

密级：非密

版次：A 版

金塔极低放废物填埋场建设项目 环境影响报告书

中核清原环境技术工程有限责任公司

二〇二〇年七月

密级：非密

版次：A 版

金塔极低放废物填埋场建设项目 环境影响报告书

建设单位：中核清原环境技术工程有限责任公司

项目负责人：王海英

项目地址：北京市昌平区月坛北街乙1号

邮编：100077

联系人：吴志

联系电话：13310028678

中核清原环境技术工程有限责任公司

二〇二〇年七月



金塔极低放废物填埋场建设项目

环境影响报告书

建设单位名称：中核清原环境技术工程有限责任公司

建设单位法人代表：王海良

通讯地址：北京市西城区月坛北街乙1号

邮政编码：100037

联系人：吴宏

联系电话：13810028670

**金塔极低放废物填埋场建设项目
环境影响报告书编制人员名单表**

建设项目名称		金塔极低放废物填埋场建设项目	
建设项目类别		50_187 放射性废物贮存、处理或处置	
环境影响评价文件类型		环境影响报告书	
一、建设单位情况			
建设单位		中核清原环境技术工程有限责任公司	
统一社会信用代码		91110000100017440Y	
法定代表人（签章）		王海良	
主要负责人（签字）		王海良	
直接负责的主管人员（签字）		王海良	
二、编制单位情况			
单位名称（签章）		中国辐射防护研究院	
统一社会信用代码		121000004058003644	
三、编制人员情况			
1、编写主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
赵杨军	12351443511140222	BH022672	赵杨军
2、主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵杨军	前言、工程概况、环境影响、结论与建议	BH022672	赵杨军
王彦	环境质量现状、安全分析	BH022677	王彦
康晶	概述、场址环境	BH023605	康晶
杨洁	环境监测和流出物监测、填埋场建造和运行的效益分析	BH022673	杨洁

目 录

前 言	1
第一章 概述	3
1.1 编制目的	3
1.2 项目概况	3
1.3 项目建设的目的与必要性	3
1.4 建设内容和规划	4
1.5 编制依据	4
1.5.1 国家法律法规和标准	4
1.5.2 委托文件	6
1.5.3 主要技术资料	6
1.5.4 政府批文	6
1.6 环境管理目标	7
1.6.1 公众剂量管理目标值	7
1.6.2 工作人员剂量管理目标值	7
1.6.3 废物的设计接收限值	7
1.6.4 含放射性核素废水排放限值	9
1.7 非放环境管理目标	9
1.7.1 环境质量标准	9
1.7.2 污染物排放标准	10
1.8 评价范围	11
第二章 场址环境	12
2.1 地理位置	12
2.2 人口分布及饮食习惯	13
2.2.1 各子区现有人口分布及年龄构成	13
2.2.2 人口发展规划	14
2.2.3 居民饮食习惯	14

2.3 社会经济和资源概况	16
2.3.1 社会经济	16
2.3.2 土地利用	16
2.3.3 矿产资源	18
2.3.4 交通运输	19
2.3.5 自然保护区和文物保护单位	20
2.3.6 生态环境状态	21
2.4 气象.....	21
2.5 水文.....	21
2.5.1 地下水.....	21
2.5.2 地表水	27
2.6 地质和地震	29
2.6.1 地形地貌	29
2.6.2 区域地震地质特征	30
2.6.3 工程地质.....	52
2.7 结论.....	55
第三章 工程概况	57
3.1 处置对象	57
3.1.1 处置范围和规模	57
3.1.2 填埋处置源项	57
3.2 填埋场规划和平面布置	63
3.2.1 填埋场规划及建设内容	63
3.2.2 总平面布置方案	64
3.2.3 出入口控制	65
3.3 填埋场工程设计	65
3.3.1 填埋单元	65
3.3.2 配套设施	68
3.3.3 设备选型	69

3.4 废物的处置	70
3.4.1 废物包装形式	70
3.4.2 填埋处置工艺流程	71
3.4.3 施工运行计划	75
3.5 三废的产生及处理	75
3.5.1 施工期主要污染物的产生及处理	75
3.5.2 运行期主要污染物的产生及处理	76
3.6 辐射防护	77
3.6.1 场所分区	77
3.6.2 人流、物流控制	77
3.6.3 辐射监测	78
3.7 填埋场的关闭	79
3.7.1 关闭的条件	79
3.7.2 关闭步骤	79
3.7.3 关闭后的场区控制	80
第四章 环境质量现状	81
4.1 调查内容和取样布点	81
4.2 调查结果	83
4.2.1 核燃料后处理厂周围监测结果	83
4.2.2 废物减容设施周围监测结果	84
4.3 非放环境质量现状评价	85
4.4 小结	86
第五章 安全分析	87
5.1 填埋场长期稳定性	87
5.1.1 场址安全分析	87
5.1.2 防渗层分析	87
5.2 运行事故分析	89
5.2.1 运输极低放废物的车辆起火	89

5.2.2 废物包在吊装过程中坠落	89
5.3 关闭后事故分析	90
第六章 环境影响	91
6.1 施工期间环境影响分析	91
6.2 运行期的环境影响	92
6.2.1 填埋场运行特点	92
6.2.2 正常运行的职业照射	92
6.2.3 正常运行下的环境影响	96
6.2.4 运行事故的环境影响	96
6.3 关闭后的环境影响	98
6.3.1 关闭后景象分析	98
6.3.2 地下水途径影响	100
6.3.3 事故影响	111
6.4 小结	126
第七章 环境监测和流出物监测	128
7.1 环境及流出物监测的目的	128
7.2 运行前的环境本底监测	128
7.3 施工期间的环境监测	129
7.4 运行期间的环境监测和流出物监测	129
7.5 关闭后的环境监测	130
7.6 质量保证计划	131
7.6.1 质量保证和质量控制	131
7.6.2 监测计划的管理和变更	132
7.6.3 监测记录和文件管理	132
第八章 填埋场建造和运行的效益分析	133
8.1 利益分析	133
8.1.1 处置能力	133
8.1.2 安全效果	133

8.1.3 经济利益	133
8.1.4 社会和环境利益	134
8.2 代价分析	134
8.2.1 经济代价	134
8.2.2 社会代价	135
8.2.3 环境代价	135
8.3 效益分析	136
8.3.1 效费比	136
8.3.2 社会效益	136
8.3.3 环境效益	136
第九章 结 论	137
9.1 项目概况	137
9.2 环境质量现状	137
9.3 废物的产生及处理	137
9.3.1 施工期废物产生及处理	137
9.3.2 运行期主要污染物的产生及处理	138
9.4 环境影响	139
9.5 公众参与	140
9.6 承诺	140
附件一 政府相关批文	141

前 言

根据 2018 年 1 月 1 日由环境保护部、工业和信息化部及国家国防科技工业局联合发布施行的《放射性废物分类》，极低水平放射性废物（以下简称极低放废物）是指废物中放射性核素活度浓度接近或者略高于豁免水平或解控水平，长寿命放射性核素的活度浓度非常有限，仅需采取有限的包容和隔离措施，可以在地表填埋设施处置，或者按照国家固体废物管理规定，在工业固体废物填埋场中处置。极低水平放射性废物的活度浓度下限值为解控水平，上限值一般为解控水平的 10~100 倍。常见极低水平放射性废物如核设施退役过程中产生的污染土壤和建筑垃圾。

极低放废物产生于核电厂运行、核设施退役、核燃料循环、核技术利用和核能研发等活动，其中核设施退役会产生大量极低放废物，极低放废物量可占核设施退役废物总量的 50~75%。根据初步源项调查分析，目前亟待处置的极低放废物量约有 170000 m³，而当核电厂启动退役后，也将会在短期内产生大量的极低放废物。极低放废物存在放射性活度低、数量大、对人类危害很小等特点。如果将这类废物采用低放废物的处置方法，需要大量的处置费用；若不处置，对人类健康和环境又存在潜在危害，无法满足公众对环境日益增高的要求。

中国核工业集团有限公司在甘肃省酒泉市核技术产业园区成立中核集团金塔环保产业园，规划占地 958 亩，用于建设低放固体废物处置场、低放可燃废物焚烧站、固体废物超级压缩车间和极低放固体废物填埋场等设施。其中，极低放填埋场项目（以下简称“填埋场”）的开发、建设和运行单位为中核清原环境技术工程有限责任公司(以下简称“清原公司”)，该填埋场总规划处置容量 12 万 m³，分阶段建设，一期建设处置容量 1 万 m³，共 1 个填埋单元，处置能力设计为 1000m³/a，运行期 10 年，并在填埋场北面预留一定场地，待后期扩建使用。

清原公司位于北京市西城区，成立于 1995 年，是中国核工业集团有限公司核环保工程产业板块的专业工程公司。清原公司经国家授权主要从事核设施退役、放射性废物处理、放射性废物处置场建设运行、放射性物质运输，以及与放射性物质处置、运输相关的包装容器研发和销售等业务。

本次对极低放填埋场 12 万 m³ 处置容量的工程建造、运行和关闭后可能造成的环境影响进行评价，极低放废物的场外运输不在本次评价范围内。

第一章 概述

1.1 编制目的

本报告是依据中国核电工程有限公司编制的《金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目可行性研究报告》(2020.7)所给出的极低放固体废物填埋场废物处置工艺以及极低放固体废物源项,对该极低放填埋场 12 万 m³ 处置容量的建造、运行和关闭后可能造成的环境影响以及该影响是否符合国家有关法律、法规作出评价。

1.2 项目概况

项目名称: 金塔极低放废物填埋场建设项目

建设单位: 中核清原环境技术工程有限责任公司

建设性质: 新建

建设周期: 本工程一期一阶段建设周期 12 个月, 预计 2022 年运行

资金来源: 本工程一期一阶段总投资 800 万元, 全部为企业自筹

1.3 项目建设的目的与必要性

极低放废物产生于核电厂运行、核设施退役、核燃料循环、核技术利用和核能研发等活动, 其中核设施退役会产生大量极低放废物, 极低放废物量可占核设施退役废物总量的 50~75%。根据初步源项调查分析, 目前亟待处置的极低放废物量约有 170000 m³, 而当核电厂启动退役后, 也将会在短期内产生大量的极低放废物。极低放废物存在放射性活度低、数量大、对人类危害很小等特点。如果将这类废物采用低放废物的处置方法, 需要大量的处置费用; 若不处置, 对人类健康和环境又存在潜在危害, 无法满足公众对环境日益增高的要求。

目前, 国内仅在中核四 0 四有限公司、中核四川环保有限责任公司、中国核动力研究设计院和中国工程物理研究院建成了四座极

低放固体废物填埋场，用于填埋处置军工核设施运行及退役产生的极低放废物。而核电厂和核燃料循环等单位均未建有极低放填埋场，特别是核燃料循环单位已产生了大量的极低放废物，但未能得到有效的处置。

综上所述，建设一座极低水平放射性废物填埋场是非常必要。

1.4 建设内容和规划

中国核工业集团有限公司在甘肃省酒泉市核技术产业园区成立中核集团金塔环保产业园，规划占地 958 亩，用于建设低放固体废物处置场、低放可燃废物焚烧站、固体废物超级压缩车间和极低放固体废物填埋场等设施。中核集团金塔环保产业园首期开展金塔低水平固体废物处置场、极低放废物填埋场和废物暂存库三个项目的一期一阶段建设，项目占地约 200 亩，其中，极低放填埋场总规划处置容量 12 万 m³，一期一阶段建设处置容量 1 万 m³，共 1 个填埋单元，处置能力设计为 1000m³/a，运行期 10 年，在填埋场北面预留一定场地，待后期扩建使用。本填埋场主要用于填埋核电厂等相关行业产生的极低放固体废物。

本项目主要新建内容有：汽车衡和填埋单元。另外，其他设施利用金塔低水平固体废物处置场一期一阶段建设项目（另做环评）的综合办公楼、生产用车车库、低放废物接收与暂存厂房、消防水池及泵房、锅炉房、应急柴油发电机房等建筑、设备和设施。这部分设施将于 2022 年建成，与填埋场同期运行。

1.5 编制依据

1.5.1 国家法律法规和标准

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年
- (4) 《中华人民共和国核安全法》，2017 年
- (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院 682 号令，2017 年

- (6) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令 第 612 号，2011 年
- (7) 《放射性物品运输安全管理条例》，国务院 562 号令，2010 年
- (8) 《放射性固体废物贮存和处置许可管理办法》，环境保护部令 第 25 号，2013 年
- (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令 第 1 号，2018 年
- (10) 《甘肃省辐射污染防治条例》，甘肃省人民代表大会常务委
员会公告第 19 号，2015 年
- (11) 《放射性废物分类》，环保部公告第 65 号，2017 年
- (12) GB18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- (13) GB/T 28178-2011 《极低水平放射性废物填埋处置》
- (14) GB9132-2018 《低中水平放射性固体废物近地表处置安
全规定》
- (15) GB11215-1989 《核辐射环境质量评价一般规定》
- (16) GB11928-1989 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规
定》
- (17) GB14500-2002 《放射性废物管理规定》
- (18) GB899-88 《电离辐射监测质量保证一般规定》
- (19) GB11216-89 《核设施流出物和环境放射性监测质量保证
计划的一般要求》
- (20) GB11806-2019 《放射性物质安全运输规程》
- (21) HJ/T23-1998 《低中水平放射性废物近地表处置设施的选
址》
- (22) HJ/T5.2-93 《核设施环境保护管理导则 放射性固体废物
浅地层处置环境影响报告书的格式与内容》
- (23) GB3095-2012 《环境空气质量标准》
- (24) GB3096-2008 《声环境质量标准》
- (25) GB8978-1996 《污水综合排放标准》

- (26) GB12348-2008 《工业企业厂界环境噪声排放标准》
- (27) GB12523-2011 《建筑施工场界环境噪声排放标准》
- (28) GB16297-1996 《大气污染物综合排放标准》
- (29) HJ/T61-2001 《辐射环境监测技术规范》
- (30) HJ 2.2-2018 《环境影响评价技术导则 大气环境》

1.5.2 委托文件

中核清原环境技术工程有限责任公司与中国辐射防护研究院签署的《金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段项目环境影响评价服务委托合同》。

1.5.3 主要技术资料

(1) 中国核电工程有限公司，《金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目可行性研究报告》，2020年7月

(2) 中国辐射防护研究院，《核燃料循环科技示范项目场址周围人口和人口分布及食谱调查专题报告》，2016年8月

(3) 中国辐射防护研究院，《核燃料循环科技示范项目厂址气象铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析技术报告(2013.4~2015.3)》，2016年6月

(4) 中国辐射防护研究院，《核燃料后处理厂（甘肃金塔厂址）可行性研究阶段环境放射性本底初步调查报告》，2015年5月

1.5.4 政府批文

(1) 金塔县发展和改革局关于中核清原环境技术工程有限责任公司金塔低放固体废物处置场、极低放废物填埋场及低放废物贮存库一期一阶段建设项目登记备案的通知（金发改行服[2020]359号）

(2) 金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目建设用地规划许可证及规划条件通知书（地字第 620921202000023 号）

1.6 环境管理目标

1.6.1 公众剂量管理目标值

(1) 本工程在金塔低水平放射性固体废物处置场场区内，正常工况下，本工程公众剂量约束值确定为 0.02mSv/a。

(2) 事故情况下，无意闯入填埋场或接触废物者连续受照的个人年有效剂量控制值为不超过 1mSv/a，单次急性受照的个人有效剂量不超过 1mSv/次。

1.6.2 工作人员剂量管理目标值

(1) 正常处置作业期间，填埋场工作人员分摊的个人有效剂量当量不超过 1 mSv/a。

(2) 事故工况下，工作人员所受的个人有效剂量当量不超过 1 mSv/次。

1.6.3 废物的设计接收限值

1.6.3.1 废物接收标准

(1) 剂量率控制值

假定货包中均为核素 Co-60，按照最大比活度（10Bq/g）计算货包表面的剂量率。本填埋场接收的极低放废物包表面辐射剂量率应低于 2.2×10^{-3} mSv/h，在距废物包表面 1m 处的剂量率低于 5.7×10^{-4} mSv/h。

(2) 活度浓度控制值

废物体中放射性核素比活度需满足《极低水平放射性废物填埋处置》（GB/T 28178-2011）中给出的核素活度浓度指导值。含多种人工放射性核素的极低放废物，其中每一种人工放射性核素的活度浓度值与各自的活度浓度指导值的比值之和应不大于 1，即应满足下式：

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i}{C_{io}} \leq 1$$

式中： C_i —极低放废物中核素 i 的活度浓度，单位为 Bq/g；

C_{io} —核素 i 在极低放废物中的活度浓度指导值，单位为 Bq/g；

n—极低放废物中人工放射性核素的种类数。

本工程接收的废物大部分来自核电站（过滤器芯等）、核设施退役（污染建筑物、污染土、废渣等）、核燃料循环设施（氟化钙渣）和核技术利用过程产生的极低放废物。核电站废物来源及源项参照秦山核电废物，废物中的主要核素为 H-3、Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14 等。核设施退役废物来源及源项参照八二一、四 0 四厂产生的极低放废物，主要核素为 Co-60、Sr-90、Cs-137、Ni-63、Eu-152、Eu-154、Np-237、Pu-239、U、Am-241 等。核燃料循环设施废物来源及源项参考 504 厂源项调研报告，主要污染核素为 U，以及少量的 Sr-90、Cs-137、Pu-239 等。核技术利用过程中涉及的主要放射性核素为 Co-60、H-3、C-14、F-18、I-131、Tc-99m、Ga-68、Ge-68 等，其中大部分为短寿命核素，暂存衰变后处理，仅有部分含 Co-60、H-3、C-14 等较长半衰期的放射性废物需送填埋场处理。

综上所述，本工程接收的主要核素包括 H-3、C-14、Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、Eu-152、Eu-154、Np-237、Pu-239、U、Am-241。

根据源项调查数据，本工程人工放射性核素 Pu-239 活度浓度接收限值定为 1.0Bg/g，其余人工放射性核素浓度的接收限值按照《极低水平放射性废物填埋处置》（GB/T 28178-2011）给出的人工放射性核素浓度指导值进行控制，天然放射性核素 U 浓度接收限值按照 150Bq/g 进行控制，本项目接收的主要放射性核素的活度浓度限值应满足下表 1.6-1 的限值要求。

表 1.6-1 本工程极低放废物包主要核素的活度浓度指导值

核素	活度浓度指导值(Bq/g)	核素	活度浓度指导值(Bq/g)
H-3	1.00E+03	Eu-152	1.00E+01
C-14	1.00E+01	Eu-154	1.00E+01
Co-60	1.00E+01	Np-237	1.00E+00
Ni-63	1.00E+04	Pu-239	1.00E+00
Sr-90	1.00E+02	Am-241	1.00E-01
Cs-137	1.00E+01	U	1.50E+02

1.6.3.2 设计接收废物的量

本填埋场设计的极低放废物的总处置规模 12 万 m³，处置的废物总活度为 9.29×10¹³ Bq。

1.6.4 含放射性核素废水排放限值

本工程运行后，将对可能产生的渗析液进行收集，并定期分析和监测，当放射性指标满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中总 α≤1Bq/L，总 β≤10 Bq/L，排入园区废水管网，若不满足要求，收集后进行就地水泥固化处理。

1.7 非放环境管理目标

1.7.1 环境质量标准

（1）环境空气质量标准

本工程拟选址位于甘肃省酒泉市核技术产业园内，该园区位于金塔县西坝乡西北区域，主要以核乏燃料后处理产业、核技术应用产业及配套产业为主。项目所在区域属二类环境功能区。采用《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准。环境空气质量标准见表 1.7-1。

表 1.7-1 环境空气质量标准

污染物	标准值			引用标准	
	单位	小时平均	日平均		年平均
SO ₂	μg/m ³	500	150	60	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级 标准
NO ₂	μg/m ³	200	80	40	
TSP	μg/m ³	/	300	200	

（2）声环境质量标准

本项目位于 3 类声环境功能区，声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类标准，昼间 65dB(A)，夜间 55 dB(A)。

1.7.2 污染物排放标准

(1) 大气污染物排放标准

本工程仅在施工期间会产生少量扬尘。本工程施工期 TSP 浓度执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中相关要求, 施工期周界外 TSP 浓度最高点不高于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(2) 噪声排放标准

施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)。本项目营运期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 3 类标准。噪声排放标准值见表 1.7-2。

表 1.7-2 噪声排放标准

污染物名称	引用标准	执行标准
噪声排放	《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011)	昼间: 70dB(A) 夜间: 55dB(A)
	《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB12348-2008) 中 3 类声环境功能区	昼间: 65dB(A) 夜间: 55dB(A)

(3) 非放污水排放标准

本工程产生的非放生产废水中污染物达到《污水排入城市下水道水质标准》(GB/T31962-2015) 排放标准后, 排入园区污水管道系统。废水中污染物排放限值见表 1.7-3。

表 1.7-3 排入园区污水管网前废水中污染物浓度限值

污染物	单位	排放限值	执行标准
pH	-	6.5~9.5	《污水排入城镇下水道水质标准》 (GB/T31962-2015)
COD	mg/L	500	
BOD ₅	mg/L	350	
SS	mg/L	400	
氨氮	mg/L	45	
硫酸盐	mg/L	600	
氯化物	mg/L	800	
氟化物	mg/L	20	

1.8 评价范围

参照《核设施环境保护管理导则—放射性固体废物浅地层处置环境影响报告书的格式与内容》(HJ/T5.2-1993)和我国同类极低放固体废物填埋场,本项目评价范围为以填埋场区为中心,半径 10 km 范围的圆形区域。

第二章 场址环境

2.1 地理位置

本填埋场项目建设地点位于甘肃省酒泉市核技术产业园区内，场址中心坐标为东经 98°34′49.78″，北纬 40°19′30.31″。场址位于甘肃省酒泉市金塔县西坝乡西北约 29 km 处，南距嘉峪关市约 63 km，距酒泉市约 66 km，东南距金塔县约 50 km，西距玉门市约 99 km，西南距昌马水库约 150km。场址位置图见图 2.1-1。



图 2.1-1 项目场址地理位置示意图

2.2 人口分布及饮食习惯

2016年，中国辐射防护研究院对核燃料循环科技示范项目场址周围人口和人口分布及食谱进行了现场调查，编制了《核燃料循环科技示范项目场址周围人口和人口分布及食谱调查专题报告》。本填埋场项目位于核燃料循环科技示范项目场址东侧约7 km处。本次评价人口和食谱数据采用该次现场调查的实际调查数据，人口分布根据具体位置进行适当调整。

2.2.1 各子区现有人口分布及年龄构成

厂址半径5km范围内不存在行政村及自然村。厂址半径10km范围内，涉及甘肃省农垦集团有限公司下辖的生地湾农场，包括生地湾农场一分场、二分场、三分场和四分场。厂址半径10km范围内的人口分布情况见表2.2-1和图2.2-1。

厂址半径10km范围总人口为2271人，平均人口密度为7人/km²；厂址半径5km内没有常住居民。厂址所在金塔县平均人口密度为9人/km²，人口自然增长率为3.05‰。金塔县人口年龄结构见表2.2-2。

表 2.2-1 厂址半径 10km 范围内居民点分布情况（2015 年）

序号	生产队、自然村名称	人口数	距离 (km)	方位
1	生地湾农场一分场	312	9.5	SE
2	生地湾农场二分场	649	6.3	SSE
3	生地湾农场三分场	676	7.3	S
4	生地湾农场四分场	634	9.8	SSE

表 2.2-2 金塔县人口年龄结构（2015 年）

年龄 (岁)	≤1 岁	1-7 岁	7-17 岁	>17 岁
人口数	763	6159	16067	104206
所占比例 (%)	0.60	4.84	12.63	81.93

2.2.2 人口发展规划

本工程位于甘肃省酒泉市核技术产业园区内（以下简称核技术产业园），根据《甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划（2017~2030）》，园区人口发展规划如下：

- (1) 近期 2022 年，园区产业带动就业人口为 3.0-5.0 万。
- (2) 远期 2030 年，园区产业带动就业人口为 10.0-13.08 万。

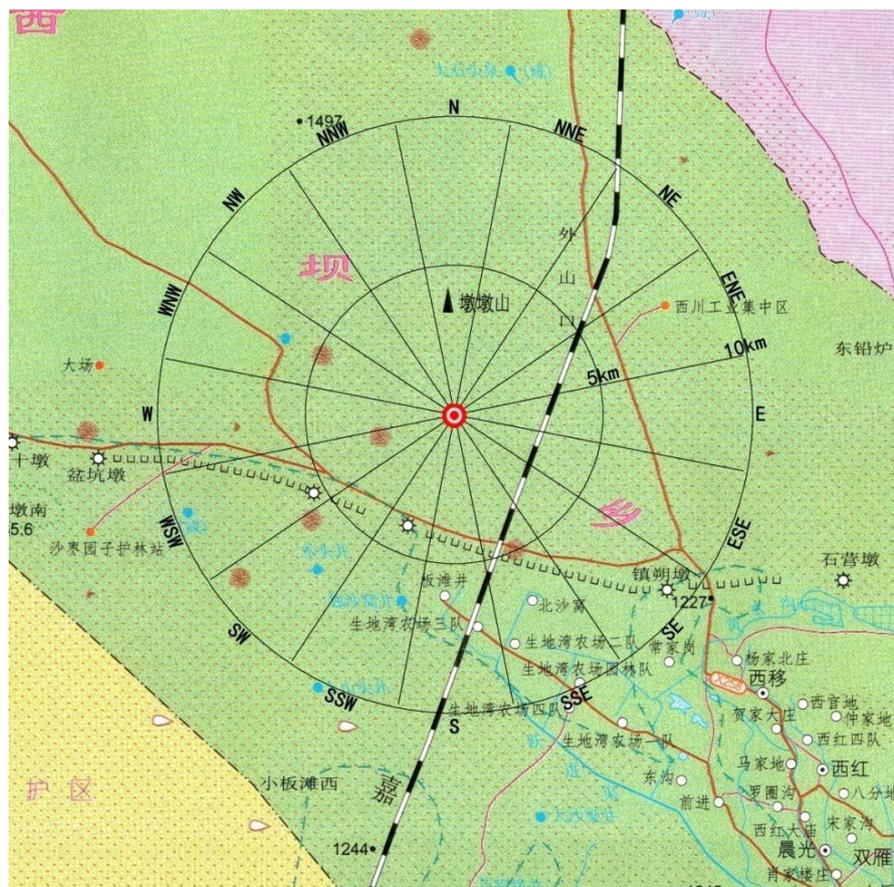


图 2.2 -1 厂址半径 10km 范围人口分布图

2.2.3 居民饮食习惯

生地湾农场居民食谱的抽样调查结果见表 2.2-3。由表可以看出，生地湾农场居民粮食以面为主，辅以米、玉米和薯类等。其中面（小麦）40%当地自产，60%由金塔购入；米均由外地购入；蔬菜、肉类和水果部分由当地自产，部分由外地购入；水产品、奶类及其制品均由外地供应。

表 2.2-3 生地湾农场居民平均食物消费量 (kg/a)

食物品种		≤1 岁	1~2 岁	2~7 岁	7~17 岁	>17 岁	来自评价区内的比例%		来自评价区外的比例%
							生地湾农场%	金塔县%	
粮食	米	0.41	2.75	7.25	11.96	14.72	0	0	100
	面	0.75	8.75	71.25	101.17	145.85	40	60	0
	其它	0.12	1.50	1.50	2.74	3.53	50	50	0
蔬菜	叶类	1.75	4.25	8.75	16.17	27.58	50	50	0
	根茎类	0.62	2.75	4.13	7.61	12.90	20	80	0
	果实类	1.35	6.38	15.94	24.33	39.00	40	60	0
	水生类	0.02	0.25	0.43	0.48	0.46	0	0	100
肉类	猪肉	0.13	2.75	3.50	6.04	8.98	50	50	0
	羊肉	0.05	0.75	1.63	4.57	5.75	60	40	0
	牛肉	0.02	1.00	1.63	1.65	2.05	0	0	100
	禽肉	0.08	2.75	2.50	4.20	4.62	70	30	0
蛋		15.5	3.75	3.88	3.45	5.02	70	30	0
水产品		0.27	0.33	1.10	2.25	2.91	0	0	100
奶类及奶制品		125	57.50	21.00	10.35	16.12	0	40	60
水果		18.50	18.75	14.00	21.35	33.93	50	50	0

2.3 社会经济和资源概况

2.3.1 社会经济

2018 年，金塔县全年实现生产总值 73 亿元，同比下降 6%。其中，第一产业增加值 18.9 亿元，比上年增长 7.8%；第二产业增加 14.4 亿元，增长 6.7%；第三产业增加值 39.7 亿元，增长 4.8%。全县人均生产总值达到 5 万元。

2018 年，金塔县全农作物播种面积 63.3 万亩，比上年增长 2.7%。粮食播种面积 23.5 万亩，粮食总产量 11.8 万吨；棉花种植面积 0.7 万亩，棉花总产量 994 吨；油料种植面积 5.2 万亩，油料总产量 8601 吨；蔬菜种植面积 10.9 万亩，蔬菜总产量 40.8 万吨；瓜果种植面积 4.3 万亩，瓜果产量 18.7 万吨；药材种植面积 3.1 万亩，产量 2.1 万吨。全年完成造林面积 6.8 万亩。全县禽畜饲养量达到 277.8 万头(只)，增长 1.4%。全年肉类总产量达 16832 吨，增长 3.5%；牛出栏 3378 头，牛存栏 6660 头；羊出栏 69.4 万只，存栏 58.6 万只；猪出栏 7.2 万头，存栏 4.4 万头；鸡出栏 88.4 万只，存栏 46.5 万只。

场址半径 5 km 范围内没有农副业生产。场址半径 10 km 范围内，仅涉及生地湾农场，粮食作物主要是小麦，还有部分杂谷；经济作物番茄、辣椒和苜蓿等。全农场粮食作物播种面积 933 公顷，总产量 9200 吨；蔬菜作物播种面积 1000 公顷，总产量 57000 吨；瓜类播种面积 200 公顷，总产量 8000 吨；饲料作物播种面积 1733 公顷。

场址半径 10 km 范围内不存在学校、医院和监狱。

2.3.2 土地利用

本填埋场项目位于甘肃酒泉核技术产业园内，该产业园位于金塔县西坝乡西北区域，主要以乏燃料后处理产业、核技术应用产业及配套产业为主。

核技术产业园规划范围包含核心用地规划范围、统筹协调规划范围、远景预留规划范围，用地面积共约 41.29 km²。其中核心用地规划范围位于金塔县生湾农场北侧，东至嘉策铁路以东约 4.50 km

处，南至生地湾农场耕边缘，西至规划 6 km 限制警戒线，北面为戈壁山区，用地积约 19.30 km²。园区规划“五区”空间结构，集聚十二组产业形态（见图 2.3-1）。



图 2.3-1 甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划

(1) 核燃料循环后处理核心区：位于园区金十路以西。设 1 个产业组，以乏燃料后处理、MOX 燃料元件制造产业、三废处理制造产业、多用途模块式反应堆等产业为核心。

(2) 融合产业共建区：位于园区金十路以东至 6 km 规划限制警戒线。设 1 个产业组，以乏燃料后处理配套产业、维修调试产业、核级仪表、控制、通用设备、备件及材料装备制造产业为核心。

(3) 核技术产业工业区：位于园区嘉策铁路以西至 6 km 规划限制警戒线。设 5 个产业组，分别是：核技术产业应用区(非放类)、核技术产业生产区(低污低放类)、仓储物流区、行政商务区(服务性产业)和交通运输区。

(4) 非核产业工业区：位于园区嘉策铁路以东区域。设 4 个产业组，分别是：矿产品加工冶炼区、新型建材产业区、装备制造区和公共服务生活区(服务性产业)。

(5) 金嘉产业承接区：远景预留承接酒泉市、嘉峪关市外溢的装备制造产业。

甘肃酒泉核技术产业园目前正在进行建设，根据产业园区提供的资料，目前核技术产业园区内已有中核清原环境技术工程有限责任公司和甘肃东方瑞龙环境治理有限公司 2 家入驻企业。本工程距离甘肃东方瑞龙环境治理有限公司约 1km，在该公司的 E 方位，东方瑞龙现有员工约 30 人。

项目建设单位清原公司作为甘肃酒泉核技术产业园入驻企业，本项目已列入该产业园总体发展规划，建设用地已获得当地政府许可。本项目位于核技术产业生产区(低污低放类) M3 地块，项目周围 5 km 范围内无常住居民，无制约因素，选址合理可行。

2.3.3 矿产资源

金塔县内矿产资源丰富，已探明的主要有铜、铁、铅、锌、金、镁、钨、煤炭、芒硝、石膏、花岗岩、硅、红柱石等 8 大类 50 多个品种，总储量达 20 多亿吨。依托丰富的农矿资源，现已建成金鑫、北河湾和穿山驯 3 大工业园区，初步形成了以农矿产品精深加工、建筑建材、能源化工为主的工业发展新框架。

本填埋场评价范围内存在采矿企业 4 家(见表 2.3-1)，纳入核技术产业园统一管理。由于目前市场不景气，该区 2018 年无采矿企业生产。

表 2.3-1 场址半径 10 km 范围内采矿企业情况

企业名称	主要经营生产品种	年产值(万元)	职工人数	相对场址位置关系	
				方位	距离(km)
金塔县浩德矿业有限公司(2012 年停产)	铅锌矿采选	0	1	ESE	7.6
金塔县万通矿业有限责任公司	铁矿石采选 铁精粉 10 万吨	0	生产期约 40 人/停产 期 8 人	ESE	7.8
金塔县西川(万达)矿业有限公司(建成未投产)	金矿石采选	0	6	ESE	8.0
金塔县昌鑫矿业有限责任公司(2012 年停产)	铁矿石采选	0	2	ESE	7.2

2.3.4 交通运输

场址半径 10 km 范围内现有嘉策铁路 1 条铁路，主要是向策克口岸运输煤炭，位于场址东部，距场址的最短距离为 1.8km，在场址 ESE 方位。

场址半径 10 km 范围内的交通运输方式主要为公路运输，现有 1 条县道、3 条专用道路和多条乡村道路。该范围内主要是戈壁荒山，居民点稀少，仅有生地湾农场部分居民点，从金塔县城经县道 X 258 -西坝乡镇区- Z108 连通上述 3 个居民点。由县道 X 258 连接 Z 300、Z 301 可到达各矿点(“Z”表示专用道路，此类道路大部分为车辆直通各矿点在戈壁中长期碾压而成，路面为戈壁滩沙砾自然路面，无铺装，无等级)。厂址半径 10km 范围交通运输情况见图 2.3-2。

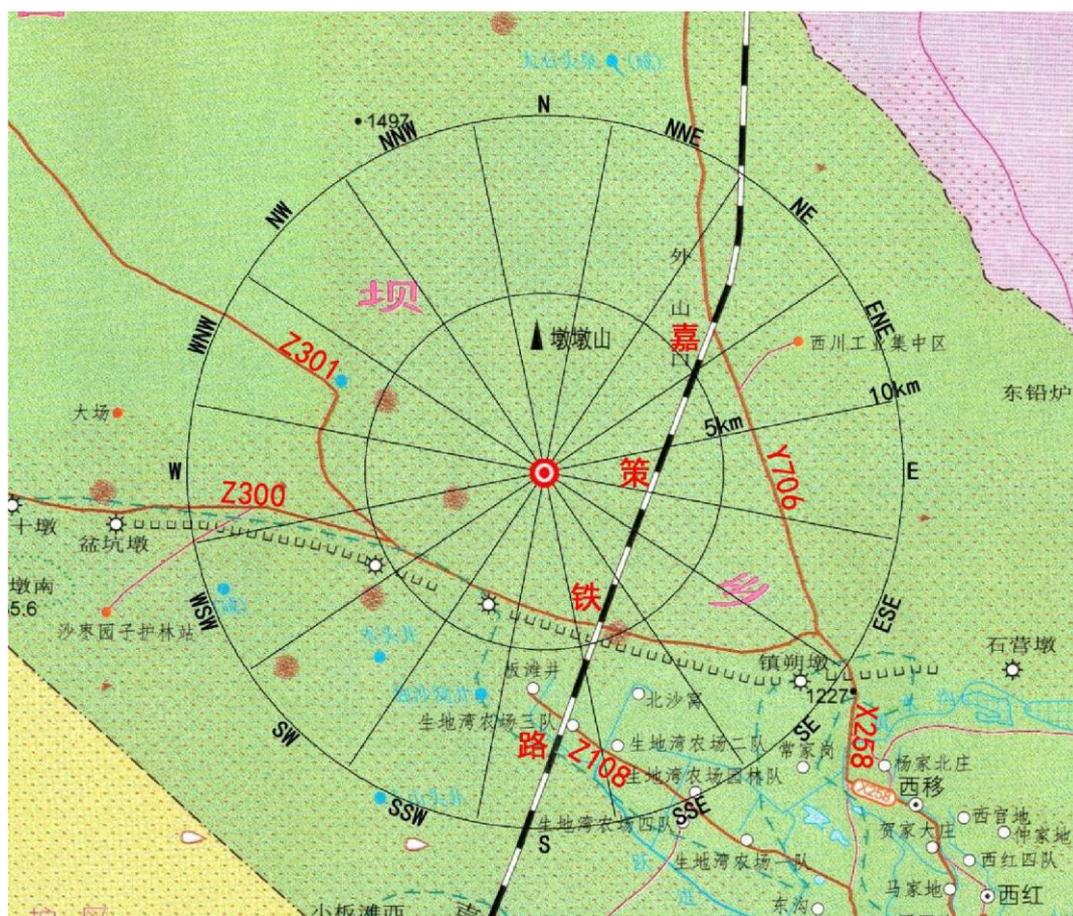


图 2.3-2 场址半径 10 km 公路、铁路分布情况

此外，嘉峪关国际机场位于嘉峪关市，距离核技术产业园区约 110 km，通过连接嘉峪关的二级公路，实现便捷联系；鼎新机场位

于甘肃省金塔县鼎新镇，为军民两用机场，距离核技术产业园区约 55 km，通过酒航路，实现便捷联系。

2.3.5 自然保护区和文物保护单位

在项目用地预审申请表中，相关单位(环保局、农牧局、林业局、文物局等)明确本填埋场项目用地范围内无自然保护区和文物保护单位，距场址最近的自然保护区为甘肃省金塔县沙枣园子省级自然保护区（见图 2.3-3），该保护区位于场址 S~WSW 方位，距场址约 13 km。

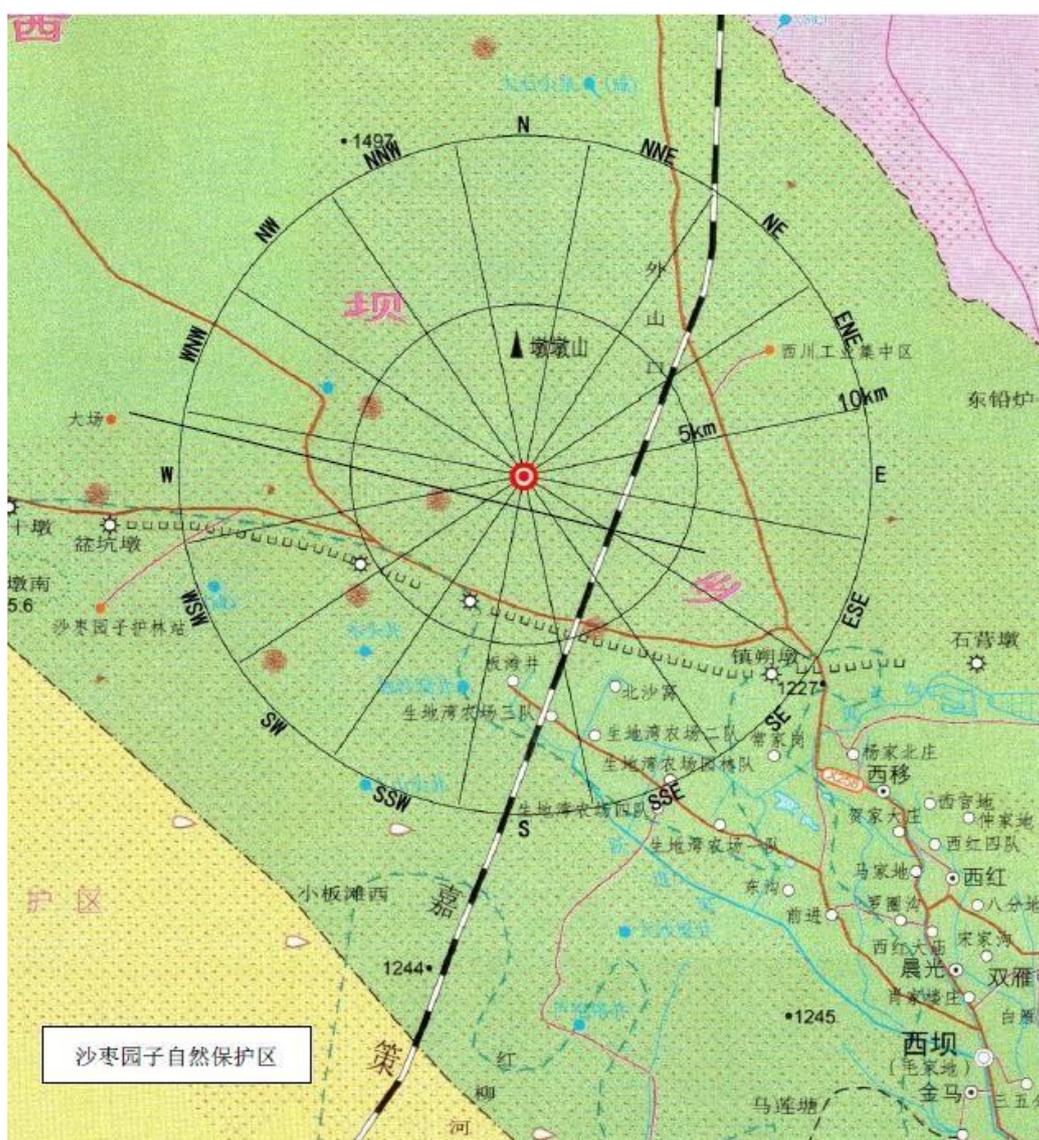


图 2.3-3 本项目与沙枣园子自然保护区相对位置图

2.3.6 生态环境状态

评价区所处地由于气候干燥，风力剥蚀严重，山地岩石与砾石裸露，形成岩漠与砾漠景观。场址周围为风蚀残丘和中部戈壁砾石地，植被稀少，分布有少量干旱荒漠植被，代表的植被群落为红纱、骆驼草和泡泡刺，其中山间谷底植被覆盖度 1%以下，沙砾质戈壁滩植被覆盖度为 1~3%，罕有保护型动物出没、迁徙。

2.4 气象

场址所在地金塔县的气候类型属于温带大陆性干旱气候，根据金塔气象站近 20 年的气象要素观测和统计结果，当地多年平均温度为 8.8 °C，无霜期 146 d，年均降水量为 60.3 mm，年蒸发量 2538 mm，1 h 最大降雨为 38.4 mm，降水日数 40 d，大风日数 70 d，平均风速为 2.2 m/s，主导风向为西风和东南风，平均冻土深度 120 cm。

本项目距离核燃料循环科技示范项目 7 km，两者地形基本一致，因此，可以采用核燃料循环科技示范项目的气象观测数据。根据《核燃料循环科技示范项目场址气象铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析技术报告(2013.4~2015.3)》(中国辐射防护研究院，2016 年)的统计资料，地面站两年观测统计的年平均风速 4.65 m/s，年平均温度 9.41 °C，年平均露点温度-8.34 °C，年平均湿球温度 2.76 °C，年平均相对湿度 35.30%，年平均气压为 876.4 hPa，年均降雨量 18.1 mm。

2.5 水文

2.5.1 地下水

本项目目前未进行详细的水文地质勘察。项目位于核燃料循环科技示范项目场址东侧约 7 km 处，本次评价地下水水文地质资料部分采用《核燃料后处理厂（甘肃金塔厂址）环境水文地质调查报告》的调查结果，并承诺在申请贮存许可证前对场址周围进行详细的水文地质勘察。

2.5.1.1 近区域水文地质条件

场址在近区域上位于北山古生代褶皱带南缘，早二叠纪末期的北山运动使该地区地层产生强烈褶皱而隆起，并伴有华力西期大规模岩浆侵入，从此开始了中生代陆相沉积和断块活动的新时期。第四纪以来，场址近区域表现为稳定的块体性质，剥蚀强度明显大于上升幅度，进入夷平状态，地壳相对稳定，无 4.5 级以上历史地震发生，差异性活动由北向南逐渐转移到与走廊过渡带交接的块体边界深大断裂带上。

(1) 地形地貌

场址在近区域上位于祁连山和马鬃山之间，靠近马鬃山。总的地势是南低北高，从北到南为侵蚀中高山地貌单元、山前剥蚀丘陵地貌单元，向南为宽阔的戈壁平原地貌单元。

金塔—花海盆地是敦煌—安西沉降区一系盆地中的一员，盆地第四系厚度小于 200m，其北为发育多级夷平面的北山隆起区，南以阿尔金断裂带东段与河西走廊西段沉降区相接。盆地内有近南北向隆起，虽不明显，但对地下水流向产生一定影响，即是金塔—花海盆地分水岭。场址近区域可分为两类不同的地貌单元：剥蚀丘陵地貌单元和倾斜戈壁平原地貌单元。场址即位于金塔—花海盆地北缘的微倾斜戈壁平原地貌单元之中。

除剥蚀丘陵地貌单元和倾斜戈壁平原地貌单元两大基本地貌形态之外，在局部地段发育有风蚀、风侵地貌(如风蚀圆形小丘或风蚀层状土台等)，现代风成砂丘、砂堆，现代暂时性流水形成的冲沟等。

(2) 地层岩性

近区域地层主要出露第四系地层、奥陶—志留系地层和海西中期侵入岩及脉岩。现分述如下：

➤ 第四系

第四系在场址近区域内广泛发育，除北部的山区由于强烈的物理风化作用使基岩之上普遍覆盖有残积物之外，主要集中分布在南部和东部。沉积类型以湖积、洪积及风积为主。地层主要有：①下更新统玉门组($Q_2^{pl}Y$)仅出露在区域外西南角的老山边缘。主要是由

石英、大理岩、中酸性火山岩、砂岩、砂砾岩等砾石组成。②中更新统 (Q_2) 以湖相堆积为主要类型, 分布于金塔盆地中。③上更新统洪积物 (Q_3^{pl}): 主要指广泛分布的戈壁砾石层, 构成极平坦的地貌形态。④全新统 (Q_4): 包括有洪积、冲积—洪积及风积三个主要成因类型的堆积物。其中以风积物最为发育。冲积—洪积物 (Q_4^{al-pl}): 在金塔附近的河流两侧有分布, 由砂砾、粉砂土、亚粘土及细粒粉砂等组成。洪积物 (Q_4^{pl}): 主要分布于山区的干沟中, 由碎石及砂土组成。风积砂 (Q_4^{eol}): 主要发育沙枣园子附近, 构成丛草沙堆。主要为黄色或土黄色松散的中细粒砂。

调查区第四系岩性主要为上更新统洪积的 (Q_3^{pl}) 的戈壁砾石层、全新统洪积物 (Q_4^{pl}) 的碎石及砂土和风积砂 (Q_4^{eol})。

➤ 奥陶—志留系(O—S)

第一岩组: 构成本岩组的主要岩性为石英岩、黑云石英片岩、变质砂岩、千枚岩及大理岩。大理岩在整个岩组中呈大的透镜体或夹层产出, 厚度最大处可达千米, 沿走向局部相变为质量较好的白云岩。其它岩性较为稳定。

第二岩组: 以绢云千枚岩及千枚状粉砂岩为主, 下部夹有中酸性、酸性火山岩及凝灰岩。层位较稳定。本岩组在西山煤窑以西及窑湾井附近表现为以黑云片岩、黑云石英片岩为主。

调查区奥陶—志留系(O—S)第二岩组以黑云角闪片岩为主, 第一岩组以白云岩和大理岩为主。

➤ 海西中期侵入岩

海西中期是本区岩浆活动最剧烈时期, 以中酸性侵入岩为主, 基性岩次之, 构成岩基或岩株。海西中期侵入岩主要为花岗闪长岩 ($\gamma\delta_4^{2b}$) 及石英闪长岩 ($\gamma\sigma_4^{2b}$) 侵入体, 集中分布在近区域北半部, 出露总面积 840km²。花岗闪长岩与石英闪长岩是同期异相的产物, 在同一岩体中也往往有相互过渡的现象, 甚至局部有相变为斜长花岗岩及花岗岩的现象。

东铅炉子花岗闪长岩 ($\gamma\delta_4^{2b}$) 体：位于俞井子南及东铅炉子以北，呈北西向长条状分布，延长 40km，宽约 5.0km。本岩体侵入奥陶—志留系，又被后期花岗岩 (γ_4^{3c}) 侵入。

沙枣园子花岗闪长岩体 (γ_4^{2b})，位于西铅炉子与沙枣园子之间，呈北西—南东向分布，为不完整的椭圆状岩基，长约 40km，宽约 10~16km。本岩体岩性变化较大，以浅灰色花岗闪长岩为主，伴有斜长花岗岩及浅红色花岗岩。本岩体侵入奥陶—志留系中。

侵入岩主要为沙枣园子花岗闪长岩体，以黑云母花岗闪长岩为主。

► 脉岩

近区域内脉岩较发育，由酸性到超基性的脉岩均可见到，其中尤以酸性及中性脉岩分布更广。煌斑岩 (χ) 分布于西山煤窑以西及穿山驯，一般呈北西西向延伸。其岩石均呈暗灰绿色，煌斑结构明显。

(3) 地下水赋存条件和分布规律

金塔盆地为北大河下游冲洪积平原的顶部，地下水包括潜水和承压水两种类型，大致以金塔为界，南部多为中、上更新统冲积、洪积相的单一厚层型（砂砾石）潜水，水位埋深 5~10m，向北过渡为潜水和承压水两种类型。在戈壁平原过渡到细土平原的位置，单一厚层型的潜水含水层被多层冲、洪积的亚砂土、亚粘土、粘土层所分隔，由潜水过渡为承压—自流水，呈双层介质型、厚多层型、薄多层型产出，含水层的颗粒较细。含水层的岩性从南向北，自西向东，由单一卵石、砾石层递变为沙砾、砾砂、砂及粉砂层。

南部、西部潜水含水层的富水性及透水性远较北部的承压水含水层为强。承压水含水层岩性为粗砂，砂砾石为双层介质型或多厚层型。承压水头埋深 2m 左右，一般低于附近表层潜水位 0.2~0.3m。

无论是潜水或者是承压水，含水层厚度均大于 40m，富水性、透水性较强，但向北有递减的趋势。根据资料，降深 5m 时的单孔涌水量达 4805.83m³/d，渗透系数为 40m/d，水质良好，矿化度小于 1g/L，水化学类型为 SO₄—HCO₃—Mg—Ca—Na（或 Mg—Na）型。

承压水分布区的表层潜水含水层岩性为全新统粉细砂、粉土质亚砂土及亚粘土。其本身又构成下部承压水相对的隔水层顶板，其厚度一般不超过 5m。富水性差，水质略差，矿化度 1.5g/L 左右，水化学类型为 $\text{SO}_4\text{—HCO}_3\text{—Mg—Na}$ 型水。

(4) 地下水补给迳流排泄

金塔盆地位处北大河下游冲、洪积平原的顶端，为干旱大陆性气候所控制，气象、水文对地下水的形成起着重要作用，决定着地下水的补给和排泄途径。盆地内的蒸发量是降水量的 40 倍，降水主要消耗于蒸发，在区内对地下水的补给意义不大。

本区地下水的主要补给来源是由祁连山的地表、地下径流，汇集于酒泉盆地之后，通过北山各沟谷径流和鸳鸯池、解放村水库坝基及闸门渗漏、田间灌溉水入渗、渠道渗漏等形式补给。另外还有少量凝结水补给，此外还有一部分南山各沟谷以侧向径流补给的区域外地下水和微弱的降水入渗。灌区地下水资源量年平均补给量约为 1.5 亿 m^3 。

地下水总流向为南西向北东，水力坡度 1.0‰~0.8‰。因金塔县两灌区位于金塔—花海盆地东段，为上古生代以来的长期下沉地区，南部夹山因有第三纪或白垩纪泥质砂岩分布，对地下径流起着一定的阻碍作用，北部和两灌区中部为马鬃山剥蚀山地，又对两灌区地下水径流起着一定的阻截作用。

地下径流流出、自然蒸发、人工开采等是地下水主要消耗途径。

(5) 地下水流速流向

区域没有重要的地下水取水点，地下水水量贫乏，地下水流速一般为 0.157~0.613m/d；地下水流向在调查区北部整体向南渗流至调查区南部沙枣园子冲沟内，在调查区南部地下水则顺地势由南向北渗流至沙枣园子冲沟内。调查区内北部和南部的地下水汇流至沙枣园子冲沟内后，自西向东南流出调查区。根据本次调查结果并结合调查区附近 1:5 万地形图（营盘大墩幅和生地湾农场幅）分析地下水流向调查区后可能流向生地湾农场。并结合已有资料地下水流向见图 2.5-1。

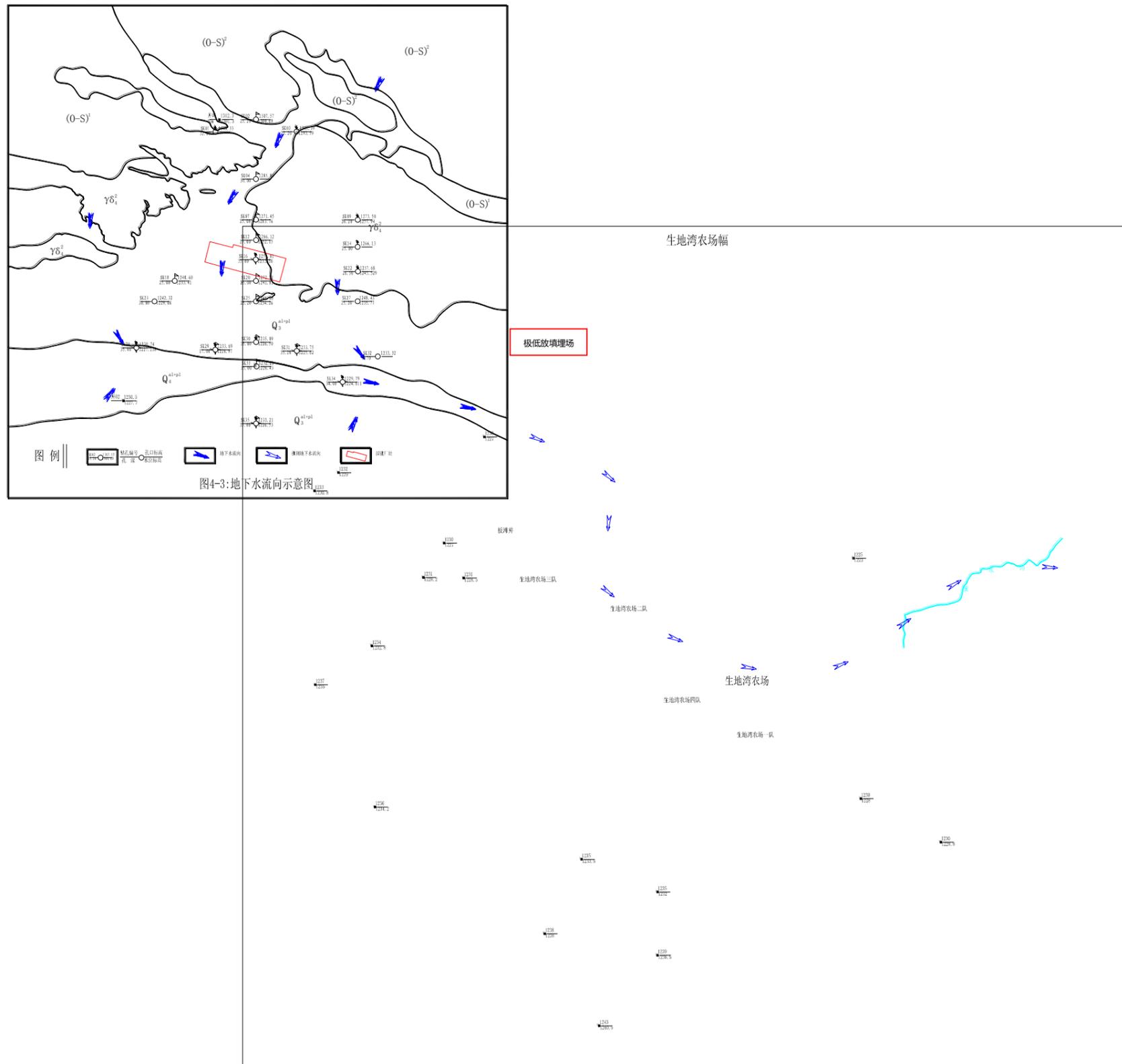


图 2.5-1 地下水流向图

2.5.1.2 场区水文地质条件

根据东方新环（在本工程E方位，1km处）《极低放固体废物填埋场》场址岩土工程详勘报告，在场址区进行控制性钻孔6个，包括3个原位测试孔（控制深度22.8~24.8 m）和3个取土样钻孔（控制深度22.7~23.4 m），勘探点间距为127.00~130.99 m，钻孔深度范围内未见地下水，可见场区地下水埋藏较深；此外，据1:20万《酒泉幅综合水文地质图》资料显示，拟建场地地下水类型主要为第四系松散岩类孔隙潜水，孔隙潜水主要赋存于第四系中、上更新统砂砾石层中。地下水水位埋深50~100 m，水位年变幅为±2 m。

2.5.2 地表水

场址区域所涉及的主要河流水系包括黑河、疏勒河和讨赖河，其分布见图见图2.5-2和图2.5-3。



图 2.5-2 黑河与讨赖河水系分布示意图

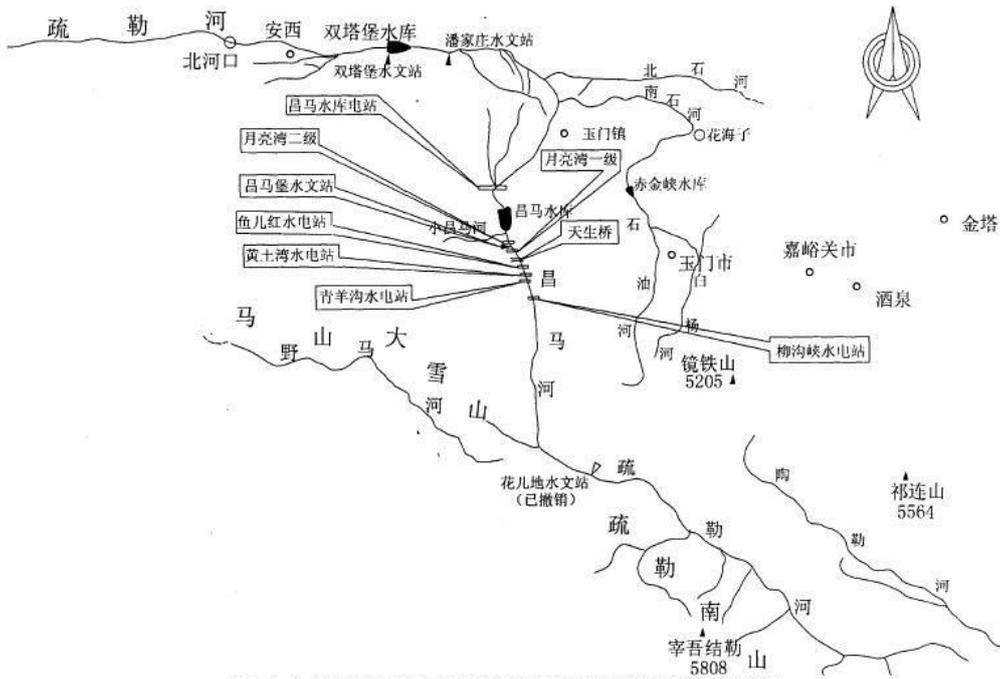


图 2.5-3 疏勒河水系分布示意图

黑河是河西走廊的第一大河流，位于场址区域的东侧，发源于祁连山北麓中段，由张掖、酒泉间的南山和祁连山流出各河流汇集而成，向北流入内蒙古居延海，全长约800 km。黑河距场址的距离60余公里。

疏勒河属于河西走廊内流水系的第二大河，源于祁连山脉西段托来南山与疏勒南山之间的疏勒脑，西北流经肃北县的高山草地，过昌马盆地。出昌马峡以前为上游(称昌马河)，昌马堡站平水年年均流量 $24.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ，年径流量 7.81 亿m^3 。出昌马峡至走廊平地为中游，向北分流于大坝冲积扇面。疏勒河位于场址西侧，距场址超过100 km。

讨赖河位于上述两大河流之间，是嘉峪关市境内唯一的地表河流。河流发源于祁连山中段讨赖掌，水源汇聚地达 620 km^2 ，年平均降水量 800 mm ，汇集水量 22 亿m^3 。河流经嘉峪关、酒泉、金塔后汇入黑河，属黑河水系一级支流。讨赖河源头至冰沟口河长 260 km ，集水面积 6883 km^2 ，从嘉峪关市西南入境，由东面流出，境内河长 40 km 。据冰沟水文站1948~2000年观测资料分析，讨赖河多年平均径流量 63780 万m^3 ，年最大径流量 112000 万m^3 (1952年)，年最小径流量 46400 万m^3 。由于后期水利开发，讨赖河水主要注入金塔的鸳鸯池水库。鸳鸯池水库距场址的距离40余公里。

根据已有资料，鸳鸯池水库的防洪标准为100年一遇洪水设计，洪峰流量1080 m³/s，2000年一遇洪水校核，洪峰流量2400 m³/s。鸳鸯池水库总库容1.048亿m³、相邻的解放村水库总库容3905万m³。

甘肃酒泉核技术产业园远离上述河流，距离最近的鸳鸯池水库也在40 km以上，再加上核技术产业园位于走廊北部，地势也远高于讨赖河流经的谷地和鸳鸯池水库。因此，河流洪水不会对场址产生影响，即使在考虑鸳鸯池水库溃坝的情况下也不会对场址产生安全影响。

本项目评价范围内无地表水体，距离场址最近的地表水体为跃进渠，该渠为金塔县西干渠的支渠形成的灌渠网络，渠水均引自鸳鸯池水库，用于生地湾农场农田灌溉。该渠距场址直线距离约11 km，不会对场址产生影响。

2.6 地质和地震

2.6.1 地形地貌

场址区域上位于祁连山和马鬃山之间，靠近马鬃山。区域总的地势是北高南低，从北到南为侵蚀中高山地貌单元、山前剥蚀丘陵地貌单元，向南为宽阔的戈壁平原地貌单元，发育浅冲沟。

场址区域地势总体为北高南低，地形总体趋势平缓，坡度为1~3%，局部略有起伏。场址区按地貌形态、成因分为剥蚀丘陵地貌单元和微倾斜戈壁平原地貌单元，此外还发育有冲沟、风成砂包等微地貌。

场址地形地貌见图。



图 2.6-1 场址地形地貌

2.6.2 区域地震地质特征

场址区域范围是指场址周围半径不小于150km范围，本区域范围： $N38.85^{\circ}-41.73^{\circ}$ 、 $E96.32^{\circ}-100.27^{\circ}$ 。

2.6.2.1 大地构造分区

根据区域地质发育历史，区域可分为天山褶皱系（I）、塔里木地台（II）、中朝准地台（III）和祁连山地槽褶皱系（IV）等四个一级大地构造单元，它们可进一步划分为若干个二级构造单元，各构造单元的分布见图。场址位于天山褶皱系（I），靠近塔里木地台（II）。

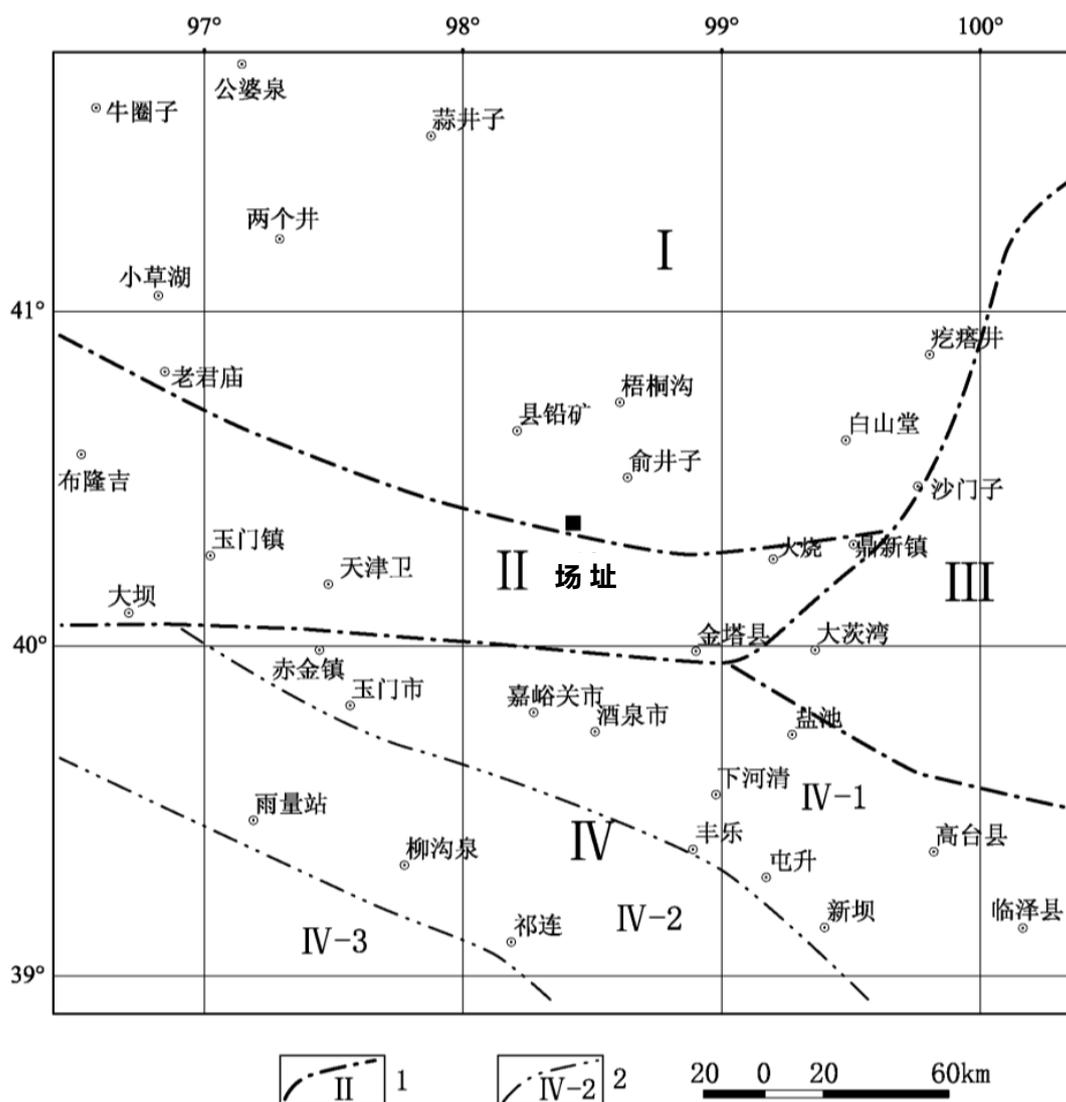


图 2.6-2 区域大地构造分区图

1.一级构造分区界线；2.二级构造分区界线

I:天山褶皱系; II:塔里木地台; III:中朝准地台; IV:祁连山地槽褶皱系

IV-1.走廊过渡带; IV-2.北祁连优地槽褶皱带; IV-3.祁连中间隆起带

① 天山褶皱系（I）

天山褶皱系位于区域北部，区内仅涉及北山褶皱带，北山褶皱带是天山褶皱系的一个次级构造单元。震旦纪北山海槽呈东西向伸展，夹持于北部黑鹰山古陆与南部敦煌—阿拉善古陆间，沉积了总厚万余米的稳定陆缘浅海碎屑—碳酸盐岩，仅在海槽中心板井西南，偶有中—基性火山喷发。

早古生代北山地区仍为中间海槽及南北两侧古陆夹持之势。海槽时宽时窄，沉积时缓时速。浅海相碳酸盐岩、泥质硅岩及火山岩总厚约5000米。北山海槽一直延续到二迭纪，与天山海槽相通。早二迭世末的北山运动，使该区地层产生强烈褶皱并隆起；伴有海西期大规模岩浆侵入和喷溢；形成了红柳园、红石山南北两个狭长的东西向内陆拗陷，开始了中生代陆相沉积和断块活动的新时期，并与阿拉善地块结为一体。

第四纪以来，本区40°纬度线以北的北山—阿拉善地区总体表现为稳定块体性质，剥蚀强度大于上升幅度。地貌上为低缓的侵蚀平台，在II、III级夷平面上散漫分布一些平缓的东西向岭谷，残山孤丘呈浑园状，仅有一些规模不大的北东及北西向次级断层及东西向断层。

② 塔里木地台（II）

塔里木地台是位于天山褶皱系与昆仑褶皱系间的相对稳定单元。区域范围内仅涉及敦煌—安西地区，属塔里木中央隆起带次级构造单元。海西运动及印支运动使天山海槽及昆仑海槽相继褶皱成山，塔里木地台因此而成为一个大型内陆盆地。盆地中岩浆活动不强烈，空间分布也很局限。盖层构造变动较弱，靠近北山地区比较稳定。其东南缘阿尔金断裂活动除表现强烈走滑外，尚有往盆地中心推覆的特点。

2.6.2.2 新构造运动

2.6.2.2.1 基本特征

区域范围处在青藏高原块体与阿拉善块体之间的过渡地带，南侧的青藏块体新构造运动十分强烈，以断裂和断块活动为基本特征。

区域新构造运动主要有两个基本特征。

① 大范围整体性、间歇性抬升

区域随青藏高原于古近纪开始发生强烈抬升。区域内发育有三级夷平面，第一级夷平面形成于古近纪，第二级夷平面形成于新近纪，第三级夷平面形成于早更新世晚期至中更新世初期。此外，山区河谷中发育有多级阶地。上述表明，区域曾经历过多次且频繁的间歇性抬升。

② 断裂、断块活动的继承性和新生性

继承性表现为新构造时期，断裂和断块的格架受老构造的控制。青藏高原在喜山运动早期分异升降的基础上，在上新世—早更新世时期沿一些北西—北西西向先存边界断裂再次发生逆倾滑活动，被其控制的隆起区再度隆起，沉降区进一步下沉。

新生性主要表现为新构造时期或某一时期改变了断裂、断块原有的运动方式和强度。早更新世晚期或中更新世初以来，由于印度板块不断向北推挤，区内北西—北西西性质发生了重大转变，由原来的挤压逆冲为主转变为以水平滑移为主，显示明显的新生性。

2.6.2.2.2 新构造运动分区

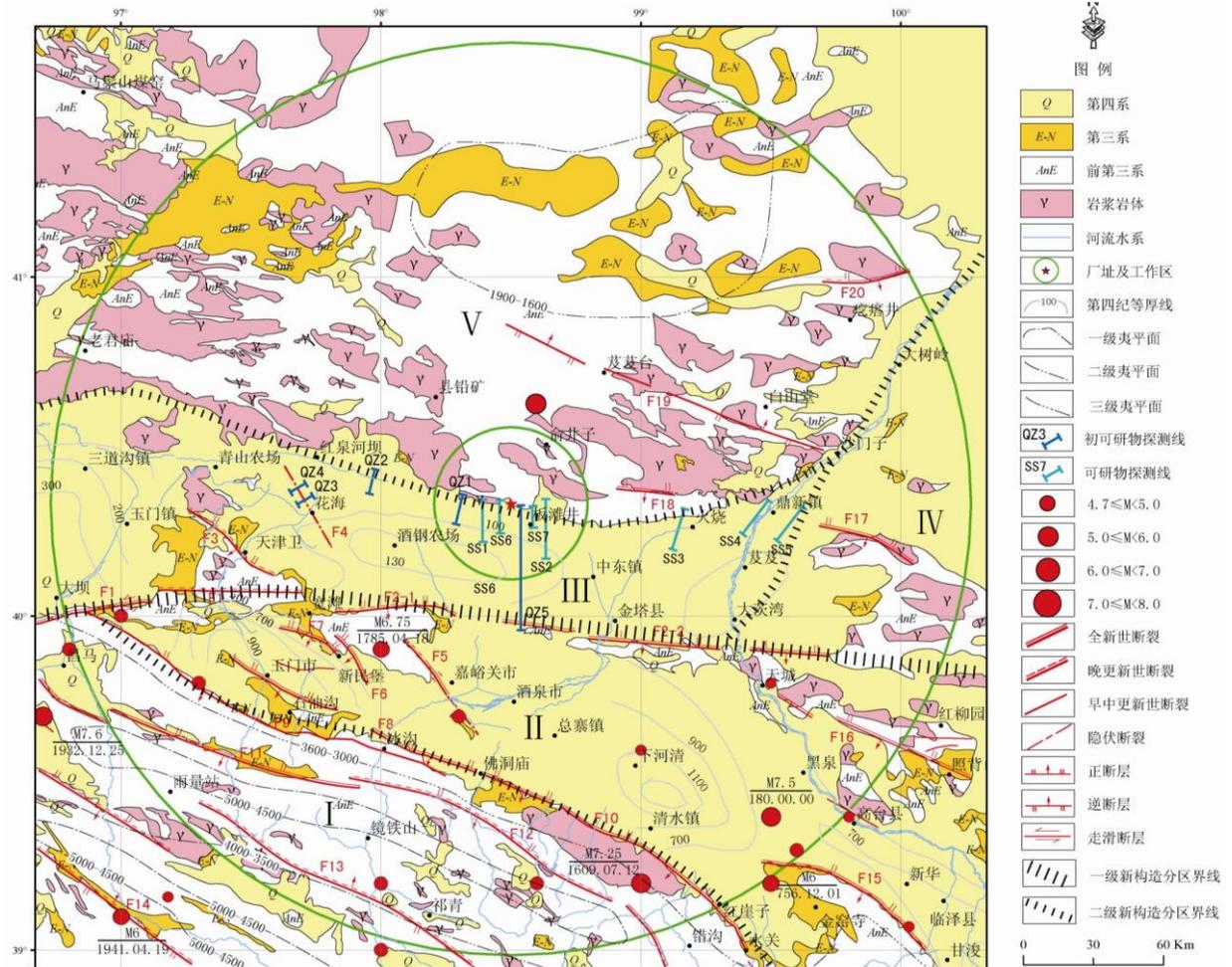
根据区域范围内各地新构造运动的发育历史、表现形式、第四纪沉积物厚度、阶地级数、高差、现代构造应力作用方式以及地震活动等资料，可将场址及其附近地区划分为5个新构造区（图）。场址位于北山隆起区（V）与敦煌—安西沉降区（III）分界线附近。

北山隆起区（V）属低山丘陵区，发育多级夷平面。新构造线在隆起区西部呈北东向展布，在隆起区东部呈北西向展布，形成一个向北东突出的弧形。历史上没有5级以上地震，甚至5级以下地震也很少。新构造时期以来以缓慢上升为特征，特别是晚更新世以来至现代仍为缓慢而稳定的微弱上升区。

敦煌—安西沉降区（III）分布在阿尔金断裂和北山隆起区之间，由敦煌盆地、三危山隆起；踏实盆地、宽滩山隆起、花海—金塔盆地等组成。盆地第四系厚度小于200m，受北东东向断裂控制。隆起出露地层为前震旦系敦煌群变质岩类，并有北西向断层分布。历史

上没有中、强地震记载。

总体而言，场址所在的新构造区是以阿尔金断裂带和祁连山山前断裂带所围限的现代地壳隆起区。北山为现代缓慢稳定的上升区，河西走廊为强烈的拗陷区，但在走廊中又有相对的隆起区，如低窝铺—宽滩山相对隆起区、文殊山隆起区等，新构造时期以来以缓慢上升为特征，特别是晚更新世以来至现代仍为缓慢而稳定的微弱上升区。场址位于北山隆起区的南部边缘，北山山前和场址区都不存在隐伏断裂，区域新构造与场址没有相关性。



I. 祁连山隆起区； II. 河西走廊西段沉降区； III. 敦煌—安西沉降区； IV. 阿拉善隆起区； V. 北山隆起区。

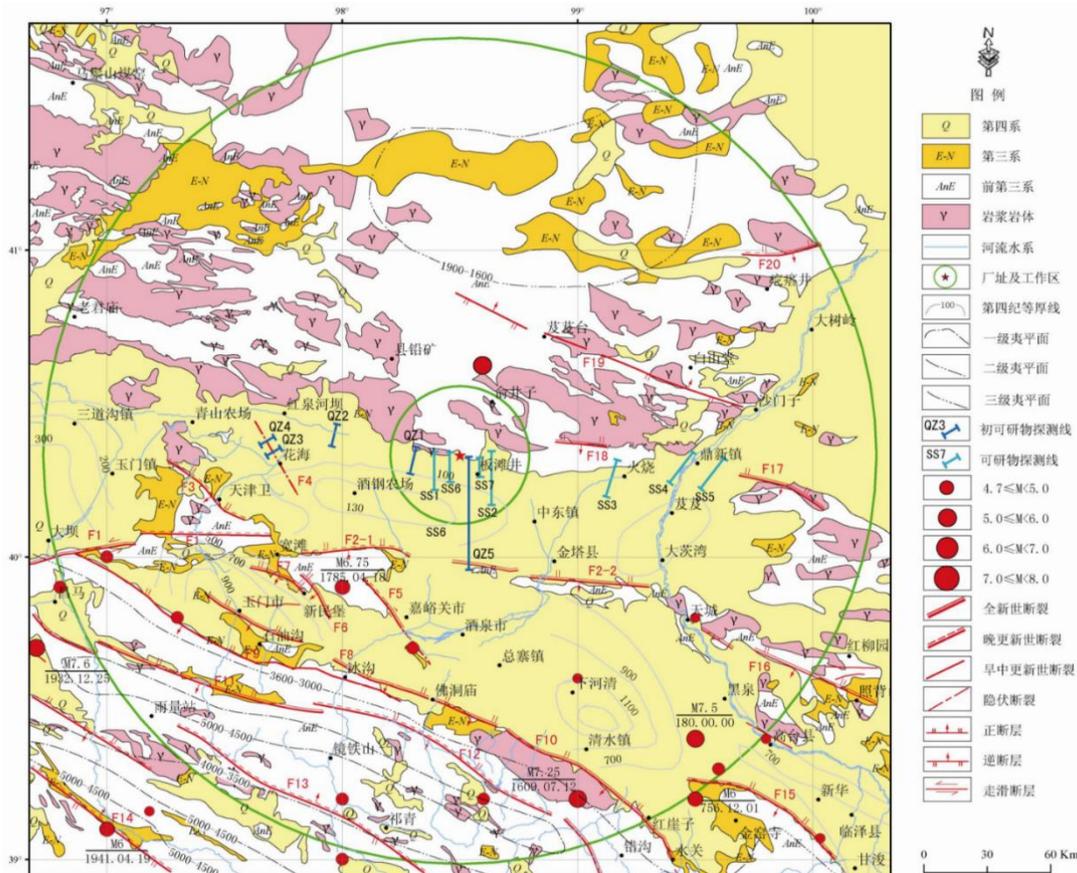
图 2.6-3 区域新构造分区图

2.6.2.2.3 断裂活动性

场址区域范围内发育了多条规模较大的活动断裂，如阿尔金断裂、黑山-金塔南山断裂、合黎山南缘断裂、昌马断裂、嘉峪关断裂

和榆木山北缘断裂等，另外还发育了一些中等规模的北西向、北北西向和近东西向断裂。自新构造运动以来，由于沿阿尔金断裂的左旋走滑活动，北西向的祁连山断裂产生逆冲并强烈隆升，祁连山北侧的河西走廊强烈拗陷，位于阿尔金断裂以北的北山-阿拉善地区则为现代缓慢上升的稳定区。场址所在的花海-金塔盆地北缘、北山山前地区新构造运动以来主要以缓慢上升为特征，特别是晚更新世以来至现代仍为缓慢而稳定的微弱上升区。

各断裂的位置、性质和活动时间详见图和表2.6-1。



F1.阿尔金断裂东段; F2.黑山-金塔南山断裂; F3.塔儿湾-宽滩山断裂; F4.花海断裂; F5.嘉峪关断裂; F6.阴洼山断裂; F7.新民堡断裂; F8.玉门-北大河断裂; F9.早峡-大黄沟断裂; F10.佛洞庙-红崖子断裂; F11.昌马断裂; F12.肃南断裂; F13.中祁连北缘断裂; F14.中祁连南缘断裂; F15.榆木山北缘断裂; F16.合黎山南缘断裂; F17.鼎新断裂; F18.俄博庙断裂; F19.野马井断裂; F20.尖山北断裂

图 2.6-4 区域地震构造图

表 2.6-1 区域主要断裂活动特征一览表

断裂编号	断裂名称	区内长度 (km)	产状			区内分段	最新活动时代	最新活动性质	地震活动	资料来源
			走向	倾向	倾角					
F1	阿尔金断裂东段	197	75°	SE	50~70°	赤金堡以西 Q4 赤金堡以东 Q3		逆左旋		1,2,5
F2	黑山-金塔南山断裂	61	70~80°	SW	60~70°	黑山 Q3, 金塔南山 Q3	Q4	逆断裂		2
F3	塔尔湾-宽滩山断裂	37	300°	SW	60~70°	东强西弱	Q2-4	逆断裂		
F4	花海断裂	36	330°	SW	40~60°		Q3	逆右旋		3
F5	嘉峪关断裂	38	330~350°	SW	70°	南强北弱	Q3-4	逆断层		4,5
F6	阴洼山断裂	17	310~330°	SW	55°		Q4	逆断层		6
F7	新民堡断裂	20	315°	SW	30°		Q4	逆断裂	1785 年 6 ³ / ₄ 地震	6
F8	玉门-北大河断裂	80	330°	SW	30~45°	玉门段 Q3, 北大河段 Q4	Q3-4	逆断裂		6
F9	早峡-大黄沟断裂	160	290~300°	SW	40~70°		Q1-2	逆左旋		7
F10	昌马断裂	170	280~290°	SW	60~70°		Q4	逆右旋	1932 年 7.6 级地震	
F11	佛洞庙-红崖子断裂	110	290°	SW	20~50°		Q3-4	逆左旋	1609 年 7 ¹ / ₄ 地震	7
F12	肃南断裂	100	290°	SW	55~60°	肃南段活动性强	Q3-4	逆左旋		9
F13	中祁连北缘断裂	300	295°	SW	50~70°		Q3-4	逆左旋	2001 年 5.3 级地震	9
F14	中祁连南缘断裂	350	290~300°	SW	60°		Q3-4	逆左旋		9
F15	榆木山北缘断裂	60	290~300°	SW	40~60°		Q4	逆左旋	180 年表氏 7 级地震	7
F16	合黎山南缘断裂	150	280°	SW	50~65°		Q4	逆断裂	756 年高台北 7 级地震	4
F17	鼎新断裂	32	295~300°	NE	70~80°		Q3-4	逆断裂		4
F18	俄博庙断裂	18	290°	NE	70~80°		Q3-4	逆走滑		4
F19	野马井断裂	130	300°	NE	70°		Q1-2	逆断裂		4
F20	尖山北断裂	35	NEE	N	>80°		Q4	逆断裂		10

2.6.2.3 区域地震特征

2.6.2.3.1 地震资料完整性

场址区域范围主要涉及青藏地震区青藏高原北部地震亚区的六盘山—祁连山地震带和柴达木-阿尔金地震带。由于历史文化、地域等多方面的原因，历史地震记载缺失较多，且各个地区差异较大。

根据黄玮琼等（1994）的研究结果，属于青藏地震区青藏高原北部地震亚区的六盘山—祁连山地震带，其东部地区历史破坏性地震记录到清朝末年才较为完整，其中 $M_s \geq 5$ 级地震资料基本完整的起始年为 1885 年， $M_s \geq 6$ 级地震资料基本完整的起始年为 1604 年， $M_s \geq 7$ 级地震资料基本完整的起始年为 1561 年；而六盘山—祁连山地震带西部地区和青藏地震区青藏高原北部地震亚区的柴达木-阿尔金地震带历史破坏性地震记录到民国时期才较为完整，其中 $M_s \geq 5$ 、 $M_s \geq 6$ 级地震资料基本完整的起始年为 1923 年， $M_s \geq 7$ 级地震资料基本完整的起始年为 1900 年。根据焦远碧、吴开统等（1990）的研究结果和甘肃省地震局 2005 年编著的《甘肃省地震监测志》，1989 年以来场址区域基本处于区域地震台网对 $M_L \geq 4.0$ 级地震的有效监测范围之内。自嘉峪关无线遥测台网 1992 年 10 月建成以来基本处于区域地震台网对 $M_L \geq 3.0$ 级地震的有效监测范围之内。“九五”数字化改造建设后现代地震台网对本工作区域范围内地震台网控制为 $M_L \geq 2.0$ 级,不会漏记 3.0 级以上地震。因此，区域范围内 1992 年 10 月以来 3 级以上地震记录是可靠的。

2.6.2.3.2 区域地震目录

地震目录分为两个部分：①破坏性地震目录，包括区域内迄今所有能记载到的、由历史文献记载确定的或由地震台网记录到的 $M \geq 4.7$ 级的地震。②现代小震目录，包括区域台网所记录到的小地震，起始时间自 1970 年，震级为 $4.6 \geq M \geq 1.0$ 级。区域范围内共记录到破坏性地震（ $M_s \geq 4.7$ 级）20 次(含余震)，其中 4.7-4.9 级地震 4 次、5.0-5.9 级地震 10 次、6.0-6.9 级地震 2 次、7.0-7.9 级地震 4 次、无 8.0 级以上地震，最大地震为公元 1932 年 12 月 25 日甘肃玉门昌马 7.6 级地震（表 0-2）。区域内破坏性地震震级档的地震次数见

表 2.6-3。

1970 年以来至 2011 年 12 月共记载 M_L 1.0~4.9 级地震 3945 次，其中 $1.0 \leq M_L < 2.0$ 级地震 1138 次； $2.0 \leq M_L < 3.0$ 级地震 2363 次； $3.0 \leq M_L < 4.0$ 级地震 388 次； $4.0 \leq M_L < 5.0$ 级地震 56 次。小震次数较多，不以表格形式给出。

表 0-2 区域范破坏性地震目录 ($M_s \geq 4.7$ 级，公元 180 年~2012 年)

序号	发震时间			震中位置			精度	震中烈度	震级 (M_s)
	年	月	日	经度 ($^{\circ}$)	纬度 ($^{\circ}$)	参考地名			
1	180			99.3	39.6	甘肃肃南明海一带 (原表氏地震)	2	IX	7
2	756	1 2	1	99.9	39.8	甘肃高台罗城一带	4	IX- X	7
3	156 0	8	7	99.7	39.5	甘肃高台附近	4		5
4	160 9	7	1 2	99	39.2	甘肃酒泉红崖堡	3	X	7
5	169 9			99.5	39.8	甘肃高台西北	2	VI- VII	5
6	178 5	4	1 8	97.9	39.9	甘肃玉门惠回堡	3	IX	6
7	183 2	8		96.8	39.9	甘肃玉门昌马	2	VII	5
8	191 7			99.8	39.4	甘肃高台		VI	4
9	193 2	1 2	2 5	96.7	39.7	甘肃玉门昌马	2	X	7.6
10	193 3	1	1 7	97	40	甘肃玉门昌马一带			5
11	194 1	4	1 9	97	39.1	青海脑各扎北	2		6
12	194 7	3	2 7	98	39	青海尕河北			5
13	195 6	1 0	2 7	99	39.6	甘肃酒泉东南	2		4
14	196 2	8	1	98.6	39.2	青海祁连山	2		5.4
15	198 8	1 2	2 6	100.03	39.07	青海祁连西北	1		4.9
16	198 9	9	2 1	97.18	39.16	甘肃肃北东	1	V	4.9
17	199 2	1	1 2	98.3	39.7	甘肃嘉峪关、酒泉间			5.4
18	200 1	7	11	98	39.2	甘肃肃南			5.3
19	200 2	1 2	1 4	97.3	39.8	甘肃玉门		VII	5.9
20	201 2	5	3	98.6	40.6	甘肃金塔、额济纳旗交界			5.4

表 2.6-3 区域范围内历史破坏性地震次数统计表

震级分档	4.7-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9
地震次数	4	10	2	4	0

2.6.2.3.3 区域地震空间分布特征

(1) 地震的地理分布

区域破坏性地震震中分布图（图）显示，区域地震活动水平相对较高，且分布极不均匀，大部分破坏性地震主要集中发生在区域南部偏中西的高台-玉门一带、区域中北部地区仅记录到 1 次破坏性地震。在区域南部偏东的高台等地地震活动相对较强，历史上多次发生破坏性地震，最大地震为公元 1609 年甘肃酒泉红崖堡 7¼级地震；在嘉峪关-玉门昌马一带历史上也多次发生破坏性地震，最大地震为公元 1932 年甘肃玉门昌马 7.6 级地震；此外在酒泉、青海祁连等地均有 5-6 级地震记载。总体观察，以北纬 40° 线为界，在区域北部地区地震活动明显弱于区域南部地区。

场址近区域范围内记录到 1 次破坏性地震，为 2012 年 5 月 3 日甘肃金塔、内蒙古额济纳旗交界 5.3 级地震，距离工程场址约为 31km。

图为区域仪器记录小震震中分布图（ML1.0-4.9 级）。1970 年以来至 2012 年 6 月共记录 ML1.0~4.9 级地震 3945 次，其中 1.0≤ML<2.0 级地震 1138 次；2.0≤ML<3.0 级地震 2363 次；3.0≤ML<4.0 级地震 388 次；4.0≤ML<5.0 级地震 56 次。1970 年以来地震观测结果表明，区域现代小震活动相对较多，且分布极不均匀，仪器记录地震与历史破坏性地震活动的空间分布特征总体较为相似，区域南部的地震活动明显强于中北部；在玉门西南一带小震丛集现象较为明显，同时在区域东南部高台附近也有少量小震集中现象。总体观察，以北纬 40° 线为界，区域南部的小震活动明显强于中北部，在区域西南部玉门西南一带小震丛集现象较为明显，同时在区域东南部高台附近也有少量小震集中现象。

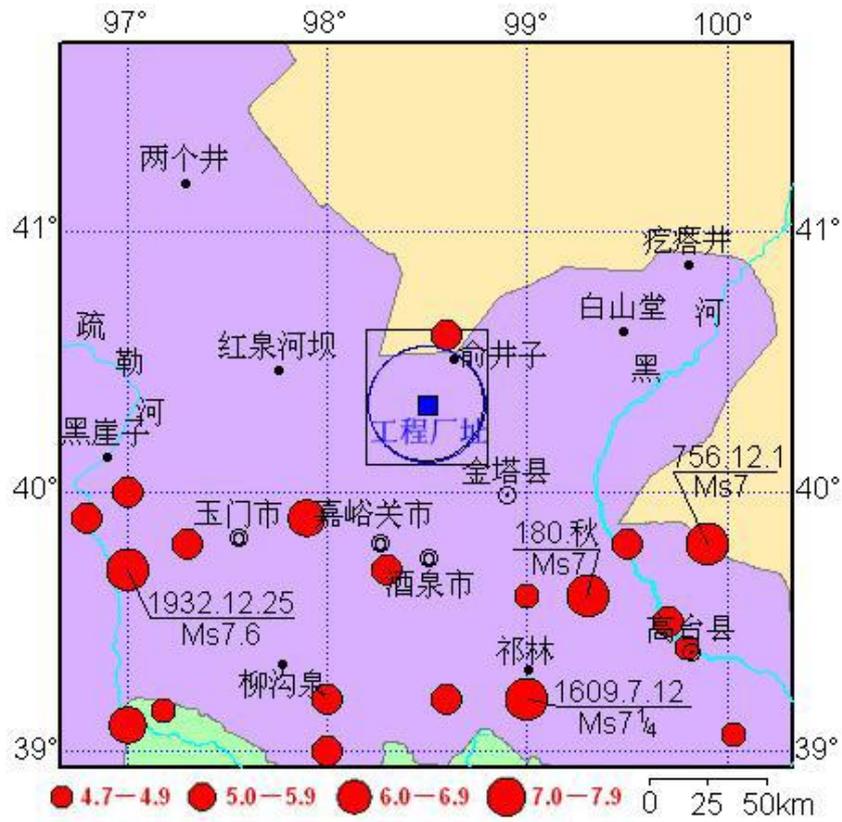


图 2.6-5 区域破坏性地震震中分布图（方框为近区域范围）

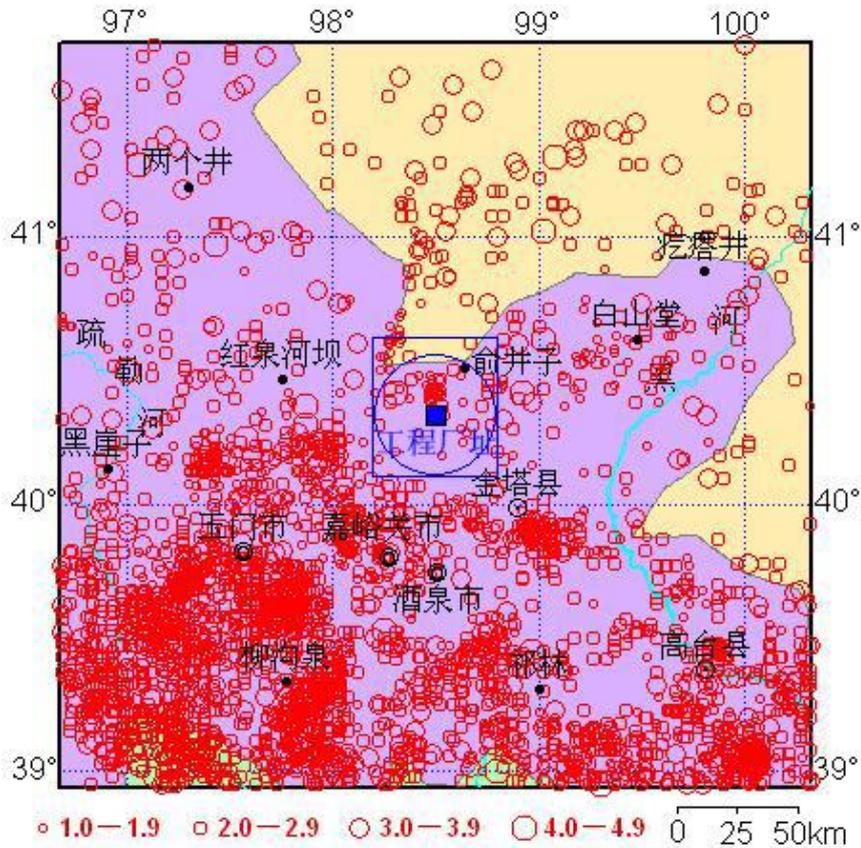


图 2.6-6 区域仪器记录小震震中分布图（方框为近区域范围）

(2) 震源深度分布

场址区域内仪器记录地震原有震源深度的地震数为 2941 个，满足定位条件参与重新精定位的地震数为 2186 个。图为区域内精定位前后地震震源深度分布直方图。

表 2.6-4 列出了区域内仪器原有记录和重新精定位后的地震震源深度分布统计表。从图 2.6-7 和

表 2.6-4 中可以看出，仪器原有记录震源深度与精定位后震源深度分布总体较为相似。仪器原有记录震源深度在 1~19km 之间的地震（1812 次）约占原有总记录深度地震数（2186）的 82.9%，优势分布为 1~14km（约占原有总记录深度地震数的 71.7%），精定位后震源深度在 1~19km 之间的地震（2360 次）约占总定位地震数（2941）的 80.2%（

表 2.6-4），优势分布为 10~19km（约占总定位地震数的 61.3%）。仪器原有记录震源深度与精定位后震源深度统计结果表明，绝大部分地震震源发生在 19km 深度以上，只有少数地震的深度大于 19km，基本上是在地壳中上层的浅源地震。

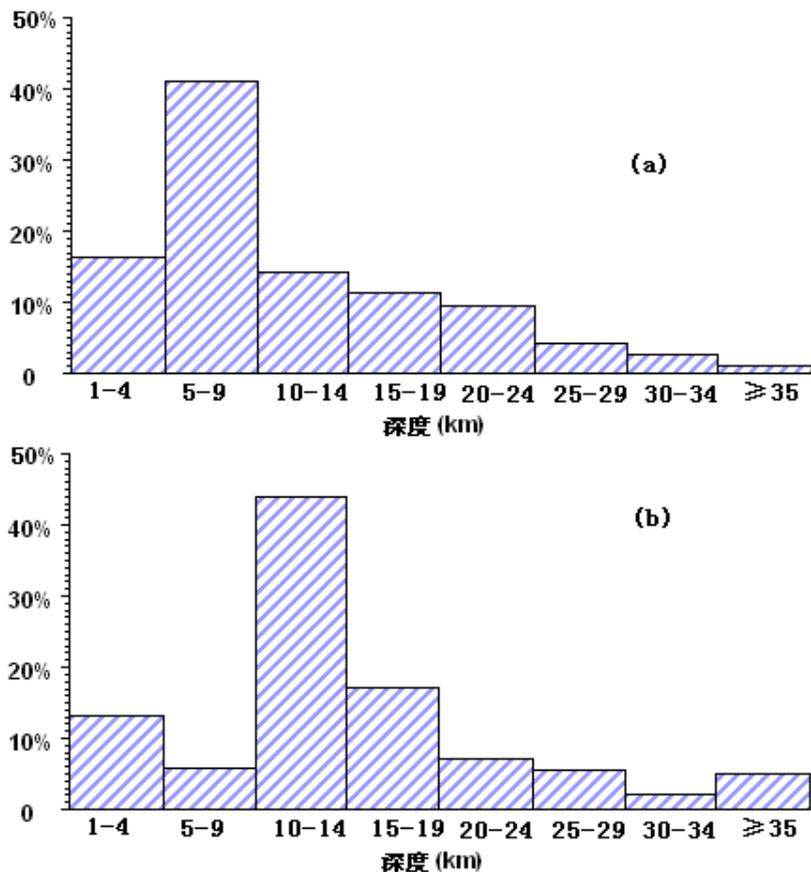


图 2.6-7 区域内地震震源深度分布直方图 (a 为精定位前, b 为精定位后)

表 2.6-4 区域内地震震源深度分布统计表

震源深度(km)		1~4	5~9	10~14	15~19	20~24	25~29	30~34	≥35
仪器原有记录	地震数	358	901	308	245	206	87	59	22
	百分比(%)	16.4	41.2	14.1	11.2	9.5	4	2.7	1
重新精定位后	地震数	389	168	1296	507	208	165	62	146
	百分比(%)	13.2	5.7	44.1	17.2	7.1	5.6	2.1	5

2.6.2.3.4 历史地震对场址影响评价

区域内曾多次发生破坏性地震,其中以 180 年甘肃酒泉新墩子城 7 级地震、756 年 12 月 1 日高台西北罗城一带 7 级地震、1609 年红崖堡 7¼ 级地震和 1932 年 12 月 25 日甘肃玉门昌马 7.6 级地震和 2012 年 5 月 3 日甘肃金塔、内蒙额济纳旗交界 5.4 级地震等对场址影响最大,其最大影响烈度达 VI 度。另有几次大震影响烈度在 IV 度左右。

历史地震对场址的影响见表 2.6-5,历史综合等震线图见图。

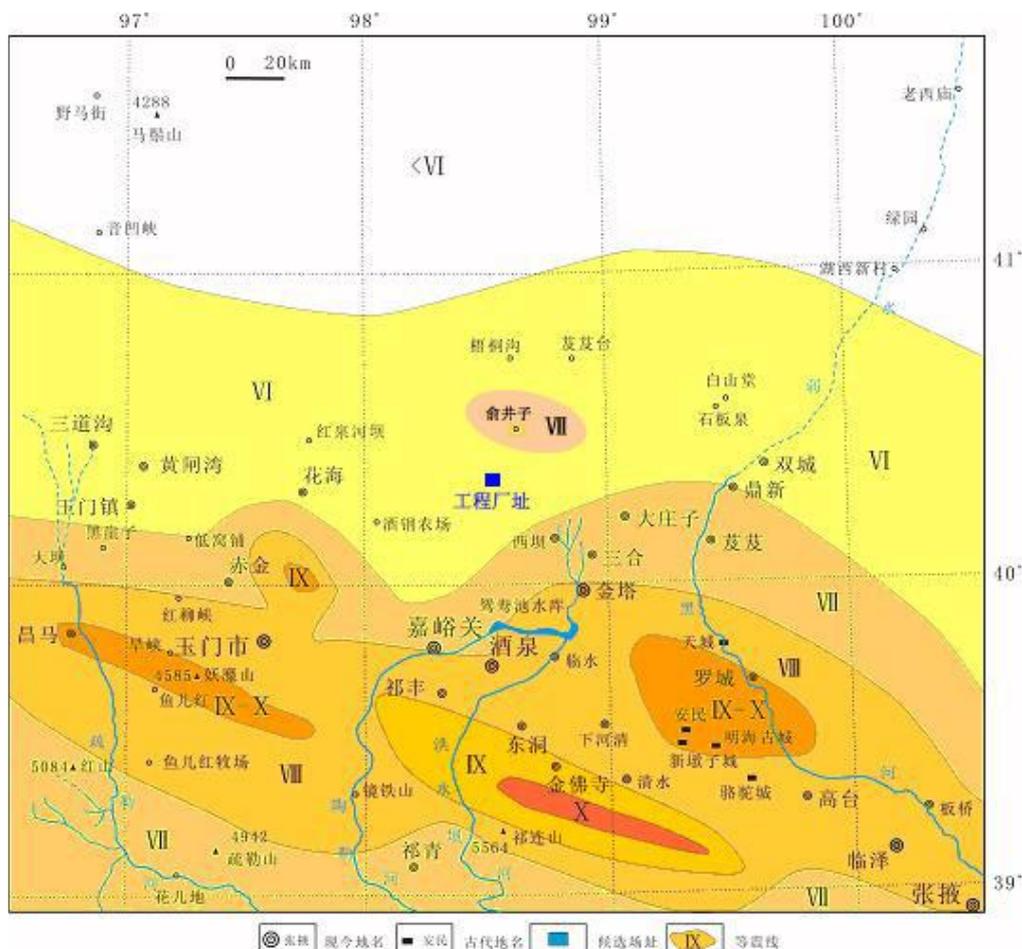


图 2.6-8 区域范围历史地震综合等震线图

表 2.6-5 区域范围内主要历史强震及对场址的影响

序号	发震日期、时间	震中位置	精度	震级	烈度	对场址的宏观影响烈度
1	180 年秋—181 年春东汉灵帝光和三年秋—四年春	甘肃酒泉新墩子城 39.6°, 99.3°	4	7	IX	VI
2	756.12.1 唐肃宗至德元年十一月辛亥朔（初一）	高台西北罗城一带 39.8°, 99.9°	4	7	IX—X	VI
3	1560 年 8 月 7 日明嘉靖三十九年七月初六	高台附近 39.5°, 99.7°	4	5		轻微
4	1609.7.12.23—01 时明万历三十七年六月辛酉（十二日）子时	红崖堡 39.2°, 99.0°	3	7	X	V
5	1699.秋清康熙三十八年秋	高台西北天城 39.8°, 99.5°	4	5	VI—VII	轻微
6	1785.4.18.17—18 时清乾隆五十年三月十日酉时	玉门火烧沟一带 39.9°, 97.9°	3	6	IX	V
7	1832.8 清道光十二年七月	甘肃玉门昌马 39.9°, 96.8°	2	5	VII	轻微
8	1917	高台 39.4°, 99.8°		4	VI	无影响
9	1932.12.25 10-04-27	甘肃玉门昌马 39.7°, 96.7°	2	7.6	X	V
10	1933.1.17 23—59—56	昌马一带 40.0°,	5	5		无影响

序号	发震日期、时间	震中位置	精度	震级	烈度	对场址的宏观影响烈度
		97.0°				
11	1941.4.1915—53—45	青海脑各扎北 39.1°97.0°	2	6		轻微
12	1947.3.2700—23—10	青海尕河北 39.1°97.0°		5		无影响
13	1956.10.2708—45—27	酒泉东 39.6°99.0°	2	4		无影响
14	1962.8.123—47—46	金佛寺南 39.2°， 98.6°	2	5.4		III
15	1988.12.2615—45—59	青海祁连西北 39.07°100.03°	1	4.9		无影响
16	1989.9.2100—21—58.1	玉门市西南 39.11°97.18°	1	4.9	V	无影响
17	1992.01.1208—12—27.4	肃南祁丰区 39°45′， 98°19′， 3		5.4	VI	轻微
18	2001.7.1105—41—3.8	肃南西祁青 39.2°， 98.°		5.3	VI	轻微
19	2002.12.1421—27—28	玉门青西油田 39.8°， 97.3°		5.9	VII	IV
20	2012.5.3 18-19-35	甘肃金塔、额济纳 旗交界 40.6°， 98.6°		5.4	VII	

2.6.2.3.5 地震活动环境评价

通过本章的论述，可以对区域地震环境做出如下评价：

(1) 场址区域范围主要涉及青藏地震区青藏高原北部地震亚区的六盘山—祁连山地震带和柴达木-阿尔金地震带，地震活动南强北弱；

(2) 区域范围内共记录到破坏性地震 ($M \geq 4.7$) 20 次，其中 5.0-5.9 级地震 13 次、6.0-6.9 级地震 3 次、7.0-7.9 级地震 2 次，最大地震为 1932 年甘肃玉门昌马 7.6 级地震；

(3) 历史破坏性地震的空间分布显示了明显的不均一性。除 1933 年安西 5¼ 级地震发生在场址西北，其余破坏性地震均发生在北纬 40° 线以南；

(4) 1970 年以来至 2011 年 12 月共记载 ML1.0~4.9 级地震 3945 次，其中 $1.0 \leq ML < 2.0$ 级地震 1138 次； $2.0 \leq ML < 3.0$ 级地震 2363 次； $3.0 \leq ML < 4.0$ 级地震 388 次； $4.0 \leq ML < 5.0$ 级地震 56 次；区域现代小震活动相对较多，且分布极不均匀，以北纬 40° 线为界，区域南部的小震活动明显强于中北部，在区域西南部玉门西南一带

小震丛集现象较为明显，同时在区域东南部高台附近也有少量小震集中现象；

(5) 区内地震基本上是发生在地壳中上层的浅源地震，绝大部分地震震源发生在 19km 深度以上，只有少数地震的深度大于 19km，地震随深度增加逐渐变少，峰值区域在 10-14km 深度段；

(6) 场址曾遭受历史破坏性地震最大宏观影响烈度为 VI 度。

2.6.2.4 近区域地震地质特征

场址近区域范围是指场址周围半径不小于 25km 范围，考虑到 2012 年 5 月 3 日在场址中心东北发生过 Ms5.4 级地震，为了研究发震构造，将近区域范围适当扩大。场址的近区域范围为：N40.099488°—40.626877°、E98.192172°—98.805921°。

2.6.2.4.1 地质构造背景

近区域在区域大地构造上属塔里木地台、北山褶皱带与阿拉善块体和祁连山褶皱系的交界带附近。东侧为华北地台阿拉善地块，南侧临近祁连山褶皱系北祁连褶皱带。场址位于北山古生代褶皱带南缘。

场址所属的塔里木板块在地质发展历程中，主要经历了迁西—阜平期的原生地壳形成阶段、五台—吕梁期及晋宁期的陆块上第一次造山运动阶段、震旦—加里东期及华力西期的断块成生发展阶段、印支期—燕山期～喜山期压陷盆地形成演化几个阶段，在地史发展进程中，主要表现了由北向南不均一挤压背景中的垂直差异活动。早二叠纪末期的华力西运动，使塔里木—阿拉善及北山地区与中蒙大陆壳联为一体，从此开始了中生代陆相沉积和断块活动为主要特色的发展阶段，共同经历着剥蚀、夷平和准平原化的过程。

塔里木地台在华力西运动及印支运动后成为天山及昆仑山间的大型内陆盆地，并经历了中生代～早第三纪分割性断陷和晚第三纪断拗结合的演化过程。构造活动性表现为西强东弱、边缘强内部弱的特点，差异活动显著地区主要在盆地边缘深大断裂带上。

北山地区在早二叠纪前为东西向夹持于北部黑鹰山古陆与南部敦煌～阿拉善古陆之间的北山海，早二叠纪末期的北山运动使该区

地层产生强烈褶皱而隆起，伴有华力西期大规模岩浆侵入和喷溢，从此开始了中生代陆相沉积和断块活动的新时期。

第四纪以来，北山、敦煌-阿拉善地区总体表现为稳定块体性质，剥蚀强度大于上升幅度，差异活动显著地带由北向南逐渐转移到走廊过渡带交接的块体边界深大活动断裂带上，即宽滩山、金塔南山、北大山、龙首山一线。场址近区域地壳则相对稳定。

2.6.2.4.2 新构造运动基本特征

(1) 地貌特征

场址近区域范围跨越塔里木板块北山古生代褶皱带、北山南缘海西裂陷槽与塔里木地台敦煌地块两个三级构造单元，两者在成生演化及构造运动历史上代表不同类型。因此，大致以构造单元边界为界，在区域南北部分别形成戈壁沙漠与低山丘陵两种完全不同的地貌景观（图）。

① 低山丘陵区

位于近区域的东北部，由北西—北西西走向的条带状山体与宽缓的山间盆地相间构成。总体地势北高南低，地面海拔高程在 1610~1240m 之间，形成向南倾斜的大缓坡。山体走向一般与岩体展布方向、地层展布方向及地层走向一致，成带状分布。岩层区山顶多刀锋状，岩体区山顶多浑圆状，表面覆盖厚约 20cm 的风化残坡积层。山体间为宽缓的山间盆地，走向与山体大体一致，盆地内部地形平缓。冲沟不发育，多呈拉宽的 U 形地貌，切割深度浅，第四纪覆盖物较薄，多为基岩直接裸露地表。

② 戈壁沙漠区

位于场址近区域南部及西部盆地区，总体地势南高北低，中间高、东西两侧低，海拔高程在 1300-1220m 之间，地势比较平缓。东西两侧分别为金塔盆地和花海盆地两个第四纪沉降中心。盆地南北两侧地面比较平整，为戈壁砂砾石层，冲沟切割浅，只有几公分至十几公分。盆地中间低洼处，主要为中更新世湖相沉积层，风化侵蚀成高度不等的残留台地，并形成连续成带的丛草沙堆。

(2) 夷平面

自中生代晚期以来，场址近区域及附近地区地壳在隆升过程中周期性地出现过三次相对稳定阶段，从而夷平了由构造运动所创造的崎岖起伏的层状地形面。徐叔鹰应用年界法和相关沉积法确定了夷平面的年代，认为 I 级夷平面形成于中生代末期至早第三纪，于渐新世至中新世初期被抬升。II 级夷平面形成于晚第三纪，主要在上新世末期被抬升。III 级夷平面形成于早更新世至中更新世，于中更新世末期被抬升。由于上述三级夷平面都经受了后期构造运动而发生变形和变位，使同级夷平面因发生掀升，拱曲和断裂而处于不同高程上。各级夷平面的相对高差，则代表了不同地段的上升强度。图给出了场址近区域范围地势南北向分布图，从图中可以看出，场地南部戈壁平原区地势连续平坦，北部北山地区地势总体表现为北高南低，并明显呈现 3 个不同的高度层次，每一层次大致代表该地区的 I、II、III 级剥夷面。

(3) 第四系

近区域范围内第四纪地层广泛分布，分布面积占近场区面积的一半以上，包括中、晚更新世和全新世地层，按照成因可分为洪积、湖积、冲洪积、冲积、风积及沼泽等沉积物。

级大地构造单元内部断层，规模小，和一定时期的区域构造运动关系密切（图）。

近区域内发育的 16 条断裂及断层组总体活动性均不强，断裂发育特征、地质地貌证据及热释光测年结果均表明，除马山南东断裂（F₂）、神螺山—野马井断裂（F₃）和穿山驯断裂（F₁₄）在早第四纪可能有活动外，其余断裂第四纪以来均不再活动。各断裂的活动时代详见表 2.6-6。

表 2.6-6 近区域断裂活动特征一览表

断层编号	断层名称	近区域长度/km	产状	断裂性质	最新活动时代	主要依据
F ₁	神螺山断裂	<1	320°∠85°	挤压逆冲	AnQ	断裂地貌不明显，断层破碎带内角砾岩和碎裂岩均胶结好，坚硬
F ₂	马山南东断层	6.2	290°∠80°	挤压逆冲	Q ₁₋₂	线性构造明显，地貌上有断层沟槽
F ₃	神螺山南—野马井断层	30.5	N50°W/SW ∠79°	挤压逆冲	Q ₁₋₂	有地貌显示，冲沟T3级台地未动
F ₄	玉石山断层	5.5	210°∠65°	挤压逆冲	AnQ	断裂地貌不明显
F ₅	骆咀子南断层	22.7	N75°W/NE ∠35°	挤压逆冲	AnQ	呈弧形，大致形成Ⅱ、Ⅲ级夷平面边界，低倾角
F ₆	俞井子断层	11.1	N60°W/NE ∠65°	挤压逆冲	AnQ	碎裂岩带为灰绿色，表面风化，内部坚硬致密。
F ₇	俞井子-俄博庙逆断层	17	N60°W/NE ∠65°	右旋挤压	AnQ	Ⅲ级夷平面未动，地貌显示不明显，发育碎裂岩
F ₈	大石头泉-东铅炉子北断层	30	N63°W/SW ∠72°	左旋	AnQ	地貌显示不清，未切穿中生代以来的地层
F ₉	外山口西断层组	2-4.5		挤压逆冲	AnQ	断层两侧山体连续，没有地貌高差。断层冲沟宽缓，为冲洪积层及风积砂所覆盖，没有微地貌显示
F ₁₀	西铅炉子西南平移断层组	1.7-8.7	65°∠70°	挤压逆冲	AnQ	断层两侧Ⅱ级夷平面连续，没有断错迹象。
F ₁₁	穿山驯北断层	12.3	190°∠80°	左旋	AnQ	破碎带内岩石胶结好，坚硬
F ₁₂	营盘大墩北平移断层组	1.7-7	近东西走向	左旋	AnQ	沿断层成大沟，Ⅱ级夷平面未动
F ₁₃	穿山驯北东向平推断层	11.5	N82°E/NW ∠86°	左旋	AnQ	地貌显示不清，Ⅲ级夷平面未动，顺断层成宽缓大沟
F ₁₄	穿山驯断层	20	WE/N ∠82°	逆冲兼走滑	Q ₁₋₂	有一定地貌显示，卫星影像线性清晰，发育糜棱岩，顺断层产铁矿，但未见断层错动新地层及新活动的迹象
F ₁₅	穿山驯北西向断层	12.7	200°∠80°	挤压逆冲	AnQ	断层破碎带内物质胶结好，坚硬。
F ₁₆	墩墩山南西断层	5	N60°W/SW ∠75°	平移	AnQ	断层为宽约2m的糜棱岩和宽约3m的碎裂岩相间，表面风化成细粒砂状

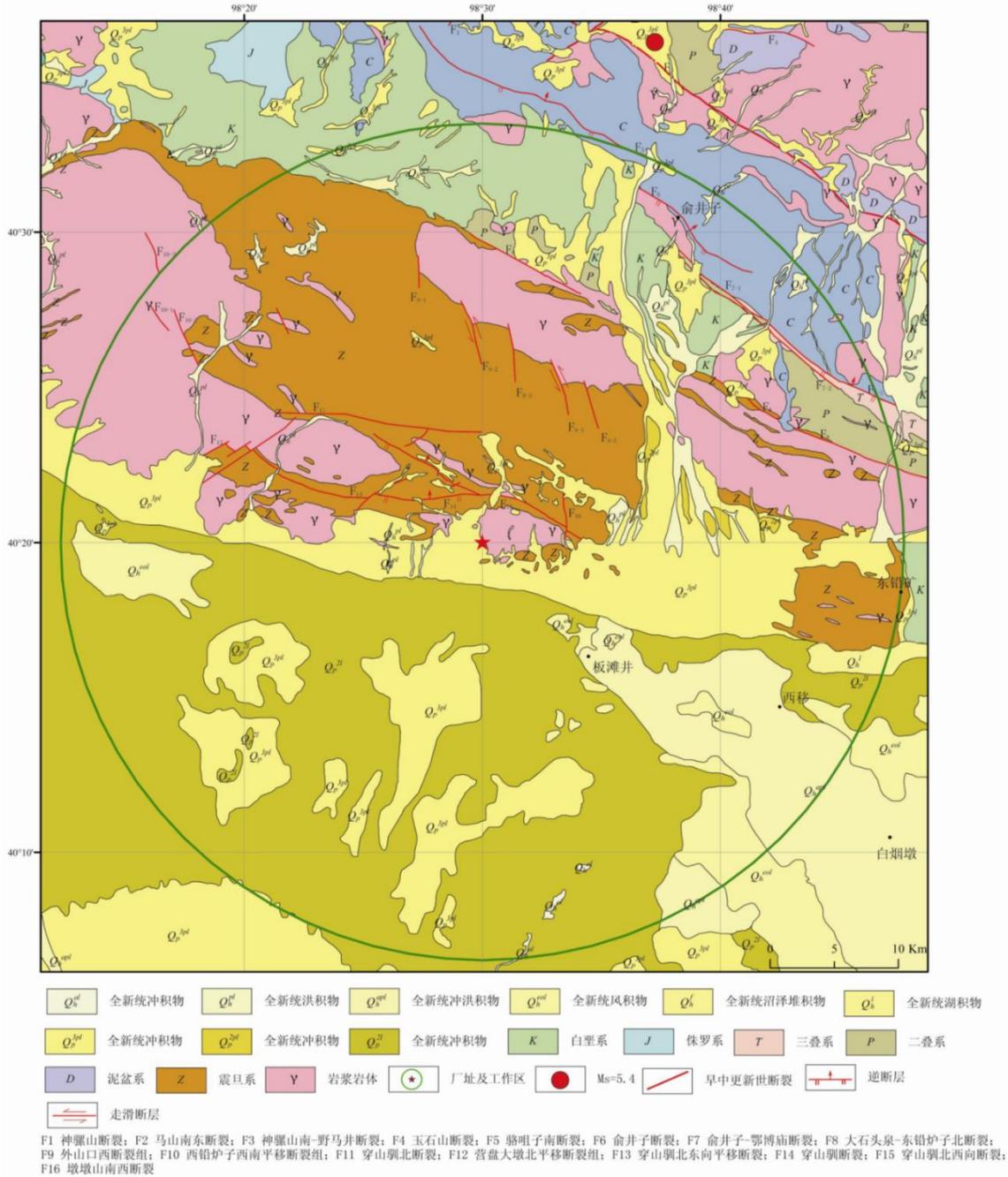


图 2.6-11 近区域范围地震地质图

2.6.2.4.4 地震活动性

场址近区域地处地震活动相对较弱的金塔北山南缘。历史上记录到 1 次破坏性地震，为 2012 年 5 月 3 日甘肃金塔、内蒙古额济纳旗交界 5.4 级地震，距离工程场址约为 31km。据甘肃省地震现场工作队考察结果，对工程场址的影响烈度达 VI 度。

1970 年至 2012 年 6 月 30 日以来仪器记录小震相对较少，共记录到 ML1.0-4.9 级地震 137 次，其中 ML1.0-1.9 级地震 89 次、

ML2.0-2.9 级地震 42 次；ML3.0-3.9 级地震 4 次；ML4.0-4.9 级地震 2 次；最大地震为 4.3 级；此外，2016 年 3 月 21 日，甘肃省金塔县发生 4.7 级地震，震中位置为 E98.22°，N40.27°，震源深度 20km，距场址约 23km。场址近区域地震目录见表 2.6-7。

表 2.6-8 列出了场址近区域内 3.0≤ML<6.0 级地震目录及进行了重新精定位的相关定位结果。图为近区域强震与小震精确定位前(后)震中分布图。从小震精确定位前后来看，大部分地震仍主要集中分布在工程场址近区域的北部，其中东北部刚发生了 2012 年 5 月 3 日甘肃金塔、内蒙古额济纳旗交界 5.3 级地震及其余震，在中南部只记录到少量小震。

在 137 次地震中仪器原有记录震源深度数据的有 84 次，近区域范围内参与重新精定位及精确定位后在近区域范围内的地震数为 90 次。表 2.6-8 列出了近区域内仪器原有记录和重新精定位后的地震震源深度分布统计表。从表 2.6-8 中可以看出，仪器原有记录震源深度与精定位后震源深度分布总体较为相似，地震震源深度绝大部分发生在 19km 以上，为发生在地壳中上层的浅源地震。

场址近区域范围内记载历史破坏性地震仅 1 次（Ms≥4.7 级），现代仪器记录小震也较少。总体来讲，场址近区域地震活动相对较弱。

表 2.6-7 场址近区域地震目录（ML≥3.0 1970.1-2016.3）

序号	发震时间			经度(°)		纬度(°)		震源深度(km)		震级 M _L
	年	月	日	定位前	定位后	定位前	定位后	定位前	定位后	
1	2004	12	7	98.3	98.28	40.42	40.44	18	11	4
2	2012	5	3	98.6	98.64	40.6	40.59	8	12	5.4(M _s)
3	2012	5	3	98.62	98.66	40.62	40.61	7	18	4.3
4	2012	5	3	98.6	98.64	40.62	40.59	9	13	3.5
5	2012	5	4	98.58	98.63	40.62	40.6	7	13	3.1
6	2012	5	4	98.62	98.64	40.62	40.66	6	17	3.4
7	2012	5	7	98.58	98.64	40.6	40.65	6	15	3.4
8	2016	3	21	/	98.22	/	40.27	/	20	4.7

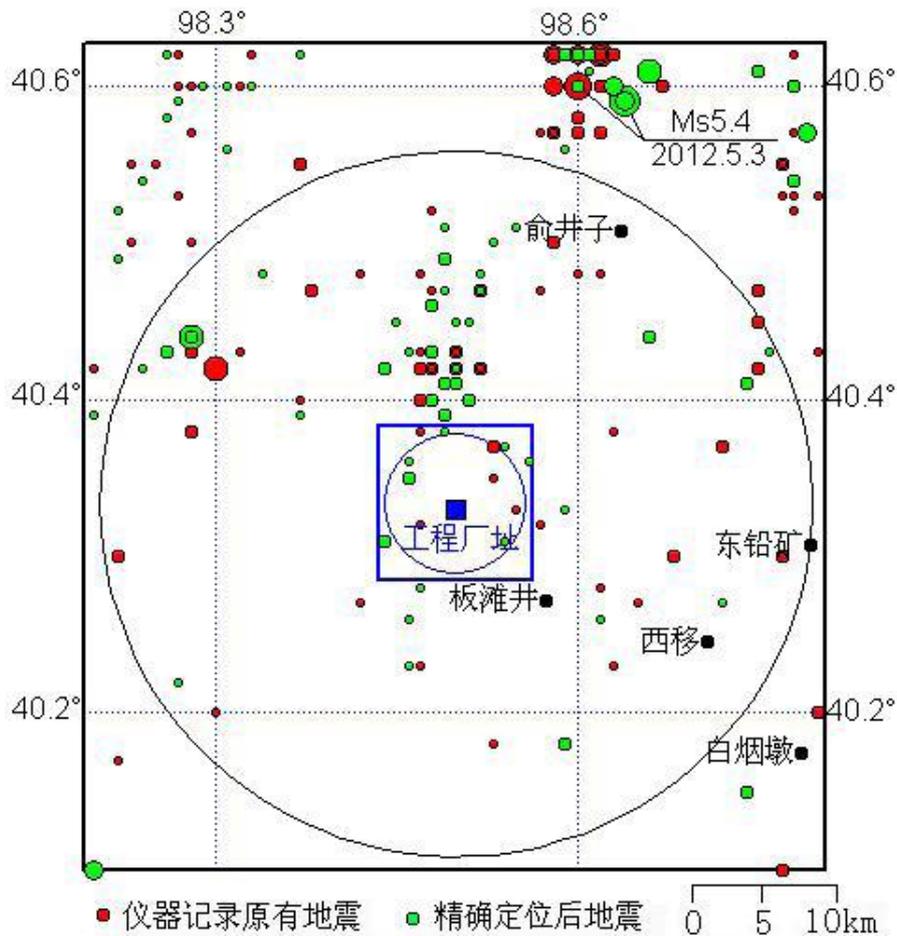


图 2.6-12 场址近区域强震与小震精确定位前(后)震中分布图(蓝色为场址近区域)

表 2.6-8 场址 5km 范围内精定位前后地震目录 (ML \geq 1.0 1970.1-2012.6)

序号	发震时间			经度(°)		纬度(°)		震源深度(km)		震级 M_L	与场址最近距离(km)	
	年	月	日	定位前	定位后	定位前	定位后	定位前	定位后		定位前	定位后
1	2009	4	11		98.44		40.31		10	2		5.5
2	2009	4	25		98.46		40.35		13	2.1		4.1
3	2001	2	13	98.47		40.38		0		1	6.2	
4	2001	2	13	98.47		40.38		0		1.4	6.2	
5	2001	7	20	98.47		40.38		0		1	6.2	
6	2001	7	20	98.47		40.38		0		1	6.2	
7	2001	7	22	98.47		40.38		0		1	6.2	
8	2002	6	20	98.47		40.38		0		1.2	6.2	
9	2011	1	2	98.53		40.37		5		2.1	5.1	
10	2011	5	21		98.49		40.38		12	1.7		5.6
11	2011	6	1		98.46		40.36		9	1.5		4.8
12	2011	6	11	98.55	98.56	40.33	40.36	6	13	1.7	4.2	6.1
13	2011	6	25		98.54		40.37		18	1.7		5.5
14	2011	6	29	98.53	98.54	40.35	40.31	6	8	1.2	3.4	4.1

2.6.2.5 场址附近范围地质特征

场址附近 5km 范围及边界涉及 3 条断层，分别为穿山驯断层（F14）、穿山驯北西向断层（F15）和墩墩山南西断层（F16），外围无指向场址的活动断裂。根据现场调查和研究，穿山驯断层（F14）东段可能有过早第四纪活动，活动段长度 6km；穿山驯北西向断层（F15）和墩墩山南西断层（F16）在第四纪已停止活动，为前第四纪断层。这 3 条断层均不属于能动断层。

2.6.3 工程地质

2.6.3.1 地层岩性

根据已有资料，该场址地层主要为：第四系上更新统冲洪积砾砂夹角砾层（ Q_3^{al+pl} ）和海西中期侵入岩黑云母花岗闪长岩（ $\gamma\delta_4^2$ ），未揭露黑云母花岗岩岩脉。现将各层地层岩性特征分述如下：

a) 第四系

②砾砂夹角砾层（ Q_3^{al+pl} ）：砾砂，褐黄色～棕黄色，中密～密实，干，成分以粉砂、砾石为主，局部混少量粘性土，砾石含量约 30%～50%，角砾粒径 0.3～2cm，砾石磨圆度差，分选性一般，成分主要为黑云母花岗闪长岩、黑云母花岗岩。该层局部砾石含量较高，约为 51%～57%，相变为角砾。砾砂夹角砾层上部含盐量较高，局部夹薄层盐类晶体，分布不连续，呈透镜体状，晶体呈集中纤维状、蜂窝状及分散状。该层分布于微倾斜戈壁平原地貌区，揭露厚度 0.5～2.77m，平均厚度约 1.16m，层底标高 1256.92～1259.86m。

b) 海西中期岩层

③拟建场地范围内的基岩主要为海西中期黑云母花岗闪长岩，岩性特征分述如下：黑云母花岗闪长岩（ $\gamma\delta_4^2$ ）灰白～深灰色，风化后呈灰绿色、灰白色，半自形粒状结构，块状构造，矿物成份主要为斜长石、石英、钾长石及黑云母，斜长石含量 40%～45%，石英含量 25%～30%，钾长石含量 15%～20%，黑云母含量 10%～15%，矿物颗粒大小不等，且颗粒相差较大。由于区域地质作用，局部岩

石中绢云母化强烈，其周围的石英和碱性长石裂纹发育，沿裂纹处可见绢云母充填，少量斜长石仍可见其长板状假象。黑云母花岗闪长岩为场址区内主要出露岩性，地表出露多为强风化和中等风化，强风化层上部局部夹薄层盐晶体。

根据岩石的风化程度及风化特征，该层可分为强风化、中等风化及微风化。

③₁强风化：灰白色、灰绿色，岩石多风化呈碎块状，局部呈片状、块状，夹中等风化、微风化岩块，原岩结构尚可辨认，岩芯多呈粉末状，基本无岩芯，岩芯大部分被消耗。揭露厚度 0.5~4.5m，平均厚度约 1.96m 层底标高 1253.53~1260.73m。

③₂中等风化：灰白色、深灰色，节理裂隙发育，节理面见铁锰质浸染，岩芯较破碎，多呈块状，少量为短柱状。揭露厚度 0.5~4.8m，层底标高 1251.36~1260.03m。

③₃微风化：灰白色、深灰色，局部节理裂隙较发育，岩芯较完整，多呈短柱状，次长柱或长柱状。未揭穿，最大揭露厚度 28.38m。

2.6.3.2 地质构造

根据已有资料，场址区内未发现断裂、大型节理密集带等构造，岩体的主要构造为节理裂隙。场址区内主要发育 2 组节理。各组节理的产状如下：

走向 NE20°~50°，倾向 SE、NW（以 SE 为主），倾角 60°~70°；走向 NW300°~350°，倾向 SW、NE（以 SW 为主），倾角 60°~87°；节理裂隙中以走向 NE、倾向 SE 向节理裂隙最为发育。

场址区节理裂隙较发育，以构造节理为主，次为风化节理，节理面较平直，节理微张，张开度多为 1~3mm，节理面多见铁锰质浸染。表层岩体风化节理裂隙发育，风化节理面粗糙，节理面见少量铁锰质浸染，表层岩体在风蚀作用下，切割成碎块状、薄片状。

2.6.3.3 工程地震条件

根据《核燃料后处理厂金塔场址可研阶段地震安全性评价专题报告》（甘肃省地震工程研究院 中国地震局震害防御中心，2013 年 1 月），场址基岩 SL-2 级水平地震动峰值加速度为 0.226g，场址 50

年超越概率 10%的中硬场地峰值加速度为 106gal，即 0.11g，对应于《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）中的 0.10g 区；此外，场址的地震基本烈度为Ⅶ度，设计地震分组为第二组。

a) 建筑场地类别

根据单孔波速测试成果，拟建场地覆盖层厚度均小于 5.0m，等效剪切波速大于 250m/s，小于 500m/s，按照《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）第 4.1.6 条规定，拟建建筑场地类别为 I₁类。

b) 建筑抗震地段的划分

拟建场地主要建（构）筑物场地大部分地段为中密～密实的砾砂夹角砾和强～中等风化的基岩，无软弱土层、液化土层，不存在条状突出的山嘴和高耸孤立的山丘，因此，本场地建筑抗震地段可划分为对建筑抗震有利地段。

2.6.3.4 不良地质作用与地质灾害

拟建场地内未发现岩溶、地面沉降、采空区、滑坡、危岩和崩塌等不良地质作用；场地内发育的②层、③₁层盐渍土均属中盐渍土，浸水载荷试验及室内试验结果表明，②层、③₁层的盐渍土可不考虑盐胀性和溶陷性。此外，拟建场地内发育有小冲沟，但冲沟坡度平缓，切割不深且沟底松散堆积物较薄，拟建场地所在的地区常年干旱少雨，因此，不存在泥石流地质灾害。

2.6.3.5 岩土工程分析与评价

2.6.3.5.1 场址稳定性

场址内未发现断裂、大型节理密集带等构造，主要构造为节理裂隙，节理裂隙对场地稳定性无影响；拟建场地内无潜在的第四纪火山活动，亦无近代仪器地震记录；拟建场地内未发现滑坡、泥石流、地面沉降、危岩和崩塌等不良地质作用。

综上所述，该场地为稳定场地，适宜建筑。

2.6.3.5.2 地基均匀性

中等风化~微风化岩体岩质坚硬，岩体基本质量等级为Ⅱ～Ⅳ级，地基均匀稳定；对于强风化岩体，由于该类岩体物理力学性质与中等风化~微风化岩体差异较大，且该类岩体属中盐渍土，无法保证地

基均匀性，建议将该部分岩体挖除或采取适当工程措施，以满足地基均匀性。

2.6.3.5.3 地基稳定性

拟建场地东北部出露基岩，西南部为第四系覆盖层区，在拟建场地范围内其厚度变化不大，厚度一般为 0.5m~2.77m，平均厚度约 1.16m，且覆盖层为上更新统（ Q_3 ）地层，地基强度高，无软弱夹层，地基周边无临空面，地基不存在倾覆、滑移的可能，地基是稳定的，适宜建筑。

2.6.3.5.4 小结

场址工程地质条件对于填埋场工程建设不存在颠覆性因素。

2.7 结论

（1）本项目位于核技术产业生产区（低污低放类）M3 地块，项目周围 5km 范围内无常住居民，无制约因素，选址合理可行。

（2）拟建场地地势平坦开阔，高程 1209.171 ~ 1210.538 m，相对高差为 1.367 m；根据已有资料，该场址地层主要为：第四系上更新统冲洪积砾砂夹角砾层（ Q_3^{al+pl} ）和海西中期侵入岩黑云母花岗闪长岩（ $\gamma\delta_4^2$ ），未揭露黑云母花岗岩岩脉。场地地貌类型单一，地层结构简单，地基土分布均匀，属于抗震有利地段，场地适宜该工程建设。

（3）场址内未发现断裂、大型节理密集带等构造，主要构造为节理裂隙，节理裂隙对场地稳定性无影响；拟建场地内无潜在的第四纪火山活动，亦无近代仪器地震记录；拟建场地内未发现滑坡、泥石流、地面沉降、危岩和崩塌等不良地质作用。该场地为稳定场地，适宜该工程建设。

（4）场址地下水可分为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两类，第四系松散岩类孔隙水主要赋存于第四系松散岩类孔隙中，由于地下水补给较少，勘察期间第四系松散岩类中无地下水；基岩裂隙水主要赋存于强风化和中等风化基岩的节理裂隙中，无统一地下

水位，基岩裂隙水水量贫乏。因此，可不考虑地下水对拟建工程的影响。

(5) 拟建场地内未发现岩溶、地面沉降、采空区、滑坡、危岩和崩塌等不良地质作用；场地内发育的②层、③₁层盐渍土均属中盐渍土，浸水载荷试验及室内试验结果表明，②层、③₁层的盐渍土可不考虑盐胀性和溶陷性。此外，拟建场地内发育有小冲沟，但冲沟坡度平缓，切割不深且沟底松散堆积物较薄，拟建场地所在的地区常年干旱少雨，因此，不存在泥石流地质灾害。

(6) 根据《核燃料后处理厂金塔场址可研阶段地震安全性评价专题报告》（甘肃省地震工程研究院 中国地震局震害防御中心，2013年1月），场址基岩 SL-2 级水平地震动峰值加速度为 0.226g，场址 50 年超越概率 10%的中硬场地峰值加速度为 106gal，即 0.11g，对应于《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）中的 0.10g 区；此外，场址的地震基本烈度为Ⅶ度，设计地震分组为第二组。

综上所述，从场址地理位置、场区地质条件、场址所在区域环境等方面综合分析，在现有场址建设极低放固体废物填埋场是适宜的。

第三章 工程概况

3.1 处置对象

3.1.1 处置范围和规模

本填埋场项目位于甘肃省酒泉核技术产业园区内的低污低放规划区，本工程主要接收处置来自全国范围内核电站运行、核设施退役、核燃料循环和核技术利用等过程产生的极低放废物。

极低放填埋场总规划处置容量 12 万 m^3 ，一期一阶段建设处置容量 1 万 m^3 ，共 1 个填埋单元，处置能力设计为 $1000\text{m}^3/\text{a}$ ，运行期 10 年，在填埋场北面预留一定场地，待后期扩建使用。

3.1.2 填埋处置源项

根据 2018 年 1 月 1 日由环境保护部、工业和信息化部及国家国防科技工业局联合发布施行的《放射性废物分类》，极低放废物是指废物中放射性核素活度浓度接近或者略高于豁免水平或解控水平，长寿命放射性核素的活度浓度非常有限，仅需采取有限的包容和隔离措施，可以在地表填埋设施处置，或者按照国家固体废物管理规定，在工业固体废物填埋场中处置。极低水平放射性废物的活度浓度下限值为解控水平，上限值一般为解控水平的 10~100 倍。常见极低水平放射性废物如核设施退役过程中产生的污染土壤、建筑垃圾、极低放的空气滤芯等。

3.1.2.1 极低放废物的来源及量

(1) 核电厂运行产生的极低放废物

①参考秦山核电站，核电站废过滤器芯产量约 $5-15\text{m}^3/(\text{堆年})$ ，考虑到全国核电累计运行约 360 堆年。截止目前估计累计运行期产生的废过滤器芯约 0.5 万 m^3 。

②每个核机组在运行和检修过程中产生一些极低放建筑垃圾等，预计每年约 $10-30\text{m}^3/(\text{堆年})$ ，截止目前累积运行产生的极低放建筑垃圾约 1 万 m^3 。

(2) 核燃料循环设施

①通过调研，目前中核北方核燃料元件有限公司（202 厂）退役产生的混凝土和相关技术废物约 8 万 m^3 ，考虑在十四五科工局退役计划中的增加，202 厂预估产生的极低放废物总量约为 10 万 m^3 ，其中约 80%是极低放的建筑垃圾，20%为氟化钙渣。

②通过调研，目前 405 厂现存极低放废物约 600 多吨，每年产生约 10 余吨，主要为氟化钙渣。814 厂现存极低放废物约 7000 多吨，处理过部分堆后料。根据 2013 年中国辐射防护研究院对 504 厂完成的《氟化钙渣综合利用调研报告》，504 厂处理过堆后料，现有的 22-1 库、22-2 库和 16B 已存满氟化钙渣，每个设施 810 吨，另外 22-3 库已存 180 吨氟化钙渣，现存氟化钙渣总计约 2610 吨，每年氟化钙渣产生量为 52 吨。同时考虑 272 厂和 812 厂产生的极低放废物，以及 405 厂、504 厂和 814 厂后续部分厂房退役产生的极低放废物；上述这些设施产生的极低放废物保守按总计 3.5 万 m^3 考虑。

（3）中国原子能科学研究院

中国原子能科学研究院重水研究堆即将退役，退役将产生大量的极低放废物，考虑该堆型为我国首座重水堆退役，其产生的极低放废物按照大堆退役的 50%来考虑，约 0.8 万 m^3 。再考虑到原子能院院区污染治理，产生的极低放污染土壤约 1 万 m^3 ；因此，原子能院产生的极低放废物总量约为 1.8 万 m^3 。

（4）核技术利用

通过对四川、甘肃、陕西、青海、新疆等城市废物库的调研，目前国内各省核技术利用产生的极低放废物在数吨至数百吨不等，主要为污染土壤和建筑垃圾，因此，国内核技术利用产生的极低放废物可以按照约 0.2 万 m^3 考虑。

（5）核电厂退役极低放废物

根据相关设计资料，每台 ACPR1000 机组退役产生低放废物约为 0.8 万 m^3 ，极低放废物按照低放废物的 1.5 倍考虑，则极低放废物产量 1.2 万 m^3 /(堆)，仅考虑 47 台在运和 13 台在建机组的退役，估计由此产生的极低放废物量约为 72 万 m^3 。

综合上述数据，在近期不考虑商用核电站退役的前提下，需要处置的极低放废物的量约为 17 万 m³。另外，考虑到 405 厂、504 厂和 814 厂等核燃料循环设施部分厂房退役时间的不确定性，以及 202 厂极低放废物量的不确定性等因素，本填埋场项目的处置规模暂按 12 万 m³ 考虑，在填埋场北面预留一定场地，待后期扩建使用。

3.1.2.2 极低放废物主要核素及核素比活度

本工程接收的废物来自核电站（过滤器芯等）、核设施退役（污染建筑物、污染土、废渣等）、核燃料循环设施（氟化钙渣等）和核技术利用过程产生的极低放废物。核电站废物来源及源项参照西北处置场接收的秦山核电废物，废物中的主要核素为 H-3、Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14 等。核设施退役废物来源及源项参照八二一、四 0 四厂产生的极低放废物，主要核素为 Co-60、Sr-90、Cs-137、Ni-63、Eu-152、Eu-154、Np-237、Pu-239、U、Am-241 等。核燃料循环设施废物来源及源项参考 504 厂源项调研报告，主要污染核素为 U，以及少量的 Sr-90、Cs-137、Pu-239。核技术利用过程中涉及的主要放射性核素为 Co-60、H-3、C-14、F-18、I-131、Tc-99m、Ga-68、Ge-68 等，其中大部分为短寿命核素，暂存衰变后处理，仅有部分含 Co-60、H-3、C-14 等较长半衰期的放射性废物需送填埋场处理。

综上所述，本工程接收的主要核素包括 H-3、C-14、Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、Eu-152、Eu-154、Np-237、Pu-239、U、Am-241。不同废物来源废物包中核素活度浓度见表 3.1-1。

表 3.1-1 本填埋场项目单个废物包中的核素源项

废物来源	核素	活度浓度范围(Bq/g)	单个废物包中核素的活度浓度平均值(Bq/g)
核电站	H-3	1~1000	5.00E+00
	C-14	0.05~10	1.00E-01
	Co-60	0.1~10	2.50E+00
	Ni-63	100~10000	7.00E+02
	Sr-90	1~100	2.00E+00
	Cs-137	0.1~10	1.00E+00
	Pu-239	0.001~0.1	1.00E-02
核设施退役	Co-60	0.1~10	4.00E-01
	Ni-63	100~10000	4.00E+02
	Sr-90	1~100	3.00E+01
	Cs-137	0.1~10	3.50E+00
	Eu-152	0.05~10	1.00E-01
	Eu-154	0.05~10	1.00E-01
	Np-237	0.01~1	3.00E-01
	Pu-239	0.001~0.1	2.00E-02
Am-241	0.001~0.1	4.00E-02	
燃料循环 (504 和 814 厂, 处理过堆 后料)	U	5~150	1.00E+02
	Sr-90	0.02-0.8	4.81E-01
	Cs-137	0.003-6.4	1.5E+00
	Pu-239	0.1-1	9.00E-01
核燃料循环 (其他设施)	U	1~50	5.60E+00

3.1.2.3 废物接收限值

(1) 人工放射性核素

①根据调查, 本次填埋废物人工放射性核素活度浓度(除 Pu-239 外)均小于《极低水平放射性废物填埋处置》(GB/T 28178-2011)中表 2 给出的核素活度浓度指导值, 满足《极低水平放射性废物填埋处置》(GB/T 28178-2011)的要求。

②含多种人工放射性核素的极低放废物, 其中每一种人工放射性核素的活度浓度值与各自的活度浓度指导值的比值之和应不大于 1, 即应满足下式:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i}{C_{io}} \leq 1$$

式中: C_i —极低放废物中核素 i 的活度浓度, 单位为 Bq/g;

C_{i0} —核素 i 在极低放废物中的活度浓度指导值，单位为 Bq/g；

n —极低放废物中人工放射性核素的种类数。

经计算，本填埋场项目废物包中的每一种人工放射性核素（除 Pu-239 外）的活度浓度值与各自的活度浓度指导值的比值之和小于 1，满足《极低水平放射性废物填埋处置》（GB/T 28178-2011）的要求。

③根据《放射性废物分类》，极低水平放射性废物的活度浓度下限值为解控水平，上限值一般为解控水平的 10~100 倍；另外，根据《极低水平放射性废物填埋处置》（GB/T 28178-2011），经国家监管部门批准，专设极低放废物填埋场接收的废物中，长寿命人工放射性核素（Np-237、Pu-238、Pu-239、Am 241）的活度浓度指导值可适当放宽，具体的数值应根据填埋场的工程屏障和天然屏障条件由环境影响评价的结果决定。本填埋场位于西北干旱地区，地下水埋深很深，有利于极低放废物的填埋，因此，本填埋场将 Pu-239 的活度浓度指导值定为 1Bq/g。在本报告书第六章，将对 Pu-239 处置活度浓度提高后的环境影响进行评价。

（2）天然放射性核素

本填埋场还将接收核燃料循环设施生产及退役过程产生的一些废物，这些废物基本上为 U 污染的废物，经对 405 厂和 504 厂的调研，这些废物中的 U 浓度水平基本 $<150\text{Bq/g}$ ，平均值为 100Bq/g 。废物中核素 U 最大比活度大于《极低水平放射性废物填埋处置》（GB/T 28178-2011）给出的天然放射性核素的指导水平：“对于一批废物的总量超过一吨的含天然放射性核素的极低放废物，每个填埋单元内 ^{238}U 、 ^{235}U 、 ^{232}Th 衰变链中任何一个核素的平均活度浓度不得大于 1kBq/kg ，单个废物包的平均活度浓度指导值不得大于 10kBq/kg 。”另外，根据《极低水平放射性废物填埋处置》（GB/T 28178-2011）中 5.3.3 节，“对于处置条件明显优于本标准所假定处置条件的填埋场（如深层废矿井等），通过剂量评价和优化分析，经监管部门批准，可适当提高极低放废物的处置活度浓度。”本填埋场位于西北干旱地区，地下水埋深很深，有利于极低放废物的填埋，

本填埋场将 U 的活度浓度指导值定为 150Bq/g。在本报告书第六章，将对 U 处置活度浓度提高后的环境影响进行评价。

本工程废物包中核素的活度浓度指导值见表 3.1-2 所示。

表 3.1-2 极低水平放射性废物包的活度浓度指导值

核素	活度浓度指导值(Bq/g)	核素	活度浓度指导值(Bq/g)
H-3	1.00E+3	Eu-152	1.00E+1
C-14	1.00E+1	Eu-154	1.00E+1
Co-60	1.00E+1	Np-237	1.00E+0
Ni-63	1.00E+4	Pu-239	1.00E+0
Sr-90	1.00E+2	Am-241	1.00E-1
Cs-137	1.00E+1	U	1.50E+2

3.1.2.4 废物接收源项

根据调研，假定本工程接收废物来自核电站、核设施退役（包括核技术利用）、核燃料循环设施的份额为 10%、40%、50%，其中核燃料循环设施中 504 厂和 821 厂的份额占 10%。此外，关于废物的密度，一般的土壤容重为 1.0-1.5 kg/L(堆积密度)，密度为 2.6-2.7 kg/L；混凝土一般密度为 2.3 kg/L。保守考虑，所有废物的堆积密度取 3.0 kg/L。本填埋场项目的处置规模 12 万 m³，根据废物包平均密度约为 3.0×10³kg/m³，则全部装填后处置的总废物质量为 3.6×10⁸kg。经计算，本工程废物源项估算见表 3.1-3。由表可以看出，本工程处置核素的活度为 9.29×10¹³Bq。

表 3.1-3 本填埋场项目废物包中的核素源项

核素	活度浓度指导值(Bq/g)	每个填埋单元核素的活度浓度平均值(Bq/g)	处置核素活度限值 (Bq)
H-3	1000	5.00E-01	1.80E+11
C-14	10	1.00E-02	3.60E+09
Co-60	10	4.10E-01	1.48E+11
Ni-63	10000	2.30E+02	8.28E+13
Sr-90	100	1.22E+01	4.39E+12
Cs-137	10	1.65E+00	5.94E+11
Eu-152	10	4.00E-02	1.44E+10
Eu-154	10	4.00E-02	1.44E+10
Np-237	1	1.20E-01	4.32E+09
Pu-239	1.0	9.08E-01	3.27E+11
Am-241	0.1	1.60E-02	5.76E+09
U	150	1.22E+01	4.39E+12
合计	/	/	9.29E+13

3.2 填埋场规划和平面布置

3.2.1 填埋场规划及建设内容

中国核工业集团有限公司在甘肃省酒泉市核技术产业园区成立中核集团金塔环保产业园，规划占地 958 亩，用于建设低放固体废物处置场、低放可燃废物焚烧站、固体废物超级压缩车间和极低放固体废物填埋场等设施。中核集团金塔环保产业园首期开展金塔低水平固体废物处置场、极低放废物填埋场和废物暂存库三个项目的一期一阶段建设，项目占地约 200 亩，建设内容包括：低放废物接收与暂存厂房（103 子项）、低放废物处置区（104 子项）、极低放固体废物填埋区（105 子项）、汽车衡（202-1 子项）、生产用车库房（203-1 子项）、应急柴油发电机房（204-1 子项）、消防水池及泵房（206-1 子项）、锅炉房（207-1 子项）、综合办公楼（301-1 子项）、厂区出入口（302-1 子项、302-2 子项），总占地面积 19958m²，建（构）筑总建筑面积 22038m²。

极低放填埋场总规划处置容量 12 万 m³，一期一阶段建设处置容量 1 万 m³，共 1 个填埋单元。本项目主要新建内容有：汽车衡（202-1 子项）和填埋单元（105 子项）。另外，其他等设施利用金塔低水平固体废物处置场一期一阶段建设项目的综合办公楼、生产用车车库、低放废物接收与暂存厂房、消防水池及泵房、锅炉房、应急柴油发电机房等建筑、设备和设施，这部分设施将于 2022 年建成，与极低放填埋场同期运行。本项目主要建设内容如下表 3.2-1 所示。

表 3.2-1 极低放废物填埋场主要建设项目一览表

序号	子项号	子项名称	占地面积 (m ²)	建(构)筑面积 (m ²)	备注
1	103	低放废物接收及暂存厂房	2420	3300	共用设施
2	104	低放固体废物处置区	9698	9698	/
3	105	极低放固体废物填埋区	3956	3956	本项目内容
4	202-1	汽车衡	100	100	本项目内容
5	203-1	生产用车库房	2160	2160	共用设施
6	204-1	应急柴油发电机房	60	60	共用设施
7	206-1	消防水池及泵房	64	64	共用设施
8	207-1	锅炉房	100	100	共用设施
9	301-1	综合办公楼	1200	2400	共用设施
10	302	厂区货运出入口 (302-1)	100	100	共用设施
		厂区人员出入口 (302-2)	100	100	共用设施
合计			19958	22038	

3.2.2 总平面布置方案

中核集团金塔环保产业园区东侧和北侧的控制区，分别布置了：低放固体废物接收、暂存及处理相关设施，规划废物贮存能力 5000m³；低放固体废物处置区，规划处置容量 100 万 m³；极低放固体废物填埋区，规划处置容量 12 万 m³；低放可燃废物焚烧设施，一期规划处理能力 100 kg/h，预留 100 kg/h 安装空间；固体废物超级压实设施，规划处理能力 13000 桶/a。中核集团金塔环保产业园首期开展的一期一阶段建设包括：低放废物接收与暂存厂房（103 子项）、低放固体废物处置区（104 子项）、极低放固体废物填埋区（105 子项）、汽车衡（202-1 子项）、生产用车库房（203-1 子项）、厂区货运出入口（302-1 子项）。其中极低放固体废物填埋区、汽车衡为本项目内容。

中核集团金塔环保产业园区西南角的非控制区，分别布置了：生产辅助设施、综合办公设施。中核集团金塔环保产业园首期开展的一期一阶段建设包括：综合办公楼（301-1 子项）、应急柴油发电机房（204-1）、消防水池及泵房（206-1 子项）、锅炉房（207-1 子项）、厂区人员出入口（302-2 子项）。

中核集团金塔环保产业园区规划总平面图如下图 3.2-1 所示。

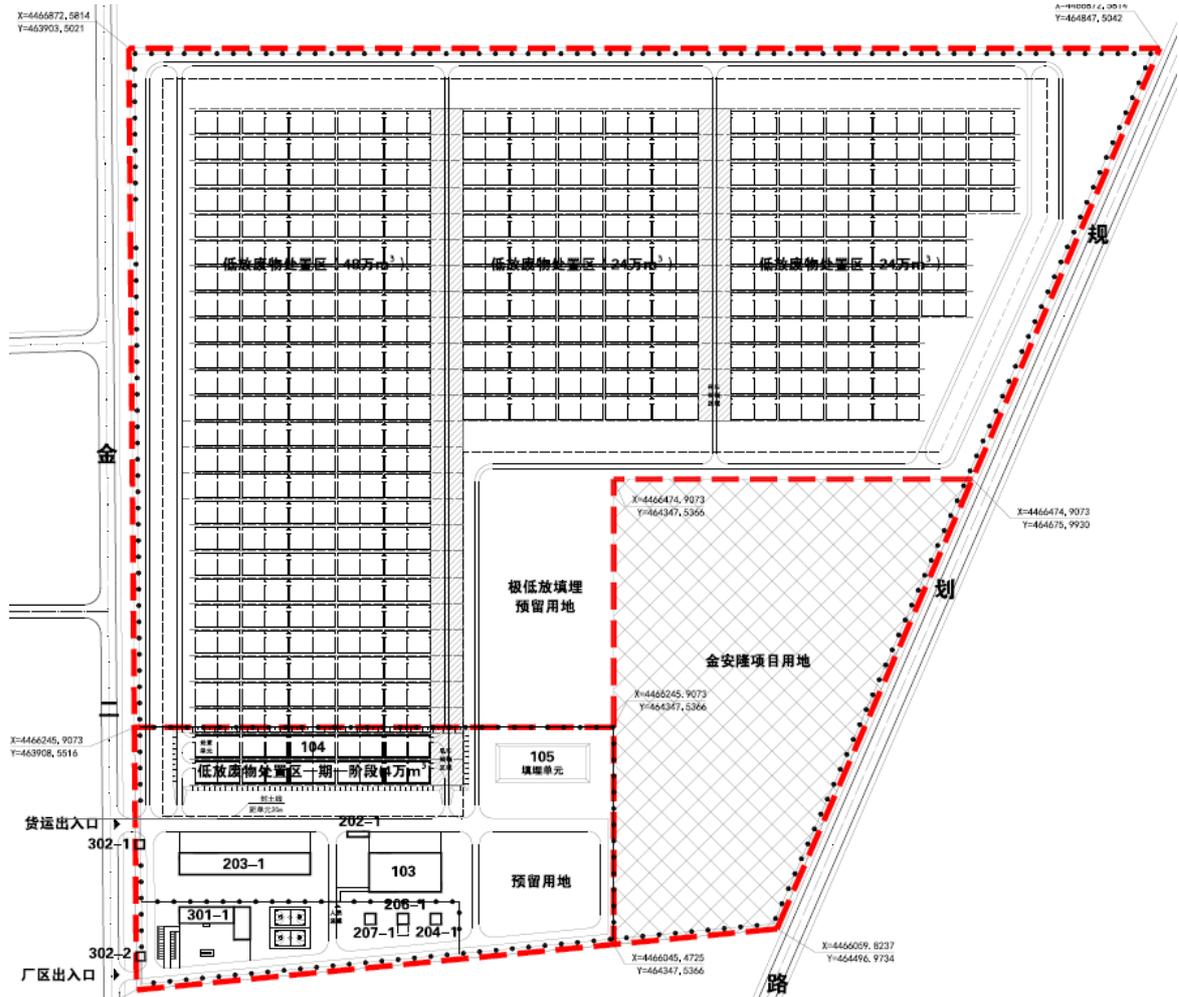


图 3.2-1 中核集团金塔环保产业园区总平面布置图

3.2.3 出入口控制

中核集团金塔环保产业园区大门及围墙为厂区周界及出入口控制系统。园区大门包括货运出入口和厂区出入口。其中货运出入口为废物运输车辆进出口，厂区出入口为人员进出口。厂区围墙为厂区周界的铁艺围栏，高度为 2.5m。

3.3 填埋场工程设计

3.3.1 填埋单元

3.3.1.1 填埋单元形状、尺寸

填埋单元是四边带有坡度的四棱体，顶部开口尺寸为 $86\text{m} \times 46\text{m} \times 5\text{m}$ ，边坡坡度为 1: 0.6。单元顶面与地表平齐。填埋单元底部

防渗层和基础层为 1.05m，坑内使用深度为 5m。填埋单元全容积为 17000m³，有效容积 10000m³。填埋单元外形尺寸如下图 3.3-1 所示。

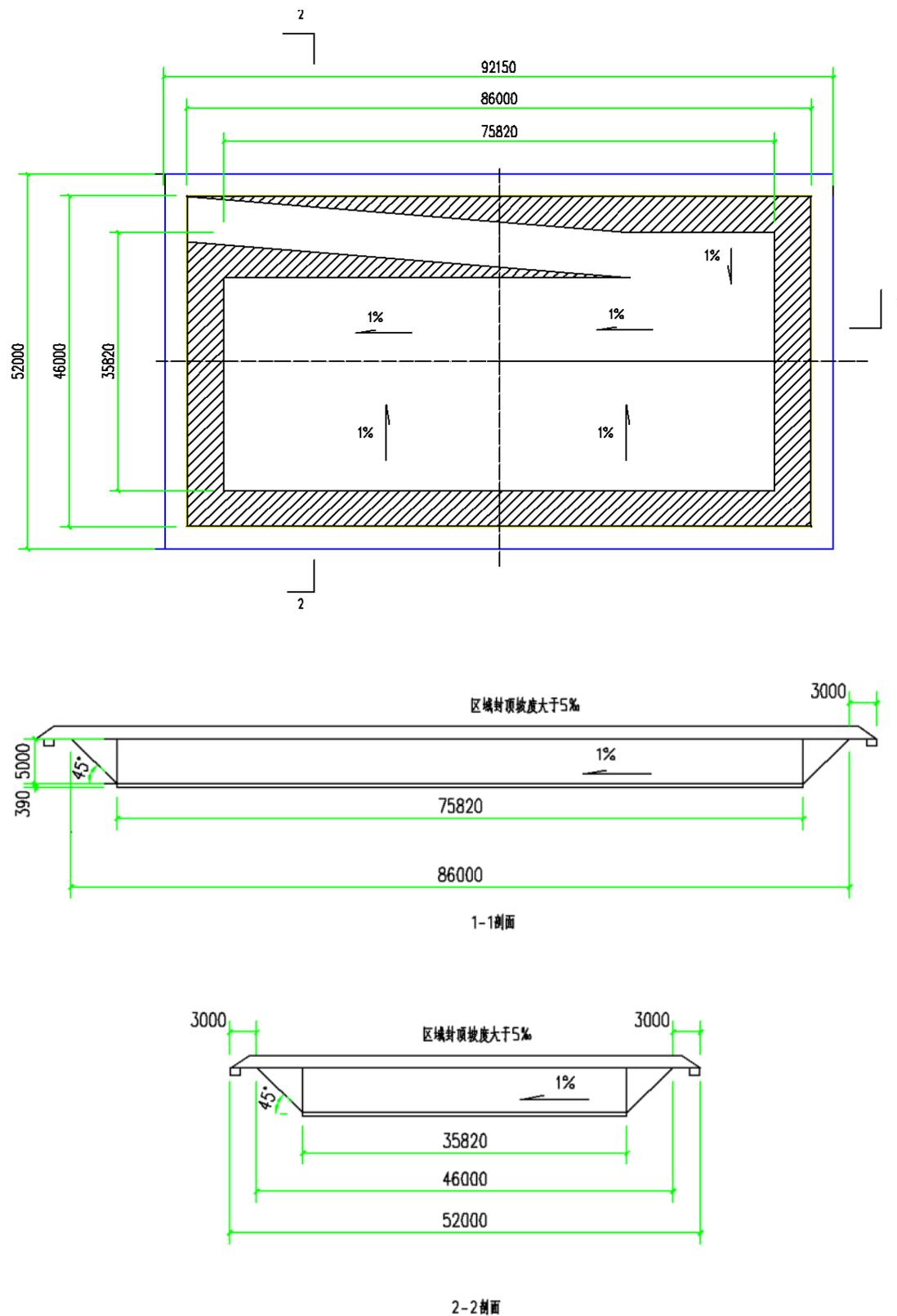


图 3.3-1 填埋单元外形尺寸图

3.3.1.2 填埋单元防渗层设计

防渗层是一种水力屏障，它的作用是在填埋场的使用期限和封场后的监管期限内，在填埋单元底部和四周边坡形成完整、有效的防水屏障，限制废物中所含放射性核素向环境的迁移，以免对填埋场四周的土壤和地下水造成污染。填埋单元防渗层包括：底部防渗层、边坡防渗层和封场防渗层。

(1) 底部防渗层

单元基础底部在防渗层制作前要求处理平整，不得有石块、土块等突出物，表面无积水、无杂物，平整后夯实，压实度 $\geq 93\%$ 。

底部防渗层位于填埋单元底部基础之上，从下至上分别是：GCL（钠基膨润土防水毯）（ $4000\text{g}/\text{m}^2$ ）、 2.0mm 厚 HDPE 膜、长丝土工布（ $600\text{g}/\text{m}^2$ ）、 300mm 筛分土。以上各部分总计约为 390mm 厚。

(2) 边坡防渗层

边坡在防渗层制作前要求处理平整，不得有石块、土块等突出物，表面无积水、无杂物，平整后夯实，边坡压实度 $\geq 90\%$ 。

边坡防渗层位于填埋单元的四侧，防渗采用的方法与底部基本相同。边坡平整、夯实，处理后要求夯实度 $\geq 90\%$ 。防渗屏障结构由下至上依次为：GCL（钠基膨润土防水毯）（ $4000\text{g}/\text{m}^2$ ）、 2.0mm 厚 HDPE 膜、长丝土工布（ $600\text{g}/\text{m}^2$ ），待填埋场运行接收废物后，将装袋的松散废物填入废物堆体与边坡间隙之中。以上各部分总计约为 390mm 厚。

(3) 单元顶盖防渗层

待一个单元完成废物填埋，达到设计填埋标高和设计容量时，随即制作该单元的顶盖防渗层。顶盖防渗系统的功能主要有阻止大气降雨进入填埋区内，从而尽可能减少渗滤液的产生量；防止生物和人为活动对填埋场的侵扰；防止风雨的侵蚀产生水土流失以及对废物堆体的影响；保证填埋单元的结构完整性，防止废物中的核素迁移扩散。填埋单元顶盖防渗层设计包括防渗覆盖层、地表水集排系统和表面覆土与植被等。

防渗层位于压实废物之上，从下至上共分为：300mm 回填土层、2.0mmHDPE 膜、(600g/m²) 长丝土工布、7.0mm 厚复合土工排水板、复合土工滤网 (400g/m²)、1000mm 厚自然土层及植被。最终封场后顶面坡度不小于 5%，边坡 34°。以上各部分总计约为 1360mm 厚。

(4) 封场防渗层

待一个区域并排的填埋单元均完成各自封盖后，应及时进行最终封场处理，包括排水沟侧壁包 HDPE 防渗膜，与单元顶部的 HDPE 膜搭接后焊接相连，底部排水沟内埋设花管，卵石作垫层，在卵石层之上覆土、植被。这样使相邻的填埋单元最终封场覆盖连成一片，地表水集排到封场后的排水沟。

3.3.1.3 填埋单元渗滤液收集与排出

通常，渗滤液是由于降水进入填埋单元、地下水渗入填埋单元以及废物本身降解产生污染废液的合称。本工程通过在填埋单元底部和边坡设置防渗层，以及填埋结束后对填埋场进行封顶，避免了渗滤液的产生。

但是在极低放废物填埋场关闭的若干年后，一旦有水进入填埋单元，就需要将其排出。为此，在填埋单元设置了渗滤液监测池与排水管。

在每个填埋单元的底部以 2%坡度坡向长边中间位置，渗滤液监测池位于最低点。渗滤液监测池内堆填卵石外裹土工织物反滤层，卵石中埋花管，花管沿填埋单元侧壁上行至封场覆盖层顶部露头，端部用 HDPE 型材封口。可顺花管内向监测池底部下放移动潜水泵，以实现液体提取。

封场后监管期内，通过观测孔定期检测监测池内是否有水。一旦发现有水，可取样检测，分析原因，采取适当措施。对于收集到的渗滤液，检测合格时排入生产生活污水管道；不合格时，排入特下水贮存池并安全处置。

3.3.2 配套设施

填埋场主要配套建筑物为低放废物接收与暂存厂房和生产用车库房，这部分设施将于 2022 年建成，与极低放填埋场同期运行。

极低放废物的接收、抽检与货包重整功能在低放废物接收与暂存厂房内可以实现。生产用车库房在厂区内统一建设，为一层建筑物，设有 16 个车位、1 个洗车间和 1 个检修间。生产用车库房位于控制区内。

3.3.3 设备选型

填埋场所用到的设备主要有汽车衡、推土机、压实机、挖掘机、敞盖式自卸车、密闭式自卸车、洒水车、手动运输车、潜水泵。

(1) 汽车衡：用于测量废物重量。最大称重约 30t，带有重量传感器。

(2) 推土机：用于推平覆土。铲土深度约 500mm，爬坡性能 30°，铲土容量约 6.0m³。

(3) 压实机：用于压实废物和覆土。工作质量约 22t，压实宽度约 2.0m，最小转弯半径约 6.0m，最大爬坡能力 30%。

(4) 挖掘机：用于挖土。操作重量约 20.0t，爬坡能力 35°，斗容 1.0m³。

(5) 敞盖式自卸车：用于运送集装袋废物，实际容积约 7~8m³。

(6) 密闭式自卸车：用于运送大块废物。实际容积约 6m³，车厢最大倾角 50°，车厢举升/降落时间约 20s。

(7) 洒水车：用于洒水降尘，罐体容积约 3.0m³。

(8) 手动运输车：用于运送杂物。平台大小（宽×高）约 600mm×1200mm。

(9) 潜水泵：用于排出渗滤液。扬程约 8~15m，流量约 6.0~10.0L/s，最低排水位置 40mm。

极低放废物填埋的主要工艺设备见表 3.3-1。

表 3.3-1 极低放废物填埋场主要工艺设备表

序号	设备名称	主要技术（性能）指标或规格要求	单位	数量
一	106 极低放废物填埋区			
1	推土机	用于推平覆土。铲土深度 540mm，爬坡性能 30°，铲土容量 6.4m ³ 。	辆	1
2	压实机	用于压实废物和覆土。工作质量约 22t，静线压力 490N/cm，压实宽度约 2.0m，最小转弯半径约 6.0m，最大爬坡能力 30%。	辆	2
3	挖掘机	用于挖土。斗容约 1.0m ³ 。	辆	1
4	敞盖式自卸车	用于运送集装袋废物。实际容积 7~8m ³ 。	辆	1
5	密闭式自卸车	实际容积 6m ³ ，车厢最大倾角 50°，车厢举升/降落时间约 20s	辆	1
6	洒水车	罐体容积约 3m ³ 。	辆	1
7	槽罐车	容积 5m ³ ，吸程：6~7m	辆	1
二	202 汽车衡			
1	汽车衡	用于测量废物重量。最大称重 30t，带有重量传感器。	辆	1

3.4 废物的处置

3.4.1 废物包装形式

填埋处置的极低放废物的种类主要有：离子交换树脂固化体及其它可燃废物残渣固化物；建筑物剥离混凝土、保温材料；氟化钙渣；污染土壤；塑料等。

极低放固体废物放射性水平很低，从处置安全方面考虑不需要包装。考虑到废物中大部分是污染土，为了防止废物在装卸、运输过程中因散落、飞扬造成环境污染，同时为了保护操作运行人员，创造良好的工作环境，送到填埋场处置的废物一般要求装入集装袋，

集装袋要封口，以免废物散落。但大块的废物（如混凝土块）可不装袋，直接用密封式自卸车运来。

用集装袋包装的废物重量不超过 100kg，材质为聚乙烯。集装袋要有一定的抗拉强度，耐拉伸，以免在装卸时破损。

3.4.2 填埋处置工艺流程

废物产生单位须先向填埋场提出申请，递交“极低放废物填埋申请单”。待填埋场批准后，废物用汽车运至填埋场，首先在入场处对废物称重，然后对废物进行检测，符合接收标准的登记接收，进入填埋单元进行填埋，不符合接收标准的废物予以退回。

填埋工艺流程原理见图 3.3-1。

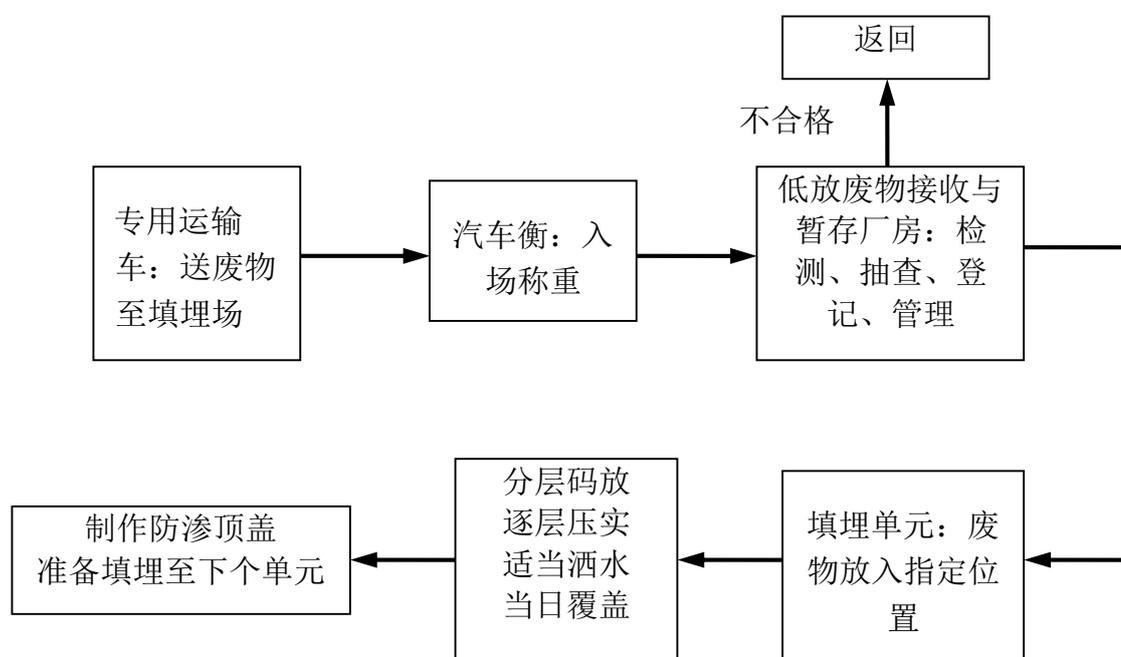


图 3.4-1 极低放固体废物填埋工艺原理流程图

3.4.2.1 废物接收

申请填埋的极低放固体废物用专用运输车将废物送至填埋场后，首先由产生单位进行检测，然后根据废物种类、尺寸及形态分别收集装运。具体形式大致可以分为两种：

①污染的沙土、底泥和墙皮等散状废物和体积较小废物装入专用集装袋，进行包装后装上自卸车待运，集装袋装填废物后的总高

控制在 $\leq 400\text{mm}$ ；②体积较大的废物（如污染的大块水泥板等）可以直接装运上带有封闭车厢的自卸汽车待运。

废物接收程序如下：

（1）废物入场称重。在货运入场道路附近，设置数字式汽车衡，对运来的废物进行称重，记录，数据录入低放废物接收与暂存厂房内的计算机管理系统，并最终填写“入场废物登记表”。

（2）在低放废物接收与贮存厂房处对送来的废物进行抽样检测，不满足接收标准的废物禁止进入填埋场，直接退回废物产生单位。抽检流程为：抽检的废物包称重后，运送至贮存厂房卸车区，将废物包吊放至平板推车上，人员将废物包运送到倒装区，携带便携式剂量检测仪表检查废物包装体的表面污染、外表面的辐射水平和距离包装体外表面 1m 处任意一点的辐射水平检测，如有必要，将对废物包进行取样检测，并在本厂房实验检测室对主要核素进行分析。通过以上措施，确保接收的废物是极低放固体废物。

（3）验收合格后，逐项填入场废物登记表。

（4）通知填埋单元操作人员交接废物，进行填埋作业。

3.4.2.2 废物填埋

（1）汽车开至填埋区的相应填埋单元，通过填埋单元内的临时道路下至单元底部的预先指定填埋区域；同时汽车吊、推土机、压实机、洒水车也已在填埋区域的适当位置就位。

（2）填埋操作采取薄层压实的作业方式进行。根据每天的废物处理量，确定填埋区域和每天的作业量。在预先划好的填埋区域，利用汽车吊将袋装废物卸下并码放整齐，大块废物由自卸车直接倾倒。然后用推土机推平摊铺均匀，每次堆置推平后的垃圾层厚度控制在 0.4m 左右。压实机压实后，其上部再覆盖约 150mm 厚的净土层。

（3）专用运输汽车将填埋废物运输至填埋区后，通过填埋单元内的临时道路下至单元底部卸车。对于用集装袋包装好的利用汽车吊将其卸到填埋区域并码放整齐；对于未包装的零散废物用自卸车倾倒至填埋区域，用推土机整理、铺平至同一高度。随着废物逐渐

填埋道路可逐渐被废物覆盖。填埋单元内的操作采取逐层填埋压实、循序渐进的程序进行，每层厚度控制在 400mm 左右，再用压实机反复压实，压实密度 1.6t/m³，压实后，其上覆盖净土层，压实约 100mm 厚，净土层可取材于填埋区开发过程中的多余土方或就近取土，可以根据试验数据和实际运行的测试结果，调整确定每层填埋厚度和碾压次数。填埋作业过程中，可进行适当的洒水降尘，同时也有助于压实操。然后按此程序在上面填埋第二层，第三层等，直至填埋作业到接近单元顶部。废物填埋操作示意图 3.4-1。

(4) 一个单元完成填埋后，随即制作该单元封盖防渗层、导排层和覆盖层。待所有填埋单元都完成填埋任务和顶盖制作后，对整个填埋场进行平整场地和植被覆盖，监管 30 年。

(5) 注意事项

①特别应注意的是，在单元填埋作业的最底层以及边坡 1 米厚范围内，严禁倾倒块状废物（如块状混凝土等的建筑垃圾类废物）、锋利或较大颗粒等易破坏底部及边坡防渗层等的废物，必须先码放用集装袋预包装后的粉尘类废物，在场底及坝体内边坡上均匀码放 1 米后，才能填埋大块废物。

②废物和净土的压实采用压实机。

③每日填埋结束后应及时用防渗膜对废物填埋作业面进行当日遮盖工作，以防止废物的飞散。填埋操作时若扬尘过大可将洒水车开进填埋单元，适当喷水降尘。当日填埋结束之后应立即进行当日覆盖工作，以防止废物飞散,并视情况进行中间覆盖。覆盖的适宜厚度应根据覆盖的目的、填埋处置废物的种类、性状和环境条件等决定。

④填埋时应服从单元的总体设计，一般应遵循单元内部的坡度要求（≥1%）依坡度方向推进。操作方式可按水平填埋分工作台阶的方式进行，根据每批的实际作业量将填埋区内划分为相对独立的作业小区，然后按顺序逐区进行单元式填埋作业。

⑤一般须遵循下列原则。除非需要倾卸性质不同的废物，每次应在一个区域一个工作面上集中处置。

⑥尽可能避开雨季期间或雨天进行废物填埋的操作。

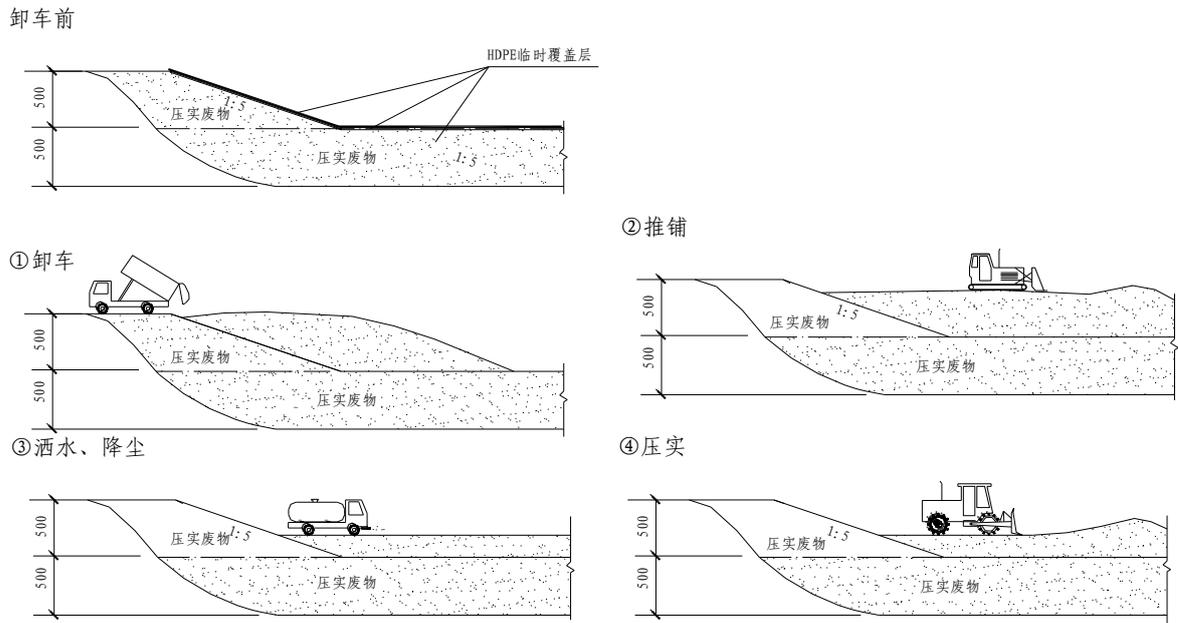


图 3.4-1 废物填埋操作示意图

3.4.2.3 车辆清洗

专用运输车辆完成作业之后，停放在车库前，首先清理车轮上的泥沙，再由辐射防护人员对车辆进行表面污染检测。检测合格，专用运输车直接进入车库停放；检测不合格，确定污染区域，并对其范围做出标记，以便进行去污操作。

对车辆的放射性沾污区域进行去污，采用棉纱、去污剂进行擦拭。也可用 VCU40 通用干 / 湿真空除尘器对车辆进行除尘，使用后的棉纱、以及除尘器内收集的灰土用塑料袋检测包装后，填写“入场废物登记表”，作为极低放固体废物送填埋单元进行填埋如果专用运输车去污后仍无法达到要求，可驶入洗车间，用高压水枪洗车装置对其进行冲洗。冲洗水经地面排水沟流入洗车间外的集水坑。车辆经去污、冲洗后，再次对污染区域进行剂量检测。若不合格再次进行去污、清洗，直至合格。

集水坑中的废水，经剂量检测合格后，可用移动式潜水排污泵将废水抽出，用于填埋；超过允许排放剂量的废水，可定期运至低

放废液处理设施进行处理。沉积淤泥检测后用塑料袋包装，填写“入场废物登记表”，作为极低放固体废物送填埋单元进行填埋。

3.4.3 施工运行计划

填埋场工程每次开挖一个填埋单元，待一个单元填满之后，再开挖第二个填埋单元。填埋场总处置容量为 12 万 m^3 ，每个填埋单元处置容量为 1 万 m^3 ，因此，施工顺序为从 1 号填埋单元开始，依次为 2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12 号填埋单元。1 号填埋单元建设过程中挖出的土石临时堆砌在中核集团金塔环保产业园区南侧的预留场地，后续 2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12 号填埋单元的开挖的土石用于前一个填埋单元的覆盖，减少土石方转运的工程量。

3.5 三废的产生及处理

3.5.1 施工期主要污染物的产生及处理

施工建设过程中产生的污染物主要有扬尘、施工废水、固体废物和噪声。

(1) 废气

项目施工废气主要来源于基础工程中土石方开挖产生的粉尘，土石方、建筑垃圾及建筑材料运输产生的二次扬尘，施工现场材料堆放产生的扬尘。

项目施工机械和运输车辆产生的尾气。施工机械主要包括挖掘机、装载机、推土机、压路机、起重机等，以柴油为燃料，会产生一定量废气，包括 NO_x 、HC 等，但产生量不大，影响范围有限。

(2) 废水

施工期废水主要来自施工人员产生的生活污水和基础施工废水。施工作业期间产生的施工废水主要来源于工程养护、建材保湿产生的废水、施工作业泥浆水以及施工车辆、施工场地的冲洗废水，主要污染物为泥沙、SS 以及少量的石油类。施工废水用于场地喷洒降尘。

施工人员生活污水产生量以 $0.06 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{人}$ 计，本工程的施工人员约 30 人，则生活污水的产生量约为 $1.8\text{m}^3/\text{d}$ ，主要污染因子为 COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。

在施工现场设置临时旱厕，定期清运。

(3) 固体废物

工程施工期产生的固体废弃物主要包括土石方、建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

填埋场陆续建设 12 个填埋单元，每个填埋单元土石方挖方量为 1.7 万 m³，共计挖方量为 20.4 万 m³；每个填埋单元废物填埋率为 59%，则每个填埋单位的土石方填方为 0.7 万 m³，共计土石方填方量为 8.4 万 m³；每个填单单元剩余的 1 万 m³ 土石方堆放在中核集团金塔环保产业园区南侧的预留场地，在填埋场覆盖时再利用。

建筑垃圾主要为工程建设中产生的包装材料、工程渣土等固体废物，建筑垃圾产生量约 200t。对建筑垃圾、工程渣土进行回用，不能利用的妥善堆放、覆盖，工程结束后，及时清理。

施工人员的生活垃圾按人均产生量估算，按每人每日 0.5 kg 计，本工程建设的施工人员约 30 人，则生活垃圾产生量约为 0.015 t/d，生活垃圾收集后送垃圾场填埋处理。

(4) 噪声

项目施工期噪声包括施工设备噪声、施工作业噪声和车辆噪声，其中影响最大的为施工设备噪声。施工期噪声有以下特征：施工期间使用的机械设备较多、噪声源强高，且施工机械位置具有不确定性。

3.5.2 运行期主要污染物的产生及处理

(1) 废水

正常运行情况下，填埋场废水来源包括填埋单元的渗析水和工作人员的生活废水。

填埋单元封场后监管期内，定期检测监测池内是否有水。一旦发现有水，可取样检测，分析原因，采取适当措施。对于收集到的渗滤液，经检测，符合排放标准（总 $\alpha < 1\text{Bq/L}$ ，总 $\beta < 10\text{Bq/L}$ ）的排入园区的下水管网；否则将渗析水进行就地水泥固化处理。按照目前的运行经验和设计，正常运行期间渗析水基本不产生。

本工程综合办公楼、生活服务设施以及厂区辅助设施均利用金塔低水平放射性固体废物处置场项目的建筑、设备和设施。本工程运行期间工作人员生活污水均经由金塔低水平放射性固体废物处置场项目的生活废水处理设施统一处理，处理完成后排入园区污水管网。

(2) 废气

填埋场不产生工艺废气。极低放废物用包装袋包装，正常情况下不会有放射性物质泄漏到环境空气中。

(3) 固体废物

填埋场每年将产生少量的擦拭检测纸、手套、工作服、不易去污的物件等工艺固体废物，将这些废物装入 200L 桶，在填埋单元内处理。同时，工作人员日常工作中会产生少量生活垃圾。

3.6 辐射防护

3.6.1 场所分区

中核集团金塔环保产业园区由控制区和非控制区组成。

控制区位于中核集团金塔环保产业园区东侧和北侧，控制区包括：低放固体废物接收、暂存及处理相关设施、低放固体废物处置区、极低放固体废物填埋区及相关生产配套设施。中核集团金塔环保产业园首期开展的一期一阶段建设包括低放废物接收与暂存厂房（103 子项）、低放固体废物处置区（104 子项）、极低放固体废物填埋区（105 子项）、汽车衡（202-1 子项）、生产用车库房（203-1 子项）、厂区货运出入口（302-1 子项）位于控制区内。其中极低放固体废物填埋区（105 子项）、汽车衡（202-1 子项）为本项目内容。

非控制区位于中核集团金塔环保产业园区西南角，非控制区包括：生产辅助设施、综合办公设施。中核集团金塔环保产业园首期开展的一期一阶段建设包括综合办公楼（301-1 子项）、应急柴油发电机房（204-1）、消防水池及泵房（206-1 子项）、锅炉房（207-1 子项）、厂区人员出入口（302-2 子项）位于非控制区内。

3.6.2 人流、物流控制

(1) 人流组织

通过厂房布置设计，划定放射性控制区域。采用实体和行政管理两方面措施控制工作人员的进入。

人流应按规定的设计路线通行，不同区之间设立卫生出入口（或过渡间），建立进出许可证制度。人流与物料流动分开，避免交叉，以减少工作人员所受的辐射照射。

进入控制区的工作人员，在卫生出入口更换工作服和佩戴相应的个人防护用品。从控制区出来，需要进行沐浴清洗并进行表面污染检查。

（2）物流组织

物料设有专门的物料出入口。物流与人流分开，避免交叉污染，以减少工作人员受照。

3.6.3 辐射监测

（1）个人剂量及污染监测

工作人员工作前均应佩带热释光个人剂量计，该剂量计记录工作人员在工作期间所受外照射累积剂量。热释光个人剂量计由专业服务单位统一提供并进行数据管理。

进入辐射控制区的人员还需佩戴电子个人剂量报警仪，当所测剂量率超过设定值时及时报警，以提醒工作人员离开工作场所或采取一定的辐射防护措施。

在卫生出入口设置功能完善的卫生通道。卫生通道男女分开，各设置一台全身污染监测仪和两台便携式 α 、 β 表面污染测量仪，用于检测人员身体表面是否受到污染。若工作人员身体表面受到污染，需进行去污，去污完毕后重新测量，直到测量合格后才能离开。

（2）废物监测

在废物接收站对进场废物进行抽样监测，使用便携式 γ 剂量率仪检测废物表面和 1m 处 γ 剂量率水平是否满足本工程设定的废物接收标准值。

（3）工作场所监测

工作场所辐射监测采用便携式方式进行监测。使用便携式 γ 剂量率仪对填埋单元区进行 γ 剂量率水平监测；使用便携式 α 、 β 表

面污染测量仪和空气采样器等对工作场所进行表面污染监测和气溶胶监测。

(4) 环境监测

环境监测详见第七章。

3.7 填埋场的关闭

3.7.1 关闭的条件

当填埋场接收的废物达到规定的废物容量或填埋场达到寿期时，应申请和实施正常关闭；当发现填埋场的选址或设计有严重错误或发生严重自然灾害，致使填埋场不再满足极低放废物填埋处置要求时，应申请和实施非正常关闭。

填埋场关闭之前，填埋场运营单位需提交设施关闭许可证的申请报告，报告书应是填埋场关闭计划的最终稿修订版本。一旦申请报告获得批准，填埋场运营单位即可按计划组织实施填埋场的关闭活动。

3.7.2 关闭步骤

填埋场的关闭宜按照下列顺序进行：

(1) 停止接收废物。

(2) 对填埋场进行全面检查，以保证：

①废物真正得到处置；填埋场覆盖层完好无缺。

②填埋场区坐标位置已测量，并标注在国家测绘局出版的地图上。

③测量填埋场内的设备设施，以确定放射性污染的范围和去污要求，鉴定设施的功能和结构完整性，以确定是否可以重新利用。

④保留关闭后有组织控制期所需要的建(构)筑物、设备、仪器和工器具，拆除其他所有的地面设施。对经测量后确认未被污染的设施，拆除后可运出场外处理；对经测量后确认已被放射性沾污的设施，需根据设备类型、沾污程度及制造材质采用相应的方法进行去污处理，尽量避免采用大量高压水冲洗的方法以减少放射性废液的产生；对于不适宜去污的物件，则装桶并置于填埋场剩余的填埋单元内加以处理。

(3) 在处置区周边设立警戒闯入的长期标志。

3.7.3 关闭后的场区控制

本工程位于中核集团金塔环保产业园区内，园区规划有中低放固体废物近地表处置设施，根据园区统一规划，整个园区的有组织控制期将不少于 300 年。

有组织控制期内的主要工作包括：

①维护填埋单元的覆盖层和保留的建筑物。□

②开展填埋单元内的渗滤液监测、排水监测、场区地下水监测和覆盖层监测，评价废物体的稳定性、填埋设施的可靠性和关闭措施的有效性，及时发现处置系统可能出现的问题，以便采取适当的补救措施。

③防止外来人员闯入场区。

④对整个场址的地表面进行终态监测，达到无条件开放水平，经监管部门批准后，可终止有组织控制期。

有组织控制期结束后，按有关法规的规定及时拆除原保留的建筑物和公用辅助系统，停止维护活动，拆除标志。

第四章 环境质量现状

本章通过对填埋场及其附近地区的辐射环境本底值、非放环境本底值进行调查，给出了填埋场区的环境质量现状，为填埋场运行和关闭后的环境监测和评价提供基础资料。

本工程在中核集团金塔环保产业园内，距离核燃料后处理厂约7km，距离甘肃东方新环环境治理有限公司的废物减容设施约1km。目前，在核技术产业园区内还未有核设施及核技术利用企业投产运行，因此，核技术产业园区内的辐射本底与以往调查时的辐射本底相差不大。2015年和2017年，中国辐射防护研究院分别针对核燃料后处理厂和甘肃东方新环环境治理有限公司的废物减容设施进行过辐射环境本底调查，本阶段将利用这次调查的结果，承诺在工程运行前将完成中核集团金塔环保产业园区的辐射环境本底调查。

4.1 调查内容和取样布点

(1) 核燃料后处理厂

2015年，中国辐射防护研究院针对核燃料后处理厂进行了本底调查，本工程与核燃料后处理厂位置关系及剂量率和土壤调查布点图见图4.1-1。查范围为核燃料后处理厂30km范围，监测项目包括 γ 剂量率、气溶胶、地下水和生物。具体布点图和位置本报告不再赘述，本次应用该次调查在本厂址附近的测量数据。主要为8、13、14号这三个监测点位的监测数据。

该次监测对周围环境的 γ 空气吸收剂量率、土壤、地下水（生地湾）、气溶胶和生物样(骆驼草)中的核素浓度进行分析，分析的核素为总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{239}Pu 、U、 ^3H 等。

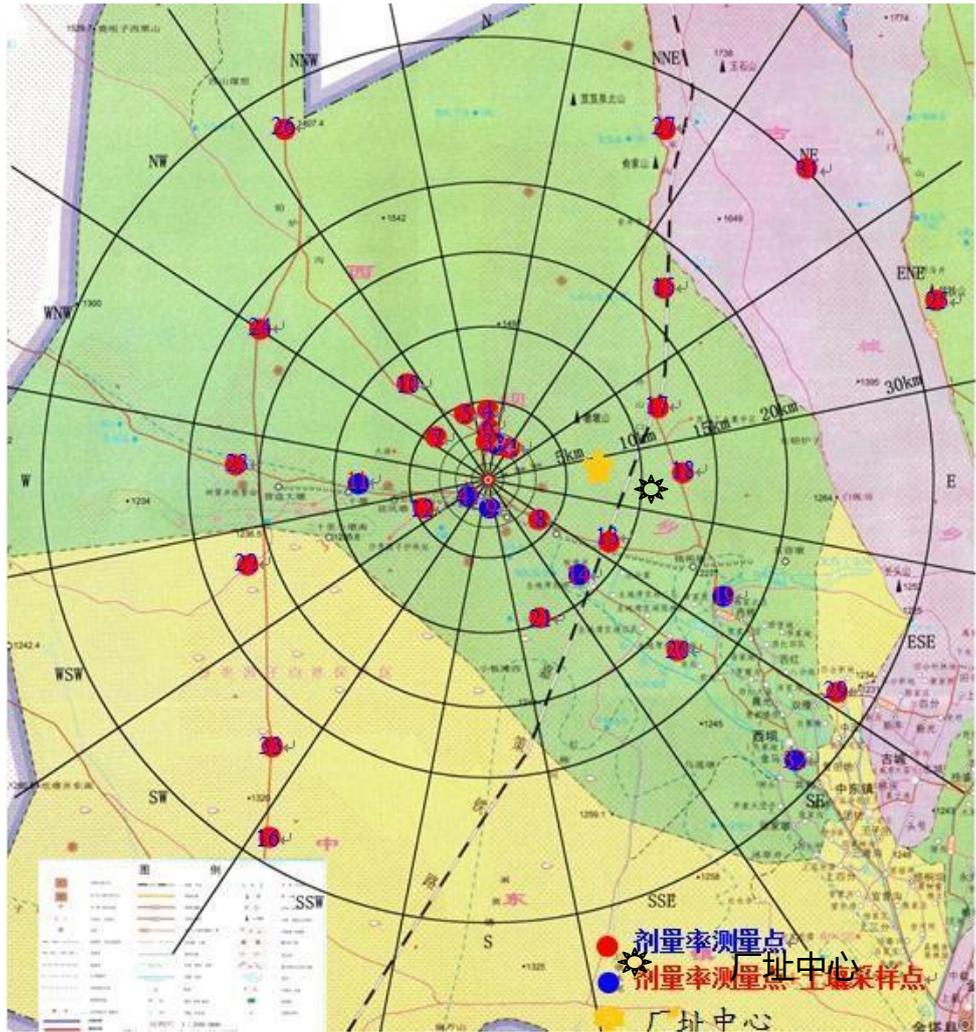


图 4.1-1 后处理厂半径 30km 范围内剂量率测量点位和土壤采样点

(2) 废物减容设施

2017 年，中国辐射防护研究院针对甘肃东方新环环境治理有限公司的废物减容设施进行了本底调查。在场址中心、场址四周、废物暂存库四周、减容车间四周总计布置 13 个监测点位测量 γ 辐射剂量率测量；在场址四周各布置 1 个点、生地湾农场布置 1 个点，总计布置 5 个监测点监测土壤中核素浓度；在废物减容设施场址下风向(W 方位)，距废物减容设施场址中心 1.16 km 处布置 1 个气溶胶采样点；在距废物减容设施场址中心 4.42 km (SW 方位) 布置一个生物样(骆驼草)采样点。

该次监测对周围环境的 γ 空气吸收剂量率、土壤、气溶胶和生物样(骆驼草)中的核素浓度进行分析，分析的核素为总 α 、总 β 、Co-60。

4.2 调查结果

4.2.1 核燃料后处理厂周围监测结果

本次评价，直接引用该次调查结论，结果如下：

(1) 剂量率

所有点位测量结果范围为 47.2~89.7nGy/h，均值为 71.2 nGy/h。从整体上看，调查范围内所有地表剂量率测量结果未发现异常，属于正常的本底水平。

(2) 气溶胶

气溶胶中核素 ^{137}Cs 的测量结果低于探测限；总 α 均值为 0.41mBq/m^3 ，总 β 均值为 2.29mBq/m^3 。 ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 测量结果中， ^{90}Sr 均值为 $22.5\mu\text{Bq/m}^3$ ， $^{239+240}\text{Pu}$ 均值为 $1.45\mu\text{Bq/m}^3$ 。

(3) 沉降灰

沉降灰中 ^{137}Cs 均值为 0.39Bq/m^2 月，总 α 均值为 61.9Bq/m^2 月，总 β 均值为 96.5Bq/m^2 月， ^{90}Sr 均值为 0.78Bq/m^2 月， $^{239+240}\text{Pu}$ 均值为 36.5mBq/m^2 月。

(4) 地下水（生地湾农场、和西坝乡）

地下水测量结果中 ^{137}Cs 、 ^3H 低于探测限；总 α 均值为 0.073Bq/L ，总 β 均值为 0.17Bq/L ， ^{90}Sr 均值为 3.46mBq/L ；总 U 均值为 $3.40\mu\text{g/L}$ ， $^{239+240}\text{Pu}$ 均值为 0.25mBq/L 。

(5) 饮用水

饮用水测量结果中 ^{137}Cs 低于探测限；总 α 均值为 0.049Bq/L ，总 β 均值为 0.10Bq/L ， ^{90}Sr 均值为 4.59mBq/L ，总 U 均值为 $2.67\mu\text{g/L}$ ； $^{239+240}\text{Pu}$ 均值为 0.025mBq/L ， ^3H 均值为 0.22Bq/L 。

(6) 土壤

土壤中 ^{137}Cs 测量结果范围 $0.81\sim 64.6\text{Bq/kg}$ ，均值为 10.2Bq/kg ； ^{238}U 测量结果范围 $17.5\sim 37.0\text{Bq/kg}$ ，均值为 27.6Bq/kg ； ^{90}Sr 测量结果范围 $1.05\sim 12.6\text{Bq/kg}$ ，均值为 3.32Bq/kg ； $^{239+240}\text{Pu}$ 测量结果范围 $0.15\sim 2.28\text{Bq/kg}$ ，均值为 0.63Bq/kg 。

(7) 生物

^{137}Cs : 测量结果范围为 $<\text{LLD}\sim 0.59\text{Bq/kg}$ 干, 麦秆、麦粒、羊骨、菜瓜低于探测限。

^{90}Sr : 测量结果范围为 0.049 Bq/kg 鲜 $\sim 7.02\text{ Bq/kg}$ 鲜。

$^{239+240}\text{Pu}$: 测量结果范围为 0.10 Bq/kg 鲜 $\sim 62.8\text{ Bq/kg}$ 鲜。

4.2.2 废物减容设施周围监测结果

γ 剂量率监测结果见表 4.2-1。土壤中天然放射性核素监测结果见表 4.3-2。环境空气中核素浓度监测结果见表 4.2-3。环境生物样(骆驼草)核素浓度监测结果见表 4.2-4。

表 4.2-1 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

样品编号	监测位置	分析结果(nGy/h)
1	场址中心	92
2	场址西北角 J1	90
3	场址东北角 J2	78
4	场址东南角 J3	84
5	场址西南角 J4	90
6	综合办公楼	85
7	废物暂存间北	90
8	废物暂存间西	85
9	废物暂存间南	81
10	废物暂存间东(减容车间西)	84
11	减容车间北	83
12	减容车间东	82
13	减容车间南	87

表 4.2-2 土壤中天然放射性核素监测结果(Bq/kg)

编号	监测位置	总 α	总 β	Co-60
1	场址西北角 J1	323	867	< 0.49
2	场址东北角 J2	269	563	< 0.51
3	场址东南角 J3	428	913	< 0.51
4	场址西南角 J4	395	816	< 0.51
5	生地湾农场	319	642	< 0.50

表 4.2-3 环境空气中核素监测结果(Bq/m³)

编号	点位名称	总 α	总 β	Co-60
1	W 方向, 1.16 km 处	0.19	1.49	< 0.017

表 4.2-4 环境生物样(骆驼草)核素监测结果(Bq/kg)

编号	点位名称	总 α	总 β	Co-60
1	SW 方向, 4.42 km 处	5.36	281	< 0.13

根据表 4.2-1 知, 本填埋场项目周围 γ 辐射空气吸收剂量率本底监测结果范围为: 78 ~ 92 nGy/h, 根据《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究(甘肃省环境保护研究所, 1989 年)》, 酒泉市原野 γ 辐射剂量率范围为 23.3 ~ 94.8 nGy/h, 因此, 项目周边环境 γ 辐射空气吸收剂量率水平在酒泉市 γ 辐射剂量率水平范围内波动。

由表 4.2-2、表 4.2-3 和表 4.2-4 可知, 本填埋场项目周围土壤、环境空气以及环境生物样(骆驼草)中总 α 、总 β 核素浓度在本底范围内波动, Co-60 监测结果小于仪器的探测下限, 表明项目周边土壤、空气和生物未受放射性核素污染。

4.3 非放环境质量现状评价

本填埋场项目工程区域的非放环境质量主要给出金塔县的环境空气质量, 数据引自《2017 年第四局甘肃省重点生态功能区金塔县生态县环境空气质量现状检测报告》(峰骥检字〔2017〕第 12-10 号, 2017 年 12 月 08 日)中的监测数据。监测因子为 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀, 监测按照五日法连续监测 5 天, 每日采集 20 小时均值。日均浓度监测结果为 SO₂: 8 ~ 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NO₂: 21 ~ 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、PM₁₀: 103 ~ 146 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 均满足 GB 3095-2012《环境空气质量标准》中的二级浓度要求(SO₂、NO₂、PM₁₀ 的标准值分别为 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

4.4 小结

从核燃料循环和废物减容项目两次数据调查结果来看，本工程周围辐射水平与上世纪 90 年代全国辐射水平调查中酒泉地区的辐射水平基本相当。从 2017 年金塔县环境监测数据可知，金塔县环境空气中 SO₂、NO₂、PM10 日均浓度满足 GB 3095-2012《环境空气质量标准》中的二级标准要求。

第五章 安全分析

5.1 填埋场长期稳定性

5.1.1 场址安全分析

5.1.1.1 地质、地震

本填埋场项目场址位于前期已经论证过的核技术产业园区内，鉴于园区建设主要依托核燃料循环后处理设施的建设，而在前期选址工作中已针对核燃料循环后处理设施的安全要求进行了地震地质专题论证，确认在规划建设的核技术产业园区及其附近区域内处于构造运动和地震活动稳定地区，场址半径 5 km 范围的附近地区不存在地表能动断层，场址半径 25 km 范围内不存在发震构造。因此，不存在影响场址可接受性的地震地质因素。

有关本填埋场项目场址地质、地震的详细描述见 2.6 节。

5.1.1.2 水文

参考东方新环极低放填埋场项目，本填埋场项目场址地下水可分为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两类，勘察期间第四系松散岩类中无地下水；基岩裂隙水无统一地下水位、水量贫乏，地下水对拟建工程无影响。

本填埋场项目位于甘肃酒泉核技术产业园，评价范围内无地表水体，距离场址最近的地表水体为跃进渠，该渠为金塔县西干渠的支渠形成的灌渠网络，渠水均引自鸳鸯池水库，用于生地湾农场农田灌溉，该渠距场址直线距离约 11 km，不会对场址产生影响。本填埋场项目与鸳鸯池水库的距离在 40 km 以上，且地势远高于讨赖河流经的谷地和鸳鸯池水库，因此，河流洪水不会对场址产生影响，即使在考虑鸳鸯池水库溃坝的情况下也不会对场址产生安全影响。

有关本填埋场场址水文的详细描述见 2.5 节。

5.1.2 防渗层分析

本填埋场设置了底部防渗层、边坡防渗层、单元顶盖防渗层和封场防渗层。防渗层是一种水力屏障，它的作用是在填埋场的使用期限和封场后的监管期限内，在填埋单元底部和四周边坡形成完整、

有效的防水屏障，限制废物中所含放射性核素向环境的迁移，以免对填埋场四周的土壤和地下水造成污染。

(1) 底部防渗层和边坡防渗层

底部防渗层位于填埋单元底部基础之上，边坡防渗层位于填埋单元的四侧，两者防渗采用的方法相同，防渗层从下至上分别是：GCL（钠基膨润土防水毯）（4000g/m²）、2.0mm 厚 HDPE 膜、长丝土工布（600g/m²）、300mm 筛分土，以上各部分总计约为 390mm 厚，以上各部分总计约为 390mm 厚。

(2) 单元顶盖防渗层

待一个单元完成废物填埋，达到设计填埋标高和设计容量时，随即制作该单元的顶盖防渗层。顶盖防渗系统的功能主要有阻止大气降雨进入填埋区内，从而尽可能减少渗滤液的产生量；防止生物和人为活动对填埋场的侵扰；防止风雨的侵蚀产生水土流失以及对废物堆体的影响；保证填埋单元的结构完整性，防止废物中的核素迁移扩散。填埋单元顶盖防渗层设计包括防渗覆盖层、地表水集排系统和表面覆土与植被等。

防渗层位于压实废物之上，从下至上共分为：300mm 回填土层、2.0mmHDPE 膜、（600g/m²）长丝土工布、7.0mm 厚复合土工排水板、复合土工滤网（400g/m²）、1000mm 厚自然土层及植被。最终封场后顶面坡度不小于 5%，边坡 34°。以上各部分总计约为 1360mm 厚。

(4) 封场防渗层

待一个区域并排的填埋单元均完成各自封盖后，应及时进行最终封场处理，包括排水沟侧壁包 HDPE 防渗膜，与单元顶部的 HDPE 膜搭接后焊接相连，底部排水沟内埋设花管，卵石作垫层，在卵石层之上覆土、植被。这样使相邻的填埋单元最终封场覆盖连成一片，地表水集排到封场后的排水沟。

综上分析，本填埋场通过有效提高填埋单元及封盖的结构稳定性和防水渗透性能、完善的排水系统和完整的最终覆盖层等工程措施确保其满足 GB/T 28178-2011 中的相关设计规定。

5.2 运行事故分析

填埋场运行期间可能发生的事故情景有：

- (1) 运输废物包的车辆起火；
- (2) 废物包在吊装过程中坠落。

5.2.1 运输极低放废物的车辆起火

(1) 事故原因

运输极低放废物的车辆发生偶然事故引起车辆着火事故。

(2) 事故处理措施

发现火情后，工作人员应迅速借助车辆上及填埋场区内可利用的消防设施进行扑救；待火情控制后，将运输车上的极低放废物转运至其他废物运输车上，并将洒落的放射性废物进行清理和回收，监测地面和容器表面污染，发现超标后进行擦拭去污处理。

(3) 事故后果

火灾发生有可能造成使用集装袋包装的废物包破裂，其中的放射性物质洒落或因受热弥散挥发，对事故发生地点附近环境造成一定影响。但此类事故发生的概率极低，火情发生早期即可通过人为介入，将泄漏的放射性物质控制在场区范围内，不会进一步向环境中转移，因此不会造成公众剂量，但会增加工作人员受照剂量。

5.2.2 废物包在吊装过程中坠落

(1) 事故原因

集装袋包装的废物包在填埋单元吊装码放过程中发生坠落事故。

(2) 事故处理措施

发生事故后，及时将破损集装袋废物包直接填埋，并监测吊装设备的表面污染，发现超标后进行擦拭去污处理。

(3) 事故后果

坠落事故只可能发生在集装袋废物包向填埋单元的吊装过程中，集装袋废物包坠落后可能导致破裂。此种事故情况下，放射性物质不会进一步向环境中转移，不会造成公众剂量；但会造成设备污染，增加工作人员受照剂量。

5.3 关闭后事故分析

(1) 事故原因

填埋场关闭后有组织控制期内或结束后可能发生场外公众无意闯入的情况，包括钻孔、钻孔后岩心洒落、建房居住、修路、边界处打井等。

(2) 事故处理措施

场内清原公司监管人员发现外来人员闯入后应第一时间进行驱逐，同时确认闯入人员在场址内停留时间、停留期行为等情况，核实确认闯入人员未对场址带来破坏性行为，若发生需尽快对破坏情况进行补救。此外，也要在场区内及附近区域进行警示案例通报，定期进行场区周围警示标语的维护和更新，加强警示作用。

(3) 事故后果

填埋场内填埋的放射性废物包会使闯入人员受到一定剂量。

当发生钻孔事故时，钻孔岩心里面的放射性物质对钻孔人员造成照射，同时，钻孔过程有放射性气溶胶释放，对钻孔工作人员造成内照射。当钻孔岩心不小心洒落时，洒落的放射性物质会对周围人群造成照射，同时，洒落的放射性物质通过再悬浮进入周围环境，对周围人员造成内照射。

若填埋场关闭后，周围人员在填埋场上建造办公用房，此时，会对办公人员造成外照射。建造办公用房时，将填埋场覆盖层破坏，建筑人员可能受到的剂量为吸入内照射和外照射。填埋场周边打井，周围人员饮用受污染的地下水，造成内照射。

第六章 环境影响

6.1 施工期间环境影响分析

施工建设过程中产生的污染物主要有扬尘、施工废水、噪声和固体废物。项目施工建设期间不可避免地会带来一些环境影响，必须有相应的污染防治措施，控制施工噪声、废水和粉尘对环境的影响。

(1) 废气

施工期须制定控制工地扬尘方案，采取有效防尘措施。施工场地设置围挡，以防扬尘扩散。施工现场合理布局，对制作场地、堆料场地要进行硬化，对易扬尘物料加盖防尘布。定期对路面和施工厂区洒水，减少起尘量。加强对机械、车辆的维修保养，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少颗粒物的排放。禁止在大风天气进行施工作业，减少扬尘的产生。

(2) 废水

施工期产生的施工废水、污水进行收集后用于场地喷洒降尘。在施工现场设置临时旱厕，收集施工人员生活污水，并定期清运。

(3) 固体废物

严格遵守《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，采取有效措施防止或减少建筑垃圾及工程渣土等固体废物对环境的污染，并采取防扬散、防流失、防渗漏或者其他防止污染环境的措施，工程结束后，应及时清理。施工人员产生的生活垃圾应分类袋装、集中放置，收集后送垃圾场填埋处理。剩余土石方堆放在中核集团金塔环保产业园区南侧的预留场地，用于填埋场覆盖和低放废物处置场单元回填使用。

(4) 噪声

施工期采用以下方法降低施工噪声的产生：

①在施工机械的选择上，选择低噪设备；

②对于噪声较高的设备，如打桩机、搅拌机等，采取加装减震设备或隔音罩的方法对噪声进行阻隔；

③加强对设备的检查和维护，减小由于设备部件之间的不正常碰撞产生的噪声。

综上所述，施工建设过程中产生扬尘、施工废水、固体废物和噪声等环境影响基本上都是短期的、局部的，且与人的环境意识、管理水平关系密切。通过采取有效的污染防治措施，加强施工现场管理，可以使施工过程对环境的影响降低到最小程度。施工结束后，及时清理场地，其影响可以在短期消失。

6.2 运行期的环境影响

6.2.1 填埋场运行特点

填埋场的运行规程概述如下：

(1) 极低放废物运输车到达中核集团金塔核产业园区后，先在汽车衡上进行称重，数据自动录入低放废物接收与暂存厂房内的计算机管理系统；

(2) 在低放废物接收与暂存厂房处对送来的极低放废物进行抽样检测，不满足接收标准的极低放废物禁止进入填埋场，退回废物产生单位；验收合格后，逐项填入场废物登记表；

(3) 专用运输汽车将填埋废物运输至填埋区后，通过填埋单元内的临时道路下至单元底部卸车；对于用集装袋包装好的利用汽车吊将其卸到填埋区域并码放整齐；对于未包装的零散废物用自卸车倾倒入填埋区域，用推土机整理、铺平至同一高度；

(4) 填埋单元全部填满后，进行回填处理。

6.2.2 正常运行的职业照射

填埋场在正常运行情况下，会在废物接收检查、填埋、管理监测和回填覆盖等过程中对工作人员产生职业照射。

工作人员个人所受剂量主要来自废物货包的外照射，由于大部分废物密闭在包装袋内，且为极低放固体废物，正常情况下，环境空气中放射性气溶胶很少；另外工作人员在作业时均佩戴防尘口、护目镜、工作连体衣等防护设备，因此，不考虑工作人员的吸入内照射。工作人员的剂量计算公式如下：

$$\square D = \dot{D} \times T$$

式中：

D：工作人员所受剂量，Sv/a；

\dot{D} ：工作岗位剂量率水平，Sv/h。表 6.2-1 给出了利用 MicroShield 软件计算得到的本填埋场各典型区域的剂量率。

T：每个岗位的年工作时间，h/a。

表 6.2-1 填埋场各典型区域的剂量率

区域	剂量率(mSv/h)
废物包表面 30 cm 处	3.66E-04
废物包表面 100cm 处	9.48E-05
填埋单元外侧 30 cm 处	4.20E-11
填埋单元顶部无土壤回填时上表面 30 cm 处	1.09E-03

6.2.2.1 货包接收检测人员的辐照剂量估计

极低放废物运输车到达中核集团金塔核产业园区后，先在汽车衡上进行称重，数据自动录入低放废物接收与暂存厂房内的计算机管理系统，称重测量人员远距离操作，不受辐射影响。在低放废物接收与暂存厂房处对送来的极低放废物进行抽样检测，抽样检测率为 10%；由 1 人负责检测，1 人负责记录，与货包距离均为 1m，每个货包检测和记录时间为 5 分钟。每年处置 1000m³ 极低放废物，约合处置废物包 5000 个，则每年抽检废物包 500 个。

根据表 6.2-1 废物包表面 1 m 处的剂量率约为 9.48×10^{-5} mSv/h，则接收检测人员所受的辐照剂量约为 0.004mSv/a。

6.2.2.2 货包安放人员的辐照剂量估计

极低放废物货包运抵填埋单元进行安放，需要的工作人员有：吊车司机 1 人，车上车下各 1 人；吊车司机负责货包吊装，车上人员负责货包挂钩，车下人员负责货包摘钩。填埋场安排两个班组工作人员轮换进行货包安放操作，每个班组工作有效工作时间为 6 小时，吊装安放一个货包时间约为 10 分钟。吊车司机可按填埋单元顶部无土壤回填时上表面 30 cm 处剂量计算；车上人员按货包表面 30cm 处剂量计算；车下人员按填埋单元顶部无土壤回填时上表面 30 cm 处剂量计算。工作人员剂量计算如下：

(1) 吊车司机： $2500 \text{ 个/a} \times 10 \text{ min/个} \times 1.09 \times 10^{-3} \text{ mSv/h} \div 60 \text{ min/h} = 0.45 \text{ mSv/a}$ ；

(2) 车上人员： $2500 \text{ 个/a} \times 10 \text{ min/个} \times 3.66 \times 10^{-4} \text{ mSv/h} \div 60 \text{ min/h} = 0.15 \text{ mSv/a}$ ；

(3) 车下人员： $2500 \text{ 个/a} \times 10 \text{ min/个} \times 1.09 \times 10^{-3} \text{ mSv/h} \div 60 \text{ min/h} = 0.45 \text{ mSv/a}$ 。

6.2.2.3 填埋单元内填充砂石工作人员的辐照剂量估计

单层货包铺设结束时，在货包之间进行填充砂石操作，需要的工作人员有：推土车司机 1 人、压实机司机 1 人、洒水车司机 1 人、自卸车司机 2 人。每年的工作时间约为 30 个工作日，每天工作 8h。其中推土车司机、压实机司机和洒水车司机在单元内作业，可按填埋单元顶部无土壤回填时上表面 30 cm 处剂量计算；自卸车司机将土堆放在单元边，可按填埋单元外侧 30cm 处剂量计算。则工作人员剂量为：

(1) 推土车司机、压实机司机和洒水车司机： $1.09 \times 10^{-3} \text{ mSv/h} \times 30 \text{ d/a} \times 8 \text{ h/d} = 0.26 \text{ mSv/a}$ ；

(2) 自卸车司机： $4.20 \times 10^{-11} \text{ mSv/h} \times 30 \text{ d/a} \times 8 \text{ h/d} = 1.01 \times 10^{-8} \text{ mSv/a}$ 。

6.2.2.4 填埋单元装填满后封顶人员的辐照剂量估计

填埋单元填埋后，应在顶部增加覆盖层，根据工作量，需要推土车司机 1 人、压实机司机 1 人、洒水车司机 1 人、自卸车司机 2 人（注：此项工作的工作人员与填充砂石工作人员为同一人）。初步估算，每个工作人员每天工作 8 小时，共工作 20 天。其中推土车司机、压实机司机和洒水车司机在单元内作业，可按填埋单元顶部无土壤回填时上表面 30 cm 处剂量计算；自卸车司机将土堆放在单元边，可按填埋单元外侧 30cm 处剂量计算。则工作人员剂量为：

(1) 推土车司机、压实机司机和洒水车司机： $1.09 \times 10^{-3} \text{ mSv/h} \times 20 \text{ d/a} \times 8 \text{ h/d} = 0.17 \text{ mSv/a}$ ；

(2) 自卸车司机： $4.20 \times 10^{-11} \text{ mSv/h} \times 20 \text{ d/a} \times 8 \text{ h/d} = 6.72 \times 10^{-9} \text{ mSv/a}$ 。

6.2.2.5 填埋单元附近现场管理及辐射防护人员的辐照剂量估计

填埋单元附近现场管理人员(1 人)和辐射防护人员(1 人)所受到的辐照主要为直接外照射。在每年 220 天的废物处置过程中,现场管理人员在填埋单元侧墙外共工作约 1768 个小时,根据表 6.2-1 中的剂量率计算结果,填埋单元外侧的剂量率约为 $4.20 \times 10^{-11} \text{mSv/h}$,则其所受的辐照剂量约为 $7.43 \times 10^{-8} \text{mSv/a}$ 。

根据以上计算,得到各类工作人员的职业照射剂量见表 6.2-2,最大个人剂量为 0.45mSv/a ,为填埋单元内废物安放吊车司机和车下人员。满足工作人员正常工况下剂量约束值 1mSv/a ,工作人员的集体剂量为 $3.40 \text{mSv} \cdot \text{人/a}$ 。

表 6.2-2 正常运行时的职业照射

工作人员		人数	年受照剂量 (mSv/a)	集体剂量(mSv·人/年)
货包接收检测 人员	检测人员	1	0.004	0.004
	记录人员	1	0.004	0.004
货包安放人员	吊车司机	2	0.45	0.90
	车上人员	2	0.15	0.30
	车下人员	2	0.45	0.90
充填砂石工作 人员	推土车司机	1	0.26	0.43
	压实机司机	1	0.26	0.43
	洒水车司机	1	0.26	0.43
	自卸车司机	2	$1.01 \text{E-}08$	$3.36 \text{E-}08$
封顶人员	推土车司机 (兼任)	1	0.17	兼任加和
	压实机司机 (兼任)	1	0.17	兼任加和
	洒水车司机 (兼任)	1	0.17	兼任加和
	自卸车司机 (兼任)	2	$6.72 \text{E-}09$	兼任加和
现场管理人员		1	$7.43 \text{E-}08$	$7.43 \text{E-}08$
辐射防护人员		1	$7.43 \text{E-}08$	$7.43 \text{E-}08$

合计	3.40
----	------

6.2.3 正常运行下的环境影响

正常运行工况下，废物接收检查、填埋、回填覆盖及环境监测等操作都不会产生放射性废物和非放废物。

在一个填埋单元未填放满、尚未进行封顶覆盖时，由于大部分废物密闭在包装袋内，且每层废物会及时用土覆盖压实，因此，无需考虑风力作用导致的放射性核素大气释放。

正常运行条件下，基本不会对公众造成照射。

6.2.4 运行事故的环境影响

6.2.4.1 事故描述

根据 5.2 节中的运行事故分析，确定运行期间的事故为运输极低放废物的车辆发生偶然事故引起车辆着火事故和集装袋包装的废物包在填埋单元吊装码放过程中发生坠落事故。针对运输极低放废物的车辆发生偶然事故引起车辆着火事故，假设一辆运输车辆中装有两个废物包，事故情况下两个废物包中的放射性核素完全释放；而针对集装袋包装的废物包在填埋单元吊装码放过程中发生坠落事故，假设其落在另一个废物包上，两个废物包均发生破损，造成其中的放射性核素完全泄漏到周围环境。

发生事故后，工作人员在现场划出警戒区域，并对车辆发生偶然事故引起车辆着火事故洒落的废物进行收集，对废物包在填埋单元吊装码放过程中发生坠落事故破损集装袋废物包直接填埋，两种事故情景均需要两个小时才能处理完毕，对工作人员造成照射。由于废物包装载的废物为极低放固体废物，其弥散性较低，放射性水平也很低，在发生事故时，只有及少量的放射性核素进入环空气，通过大气弥散稀释后，基本不会对公众造成影响。因此，不再计算废物包着火和跌落事故下对公众的剂量。

6.2.4.2 废物桶破损事故的工作人员个人剂量

在废物桶破损事故中，工作人员受照包括外照射、吸入再悬浮放射性颗粒及气溶胶所致内照射。

(1) 内照射剂量

依据《中国核工业三十年辐射环境质量评价》，空气中灰尘含量为 $10^{-5} \sim 10^{-2} \text{g/m}^3$ ，假设事故发生后空气中的气溶胶浓度值 p 为 $1 \times 10^{-2} \text{g/m}^3$ ，且均为泄露的废物再悬浮产生，则空气中的核素浓度为：

$$C_{\text{气}} = p \times C_{\text{固}}$$

式中： $C_{\text{气}}$ —空气中的核素浓度， Bq/m^3 ；

$C_{\text{固}}$ —固体废物比活度， Bq/g ，保守按活度浓度指导值计算。

吸入放射性核素所致内照射剂量计算公式为：

$$D_{\text{im}} = C_{\text{气}} \times DF_{\text{inh}} \times t \times \eta$$

式中： D_{im} —吸入放射性核素所致内照射， mSv ；

$C_{\text{气}}$ —空气中的核素浓度， Bq/m^3 ；

DF_{inh} —吸入剂量转换因子， Sv/Bq ，见表 6.2-3；

t —事故现场处置时间， 2h ；

η —工作人员的呼吸速率， $1.2\text{m}^3/\text{h}$ 。

(2) 外照射剂量

$$D_{\text{ext}} = \sum C_{s,i} \times DF_{\text{ext}} \times t + \dot{D} \times t$$

式中： $C_{s,i}$ —洒落后，地面 i 核素浓度， Bq/m^2 ；假定事故时发生后，两个货包的放射性物质均匀洒落在 $10 \times 10\text{m}$ 的区域内；

DF_{ext} —外照射剂量率转换因子 (Sv/a) / (Bq/m^2)，见表 6.2-3；

\dot{D} —填埋单元顶部无土壤回填时上表面 30cm 处剂量率，取 $1.09\text{E-}3\text{mSv/h}$ ；

t —事故现场处置时间， 2h 。

表 6.2-3 事故工况下各核素所致工作人员的剂量计算

核素	吸入内照射剂量转换因子 (Sv/Bq)	外照射剂量转换因子 (Sv/a) / (Bq/m^2)	空气中核素浓度 Bq/m^3	地面核素浓度 Bq/m^2	吸入剂量 Sv	外照射剂量 Sv	总剂量 Sv
Cs-137	6.70E-09	1.80E-08	1.00E-01	4.71E+05	1.61E-09	1.94E-06	1.94E-06
Co-60	2.90E-08	7.50E-08	1.00E-01	4.71E+05	6.96E-09	8.07E-06	8.08E-06
Sr-90	1.50E-07	3.50E-09	1.00E+00	4.71E+06	3.60E-07	3.77E-06	4.13E-06

Ni-63	5.20E-10	0	1.00E+02	4.71E+08	1.25E-07	0.00E+00	1.25E-07
C-14	5.80E-09	0	1.00E-01	4.71E+05	1.39E-09	0.00E+00	1.39E-09
Pu-239	4.40E-05	2.80E-11	1.00E-03	4.71E+03	1.06E-07	3.01E-11	1.06E-07
H-3	2.60E-10	0	1.00E+01	4.71E+07	6.24E-09	0.00E+00	6.24E-09
Eu-152	3.90E-08	1.90E-09	1.00E-01	4.71E+05	9.36E-09	2.04E-07	2.14E-07
Eu-154	5.00E-08	3.80E-08	1.00E-01	4.71E+05	1.20E-08	4.09E-06	4.10E-06
Np-237	2.10E-05	7.20E-09	1.00E-02	4.71E+04	5.04E-07	7.75E-08	5.81E-07
Am-241	3.50E-05	8.90E-10	1.00E-03	4.71E+03	8.40E-08	9.57E-10	8.50E-08
U-234	9.40E-06	5.30E-08	4.34E-01	2.04E+06	9.80E-06	2.47E-05	3.45E-05
U-235	7.70E-06	5.30E-09	1.40E-02	6.58E+04	2.59E-07	7.98E-08	3.38E-07
U-238	7.30E-06	6.00E-08	4.20E-02	1.98E+05	7.35E-07	2.71E-06	3.45E-06
合计	/	/	1.12E+02	5.26E+08	1.20E-05	4.56E-05	5.76E-05

事故工作人员剂量： $5.76 \times 10^{-2} \text{mSv} + 1.09 \times 10^{-3} \times 2 = 5.98 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，小于事故剂量控制值 1mSv 。其中内照射剂量为 $1.20 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，外照射剂量为 $4.78 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 。

6.3 关闭后的环境影响

填埋场一期一阶段工程预计在 2032 年覆盖（2022 年开始运行，运行时间 10 年后），本节对 12 万 m^3 填埋容量整体关闭后的废物源项进行计算。本节首先分析关闭后正常情况下通过地下水途径的核素迁移及其影响，然后分析人为意外闯入事故的后果。正常关闭后核素随地下水迁移景象时间尺度考虑最大剂量出现时间，关闭后事故考虑有组织监控期结束后，即关闭后 300 年和 500 年发生事故。

6.3.1 关闭后景象分析

本工程位于核技术产业园区，该园区建设用地属于工业用地，因此，关闭后的景象考虑工业用地景象进行分析，计算参考《推导退役后场址土壤中放射性残存物可接受活度浓度的照射情景、计算模式和参数》（EJ/T 1191-2005）给出的工业照射情景、参数和模式进行计算。考虑的途径见下图 6.3-1。

照射途径	农业居民 ^b	郊区居民 ^c	城市居民	工业 ^d	娱乐 ^e
γ 外照射	√	√	√	√	√
微尘吸入	√	√	√	√	√
种植食物食入	√	√	×	×	×
肉类食入	√	×	×	×	√
奶类食入	√	×	×	×	×
鱼类食入	√	×	×	×	√
土壤食入	√	√	√	√	√
饮水	√	×	×	√	×

^a 表中注有“√”的照射途径，表示表列的照射情景所涉及的途径，但涉及的程度不尽相同，需要根据场址开放后的具体用途，通过选择合适的相关参数来体现。主要相关参数的选择可参考表 A. 2。
^b 所用水源来自当地井水。
^c 肉、奶、饮水均来自场外。
^d 水、食品消费均来自场外。
^e 除了特产家禽和鱼以外，饮水和食品均来自场外。
^f 土壤中有铀或镭污染时需考虑。

图 6.3-1 不同开放用途下主要的可能照射途径

(1) 外照射：由放射性核素经地表直接照射对人体产生的外照射；

(2) 吸入内照射：由放射性核素产生的场内污染空气，如微尘等，经人体吸入导致的吸入内照射；

(3) 食入内照射：由环境途径导致人体食入含放射性核素的土壤导致的食入内照射。

(4) 饮水途径：本工程在水文地质调查时未发现泉水等出漏点，本次保守估计出漏点位于生地湾农场，根据现场调查资料，生地湾农场灌溉用水不采用地下水，生地湾农场灌溉用水来自跃进渠，该渠为金塔县西干渠的支渠形成的灌渠网络，渠水均引自鸳鸯池水库。

本次计算正常景象（随地下水迁移）以及事故打井景象时，假定填埋场接收废物中的核素比活度按表 3.1-3 中的核素平均比活度进行计算，对于其余事故景象，保守按表 3.1-3 中的核素指导水平进行计算。经分析和筛选，本工程接收的废物中主要核素为：H-3、C-14、Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、Eu-152、Eu-154、Np-237、Pu-239、U（U-234、U-238、U-235）、Am-241。其接收浓度限值见下表 6.3-1。

表 6.3-1 本工程接收废物中主要核素、浓度限值及平均比活度

核素	最大比活度 (Bq/g)	平均比活度 (Bq/g)
Cs-137	10	1.65E+00
Co-60	10	4.10E-01
Sr-90	100	1.22E+01
Ni-63	10000	2.30E+02
C-14	10	1.00E-02
Pu-239	1	9.08E-01
H-3	1000	5.00E-01
Eu-152	10	4.00E-02
Eu-154	10	4.00E-02
Np-237	1	1.20E-01
Am-241	0.1	1.60E-02
U-234*	90	7.3E+00
U-235*	4	3.00E-01
U-238*	56	4.6E+00

注：*：U-234、U-235、U-238 活度浓度指导值按照 U 最大比活度 150Bq/g 和平均比活度 12.2Bq/g、U-235 丰度为 1% 推导得出。

6.3.2 地下水途径影响

6.3.2.1 地下水核素迁移途径概化

填埋场工程采用地下填埋方式进行填埋处置，填埋场宽度为 46 m，地面以下 5m。填埋场关闭后，由于工程劣化，使得降雨与填埋废物接触，核素被雨水浸出，随雨水进入非饱和带，然后进入含水层，随地下水一起迁移，根据现有水文地质资料，本次保守估计出漏点位于生地湾农场，根据资料，生地湾农场灌溉用水不采用地下水，生地湾农场灌溉用水来自跃进渠，该渠为金塔县西干渠的支渠形成的灌渠网络，渠水均引自鸳鸯池水库。因此，计算时不考虑农业场景，保守假定生地湾农场饮用地下水，计算公众剂量。核素随地下水在地质中的迁移途径见图 6.3-2，核素的迁移及照射途径见图 6.3-3。

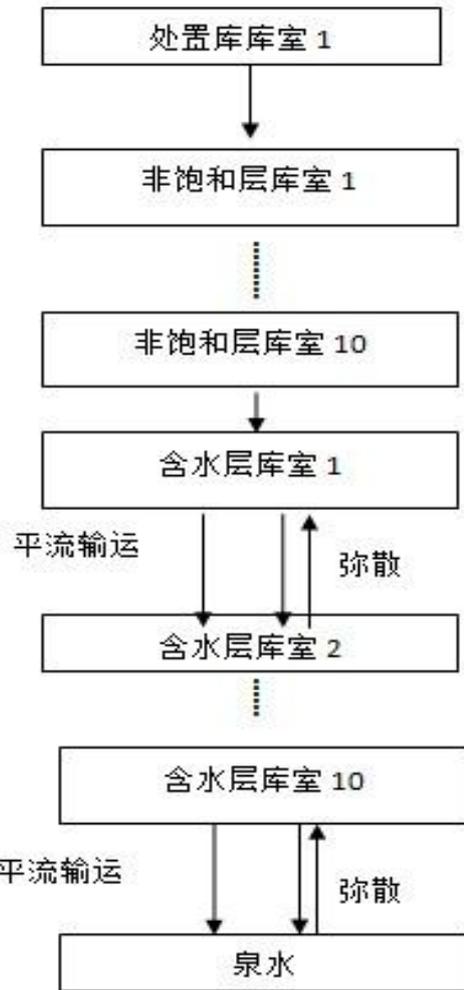


图 6.3-2 核素随地下水在地质中的迁移途径概化模型

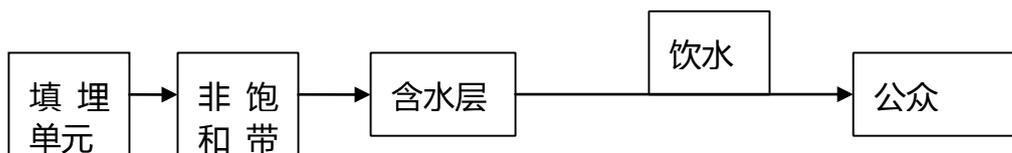


图 6.3-3 核素迁移及照射途径

6.3.2.2 计算软件

本次计算核素迁移采用 Ecolego 软件。Ecolego 软件由瑞典的 Facilia AB 公司开发，用于放射性废物处置系统的安全评价软件。

Ecolego 软件在模拟处置系统时，根据概念模型将系统分成一系列的库室，每个库室是具有一定边界的空间，假设污染物一进入库室立即混合，使整个库室的浓度均匀。迁移过程用一个迁移比率来表示，迁移比率表示 t 时刻单位时间里某库室由于迁移失去或者得到的某种核素活度与这个库室 t 时刻该核素的总活度比值。

放射性核素 N 在库室 i 中 t 时刻的总量为 N_i (Bq), 对于第 i 个库室, 库室中该核素总量随时间变化率满足以下一阶线性微分方程:

$$\frac{dN_i}{dt} = \left[\sum_{j \neq i} \lambda_{ji} N_j + \lambda_M M_i + S_i \right] - \left[\sum_{j \neq i} \lambda_{ij} N_i + \lambda_N N_i \right] \quad (6.1)$$

式中, i, j 表示库室; N, M 表示放射性核素 N 和 M (在衰变链中, N 是 M 的子体) 在库室中的量, Bq; S 为放射性核素 N 的其他外界源漏项, Bq/a; λ_N 为核素 N 的衰变常数, a^{-1} ; λ_M 为放射性核素 M 的衰变常数, a^{-1} ; λ_{ji} 为从库室 j 中得到放射性核素 N 的迁移比率, a^{-1} ; λ_{ij} 为从库室 i 中失去放射性核素 N 的迁移比率, a^{-1} 。

6.3.2.3 核素在填埋单元内的迁移

Ecolego 软件计算核素在填埋单元内迁移时考虑了核素的衰变、吸附和垂直向下迁移。入渗水引起的核素垂直向下的迁移比率 (λ_{inf} , a^{-1}) 由下面的方程给出:

$$\lambda_{inf} = \frac{q}{L\theta_w R} \quad (6.2)$$

式中: q 是通过填埋单元的达西流速 (m/a), 即入渗量; L 是放射性核素迁移的总的长度 (m), 即为填埋单元的高度; θ_w 是填埋单元内介质的有效孔隙度; R 为填埋单元介质对核素的滞留系数, 其值由下式给出:

$$R = 1 + \frac{\rho K_d}{\theta_w} \quad (6.3)$$

式中: ρ 为填埋单元介质的密度 (kg/m^3), K_d 为核素在填埋单元介质中的分配系数 (m^3/kg)。

6.3.2.4 核素在非饱和带中的迁移

从填埋单元底泄漏出来的核素进入到非饱和带中, 核素在非饱和带中迁移规律与核素在填埋单元内的迁移规律相同, 核素垂直向下的迁移过程见 (6.2) 式和 (6.3) 式。

垂直通过非饱和带的达西流速与填埋单元内的相同, 为满足计算精度, 非饱和带库室取为 10 个。

6.3.2.5 核素在含水层中的迁移

从非饱和带泄漏的核素进入到含水层，在计算核素在含水层中迁移时，本次计算考虑了衰变、吸附、对流和弥散，在计算时，假定：①不存在其他泄漏源项，即 $S(t)$ 恒定为 0；②含水层内垂直方向上核素混合均匀；③忽略分子扩散；④考虑核素的衰变；⑤考虑核素沿地下水流方向的迁移。核素在含水层中的迁移可以用下式表示^[8]：

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{D_x}{\theta_w} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{q}{\theta_w} \frac{\partial C}{\partial x} - R_T \lambda_T C_p \quad (6.4)$$

式中， x 是指核素沿地下水流方向迁移的距离，m； t 是从关闭时记起的时间，a； C 为地下水中核素浓度，Bq/m³； q 为地下水的达西流速，m/a； θ_w 是含水层的有效孔隙度， q/θ_w 即为地下水的实际流速，m/a； D_x 为纵向弥散系数，m²/a， $D_x = a_x q / \theta_w$ ，其中， a_x 为纵向弥散度，m； λ_T 为核素的衰变常数，a⁻¹。

Ecolego 软件计算核素在含水层中迁移时，考虑了地下水流的平流输运和弥散，对于平流输运，可以用平流输运的迁移比率 $\lambda_{A,ij}$ 表示，对于弥散作用，可以用弥散的迁移比率 $\lambda_{D,ij}$ 表示：

$$\lambda_{A,ij} = \frac{q}{\theta_w L_i R} \quad (6.5)$$

$$\lambda_{D,ij} = \frac{a_x}{\Delta x} \lambda_{A,ij} \quad (6.6)$$

式中， L_i 为含水层中库室的长度，m； Δx 为核素在介质中的纵向迁移距离，m。

6.3.2.6 初始源项

本填埋场工程接收废物按 12 万 m³ 计算，废物体密度按 3000kg/m³ 计算，废物比活度按平均比活度计算，则填埋场接收废物的总的放射性活度、关闭时的总活度以及监护期结束后的总活度见表 6.3-2。计算时，考虑 ²³⁸U、²³⁹Pu、²⁴¹Am 和衰变链中的长寿命子体。

表 6.3-2 填埋场工程核素总活度

核素	半衰期 (a)	比活度 (Bq/g)	总活度 (Bq)
Cs-137	30.2	1.65E+00	5.94E+11
Co-60	5.27	4.10E-01	1.48E+11
Sr-90	29.1	1.22E+01	4.39E+12
Ni-63	100.1	2.30E+02	8.28E+13
C-14	5730	1.00E-02	3.60E+09
Pu-239	2.41E04	9.08E-01	3.27E+11
H-3	12.4	5.00E-01	1.80E+11
Eu-152	13.3	4.00E-02	1.44E+10
Eu-154	8.8	4.00E-02	1.44E+10
Np-237	2.14E+06	1.20E-01	4.32E+10
Am-241	432	1.60E-02	5.76E+09
U-234	2.44E+05	7.3E+00	2.63E+12
U-235*	7.04E+08	3.00E-01	1.08E+11
U-238*	4.47E+09	4.6E+00	1.66E+12
合计	/	/	9.29E+13

$^{239}\text{Pu} \rightarrow ^{235}\text{U} \rightarrow ^{231}\text{Pa} \rightarrow ^{227}\text{Ac}$

$^{241}\text{Am} \rightarrow ^{237}\text{Np} \rightarrow ^{233}\text{Pa} \rightarrow ^{233}\text{U} \rightarrow ^{220}\text{Th}$

$^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{U} \rightarrow ^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{210}\text{Po}$

6.3.2.7 计算参数取值

(1) 入渗量

填埋场在运行期间有防雨棚和人员监护，在监护期（300 年）内也有人员在进行现场监护，防止填埋场损坏。因此，保守假定监护期结束后，工程屏障完全失效，雨水进入到填埋单元，进入填埋单元的雨水量保守假定为降雨量的 10%。该值是保守的，主要是填埋场降水一部分通过地表径流流走，一部分通过大气蒸发带走，只有很少一部分进入到填埋单元，本工程位于戈壁沙漠地区，年降雨量只有 60.3mm，年蒸发量达到 2538mm，蒸发量远大于降雨量。因此，进入填埋单元的雨水量取降雨量的 10%即 6mm/a 是保守的。

(2) 水文参数

计算过程中涉及的水文参数见表 6.3-3。由于未进行厂区水文地质详勘，因此，本次假定非饱和层厚度为 10m（参考 1km 外的东方新环极低放废物填埋场）。含水层厚度取 40m，地下水流速取平均值 0.385m/d，约 140m/a。假定地下水出漏点位于生地湾农场，距离本填埋场地下水下游约 6km。

表 6.3-3 场址水文参数取值

名称	描述	厚度 (m)	长 (m)	干密 度 (kg/m ³)	有效孔 隙度	实际流速	弥散度
填埋单 元区	混凝土、 碎石等	5m	—	3000	0.3	入渗量除以 有效孔隙度	不考虑
非饱和 带	微风化板 岩	10m	—	2000	0.15	入渗量除以 有效孔隙度	不考虑
含水层	强风化板 岩	40m	6000	2000	0.28	140 m/a	600m

(3) 核素的分配系数

填埋单元中的分配系数、非饱和带中的分配系数以及含水层中各核素的分配系数取自 IAEA-TECDOC-1380，见表 6.3-4。

表 6.3-4 不同介质中元素的 Kd 值 (m³/kg)

核素	填埋单元	非饱和带	含水层
Cs	2.7E-1	3.0E-1	3.0E-1
Co	6.0E-2	1.5E-2	1.5E-2
Sr	1.3E-2	1.5E-2	1.5E-2
Ni	4.0E-1	4.0E-1	4.0E-1
C	1.0E-1	5.0E-3	5.0E-3
Pu	5.4E-1	3.4E-1	3.4E-1
H	1.0E-4	0	0
Eu	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1
Np	4.1E-3	3.4E-1	3.4E-1
Am	2.0E+0	3.4E-1	3.4E-1
U	3.3E-2	5.6E-1	5.6E-1
Pa	5.4E-1	3.4E-1	3.4E-1
Ac	4.5E-1	3.4E-1	3.4E-1
Th	3.0E+0	3.0E+0	3.0E+0
Ra	4.9E-1	5.0E-1	5.0E-1
Pb	2.7E-1	3.0E-1	3.0E-1
Po	1.5E-1	1.5E-1	1.5E-1

注：参数取自 IAEA-TECDOC-1380 报告。

(4) 库室划分及库室参数

由于 Ecolego 软件采用的是库室模型进行核素的迁移计算，因此，填埋单元、非饱和带和含水层中库室的划分对计算结果的精确性至关重要。

计算核素在填埋单元内迁移时，由于假定核素在填埋单元内是均匀分布的，因此，可以不考虑扩散的影响。由于不考虑扩散，核素在填埋单元中的迁移主要考虑随入渗水的迁移，因此把整个填埋单元划分为 1 个库室可以满足精度要求。

计算核素在非饱和带中迁移时，根据 IAEA 的相关资料和相关的计算，将非饱和带分成 10 个库室。

计算核素在含水层中迁移时，为满足计算精度的要求，库室的数量应该大于等于 Pe 数，其中 Pe 数等于：

$$Pe = \frac{L_T}{a_x}$$

式中， L_T 为含水层的长度，m； a_x 为纵向弥散度，m。根据 IAEA 相关报告和《多孔介质污染物迁移动力学》等相关资料，当考虑宏观尺度效应时，选纵向弥散度为迁移距离的 1/10，最终将含水层分成 10 个库室。表 6.3-5、表 6.3-6、表 6.3-7 给出了核素在填埋单元、非饱和带和含水层中迁移的计算参数。

表 6.3-5 填埋单元的计算参数

库室情况	单位	数值
库室个数	-	1
总的迁移距离	M	5
有效孔隙度	-	0.3
实际流速	m/a	0.02

表 6.3-6 非饱和带的计算参数

库室情况	单位	数值
库室个数	-	10
总的迁移距离	m	10
有效孔隙度	-	0.15
实际流速	m/a	0.04

表 6.3-7 含水层的计算参数

库室情况	单位	数值
库室个数	-	10
总的迁移距离	m	6000
对流迁移距离	m	600
弥散面积	m ²	4.0×10 ³
弥散距离	m	600
库室体积	m ³	2.4×10 ⁶
弥散度（考虑宏观尺度效应）	m	600
有效孔隙度	-	0.28
实际流速	m/a	140

6.3.2.8 核素随地下水迁移结果

(1) 核素从埋埋单元的释放率

表 6.3-8 和图 6.3-4 给出核素从埋埋单元底部释放的峰值及其峰值出现时间。埋埋单元底部的核素释放率由处置单位内的各核素的活度浓度与埋埋单元中各核素的迁移比率的乘积求得。

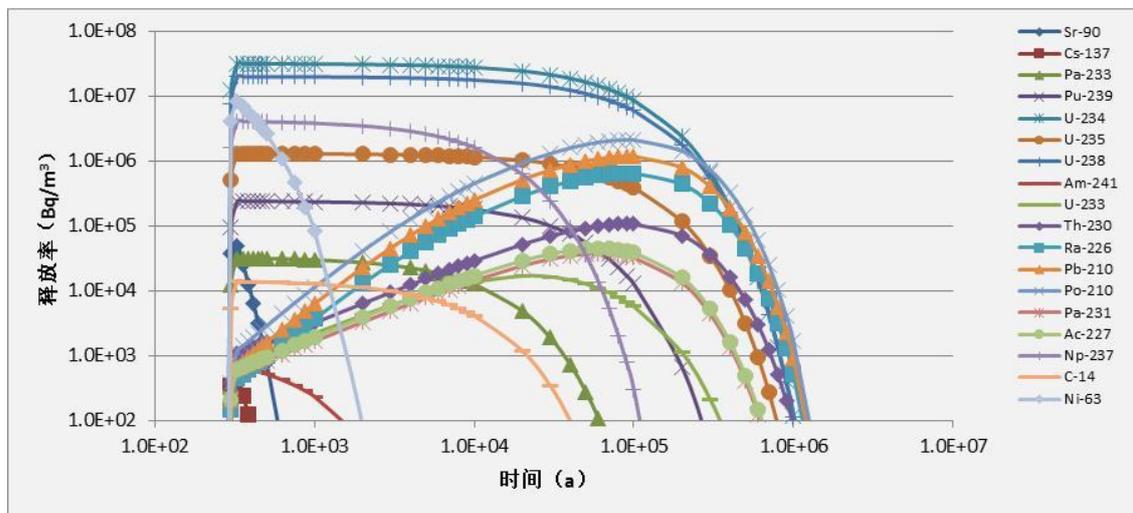


图 6.3-4 核素从埋埋单元底部释放率与时间的关系

(2) 核素从非饱和带的释放率

表 6.3-9 和图 6.3-5 给出核素从非饱和带释放的峰值及其峰值出现时间。非饱和带的核素释放率由非饱和带最后一个库室的核素活度与非饱和带中各核素的迁移比率的乘积求得。

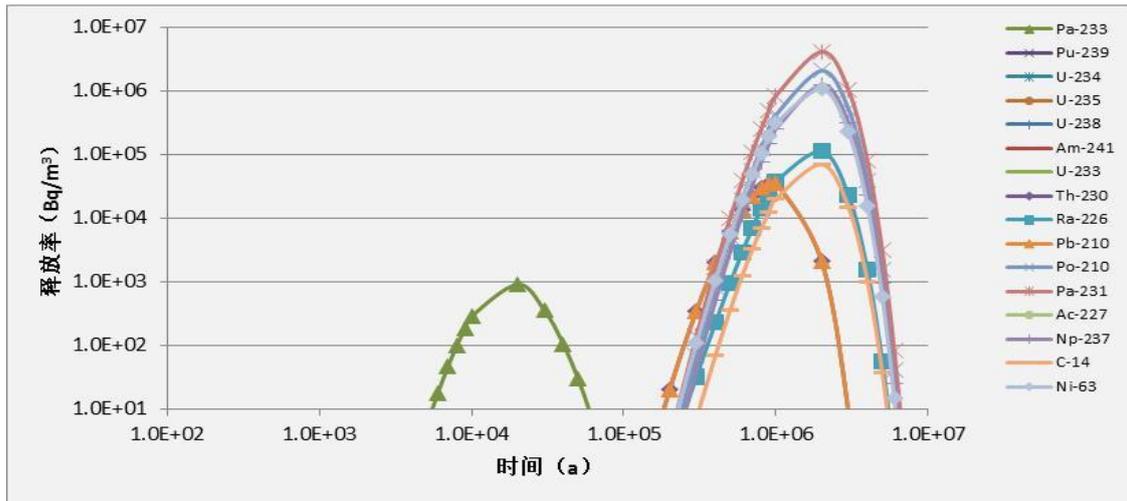


图 6.3-5 核素从非饱和带的释放率与时间的关系

(3) 核素从含水层的释放率及井水中核素浓度

表 6.3-10 和图 6.3-6 给出井水中各核素最大浓度以及其峰值出现时间。泉水中放射性核素浓度 C 可以用下式表示：

$$C = \frac{A}{(\theta_w + \rho \times Kd) \times V} \quad (6.7)$$

式中， A 为含水层库室中放射性核素的量， Bq ； V 为含水层中库室的体积， m^3 。在计算时，根据现有水文地质资料，地下水含水层厚度为 40m，含水层宽度保守取 100m，则 V 为 $2.4 \times 10^6 m^3$ ，库室的长度等于核素迁移的距离除以库室的个数，本次核素在地下水中迁移的总的距离取为 6000m，库室的个数取 10 个，因此，每个库室的长度为 600m。

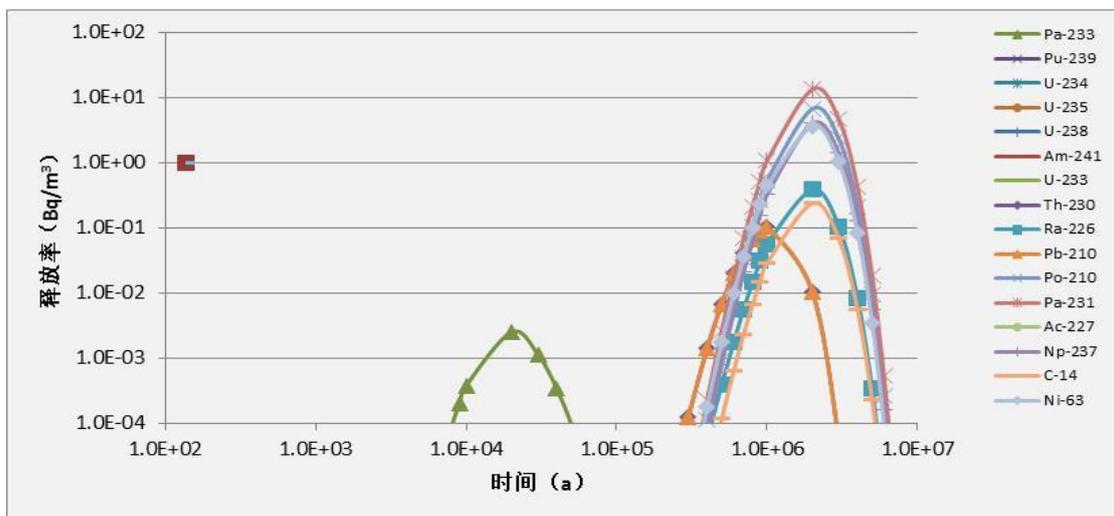


图 6.3-6 井水中核素浓度与时间的关系

表 6.3-8 核素从填埋单元底部释放的峰值及其出现时间

核素	Cs-137	Co-60	Sr-90	Ni-63	C-14	Pu-239	H-3	Eu-152	Eu-154	Np-237	Am-241
最大释放率 (Bq/a)	8.73E3	/	9.79E4	1.04E7	1.39E4	2.40E5	1.70	/	/	4.11E6	7.12E2
最大值时间 (a)	300	/	300	300	300	300	300	/	/	300	300
核素	U-235	U-238	Pa-231	Ac-227	Pa-233	U-233	Th-230	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210
最大释放率 (Bq/a)	1.31E6	2.01E7	3.37E4	4.48E4	3.20E4	1.70E4	1.07E5	3.18E7	6.52E5	2.13E6	1.18E7
最大值时间 (a)	300	300	6.10E4	6.10E4	300	3.01E4	9.09E4	300	9.31E5	9.31E5	9.31E5

表 6.3-9 核素从非饱和带向饱和带释放的峰值及其出现时间

核素	Cs-137	Co-60	Sr-90	Ni-63	C-14	Pu-239	H-3	Eu-152	Eu-154	Np-237	Am-241
最大释放率 (Bq/a)	/	/	/	/	9.60E+02	1.90E-02	/	/	/	3.62E+04	/
最大值时间 (a)	/	/	/	/	1.78E4	2.71E5	/	/	/	9.95E5	/
核素	U-235	U-238	Pa-231	Ac-227	Pa-233	U-233	Th-230	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210
最大释放率 (Bq/a)	7.53E+04	1.16E+06	1.24E+05	1.24E+05	3.62E+04	2.20E+04	2.14E+05	6.52E+06	1.29E+06	2.14E+06	4.29E+06
最大值时间 (a)	1.76E6	1.76E6	1.73E6	1.73E6	9.95E5	1.09E6	1.86E6	1.76E6	1.86E6	1.86E6	1.86E6

注：值小于 1E-5 不再计算

表 6.3-10 泉水中核素浓度峰值及其出现时间

核素	Cs-137	Co-60	Sr-90	Ni-63	C-14	Pu-239	H-3	Eu-152	Eu-154	Np-237	Am-241
泉水浓度 (Bq/m ³)	/	/	/	/	2.52E-3	/	/	/	/	1.10	/
最大值时间 (a)	/	/	/	/	1.90E4	/	/	/	/	1.10E6	/
核素	U-235	U-238	Pa-231	Ac-227	Pa-233	U-233	Th-230	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210
泉水浓度 (Bq/m ³)	2.37E-1	3.65	3.90E-1	3.90E-1	1.10E-1	6.73E-2	6.75E-01	3.66	4.05	6.76	1.35E+01
最大值时间 (a)	1.95E6	1.95E6	1.90E6	1.90E6	1.10E6	1.20E6	2.02E6	1.95E6	2.02E6	2.02E6	2.02E6

注：值小于 1E-5 不再计算

6.3.2.9 个人剂量

本报告保守假设填埋场关闭后的时期内，生地湾农场居民饮用井水，饮用井水所致个人剂量由下式计算得到：

$$D_{W,P} = Q \sum_i C_i g_g \quad (6.8)$$

式中： $D_{W,P}$ 为饮用山泉水所致个人剂量，Sv/a； Q 为饮用水量，成人取 $0.73\text{m}^3/\text{a}$ ； C_i 为井水中核素 i 的浓度， Bq/m^3 ； g_g 为 i 种核素的食入剂量转换因子，Sv/Bq。

各核素所致剂剂量与时间关系见表 6.3-11、表 6.3-12 和图 6.3-7、图 6.3-8。

表 6.3-11 各核素所致个人最大剂量其出现时间

核素	C-14	Np-237	U-235	U-238	Pa-231	Ac-227	Pa-233
剂量 (Sv/a)	1.07E-12	8.85E-9	8.14E-9	1.18E-7	2.02E-7	3.13E-7	7.00E-11
出现时间 (a)	1.94E4	1.10E6	1.95E6	1.95E6	1.90E6	1.90E6	1.11E6
核素	U-233	Th-230	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210	
剂量 (Sv/a)	2.50E-9	1.04E-7	1.31E-7	8.28E-7	3.40E-6	1.18E-5	
出现时间 (a)	1.20E6	2.02E6	1.95E6	2.02E6	2.02E6	2.02E6	

注：值小于 $1\text{E}-12$ 不再计算

表 6.3-12 填埋场关闭后剂量峰值及出现时间

核素	第一个剂量峰值		第二个剂量峰值	
	剂量 (Sv/a)	占比	剂量 (Sv/a)	占比
C-14	1.07E-12	100%	/	/
Np-237	/	/	7.53E-10	0.0%
U-235	/	/	8.05E-09	0.0%
U-238	/	/	1.19E-07	0.7%
Pa-231	/	/	1.98E-07	1.2%
Ac-227	/	/	3.07E-07	1.8%
Pa-233	/	/	5.95E-12	0.0%
U-233	/	/	3.55E-10	0.0%
Th-230	/	/	1.04E-07	0.6%
U-234	/	/	1.30E-07	0.8%
Ra-226	/	/	8.28E-07	4.9%
Pb-210	/	/	3.40E-06	20.1%
Po-210	/	/	1.18E-05	69.8%
总剂量	1.07E-12	100%	1.69E-05	100.0%
出现时间 (a)	1.94E+4		2.02E+06	

由表和图可见，填埋场关闭后，公众饮水途径对公众造成的剂量随时间逐渐增大，在关闭后的 $1.94E+4$ 年左右达到第一个峰值，剂量为 $1.07E-12Sv/a$ ，此时，关键核素为 C-14，对公众剂量贡献占比约 100%；随后逐渐减少， $2.0E+5$ 年左右达到低谷，然后逐渐增大，在 $2.02E+6$ 年左右达到第二个剂量峰值，剂量为 $1.69E-05Sv/a$ ，关键核素为 Po-210，对公众剂量贡献占比约 69.8%。

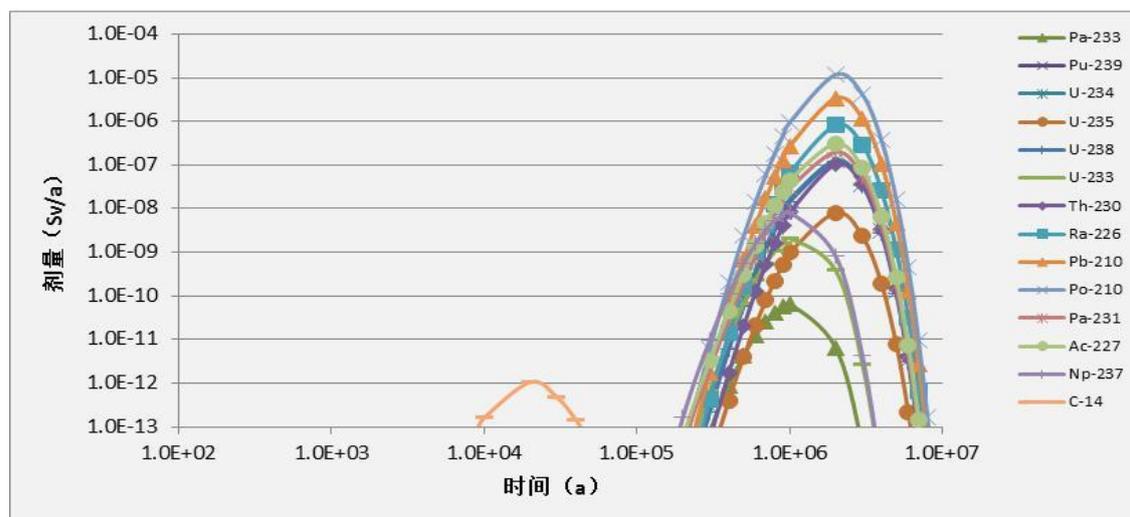


图 6.3-7 各核素所致公众剂量与时间的关系

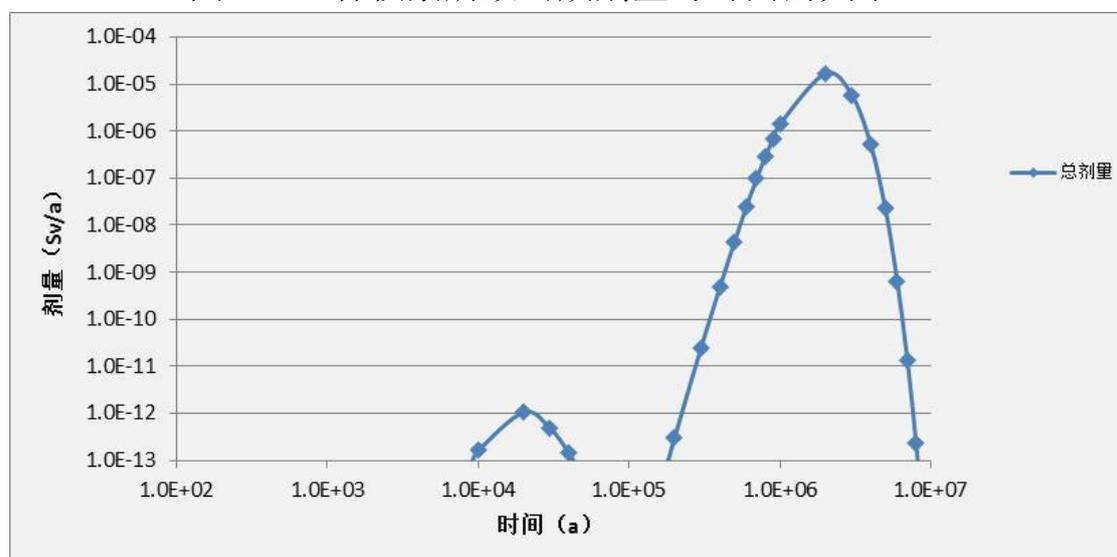


图 6.3-8 各核素所致公众剂量与时间的关系

6.3.3 事故影响

本工程位于核技术产业园区，该园区建设用地属于工业用地，因此，关闭后的事故景象考虑工业用地景象进行分析，计算参考

《推导退役后场址土壤中放射性残存物可接受活度浓度的照射情景、计算模式和参数》(EJ/T 1191-2005)给出的工业照射情景、参数和模式进行计算。考虑的事故景象主要有填埋场下游边界处打井饮水,以及在填埋单元上方钻孔、钻孔后岩芯撒落、建造办公用房以及在填埋场上方居住办公景象。本次计算事故景象发生在填埋场有组织监控期满后(关闭后 300 年)和关闭后 500 年。

6.3.3.1 处置场下游边界打井饮水

假定打井位于填埋场周界地下水下游 100m 处。核素随地下水的迁移概化模型与正常情况下的一致,计算时库室的划分与正常情况下库室的划分相同。核素从填埋单元出来以后,先进入非饱和带,然后进入到含水层进入到井水中,计算过程中填埋库和非饱和带库室的相关参数与正常情况下的参数相同,由于在填埋场下游边界打井,使得含水层库室的参数与正常情况下的参数有所改变,计算时含水层中的相关参数见表 6.3-13。表 6.3-14、表 6.3-15 和图 6.3-9、图 6.3-10 给出了打井时各核素所致个人最大有效剂量。

表 6.3-13 打井景象时含水层库室的相关参数

库室情况	单位	数值
库室个数	-	10
总的迁移距离	m	100
对流迁移距离	m	10
弥散面积	m ²	4.0×10 ³
弥散距离	m	10
库室体积	m ³	4.0×10 ⁴
弥散度	m	10
实际流速	m/a	140

表 6.3-14 各核素所致个人最大剂量其出现时间

核素	C-14	Np-237	U-235	U-238	Pa-231	Ac-227	Pa-233
剂量 (Sv/a)	1.29E-12	9.26E-9	8.23E-9	1.21E-7	2.05E-7	3.17E-7	7.32E-11
出现时间 (a)	1.78E4	9.96E5	1.78E6	1.78E6	1.73E6	1.73E6	9.96E5
核素	U-233	Th-230	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210	
剂量 (Sv/a)	2.61E-9	1.05E-7	1.33E-7	8.39E-7	3.44E-6	1.20E-5	
出现时间 (a)	1.09E6	1.86E6	1.76E6	1.86E6	1.86E6	1.86E6	

注：值小于 1E-12 不再计算

表 6.3-15 填埋场关闭后剂量峰值及出现时间

核素	第一个剂量峰值		第二个剂量峰值	
	剂量 (Sv/a)	占比	剂量 (Sv/a)	占比
C-14	1.29E-12	100%	/	/
Np-237	/	/	9.84E-10	0.0%
U-235	/	/	8.12E-09	0.0%
U-238	/	/	1.20E-07	0.7%
Pa-231	/	/	2.00E-07	1.2%
Ac-227	/	/	3.10E-07	1.8%
Pa-233	/	/	7.78E-12	0.0%
U-233	/	/	4.55E-10	0.0%
Th-230	/	/	1.05E-07	0.6%
U-234	/	/	1.31E-07	0.8%
Ra-226	/	/	8.39E-07	4.9%
Pb-210	/	/	3.44E-06	20.1%
Po-210	/	/	1.20E-05	70.0%
总剂量	1.29E-12	100%	1.72E-05	100.0%
出现时间 (a)	1.78E+4		1.86E+06	

由表和图可见，填埋场关闭后在填埋场边界处打井，公众饮水途径对公众造成的剂量随时间逐渐增大，在关闭后的 $1.78 \div 10^4$ 年左右达到第一个峰值，剂量为 $1.29E-12Sv/a$ ，此时，关键核素为 C-14，对公众剂量贡献占比约 100%；随后逐渐减少， 1.8×10^5 年左右达到低谷，然后逐渐增大，在 1.86×10^6 年左右达到第二个剂量峰值，剂量为 $1.72E-05Sv/a$ ，关键核素为 Po-210，对公众剂量贡献占比约 70.0%。

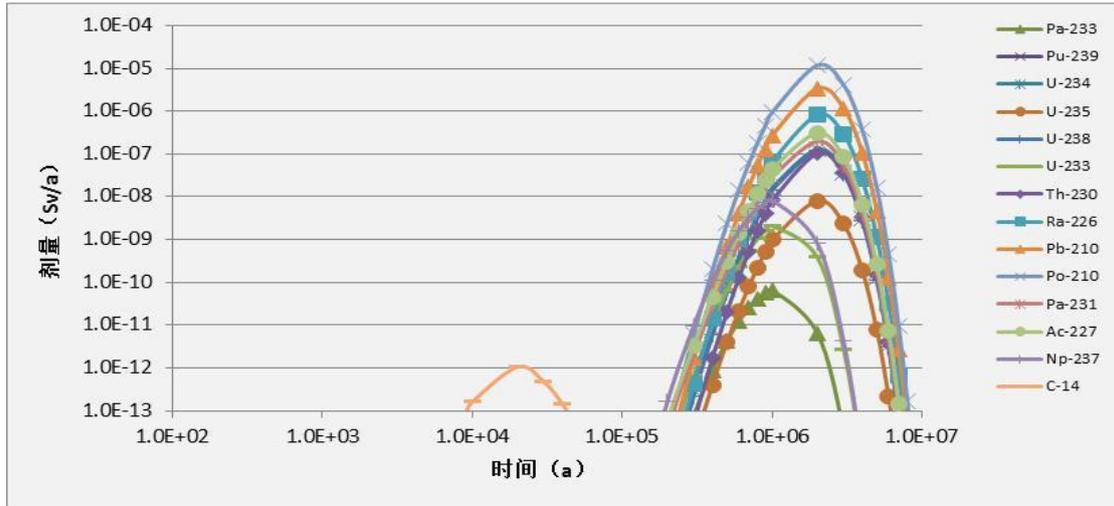


图 6.3-9 各核素所致公众剂量与时间的关系

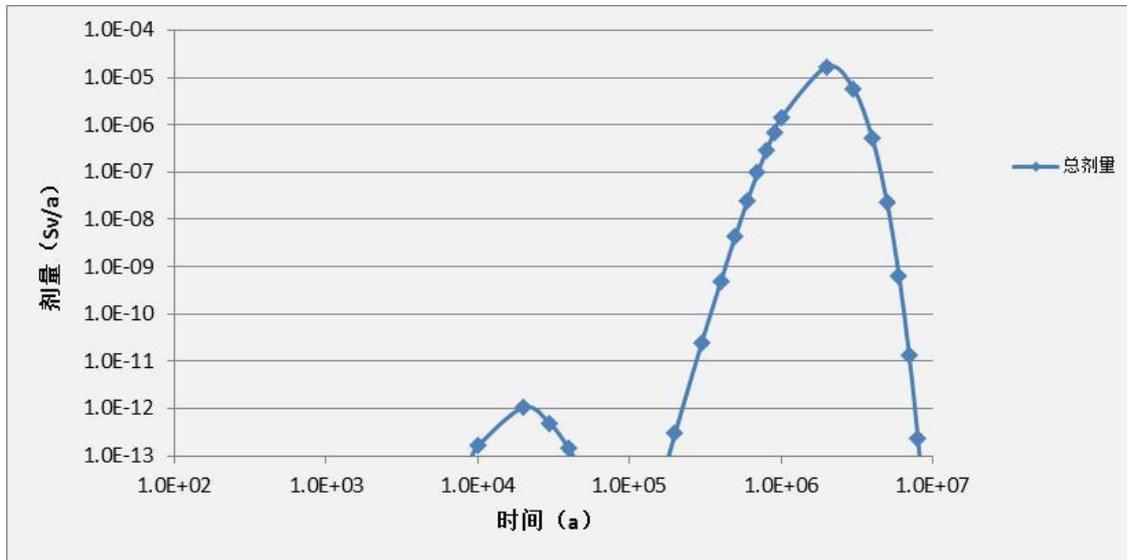


图 6.3-10 各核素所致公众总剂量与时间的关系

6.3.3.2 钻孔

假定钻孔发生在填埋单元关闭后 300、500 年内，考虑因外照射和粉尘吸入内照射二种途径，为保守计算，废物体中的核素浓度采用活度浓度指导值进行计算。钻探岩芯直径 $D=0.1\text{m}$ ，含有废物的长度为 $L=5\text{m}$ ，核素均匀分布，简化为线源，操作人员距岩芯 $R=0.5\text{m}$ ，操作人员因某种核素外照射所致剂量为：

$$H_{\text{外}} = t \frac{47.4A\Gamma}{LR} \text{tg}^{-1} \frac{L}{2R} \quad (6.9)$$

式中, $H_{外}$ 为外照射所致剂量, Sv; t 为工作人员接触含有废物的岩芯时间, s, 假定为 28800s (8h); A 为 5m 长的岩芯中放射性核素活度, Bq; Γ 为照射量率常数, $C \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ Bq}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 在考虑不同核素的衰变类型和能量及 300 年、500 年剩余在填埋单元内的比活度, 外照射考虑 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{152}Eu 、 ^{154}Eu 等。提取的岩芯体积为 $V = \pi \times 0.05^2 \times 5 = 0.0393 \text{ m}^3$, 岩芯中的放射性核素活度为 $A = \rho \cdot V \cdot S$, A 为岩芯中的放射性核素活度, Bq; ρ 为填埋废物密度, 取 3000 kg/m^3 ; V 为岩芯的体积; S 为经过 t 时间后填埋单元内剩余的放射性核素的比活度, Bq/kg。表 6.3-16 给出了填埋场关闭 300 年、500 年后岩芯中核素比活度以及空气中核素活度。

假定为干法钻探, 根据《中国核工业三十年辐射环境质量评价》(潘自强等编著, 原子能出版社, 1994), 地区空气中灰尘范围为 $10^{-5} \sim 10^{-2} \text{ g/m}^3$, 计算取值为 $1 \times 10^{-2} \text{ g/m}^3$, 并假定全部是钻探所致的含有废物的灰尘, 因吸入某种核素内照射所致剂量为:

$$H_{内} = t\eta CF \quad (6.10)$$

式中, H 为吸入所致内照射剂量, Sv; η 为从事体力工作者的空气呼吸率, $0.02 \text{ m}^3/\text{min}$; t 为接触时间, 假定接触 480min (8 小时); F 为吸入剂量转换因子, Sv/Bq, 其值见表 6.3-17; C 为空气中核素浓度, Bq/m^3 , $C = \frac{A(t)}{V_{\text{处置库}} \times \rho} \times S$, S 为空气中的载尘量, $1 \times 10^{-2} \text{ g/m}^3$ 。

表 6.3-18 给出了不同时间钻孔事故所致操作人员剂量, 从表中可以看出, 300a 和 500a 时的个人有效剂量均为 $1.44 \times 10^{-4} \text{ Sv}$, 关键核素均为 ^{234}U , 关键途径均为吸入放射性核素造成的内照射, 小于剂量控制值 1 mSv/次 。

表 6.3-16 填埋库、岩芯以及空气放射性活度、比活度

核素	300 年			500 年		
	岩芯中核素比活度 (Bq/g)	岩芯中总活度 (Bq)	空气中核素浓度 (Bq/m ³)	岩芯中核素比活度 (Bq/g)	岩芯中总活度 (Bq)	空气中核素浓度 (Bq/m ³)
Cs-137	9.16E-03	1.08E+03	9.15E-05	9.33E-05	1.10E+01	9.29E-07
Co-60	4.10E-17	4.83E-12	4.10E-19	1.55E-28	1.83E-23	1.55E-30
Sr-90	7.02E-02	8.28E+03	7.02E-04	6.00E-04	7.07E+01	6.00E-06
Ni-63	1.21E+03	1.43E+08	1.21E+01	3.03E+02	3.57E+07	3.03E+00
C-14	9.67E+00	1.14E+06	9.64E-02	9.41E+00	1.11E+06	9.41E-02
Pu-239	9.92E-01	1.17E+05	9.91E-03	9.84E-01	1.16E+05	9.86E-03
H-3	4.00E-05	4.72E+00	4.01E-07	5.61E-10	6.61E-05	5.60E-12
Eu-152	1.26E-06	1.49E-01	1.27E-08	3.77E-11	4.45E-06	3.78E-13
Eu-154	3.80E-10	4.48E-05	3.80E-12	5.50E-17	6.48E-12	5.49E-19
Np-237	1.00E+00	1.18E+05	1.00E-02	1.00E+00	1.18E+05	1.00E-02
Am-241	6.13E-02	7.23E+03	6.13E-04	4.44E-02	5.24E+03	4.45E-04
U-234	9.00E+01	1.06E+07	9.00E-01	9.00E+01	1.06E+07	9.00E-01
U-235	4.00E+00	4.72E+05	4.00E-02	4.00E+00	4.72E+05	4.00E-02
U-238	5.60E+01	6.61E+06	5.60E-01	5.60E+01	6.61E+06	5.60E-01

表 6.3-17 核素的剂量率转换因子

核素	食入剂量转换因子 F_i	吸入剂量转换因子 F	外照射剂量转换因子 (Sv/a) / (Bq/m ²)	照射量率常数 $C_{m2 kg^{-1} Bq^{-1} s^{-1}}$
Cs-137	1.30E-08	3.90E-08	1.8E-8	6.32E-19
Co-60	3.40E-09	3.10E-08	7.5E-8	2.56E-18
Sr-90	2.80E-08	1.60E-07	3.5E-9	/
Ni-63	1.50E-10	1.30E-09	0	0
C-14	5.80E-10	5.80E-09	0	0
Pu-239	2.50E-07	1.20E-04	2.8E-11	/
H-3	4.20E-11	2.60E-10	0	0
Eu-152	1.40E-09	4.20E-08	1.9E-9	8.80E-19
Eu-154	2.00E-09	5.30E-08	3.8E-8	1.24E-18
Np-237	1.10E-07	5.00E-05	7.2E-9	/
Am-241	2.00E-07	9.60E-05	8.9E-10	2.30E-20
U-234	4.90E-08	9.40E-06	5.3E-8	/
U-235*	4.70E-08	8.50E-06	5.3E-9	/
U-238*	4.50E-08	8.00E-06	6.0E-8	/

表 6.3-18 钻孔事故下公众个人所受剂量

核素	300年			500年		
	外照射剂量 (Sv)	吸入剂量 (Sv)	总剂量 (Sv)	外照射剂量 (Sv)	吸入剂量 (Sv)	总剂量 (Sv)
Cs-137	5.33E-10	3.44E-11	5.68E-10	5.40E-12	3.49E-13	5.75E-12
Co-60	9.65E-24	1.22E-25	9.77E-24	3.65E-35	4.61E-37	3.70E-35
Sr-90	0.00E+00	1.08E-09	1.08E-09	0.00E+00	9.26E-12	9.26E-12
Ni-63	0.00E+00	1.51E-07	1.51E-07	0.00E+00	3.78E-08	3.78E-08
C-14	0.00E+00	5.36E-09	5.36E-09	0.00E+00	5.24E-09	5.24E-09
Pu-239	0.00E+00	1.14E-05	1.14E-05	0.00E+00	1.14E-05	1.14E-05
H-3	0.00E+00	9.98E-16	9.98E-16	0.00E+00	1.40E-20	1.40E-20
Eu-152	1.03E-13	5.11E-15	1.08E-13	3.05E-18	1.53E-19	3.21E-18
Eu-154	4.34E-17	1.93E-18	4.53E-17	6.28E-24	2.80E-25	6.56E-24
Np-237	0.00E+00	4.80E-06	4.80E-06	0.00E+00	4.80E-06	4.80E-06
Am-241	1.30E-10	5.65E-07	5.65E-07	9.42E-11	4.10E-07	4.10E-07
U-234	0.00E+00	8.10E-05	8.10E-05	0.00E+00	8.10E-05	8.10E-05
U-235*	0.00E+00	3.25E-06	3.25E-06	0.00E+00	3.25E-06	3.25E-06
U-238*	0.00E+00	4.29E-05	4.29E-05	0.00E+00	4.29E-05	4.29E-05
合计	6.63E-10	1.44E-04	1.44E-04	9.96E-11	1.44E-04	1.44E-04

6.3.3.3 钻探后岩芯撒落

钻探带出的 5m 长的岩芯撒落，污染土壤，使闯入者受到照射。考虑的照射途径有污染土壤再悬浮的吸入内照射、污染土壤的直接外照射，照射途径见图 6.3-11。岩芯撒落后均匀分布在 2500m²、厚度为 0.15m 的土壤中，土壤密度为 2000kg/m³。根据岩芯体积，求出土壤中核素比活度和土壤表面比活度。结果列于表 6.3-19。

表 6.3-19 污染土壤的放射性比活度和地表浓度

核素	300a		500a	
	土壤中核素比活度 (Bq/kg)	土壤表面比活度 (Bq/m ²)	土壤中核素比活度 (Bq/kg)	土壤表面比活度 (Bq/m ²)
Cs-137	2.01E-03	6.04E-01	2.04E-05	6.13E-03
Co-60	9.05E-18	2.71E-15	3.43E-29	1.03E-26
Sr-90	1.55E-02	4.63E+00	1.32E-04	3.96E-02
Ni-63	2.66E+02	7.99E+04	6.68E+01	2.00E+04
C-14	2.12E+00	6.36E+02	2.07E+00	6.21E+02
Pu-239	2.19E-01	6.55E+01	2.16E-01	6.50E+01
H-3	8.79E-06	2.64E-03	1.24E-10	3.72E-08
Eu-152	2.79E-07	8.37E-05	8.29E-12	2.50E-09
Eu-154	8.37E-11	2.51E-08	1.21E-17	3.63E-15
Np-237	2.20E-01	6.60E+01	2.20E-01	6.60E+01

核素	300a		500a	
	土壤中核素比活度 (Bq/kg)	土壤表面比活度 (Bq/m ²)	土壤中核素比活度 (Bq/kg)	土壤表面比活度 (Bq/m ²)
Am-241	1.35E-02	4.05E+00	9.80E-03	2.93E+00
U-234	1.98E+01	5.93E+03	1.98E+01	5.93E+03
U-235	8.80E-01	2.64E+02	8.80E-01	2.64E+02
U-238	1.23E+01	3.70E+03	1.23E+01	3.70E+03

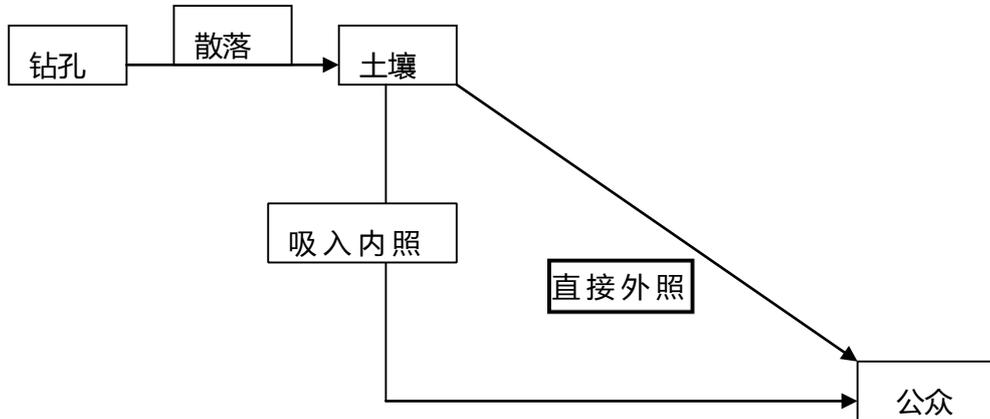


图 6.3-11 岩芯撒落的照射途径

(1) 外照射

由下述公式计算地表沉积外照射的个人年有效剂量 H :

$$H = \sum_i C_i \cdot S \cdot g_{gi} \cdot t \quad (6.11)$$

式中, C_i 为核素 i 的地表浓度, Bq/m²; S 为建筑物屏蔽因子, 取 $S=1$; g_{gi} 为核素的外照射剂量转换因子, 见表 6.3-17; t 为一年中照射的时间份额, 取 $t=0.3$ 。表 6.3-20 给出了岩芯撒落造成的个人外照射剂量, 由表可以看出, 300a、500a 年外照射所致个人剂量均为 $1.61 \times 10^{-4} \text{Sv/a}$, 剂量最大贡献者均为 ^{234}U 。

(2) 吸入内照射

由于土壤可能悬浮到空气中, 导致吸入内照射, 计算公式采用公式 6.10, 时间 t 取 0.3 年, η 取 $8400 \text{m}^3/\text{a}$, 空气载尘量为 $1 \times 10^{-3} \text{g/m}^3$ 。表 6.3-20 给出了吸入悬浮土壤造成的个人内照射年有效剂量, 从表中可以看出, ^{234}U 是内照射剂量的最大贡献者, 300a、500a 年吸入内照射所致个人剂量分别为 $8.35 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 、 $8.33 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 。

(3) 总剂量

由表 6.3-20 可以看出，填埋场关闭后 300 年、500a，岩心洒落事故造成的最大个人剂量均为 $1.62 \times 10^{-4} \text{Sv/a}$ ，小于本次设定的事故剂量控制值 1mSv/a 。关键核素均为 ^{234}U ，关键照射途径为外照射途径。

表 6.3-20 岩芯洒落事故下公众吸入和外照射途径个人所受剂量

核素	300 年			500 年		
	外照射剂量 (Sv/a)	吸入剂量 (Sv/a)	总剂量 (Sv/a)	外照射剂量 (Sv/a)	吸入剂量 (Sv/a)	总剂量 (Sv/a)
Cs-137	3.26E-09	1.98E-13	3.26E-09	3.31E-11	2.00E-15	3.31E-11
Co-60	6.09E-23	7.04E-28	6.09E-23	2.30E-34	2.67E-39	2.30E-34
Sr-90	4.87E-09	6.22E-12	4.88E-09	4.16E-11	5.33E-14	4.16E-11
Ni-63	0.00E+00	8.74E-10	8.74E-10	0.00E+00	2.18E-10	2.18E-10
C-14	0.00E+00	3.10E-11	3.10E-11	0.00E+00	3.02E-11	3.02E-11
Pu-239	5.49E-10	6.60E-08	6.65E-8	5.47E-10	6.55E-08	6.61E-08
H-3	0.00E+00	5.79E-18	5.79E-18	0.00E+00	8.08E-23	8.08E-23
Eu-152	4.77E-14	2.95E-17	4.78E-14	1.42E-18	8.78E-22	1.42E-18
Eu-154	2.87E-16	1.11E-20	2.87E-16	4.14E-23	1.61E-27	4.14E-23
Np-237	1.43E-07	2.77E-08	1.71E-07	1.43E-07	2.77E-08	1.71E-07
Am-241	1.08E-09	3.27E-09	4.35E-09	7.82E-09	2.37E-09	3.15E-09
U-234	9.41E-05	4.69E-07	9.46E-05	9.41E-05	4.69E-07	9.46E-05
U-235*	4.20E-07	1.88E-08	4.39E-07	4.20E-07	1.88E-08	4.39E-07
U-238*	6.68E-05	2.49E-07	6.71E-05	6.68E-05	2.49E-07	6.71E-05
合计	1.61E-04	8.35E-07	1.62E-04	1.61E-04	8.33E-07	1.62E-04

6.3.3.4 建造办公用房

填埋场关闭监视期结束后，假定关于填埋单元的资料已经缺失，园区规划时在填埋场上方建办公厂房。假定建房时建筑地基将所填埋的废物挖出，主要计算建筑工人所受的剂量。建筑工人主要受到的剂量为吸入悬浮在空气中的放射性气溶胶造成的内照射、食入土壤造成的内照射和施工过程中的直接外照射（见表 6.3-21、表 6.3-22、表 6.3-23）。

根据 EJ/T 1191-2005 给出的计算公式：

$$H_{\text{外}} = C_{\text{soil}} \times \text{DCF}_{\text{外}} \times \text{FA} \times \text{FD} \times \text{FC} \times \text{FO}$$

式中： C_{soil} ：废物体中核素的比活度， Bq/g ；

$\text{DCF}_{\text{外}}$ ：外照射剂量转换因子， $(\text{mSv/a}) / (\text{Bq/g})$ ；

FA ：面积修正系数，面积超过 1200m^2 ，取 1。

FD: 深度修正系数, 污染深度超过 1m, 取 1。

FC: 覆盖层修正系数, 保守取 1。

FO: 居留因子。在建筑施工过程中, 地基开挖施工一般取 2 个月, 每天工作 8 小时, 则居留因子为 1/18。

表 6.3-21 建房时建筑工人所受外照射剂量估算

核素	比活度 限值 (Bq/g)	关闭时平均比活度 (Bq/g)	关闭后比活度 (Bq/g)		剂量转 换因子 (mSv/a) /(Bq/g)	外照射剂量 (mSv/a)	
			300 年	500a		300 年	500a
Cs-137	10	7.23E+00	9.17E-03	9.31E-05	0.92	4.70E-04	4.75E-06
Co-60	10	2.49E+00	4.11E-17	1.55E-28	4.4	1.01E-17	3.78E-29
Sr-90	100	7.15E+01	7.04E-02	5.99E-04	6.60E-03	2.58E-05	2.20E-07
Ni-63	10000	9.03E+03	1.21E+03	3.04E+02	0	0.00E+00	0.00E+00
C-14	10	9.98E+00	9.63E+00	9.41E+00	0	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	1	1.	9.92E-01	9.86E+00	8.00E-05	4.41E-06	4.38E-06
H-3	1000	4.85E+02	4.01E-05	5.60E-10	0	0.00E+00	0.00E+00
Eu-152	10	5.06E+00	1.27E-06	3.76E-11	1.89	1.33E-07	3.96E-12
Eu-154	10	3.83E+00	3.79E-10	5.49E-17	2.07	4.36E-11	6.32E-18
Np-237	1	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	0.3	1.67E-02	1.67E-02
Am-241	0.1	9.76E-02	6.12E-02	4.45E-02	1.18E-02	4.02E-05	2.92E-05
U-234	90	90	90	90	1.09E-04	5.44E-04	5.44E-04
U-235*	4	4	4	4	0.204	4.52E-02	4.52E-02
U-238*	56	56	56	56	0.037	1.15E-01	1.15E-01

H 内吸, $=C_{\text{soil}} \times \text{ASR} \times \text{DCF}_{\text{内吸}} \times \text{FA} \times \text{FCD} \times \text{FI} \times \text{FO}$

式中: C_{soil} : 废物体中核素的比活度, Bq/g;

ASR: 空气/土壤浓度比, 取值为 $1 \times 10^{-3} \text{g/m}^3$;

DCF_{内吸}: 吸入内照射剂量转换因子, Sv/Bq;

FA: 面积修正系数, 面积超过 1200m², 取 1。

FCD: 覆盖与深度修正系数, 保守取 1。

FI: 空气年摄入量, 取 8400m³/a。

FO: 居留因子。在建筑施工过程中, 地基施工一般取 2 个月, 每天工作 8 小时, 则居留因子为 1/18。

表 6.3-22 建房时建筑工人吸入内照射剂量估算

核素	比活度限值	关闭时比活度	关闭后比活度		剂量转换因子	吸入内照射剂量 (mSv/a)	
			300年	500a		300年	500a
Cs-137	10	7.23E+00	9.17E-03	9.31E-05	3.90E-08	1.67E-07	1.70E-09
Co-60	10	2.49E+00	4.11E-17	1.55E-28	3.10E-08	5.94E-22	2.24E-33
Sr-90	100	7.15E+01	7.04E-02	5.99E-04	1.60E-07	5.25E-06	4.47E-08
Ni-63	10000	9.03E+03	1.21E+03	3.04E+02	1.30E-09	7.35E-04	1.84E-04
C-14	10	9.98E+00	9.63E+00	9.41E+00	5.80E-09	2.60E-05	2.55E-05
Pu-239	1	1.	9.92E-01	9.86E-01	1.20E-04	5.55E-02	5.52E-02
H-3	1000	4.85E+02	4.01E-05	5.60E-10	2.60E-10	4.86E-12	6.81E-17
Eu-152	10	5.06E+00	1.27E-06	3.76E-11	4.20E-08	2.49E-11	7.38E-16
Eu-154	10	3.83E+00	3.79E-10	5.49E-17	5.30E-08	9.38E-15	1.36E-21
Np-237	1	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	5.00E-05	2.33E-02	2.33E-02
Am-241	0.1	9.76E-02	6.12E-02	4.45E-02	9.60E-05	2.75E-03	2.00E-03
U-234	90	90	90	90	9.4E-06	3.94E-01	3.94E-01
U-235*	4	4	4	4	8.50E-06	1.59E-02	1.59E-02
U-238*	56	56	56	56	8.00E-06	2.09E-01	2.09E-01

$$H_{\text{内食}} = C_{\text{soil}} \times \text{FSI} \times \text{DCF}_{\text{内食}} \times \text{FA} \times \text{FCD} \times \text{FI} \times \text{FO}$$

式中： C_{soil} ：废物体中核素的比活度，Bq/g；

FSI：土壤的年摄入量，取值为 36.5g/a；

DCF_{内食}：食入内照射剂量转换因子，Sv/Bq；

FA：面积修正系数，面积超过 1000m²，取 1。

FCD：覆盖与深度修正系数，保守取 1。

FO：居留因子。在建筑施工过程中，地基施工一般取 2 个月，每天工作 8 小时，则居留因子为 1/18。

表 6.3-23 建房时建筑工人食入土壤造成的内照射剂量估算

核素	比活度限值	关闭时比活度 (Bq/g)	关闭后比活度		剂量转换因子	食入内照射剂量 (mSv/a)	
			300年	500a		300年	500a
Cs-137	10	7.23E+00	9.17E-03	9.31E-05	1.30E-08	2.42E-07	2.45E-09
Co-60	10	2.49E+00	4.11E-17	1.55E-28	3.40E-09	2.83E-22	1.07E-33
Sr-90	100	7.15E+01	7.04E-02	5.99E-04	2.80E-08	4.00E-06	3.40E-08
Ni-63	10000	9.03E+03	1.21E+03	3.04E+02	1.50E-10	3.68E-04	9.21E-05
C-14	10	9.98E+00	9.63E+00	9.41E+00	5.80E-10	1.13E-05	1.11E-05
Pu-239	1	1	9.92E-01	9.86E-01	2.50E-07	5.03E-04	4.99E-04
H-3	1000	4.85E+02	4.01E-05	5.60E-10	4.20E-11	3.41E-12	4.77E-17
Eu-152	10	5.06E+00	1.27E-06	3.76E-11	1.40E-09	3.60E-12	1.07E-16
Eu-154	10	3.83E+00	3.79E-10	5.49E-17	2.00E-09	1.53E-15	2.23E-22
Np-237	1	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.10E-07	2.23E-04	2.23E-04
Am-241	0.1	9.76E-02	6.12E-02	4.45E-02	2.00E-07	2.48E-05	1.80E-05
U-234	90	90	90	90	4.90E-08	8.93E-03	8.89E-03
U-235	4	4	4	4	4.70E-08	3.81E-04	3.81E-04
U-238	56	56	56	56	4.50E-08	5.15E-03	5.15E-03

表 6.3-24 和表 6.3-25 给出了填埋场关闭后 300 年、500 年建筑工人所受剂量，由表可以看出，关闭后 300 年、500a 建筑工人所受剂量分别为 0.895mSv/a 和 0.892mSv/a，小于本工程设定的事故剂量控制值 1mSv/a，关键核素为 U-234，关键途径为吸入内照射。

表 6.3-24 填埋场关闭后 300 年建房时建筑工人所受总剂量

核素	外照射 (mSv/a)	吸入内照射 (mSv/a)	食入内照射 (mSv/a)	总剂量 (mSv/a)	比例
Cs-137	4.70E-04	1.67E-07	2.42E-07	4.70E-04	0.1%
Co-60	1.01E-17	5.94E-22	2.83E-22	1.01E-17	0.0%
Sr-90	2.58E-05	5.25E-06	4.00E-06	3.51E-05	0.0%
Ni-63	0.00E+00	7.35E-04	3.68E-04	1.10E-03	0.1%
C-14	0.00E+00	2.60E-05	1.13E-05	3.73E-05	0.0%
Pu-239	4.41E-06	5.55E-02	5.03E-04	5.60E-02	6.3%
H-3	0.00E+00	4.86E-12	3.41E-12	8.27E-12	0.0%
Eu-152	1.33E-07	2.49E-11	3.60E-12	1.33E-07	0.0%
Eu-154	4.36E-11	9.38E-15	1.53E-15	4.36E-11	0.0%
Np-237	1.67E-02	2.33E-02	2.23E-04	4.02E-02	4.5%
Am-241	4.02E-05	2.75E-03	2.48E-05	2.82E-03	0.3%
U-234	5.44E-04	3.94E-01	8.93E-03	4.03E-01	45.1%
U-235*	4.52E-02	1.59E-02	3.81E-04	6.15E-02	6.9%
U-238*	1.15E-01	2.09E-01	5.15E-03	3.29E-01	36.8%
合计	1.78E-01	7.01E-01	1.56E-02	8.95E-01	100.0%
比例	19.9%	78.4%	1.7%	100.0%	

表 6.3-25 填埋场关闭后 500 年建房时建筑工人所受总剂量

核素	外照射 (mSv/a)	吸入内照射 (mSv/a)	食入内照射 (mSv/a)	总剂量 (mSv/a)	比例
Cs-137	4.75E-06	1.70E-09	2.45E-09	4.75E-06	0.0%
Co-60	3.78E-29	2.24E-33	1.07E-33	3.78E-29	0.0%
Sr-90	2.20E-07	4.47E-08	3.40E-08	2.99E-07	0.0%
Ni-63	0.00E+00	1.84E-04	9.21E-05	2.76E-04	0.0%
C-14	0.00E+00	2.55E-05	1.11E-05	3.66E-05	0.0%
Pu-239	4.38E-06	5.52E-02	4.99E-04	5.57E-02	6.2%
H-3	0.00E+00	6.81E-17	4.77E-17	1.16E-16	0.0%
Eu-152	3.96E-12	7.38E-16	1.07E-16	3.96E-12	0.0%
Eu-154	6.32E-18	1.36E-21	2.23E-22	6.32E-18	0.0%
Np-237	1.67E-02	2.33E-02	2.23E-04	4.02E-02	4.5%
Am-241	2.92E-05	2.00E-03	1.80E-05	2.05E-03	0.2%
U-234	5.44E-04	3.94E-01	8.89E-03	4.03E-01	45.2%
U-235	4.52E-02	1.59E-02	3.81E-04	6.15E-02	6.9%
U-238	1.15E-01	2.09E-01	5.15E-03	3.29E-01	36.9%
合计	1.77E-01	7.00E-01	1.53E-02	8.92E-01	100.0%
比例	19.9%	78.4%	1.7%	100.0%	

6.3.3.5 办公居住景象

办公室/工厂建成后，工作人员在内进行办公，假定办公室/工厂与填埋废物之间有 30cm 厚混凝土地基，办公室外绿化带直接种植在废物上，办公时间为每天 8h，每年工作 250 天，其中办公室内时间占比为 95%，室外时间占比为 5%。

计算公式与 6.3.3.3 节公式一致，只是部分参数需要调整。对于外照射，由于室内与废物体有 30cm 厚的混凝土，因此，室内工作时间考虑混凝土的屏蔽作用（计算公式见下式），室外时间不考虑屏蔽作用。对于吸入内照射，由于对废物体基本不存在扰动，ASR 取 $1 \times 10^{-4} \text{g/m}^3$ ；食入土壤内照射时间份额按照室外时间份额计算，约为 1/40。

$$H^* = H_0 \times 10^{-L/\Delta L}$$

式中：H*：屏蔽后所受的剂量，mSv/a；

H₀：为没有屏蔽层时所受的外照射剂量，mSv/a；

L：屏蔽层厚度，cm；

ΔL：屏蔽材料针对某核素的 1/10 值层厚度，cm，混凝土中主要核素的 ΔL 值见下表 6.3-26。

表 6.3-26 混凝土中主要核素的 ΔL 值**

核素	xL (cm)
Cs-137	16.3
Co-60	20.3
Sr-90*	5
Ni-63*	5
C-14*	5
Pu-239*	5
H-3*	5
Eu-152	18
Eu-154	18
Np-237	15
Am-241	10
U-234	5
U-235	10
U-238*	5

注：*：查表，数值很小，基本小于 5cm，计算保守按 5cm 计算。

**：表中数据查自辐射防护导论，部分数据来自插值。

表 6.3-27~表 6.3-30 给出了填埋场关闭后 300 年、500 年，工作人员在厂址上方新建的办公楼办公所受剂量，由表可以看出，关闭后 300 年、500a，办公人员所受剂量均为 0.33mSv/a，小于本工程设定的事故剂量控制值 1mSv/a，关键核素为 U-234，关键途径为吸入内照射。

表 6.3-27 居住办公外照射剂量估算

核素	300 年			500 年		
	室内所受剂量 (mSv/a)	室外所受剂量 (mSv/a)	外照射剂量 (mSv/a)	室内所受剂量 (mSv/a)	室外所受剂量 (mSv/a)	外照射剂量 (mSv/a)
Cs-137	2.75E-05	1.01E-04	1.28E-04	2.80E-07	1.02E-06	1.30E-06
Co-60	1.36E-18	2.15E-18	3.51E-18	5.13E-30	8.14E-30	1.33E-29
Sr-90	1.05E-10	5.53E-06	5.53E-06	8.94E-13	4.71E-08	4.71E-08
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	1.80E-11	9.45E-07	9.45E-07	1.78E-11	9.39E-07	9.39E-07
H-3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Eu-152	1.17E-08	2.86E-08	4.03E-08	3.46E-13	8.47E-13	1.19E-12
Eu-154	3.82E-12	9.35E-12	1.32E-11	5.53E-19	1.35E-18	1.91E-18
Np-237	6.79E-04	3.57E-03	4.25E-03	6.79E-04	3.57E-03	4.25E-03
Am-241	1.63E-07	8.63E-06	8.79E-06	1.19E-07	6.26E-06	6.38E-06
U-234	2.23E-09	1.17E-04	1.17E-04	2.23E-09	1.17E-04	1.17E-04
U-235	1.85E-04	9.72E-03	9.91E-03	1.85E-04	9.72E-03	9.91E-03
U-238	4.67E-07	2.46E-02	2.46E-02	4.67E-07	2.46E-02	2.46E-02
合计	8.92E-04	3.81E-02	3.90E-02	8.65E-04	3.80E-02	3.89E-02

表 6.3-28 居住办公内照射剂量估算

核素	300 年			500 年		
	吸入内照射 (mSv/a)	食入土壤 内照射 (mSv/a)	内照射剂 量 (mSv/a)	吸入内照 射 (mSv/a)	食入土壤 内照射 (mSv/a)	内照射剂 量 (mSv/a)
Cs-137	6.87E-08	4.98E-08	1.19E-07	6.97E-10	5.04E-10	1.20E-09
Co-60	2.44E-22	5.81E-23	3.02E-22	9.23E-34	2.20E-34	1.14E-33
Sr-90	2.17E-06	8.21E-07	2.99E-06	1.84E-08	6.99E-09	2.54E-08
Ni-63	3.02E-04	7.58E-05	3.78E-04	7.60E-05	1.90E-05	9.50E-05
C-14	1.07E-05	2.32E-06	1.31E-05	1.05E-05	2.27E-06	1.28E-05
Pu-239	2.28E-02	1.03E-04	2.29E-02	2.27E-02	1.03E-04	2.28E-02
H-3	2.00E-12	7.02E-13	2.70E-12	2.80E-17	9.82E-18	3.78E-17
Eu-152	1.02E-11	7.39E-13	1.10E-11	3.04E-16	2.20E-17	3.26E-16
Eu-154	3.85E-15	3.16E-16	4.17E-15	5.61E-22	4.59E-23	6.06E-22
Np-237	9.60E-03	4.58E-05	9.64E-03	9.60E-03	4.58E-05	9.64E-03
Am-241	1.13E-03	5.10E-06	1.13E-03	8.19E-04	3.71E-06	8.23E-04
U-234	1.62E-01	1.83E-03	1.64E-01	1.62E-01	1.83E-03	1.64E-01
U-235*	6.52E-03	7.84E-05	6.60E-03	6.52E-03	7.84E-05	6.60E-03
U-238*	8.59E-02	1.05E-03	8.69E-02	8.59E-02	1.05E-03	8.69E-02
合计	2.88E-01	3.19E-03	2.92E-01	2.88E-01	3.13E-03	2.91E-01

表 6.3-29 填埋场关闭后 300 年办公人员所受总剂量

核素	外照射	吸入内照射	食入内照射	总剂量	比例
Cs-137	1.28E-04	6.87E-08	4.98E-08	1.28E-04	0.0%
Co-60	3.51E-18	2.44E-22	5.81E-23	3.51E-18	0.0%
Sr-90	5.53E-06	2.17E-06	8.21E-07	8.52E-06	0.0%
Ni-63	0.00E+00	3.02E-04	7.58E-05	3.78E-04	0.1%
C-14	0.00E+00	1.07E-05	2.32E-06	1.30E-05	0.0%
Pu-239	9.45E-07	2.28E-02	1.03E-04	2.29E-02	6.9%
H-3	0.00E+00	2.00E-12	7.02E-13	2.70E-12	0.0%
Eu-152	4.03E-08	1.02E-11	7.39E-13	4.03E-08	0.0%
Eu-154	1.32E-11	3.85E-15	3.16E-16	1.32E-11	0.0%
Np-237	4.25E-03	9.60E-03	4.58E-05	1.39E-02	4.2%
Am-241	8.79E-06	1.13E-03	5.10E-06	1.14E-03	0.3%
U-234	1.17E-04	1.62E-01	1.83E-03	1.64E-01	49.6%
U-235	9.91E-03	6.52E-03	7.84E-05	1.65E-02	5.0%
U-238	2.46E-02	8.59E-02	1.05E-03	1.12E-01	33.8%
合计	3.90E-02	2.88E-01	3.19E-03	3.30E-01	100.0%
比例	11.8%	87.1%	1.0%	100.0%	

表 6.3-30 填埋场关闭后 500 年办公人员所受总剂量

核素	外照射	吸入内照射	食入内照射	总剂量	比例
Cs-137	1.30E-06	6.97E-10	5.04E-10	1.30E-06	0.0%
Co-60	1.33E-29	9.23E-34	2.20E-34	1.33E-29	0.0%
Sr-90	4.71E-08	1.84E-08	6.99E-09	7.25E-08	0.0%
Ni-63	0.00E+00	7.60E-05	1.90E-05	9.50E-05	0.0%
C-14	0.00E+00	1.05E-05	2.27E-06	1.28E-05	0.0%
Pu-239	9.39E-07	2.27E-02	1.03E-04	2.28E-02	6.9%
H-3	0.00E+00	2.80E-17	9.82E-18	3.78E-17	0.0%
Eu-152	1.19E-12	3.04E-16	2.20E-17	1.19E-12	0.0%
Eu-154	1.91E-18	5.61E-22	4.59E-23	1.91E-18	0.0%
Np-237	4.25E-03	9.60E-03	4.58E-05	1.39E-02	4.2%
Am-241	6.38E-06	8.19E-04	3.71E-06	8.29E-04	0.3%
U-234	1.17E-04	1.62E-01	1.83E-03	1.64E-01	49.7%
U-235	9.91E-03	6.52E-03	7.84E-05	1.65E-02	5.0%
U-238	2.46E-02	8.59E-02	1.05E-03	1.12E-01	33.8%
合计	3.89E-02	2.88E-01	3.13E-03	3.30E-01	100.0%
比例	11.8%	87.3%	1.0%	100.0%	

6.4 小结

工程施工建设过程中产生扬尘、施工废水、固体废物和噪声等环境影响基本上都是短期的、局部的，且与人的环境意识、管理水平关系密切。通过采取有效的污染防治措施，加强施工现场管理，可以使施工过程对环境的影响降低到最小程度。施工结束后，及时清理场地，其影响可以在短期消失。

工程运行阶段，工作人员最大个人剂量为 0.45mSv/a，为填埋单元内废物安放吊车司机和车下人员。满足工作人员正常工况下剂量约束值 1mSv/a，工作人员的集体剂量为 3.40mSv·人/a；运行期间，产生的放射性废气很小，基本不会对周围环境造成影响。事故考虑货包跌落后洒落在地面，工作人员处理事故过程中所受剂量为 5.98×10^{-2} mSv，小于事故剂量控制值 1mSv。

填埋场关闭后，正常工况公众饮水途径所致最大个人剂量为 1.69×10^{-5} Sv/a，小于剂量约束值 0.02mSv/a，关键核素为 Po-210，出现在填埋场关闭后的 2.02E6 年。

事故景象考虑工业应用场景，考虑的景象有填埋场边界打井、钻孔、钻孔后岩心洒落、建造办公用房以及在填埋场上方办公等景

象。处置场边界打井景象最大个人年有效剂量为 $1.72 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，小于事故下的剂量控制值 1mSv/a ，出现在填埋场关闭后的 $1.86 \text{E}6$ 年，关键核素为 ^{210}Po ，关键途径为饮水造成的内照射；钻孔景象发生在填埋场关闭后 300a 时，事故所致个人有效剂量为 0.144mSv ，关键核素为 ^{234}U ，关键途径为吸入内照射，小于事故剂量控制值 1mSv/次 ；钻探后岩芯撒落事故所致个人剂量为 0.162mSv/a ，小于事故剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 ^{234}U ，关键途径为外照射途径；建造办公用房景象所致个人剂量为 0.895mSv/a ，小于事故剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 ^{234}U ，关键途径为外照射途径；在填埋单元办公景象所致公众个人剂量为 0.33mSv/a ，小于事故剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 ^{234}U ，关键途径为外照射途径。

第七章 环境监测和流出物监测

7.1 环境及流出物监测的目的

开展环境监测的目的包括：

- (1) 监测本填埋场向环境释放的放射性物质总量，以便与管理限值或运行限值进行比较；
- (2) 提供数据和资料以用于估算公众所受的剂量；
- (3) 提供数据和资料以用于判断填埋场的运行及放射性废物处置工作是否正常有效；
- (4) 使公众确信填埋场的放射性释放确实受到严格的控制；
- (5) 迅速发现和鉴定意外释放的放射性核素种类及其规模。

7.2 运行前的环境本底监测

在填埋场运行前，委托有资质单位对场址周围环境本底进行监测，包括场址四周 γ 辐射剂量率测量、土壤、生物样和气溶胶中核素浓度。运行前本底监测计划见表 7.2-1。

表 7.2-1 运行前环境监测计划

介质	监测点位	监测项目
γ 剂量率	填埋单元区域四周各布设一个点位，生地湾农场 1 个点	γ 辐射空气吸收剂量率
土壤	场区边界外东、南、西、北四侧各布设一个点位；生地湾农场	总 α ，总 β ，核素分析(Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、U 和 H-3 等)
生物	生地湾农场	总 α ，总 β ，核素分析(Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、U 和 H-3 等)
气溶胶	场区上风向 1 个对照点，下风向 1 个监测点	总 α ，总 β ，核素分析(Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、U 和 H-3 等)
地下水	生地湾农场和西坝乡	总 α ，总 β ，核素分析(Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、U 和 H-3 等)

7.3 施工期间的环境监测

施工期间，委托有资质单位对填埋场周围环境开展非放监测。监测计划如下表 7.3-1。

表 7.3-1 施工期间环境监测计划

介质	监测内容	监测点位	监测频次
空气	TSP	填埋单元区域四周各布设一个点位，生地湾农场 1 个点	1 次/季度
噪声	等效连续 A 声级	填埋单元区域四周各布设一个点位，生地湾农场 1 个点	1 次/季度

7.4 运行期间的环境监测和流出物监测

(1) 流出物监测

本工程正常工况下无放射性气体流出，不需对气体进行监测。只有填埋场关闭后可能存在有渗析液。将渗析液通过管道收集在渗滤液监测池中，废液排放前对监测池中的渗析液进行监测，若渗析液中放射性指标满足 GB8978-1996《污水综合排放标准》：总 $\alpha \leq 1 \text{ Bq/L}$ ，总 $\beta \leq 10 \text{ Bq/L}$ 时，排入生产生活污水管道中，若不满足要求，则排入特下水贮存池中收集后送有中核集团金塔核产业园处理设施中处理。

本工程渗析水监测由清原公司自行监测。

(2) 环境监测

填埋场在运行期间对场区和周围环境放射性实行全程监测，本填埋场运行期间的环境监测布点基本与本底监测布点重合，同时，在填埋场边界处地下水上游打 1 个监测井，地下水下游设置监测井，进行总 α ，总 β 和核素分析。本工程运行期间的环境监测计划见表 7.4-1。本工程运行期间的环境监测由清原公司自行监测。

表 7.4-1 运行期间流出物和环境监测计划

介质	监测点位	监测项目	监测频次	
环境	γ 剂量率	填埋单元区域四周各布设一个点位，生地湾农场 1 个点	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/季
	土壤	场区边界外东、南、西、北四侧各布设一个点位；生地湾农场	总 α ，总 β ，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、U 和 H-3 等)	1 次/半年
	生物	生地湾农场	总 α ，总 β ，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、U 和 H-3 等)	1 次/年
	气溶胶	场区上风向 1 个对照点，下风向 1 个监测点	总 α ，总 β ，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、U 和 H-3 等)	1 次/季
	地下水	生地湾农场、西坝乡、埋场边界处地下水上游 1 个监测井，地下水下游不同距离 (200m) 2 口监测井	总 α ，总 β ，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、U 和 H-3 等)	1 次/半年
流出物	渗滤液	渗滤液收集罐	总 α ，总 β	排放前

7.5 关闭后的环境监测

填埋场关闭后的监测分为初期监测(5 年)和长期监测。

初期监测的目的是评价废物体的稳定性、处置设施的可靠性和关闭措施的有效性，监测的重点是填埋单元的渗滤液、排水、场区地下水及覆盖层监测。长期监测的目的是确定填埋场的长期影响，证实放射性废物处置对环境的影响是否符合国家规定。

关闭后的初期环境监测可继续沿用运行阶段的监测点，监测内容，监测频次（见表 7.4-1）。通过一段时间监测，等监测结果稳定后，后期可适当监测监测频次和监测项目。

7.6 质量保证计划

7.6.1 质量保证和质量控制

在监测过程中，为保证监测结果准确可信，严格执行 GB 8999-1988《电离辐射监测质量保证一般规定》和 GB 11216-1989《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》，对监测分析的全过程进行严格的质量控制。

(1) 从事环境监测的人员应掌握辐射防护的基本知识，正确熟练掌握辐射环境监测中的操作技术和质量控制程序，掌握数理统计方法。

(2) 从采集点布设到样品分析前的全过程严格执行质量控制措施。采样容器、设备符合技术规范要求，保证采样器和样品容器的清洁，并防止交叉污染，采集的样品有代表性，并留有足够的余量以备复查。样品的包装、运输、贮存及必要的前处理严格按照操作规范进行，并及时记录、贴上标签。准确测定样品的质量、体积或取样的累计流量。

(3) 分析检测方法尽可能使用国标方法，没有国标方法的项目使用行业方法，并通过比对验证。无论使用何种方法，一律进行空白和加标回收试验，分析结果扣除本底并进行回收校正。

(4) 对所使用的测量仪器仪表按国家规定定期检定。

(5) 所有监测装置符合技术规范要求，具有较好的稳定性，并通过试验绘制出本底、效率控制图，将每次测量置于受控状态。所使用的标准源(包括标准溶液)均为国家级标准，并且几何状态与待测样品一致。

(6) 样品从采集、预处理、分析测量到结果分析，按 HJ/T 61-2001《辐射环境监测技术规范》规定的格式和内容准确记录。认真检查原始记录，发现有计算或记录错误的数数据经反复核算后予以订正。数据由专人复审，并长期保存。数据的报出严格执行三级审核要求。

7.6.2 监测计划的管理和变更

(1) 监测计划由填埋场环境监测部门负责人制定并报清原公司主管领导批准实施。

(2) 每年对监测计划的执行情况进行总结。

7.6.3 监测记录和文件管理

(1) 根据运行大纲的要求制订统一格式的记录表格。不得用铅笔和圆珠笔记录，书写要工整，不得随意涂改。

(2) 对记录的原始数据进行适当的数据处理，包括统计分析和单位换算，使之满足报告书的要求。

(3) 监测结果记录以下内容:填埋场名称、测量点和采样点，采样时间、采样延续时间、采样体积、分析方法、测量仪器、测量时间、测量结果(包括误差)。

(4) 分析操作人员、审核人员和每一监测项目的负责人都应在监测结果上签字。

(5) 监测结果的原始记录应在填埋场的监测部门存档。监测结果报告书的原件在填埋场运行单位存档。监测结果的原始记录和报告书等文件要永久保存。

第八章 填埋场建造和运行的效益分析

8.1 利益分析

8.1.1 处置能力

根据可行性研究报告，本填埋场项目处置规模 12 万 m^3 ，一期一阶段建设处置容量 1 万 m^3 ，共 1 个填埋单元，处置能力设计为 $1000\text{m}^3/\text{a}$ ，运行期 10 年。本填埋场项目接收并处置来自于全国范围内的核电厂运行、核设施退役、核燃料循环、核技术利用和核能研发等活动产生的极低放废物。

8.1.2 安全效果

根据 3.1 节中对处置源项的分析，本填埋场项目中可能对环境产生影响的放射性核素有 Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239 和 H-3 等。本填埋场项目投入运行后，包含上述核素的极低水平放射性废物包将被安放在填埋单元内，按照 3.3 节中填埋单元防渗设计和 3.4 节中填埋处置工艺，在填埋场的使用期限和封场后的监管期限内，在填埋单元底部和四周边坡形成完整、有效的防水屏障，限制废物中所含放射性核素向环境的迁移，以免对填埋场四周的土壤和地下水造成污染。

8.1.3 经济利益

8.1.3.1 直接经济利益

出于填埋场正常运行的需要，营运单位将根据本填埋场项目的建造投资、运行及监护等成本提出相应的收费标准。任何废物产生单位在向本填埋场运送废物之前都必须向填埋场营运单位提出处置废物申请，在获批准时，都要缴纳相应的处置费用。这样，在一定年限内将收回首期工程投资，在收回工程投资之后，将获得少量的利润用于交税、维修、更新设备和监护等。

8.1.3.2 缴纳税金

若填埋场每年处置 1000m^3 废物，经济分析表明，按照我国现行的税收制度，本填埋场每年将向国家缴纳一定的增值税、城市维

护建设税、教育附加税及所得税等。

8.1.3.3 间接利益

本填埋场项目投入运行后，可处置来自于全国范围内的核电厂运行、核设施退役、核燃料循环、核技术利用和核能研发等活动产生的极低放废物，这样将会降低废物在其产生单位的暂存时间，从而减少了暂存厂房的基建规模，相应的基建投资和运行投资均会减少。

8.1.4 社会和环境利益

8.1.4.1 消除极低放废物的暂存隐患

本填埋场投入运营后，来自于全国范围内的核电厂运行、核设施退役、核燃料循环、核技术利用和核能研发等活动产生的极低放废物将得到安全处置，消除了各单位极低放废物暂存带来的隐患。

8.1.4.2 增加就业机会

本填埋场不仅可以解决一定数量的固定人员就业，还可招收一定数量的临时工作人员。在填埋场关闭后的监护期间，仍需少量工作人员。同时，为填埋场提供材料、设备、仪器等行业部门也可从中得到一定的收益，增加就业机会。

8.1.4.3 改善环境状况

由于填埋场的建造，需对道路进行拓宽或改造，改善了交通条件。道路边及填埋场区内部都要进行绿化，对环境的改善起到了推动作用。

8.2 代价分析

8.2.1 经济代价

本极低放填埋场建设项目一期一阶段总投资为 800 万元，其中：建筑工程费为 587 万元，工艺设备购置费为 213 万。工程建设其他费用、基本预备费和建设期利息属金塔低放废物处置场项目。

项目建成后，还需要投入运行费，包括废物处置过程所消耗的燃料、动力和辅助材料，职工工资及福利等，以及关闭监护费用，折合极低放废物处置成本为 3205 元/m³（不含运输费用）。

8.2.2 社会代价

本填埋场项目建设过程中，不仅要解决施工人员的饮食、居住、交通等实际问题，还可能对场址周边居民的日常生活产生一定的影响，这会给当地带来一定的社会问题。本填埋场项目将严格执行相关标准的规定，并采取有效的防尘降噪措施，尽可能减少对周围居民点的影响。

本填埋场项目的运输包括施工期间设备、建筑材料的运输，运行期间极低水平放射性废物包的运输等，将对当地的交通运输造成一定的运输负担。

本填埋场项目建设期间将导致场址周围区域流动人口数量增加，一定程度上将增加当地政府在治安、社会服务等方面的投入和管理负担，这需要业主、承包商以及当地政府共同努力，适当增加相应的设施和投入，以消除不利影响，共创和谐社会。

8.2.3 环境代价

本填埋场项目场址 10 km 范围内主要为戈壁荒漠，场址周围为风蚀残丘和中部戈壁砾石地，植被稀少，分布有少量干旱荒漠植被。本填埋场项目建设将造成场址区域生态环境的变化，主要表现为将在征地范围内占用部分土地，剥离表土和植被，这将影响当地植物的生存环境，造成水土流失。通过工程中有计划的绿化和植被恢复，将对受到影响的生态环境进行有效的修复。

本填埋场项目运行期间，工作人员需开展废物包接收、检测、吊装安放、封顶、现场管理等活动，不可避免将受到辐射照射，在填埋场关闭后，可能发生人为侵扰或闯入事故，对闯入人员造成照射。为了控制并确保工程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，从而保证工作人员和周围居民的安全，本工程设置了环境监测措施及屏蔽防护措施。

8.3 效益分析

8.3.1 效费比

经核算，本填埋场项目处置成本为 3205 元/m³，收费标准为 4000 元/m³（仅包括接收处置、维护、监护等费用，不包括运输费用），效费比为 0.80。

8.3.2 社会效益

本填埋场项目的建成，使得约 12 万 m³ 的极低放废物得到安全处置，消除了极低放废物的暂存隐患，降低了辐射危害，对环境的影响在可接受的范围内。同时，因填埋场的建设改善了道路等公共设施，增加了就业机会，具有一定的社会效益。

8.3.3 环境效益

本项目采用填埋单元对极低放废物进行安全的填埋处置，减少了上述废物对环境的影响，改善了环境。

本项目建设的主要目的就是为了解决国内积存的大量极低放固体废物，属于环保投资项目，设施的建成，将解决极低放废物治理问题，减少其对环境构成的风险，也有利于核能、核技术产业的健康发展。

由此可见，本项目的建设实现了环境效益、经济效益与社会效益的最佳结合。

第九章 结 论

9.1 项目概况

本填埋场项目位于甘肃省酒泉核技术产业园区内的低污低放规划区，接收并处置来自于全国范围内的核电厂运行、核设施退役、核燃料循环、核技术利用和核能研发等活动产生的极低放废物。

本填埋场项目处置规模 12 万 m³，一期一阶段建设处置容量 1 万 m³，共 1 个填埋单元，处置能力设计为 1000m³/a，运行期 10 年。

9.2 环境质量现状

核燃料循环和废物减容项目两次数据调查结果来看，本工程周围辐射水平与上世纪 90 年代全国辐射水平调查中酒泉地区的辐射水平基本相当。从 2017 年金塔县环境监测数据可知，金塔县环境空气中 SO₂、NO₂、PM10 日均浓度满足 GB 3095-2012《环境空气质量标准》中的二级浓度要求。

9.3 废物的产生及处理

9.3.1 施工期废物产生及处理

施工建设过程中产生的污染物主要有扬尘、施工废水、固体废物和噪声。

(1) 废气

项目施工废气主要来源于基础工程中土石方开挖产生的粉尘，土石方、建筑垃圾及建筑材料运输产生的二次扬尘，施工现场材料堆放产生的扬尘。

项目施工机械和运输车辆产生的尾气。施工机械主要包括挖掘机、装载机、推土机、压路机、起重机等，以柴油为燃料，会产生一定量废气，包括 NO_x、HC 等，但产生量不大，影响范围有限。

(2) 废水

施工期废水主要来自施工人员产生的生活污水和基础施工废水。施工作业期间产生的施工废水主要来源于工程养护、建材保湿产生的废水、施工作业泥浆水以及施工车辆、施工场地的冲洗废水，主

要污染物为泥沙、SS 以及少量的石油类。施工废水用于场地喷洒降尘。

施工人员生活污水产生量以 $0.06 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{人}$ 计，本工程建设的施工人员约 30 人，则生活污水的产生量约为 $1.8\text{m}^3/\text{d}$ ，主要污染因子为 COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。

在施工现场设置临时旱厕，定期清运。

(3) 固体废物

工程施工期产生的固体废弃物主要包括土石方、建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

填埋场陆续建设 12 个填埋单元，每个填埋单元土石方挖方量为 1.7 万 m^3 ，共计挖方量为 20.4 万 m^3 ；每个填埋单元废物填埋率为 59%，则每个填埋单元的土石方填方为 0.7 万 m^3 ，共计土石方填方量为 8.4 万 m^3 ；每个填单单元剩余的 1 万 m^3 土石方堆放在中核集团金塔环保产业园区南侧的预留场地，在填埋场覆盖时再利用。

建筑垃圾主要为工程建设中产生的包装材料、工程渣土等固体废物，建筑垃圾产生量约 200t。对建筑垃圾、工程渣土进行回用，不能利用的妥善堆放、覆盖，工程结束后，及时清理。

施工人员的生活垃圾按人均产生量估算，按每人每日 0.5 kg 计，本工程建设的施工人员约 30 人，则生活垃圾产生量约为 0.015 t/d，生活垃圾收集后送垃圾场填埋处理。

(4) 噪声

项目施工期噪声包括施工设备噪声、施工作业噪声和车辆噪声，其中影响最大的为施工设备噪声。施工期噪声有以下特征：施工期间使用的机械设备较多、噪声源强高，且施工机械位置具有不确定性。

9.3.2 运行期主要污染物的产生及处理

(1) 废水

正常运行情况下，填埋场废水来源包括填埋单元的渗析水和工作人员的生活废水。

填埋单元封场后监管期内，定期检测监测池内是否有水。一旦发现有水，可取样检测，分析原因，采取适当措施。对于收集到的渗滤液，经检测，符合排放标准（总 $\alpha < 1\text{Bq/L}$ ，总 $\beta < 10\text{Bq/L}$ ）的排入园区的下水管网；否则就地进行水泥固化处理。按照目前的运行经验和设计，正常运行期间渗析水基本不产生。

本工程综合办公楼、生活服务设施以及厂区辅助设施均利用金塔低水平放射性固体废物处置场项目的建筑、设备和设施。本工程运行期间工作人员生活污水均经由金塔低水平放射性固体废物处置场项目的生活废水处理设施统一处理。

（2）废气

填埋场不产生工艺废气。极低放废物用包装袋包装，正常情况下不会有放射性物质泄漏到环境空气中。

（3）固体废物

填埋场每年将产生少量的擦拭检测纸、手套、工作服、不易去污的物件等工艺固体废物，将这些废物装入 200L 桶，在填埋单元内处理。同时，工作人员日常工作中会产生少量生活垃圾。

9.4 环境影响

工程施工建设过程中产生扬尘、施工废水、固体废物和噪声等环境影响基本上都是短期的、局部的，且与人的环境意识、管理水平关系密切。通过采取有效的污染防治措施，加强施工现场管理，可以使施工过程对环境的影响降低到最小程度。施工结束后，及时清理场地，其影响可以在短期消失。

运行期间最大个人剂量为 0.45mSv/a ，为填埋单元内废物安放吊车司机和车下人员。满足工作人员正常工况下剂量约束值 1mSv/a ，工作人员的集体剂量为 $3.40\text{mSv}\cdot\text{人/a}$ 。运行期间，产生的放射性废气很小，基本不会对周围环境造成影响。事故考虑货包跌落后洒落在地面，工作人员处理事故过程中所受剂量为 $5.98 \times 10^{-2}\text{mSv}$ ，小于事故剂量控制值 1mSv 。

填埋场关闭后，正常工况公众饮水途径所致最大个人剂量为 $1.69 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，小于剂量约束值 0.02mSv/a ，关键核素为 Po-210，出现在填埋场关闭后的 $2.02 \text{E}6$ 年。

事故景象考虑工业应用场景，考虑的景象有填埋场边界打井、钻孔、钻孔后岩心洒落、建造办公用房以及在填埋场上方办公等景象。处置场边界打井景象最大个人年有效剂量为 $1.72 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，小于事故下的剂量控制值 1mSv/a ，出现在填埋场关闭后的 $1.86 \text{E}6$ 年，关键核素为 ^{210}Po ，关键途径为饮水造成的内照射；钻孔景象发生在填埋场关闭后 300a 时，事故所致个人有效剂量为 0.144mSv ，关键核素为 ^{234}U ，关键途径为吸入内照射，小于事故剂量控制值 1mSv/次 ；钻探后岩芯撒落事故所致个人剂量为 0.162mSv/a ，小于事故剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 ^{234}U ，关键途径为外照射途径；建造办公用房景象所致个人剂量为 0.895mSv/a ，小于事故剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 ^{234}U ，关键途径为外照射途径；在填埋单元办公景象所致公众个人剂量为 0.33mSv/a ，小于事故剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 ^{234}U ，关键途径为外照射途径。

9.5 公众参与

2020 年 6 月至 7 月，清原公司开展了本项目的公众参与工作，公众参与的对象主要为金塔县政府相关部门、西坝乡及生地湾农场居民。项目公众参与采取网络、报纸和张贴等方式进行信息公示，以及现场座谈和查阅方式开展，征求厂址周边人员对项目建设的意见和建议。本项目先后两轮公示期间，均未收到公众意见表反馈。

9.6 承诺

- (1) 申请运行许可证前对场区进行辐射环境本底监测；
- (2) 申请运行许可证前进行场区地下水水文地质详勘。

综上所述，项目运行对周围环境造成的影响很小，在建设过程中认真落实辐射安全管理措施和环保措施等各项措施的前提下，从环境保护角度分析，项目的建设是可行的。

金塔县发展和改革局文件

金发改行服〔2020〕359号

金塔县发展和改革局 关于中核清原环境技术工程有限责任公司 金塔低放固体废物处置场、极低放废物填埋场及 低放废物贮存库一期一阶段建设项目 登记备案的通知

中核清原环境技术工程有限责任公司：

报来《中核清原环境技术工程有限责任公司关于金塔低放固体废物处置场、极低放废物填埋场及低放废物贮存库一期一阶段建设项目申请备案的报告》和《金塔县企业投资项目备案申请表》等相关附件已收悉，根据《企业投资项目核准和备案管理条例》，经审核，项目符合登记备案条件，现予以登记备案。

一、项目名称：金塔低放固体废物处置场、极低放废物填埋场及低放废物贮存库一期一阶段建设项目

二、建设地点：甘肃酒泉核技术产业园

三、建设内容及规模：本项目一期一阶段拟占地面积约 200 亩，

建设内容包括:

(一) 低放废物处置单元区: 建设 20 个处置单元, 每个处置单元的几何净容积为 4000m^3 ;

(二) 极低放废物填埋区: 建设 1 个填埋单元, 填埋单元的几何净容积为 17000m^3 ;

(三) 低放废物贮存库: 建设 1 个低放废物贮存厂房, 贮存低放废物容量 4000m^3 ;

(四) 处置场配套设施: 包括新建综合办公楼、汽车衡、生产用车库房、低放废物接收与贮存厂房、消防水池及泵房、锅炉房、应急柴油发电机房等;

(五) 新增工艺设备 (含辐射监测仪器) 78 台 (套), 主要包括数控龙门吊车及抓具、载重汽车、辐射监测仪器、环境监测仪器等;

(六) 建 (构) 筑物总建筑面积约 25866m^2 。

四、总投资及资金来源: 项目总投资为 22548 万元, 其中固定资产投资 21721 万元, 铺底流动资金 827 万元; 资金来源为公司自筹 6556 万元, 银行贷款 15992 万元。

五、效益分析: 本项目建成后, 在经济效益方面, 年收入约 9280 万元, 实现利税约 1979 万元; 在社会效益方面, 可吸纳就业人员 40 人; 它将使放射性废物得到及时安全处置, 能够保护人类健康和环境安全, 并不给后代带来不适当的负担; 同时能够解决金塔后处理厂的放射性废物处置需求, 确保后处理厂稳定运行; 并为我国沿海核电已积存并将产生大量的放射性废物处置提供出路, 有利于我国核电事业的可持续发展。

六、建设期限: 2020-2023 年

接文后, 请你单位严格按照企业投资项目管理的有关规定执行, 涉及规划、土地、环保、水土保持、取水许可、安全、节能、消防、

社会稳定风险评估、开工许可等方面事项，请按有关规定办理相关手续，完成各项前期工作后，争取早日开工建设。项目开工后，请及时通过项目申报平台录入项目开工及建设信息。本备案通知书有效期两年。

项目代码：2020-620921-77-03-015019

附：金塔县企业投资项目备案登记表

金塔县发展和改革局

2020年6月11日

行政审批专用章
62090000006179

金塔县发展和改革局

2020年6月11日

金塔县企业投资项目备案登记表

登记备案号： [2020] 75号

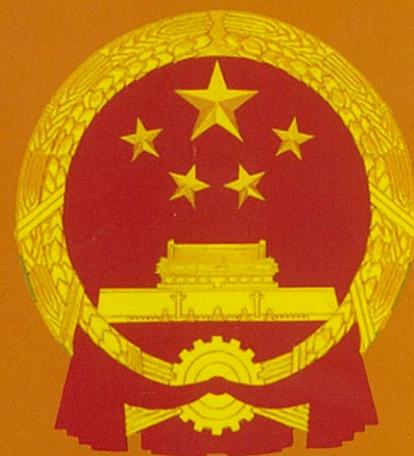
单位：万元

企业名称	中核清原环境技术工程有限责任公司		法人代表	王海良	联系电话	010-68068099	
项目名称	金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目		项目负责人	吴宏	联系电话	13810028670	
建设地点	甘肃酒泉核技术产业园				项目建设起止年限	2020-2023年	
产品名称	放射性废物处置				行业分类	核能	
项目主要建设内容及工艺流程	本项目一期一阶段拟占地面积约200亩，建设内容包括：（一）低放废物处置单元区：建设20个处置单元，每个处置单元的几何净容积为4000m ³ ；（二）极低放废物填埋区：建设1个填埋单元，填埋单元的几何净容积为17000m ³ ；（三）低放废物贮存库：建设1个低放废物贮存厂房，贮存低放废物容量4000m ³ 。（四）处置场配套设施：包括新建综合办公楼、汽车衡、生产用车库房、低放废物接收与贮存厂房、消防水池及泵房、锅炉房、应急柴油发电机房等；主要生产工艺有废物包的核实认定、运输、接收、贮存和处置，以及场址的环境监测和设施设备的维护等。（五）新增工艺设备（含辐射监测仪器）78台（套），主要包括数控龙门吊车及抓具、载重汽车、辐射监测仪器、环境监测仪器等；（六）建（构）筑物总建筑面积约25866m ²	项目建成后年新增经济效益	销售收入	利润	税金	创汇	
			9820	1484	495		
		新增土地面积（m ² ）	133134.9	新增建筑面积（m ² ）		25866	
总投资	22548	固定资产投资	21721	项目用汇		资金来源	
		铺底流动资金	827		企业自筹	银行贷款	其他
		其中设备投资	3923		6556	15992	
备案管理机关意见	1. 请按规定办理项目土地、规划、环评、稳评等手续，抓紧落实项目建设资金，尽快开工建设； 2. 项目信息发生变化的，应及时告知备案机关； 3. 项目建设单位应接受备案机关的监管并通过项目监管平台（甘肃政务服务网 http://www.gszfw.gov.cn ）在线如实报送项目开工建设、建设进度、竣工的基本信息。						



2020年6月11日

中华人民共和国



建设用地
规划许可证

中华人民共和国自然资源部监制

中华人民共和国
自然资源部
用途管制



用地单位	中核清原环境技术工程有限责任公司
项目名称	金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目
批准用地机关	金塔县人民政府
批准用地文号	金政批土发[2020]5号
用地位置	项目规划选址位于甘肃酒泉核技术产业园，嘉策铁路西侧，现状道路东侧地块
用地面积	规划总用地面积 133134.90 平方米 (200 亩)
土地用途	工业用地
建设规模	拟建地上建筑面积不大于 133134 平方米
土地取得方式	公开挂牌出让方式
附图及附件名称	
1、金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目规划条件通知书 2、金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目用地规划图	

遵守事项

- 一、本证是经自然资源主管部门依法审核，建设用地符合国土空间规划和用途管制要求，准予使用土地的法律凭证。
- 二、未取得本证而占用土地的，属违法行为。
- 三、未经发证机关审核同意，本证的各项规定不得随意变更。
- 四、本证所需附图及附件由发证机关依法确定，与本证具有同等法律效力。

建设用地规划许可证附件

规划条件通知书

(建筑工程类)

甘肃省自然资源厅制

说明事项：

- 一、本通知书由城乡规划主管部门制发，一式四份，制发部门存档一份，建设单位存档一份，设计单位存档一份，自然资源部门存档一份。
- 二、本通知书所列规划条件是签订建设用地使用权出让合同的前置条件，是《建设用地规划许可证》的法定附件，是编制和审批规划设计方案的依据。
- 三、本通知书所要求的格式内容在填写时可以添加，必要时可以附页，但不得空缺，否则通知书无效，无此项内容时可填写“无”或填写“/”。本通知书未尽事宜，应符合国家有关政策、法规的要求。
- 四、持本通知书委托具有符合承担本工程设计资质及业务范围的设计单位进行方案设计。通知书所要求的相关指标在方案设计阶段和方案审定过程中不得突破。
- 五、本通知书与附图配套使用，二者缺一不可。

规划条件通知书

(建筑工程类)

金规条[2020] 28号

中核清原环境技术工程有限责任公司:

你单位 2020 年 6 月 10 日根据甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划，申报的金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目，经县政府会议研究，同意在甘肃酒泉核技术产业园内，嘉策铁路西侧，现状道路东侧地块内按下列规划条件进行规划控制：

1、建设用地情况

1.1 用地的位置与范围：该项目规划选址在甘肃酒泉核技术产业园嘉策铁路西侧，现状道路东侧地块，规划总用地面积 133134 平方米（200 亩）。

1.2 建筑、环境等现状情况：/

1.3 规划建设用地面积约：133134平方米（不含地块内规划道路用地面积）

1.4 代征城市公共用地面积约：/平方米

1.5 其他用地面积约：/平方米

1.6 拆建比：/

2、建设用地使用性质

2.1 使用性质：工业用地

2.2 可兼容性质及其所占比例控制：按规范控制要求规划设计

3、建设用地使用强度

3.1 容积率： \leq 1（不含地下部分的建筑面积）

3.2 建筑密度： \leq 40 %

3.3 绿地率： \geq 10 %

3.4 其他使用强度指标：/

4、规划设计要求

4.1 日照执行标准：按照《建筑采光设计标准》GB50033 的规定规划设计。

4.2 建筑规模：地上总建筑面积 \leq 133134 m²（以审定设计方案为准）。

4.3 建筑主体高度： \leq 24 m（自室外地平算起）。

4.4 建筑层数：拟建建筑主体层数不得超过 4 层。

4.5 建筑退让和间距要求：应满足《城市规划管理技术规定》、《甘肃省城镇规划管理技术规程》、《工业建筑设计规范》、《建筑设计防火规范》、《石油化工企业设计防火标准》等相关规范要求。同时应满足日照、消防、卫生、环境保护、视觉干扰、防灾、通风、工程管线敷设和建筑保护等间距设计要求。

相邻道路名称及等级：拟建项目区西侧为园区道路，道路等级均为三级。

建筑退道路红线距离（ \geq ）：沿道路布置的建筑（包括裙房）净退道路红线距离详见附图。

建筑退用地边界线距离（ \geq ）：建筑净退用地界线距离应满足安全间距要求。

4.6 交通出入口方位

机动车：规划预留出入口不少于 2 个。

人流：规划预留出入口不少于 2 个。

4.7 停车泊位数量（应根据国家规范要求进行合理计算）

机动车停车位：20 辆，结合社会发展的实际情况，应适当增加停车位的配建数量，并满足临时停车需要。同时根据住建部《关于加强城市电动汽车充电设施规划建设工作的通知》的强制要求，基地内部要规划设计充电设施的停车位，且停车位数量不小于总停车位的 10%。

自行车不少于：自行车棚按实际情况进行设置，并规划设计电动自行车充电设施及位置。

4.8 绿化

绿地率： \geq 10 %

（屋面绿化不计入绿地面积；地下室或半地下室上覆土层在 3.0 米以下的绿地不计入绿地面积，覆土层在 3.0 米以上的可计入绿地面积。）

保留古树及其他保留的树木：/

集中公共绿地面积：不小于 13313.49 m²

人均绿地面积:不小于 \geq m²

5、城市设计要求（包括建筑的体量、色彩、材料，环境质量要求等）：

5.1、建筑平面：基地规划布局应综合考虑周边环境、路网结构、公建与住宅、公寓布局、群体组合、地下空间、绿地系统及空间环境的内在联系。建筑物平面功能应满足平面布置合理，功能分区明确，配套设施齐全的要求，确保居民对物质与文化、生理和心理的需求，以及安全、防灾、避灾等措施，通过不同的手法和群体空间设计，构成一个完善的、多样化的建筑群体空间。

5.2、建筑风格：建筑风格、建筑色彩必须符合甘肃酒泉核技术产业园规划区设计控制要求，以现代风格为主，建筑立面造型应丰富、别致并有特色，并与周边建筑相协调。

5.3、建筑体量及空间组合：建筑物的形态、体量、尺度、色彩以及空间组合关系应与周围的环境相协调，同时严格按照控制指标进行建筑体量和空间布置设计。

5.4、立面造型：建筑立面造型应丰富、别致并有特色，并与中核龙瑞已建成的厂前区建筑色彩、造型协调，建筑立面上应注意细部处理，临街建筑物的底层、主要入口处和顶部应作重点处理。

5.5、建筑色彩：建筑色彩必须符合甘肃酒泉核技术产业园规划区设计风格控制要求。

5.6、照明设计：配套设计道路照明系统，楼道内设计声控照明设施；按规范标准设置路灯等设施。

5.7、建筑结构要求：规划设计的厂房等建筑物建筑结构应采用框架结构或钢结构加气块填充墙结构

6、防灾要求：

6.1 消防要求：设计必须符合《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 要求。

6.2 抗震要求：设计必须符合《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 要求。

6.3 避雷要求：设计必须符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2011 要求。

7、市政要求：项目规划区内各项市政设施系统必须符合园区市政规划，并与主体工程同步规划、设计、实施。

7.1、供水工程实行分户供水控制，室外供水管道材质必须采用 PE 管，规划区内供水管管径在 DN160 以上，室内供水管道材质采用 PPR 管，水表采用无源光电防滴漏水表，并在规划总图中标明接供位置，同时还应做好供水安全工作，要采取有效措施，防止有毒有害物质污染市政自来水。

7.2、室外排水管道材质必须采用 HDPE 双壁波纹管，管径在 DN200 以上。雨水管道设计采用雨污合流方式，按规范要求合理设置雨水篦子井，并在规划总图中标明接供位置。各类污水应处理应按规范要求进行处埋，监测达到国家排放标准后方可排放。为防止污染地下水源，有害工业污水和生活污水不得排入渗坑或渗井等。

7.3、供热工程按照甘肃省《民用建筑集中采暖供热计量技术规程》进行规划设计。

7.4、配套设计照明系统，按规范标准设置路灯等设施。

7.5、规划区内电力、电讯支管道必须符合电力、电讯规划，规划控制区内不得有架空线路。

7.6、规划区内无障碍设计按《城市道路和建筑物无障碍设计规范》的要求配套设计。

7.7、结合场地地形和项目特点，按规范要求编制竖向设计。

7.8、根据《安全治安防范系统通用技术要求》配套设计安防系统，并与建设同步设计、同步施工、同步交付使用。

8、环保要求：根据《工业企业设计卫生标准》相关规范要求，化工企业设计应符合现行的工业“三废”排放等标准的有关规定。新建的化工企业，必须把各种有害因素的治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。化工企业的生产区、废渣堆放场和废水处理场等用地及生活饮用水水源、工业废水和生活污水排放地点，应同时选择，并应符合建设规划的要求。必须按照规划设计条件，在受让场地内预留公共开放空间，并按规范要求承担本项目范围内的公建配套和基础配套设施，具体配套内容为：规划红线内道路、给排水、供热、电力、电讯、围墙、环卫、照明等公共服务设施。

9、其他规划要求

9.1、具体规划设计必须符合《城市规划管理技术规定》、《甘肃省城镇规划管理技术规程》、《工业建筑设计规范》、《建筑设计防火规范》、《石油化工企业设计防火标准》等相关规范要求。

9.2、本通知书所列规划条件是审查设计方案的依据，若建设用地面积调整或其他条件变化，本通知书应报我局重新核发。

9.3、持本通知书委托具有符合承担本工程设计资格及业务范围的设计单位进行方案设计，报审设计方案图纸装订成 A3 规格文本，并附规划设计方案电子文件（dwg 和 JPG 格式）。方案内容包括：规划总平面图、道路、竖向、公建及市政配套设施规划图、总体鸟瞰图、单体立面效果图、单体建筑楼层布置平面图、绿化工程规划图、基地整体亮化效果图和单体建筑亮化效果图。

9.4、项目规划区内所有用地均按建设用地进行规划设计。

9.5、本项目建设在满足上述规划设计条件要求外，还须符合《中华人民共和国城乡规划法》、《甘肃省城乡规划法管理条例》等国家、省、市现行有关法律、法规、标准、规范及强制性条文等要求，今后建设以经审批的该用地文件及图件为准。

9.6 本通知书有效期 2 年，1 年内应进行方案设计并办理报批手续，逾期自行无效。

10、附图（附图与上述规划条件相一致且同时使用方为有效文件。）

附：金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目用地规划图



（取件人姓名：_____ 取件日期：_____年____月____日）

