ESE	6.65E-03	6.65E-02	1.36E-03	2.76E-04	1.83E-05	3.63E-06	1.19E-02	2.15E-03	1.52E-04	3.15E-05
SE	6.79E-03	6.80E-02	1.39E-03	2.80E-04	1.84E-05	3.58E-06	1.22E-02	2.18E-03	1.52E-04	3.11E-05
SSE	8.12E-03	8.12E-02	1.65E-03	3.33E-04	2.18E-05	4.19E-06	1.45E-02	2.60E-03	1.80E-04	3.65E-05

表 7.1-29　厂址 SGTR 事故（事故并发碘尖峰）剂量计算结果（依据各方位角 99.5%概率水平弥散因子计算）

方位角	非居住区边界		规划限制区边界（5km）			
	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）	个人有效剂量（Sv）		甲状腺当量剂量（Sv）	
	0-2h	0-2h	0-8h	8-24h	0-8h	8-24h
S	2.80E-03	4.17E-02	3.40E-04	2.36E-04	3.54E-03	2.28E-03
SSW	3.15E-03	4.67E-02	4.10E-04	2.99E-04	4.27E-03	2.88E-03
SW	2.94E-03	4.37E-02	3.66E-04	2.59E-04	3.82E-03	2.50E-03
WSW	2.29E-03	3.40E-02	2.65E-04	1.81E-04	2.78E-03	1.75E-03
W	1.47E-03	2.17E-02	1.62E-04	1.08E-04	1.68E-03	1.04E-03
WNW	1.47E-03	2.17E-02	1.66E-04	1.13E-04	1.72E-03	1.09E-03
NW	1.28E-03	1.91E-02	1.41E-04	9.70E-05	1.47E-03	9.35E-04
NNW	1.20E-03	1.80E-02	1.23E-04	8.36E-05	1.28E-03	8.05E-04
N	1.01E-03	1.50E-02	9.75E-05	6.83E-05	1.02E-03	6.58E-04
NNE	1.06E-03	1.57E-02	1.06E-04	7.43E-05	1.11E-03	7.16E-04
NE	1.18E-03	1.74E-02	1.21E-04	8.21E-05	1.26E-03	7.92E-04
ENE	1.16E-03	1.73E-02	1.20E-04	8.26E-05	1.25E-03	7.97E-04
E	1.11E-03	1.65E-02	1.09E-04	7.38E-05	1.13E-03	7.11E-04
ESE	1.54E-03	2.28E-02	1.69E-04	1.14E-04	1.76E-03	1.10E-03
SE	1.56E-03	2.33E-02	1.73E-04	1.16E-04	1.80E-03	1.12E-03
SSE	1.87E-03	2.78E-02	2.06E-04	1.38E-04	2.15E-03	1.32E-03

表 7.1-30　厂址 SGTR 事故（事故前碘尖峰）剂量计算结果（依据各方位角 99.5%概率水平弥散因子计算）

方位角	非居住区边界		规划限制区边界（5km）			
	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）	个人有效剂量（Sv）		甲状腺当量剂量（Sv）	
	0-2h	0-2h	0-8h	8-24h	0-8h	8-24h
S	5.87E-03	9.66E-02	6.76E-04	7.34E-05	7.61E-03	6.99E-04
SSW	6.58E-03	1.08E-01	8.19E-04	9.27E-05	9.20E-03	8.82E-04
SW	6.15E-03	1.01E-01	7.30E-04	8.06E-05	8.21E-03	7.66E-04
WSW	4.79E-03	7.87E-02	5.30E-04	5.63E-05	5.95E-03	5.35E-04
W	3.06E-03	5.04E-02	3.22E-04	3.37E-05	3.62E-03	3.20E-04
WNW	3.06E-03	5.04E-02	3.31E-04	3.53E-05	3.71E-03	3.35E-04
NW	2.69E-03	4.42E-02	2.82E-04	3.01E-05	3.16E-03	2.87E-04
NNW	2.53E-03	4.15E-02	2.45E-04	2.59E-05	2.75E-03	2.47E-04
N	2.10E-03	3.48E-02	1.94E-04	2.12E-05	2.18E-03	2.02E-04
NNE	2.21E-03	3.63E-02	2.12E-04	2.31E-05	2.39E-03	2.19E-04
NE	2.45E-03	4.03E-02	2.41E-04	2.55E-05	2.71E-03	2.43E-04
ENE	2.43E-03	3.99E-02	2.40E-04	2.57E-05	2.69E-03	2.44E-04
E	2.32E-03	3.81E-02	2.17E-04	2.29E-05	2.44E-03	2.18E-04
ESE	3.21E-03	5.27E-02	3.39E-04	3.54E-05	3.80E-03	3.37E-04
SE	3.28E-03	5.39E-02	3.46E-04	3.60E-05	3.88E-03	3.42E-04
SSE	3.92E-03	6.44E-02	4.10E-04	4.27E-05	4.61E-03	4.07E-04

表 7.1-31　厂址小管道破裂事故剂量计算结果（依据各方位角 99.5%概率水平弥散因子计算）

方位角	非居住区边界		规划限制区边界（5km）	
	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）
	0-2h	0-2h	0-2h	0-2h
S	2.25E-03	3.40E-02	5.26E-04	5.51E-03
SSW	2.52E-03	3.82E-02	5.90E-04	6.18E-03
SW	2.35E-03	3.56E-02	5.52E-04	5.78E-03
WSW	1.83E-03	2.78E-02	4.28E-04	4.49E-03
W	1.17E-03	1.78E-02	2.71E-04	2.84E-03
WNW	1.17E-03	1.78E-02	2.67E-04	2.80E-03
NW	1.03E-03	1.56E-02	2.25E-04	2.37E-03
NNW	9.65E-04	1.46E-02	2.00E-04	2.09E-03
N	8.09E-04	1.22E-02	1.51E-04	1.59E-03
NNE	8.44E-04	1.28E-02	1.66E-04	1.73E-03
NE	9.38E-04	1.42E-02	1.97E-04	2.06E-03
ENE	9.27E-04	1.41E-02	1.93E-04	2.02E-03
E	8.87E-04	1.34E-02	1.78E-04	1.87E-03
ESE	1.23E-03	1.86E-02	2.82E-04	2.97E-03
SE	1.25E-03	1.90E-02	2.90E-04	3.05E-03
SSE	1.50E-03	2.27E-02	3.49E-04	3.66E-03

表 7.1-32　厂址燃料操作事故剂量计算结果（依据各方位角 99.5%概率水平弥散因子计算）

方位角	非居住区边界		规划限制区边界（5km）	
	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）
	0-2h	0-2h	0-2h	0-2h
S	2.50E-02	4.47E-01	5.25E-03	7.23E-02
SSW	2.80E-02	5.00E-01	5.89E-03	8.10E-02
SW	2.63E-02	4.68E-01	5.50E-03	7.59E-02
WSW	2.03E-02	3.64E-01	4.28E-03	5.90E-02
W	1.31E-02	2.34E-01	2.70E-03	3.73E-02
WNW	1.31E-02	2.34E-01	2.66E-03	3.67E-02
NW	1.15E-02	2.05E-01	2.26E-03	3.10E-02
NNW	1.08E-02	1.91E-01	2.00E-03	2.74E-02
N	9.02E-03	1.61E-01	1.51E-03	2.08E-02
NNE	9.42E-03	1.68E-01	1.65E-03	2.27E-02
NE	1.05E-02	1.86E-01	1.97E-03	2.71E-02
ENE	1.04E-02	1.84E-01	1.93E-03	2.66E-02
E	9.89E-03	1.76E-01	1.78E-03	2.46E-02
ESE	1.37E-02	2.44E-01	2.82E-03	3.89E-02
SE	1.40E-02	2.49E-01	2.91E-03	4.00E-02
SSE	1.67E-02	2.97E-01	3.48E-03	4.81E-02

表 7.1-33　厂址 DBA LOCA 事故剂量计算结果（依据各方位角 99.5%概率水平弥散因子计算）

方位角	非居住区边界		规划限制区边界（5km）							
	个人有效剂量（Sv）	甲状腺当量剂量（Sv）	个人有效剂量（Sv）				甲状腺当量剂量（Sv）			
	0-2h	0-2h	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h
S	1.37E-02	1.42E-01	1.92E-03	3.48E-05	1.38E-05	1.11E-05	1.77E-02	2.89E-04	1.79E-04	1.59E-04
SSW	1.54E-02	1.59E-01	2.32E-03	4.39E-05	1.89E-05	1.71E-05	2.13E-02	3.65E-04	2.46E-04	2.45E-04
SW	1.44E-02	1.49E-01	2.07E-03	3.82E-05	1.56E-05	1.31E-05	1.91E-02	3.17E-04	2.03E-04	1.88E-04
WSW	1.11E-02	1.16E-01	1.50E-03	2.67E-05	1.02E-05	7.65E-06	1.38E-02	2.21E-04	1.32E-04	1.10E-04
W	7.15E-03	7.42E-02	9.15E-04	1.59E-05	5.79E-06	4.07E-06	8.41E-03	1.32E-04	7.52E-05	5.85E-05
WNW	7.15E-03	7.42E-02	9.40E-04	1.67E-05	6.34E-06	4.77E-06	8.64E-03	1.38E-04	8.23E-05	6.86E-05
NW	6.28E-03	6.51E-02	7.99E-04	1.43E-05	5.48E-06	4.18E-06	7.35E-03	1.18E-04	7.13E-05	6.01E-05
NNW	5.89E-03	6.10E-02	6.95E-04	1.23E-05	4.62E-06	3.43E-06	6.38E-03	1.02E-04	6.01E-05	4.93E-05
N	4.94E-03	5.11E-02	5.51E-04	1.00E-05	4.00E-06	3.21E-06	5.07E-03	8.34E-05	5.20E-05	4.60E-05
NNE	5.15E-03	5.34E-02	6.03E-04	1.09E-05	4.32E-06	3.43E-06	5.55E-03	9.08E-05	5.62E-05	4.93E-05
NE	5.73E-03	5.94E-02	6.84E-04	1.21E-05	4.54E-06	3.34E-06	6.28E-03	1.00E-04	5.89E-05	4.79E-05
ENE	5.67E-03	5.87E-02	6.81E-04	1.21E-05	4.64E-06	3.54E-06	6.26E-03	1.01E-04	6.04E-05	5.09E-05
E	5.42E-03	5.60E-02	6.16E-04	1.08E-05	4.05E-06	2.96E-06	5.66E-03	9.01E-05	5.26E-05	4.24E-05
ESE	7.49E-03	7.76E-02	9.61E-04	1.68E-05	6.14E-06	4.40E-06	8.83E-03	1.39E-04	7.99E-05	6.32E-05
SE	7.66E-03	7.93E-02	9.79E-04	1.70E-05	6.20E-06	4.36E-06	9.00E-03	1.41E-04	8.05E-05	6.26E-05
SSE	9.15E-03	9.47E-02	1.17E-03	2.02E-05	7.31E-06	5.10E-06	1.07E-02	1.68E-04	9.49E-05	7.30E-05

表 7.1-34（a）事故后果与国家标准的比较（保守值）

事故	事故类别	非居住区边界				规划限制区边界（5km）			
		有效剂量（Sv）		甲状腺当量剂量（Sv）		有效剂量（Sv）		甲状腺当量剂量（Sv）	
		最大剂量	限值占比（%）	最大剂量	限值占比（%）	最大剂量	限值占比（%）	最大剂量	限值占比（%）
MSLB 事故-事故并发碘尖峰	极限事故	5.80E-04	0.58	7.10E-03	0.71	1.51E-03	1.51	1.61E-02	1.61
MSLB 事故-事故前碘尖峰	极限事故	3.54E-04	0.35	3.56E-03	0.36	1.69E-04	0.17	1.65E-03	0.17
卡转子事故-启动给水不可用	极限事故	2.32E-03	2.32	3.21E-02	3.21	5.19E-04	0.52	5.19E-03	0.52
卡转子事故-启动给水可用	极限事故	1.16E-03	1.16	1.11E-02	1.11	1.29E-03	1.29	1.38E-02	1.38
弹棒事故	极限事故	1.36E-02	13.61	1.36E-01	13.60	4.07E-03	4.07	3.50E-02	3.50
SGTR 事故-事故并发碘尖峰	稀有事故	3.15E-03	62.98	4.67E-02	93.40	7.08E-04	14.17	7.15E-03	14.30
SGTR 事故-事故前碘尖峰	极限事故	6.58E-03	6.58	1.08E-01	10.80	9.11E-04	0.91	1.01E-02	1.01
小管道破裂事故	稀有事故	2.52E-03	50.36	3.82E-02	76.40	5.90E-04	11.80	6.18E-03	12.36
燃料操作事故	极限事故	2.80E-02	28.01	5.00E-01	50.00	5.89E-03	5.89	8.10E-02	8.10
DBA LOCA 事故	极限事故	1.54E-02	15.35	1.59E-01	15.90	2.40E-03	2.40	2.22E-02	2.22

注：依据全厂址 95%概率水平和各方位 99.5%概率水平中较大的大气弥散因子计算

表 7.1-34（b）事故后果与国家标准的比较（现实值）

事故	事故类别	非居住区边界				规划限制区边界（5km）			
		有效剂量（Sv）		甲状腺当量剂量（Sv）		有效剂量（Sv）		甲状腺当量剂量（Sv）	
		最大剂量	限值占比（%）	最大剂量	限值占比（%）	最大剂量	限值占比（%）	最大剂量	限值占比（%）
MSLB 事故-事故并发碘尖峰	极限事故	9.04E-05	0.09	1.11E-03	0.11	2.46E-04	0.25	2.62E-03	0.26
MSLB 事故-事故前碘尖峰	极限事故	5.52E-05	0.06	5.54E-04	0.06	2.61E-05	0.03	2.57E-04	0.03
卡转子事故-启动给水不可用	极限事故	3.63E-04	0.36	4.99E-03	0.50	3.79E-05	0.04	3.78E-04	0.04
卡转子事故-启动给水可用	极限事故	1.81E-04	0.18	1.73E-03	0.17	1.45E-04	0.15	1.56E-03	0.16
弹棒事故	极限事故	2.13E-03	2.13	2.13E-02	2.13	4.88E-04	0.49	4.18E-03	0.42
SGTR 事故-事故并发碘尖峰	稀有事故	4.91E-04	9.82	7.29E-03	14.58	8.77E-05	1.75	8.82E-04	1.76
SGTR 事故-事故前碘尖峰	极限事故	1.03E-03	1.03	1.69E-02	1.69	1.05E-04	0.10	1.15E-03	0.12
小管道破裂事故	稀有事故	3.92E-04	7.84	5.94E-03	11.88	4.28E-05	0.86	4.49E-04	0.90
燃料操作事故	极限事故	4.38E-03	4.38	7.80E-02	7.80	4.28E-04	0.43	5.90E-03	0.59
DBA LOCA 事故	极限事故	2.39E-03	2.39	2.48E-02	2.48	2.78E-04	0.28	2.61E-03	0.26

注：依据全厂址 50%概率水平的大气弥散因子计算

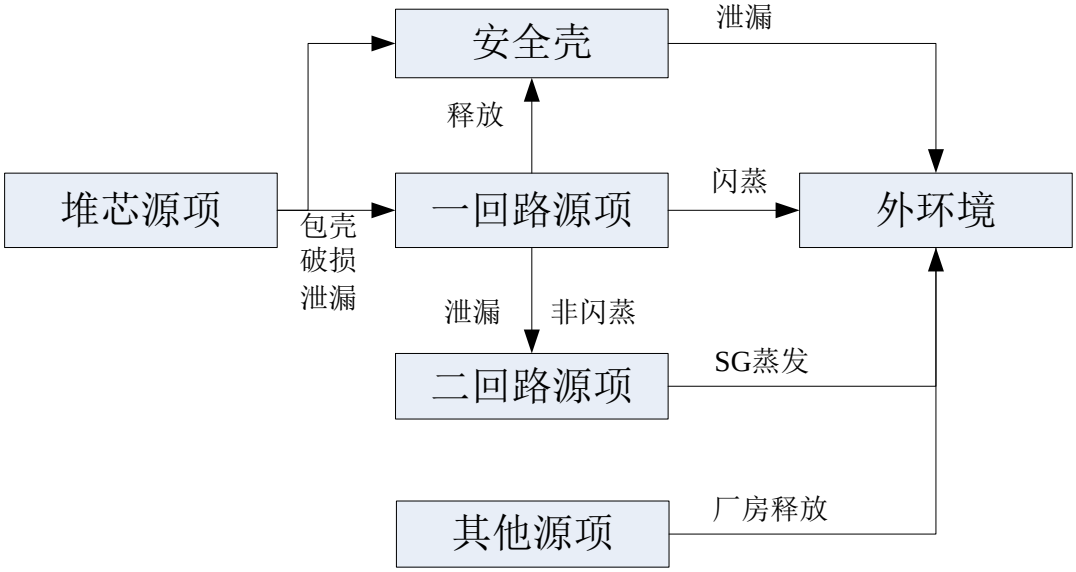


图 7.1-1　放射性转移的示意图

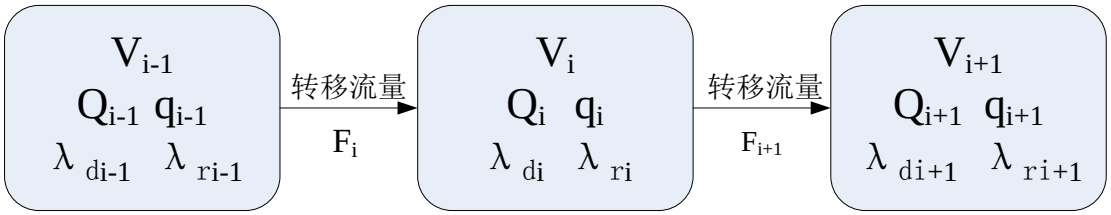


图 7.1-2　放射性转移的数学模型

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

超设计基准事故中的某些概率很低的核动力厂状态，可能由安全系统多重故障而引起，并导致堆芯明显恶化，它们可能危及多层或所有用于防止放射性物质释放的屏障的完整性。这些事件序列被称之为严重事故。对压水堆核电厂，尽管严重事故的发生概率极低，但是一旦发生，将会导致堆芯损伤，如果不采取相应的缓解措施，不仅会导致反应堆压力容器失效，还可能导致安全壳失效，引起放射性物质不可控地向环境大量释放，后果极其严重。因此，需要采用充分可靠的措施来防止设计基准事故发展为严重事故，并设置相关的措施在严重事故发生后缓解事故的后果。

严重事故发生后，烟羽中的放射性气体和气溶胶会随着风向在大气中输运。输运过程中，放射性物质会对人体产生辐射影响。为全面评价潜在的事故造成的厂外剂量风险，针对每一类别的释放，均选取了一个代表性源项，作为该释放类别的包络值。共确定 6 类典型的释放类别，概述如下：

- IC：事故中安全壳始终保持完整，放射性物质向环境的释放量与安全壳设计基准泄漏率相关。
- BP：裂变产物从反应堆冷却剂系统通过旁通安全壳的二回路系统和其它连接系统，释放到环境中。安全壳在堆芯开始损伤之前失效。
- CI：裂变产物通过那些失效的用于隔离安全壳与环境之间连接的系统和阀门释放。安全壳在堆芯开始损伤之前失效。
- CFE：裂变产物通过失效安全壳释放，安全壳失效由发生在堆芯开始损伤之后堆芯熔融物再就位之前的严重事故现象造成。这些现象包括：氢气爆炸、氢气扩散火焰、蒸汽爆炸以及压力容器失效。
- CFI：裂变产物通过失效安全壳释放，安全壳失效由发生在堆芯熔融物再就位之后 24h 之内的严重事故现象造成的。这些现象包括：氢气爆炸和氢气爆燃。
- CFL：裂变产物通过失效安全壳释放，安全壳失效由在 24h 后发生的一些严重事故现象造成的。这些严重事故现象包括：安全壳热排出失效（非能动安全壳冷却系统失效）。

各释放类别的代表性事故序列描述见表 7.2-1，六类严重事故释放频率见表 7.2-2。保守地假设从安全壳泄漏的碘中 5%为挥发碘，95%为粒子碘，六类严重事故的释放份额见表 7.2-3。

7.2.2 事故后果

厂址不同距离处的通用干预水平超越概率和厂址半径 80km 范围内公众集体剂量风险值计算均采用基于概率论方法的严重事故后果评价方法。评价计算包括大气扩散模拟、事故早期剂量评估。

大气扩散模拟中主要考虑天气条件的分类取样、释放量的计算、烟羽抬升高度的计算、烟羽长度的计算、烟羽扩散和输运计算、核素浓度计算。

早期剂量评估主要考虑 3 种途径：1）烟羽中放射性物质的直接外照射（烟云照射）；2）吸入烟羽中放射性物质造成的照射（烟云吸入）；3）放射性物质沉积在地面上的照射（地面照射）。

严重事故评估计算的主要参数如下：

1）大气扩散相关数据

气象数据采用 8760 小时的全年逐时气象数据，主要的观测要素为广西白龙厂址气象观测设施 10m 高度风速、风向、降雨量和大气稳定度。

混合层高度参数的设置参考厂址的混合层高度推荐值，具体数值见本报告第二章 2.4 节。

2）早期剂量计算相关数据

各照射途径计算公式如下：

（1）烟云照射：

$$DC_k = \left[\sum_i AC_i^c \bullet DFC_{\infty ik}\right] \bullet C \bullet F \bullet SFC \quad （7.2.2\text{-}1）$$

式中：

DC_k—烟羽段通过细单元格时对器官 k 造成的烟云照射剂量，Sv；

AC^c_i—烟羽中心线处 i 核素的时间积分空气浓度，$Bq\text{-}s/m^3$；

$DFC_{\infty ik}$—i 核素对 k 器官的半无限烟云剂量转换因子，$Sv\text{-}m^2/Bq\text{-}s$；

C—有限烟羽修正因子（无量纲）；

F—烟羽经过时的照射时间份额，等于 T_E/T_0；T_E 是人受照射时间，s，T_0 是

烟羽段通过的持续时间，s；

SFC—烟云照射屏蔽因子（无量纲）。

（2）烟云吸入照射：

$$DI_k = \left[\sum_i AC_i \bullet DFI_{ik}\right] \bullet BR \bullet J \bullet F \bullet SFI \quad （7.2.2-2）$$

式中：

DI_k—烟羽经过时，对 k 器官造成的吸入剂量，Sv；

AC_i—烟羽中心线下 i 核素的时间积分地面空气浓度，Bq-s/m^3；

DFI_{ik}—i 核素对 k 器官急性或终身剂量的吸入剂量转换因子，Sv/Bq；

BR—呼吸率，m^3/s；

J—细单元格离中心线修正因子；

F—烟羽经过时的照射时间份额，等于 T_E/T_0；T_E 是人受照射时间，s，T_0 是烟羽段通过的持续时间，s；

SFI—吸入防护因子。

（3）地面照射：

$$DG_k^1 = GDR_k(t_o) \bullet \int_{t_1}^{t_2} (t - t_e)/(t_o - t_e)dt \quad （7.2.2-3）$$

式中：

GDR_k（t_o）—t_o 时刻对 k 器官的地面照射剂量率，Sv/s。

GDR_k（to）由下式计算：

$$GDR_k(t_o) = \left[\sum_i GC_i(t_o) \bullet DRFG_{ik}\right] \bullet J \bullet SFG \quad （7.2.2-4）$$

式中：

GDR_k（t_0）—t_0 时刻 k 器官的地面照射剂量率，Sv/s；

GC_i（t_0）—t_0 时刻烟羽中心线下 i 核素的地面浓度，Bq/m^2；

$DRFG_{ik}$—i 核素 k 器官的地面照射剂量率转换因子，Sv-m^2/Bq-s；

J—细单元格离中心线修正因子，无量纲；

SFG—地面照射屏蔽因子，无量纲。

（4）再悬浮吸入照射：

$$DR_k = \left[\sum_i GC_i \bullet DFI_{ik}\right] \bullet BR \bullet J \bullet RF \bullet SFI \quad （7.2.2-5）$$

式中：

DR_k—烟羽经过后，对 k 器官造成的再悬浮吸入剂量，Sv；

GC_i—烟羽离开细单元格时，烟羽中心线下 i 核素的地面浓度，Bq/m^2；

DFI_{ik}—i 核素对 k 器官的吸入剂量转换因子，Sv/Bq；

BR—呼吸率，m^3/s；

J—细单元格离中心线修正因子，无量纲；

RF—时间积分再悬浮因子，s/m；

SFI—吸入防护因子，无量纲。

大气弥散因子计算基于概率论的严重事故评价模型采用气象序列抽样得到厂址典型气象序列，通过分段烟羽模型计算不同气象序列中的核素迁移与扩散。

气象序列抽样中单个气象序列的长度为 120 小时，抽样方法为结构化的蒙特卡罗取样法，即按照选取条件对全年的天气序列进行分类，再从每一个类别中随机抽取一定数量的天气序列分别作为一次大气输运和扩散计算的输入，天气序列的分类和抽取是按照序列的起始时刻进行标记的，一年的气象文件包含 8760 小时的数据，也就是 8760 个天气序列的起始时刻。

核素在大气环境中的扩散采用高斯烟羽扩散模型，其基本假设为核素浓度在侧风向与垂向均满足高斯分布，同时将地面和逆温层作为全反射边界处理，得到烟羽中心线空气浓度和中心线以下地面空气浓度。

$$\chi(x,y=0,z)=\frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\overline{u}}\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right]+\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right]\right.$$

$$+\sum_{n=1}^{5}\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H-2nL}{\sigma_z}\right)^2\right]+\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H-2nL}{\sigma_z}\right)^2\right]\right.$$

$$\left.\left.+\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H+2nL}{\sigma_z}\right)^2\right]+\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H+2nL}{\sigma_z}\right)^2\right]\right\}\right\} \quad （7.2.2-6）$$

式中：

χ（x,y=0,z）—沿中心线下风向位置（x,0,z）处，时间积分空气浓度，$Bq\text{-}s/m^3$；

Q—源强，Bq；

$\bar{u}$—平均风速，m/s；

σ_y和σ_z—烟羽横向和垂向的标准偏差，m；

H=h+Δh—烟羽有效高度，m；

h—烟羽抬升前的初始释放高度，m；

Δh—烟羽抬升高度，m；

L—逆温层（混合层）高度，m。

此外，模型还考虑了烟团抬升、径流修正、干、湿沉积和衰变所致烟羽的耗散等现象。

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的适于应急照射情况下的通用干预水平：隐蔽为 10mSv、撤离为 50mSv、临时避迁为 30mSv、永久再定居为 1Sv。

《核电厂应急计划与准备准则第 1 部分：应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）规定对于压水堆核电厂，在满足安全准则的前提下，其烟羽应急计划区的区域范围，一般应考虑反应堆热功率的大小，在以反应堆为中心、半径 7km~10km 的范围内确定；烟羽应急计划区内区的范围，一般应考虑反应堆热功率的大小，在以反应堆为中心、半径 3km~5km 的范围内确定。

根据 CAP1000 的技术特性以及初步测算结果，采取《核电厂应急计划与准备准则 第 1 部分：应急计划区的划分》（GB/T 17680.1）中推荐值的下限，即烟羽应急计划区内区 3km、外区 7km，食入应急计划区 30km，从技术上是可行的。应急计划区的范围和大小将由当地政府在编制场外核应急预案时最终确定。计算距反应堆 3~10km 各距离段，各类严重事故加权综合的个人剂量超越干预水平概率结果见表 7.2-4，各类严重事故加权综合的个人剂量随距离变化的超越干预水平概率曲线见图 7.2-1~图 7.2-4。

结合本厂址气象条件、地形特征及人口分布特征，计算得到功率运行工况下，由于假想的裂变产物释放造成 80km 范围内公众集体剂量总风险是 8.32E-03 人 Sv/堆年，各释放类别详细数据见表 7.2-5。

7.2.3 严重事故预防和缓解方案

本工程采用先进非能动型压水堆核电厂设计，其系统和设备采用先进、成熟和保守的设计，满足我国法律法规和 IAEA、美国 URD 的要求，根据 PSA 分析

结果，其发生堆芯损伤的概率比美国 URD 的要求低得多。另外，在设计上充分考虑了严重事故相关的预防和缓解措施，其目标是缓解严重事故后果，尽可能保持安全壳完整，防止放射性物质向环境的大量释放。

主要的严重事故预防和缓解措施包括：

- 预防界面 LOCA—界面系统采用全压设计
- 预防保护和安全监测系统（PMS）共因失效及未能实现反应堆紧急停堆的预期瞬态（ATWS）—设置多样化驱动系统
- 事故下堆芯应急冷却—采用非能动堆芯冷却系统设计
- 事故下安全壳热量移出——设计非能动安全壳冷却系统
- 防止高压熔堆——设计非能动余热排出系统和自动卸压系统
- 缓解事故下产生的氢气——设置安全壳内氢气控制系统
- 防止反应堆压力容器失效——采取熔融物堆内滞留策略，采用事故下淹没堆腔设计并考虑堆腔淹没系统功能，使得在事故下反应堆压力容器淹没在冷却水中，从而使堆芯熔融物保持在反应堆压力容器内
- 防止堆外严重事故条件下安全壳失效——采用合理的堆腔设计，使其能够承受堆外严重事故现象产生的载荷
- 防止放射性废液产生和释放——采取安全壳滞留策略，保证事故废液全部滞留于安全壳内

此外，本工程还通过对人因、应急运行规程、核电厂应急计划、可能的高级别严重事故响应、堆芯损伤后投入操作的利弊和严重事故进程及时间表的综合考虑，建立严重事故管理导则，可在严重事故下为操纵员提供技术指导。其内容主要包括如下三个部分：（1）主控室严重事故管理导则；（2）技术支持中心严重事故管理导则；（3）技术支持中心严重挑战响应导则。

下面对严重事故下的主要预防和缓解措施进行简单评价：

1）界面系统采用全压设计

界面系统 LOCA（ISLOCA）是指反应堆冷却剂系统（RCS）压力边界在与一个低压系统的交界面处发生泄漏，RCS 冷却剂将会进入到低压系统。低压的界面系统不能承受 RCS 的高压力，在其边界（安全壳外）发生破口，从而将会导致反应堆冷却剂直接向环境的释放。由于冷却剂直接释放至安全壳外而大量流失，从而可能直接导致堆芯损伤。

对本工程而言，最重要的 ISLOCA 途径为正常余热排出系统（RNS）入口管和出口管。

RNS 管道设计为极限破裂强度不小于 RCS 的运行压力，并且位于安全壳外的 RNS 设备设计符合抗震Ⅰ类的要求。对于 RNS 暴露在正常的反应堆冷却剂系统压力事件中，RNS 管道发生破裂的概率极低。

2）设置多样化驱动系统

本工程设置了多样化驱动系统（DAS）来提供必要的仪控功能，以减少与 PMS 相关的共因失效所带来的风险。DAS 主要有以下三项功能：

- 在核电厂参数超出整定值的情况下，提供多样、备用、自动的驱动信号以使反应堆停堆，并启动选定系列的专设安全设施；
- 为反应堆停堆和选定的专设安全设施的启动提供一个多样、备用的独立手动启动能力；
- 为选定的核电厂参数提供专门独立的指示。

上述功能的目的是：

- 缓解 ATWS 的后果；
- 降低概率安全评价（PSA）中由于 PMS 的共因失效导致的堆芯熔化和安全壳超压事故概率。

3）采用非能动堆芯冷却系统设计

本工程非能动堆芯冷却系统（PXS）包括一个非能动余热排出热交换器、两个堆芯补水箱、两个安注箱和一个内置换料水箱（IRWST）。另外的 PXS 设备还包括 IRWST 滤网、IRWST 重力注射管线、安全壳再循环管线和事故后 pH 值调节篮等。非能动堆芯冷却系统可以在事故下为堆芯提供非能动的堆芯冷却，并可提供反应堆冷却剂系统的应急补水和硼化。PXS 可以完成如下功能：

- 应急堆芯余热排出

在设计基准瞬态、事故或丧失正常余热排出系统时，非能动余热排出系统可提供应急堆芯冷却功能。在功率运行 RCS 条件及停堆状态下，只要 RCS 压力边界维持完整，其热移出功能均可用。从长期而言，非能动余热排出系统可将 RCS 冷却至安全停堆状态。

- 反应堆冷却剂系统应急补水和硼化

在事故下，当化学和容积控制系统（CVS）的正常补水不可用或不足时，为RCS 提供补水和硼化。

- 安全注射

对各种破口尺寸直至主管道双端断裂破口 LOCA 事故提供非能动安全注射，从而为堆芯提供充分的冷却。

- 安全壳 pH 值控制

在事故发生后，通过添加化学物质调节安全壳内的 pH 值，以支持安全壳内高剂量放射性物质的包容，并防止在长期淹没过程中安全壳设备的应力腐蚀。

4）非能动安全壳热量移出

本工程安全壳由非能动安全壳冷却系统进行冷却，能够将热量通过钢安全壳直接传至大气环境。在事故工况下，安全壳外的冷却水依靠蒸发带走热量，为安全壳提供长期冷却并限制安全壳压力。当发生概率极低的非能动安全壳冷却系统冷却水丧失事故时，通过环形空间的空气自然对流也能持续为安全壳提供重要的冷却，减缓安全壳升压速度，在较长时间内防止安全壳超压。

在接收到自动触发或手动打开信号后，非能动安全壳冷却系统阀门将打开，并依靠从顶部喷淋水的自然蒸发带走热量，通过设置导流板使得流道内气体流量较大，可以有效带走热量。阀门采用并联设计并采用不同型号，防止发生共因失效，此外，还可以通过消防水源或消防车为该系统提供水源。因此，该系统热移出能力足够并且可靠性高。

5）防止高压熔堆

本工程在设计上考虑了防止高压熔堆的措施。这些措施主要包括非能动余热排出系统和自动卸压系统。非能动余热排出系统可以可靠地导出反应堆余热，自动卸压系统可以保证系统成功卸压。

非能动余热排出系统主要依靠重力自然循环形成冷却剂流动环路，将存有大量水源的内置换料水箱作为热阱。整个系统除阀门外没有能动部件，阀门采用并联设计，由安全级电源供电。通过合理设置换热器排管数量和优化流道设计，非能动余热排出系统热移出能力足够并高度可靠。

自动卸压系统采用双列设计，各级阀门尺寸不完全相同，在丧失交流电的情况下依靠蓄电池传递信号或触动阀门即可运行。通过设置合理的时间延迟和阀门打开顺序，自动卸压系统能够快速、有效地将系统压力降低至安全壳压力附近。

6）安全壳内氢气控制

本工程由安全壳内氢气控制系统控制氢气，该系统包括氢气浓度监测器、非能动氢气复合器和氢气点火器。氢气控制系统执行如下监测和控制安全壳内氢气浓度的功能：

- 氢气浓度监测—分布在安全壳内的氢气监测器可以为操纵员提供安全壳内氢气浓度的连续指示。该监测功能可使操纵员能够监测并启动事故后的缓解措施，包括启动氢气点火器。
- 非能动氢气复合器—在设计基准事故下，氢气复合器将自动使安全壳内的整体氢气浓度维持在较低水平。对严重事故，非能动氢气复合器协助氢气点火器降低安全壳内的整体氢气浓度。
- 氢气点火器—分布在安全壳内的氢气点火器通过对局部燃烧相对较低浓度的氢气，防止氢气浓度达到可能的爆炸限值。

本工程采用纵深防御的方法，应对可能危及安全壳完整性的氢气扩散火焰。反应堆冷却剂系统的自动卸压系统第 4 级阀门作为第一层次防御，它阻止大量的氢气释放至内置换料水箱和非能动堆芯冷却系统隔间。ADS 第 4 级阀门出口位于环路隔间，而环路隔间与安全壳壳体相互隔开，并且通过安全壳内自然循环提供稳定的氧气源。在环路隔间内，氢气以扩散火焰方式燃烧，不会危及安全壳的完整性。如果自动卸压系统第 4 级阀门失效，本工程在内置换料水箱处设计了排气口，以缓解安全壳壁附近的扩散火焰。

本工程设计由于没有能直接导致氢气爆炸的足够能量，因此燃爆转变（DDT）是唯一可能导致安全壳内发生氢气爆炸的原因。在严重事故后，当安全壳内任一区域的氢浓度达到最低可燃浓度限值不久后，安全壳氢气控制系统的氢点火器启动以促进氢气的燃烧，从而防止安全壳内氢浓度达到燃爆转变限值。

氢气控制系统在没有外电源的情况下依靠蓄电池以及非能动部件仍然可以正常运行，因而，通过合理的氢气点火器和氢气复合器布置，氢气控制系统可有效地降低安全壳内氢气浓度。

7）防止反应堆压力容器失效

通过反应堆压力容器外水冷实现堆芯熔融物堆内滞留是本工程严重事故关键缓解措施。在假想的严重事故期间，利用内置换料水箱的水淹没反应堆堆腔，并使反应堆压力容器浸于水中，这一严重事故管理策略可有效地防止压力容器失

效。利用水冷却压力容器外表面，可防止反应堆下封头内的堆芯熔融物使压力容器失效和向安全壳迁移。通过将堆芯熔融物滞留在压力容器内，可限制发生某些与安全壳完整性相关且具有很大不确定性的压力容器外的严重事故现象（如：压力容器外蒸汽爆炸、堆芯熔融物－混凝土反应等），以保持安全壳的完整性。

本工程在设计上具有如下改善反应堆压力容器外的冷却特性，以实现熔融物堆内滞留：

- 设置了可靠的多级反应堆冷却剂系统卸压系统，可保证在系统卸压后压力容器壁面将承受较小的应力；
- 反应堆压力容器下封头未设置贯穿件，除了压力容器壁面自身的蠕变失效外，不会发生与容器贯穿件相关的失效；
- 来自内置换料水箱的水可淹没反应堆堆腔，使反应堆容器浸没至高于反应堆冷却剂环路；
- 反应堆压力容器外保温层设计为水和蒸汽的流动提供了一个流道，在该流道内水大量汽化并从顶部出口喷出，在流道内形成很大的流量。

熔融物堆内滞留策略完全是非能动的，通过设计保证压力容器外壁面热流密度低于临界热流密度，可以保证熔融物堆内滞留的成功。

8）防止堆外严重事故条件下安全壳失效

本工程熔融物堆内滞留策略的有效性极高，但为了提供更高的安全性评价，仍假设会发生堆外严重事故。对本工程构成较大威胁的堆外严重事故现象主要包括堆外蒸汽爆炸和熔融物－混凝土相互作用。由于本工程采用非能动堆芯冷却系统设计，使得严重事故期间堆腔内肯定存在一定量的水。通过合理设计堆腔结构，使得堆腔可以承受蒸汽爆炸产生的瞬间高压载荷。在熔融物和混凝土相互作用过程中，水的存在可以减缓熔融物侵蚀速度，在相当长时间内保持安全壳底板不被熔穿，最终熔融物非常可能被冷却并终止对混凝土的侵蚀。

9）事故废液滞留

在严重事故情况下，在钢安全壳内产生的事故废液（事故废液为一回路与专设安全系统注水的混合液），由其在壳内维持堆芯的自然循环冷却。按照事故的正常缓解措施，反应堆堆芯衰变热将通过钢安全壳导出最终实现通过大气带走衰变热的长期自然冷却，同时安全壳也为事故废液提供滞留手段，以便后续开展事故废液的处理和冷却。在安全壳保证事故废液的全部滞留的基础上，结合利用厂

区内已有（其它用途）且未在事故下受损的贮水箱罐，对初期事故废液补充提供更多的应急滞留能力。

由于采用非能动设计，以上各个系统都可以在丧失常规电源的情况下正常工作，保证严重事故缓解措施的有效性，因此，本工程严重事故缓解措施合理可行，各个系统互不干扰且高度可信，裕量充分，在假想的严重事故期间能有效保证不会发生大量放射性物质向环境的释放。

表 7.2-1　安全壳各释放类别代表性事故序列描述

安全壳释放类别	代表性事故序列
IC	蒸汽发生器隔间 5.08cm 小破口 LOCA 始发，PRHR（非能动余热排出）失效，IRWST（安全壳内置换料水箱）重力注射失效，IRWST 再循环管线失效
BP	5 根蒸汽发生器传热管破裂始发，同时破损蒸汽发生器的安全阀卡开，ADS（自动卸压系统）1~4 级均失效，IRWST 再循环管线失效
CI	反应堆压力容器大破口始发，PRHR 失效，安全壳发生隔离失效
CFE	两台 ADS 第 2 级阀门误开启始发，PRHR 失效，第 1、3、4 级 ADS 均失效，堆芯补水箱失效，IRWST 重力注射失效，IRWST 再循环管线失效，安全壳由于 IRWST 附近氢气扩散火焰发生早期失效
CFI	DVI 管线破口始发，PRHR 失效，IRWST 重力注射失效，IRWST 再循环管线失效，安全壳因氢气爆燃发生中期失效
CFL	RCS（反应堆冷却剂系统）热段 0.102m 破口始发，PRHR 失效，IRWST 重力注射失效，IRWST 再循环管线失效，PCS（非能动安全壳冷却系统）失效，安全壳因超压发生晚期失效

表 7.2-2　六类严重事故释放频率

释放类别	释放频率（/堆年）
CFI	2.18E-10
CFE	9.05E-09
IC	1.78E-07
BP	6.53E-09
CI	3.19E-10
CFL	4.95E-11

表 7.2-3　六类严重事故释放份额

释放类别	烟羽编号	开始时间（s）	结束时间（s）	持续时间（s）	释放份额										释放能量	烟羽位置
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	（J/s）	
					惰性气体	I	Cs	Te	Sb	Sr	Ru	La	Ce	Ba	（W）	
CFI	1	3235	24978	21744	2.50E-04	1.08E-05	1.07E-05	1.22E-05	1.38E-05	1.35E-05	1.38E-05	7.78E-07	8.96E-07	1.43E-05	0.00E+00	后端
	2	24978	86631	61653	7.39E-01	1.18E-03	1.19E-03	1.26E-03	1.36E-02	1.71E-02	1.53E-03	1.42E-02	1.42E-02	6.31E-03	0.00E+00	中端
	3	86631	172999	86368	3.58E-02	4.77E-06	1.58E-05	8.00E-10	2.29E-02	2.60E-08	2.60E-07	1.63E-02	1.62E-02	1.40E-09	0.00E+00	中端
	4	172999	259200	86201	4.01E-03	4.28E-06	1.52E-05	1.80E-09	2.16E-02	0.00E+00	1.15E-06	1.30E-02	1.29E-02	1.12E-08	0.00E+00	中端
CFE	1	3808	5012	1204	2.75E-02	1.77E-03	1.76E-03	5.12E-04	3.48E-04	3.17E-05	9.79E-05	3.20E-07	2.47E-06	6.14E-05	0.00E+00	前端
	2	5012	8132	3120	4.13E-01	2.66E-02	2.64E-02	1.92E-02	2.56E-02	2.50E-03	3.08E-02	5.35E-05	9.62E-05	6.13E-03	0.00E+00	前端
	3	8132	39043	30911	5.57E-01	1.85E-02	1.95E-02	1.55E-02	2.72E-02	3.25E-03	3.02E-02	7.69E-05	1.05E-04	7.93E-03	0.00E+00	前端
	4	39043	129919	90875	1.39E-03	4.43E-04	1.61E-04	1.64E-04	1.43E-02	2.00E-08	3.47E-07	1.36E-09	0.00E+00	2.02E-07	0.00E+00	中端
IC	1	4562	74413	69851	9.20E-04	3.38E-06	3.35E-06	4.02E-06	3.57E-06	2.05E-07	1.83E-06	5.24E-09	1.50E-08	5.62E-07	0.00E+00	前端
	2	74413	134399	59985	7.09E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-07	1.76E-11	1.09E-10	5.29E-13	0.00E+00	3.96E-11	0.00E+00	中端
	3	134399	177529	43130	5.00E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.10E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	中端
	4	177529	259200	81671	9.33E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.90E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	中端
BP	1	30727	46793	16065	1.00E+00	1.91E-01	1.62E-01	2.12E-01	1.60E-01	9.43E-03	8.29E-02	2.15E-04	1.65E-03	1.83E-02	0.00E+00	前端
	2	46793	86680	39888	0.00E+00	4.18E-02	4.09E-02	2.81E-02	4.60E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	前端
	3	86680	172847	86167	0.00E+00	8.58E-02	2.62E-02	9.11E-04	8.53E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	中端
	4	172847	259200	86353	0.00E+00	3.08E-02	8.04E-03	1.19E-04	6.14E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	中端
CI	1	0	30803	30803	7.70E-01	8.11E-02	4.85E-02	6.03E-02	1.02E-01	7.45E-02	1.20E-01	8.82E-04	2.69E-03	1.09E-01	0.00E+00	前端
	2	30803	117161	86357	3.66E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.58E-05	1.20E-07	0.00E+00	1.51E-07	1.44E-07	0.00E+00	0.00E+00	中端
	3	117161	202198	85037	4.08E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.28E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	中端
	4	202198	259200	57002	2.48E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.38E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	中端
CFL	1	3033	43950	40918	6.15E-04	1.01E-05	9.81E-06	1.16E-05	1.33E-05	6.86E-06	9.58E-06	3.35E-07	5.77E-07	8.13E-06	0.00E+00	中端
	2	43950	107255	63304	9.45E-01	9.20E-06	9.49E-06	1.16E-05	8.81E-04	7.23E-04	2.29E-05	9.08E-05	2.25E-04	5.52E-05	0.00E+00	中端
	3	107255	193568	86313	9.16E-03	4.51E-07	2.91E-06	8.59E-09	3.33E-03	1.45E-03	1.77E-08	1.51E-04	3.60E-04	2.17E-06	0.00E+00	中端
	4	193568	259218	65651	9.80E-04	3.00E-06	7.96E-06	0.00E+00	4.82E-03	1.46E-04	0.00E+00	1.70E-05	4.20E-05	1.07E-07	0.00E+00	中端
	5	259218	604800	345582	4.01E-02	1.54E-01	7.19E-02	3.91E-02	1.58E-01	5.08E-04	4.33E-03	3.35E-05	7.30E-05	5.76E-04	0.00E+00	前端

表 7.2-4　个人有效剂量当量高于通用干预水平的条件概率

剂量（Sv） 距离（km）	0.01（隐蔽）	0.05（撤离）	0.03（临时避迁）	1.00（永久再定居）
3	8.33%	8.33%	8.33%	8.33%
4	8.33%	8.33%	8.33%	7.63%
5	8.33%	8.33%	8.33%	7.09%
6	8.33%	8.33%	8.33%	6.74%
7	8.33%	8.33%	8.33%	6.38%
8	8.33%	8.33%	8.33%	6.18%
9	8.33%	8.33%	8.33%	5.82%
10	8.33%	8.33%	8.33%	5.63%

表 7.2-5　厂址半径 0~80km 范围内集体剂量风险

释放 类别	释放频率 （/堆年）	平均剂量 （人 Sv）	风险 （人 Sv/堆年）	占总剂量风险的百分比 （%）
CFI	2.18E-10	1.54E+06	3.36E-04	4.03
CFE	9.05E-09	3.40E+05	3.08E-03	36.96
IC	1.78E-07	1.60E+01	2.85E-06	0.03
BP	6.53E-09	7.15E+05	4.67E-03	56.09
CI	3.19E-10	7.42E+05	2.37E-04	2.84
CFL	4.95E-11	7.48E+04	3.70E-06	0.05
总风险			8.32E-03	100.00

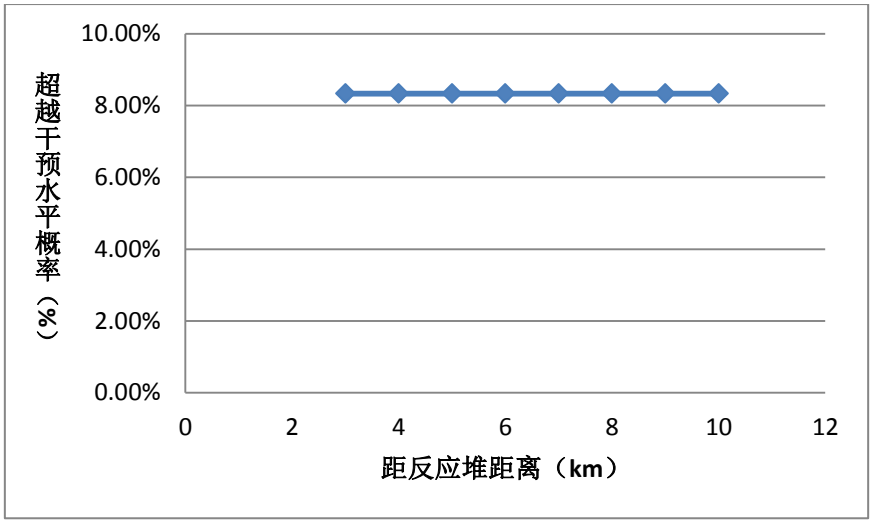


图 7.2-1　各类严重事故加权综合的个人剂量随距离变化的超越隐蔽干预水平概率曲线

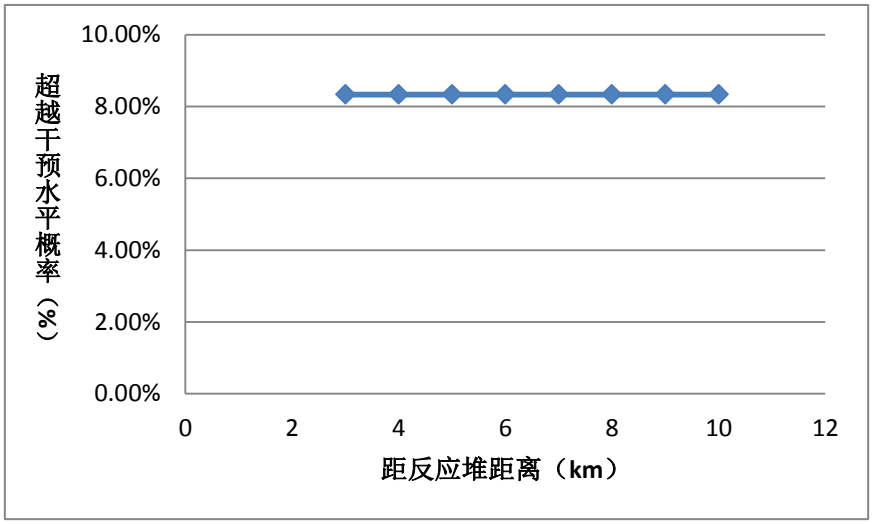


图 7.2-2　各类严重事故加权综合的个人剂量随距离变化的超越撤离干预水平概率曲线

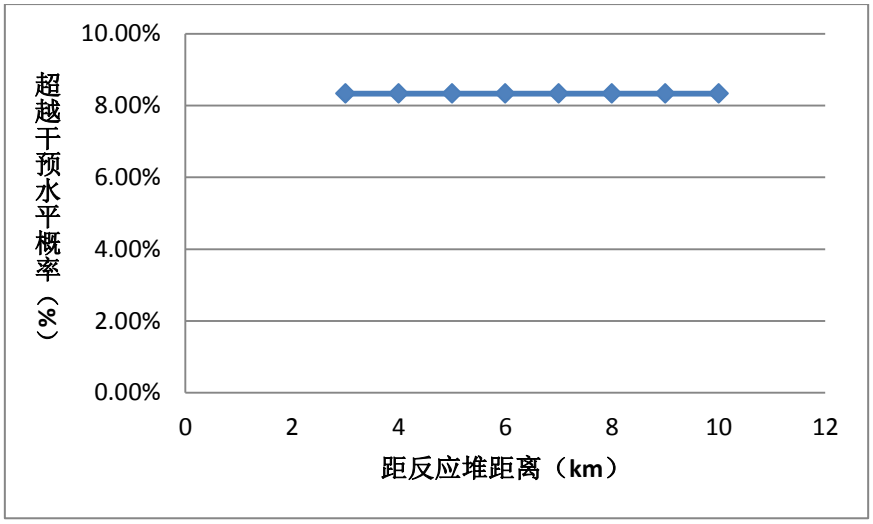


图 7.2-3　各类严重事故加权综合的个人剂量随距离变化的超越临时避迁干预水平概率曲线

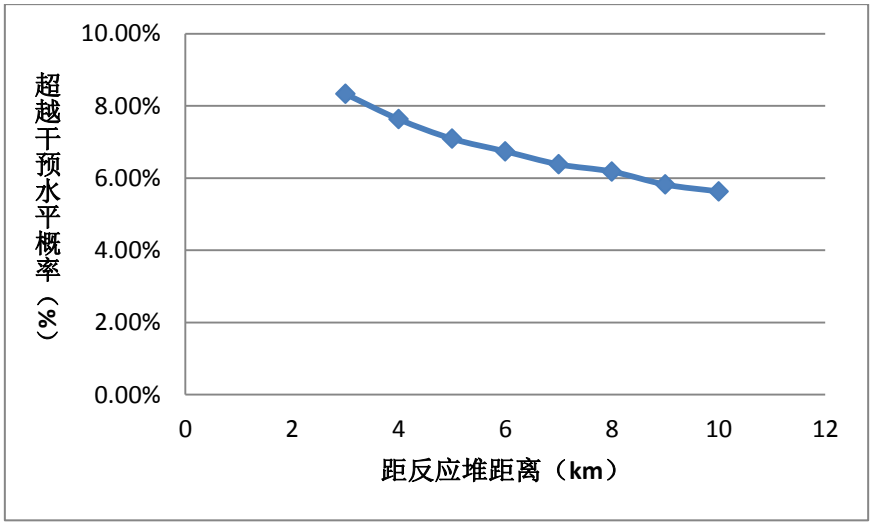


图 7.2-4　各类严重事故加权综合的个人剂量随距离变化的超越永久再定居干预水平概率曲线

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料场内运输事故

本工程的新燃料组件采用专用新燃料运输容器运输。

新燃料组件可以通过全程公路运输方案至核电厂现场，运输货包的设计和制造应同时满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806）的要求。

根据国内其它核电厂燃料运输的经验表明，在严格遵循国家标准的技术规范下运输新燃料组件时，运输容器及新燃料组件的性能可以确保新燃料不对环境产生任何有害的影响。

新燃料运输容器设计时应充分考虑可能的事故工况。即使发生运输事故，容器本身发生变形，燃料组件也不会产生临界反应，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料散落。另外，新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。

综上，新燃料运输事故不会污染周围环境和危害人员健康。

7.3.2 乏燃料场内运输事故

乏燃料的场内运输事故包括可能的燃料装卸事故和乏燃料运输容器坠落事故。

乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提。乏燃料组件运输必须遵守《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF501）、《放射性物品运输安全管理条例》（中华人民共和国国务院令第 562 号）、《放射性物品安全运输规程》（GB11806）、《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T17230）、《放射性材料安全运输规定》（IAEA SSR-6）等相关条例、标准的要求。

除了运输容器本身具有高的安全性外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。

根据 7.1 节分析结果，燃料装卸事故的放射性后果的计算分析表明其对公众的影响是可以接受的。

乏燃料运输容器坠落事故主要发生在由容器吊车进行的燃料装卸过程中，由于乏燃料组件在装入乏燃料运输容器之前要在乏燃料水池中至少贮存 8 年，事故发生后放射性的释放极少，事故后果可以被燃料装卸事故的后果包络，其后果也是可以接受的。

7.3.3 固体废物场内运输事故

本项目通过屏蔽转运装置和专用车辆处理来自核岛的各类放射性废物流，保证运输的安全。屏蔽转运装置是可靠的转运设备，有足够的屏蔽厚度，能够实现放射性物质的完整包容。此外，厂区内运输的废物流通过管理手段保证放射性物质安全运输，保护厂区不受污染，保证运行人员和公众接受的辐射照射控制在合理可行尽量低的水平。

可压实（如通风过滤器滤芯）及不可压实干废物通过专用转运卡车从核岛附属厂房按照厂区制定路线转运至废物减容处理中心的混合固体废物装卸区。该废物活度水平较低，包装后的表面剂量率很低，对环境影响较小。

水过滤器滤芯通过 FCS 屏蔽转运装置从核岛辅助厂房的轨道平台/滤芯存放区按照指定运输路线转运至废物减容处理中心的水过滤器滤芯屏蔽转运装置存放间。该装置在厂区内运行速度不大于 10km/h，确保运送安全。装置本身由保护装置锁紧，保证良好的密封性。

放射性废树脂采用专用的废树脂屏蔽转运装置从核岛辅助厂房的轨道平台/滤芯存放区按照指定运输路线转运至废物减容处理中心的废树脂屏蔽转运装置存放间。废树脂屏蔽转运装置内设有检漏仪表，用于监测运输过程中可能发生的放射性废树脂泄漏。在厂区内运行速度不大于 10km/h，确保运送安全。

7.4 其它事故

7.4.1 核电厂化学物质贮存和使用风险评价

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）对核电厂化学物质贮存和使用开展环境风险评价。

1）核电厂环境风险评价分级

本工程使用的主要重大危险化学品的名称、储量及储藏位置见表 7.4-1。

（1）本工程危险物质及工艺系统危险性（P）分级如下：

本工程化学物质总量与其临界量比值（Q）计算结果见表 7.4-1，计算值为 43.0。

本工程为其他行业，行业及生产工艺（M）取值为 5。

因此，本工程危险物质及工艺系统危险性等级判断（P）为轻度危害（P4）。

（2）本工程环境敏感程度（E）分级如下：

大气环境：厂址半径 5km 范围内共有常住人口 2715 人，人口总数小于 1 万人，因此本工程大气环境敏感程度为环境低度敏感区（E3）。

地下水环境：厂址周边无集中式饮用水水源准保护区及补给径流区、分散式饮用水水源地特殊地下水资源保护区及分区等环境敏感区，初步判断化学品储存区域不能满足地下水包气带防污性能中“包气带岩土分布连续稳定，岩土层单层厚度不小于 1m，渗透系数不大于 1E-04cm/s”的要求。据此初步判断，本工程地下水环境敏感程度为环境中度敏感区（E2）。

因此，本工程大气环境敏感程度为环境低度敏感区（E3），地下水环境敏感程度为环境中度敏感区（E2）。

综上所述，本工程大气环境风险潜势为Ⅰ类，评价工作等级为简单分析；地下水环境风险潜势为Ⅱ类，评价工作等级为三级评价。

2）核电厂大气环境风险评价

对核电厂大气环境风险评价开展简单分析。

为避免化学品泄漏，核电厂在设计中采取了一系列化学品泄漏风险防范措施，具体见本报告 7.4.2 节。

3）核电厂地下水环境风险评价

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）要求，参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）进行风险预测及分析。由于《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）未对核电厂进行项目分类，参照“其他能源发电”、“海水淡化、其他水处理和利用”分类为 IV 类，此外厂址周边无集中式饮用水水源准保护区及补给径流区、分散式饮用水水源地特殊地下水资源保护区及分区等环境敏感区，因此参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）无需开展地下水评价。

核电厂在设计中采取了一系列化学品泄漏风险防范措施，具体见本报告 7.4.2 节。根据化学品泄漏风险防范措施，核电厂各存放液态危险品存放地点能有效防止化学品泄漏，避免化学品对厂址区域地下水产生污染。后续，核电厂将制定《突发环境事件专项应急预案》进一步减少化学品泄漏的可能性。

4）核电厂地表水环境途径风险评价

考虑波浪的厂址设计基准洪水位（DBF）为 12.5m，低于厂址厂坪标高 14.0m，本工程防洪设计满足要求，即本工程防洪设计满足要求。

化学加药间、循环水加药间、凝结水精处理室酸碱储存区域等涉及化学品存放和使用场所的建构筑物设计过程中均考虑了防雨措施并在将建造过程中给予落实。

本工程化学物质贮存和使用场所不会因洪水或暴雨导致场所水淹和形成地表径流，导致化学物质意外向厂址附近海域泄漏，即无地表水泄漏途径，因此不考虑地表水环境途径风险。

7.4.2 核电厂化学品泄漏风险防范措施

本工程化学危险品仓库用的化学药品分间、分类堆放，并设有良好的通风设施；有毒气体释放的化学试验均在通风柜中进行。各化学药品的贮存和运行设施处，均设有冲洗水。地面、沟道处设有防腐蚀措施，并设有喷淋器、洗眼器和急救药箱等。

除盐水及凝结水精处理系统的再生系统，处理系统中凡接触腐蚀性介质以及对出水质量有影响的设备、阀门、管道和排水沟、药品添加和储存区域等，在其接触或可能接触腐蚀性介质的表面均涂衬防腐层或用耐腐蚀材料。上述设备应做到严密不漏，发现损坏应及时修复，避免药品的泄漏。

凝结水精处理再生后的废液，除盐水再生后的废液，必须经中和处理后才允许排放。

为预防盐酸（HCl）等因泄漏灼伤人体，职工在工作时均穿着耐酸碱的防护服、防护罩、防护手套和防滑胶鞋等防护用品。严格按操作规程执行，小心谨慎操作。在工作场所（酸碱贮存间、计量间及卸酸、碱泵房等）设有安全通道及方便的冲洗水喷淋设施、洗眼器及排水设施，加强通风，同时加强作业环境的监测。装卸浓酸及液碱时采用泵送或自流输送方式。对于酸雾逸出，专门设置酸雾吸收器装置进行吸收。

氨和联氨加药系统所有设备、管道、阀门等做到严密不漏，发现损坏及时修复，避免氨和联氨泄漏，加药装置周围设置围堰，一旦发生泄漏，及时冲洗，并从围堰中及时排出，作业现场还设置安全淋浴器（带洗眼功能），以便接触药品后及时冲洗。配备必要的应急救援器材，采用自动化加氨加联氨设施，并对加氨、联氨点的厂房和氨、联氨溶液管道通过的厂房采取机械通风，防止泄漏的氨和联氨聚集。

化学加药间、循环水加药间、氨气及联氨间、酸碱间、电解海水制氯车间均设满足通风量的机械排风。化学制氢站电解间、电解海水制氯车间中电解间设自然排氢的通风系统，并设不小于 12 次/h 的事故排风。氨气及联氨间内通风机及电机为防爆型。化学加药间、酸碱间、电解海水制氯车间通风风管采用防腐材料。蓄电池室设不少于 6 次/h 通风换气次数的事故排风系统，通风机及电机为防爆型。

本工程正常运行期间，反应堆及反应堆冷却剂系统的氢气主要来自化学与容积控制系统。电站功率运行期间，通过直接注入高压氢气向反应堆冷却剂系统补充氢气，利用溶解氢气控制和除去堆芯区域由于水辐照分解产生的氧气，使燃料和一回路系统材料表面的腐蚀降至最低。通过一回路取样系统监测反应堆冷却剂系统内的水质，若水中含氢量低于限值，则需进行加氢操作。贮存在高压氢气储气站内的高压氢气瓶内的氢气经减压后，通过化学与容积控制系统管道经注入反应堆冷却剂系统。事故后，除水辐照分解、材料腐蚀产生氢气外，锆合金包壳与水蒸汽反应、堆芯熔融物与混凝土反应等也会释放出相当数量的氢气。主要采取了如下防范措施：

1）系统设计时，保证各种运行状态或事故工况引起的机械应力在规范范围内，保证压力边界的完整性。

2）管道和设备安装完毕后，按规定进行水压试验和密封性试验。

3）反应堆冷却剂系统的布置确保具有足够的自然循环能力（蒸汽发生器位置高于反应堆压力容器，使得在失去强制循环能力时，仍能导出堆芯余热）。

4）反应堆冷却剂泵具有足够的惯性，使得失去电源后，短时间内有较高的流量通过堆芯，导出堆芯余热。

5）设置仪表装置监测反应堆冷却剂系统的运行，提供稳压及超压保护。

6）设置了非能动专设安全设施，如非能动堆芯冷却系统、非能动安全壳冷却系统等，缓解事故后果。

9）安全壳内设置氢气监测系统，以监测安全壳内的氢气浓度。

10）安全壳内的结构布置有利于通过自然循环促进安全壳大气的混合，防止氢气在局部积累。

11）在设计基准事故后，由两台安全有关的非能动自催化复合器消除安全壳内产生的氢气，防止氢气浓度达到最低可燃限值。

12）严重事故后，66 台分散布置在安全壳内各个隔间的点火器将在安全壳

内达到最低可燃浓度限值后不久引发氢气燃烧，防止发生较高氢浓度时的事故性氢气燃烧，保证氢气燃烧期间能维持安全壳的完整性，并保证在燃烧期间或燃烧后安全有关设备能持续运行。

7.4.3　核电厂火灾风险防范措施

1）防火分区

将电厂分为各防火区，以隔离潜在的火灾，使火灾的蔓延风险以及随之产生的腐蚀性气体、灭火剂、烟气和放射性污染造成的危害最小化。一些防火区再细分为防火小区，以允许可燃物、火灾探测和灭火系统类型和位置的更精确鉴别。耐火极限为 3 小时的防火屏障为多重安全停堆部件提供了完全的分隔，这些部件包括设备、电缆和仪控等。

2）建筑和结构

电厂厂房使用不燃结构材料，主要是钢筋混凝土、石膏、砌块、结构钢、钢侧墙板、混凝土与钢复合材料。

3）电气防火设计

为了避免和减少电气系统由于可燃物质和各种原因（如：短路、过负荷、散热失效等）产生的电火花、电弧放电或高温引起火灾的危险性，在电气设计中主要采取了下列电气防火措施：电缆设施防火、电气设备防火、通道隔离、蓄电池防火、防雷等内容。

电缆主要敷设在专用的电缆构筑物内，使用阻燃电缆。为防止电缆由于短路和长期超负荷引起火灾，电气开关设有过流和短路保护。

在电力系统中，尽量减少可燃性物质。属于不同安全通道的应急电源系统的电气设备分别布置在单独房间里，并用耐火极限为 3 小时的隔墙和楼板与其它房间隔开。

4）通风防火设计

核岛厂房通风系统的风管穿越防火屏障时设置防火阀。在空气温度达到 73.9℃（165℉）时，防火阀自熔关闭，限制火灾以及烟气的蔓延。风管穿越安全有关区域、烟雾敏感区域时设置防烟防火阀。防烟防火阀除了可自熔关闭，还可根据火灾探测及报警系统发出的信号联动关闭。已设置防烟防火阀的地方不再设置防火阀。防火阀、防烟防火阀的耐火极限与穿越的防火屏障的耐火极限相等。防火

阀、防烟防火阀可手动或自动复位。

表 7.4-1　核电厂危险物质数量与临界值比值计算结果

序号	危险物质名称	贮存数量	危险物质总量	储藏位置	临界值（t）	比值 Q
1	氢气（气态）	4950Nm^3	4.45E-01t	制氢站	5	8.90E-02
		1.10E-02t	1.10E-02t	1 号机组高压氢气储气站		2.20E-03
		1.10E-02t	1.10E-02t	2 号机组高压氢气储气站		2.20E-03
2	盐酸（液态）	115t/机	230t	循环水加药厂房酸储存区域	7.5	3.07E+01
		46t/2 台机	46t			6.13E+00
		14t/2 台机	14t			1.87E+00
3	氨水（液态）	18.2t/机	36.4t	凝结水精处理室外酸碱储存区域	10	3.64E+00
4	联氨（肼）（液态）	2t/机	4t	凝结水精处理室外酸碱储存区域	7.5	5.33E-01
5	过氧化氢（液态）	0.480t	0.480t	1 号机组核岛房间	50	9.60E-03
		0.480t	0.480t	2 号机组核岛房间		9.60E-03
		0.03t	0.03t	1 号机组核岛房间		6.00E-04
		0.03t	0.03t	2 号机组核岛房间		6.00E-04
总和						4.30E+01

注：部分危险品《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中未给出临界值，取自《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）

7.5 事故应急

7.5.1 核事故应急对策

为了减少核事故对公众所造成的辐射影响，根据核安全导则《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01）和《地方政府对核动力厂的应急准备》（HAD002/02）的要求，可能采取的应急措施包括：

- 隐蔽；
- 简单的呼吸道和体表防护；
- 服用稳定性碘；
- 撤离；
- 避迁；
- 控制食品和水；
- 控制通道；
- 地区去污；
- 人员去污。

为了快速有效地处理核事故中的问题，最大限度减少事故影响，在事故时便于执行上述应急措施，在厂址所在地区要建立包括核电厂、当地政府所辖的生态环境、公安、卫生、消防等部门在内的各级应急组织，设立应急监测机构并配置相应的应急响应设施。

本工程在应急准备和应急响应方面建立统一的应急组织，按照国家“常备不懈，积极兼容，统一指挥，大力协同，保护公众，保护环境”的应急管理工作方针，进行统一的应急准备，在事故情况下实施统一的应急响应。

7.5.2 应急状态

核事故应急状态分为四级：

1）应急待命

应急待命的基本特征是出现可能危及核动力厂安全的异常事件或工况，在这类事件或工况下，预计不会出现需要场外应急响应或进行场外辐射监测的放射性物质释放。

2）厂房应急

厂房应急的基本特征是一些事件已经发生或正在进展，核电厂安全水平实际

上或有可能明显下降；预计已经或可能即将发生放射性物质的释放，对公众造成的辐射照射仅仅是通用干预水平的一小部分；事故实际的或可能的辐射后果只局限于核电厂的有限区域内，主要在厂房内。

3）场区应急

场区应急的基本特征是事件一些事件已经发生或正在进展，核电厂保护公众和场内工作人员所需要的安全功能实际或可能出现严重丧失；这些事件包括：保护堆芯的水平明显降低，任何附加的功能丧失可能导致堆芯损坏。事故的辐射后果已经或可能扩大到整个场区，预计放射性物质的释放使场内出现高辐射剂量、场外出现接近但不超过针对隐蔽的通用干预水平的辐射剂量。

4）场外应急

场外应急的基本特征是事故已经发生或正在进展，核反应堆堆芯实际上或预计发生损坏甚至熔化，而且安全壳的完整性可能丧失，预计核电厂极可能释放出大量放射性物质；事故的辐射后果以及或预测超出场区边界，致使公众受到的照射超过通用干预水平，需要实施场内和场外的总体应急响应行动。

7.5.3 应急组织

广西白龙核电厂将在应急体系的建立过程中，建立相应的应急组织机构。电厂应急组织由应急指挥部及其领导下的运行支持组、运行控制组、技术支持组、安全防护组、后勤支持组、工程协调组等六个应急专业组组成。应急组织机构的总体职责如下：

— 贯彻、执行国家核事故应急工作的法规和政策；
— 制定、修订和实施场内核事故应急预案，做好核事故应急准备；
— 确定核事故应急状态等级，统一指挥本单位的核事故应急响应行动；
— 及时向国务院核工业主管部门、核安全监督管理部门和广西壮族自治区人民政府指定的部门报告事故情况，提出进入场外应急状态和采取应急防护措施的建议；
— 协助和配合广西壮族自治区核事故应急协调委员会办公室做好核事故应急管理工作。

7.5.4 应急设施、设备

应急设施设备为在核电厂进入应急状态后应急人员需要使用的工具和停留的空间，在设计阶段根据应急功能和应急岗位的设置数量来考虑留有接口、足够的空间以及可居留性，确保施工建设的顺利实施和装料运行后应急功能的实现。

根据事故状态下的应急功能诸如应急指挥、运行控制、辐射防护和急救、应急维修和补救、技术支持、后勤支持、安全保卫以及应急通讯等，本工程对场内应急设施的设置做了初步设计考虑。根据国家有关核应急法规的要求，遵循积极兼容的原则，设置应急设施，包括主控室、辅助控制点或备用控制室、应急指挥中心、技术支持中心、运行支持中心、应急通讯系统、监测评价系统等。此外，还将利用现场的医疗中心、保卫控制中心、警卫营房和消防站等设施作为相应的辅助应急设施。

1）主控室

主控室是重要的兼设设施，其设计满足可居留性的要求。主控室位于辅助厂房，每台机组各有一个，设置必要的仪表、控制、显示设备和通信系统。主要有以下功能：

- 反应堆运行状态进行集中控制和监测，显示并提供全部安全参数；
- 作为运行控制组所在地，在应急的各个阶段，对核电厂实施运行控制，分析和诊断事故状态，提出应急状态分级建议，保证安全状态的重新恢复或尽可能减轻事故后果；
- 在核电厂正常运行时，为操纵员提供一个舒适、安全和适合操作的环境；
- 在应急初始阶段作为应急指挥的主要中心，并发出早期警报。

2）辅助控制点或备用控制室

辅助控制点或备用控制室是独立于控制室设置的专用控制场所，位于辅助厂房。其主要的控制功能是在控制室丧失执行其基本安全功能时，能实施停堆、保持停堆状态、导出余热和监测电厂基本参数。

3）运行支持中心

运行支持中心位于辅助厂房，是在应急响应期间供执行设备检修、系统或设备损坏探查、堆芯损坏取样分析和其他执行纠正行动任务的人员以及有关配合人员，在哪里集合和等待指派具体任务的场所。

4）技术支持中心

技术支持中心位于辅助厂房，是在应急响应期间为核电厂运营单位应急组织中的技术支持组和来自核电厂设计单位、核电厂供应厂商、厂外技术支援单位和国家有关部门的技术支持人员提供的工作场所。在整个应急响应期间，该中心对核电厂已经发生和潜在发生的事故工况或严重事故的诊断、分析和预测提供技术支持和指导；对缓解事故或使电厂恢复到安全状态可采取的控制措施提供技术咨询或建议。

5）应急指挥中心

应急指挥中心是核电厂运营单位应急响应的指挥、管理和协调中枢，是应急期间应急响应指挥部和国家有关部门指派代表的工作场所。该指挥中心指挥和全面管理、协调厂内应急响应；按规定与厂外有关应急组织和国家有关部门进行通讯联络，通报事故信息、应急状态和应急响应的信息；负责与厂外有关应急组织进行协调。

针对应急指挥中心，设置了有效的应急通风以及屏蔽措施来确保放射性释放事故情况下的可居留性。可居留性的评价方面，不仅考虑设计基准事故（DBA），还考虑了严重事故的影响。按照 HAD 002/01-2019 相关要求，应急指挥中心的可居留性准则为：在设定的持续应急响应期间内（一般为 30 天），工作人员接受的有效剂量不大于 50mSv，甲状腺剂量不大于 500mSv。

6）监测评价系统

核电厂的监测与评价系统在核电厂应急响应期间，监测、诊断和预测电厂事故状态；监测电厂运行状态和事故状态下的气载或液载放射性释放；监测事故状态下电厂厂房内有关场所、场区和场区附近的辐射水平和放射性污染水平；监测场址地区气象参数和其他自然现象；预期和估算事故的厂外辐射后果。

7）应急通讯系统

应急通讯是指挥、管理和协调场内应急响应以及保持核电厂运营单位应急组织与厂外应急组织联系的一个极其重要的方面。在应急响应期间该系统保障核电厂运营单位内有关应急设施、应急组织之间的通讯联络和数据信息传输；保障核电厂运营单位与厂外有关应急组织之间的通讯联络；保障核电厂向规定的国家有关部门和厂外应急组织传输数据信息。

应急通讯系统的功能主要有：

- 应急通报和报警；

- 向主管部门、核安全监督部门和地方当局汇报；
- 场内应急设施间的联络；
- 应急人员间的联络；
- 数据、语音、图像的传输。

应急通讯系统的设计要求：可靠性、实用性、灵活性、模块化、可扩充性。系统一般包括：有线电话、无线电话、卫星电话、应急广播、数据和图像传输设备等。

8）急救医疗设施

急救医疗设施与电厂运行情况密切相关，总体而言，电厂运行后，配备的医学应急设施和装备需要能够应对电厂产生的应急照射、高温烫伤、化学灼伤等各种医学应急事故，具体配备的设备可以包括：γ剂量仪、γ个人剂量报警仪和个人剂量计；去污洗消设施（主要包括全身沐浴器、冲眼淋洗器、头面部去污装置、去污洗消物品等）；常规急救药箱（含一般急救药品）；核事故应急处理药箱（除含一般急救药品外，含碘片、抗放射性药品、污染洗涤剂、促排剂和其他阻吸收剂）；供更换的干净衣物；呼吸保护用品；个人防护用具（包括防护服、防护眼镜、防护手套、防护鞋、鞋套和医用防护口罩等）；担架；医疗专用救护车；通讯工具等。

针对配备的医学应急设施和装备，需经行定期检查，以保证其随时处于可用状态。

9）消防站

广西核电将按照《核电厂消防站建设暂行规定》（国能发核电规〔2024〕47号）的有关要求建设消防站子项，并配备消防车以及抢险救援器材和个人防护装备等资源。消防站主要为消防专职人员提供值勤、训练、住宿等场所，以及满足消防车辆的停放等需求，不具有可居留性。

10）警卫营房

为满足驻厂武警日常学习、生活、日常训练等需求，广西核电将建设警卫营房，该子项不具有可居留性。

7.5.5 实施应急计划的可行性

为了加强核电厂核事故应急管理工作控制和减少核事故危害，本工程将依据

《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）、《国家核应急预案》等相关核安全法规以及《核电厂应急计划与准备准则——应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）等相关国家标准确定应急计划区大小。应急计划区分为烟羽应急计划区和食入应急计划区，烟羽应急计划区为以核电厂为中心，半径7~10km划定的需做好撤离、隐蔽和服碘防护的区域，该区分为内、外两区，其中内区一般主要进行撤离（包括预防性撤离）准备，半径为3-5km；食入应急计划区为以核电厂为中心，半径30-50km 划定的区域。《广西白龙核电项目厂址区域核应急方案》推荐的烟羽应急计划区内区为3km，外区为7km。2020年11月国家核事故应急办公室发函《国家核事故应急办公室关于国家电投集团白龙核电项目厂址区域核应急方案审查意见的通知》（国核应办[2020]28号）原则同意方案专家组评审的意见，方案结论总体可信。厂址区域具备实施核应急预案的可行性条件，不存在妨碍厂址可接受性的颠覆性因素。应急计划区的范围和大小由当地政府在编制场外核应急预案时最终确定。

7.5.5.1　人口分布

1）厂址近区人口分布

厂址半径 3km 范围内涉及江山镇白龙村 1 个行政村，根据防城区人民政府与当地群众签订的《房屋征收补偿及安置协议书》，本工程涉及搬迁安置的居民点包括大村、细村、田辽港 3 个自然村，共计 367 人，上述居民皆需搬迁至双墩自然村安置，目前正在搬迁中。上述搬迁完成后，厂址半径 3km 范围内涉及 3 个自然村，分别为白沙、双墩和横港，共有人口（常住人口，下同）1631 人。厂址半径 3km 范围内无监狱、医院、敬老院，有 1 所学校和 1 所幼儿园，分别是位于厂址 NE 方位约 2.7km 的江山镇白龙小学和位于厂址 NE 方位约 2.6km 的白龙村新星幼儿园，共有学生 336 人，教职工 24 人。

厂址半径 3km 范围内的工矿企业主要是白龙村内的海蜇加工厂，白龙村海蜇加工厂约 11 家，海蜇加工时工厂会临时招工，人员多来自周边乡镇，人数最多有 354 人。在制定场外核应急预案时，应考虑该部分人员的应急撤离。

此外，厂址半径 3km 范围内涉及江山半岛省级旅游度假区。其中，江山半岛旅游度假区涉及景点包括珍珠湾（厂址 1 号反应堆 NNE 方位约 1.3km 处）、怪石滩（厂址 1 号反应堆 SW 方位约 1.8km 处，厂区边界附近）和白沙湾（厂址 1 号反应堆 ENE 方位约 2.6km 处），上述景点的游客日高峰人数约 2900 人次。此

外，厂址半径 3km 范围还涉及国家级文物白龙炮台，白龙炮台也涉及少量游客。在制定场外核应急预案时，应考虑该部分人员的应急撤离。

厂址近区范围内人口较少，居民点、特殊人群（在校学生）、工业企业和旅游景点的分布比较集中，有利于人员的集合、清点，也有利于车辆到达设置在县道、乡道上的指定集合点实施人员撤离。

2）厂址远区人口分布

厂址半径 7km 范围内涉及 2 个千人以上行政村，分别为江山镇白龙行政村、江平镇万尾行政村。其中，白龙行政村位于厂址 NNE 方位 2.6km 处，有人口 3068 人，万尾行政村位于厂址 WNW 方位 7.0km 处，有人口 1800 人。

厂址半径 7km 范围内无医院、监狱、养老院。厂址 3~7km 范围内有 1 所幼儿园，为位于厂址 NE 方位约 5.1km 的万欧尾新乐幼儿园，学生人数 45 人，教职工人数 10 人。

厂址半径 7km 范围内共涉及 2 处旅游风景区，分别为江山半岛省级旅游度假区和京岛省级旅游度假区。其中，江山半岛省级旅游度假区涉及景点包括珍珠湾（厂址 1 号反应堆 NNE 方位约 1.3km 处）、怪石滩（厂址 1 号反应堆 SW 方位约 1.8km 处，厂区边界附近）和白沙湾（厂址 1 号反应堆 ENE 方位约 2.6km 处），上述景点日高峰人数达到 2900 人次左右；京岛省级旅游度假区涉及景点为京岛金滩（厂址 1 号反应堆 WNW 方位 5.0km 处），日高峰人数达到 2.5 万人次左右。考虑在上述景点附近适当设置隐蔽场所。事故应急时，考虑对上述景点游客进行疏导和临时隐蔽，后续与烟羽应急计划区内撤出的公众汇合后一起撤离至防城港市区的最终安置点。

对于景区内人员的应急隐蔽和撤离，应针对景点加强应急管理能力，做好车辆和人员引导工作，并在景点明显位置设置标牌或提供指导手册告知游客撤离相关信息。后续建设单位将积极与地方旅游主管部门沟通，通过实地走访调研评估上述景点隐蔽和撤离方案的可行性，并协调地方旅游主管部门通过调整旅游规划来满足应急响应的需求。

7.5.5.2　掩蔽和撤离条件

1）掩蔽条件

近年来随着当地经济的发展，城镇和农村居民的住房条件均有明显改善，当地居民住房类型主要是钢筋混凝土结构和砖混结构的自建房，钢筋混凝土结构房

屋占比约 95%，砖混结构房屋约 5%。以上两种建筑材料对外照射有较好的屏蔽减弱能力。如果关闭门窗并辅以简单的个人呼吸防护，对吸入内照射也有较好的防护效果。

2）撤离条件

厂址半径 15km 范围内共有县级以上公路 11 条。厂址半径 5km 范围内，有乡道以上道路 3 条，分别为 X266，X856，Y134，3 条道路共同构成了环岛公路。其中 X856 为二级公路，最近位于厂址 WNW 方位约 0.6km 处，Y134 为四级公路，最近位于厂址 NE 方位约 0.7km 处。X266 为二级道路，最近位于厂址 N 方位，部分路段穿过规划厂区，其穿越的路段拟作为厂内道路纳入运营单位管理。厂址设置了进厂道路和应急道路。

进厂道路：进厂道路接至太平至万欧的二级公路（X266 环岛东路）。

应急道路：应急道路接至江山至白龙的二级公路（X856 环岛西路）。

两条厂外道路均可向北延伸至江山镇再接至防城至东兴的 G228 滨海公路上。

本工程发生事故需撤离时，可分别由进厂或应急道路撤离，通过 X266 环岛东路和 X856 环岛西路向 NE 或 NNE 方位撤离至 G228 滨海公路后，可分别选择 NE 方位撤离至防城港市或向 W 方位撤离至东兴市。厂址撤离路线示意图见图 7.5-1。

对厂址烟羽应急计划区内的游客、居民等公众的撤离，业主单位协助规划制定相应的应急撤离路线、撤离集中点、隐蔽点，并针对隐蔽设施、撤离设施、洗消设施等存在不足的地方，在地方政府的领导下，业主单位将向地方政府援建公共隐蔽点、撤离集中点，并在厂址烟羽应急计划区边界附近选址援建应急撤离洗消点。

综上所述，本工程在核事故应急撤离方面不存在不可克服的困难。

7.5.5.3　其它环境条件

1）医疗

厂址半径 10km 范围内无医院。距厂址最近的二级医院为位于厂址 NE 方位约 15.0km 处的防城港市第一人民医院分院，有床位 310 张，医务人员 130 人。距厂址最近的三级医院为位于厂址 NNE 方位约 30.5km 处的防城港市中医医院，有床位 500 张，医务人员 1059 人。此两所医院可作为本工程应急支持后援医院。

2）通信

厂址半径 15km 范围内电信、移动、联通网络均已覆盖，可以满足应急通讯的需求，且厂址周边各村均有广播站点分布。只需要根据本工程核应急预案的特殊要求作适当补充后即可满足本工程对应急通讯系统的要求。

3）外部人为事件

厂址半径 10km 范围内不存在会对本工程构成潜在危害的外部人为事件。

4）外部自然事件

本工程厂址选择和工程设计中对可能对本工程构成潜在危害的外部自然事件进行了考虑。但对于核应急预案执行而言，需重视外部自然事件（如热带气旋、龙卷风、暴雨、大雾、海啸、地震及其并发灾难）发生时对道路运输、通讯、工农业生产等造成的破坏及由此造成的人员撤离的困难，因此在核应急预案的制定过程中应对此给予充分考虑。

5）敏感的农业活动

厂址附近无对放射性核素释放敏感的农业活动。

综上所述，本工程在实施场外核应急预案方面没有不可克服的困难。

7.5.6　与越南的关系

厂址西侧隔海约 16.1km 为越南茶古岛，约 26km 为越南广宁省芒街镇。

厂址烟羽应急计划区不涉及国外领土，而食入应急计划区内存在越南部分领土，因此涉及跨境核应急事宜。

越南和我国都是国际核安全公约的缔约国，且越南已建立核应急准备与响应体系，该体系涵盖了应对越南边境邻近的我国核电厂的紧急情况。

同时，我国根据国际核安全公约制定了《核事故辐射影响越境应急管理规定》，建立了核事故国际通报体制机制。根据该机制，当我国核电厂发生符合通报条件的事故，发生事故的核电厂应向国家核应急办报告，国家核应急办通报国际原子能机构（IAEA，下同），IAEA 通知可能受影响的国家。

整体而言，广西白龙核电厂完全适用我国核事故国际通报体制机制，通报流程可行，同时符合相关国际公约要求和国际管理。



图 7.5-1　厂址撤离路线示意图

第八章　流出物监测与环境监测

8.1　辐射监测

8.1.1　流出物监测

本工程的流出物监测包括营运单位的监测和地方政府的监督性监测。

本工程营运单位对本工程流出物中的放射性核素总量实施监测，用于定期向相关部门报告监测结果，证明释放到环境中的放射性物质总量遵守国家规定的排放限值和核电厂营运范围制定的管理目标值。

本工程营运单位负责建设本厂址的辐射环境现场监督性监测系统，并移交给广西壮族自治区生态环境行政主管部门运行和管理。地方政府使用该系统对厂址机组流出物中的放射性水平实施监督性监测，本工程营运单位为该系统中流出物的连续监测和定期取样提供支持。

8.1.1.1　监测目的

本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组产生的流出物是对周围环境造成影响的重要因素之一，流出物的监测和排放控制是减少对环境造成影响的重要措施。流出物监测的目的是：

- 测量流出物中放射性物质的种类和数量，为判断流出物排放是否遵守管理限值或运行限值提供依据。
- 为评价环境质量、估算公众受照射剂量提供源项数据。
- 为判断三废处理系统和排放系统工作是否正常提供依据。
- 迅速发现和鉴别非计划排放的性质和规模。
- 给出是否启动报警系统的信息。

8.1.1.2　监测内容

本工程流出物监测主要包括气态流出物监测和液态流出物监测，流出物监测点平面图见图 8.1-1。取样监测项目及核素分析种类、分析测量方法见表 8.3-2 和表 8.3-3。

1）气态流出物监测

（1）电厂烟囱辐射监测仪

电厂烟囱是电厂向周围环境释放气载流出物的主要设计通道。电厂烟囱正常量程辐射监测仪（VFS-JS-01）和电厂烟囱事故量程辐射监测仪（VFS-JS-02）分别在正常和事故量程范围内，对电厂烟囱中放射性活度浓度进行连续测量。电厂

烟囱辐射监测仪还用作事故后监测仪。

电厂烟囱正常量程辐射监测仪（VFS-JS-01）的气溶胶探测器采用 β 灵敏探测器，主要测量核素为 ^{90}Sr、^{137}Cs，测量范围 $3.7\times10^{-2}Bq/m^3$~$3.7\times10^{3}Bq/m^3$；碘探测器采用 γ 灵敏探测器，主要测量核素为 ^{131}I，测量范围 $3.7\times10^{-1}Bq/m^3$~$3.7\times10^{4}Bq/m^3$；惰性气体探测器采用 β 灵敏探测器，主要测量核素为 ^{85}Kr、^{133}Xe，测量范围 $3.7\times10^{3}Bq/m^3$~$3.7\times10^{8}Bq/m^3$。电厂烟囱事故量程辐射监测仪（VFS-JS-02）采用 β/γ 灵敏探测器，主要测量核素为 ^{85}Kr、^{133}Xe，事故量程惰性气体测量范围为 $3.7\times10^{6}Bq/m^3$~$3.7\times10^{15}Bq/m^3$。

电厂烟囱辐射监测仪还具有气溶胶、碘和惰性气体的手动取样功能。

电厂烟囱辐射监测仪接收电厂烟囱排风流量传感器（VFS-JE-FE105）的模拟信号，用来控制取样流量，并计算标准状态下的放射性气体活度浓度、释放量和流量。这些模拟信号还用来计算在操纵员选定的时间段内的总取样流量、总排放量。

当探测到的放射性活度浓度超过报警阈值时，辐射监测仪提供就地报警，该报警信号还送往主控制室。电厂烟囱辐射监测仪还为电厂流出物释放报告提供资料。

当电厂烟囱正常量程辐射监测探测到的放射性活度浓度超过正常量程范围时，正常量程的气溶胶、碘和惰性气体探测器将自动失效。样品中的一小部分将通过旁路绕过正常量程探测器，进入事故量程气溶胶和碘过滤器以及惰性气体探测器进行测量。这样不仅可以防止正常量程探测器的损坏，还可以在放射性水平降低后重新使用正常量程探测器来测量正常量程探测器范围内的放射性活度浓度。

事故量程辐射监测仪（VFS-JS-02）设置了两条并行固定的过滤器和气体手动取样连接器，用于收集样品中高放射性活度浓度的气溶胶和碘。

事故量程辐射监测仪每条取样回路的气溶胶、碘过滤器和气体手动取样连接器的安置、设计及制造应易于拆卸，以便送现场实验室分析。

此外，对经电厂烟囱向外排放的气态流出物，还设置了氚和碳-14 连续取样装置。取样装置获取的氚和碳-14 样品将定期送至实验室进行测量和分析。

电厂烟囱辐射监测仪示意图见图 8.1-2。

（2）凝汽器抽真空系统辐射监测仪

凝汽器抽真空系统辐射监测仪（CMS-JS-01）连续测量凝汽器抽真空系统（CMS）通风排放管道中的放射性活度浓度。放射性物质的存在，表明蒸汽发生器管道泄漏导致一次侧向二次侧泄漏。该监测仪还用作事故后监测仪。

凝汽器抽真空系统辐射监测仪是在线式监测仪。当探测到的放射性活度浓度超过报警阈值时，辐射监测仪提供就地报警，该报警信号还送往主控制室。

凝汽器抽真空系统辐射监测仪采用一个 β 灵敏探测器和一个 γ 灵敏探测器，主要测量核素为 ^{85}Kr、^{133}Xe，测量范围分别为 $3.7\times10^{4}Bq/m^{3}$~$3.7\times10^{10}Bq/m^{3}$ 和 $3.7\times10^{9}Bq/m^{3}$~$3.7\times10^{15}Bq/m^{3}$。

凝汽器抽真空系统辐射监测仪属于管内/管旁辐射监测仪，示意图见图 8.1-3、图 8.1-4。

（3）主蒸汽管道惰性气体辐射监测仪

主蒸汽管道惰性气体辐射监测仪（SGS-JS-26A 和 SGS-JS-27A）连续测量两条主蒸汽管道中放射性物质活度浓度。主蒸汽管道中存在的放射性物质来自于蒸汽发生器内一次侧向二次侧的泄漏。

主蒸汽管道惰性气体辐射监测仪安置在蒸汽管道附近。探测器的布置便于其灵敏体积暴露在来自被测主蒸汽管道的辐射场中，并屏蔽掉另一个主蒸汽管道的辐射。

主蒸汽管道惰性气体辐射监测仪可以测量从蒸汽发生器安全阀或大气释放阀释放的惰性气体。

当放射性物质活度浓度超过预置阈值时，主蒸汽管道辐射监测仪将在主控制室内产生报警。如果蒸汽发生器安全阀或大气释放阀打开，那么主蒸汽管道辐射监测仪的放射性活度浓度数据可以用来计算向环境释放的放射性。

主蒸汽管道惰性气体辐射监测仪采用 γ 灵敏探测器，主要测量核素为 Kr-85、Xe-133，测量范围为 $3.7\times10^{9}Bq/m^{3}$~$3.7\times10^{13}Bq/m^{3}$。

主蒸汽管道辐射监测仪属于管旁辐射监测仪，示意图见图 8.1-4。

（4）BOP 气态流出物排放监测

本工程的废物减容处理中心（CVRF）、去污和热检修车间及特种汽车库的排风总管中各设置一套取样装置，对排放气体中的气溶胶和碘进行连续取样，样

品送往流出物实验室进行分析，分析结果可为评价电厂向环境排放的放射性活度提供依据。

2）液态流出物监测

（1）放射性液体废物排放辐射监测仪

放射性液体废物排放辐射监测仪（WLS-JS-229）连续测量从放射性液体废物处理系统核岛废液监测箱向环境排放的液体中放射性活度浓度。这些液体经过充分混合并在释放前取样后分批排放。在排放前必须就地取样分析，以便确认其排放物的放射性活度浓度和排放总量都在允许的范围内。当放射性活度浓度超过预置阈值或仪表故障时，监测仪将启动主控制室用于操纵员动作的一个报警，阻止液体放射性废物的排放，并关闭液体放射性废物排放系统相关的排放泵。

放射性液体废物排放辐射监测仪采用 NaI(Tl)γ 灵敏探测器。主要测量核素为 ^{137}Cs，测量范围 $3.7\times10^{3}Bq/m^{3}$~$3.7\times10^{8}Bq/m^{3}$。

放射性液体废物排放辐射监测仪属于管旁辐射监测仪，示意图见图 8.1-4。

（2）常规岛生产废水排放辐射监测仪

常规岛生产废水排放辐射监测仪（WWS-JS-23）连续测量二回路接收排放监测水箱排放总管中的放射性物质活度浓度。当放射性活度浓度超过预置阈值或仪表故障时，监测仪将产生一个报警，同时关闭排放管线上隔离阀，阻止放射性液体废物的排放。常规岛生产废水排放辐射监测仪采用 γ 灵敏探测器，主要测量核素为 ^{137}Cs，测量范围 $3.7\times10^{3}Bq/m^{3}$~$3.7\times10^{8}Bq/m^{3}$。

常规岛生产废水排放辐射监测仪属于液体离线辐射监测仪，示意图见图 8.1-5。

（3）CVRF 液态流出物排放监测

CVRF 废液排放总管上设置一套低放水监测仪，对 CVRF 内废液监测箱废液和 CVRF 洗衣房内洗衣废水箱废水排放期间的放射性活度浓度进行连续监测。CVRF 中流出物排放也采用槽式监测排放，在排放前必须就地取样分析，以便确认其排放物的放射性活度浓度和排放总量都在允许的范围内。当排放废液中的放射性活度浓度超过报警阈值或仪表故障时，自动联锁关闭相应的排放阀和泵，以防止高放射性活度浓度的废液向环境排放。

低放水监测仪采用 γ 灵敏探测器，主要测量核素为 ^{137}Cs，测量范围 $3.7\times10^{3}Bq/m^{3}$~$3.7\times10^{8}Bq/m^{3}$。

低放水监测仪属于液体离线辐射监测仪，示意图见图 8.1-5。

8.1.1.3　监测取样代表性

对于气态放射性流出物监测，本项目核岛烟囱结构形式、风量与参考电站的烟囱结构形式相同，参考电站已经进行了气态流出物取样代表性验证试验。根据适用标准的要求，本工程不需要重复开展烟囱比例模型试验，取样点位置选择在相同的标高位置，保证在电厂各种运行工况期间从烟囱获取的样品都具有代表性。

对于液态流出物监测，槽式排放前对废液贮存罐内的液态流出物进行充分混合，然后再取样，使得样品具有代表性。

8.1.2　辐射环境监测

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定，在进行常规环境辐射监测时，应与运行前的放射性环境本底（或现状）调查工作相衔接，充分利用运行前环境调查所获得的资料。项目采样点要与运行前环境调查保持适当比例的同位点。环境监测关注的重点是对关键人群组影响较大的主要放射性核素和环境介质。

本节将根据本工程所在厂址的环境特征和国内现役核电厂放射性环境监测的经验提出运行期间放射性环境监测初步方案。

8.1.2.1　监测目的

运行期间的环境监测的主要目的是通过持续开展定时、定点的环境质量监测，掌握本工程所在厂址及周边区域辐射环境质量状况和变化趋势，判断环境中放射性污染及其来源，报告辐射环境质量状况，为环境辐射水平和公众剂量提供评价依据，在评判核或辐射突发事故/事件（包括境外事故/事件）对公众和环境影响时提供必不可少的对比参考依据。具体包括：

- 跟踪本工程气载和液态流出物所引起厂址周围环境介质变化情况，为评价环境辐射安全和估算公众所受剂量提供依据。
- 测定环境介质中放射性核素浓度或照射量率的变化。
- 发现本工程周围地区放射性污染变化的异常现象，及时查找原因，鉴别污染来源，追踪污染趋势，提出环保措施建议及修正监测方案。

- 为核应急方案实施提供依据。

8.1.2.2 监测范围

本工程运行期间环境监测范围、布点及监测项目与运行前的放射性本底调查范围和布点基本类同，并在运行前本底调查的基础上优化取样点、取样品种、取样频率。在开展运行期间环境辐射监测时，应与运行前的放射性环境本底调查工作相衔接，充分利用运行前环境调查所获得的资料。项目采样点要与运行前环境调查保持适当比例的同位点。

- 环境γ辐射水平的调查范围为厂址半径20km，其余监测项目的调查范围为厂址半径10km范围内区域。
- 厂址邻近海域的放射性环境监测范围主要设在液态流出物排放口周围海域，同时关注取水口附近海域。

8.1.2.3 布点原则

- 关键居民组的居住区域。
- 最大风频下风向厂区边界附近区域。
- 尽可能与放射性环境本底调查的布点一致。
- 气载流出物经大气弥散后的最大浓度落地点。
- 液态流出物排放方式及受纳海域水体的水文特征。
- 陆生生物、海洋生物的生长周期、采样品种的代表性。

8.1.2.4 监测项目

放射性环境监测项目包括陆域环境γ辐射水平、环境介质辐射水平测量、核素分析和放射性活度测量，其监测的环境介质有大气、水、陆生生物、海洋生物、土壤和沉积物等，特别关注对关键居民组影响较大的环境介质和放射性核素。

本工程正常运行条件下，流出物排放对人体造成辐射照射的途径主要是食入途径，对剂量贡献较大的核素主要有^{14}C、^{3}H等。运行期间的环境监测方案将充分考虑这些对公众造成辐射的主要核素及迁移转移介质的分析测量。

运行期间放射性环境监测大纲将在辐射影响分析结果和本工程运行前放射性环境本底调查基础上对环境介质的采样品种、频率、地点和测量方法优化后确定。本工程放射性环境监测项目的采样或测量的频度取决于如下因素：

- 本工程计划排放周期和非计划排放。

- 流出物中放射性核素的物理化学特性、环境介质的稳定性、核素在环境中的迁移规律。
- 生物的收获期及渔汛期并考虑人为转移因素。
- 气象状况的变化。
- 本工程周围环境条件的变化情况。

具体监测项目包括：

1）γ辐射

（1）γ辐射空气吸收剂量率（连续）

以厂址1号机组反应堆为中心，半径10km范围内（以下简称“厂址半径10km范围内”）16个除海域以外的陆地方位上布设自动监测站。此外，考虑在厂址1号机组反应堆气载流出物排放口主导风下风向（若主导风向所处方位无陆地覆盖，则选取覆盖陆地的方位中风频最高的方位，次主导风向同理，下同）、次主导风向下风向和居民区（三关键区域）布设自动监测站。除上述监测站外，还应在厂址半径20km范围内设置对照点，上述监测点皆应考虑事故、灾害的影响。

每个自动监测站按指定间隔记录，一般每30秒或1分钟记录一次γ辐射空气吸收剂量率数据，实行全天24小时连续监测，报送5分钟均值或小时均值。部分关键站点设置能甄别核素的固定式能谱探测系统，对周围环境进行实时的γ能谱数据采集，并将能谱数据传送回数据处理中心。

（2）γ辐射累积剂量

同γ辐射空气吸收剂量率点位布设方案。

2）空气

（1）气溶胶、沉降物

在厂区边界处、主导风下风向、次主导风向下风向、厂址半径10km范围内的居民区（三关键区域）布设采样点，点位设置与该方位角的γ辐射空气吸收剂量率监测点位一致，并与γ辐射空气吸收剂量率监测站共站，选择其中一个监测点（优先考虑厂外烟羽最大浓度落点处或关键居民点）设置空气气溶胶24小时连续采样，至少每周测量一次总β或（和）γ能谱，向监测机构传输一次数据。当总β活度浓度大于该站点周平均值的10倍或γ能谱中发现人工放射性核素异常升高，则将滤膜样品取回实验室进行γ能谱等分析。

对照点与γ辐射空气吸收剂量率监测点位一致，并与γ辐射空气吸收剂量率监测站共站。气溶胶采样每月一次，采样体积应不低于10000m^3。沉降物累积每季收集1次样品。

（2）空气

^3H（HTO）、^{14}C和^{131}I采样点设置同气溶胶、沉降物的监测布点。

^3H（HTO）开展连续采样，每月分析累积样品，根据历史监测数据，可选择其中1~2个采样点，每周分析一个累积样品或开展在线监测。^{14}C的采样体积一般应大于3m^3，^{131}I累积采样体积大于100m^3。设置对照点位。

（3）降水

降水采样点设置同气溶胶、沉降物的监测布点。

3）表层土壤

在厂址半径10km范围内采集陆地表层土。考虑没有水土流失的陆地原野土壤表面土样，以了解当地大气沉降导致的人工放射性核素的分布情况。考虑在农作物采样点采集表层土壤。

4）陆地水

（1）地表水

根据厂址环境特征决定采样点数，对照点设在不可能受到本工程释放的流出物影响的水源处。

（2）地下水、饮用水

考虑在地下水源和饮用水源处采样。可利用本工程厂内监测井，根据厂址环境特征设置厂外环境监测点位。

5）地表水沉积物

监测厂址附近河流及水库沉积物中的放射性核素含量，根据厂址环境特征决定采样点数，与地表水采样点重合。

6）陆生生物

采集厂址半径10km范围内的粮食、蔬菜水果、禽畜产品中的放射性核素含量。

（1）植物

采集关键人群组食用主要农作物，如谷类1~2种，蔬菜类2~4种，水果类1~2

种。

（2）动物

采集关键人群组食用的当地禽、畜1~2种。

7）地表水体水生生物

监测地表水体养殖产品鱼类（注意不采集以饵料喂养为主的水产品）、藻类和其他水生生物中的放射性核素含量。

8）海水

监测排放口附近沿海海域海水中放射性核素，对照点设在50km外海域。

9）海洋沉积物

与海水采样点相同。

10）海洋生物

主要包括鱼类、藻类、软体类以及甲壳类海洋生物，采样点一般应包括本工程及本工程排水口附近野生类或当地渔民的养殖场或放养场（注意不采集以饵料喂养为主的海产品）。每类生物采集地点不少于3个。

11）指示生物

选择能够高水平或快速富集（富集时间短于采样周期）环境中的放射性物质的生物（如：陆地上的松叶、杉叶、艾蒿、苔藓、菌菇等富集铯同位素，海洋环境的藻类、软体类、甲壳类富集^{60}Co、^{58}Co、^{54}Mn、^{99}Tc等核素，鱼骨和贝类富集锶和钚同位素等），通过测量了解环境中放射性浓度的时间性和空间性变化。

8.1.2.5　测量方法

环境辐射监测主要是物理测量、放射化学分析测量和就地定点的环境γ辐射监测、移动或巡测的辐射监测或取样测量。

1）物理测量

使用a/β低本底测量装置、低本底γ谱仪、低本底液体闪烁装置等设备来测量总β、γ放射性核素和^{3}H的放射性浓度。

2）化学测量

使用放射化学分析方法测量^{90}Sr等放射性核素。

3）环境γ辐射测量

- 设置环境γ辐射监测站，用γ辐射剂量率仪连续监测γ辐射剂量率。

- 用 TLD 元件和热释光剂量测量装置进行定点的γ累积剂量监测。
- 用便携式γ剂量率仪定点监测瞬时γ辐射剂量率。
- 配有监测和取样设备的监测车进行流动监测与巡测。

8.1.3　应急监测

本工程事故工况下的环境应急监测是环境监测的组成部分，它具有快速反应和机动灵活的能力，应急监测方案中考虑了如下要求：

- 在厂址半径 5~10km 范围内，环境辐射监测系统的固定式γ辐射监测子站应具备应急条件下进行连续监测和通信的能力，测量范围能满足应急监测需求，相关数据能通过有线和无线方式及时传输至本工程应急指挥中心等应急设施。
- 在发生核事故时，本工程的环境监测车和介质采样车在配置了便携式仪表和其它设备后，可参与应急监测和取样，快速判断放射性释放对环境造成的污染范围和污染程度。环境监测车与介质采样车的主要配置见表 8.3-6、表 8.3-7 和表 8.3-8。
- 环境实验室位于本工程厂外，用于对事故环境样品进行详细测量和分析，为事故后果评价提供支持。环境实验室的仪器配置见表 8.3-4 和表 8.3-5。

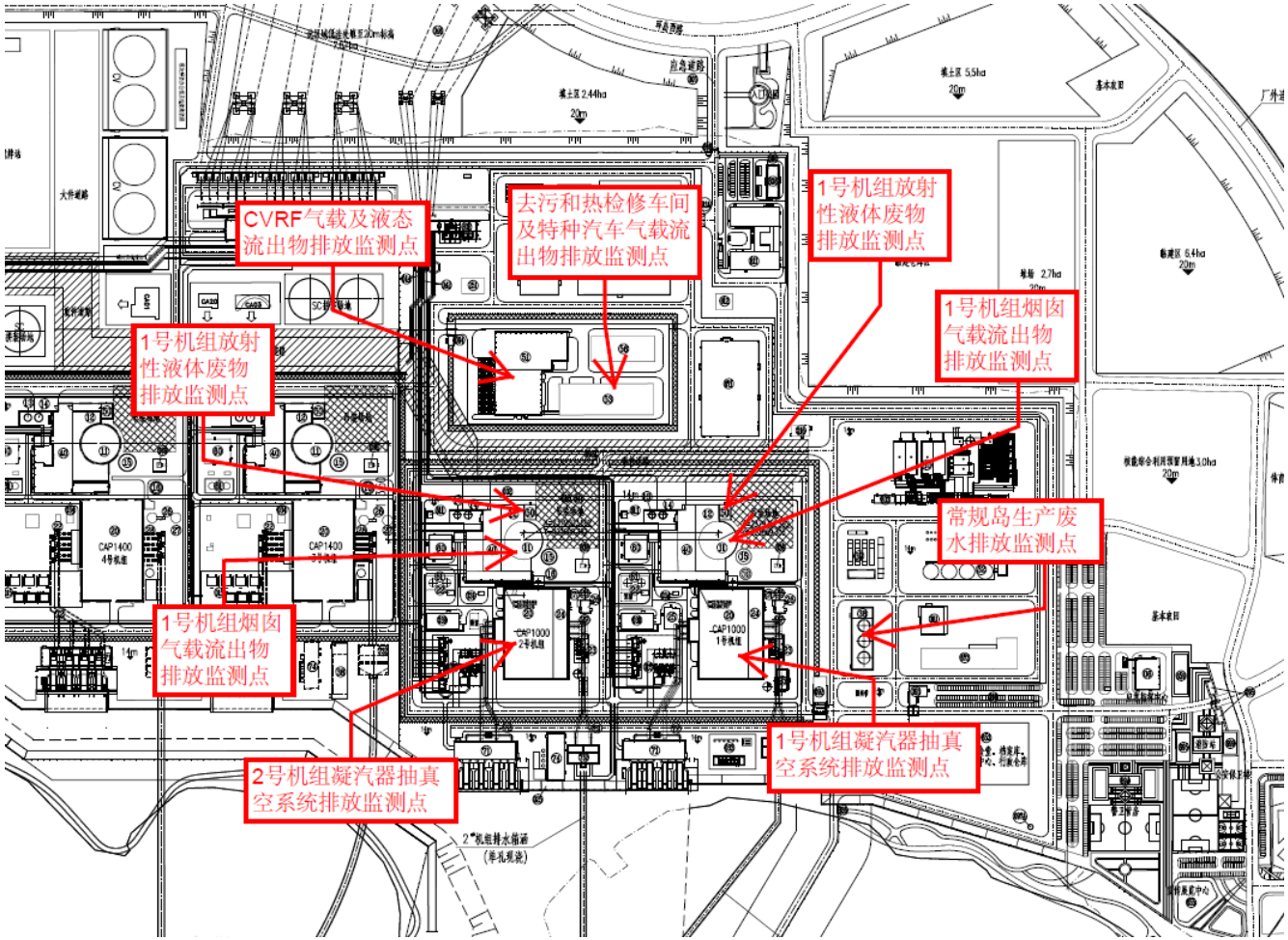


图 8.1-1　流出物监测点平面图

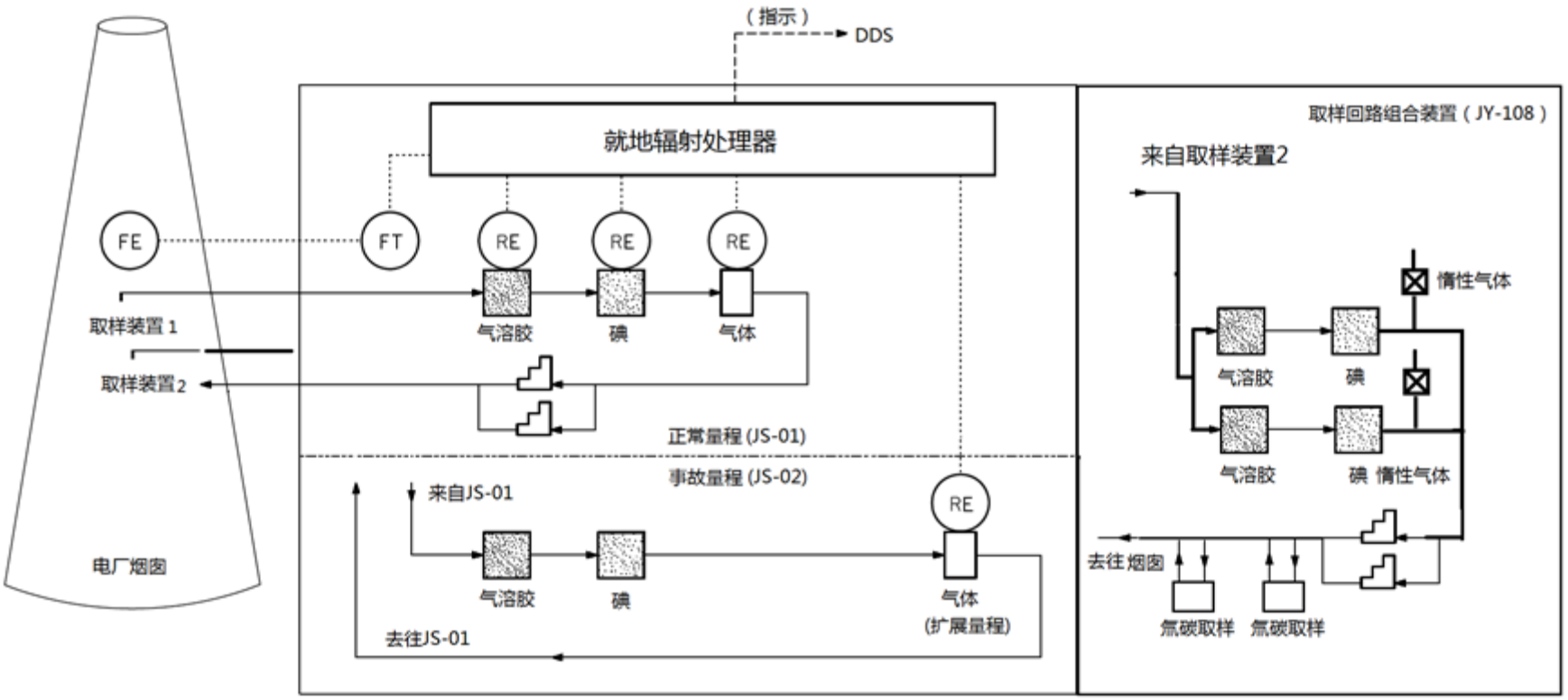


图 8.1-2　电厂烟囱辐射监测仪示意图

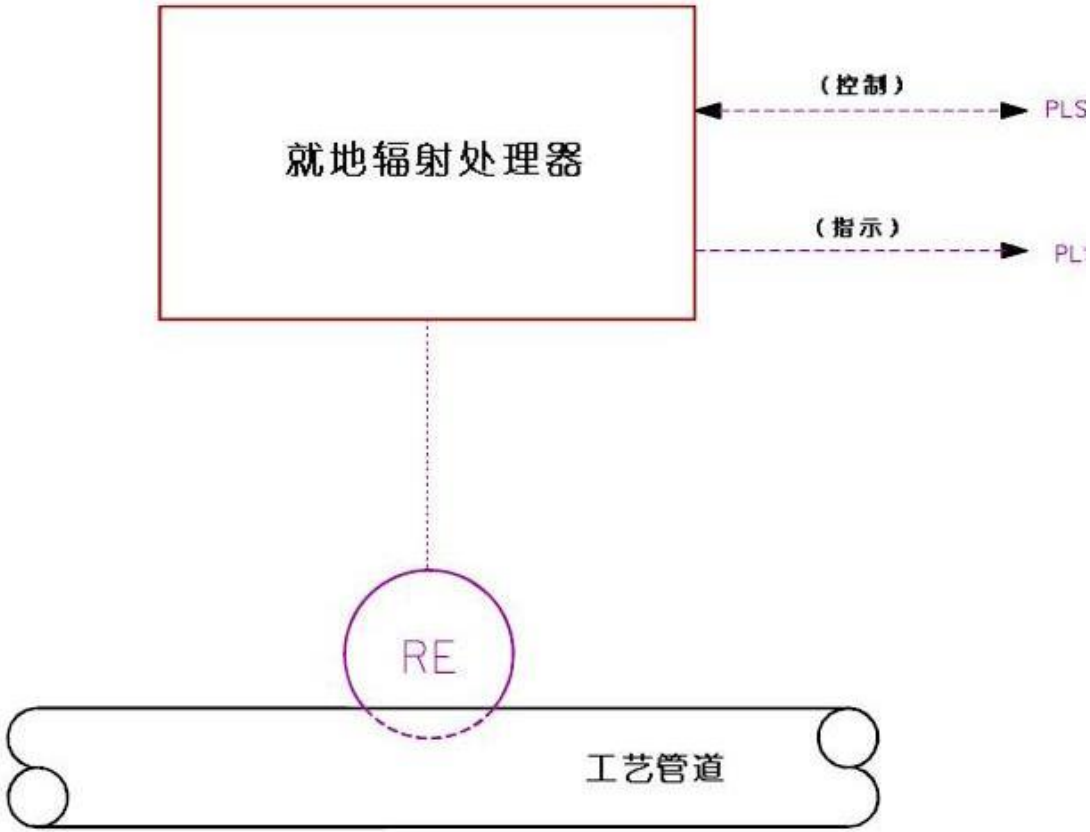


图 8.1-3　管内辐射监测仪示意图

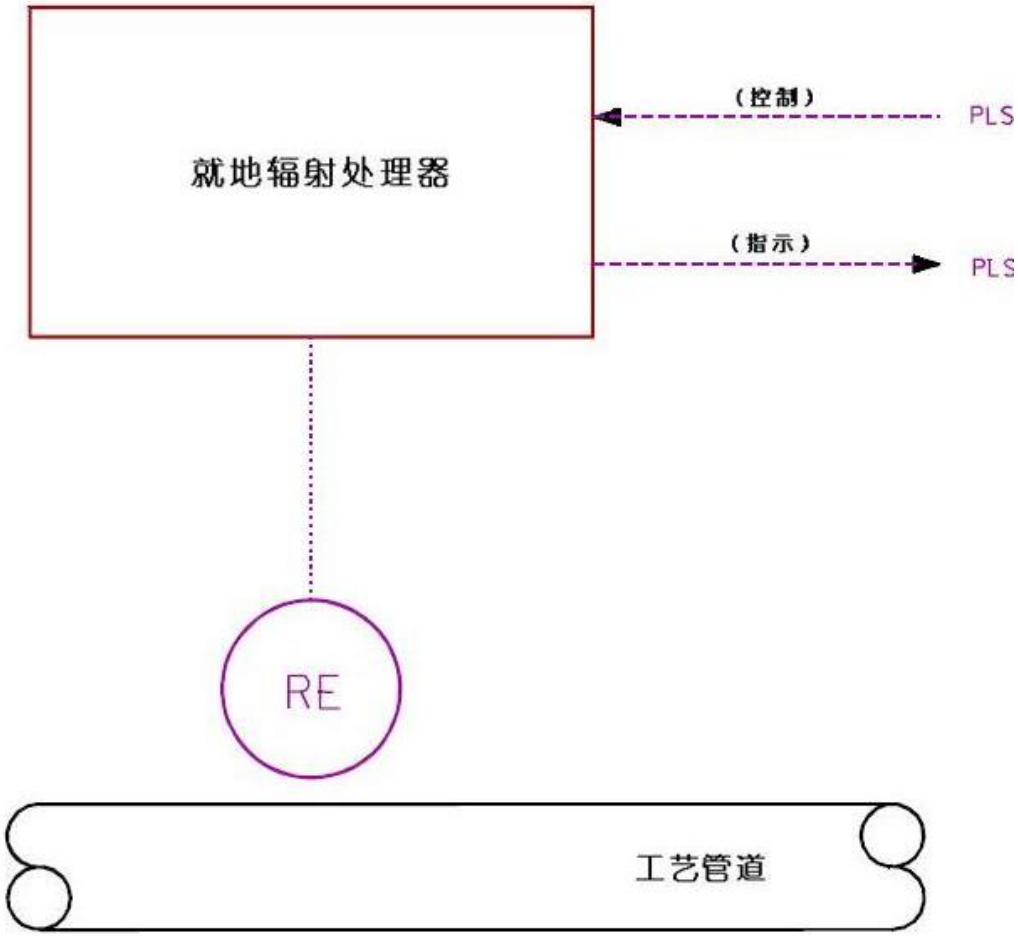


图 8.1-4　管旁辐射监测仪示意图

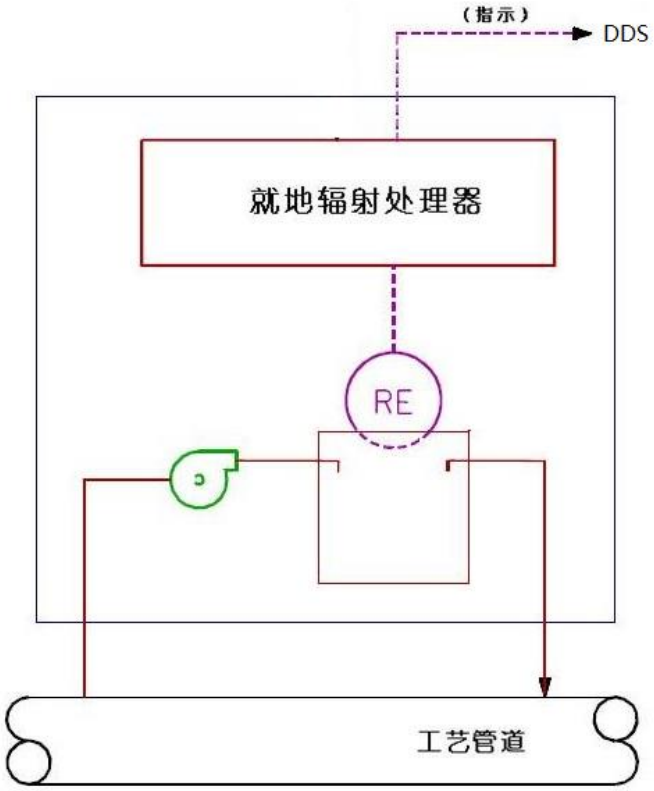


图 8.1-5　液体离线辐射监测仪

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

本工程运行期间将对厂址附近海域开展温排水监测，进行监测的主要目的是监测本工程温排水排放所致温升影响范围、程度和评估本工程的温排水排放对厂址临近海域水质及海洋生态的影响。

可选择的监测方式包括遥感测量、航空测量和定点测量。遥感测量可利用热红外遥感水温反演进行测定；航空测量可反映温排水影响海域面积；定点测量可在电厂排水口设置取样监测点，并在周围海域设置一定的站位进行定时温排水采集监测，温度测点的点位布置可参照厂址温排水的数、物模结果进行布设。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.2.2.1 监测目的

- 反映本工程运行期间的非放射性流出物排放情况。
- 判断本工程运行期间的生产废水系统（WWS）等废物处理设施（放射性废物处理设施除外）是否正常运行。

8.2.2.2 监测内容

对本工程排放的非放射性液态流出物开展常规监测。非放射性流出物监测包括排水口温度、水质理化参数、本工程可能排放的化学物质的取样测量分析和生活污水排放前取样监测等，具体如下：

1）生产废水排放监测

在非放生产废水处理设施排放口、总排口（进入虹吸井掺混前）和虹吸井分别布设监测点。监测项目包括：硼、油类、铁、硫酸盐、锂、镍、钠、阴离子洗涤剂、溶解氧、六价铬、总铬、余氯、电导率、pH 值、正磷酸盐、联氨、氨氮。

2）生活污水排放监测

在生活污水处理设施排放口设置监测点。用于判断水质是否满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）。

生活污水设施出水水质监测内容包括 pH 值、生化需氧量（BOD_5）、氨氮、阴离子表面活性剂、铁、锰、溶解性总固体、溶解氧、总氯、大肠埃希氏菌。

pH 值开展在线监测，生化需氧量（BOD_5）、氨氮、阴离子表面活性剂、铁、锰、溶解性总固体、溶解氧、总氯、大肠埃希氏菌等水质监测采用定期取样检测

的方式进行监测。

8.2.3　气象观测

本工程运行期间的气象观测包括气象梯度观测和厂址专用地面气象站观测。

厂址气象铁塔与地面站的地理位置为东经 108°14′22″，北纬 21°32′1″，位于厂址 NNE 方位约 2.6km 处，向西毗邻海湾，周围为丘陵起伏地形，厂址气象观测系统地理位置见图 8.2-1。

厂址气象梯度观测系统在气象塔 10m、30m、70m 和 100m 进行风向、风速、温度的逐时观测。

厂址地面气象站的观测项目包括：气压、风速、风向、温度、湿度、雨量、辐射、蒸发。

1）观测仪器和性能

气象铁塔 10m、30m、70m 和 100m 进行风向、风速、温度的逐时观测，观测仪器参数及性能见表 8.2-1。

厂址地面气象站的观测项目包括：气压、风速、风向、温度、湿度、雨量、辐射、蒸发。观测仪器参数及性能见表 8.2-2。

2）设备维修和标定方法

观测仪器进入现场安装之前，由国家计量机构授权的气象计量检定单位对仪器进行标定；依照相关规范要求，对现场仪器进行安装、调试；采集的数据采用无线远程传输方式每天一次定时自动传输到数据采集中心，技术人员可进行即时处理，并实时监控现场仪器运行情况，发现问题维护人员 24h 内赶赴现场对设备进行检修，在恶劣天气前、后加强对所有设备进行检查和维护，发现问题或出现故障及时处理并填写故障记录单。

3）数据记录及分析程序

数据记录及分析软件采用国际上通用的较稳定的 lognet3.4，该软具有较好的兼容性，在常规的中文操作系统下可正常运行。

数据采集硬件采用高性能采集器 CR3000，能实现对所有的数据实时采集、保存，主机能够提供整时的或由用户定义（最小为 1min）时间间隔内的测量数据。主机能够同时显示多层数据，还能单独显示每层的数据，完全由用户自行定义。

4）数据联合获取率

2022~2023 年两整年气象数据的联合获取率为 99.36%，满足《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）不低于 90%的要求。

8.2.4 水文观测

8.2.4.1 海水

本工程拟在运行期间观测潮汐、海流、水温、海水盐度等海洋水文要素，根据海域泥沙淤积情况，适时开展取水明渠和工程周边海域的水下地形测量。

8.2.4.2 厂址区域地下水观测

地下水监测井布置范围是厂址区地下水可能受影响的区域。

地下水监测井点布设主要考虑厂区地下水分布特征、含水层性质、地下水径流排泄特征以及本工程地下水污染影响的可能范围，主要布设在本工程厂区内环境敏感点及厂区内地下水可能的污染源地点，监测井点的层位以可能受影响含水层为主。

根据厂址区水文地质条件、厂区总平面布置方案以及地下水监测目的，本项目共布置 9 个地下水监测井（图 8.2-1）。各监测井点的布置依据为：

- 考虑到本工程运行后厂区地下水同期本底对比要求，在厂区东侧适当位置布置监测井 W1，该井处的地下水应不受主厂房、循环水排水管和 CVRF 等可能污染源的影响。
- 厂区内总体上地下水沿山体斜坡流向冲沟汇集，经冲沟由西北和东南方向最终汇入或直接排入大海，结合厂区总平面布置方案，考虑在主厂房区南北两侧布置监测井 W2～W9，且同时考虑 CVRF 和循环水排水管等可能的污染源位置以及环境敏感点，其中 W2~W7 为核岛下游且兼顾 CVRF 的位置，布置在地下水沿山体斜坡流向冲沟的排泄方向，W8、W9 位于虹吸井及循环水排水管可能的污染源向厂区边界的排泄方向。

厂区内地下水监测井待具备施工条件后陆续完成。

表 8.2-1　铁塔气象观测要素技术指标一览表

名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0.3～60m/s	±0.3m/s（≤10m/s） ±(0.03V)(>10m/s)	0.05m/s	启动风速
风向	°	0°～360°	±5°	3°	启动风速
温度	℃	-50℃～+50℃	±0.1℃	0.1℃	

表 8.2-2　地面观测主要气象要素技术指标一览表

名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0.3m/s～60m/s	±0.3m/s（≤10m/s） ±(0.03V)(>10m/s)	0.05m/s	启动风速为0.3m/s
风向	°	0°～360°	±5°	3°	启动风速为0.3m/s
温度	℃	-40℃～+85℃	±0.1℃	0.1℃	
降雨量	mm	0～4mm/min	±1%(≤10mm/hr) ±3% (10~20mm/hr) ±5% (20~30mm/hr)	0.1mm	
总辐射	W/m^2	0～2000	<0.1%/℃(温度依赖性)WMO 二级	1 W/m^2	15μv/W/m^2
净辐射	W/m^2	-2000～2000	<-0.1%/℃(温度依赖性) WMO 二级	1 W/m^2	10μv/W/m^2
蒸发	mm	0~100mm	±0.3mm，累积蒸发3000mm 条件下	0.1mm	
气压	hPa	600～1100	0.119hPa， 900hPa~1100hPa	0.1	
湿度	%	0～100%	±1.5%RH	1%	

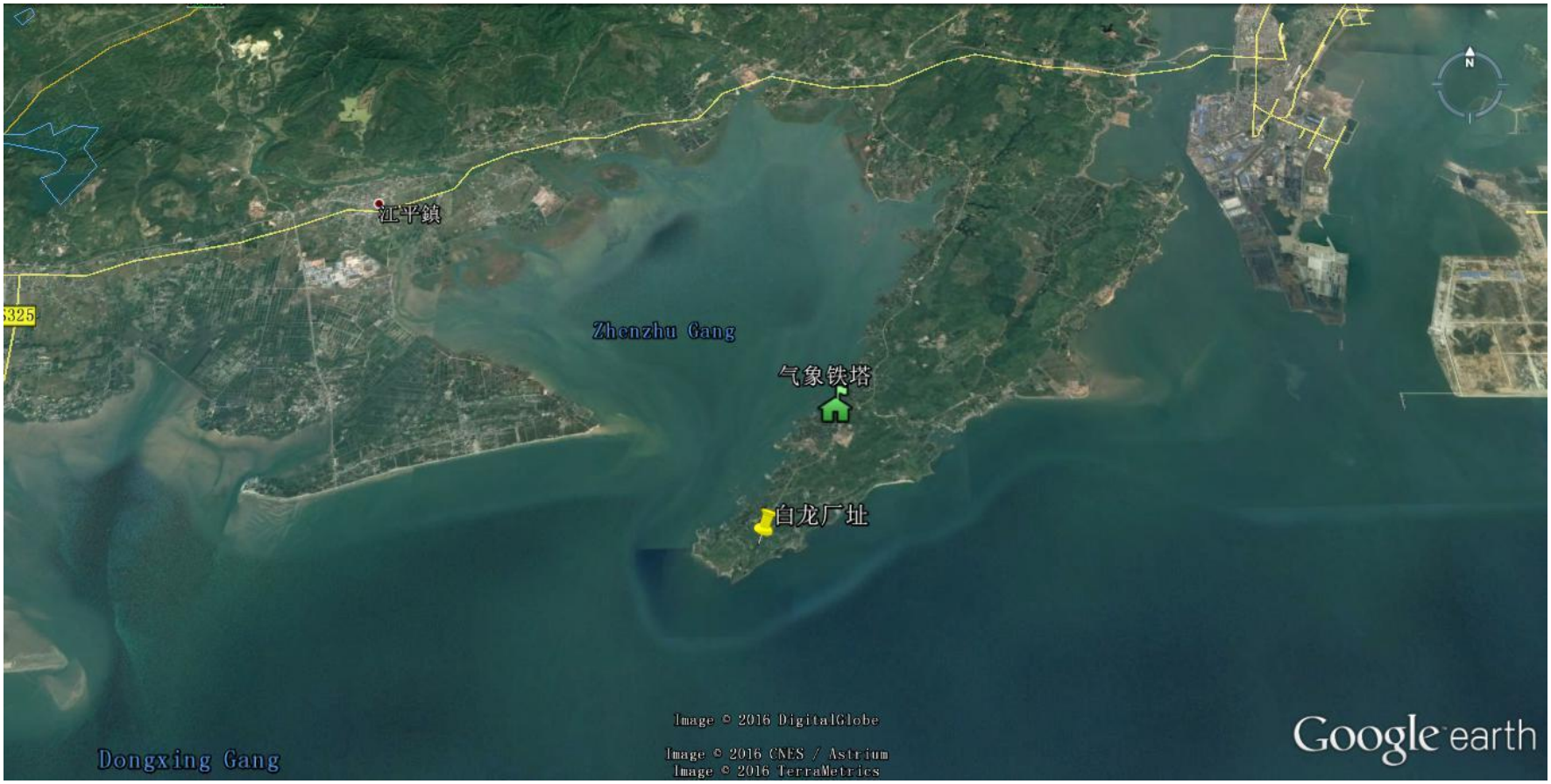


图 8.2-1　厂址气象站位置图

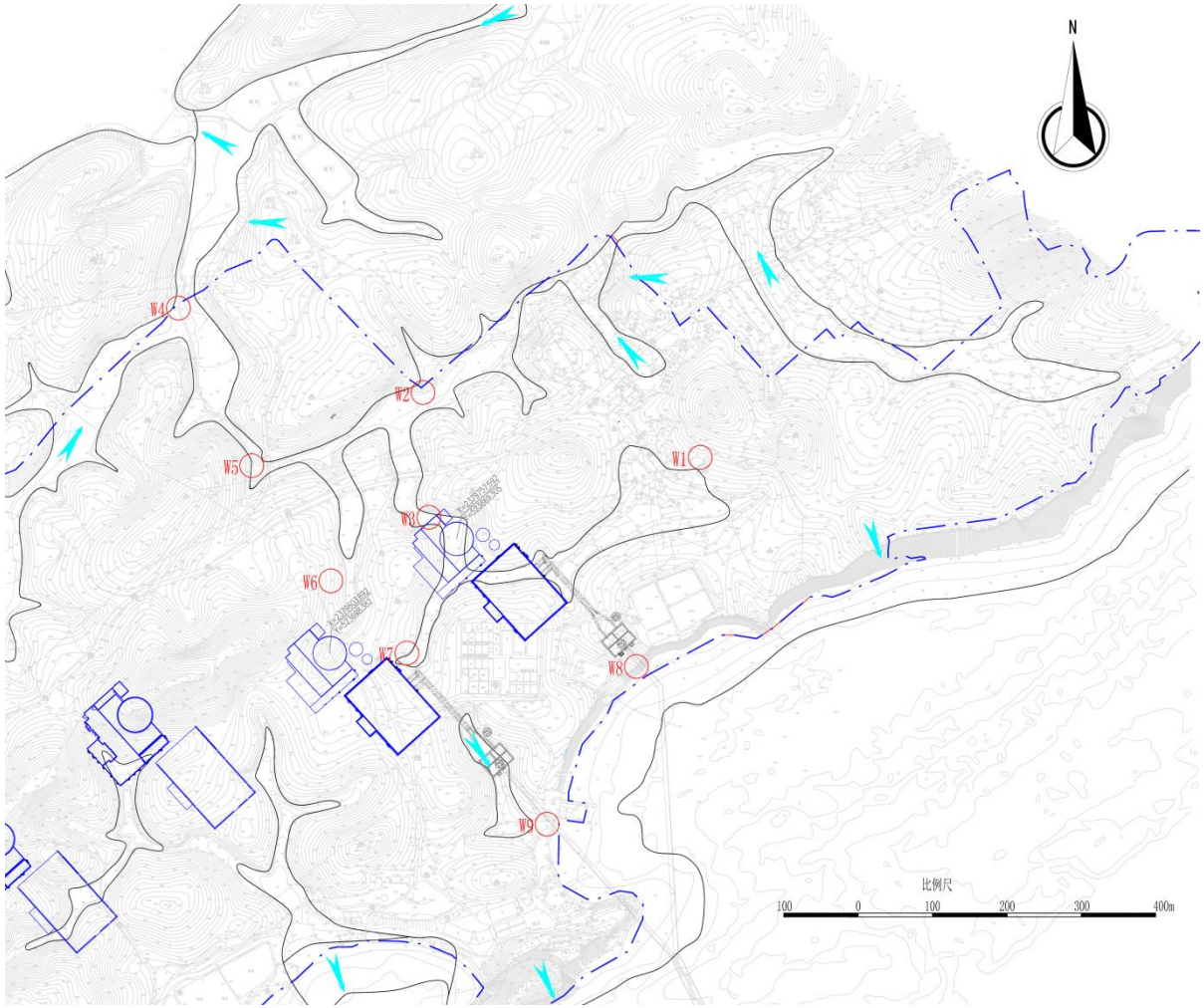


图 8.2-2　本工程地下水监测井位置示意图

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

流出物实验室用于本工程液态和气态流出物样品的预处理、样品制备、γ能谱分析、总α/β放射性测量和核素分析，以确定排放的液态和气态流出物的放射性水平，保证环境不受污染，并为编写本工程放射性物质排放的年度评价报告提供数据。流出物实验室位于主厂区三废处理区，处于综合实验室和放射源库（56子项）的一层，有流出物测量间1、流出物测量间2、制样与化学分析间和天平间等房间，流出物实验室布置见图8.3-1。

流出物实验室为全厂共用（设备分期采购），设计考虑6台压水堆核电机组流出物样品的制样和检测。

流出物实验室主要设备清单见表 8.3-1，实验室主要分析样品和监测项目见表8.3-2和表8.3-3。

流出物实验室应在1号机组装料前，具备投用条件；将以1号机组装料时间为基准，制定合理的设备采购、安装等进度计划，并严格按计划完成相关工作。

8.3.2 环境监测设施

本工程的环境监测系统由环境γ监测系统、废液采样站、环境监测站和环境监测网等部分组成。

8.3.2.1 环境γ监测系统

环境γ监测系统由厂区内和厂区外的监测子站、环境监测车和环境γ监测计算机组成。

1）监测子站

本工程所在厂址的辐射环境自动监测站（以下简称监测子站）计划设置 3个场内监测子站和4个场外监测子站，场外监测子站和监督性监测系统外围辐射环境监测子站覆盖厂址半径10km范围16个除海域以外的陆地方位，其中2个场外监测子站与监督性监测系统外围辐射环境监测子站共址建设。

环境监测子站的安装地点见表8.3-9、图8.3-2、图8.3-3，每个监测子站的设备配置情况见表8.3-10、表8.3-11。

各环境监测子站的环境γ监测仪、雨量计实时采集的大气γ辐射水平、降雨量等信息，并通过有线加无线的方式实时传送到环境监测网（服务器位于应急指挥中心）。气溶胶及碘取样装置、氚取样装置以及C-14取样装置的失电和取样故

障等信息也可通过就地的通信设备传送至环境监测网。

厂区内和厂区外的监测子站均应在 1 号机组装料前，具备投用条件；将以 1 号机组装料时间为基准，制定合理的设备采购、安装等进度计划，并严格按计划完成相关工作。

2）环境监测车

环境监测系统配置 1 辆环境监测车，车上的设备及主要参数见表 8.3-6。

在本工程正常运行情况下，环境监测车主要用于对厂区及周围区域内的环境 γ 辐射水平进行巡测和对气象和环境监测系统进行日常维护。在本工程发生事故情况下，环境监测车用作快速应急监测。环境 γ 辐射水平实时测量数据及车载卫星全球定位系统的定位数据，通过车载通讯装置实时传送到环境监测网。

8.3.2.2　废液采样站

本工程在取水设施和排水设施处设置废液采样站进行取样，样品将被送到环境实验室进行测量和分析。采样设备的失效报警信号将被传送至环境监测网。

通过对进水样品和排水样品中放射性核素的活度浓度和其他有关非放射性元素浓度分析结果的对比，可为本工程对环境的排放评价提供参考。

8.3.2.3　环境监测站

本工程拟在厂址东北方向距离厂址约 15 公里处设置环境监测站，环境实验室位于该监测站内，其具体建设位置待定。实验室初步考虑为三层，总建筑面积约为 2227m^2，监测站共三层。其中，一层为物理测量区，二层为办公和数据管理区，三层为样品处理和化学实验区。实验室的设备布置见图 8.3-4~8.3-6。

环境实验室配置各种测量分析仪表，用于在本工程正常运行期间对其周围环境介质中所含的放射性核素的种类、浓度进行监测，并对监测数据及时分析和评价，定期上报相关生态环境行政主管部门。环境实验室配置的主要仪器的技术要求见表 8.3-4 与表 8.3-5。

环境实验室应在 1 号机组装料前，具备投用条件；将以 1 号机组装料时间为基准，制定合理的设备采购、安装等进度计划，并严格按计划完成相关工作。

环境监测站还配置有两辆介质采样车，主要用于常规监测时的环境新鲜样品的采集和运输，还可进行热释光元件（TLD）的布设及回收。事故时可配置便携式仪表和其它设备参与统一的应急行动，车内放置一些采样工具和样品容器等。

介质采样车配置的主要仪器的技术要求见表 8.3-7 和表 8.3-8。

8.3.2.4　环境监测网

环境监测网是一个局域网，由服务器、工作站、远距离显示和打印终端、交换机、网关、打印机及相应的操作系统和应用软件等组成。除了一台远距离显示和打印终端位于本工程环境监测站内，环境监测网的其它设备均位于本工程应急指挥中心的环境监测室及应急机房内。

环境监测网实时接收本工程正常运行和事故期间来自气象专用计算机的气象数据和环境 γ 监测计算机的环境测量数据和报警信息等，并负责对这些数据进行集中管理、存储、显示、报警和传送。

环境监测网将通过通讯方式实时地将气象和环境监测数据传送到应急指挥中心、1 号机组和 2 号机组的数据显示和处理系统以及运行和控制中心供电厂操纵员使用。

8.3.2.5　地下水监测井

见 8.2.4 节。

8.3.3　监督性监测系统

本工程将建设厂址的辐射环境现场监督性监测系统，拟移交给广西壮族自治区生态环境行政主管部门运行和管理。由地方政府使用该系统对本工程流出物中的放射性水平实施监督性监测，本工程营运单位为该系统中流出物的连续监测和定期取样提供支持。

监督性监测系统由外围辐射环境监测系统和流出物监测系统组成，见图 8.3-7 和图 8.3-8。

监督性监测系统应在 1 号机组装料前，具备投用条件；将以 1 号机组装料时间为基准，制定合理的设备采购、安装等进度计划，并严格按计划完成相关工作。

8.3.3.1　外围辐射环境监测系统

外围辐射环境监测系统由位于核电厂场外的监测子站和前沿站构成，主要用于对环境辐射水平及相关气象参数、样品中放射性物质等进行监测和采样分析。

监督性监测子站具有以下功能：

- 配置辐射监测设备、气象测量设备、采样设备等，用于连续实时地监督本工程周围环境中的辐射水平和变化趋势。
- 当本工程发生事故时，监测子站的测量数据可以为后果评价以及场外应

急决策提供依据。

监督性监测子站的布点见表 8.3-12 与图 8.3-9。

前沿站具有以下功能：

- 设置前沿站实验室，对本工程周围的环境样品进行定期取样和监督性测量。
- 设置数据汇总中心，对监测子站及流出物在线监测数据进行汇总、处理、存储、显示并向外传输。

前沿站和流出物实验室拟建设在位于厂区东北方向 30 公里左右的位置。

8.3.3.2　监督性流出物监测系统

流出物监测系统由流出物在线监测系统和流出物实验室构成，实现对本工程释放到环境中气态、液态流出物进行在线连续监测和抽样监测的功能。

流出物在线监测系统共用本工程自行实施的流出物在线连续监测仪表，通过本工程的信息系统与独立配置的流出物在线监测数据服务器和数据传输设备，将连续监测仪表的测量数据传输至数据汇总中心和生态环境部现场监督单位。流出物在线监测系统的系统流程图参见图 8.3-8。

流出物实验室用于对本工程释放到环境中的放射性气态、液态排放物进行抽样监测，并承担事故时应急样品的分析。

表 8.3-1　流出物实验室主要设备清单

序号	房间	设备名称	数量	主要技术参数
1	流出物测量间 1	P 型高纯锗 γ 谱仪	7 台（一期配置 3 台）	➢ 探测器：P 型同轴型高纯锗探测器； ➢ 测量能量范围： 40keV~10MeV； ➢ 相对测量效率： ≥60%； ➢ 能量分辨率：≤1.95keV@1.33MeV，≤1.00keV@122keV； ➢ 峰-康比：≥70：1（在 1.33MeV 处）。
		除湿机	1 台	➢日除湿量： 40L 左右。
		碘化钠 γ 谱仪	3 台（一期配置 1 台）	➢探测器：NaI(Tl)探测器； ➢测量能量范围：25keV~3.5MeV； ➢ 能量分辨率：≤8%（在 662keV 处）。
2	流出物测量间 2	液体闪烁计数器	4 台（一期配置 2 台）	➢能量范围： 0~2MeV。 ➢本底计数：≤20cpm； ➢测量效率：^{3}H≥60%；^{14}C≥95%。
		低本底 α、β 测量仪	3 台（一期配置 2 台）	➢探测器类型：流气式正比计数管； ➢探测器通道数：4 个； ➢本底计数： α：≤0.1cpm；β：≤1cpm； ➢效率比：α：≥90%（^{241}Am）；β：≥60%（^{90}Sr/^{90}Y）； ➢效率稳定性：α：≤3%（^{241}Am）；β：≤5%（^{90}Sr/^{90}Y）； ➢测量效率： α：≥40%（^{241}Am）；β：≥45%（^{90}Sr/^{90}Y）。
		除湿机	1 台	➢日除湿量： 40L 左右。
3	天平间	分析天平	3 台	➢3 种规格各一台（最大称重分别为：200g、4000g、16kg）。
		电子天平	1 台	➢最大称重：40g。
		纯水仪	1 台	➢出水率：≥1.5L/min； ➢电阻（25℃）： 18.3 兆欧.cm；

				➢TOC（总有机碳）：＜5ppb。
5	制样与化学分析间	精密电加热板	2 台（一期配置 1 台）	➢功率： 0~1.5kW 内可调； ➢加热温度范围： 室温~500℃； ➢使用 LED 进行加热温度控制/显示； ➢加热温度控制精度： ±10℃。
		抽滤装置	2 套（一期配置 1 台）	➢抽气速度： 25L/分
		程控马弗炉	2 台（一期配置 1 台）	➢温度范围： 100℃~1100℃； ➢内腔温度均匀性： ±5℃。
		烘箱	2 台（一期配置 1 台）	➢不锈钢内胆，三块隔板（高度可调节）； ➢工作温度范围：20℃~210℃，具有超温保护功能； ➢温控精度： ±2℃； ➢温度均匀性： ±2℃。
		恒温水浴锅	2 台（一期配置 1 台）	➢水槽内壁为不锈钢，水槽底部配放水阀； ➢水浴体积： ≥5L； ➢温度范围： 室温~100℃； ➢温度均匀性： ±0.2℃； ➢功率： 2kW； ➢结构形式： 双列六孔； ➢温控精确，数字显示，自动控温，具有超温保护功能。
		加热电磁搅拌器	1 台	➢搅拌点位： 5 个； ➢每个搅拌子最大处理量：2L；
		台式 pH 计	2 台	➢测量范围： -2.000 到 19.999； ➢分辨率：0.1/0.01/0.001； ➢相对精度： ±0.001； ➢自动温度补偿。
		离心机	2 台（一期配置 1 台）	➢控制方式： 微机控制，无刷电机驱动；

				➢显示方式： 数字显示，触摸面板； ➢保护模式： 设有门盖自锁，超速保护等功能； ➢离心管容积：100mL、250mL、500mL； ➢调速范围： 0~6000r/min； ➢定时范围： 0~60 分钟。
		氧化炉	2 台（一期配置 1 台）	➢回收率：^{3}H≥97%；^{14}C≥97%； ➢通过手动可以调节气体流量大小； ➢每次用于燃烧的液体样品装载量≥1.0mL。
		自动移液器	8 台（一期配置 4 台）	➢移液体积： 10~100μL，100~1000μL，1~5mL，1~10mL； ➢数量：4 种规格各 2 台； ➢形式：单道可调。
		取样桶	15 个（一期配置 5 台）	➢10 个 25L 聚乙烯取样桶； ➢5 个 50L 聚乙烯取样桶。
		便携式惰性气体取样装置	5 套（一期配置 2 套）	➢材质：不锈钢； ➢容积：1L； ➢压力：大于 1.3MPa； ➢取样泵：泵应在达到 1.3MPa 时能自动停止，并应具有超压保护的功能。
		Kr-85 分离纯化仪	1 台	➢采样体积：≥1L； ➢采样罐材质：不锈钢或铝； ➢活性炭冷陷：活性碳液氮低温吸附方式； ➢活性炭寿命：大于等于 2 年； ➢控温范围：-196°C~300°C； ➢升温速率：0~30°C/min（范围可调）； ➢色谱柱粒径：80~100 目。
		打印机	1 台	
		传真机	1 台	

表 8.3-2　气态流出物监测项目表

取样系统	监测项目	分析方法	关注核素	监测频率
核岛烟囱流出物监测系统	惰性气体	3L 专用取样瓶	^{41}Ar、^{85}Kr、^{131m}Xe、^{133}Xe、^{133m}Xe、^{135}Xe 等	每机组每周一次
	碘	直接测量	^{131}I、^{133}I	每机组每周一次
	气溶胶	直接测量	^{51}Cr、^{54}Mn、^{59}Fe、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{106}Ru、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{125}Sb、^{134}Cs、^{137}Cs 等	每机组每周一次
	^{3}H	按配比加入闪烁液制样	^{3}H	每机组每周一次
	^{14}C	按配比加入闪烁液制样	^{14}C	每机组每周一次
	^{90}Sr	放化分析	^{90}Sr	每机组每季度一次
CVRF 烟囱排放监测系统	气溶胶	直接测量	^{51}Cr、^{54}Mn、^{59}Fe、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{106}Ru、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{125}Sb、^{134}Cs、^{137}Cs 等	每周一次
	碘	直接测量	^{131}I、^{133}I	
去污和热检修车间及特种汽车库烟囱排放监测系统	气溶胶	直接测量	^{51}Cr、^{54}Mn、^{59}Fe、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{106}Ru、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{125}Sb、^{134}Cs、^{137}Cs 等	每周一次
	碘	直接测量	^{131}I、^{133}I	

表 8.3-3　液态流出物监测项目表

取样系统	监测项目	分析方法	关注核素	分析频率
核岛放射性废液排放监测系统（WLS）	pH 值	直接测量	N/A	每批一次
	^{3}H	按配比加入闪烁液制样	^{3}H	每批一次
	^{14}C	先氚碳分离，再按配比制样	^{14}C	每批一次
	放化分析（废水月度混合样）	放化分析	^{90}Sr、^{89}Sr、^{63}Ni、^{55}Fe	每台机组每月 1 次
	γ 能谱分析	水样	^{51}Cr、^{54}Mn、^{59}Fe、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{106}Ru、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{125}Sb、^{131}I、^{133}I、^{134}Cs、^{137}Cs 等	每批一次
废水排放监测系统（WWS）	pH 值	直接测量	N/A	每批一次
	^{3}H	按配比加入闪烁液制样	^{3}H	每批一次
	γ 能谱分析（废水月度混合样）	水样	^{51}Cr、^{54}Mn、^{59}Fe、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{106}Ru、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{125}Sb、^{131}I、^{133}I、^{134}Cs、^{137}Cs 等	每台机组每月 1 次
	放化分析（废水月度混合样）	放化分析	^{90}Sr、^{89}Sr、^{63}Ni、^{55}Fe	每台机组每月 1 次
	^{14}C	先氚碳分离，再按配比制样	^{14}C	总 γ 活度异常时开展分析
	γ 能谱分析（废水样品）	水样	^{51}Cr、^{54}Mn、^{59}Fe、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{106}Ru、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{125}Sb、^{131}I、^{133}I、^{134}Cs、^{137}Cs 等	
CVRF 放射性疏水排放监测系统（ARS）	pH 值	直接测量	N/A	每批一次
	3H	按配比加入闪烁液制样	3H	每批一次
	14C	先氚碳分离，再按配比制样	14C	每批一次
	γ 能谱分析	水样	^{51}Cr、^{54}Mn、^{59}Fe、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{106}Ru、	每批一次

			^{110m}Ag、^{124}Sb、^{125}Sb、^{131}I、^{133}I、^{134}Cs、^{137}Cs 等	
CVRF 洗衣房废水排放监测系统（LAS）	pH 值	直接测量	N/A	每批一次
	γ 能谱分析	水样	^{51}Cr、^{54}Mn、^{59}Fe、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{106}Ru、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{125}Sb、^{131}I、^{133}I、^{134}Cs、^{137}Cs 等	每批一次

表 8.3-4　环境实验室的辐射测量仪器设备配置清单

序号	仪器设备名称	数量	技术要求
1	N 型高纯锗 γ 谱仪	2 台	▪ N 型同轴型高纯锗探测器 ▪ 测量能量范围：5keV~3MeV ▪ 相对测量效率：40% ▪ 能量分辨率：2keV 在 1.33MeV 处） ▪ 峰-康比：59：1（在 1.33MeV 处）
2	P 型高纯锗γ谱仪	1 台	▪ P 型同轴型高纯锗探测器 ▪ 测量能量范围：50keV~10MeV ▪ 相对测量效率：60% ▪ 能量分辨率：1.95keV（在 1.33MeV 处） ▪ 峰-康比：70：1（在 1.33MeV 处）
3	热释光剂量测量系统	1 套	每套包括热释光剂量计 1000 个，热释光剂量计读数器 1 台，退火炉 1 台和相应的校准装置 1 套
4	低本底 α、β 测量仪	3 台	▪ 通道数：8 个 ▪ 流气式正比计数器 ▪ 探测器有效直径：Φ60mm ▪ 本底计数： α：≤0.05cpm β：≤1cpm ▪ 测量效率： α：≥35%（Am-241） β：≥45%（Sr-90/Y-90）
5	低本底液体闪烁计数器	2 台	▪ 能量范围：0-2MeV ▪ 本底计数： H-3≤1cpm C-14≤0.5cpm ▪ 测量效率： H-3≥60% C-14≥95%

表 8.3-5　环境实验室的化学测量和分析仪器配置清单

序号	仪器设备名称	数量	技术要求
1	原子吸收光谱仪	1 台	▪ 测量非放金属元素（需配置各种光源灯） ▪ 波长范围：190nm~900nm
2	纯水仪	1 台	▪ 产水量：至少要达到 1.5L/min
3	电子天平	10 台	▪ 称重：40g，200g，500g，4000g ▪ 精度：0.01mg，0.1mg，0.001g，0.01g ▪ 数量：1 台，1 台，2 台，6 台
4	台秤	1 台	
5	磅秤	1 台	▪ 数量：两种规格，各 1 台 ▪ 称重：30kg 和 100kg
6	程控马弗炉	6 台	▪ 两种规格，各 3 台 ▪ 功率：2kW 和 5kW
7	冰箱	1 台	容积：160 升以上
8	冰柜	1 台	容积：160 升以上
9	超声波清洗仪	3 台	用于清洗玻璃试管和试剂瓶等
10	程控烘箱	6 台	▪ 100L 左右 5 台和 250L 左右 1 台 ▪ 工作温度范围：不小于 20℃~210℃
11	温控电热板	6 台	▪ 功率：1.8kW ▪ 加热区域：600mm×450mm
12	离心机	2 台	最高转速：12000r/min
13	微波炉	1 台	功率：大于 700W
14	洗衣机	1 台	洗涤容量：5kg（直桶式）
15	电子 PH 计	6 台	测量范围：-2.000 到 19.999
16	冻干机	1 台	▪ 结构形式：立式 ▪ 冻干机容量：4.5L ▪ 冷阱温度：小于-50℃ ▪ 最大运水能力：2L/24h
17	氧弹燃烧样品处理装置	1 套	▪ 氧弹容积：　　大于 340mL。 ▪ 承压要求：　　不小于 40 个大气压。
18	真空泵	3 台	极限真空度：不大于 1kPa
19	潜水泵	3 台	▪ 流量：大于 40L/min ▪ 扬程：大于 20m
20	水浴锅	4 台	▪ 温度范围：室温~100℃ ▪ 功率：2kW
21	除湿机	11 台	日除湿量：40L 左右
22	BOD 自动测定仪	1 台	包括 BOD 生物培养箱和 BOD 计
23	COD 自动测定仪	1 台	▪ 分光光度计： 灯源：钨灯 波长范围：420~610nm ▪ COD 消解器： 可编程的温度范围：37~165℃

24	筛振仪	1 台	▪ 筛具最大直径：100mm ▪ 筛层叠高：400mm ▪ 可容纳 8 个筛网
25	有机氚/碳氧化燃烧装置	1 套	▪ 燃烧样品装载量：50mL ▪ 燃烧温度不低于 700℃

表 8.3-6　环境监测车主要配置清单

序号	设备名称	数量	主要技术指标
1	车体	1 套	大功率高顶中巴车，具有良好的减震功能
2	车载 γ 辐射探测器	1 台	1×10^{-2}μGy~1×10^{6}μGy
3	便携式高纯锗多道 γ 谱仪	1 台	探测效率：>30%（Co-60） 能量响应：50keV~10MeV 分辨率：1.80keV
4	便携式 NaI（Tl）多道 γ 谱仪	1 台	能量响应：50keV~3MeV 分辨率：8%
5	便携式 γ 剂量率仪	1 台	1×10^{-1}μGy~1×10^{6}μGy
6	便携式表面 α/β 污染仪	1 台	探测效率：α＞30%（Pu-239），β＞40%（Sr-90~Y-90） 探测窗面积＞100cm^2
7	便携式气溶胶和碘取样装置	1 台	最大取样流量：300L/min 和 1600L/min 两种 气溶胶过滤效率：≥99% 碘过滤效率：元素碘≥99%，甲基碘≥95%
8	便携式自动气象观测系统	1 套	风速传感器测量范围：0~40m/s 风向传感器测量范围：0～360° 气象数据处理显示单元能实时显示风速风向值
9	便携式数据采集计算机	1 台	与多道分析器连接，进行谱分析 与车载 γ 辐射监测仪和 GPS 进行连接
10	车载传输装置	1 台	环境监测车与环境监测网之间的数据通讯
11	车载卫星全球定位系统	1 套	定位精度 10m
12	供电设备	1 套	车载蓄电池（直流电源，计算机和仪表用） 车载变频发电机（取样器用）
13	消防用品	1 套	配置车载灭火器等
14	工作人员防护装备	10 套	包括辐射防护服、防护工作鞋等
15	应急医药箱	1 个	包括医药箱及野外急救药品等

表 8.3-7　大体积介质采样车主要配置清单

序号	设备名称	数量	主要技术参数
1	采样车车体	1 台	进行液体介质以及大体积固体新鲜样品的采集和运输。 设有后车厢开门。 后箱内设固定件以固定取样容器。 保留 3～4 个座位（包括司机座位）。 车内配置牵引绞盘和可伸缩便携式爬梯。
2	便携式发电机	1 台	输出电压：220VAC，50Hz。 额定输出功率：2.8kVA。 最大输出功率：3.1kVA。 连续工作时间：12 小时
3	消防用品	1 套	配置车载灭火器等
4	工作人员防护装备	4 套	包括辐射防护服、防护工作鞋等
5	应急医药箱	1 个	包括医药箱及野外急救药品等

表 8.3-8　小体积介质采样车主要配置清单

序号	设备名称	数量	主要技术参数
1	采样车车体	1 台	进行小体积新鲜样品的采集和运输，也可进行热释光元件（TLD）的布设及回收，事故时也可配置便携式仪表和其它设备参与统一的应急行动。 小型越野车，设有后车厢开门。
2	便携式发电机	1 台	输出电压：220VAC，50Hz。 额定输出功率：2.8kVA。 最大输出功率：3.1kVA。 连续工作时间：12 小时
3	消防用品	1 套	配置车载灭火器等
4	工作人员防护装备	4 套	包括辐射防护服、防护工作鞋等
5	应急医药箱	1 个	包括医药箱及野外急救药品等

表 8.3-9　环境监测子站安装位置

序号	编号	安装地点	相对于本项目1号反应堆方向	相对于本项目1号反应堆距离	备注
1	AS1	三废区	WN	0.3km	
2	AS2	半岛南岸（厂内））	SSW	0.3km	最大浓度落点， 主导风向下风向
3	AS3	行政办公楼	ENE	0.6km	
4	BS1	厂区边界	W	1km	
5	BS2	横港村	N	1.4km	三关键， 与监督性监测子站共址
6	BS3	怪石滩	SW	1.8km	次主导风向下风向， 与监督性监测子站共址
7	BS4	两头龙村	NNE	19.1km	上风向，对照点

表 8.3-10　环境监测子站设备配置

序号	设备名称	AS1	AS2	AS3	BS1	BS2	BS3	BS4
1	环境γ监测仪	√	√	√	√	√	√	√
2	气溶胶及碘取样装置		√		√	√	√	
3	氚取样装置		√		√	√	√	
4	C-14 取样装置		√		√	√	√	
5	大气沉降灰和雨水收集器		√		√	√	√	
6	通讯设备	√	√	√	√	√	√	√
7	供电设备	√	√	√	√	√	√	√

表 8.3-11　环境监测子站设备主要参数

序号	设备名称	主要技术参数
1	环境γ监测仪	● 被测射线类型：γ射线； ● 能量范围：50keV~3MeV； ● 测量范围：1×10^{-2}μGy/h~1×10^{7}μGy/h。
2	气溶胶及碘取样装置	● 取样流量：60~150m^3/h 可调、600~900m^3/h 可调 ● 气溶胶过滤效率：≥99%； ● 碘过滤效率： 元素碘：≥99%； 甲基碘：≥95%（35℃，相对湿度＞70%）。
3	氚取样装置	● 取样流量：10L/h~60L/h； ● 捕获效率：＞95%；
4	C-14 取样装置	● 取样流量：10L/h~60L/h； ● 捕获效率：大气中 C-14：＞85%； 甲烷中 C-14：＞90%。
5	大气沉降灰和雨水收集器	● 具有采集大气中的沉降灰和雨水的功能； ● 沉降灰收集器为接受面积 0.25m^2 不锈钢盘，盘深 30cm。
6	通讯设备	有线加无线两种通信方式，两种方式可以切换，互为备用。
7	供电设备	● 电源种类：220VAC，50Hz； ● 应设防雷及过流保护器； ● 监测子站的备用电源应保证环境γ监测仪及通讯设备在失去外电源 168 小时内能继续工作。

表 8.3-12　监督性监测子站安装位置

序号	编号	安装地点	相对于本项目 1 号反应堆方向	相对于本项目 1 号反应堆距离	备注
1	MS1	横港村	N	1.4km	三关键区域 与环境监测子站共址
2	MS2	双墩渔港经济区附近	NNE	4.7km	主导风向上风向 设置标准气象观测场
3	MS3	搬迁安置区	NNE	2.7km	应急道路沿线
4	MS4	万欧村	NE	4.0km	厂址 5km 范围内人口密集区
5	MS5	白浪滩	NE	6.8km	旅游景点，进厂道路沿线
6	MS6	白沙村附近	ENE	1.5km	应急计划区内居民点， 规划中的厂址员工宿舍区
7	MS7	怪石滩	SW	1.8km	次主导风向下风向区域 与环境监测子站共址
8	MS8	京岛旅游区海滩	WNW	5.7km	旅游景点， 人口流动较大地区

表 8.3-13　监督性监测子站的配置

序号	监测子站的配置	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7	MS8
1	连续辐射监测设备	√	√	√	√	√	√	√	√
2	采样设备	√			√			√	
3	基本气象参数测量设备	√		√	√	√	√	√	√
4	标准气象观测场		√						
5	其他设备及基础设施	√	√	√	√	√	√	√	√

注：MS7 子站配置超大流量气溶胶连续取样装置，其余为大流量气溶胶连续取样装置。

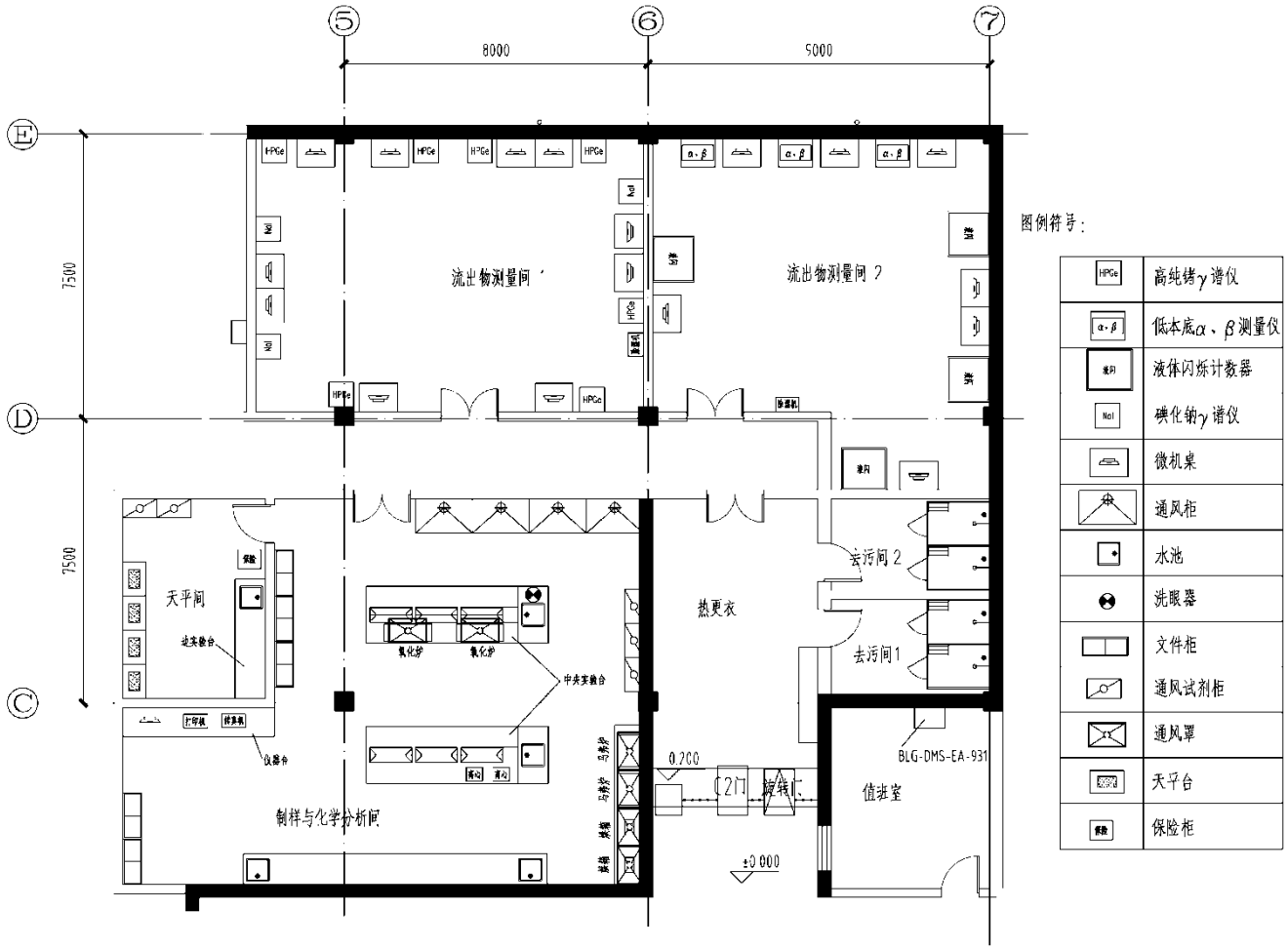


图 8.3-1　流出物实验室设备布置图

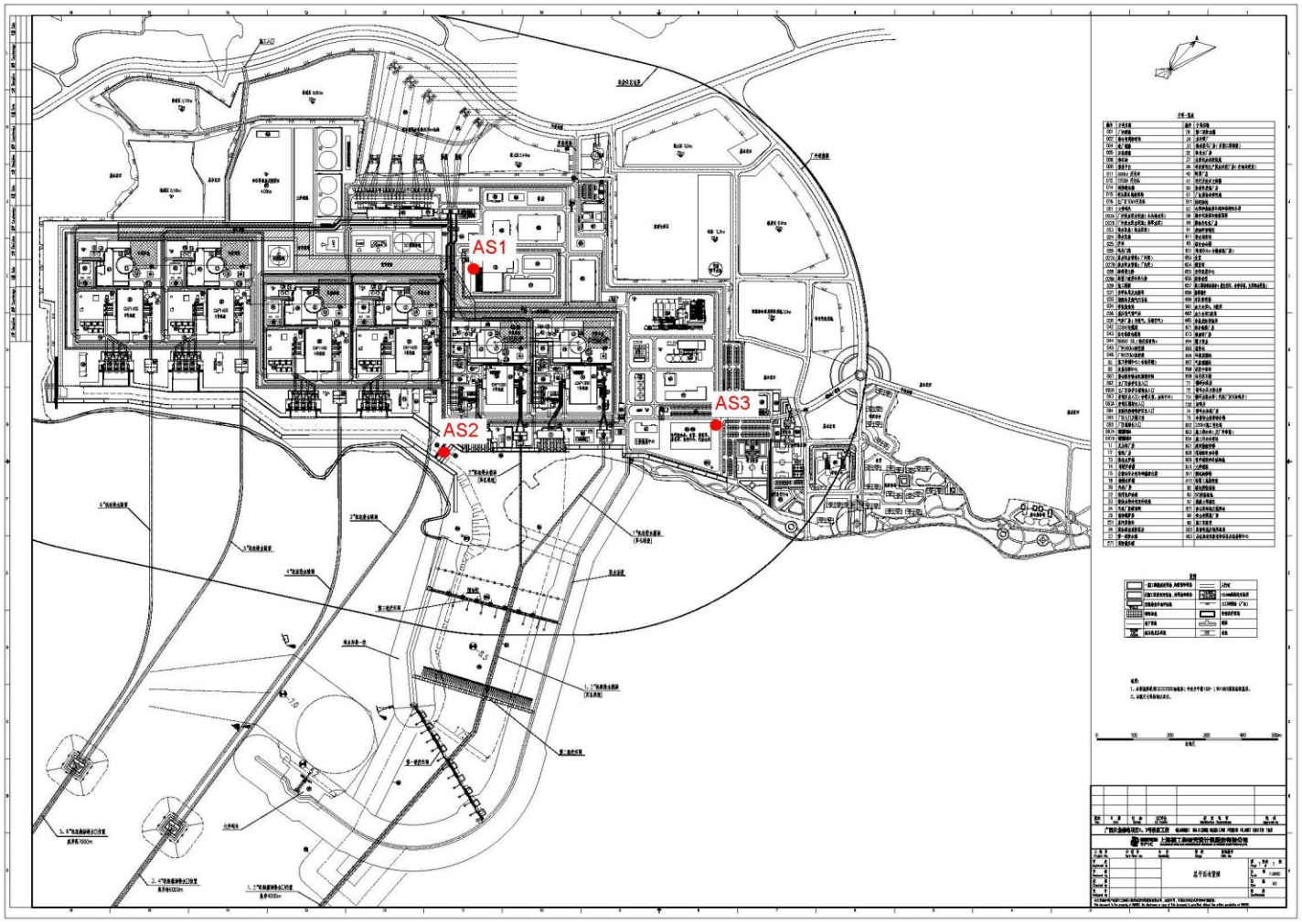


图 8.3-2 厂内环境监测子站示意图

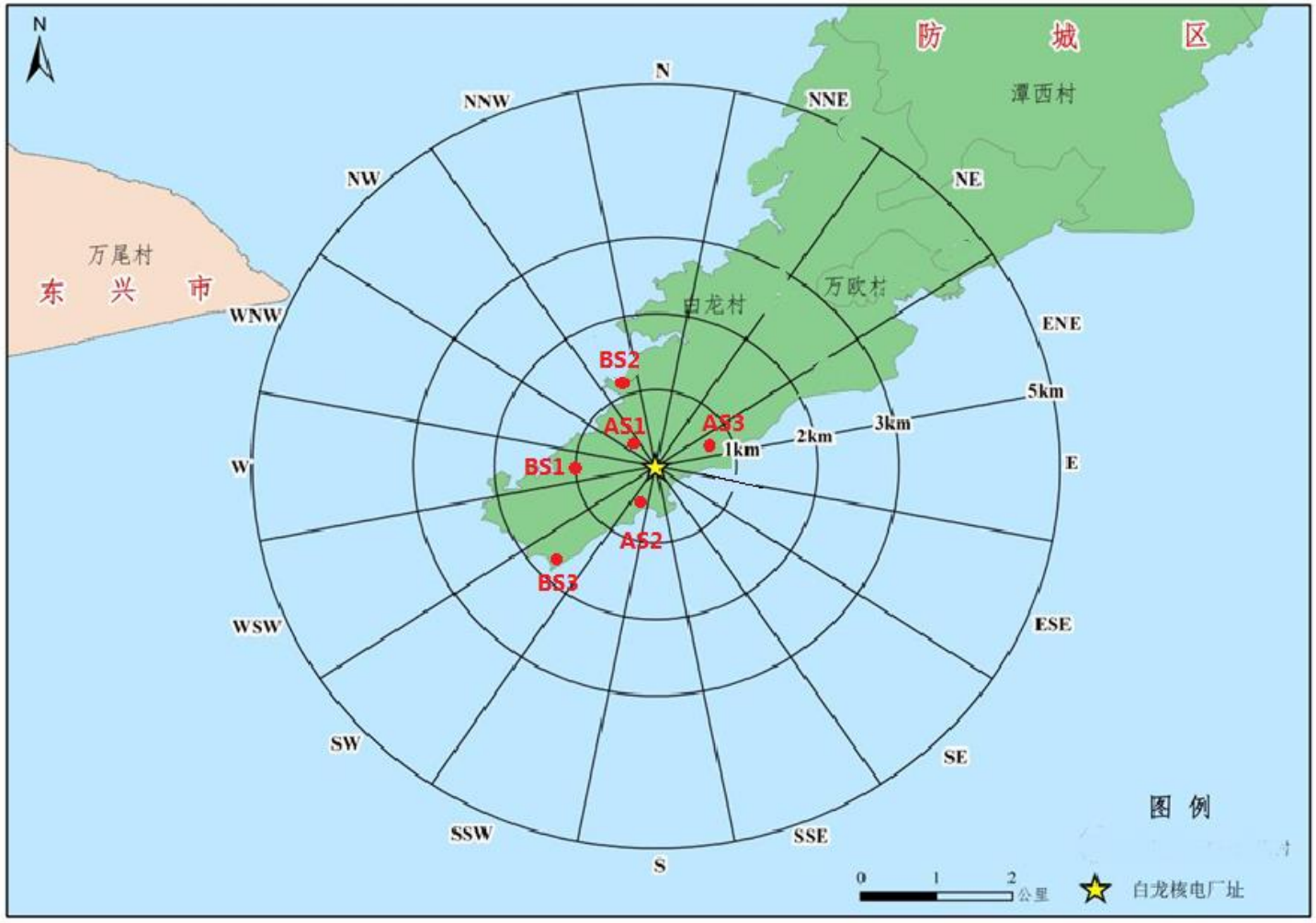
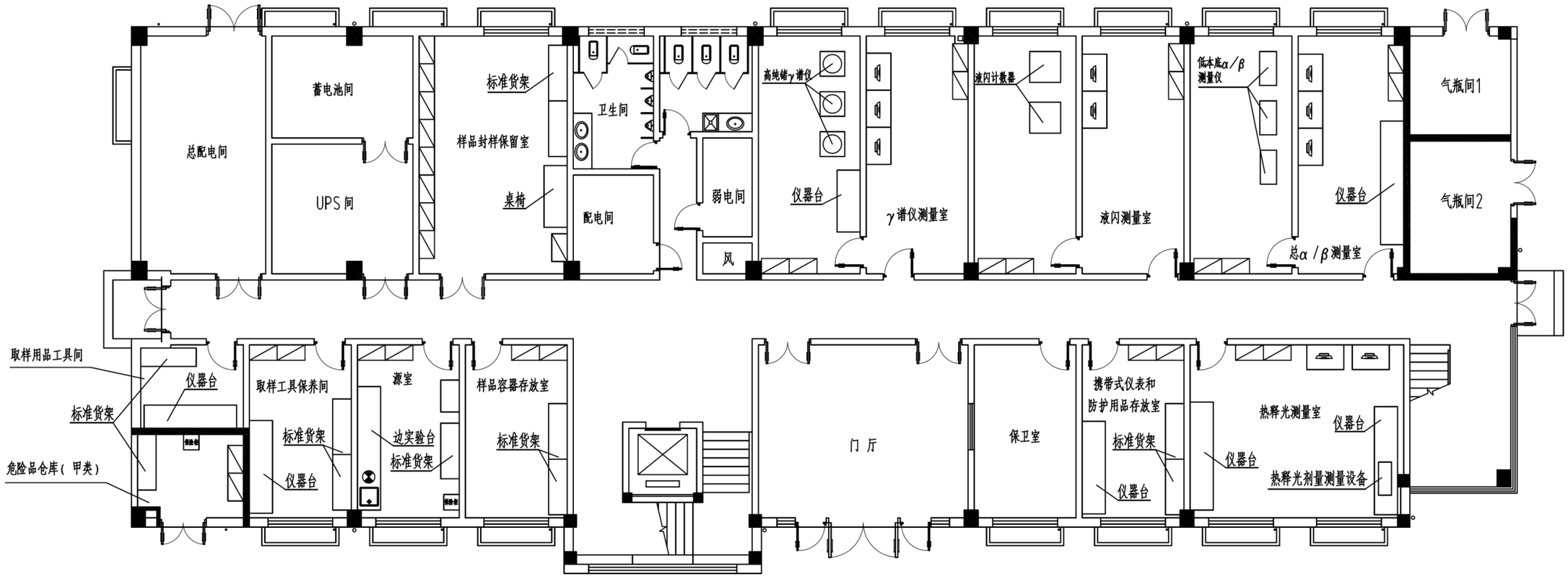
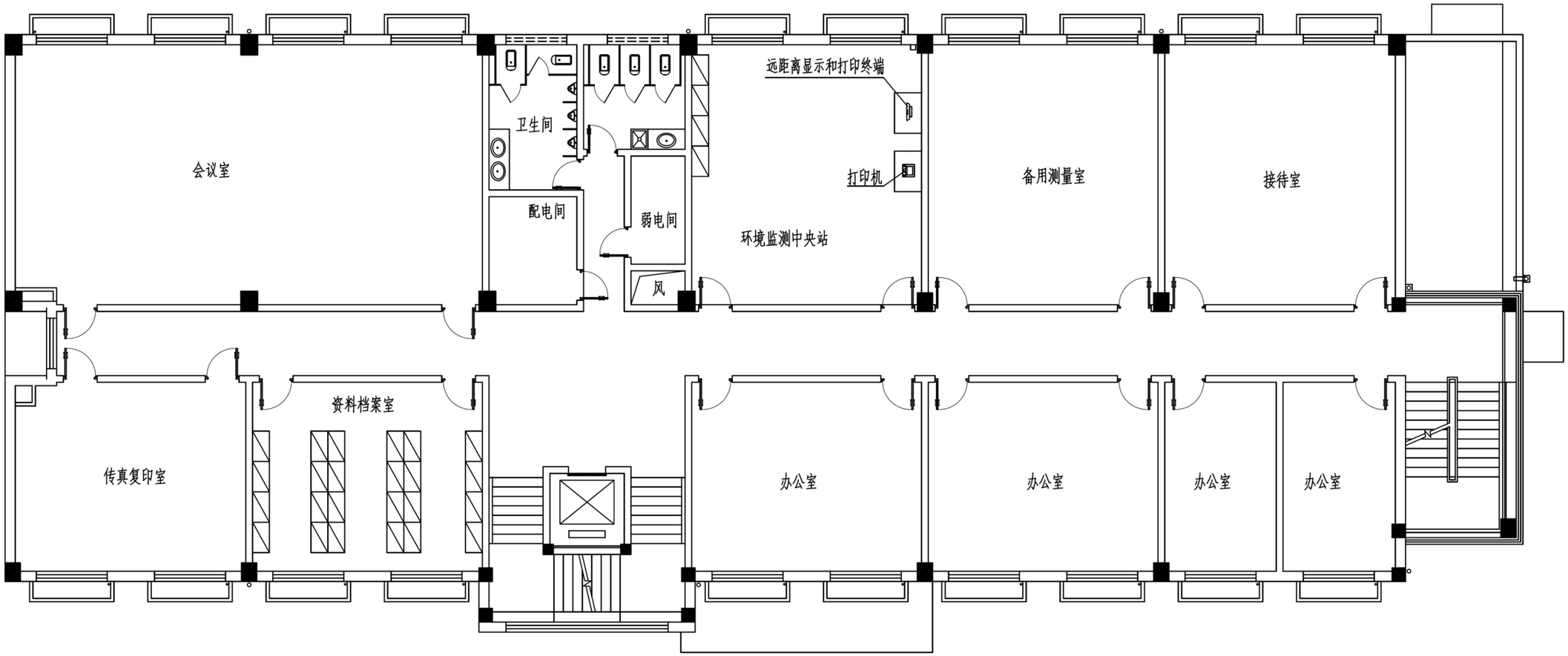


图 8.3-3　环境监测子站示意图



环境监测站一层平面布置图

图 8.3-4　环境监测站一层设备布置图

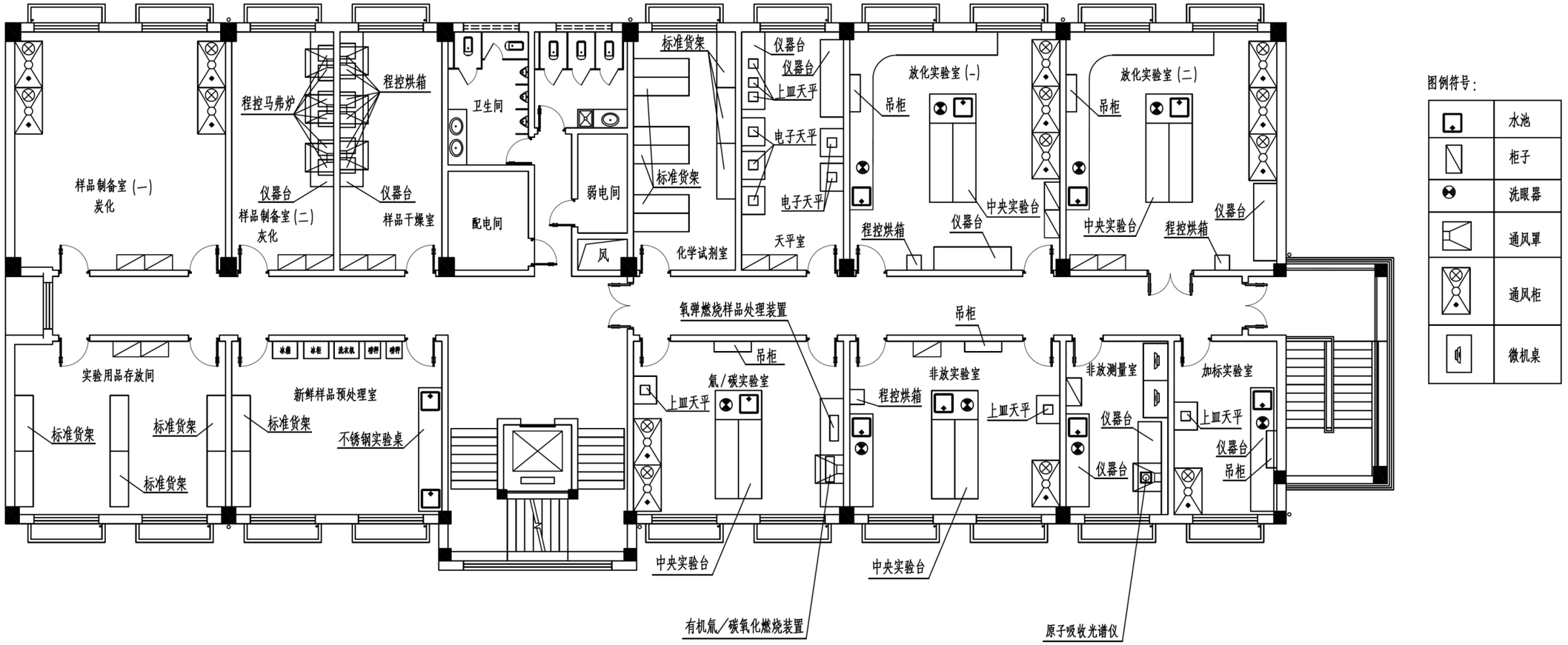


图例符号：

	柜子
	微机桌

环境监测站二层平面布置图

图 8.3-5　环境监测站二层设备布置图



环境监测站三层平面布置图

图 8.3-6　环境监测站三层设备布置图

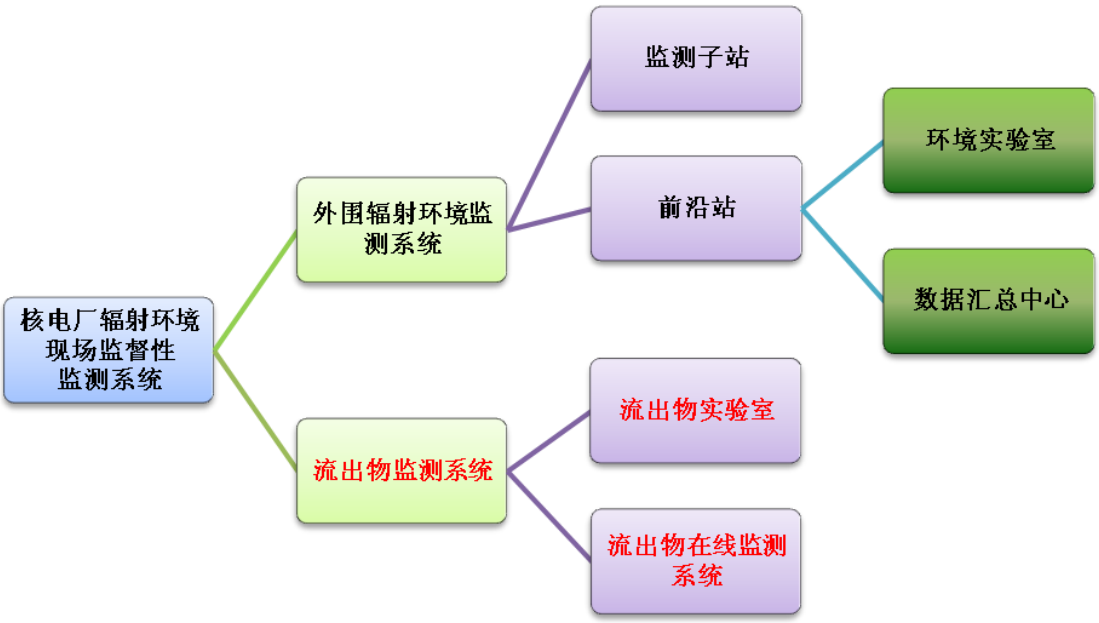


图 8.3-7　监督性监测系统组成

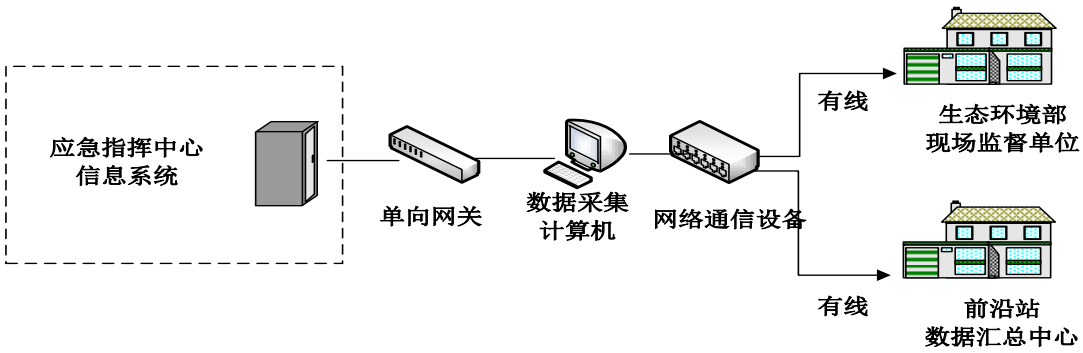


图 8.3-8　流出物在线监测系统流程图

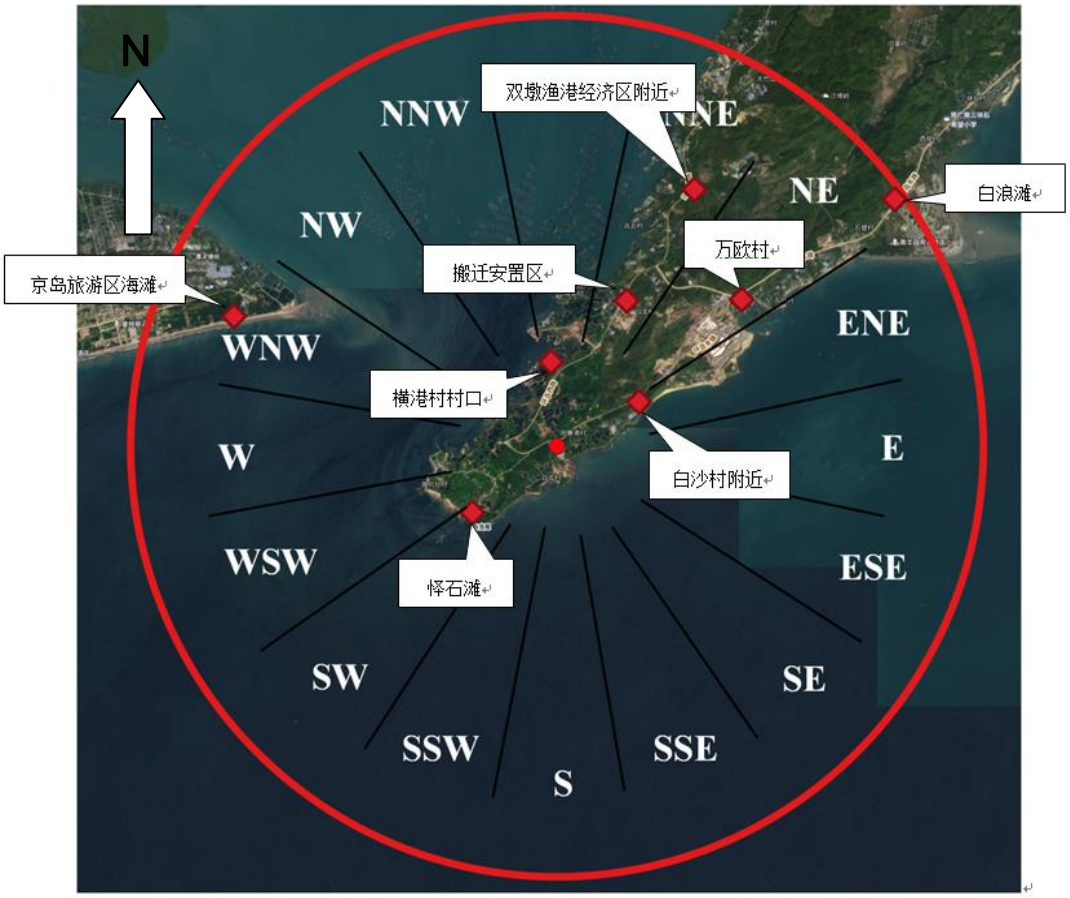


图 8.3-9 监督性监测子站示意图

（红圈为厂址半径 7km 范围）

8.4 质量保证

在本工程正常运行情况下，需要对流出物和环境进行监测，以保障公众的安全，增加公众对核电的信心，确保本工程的运行对环境不会造成不可接受的影响。因此流出物和环境监测质量保证是至关重要的，其目的是通过有计划的系统行动，对监测过程进行全面控制（如监测过程的组织管理，参与人员的素质要求与岗位培训，仪器设备的管理与维护，样品采集布点与频度的设计，分析过程的质量控制，监测数据的记录、复核与审核等），使测量结果具有适当置信度，保证测量结果的可信性、有效性和可比性。

流出物和环境监测的质量保证计划依据下列标准：

- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- 《核设施流出物和放射性环境监测质量保证计划的一般要求》（GB11216-1989）
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）
- 《核设施水质监测采样规定》（HJ/T21-1998）
- 《气载放射性物质取样一般规定》（HJ/T22-1998）
- 《水质采样样品的保存和管理技术规定》（HJ493-2009）
- 《水质采样技术指导》（HJ494-2009）
- 《水质采样方案设计技术规定》（HJ495-2009）

8.4.1 质量控制

1）样品采集、运输和贮存的质量控制

样品采集、运输和贮存的质量控制的目的是保证采集具有代表性并保持放射性核素在分析前的原始浓度。为此应该准确地测量样品的质量、体积和流量，其误差一般控制在±10%以内。为了确定采样的不确定度，应该定期采集平行的瞬时样品。各类常规样品应妥善保存，直至得出最终分析结论。

2）分析测量中的质量控制

样品的预处理和分析测量方法应采用标准方法或经过鉴定和验证过的方法。操作人员应严格按操作程序操作，防止样品间的交叉污染。为了确定分析测量过程中产生的不确定度，应该分析测量质量控制样品。为了发现和确定环境实验室分析测量系统的不确定性，必须参加本地区和国家组织的实验室之间的分析比对，对存在的系统误差查明原因，并采取校正措施。分析测量装置的性能应定期进行

检定、校准和检验，所使用的标准源应定期进行标定。

3）数据处理

每个样品从采集、预处理到分析测量、结果计算全过程中的每一步都应有清楚、详细和准确的记录。数据处理应采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对于偏离正常值的异常结果应及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。监测数据的正式上报或使用，必须经有关技术负责人签发。

8.4.2　质量管理

1）组织机构

建立合适的辐射监测机构并实施管理是流出物和环境监测质量保证的重要因素。对管理和实施质量计划的人员设置及其职责、权力应有明确规定。

2）人员的资格和培训

辐射监测结果的准确性与操作人员的技术水平和经验有关，因此各类操作人员应有严格的资格要求，上岗前必须进行专业培训，取得有关技术操作资格后方可上岗。为保持和适应新技术发展的要求，对各类技术人员应进行反复的技术培训、考核和技能审评。

第九章　利益代价分析

9.1　利益分析

9.1.1　运行带来的直接利益

广西白龙核电厂 1、2 号机组规划建设 2 台百万千瓦级压水堆核电机组，2 台机组的额定功率达到了 2509.2MW，按 80%的负荷因子估算，正常年份 2 台机组的年上网电量可达到 162 亿 kWh。

本工程 2 台机组的设计寿命为 60 年，在其整个商业运行寿期内，将取得显著的经济效益。

9.1.2　建设和运行带来的间接利益

9.1.2.1　对周边环境的利益

核电给环境带来的间接效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应，煤炭燃烧的主要污染物是 CO_2、SO_2、NO_X 以及烟尘等。本项目的建成可有效替代燃煤机组，大量减少 CO_2 排放量，并缓解酸雨现象。

按照 CO_2 减排因子为 800 克/kWh 考虑，本项目投产后正常年份可实现 CO_2 减排 1400 万吨，CO_2 减排按 15 元/吨，正常年份内 CO_2 减排可实现经济效益约 2.1 亿元。

9.1.2.2　对关联产业的利益

核电投资建设对相当多产业形成了直接和间接拉动。根据测算，1 元的核电建设投资，对关联产业的拉动作用如下：一是对 42 个行业门类中的 37 个行业产出的拉动作用超过 0.01 元；二是对通用、专用设备制造业等 14 个行业产出的拉动作用超过 0.1 元。核电生产运营也对相关产业产生较强的拉动，1 元的核电产出将拉动主要行业的产出增长为：石油加工、炼焦及核燃料业 0.11 元，农业 0.10 元，化学工业 0.08 元，金融保险业 0.08 元。由此可见，关联面较大的核电是拉动我国经济增长、促进经济结构优化与升级的难得的驱动项目。

9.1.2.3　对区域经济的利益

核电项目能够推动和促进地方经济的发展，核电站对地方财政收入的影响主要来自于税收，包括营业税、城市维护建设税及教育费附加等。除此之外，核电项目能够为地方创造大量的就业机会，不仅在建设期需要大量的不同层次的劳动力，而且运行期间也能直接或间接的提供大量的就业岗位。

9.1.2.4　对社会发展的利益

本项目投产后，核电厂职工的货币购房和生活消费等，将促进当地的房地产业、零售业、通讯、教育、医疗卫生及其他市政设施和社会福利事业的发展，繁荣当地经济。核电厂职工受教育水平和文化水平较高，在融入地方的过程中，也会产生积极的影响，带动整个社会发展水平的提高。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

本项目并网投入商业运行后，运行期间的经济代价包括：基本折旧费、摊销费、核燃料费、大修理费、运行维护费、核后处理费、退役基金、财务费用和管理费用等。

本工程设置了各种放射性废物净化和处理系统、剂量检测系统、屏蔽防护及应急设施等，以控制并确保核电厂在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准，从而保障电厂工作人员和周围居民的安全。

为达到保护环境及人身安全的目的，必须对放射性三废进行严格的治理。因此，核电厂专门设置了放射性废液、废气和固体废物处理和贮存设施，尽可能降低放射性废物对公众的照射。

具体的监测和应急措施包括：

一、环境监测

核电厂应设置环境监测系统，对电厂运行期间的环境状况进行监测，同时为检验放射性废物处理系统是否满足要求提供对照测量，本工程的环境监测系统由环境γ监测系统、废液采样站、环境监测站和环境监测网等部分组成。

二、流出物监测

核电厂还应设置放射性流出物监测系统，对电厂运行期间的气载和液态放射性流出物进行监测，用于测量放射性流出物中放射性物质的种类和数量，为判断核电厂放射性排放是否满足国家标准限值或运行限值提供依据。

三、应急设施

核电厂除考虑正常运行情况下的环境保护和人身安全外，还考虑了在事故状态下人员的紧急疏散和医疗措施。

本工程项目根据广西核电有限公司《关于明确广西白龙核电项目1、2号机组建造阶段环评报告环保投资费用的回函》（BLG-GXNP-SNER-000513），计列白龙

核电项目一期工程施工期生态补偿金，用于制定、实施施工期的生态补偿和生态修复方案。

本工程项目运行期的环保费用包括乏燃料处理处置基金、中低放废物处理处置费和退役基金等。

9.2.2　间接代价

9.2.2.1　社会代价

一、规划限制区的影响

厂址周围规划限制区内人口的机械增长受到限制，新建和扩建的项目受到一定的规划限制和条件制约。

二、淡水供应的负担

根据本项目水资源论证报告，本项目取水对区域内水资源影响不明显，对木头滩拦河坝、湾潭水库水资源及水质不产生明显影响。本项目施工期前期用水采用湾潭水库水源，施工期后期用水和运行期用水取防城河木头滩拦河坝水源，对其他用水户无明显影响。

三、交通运输问题

核电厂的运输包括施工期间大型设备、建筑材料的运输；运行期间的换料、乏燃料、固体废物运输；正常的人员进出等，运输量较大，不可避免增加当地的运输负担。另一方面，本项目配套建设/改造的当地道路，能够有效缓解项目对当地交通运输带来的压力。

四、电厂建设对当地市政建设设施产生的影响

本工程的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，可能造成医疗、学校、商业和基础设施如道路、供排水、供热等市政工程和生活服务设施的紧张。

五、对当地社会安全、稳定的影响

核电厂建设期间将不可避免地带动当地第三产业的发展，同时也会引起当地人口数量的增加，从而对当地的社会秩序、安全和稳定带来一定压力。为使当地有一个安定的生活环境和经济持续发展的社会环境，当地政府须增加治安、社会服务等方面的投入。

9.2.2.2　环境代价

一、流出物排放可能引起的长期生态问题

项目正常运行过程中，气载流出物和液态流出物中的核素会在厂址周边的大气

环境、水环境、土壤环境中输移扩散，对周边的生态环境产生一定的影响，经评价，流出物的影响程度是可接受的。

另一方面，为控制并确保正常运行和事故工况下向环境释放的放射性物质低于国家标准，保障人类、非人类物种安全，本项目设置了各类放射性物质处理系统、辐射监测系统、屏蔽防护和应急设施等。在落实各类保护和监测措施的基础上，本项目流出物不会对周边生态环境造成不可接受的影响。

二、温排水可能引起的长期生态影响

本工程温排水影响符合相应的管理要求，温升影响范围不涉及海洋生态红线，不会对受纳水体的生态环境造成明显影响。

三、放射性固体废物的影响

本项目运行产生的放射性固体废物和乏燃料等，将严格按照国家规定进行处置，预计不会对厂址周边的生态环境造成影响。

四、野生动物栖息地的影响

本项目的建设和运行涉及永久占地和临时占地，其表土和植被需要剥离，可能对区域内的野生动物栖息地产生一定的影响。通过核电厂建设工程中有计划的绿化和植被恢复，将对受到影响的陆域生态环境进行有效的修复。

五、为缓解不利影响而采用的所有替代方案的代价

为缓解温排水对受纳水体的不利影响，本项目采用了明渠取水暗涵深排方案，增加了相应的工程投资。

第十章　结论

10.1　核电厂工程

广西白龙核电厂 1、2 号机组营运单位为中电投广西核电有限公司，采用项目总包 EPCS 管理模式，委托上海核工程研究设计院股份有限公司承担该工程的工程总承包工作。广西白龙核电厂址规划容量为 2 台 CAP1000+4 台国和一号核电机组。厂区一次规划，分期建设。厂址可利用场地面积满足规划 6 台核电机组建设和施工用地需要。

广西白龙核电厂1、2号机组规划建设2台CAP1000核电机组，根据CAP1000机组技术特点和已有工程经验，单台机组建设周期初定为56个月，两台机组间隔10个月。白龙核电项目1号机组计划于2025年6月30日浇灌第一罐混凝土，2030年2月28日具备商运条件。本工程环境保护设施将根据“三同时”原则，在机组运行前完成建设。

本工程所在厂址位于广西壮族自治区防城港市防城区江山镇白龙村，地处江山半岛的最南端，厂址东、南、西三侧临北部湾海域，属滨海厂址；北距防城港市江山镇14.9km（直线距离），东北距防城港市区24.7km（直线距离）。厂址西侧隔海约16.1km为越南茶古岛，约26km为越南广宁省芒街镇。

10.2　环境保护设施

本工程配置有放射性液体废物处理系统（WLS）、放射性气体废物处理系统（WGS）、放射性固体废物处理系统（WSS）、乏燃料贮存系统、废物减容处理中心(CVRF)，可有效处理本工程运营期间产生的放射性废气、废液、固体废物。对于非放污染物，本工程也采取一系列的环保措施，如生活污水处理设施、危险废物贮存设施等，以确保本工程运营过程中产生的非放污染物规范处置，达标排放。

本工程配置有流出物监测设施和环境监测设施。其中，流出物监测设施可有效监测释放到环境中的放射性物质种类及数量，为判断流出物排放是否遵守管理限值或运行限值提供依据；环境监测设施可有效监测环境中的放射性水平，为辐射环境质量状况的判断提供依据。

10.3　放射性排放

本工程 2 台 CAP1000 机组气载和液态流出物的槽式排放口处排放浓度和年排放量能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）标准要求。

本工程总排放口处核素浓度均小于《海水水质标准》（GB3097-1997）中规定的限值。

10.4　辐射环境影响评价结论

1）正常运行的辐射环境影响

本工程运行所致最大个人的有效剂量为 5.65E-03mSv/a，为国家标准规定的 0.25mSv/a 的 2.26%。因此，本工程正常运行期间对环境的辐射影响是可以接受的，且为后续机组的建设留有余地。

本工程 2 台 CAP1000 核电机组正常运行工况下，气、液态流出物排放对厂址周边陆生生物和受纳海域中水生生物的影响较小。

2）事故工况下的辐射环境后果

本工程非居住区边界范围为距本工程 1、2 号机组核岛 16 个方位均为 800m 所构成的边界线，规划限制区边界范围定为以反应堆为中心、半径 5km 的圆周边界线。从本工程各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，本工程安全设施设计性能可靠，事故导致的环境放射性后果满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的事故后果限值要求，厂址非居住区和规划限制区边界的设置合理，符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定。

本工程所在厂址区域交通情况良好，无难以撤离的居民点，在执行场外核应急方案时需重点关注厂址烟羽应急计划区内区范围的学校及厂址附近区域的旅游公众。厂址附近通讯条件良好，居民住宅以砖木结构和混凝土结构住房为主，对外照射有较好的屏蔽减弱能力。因此，本工程所在厂址实施场外核应急响应行动可行。

10.5　非辐射环境影响评价结论

10.5.1　散热系统对环境的影响

1）对水体的物理影响

（1）散热系统工程对水体的物理影响

本工程取水导流堤长度较短，对潮流影响主要集中在导堤附近。本工程运行情况下取水口内流速较小，口门内以淤积为主，分布在导堤拐角处；取水口南堤

外侧以冲刷为主。排水采用暗涵排至外海，排水口处地形稳定，冲淤强度较弱。本工程建成后白沙湾仍以冲蚀为主，蚀退幅度与现状情况下基本一致，怪石滩仍以淤积为主，岸线向海侧推移与现状情况下一致，故工程对怪石滩无明显影响。

因此，本工程取排水工程对流场、冲淤和岸线的影响主要局限在本工程取排水工程附近水域，影响范围和影响程度均不大。

（2）温排水对水体的物理影响

本工程在运行过程中，循环冷却水排入周围海域将导致周围水体有一定的温升。根据数值模拟和物模的综合推荐结果，本工程 2×CAP1000 运行工况下，夏季半月潮 1.0℃温升最大包络面积 20.92km^2；冬季半月潮 1.0℃温升最大包络面积 26.53km^2。

根据《防城港市国土空间总体规划（2020-2035 年）》（批复稿，尚未正式发布），厂址取水口和排水口均位于工矿通信用海区。本工程夏季 1℃温升包络范围还涉及渔业用海区和海洋发展区，冬季 2℃温升包络范围还涉及渔业用海区。

广西壮族自治区生态环境厅于 2023 年 3 月 7 日发布了《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发【2023】85 号）。本工程温升 4℃温排水影响区域位于为江山半岛南面排污混合区（GX098DⅣ）内：江山半岛南面排污混合区位于江山镇白龙村南部海域，范围是 E108°13′32″、N21°28′45″，E108°13′32″、N21°25′49″， E108°14′48″、N21°25′49″，E108°14′48″、N21°28′45″围成的海域，面积为 11.9 平方公里。主导功能为核电温排水排污用海，属四类环境功能区，水质保护目标为海水水质标准第四类（除水温外）。周围设 0.5 公里水质过渡带，水质保护目标为海水水质标准第三类（除水温外）。《调整方案》中对核电项目温升 1℃温排水影响的要求为：核电项目温升 1℃温排水影响的环境功能区（除排污混合区外）水温执行不低于第三类海水水质标准，其他指标不低于对应环境功能区水质保护目标。

本工程温排水影响符合《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发【2023】85 号）的要求。

本工程的取排水设施及温升影响范围不涉及海洋生态红线。

2）散热系统对水生生物的影响

（1）取排水工程对水生生物的影响

本工程取排水系统对水生生物的影响主要包括取水卷吸影响及排水中投放

杀虫剂的化学因素的危害。化学因素危害一般是杀虫剂使用期间起作用；而取水卷吸的机械损伤是最经常和最主要的危害因素。

本工程取水系统的卷吸效应对厂址海域的鱼卵和仔幼鱼会造成一定程度的损伤，但相对于广阔海域仔幼鱼蕴藏量，其损伤量是有限的。卷吸效应对于本工程取排水口近区影响相对较大，但这种较大影响的范围是局部的，有限的。

（2）温排水对水生生物的影响

本工程 2 台 CAP1000 核电机组建成投入运行后，温升超过 1°C 的区域较为有限，对应各类水生生物的耐温范围，除了可能在近区对海洋底栖生物生长造成一定的不利影响外，对其它水生生物的影响非常有限。1、2 号机组运行后，夏季和冬季 0.5℃底层温排水半月潮最大温升包络范围以及半月潮各层最大温升的垂向平均包络范围均不涉及对本工程周边海域珊瑚分布区域。

10.5.2　非放射性废水对环境的影响

施工期生活污水外运处理（生活污水处理设施建成后，管网接收范围内的生活污水经处理后回用）。

施工废水、运营期生活废水回用，回用水质执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）标准，回用水主要用于厂区绿化和道路冲洗。

运营期生产废水（含冷试、热试期间产生的废水）执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996），处理达标排放。

10.5.3　三线一单

厂址位于防城区江山镇白龙村，地处江山半岛的最南端，厂址东、南、西三侧临北部湾海域，属滨海厂址。2022 年 10 月，广西壮族自治区“三区三线”划定成果获国家批准，并同意以此作为建设项目用地用海审批依据。根据划定成果，本工程取排水设施及温排水温升影响范围符合“三区三线”划定成果，厂址半径 5km 范围内涉及 1 处陆域生态红线，为北部湾水源涵养生态保护红线，位于厂址 ENE 方位 4.7km 的万欧村的南部沿岸处。根据《防城港市国土空间总体规划（2020-2035 年）》（批复稿，尚未正式发布），该规划已纳入了 2022 年 10 月广西壮族自治区的“三区三线”的划定成果。

广西壮族自治区生态环境厅于 2024 年 8 月 13 日印发的《广西壮族自治区生态环境分区管控动态更新成果（2023 年）》，根据动态更新成果，厂址及工程取排水设施均位于重点管控单元范围内。根据广西生态云建设项目准入研判系统

网站（广西壮族自治区生态环境厅主办，基于 2023 年广西壮族自治区生态环境准入清单数据更新）的管控单元数据，厂址区域位于重点管控单元内，为防城区其他重点管控单元；本工程取水设施位于重点管控单元，为防城港市白龙工矿通信用海区；本工程排水设施位于重点管控单元，为防城港市江山半岛南面排污混合区。

本工程建造和运行期间，环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012，2018 年修订）中的二级标准）常规大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准。本工程排水受纳水体为海域，运行期生产废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996），生活污水回用。因此本工程符合环境质量底线的要求。本工程为核能发电项目，厂址不占基本农田，循环冷却水采用海水，不开采地下水，符合资源利用上线要求。

10.6 承诺

建设单位承诺：在本工程后续建设和运营过程中，按照环境影响报告书要求及审管部门的要求，积极落实各项环保措施，做好三同时工作；及时将设计改进落实到本工程中；积极开展核电科普宣传工作，实现核电发展与公众意识之间的和谐。在本工程建设和运行过程中，加强污染治理措施，确保各项污染物达标排放，加强流出物及环境监测，密切关注周边环境的相关参数变化，加强运行期间的监管工作，确保本工程安全运行。