

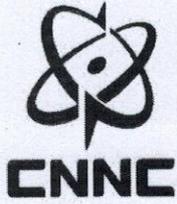
密 级	——
版 次	
本册编号	

中核北方铀业有限公司
753 矿退役治理工程

环境影响报告书

中核北方铀业有限公司

二〇二〇年六月



密 级	—
版 次	
本册编号	

中核北方铀业有限公司
753 矿退役治理工程
环境影响报告书



中核北方铀业有限公司

中核北方铀业有限公司
753 矿退役治理工程

环境影响报告书



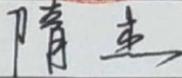
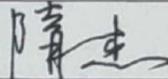
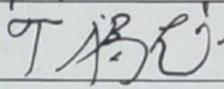
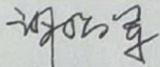
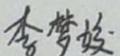
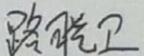
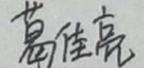
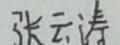
中核北方铀业有限公司

法人代表：隋杰

通讯地址：辽宁省葫芦岛市龙港区海辰路 25 号

邮政编码：125000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	11e6v6		
建设项目名称	中核北方铀业有限公司753矿退役治理工程		
建设项目类别	50_189铀矿地质勘探、退役治理		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	中核北方铀业有限公司		
统一社会信用代码	91211400752795897L		
法定代表人 (签章)	隋杰		
主要负责人 (签字)	隋杰		
直接负责的主管人员 (签字)	丁福龙		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	中核第四研究设计工程有限公司		
统一社会信用代码	911301001043361316		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
谢占军	2016035130350000003510130352	BH018156	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李梦姣	10.事故环境影响、11、退役治理的环境管理与监测计划、12.退役治理后的长期监护计划	BH018175	
路晓卫	7、退役治理前的环境影响、8.退役治理实施过程中的环境影响、9.退役治理终态的环境影响	BH018158	
葛佳亮	2.区域环境概况、4.环境质量现状	BH018159	
张云涛	1.总论、3.退役设施概述、5.退役源项调查、6.退役治理、13.结论	BH018149	

目 录

1 总论	1
1.1 项目基本情况.....	1
1.2 退役原因及退役治理目的.....	2
1.3 退役治理范围和深度.....	2
1.4 编制依据.....	4
1.5 评价范围和子区划分.....	6
1.6 评价因子.....	9
1.7 评价控制指标及管理限值.....	11
1.8 主要环境保护目标.....	15
2 区域环境概况	17
2.1 地理位置.....	17
2.2 地形地貌.....	17
2.3 气候与气象.....	18
2.4 地质.....	22
2.5 水文.....	23
2.6 土地和水体利用.....	27
2.7 生态和资源开发利用.....	27
2.8 人口分布.....	27
2.9 居民生活习性与饮食结构.....	35
3 退役设施概述	37
3.1 退役设施概况.....	37
3.2 退役设施正常生产时的生产工艺.....	37
4 环境质量现状	42
4.1 建矿前辐射环境本底.....	42
4.2 辐射环境质量现状调查与评价.....	43
4.3 非放射性环境质量现状与评价.....	51

5	退役源项调查	55
5.1	源项调查范围	55
5.2	源项调查方案	55
5.3	监测方法与测量仪器	57
5.4	源项调查监测质量保证	57
5.5	源项调查结果及治理项目	58
6	退役治理	84
6.1	退役治理目标	84
6.2	制定退役治理方案的原则	85
6.3	退役治理方案	86
6.4	退役废物管理	109
6.5	退役治理环境保护措施及其可行性论证	114
7	退役治理前的环境影响	117
7.1	退役治理前源项分析	117
7.2	预测参数设施	117
7.3	气载途径剂量估算	119
7.4	地表水途径剂量估算	123
7.5	剂量汇总与评价	125
7.6	退役治理前的非放射性环境影响分析	127
8	退役治理实施过程中的环境影响	129
8.1	退役治理过程中的辐射环境影响分析	129
8.2	退役治理过程中非放射性环境影响分析	130
8.3	退役治理过程中的环保措施	137
9	退役治理终态的环境影响	139
9.1	退役治理后源项分析	139
9.2	退役治理后环境影响评价	139
9.3	退役治理后的非放射性环境影响分析	158
9.4	退役治理效果分析	159

10	事故环境影响	160
10.1	可能造成环境影响的事故景象.....	160
10.2	最大可信事故.....	160
10.3	事故后果估算.....	161
10.4	事故防范及应急措施.....	169
10.5	小结.....	171
11	退役治理的环境管理与监测计划	172
11.1	环境管理机构.....	172
11.2	监测计划.....	172
12	退役治理后的长期监护计划	176
12.1	长期监护的目的.....	176
12.2	长期监护的要求.....	176
13	结论	180
13.1	结论.....	180
13.2	建议.....	186
附录一	气态途径辐射环境影响预测模式与参数.....	187
附录二	液态途径辐射环境影响预测模式与参数.....	191
附件：		
附件一：环评委托书		
附件二：标准批复函		
附件三：现状监测报告		
附件四：购土意向书		
附图：		
附图一：源项分布示意图		

前 言

中核北方铀业有限公司（以下简称“北铀公司”）位于辽宁省葫芦岛市，于 2002 年根据国家关闭破产政策从原七五四矿剥离组建成立。通过 2016 年至 2017 年的结构调整改革，目前北铀公司下辖综合管理处、党群纪检处、财务资产处、人力资源处、安全环保处、生产技术处、非铀管理处等 7 个机关处室以及本溪维护部、青龙维护部、物资保障部、二期项目部、工程服务部、退役管理部、鞍钢污水处理项目部、综合楼经营发展项目部、辽核服务项目部等 9 个项目部。

本项目退役治理的 753 矿，位于辽宁省本溪市下马塘镇金家村，为北铀公司所属铀采冶联合生产矿区，铀矿冶设施相对集中，采矿设施、水冶设施及尾渣库位于近南北向山沟内。矿山采取斜井开拓，矿石经斜井运至地表，水冶采用矿石破碎酸法堆浸—萃取工艺流程。该矿 1992 年 6 月开始基建，1996 年 5 月建成投入试生产，2001 年通过验收。由于铀资源开采枯竭，中国铀业有限公司以“中铀发〔2018〕403 号文”同意该矿井储量予以注销。

目前，753 矿遗留地表有坑（井）口、尾渣库、堆浸渣堆、工业场地、污染地面、建（构）筑物、污染设备等设施，通过各种途径和方式向环境释放废气、流出水，对周围环境构成了潜在的危害。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》等法规，为保障当地环境安全和公众健康，应对已关停的 753 矿遗留的铀矿冶设施进行全面退役治理。中核北方铀业有限公司委托中核第四研究设计工程有限公司编制了《中核北方铀业有限公司七五三矿退役治理工程项目建议书》。2020 年 2 月 20 日，国防科工局以《国防科工局关于中核韶关锦原铀业有限公司 745 矿退役治理 II 期工程等 3 个核设施退役及放射性废物治理项目的批复》（科工二司〔2020〕120 号）同意本项目立项。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等法律法规的要求，中核北方铀业有限公司委托中核第四研究设计工程有限公司承担该项目的环境影响评价工作。接受委托后，评价小组于 2019 年 7 月赴现场进行踏勘，同时收集相关的工程和环境资料，开展环境监测，并于

2020 年 4 月完成了报告书的编制工作，现提交生态环境部审查。

本环评报告书中的环境质量现状监测工作由核工业北京化工冶金研究院分析测试中心完成，中核北方铀业有限公司负责提供环评工作所需的基础资料以及开展公众参与并单独成本上报。

1 总论

1.1 项目基本情况

- 1) 项目名称：中核北方铀业有限公司 753 矿退役治理工程；
- 2) 项目性质：铀矿采冶遗留放射性污染和区域环境整治；
- 3) 承担单位：中核北方铀业有限公司；
- 4) 建设地点：辽宁省本溪市南芬区下马塘镇；
- 5) 项目投资：工程总投资 18819 万元；
- 6) 建设周期：60 个月；
- 7) 退役治理内容：753 矿的采冶设施及被污染的周边环境，主要源项类型包括尾渣库、堆浸渣堆、井口、污染设备管线、建构物、污染场地、污染地面、污染道路等。

拟进行治理的内容见表 1.1-1。

表 1.1-1 拟退役治理项目一览表

序号	源项类型	数量
1	尾渣库	1 座，尾渣 29.5 万 t、废石 16.56 万 t
2	堆浸渣堆	7 个，堆浸渣合计 7854t
3	污染工业场地	10 处，面积 56148.73m ²
4	污染地面	1 处，面积 8324.91m ²
5	污染建构物	106 座
6	井口	4 个
7	废水排放沟	1 条，230.08m
8	污染道路	长 1522.54m，面积 8773.02m ²
7	污染设备、管线、材料	设备 149 台（件），管线 15847.4m，废钢材 50t，废木材 39.05t

- 8) 治理目标：对 753 矿及附属水冶设施等进行退役治理，治理后的设施场地达到国家环境保护有关标准要求，治理范围内的生态环境基本恢复，治理范围内公众健康得到保护。

1.2 退役原因及退役治理目的

1.2.1 退役原因

中核北方铀业有限公司 753 矿于 1992 年 6 月开始基建, 1996 年 5 月建成投入试生产, 2001 年正式通过验收。由于铀资源开采枯竭, 中国铀业有限公司“中铀发[2018]403 号文”同意该矿井储量予以注销。

铀矿停产后, 在所属区域遗留了大量的铀矿冶废物和设施, 其中井口有 ^{222}Rn 气逸出, 并存在误入或坠入的安全隐患; 尾渣库、堆浸渣堆、污染工业场地等 ^{222}Rn 析出率超出管理限值, 不断向外释放 ^{222}Rn 及其子体, 对当地环境造成了一定的影响; 被污染的设备、管线等在企业停产的情况下, 存在流散的风险, 可能会被当地居民使用, 导致其直接或间接受到辐射危害。因此, 亟需对 753 矿停产后遗留设施进行全面、有效的环境治理, 以保护环境清洁和公众健康与安全。

1.2.2 退役治理目的

本项目退役治理的最终目的是通过补救行动, 以达到防止各类有害物流失, 减少各类流出物排放, 恢复厂区及周边生态环境, 改善环境质量, 保护公众健康, 杜绝安全隐患, 维护社会稳定和人心安定:

- 1) 防止井口氡气外逸, 保护当地居民生产、生活安全, 防止人、畜坠入井口、误入坑道而造成意外伤害。
- 2) 保持尾渣库的长期安全稳定, 防止由于自然力或其他原因引起塌垮流失, 造成环境污染事故, 同时改善当地的自然生态环境。
- 3) 使采冶遗留污染设备处于可控状态, 防止流失而造成环境污染。
- 4) 合理降低公众的辐射剂量, 使退役整治各项指标低于国家和行业颁布的标准; 治理后的环境质量与公众安全满足国家和行业颁布的各项规定、标准和规范。
- 5) 防止水土流失, 使治理范围内的生态环境得以基本恢复。

1.3 退役治理范围和深度

1.3.1 退役治理范围

753 矿退役治理工程治理范围为 753 矿矿区范围内的全部设施及周边污染环境, 主要治理源项包括尾渣库、堆浸渣堆、井口、污染工业场地、污染地

面、污染（废弃）设备管线材料、污染构筑物、废水排放沟和污染道路。此外，退役尾渣库覆盖治理完成后，预计一段时期内仍有渗水流出，需对尾渣库渗水进行收集，处理达标后排放。

1.3.2 退役治理深度

本次退役治理工程设计方案对于有条件能够进行清挖的设施采用清挖集中处置方案，以达到原址无限制开放使用的深度；而对于废物堆存量较大且很难进行清挖集中处置的设施，采取减少其辐射影响并保证稳定安全的处置措施，达到有限制开放使用的深度。

753 矿通过退役治理，可达到防止各类有害物流失，减少各类流出物，改善治理范围内的生态环境，保护公众健康并消除安全风险退役整治目的，对维护社会稳定和人心安定也将起到积极的作用。

各设施退役治理深度见表 1.3-1。

表 1.3-1 各设施退役治理深度

序号	源项类型	退役治理主要方法及目标	退役深度
1	尾渣库	容纳各种废物后，覆盖、植被与稳定化处置并设置警示标志，以达到抑制氡析出、并防止由于自然力或其他原因引起的塌垮流失而造成环境污染的治理目的	有限制开放使用。退役治理周期内，尾渣库渗水处理后达标后外排。
2	堆浸渣堆	采取清挖治理方案，将堆浸渣运至尾渣库集中处置	原场址无限制开放使用
3	污染设备管线或材料	非金属材质构成的污染设备管线拆除、分解后，运至尾渣库集中处置；金属材质的污染设备管线或材料，拆除解体后，运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心进行熔炼回收金属	处于可控状态
4	污染建构筑物	采取整体拆除治理方案，建筑垃圾运至尾渣库集中处置，原址与所处污染场地退役深度相同	原场址无限制开放使用
5	井口	进行有效封堵，防止井口氡气外逸，保护公众健康与安全，严禁随意打开	有效封堵，防止氡气外逸，保护公众的健康和安全
6	废水排放沟	拆除原有废水排放沟，清挖周边污染土，产生的污染物运至尾渣库集中掩埋处置，然后原址恢复重建	无限制开放使用
7	污染工业场地	采取完全挖除、迁移和集中方案，污染物运至尾渣库集中处置，清挖后覆土、植被，恢复生态环境	原场址无限制开放使用
8	污染地面	采取完全挖除、迁移和集中方案，污染物运至尾渣库集中处置；清挖后覆土、植被，恢复生态环境	原场址无限制开放使用
9	污染道路	彻底清挖污染物至尾渣库集中处置。运矿道路清挖治理后覆土植被恢复原址的生态环境；进矿道路及运渣路清挖后填筑路基并修筑水泥混凝土路面或泥结石路面，恢复道路原有使用功能	无限制开放使用

1.4 编制依据

1.4.1 法规和标准

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》2015 年 1 月 1 日；
- 2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003 年 10 月 1 日；
- 3) 《中华人民共和国环境影响评价法》2018 年 12 月 28 日；
- 4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》2018 年 4 月 28 日；

5) 《建设项目环境保护管理条例》2017 年 10 月 1 日。

1.4.2 标准规范

- 1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ/T2.1-2016);
- 2) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018);
- 3) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ/T2.3-2018);
- 4) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016);
- 5) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ/T2.4-2009);
- 6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ/T19-2011);
- 7) 《环境影响评价技术导则 铀矿冶退役》(HJ1015.2-2019);
- 8) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- 9) 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002);
- 10) 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017);
- 11) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- 12) 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》(15618-2018);
- 13) 《施工及堆料场地扬尘排放标准》(DB21/2642-2016);
- 14) 《污水综合排放标准》(DB21/1627-2008);
- 15) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);
- 16) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);
- 17) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);
- 18) 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020);
- 19) 《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》(GB14586-1993);
- 20) 《铀矿冶辐射环境监测规定》(GB23726-2009);
- 21) 《食品中放射性物质限制浓度标准》(GB14882-1994)。

1.4.3 相关文件

1) 《中核北方铀业有限公司七五三矿退役治理工程项目建议书》，中核第四研究设计工程有限公司，2018 年 10 月；

2) 《国防科工局关于中核韶关锦原铀业有限公司 745 矿退役治理 II 期工程等 3 个核设施退役及放射性废物治理项目的批复》(科工二司[2020]120 号)，2020 年 2 月 20 日；

3) 《753 军工核设施退役治理源项调查报告》，核工业北京化工冶金研究院，2018 年 5 月；

4) 《本溪铀尾渣库退役治理工程水文地质勘查报告》，北京中核大地矿业勘查开发有限公司，2018 年 6 月；

5) 《辽宁省生态环境厅关于中核北方铀业有限公司 753 矿退役治理工程环境影响评价执行标准的复函》（辽环综函[2020]477 号）；

6) 环境质量现状调查报告；

7) 中核北方铀业有限公司提供的其他相关资料；

8) 环影响评价委托书。

1.5 评价范围和子区划分

1.5.1 放射性环境影响评价

根据《环境影响评价技术导则 铀矿冶退役》（HJ1015.2-2019），并考虑本次退役治理工程的实际情况，为便于进行退役治理前、后辐射环境影响的对比，本次评价以退役治理前、后均存在，且退役治理前气载流出物排放量最大的尾渣库为评价中心；评价范围为评价中心半径 20km 范围的区域。为进行剂量估算，分别以选取的评价中心为圆心，以 1km、2km、3km、5km、10km、20km 为半径划分同心圆，再将这些同心圆划分为 22.5°扇形段，以正北 N 向左右各划分 11.25°为起始段，共划分 96 个子区。各评价子区的人口数按年龄划分为四个组：婴儿组≤1 岁，幼儿组 1~7 岁，少年组 7~17 岁，成人组>17 岁。20km 评价范围及子区划分情况见图 1.5-1。

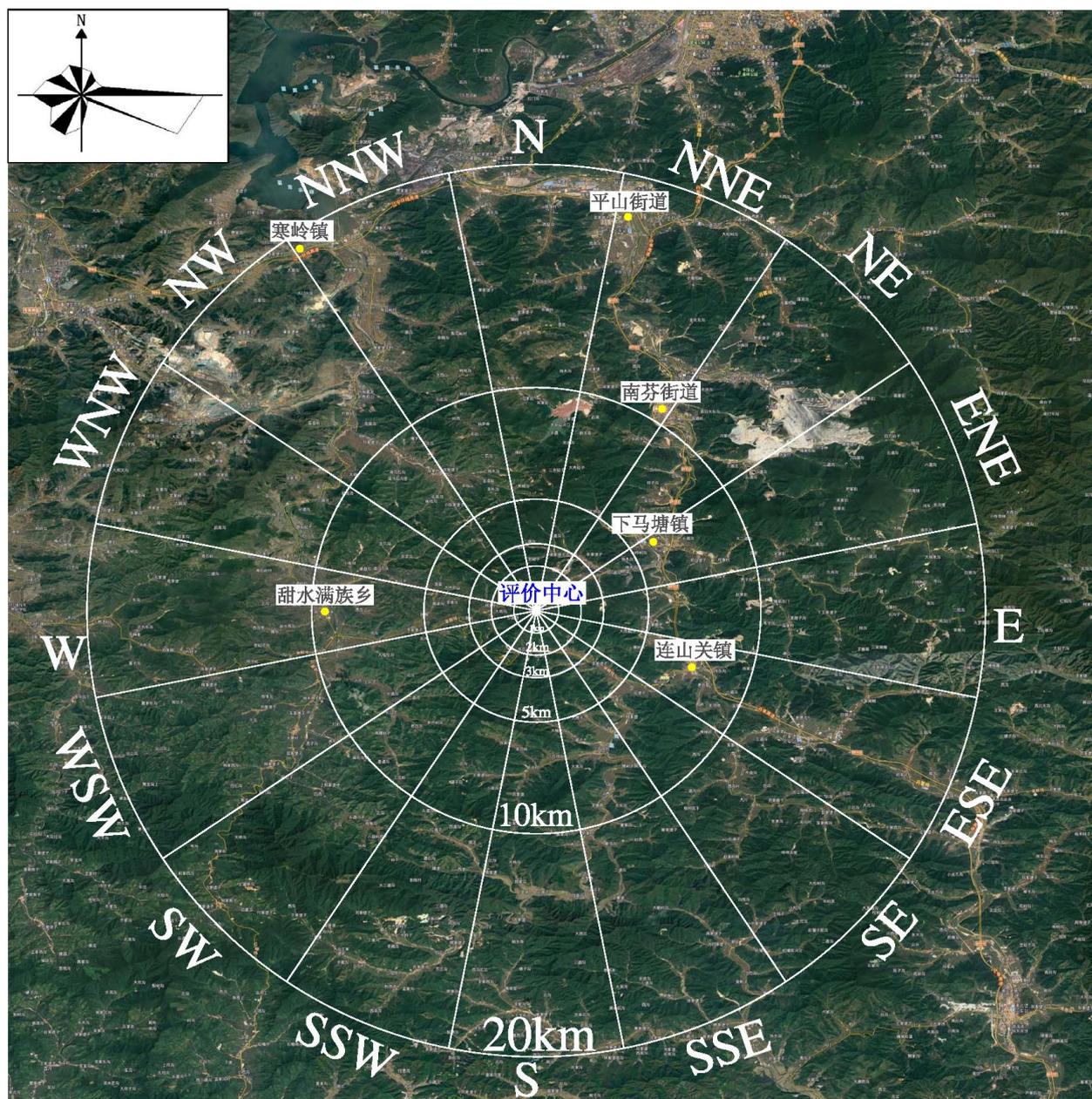


图 1.5-1 20km 评级子区划分图

1.5.2 非放射性环境影响评价

1.5.2.1 大气环境影响评价等级与评价范围

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)规定,评价等级由项目中主要污染物的最大占标率 P_i ,即第 i 个污染物的地面浓度达标准限值 10% 时所对应的最远距离 $D_{10\%}$ 进行等级划分。其中, P_i 定义为:

$$P_i = \frac{C_i}{C_0} \times 100\% \quad (\text{公式 1.5-1})$$

式中: P_i —第 i 个污染物的最大地面浓度占标率, %;

C_i —采用估算模式计算出的第 i 个污染物的最大地面浓度， mg/m^3 ；

C_{0i} —第 i 个污染物的环境空气质量标准， mg/m^3 。

评价工作等级按表 1.5-1 的分级判据进行划分。

表 1.5-1 大气评价工作等级划分判据

评价工作等级	分级判据
一级	$P_{\max} \geq 10\%$
二级	$1\% \leq P_{\max} < 10\%$
三级	$P_{\max} < 1\%$

本项目非放大气污染物主要为施工过程中挖掘、倾倒、堆存及运输污染物过程中产生的扬尘（TSP）。其中主要产污环节为各类废物、覆盖土在尾渣库内的卸车环节。采取定期洒水、对场内及运输物料进行遮盖、避开大风作业等措施后，扬尘排放量较小。

本项目采用 AERSCREEN 估算模式对卸车过程中产生粉尘的环境影响进行评价。源项及估算结果见表 1.5-2 及表 1.5-3。

表 1.5-2 估算模式参数一览表

源项名称	TSP, mg/s	面源面积, m^2	排放高度, m
尾渣库内施工	2.01	1000	2

表 1.5-3 退役治理非放射性大气环境影响估算结果

源项名称	污染物	C_i (mg/m^3)	C_{0i} (mg/m^3)	P_i (%)	距离 (m)
尾渣库内施工	TSP	48.57	900	5.40	28

经计算，TSP 最大落地浓度为 $48.57\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，占标率为 5.40%，处于 1%到 10%之间，最大落地浓度距离为 28m，位于 753 矿厂界范围之内。由此可见，本项目施工期扬尘对周边环境影响较小，项目非放射性大气环境影响评价等级为三级，评价范围为 5km，详见 8.2 章节。

1.5.2.2 地表水环境影响评价

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）中 5.1.2 节评价因子筛选要求，结合本项目尾渣库渗水及处理工艺特点，将 Mn 列为本项目地表水影响评价因子。根据源项调查结果，尾渣库渗水处理设施年排水量为 15181m^3 ，日均排水量 49.6m^3 ，小于 200m^3 ；主要污染物 Mn 的水污染当量数 $W < 6000$ 。按照 HJ2.3-2018 中表 1 水污染影响建设项目评价等级判定，本项

目评价等级为三级 A，评价范围为本项目受纳水体。

1.5.2.3 地下水环境影响评价

由于《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)未将涉核项目纳入技术导则之中，且本项目为铀矿冶退役治理修复项目，在导则中未明确该类地下水环境影响评价的行业分类。因此，本项目参照执行《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)中地下水评价原则及评价方法，确定本项目的地下水环境评价范围为：以尾渣库为中心，东侧边界、西侧边界及南侧边界以分水岭为界，北侧边界以金家沟河为界，总面积为 0.82km²。

1.5.2.4 声环境影响评价

本项目所在区域声环境功能区划为 2 类区。本项目实施前后，造成评价范围内敏感目标噪声级增高量不高于 5dB (A)，且区内受影响人数变化不大，根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)的规定，确定本项目声环境影响评价等级为二级，评价范围为厂界周边 200m。

1.5.2.5 生态影响评价等级与范围

本项目为铀矿山退役治理项目，不新增建设占地。与本项目有关的占地主要为项目土源地取土用地，涉及面积为 65357m²，小于 2km²，且取土地为一般区域，故本项目生态影响评价等级为三级，评价范围为取土范围。

1.6 评价因子

1.6.1 环境影响因素识别

为明确退役治理项目施工及治理完成后对对自然环境、生态环境、社会环境和公众健康产生的影响，根据项目工程特点、规模和污染物排放规律，结合评价区域的环境特征，进行项目对环境的影响识别，结果见表 1.6-1。

图 1.6-1 本项目环境影响因素识别

影 响 阶 段		自 然 环 境					社 会 环 境						
		大气环境	地表水	地下水	声环境	辐射环境	生态环境	农业发展	工业发展	交通	就业	公众健康	社会经济
退役治理前	废气排放	-2			-1	-2						-2	
	废水排放		-2			-1							
	噪声	-1											
	固体废物处置	-2		-2		-2	-2						
退役过程中	建构筑物拆除	-1			-1							-1	+1
	场地清理	-1			-1	-1						-1	+1
	材料运输	-1			-1				+1				+1
	覆土植被	-1			-1	+2	+2					+1	+1
	尾渣库渗水排放		-1		-1	-1							
退役终态	废气排放	-1				-1						-1	
	噪声	-1			-1								
	尾渣库渗水排放		-1			-1							
	固体废物处置	-1		-1		-1	+1					-1	

注：表中+为正效应，-为负效应；1 为一般（轻微、不显著的）影响，2 为中等影响，3 为较（重）大影响。

从上表可以看出，本项目的实施对周边环境的影响要素，退役治理前主要是废气、固体废物对大气环境、辐射环境、生态环境的影响；退役治理过程中主要是场地挖掘、物料运输、机械噪声等活动对大气环境、声环境、辐射环境及生态环境的影响；退役治理后主要是废气、固废、尾渣库渗水处理设施运行对大气环境、辐射环境及声环境的影响；另外，项目的实施将对该地区的自然环境及社会经济产生积极影响。

1.6.2 评价因子筛选

根据本项目退役治理前、退役治理中及退役治理后的特点及污染物排放特点，确定本项目评价因子如下表 1.6-2 所示。

表 1.6-2 本项目评价因子一览表

时期	评价内容		评价因子
退役治理前	大气污染源		^{222}Rn 及其子体
	废水污染源	放射性污染物	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{230}Th 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb
		非放射性污染物	尾渣库渗水 Mn 、 SO_4^{2-} 等
退役治理中	大气污染源	放射性污染物	^{222}Rn 及其子体
		非放射性污染物	颗粒物
	废水污染源	放射性污染物	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{230}Th 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb
		非放射性污染物	生活污水中的 COD、BOD、氨氮； 尾渣库渗水 Mn 、 SO_4^{2-} 等
	固废污染源	放射性污染物	清挖迁移废石、尾渣等及污染土；建筑垃圾；设备管线等
		非放射性污染物	生活垃圾
	噪声污染源		$\text{Leq}(\text{A})$
退役治理后	大气污染源		^{222}Rn 及其子体
	地表水污染源	放射性污染物	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{230}Th 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb
		非放射性污染物	尾渣库渗水 Mn 、 SO_4^{2-} 等
	地下水污染源		$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 Mn 、 SO_4^{2-}
	噪声污染源		$\text{Leq}(\text{A})$

1.7 评价控制指标及管理限值

1.7.1 剂量约束值和剂量控制值

1) 正常工况下公众剂量约束值

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)，确定退役与关闭后公众照射的剂量约束值不超过 0.3mSv/a。另外，参考其它铀矿山生产期所致公众的年有效剂量，在施工过程中采用 0.5mSv/a 公众照射的剂量约束值。

2) 事故工况下公众剂量控制值

事故工况下，公众成员最大个人剂量不超过 1mSv/次。

1.7.2 废水放射性排放浓度限值

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)，退役治理后尾渣库渗水排入的金家沟河具有 5 倍以上稀释倍数。尾渣库渗水处理设施排口核素浓度限值见表 1.7-1。

表 1.7-1 废水中放射性核素排放浓度限值

标准	水环境状况	放射性物质或核素	单位	废水排放口处限值
GB23727-2020	具有 5 倍以上 稀释能力	$U_{\text{天然}}$	mg/L	0.3
		^{226}Ra	Bq/L	1.1
		^{230}Th	Bq/L	1.85
		^{210}Pb	Bq/L	0.5
		^{210}Po	Bq/L	0.5

1.7.3 退役管理目标值

1) 地表氡析出率的管理限值

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)的规定,铀矿冶尾矿(渣)库等设施,经退役、关闭与环境整治后,表面氡析出率应不大于 $0.74\text{Bq}/(\text{m}^2 \text{s})$ 。

2) 土壤中 ^{226}Ra 残留量的管理限值

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)的规定,土地去污整治后,对 ^{226}Ra 的最高比活度要求为任何平均 100m^2 范围内土层中 ^{226}Ra 的比活度扣除当地本底值后不超过 0.18Bq/g ,可无限制开放或使用。

3) 放射性表面污染水平

无利用价值的金属设备、管线等经去污处理后,其 α 表面污染水平 $\leq 25\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染水平 $\leq 40\text{Bq}/\text{cm}^2$,即达到核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心(710厂)的接收限值时,可送核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心(国家核安全局认可的废旧金属处理中心)熔炼处理。

设备、管线在运输过程中,参照《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020),其包装容器和运输车辆外 α 表面污染水平 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染水平 $\leq 40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

1.7.4 非放射性环境质量和污染物排放标准

1) 环境质量标准:

根据《辽宁省生态环境厅关于中核北方铀业有限公司 753 矿退役治理工程环境影响评价执行标准的复函》(辽环综函[2020]477号),本项目环境空气、地表水及声环境执行的非放环境质量标准如下:

(1) 环境空气执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准;

(2) 地表水环境执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 表 1 中 II 类标准及表 2 中限值要求;

(3) 地下水环境质量执行《地下水质量标准》(GB/T1484893) 中 III 类标准;

(3) 声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准;

(4) 土壤环境执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018) 农用地土壤污染风险筛选值。

2) 污染物排放标准:

根据辽宁省生态环境厅的执行标准复函中确定的环境质量标准, 依据国家及辽宁省的相关规定及项目非放射性污染物排放情况, 确定本项目采取的非放射性污染物排放标准如下:

(1) 废水排放执行辽宁省地方标准《污水综合排放标准》(DB21/1627-2008) 中相关标准要求;

(2) 运行期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 2 类标准。

(3) 施工扬尘执行辽宁省地方标准《施工及堆料场地扬尘排放标准》(DB21/2642-2016) 表 1 中限值要求;

(4) 施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 中的限值要求;

本项目非放射性环境影响评价采用的环境质量标准及污染物排放标准值见表 1.7-2。

表 1.7-2 本项目评价采用的非放标准值

类别	污染物名称		标准值	标准来源
环境质量标准	大气	TSP	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24h 平均)	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 表 2 中二级
	地表水	pH	6~9	《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002) 表 1 中 II 类标准, 及表 2 中限值
		Mn	0.1mg/L	
		SO ₄ ²⁻	250mg/L	
		As	0.05mg/L	
		Cd	0.005mg/L	
	地下水	pH	6.5~8.5	《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) 中 III 类标准
		As	0.01mg/L	
		Mn	0.1mg/L	
		Cd	0.005mg/L	
		硫酸盐	250mg/L	
	噪声	昼间	60dB (A)	《声环境质量标准》 (GB3096-2008) 中 2 类标准
		夜间	50dB (A)	
	土壤	Cd	0.3mg/kg (pH \leq 5.5; 5.5<pH \leq 7.5)	《土壤环境质量 农用地土壤污染 风险管控标准》(试行) (GB15618-2018) 表 1 标准
			0.6mg/kg (pH>7.5)	
		Hg	1.3mg/kg (pH \leq 5.5)	
			1.8mg/kg (5.5<pH \leq 6.5)	
			2.4 mg/kg (6.5<pH \leq 7.5)	
			0.6mg/kg (pH>7.5)	
As		40mg/kg (pH \leq 5.5; 5.5<pH \leq 6.5)		
		30 (6.5<pH \leq 7.5)		
	25mg/kg (pH>7.5)			
Pb	70mg/kg (pH \leq 5.5)			
	90mg/kg (5.5<pH \leq 6.5)			
	120mg/kg (6.5<pH \leq 7.5)			
	170mg/kg (pH>7.5)			
Cr	150mg/kg (pH \leq 5.5; 5.5<pH \leq 6.5)			
	200mg/kg (6.5<pH \leq 7.5)			
	250mg/kg (pH>7.5)			
Cu	50mg/kg (pH \leq 0.5; 5.5<pH \leq 6.5)			
	100mg/kg (6.5<pH \leq 7.5; pH>7.5)			
Ni	60mg/kg (pH \leq 5.5)			
	70mg/kg (5.5<pH \leq 6.5)			
Zn	100mg/kg (6.5<pH \leq 7.5)			
	190mg/kg (pH>7.5)			
Zn	200mg/kg (pH \leq 5.5;			

类别	污染物名称		标准值	标准来源
			5.5<pH≤6.5) 250mg/kg (6.5<pH≤7.5) 300mg/kg (pH>7.5)	
排放标准	废气	颗粒物	郊区及农村地区浓度限值： 1mg/m ³	《施工及堆料场地扬尘排放标准》 (DB21/2642-2016)表1限值
	废水	pH	6~9	《污水综合排放标准》 (DB21/1627-2008)
		Mn	2.0mg/L	
		As	0.5mg/L	
		Cd	0.1mg/L	
		Hg	0.05mg/L	
		Cr ⁶⁺	0.5mg/L	
		Pb	1.0mg/L	
		Cu	0.5mg/L	
	Zn	2.0mg/L		
	噪声	昼间	60dB (A)	《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中2类标准
夜间		50dB (A)		
昼间		70dB (A)	《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)	
夜间		55dB (A)		

1.8主要环境保护目标

根据本项目工程性质和周围环境特征，确定本次环境评价的大气环境保护目标为项目评价范围内居民点的大气环境，下表中列出了 753 矿周围 3km 范围内的主要居民点分布情况；地表水环境保护目标为金家沟河及其下游水域；地下水环境保护目标为厂址周围的浅层地下水；声环境保护目标为退役设施边界外 200m 范围内的声环境；生态环境保护目标为退役施工区域。辐射环境保护目标为评价中心半径 20km 范围内环境和公众。

项目主要环境保护目标见表 1.8-1。

表 1.8-1 环境保护目标一览表

要素	保护对象	相对方位	距离 km	人口数	性质	保护级别
大气环境	金家村	N	0.62	57	居民点	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级和本项目 公众剂量约束值
	谢家堡子	NNE	2.67	78		
	四道沟	NNE	2.88	31		
	五间房	NNE	2.94	28		
	六道沟	NE	1.26	117		
	平地	NE	2.08	149		
	林家店 1	NE	2.62	33		
	林家店 2	ENE	2.49	29		
	黄沟	SE	2.00	45		
	西岔	SE	2.12	26		
	丁家堡子	SE	2.63	127		
	大榆台 1	SE	2.92	70		
	大榆台 2	SSE	2.83	46		
	铁匠沟 1	S	1.66	108		
	铁匠沟 2	SSW	1.76	65		
	铁匠沟 3	SSW	2.06	43		
	杨家街 1	W	1.86	30		
	杨家街 2	W	1.95	60		
	杨家街 3	W	2.08	76		
	杨家街 4	W	2.13	46		
小高岭	W	2.96	20			
金家堡子	WNW	1.19	133			
韩家堡子	NNW	0.69	86			
水环境	地表水	评价范围内，排口下游金家沟河及细河河段			地表水	《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002) II 类
	地下水	矿区周边地下水			地下水	《地下水质量标准》 (GB/T14848-2017) III 类
声环境		矿区界外 200m 声环境			声环境	《声环境质量标准》 (GB3096-2008) 2 类
生态环境		退役设施占地区			生态环境	防治水土流失，使治理范围内 生态环境得以基本恢复
辐射环境		评价中心半径 20km 范围内环境和公众			辐射环境	本项目公众剂量约束值

2 区域环境概况

2.1 地理位置

753 矿区位于下马塘满族自治县金家村东南，地理坐标为东经 $123^{\circ}40'08''\sim 123^{\circ}40'30''$ ，北纬 $40^{\circ}59'25''\sim 40^{\circ}59'42''$ ；矿区距离沈丹铁路下马塘车站 8km，距离沈丹高速公路下马塘出口和 304 国道汇合点处约 9km，有柏油路（521 乡道）相通，交通比较便利。753 矿所在地地理位置见图 2.1-1。



图 2.1-1 地理位置图

2.2 地形地貌

753 矿位于长白山系千山山脉中低山区。山脉走向主要有北东及近东西向，部分近南北及北西向。地势东高西低，矿区地形由南西坡向北东，山高坡陡，相对高差 200m~300m。矿区周围山脉海拔 350m~550m，多为低山丘陵，

矿区位于沟谷之内。矿区地形切割中等，第四系坡残积物发育，山脚、河岸边有少量的基座和冲积阶地，植被覆盖率较高。753 矿及其周边区域地形地貌见图 2.2-1。



图 2.2-1 地形地貌示意图

2.3 气候与气象

2.3.1 区域气候特征

本项目所在地区属中温带湿润气候区，季风气候特征显著。本溪市年均气温 7.8°C ，最冷月平均气温 -11.5°C ，最热月平均气温 24.0°C ，极端最低气温 -34.5°C ，极端最高气温 37.5°C 。年降水量 776.0mm ，年蒸发量 1645.5mm ，6~8 月降水量 471.4mm ，占全年降水量的 60.7%。年平均相对湿度 64%，最小相对湿度 0。年平均无霜期 169d。年日照时数 2324.8h。年均风速 2.6m/s ，主导风向东风。主要气象灾害有高温、干旱、低温、暴雨、洪涝、冰雹、大风、寒潮等。

2.3.2 气象数据统计

本次评价采用的基础气象数据包括距离矿区最近的气象站 2018 年全年的

地面和高空气象观测数据。地面气象参数为逐时数据，包括观测时间、风向、风速、总云、低云、温度和降雨量；高空气象参数为每日 2 次观测。基础气象数据经 AERMOD 软件气象预处理程序处理后，得到 AERMOD 扩散模式的气象边界条件。

距本项目所在地最近的气象站为矿区以北 35.4km 处的本溪站，站点编号 54346，其站点所在位置坐标为东经 123°46'31.08"、北纬 41°18'24.12"。

根据该站 2018 年实际观测数据，项目所在区域的气温、风速月平均变化情况见表 2.3-1 和图 2.3-1；季小时平均风速日变化情况见表 2.3-2，各季和全年风速玫瑰图见图 2.3-2，全年各风向风频见表 2.3-3。

表 2.3-1 温度、风速月平均变化情况

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月
温度(°C)	-11.88	-8.03	2.75	11.41	17.74	22.25
风速/(m/s)	2.5	2.78	3.39	3.46	3.13	3.2
月份	7月	8月	9月	10月	11月	12月
温度(°C)	26.68	24.73	16.97	9.18	2.02	-7.53
风速/(m/s)	3.03	2.39	2.56	2.64	2.35	2.55

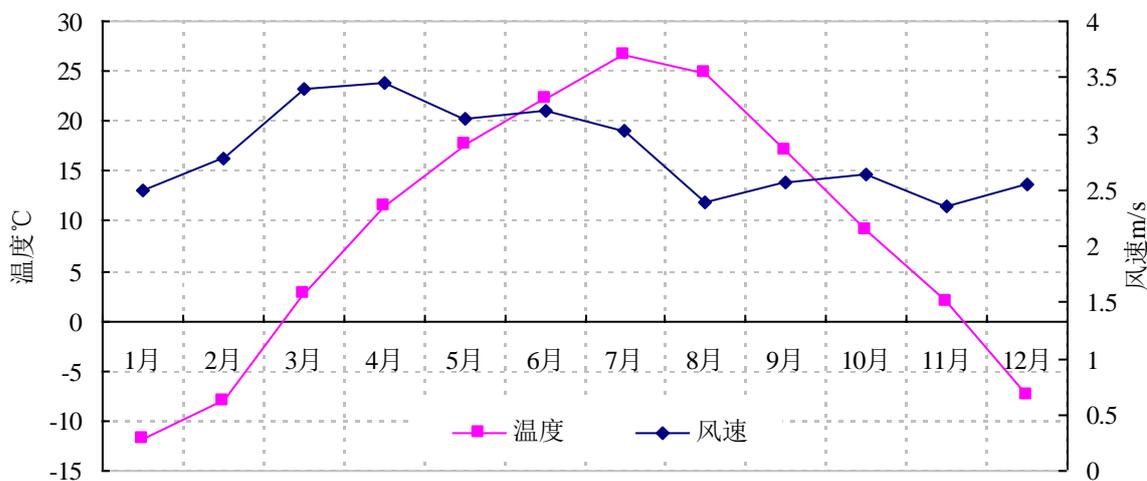


图 2.3-1 温度、风速月平均变化情况

表 2.3-2 季小时平均风速日变化情况

小时/h	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
春季	2.79	2.74	2.73	2.76	2.77	2.85	2.92	2.84	2.94	3.34	3.63	3.95
夏季	2.42	2.45	2.56	2.46	2.43	2.41	2.53	2.65	2.73	2.96	3.07	3.36
秋季	2.16	2.23	2.22	2.24	2.34	2.37	2.37	2.39	2.47	2.47	2.68	2.88
冬季	2.21	2.37	2.44	2.41	2.44	2.55	2.57	2.62	2.61	2.68	2.77	2.88
小时/h	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
春季	4.29	4.29	4.33	4.27	4.21	4.01	3.62	3.16	2.98	2.87	2.69	2.81
夏季	3.53	3.53	3.6	3.61	3.43	3.37	3.11	2.74	2.61	2.49	2.48	2.39
秋季	2.88	3.14	3.32	3.36	3.21	3.04	2.74	2.23	2.08	2.1	2.09	2.13
冬季	2.88	3.09	3.17	3.33	3.24	3.18	2.92	2.42	2.17	2.08	2.1	2.15

表 2.3-3 全年及各季风向变化情况

单位：%

季节	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
春季	5.48	4.94	3.94	3.12	14.13	10.51	0.59	1.81	5.39
夏季	3.44	3.99	2.9	3.67	21.47	7.88	2.26	3.85	8.92
秋季	3.66	3.34	2.7	3.16	23.44	20.6	1.33	2.06	4.44
冬季	4.35	3.38	2.45	3.66	16.81	25.46	0.69	0.74	1.53
全年	4.24	3.92	3	3.4	18.96	16.05	1.22	2.12	5.09
季节	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	静风	
春季	8.92	10.82	7.07	8.02	6.11	4.08	4.89	0.18	
夏季	10.87	9.28	5.03	5.53	3.58	3.31	4.03	0	
秋季	4.17	3.98	3.89	8.84	5.31	4.35	4.72	0	
冬季	3.15	3.15	4.35	8.15	9.07	6.53	6.53	0	
全年	6.8	6.84	5.09	7.63	6	4.55	5.03	0.05	

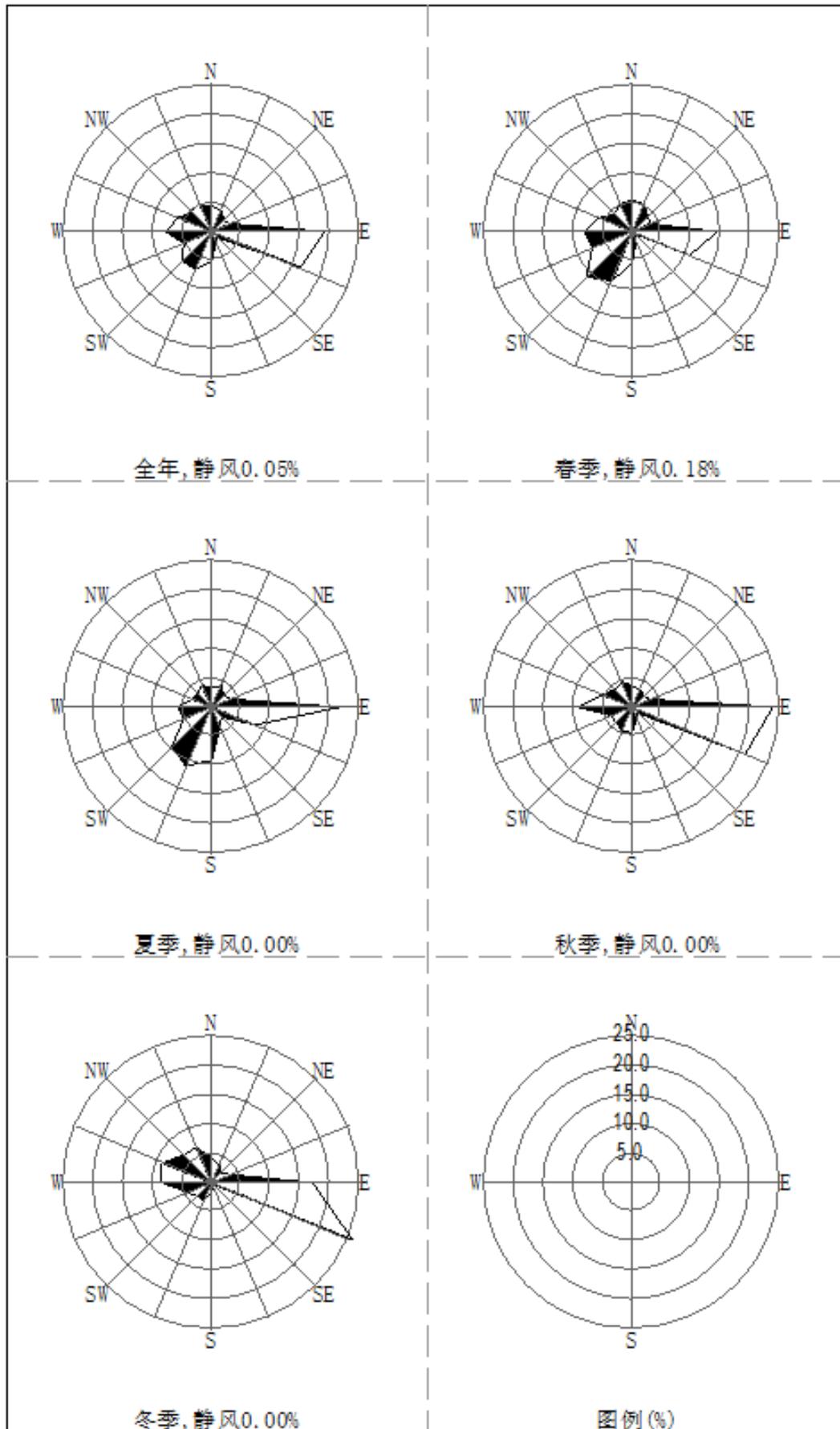


图 2.3-2 各季和全年各风向风玫瑰图

从本溪市气象站 2018 年地面气象观测数据可以看到，当地全年平均温度 8.95℃，平均风速 2.83m/s，E-ESE 方向全年风频之和为 35.01%，是该区主导风向。本次气象数据预处理采用的地表参数见表 2.3-4。

表 2.3-4 气象预处理地表参数取值

季节	反照率	BOWEN 率	地表粗糙度 (m)
春季	0.14	1.0	1.0
夏季	0.16	2.0	1.0
秋季	0.18	2.0	1.0
冬季	0.35	1.5	1.0
全年	0.21	1.63	1.0

2.4 地质

2.4.1 矿区地质

矿区位于连山关复背斜南翼，出露地层主要为太古界鞍山群及下元古界辽河群，分布于矿区南部和西北部。上元古界震旦系覆盖于矿区北部，下古生界寒武系、奥陶系、上古生界石炭系分布于东北部。

鞍山群呈残留体赋存于混合花岗岩杂岩体中，矿区地层有茨沟组及大峪沟组。这两组铀含量较低，仅局部富集。辽河群在区内广泛分布于矿区南部及西北部，区内有五组岩层出露，浪子山组是区内主要含矿层位。

矿区构造以断裂构造为主，褶皱次之。褶皱构造区内出露有连山关复背斜，背斜南翼地层中发育一级的曲回构造。复背斜与铀矿化关系极为密切。

矿区混合花岗岩出露于连山关复背斜核部，呈北西向分布。岩体与鞍山群、辽河群呈混合交代接触。

本区成矿类型以混合热液型为主，沉积变质混合热液改造型次之。混合热液型按不同含矿围岩分四类即混合质石英岩型、混合片岩、混合花岗岩型和铁铀型。

2.4.2 尾渣库区工程地质条件

根据北京中核大地矿业勘查开发有限公司沈阳分公司于 2016 年 12 月提交的《本溪铀矿尾渣库退役治理工程岩土工程勘察》，尾渣库区内地层分布由上至下依次为尾渣、残积土、混合花岗岩。

1) 尾渣：浅黄色，稍湿，主要矿物成分为石英及方解石，呈粗砂状，稍

密，层厚 6.0~11.0m。

2) 残积土：第四系全新残积层 (Q4al+pl)，分布于库区沟谷底部，岩性主要为块石。多呈棱角状—次棱角状，其成分主要黑云母片岩碎块，粒径多为 2~5cm。块石之间为砂质及粘土充填，稍密，欠固结土，层厚度 2.0~5.5m。

3) 强风化花岗岩：呈褐黄色，主要矿物成分为石英及长石。岩石为强风化。组织结构已破坏，原岩风化成角砾，锤击声哑，无回弹，稍湿，中密，属于软质岩。揭露层厚度 6.5~8.0m，该层未穿透。

尾渣库岸坡地层为强风化花岗岩，较完整，坚硬，岸坡山势雄厚，植被良好，未发现岸坡基岩变形迹象，尾渣库岸坡稳定性较好。尾渣堆积坝体无裂缝，表面平整，坝体外观良好，未见其他变形现象，堆积坝坡稳定性较好。尾渣库区内无全新活动断裂构造，无滑坡，泥石流、崩塌、溶洞及软弱层及断层破碎带等不良地质作用，尾渣库所处的工程地质环境稳定。尾渣库岸坡未发现有渗漏现象，不会发生绕坝渗漏，尾渣库区内及堆积坝体表面未见渗流破坏现象。

2.5 水文

2.5.1 地表水

753 矿生产期间外排水接纳水体为金家沟河。金家沟河从矿区北部流过，在下马塘镇附近汇入细河。细河属太子河水系。太子河是本溪境内最大的河流，太子河源头有两个，分别发源于抚顺市新宾县红石砬子山和本溪县东营坊乡的草帽子山，两条源流在本溪县马城子合二为一，先后汇合清河、泉水河、五道河、小夹河、南沙河、细河等支流，最终在海城县境内与浑河汇合后注入渤海。753 矿周边地表水系分布情况见图 2.5-1。

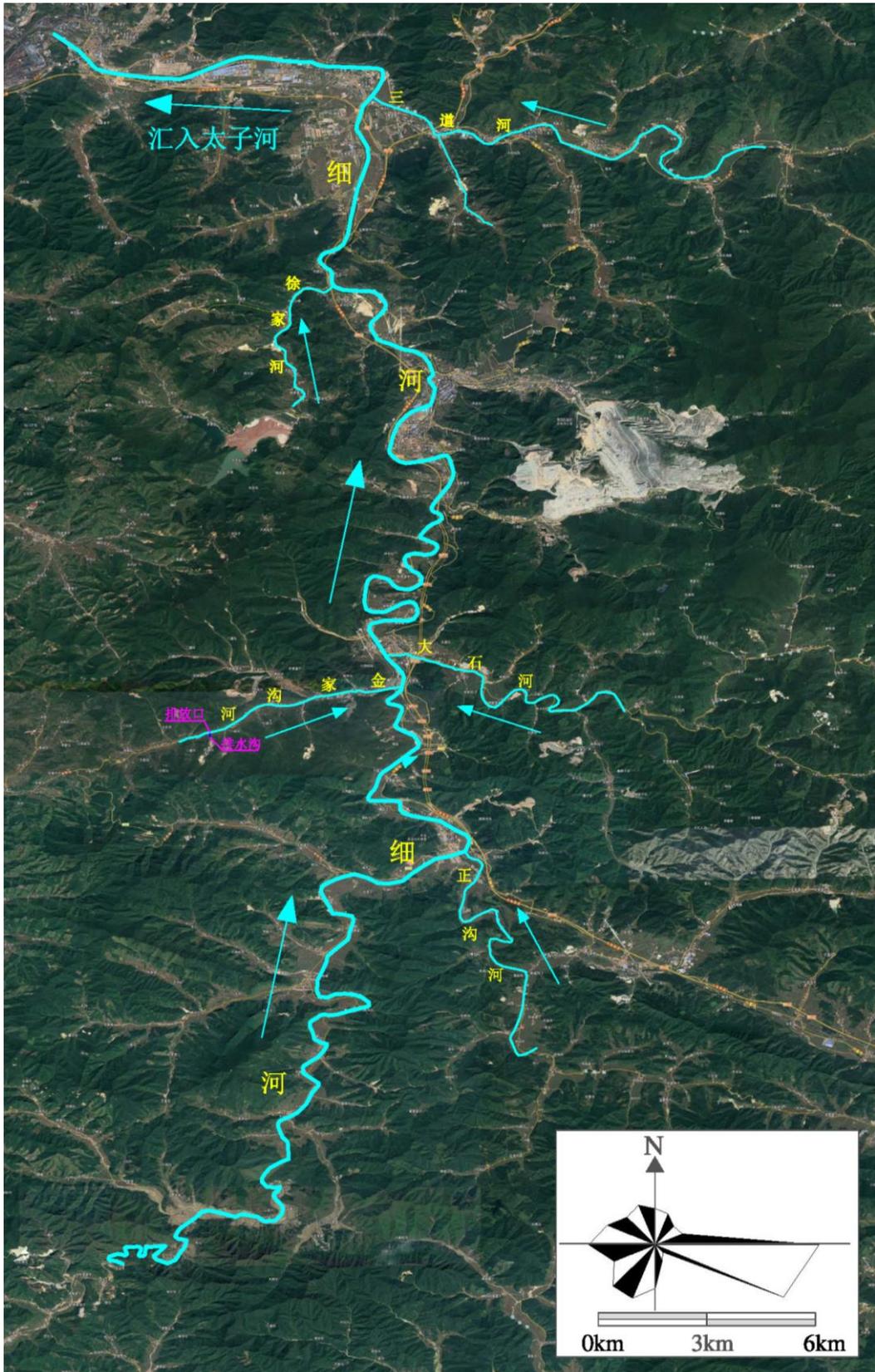


图 2.5-1 地表水系图

矿区排水直接受纳水体金家沟河水文参数见表 2.5-1；其下游汇入河流河道距离及逐月流量见表 2.5-2。

表 2.5-1 金家沟河水文参数

月份 名称	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
流量, m ³ /s	0.02	0.02	0.03	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12	0.10	0.08	0.04	0.03
河宽, m	2.0	2.1	2.1	2.2	2.5	2.7	3	3.2	2	1.9	1.8	1.6
流速, m/s	0.03	0.03	0.05	0.11	0.13	0.14	0.16	0.16	0.14	0.09	0.07	0.05
河深, m	0.1	0.1	0.25	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1
平均坡降	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

表 2.5-2 金家沟河下游汇入河流逐月评价流量

河流名称	河段距离 (km)	流量, m ³ /s											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
细河	5.5	4.6	4.8	5.3	8.9	10.2	11.3	11.9	14.6	12.3	9.6	8.7	6.0
大石河	6.6	0.3	0.5	0.9	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9	1.6	1.3	0.8	0.4
徐家河	27.9	0.5	0.9	1.1	1.5	2.2	4.6	5.1	4.4	3.5	1.8	1.4	0.6
三道河	34.0	1.1	1.4	1.7	2.3	3.4	4.2	5.0	6.8	5.1	4.3	3.4	2.0

2.5.2 地下水

2.5.2.1 地下水类型及富水性

根据北京中核大地矿业勘查开发有限公司沈阳分公司于 2018 年 6 月提交的《本溪铀矿尾渣库退役治理工程水文地质勘察报告》，该区地下水分为三种类型：

1) 第四系松散沉积物孔隙水

主要分布于丘间谷地及低丘坡脚处，其特点是地势低平，地表径流自西向东，地下水埋藏较深。含水层岩性具有明显的二元结构，上部岩性为浅褐、褐黄色亚砂土，局部为亚粘土覆盖。下部为黄褐色、多呈棱角及次棱角状、分选较差的块石及碎石层，由西向东颗粒由粗变细，厚度由薄变厚，水位由高到低。含水层埋藏深，透水性好，但厚度不均匀，较有利于邻区地下水的径流补给。含水层厚度 0.5-2.9m 左右。水位埋深 3.6-6.5m，单井允许最大出水量 < 1m³/d，富水性差。

2) 基岩风化裂隙水

广泛出露在基岩裸露地区，地下水赋存于花岗岩、大理岩及片岩的孔隙中。岩石颗粒较粗易风化，风化裂隙很发育，相互穿切短延呈网状。该类型地下水储存、运移于呈似层状、网状的风化裂隙中，随着深度增加，裂隙发

育渐差，30m 以下裂隙基本不发育。由于风化裂隙发育的不均衡，岩层的富水性也不均一。地下水补给来源为上部孔隙潜水的垂向渗入补给和邻区的地下水侧向径流补给。含水层厚度 3.55-21.0m 左右。水位埋深 7.9-25.3m，单井允许最大出水量 $<1\text{m}^3/\text{d}$ ，富水性差。

3) 构造裂隙水

构造裂隙脉状承压水呈北西向沿连山关岩体与辽河群地层混合接触带发育，与岩体周围的裙边构造关系密切，特别是晚期的北东、北北东向构造其充水、导水性能较好。地下水赋存于石英岩、混合花岗岩等坚硬岩石的构造裂隙中。其含水性与承压性相关于岩石组合关系及构造裂隙的发育程度。富水性变化较大，极不均匀，根据水文地质勘察报告，抽水试验结果显示，孔内基本上没有水，富水性极差。

2.5.2.2 地下水补、径、排特征

地下水的补给条件受地质、地貌、气象、水文及人为因素所控制。由于各含水岩组所处的地貌位置、地质结构、饱气带岩性、植被发育程度的差异，其补给条件也不尽相同。

松散岩类孔隙潜水，含水层位于丘间谷地及低丘坡麓处，地势西高东低，地表径流方向自西向东，径流条件较好，含水层埋藏深，厚度分布不均匀，透水性好，有利于垂直渗入及邻区地下径流补给。其补给来源主要是大气降水入渗补给。

基岩裂隙水，由于该区地下水含水层顶板埋藏深度较深，上部覆盖有第四系砂、砂砾石含水层，补给来源主要为第四系松散岩类孔隙水的入渗补给和地下水侧向径流补给。

构造裂隙水，本区构造裂隙富水性及其不均匀，勘探施工的几眼钻孔单孔涌水量远小于 $0.01\text{m}^3/\text{d}$ ，补给来源很小一部分来自构造裂隙水的补给。主要补给为基岩裂隙水的侧向径流补给。

径流作用受地形控制明显，在重力的作用下，向地表相对低下的部位流动。尾渣库所在地区地势为三面山坡，中间的沟谷洼地被渣堆覆盖，而整个地势又呈南高北低，因此矿区地下水的径流方向由高向低，由三面山坡向山沟底部方向汇集，随后由沟底向山下方向排出。

2.6 土地和水体利用

2.6.1 土地利用

根据现场调查,本项目评价中心 3km 范围内土地利用类型主要包括林地、耕地、建筑用地和工矿企业用地,其中林地为主要用地类型,其面积约占范围的 85%以上。

评价中心 3km 范围内耕地面积约为 295hm²,主要分布于沟谷、河沟两侧平地 and 较为平缓的坡地上。耕地内种植作物类型较为单一,主要种植的农作物为玉米。耕地灌溉主要依赖于降雨,每年收获一季。

2.6.2 水体利用

本项目评价中心 3km 范围内主要地表水体为金家沟河,金家沟河沿线有矿山开采及加工企业在河中筑坝取水,用作生产用水。矿区周边居民主要取用周边山泉水作为饮用水。

本项目评价范围内无饮用水水源保护区分布。

2.7 生态和资源开发利用

753 矿所在的南芬区森林资源丰富,林木蓄积量为 235 万 m³,区域内藏有大量的硅石、云石、花岗岩、方解石、大理石、铁、铜、铅等矿藏。区内主要河流是细河,区内流长 29km,年流量达 4 亿 m³,沿河两岸有大片冲击小平原,地势平坦,土质肥沃。

本项目周边,陆地生态系统以林地生态系统和农业生态系统为主,其中农业生态系统主要分布在沟、河两侧,山地森林的边缘。林地主要树种包括柞树、桦树、杨树、松树等;农作物以玉米为主。水生生态系统主要为细河及其支流构成的河流生态系统。项目周边无珍惜野生动植物分布。距离本项目最近的环境敏感目标为 753 矿以北 15km 的本溪大峡谷风景名胜区。

753 矿东侧 0.5km 处的五道沟内有小型铁矿选厂一座。

2.8 人口分布

2.8.1 城镇分布及人口自然增长率情况

2.8.1.1 城镇与人口分布

评价中心 20km 评价范围内,共涉 4 个市、7 个区(县)的 18 个乡镇(街道),20km 评价范围内主要城镇分布情况见图 2.8-1。各乡镇、街道行政区划

及其面积见表 2.8-1。由表中统计数据可以看出，本项目 20km 评价范围涉及的乡镇、街道总面积为 3101.8km²，涉及人口 32.57 万人，平均人口密度 105 人/km²。

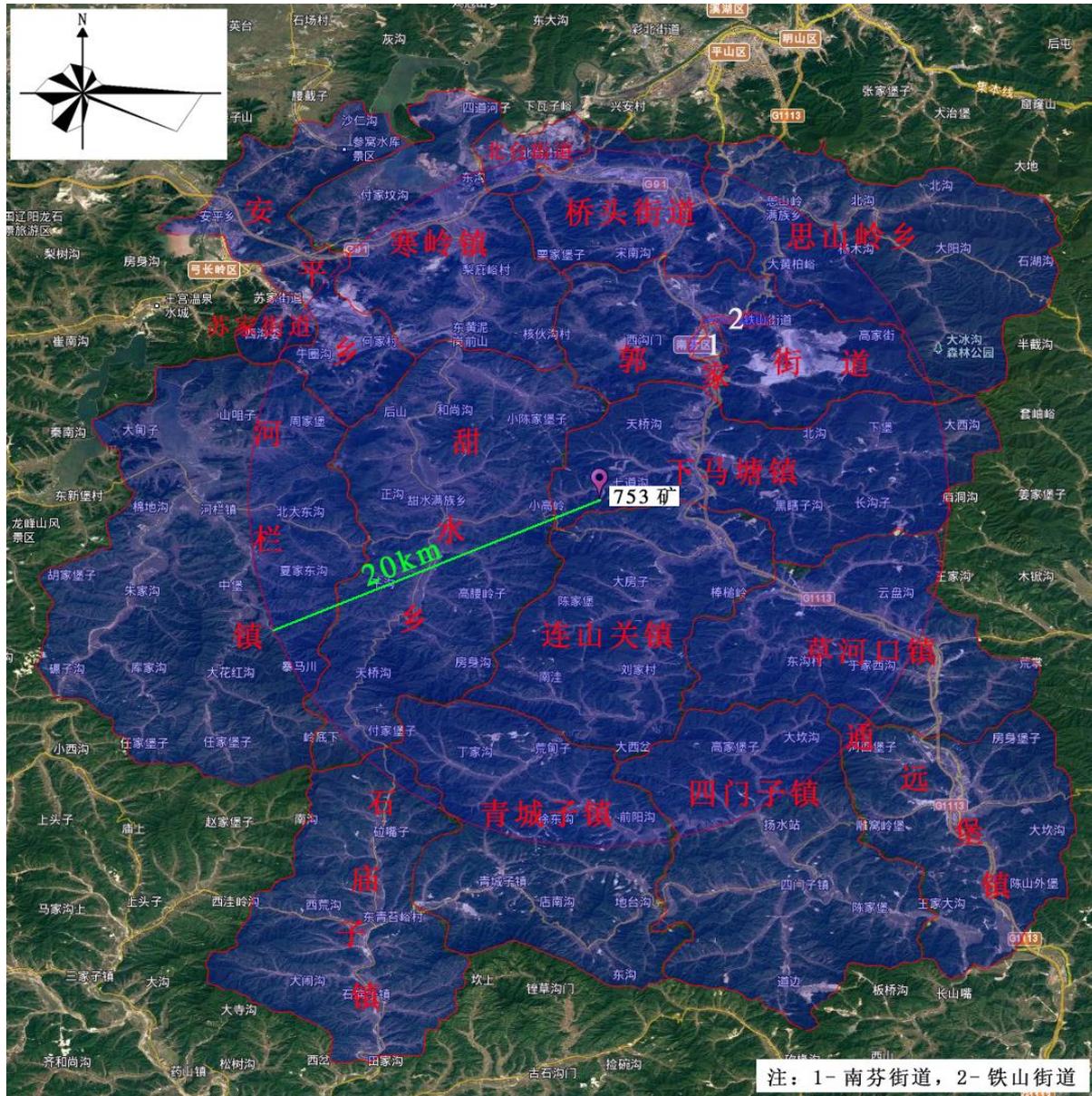


图 2.8-1 20km 评价范围内主要城镇分布图

表 2.8-1 20km 评价范围内主要城镇及其行政区划

序号	市	区	街道/镇	面积, km ²	人口数*, 万人
1	本溪市	南芬区	下马塘镇	233	7.09
2			南芬街道	3	
3			铁山街道	2	
4			郭家街道	170	
5			思山岭满族乡	224	
6		平山区	桥头街道	91.7	3.09
7			北台街道	23.4	
8		本溪县	连山关镇	203	1.30
9			草河口镇	201	2.18
10	丹东市	凤城市	青城子镇	236.9	2.95
11			四门子镇	269.7	1.53
12			通远堡镇	178	2.75
13	辽阳市	辽阳县	甜水满族乡	323	1.80
14			寒岭镇	171.7	1.75
15			河栏镇	418.2	2.04
16		弓长岭区	苏家街道	12	2.6
17			安平乡	140	1.78
18	鞍山市	岫岩满族自治县	石庙子镇	201.2	1.71

*南芬区、平山区、苏家街道数据自政府网站，其余数据自《中国县域统计年鉴（乡镇卷）-2018》。

2.8.1.2 人口自然增长率

由于鞍山市涉及范围很小，在统计人口自然增长率时不再考虑。根据 2015 年~2018 年的国民经济与社会发展统计公报公布，其余 3 市的人口自然增长率数据见表 2.8-2。

从表中数据可以看出，除辽阳市 2016 年外，本溪、丹东、辽阳三市 2015 年~2018 年的人口均为负增长。其中，2017 年均出现了较其他年份偏高的负增长率，其代表性较差，为了保证数据的有效性和代表性，选取 2015 年、2016 年和 2018 年三市平均人口自然增长率作为本项目预测的参数，即本次预测人口自然增长率取-0.165%。

表 2.8-2 各市 2015~2018 年人口自然增长率（单位：%）

地区 \ 时间	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2015 年、2016 年 2018 年平均
本溪市	-0.171	-0.419	-1.151	-0.28	-0.29
丹东市	-0.206	-0.015	-0.928	-0.206	-0.14
辽阳市	-0.129	0.0116	-0.891	-0.0711	-0.063

2.8.1.3 各年龄组人口比例

参考《迈向小康社会的中国人口（辽宁卷）》表 14-10，确定评价范围内人口年龄结构见表 2.8-3。

表 2.8-3 评价区内年龄结构 单位：%

年份* \ 年龄组	婴儿组（≤1 岁）	幼儿组（2~7 岁）	少年组（8~17 岁）	成人组（>17 岁）
2019	1.34	4.27	6.94	87.45
2026	1.15	3.89	6.84	88.12

注：2019 年和 2026 年数据分别参照《迈向小康社会的中国人口（辽宁卷）》表 14-10 中 2020 年和 2025 年预测数据。

2.8.2 人口分布

2.8.2.1 3km 范围内人口分布

本次评价对评价中心 3km 范围内的主要居民点分布及人口情况进行了调查。评价中心 3km 内主要居民点分布情况见图 2.8-2；调查结果见表 2.8-4。

由表中统计数据可以看出评价中心 3km 范围内，共有居民点 16 个，涉及人口 1503 人。评级中心 3km 范围内无学校、医院、疗养院；矿区东侧五道沟内有小型铁矿选矿厂一座，选矿厂用工主要为周边居民。

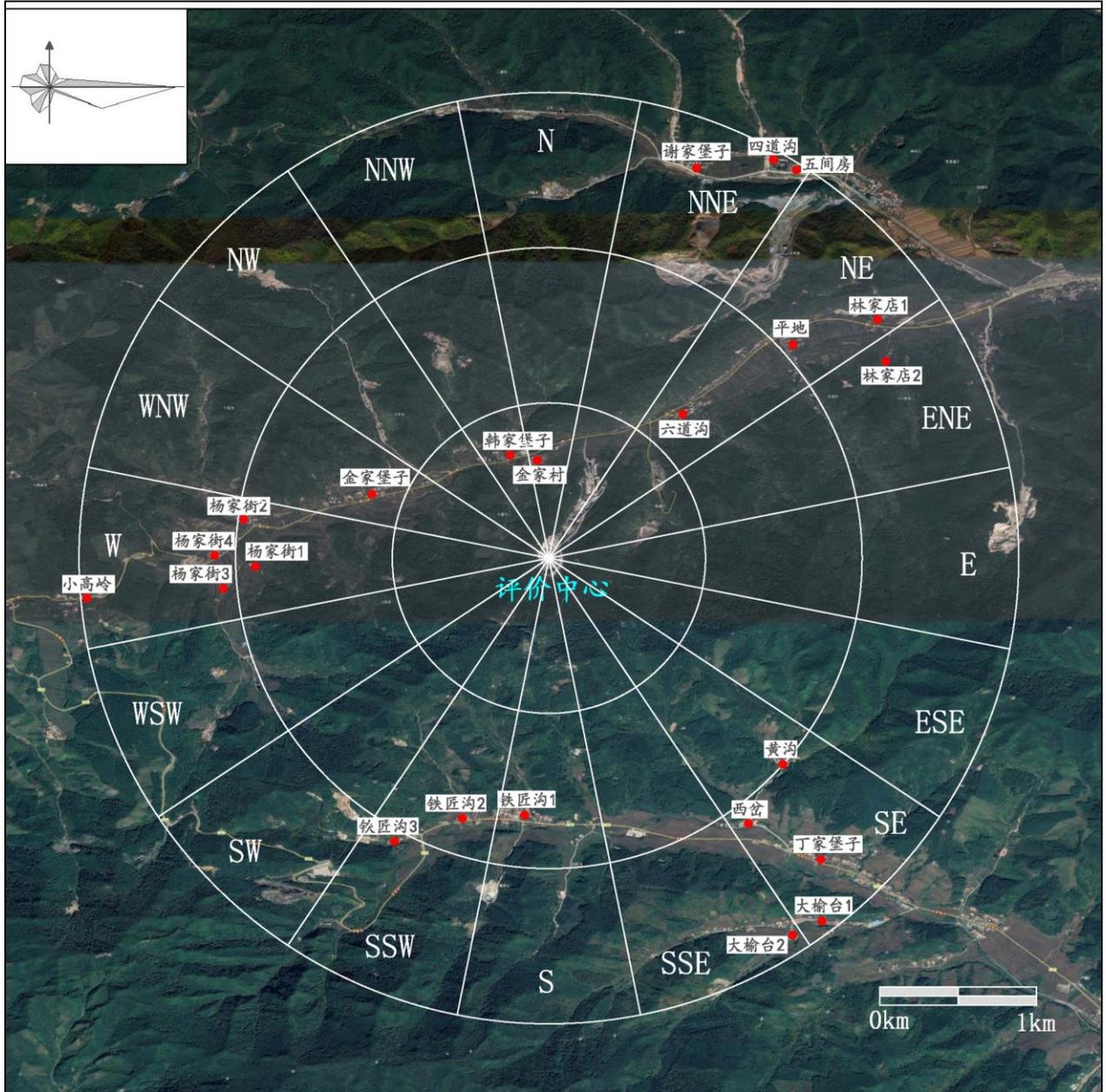


图 2.8-2 评价中心 3km 范围内居民点分布情况

表 2.8-4 居民点人口统计

序号	名称	方位	距离, km	人口数
1	金家村	N	0.62	57
2	谢家堡子	NNE	2.67	78
3	四道沟	NNE	2.88	31
4	五间房	NNE	2.94	28
5	六道沟	NE	1.26	117
6	平地	NE	2.08	149
7	林家店 1	NE	2.62	33
8	林家店 2	ENE	2.49	29
9	黄沟	SE	2.00	45
10	西岔	SE	2.12	26
11	丁家堡子	SE	2.63	127
12	大榆台 1	SE	2.92	70
13	大榆台 2	SSE	2.83	46
14	铁匠沟 1	S	1.66	108
15	铁匠沟 2	SSW	1.76	65
16	铁匠沟 3	SSW	2.06	43
17	杨家街 1	W	1.86	30
18	杨家街 2	W	1.95	60
19	杨家街 3	W	2.08	76
20	杨家街 4	W	2.13	46
21	小高岭	W	2.96	20
22	金家堡子	WNW	1.19	133
23	韩家堡子	NNW	0.69	86

2.8.2.2 20km 评价范围内各子区人口分布

根据本项目的退役工程计划,预计 2025 年完成退役治理工程,因此将 2025 年作为本项目退役治理后辐射环境影响评价年份。退役治理前(2019 年)评价中心 20km 范围内人口数量见表 2.8-5,退役治理后(2025 年)评价中心 20km 范围内人口数量见表 2.8-6。

表 2.8-5 评价中心 20km 内各子区人口分布（2019 年）

子区半径	年龄组	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~1km	婴儿	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	幼儿	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	少年	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	成年	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
1~2km	婴儿	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0
	幼儿	0	0	5	0	0	0	1	0	5	3	0	0	4	6	0	0
	少年	0	0	8	0	0	0	2	0	7	5	0	0	6	9	0	0
	成年	0	0	102	0	0	0	20	0	95	56	0	0	79	116	0	0
2~3km	婴儿	0	2	2	0	0	0	3	1	0	1	0	0	2	0	0	0
	幼儿	0	6	8	1	0	0	10	2	0	2	0	0	6	0	0	0
	少年	0	10	13	2	0	0	17	3	0	3	0	0	10	0	0	0
	成年	0	119	159	26	0	0	214	40	0	37	0	0	124	0	0	0
3~5 km	婴儿	0	1	2	1	0	0	2	0	1	0	0	0	3	1	0	0
	幼儿	0	3	5	4	0	0	8	1	3	0	0	0	9	2	1	0
	少年	0	5	9	6	0	0	13	2	4	0	0	0	14	3	2	0
	成年	0	68	108	81	0	0	161	24	54	0	0	0	178	39	31	0
5~10 km	婴儿	3	2	34	136	1	164	21	25	3	2	2	1	238	3	20	8
	幼儿	9	6	109	432	4	522	68	79	9	5	7	4	760	9	64	27
	少年	15	9	177	703	7	849	110	128	15	9	12	7	1235	14	105	43
	成年	188	115	2228	8856	90	10700	1383	1618	191	108	145	86	15557	181	1319	547
10~20 km	婴儿	109	598	287	14	3	282	30	20	124	117	21	30	42	22	14	178
	幼儿	346	1904	914	45	9	898	94	65	397	374	65	95	133	69	44	566
	少年	562	3095	1485	73	15	1459	153	106	645	607	106	154	216	112	71	920
	成年	7083	39003	18714	925	185	18386	1934	1336	8123	7654	1340	1939	2724	1418	900	11598

表 2.8-5 退役治理后评价中心 20km 内各子区人口分布（2025 年）

子区半径	年龄组	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~1 km	婴儿	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	幼儿	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	少年	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	成年	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
1~2 km	婴儿	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0
	幼儿	0	0	5	0	0	0	1	0	5	3	0	0	4	6	0	0
	少年	0	0	8	0	0	0	2	0	7	5	0	0	6	9	0	0
	成年	0	0	101	0	0	0	20	0	93	56	0	0	78	115	0	0
2~3 km	婴儿	0	2	2	0	0	0	3	1	0	1	0	0	2	0	0	0
	幼儿	0	6	8	1	0	0	10	2	0	2	0	0	6	0	0	0
	少年	0	10	13	2	0	0	17	3	0	3	0	0	10	0	0	0
	成年	0	119	157	25	0	0	212	40	0	38	0	0	123	0	0	0
3~5 km	婴儿	0	1	2	1	0	0	2	0	1	0	0	0	3	1	0	0
	幼儿	0	3	5	4	0	0	8	1	3	0	0	0	9	2	1	0
	少年	0	5	9	6	0	0	13	2	4	0	0	0	14	3	2	0
	成年	0	67	107	80	0	0	159	24	53	0	0	0	176	39	31	0
5~10 km	婴儿	3	2	34	135	1	162	21	25	3	2	2	1	236	3	20	8
	幼儿	9	6	108	428	4	517	67	78	9	5	7	4	753	9	63	27
	少年	15	9	175	696	7	841	109	127	15	9	12	7	1223	14	104	43
	成年	186	114	2206	8769	89	10595	1369	1602	189	107	144	85	15404	179	1306	542
10~20 km	婴儿	108	592	284	14	3	279	30	20	123	116	21	30	42	22	14	176
	幼儿	343	1885	905	45	9	889	93	64	393	370	64	94	132	68	44	560
	少年	556	3064	1470	72	15	1445	151	105	639	601	105	152	214	111	70	911
	成年	7013	38618	18529	916	183	18205	1915	1323	8043	7579	1327	1920	2697	1404	891	11484

2.9 居民生活习性与饮食结构

评价区域内居民主食以小麦、玉米、北方水稻为主；副食以蔬菜、肉类和蛋类为主，水果以西瓜、苹果为主。下游部分沿河农田使用河水灌溉。根据对项目周围居民点的实地调查统计结果，本次评价中采用的液态途径相关参数分别见表 2.9-1~表 2.9-4，液态途径影响子区及人口情况见表 2.9-5。

表 2.9-1 环境水体使用因子

年龄组	婴儿		幼儿		少年		成人	
	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均
游泳时间, a	0	0	0	0	0.01	0.005	0.02	0.01
划船时间, a	0	0	0	0	0.01	0.005	0.02	0.01
岸边活动时间, a	0	0	0.02	0.01	0.11	0.07	0.22	0.13

表 2.9-2 食入受污染水体及农产品参数

农产品	污水灌溉率 $m^3/m^2 \cdot a$	收获到消费时间 d		婴儿		幼儿		少年		成年	
		最短	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均
北方水稻, kg/a	0.7	50	180	0	0	35	20	55	40	70	50
蔬菜, kg/a	0.5	1	3	0	0	20	10	30	20	60	35
水果, kg/a	0.2	2	10	0	0	7	5	8	6	10	7
小麦, kg/a	0.1	50	180	0	0	40	30	75	60	95	80
玉米, kg/a	0.1	50	180	0	0	15	7	40	25	60	45

表 2.9-3 食入受污染动物产品参数

动物产品	动物饮污水量 L/d	屠宰到消费时间 d		婴儿消费量		幼儿消费量		少年消费量		成年消费量	
		最短	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均
蛋, kg/a	0.01	1	10	0	0	4	2	5	2.5	5	2.5
猪肉, kg/a	0.4	1	2	0	0	10	4	12	5	16	10
家禽, kg/a	0.02	1	2	0	0	2.0	1.4	7.0	5.5	11.5	8.6
鱼, kg/a	—	0.5	1	0	0	1.0	0.8	3.5	1.9	4.3	2.5

表 2.9-5 废水排放口下游使用途径子区及人口一览表（2019 年）

方位	距离 km	岸边活动				游泳外照射				食入动物产品内照射			
		婴儿	幼儿	少年	成人	婴儿	幼儿	少年	成人	婴儿	幼儿	少年	成人
NE	1~2	0	1	1	10	—	—	—	—	0	1	2	9
NE	2~3	0	1	1	8	—	—	—	—	0	1	2	10
ENE	3~5	0	1	2	15	—	—	—	—	0	1	1	6
ENE	5~10	0	43	70	880	—	—	—	—	0	10	18	205
NE	5~10	0	11	20	22	0	0	4	20	0	2	4	50
NNE	10~20	0	190	309	3900	0	0	55	360	0	140	300	1700
N	10~20	0	35	56	708	0	0	15	85	0	8	15	185
NE	10~20	0	45	74	90	0	0	20	150	0	70	150	850
方位	距离 km	食入农产品内照射				划船外照射							
		婴儿	幼儿	少年	成人	婴儿	幼儿	少年	成人				
NE	5~10	0	3	4	45	0	0	6	25				
NNE	10~20	0	54	70	800	0	0	70	510				
NE	10~20	0	27	36	405	0	0	35	220				
N	10~20	0	10	15	150	0	0	25	110				
方位	距离 km	水生生物内照射											
		婴儿	幼儿	少年	成人								
NE	5~10	0	1	3	35								
ENE	5~10	0	35	60	380								
N	10~20	0	28	52	360								
NNE	10~20	0	86	150	1760								
NE	10~20	0	45	72	905								

3 退役设施概述

3.1 退役设施概况

中核北方铀业有限公司 753 矿位于辽宁省本溪市下马塘镇金家村东南，属于铀矿采冶联合矿区。主要生产设施集中分布于近南北走向的山沟内。矿山采取斜井开拓，矿石经斜井运至地表，水冶采用矿石破碎酸法堆浸—萃取工艺流程。该矿 1992 年 6 月开始建设，1996 年 5 月建成投入试生产，2001 年通过验收。由于铀资源开采枯竭，中国铀业有限公司以“中铀发〔2018〕403 号文”同意该矿井储量予以注销。

753 矿生产期设施按其功能主要分为铀矿井、水冶设施、尾渣处置设施以及配套环保设施。753 矿主要生产设施分布情况见图 3.1-1。

3.2 退役设施正常生产时的生产工艺

3.2.1 铀矿井

矿山有 1 个井口，采取斜井开拓，采矿方法为水平下向分层崩落法。采用侧翼对角抽出式通风系统，主扇风机设在井下 300m 中段。目前井下共有 300m、260m、220m、180m、160m、140m、120m 及 90m 共计 8 个中段，其中 300m 为主通风辅助中段；260m、220m、160m 及 140m 为主要生产中段；180m 为二次提升调车场和主水仓中段，120m 及 90m 为生产探矿中段。辅助设施有地表维修间、仓库、主绞车控制室、矿仓及废石临时存放点。

3.2.2 水冶设施

753 矿水冶工艺为“矿石破碎—酸法堆浸—萃取”工艺的。矿石经破碎、拌酸、筑堆、经软锰矿氧化、硫酸浸出等工序，将铀从矿石中转入到液相，再经固液分离使铀的浸出液与矿渣分离，然后采用三脂肪胺萃取、反萃和沉淀等方法从铀含量低、杂质含量高的浸出液中浓缩制得黄饼（即三碳酸铀酰铵）。堆浸池主要工艺液体为萃余水和冷冻母液，萃余水生产过程中全部返回配制淋浸剂，冷冻母液全部返回配沉淀剂、反萃取剂。地表水冶厂主要由破碎厂房、拌酸厂房、堆浸厂房及主工艺厂房构成。辅助设施有浴池、仓库、储槽、矿井水处理车间、地表污水处理车间、尾渣库、变电所、维修车间、化验室、锅炉房等。

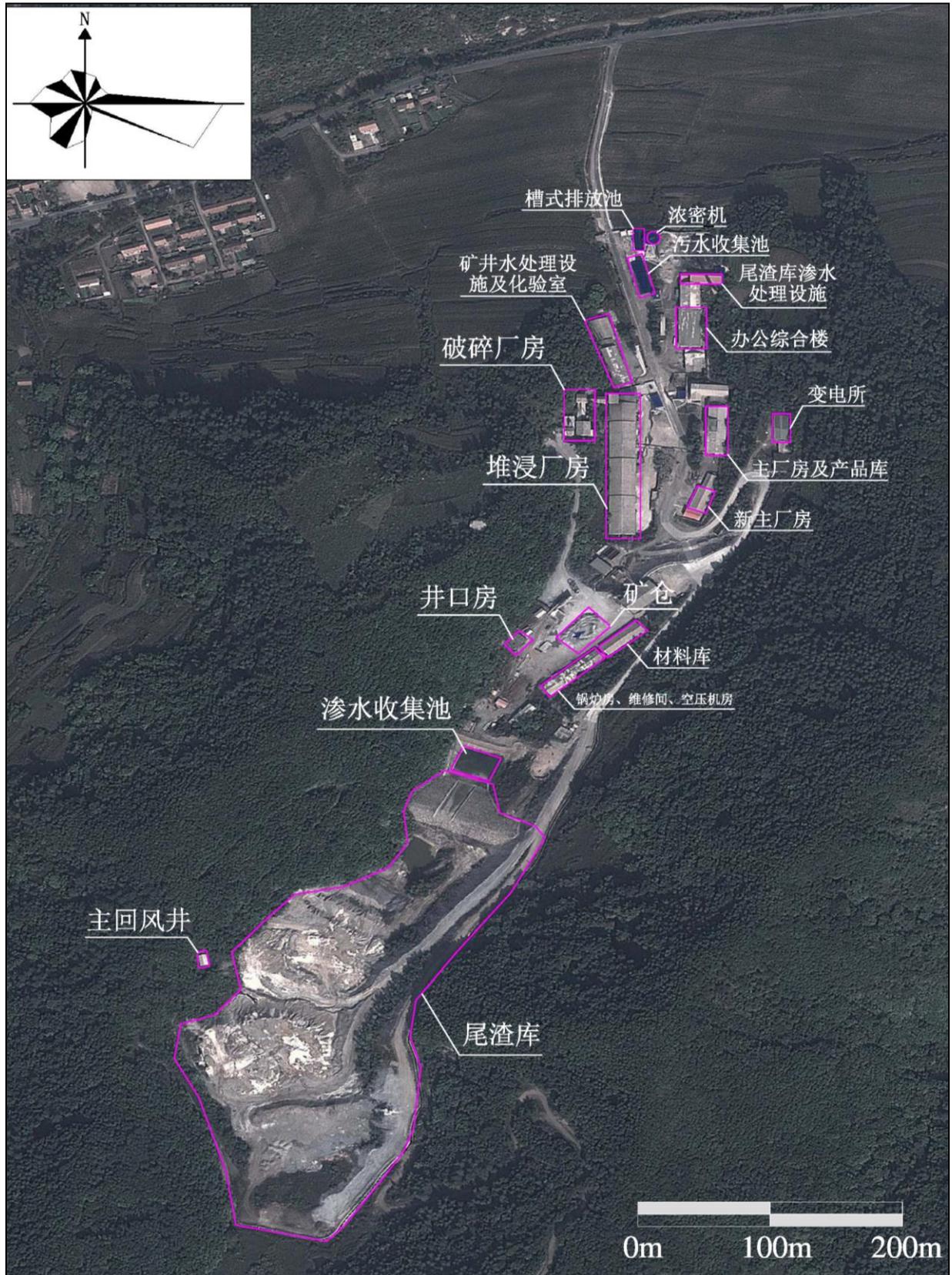


图 3.1-1 753 矿主要生产设施分布情况

3.2.3 污染物处置措施

3.2.3.1 废气

1) 井下废气

在铀矿开采过程中，如凿岩、爆破，由于矿岩的破碎及风力的作用，会产生一定量的氡及其子体。为减少矿山开采过程中产生的铀矿尘和氡及其子体，753 矿主要采取了以下措施：①及时封堵废弃巷道及短期内不再使用的巷道，减少氡气的析出；②对凿岩、装矿及出渣等工序采用湿式作业方式，降低工作现场的氡浓度及粉尘浓度；③采取强制通风措施提高工作面的风质。

753 铀矿采用侧翼对角抽出式通风系统，由主斜井入风，总回风井回风，各作业面配备局扇风机对作业面进行强制通风，氡及其氡子体、粉尘由总回风井排出。

2) 破碎粉尘

矿石破碎采用三段一闭路系统：第一段为 JC4060 颚式破碎机进行初碎，第二段为双动颚破碎机进行中碎，第三段为圆锥破碎机进行细碎。破碎厂房除尘系统由 4 台 FPPF 型气箱脉冲布袋式除尘器及管网组成，4 台除尘器分别安装在单鄂破碎机、双动颚圆锥破碎机、高效振动筛及拌酸厂房，风量分别为 $8000\text{m}^3/\text{h}$ 、 $9419\text{m}^3/\text{h}$ 、 $12000\text{m}^3/\text{h}$ 和 $12000\text{m}^3/\text{h}$ ，除尘效率达 99.5%。

3.2.3.2 废水

1) 矿井废水处理设施

753 矿生产期间，枯水期矿井水产生量约为 $140\text{m}^3/\text{d}$ ，丰水期约 $230\text{m}^3/\text{d}$ 。矿井水经管道排入地表澄清池澄清后，一部分返回井下用于凿岩、洗壁和矿石喷淋，其余经管线自流进入矿井水处理车间进行处理。矿井水处理设施采用离子交换吸附处理工艺，处理达标后排入金家沟河。

2) 尾渣库废水处理设施

本项目尾渣库渗水主要来源于大气降水渗入及地下水侧向径流渗入。为实现尾渣库渗水达标排放，753 矿建有尾渣库渗水处理系统，设计处理能力 $1000\text{m}^3/\text{d}$ ，其处理流程简述如下：

尾渣库渗水经过坝下储池收集调蓄，然后泵入塔内与树脂交换吸附除铀，吸附处理后的尾液进入废水沉淀罐，与石灰过碱中和沉淀载带除铀、锰等，

此时中和后的浆液中，水中的金属离子已从液相转移至固相，将其自流至浓密机内，利用重力使颗粒沉降实现液、固两相分离。溢流清液，用硫酸调至中性后通过排放槽外排至金家沟河；底部含污浆液用砂浆泵抽出，大部分送入压滤机脱水，含污滤饼被运至尾渣库处置，少部分返回参与中和剂配制，作为晶种可有效提高中和沉淀颗粒直径，提高液固分离效率。尾渣库渗水处理工艺流程见图 3.2-1。

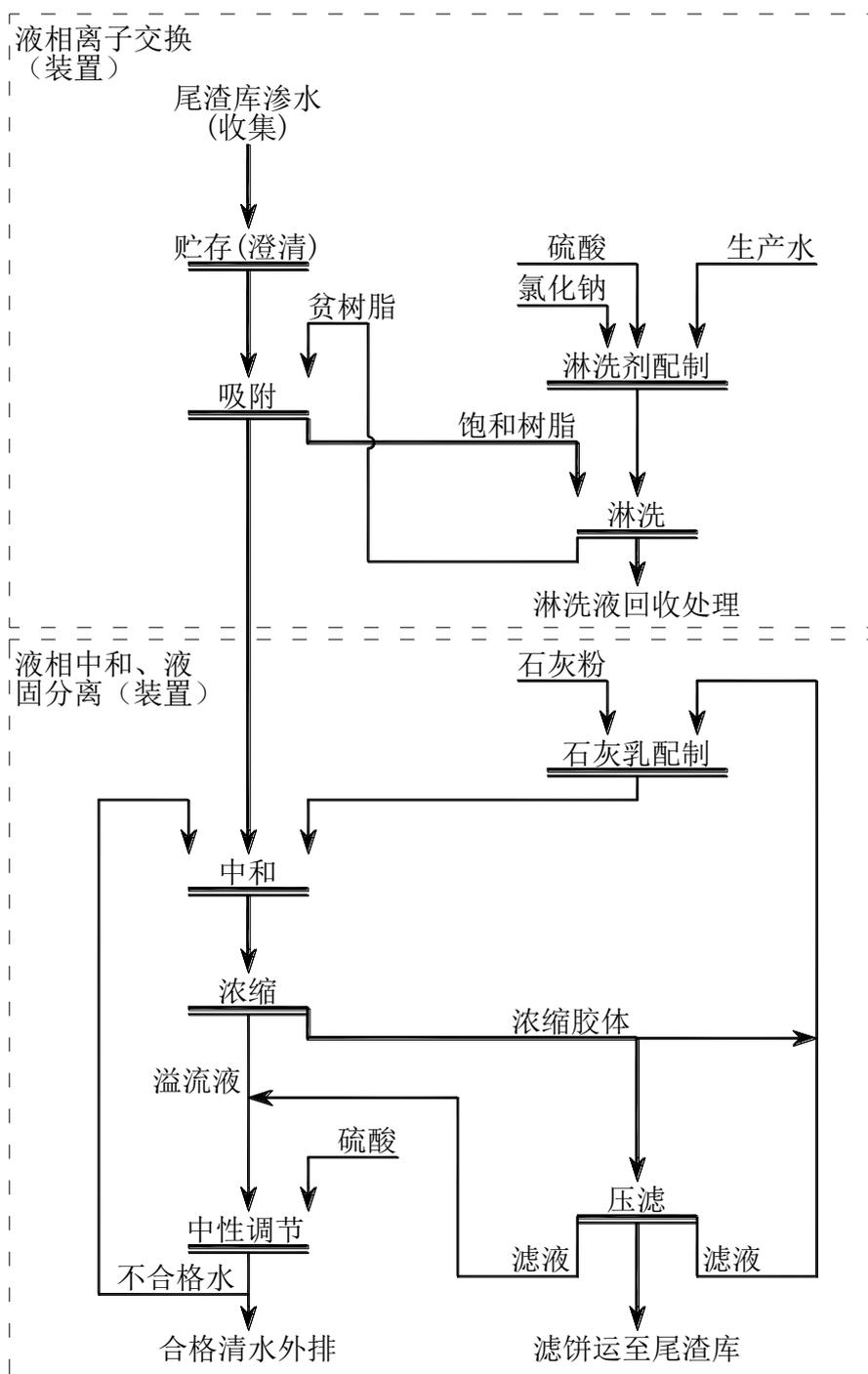


图 3.2-1 尾渣库渗水处理工艺流程图

3.2.3.3 固体废物

1) 尾渣、污水处理设施污泥

尾渣库为 753 矿水冶尾渣、污水处理污泥的堆存、处置场所。尾渣库位于沟谷上游，三面环山，其下游依次排布矿山井口及地表辅助设施和水冶厂房。尾渣库作为堆浸生产的重要配套工程，与地表水冶堆浸生产线同时建成，由堆石拦渣坝、尾渣堆积坝、排洪设施和坝体渗水收集设施组成，1996 年投入使用。

尾渣库运行过程中，堆浸渣由汽车运送到尾渣库进行中和处理，由铲车按照 1:4 的坡比进行尾渣放坡，并阶段性的用 0.3m 黄土进行覆盖，表面植草。此外，生产期矿井水澄清池以及尾渣库渗水处理系统产生的滤渣，在定期清理、晾干后也运至尾渣库堆存。

目前矿山已经关停，现状库区范围内堆存废石约 16.56 万 t，尾渣 29.5 万 t，尾渣和废石共占用库容约 25.08 万 m³。在尾渣库征地范围内，有效库容约 64 万 m³，尚余库容约 39 万 m³。

2) 废石

井下探矿开拓、巷道开拓及矿石开采过程中产生的废石，运至尾渣库堆存，部分废石用于尾渣库筑坝。

4 环境质量现状

4.1 建矿前辐射环境本底

753 矿建矿前，对矿区周边放射性天然本底水平进行了监测，监测时间为 1990 年 4 月~1991 年 9 月¹。监测介质主要包括大气、河水、井水、粮食、果蔬、陆生和水生生物等，监测项目包括 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{222}Rn 及其子体、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、总 α 、 γ 辐射水平等。

1) 天然贯穿辐射剂量率水平

建矿前矿区周边天然贯穿辐射剂量率本底水平为 77.9nGy/h~212.7nGy/h。

2) 水体中放射性核素水平

建矿前，本项目接纳水体金家沟河中放射性核算浓度水平见表 4.1-1。此外，河水中总 α 比活度小于 0.1Bq/L。

表 4.1-1 建矿前金家沟河中放射性核素浓度

核素	本底范围
$U_{\text{天然}}$, $\mu\text{g/L}$	0.23~3.2
^{226}Ra , mBq/L	2.10~14.2
^{210}Po , mBq/L	0.59~3.34
^{210}Pb , mBq/L	0.74~5.01

3) 底泥中放射性核素水平

建矿前，金家沟河与细河交汇处河流底泥中 ^{238}U 含量为 66.62Bq/kg， ^{226}Ra 含量为 69.6Bq/kg。

4) 地下水

建矿前矿区周边井水中核素浓度见表 4.1-2。

表 4.1-2 矿区周边井水中核素浓度

序号	核素	浓度
1	^{238}U , $\mu\text{g/L}$	0.2~3.2
2	^{226}Ra , mBq/L	3.7~7.56
3	^{210}Po , mBq/L	20~44.30
4	^{210}Pb , mBq/L	0.70~0.83

¹ 《753 工程环境影响报告书》，核工业第四研究设计院，1994 年 10 月。

5) 土壤中 ^{238}U 和 ^{226}Ra 含量

分旱季和雨季分别对矿区周边的三道沟口（西侧）、金家沟河边以及南芬区处农田土壤中 ^{238}U 和 ^{226}Ra 含量进行了监测，监测结果见表 4.1-3。

表 4.1-3 建矿前矿区周边土壤中核素含量 单位: Bq/kg

采样地地点	^{238}U	^{226}Ra
矿区周边	33.42	46.9

6) 氡及其子体浓度

建矿前，室外氡浓度范围为 $2.23\text{Bq/m}^3 \sim 36.93\text{Bq/m}^3$ ，室外氡子体 α 潜能范围为 $1.41 \times 10^{-8}\text{J/m}^3 \sim 15.72 \times 10^{-8}\text{J/m}^3$ 。

4.2 辐射环境质量现状调查与评价

本次辐射环境现状监测由核工业北京化工冶金研究院承担，监测时间为 2019 年 7 月 3 日至 2019 年 7 月 8 日。核工业北京化工冶金研究院具有“检验检测机构资质认定证书”，其证书编号为 160021183086，有效期至 2022 年 9 月 8 日，具备承担本次监测的能力。

4.2.1 调查目的

了解和掌握现阶段矿区周围环境中大气、水、水体底泥、土壤及生物中放射性物质的浓度水平，以便了解 753 矿待退役治理设施对环境的辐射影响程度，同时为退役治理后周围环境现状监测提供对比数据。

4.2.2 调查内容

本次环境监测的介质主要有大气、水、土壤、底泥、生物等，监测内容主要包括天然贯穿辐射剂量率、氡及其子体浓度、气溶胶（ $\text{U}_{\text{天然}}$ 、总 α ），水中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb ，土壤、底泥以及生物中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 等。

4.2.3 监测方案

本次监测主要针对 753 矿周边居民点处的环境各类介质进行调查，并选取下马塘镇作为监测对照点。监测方案见表 4.2-1，监测点位布置见图 4.2-1。

4.2.4 监测仪器及检出限

本次辐射环境监测仪器及检出限见表 4.2-2。

表 4.2-1 环境监测方案

监测对象		监测位置	监测项目	备注
天然贯穿辐射剂量率		六道沟、林家店、韩家堡子、金家堡子 对照点：下马塘镇。	天然贯穿辐射剂量率	—
空气		六道沟、林家店、韩家堡子、金家堡子 对照点：下马塘镇。	^{222}Rn 及其子体、TSP	每天监测 1 次，连续监测 3 天
声环境		六道沟、韩家堡子	等效 A 声级	连续两天，每天昼夜各一次
气溶胶		韩家堡子 对照点：下马塘镇。	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、总 α	一次取样分析
地表水		①金家沟河排放口上游 500m 处（对照点），②排放口下游金家沟河六道沟段、林家店段，③金家沟河、细河交汇处上游；④金家沟河、细河交汇点下游 200m 处	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、总 α 、总 β 、COD、Mn、Cd、As、pH、 SO_4^{2-}	一次取样分析
地下水（井水）		六道沟、韩家堡子处井水 对照点：施小线道路旁林业检查站井水	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、Mn、pH、 SO_4^{2-} 、Cd、As	一次取样分析
土壤		六道沟及林家店处农田土壤、排水沟旁农田土壤、尾渣库及堆浸厂周边山地土壤 对照点：下马塘镇土壤	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、Cd、Hg、As、Pb、Cr、Cu、Ni、Zn、pH	一次取样分析
底泥		与地表水取样点位相同	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra	一次取样分析
环境生物	植物	六道沟、林家店当季农作物 对照点：下马塘镇当季农作物	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra	与土壤协同取样；一次取样分析
	动物	周边居民点饲养的家禽、种植的农作物 对照点：下马塘镇（农作物）	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra	一次取样分析



图 4.2-1 监测布点图

表 4.2-2 监测仪器及检出限

监测项目		监测方法	监测仪器	检出限
天然贯穿辐射剂量率		GB/T14583-1993 即时测量法	γ 剂量率仪 FH40G+FHZ672E-10	10nGy/h
空气	氡	GB/T14582-1993 连续氡监测法	测氡仪 RAD7	3.7Bq/m ³
	氡子体	EJ/T605-1991 脉冲电离室法	氡子体连续监测仪 DHZM-II	0.01μJ/m ³
	U _{天然}	GB/T14506.30-2010 质谱法	质谱仪 NexION350X	0.15ng/m ³
	总 α	EJ/T1075-1998 厚源法	LB6008 低本底 α/β 测量仪	0.12mBq/m ³
	TSP	GB/T15432-1995 重量法	颗粒物切割器 M-100、 分析天平	0.005mg/m ³
土壤及底泥	²²⁶ Ra	GB/T11743-2013 高纯锗多道 γ 谱仪	高纯锗多道 γ 谱仪 GMX50P4	0.2Bq/kg
	U _{天然}	HJ700-2014 质谱法	质谱仪 NEXION350X	0.25mg/kg
	Cd			0.013mg/kg
	Pb			0.13mg/kg
	Cr			0.03mg/kg
	Cu			0.02mg/kg
	Ni			0.02mg/kg
	Zn			0.13mg/kg
	As	HJ694-2014 原子荧光法	原子荧光仪	0.02mg/kg
	Hg			0.005mg/kg
	pH	NY/T1377-2007 电极法	PHS-3B 数字 pH 计	0.01
生物	U _{天然}	GB11713-2015 纯锗 γ 能谱分析法	高纯锗多道 γ 谱仪 GMX50P4	0.08mg/kg 鲜重
	²²⁶ Ra			0.2Bq/kg 鲜重
地表水及地下水	U _{天然}	HJ700-2014 质谱法	NexION 350X/质谱仪	0.04μg/L
	Mn			0.05μg/L
	Cd			0.05μg/L
	²²⁶ Ra	GB/T11214-1989 闪烁室射气法	FD125 氡钍分析仪	7.0mBq/L
	总 α	EJ/T1075-1998 厚源法	LB6008 低本底 α/β 测量仪	0.05Bq/L
	总 β	EJ/T900-1994 蒸发法		
	²¹⁰ Pb	EJ/T859-1994 电镀制样法		9.5mBq/L
²¹⁰ Po	HJ813-2016 电镀制样法	α 能谱仪	4.0mBq/L	

监测项目	监测方法	监测仪器	检出限
COD	GB/T5750.7-2006 高锰酸钾法	10mL 滴定管	0.05mg/L
	HJ 694-2014 原子荧光法	原子荧光仪	0.2 μ g/L
	GB/T5750.5-2006(3.2) 离子色谱法	离子色谱仪	0.03mg/L
	NY/T1121.2-2006 电极法	pH 酸度计	0.01
等效连续 A 声级	GB3096-2008 噪声仪法	AWA5688 手持噪声监 测仪	15dB(A)

4.2.5 监测结果及评价

4.2.5.1 天然贯穿辐射剂量率

753 矿区周边天然贯穿辐射剂量率监测结果见表 4.2-3。

表 4.2-3 天然贯穿辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

序号	监测点位	监测结果	均值
1	六道沟	127~132	130
2	林家店	127~132	129
3	韩家堡子	123~128	126
4	金家堡子	124~132	128
5	下马塘镇（对照点）	125~128	127
6	建矿前本底水平	77.9 ~212.7	—

由上表监测结果可以看出，矿区周边各监测点的天然贯穿辐射剂量率水平与对照点下马塘镇相当，均处在建矿前本底水平范围内。

4.2.5.2 空气中氡及其子体浓度

本次监测于 2019 年 7 月 3 至 7 月 5 日对矿区周边空气中氡及其子体浓度进行了监测，监测结果见表 4.2-4。

表 4.2-4 矿区周边氡及其子体监测结果

监测因子 监测点位	氡浓度 (Bq/m ³)			氡子体浓度 (10 ⁻⁸ J/m ³)		
	2019.7.3	2019.7.4	2019.7.5	2019.7.3	2019.7.4	2019.7.5
六道沟	11.5	10.8	10.6	8.4	8.0	7.8
林家店	10.3	10.8	10.9	8.3	8.7	8.1
韩家堡子	10.7	11.1	10.8	8.4	9.0	8.4
金家堡子	11.8	14.3	12.2	9.6	9.3	8.8
下马塘镇 (对照点)	10.8	11.5	13.8	8.4	8.9	9.4
建矿前本底	2.23 ~36.93			1.41 ~15.72		

由上表监测数据可以看出，矿区周边氡及其子体浓度与对照点下马塘镇处于同一水平，且处在建矿前本底水平范围之内。

4.2.5.3 气溶胶浓度监测结果

本次监测对矿区周边韩家堡子居民点，以及下马塘镇空气中 $U_{\text{天然}}$ 及总 α 浓度进行了监测，监测结果见表 4.2-5。

表 4.2-5 韩家堡子及下马塘镇空气中 $U_{\text{天然}}$ 及总 α 监测结果

序号	监测点位	$U_{\text{天然}}$, ng/m ³	总 α , mBq/m ³
1	韩家堡子	0.69	2.21
2	下马塘镇 (对照)	0.66	1.89

由监测数据可以看出，矿区周边的韩家堡子居民点空气中 $U_{\text{天然}}$ 及总 α 监测结果与下马塘镇处于同一水平。

4.2.5.4 地表水中核素浓度

本次监测期间对金家沟各河段中的核素浓度进行了取样分析；分析结果见表 4.2-6。

表 4.2-6 金家沟河各河段中核素浓度

序号	监测点位	U _{天然} ($\mu\text{g/L}$)	²²⁶ Ra (mBq/L)	²¹⁰ Po (mBq/L)	²¹⁰ Pb (mBq/L)	总 α (Bq/L)	总 β (Bq/L)
1	六道沟段面	16.4	7.34	14.4	4.95	0.04	0.06
2	林家店段面	23.8	7.08	3.99	4.51	0.07	0.11
3	细河与金家沟交汇处上游	2.75	7.15	5.14	4.66	0.02	0.05
4	细河与金家沟河交汇处下游 200m 处	2.92	7.23	5.69	4.18	0.01	0.05
5	排口上游 500m (对照点)	2.32	7.15	2.27	4.16	0.01	0.04
建矿前本底水平		0.4~3.2	2.10~14.2	0.59~3.34	0.74~5.01	<0.1Bq/L	—

由分析数据可以看出，金家沟河各监测河段的 U_{天然} 含量在 2.32 $\mu\text{g/L}$ ~23.8 $\mu\text{g/L}$ 之间，²²⁶Ra 浓度在 7.08 mBq/L ~7.34 mBq/L 之间，²¹⁰Pb 浓度在 2.27 mBq/L ~14.4 mBq/L 之间，²¹⁰Po 浓度在 4.16 mBq/L ~4.95 mBq/L 之间，总 α 浓度小于 0.1 Bq/L 。

4.2.5.5 底泥中核素含量

本次监测期间对金家沟河六道沟、金家沟河与细河交汇上游、金家沟河与细河交汇下游 200m 处水体底泥中 U_{天然} 及 ²²⁶Ra 含量进行了取样分析，分析结果见表 4.2-7。由表中数据可以看出，各监测点底泥中 ²²⁶Ra 含量与建矿前本底基本处于同一水平。

表 4.2-7 底泥中铀、镭含量分析结果

序号	监测点位	U _{天然} (mg/kg)	²²⁶ Ra (Bq/kg)
1	六道沟	9.88	74.7
2	林家店段	10.0	56.4
3	金家沟河与细河交汇处下游 200m	8.0	53.2
4	金家沟河与细河交汇处上游	5.0	31.7
5	金家沟河排口上游 500m (对照点)	11.0	36.1
建矿前本底水平		5.4	69.6

4.2.5.6 地下水中核素浓度

本次监测期间对矿区周边居民点的井水中放射性核素浓度进行了取样分析；分析结果见表 4.2-8。由表中数据可以看出，矿区周边的六道沟、韩家堡子处 U_{天然}、²²⁶Ra 等放射性核素浓度水平与对建矿前本底基本处于同一水平。

表 4.2-8 矿区周边地下水核素浓度

序号	监测点位	U _{天然} (μg/L)	²²⁶ Ra (mBq/L)	²¹⁰ Po (mBq/L)	²¹⁰ Pb (mBq/L)
1	六道沟	5.75	8.57	2.67	4.86
2	韩家堡子	0.24	8.82	未检出	4.79
3	金家林业检查站 (对照)	0.88	8.67	0.55	4.89
建矿前本底水平		0.2~3.2	3.7~7.56	20~44.30	0.7~0.83

4.2.5.7 土壤中 U_{天然} 及 ²²⁶Ra 核素含量

本次监测期间对尾渣库周边山体、矿区附近居民点农田以及下马塘镇的土壤进行了取样,对其中的 U_{天然} 和 ²²⁶Ra 含量进行了分析。分析结果见表 4.2-9。由监测数据可以看出,矿区周边土壤中 U_{天然} 含量在 5.0mg/kg~17.4mg/kg 之间;²²⁶Ra 含量在 38.7Bq/kg~149Bq/kg 之间。

表 4.2-9 矿区周边土壤中铀、镭含量分析结果

序号	监测点位	U _{天然} (mg/kg)	²²⁶ Ra (Bq/kg)
1	尾渣库西侧南	10.8	48.3
2	尾渣库东侧	15.0	144
3	堆浸场西侧	17.4	45.9
4	堆浸场东侧	9.0	149
5	主厂房后	10.0	104
6	排水沟旁	5.0	51.8
7	林家店农田	11.0	61.7
8	六道沟农田	12.0	90.6
9	下马塘镇 (对照点)	6.0	38.7
建矿前本底水平		2.75	46.89

4.2.5.8 生物样品中 U_{天然}、²²⁶Ra 含量

本次监测期间对矿区周边六道沟、林家店、下马塘镇等处的动、植物进行了取样,对其中的 U_{天然}、²²⁶Ra 浓度进行了分析,分析结果见表 4.2-10。监测结果显示,矿区周边及下马塘镇动、植物中 U_{天然}、²²⁶Ra 的含量较低,满足《食品中放射性物质限制浓度标准》(GB14882-94)表 2 中限制浓度要求。

表 4.2-10 生物样品中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 浓度

序号	监测点位	样品种类	监测结果	
			$U_{\text{天然}}$ (mg/kg 鲜)	^{226}Ra (Bq/kg 鲜)
1	六道沟	玉米	1.35	0.21
2	林家店	土豆秧	1.44	0.22
3	下马塘	玉米杆	1.29	0.21
4	六道沟	公鸡	2.9	0.24
5	下马塘	公鸡	3.3	0.23
GB14882-94 限值			粮食： $U_{\text{天然}} \leq 1.9\text{mg/kg}$ ； $^{226}\text{Ra} \leq 14\text{Bq/kg}$ 蔬菜及水果： $U_{\text{天然}} \leq 1.5\text{mg/kg}$ ； $^{226}\text{Ra} \leq 11\text{Bq/kg}$ 肉类： $U_{\text{天然}} \leq 5.4\text{mg/kg}$ ； $^{226}\text{Ra} \leq 38\text{Bq/kg}$	

4.3 非放射性环境质量现状与评价

4.3.1 监测方案、监测布点及检出限

非放射性环境监测方案、监测布点及检出限见表 4.2-1、图 4.2-1 及表 4.2-2。

4.3.2 监测结果及评价

4.3.2.1 空气中 TSP 浓度

753 矿区周边空气中 TSP 浓度监测结果见表 4.3-1。

表 4.3-1 空气中 TSP 浓度监测结果 单位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

序号	监测点位	监测结果	均值
1	六道沟	162~183	174
2	林家店	158~201	185
3	韩家堡子	162~188	175
4	金家堡子	208~231	217
5	下马塘镇	276~296	285
6	GB3095-2012 表 2 二级	300	

由监测数据可以看出，矿区周边居民点及下马塘镇处 TSP 浓度，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级浓度限值要求（24 小时平均）。

4.3.2.2 声环境

监测期间对矿区周边六道沟、韩家堡子处的声环境现状进行了监测，监测结果见表 4.3-2。由监测结果可以看出，矿区周边六道沟、韩家堡子声环境质量满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类区限值要求。

表 4.3-2 六道沟、韩家堡子声环境监测结果 单位：dB (A)

监测点	监测时间	等效连续 A 声级	
		昼间	夜间
六道沟	7月3日	46.3	38.9
	7月4日	47.2	39.3
韩家堡子	7月3日	45.8	39.3
	7月4日	46.8	38.8
标准限值	GB3096-2008 中 2 类区限值：昼间 60、夜间 50		

4.3.2.3 地表水监测结果

本次监测期间对金家沟各河段中 COD、硫酸盐、As 等非放射性污染物浓度进行了监测；监测结果见表 4.3-3。

由表中数据可以看出，金家沟河各监测河段中，pH、COD、As、Cd 均可以可满足 GB3838-2002 表 1 中 II 类标准限值要求；各河段中硫酸盐及 Mn 浓度满足 GB3838-2002 表 2 中相应限值要求。

表 4.3-3 金家沟河各河段中非放射性污染物浓度

序号	监测点位	pH	COD mg/L	硫酸盐 mg/L	As μg/L	Mn μg/L	Cd μg/L
1	六道沟段面	7.98	1.36	175	未检出	3.18	未检出
2	林家店段面	8.03	1.40	211	未检出	2.81	未检出
3	细河与金家沟交汇处上游	8.52	1.88	61.7	1.46	未检出	未检出
4	细河与金家沟交汇处下游 200m 处	8.50	1.87	65.1	1.28	未检出	未检出
5	排口上游 500m (对照点)	7.59	1.26	83.6	未检出	未检出	未检出
GB3838-2002 限值*		6~9	20	250	50	100	5

*注：pH、COD、As、Cd 参照 GB3838-2002 表 1 中 II 类标准限值，硫酸盐、Mn 参照 GB3838-2002 表 2 中相应标准值。

4.3.2.4 地下水监测结果

本次监测期间对矿区周边居民点的井水中 As、Mn、Cd、硫酸盐浓度及 pH 值进行了监测；监测结果见表 4.3-4。由表中数据可以看出，矿区周边的六道沟、韩家堡子处井水中的 As、Mn、Cd、硫酸盐浓度及 pH 值均满足《地下水质量标准》(GB/T14848-1993) 表 1 中 III 类限值标准要求。

表 4.3-4 矿区周边地下水非放射性污染物浓度

序号	监测点位	pH	As ($\mu\text{g/L}$)	Mn ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	硫酸盐 (mg/L)
1	六道沟井水	8.10	未检出	4.75	未检出	201
2	韩家堡子井水	8.17	未检出	1.52	未检出	28.0
3	林业检查站(对照)	8.35	未检出	未检出	未检出	31.2
4	GB/T14848 限值*	6.5~8.5	≤ 10	≤ 100	≤ 5	≤ 250

4.3.2.5 土壤监测结果

本次监测对尾渣库周边、矿区附近居民点农田及下马塘镇土壤进行了取样，对其中的 Cd、Pb、Cr 等元素的含量进行了分析，分析结果见表 4.3-5。

表 4.3-5 土壤中非放射性污染物含量分析结果 单位：mg/kg

序号	监测点位	pH	Cd	Pb	Cr	Cu
1	尾渣库西侧南	6.48	0.222	45.6	75.6	45.4
2	尾渣库东侧	7.01	0.194	73.8	164	98.4
3	堆浸场西侧	6.76	0.214	68.4	105	58.2
4	堆浸场东侧	5.47	0.151	4.75	4.38	3.72
5	主厂房后	6.66	0.234	46.2	92.6	66.0
6	排水沟旁	5.28	0.201	51.5	21.2	43.7
7	林家店农田	8.52	0.233	67.0	134	75.8
8	六道沟农田	8.30	0.420	102	201	95.4
9	下马塘镇(对照点)	7.69	0.317	79.8	182	92.8
序号	监测点位	Ni	Zn	As	Hg	
1	尾渣库西侧南	45.9	189	5.80	未检出	
2	尾渣库东侧	63.0	228	2.29	未检出	
3	堆浸场西侧	53.5	232	7.56	未检出	
4	堆浸场东侧	2.87	11.9	12.7	未检出	
5	主厂房后	44.0	201	12.8	未检出	
6	排水沟旁	46.2	105	22.6	未检出	
7	林家店农田	54.7	258	8.32	未检出	
8	六道沟农田	113	266	5.18	0.104	
9	下马塘镇	68.2	271	13.1	未检出	

《土壤环境质量标准 农用地土壤污染风险管控标准》(GB15618-2018)中，不同 pH 值下农用地土壤(非水田)中不同元素的风险筛选值见表 4.3-6。

表 4.3-6 不同 pH 值下土壤中重金属污染物的风险筛选值

序号	污染物项目	风险筛选值 单位 mg/kg			
		pH≤5.5	5.5<pH≤6.5	6.5<pH≤7.5	pH>7.5
1	Cd	0.3	0.3	0.3	0.6
2	Hg	1.3	1.8	2.4	3.4
3	As	40	40	30	25
4	Pb	70	90	120	170
5	Cr	150	150	200	250
6	Cu	50	50	100	100
7	Ni	60	70	100	190
8	Zn	200	200	250	300

由以上两表中数据对比可以看出，尾渣库周边及矿区周边土壤中，非放射性元素含量均低于《土壤环境质量标准 农用地土壤污染风险管控标准》（GB15618-2018）中相应的风险筛选值。

5 退役源项调查

5.1 源项调查范围

5.1.1 源项调查范围的确定原则

本次源项调查由核工业北京化工冶金研究院（以下简称“化冶院”）完成。化冶院源项调查小组自 2016 年 5 月进驻现场，至 2017 年 9 月完成全部工作，在现场勘查和资料收集的基础上对 753 矿尾渣库、堆浸渣堆、井口、污染工业场地或地面、污染构筑物、污染道路、污染设备管线材料、污染废水排放沟等源项设施开展了详细的源项调查工作。

源项调查单位首先对源项周围进行 γ 辐射空气吸收剂量率的初步筛查，在确定无异常的情况下，对遗留设施（尾渣库、堆浸渣堆、污染工业场地或地面等）及其物理边界外延一定距离（根据同类项目经验，一般为 10-30m）范围内进行网格布点监测，对尾渣库渗水、废水排放沟等进行调查监测。

通过野外现场测量 γ 辐射空气吸收剂量率、氡析出率，取尾渣、废石样进行室内分析，综合现场测量数据和取样分析数据，确定尾渣库及废石堆的治理范围；通过野外现场测量 γ 辐射空气吸收剂量率、氡析出率，取土壤样、水样等实验室测量，来综合确定被污染水体和被污染的运矿道路范围，圈定被污染的工业场地的范围，从而确定退役治理工程范围。

5.1.2 源项调查范围

根据以上原则，753 矿退役治理工程源项调查范围包括：尾渣库及其渗水、堆浸渣堆、污染设备管线及材料、污染构筑物、井口、废水排放沟、污染工业场地、污染地面、污染道路及厂区外延 10~30m 范围。源项分布示意图见附图 1。

5.2 源项调查方案

1) 贯穿辐射剂量率

(1) 尾渣库、工业场地、堆浸场地

尾渣库、工业场地、堆浸场地等原则上按 20m×20m 间距布置监测网格；在监测过程中，根据设施具体情况可适度调整网格布置，保证每个设施（或场地）不少于 5 个监测点位。

(2) 运矿道路

污染道路原则上按 10m 间距布设监测断面，每个断面分别取左、中、右三个测点，综合考虑道路取样断面代表性，根据道路类型与用途设置取样点。对相同结构和用途的道路，可根据道路的具体情况，适当增大监测断面间距。

2) 氡析出率

矿区周围山地、运矿运渣道路、工业场地按裸露面积 $100\text{m}^2\sim 500\text{m}^2$ 一个测点布置监测点；尾渣库由于面积较大，根据实际监测情况可对监测网格密度进行适当调整，但需确保每个设施（或场地）不少于 5 个监测点位。

3) 固体物质中的铀、镭含量

(1) 废石堆、尾渣堆

每 1ha 布设一个监测点，每个设施（或场地）取不少于 5 个样，根据设施具体情况可适度增加取样数量。

(2) 污染道路

根据道路的具体情况一般按 40m~80m 间距布设监测断面，每个断面分别取 0~30cm, 30~60cm, 60~90cm, 90~120cm, 120~150cm 处 5 个样并进行分析，另外留存一定深度样，以备补充确定满足 180Bq/kg 的污染深度。

(3) 下部污染土

①工业场地、堆浸场地

一般按 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 面积布置监测网格，每个工业场地不少于 5 个监测点位，根据现场地形情况可适当调整网格布置。

每个取样点分别取 0~30cm, 30~60cm, 60~90cm, 90~120cm, 120~150cm 处 5 个样并进行分析，另外留存一定深度样，以备补充确定满足 180Bq/kg 的污染深度。部分源项取样深度间隔可根据实际情况适当调整。

②矿区周围山地

一般按 $20\text{m}\times 20\text{m}\sim 50\text{m}\times 50\text{m}$ 网格布点，取一个混合表层样品，每块场地不少于 5 个监测点位，根据现场地形情况可适度调整网格布置。

在深度方向上每隔 30cm 取一个样，确定满足 180Bq/kg 的污染深度。

4) 氡浓度

每个井口在井口断面上测定三个数据。

5) α 和 β 表面污染水平

(1) 被污染设备、器材、管线

设备和工作台每 $100\text{cm}^2 \sim 400\text{cm}^2$ 布设一个测点，根据初步简单调查结果可适当加密或放宽。每个被污染设施不少于 3 个测点。

(2) 被污染建构（筑）物

建（构）筑物按 $1\text{m}^2 \sim 2\text{m}^2$ 布设 1 个测点，每个独立建构（筑）物不少于 5 个测点。

5.3 监测方法与测量仪器

在选定监测、测量、分析方法时，凡有国家标准的，一律使用国家标准，没有国标的优先选用行业标准，监测方法及仪器如表 5.3-1

辐射环境监测项目、方法和使用仪器详见表 5.3-1。

表 5.3-1 辐射环境监测项目及监测方法表

监测项目		监测方法	仪器设备	检出限
贯穿辐射剂量率		直接测量	ERM-3421 型 X- γ 剂量率仪	10nGy/h
氦浓度		直接测量	RAD7、SARAD1688 等	$3.7\text{Bq}/\text{m}^3$
氦析出率		局部静态积累法	RAD7、闪烁室、REM-3 型氦析出率仪	$0.001\text{Bq}/(\text{m}^2 \text{ s})$
表面污染		直接测量	CoMo170	$0.0001(\text{Bq}/\text{cm}^2)$
天然铀	土壤	常量	GMX50P4-POP-TOP 高纯锗多道 γ 能谱仪	0.02%
		微量		0.3 $\mu\text{g}/\text{g}$
^{226}Ra	土壤	放射化学法	722 型分光光度计以及 FD-125 氦钍分析仪等	9Bq/kg

5.4 源项调查监测质量保证

核工业北京化工冶金研究院建立和形成了较完善的组织管理体系，并严格按照核工业北京化工冶金研究院的 ISO9001 质量管理体系的要求运行。监测质量保证由下列内容组成：

1) 质量保证机构

质量保证实行编制、校核和签发三级管理体制，确保职责分明，任务明确。

2) 监测人员素质

项目负责人由从事环境监测多年的高级工程师或工程师担任。工作人员

实行定期的考核和培训。

3) 计量、监测仪器的检定和监测方法的选用

计量、监测仪器都有合格证书并按国家质量管理体系的规定进行刻度或检定，并经常参加国家有关部门组织的比对，并在使用前均认真地进行了仪器的自检；采用国家标准推荐的监测方法，以保证监测结果的准确与可靠。

4) 采样质量保证

严格按相关国家标准及监测方案的要求进行布点、采样、样品预处理、样品管理、样品流转。

5) 样品运输

样品运输的质量控制主要是要做好样品运输过程中的管理工作，防止丢失，并采取避免样品中放射性核素通过化学、物理或生物作用损失和偶然沾污等的预防措施。

6) 实验室内分析测量的质量控制

实验室建立了严格的规章制度，采用国家标准推荐的分析方法，并使用标准物质对质量进行控制，同时对测量装置定期进行性能检验。

7) 数据处理中的质量控制

严格按照规定的程序进行数据的记录、检查、复审、保存。数据处理应尽量用标准方法，以减少处理过程中产生的误差。

5.5 源项调查结果及治理项目

5.5.1 退役项目的确定原则

- 1) 凡被确定为铀矿冶废物的，均列为稳定化和无害化的治理项目。
- 2) 矿区内 ^{222}Rn 析出率均值超过管理限值的区域和部位均列为治理项目。
- 3) 矿区内土壤或地表水体中放射性核素含量超出管理限值的，列为治理项目。
- 4) 放射性表面污染水平超过管理限值的建（构）筑物、设备、器材，列为治理项目。
- 5) 有 ^{222}Rn 气逸出的部位及可能产生不安全因素的部位，列为治理项目。
- 6) 废水中 U、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 等核素含量超过管理限值的，列为治理源项。

5.5.2 源项调查结果

5.5.2.1 尾渣库

753 矿尾渣库位于矿区西南端，尾渣库内废石堆积量 165579.3t，尾渣堆积量 294998t。根据尾渣库生产利用情况及现状，在源项调查时将尾渣库分为了尾渣堆积区、废石堆积区和尾渣库内工业场地 3 个区域。尾渣库现状及现场取样照片见图 5.5-1。

尾渣库区域的表面氡析出率、 γ 辐射剂量率及尾渣中放射性核素含量的监测值见表 5.5-1。由表中可见，尾渣堆积区的氡析出率范围值为（1.05~5.52） $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、均值为 $2.95\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ；废石堆积区的氡析出率范围值为（1.51~3.37） $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、均值为 $2.42\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ；周围工业场地的氡析出率范围值为（0.23~2.84） $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、均值为 $1.51\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。3 处区域的氡析出率均值都高于管理限值 $0.74\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ；尾渣库的 γ 辐射剂量率范围值为（26.6~1015.6） $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 、均值为 $153.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，与建矿前本底水平值（7.79~21.27） $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 相比明显偏高。





图 5.5-1 尾渣库现状

5.5.2.2 尾渣库渗水

源项调查期间，对尾渣库渗水来源及处理后外排水的水质进行了调查、分析。根据分析，尾渣库渗水补给来源有两部分，一部分是地下水的侧向径流补给，另一部分是大气降水入渗补给；其中，大气降水为尾渣库渗水的主要补给来源。根据资料，2018 年尾渣库渗水年排放量为 15181m^3 ；其中 8 月份排水量最大，为 4197m^3 ；3 月份排水量最小，为 253m^3 。尾渣库 1 月、2 月由于天气寒冷，库内水出现结冰情况，不外排废水。

退役治理前尾渣库渗水处理设施废水排放量及水中污染物浓度见表 5.5-2、表 5.5-3。

由表可以看出，尾渣库渗水经处理后， $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 浓度均满足《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）表 3 中排放浓度限值要求；废水中非放射性污染物浓度可以满足《污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）相关限值要求。

表 5.5-1 尾渣库源项调查结果

源项名称	监测地点	裸露面积 m ²	监测 点数	γ 辐射剂量率 ×10 ⁻⁸ Gy/h		监测点数	²²² Rn 析出率 Bq/(m ² ·s)		监测点数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
				范围值	均值		范围值	均值		范围值	均值	范围值	均值
尾渣库	尾渣堆积区	27263.26	121	26.6-1015.6	153.7	67	1.05-5.52	2.95	21	20.3-1924	227	205-35555	10572
	废石堆积区	18308.34				15	1.51-3.73	2.42	5	74.3-331	162	876-4397	2092
	尾渣库内 工业场地	15366.37				18	0.23-2.84	1.51	5	57.2-435	207.2	769-2731	1605

表 5.5-2 处理前后尾渣库渗水中放射性核素浓度

名称	水量 (m ³ /月)		水质	U _{天然} mg/L	²²⁶ Ra Bq/L	²¹⁰ Pb Bq/L	²¹⁰ Po Bq/L
	最大	最小					
尾渣库渗水处理设施排水	4197	253	处理前	1.29	0.19	0.15	0.13
			处理后	0.023	0.043	0.017	0.015

表 5.5-3 尾渣库渗水水中非放射性污染物浓度

名称	pH	Mn	SO ₄ ²⁻	As	Cd	Hg	Cr ⁶⁺	Pb	Cu	Zn
		mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	mg/L	mg/L
尾渣库渗水处理设施排水	6.55	0.14	295	0.72	0.032	0.029	0.33	0.24	0.0043	0.06

5.5.2.3 堆浸渣堆

753 矿遗留堆浸厂房一处，内有 7 个堆浸渣堆未卸堆，每个堆浸渣堆占地面积 340m^2 ，堆浸渣量 748m^3 ，堆积尾渣重量为 1122t 。堆浸厂房内浸出尾渣总重量 7854t 。堆浸厂房内尾渣堆现状见图 5.5-2。

本次源项调查每个渣堆设置一个监测点位，监测结果见表 5.5-4。各渣堆 ^{222}Rn 析出率范围值为 $(2.97\sim 5.02)\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，均值为 $3.48\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，高于管理限值 $0.74\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。



图 5.5-2 堆浸厂房内尾渣现状

5.5.2.4 井口

753 矿闭坑停产后，遗留地表 4 个井口，各井口均没有井下水溢出。其中，砂石料井、充填料井和回风井均为竖井，生产井为斜井。停产后未对井口进行治理，井口不仅有 ^{222}Rn 及其子体的外逸等放射性危害，还有人畜误入或坠入的危险。本次退役井口现状见图 5.5-3，井口相关参数见表 5.5-5。



图 5.5-3 退役井口源项现状

表 5.5-4 堆浸渣堆源项调查结果

源项名称	占地面积 m ²	体积 m ³	总重 t	监测点数	U _{天然} , mg/kg		²²⁶ Ra, Bq/kg		²²² Rn 析出率, Bq/(m ² ·s)	
					范围值	均值	范围值	均值	范围值	均值
堆浸渣堆	2380	5236	7854	7	199.4-235	217.9	26478-30154	28615	2.97-5.02	3.48

表 5.5-5 井口源项调查结果

序号	源项名称	井口深度 m	井口尺寸 m	井口面积 m ²	原始功能	类型	监测点数	氡浓度, Bq/m ³		γ 辐射剂量率, ×10 ⁻⁸ Gy/h	
								范围值	均值	范围值	均值
1	砂石料井	135	2×2	4	第二安全出口	竖井	3	980-1342	1156	87-119	98.7
2	充填料井	118	2×2	4	输送充填料	竖井	3	1021-1384	1247	93-107.5	102.5
3	回风井	108	2.4×2.4	5.76	通风	竖井	3	1295-1549	1450	101-122	115
4	生产斜井	550	3.2×2.7	7.9	开拓运输	斜井	3	1578-2039	1783	134-154	151

5.5.2.5 污染工业场地

1) 污染工业场地概况

753 矿停产闭坑后遗留的工业场地包括井口工业场地、水冶工业场地和回风井工业场地，各片工业场地均受到不同程度污染，污染工业场地总面积 56148.73m²。源项调查时根据原有场地使用功能及场地污染深度不同，细分为 10 处污染工业场地。工业场地源项调查结果见表 5.5-6~表 5.5-9。

2) 污染工业场地调查结果

(1) 井口工业场地

井口工业场地分为北西部废石回填区、中部采矿辅助设施区和东南部污染地面区域。北西部废石回填区为矿山基建期间利用废石回填自然山沟形成的场地。经现场实地勘察，废石厚度平均为 4m，面积为 12194.95m²，场地区域总废石量约为 48779.8m³（约 87803.64t）。由监测结果可知，井口工业场地 γ 空气吸收剂量率范围值为 (17.3~1010) $\times 10^{-8}$ Gy/h，均值为 97.7 $\times 10^{-8}$ Gy/h；氡析出率范围值为 (0.10~2.78) Bq/m²·s，均值为 1.05Bq/m²·s。

(2) 水冶工业场地

根据监测结果和历史生产情况，将水冶工业场地分为重污染场地和轻污染场地，轻污染场地分为煤场-办公楼区域、化验室-矿井水处理车间区域、新主厂房-变电所区域；重污染场地包括破碎—堆浸厂房区域、主厂房区域和主厂房西侧花坛区域。堆浸厂房前污染较为严重，主要是由于生产过程中堆浸尾渣或矿石洒落，又经雨水日积月累浸泡，使得污染物渗入土壤中逐渐形成的。水冶场地 γ 空气吸收剂量率范围值为 (12~146) $\times 10^{-8}$ Gy/h，均值为 36.2 $\times 10^{-8}$ Gy/h；氡析出率范围值为 (0.05~1.15) Bq/m²·s，均值为 0.36Bq/m²·s。

(3) 回风井场地

回风井场地 γ 空气吸收剂量率范围值为 (15~60.8) $\times 10^{-8}$ Gy/h，均值为 25.7 $\times 10^{-8}$ Gy/h；氡析出率范围值为 (0.18~1.03) Bq/m²·s，均值为 0.78Bq/m²·s。

由各子区土壤中铀、镭含量垂直分布监测结果可知，土壤污染深度范围为 0.9m~3.3m。当深度达到 3.3m 时，大部分监测点位的土壤中 ²²⁶Ra 含量才能满足相应管理限值的要求。

表 5.5-6 污染工业场地源项调查结果

编号	源项名称	名称	编号	废石（渣）量，t	占地面积 m ²	γ 辐射剂量率×10 ⁻⁸ Gy/h			²²² Rn 析出率 Bq/m ² s		
						监测点数	范围值	均值	监测	范围值	均值
1	井口工业区场地	北西部废石回填区	1 场-1	87803.64	12194.95	219	17.3-1010	97.7	57	0.10-2.78	1.05
		中部采矿辅助设施区	1 场-2	-	3754.38						
		东南部污染地面区域	1 场-3	-	6711.73						
2	水冶工业场地	破碎-堆浸厂房区域	2 场-1	-	10949.11	323	12-146	36.2	63	0.05-1.15	0.36
		化验室-矿井水处理车间区域	2 场-2	-	3186.38						
		煤场-办公楼区域	2 场-3	-	9039.97						
		主厂房前花坛区域	2 场-4	-	1016.56						
		主厂房区域	2 场-5	-	2414.93						
		新主厂房-变电所区域	2 场-6	-	6521.10						
3	回风井工业场地	回风井工业场地	3 场	-	359.62	11	15-60.8	25.7	6	0.18-1.03	0.78

表 5.5-7 井口工业场地下部土壤中铀、镭含量垂直分布监测数据

序号	名称	编号	取样深度 m	测点数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
					范围值	均值	范围值	均值
1	北西部废石回填区底部土壤	1 场-1	0-0.3	5	183.1-442	356.3	3703-8188	5320.02
			0.3-0.6	5	169-226.3	195.86	1821-5175.94	2780
			0.6-0.9	5	76.51-92.6	81.76	832.44-1055	882
			0.9-1.2	5	21.45-43.7	31.95	271-458.9	356.52
			1.2-1.5	5	10.12-16.4	12.77	133.17-187	163

序号	名称	编号	取样深度 m	测点 数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
					范围值	均值	范围值	均值
2	中部采矿辅助设施区	1 _场 -2	0-0.3	5	16.15-63.42	29.98	182.04-757.19	356.25
			0.3-0.6	5	11.34-41.45	20.42	128.01-482.17	244.31
			0.6-0.9	5	2.54-14.35	10.51	36.05-178	136.23
			0.9-1.2	5	5.74-10.39	8.19	62.67-117.97	97.53
			1.2-1.5	4	5.07-18.26	9.85	49.85-207.48	108.12
			1.5-1.8	1	14.50	14.50	179.00	179.00
			1.8-2.1	1	6.85	6.85	80.36	80.36
3	东南部污染地面区	1 _场 -3	0-0.3	3	4.341-14.8	26.31	55.47-702.17	311.25
			0.3-0.6	3	10.53-42.84	21.62	122.37-574.29	282.12
			0.6-0.9	3	6.73-18.42	13.28	92.97-221.60	163.17
			0.9-1.2	3	9.58-23.17	16.48	130.26-276.09	193.35
			1.2-1.5	1	28.82	28.82	414.67	414.67
			1.5-1.8	1	26.20	26.20	325.00	325.00
			1.8-2.1	1	10.28	10.28	124.70	124.70

表 5.5-8 水冶工业场地下部土壤中铀、镭含量垂直分布监测数据

序号	名称	编号	取样深度 m	测点 数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
					范围值	均值	范围值	均值
1	破碎-堆浸厂房区域	2 _场 -1	0-0.3	8	18.8-456.32	105.12	246.77-5678.33	1298
			0.3-0.6	8	15.57-339.6	79.99	173.09-4330.05	1043.9
			0.6-0.9	8	17.68-149.1	39.65	138.2-1747.11	460.27
			0.9-1.2	8	17.19-161.2	61.4	175-3727.3	812.55
			1.2-1.5	7	3.31-90.14	28.25	28.49-1022.90	322.81
			1.5-1.8	7	7.75-85	28.62	187-1089	349.27
			1.8-2.1	7	3.78-50	20.43	25.60-700	260.93
			2.1-2.4	3	15.32-20.42	17.33	124-166.15	191.38
			2.4-2.7	1	22.36	22.36	283.11	283.11
			2.7-3.0	1	29.27	29.27	322	322
			3.0-3.3	1	25.70	18.5	176.9	176.9
2	化验室-矿井水处理车间	2 _场 -2	0-0.3	4	14.64-46.58	26.6	158.35-671.36	340.32
			0.3-0.6	4	11.24-47.06	27.68	25.92-513.74	297.42
			0.6-0.9	3	11.24-22.03	16.82	177-234	205.63
			0.9-1.2	3	7.43-17.86	12.11	26.53-240.95	126.18
			1.2-1.5	3	8.56-23.36	14.05	68.89-171	110.07
			1.5-1.8	1	6.82	6.82	20.12	20.12
3	煤场-办公楼	2 _场 -3	0-0.3	13	11.24-714.4	88.19	157-1530.91	417.01
			0.3-0.6	10	9.83-38.70	22.14	84.20-319.10	251.33
			0.6-0.9	8	4.82-41.68	14.87	47.19-494.69	169.37
			0.9-1.2	7	6.92-14.84	9.45	80.67-237	128.3
			1.2-1.5	3	9.60-13.20	11.08	110.73-161	138.53
			1.5-1.8	1	10.25	10.25	125.3	125.3

序号	名称	编号	取样深度 m	测点 数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
					范围值	均值	范围值	均值
4	主厂房前花坛区域	2 _场 -4	0-0.3	6	23.76-392.6	212.43	268-5074.96	1457.5
			0.3-0.6	3	18.25-439.80	236.32	216.72-4403.07	2573.1
			0.6-0.9	3	15.07-349.9	205.29	176.43-4327.82	2534.59
			0.9-1.2	3	42.88-144.60	76.89	496.17-1827.74	942.61
			1.2-1.5	3	15.07-68.5	41.25	176.43-809.36	472.85
			1.5-1.8	3	20.13-55.76	37.48	224.87-699.24	430.37
			1.8-2.1	3	25.60-43.05	34.83	265.83-523	392.61
			2.1-2.4	3	19.81-24.4	22.6	227-345.31	290.18
			2.4-2.7	3	16.78-18.7	17.46	181-211	196.1
			2.7-3.0	3	12.09-14.92	13.52	165-174	169.2
5	主厂房区域	2 _场 -5	0-0.3	5	6.06-168.9	65.97	67.8-1923.44	784.35
			0.3-0.6	5	7.96-127.1	40.77	115.68-1791.92	522.4
			0.6-0.9	4	7.66-17.28	12.76	62.10-183.97	126
			0.9-1.2	4	4.25-142.7	42.01	54.42-1866.27	539.79
			1.2-1.5	3	6.27-19.7	11.54	28.45-211	114.24
			1.5-1.8	2	4.09-6.89	5.49	47.82-84	65.91
			1.8-2.1	2	3.56-5.36	4.46	40.02-60.36	50.19
6	新主厂房-变电所区域	2 _场 -6	0-0.3	5	6.41-109.83	14.1	65.88-300.24	167.88
			0.3-0.6	5	5.82-22.44	12.67	58.65-246.50	149.79
			0.6-0.9	4	6.28-16.8	11.6	78.82-187	144.34
			0.9-1.2	3	7.92-15.75	11.23	104.88-165.97	132.17
			1.2-1.5	3	8.7-12.03	10.15	101.63-134.55	115.77

表 5.5-9 回风井工业场地下部土壤中铀、镭含量垂直分布监测数据

序号	名称	编号	取样深度 m	测点 数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
					范围值	均值	范围值	均值
1	回风井场地	3 _场	0-0.3	2	2.15-81.93	42.04	29.18-1191.25	610.22
			0.3-0.6	2	7.82-64.09	35.96	93.15-635.94	364.54
			0.6-0.9	2	10.34-23.90	17.12	121.47-314.68	218.07
			0.9-1.2	2	12.24-17.8	15.02	172.53-215	193.76
			1.2-1.5	1	11.76	11.76	168	168

5.5.2.6 污染地面

753 矿遗留有 1 处污染地面，为破碎车间西面山坡，污染面积为 8324.91m²。生产过程中周围土壤受到一定污染。本次源项调查对污染地面 γ 剂量率水平和氡析出率进行了监测，监测结果见表 5.5-10 染地面垂直铀镭分布情况见表 5.5-11。

表 5.5-10 污染地面相关参数及监测结果

源项名称	编号	地面类型	面积 m ²	γ 辐射剂量率 $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$			²²² Rn 析出率 Bq/(m ² ·s)		
				测点数	范围值	均值	测点数	范围值	均值
破碎厂房西山坡地面	1 _地	山坡	8324.91	27	17~40.4	31.6	24	0.11~0.26	0.20

表 5.5-11 污染地面土壤中铀镭分布情况监测结果

名称	编号	取样深度 m	测点数	U _{天然} 含量, mg/kg		²²⁶ Ra 含量, Bq/kg	
				范围值	均值	范围值	均值
破碎厂房西山坡	1 _地	0-0.3	8	19.05-67.21	44.21	376-731	497.02
		0.3-0.6	8	10.55-63.4	31.83	160-667	355.88
		0.6-0.9	6	13.22-25.8	18.67	163-324	214
		0.9-1.2	4	13.76-16.89	15.19	159-179	168.63

由表 5.5-10 数据可知， γ 剂量率范围为 (17~40.4) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，均值为 $31.6 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，略高于区域平均本底水平；氡析出率范围值为 0.11~0.26Bq/m²·s，均值为 0.20Bq/m²·s。由表 5.5-11 可知，该区域至地表以下 1.2m 时土壤中 ²²⁶Ra 含量才能满足相应管理限值的要求。

5.5.2.7 污染道路

753 矿遗留有 3 条污染道路，分别为运渣道路、运矿道路和进矿道路。污染道路现状见图 5.5-4。

厂区现有水泥混凝土路面、沥青混凝土路面以及厂外进矿道路，是生产期间为改善矿区交通环境，在原有简易砂石路面基础上逐步改造形成的。生产期间由于粉尘飘散、矿石遗落等原因道路受到不同程度的污染。



图 5.5-4 污染道路现状

1) 运渣道路在厂区内，共分 4 部分，第一部分位于水冶厂内，从厂区门口至新主厂房，长 287.6m，为沥青混凝土路；第二部分从新主厂房至消防池，长 411.98m，为水泥混凝土路；第三部分从消防池至尾渣库拦渣坝，长 91.08m，为简易砂石路；第四部分位于尾渣库内，长 411.45m，为简易砂石路面。

2) 运矿路是厂区内道路，位于堆浸厂房西侧，道路长 133.07m，为混凝土路面。

3) 进矿道路在厂区外，自厂区门口至金家沟河，为 753 矿对外联系道路，，道路长 187.36m，为沥青混凝土路面。

本次源项调查对污染道路 γ 剂量率水平和氡析出率进行了监测，监测结果见表 5.5-11。由监测结果可知，运渣道路 γ 空气吸收剂量率测量值范围为 $(15 \sim 111) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，均值为 $36.9 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，氡析出率为范围值为 $(0.26 \sim 1.21) \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，均值为 $0.62 \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ；运矿道路 γ 空气吸收剂量率测量值范围

为 $(21\sim 1019)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，均值为 $525.6\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，氡析出率为范围值为 $(0.65\sim 0.96)\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，均值为 $0.79\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ；进矿公路 γ 空气吸收剂量率测量值范围为 $(12\sim 20)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，均值为 $16.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，氡析出率为范围值为 $(0.06\sim 0.09)\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，氡析出率均值为 $0.07\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。

污染道路下部土壤中铀、镭含量垂直分布情况见表 5.5-12~表 5.5-14。

表 5.5-12 污染道路源项调查结果

序号	污染道路路段名称	路段编号	类型	长度 m	平均 宽度 m	污染面 积 m ²	使用功能	γ 空气吸收剂量率 ×10 ⁻⁸ Gy/h			²²² Rn 析出率 Bq/ (m ² s)		
								测点 数	范围值	均值	测点数	范围 值	均值
1	运矿道路	1 路	水泥 混凝土	133.07	6.74	896.4	矿石运输	42	21~1019	525.6	10	0.65~ 0.96	0.79
2	运渣路北 1 段（厂大门警 卫室~警卫室南 180m 处）	2 路-1	沥青 混凝土	207.6	5.52	1145.63	水冶工业场地 主干道、运渣路	338	15~111	36.9	51	0.26~ 1.21	0.62
3	运渣路北 2 段（警卫室南 180m 处~新主厂房）	2 路-1	沥青 混凝土	80	5.52	441.48							
4	运渣路中段（新主厂房-消 防池）	2 路-2	水泥 混凝土	411.98	7.56	3114.29	尾渣运输及通 往井口工业场 地	338	15~111	36.9	51	0.26~ 1.21	0.62
5	运渣路南段（消防池-尾渣 库拦渣坝）	2 路-3	简易 砂石	91.08	4.90	450.88	尾渣运输						
6	运渣路尾渣库内段	2 路-4	简易 砂石	411.45	4.63	1903.35	尾渣运输						
7	进矿道路	3 路	沥青 混凝土	187.36	4.38	820.99	进矿唯一道路	57	12~20	16.7	9	0.06~ 0.09	0.07

表 5.5-13 运渣道路下部土壤中铀、镭含量垂直分布监测数据

序号	名称及编号	取样深度 m	测 点 数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
				范围值	均值	范围值	均值
1	运渣道路 40-60m (警卫室为起 点)	0-0.3	2	6.7-27.7	17.20	78.9-265	171.95
		0.3-0.6	2	14-23.53	18.77	51.79-239	145.40
		0.6-0.9	2	5-18.95	11.98	64.7-272	168.40
		0.9-1.2	2	6.8-38.7	22.75	78.8-455	266.00
		1.2-1.5	1	57.60	57.60	706.00	706.00
		1.5-1.8	1	15.23	15.23	177.8	177.8
2	运渣道路 70-80m	0-0.3	2	17.43-45.6	31.50	251-511	381.00
		0.3-0.6	2	15.7-35.24	25.47	187-485	336.00
		0.6-0.9	2	3.51-68.64	36.10	38.88-745	391.94
		0.9-1.2	2	10.7-56.8	33.75	134-657	395.50
		1.2-1.5	1	32.80	32.80	433.00	433.00
		1.5-1.8	1	34.60	34.60	455.00	455.00
		1.8-2.1	1	28.7	28.7	312	312
		2.1-2.4	1	14.37	14.37	168.9	168.9
3	运渣道路 100-120m	0-0.3	2	76.8-178	127.40	866-1854	1360.00
		0.3-0.6	2	67.18-126	96.59	725-1629	1177.00
		0.6-0.9	2	16.50-26.25	21.37	189-361	275.00
		0.9-1.2	2	7.28-31.8	19.54	25.91-377	201.50
		1.2-1.5	2	7.36-27.04	17.20	46.59-365	205.80
		1.5-1.8	1	15.65	15.65	178.00	178.00
4	运渣道路 140-160m	0-0.3	2	38.9-142.7	90.8	432-1543	987.50
		0.3-0.6	2	31.44-130	80.72	324-1355	839.50
		0.6-0.9	2	27.98-38.3	33.14	410-418	414.00
		0.9-1.2	2	8.5-25.7	17.23	112-378	245.00
		1.2-1.5	2	10.9-61.47	36.2	123-661	392.00
		1.5-1.8	1	23.6	23.6	332	332.00
		1.8-2.1	1	13.8	13.8	175.6	175.6
5	运渣道路 180-210m	0-0.3	3	27.2-54.8	37.1	308-567	408.60
		0.3-0.6	3	24.8-30.6	33.7	311-321	377.00
		0.6-0.9	3	14.6-29.24	25.78	189-305	324.00
		0.9-1.2	3	12.09-29.8	27.83	51.79-387	335.30
		1.2-1.5	2	4.96-39.8	22.38	55.74-477.6	266.67
		1.5-1.8	2	10.9-38.6	24.75	133-429.8	281.4
		1.8-2.1	2	17.32-27.9	22.61	251-311.7	281.35
		2.1-2.4	2	15.8-66.32	40.06	177.9-760	468.95
		2.4-2.7	1	54.70	54.70	667	667.00
		2.7-3.0	1	60.38	60.38	819	819.15
		3.0-3.3	1	31.7	31.7	387.5	387.5
3.3-3.6	1	15.4	15.4	178.1	178.1		
6	运渣道路 230-260m	0-0.3	2	38.9-45.7	42.30	423-532	477.50
		0.3-0.6	2	28.15-41.54	34.85	300-500	399.74
		0.6-0.9	2	12.19-17.50	14.85	132-219	175.61
		0.9-1.2	2	15.65-18.90	17.28	180-278	119.10
		1.2-1.5	2	10.25-23.06	16.66	130-34	221.91
		1.5-1.8	1	38.50	38.50	433.00	433.00
		1.8-2.1	1	100.40	100.40	1291.53	1291.53
		2.1-2.4	1	21.80	21.80	277.00	277.00

序号	名称及编号	取样深度 m	测 点 数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
				范围值	均值	范围值	均值
		2.4-2.7	1	12.88	12.88	133.75	133.75
7	运渣道路 300-320m	0-0.3	3	12.4-112	58.73	187-1456	773.67
		0.3-0.6	3	29.85-103	59.81	62.2-1375	686.24
		0.6-0.9	3	34.56-76.81	58.72	442-768	6654.83
		0.9-1.2	3	15.3-79.1	57.07	191-876	647.33
		1.2-1.5	3	11.37-110	64.44	119-1631	906.08
		1.5-1.8	3	10.04-118	61.57	123-11231	675.67
		1.8-2.1	3	13.87-78.8	42.36	148-1030	530.64
		2.1-2.4	3	9.56-35.35	24.47	99-470	308.14
		3.4-2.7	2	15.69-26.3	21.00	130-321	225.26
		2.7-3.0	1	14.3	14.3	166.8	166.8
8	运渣道路 340--360m	0-0.3	2	10.4-35.9	23.15	112-412	262.00
		0.3-0.6	2	19.01-28.17	23.59	98.36-313	205.92
		0.6-0.9	2	5.07-13.6	9.33	25.89-178	101.94
		0.9-1.2	2	3.57-8.59	6.08	15.53-104	59.61
10	运渣道路 370-390m	0-0.3	2	58.4-111.6	85.00	752-1867	1309.60
		0.3-0.6	2	23.1-30.4	26.75	291-321	306.00
		0.6-0.9	2	11.44-22.1	16.77	152-277	214.31
		0.9-1.2	2	4.04-10.15-	7.09	77.81-126	102.02
		1.2-1.5	2	6.71-8.27	7.49	44.41-77.89	61.15
11	运渣道路 410-430m	0-0.3	2	15.34-35.34	25.34	192-514	353.24
		0.3-0.6	2	10.68-23.41	17.05	137-318	227.23
		0.6-0.9	2	9.1-10.2	9.65	101-123	111.83
		0.9-1.2	2	11.3-12.23	11.77	136-144	139.82
12	运渣道路 450-490m	0-0.3	3	38.46-99.48	76.90	409-1302	969.50
		0.3-0.6	3	32.49-554.8	44.30	364-674	556.76
		0.6-0.9	3	28.1-36	31.40	353-455	393.33
		0.9-1.2	3	10.15-11.32	10.88	120-148	136.39
		1.2-1.5	3	6.8-8.96	7.55	78.61-88.65	85.17
13	运渣公路 510-530m	0-0.3	2	13.01-178.22	95.62	157.24-1956.02	1056.63
		0.3-0.6	2	8.33-135	71.72	84.41-1594	839.29
		0.6-0.9	2	3.75-15	9.47	46.20-187	116.60
		0.9-1.2	2	5.47-7.51	6.49	73.72-88.94	81.33
		1.2-1.5	1	5.07	5.07	61.85	61.85
14	运渣公路 550-570m	0-0.3	2	58.21-102.53	80.37	693.2-1389	1041.12
		0.3-0.6	2	42.16-85.32	63.74	421-1171	796.08
		0.6-0.9	2	3.69-15.7	9.69	51.36-199	125.18
		0.9-1.2	2	2.84-3.5	3.17	12.94-38.59	25.77
		1.2-1.5	1	2.86	2.86	15.54	15.54
15	运渣公路 590-610m	0-0.3	2	17.82-74.39	46.11	216.92-988.61	602.76
		0.3-0.6	2	13.3-68.88	41.09	138.45-821.43	479.94
		0.6-0.9	2	14.15-17.4	15.78	203.24-211	207.12
		0.9-1.2	2	9.01-10.2	9.61	123.23-142	132.61
		1.2-1.5	2	2.22-9.75	5.99	29.04-111.04	70.04
16	运渣公路 630-650m	0-0.3	2	24.57-31.69	28.13	263.89-490.32	377.11
		0.3-0.6	2	16.35-25.54	20.94	170-402	286.06
		0.6-0.9	2	8.52-13.9	11.21	100-186	143.10
		0.9-1.2	2	3.78-4.53	4.15	60.5-69.94	65.22

序号	名称及编号	取样深度 m	测 点 数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
				范围值	均值	范围值	均值
		1.2-1.5	1	2.25	2.25	25.85	25.85
17	运渣公路 670-690m	0-0.3	2	19.35-234.05	126.79	140.62-4533	2386.58
		0.3-0.6	2	14.98-188	101.48	160-2017.88	1088.91
		0.6-0.9	2	7.5-14.9	11.20	91.94-190	140.97
		0.9-1.2	2	3.54-4.46	4.00	49.54-77.54	63.54
		1.2-1.5	1	4.88	4.88	26.00	26.00
18	运渣公路 710-750m	0-0.3	3	6.37-11.53	8.78	91.24-149.11	120.66
		0.3-0.6	3	3.2-9.21	5.65	45.03-127	85.38
		0.6-0.9	3	2.44-7.01	4.37	32.95-99.28	67.90
		0.9-1.2	3	3.24-5.18	4.21	46.67-68.97	55.09
19	运渣公路 770-790m	0-0.3	2	15.17-61.22	38.20	184.62-781	482.61
		0.3-0.6	2	10.96-48.65	29.81	131-606	368.41
		0.6-0.9	2	9.61-14.40	12.01	124-188	155.81
		0.9-1.2	2	3.65-6.81	5.23	44.14-68.56	56.35
		1.2-1.5	1	6.46	6.46	64.20	64.20
20	运渣公路 810-830m	0-0.3	2	9.67-14.55	12.11	123.09-198.21	160.65
		0.3-0.6	2	10.96-11.91	11.44	130-131	130.71
		0.6-0.9	2	9.2-9.61	9.40	60.34-124	91.98
		0.9-1.2	2	3.65-11.68	7.66	44.14-127	85.54
21	运渣公路 1020-1100m	0-0.3	2	16.1-61.2	38.70	179-824	501.50
		0.3-0.6	2	14.75-58.32	36.54	149-767	457.83
		0.6-0.9	1	42.95	42.95	478.68	478.68
		0.9-1.2	1	17.13	17.13	233.00	233.00
		1.2-1.5	1	15.48	15.48	191.00	191.00
		1.5-1.8	1	12.31	12.31	173.82	173.82

表 5.5-14 运矿道路下部土壤中铀、镭含量垂直分布监测数据

序号	名称及编号	取样深度 m	测 点 数	U _{天然} 含量 mg/kg	²²⁶ Ra 含量 Bq/kg
1	运矿道路起点 (废石堆)	0-0.3	1	321	3987
		0.3-0.6	1	278	3529
		0.6-0.9	1	78.41	1037
		0.9-1.2	1	16.9	192
		1.2-1.5	1	5.10	57.14
2	运矿道路 20m 处	0-0.3	1	278	3112
		0.3-0.6	1	237	2806
		0.6-0.9	1	20	189
		0.9-1.2	1	45.00	109
		1.2-1.5	1	2.51	31.09
		1.5-1.8	1	14.44	85.45
3	运矿道路 40m 处	0-0.3	1	213	2994
		0.3-0.6	1	197	2778
		0.6-0.9	1	22	218
		0.9-1.2	1	8.40	112
		1.2-1.5	1	4.37	48.82
4	运矿道路 60m 处	0-0.3	1	163	1994
		0.3-0.6	1	103	1490
		0.6-0.9	1	6.20	64.00

序号	名称及编号	取样深度 m	测点数	U _{天然} 含量 mg/kg	²²⁶ Ra 含量 Bq/kg
		0.9-1.2	1	3.80	42.00
		1.2-1.5	1	2.84	38.26
		1.5-1.8	1	9.14	104.91
		1.8-2.1	1	12.60	147.00
		2.1-2.4	1	12.7	137.1
		2.4-2.7	1	14.6	167.9
5	运矿道路 80m 处	0-0.3	1	30	327.00
		0.3-0.6	1	16.68	206.77
		0.6-0.9	1	13.50	172.00
		0.9-1.2	1	3.40	38.38
		1.2-1.5	1	4.07	59.60
		1.5-1.8	1	3.01	35.02
6	运矿道路 100m 处	1.8-2.1	1	2.89	25.65
		0-0.3	1	98.60	1567.00
		0.3-0.6	1	83.63	1172
		0.6-0.9	1	5.32	36.23
		0.9-1.2	1	157	1741
		1.2-1.5	1	49	522
7	运矿道路 110m 处	1.5-1.8	1	19	185
		1.8-2.1	1	4.92	32.00
		0-0.3	1	289.00	3221.00
		0.3-0.6	1	272	2986
		0.6-0.9	1	63.32	924
		0.9-1.2	1	45.90	541
8	运矿道路 120m 处	1.2-1.5	1	31.74	344
		1.5-1.8	1	28.90	312
		1.8-2.1	1	25.65	280
		2.1-2.4	1	14.8	177.3
		0-0.3	1	411.00	4953
		0.3-0.6	1	385	4877

表 5.5-15 进矿道路下部土壤中铀、镭含量垂直分布监测数据

序号	名称及编号	取样深度 m	测点数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
				范围值	均值	范围值	均值
1	进矿道路	0-0.3	7	16.9-36.7	22.17	192-477	237.71
		0.3-0.6	7	15.6-48.9	22.5	176-567	238.8
		0.6-0.9	7	17.9-66.19	24.17	112.3-820	269.52
		0.9-1.2	7	7.6-19.6	14.56	103-211	165.14
		1.2-1.5	4	5.51-14.5	12.1	69.43-181	144.36
		1.5-1.8	3	10.4-12.6	11.5	123-135	129

5.5.2.8 废水排放沟及两侧污染土壤

753 矿遗留有 1 条废水排放沟，长度共计 230.08m，其中厂区内废水排放沟长为 42.72m，厂区外废水排放沟长为 187.36m。废水排放沟截面为矩形，深、宽分别为 2.0m 和 2.56m；沟壁为浆砌石，厚度为 300mm；沟底结构分三层，最底层为浆砌石，厚度为 250mm~300mm，第二层为混凝土，厚度为 150mm，最上层为鹅卵石，厚度为 1m。处理达标的尾渣库渗水，经由废水排放沟排入金家沟河。图 5.5-5 为废水排放沟现状情况。



图 5.5-5 废水排放沟现状

由于长期浸泡，废水排放沟沟底及沟壁受到污染；现场踏勘可见沟壁破损、渗漏严重。本次源项调查对厂区内、外废水排放沟两侧 1m 范围内不同深度土壤进行取样监测。由监测结果可知，取样深度为 2.1m 时，废水排放沟两侧土壤中 ^{226}Ra 含量才能满足相应管理限值的要求。

表 5.5-16 废水排放沟两侧土壤监测结果

序号	名称及编号	取样深度 m	测点 数	U _{天然} 含量 mg/kg		²²⁶ Ra 含量 Bq/kg	
				范围值	均值	范围值	均值
1	废水排放 沟右侧 1m	0-0.3	8	14.3-54.3	30.91	187-589	349.88
		0.3-0.6	8	6.5-43.3	24.39	77.03-468	273.28
		0.6-0.9	8	6.3-38.7	18.64	78-399	214.77
		0.9-1.2	7	4.94-36.7	17.73	59-512	211.07
		1.2-1.5	5	6.8-57.13	22.67	95.7-703	270.37
		1.5-1.8	3	12.33-24.52	17.48	142-346	222.07
		1.8-2.1	2	14.3-15.33	14.82	166.8-175	170.85
2	废水排放 沟左侧 1m	0-0.3	8	19.3-42.5	28.69	186-457	344
		0.3-0.6	8	12.9-39.7	24.68	119-422	285.75
		0.6-0.9	8	13.7-37.9	22.15	141-378	237.25
		0.9-1.2	7	12.1-38.9	20.14	145-388	208.43
		1.2-1.5	5	17.8-27.3	22.48	188-311	229
		1.5-1.8	5	16.8-28.9	22.9	177-298	238.8
		1.8-2.1	5	13.11-17.9	15.03	151.23-176	166.32

5.5.2.9 污染设备管线及材料

1) 污染设备

753 矿遗留有污染设备 149 台（件）、总重为 189.87t，其中金属材质的重量为 179.06t；PVC 等其他材质的设备重量为 10.81t。

由于直接或间接接触，遗留设备均受到了不同程度的污染，部分超出了《铀矿冶退役环境管理技术规定》（GB14586-1993）管理限值（ $\leq 0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）的要求。



图 5.5-6 部分遗留设备现状

2) 污染管线及材料

753 矿污染管线共 15847.4m, 总重 175.28t; 废弃钢材 50t, 废弃木材 39.05t。图 5.5-7 为厂房内及厂区遗留管线、废弃钢材和木材现状。这些管线及材料由于停产后长期闲置, 破损比较严重, 已无再利用价值。



图 5.5-7 污染管线及材料现状

5.5.2.10 污染构筑物

753 矿停产闭坑后，厂区内遗留有 106 座构筑物，主要包括主厂房、母液车间、堆浸厂房、破矿厂房、分析室、井口工区车间及其配套设施等，总占地面积 18621.6m²，目前已无利用价值。753 矿建筑物 α 表面污染水平为 (0.005~0.526) Bq/cm²。建筑物内 γ 空气吸收剂量率范围为 (14~1103) $\times 10^{-8}$ Gy/h。绝大部分平均值超过了相应的管理限值，需拆除后运至尾渣库掩埋处置。污染构筑物现状见图 5.5-8。



图 5.5-8 污染构筑物现状

6 退役治理

6.1 退役治理目标

6.1.1 退役治理目标

退役治理工程属补救行动范畴，总体目标为对 753 矿及附属水冶设施等进行退役治理，治理后的设施场地达到国家环境保护有关标准要求，治理范围内的生态环境基本恢复，治理范围内公众健康得到保护，退役施工期内尾渣库渗水实现达标排放。具体目标如下：

1) 本项目退役治理后最终状态下的年公众照射的剂量约束值不超过 0.3mSv；

2) 尾渣库等经覆盖治理后，其表面氡析出率应不大于 $0.74\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ；

3) 土地去污整治后，任何平均 100m^2 范围内土层中 ^{226}Ra 的比活度扣除当地本底值后不超过 0.18Bq/g ，可无限制开放或使用。；

4) 尾渣库渗水处理设施向有稀释能力的受纳水体排放时，排放口水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度小于 0.3mg/L 、 ^{226}Ra 浓度小于 1.1Bq/L ；

5) 污染设备处于受控状态。

6.1.2 退役治理深度

本项目退役治理深度见表 6.1-1。

表 6.1-1 退役治理深度

序号	源项类型	退役治理主要方法及目标	退役深度
1	尾渣库	容纳各种废物后，覆盖、植被与稳定化处置并设置警示标志，以达到抑制氡析出、并防止由于自然力或其他原因引起的塌垮流失而造成环境污染的治理目的	有限制开放使用。退役治理周期内，尾渣库渗水处理后达标后外排。
2	堆浸渣堆	采取清挖治理方案，将堆浸渣运至尾渣库集中处置	原场址无限制开放使用。
3	污染设备管线或材料	非金属材质构成的污染设备管线拆除、分解后，运至尾渣库集中处置；金属材质的污染设备管线或材料，拆除解体后，运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心进行熔炼回收金属	处于可控状态
4	污染建构筑物	采取整体拆除治理方案，建筑垃圾运至尾渣库集中处置，原址与所处污染场地退役深度相同	原场址无限制开放使用
5	井口	进行有效封堵，防止井口氡气外逸，保护公众健康与安全，严禁随意打开	—
6	废水排放沟	拆除原有废水排放沟，清挖周边污染土，产生的污染物运至尾渣库集中掩埋处置，然后原址恢复重建	无限制开放使用。
7	污染工业场地	采取完全挖除、迁移和集中方案，污染物运至尾渣库集中处置，清挖后覆土、植被，恢复生态环境	原场址无限制开放使用。
8	污染地面	采取完全挖除、迁移和集中方案，污染物运至尾渣库集中处置；清挖后覆土、植被，恢复生态环境	原场址无限制开放使用。
9	污染道路	彻底清挖污染物至尾渣库集中处置。运矿道路清挖治理后覆土植被恢复原址的生态环境；进矿道路及运渣路清挖后填筑路基并修筑水泥混凝土路面或泥结碎石路面，恢复道路原有使用功能	无限制开放使用

6.2 制定退役治理方案的原则

1) 退役治理方案应能够控制各类污染物，防止各类污染物在环境中流失与扩散；应能够有效的抑制和屏蔽各类有害因素；杜绝各种伤害事故的发生，以保证环境质量的改善和公众的健康与安全。

2) 应使处置设施的功能长期有效，有较高的稳固性与可靠性。

3) 退役治理方案充分考虑从当地的自然环境、施工条件、社会状况和

公众的心理因素，力求做到因地制宜、切合实际、施工简便、具有较强的可操作性，材料尽可能就地取材，治理方案力求做到施工技术相对简单，以降低劳动强度，保证施工人员的安全。

4) 退役治理工程量与发生危害的概率及危害程度的大小相适应，消耗的代价与获得的效益相适应，在不违背上述原则的前提下，尽可能将污染物集中处置以缩小污染范围，对于减少污染物在地面堆积的设计方案给予优先考虑。

5) 高度重视铀矿退役治理项目生态环境修复与环境保护工作。

6.3 退役治理方案

6.3.1 退役治理总体方案

753 矿退役治理工程源项分布较为集中，除回风井位于厂区西部山脊另一侧的三道沟内外（与尾渣库直线距离也仅有 220m 左右），其他设施均分布于四道沟内，自南部沟尾向北部沟口，依次布置尾渣库、采矿设施及场地、铀水冶厂设施及场地。

因此，为保证遵循放射性废物最小化原则，尽可能集中处置废物，对污染场地、建构筑物等有条件的尽量采用清挖、彻底拆除的治理方式，拆除、清挖产生的污染建构筑物、尾渣、污染土等，在适合的处置地点集中处置。根据核算尾渣库现有污染物总占库容 25.08 万 m^3 ，尚余库容 39 万 m^3 ，完全可以满足堆存退役清挖、拆除产生的污染物（约 22.81 万 m^3 ）的要求。

综上所述，本项目其他源项设施采用清挖、迁移至尾渣库集中处置的治理方案，治理后尾渣库以外的其他区域，可达到无限制开放使用退役深度。退役治理工程实施后，矿区范围内仅遗留尾渣库和尾渣库渗水相关设施，地表设施占地较退役治理实施前减少 73246.65 m^2 ，是原占地面积的 53.33%。

6.3.2 清挖治理方案

6.3.2.1 清挖深度的确定

对于铀矿冶退役治理项目而言，各类清挖治理的污染设施（本项目主要包括废污水排放沟、污染工业场地、污染地面和污染道路等）的清挖治

理的工程量，主要是由污染设施或环境的污染深度和污染面积来确定的。其中，污染面积在源项调查工作中已经确定，而污染深度是通过对比污染土壤中的 ^{226}Ra 含量的垂直分布情况和《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）中的相关标准管理限值来确定的。

各清挖治理设施或环境的清挖深度的确定步骤如下：

1) 首先，通过对比各类设施或环境的标准管理限值和实际监测值，判断各类设施或环境的污染深度。

2) 再结合清挖治理方案的施工特点（一般按分层清挖考虑，每 30cm 为一个清挖层），分别判断出各类设施或环境的清挖深度，以此作为各类设施或环境的设计清挖深度。

本项目各清挖设施和环境的清挖深度见表 6.3-1。

表 6.3-1 清挖设施和环境清挖深度

序号	清挖设施和环境		源项名称或编号	管理限值	清挖深度 cm
1	废水排放沟		废水排放沟	226.9（其中本底值为 46.9）	210
2	污染地面		污染地面	226.9（其中本底值为 46.9）	90
3	污染工业场地	井口工区场地	1 _{场-1} 北部废石回填区	226.9（其中本底值为 46.9）	150
			1 _{场-2} 中部采矿辅助设施区		90
			1 _{场-3} 东南部污染地面区域		210
	水冶工业场地	2 _{场-1} 破碎-堆浸厂房区域	330		
		2 _{场-2} 化验室-矿井水处理车间	90		
		2 _{场-3} 煤场-办公楼	90		
		2 _{场-4} 主厂房前花坛区域	270		
		2 _{场-5} 主厂房区域	150		
			2 _{场-6} 新主厂房-变电所区域		30
		回风井工业场地	3 _场		150
4	运矿道路		运矿道路（1 _路 ）	226.9（其中本底值为 46.9）	180
	运渣道路	厂大门-新主厂房（2 _{路-1} ）	厂大门-新主厂房（2 _{路-1} ） 警卫室~160m 处	226.9（其中本底值为 46.9）	240
			厂大门-新主厂房（2 _{路-1} ） 180~260m 处		360
		新厂房-消防池（2 _{路-2} ）	新厂房-消防池（2 _{路-2} ）		90
		消防池-尾渣库拦渣坝（2 _{路-3} ）	消防池-尾渣库拦渣坝（2 _{路-3} ）		90
		尾渣库内路段（2 _{路-4} ）	尾渣库内路段（2 _{路-4} ）		120
	进矿道路		进矿道路（3 _路 ）		226.9（其中本底值为 46.9）

6.3.2.2 清挖污染物去向

本项目中堆浸渣堆、污染工业场地、污染地面、污染道路、废水排放

沟、污染构筑物等，清挖、迁移污染物共 228615m³。除回风井工业场地（3 场）清挖污染物全部回填至回风井外，其余污染物均运至尾渣库集中处置。清挖污染物量及其去向见表 6.3-2。

表 6.3-2 清挖污染物情况一览表

序号	来源	清挖污染物去向		合计
		运至尾渣库 m ³	回填回风井 m ³	
一	堆浸渣堆治理			
1	1 堆	5236		5236
二	污染工业场地治理			
1	1 场-1	70731		70731
2	1 场-2	3379		3379
3	1 场-3	16914		16914
4	2 场-1	36132		36132
5	2 场-2	2868		2868
6	2 场-3	8136		8136
7	2 场-4	2745		2745
8	2 场-5	3622		3622
9	2 场-6	2348		2348
10	3 场		324	324
三	污染道路治理			
1	1 路	1614		1614
2	2 路-1	4339		4339
3	2 路-2	2803		2803
4	2 路-3	406		406
5	2 路-4	2284		2284
6	3 路	985		985
四	废水排放沟			
1	1 沟	2296		2296
五	污染地面			
1	1 地	9990		9990
六	污染构筑物			
1	(第一批) 建筑垃圾	44414		44414
2	(第二批) 建筑垃圾	1180		1180
七	退役治理期间（5 年）尾渣库渗水中和渣			
1	退役治理期间（5 年）尾渣库渗水中和产渣量	2760		2760
	总计	222685	324	223009

6.3.3 覆土方案

6.3.3.1 覆盖材料的选择

覆盖土对覆盖效果有很大影响，应尽量选择孔隙率小、氡扩散系数小、氡渗透性能差、有害元素低的土壤，以达到较好封闭效果和便于植被生长的目的。土源地的选择，既要求土质符合要求，可取土量能够满足覆土用量，同时还应具备取土、运输方便和运输距离尽可能短等有利条件。本项目经调查拟定下马塘镇程家村前山堡子山脚处（矿区东部，运输距离约 10km）作为土源地。该土源地土地现为个人承包，中核北方铀业有限公司与土地承包人签订了购土意向书（见附件 3）。

经过前期调查该土源地的土量较为充足，且 γ 辐射剂量率、氡析出率等指标基本处于当地辐射本底水平。土源地土质分析结果见表 6.3-3。

表 6.3-3 退役治理土源地土质情况

序号	调查项目	范围值	均值
1	γ 辐射剂量率 $\times 10^{-8} \text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$	11~13	12
2	氡析出率 $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	—	0.053
3	$U_{\text{天然}}$ mg/kg	2.59~3.70	3.15
4	^{226}Ra Bq/kg	31.38~40.80	36.14

6.3.3.2 覆土试验与覆土厚度

1) 试验概述及结果

为了给退役治理方案提供覆土厚度的依据，中核北方铀业有限公司委托核工业北京化工冶金研究院，在矿区二次浸出尾渣堆，进行了覆土试验，以确定不同覆土厚度对氡析出率的影响关系。覆土试验结果见表 6.3-4。

表 6.3-4 覆土试验结果

覆土厚度, m	0.0	0.13	0.37	0.63	0.97	1.27
氡析出率 $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	3.49	2.89	2.07	1.26	0.66	0.29
压实度, %	—	91.01	91.57	92.13	90.44	93.26
干密度 g/cm^3	—	1.62	1.63	1.64	1.61	1.66
含水率 %	—	15.3	15.0	15.2	14.9	15.3

2) 覆盖厚度计算公式

根据覆盖试验数据，推导出覆盖厚度与抑制氡析出率的关系式为：

$$X_1 = 53.5 \ln \frac{J_i}{J_0} + 11.9 \quad (\text{式 6.3-1})$$

相关系数： $\gamma=0.9957$

式中： X_1 为需要覆盖的夯实后覆土的厚度，cm；

J_i 为覆盖前的氡析出率平均值， $\text{Bq}/(\text{m}^2 \text{s})$ ；

J_0 为覆盖后的氡析出率，取氡析出率的管理限值， $J_0=0.74\text{Bq}/(\text{m}^2 \text{s})$ 。

6.3.3.3 覆土厚度的确定

1) 确定原则

(1) 根据公式 6.3-1，按源项的表面氡析出率均值计算出覆盖厚度 X_1 ；

(2) 多年土壤侵蚀余量：根据《铀矿冶企业总图运输设计要求》(EJ/T20075-2014)，增加 10cm 至 15cm 厚的多年土壤侵蚀余量 (ΔX)，并按工程模数取整；表层 10cm 至 20cm 厚的压实度不小于 0.85，其下层的压实度不宜小于 0.90。

(3) 根据《土地复垦技术标准》(原国家土地管理局，1995 年) 为满足植被恢复(草灌型)所需的最小覆土厚度为 35cm、记为 X_{\min} 。

综上所述，本项目覆盖厚度设计值 $X=\max\{X_1+\Delta X, X_{\min}\}$ 、即 $X=\max\{X_1+\Delta X, 35\text{cm}\}$ 。

2) 尾渣库覆土厚度的确定

本项目尾渣库将集中堆存处置 753 矿各部位的堆浸渣、污染土及其他污染物，根据堆浸渣堆、污染工业场地等各源项的监测数据状况，综合考虑尾渣库受纳清挖堆浸渣堆、污染道路和污染工业场地等产生的污染土，对抑制尾渣库滩面的氡析出起到一定作用，以及污染土自身的氡析出叠加影响，通过计算并按覆土厚度的设计原则确定用以抑制氡析出的防氡屏蔽层厚度。即：

经过计算清挖堆浸渣堆、污染工业场地等下部污染土在尾渣库表面形成的污染土层约 41cm 厚，尾渣库经过污染土回填覆盖后表面氡析出率降低至 $2.05\text{Bq}/(\text{m}^2 \text{s})$ (不考虑污染土本身的氡析出)；由于现阶段无法获取各类工业场地清挖出的污染土氡析出率，本项目暂以各类场地现状氡析出率

平均值进行计算。尾渣库上部回填污染土的氡析出率均值为 $0.85\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，考虑叠加后，污染土层表面的氡析出率计算值为 $2.90\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，按覆土厚度的确定原则，防氡屏蔽层厚度 X_I 为 84.97cm 、 $X_I + \Delta X$ 为 94.97cm 、 X 为 95cm 。因此，最终确定尾渣库受纳堆浸渣、污染土及其他污染物后表面的防氡屏蔽层厚度为 95cm 。

6.3.3.4 土源地植被恢复

根据植被层及降到层厚度计算，本项目取土涉及土源地面积为 65357m^2 ，取土总量为 131920m^3 。

土源地取土施工时，应避免在暴雨季节进行土方开挖作业，以减少水土流失量；在取土后，应按照当地水土保持和土地复垦的有关规定和要求及时进行场地平整植被恢复，恢复土源地生态环境。土源地恢复共涉及场地平整 65357m^2 ，种草 65357m^2 ，种树 16339 棵。

6.3.4 退役治理方案及可行性分析

6.3.4.1 尾渣库

1) 治理方案

尾渣库在容纳了退役治理过程中清挖的污染物后，以拦渣坝为基础采用上游法堆积筑坝，并对堆积坡面及滩面进行覆盖治理。此外，由于尾渣库渗水来源为大气降水入渗及地下水侧向补给，为切断尾渣库渗水补给来源，有效减少退役治理后尾渣库渗水的排放，在滩面覆盖和修建截排洪设施阻断大气降水直接入渗和地表径流汇入尾渣库滩面的基础上，治理方案还考虑了采取工程措施切断地下水侧向补给源。

综上，本项目尾渣库治理方案包括：增设拦渣坝浆砌石护坡、清挖污染物堆积筑坝、尾渣坝坡及滩面覆盖治理、打设塑性混凝土截渗墙、新建截洪沟及排水沟、新建防护围栏和坝体观测设施等。

(1) 增设拦渣坝浆砌石护坡

为提高治理后拦渣坝体的稳固性，设计在下游坡面及坝顶新铺设一层 0.4m 厚浆砌块石护面，并对溢洪道进行封堵，浆砌石护面内预埋排水管。为排除坡面汇水，拦渣坝顶设置一道坝顶排水沟。

(2) 清挖污染物堆积筑坝

尾渣库覆土后，库内容纳物总量共计约 57.78 万 m^3 ，小于设计有效库容 64 万 m^3 ，不会出现超库容情况。为减少大气降雨渗入尾渣库，设计先将库尾现有尾渣堆积边界线以外原山坡部位清基后铺设一层复合土工膜，土工膜上游侧锚固在截洪沟内，下游侧锚固在粘土锚固槽内。之后以拦渣坝为基础坝，利用运入库内的清挖污染物采用“上游法”进行堆积筑坝，坝坡堆积坡度为 1:8。堆积坝坡沿平行坝轴线方向的堆筑形式为中间高两侧低，向两侧坡度约 3%，坡面汇水沿横向分别汇入东侧排水沟和西侧截洪沟内。进行污染土堆积筑坝时，分层碾压夯实，要求尾渣相对密度不低于 0.7，污染土压实度不低于 0.9，以保证坝体填筑质量。

(3) 尾渣坝坡及滩面覆盖治理

综合考虑氡屏蔽、防水、植被生长、防啮齿动物破坏等因素，本项目选用粉质粘土为覆盖层，并在复合覆盖层中间增加一层复合土工膜以增强防渗效果。

首先将清挖污染物进行压实放坡；然后在坡面及滩面上覆土 0.8m，平整并分层压实，压实度不小于 0.9；随后在覆土上铺设一层复合土工膜（两布一膜，布 200g/ m^2 ，膜厚 1.5mm）；最后在膜上铺设 0.3m 厚砂卵石排水层，排水层之上再覆土 0.5m 作为种植层。

经过覆盖治理，尾渣堆积坝起始堆筑位置距溢洪道溢流堰约 15m，起始堆积标高 404.5m，低于溢流堰进口标高 0.5m，最终堆积坝顶标高 445m，坝顶滩面按 2% 的坡度由库尾坡向堆积坝顶。堆积坝顶设置钢筋混凝土排水沟，堆积坝坡 425m 处设置一条 3m 宽的马道，马道上设钢筋混凝土排水沟。马道以下堆积坝坡坡比 1:6，马道以上堆积坝坡坡比 1:8。堆积坝坡采用浆砌石骨架植草护坡，滩面采用植草护坡，滩面及坝坡共设警示牌 4 个。治理后的坝坡及滩面在纵剖面方向由中间向两侧分别按约 5% 的坡度进行放坡。753 矿尾渣库治理坝坡及滩面覆盖层结构见图 6.3-1。

(4) 塑性混凝土截渗墙

尾渣库滩面经覆盖治理后，大气降水在尾渣库范围内产生的坡面雨水径流基本被隔离库外，但仍有部分降雨径流从尾渣库周围山体裂隙侧向水平渗入库内。为最大程度减少可能进入库内的水量，拟沿新建截洪沟基础

沿线打设一圈封闭的 C30 塑性混凝土截渗墙，总长约 1170m，墙体宽 0.6m，墙体基础伸入微风化基岩以下 2m。为防止在渗水收集过程中坝体渗水对尾渣库下游集水池内侧的截渗墙上部墙体造成侵蚀，集水池内侧截渗墙的上部墙体（地表以下 6m）采用抗硫酸盐 C30 砼结构，坝体渗水通过预埋在墙体內的排水孔排入下游集水池内。

（5）修建截洪沟和排水沟

根据《核工业铀水冶厂尾矿库、尾渣库安全设计规范》(GB50520-2009)，“当尾矿库有效库容小于 1000 万 m^3 时应按三等尾矿库设计”。753 尾渣库总库容约 64 万 m^3 ，因此该尾渣库为四等库，洪水标准为重现期 50a ($P=2\%$) 暴雨洪水设计，重现期 500a ($P=0.2\%$) 暴雨洪水校核。

为保证退役治理后尾渣库排洪安全性，库区实际地形条件和治理后的坝体形式，需重新修建周圈截洪沟进行排洪。在东侧新建截洪沟设计断面为 $1.5m \times 1.6m$ （宽度 \times 深度），沟长约 640m；西侧新建截洪沟设计断面为 $1.5m \times 1.3m$ （宽度 \times 深度），沟长约 670m。两侧截洪沟均采用 C30 钢筋砼结构，沟侧壁顶部宽 0.3m，沟壁外墙坡比 1:0.25，沟体混凝土底板厚度 0.5m，下部砂卵石垫层厚 0.1m。当遭遇设计频率暴雨洪水时，东侧截洪沟安全超高为 0.88m、西侧截洪沟安全超高为 0.79m，均大于《核工业铀水冶厂尾矿库、尾渣库安全设计规范》(GB50520-2009)中规定的最小安全超高 0.5m；在遭遇校核频率暴雨洪水时东西侧截洪沟安全超高均为 0.64m，均大于规范规定最小安全超高 0.3m，可见尾渣库防洪安全性满足规范要求。

由于坝体东侧与截洪沟之间有道路相隔，为避免坝坡坡面汇水流经路面时产生冲刷破坏，设计在治理后的尾渣库东侧岸坡交界处修建一道排水沟，与下游东侧截洪沟相接，以排出尾渣库东侧坡面汇水。排水沟为 C30 钢筋混凝土结构，断面尺寸 $0.4m \times 0.6m$ （宽度 \times 深度），长约 475m。

（6）新建防护围栏

为使退役治理后的尾渣库成为一个全封闭的设施，减少外界侵扰，在治理后的尾渣库周界设置一圈钢筋混凝土防护围栏，总长度约 1560m、高 1.8m；同时，为便于尾渣库维护管理，设置高 2.2m、宽 4.5m 的铁艺大门 2 扇。

尾渣库退役治理方案平面图见图 6.3-2。

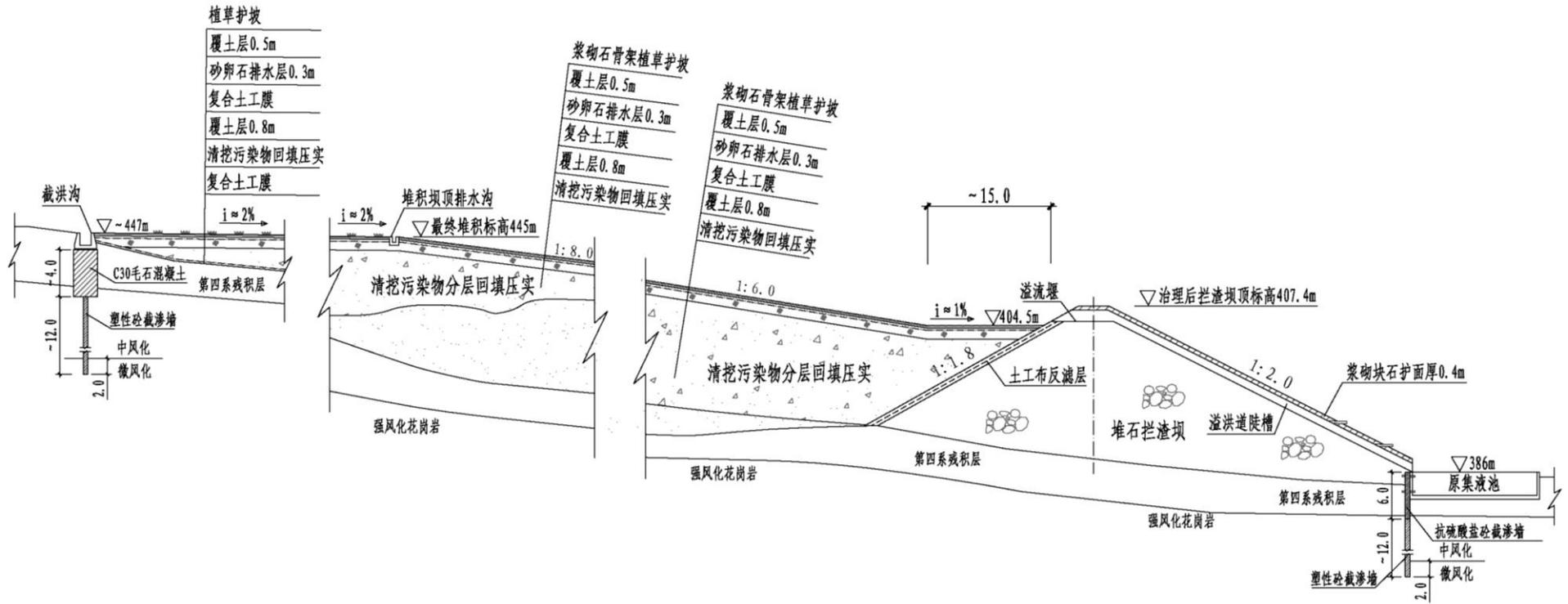


图 6.3-1 尾渣库治理方案剖面图

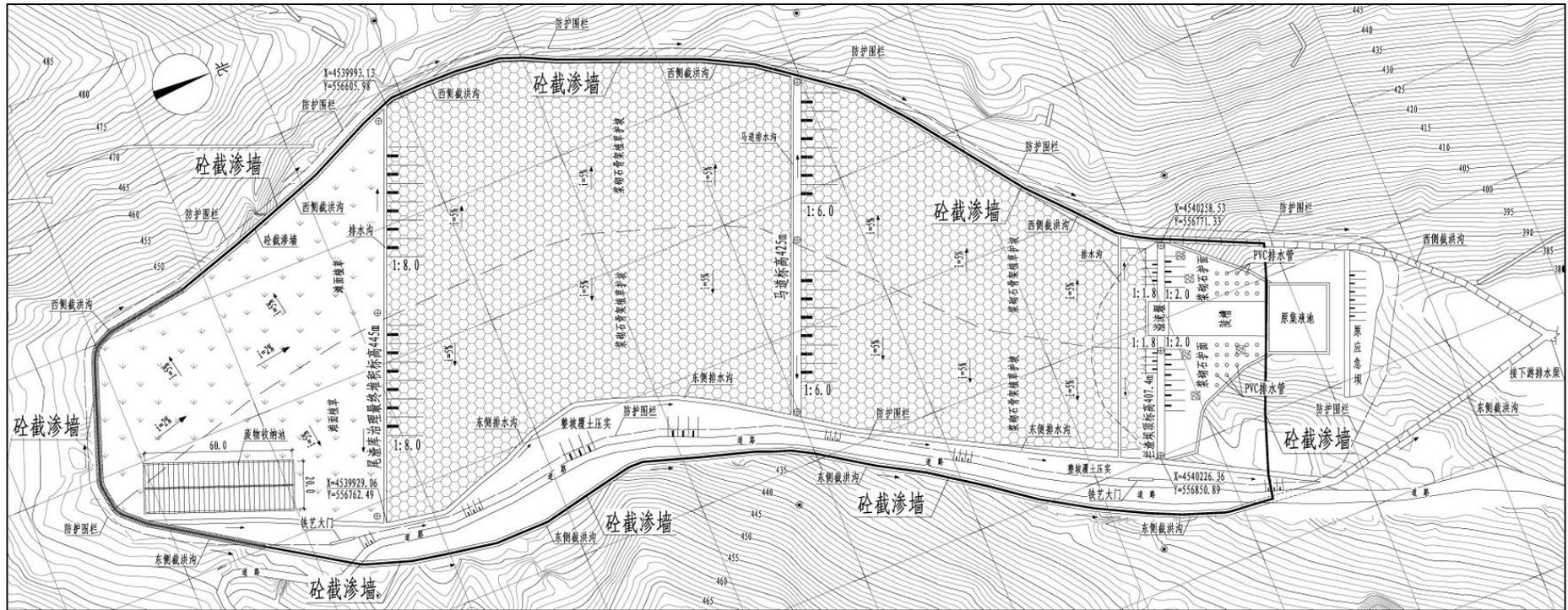


图 6.3-2 尾渣库治理方案平面图

(7) 坝体位移沉降人工观测设施

本项目在治理后的尾渣库拦渣坝顶 407.4m 标高、堆积坝坡马道 425m 标高和最终堆积标高 445m 处，在坝体中间及两侧布置，共布置 9 个混凝土观测桩；在 3 个观测标点连线的延长线上的两岸山坡较稳固的地点，布设 6 个混凝土观测桩，以便了解尾渣库退役治理后拦渣坝体沉降位移沉降变化情况，及时发现和消除安全隐患。尾渣库坝体垂直位移采用水准测量的方法观测，坝体水平位移采用视准线法进行观测。

(8) 设置警示牌

尾渣库治理完后，在其周边按照东西南北方向，分别设立 4 块警示牌。

3) 尾渣库治理方案可行性分析

尾渣库治理方案可行性与合理性主要从长期安全稳定性和辐射安全可靠两方面考虑。

(1) 辐射安全可靠分析

尾渣库在回填清挖污染物后，上部采用 80cm 厚粉质粘土覆盖并压实，按照覆盖试验推导出的覆土厚度公式，覆土后表面氡析出率小于 $0.74\text{Bq/m}^2\text{s}$ 的管理限值要求。可见，该措施可以有效的抑制 ^{222}Rn 气逸出。再在降氡层上铺设一层复合土工膜，膜上铺设 0.3m 厚砂卵石排水层，排水层之上再覆土 0.50m 作为植被层。覆土工程完成后，选用当地优势物种在覆盖层上恢复植被，可以有效改善区域生态环境。

(2) 长期安全稳定分析

① 工程地质环境稳定性分析

根据《本溪铀矿尾渣库退役治理工程水文地质勘察报告》(北京中核大地矿业勘查开发有限公司，2018 年 6 月)：尾渣库岸坡地层为强风化花岗岩，较完整坚硬，未发现岸坡基岩变形迹象，尾渣库岸坡稳定性较好；尾渣库区内无全新活动断裂构造，无滑坡，泥石流、崩塌、溶洞及软弱层及断层破碎带等不良地质作用，尾渣库所处的工程地质环境稳定。

② 防洪安全性分析

尾渣库东侧新建截洪沟断面为 $1.5\text{m}\times 1.6\text{m}$ (宽度×深度)，西侧新建截洪沟断面为 $1.5\text{m}\times 1.3\text{m}$ (宽度×深度)。经洪水计算，排泄设计频率 ($P=2\%$) 暴

雨洪水时，东西两侧截洪沟的最小安全超高分别为 0.88m 和 0.79m，大于规范规定最小安全超高 0.5m；排泄校核频率（ $P=0.2\%$ ）暴雨洪水时，东西两侧截洪沟的最小安全超高均为 0.64m，大于规范规定最小安全超高 0.5m。尾渣库防洪安全可满足《核工业铀水冶厂尾矿库、尾渣库安全设计规范》（GB50520-2009）规定的四等尾渣库要求，防洪安全有保障。

③坝体安全性分析

尾渣库拦渣坝高约 21m，坝顶标高 407.4m，坝顶宽约 4m，上游坝坡 1:1.8，下游坝坡 1:2.0。尾渣堆积坝的起坡堆筑位置距溢流堰约 15m，起始堆积标高 404.5m，低于溢流堰顶标高 0.5m；425m 以下堆积坝坡 1:6，425m 以上堆积坝坡 1:8，425m 处堆积坝坡设置 3m 宽马道。最终堆积坝顶标高 445m，滩面以约 2%的坡比坡向堆积坝顶。经坝体稳定计算可知：正常工作条件下尾渣库坝坡抗滑稳定最小安全系数为 1.56，非常工作条件下最小安全系数为 1.38，均满足《核工业铀水冶厂尾矿库、尾渣库安全设计规范》（GB50520-2009）规定的坝体正常工作条件下最小安全系数不小于 1.15；非常工作条件下最小安全系数不小于 1.01 的限值要求。与此同时，拦渣坝顶、马道和堆积坝顶均设置了坝体沉降位移观测桩，进行定期或不定期现场监测，及时了解和掌握坝体安全动态，及时发现和解决问题，可保证尾渣库退役治理后坝体安全稳定。

④覆盖层长期稳定性分析

尾渣库堆积坝坡及滩面覆盖层采用复合结构，由下至上依次为粘土氦气抑制层厚 0.80m、复合土工膜、砂卵石隔离层厚 0.3m、植被层厚 0.50m，表面植草护坡。粘土氦气抑制层上面的复合土工膜及库周圈塑性混凝土截渗墙切断了外界地表径流和地下径流对尾渣库的水力补给，土工膜上面铺设的砂卵石层，能够避免啮齿动物及植物根系对覆盖层下部结构可能造成的不利影响，同时能够及时排出植被层渗入水。尾渣堆积坝坡及滩面坡向两侧截洪沟，使尾渣堆积坝坡和滩面不会出现积水现象。堆积坝坡铺设浆砌石骨架植草护坡，滩面覆盖层表面进行植草护坡，提高了抵御径流冲刷及风雨侵蚀的能力。综上所述，尾渣库退役治理后能够满足长期安全稳定的要求。

（3）尾渣库治理方案可行性分析小结

综合以上分析，753 矿尾渣库退役治理工程实施后，表面氡析出率低于《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）管理限值要求；覆土植被可有效改善区域生态环境；尾渣库防洪安全性、坝体稳定性均满足《核工业铀水冶厂尾矿库、尾渣库安全设计规范》（GB50520-2009）要求；覆盖层可有效抵御水力冲刷、自然侵蚀及动植物侵扰，可确保长期安全稳定；另外，本项目在库区周围新建防护围栏与外界隔离，可有效减少外界侵扰，进一步降低了尾渣库退役治理设施受到人为破坏的几率，并且尾渣库退役治理后为有限制开放使用场所，需要长期监管，一旦发生危及尾渣库的人为破坏事件时，应立即采取补救措施加以修复，可以防止事故的发生。综上所述，本项目采取的尾渣库退役治理方案是可行的，治理后尾渣库能够满足长期稳定的要求。

6.3.4.2 尾渣库渗水处理设施

1) 退役治理后尾渣库渗水量估算

由于尾渣库渗水补给来源为大气降水及地下水侧向补给，在尾渣库退役工程采取了顶面铺膜覆盖、外围修建截渗墙、尾渣库周边修筑截排洪沟等工程措施后，可有效阻断尾渣库渗水的库外补给来源，大大降低尾渣库渗水量。因此，退役治理工程实施后尾渣库渗水主要来自截渗墙范围内的尾渣及强风化、中风化含水层的孔隙水，随时间变化渗水量将逐年递减，前期渗水量减少较快，后期随着渗透压力的降低，渗水量减少幅度将放缓，当含水层内孔隙水含量降至自由含水量或岩石的容水量后，将不会有渗水排出。

为确定尾渣库退役治理后渗水量变化情况，基于渗流的达西定律，利用 GeoStudio 岩土分析软件的 SEEP/W 渗流分析模块，建立尾渣库渗流计算模型进行渗流量的计算求解。渗流计算将尾渣库区域自滩面至强风化岩的透水层作为分析区域，包括尾渣层、第四系粘土层、强风化花岗岩层及中风化花岗岩层，按瞬态渗流方式进行计算求解。渗流计算坝体剖面见图 6.3-3。

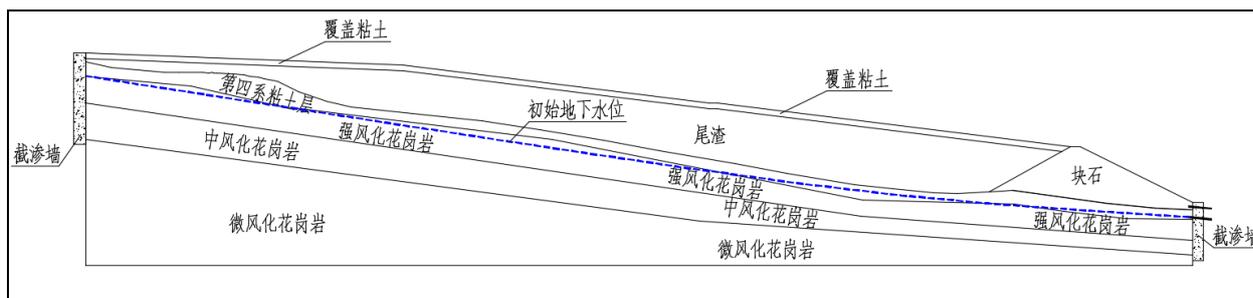


图 6.3-3 坝体渗水计算简图

渗流分析计算模型边界设置如下：尾渣库下部微风化岩层及库周围截渗墙为不透水层，坝体滩面覆盖后无地表水补给，尾渣库下游集水池预埋排水管的池壁为渗流面。

根据渗流计算分析，滩面覆盖治理后初期，尾渣库单宽渗水量约 $0.65\text{m}^3/\text{d}$ ，截渗墙宽度按 25m 计，则坝体渗水量为 $16.3\text{m}^3/\text{d}$ 。滩面覆盖治理后减少了尾渣库渗水的补给，尾渣库坝下渗水量随着时间变化逐渐减少，至尾渣库治理后 10 年，渗水量约为 $7.2\text{m}^3/\text{d}$ 。根据渗水量估算结果。坝体渗水量随时间变化见表 6.3-5，渗水量随时间变化曲线图见图 6.3-4。

表 6.3-5 坝体渗水量变化预测

时间	渗水量 (m^3/d)
退役治理初期（打设截渗墙及覆盖后）	16.3
5a 后	12.5
10a 后	7.2
15a 后	3.8
20a 后	1.7

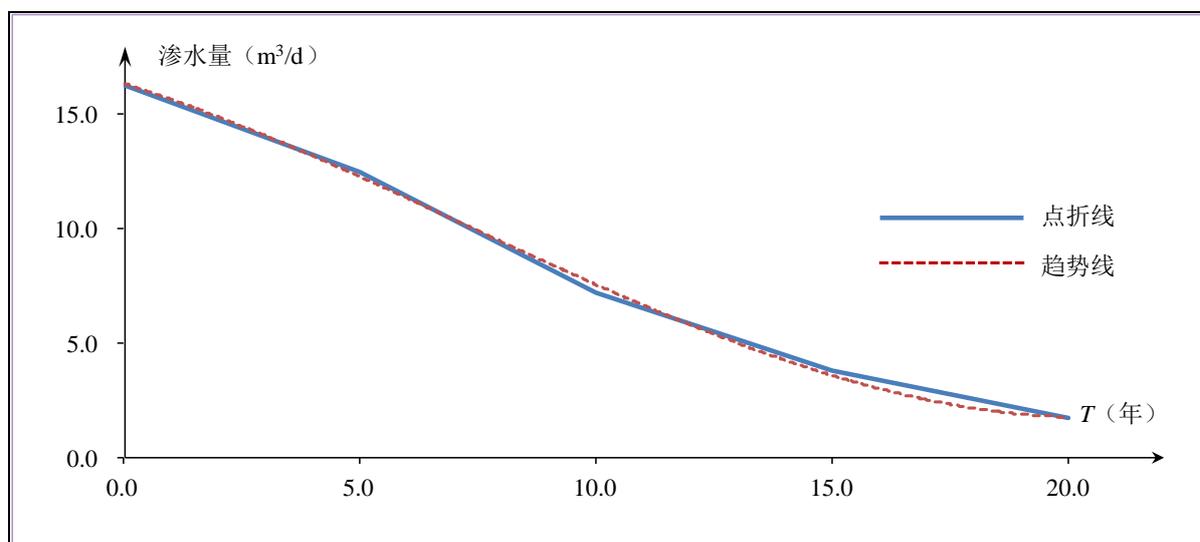


图 6.3-4 渗水量随时间变化曲线

根据以上预测计算结果可以看出，退役治理完成后尾渣库渗水量将大大降低：尾渣库滩面覆盖治理后初期尾渣库渗水量，为退役治理前尾渣库渗水量的 30% 左右。尾渣库退役治理 10a 后，渗水量减少至退役治理初期的 50%，15 年后渗水量减少至初期的约 25%，20 年后减少至初期的 10%。由此可见，尾渣库渗水量逐年减少，直至无水渗出。

2) 尾渣库渗水的持续处理及处理设施的维修整固

为保证退役治理后尾渣库渗水得到妥善处理，实现达标排放，本项目验收后仍需保留尾渣库渗水处理设施运行，直至尾渣库不再有水渗出。

尾渣库渗水处理设施目前处于运行状态，为了提高设施的安全可靠性和耐用性，对渗水处理设施进行维修整固，更换老化设施；并在尾渣库渗水处理设施运行期内对设备进行定期维护，定期更换磨损配件，对设备表面进行除锈、防腐处理，以保障设施正常运行。

3) 渗水处理设施废物收纳池

753 矿退役治理工程完工后，尾渣库渗水处理设施在退役治理工程完成后仍需运行，直至尾渣库渗水稳定达标，经相关部门同意后，才可将其拆除。因此，退役治理过程中在库内新建钢筋混凝土废物收纳池，以收纳尾渣库渗水处理设施运行产生的固体废物以及尾渣库渗水处理设施关停后，拆除产生废物。

考虑到库尾东南角部位的回填污染物厚度最小，该处建池对尾渣库整体结构影响最小；同时该处位于尾渣库滩面的最高部位，又紧临截洪沟，可有效避免了雨水径流对收纳池的影响；此外收纳池位置距道路较近，也方便废物的运输和贮存。因此，废物收纳池布置在尾渣库尾东南角部位。

该收纳池收纳的废物包括：地表水污水车间、浓密机池、浓密机房、槽式排放池、槽式排放池房、尾渣库渗水收集池及应急坝等建构筑物以及渗水处理设施运行产生的废物，废物总体积为 4158m^3 ，收纳池（扣除隔墙后）有效容积为 4610m^3 ，可以满足各类废物的堆存要求。尾渣库渗水处理设施拆除后，将拆除产生的全部废物堆存在池中，并将废物收纳池覆盖、植被，使其所在地与周边自然景观相融合。

4) 方案可行性分析

(1) 该设施最大处理能力 $40\text{m}^3/\text{h}$ ，尾渣库最大渗水量 $500\text{m}^3/\text{d}$ (合 $20.8\text{m}^3/\text{h}$)，处理能力能够满足实际处理量需求；

(2) 该设施采用离子吸附+中和的处理工艺处理尾渣库渗水，由运行期间出水水质实测情况可见， $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 浓度指标能够满足《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020) 表 3 中废水排放口处限值要求，非放射性污染物排放满足《污水综合排放标准》(DB21/1627-2008) 相关限值要求。

(3) 本项目尾渣库渗水处理设施目前处于维持运行状态，通过采取更换老化设备、定期维修维护等措施，可以有效确保设施在退役治理工程实施期间及完工后一定时期内安全稳定运行。

(4) 渗水处理设施废物收纳池用于收纳渗水处理过程中以及尾渣库渗水处理设施拆除产生废物，使这些废物均得到了有效的处置。

综上所述，本项目尾渣库渗水处理设施的治理方案方案是可行的。

6.3.4.3 堆浸渣堆

1) 治理方案

753 矿停产后，在水冶厂堆浸厂房内还遗留有 7 个渣堆未卸堆，占地面积 2380m^2 ，浸出尾渣总重量 7854t ，总体积 5236m^3 。由源项调查结果可知，堆浸渣堆的 ^{222}Rn 析出率均值为 $3.48\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，是管理限值的 4.7 倍。在退役治理工作开展前，需对堆浸渣进行清挖卸堆，运至尾渣库，经拌石灰中和后，集中处置。

2) 治理方案可行性分析

尾渣石灰中和措施是铀矿冶尾渣处置的常规工艺，技术成熟、可靠，另外，堆浸渣运至尾渣库集中处置既符合污染物集中处置原则及相关管理规定要求，又减少了废物在地表堆积面积，堆浸渣堆清挖后，堆浸厂房作为污染建筑物、厂房屋址作为污染工业场地进行退役治理。该方案技术成熟，施工操作简单，在铀矿冶退役治理中被广泛采用，方案可行。

6.3.4.4 井口

本项目共有 4 个井口需进行治理，其中斜井口 1 个，井下开采矿石经由斜井口运至地表；竖井口 3 个，分别为砂石料井、充填料井及回风井。

1) 竖井

(1) 治理方案

竖井封堵治理方案为：在井口按 45° 的坡度要求进行扩帮，保证距离井口 5m 处的扩帮量为 0.5m，然后布置钢轨，铺设钢板，再设置一道钢筋混凝土板，回填 3.5m 厚废石，最后覆土 1m 并植被。治理方案示意图见图 6.3-5。

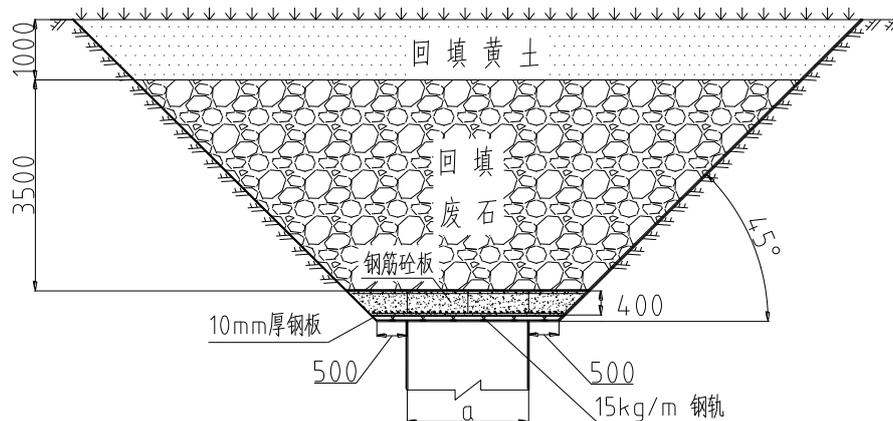


图 6.3-5 竖井治理方案示意图 (单位: mm)

2) 斜井

(1) 治理方案

斜井封堵方案为：在斜井口往里约 15m 处，岩性较稳固处砌筑第一道垂直入底板和两侧 0.2m 深的砼墙，墙厚 0.8m；在硐口附近砌筑第二道 0.8m 厚的砼墙，两墙之间用废石填满，然后覆土掩埋硐口，夯实并种草植树。治理方案示意图见图 6.3-6。

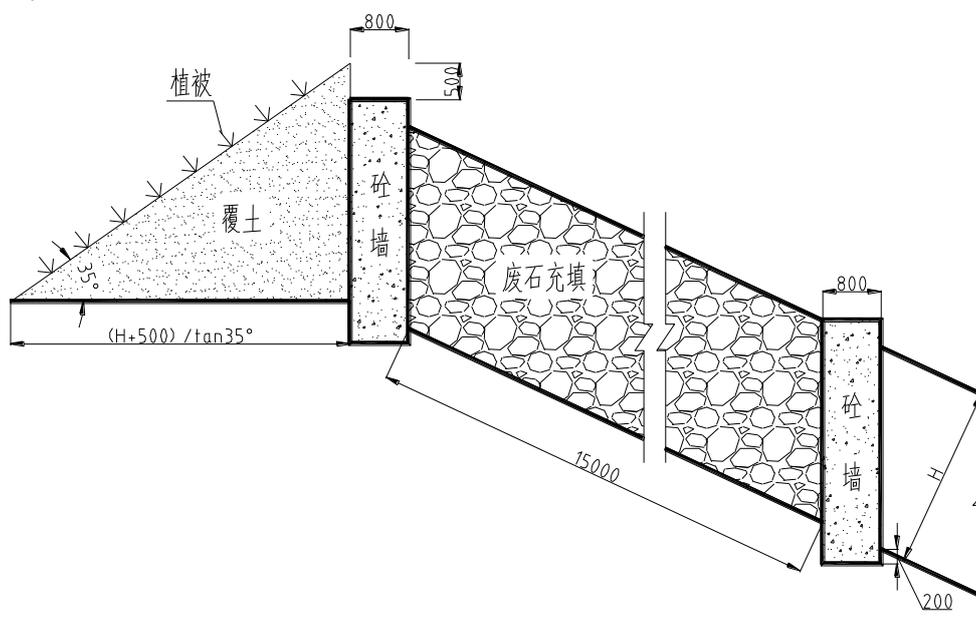


图 6.3-6 斜井治理方案示意图

(2) 治理方案可行性分析

井口采用两道砼墙封堵，中间废石充填，砼墙稳定性好，不易被破坏，且对氡的屏蔽效果好，该方法在铀矿冶退役治理中被广泛采用，施工技术成熟可靠，多年的退役实践证明，该方案可操作性强、长期安全稳定性高，对于防止人为破坏以及杜绝人畜误入、坠落等安全事故的发生，治理效果较明显，治理方案可行。

6.3.4.5 污染工业场地

1) 治理方案

对于井口工区场地、水冶工业场地，拆除工业场地表层的水泥混凝土面层后，彻底清挖废石、废渣及下部污染土，将全部污染物运至尾渣库集中治理；对于回风井工业场地，清挖污染物后就近回填至回风井内。污染工业场地治理共清挖污染物 146875m³，其中 146875m³ 运至尾渣库，324m³ 回填回风井。最后，对清挖后的原址进行场地平整，并种草植树以恢复植被，治理后达到无限制使用深度。具体工程措施如下：

(1) 完善防排洪系统

在进厂道路西侧、清挖后的四道沟沟底，恢复修建混凝土主排洪沟，断面为宽 2.5m、深 2m 的矩形，安全超高为 0.6m，局部设置钢筋砼盖板。排洪沟南部与尾渣库截排洪沟相接，北面与重建的废水排放沟相连。

在清挖后的工业场地最外围，设置截水沟，拦截、引导雨水进入场区中部主排洪沟。截水沟断面为宽 1m、深 1m 的矩形，采用浆砌片石砌筑，安全超高为 0.3m。在清挖后的工业场地周边，设置场地排水沟，断面为宽 0.6m、深 0.8m 的矩形。

(2) 在工业场地个别地段设置挡土墙稳固坡脚，挡土墙设计为 NZQ 型（墙高 3m）。

(3) 清挖后的场地边坡除设置排洪（水）沟外，对于坡高较高、坡面较陡的边坡，采用土工网护坡进行防护。

(4) 根据《土地复垦技术标准》（原国家土地管理局，1995 年），回填厚度需满足植被恢复（草灌型）所需的最小回填厚度 35cm。以此为依据，结合产地地形特点，确定清挖后各场地回填厚度为 35~300cm，达到与周边地

形环境融合协调。

2) 治理方案可行性分析

(1) 本项目 3 处工业场地全部采用清挖、迁移污染物的治理方案，其中井口工区场地和水冶工业场地清挖污染物运至尾渣库集中处置，回风井工业场地清挖污染物就近回填至回风井内，符合污染物集中处置、就近处置、最小化、减量化等处置原则。清挖后的工业场地达到无限制开放使用深度。

(2) 在进厂道路西侧、清挖后的四道沟沟底恢复修建主排洪沟，设计尺寸满足排洪安全要求；局部设置的钢筋砼盖板沟满足排洪沟两侧通行要求；主排洪沟与尾渣库截排洪沟及废水排放沟相连，可确保尾渣库及厂区汇集的雨（洪）水顺畅导入金家沟河。

(3) 清挖后的工业场地周边修建截（排）水沟，可截排山坡雨水，避免场地因雨水冲刷造成水毁。

(4) 清挖后个别地段设置挡土墙、高陡边坡采用土工网进行护坡，可以有效防止水土流失。

(5) 根据清挖后场地实际深度确定覆土厚度，充分考虑了环境协调性因素，有利于区域生态环境恢复。

综合以上分析，本项目污染工业场地治理方案可行。

6.3.4.6 污染地面

1) 治理方案

彻底清挖污染地面的污染物共计 7492m³，将污染物全部运至尾渣库集中治理。由于该处污染地面坡高、坡陡，为防止水土流失，边坡采用土工格室护坡进行防护。然后对原址进行场地平整，种草、植树以恢复植被，治理后达到无限制使用深度。

2) 治理方案可行性分析

清挖治理施工难度低，清挖污染物集中处置减少了污染占地范围，施工过程中边清挖边监测，可确保污染土彻底清除，达到无限制开放使用深度，清理后的场地平整植被，有利于区域生态恢复，因此，治理方案可行。

6.3.4.7 污染道路

1) 治理方案

本项目拟拆除现有路面，通过监测彻底清挖污染道路路面及下部的污染物共计 12431m³，将清挖污染物运往尾渣库集中治理。

由于退役治理后，运矿道路（编号：1_路）将不再作为道路使用，清挖后需覆土植被；而对于进矿道路、运渣路，治理后仍将作为运输道路，长期为矿地共用，退役后尾渣库长期监护或例行检查也会经常使用，因此退役治理后需恢复原有使用功能，设计拟将清挖后的路槽填平压实，并铺筑水泥混凝土路面，水泥混凝土路面面层厚 22cm、水泥稳定粒料基层厚 30cm。

根据现场实际情况，为防止过境道路东侧边坡垮塌，局部路段为稳固坡脚新建挡土墙，挡土墙设计为 NZQ 型（墙高 3m）。并设有路侧排水沟，截排雨水，排水沟断面为宽 1m、深 1m 的矩形断面。排水沟与道路相交处设置钢筋混凝土盖板涵。

2) 治理方案可行性分析

本项目通过边监测边清挖的方式将污染道路污染物彻底清除，对于不再作为道路使用的路段进行覆土植被，有利于区域生态恢复；对于继续使用的路段铺设一定厚度的混凝土路面，防止雨季路面泥泞不便通行；挡土墙的设置可防止边坡垮塌；治理后的道路均能达到无限制开放治理深度。综上，本项目污染道路采用的治理方案可行。

6.3.4.8 废水排放沟及两侧污染土壤

1) 治理方案

清挖拆除废水排放沟及两侧污染土，其中废水排放沟拆除产生污染物 1330m³，清挖污染土体积 966m³；将污染物运至尾渣库进行集中处置。沟原址重新修筑排洪沟，沟体断面为宽 2.50m、深 2.00m 的矩形断面，排洪沟与现有道路相交处设钢筋混凝土盖板涵洞。

2) 治理方案可行性分析

污染物清挖是最直接有效的治理污染的方法，污染排洪沟底部和两侧清挖深度根据其污染程度确定，并且在治理施工过程中要求边施工边监测，清挖直到满足管理限值要求为止；清挖后的排洪沟恢复重建，满足其使用功能；清挖出的污染物运至尾渣库集中处置，符合废物集中处置原则。因此，废水排放沟的治理方案是可行的。

6.3.4.9 污染设备管线及材料

1) 治理方案

753 矿停产后遗留地表的污染设备 149 台（件）、总重量 189.87t，管线 15847.4m、总重量 175.28t，废弃钢材 50t，废弃木材 39.05t。退役治理方案如下：

(1) 无利用价值的非金属设备、管线共计 101.7t，经人工拆除、解体后，运至尾渣库集中处置；废弃木材共计 39.05t，经人工拆除、解体后，运至尾渣库集中处置。

(2) 污染金属设备、管线材料共计 313.45t，拆除解体的同时采用干法擦拭、刮削锤击等物理方法去除表面结合疏松的污染物后，运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心（运距约 1977km）熔炼去污处置。

2) 治理方案可行性分析

对于受污染的设备 and 管线采用分类处理的方式，对于无利用价值的和污染的金属设备管线熔炼去污后，可作为钢材进行再利用；无利用价值的非金属设备管线集中填埋处置，该治理方案最大限度的进行了资源化回收，同时体现了废物最小化的特点，各种受污染的设备及管线均得到了有效处置，并处于可控状态，治理方案是可行的。

6.3.4.10 污染建构物

1) 治理方案

本项目共计拆除污染建构物 106 座，总占地面积 18621.6m²，建筑面积 15614.2m²，拆除量约 44414m³。拆除的建筑垃圾运至尾渣库集中掩埋处置。

2) 方案可行性分析

这些建筑物存在不同程度的污染，由于疏于管理和维修，大部分已破旧不堪、门窗残缺不全，失去利用价值，因此，本项目将污染建筑物全部拆除，拆拆除后的建构物运至尾渣库集中处置，减小了污染区域范围，符合污染物集中处置原则。综上所述，本项目对污染建构物采用的治理方案是可行的。

6.3.5 退役治理终态

本项目实施后，各类超出管理限值的源项均得到了不同程度的处置与处

理，从而使工程所在区域的环境质量得到了明显的改善。退役治理后环境状态如下：

1) 尾渣库 (1 座)：尾渣库在容纳了退役治理过程中清挖的污染物后，以拦渣坝为基础采用上游法堆积筑坝，并增设拦渣坝浆砌石护坡；对尾渣坝坡及滩面铺膜、覆土、植被、护坡；在尾渣库周围新建截洪沟及排水沟；库区新建防护围栏并设置坝体位移沉降观测设施。治理后，尾渣库表面 ^{222}Rn 析出率小于 $0.74\text{Bq}/(\text{m}^2 \text{ s})$ 的管理限值，达到有限制开放使用深度；防洪安全性、坝体稳定性、覆盖层长期稳定性均能得到有效保障。

2) 尾渣库渗水 (最大渗水量 $500\text{m}^3/\text{d}$)：沿用现有尾渣库渗水处理设施并进行维持整固，更换老化设备，并定期维修维护。尾渣库渗水采用离子吸附+中和工艺进行处理，出水中 $\text{pH}6\sim 9$ 、 $U\leq 0.3\text{mg}/\text{L}$ 、 $\text{Ra}< 1.1\text{Bq}/\text{L}$ 、 $\text{Mn}^{2+}< 2\text{mg}/\text{L}$ ，满足《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020) 表 3 中废水排放口处限值要求和《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 表 1、表 4 一级标准要求，排入金家沟河。

3) 堆浸渣堆 (7 个)：堆浸渣进行清挖卸堆，运至尾渣库，经拌石灰中和后，集中处置；堆浸厂房作为污染建筑物进行退役治理，厂房所在区域作为污染工业场地进行退役治理。

4) 污染设备管线或材料：无利用价值的非金属设备、管线、材料经人工拆除、解体后运至尾渣库集中处置，污染金属设备、管线、材料拆除、解体、简单物理去污后运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心熔炼去污处置。污染设备、管线、材料退役治理后均处于可控状态。

5) 污染构筑物：污染构筑物拆除后运至尾渣库集中处置，原址与所处设施源项治理深度相同。

6) 井口 (4 个)：井口均进行有效封堵，防止氦气外逸，保护公众健康与安全，防止人畜坠入而造成意外伤害。

7) 废水排放沟 (230.08m)：清挖拆除废水排放沟及两侧污染土，将污染物运至尾渣库进行集中处置，重建该排水沟用于排放处理达标的尾渣库渗水和库区上游拦截的雨(洪)水。

8) 污染工业场地 (3 处)：对污染工业场地进行彻底清挖，将污染土运

至尾渣库集中处置。清挖后的场地依据地形进行平整、覆土、植被，完善防排洪系统，进行边坡防护，治理后达到无限制开放使用深度。

9) 污染地面 (8324.90m²): 彻底清挖污染地面的污染物，将全部污染物运至尾渣库集中治理。对原址进行场地平整，种草、植树以恢复植被，治理后达到无限制开放使用深度。

10) 污染道路 (7 段, 总长 1522.54m): 运矿道路 (编号: 1 路) 清挖治理后覆土植被; 进矿道路、运渣路退役治理后需恢复原有使用功能, 铺筑水泥混凝土路面, 新建挡土墙、排水沟。所有污染道路治理后达到无限制开放使用深度。

6.4 退役废物管理

6.4.1 废气

6.4.1.1 退役治理前废气排放

本项目退役治理前的气态放射性流出物主要为尾渣库、堆浸渣堆、井口、污染工业场地、污染道路以及污染地面释放的氡气。退役治理前各源项释放氡气, 由源项析出释放后, 经大气稀释扩散。各源项氡释放量计算如下:

1) 尾渣库、堆浸渣堆、污染工业场地、污染地面、污染道路的氡释放量
尾渣库、堆浸渣堆、污染工业场地、污染地面、污染道路的氡释放量采用下式计算:

$$F_{Rn}=S \delta t \cdots \cdots \cdots \text{(式 6.4-1)}$$

式中:

F_{Rn} ——氡释放量, Bq/a;

S ——废石堆或污染场地的裸露面积, m²;

δ ——氡析出率, Bq/(m² s);

t ——氡释放时间, 取 3.1536×10^7 s。

根据式 6.4-1 计算的本次退役治理的尾渣库、堆浸渣堆、污染工业场地、污染地面的氡释放量见表 6.4-1。由下表可以看出, 退役治理前气态源项年氡释放总量为 5.11×10^{12} Bq。

表 6.4-1 尾渣库、堆浸渣堆等气源项氡释放量计算结果

序号	源项名称		裸露面积 S (m^2)	氡析出率 δ ($Bq/m^2 s$)	氡释放量 F_{Rn} Bq/a
1	尾渣库	尾渣堆积区	27263.26	2.95	2.54E+12
2		废石堆积区	18308.34	2.42	1.40E+12
3		库内工业场地	15366.37	1.51	7.32E+11
4	堆浸渣堆		2380	3.48	2.61E+11
5	井口工业场地		23794.11	1.05	7.50 E+11
6	水冶工 业场地*	2 _场 -1~2 _场 -2	14135.49	0.36	1.60 E+11
7		2 _场 -3~2 _场 -6	18992.56	0.36	2.16 E+11
8	回风井工业场地		359.62	0.78	8.85E+09
9	破碎厂房西侧山坡污染 地面		8324.91	0.2	5.25E+09
10	污染 道路	运矿道路(1 _路)	896.4	0.79	2.23E+10
11		运渣道路(2 _路)	7055.63	0.62	1.38E+11
12	合计				5.11E+12

注：水冶工业场地 2_场-1~2_场-2 与 2_场-3~2_场-6 间有道路相隔，为方便后续预测，分为两块统计。

2) 井口氡释放量计算

根据源项调查结果，本次退役治理工程共治理井口 4 个。为方便计算，保守假设坑口内的氡全部由坑外风流带出，不考虑风流回灌入井内的因素；风速选取项目所在区域 2018 年全年平均风速 2.83m/s。

井口氡释放量计算公式为：

$$F_{Rn} = C_{Rn} \nu S t \dots\dots\dots (式 6.4-2)$$

式中：

F_{Rn} ——氡释放量，Bq/a；

C_{Rn} ——井口氡浓度，Bq/m³；

ν ——井口附近的风速，取 1.2m/s；

S ——井口面积，m²；

t ——氡释放时间，取 3.1536×10^7 s。

根据式 6.4-2 计算的井口氡释放量见表 6.4-2。

表 6.4-2 井口氡释放量

序号	名称	坑口面积 m ²	井口氡浓度 Bq/m ³	井口风速 m/s	氡释放量 Bq/a
1	砂石料井	4	1156	2.83	4.13E+11
2	填充料井	4	1247	2.83	4.45E+11
3	回风井	5.76	1450	2.83	7.45E+11
4	生产斜井	7.9	1783	2.83	1.26E+12

6.4.1.2 退役治理过程中废气排放

本项目施工过程中的放射性废气主要为尾渣库、井口、工业场地等不断释放的 ²²²Rn 及子体，其次施工过程中增加了地表的扰动，使空气中放射性粉尘在施工场地附近略有增加。在治理过程中不会产生新的污染源项、扩大污染面积。因此，施工过程中 ²²²Rn 的释放与治理前没有大的变化。

6.4.1.3 退役终态废气排放

根据本次退役治理工程方案，尾渣库采用覆盖、植被与稳定化处置方案，退役治理后达到有限制开放使用深度，其表面氡析出率不高于 0.74 Bq/m² s；污染工业场地、污染地面、堆浸渣堆、污染道路均采取清挖治理方案，达到无限限制开放使用深度，其表面氡析出率与本底水平近似，不再作为退役终态气态源项。

本次退役治理工程，对 4 个井口均采用封堵治理方案，治理后有效控制了井口氡气逸出，井口不再作为退役终态源项。

综上，本项目退役终态气态源项为尾渣库。退役治理完成后尾渣库滩面面积为 54300m²，尾渣库表面氡析出率按 0.74Bq/m² s 考虑。以式 6.4-1 计算，则退役治理完成后尾渣库年氡释放量为 1.27×10¹²Bq。

6.4.2 废液

6.4.2.1 退役治理前及治理过程中废液排放

退役治理前液态源项为尾渣库渗水。渗水经尾渣库下渗水收集池收集后排入尾渣库渗水处理设施处理达标后槽式排放。废水主要包括 U_{天然}、²²⁶Ra 等放射性核素。尾渣库渗水处理工艺见 § 3.2.4 节。

治理前液态放射性流出物参数见表 5.5-2，排水量及水中核素含量保守采用外排废水实测的最大值；根据核素平衡，废水中 ²³⁴U 浓度参照 ²³⁸U 浓度。

^{230}Th 浓度参考《铀矿冶规划环评》中推荐的比例关系见式 6.4-3。

$$C_{230\text{Th}} = C_{226\text{Ra}} / 0.731 \dots \dots \dots \text{ (式 6.4-3)}$$

式中： $C_{230\text{Th}}$ ——水中 ^{230}Th 浓度， Bq/m^3 ；

$C_{226\text{Ra}}$ ——水中 ^{226}Ra 浓度， Bq/m^3 。

退役治理前及治理过程中外排废水中放射性核素含量见表 6.4-3；退役治理过程中非放射性核素浓度见表 5.5-3。

表 6.4-3 退役治理前液态流出物排放参数

源项	水量 (m^3/d)	^{238}U (Bq/m^3)	^{234}U (Bq/m^3)	^{230}Th (Bq/m^3)	^{226}Ra (Bq/m^3)	^{210}Pb (Bq/m^3)	^{210}Po (Bq/m^3)
外排废水	140	283	283	59	43	17	15

6.4.2.2 退役治理终态废液排放

尾渣库退役采取了顶面铺膜覆盖、外围修建截渗墙等工程措施，基本可阻断尾渣库渗水的库外补给来源，大大降低尾渣库渗水量，治理后尾渣库渗水主要来自截渗墙范围内的尾渣及强风化、中风化含水层的孔隙水，随时间变化渗水量将逐年递减。但考虑到退役治理完成后，短时间内尾渣库仍会有渗水排放，故退役对治理后一定时期内产生的尾渣库渗水，仍然利用现有设施进行处理，达标后排放。

尾渣库退役后的运行监护期间，应密切关注渗水量变化情况，根据现场实际监测数据，合理调整尾渣库渗水设施运行时间，确保尾渣库渗水处理达标后排放。

6.4.3 固体废物

退役治理前固体废物包括：尾渣库内尾渣 294998t、堆积于尾渣库的废石 165579.3t、停产后未卸堆的堆浸渣堆 7854t、无利用价值的污染设备管线及材料 455.4t（金属材质 313.45t、非金属材质 102.9t），退役治理过程中产生的固体废物包括：拆除的无利用价值的建构筑物 44414m^3 及拆出的钢筋 402.5t、污染工业场地清挖污染物 147199m^3 、污染地面清挖污染物 7492m^3 、污染道路清挖污染物 12431m^3 。此外，尾渣库渗水处理设施运行期间（5 年）产生废水处理尾渣 2760m^3 。

本项目退役治理过程中将上述固体废物中金属材质的设备、管线、材料

等经简单的人工去污后运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心进行熔炼回收；回风井工业场地清挖产生的污染土回填至回风井，其他固体废物均运至尾渣库，与尾渣库一同退役治理。

退役治理终态，所有的固体废物均得到妥善处置，治理效果明显。

6.4.4 废物最小化和集中处置

1) 废物最小化措施

(1) 矿区内堆浸尾渣、污染工业场地、路面等均在清挖后集中处置，使其原址达到无限制开放使用退役治理深度，大大降低矿区的内氡气排放量，并防止了各源项污染物由于人为或自然原因扩散。

尾渣库在收纳退役治理产生的全部污染物后，对其进行覆盖、植被后大大降低了氡气释放量。

(2) 本项目针对金属设备/管线采用熔炼回收的方案，极大减少废旧设备流失的影响，同时也体现了废旧金属再利用价值，一定程度上减少固体废物产生量。

(3) 对厂区污染排水沟、水塘内的底泥清挖后集中处置，避免由于人为或自然扰动底泥，造成污染物随水扩散、外流。

2) 集中处置措施

753 矿退役治理设施源项分布较为集中，施工运输条件便利，方便污染物运输。库内现堆存废石约 16.56 万 t，尾渣 29.5 万 t，尾渣和废石共占用库容约 25.08 万 m³。在尾渣库征地范围内，总库容约 64 万 m³，尚余库容约 39 万 m³，本项目退役产生的堆浸渣、建筑垃圾、污染设备管线、材料以及清挖污染物等，共计 22.81 万 m³，全部在尾渣库中集中处置，矿区内其他场地全部达到无限制开放使用深度。

此外，为解决尾渣库渗水处理设施运行及拆除后产生废物的处置问题，在邻近尾渣库设置了废物收纳池，用于对以上污染物进行集中处置，避免了尾渣库渗水处理设施相关废物的流散。

本项目退役治理工程遵循了污染范围面积最小化及废物处置集中化原则，治理后的尾渣、清挖污染土及污染建构筑物等污染物全部运至尾渣库堆存，避免了污染物的扩散；治理后尾渣库以外的其他区域，达到了无限制开放使

用治理深度。

6.5 退役治理环境保护措施及其可行性论证

6.5.1 退役治理环境保护措施

1) 尾渣库

尾渣库在容纳了退役治理过程中清挖的污染物后，以拦渣坝为基础采用上游法堆积筑坝，增设拦渣坝浆砌石护坡，尾渣坝坡及滩面进行覆盖，打设砘截渗墙、新建截洪沟及排水沟、新建防护围栏和坝体观测设施。

尾渣库库区范围内堆存废石约 16.56 万 t，尾渣 29.5 万 t，尾渣和废石共占用库容约 25.08 万 m³。在尾渣库征地范围内，总库容约 64 万 m³，尚余库容约 39 万 m³，本项目尾渣库下游的堆浸渣堆、污染工业场地、污染地面、污染道路、废水排放沟、污染建构物等，清挖污染物共计 22.81 万 m³，尾渣库库容可以满足容纳总量要求。

2) 尾渣库渗水

尾渣库退役采取了顶面铺膜覆盖、外围修建截渗墙等工程措施阻断尾渣库渗水的库外补给来源，降低尾渣库渗水量。下游渗水排入尾渣库渗水处理设施进行处理。

该设施采用离子交换吸附+中和工艺，处理能力 40m³/h，尾渣库最大渗水量 500m³/d（合 20.8m³/h），处理能力能够满足实际处理量需求。自 2009 年建成至今尚可正常运行，出水水质满足相关标准限值要求，出水排入金家沟河。经采取更换老化设备、定期维修维护等措施后，能确保设施在退役治理工程实施期间及完工后一定时期内安全稳定运行。

3) 其他设施

(1) 堆浸渣堆：堆浸渣进行清挖卸堆，运至尾渣库，经拌石灰中和后，集中处置。

(2) 污染设备管线及材料：金属材质污染物，经人工拆解、物理去污后运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心熔炼；非金属材质污染物，拆解后运至尾渣库集中处置。

(3) 污染建构物：拆除后的建构物运至尾渣库集中处置。

(4) 井口：封堵。

(5) 废水排放沟：清挖拆除废水排放沟及两侧污染土，将污染物运至尾渣库进行集中处置。

(6) 污染工业场地：井口工区场地、水冶工业场地，拆除工业场地表层的水泥混凝土面层后，彻底清挖废石、废渣及下部污染土，将全部污染物运至尾渣库集中治理；回风井工业场地，清挖污染物后就近回填至回风井内。工业场地外围设置截（排）水沟等。

(7) 污染地面：彻底清挖污染地面的污染物，将全部污染物运至尾渣库集中治理。

(8) 污染道路：彻底清挖污染地面的污染物，将全部污染物运至尾渣库集中治理。继续使用的铺设混凝土恢复使用功能。

以上采取清挖治理的场地均进行覆土植被，并对边坡进行防护。

6.5.2 退役治理环境保护措施可行性论证

6.5.2.1 清挖措施可行性论证

由上述治理措施可见，本项目废水排放沟、污染工业场地、污染地面和污染道路均采用清挖措施进行治疗，通过对比各类设施或环境的标准管理限值和实际监测值，判断各类设施或环境的污染深度，再结合施工特点，分层清挖，经计算，各设施清挖深度 30cm~360cm 不等，治理后土层中 ^{226}Ra 比活度平均值均满足相应管理限值要求，该措施经同类退役治理工程实施验证，成熟可靠，清挖后的场地均达到无限制开放使用深度，措施可行。

6.5.2.2 覆土治理方案可行性论证

本项目尾渣库作为其他污染物的容纳场所，在填埋污染物后需采用处于当地辐射本底水平的土壤进行覆盖，经计算，覆土厚度为 80cm，覆盖后尾渣库表面氡析出率低于《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）管理限值要求，达到有限制开放使用深度，措施可行。

6.5.2.3 治理方案安全稳定性论证

本项目尾渣库地质环境稳定；东西两侧新建截洪沟最小安全超高均大于 0.5m，满足《核工业铀水冶厂尾渣库、尾渣库安全设计规范》（GB50520-2009）规定的四等尾渣库要求；正常工作条件下尾渣库坝坡抗滑稳定最小安全系数

为 1.56，非常工作条件下最小安全系数为 1.38，均满足《核工业铀水冶厂尾矿库、尾渣库安全设计规范》（GB50520-2009）规定的最小安全系数限值要求；堆积坝坡及滩面覆盖层采用复合结构，坝坡铺设浆砌石骨架植草护坡，滩面覆盖层表面进行植草护坡，保证了覆盖层的长期安全稳定。库区新建防护围栏，可有效减少外界侵扰，降低尾渣库退役治理设施受到人为破坏的几率。以上措施可有效保障尾渣库的安全稳定。

清挖的场地根据清挖深度考虑修建排洪沟、设置挡土墙、进行边坡防护等，防止水土流失；清挖后的场地根据使用功能进行覆土植被或恢复使用，对当地生态环境的恢复有一定的补偿作用，措施可行。

6.5.2.4 尾渣库渗水处理措施可行性论证

尾渣库渗水采用离子交换吸附+中和的工艺进行处理，自 2009 年运行至今，出水可稳定达标，经维修整固后，可保证在退役治理工程实施期间及完工后一定时期内安全稳定运行，措施可行。

6.5.2.5 生态保护和恢复效果可达性论证

本项目清挖、覆土后采用本地物种恢复植被，可保证物种存活率，使其快速与周围环境相融合，形成完整的生态系统，同时加强退役设施监护，恢复效果可达。

6.5.2.6 经济合理性分析

753 矿退役治理工程属于军工铀矿地质设施永久终止性善后治理、废物处置和环境整治工程，工程总投资 18819 万元，资金来源全部为军工核设施退役及放射性废物治理专项资金。各部分费用的投资估算均按照国防科工局、财政部相关文件及当地有关费用定额进行核算，依据充分，方法合理，因此治理方案经济合理。

7 退役治理前的环境影响

7.1 退役治理前源项分析

7.1.1 气态源项

退役治理前气态源项特征见表 7.1-1。

表 7.1-1 气态源项特征表

序号	源项名称		编号	排气口流速 m/s	排气口内径 m	排放高度 m	等效直径 m	氡释放量 Bq/a	源项类型
1	尾渣库	尾渣区	—	—	—	—	186.4	2.54E+12	面源
		废石区	—	—	—	—	152.7	1.40E+12	面源
		工业场地	—	—	—	—	139.9	7.32E+11	面源
2	堆浸渣堆		—	—	—	55.1	2.61E+11	面源	
3	井口工业场地		1 场	—	—	—	169.9	7.50E+11	面源
4	水冶工业场地 1		2 场-1 ~2 场-2	—	—	—	134.2	1.60E+11	面源
	水冶工业场地 2		2 场-3~ 2 场-6	—	—	—	155.54	2.16E+11	面源
5	回风井工业场地		3 场	—	—	—	21.4	8.85E+09	面源
6	破碎车间西侧山坡		1 地	—	—	—	103.0	5.25E+10	面源
7	运矿道路		1 路	—	—	—	33.8	2.23E+10	面源
8	运渣道路		2 路	—	—	—	94.8	1.38E+11	面源
9	砂石料井		—	2.83	2.26	0	—	4.13E+11	点源
10	充填料井		—	2.83	2.26	0	—	4.45E+11	点源
11	回风井		—	2.83	2.71	0	—	7.45E+11	点源
12	生产斜井		—	2.83	3.17	0	—	1.26E+12	点源

7.1.2 液态源项

退役治理前液态源项见表 7.1-2。

表 7.1-2 退役治理前液态流出物排放参数

源项	水量 (m ³ /d)	²³⁸ U (Bq/m ³)	²³⁴ U (Bq/m ³)	²³⁰ Th (Bq/m ³)	²²⁶ Ra (Bq/m ³)	²¹⁰ Pb (Bq/m ³)	²¹⁰ Po (Bq/m ³)
尾渣库渗水处理设施排水	140	283	283	59	43	17	15

7.2 预测参数设施

7.2.1 评价方法

本项目退役治理前辐射环境影响评价的基本指标是 753 矿周围居民最大

个人有效剂量和半径 20km 范围内的集体有效剂量。评价方法结合本项目的预测排放源项，采用模式计算，选择放射性核素在环境中迁移和剂量估算模式以及相应的计算参数，利用预测软件完成个人有效剂量及集体有效剂量的估算，并对设施所致最大个人剂量进行分析。

7.2.2 照射途径

本次评价气态途径主要考虑吸入内照射，计算考虑的主要放射性核素为 ^{222}Rn ；液态途径主要考虑 ^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 和 ^{210}Po ，各照射途径对应行为及主要放射性核素详见表 7.2-1。

表 7.2-1 各照射途径对应行为及主要放射性核素

照射途径		主要核素
气态途径	吸入内照射	^{222}Rn
液态途径	食入内照射	^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 和 ^{210}Po
	水中浸没照射	^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 和 ^{210}Po
	岸边活动外照射	^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 和 ^{210}Po
	水上活动外照射	^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 和 ^{210}Po

7.2.3 参数设施

1) 评价中心

为便于退役治理前后环境影响的对比评价，本项目选取退役治理前后都存在且退役治理前氡释放量最大的尾渣库做为评价中心。

2) 评价子区及年龄组划分

本次评价以评价中心 20km 为半径，按照 1km、2km、3km、5km、10km、20km 划分同心圆，再将这些同心圆划分成 22.5° 扇形段，以正北 N 向左右各划分 11.25° 为起始段，共 96 个评价子区。各评价子区的人口数按年龄划分为四个组：婴儿组 ≤1 岁，幼儿组 1~7 岁，少年组 7~17 岁，成人组 >17 岁。

3) 评价年份

本项目退役治理前辐射环境影响评价年份设定为 2019 年。

4) 评价参数及模式

气载辐射环境影响预测采用中核第四研究设计工程有限公司开发的 UAIR-FINE 软件，该软件基于最新大气边界层理论和剂量估算方法创建，内置的大气扩散模型为导则推荐的大气预测模式之一、美国 EPA 开发的法规扩

散模式 AERMOD，剂量计算模式根据 IAEA 和 ICRP 最新剂量模式和参数创建。具体模式与参数详见附录一。

液态辐射环境影响预测采用中核第四研究设计工程有限公司开发的 ULID-FINE 软件，该软件是在原 Y30LID 原理基础上界面化的程序，同时更新了最新的剂量参数。具体模式与参数详见报告书附录二。

7.3 气载途径剂量估算

7.3.1 环境敏感目标辐射环境影响

退役治理前气态源项所致 3km 范围内环境敏感目标核素浓度及公众剂量见表 7.3-1。

由表 7.3-1 可以看出，退役治理前气态源项对评价中心 3km 范围内各居民点中影响最大的是评价中心的 N 方位、0.62km 处金家村，所有源项对金家村空气中氡贡献浓度为 0.893Bq/m^3 ，所致该居民点的最大个人剂量为 $1.91 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ 。

退役治理前各污染源项对金家村剂量的贡献情况见表 7.3-2。由表可知，退役治理前，对金家村敏感目标最大个人剂量贡献最大的源项是堆浸渣堆，其贡献份额为该居民点个人剂量贡献值的 33.19%。

表 7.3-1 退役治理前气态源项所致评价中心 3km 内各居民点剂量及 ^{222}Rn 浓度

序号	名称	方位	距离, km	^{222}Rn 浓度, Bq/m^3	个人剂量, mSv/a
1	金家村	N	0.62	8.93E-01	1.91E-02
2	谢家堡子	NNE	2.67	3.07E-02	6.56E-04
3	四道沟	NNE	2.88	1.80E-02	3.85E-04
4	五间房	NNE	2.94	1.93E-02	4.12E-04
5	六道沟	NE	1.26	1.18E-01	2.53E-03
6	平地	NE	2.08	3.89E-02	8.31E-04
7	林家店 1	NE	2.62	2.72E-02	5.81E-04
8	林家店 2	ENE	2.49	3.05E-02	6.51E-04
9	黄沟	SE	2.00	4.83E-02	1.03E-03
10	西岔	SE	2.12	4.91E-02	1.05E-03
11	丁家堡子	SE	2.63	2.48E-02	5.31E-04
12	大榆台 1	SE	2.92	2.86E-02	6.11E-04
13	大榆台 2	SSE	2.83	3.94E-02	8.43E-04
14	铁匠沟 1	S	1.66	6.37E-02	1.36E-03

序号	名称	方位	距离, km	²²² Rn 浓度, Bq/m ³	个人剂量, mSv/a
15	铁匠沟 2	SSW	1.76	7.77E-02	1.66E-03
16	铁匠沟 3	SSW	2.06	1.15E-02	2.45E-04
17	杨家街 1	W	1.86	4.01E-01	8.58E-03
18	杨家街 2	W	1.95	3.94E-01	8.43E-03
19	杨家街 3	W	2.08	2.15E-01	4.59E-03
20	杨家街 4	W	2.13	4.09E-01	8.75E-03
21	小高岭	W	2.96	1.16E-01	2.48E-03
22	金家堡子	WNW	1.19	7.97E-01	1.70E-02
23	韩家堡子	NNW	0.69	7.03E-01	1.50E-02

表 7.3-2 项目各源项对金家村影响贡献情况

序号	源项名称	贡献值 mSv/a	份额 %	序号	源项名称	贡献值 mSv/a	份额 %
1	砂石料井	3.12E-04	1.63	9	井口工业场地	3.76E-03	19.69
2	充填斜井	3.69E-04	1.93	10	水冶工业场地 1	2.42E-03	12.67
3	回风井	9.38E-04	4.91	11	水冶工业场地 2	4.63E-04	2.42
4	生产斜井	2.52E-03	13.19	12	污染地面	6.67E-05	0.35
5	尾渣库内尾渣	6.44E-04	3.37	13	回风井工业场地	2.58E-04	1.35
6	尾渣库内废石	2.79E-04	1.46	14	运渣道路	5.69E-05	0.30
7	尾渣库内工业场地	1.46E-04	0.76	15	运矿道路	5.05E-04	2.64
8	堆浸渣堆	6.34E-03	33.19	16	进矿道路	1.50E-06	0.01

7.3.2 各子区空气中氡浓度贡献值分布

退役治理前所有源项排放的气载流出物对各子区空气中氡浓度贡献值见表 7.3-3。

表 7.3-3 退役治理前气载流出物对各子区氡浓度贡献值 单位: Bq/m³

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
²²² Rn	N	8.93E-01	4.53E-02	1.11E-02	9.09E-03	2.36E-03	1.36E-03
	NNE	3.60E+00	9.23E-02	3.07E-02	1.36E-02	3.41E-03	1.36E-03
	NE	6.99E-01	1.18E-01	3.89E-02	1.39E-02	5.07E-03	1.37E-03
	ENE	3.19E-01	6.15E-02	3.05E-02	7.72E-03	2.97E-03	6.78E-04
	E	3.90E-01	5.69E-02	2.23E-02	1.60E-02	8.39E-03	2.39E-03
	ESE	2.57E-01	2.46E-02	1.43E-02	9.46E-03	6.06E-03	2.02E-03
	SE	1.44E-01	4.83E-02	4.91E-02	1.58E-02	6.09E-03	2.01E-03
	SSE	7.22E-02	3.89E-02	3.94E-02	8.67E-03	3.61E-03	1.39E-03
	S	4.77E-02	6.37E-02	4.44E-02	9.81E-03	3.95E-03	3.21E-03
	SSW	4.59E-02	7.77E-02	1.15E-02	6.09E-03	2.14E-03	1.60E-03
	SW	4.50E-02	1.32E-02	1.48E-02	2.04E-03	6.11E-03	2.86E-03
	WSW	9.01E-02	3.18E-02	2.94E-02	8.24E-03	6.84E-03	2.30E-03
	W	8.34E-01	4.01E-01	4.09E-01	1.18E-01	5.79E-02	1.52E-02
	WNW	1.64E+00	7.97E-01	1.45E-01	7.94E-02	4.52E-02	1.14E-02
	NW	1.04E+00	1.62E-01	1.14E-02	2.41E-03	2.16E-03	8.58E-04
	NNW	7.03E-01	5.24E-02	3.44E-03	1.96E-03	1.28E-03	5.12E-04

注: 阴影部分为无人子区

从上表可以看到, 在有人子区中, 退役治理前气态放射性流出物所致空气中各核素最大贡献浓度出现在 N 方位、0~1km 处, 该子区地面空气中 ²²²Rn 最大贡献浓度为 0.893Bq/m³。

在无人子区中, 退役治理前气态放射性流出物所致空气中各核素最大贡献浓度出现在 NNE 方位、0~1km 处, 该子区地面空气中 ²²²Rn 最大贡献浓度为 3.60Bq/m³。

7.3.3 各子区公众个人剂量

项目退役治理前气载放射性流出物所致各子区公众个人剂量见表 7.3-4。公众个人剂量等值线分布见图 7.3-1。

表 7.3-4 气载流出物所致各子区最大个人剂量 单位: mSv/a

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	1.91E-02	9.69E-04	2.37E-04	1.94E-04	5.04E-05	2.90E-05
NNE	7.69E-02	1.97E-03	6.56E-04	2.92E-04	7.28E-05	2.91E-05
NE	1.49E-02	2.53E-03	8.31E-04	2.97E-04	1.08E-04	2.93E-05
ENE	6.81E-03	1.31E-03	6.51E-04	1.65E-04	6.34E-05	1.45E-05
E	8.33E-03	1.22E-03	4.76E-04	3.42E-04	1.79E-04	5.11E-05
ESE	5.49E-03	5.25E-04	3.05E-04	2.02E-04	1.29E-04	4.31E-05
SE	3.08E-03	1.03E-03	1.05E-03	3.37E-04	1.30E-04	4.30E-05
SSE	1.54E-03	8.31E-04	8.43E-04	1.85E-04	7.72E-05	2.96E-05
S	1.02E-03	1.36E-03	9.49E-04	2.10E-04	8.45E-05	6.86E-05
SSW	9.82E-04	1.66E-03	2.45E-04	1.30E-04	4.57E-05	3.42E-05
SW	9.62E-04	2.82E-04	3.16E-04	4.36E-05	1.31E-04	6.12E-05
WSW	1.93E-03	6.80E-04	6.28E-04	1.76E-04	1.46E-04	4.91E-05
W	1.78E-02	8.58E-03	8.75E-03	2.51E-03	1.24E-03	3.24E-04
WNW	3.50E-02	1.70E-02	3.10E-03	1.70E-03	9.65E-04	2.44E-04
NW	2.22E-02	3.46E-03	2.44E-04	5.16E-05	4.61E-05	1.83E-05
NNW	1.50E-02	1.12E-03	7.35E-05	4.20E-05	2.74E-05	1.09E-05

注：阴影部分为无人子区

从上表可以看到，退役治理前本项目气态放射性流出物所致有人子区最大个人剂量出现在 N 方位、0~1km 子区内，该子区内最大个人剂量值为 $1.91 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

退役治理前本项目气态放射性流出物所致无人子区最大个人剂量出现在 NNE 方位、0~1km 子区内，该子区内潜在照射最大个人剂量值为 0.0769mSv/a 。

7.3.4 集体剂量

退役治理前气态源项对 20km 评价范围内居民产生的集体剂量见表 7.3-5。

表 7.3-5 退役治理前气态流出物所致 20km 范围内集体有效剂量 单位: 人 Sv/a

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
20km 集体剂量	2.36E-03	5.93E-03	7.72E-03	8.46E-03	3.35E-02	3.94E-02
份额 (%)	5.98	15.05	19.60	21.47	85.06	100

从上表可以看到，退役治理前本项目放射性流出物对评价区域 20km 范

围内居民产生的集体剂量为 3.94×10^{-2} 人·Sv/a。

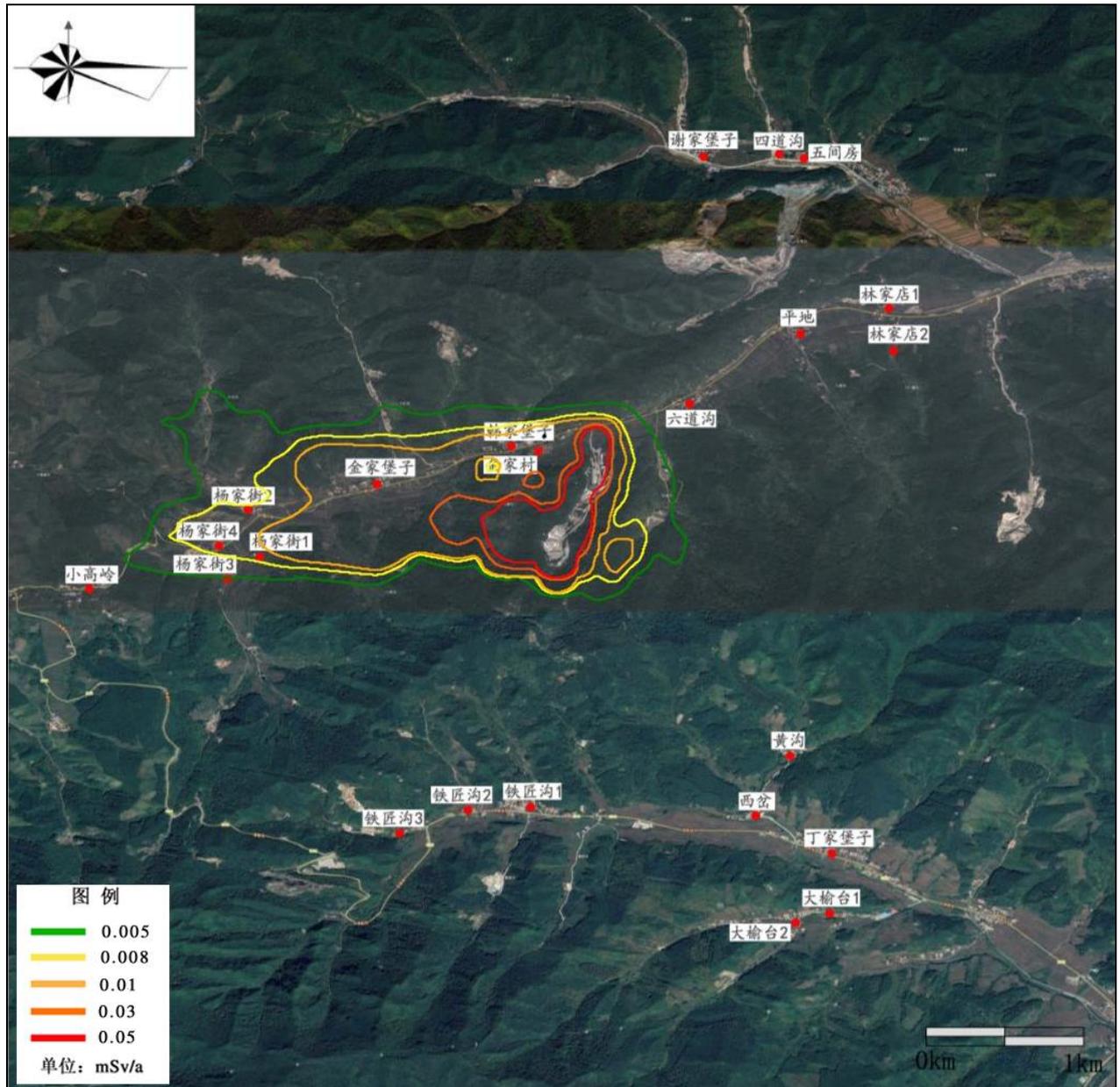


图 7.3-1 退役治理前个人剂量等值线分布

7.4 地表水途径剂量估算

7.4.1 受纳水体中核素浓度

退役治理前液态源项所致容纳水体各河段核素浓度见表 7.4-1。

表 7.4-1 退役治理前各河段核素浓度 单位: Bq/m³

核素 河段, km	²³⁸ U	²³⁴ U	²²⁶ Ra	²³⁰ Th	²¹⁰ Po	²¹⁰ Pb
0~5	9.58E+00	9.58E+00	1.46E+00	2.00E+00	5.07E-01	5.76E-01
6~6	5.75E-02	5.75E-02	8.73E-03	1.20E-02	3.03E-03	3.45E-03
7~27	5.10E-02	5.10E-02	7.75E-03	1.06E-02	2.68E-03	3.06E-03
28~34	4.36E-02	4.36E-02	6.63E-03	9.09E-03	2.24E-03	2.62E-03
35~43	3.49E-02	3.49E-02	5.30E-03	7.28E-03	1.78E-03	2.10E-03

7.4.2 液态途径所致个人剂量

本项目退役治理前液态流出物所致个人剂量见表 7.4-2。

表 7.4-2 退役治理前液态流出物所致各子区个人剂量 单位: mSv/a

方位	年龄组	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	婴儿	—	—	—	—	—	0.00E+00
	幼儿	—	—	—	—	—	1.19E-05
	少年	—	—	—	—	—	1.37E-05
	成年	—	—	—	—	—	7.84E-06
NNE	婴儿	—	—	—	—	—	0.00E+00
	幼儿	—	—	—	—	—	1.75E-05
	少年	—	—	—	—	—	2.01E-05
	成年	—	—	—	—	—	1.15E-05
NE	婴儿	—	0.00E+00	0.00E+00	—	0.00E+00	0.00E+00
	幼儿	—	1.72E-06	1.72E-06	—	1.76E-05	1.75E-05
	少年	—	1.62E-06	1.62E-06	—	2.01E-05	2.01E-05
	成年	—	1.78E-06	1.78E-06	—	1.15E-05	1.15E-05
ENE	婴儿	—	—	—	0.00E+00	0.00E+00	—
	幼儿	—	—	—	1.71E-06	1.01E-03	—
	少年	—	—	—	1.62E-06	1.80E-03	—
	成年	—	—	—	1.78E-06	9.68E-04	—

由上表中可知, 退役治理前液态流出物所致有人子区个人有效剂量最大值出现在 ENE 方位、5~10km 子区(属下马塘镇)的少年组, 其值为 $1.80 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$, 该子区其它年龄组剂量分别为婴儿组 0mSv/a 、幼儿组 $1.01 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 、成人组 $9.68 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ 。

退役治理前液态流出物各照射途径、各核素对最大个人有效剂量的贡献见表 7.4-3。

表 7.4-3 各照射途径、各核素对最大个人有效剂量的贡献 单位:Sv/a

途径 核素	岸边活动	水生生物食入	动物产品食入	合计	份额 (%)
²³⁸ U	9.20E-08	2.28E-05	2.43E-07	2.32E-05	1.3
²³⁴ U	1.25E-07	2.48E-05	2.64E-07	2.52E-05	1.4
²³⁰ Th	1.63E-07	2.04E-04	5.72E-09	2.04E-04	11.3
²²⁶ Ra	2.61E-08	1.68E-04	2.38E-08	1.68E-04	9.3
²¹⁰ Po	3.35E-11	2.29E-04	6.48E-07	2.30E-04	12.8
²¹⁰ Pb	2.45E-08	1.15E-03	5.42E-09	1.15E-03	63.9
合计	4.31E-07	1.80E-03	1.19E-06	1.80E-03	—
份额(%)	0.03	99.90	0.07	100.00	100.00

由上表可知，从照射途径来看，水生生物食入途径对最大个人剂量贡献最大，为 $1.80 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，贡献份额 99.9%。从产生照射的核素来看，²¹⁰Pb 为主要照射剂量核素，所占比例为 63.9%。

7.4.3 集体剂量

退役治理前,液态流出物所致 20km 范围内的集体剂量见表 7.4-4。由表中数据可知，退役治理前液态流出物所致 20km 范围内集体剂量为 3.13×10^{-4} 人 Sv/a。

表 7.4-4 液态流出物所致 20km 范围集体有效剂量 单位: 人 Sv/a

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量	0.00E+00	1.33E-08	2.62E-08	3.97E-08	2.96E-04	3.13E-04
份额 (%)	0.00	0.00	0.01	0.01	94.50	100.00

7.5 剂量汇总与评价

退役治理前气液综合途径所致剂量见表 7.5-1 及表 7.5-2。由表中数据可知，退役治理前主要影响为气载途径，地表水途径造成影响较小。退役治理前 20km 范围内最大个人剂量出现在 N 方位，0~1km 子区，子区公众最大个人剂量值为 0.0191mSv/a ，该子区内居民点位为金家村；评价区域 20km 范围内无人子区潜在最大个人剂量为 0.0769mSv/a ，出现在评价中心 NNE 方位、0~1km 处。气液态途径所致评价区域 20km 范围内居民的集体剂量为 $0.0397 \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。主要由气载放射性流出物所致，关键途径为吸入内照射，关键核素为 ²²²Rn。

表 7.5-1 气液综合途径所致各子区剂量

方位	年龄组	0-1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	婴儿	1.91E-02	9.69E-04	2.37E-04	1.94E-04	5.04E-05	2.90E-05
N	幼儿	1.91E-02	9.69E-04	2.37E-04	1.94E-04	5.04E-05	4.09E-05
N	少年	1.91E-02	9.69E-04	2.37E-04	1.94E-04	5.04E-05	4.27E-05
N	成年	1.91E-02	9.69E-04	2.37E-04	1.94E-04	5.04E-05	3.68E-05
NNE	婴儿	7.69E-02	1.97E-03	6.56E-04	2.92E-04	7.28E-05	2.91E-05
NNE	幼儿	7.69E-02	1.97E-03	6.56E-04	2.92E-04	7.28E-05	4.66E-05
NNE	少年	7.69E-02	1.97E-03	6.56E-04	2.92E-04	7.28E-05	4.92E-05
NNE	成年	7.69E-02	1.97E-03	6.56E-04	2.92E-04	7.28E-05	4.06E-05
NE	婴儿	1.49E-02	2.53E-03	8.31E-04	2.97E-04	1.08E-04	2.93E-05
NE	幼儿	1.49E-02	2.53E-03	8.31E-04	2.97E-04	1.26E-04	4.68E-05
NE	少年	1.49E-02	2.53E-03	8.31E-04	2.97E-04	1.28E-04	4.94E-05
NE	成年	1.49E-02	2.53E-03	8.31E-04	2.97E-04	1.20E-04	4.08E-05
ENE	婴儿	6.81E-03	1.31E-03	6.51E-04	1.65E-04	6.34E-05	1.45E-05
ENE	幼儿	6.81E-03	1.31E-03	6.51E-04	1.67E-04	1.07E-03	1.45E-05
ENE	少年	6.81E-03	1.31E-03	6.51E-04	1.67E-04	1.86E-03	1.45E-05
ENE	成年	6.81E-03	1.31E-03	6.51E-04	1.67E-04	1.03E-03	1.45E-05
E	婴儿	8.33E-03	1.22E-03	4.76E-04	3.42E-04	1.79E-04	5.11E-05
E	幼儿	8.33E-03	1.22E-03	4.76E-04	3.42E-04	1.79E-04	5.11E-05
E	少年	8.33E-03	1.22E-03	4.76E-04	3.42E-04	1.79E-04	5.11E-05
E	成年	8.33E-03	1.22E-03	4.76E-04	3.42E-04	1.79E-04	5.11E-05
ESE	婴儿	5.49E-03	5.25E-04	3.05E-04	2.02E-04	1.29E-04	4.31E-05
ESE	幼儿	5.49E-03	5.25E-04	3.05E-04	2.02E-04	1.29E-04	4.31E-05
ESE	少年	5.49E-03	5.25E-04	3.05E-04	2.02E-04	1.29E-04	4.31E-05
ESE	成年	5.49E-03	5.25E-04	3.05E-04	2.02E-04	1.29E-04	4.31E-05
SE	婴儿	3.08E-03	1.03E-03	1.05E-03	3.37E-04	1.30E-04	4.30E-05
SE	幼儿	3.08E-03	1.03E-03	1.05E-03	3.37E-04	1.30E-04	4.30E-05
SE	少年	3.08E-03	1.03E-03	1.05E-03	3.37E-04	1.30E-04	4.30E-05
SE	成年	3.08E-03	1.03E-03	1.05E-03	3.37E-04	1.30E-04	4.30E-05
SSE	婴儿	1.54E-03	8.31E-04	8.43E-04	1.85E-04	7.72E-05	2.96E-05
SSE	幼儿	1.54E-03	8.31E-04	8.43E-04	1.85E-04	7.72E-05	2.96E-05
SSE	少年	1.54E-03	8.31E-04	8.43E-04	1.85E-04	7.72E-05	2.96E-05
SSE	成年	1.54E-03	8.31E-04	8.43E-04	1.85E-04	7.72E-05	2.96E-05
S	婴儿	1.02E-03	1.36E-03	9.49E-04	2.10E-04	8.45E-05	6.86E-05
S	幼儿	1.02E-03	1.36E-03	9.49E-04	2.10E-04	8.45E-05	6.86E-05
S	少年	1.02E-03	1.36E-03	9.49E-04	2.10E-04	8.45E-05	6.86E-05
S	成年	1.02E-03	1.36E-03	9.49E-04	2.10E-04	8.45E-05	6.86E-05
SSW	婴儿	9.82E-04	1.66E-03	2.45E-04	1.30E-04	4.57E-05	3.42E-05

方位	年龄组	0-1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
SSW	幼儿	9.82E-04	1.66E-03	2.45E-04	1.30E-04	4.57E-05	3.42E-05
SSW	少年	9.82E-04	1.66E-03	2.45E-04	1.30E-04	4.57E-05	3.42E-05
SSW	成年	9.82E-04	1.66E-03	2.45E-04	1.30E-04	4.57E-05	3.42E-05
SW	婴儿	9.62E-04	2.82E-04	3.16E-04	4.36E-05	1.31E-04	6.12E-05
SW	幼儿	9.62E-04	2.82E-04	3.16E-04	4.36E-05	1.31E-04	6.12E-05
SW	少年	9.62E-04	2.82E-04	3.16E-04	4.36E-05	1.31E-04	6.12E-05
SW	成年	9.62E-04	2.82E-04	3.16E-04	4.36E-05	1.31E-04	6.12E-05
WSW	婴儿	1.93E-03	6.80E-04	6.28E-04	1.76E-04	1.46E-04	4.91E-05
WSW	幼儿	1.93E-03	6.80E-04	6.28E-04	1.76E-04	1.46E-04	4.91E-05
WSW	少年	1.93E-03	6.80E-04	6.28E-04	1.76E-04	1.46E-04	4.91E-05
WSW	成年	1.93E-03	6.80E-04	6.28E-04	1.76E-04	1.46E-04	4.91E-05
W	婴儿	1.78E-02	8.58E-03	8.75E-03	2.51E-03	1.24E-03	3.24E-04
W	幼儿	1.78E-02	8.58E-03	8.75E-03	2.51E-03	1.24E-03	3.24E-04
W	少年	1.78E-02	8.58E-03	8.75E-03	2.51E-03	1.24E-03	3.24E-04
W	成年	1.78E-02	8.58E-03	8.75E-03	2.51E-03	1.24E-03	3.24E-04
WNW	婴儿	3.50E-02	1.70E-02	3.10E-03	1.70E-03	9.65E-04	2.44E-04
WNW	幼儿	3.50E-02	1.70E-02	3.10E-03	1.70E-03	9.65E-04	2.44E-04
WNW	少年	3.50E-02	1.70E-02	3.10E-03	1.70E-03	9.65E-04	2.44E-04
WNW	成年	3.50E-02	1.70E-02	3.10E-03	1.70E-03	9.65E-04	2.44E-04
NW	婴儿	2.22E-02	3.46E-03	2.44E-04	5.16E-05	4.61E-05	1.83E-05
NW	幼儿	2.22E-02	3.46E-03	2.44E-04	5.16E-05	4.61E-05	1.83E-05
NW	少年	2.22E-02	3.46E-03	2.44E-04	5.16E-05	4.61E-05	1.83E-05
NW	成年	2.22E-02	3.46E-03	2.44E-04	5.16E-05	4.61E-05	1.83E-05
NNW	婴儿	1.50E-02	1.12E-03	7.35E-05	4.20E-05	2.74E-05	1.09E-05
NNW	幼儿	1.50E-02	1.12E-03	7.35E-05	4.20E-05	2.74E-05	1.09E-05
NNW	少年	1.50E-02	1.12E-03	7.35E-05	4.20E-05	2.74E-05	1.09E-05
NNW	成年	1.50E-02	1.12E-03	7.35E-05	4.20E-05	2.74E-05	1.09E-05

表 7.5-2 气液综合途径所致 20km 范围内集体剂量 单位：人 Sv/a

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量	2.36E-03	5.93E-03	7.72E-03	8.46E-03	3.38E-02	3.97E-02
份额 (%)	5.94	14.93	19.44	21.30	85.10	100.00

7.6 退役治理前的非放射性环境影响分析

753 矿停产后，所有采矿、堆浸工序已经停止，仅有尾渣库渗水处理设施仍在运行。设施运行产生的非放射性污染物主要包括噪声、处理后的尾渣库渗水中 Mn、SO₄²⁻等。

其中，渗水处理设施噪声主要为各种泵类产生，其最大单机噪声不大于

90dB (A)。距离渗水处理设施最近的居民点位金家村，两者之间的距离约为 310m。尾渣库渗水处理设施运行产生的噪声经距离、地形衰减后，对金家村的影响很小。

尾渣库渗水经处理设施处理后排入金家沟河。根据设计资料，处理设施排放量为 $9.44 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ (3 月) $\sim 1.6 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$ (8 月)；1、2 月份由于尾渣库结冰，不排水；年废水排放总量为 15181m^3 。处理后外排水 pH 为 6.55，主要非放射性污染物为 Mn 及 SO_4^{2-} ，其浓度分别为 0.14mg/L 和 295mg/L，满足《污水综合排放标准》(DB21/1627-2008) 要求。

本项目接纳水体金家沟河水量远大于尾渣库渗出处理设施排放量，排放后基本混合均匀，采用零维模型，进行预测。预测模式如下：

$$C = (C_p Q_p + C_h Q_h) / (Q_p + Q_h) \quad (\text{式 7.6-1})$$

式中：

C —污染物浓度，mg/L；

C_p —污染物排放浓度，mg/L；

Q_p —污水排放量， m^3/s ，取最大排放量 1.6×10^{-3} ；

C_h —河流上游污染物浓度，mg/L，见地表水环境质量监测数据；

Q_h —河流流量， m^3/s ，取金家沟河最小流量，0.02。

以式 7.6-1 计算的接纳水体金家沟河下游完全混合段，水中 Mn、 SO_4^{2-} 浓度分别为 0.0104mg/L 和 99.3mg/L，满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 表 2 中相应的限值要求。

8 退役治理实施过程中的环境影响

8.1 退役治理过程中的辐射环境影响分析

本项目施工中的主要工作包括尾渣库摊面的平整、覆盖、植被、砌筑挡墙、护坡、开挖水沟；或废石堆的清挖、运输、回填土；工业场地、污染道路污染土的清挖、运输；污染构筑物的拆除与运输等。

施工过程中的环境危害因素主要是堆浸渣堆、尾渣库、污染工业场地等表面析出的 ^{222}Rn 以及未封堵井口逸出的氡气，经大气扩散至周边环境，造成居民吸入内照射的危害；其次为施工过程中地面的开挖、回填增加了地表的扰动，使空气中放射性粉尘在施工场地附近略有增加。

本项目建设周期为 72 个月，实际施工过程约 52 个月，退役治理实施过程产生的辐射环境影响是暂时的，随着施工结束其影响会慢慢消失。

8.1.1 源项分析

8.1.1.1 气态源项分析

1) 氡的释放

本项目退役治理实施过程中主要氡释放源为尾渣库、堆浸渣堆、工业场地、污染场地以及井口。本项目堆浸渣堆、工业场地、污染场地均采取清挖方案，清挖污染物回填至尾渣库；尾渣库在接收退役治理过程产生的各类污染物后采用覆土植被的方式进行治理；井口采用混凝土墙进行封堵。通过对施工过程的分析可以看出，本项目实施过程中所有施工过程均在 753 矿原有厂区范围内进行，治理过程中不产生新的污染源，不扩大污染面积，随着施工过程的开展，氡释放源的排放强度及氡释放量逐渐降低。

2) 粉尘

堆浸尾渣、污染场地清挖治理，由于人为扰动和自然风的驱使，可能会产生扬尘；在风速较大的情形下，扬尘较容易弥散空气中。因此，要避免在大风天气进行施工，同时保持施工洒水措施来抑制扬尘的产生，可以有效避免扬尘向周边环境扩散，因此退役治理过程对周边公众的辐射影响较退役治理前变化不大。

8.1.1.2 液态源项

施工过程中，不新增放射性废水，因此施工过程中的源项与治理前没有

差别，不增加新的液态放射性源项。

8.1.2 退役治理过程中公众辐射影响分析

在退役治理工程施工开始后，本项目产生的气态源项与治理前变化不大，且不新增液态源项，所以退役治理过程中气态源项和液态源项对公众的影响与退役治理前相比基本处于同一水平。随着施工过程的逐渐进行，各气态源项的到治理，源强逐渐降低，对周边居民的辐射影响也将逐渐降低。

8.1.3 退役治理过程中的辐射防护措施

- 1) 清挖、回填施工现场，应不定时洒水降尘，以减少扬尘污染环境。
- 2) 合理安排施工进度，在风速较大时尽量不要进行尾渣堆、工业场地以及污染土的开挖、倒运工作。
- 3) 施工人员进行尾渣的挖运、污染土挖运等操作时，要注意不要将放射性废物遗漏在原址或洒落在运输沿途，造成污染面积扩大或处置不彻底。
- 4) 清挖、搬运操作结束后，及时对工作场所、运输道路及周围环境进行放射性监测，发现异常及时采取治理措施。
- 5) 合理选择废物运输路线，对施工便道进行不定期的维护，发现路面出现坑洼不平等情况时，及时进行补修，以减少运输过程中的撒漏。
- 6) 运输车辆中配置洒落清扫工具，在运输过程中如发现放射性废物洒落及时由专人对洒落污染物进行清理，对周围路面进行清扫。

8.2 退役治理过程中非放射性环境影响分析

8.2.1 施工期大气环境影响分析

1) 施工期扬尘的产生

尾渣库内施工本项目施工期扬尘是本项目施工期主要的大气污染物。主要产尘环节为各类废物（污染物）、覆盖土在尾渣库内卸车。

根据李爱贞等编著的《环境影响评价实用技术指南》（第二版），自卸汽车的卸料起尘经验公式为：

$$Q = e^{0.61U} \frac{M}{13.5} \quad (\text{式 } 8.2-1)$$

式中：

Q—起尘浓度，g/s；

U—平均风速，m/s，取当地多年平均风速 2.6m/s；

M—工程运输车辆单车装载量，取 10t。

以此计算，单次卸车产生量为 3.62g/次，卸车过程中采取喷洒抑尘的措施后粉尘排放降低 80%，即 0.72g/次。根据本项目废物、覆土量以及尾渣库施工期限计算小时卸车次数约为 10 次；以此计算，卸车扬尘产生量为 2.01mg/s。

2) 施工期扬尘治理措施

为有效降低施工期扬尘的产生，需采取以下措施：

- (1) 在施工场地安排专人定期对施工场地进行洒水，以减少扬尘量；
- (2) 遇有大风天气预报或市政府发布空气质量预警时，应停止土方施工作业；
- (3) 沙、石、土方等散体材料需覆盖；施工场地内装卸、搬运物料应遮盖或洒水；
- (4) 物料运输需采取苫布覆盖等必要的遮盖防尘措施，避免沿途遗洒；
- (5) 建筑垃圾集中、分类堆放，严密遮盖，及时处理、清运干净。
- (6) 提高管理水平，加强现场施工管理。

3) 施工期扬尘环境影响评价

本项目考虑尾渣库内最大作业面积为 1000m²。采用导则推荐的 AERSCREEN 估算模式进行评价等级的确定。计算结果见表 8.2-1。由表可知，本项目 TSP 的 P_{max} 为 5.40%，大于 1%，小于 10%，出现在 28m 处。本项目最大落地浓度出现在 753 矿厂区之内，对外环境影响较小，故本项目大气环境影响评价的工作等级定为三级，评价范围为 5km。

由估算结果可以看出，施工期扬尘排放可以满足《施工及堆料场地扬尘排放标准》(DB21/2642-2016)“表 1 扬尘排放浓度限值”中“郊区及农村地区”1.0mg/m³ 的浓度限值要求。本项目施工期厂界处距离施工场地最近为 620m 处的金家村处的落地浓度为 3.14μg/m³。本项目施工期大气环境影响可以接受。

表 8.2-1 施工场地 5km 范围内 TSP 浓度贡献值

距离(m)	TSP	
	浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	占标率 (%)
10	30.27	3.36
28	48.57	5.40
50	46.26	5.14
100	28.67	3.19
200	13.34	1.48
300	8.07	0.90
500	4.17	0.46
620 (金家村)	3.14	0.35
1000	1.67	0.19
2000	0.65	0.07
3000	0.38	0.04
4000	0.26	0.03
5000	0.19	0.02

8.2.2 施工期水环境影响分析

8.2.2.1 施工期废水的产生

施工期废水污染源主要包括施工废水和施工人员的生活污水。

1) 生产废水

施工期生产废水主要包括设备冲洗废水和水泥养护排水，水中污染物主要为悬浮物、泥沙等，产生量较少。

2) 生活废水

施工期生活废水主要来自于施工工作人员产生的生活杂用水及盥洗用水。废水中主要污染物为 COD、BOD 和氨氮，其含量分别为 250mg/L、150mg/L 和 30mg/L；按照施工人员 50 人进行估算，产生废水约 3t/d。

8.2.2.2 施工期废水的处置

施工期废水主要包括生产废水和生活污水。

1) 生产废水的处理

施工期生产废水主要包括设备冲洗水、水泥养护排水，其污染物主要为颗粒物，成分较简单。在施工场地内设置简易的废水收集池，对生产废水进

行收集、沉淀后，回用于场地喷洒降尘。

2) 生活污水的处理

本项目在退役现场不建设施工营地，施工现场生活用水及废水排放依托矿内现有的设施。

此外，对施工期用水量进行控制，在保证正常生产和生活的情况下，从源头控制废水的产生。经过上述处理后，施工期的各种废水不会对项目周边的地表水环境产生不良影响。

8.2.3 施工期声环境影响分析

8.2.3.1 施工噪声的产生

施工期间噪声的主要来源为施工机械，如破拆设备、挖掘机、推土机等运行噪声，主要噪声源为挖掘机、推土机、破拆设备等，单体设备声源声级不超过 95dB (A)。此外，施工期间尾渣库处理设施持续运行，与此相关的在噪声源为水泵，其单机噪声为 90dB (A)。

8.2.3.2 施工期降噪措施

1) 在施工机械的选择上，选择低噪设备；
2) 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。

3) 加强施工现场管理，如无特殊工艺需要，避免夜间施工。

在采取以上措施后，经过空气的吸收及距离衰减，噪声大大降低。

8.2.3.3 施工噪声影响预测与分析

1) 预测模式

本项目利用杭州三捷环境工程咨询有限公司开发的 BREEZE NOISE 软件进行噪声环境影响预测。该软件以《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2009) 中的噪声预测模式要求编制，适用于噪声领域的各个级别的评价。

2) 预测情景

考虑施工期最大噪声影响情景为厂区内建筑物拆除、地面清挖以及尾渣库废物堆放工序同时进行。此外由于退役治理施工期间，尾渣库渗水处理设

施持续运行，故也作为施工期噪声源之一加以预测。

预测情景声源位置、数量及单价噪声见表 8.2-2。

表 8.2-2 预测噪声源概况

序号	噪声源名称	数量	最大单机噪声级 dB(A)	作业（运行）位置
1	挖掘机	1	90	堆浸厂房附近
2	破拆设备	1	95	
3	推土机	2	90	尾渣库
4	水泵	1	90	尾渣库渗水处理设施

根据 753 矿厂区周边地形特点，考虑矿区周围山体对噪声的阻隔作用。厂区内道路和场地均为坚实地面，在噪声传播过程中起到地面衰减的作用。根据以上内容通过 BREEZE NOISE 软件进行模型构建、噪声源设置和场景设置，进行噪声影响预测和评价。

2) 预测结果分析

施工噪声对退役施工场界处噪声贡献见表 8.2-3。由分析结果可以看出，施工期噪声源在施工场界处的贡献值较低，施工期场界噪声可以满足《建筑施工场界噪声排放标准》（GB12523-2011）的相关标准要求。

表 8.2-3 施工场界噪声贡献值 单位：dB（A）

预测结果	东厂界	南厂界	西厂界	北厂界
贡献值	40.16	38.88	40.60	51.11
执行标准	《建筑施工场界噪声排放标准》（GB12348-2008），昼间 70dB（A）			
达标情况	达标	达标	达标	达标

距离 753 矿退役施工场界最近的居民点为金家村。根据计算，在仅考虑距离衰减的情况下，本项目施工其最大产噪设备对金家村的噪声贡献值为 37.09dB(A)。参照与之相邻的韩家堡子监测数据，该居民点连续两日的昼间噪声监测值分别为 45.8dB（A）和 46.8dB（A），叠加噪声贡献值后，可以满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

施工噪声影响等值线分布情况见图 8.2-1。

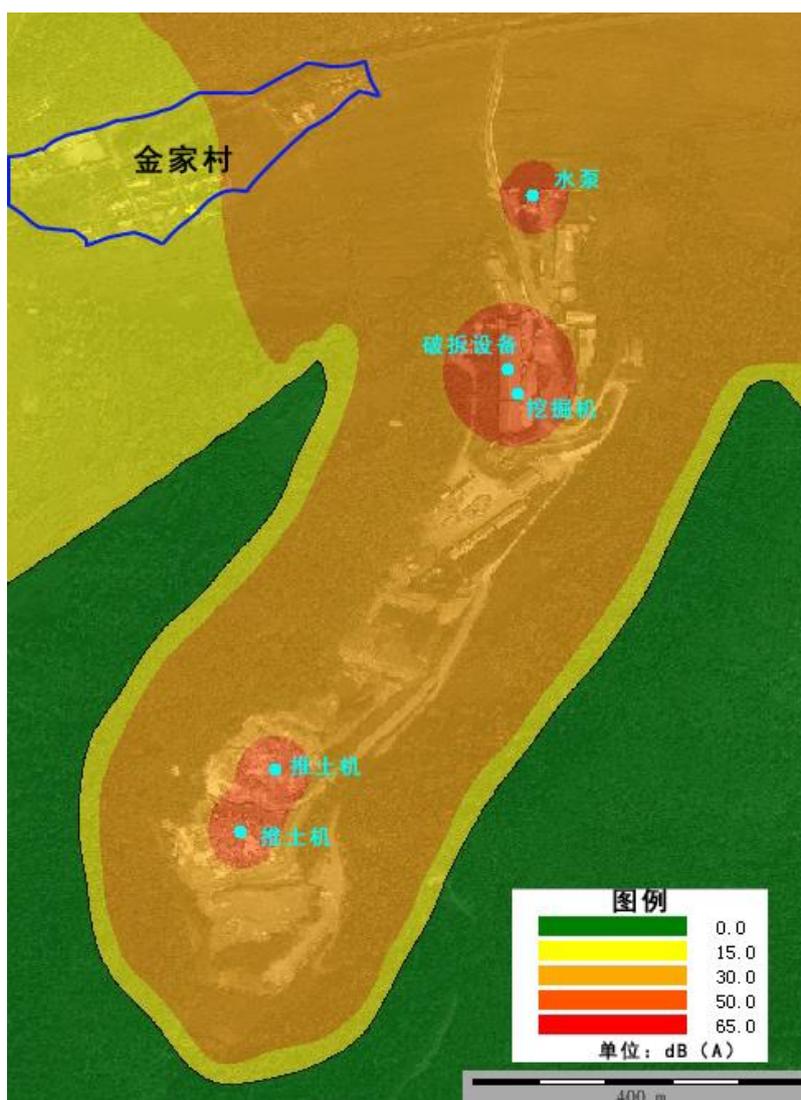


图 8.2-1 施工期噪声影响等声级图

8.2.4 施工期固体废物环境影响分析

8.2.4.1 固体废物的产生

施工期产生的固体废物主要是拆除的建筑垃圾、清挖迁移尾渣及污染土、废旧设备、管材以及表面去污产生的固体废物和少量的生活垃圾等。废物产生量统计如下：

- 1) 建筑垃圾：污染建筑物拆除约产生 44414m^3 的建筑垃圾；
- 2) 清挖堆浸尾渣：清挖尾渣 5236m^3 ；
- 3) 污染工业场地、污染地面及污染道路清挖污染土：污染工业产地共清挖污染物 147199m^3 （其中回风井口污染场地（3 场）清挖污染物 324m^3 ），污染地面共清挖污染土 7492m^3 ，污染道路清挖污染物 12431m^3 ；
- 4) 废水排水沟清挖底泥：废水排水沟拆除产生废物 1330m^3 ，周边污染

土清挖产生污染土 966 m³;

5) 废旧设备及管材: 拆除非金属设备、管线共计 101.7t, 废木材 39.05t, 金属设备、管线 313.45t;

6) 尾渣库渗水处理设施相关污染物: 废水处理渣 2760m³ (按运行 5 年计), 废水处理设施拆除产生建筑垃圾 1180m³;

7) 其他固体废物: 污染物表面去污过程会产生少量的钢丝球、抹布等固体废物; 施工过程中会产生一定量的生活垃圾。

8.2.4.2 固体废物的处置

本次退役施工过程中产生的建筑垃圾、堆浸尾渣、清挖产生的污染物及污染土、非金属设备和管线以及少量的钢丝球、抹布等运至尾渣库进行统一填埋、覆盖处置; 回风井工业场地(3 场)清挖污染物就近回填回风井; 金属设备管线拆除去污后运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心进行熔炼回收金属; 施工过程中产生生活垃圾在施工场地周边设收集点, 定期由环卫部门外运处置。

此外, 在尾渣库库尾东南角建设废物收纳池, 用于处置尾渣库渗水处理尾渣及渗水处理设施拆除产生的废物。尾渣库渗水处理设施拆除后, 将拆除产生的全部废物堆存在池中, 并将废物收纳池覆盖、植被, 使其所在地与周边自然景观相融合。

由以上分析可以看出, 本项目施工过程中产生的各类固体废物均得到了妥善的处置, 不会都周边环境造成明显的影响。

8.2.5 施工期生态影响分析

8.2.5.1 项目周边生态影响分析

项目施工期生态影响主要表现为对土地的占用以及由此造成的植被破坏。本项目施工过程位于 753 矿现有厂区内, 不新增永久占地, 因此不会对厂区及周边生态环境造成影响。

本项目采用清挖覆盖治理的工业场地、污染地面、堆浸渣堆、污染道路以及采取原地覆盖治理的尾渣库在清挖、覆盖完成后均会对原有场地进行植被恢复, 以使其与当地生态环境相融合。本项目各治理区域植被恢复情况见表 8.2-3。由表中数据可以看出, 本项目实施后, 共种草 129228m², 植树 25376

棵。本项目植树种草均选用当地品种，不会造成外来植物的入侵。通过植树种草有效恢复了矿区生态环境，具有较好的生态正效益。

表 8.2-3 项目植被恢复情况

工程名称	植被恢复措施	植被恢复量
尾渣库治理	浆砌石骨架植草护坡	40200m ²
	尾渣库滩面植草	12500m ²
污染工业场地治理*	场地种草	67307m ²
	场地植树	16827 棵
污染地面治理	地面种草	8325m ²
	地面植树	2081 棵
污染道路治理	地面种草	896m ²
	地面植树	224 棵

*注：含堆浸渣堆治理

8.2.5.2 土源地生态影响

本项目土源地为下马塘镇程家村前山堡子山脚处。土源地距离矿区距离约 10km。土源地现状为荒地，种植有少量树木。项目共取土 131920m³，涉及土地面积 65357m²。

项目取土过程中，需避免在暴雨季节进行土方开挖作业，避免水土流失。项目取土结束后，立即对取土场地进行场地平整，并恢复植被；植被恢复采取种植当地草种和树种的方式，共种草 65357m²，植树 16339 棵。通过土源地植被恢复，可以有效避免取土带来的植被破坏，降低取土对土源地的生态的影响。因此，在采取有效的植被恢复措施后，对取土地生态环境影响较小。

8.3 退役治理过程中的环保措施

1) 大气环境保护措施

通过合理选择施工时间、施工场地洒水、物料苫盖等措施有效降低退役治理过程中施工扬尘对周边环境的影响；选择使用工况良好的机械，并加强日常维护及检修，并选择高品质的燃料，以降低机械排放烟和汽车尾气中污染物含量。

2) 水环境保护措施

对退役治理施工过程中产生的施工废水进行收集、回用，并通过控制施

工用水量从源头降低废水产生量。

3) 声环境保护措施

通过选择低噪设备、加强设备检修和维护、避免夜间施工等措施有效降低噪声源强，避免施工噪声对周边环境产生影响；

4) 固体废物处置措施

对施工过程中产生的各类建筑垃圾、废渣、废设备管线等按其性质采取分类处置的措施，确保废物不外流环境。

5) 植被恢复

项目取土结束后，立即对取土场地进行场地平整，并恢复植被；植被恢复采取种植当地草种和树种的方式，有效降低取土对土源地植被的影响。

9 退役治理终态的环境影响

9.1 退役治理后源项分析

9.1.1 气态源项

本项目退役终态气态源项为尾渣库，治理后尾渣库滩面面积 54300m² 尾渣库表面氡析出率按 0.74Bq/m² s 考虑。退役治理终态气态污染物（²²²Rn）排放量为 1.27×10¹²Bq/a。

9.1.2 液态源项

退役治理工程完成后，由于对尾渣库设置了截渗墙并对尾渣库滩面进行了覆盖，截断了尾渣库渗水的库外补给来源，尾渣库渗水产生量将大大降低。预计退役治理 20a 后尾渣库渗水将降至 1.7m³/d。渗水处理设施在尾渣库仍有水渗出的情况下持续运行，以保证处理后的渗水达标排放。

但出于保守考虑，退役治理终态的液态流出物源项其水量按退役治理前水量进行计算，渗水中核素浓度与退役治理前浓度相同。

9.2 退役治理后环境影响评价

9.2.1 评价基本参数

退役治理后的评价中心仍为尾渣库，以此计算周围居民的最大个人有效剂量和半径 20km 范围内的集体有效剂量。

评价方法为与退役治理前的方法一致，结合本项目的预测排放源项，采用 UAIR-FINE 模式进行计算。

退役治理后的评价年份为退役治理施工完成后第一年，即 2025 年。

9.2.2 环境影响途径

退役治理终态环境影响途径与退役治理前相同，参见 § 7.2 节。

9.2.3 气载途径剂量估算

9.2.3.1 环境敏感目标辐射环境影响

退役治理后气态源项所致 3km 范围内环境敏感目标核素浓度及公众剂量见表 9.2-1。

由表 9.2-1 可以看出，退役治理后气态源项（尾渣库）对评价中心 3km 范围内各居民点中影响最大的是评价中心的 WNW 方位、1.19km 处的金家堡子

居民点，源项对该居民点空气中氡贡献浓度为 0.12Bq/m^3 ，所致该居民点的最大个人剂量为 $2.56 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ 。

表 9.2-1 退役终态气态源项对环境敏感目标环境影响

序号	名称	方位	距离, km	^{222}Rn 浓度, Bq/m^3	个人剂量, mSv/a
1	金家村	N	0.62	1.62E-02	3.47E-04
2	谢家堡子	NNE	2.67	4.19E-03	8.96E-05
3	四道沟	NNE	2.88	1.75E-03	3.74E-05
4	五间房	NNE	2.94	2.01E-03	4.30E-05
5	六道沟	NE	1.26	1.27E-02	2.71E-04
6	平地	NE	2.08	3.89E-03	8.31E-05
7	林家店 1	NE	2.62	2.74E-03	5.86E-05
8	林家店 2	ENE	2.49	4.80E-03	1.03E-04
9	黄沟	SE	2.00	8.71E-03	1.86E-04
10	西岔	SE	2.12	5.43E-03	1.16E-04
11	丁家堡子	SE	2.63	2.95E-03	6.31E-05
12	大榆台 1	SE	2.92	2.70E-03	5.77E-05
13	大榆台 2	SSE	2.83	5.75E-03	1.24E-04
14	铁匠沟 1	S	1.66	1.37E-02	2.92E-04
15	铁匠沟 2	SSW	1.76	1.33E-02	2.85E-04
16	铁匠沟 3	SSW	2.06	1.23E-03	2.63E-05
17	杨家街 1	W	1.86	9.54E-02	2.04E-03
18	杨家街 2	W	1.95	5.24E-02	1.12E-03
19	杨家街 3	W	2.08	5.28E-02	1.13E-03
20	杨家街 4	W	2.13	8.96E-02	1.92E-03
21	小高岭	W	2.96	3.12E-02	6.68E-04
22	金家堡子	WNW	1.19	1.20E-01	2.56E-03
23	韩家堡子	NNW	0.69	9.76E-03	2.09E-04

9.2.3.2 各子区空气中氡浓度贡献值

退役治理终态气态源项对各子区空气中氡浓度贡献值见表 9.2-2。由表中数据可以看出，退役治理终态气载流出物对有人子区氡浓度最大贡献值出现在 WNW 方向、1~2km 子区，其贡献值为 0.120Bq/m^3 ；退役治理终态气载流出物对无人子区氡浓度最大贡献值出现在 WNW 方向、0~1km 子区，其贡献值为 0.305Bq/m^3 。

表 9.2-2 退役治理终态气载流出物对各子区氡浓度贡献值 单位: Bq/m³

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
²²² Rn	N	1.62E-02	5.22E-03	1.60E-03	1.20E-03	3.24E-04	1.66E-04
	NNE	4.57E-02	8.21E-03	4.19E-03	1.58E-03	4.68E-04	1.74E-04
	NE	4.92E-02	1.27E-02	3.89E-03	1.72E-03	6.70E-04	2.14E-04
	ENE	4.44E-02	6.93E-03	4.80E-03	9.90E-04	3.68E-04	9.60E-05
	E	7.26E-02	1.05E-02	3.95E-03	2.66E-03	1.24E-03	3.40E-04
	ESE	5.40E-02	4.48E-03	2.38E-03	1.45E-03	8.04E-04	2.68E-04
	SE	2.99E-02	8.71E-03	5.43E-03	2.15E-03	8.66E-04	2.74E-04
	SSE	1.46E-02	7.90E-03	5.75E-03	1.33E-03	4.40E-04	1.66E-04
	S	9.23E-03	1.37E-02	8.81E-03	1.84E-03	5.74E-04	4.96E-04
	SSW	8.78E-03	1.33E-02	1.23E-03	1.11E-03	3.40E-04	2.64E-04
	SW	8.21E-03	2.21E-03	2.92E-03	2.86E-04	1.02E-03	4.42E-04
	WSW	1.86E-02	4.06E-03	4.24E-03	9.50E-04	9.46E-04	2.78E-04
	W	2.01E-01	9.54E-02	8.96E-02	2.11E-02	9.69E-03	2.37E-03
	WNW	3.05E-01	1.20E-01	2.49E-02	1.16E-02	6.90E-03	1.62E-03
	NW	8.16E-02	6.27E-03	8.96E-04	3.28E-04	2.50E-04	1.32E-04
NNW	9.76E-03	1.96E-03	4.42E-04	2.76E-04	1.08E-04	3.80E-05	

注：阴影部分为无人子区

9.2.3.3 各子区公众个人剂量

项目退役治理终态气载放射性流出物所致各子区公众个人剂量见表 9.2-3。退役治理终态公众个人剂量等值线分布见图 9.2-1。

从表中数据可以看出，退役治理终态气态放射性流出物所致有人子区最大个人剂量出现在 WNW 方位、1~2km 子区内，该子区内最大个人剂量值为 $2.65 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。

退役治理终态气态放射性流出物所致无人子区最大个人剂量出现在 WNW 方位、0~1km 子区内，该子区内潜在照射最大个人剂量值为 $6.53 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。

表 9.2-3 退役治理终态气载流出物所致各子区最大个人剂量 单位: mSv/a

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	3.47E-04	1.12E-04	3.42E-05	2.56E-05	6.93E-06	3.55E-06
NNE	9.76E-04	1.75E-04	8.96E-05	3.39E-05	1.00E-05	3.72E-06
NE	1.05E-03	2.71E-04	8.31E-05	3.68E-05	1.43E-05	4.57E-06
ENE	9.48E-04	1.48E-04	1.03E-04	2.12E-05	7.87E-06	2.05E-06
E	1.55E-03	2.25E-04	8.45E-05	5.69E-05	2.65E-05	7.27E-06
ESE	1.16E-03	9.58E-05	5.08E-05	3.09E-05	1.72E-05	5.73E-06
SE	6.39E-04	1.86E-04	1.16E-04	4.59E-05	1.85E-05	5.86E-06
SSE	3.12E-04	1.69E-04	1.24E-04	2.84E-05	9.40E-06	3.55E-06
S	1.97E-04	2.92E-04	1.88E-04	3.94E-05	1.23E-05	1.06E-05
SSW	1.88E-04	2.85E-04	2.63E-05	2.37E-05	7.27E-06	5.64E-06
SW	1.75E-04	4.72E-05	6.23E-05	6.11E-06	2.18E-05	9.45E-06
WSW	3.97E-04	8.69E-05	9.06E-05	2.03E-05	2.02E-05	5.94E-06
W	4.30E-03	1.12E-03	6.68E-04	4.50E-04	2.07E-04	5.07E-05
WNW	6.53E-03	2.56E-03	5.33E-04	2.47E-04	1.48E-04	3.47E-05
NW	1.74E-03	1.34E-04	1.92E-05	7.01E-06	5.34E-06	2.82E-06
NNW	2.09E-04	4.19E-05	9.45E-06	5.90E-06	2.31E-06	8.12E-07

9.2.3.4 集体剂量

退役治理终态气态流出物所致 20km 范围内的集体剂量见表 9.2-4。由表中数据可知, 退役治理完成后气态流出物所致 20km 范围内集体剂量为 5.67×10^{-3} 人 Sv/a。

表 9.2-4 气态流出物所致 20km 范围集体有效剂量 人 Sv/a

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量	3.69E-05	5.52E-04	7.09E-04	8.30E-04	4.85E-03	5.67E-03
份额 (%)	0.65	9.75	12.51	14.56	85.54	100

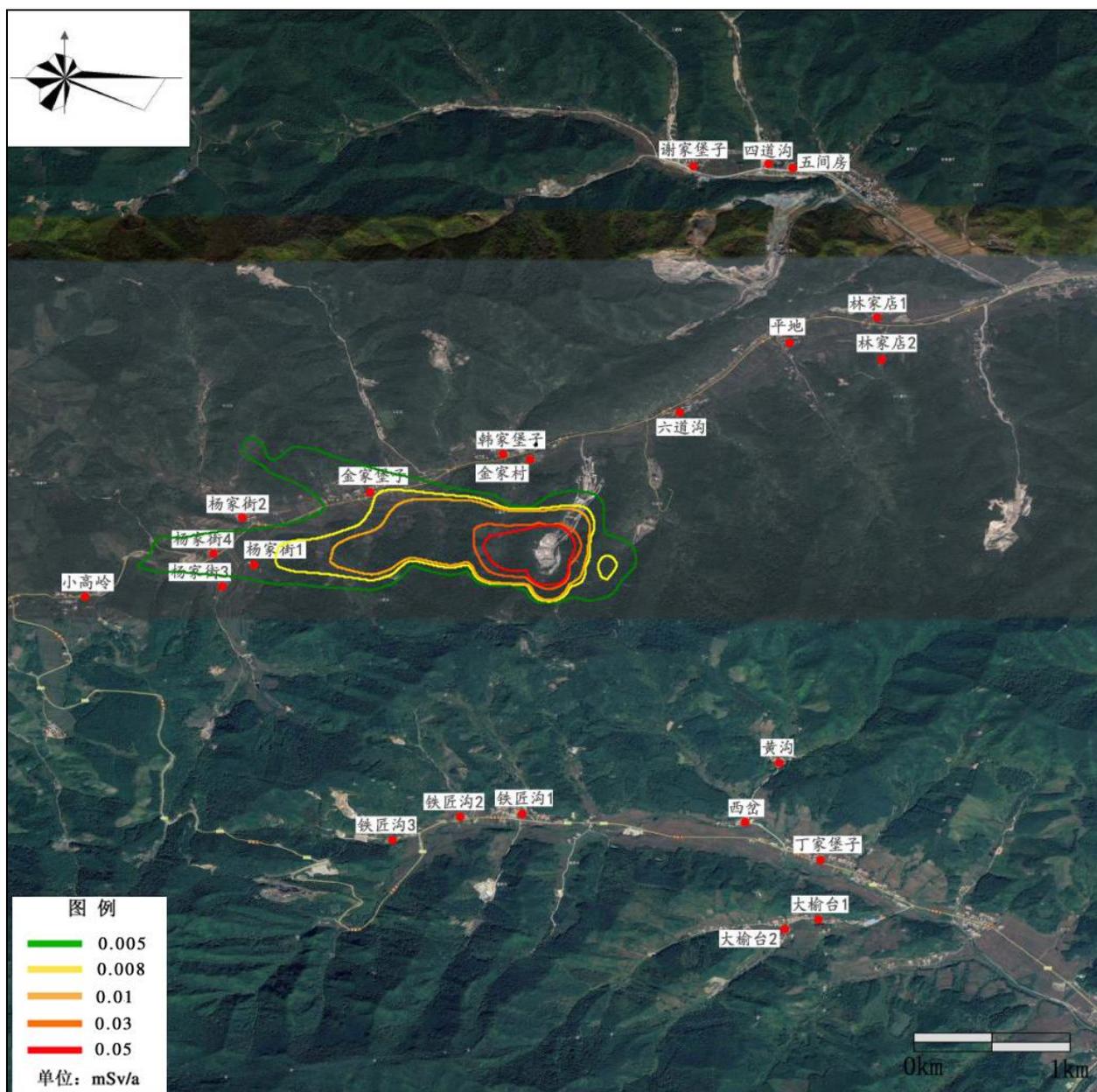


图 9.2-1 退役治理终态剂量等值线图

9.2.4 地表水途径剂量估算

9.2.4.1 子区剂量估算

本次退役将暂时保留废水处理设施，为保守考虑，不考了尾渣库治理措施对渗水量的降低，退役治理后液态源项假设与退役治理前一致，故不再对液态途径造成的环境影响进行另行预测。结果详见表 7.4-1~表 7.4-4。

9.2.5 地下水途径剂量估算

9.2.5.1 地下水影响途径分析

根据 753 矿退役治理方案，本工程各污染源项设施均进行了有效地退役

治理，退役治理后可能涉及到对地下水环境影响的源项设施为尾渣库。

本项目尾渣库采取了防渗+截渗墙方案对尾渣库内废物进行了全面包裹。首先，在坡面及滩面上覆土 0.8m，覆土上铺设一层复合土工膜（两布一膜，布 200g/m²，膜厚 1.5mm），膜上铺设 0.3m 厚砂卵石排水层+0.5m 覆土植被层，形成天然顶部屏蔽层，以有效阻隔大气降水垂直入渗对尾渣库内污染物的淋滤。其次，尾渣库滩面经覆盖治理后，沿新建截洪沟基础沿线打设一圈封闭的 C30 塑性混凝土截渗墙，截渗墙总长约 1160m，墙体宽 0.6m，墙体平均打设深度约 25.7m，墙体基础伸入微风化基岩以下 2m，有效阻隔降雨径流从尾渣库周围山体裂隙水平渗入库内。

综上所述，在正常工况下，采取上述措施后，对尾渣库内废物进行了全面包裹，充分的阻挡了滩面降水、库外山坡雨水及库外地下水对尾渣库内废物的冲刷和淋滤，有效地避免了废渣渗滤进入地下水系统的风险。因此，正常工况下尾渣库基本不会对周围地下水环境造成影响。

本次地下水环境预测，假设尾渣库顶部防渗结构及封闭截渗墙损坏的事故工况下，造成尾渣库内尾渣淋滤，渗滤液渗入下部潜水含水层，预测其对周边地下水产生的影响。

9.2.5.2 水文地质概念模型

1) 模型范围

结合尾渣库水文地质条件与退役后地下水环境保护目标，确定本次模拟的对象为第四系松散岩类孔隙潜水和基岩风化裂隙潜水。依据尾渣库水文地质条件、地下水流动特征，考虑退役后对地下水环境影响范围及影响程度，同时能满足环境影响预测和分析的要求，本次评价范围东侧边界、西侧边界及南侧边界以分水岭为界，北侧边界以金家沟河为界（图 9.2-2），总面积为 0.82km²。

2) 边界条件概化

(1) 侧向边界

A₁ 边界：模拟区北侧边界为金家沟河，概化为定水头边界。

A₂ 边界：模拟区东北侧边界、西北侧边界概化为通用水头边界。

A₃ 边界：模拟区东南侧边界、西南侧边界及南侧边界为分水岭，概化为第二类零流量边界。

(2) 垂向边界

下边界：以完整基岩作为潜水的稳定隔水层，结构完整、透水性差，概化为隔水底板。

上边界：概化为潜水面边界。

3) 含水层结构概化

根据前述的水文地质条件和本次评价的目的含水层情况，本次评价目标含水层为第四系松散岩类孔隙潜水含水层和基岩风化裂隙潜水含水层。根据各地层岩性、抽水试验、注水试验及渗水试验等结果，将模型概化为一个潜水含水层，下伏完整基岩稳定隔水层，区内渗透介质可概化为多孔介质，为均质轴向各向异性介质。



图 9.2-2 尾渣库评价区概念模型图

9.2.5.3 水流数学模型

1) 地下水水流模型

(1) 水流控制方程

地下水运动基本微分方程：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - \omega = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (\text{式 9.2-1})$$

式中，

K_{xx} —— x 方向的渗透系数，m/s；

K_{yy} —— y 方向的渗透系数，m/s；

K_{zz} —— z 方向的渗透系数，m/s；

h ——水头，m；

ω ——源汇项，单位体积含水层在单位时间流出或流入地下水的体积， m^3/s ；

S_s ——储水系数，含水层地下水水头降低一个单位，由于含水层垂向压缩和地下水的弹性膨胀从单位体积含水层释放（或储存）的水的体积。

（2）边界条件

① 第一类边界条件

已知水头边界条件，在边界的所有点上水头是给定的，对于三维情况有：

$$H(x, y, z) = H_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in s \quad (\text{式 9.2-2})$$

$$H(x, y, z, t) = H_0(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in s \quad (\text{式 9.2-3})$$

式中：

s ——三维区域的边界曲面。

含水层与河流、湖泊或者海洋之间直接接触的边界，当有充分补给来源时，可能满足第一类边界条件，第一类边界条件也称 Dirichlet 条件。

② 第二类边界条件

已知通量的边界条件，即垂直于边界面的流量是给定的。表示为：

$$q_n = q \cdot n = -q_b(x, y, z) \quad (x, y, z) \in s \quad (\text{式 9.2-4})$$

$$\text{或 } q_n = q \cdot n = -q_b(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in s \quad (\text{式 9.2-5})$$

式中：

q ——边界面上沿法线方向的单位面积流入量；

n ——边界外法线的单位矢量。

第二类边界条件也称 Neumann 边界条件。在求解实际地下水问题时，经常遇到一部分边界满足 Dirichlet 条件，另一部分满足 Neumann 条件，成为混合边界问题。

③ 第三类边界条件

已知边界水头和水头的法向导数的组合，即：

$$\frac{\partial h}{\partial n} + \lambda(x, y, z)h = f(x, y, z) \quad (x, y, z) \in s \quad (\text{式 9.2-6})$$

式中：

λ ——交换系数；

f ——已知函数；

第三类边界条件成为 Cauchy 条件。

2) 污染物运移方程

本次评价中对于污染物的运移主要考虑对流、离散等机制。

(1) 运移方程

污染物在三维地下水水流系统中的运移方程如下：

$$\frac{\partial(\theta C^k)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\theta D_{ij} \frac{\partial C^k}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C^k) + q_s C_s^k + \sum R_n \quad (\text{式 9.2-7})$$

式中：

θ ——地下介质的孔隙度，无量纲；

C^k ——核素 k 的溶解浓度，g/m³；

t ——时间，s；

x_i 、 x_j ——分别为沿坐标轴 x 轴和 y 轴的距离，m；

D_{ij} ——水动力弥散系数张量，m²/s；

v_i ——渗流或线性孔隙水流速度，与单位流量或达西流量 q_i 有关， $v_i = q_i / \theta$ ，m/s；

q_s ——单位体积分含水层源和汇的体积流量；

C_s^k ——源汇流中物质 k 的浓度，g/m³；

$\sum R_n$ ——化学反应项，g/m。

其中：

$$\sum R_n = -\rho_b \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} - \lambda_1 \theta C^k - \lambda_2 \rho_b \bar{C}^k \quad (\text{9-8})$$

式中： ρ_b ——地下介质的体积密度；

\bar{C}^k ——地下固相吸附物质 k 的浓度；

λ_1 ——溶解项的第一反应速率；

λ_2 ——吸附项（固）的第一反应速率。

(2) 弥散

对于均质有孔介质，根据 Bear 对水动力弥散系数张量 D_{ij} 的定义，其各分量形式如下：

$$D_{xx} = \alpha_L \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_y^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_z^2}{|v|} + D^* \quad (\text{式 9.2-9})$$

$$D_{yy} = \alpha_L \frac{v_y^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_z^2}{|v|} + D^* \quad (\text{式 9.2-10})$$

$$D_{zz} = \alpha_L \frac{v_z^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_y^2}{|v|} + D^* \quad (\text{式 9.2-11})$$

$$D_{xy} = D_{yx} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_x v_y}{|v|} \quad (\text{式 9.2-12})$$

$$D_{xz} = D_{zx} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_x v_z}{|v|} \quad (\text{式 9.2-13})$$

$$D_{yz} = D_{zy} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_y v_z}{|v|} \quad (\text{式 9.2-14})$$

式中： D_{xx} 、 D_{yy} 、 D_{zz} ——弥散系数张量的主分量， m^2/s ；

D_{xy} 、 D_{xz} 、 D_{yx} 、 D_{yz} 、 D_{zx} 、 D_{zy} ——弥散系数张量的交叉项， m^2/s ；

α_L ——纵向弥散度， m ；

α_T ——横向弥散度， m ；

D^* ——有效分子扩散系数， m^2/s ；

v_x 、 v_y 、 v_z ——流速矢量 x、y、z 轴的分量， m/s ；

$|v|$ ——流速矢量的绝对值， m/s ； $|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ 。

9.2.5.4 水流数值模型

在概念模型和数学模型的基础上，运用地下水模拟软件 GMS 建立地下水流数值模型，开展地下水水位及溶质运移预测。

1) 模拟软件介绍

本次模拟需要对地下水流场及溶质运移进行模拟，基于以上目的，选取适用的数值模拟软件 GMS，主要应用 GMS 中的 MODFLOW 模块建立地下水

流场预测，应用 MT3DMS 模块进行溶质运移预测。GMS 各模块主要功能见表 9.2-5。

表 9.2-5 GMS 各模块功能一览表

序号	模块名称	模块功能
1	MODFLOW	美国地质调查局于 20 世纪 80 年代开发出的一套专门用于孔隙介质中地下水流动的三维有限差分数值模拟软件，是世界上使用最广泛的三维地下水水流模型，它是一种应用基于网络的有限差分方法来描述地下水流动规律的计算机程序。通过把研究区在区间和时间上的离散，建立研究区每个网络的水均衡方程式，所有网络方程连接成为一组大型的线性方程组，迭代求解方程组可以得到每个网络的水头值。MODFLOW 可以模拟水井、河流、潜流、排泄、湖泊、蒸散和人工补给对非均质和复杂边界条件的水流系统的影响。
2	MT3D	模拟地下水中单项溶解组分对流、弥散、源/汇和化学反应的三维溶质运移模型，能够有效处理各种边界条件和外部源汇项。化学反应主要是一些比较简单的单组分反应，包括平衡和非平衡状态的线性和非线性吸附作用、一阶不可逆反应（如放射性衰变）和可逆的动态反应等。模拟计算时，MT3D 需和 MODFLOW 一起使用。
3	MODPATH	是确定给定时间内稳定或非稳定流中质点运移路径的三维质点示踪模型。和 MODFLOW 一起使用，根据 MODFLOW 计算的流场，在指定各质点的位置后，MODPATH 可进行正向示踪和反向示踪，计算三维水流路径，从而成为水井截获区和井位警戒研究的理想工具。
4	MAP	是快速建立概念模型及相应数值模型的工具。即以 TIFF、JPEG、DXF 等栅格图文件作为底图，在图上确定点、线、多边形的空间位置，直接分配边界条件及参数。点位置用于确定井的抽水数据或污染源点源；线可以确定河流、排泄等模型边界；多边形可以确定面数据，如湖、不同补给区或水力传导系数区。通过 MAP 建立概念模型后，GMS 可自动建立模拟网络，并将参数分配到相应的网络，从而实现对概念模型编辑、运行的目的。
5	Grid	用来建立三维计算网络，其中 3D Grid 模块的使用范围最为广泛，MODFLOW、RT3D、MODPATH 和 UTCHEM 等计算模块都要用到。
6	Scatter Points	是为模型插入散点的模块，可以根据需要将二维或三维散点转入 Mesh 和 Grid 中。

2) 模拟区剖分

本次预测将模拟区域离散成正交网格，为了更加精确的刻画核素在尾渣库附近的运移情况，在网格剖分的过程中对尾渣库区域进行了加密，加密网格的大小为 5×5m，外围非加密网格的大小为 10×10m。本模型一共剖分 25500 个网格。网格剖分情况见图 9.2-2。

3) 顶底板高程

模拟中的地面标高采用数字高程模型来表示，对模拟范围内数字化电子

地形图进行处理，经过高程点提取、异常点剔除后获得模拟区原始高程数据（地面标高等值线见图 9.2-3）。根据勘查施工的有关井孔资料，潜水含水层约为 30m，因此将目标潜水含水层模拟为 30m 等厚含水层。



图 9.2-3 模型网格剖分图

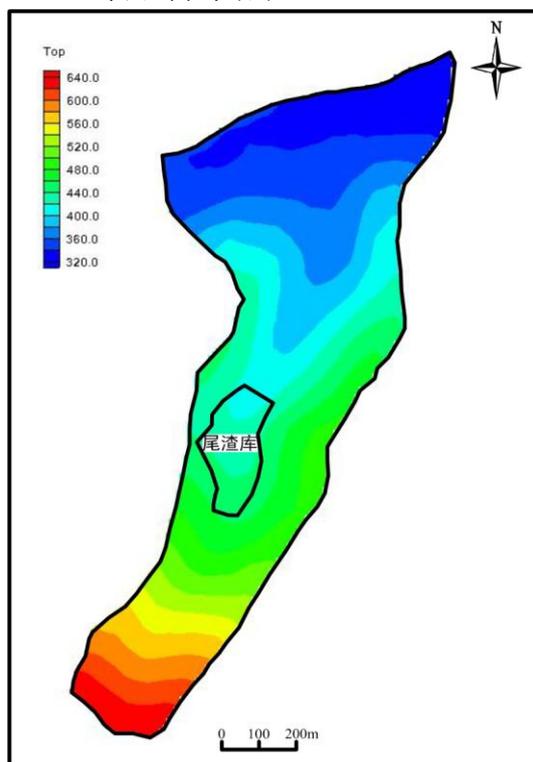


图 9.2-4 地面标高等值线图

4) 参数选取

本次模拟预测的水文地质参数主要来自《本溪铀矿尾渣库退役治理工程水文地质勘察报告》等相关勘查资料。同时参阅有关文献，部分参数选取了保守的经验值。

(1) 水文地质参数

本次模拟选取的水文地质参数见表 9.2-6。

表 9.2-6 水文地质参数一览表

序号	参数名称及单位		数值
1	渗透系数, m/d	①第四系含砂黏土	0.243
		②基岩	0.0217
2	孔隙度, %		20
3	容重		1.79
4	年平均降雨量(mm/a)		767.5
5	降雨入渗系数		0.18
6	纵向弥散度, m		20
7	横向弥散度, m		2.0

模型的渗透系数分区见图 9.2-5。

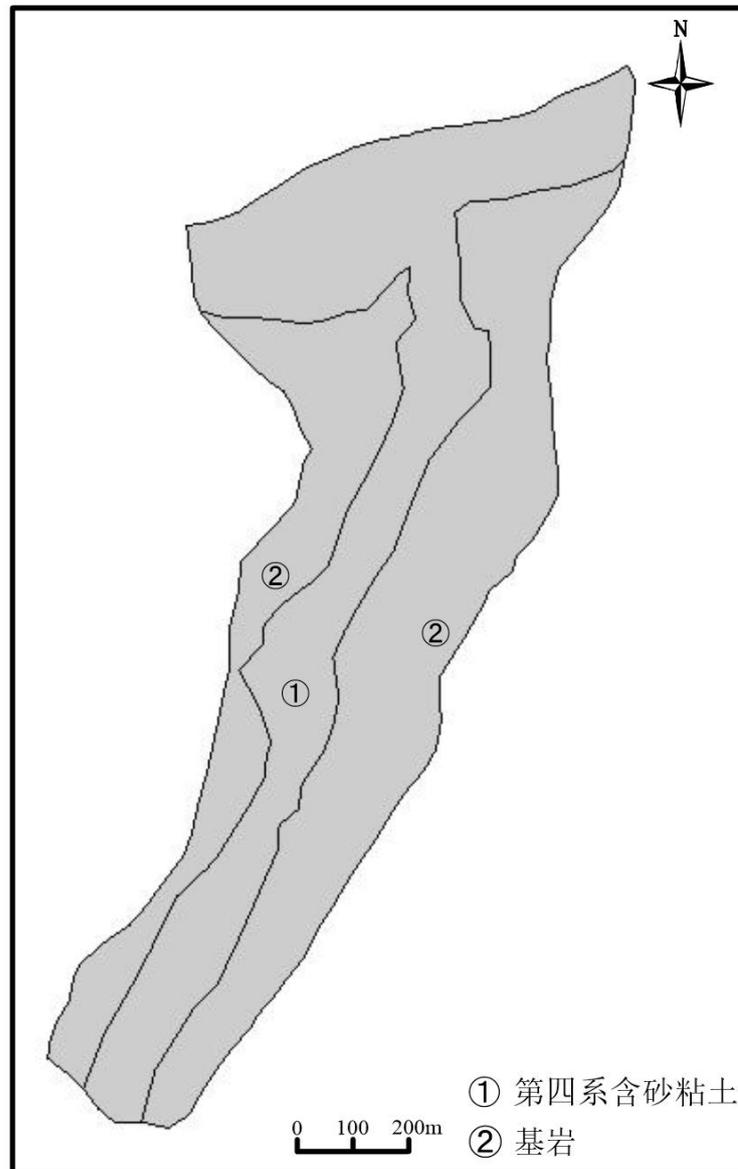


图 9.2-5 渗透系数分区图

(2) 核素相关参数

核素 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 及 Mn 浓度采用尾渣库渗水处理前的浓度最大值，具体见表 9.2-7。通过参阅相关文献，核素运移参数选取经验值。

本次评价源项浓度采用的是当前尾渣库渗水处理前的监测浓度最大值，待项目退役完成后，尾渣库渗水量及库内氧化还原环境发生改变，渗水量及渗出水污染物浓度将大幅度减小，因此，本次预测结果偏保守。

表 9.2-7 核素相关参数一览表

核素	浓度	分配系数 K_d , mL/g
$U_{\text{天然}}$	16.3 mg/L	4
Mn	567 mg/L	1000
SO_4^{2-}	4825 mg/L	-

5) 预测情景

假设尾渣库顶部防渗结构及封闭截渗墙均破损的事故工况下，造成尾渣库内尾渣淋滤，渗滤液直接渗入渣堆下部潜水含水层，预测其对周边地下水产生的影响。

①顶部防渗结构破损

尾渣库顶部防渗结构出现破损，保守考虑破损面积取 $100\text{m} \times 100\text{m}$ ，大气降水淋滤尾渣产生的淋滤液通过失效后的防渗部分泄漏至下部潜水含水层，对地下水环境造成影响。

②截渗墙损坏

退役治理后在尾渣库周围打设一圈封闭的截渗墙，假定尾渣库北部（下游）截渗墙损坏，淋滤液通过失效后的防渗墙径流至下游含水层，对地下水环境造成影响。

6) 评价年限

本次评价共预测 1000a，分别列出其 100 a、500 a 与 1000 a 时各核素的浓度分布情况。

9.2.5.5 预测结果与分析

1) $U_{\text{天然}}$

对退役治理后尾渣库发生事故状况下含水层中的 $U_{\text{天然}}$ 的迁移扩散进行模

拟预测，以 0.05mg/L 为边界浓度，分别绘制了第 100a、第 500a 和第 1000a 的 $U_{\text{天然}}$ 浓度分布图（图 9.2-6）。从浓度分布图中可知：

- ①第 100a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游运移了约 38.6m；
- ②第 500a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游运移了约 287.72m；
- ③第 1000a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游运移了约 626.87m。

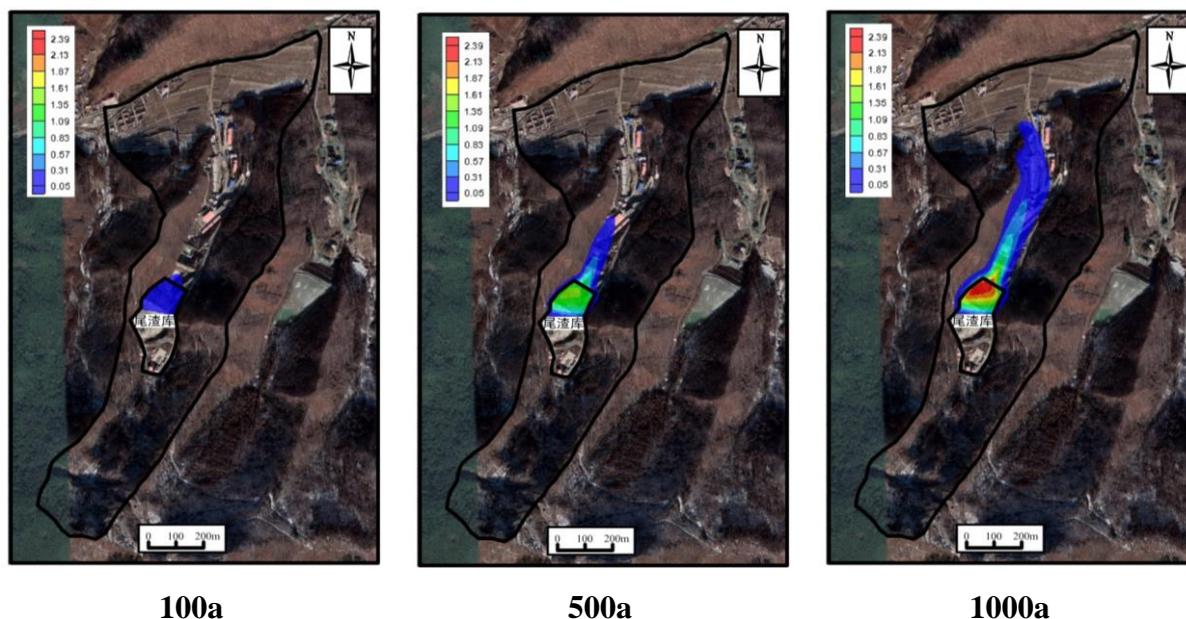
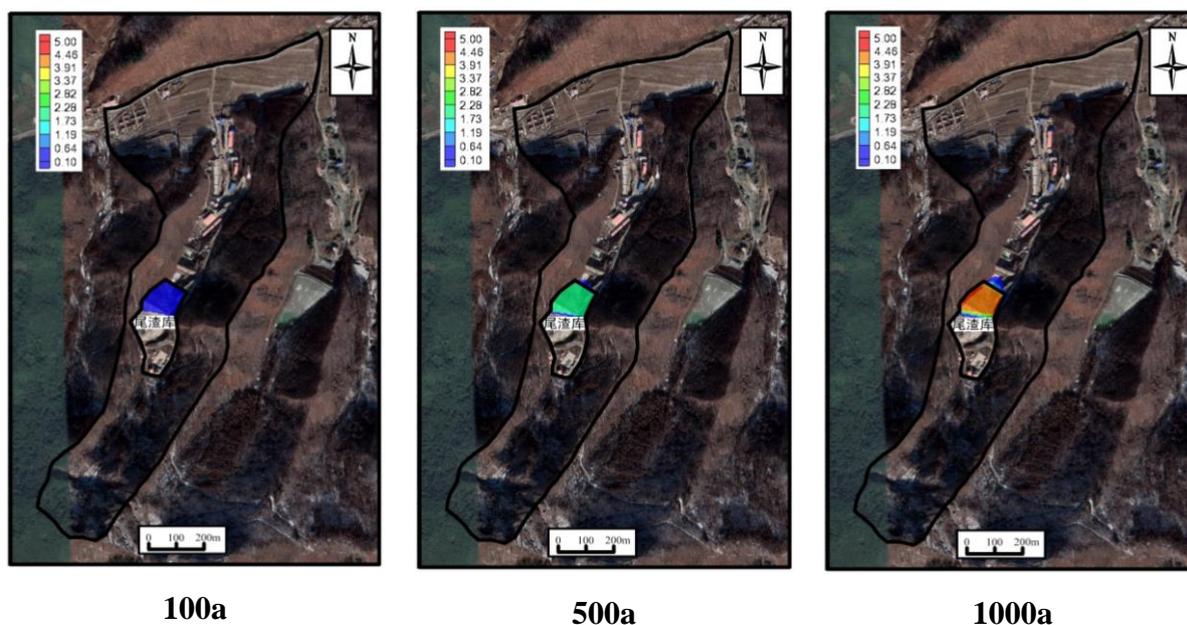


图 9.2-6 $U_{\text{天然}}$ 在地下水中的浓度分布情况

2) Mn

对退役治理后尾渣库发生事故状况下含水层中的 Mn 的迁移扩散进行模拟预测，以 0.1mg/L 为边界浓度，分别绘制了第 100a、第 500a 和第 1000a 的 Mn 浓度分布图（图 9.2-7）。从浓度分布图中可知：

- ①第 100a 时，Mn 向下游运移了 1.1m；
- ②第 500a 时，Mn 向下游运移了 19.2m；
- ③第 1000a 时，Mn 向下游运移了 47.9m；



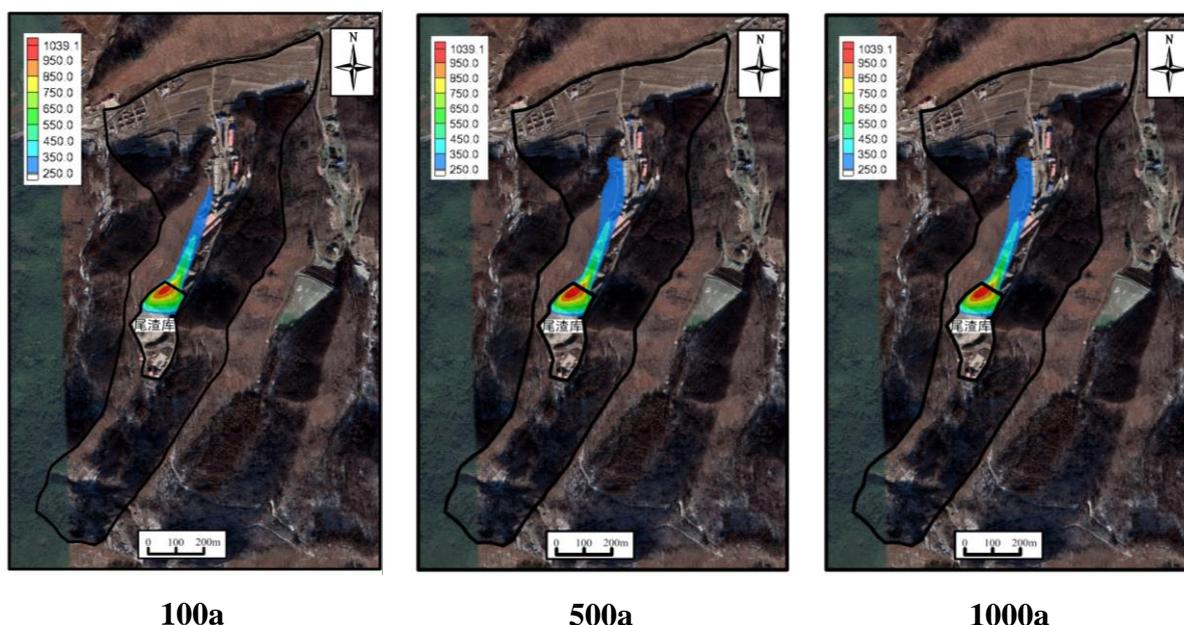
注：边界浓度为《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中Ⅲ类限值

图 9.2-7 Mn 在地下水中的浓度分布情况

3) SO_4^{2-}

对退役治理后尾渣库发生事故状况下含水层中的 SO_4^{2-} 的迁移扩散进行模拟预测，以 250mg/L 为边界浓度，分别绘制了第 100a、第 500a 和第 1000a 的 SO_4^{2-} 浓度分布图（图 9.2-8）。从浓度分布图中可知：

- ①第 100a 时， SO_4^{2-} 向下游运移了约 402m；
- ②第 500a 时， SO_4^{2-} 向下游运移了约 506.7m；
- ③第 1000a 时， SO_4^{2-} 向下游运移了约 506.7m（ SO_4^{2-} 的迁移在 250a 时达到稳定状态）。



注：边界浓度为《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中III类限值

图 9.2-8 SO_4^{2-} 在地下水中的浓度分布情况

4) 小结

退役治理后，尾渣库的北边界与下游的金家沟河距离为 835.77m。由上述结果可知，在尾渣库顶部防渗结构及封闭截渗墙均破损的事故工况下，100a 后，U、Mn 及 SO_4^{2-} 迁移距离分别为 38.6m、1.1m 及 402m；500a 后，U、Mn 及 SO_4^{2-} 迁移距离分别为 287.72m、19.2m 及 506.7m；1000a 后，U、Mn 及 SO_4^{2-} 迁移距离分别为 287.72m、47.9m 及 506.7m。因此，事故工况下各核素污染范围均未达到下游金家沟河。

9.2.6 剂量汇总与评价

退役治理后气、液综合途径所致剂量见表 9.2-8 及表 9.2-9。由表中数据可以看出，退役治理后主要影响为气载途径，地表水及地下水途径造成影响非常小。退役治理后 20km 范围内的最大个人剂量出现在 WNW 方位、1~2km 子区，该子区最大个人剂量值为 $2.56 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，该子区居民点为金家堡子；评价区域 20km 范围内无人子区潜在最大个人剂量为 $6.53 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，出现在评价中心 WNW 方位、0~1km 处。气液态途径所致评价区域 20km 范围内居民集体剂量为 $5.98 \times 10^{-3} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ ；主要由气载放射性流出物所致，关键途径为吸入内照射，关键核素为 ^{222}Rn 。

表 9.2-8 退役治理后气液综合途径所致各子区个人剂量

方位	年龄组	0-1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	婴儿	3.47E-04	1.12E-04	3.42E-05	2.56E-05	6.93E-06	3.55E-06
N	幼儿	3.47E-04	1.12E-04	3.42E-05	2.56E-05	6.93E-06	1.55E-05
N	少年	3.47E-04	1.12E-04	3.42E-05	2.56E-05	6.93E-06	1.73E-05
N	成年	3.47E-04	1.12E-04	3.42E-05	2.56E-05	6.93E-06	1.14E-05
NNE	婴儿	9.76E-04	1.75E-04	8.96E-05	3.39E-05	1.00E-05	3.72E-06
NNE	幼儿	9.76E-04	1.75E-04	8.96E-05	3.39E-05	1.00E-05	2.12E-05
NNE	少年	9.76E-04	1.75E-04	8.96E-05	3.39E-05	1.00E-05	2.38E-05
NNE	成年	9.76E-04	1.75E-04	8.96E-05	3.39E-05	1.00E-05	1.52E-05
NE	婴儿	1.05E-03	2.71E-04	8.31E-05	3.68E-05	1.43E-05	4.57E-06
NE	幼儿	1.05E-03	2.73E-04	8.48E-05	3.68E-05	3.19E-05	2.21E-05
NE	少年	1.05E-03	2.73E-04	8.47E-05	3.68E-05	3.44E-05	2.47E-05
NE	成年	1.05E-03	2.73E-04	8.49E-05	3.68E-05	2.58E-05	1.61E-05
ENE	婴儿	9.48E-04	1.48E-04	1.03E-04	2.12E-05	7.87E-06	2.05E-06
ENE	幼儿	9.48E-04	1.48E-04	1.03E-04	2.29E-05	1.02E-03	2.05E-06
ENE	少年	9.48E-04	1.48E-04	1.03E-04	2.28E-05	1.81E-03	2.05E-06
ENE	成年	9.48E-04	1.48E-04	1.03E-04	2.30E-05	9.76E-04	2.05E-06
E	婴儿	1.55E-03	2.25E-04	8.45E-05	5.69E-05	2.65E-05	7.27E-06
E	幼儿	1.55E-03	2.25E-04	8.45E-05	5.69E-05	2.65E-05	7.27E-06
E	少年	1.55E-03	2.25E-04	8.45E-05	5.69E-05	2.65E-05	7.27E-06
E	成年	1.55E-03	2.25E-04	8.45E-05	5.69E-05	2.65E-05	7.27E-06
ESE	婴儿	1.16E-03	9.58E-05	5.08E-05	3.09E-05	1.72E-05	5.73E-06
ESE	幼儿	1.16E-03	9.58E-05	5.08E-05	3.09E-05	1.72E-05	5.73E-06
ESE	少年	1.16E-03	9.58E-05	5.08E-05	3.09E-05	1.72E-05	5.73E-06
ESE	成年	1.16E-03	9.58E-05	5.08E-05	3.09E-05	1.72E-05	5.73E-06
SE	婴儿	6.39E-04	1.86E-04	1.16E-04	4.59E-05	1.85E-05	5.86E-06
SE	幼儿	6.39E-04	1.86E-04	1.16E-04	4.59E-05	1.85E-05	5.86E-06
SE	少年	6.39E-04	1.86E-04	1.16E-04	4.59E-05	1.85E-05	5.86E-06
SE	成年	6.39E-04	1.86E-04	1.16E-04	4.59E-05	1.85E-05	5.86E-06
SSE	婴儿	3.12E-04	1.69E-04	1.24E-04	2.84E-05	9.40E-06	3.55E-06
SSE	幼儿	3.12E-04	1.69E-04	1.24E-04	2.84E-05	9.40E-06	3.55E-06
SSE	少年	3.12E-04	1.69E-04	1.24E-04	2.84E-05	9.40E-06	3.55E-06
SSE	成年	3.12E-04	1.69E-04	1.24E-04	2.84E-05	9.40E-06	3.55E-06
S	婴儿	1.97E-04	2.92E-04	1.88E-04	3.94E-05	1.23E-05	1.06E-05
S	幼儿	1.97E-04	2.92E-04	1.88E-04	3.94E-05	1.23E-05	1.06E-05
S	少年	1.97E-04	2.92E-04	1.88E-04	3.94E-05	1.23E-05	1.06E-05
S	成年	1.97E-04	2.92E-04	1.88E-04	3.94E-05	1.23E-05	1.06E-05
SSW	婴儿	1.88E-04	2.85E-04	2.63E-05	2.37E-05	7.27E-06	5.64E-06

方位	年龄组	0-1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
SSW	幼儿	1.88E-04	2.85E-04	2.63E-05	2.37E-05	7.27E-06	5.64E-06
SSW	少年	1.88E-04	2.85E-04	2.63E-05	2.37E-05	7.27E-06	5.64E-06
SSW	成年	1.88E-04	2.85E-04	2.63E-05	2.37E-05	7.27E-06	5.64E-06
SW	婴儿	1.75E-04	4.72E-05	6.23E-05	6.11E-06	2.18E-05	9.45E-06
SW	幼儿	1.75E-04	4.72E-05	6.23E-05	6.11E-06	2.18E-05	9.45E-06
SW	少年	1.75E-04	4.72E-05	6.23E-05	6.11E-06	2.18E-05	9.45E-06
SW	成年	1.75E-04	4.72E-05	6.23E-05	6.11E-06	2.18E-05	9.45E-06
WSW	婴儿	3.97E-04	8.69E-05	9.06E-05	2.03E-05	2.02E-05	5.94E-06
WSW	幼儿	3.97E-04	8.69E-05	9.06E-05	2.03E-05	2.02E-05	5.94E-06
WSW	少年	3.97E-04	8.69E-05	9.06E-05	2.03E-05	2.02E-05	5.94E-06
WSW	成年	3.97E-04	8.69E-05	9.06E-05	2.03E-05	2.02E-05	5.94E-06
W	婴儿	4.30E-03	1.12E-03	6.68E-04	4.50E-04	2.07E-04	5.07E-05
W	幼儿	4.30E-03	1.12E-03	6.68E-04	4.50E-04	2.07E-04	5.07E-05
W	少年	4.30E-03	1.12E-03	6.68E-04	4.50E-04	2.07E-04	5.07E-05
W	成年	4.30E-03	1.12E-03	6.68E-04	4.50E-04	2.07E-04	5.07E-05
WNW	婴儿	6.53E-03	2.56E-03	5.33E-04	2.47E-04	1.48E-04	3.47E-05
WNW	幼儿	6.53E-03	2.56E-03	5.33E-04	2.47E-04	1.48E-04	3.47E-05
WNW	少年	6.53E-03	2.56E-03	5.33E-04	2.47E-04	1.48E-04	3.47E-05
WNW	成年	6.53E-03	2.56E-03	5.33E-04	2.47E-04	1.48E-04	3.47E-05
NW	婴儿	1.74E-03	1.34E-04	1.92E-05	7.01E-06	5.34E-06	2.82E-06
NW	幼儿	1.74E-03	1.34E-04	1.92E-05	7.01E-06	5.34E-06	2.82E-06
NW	少年	1.74E-03	1.34E-04	1.92E-05	7.01E-06	5.34E-06	2.82E-06
NW	成年	1.74E-03	1.34E-04	1.92E-05	7.01E-06	5.34E-06	2.82E-06
NNW	婴儿	2.09E-04	4.19E-05	9.45E-06	5.90E-06	2.31E-06	8.12E-07
NNW	幼儿	2.09E-04	4.19E-05	9.45E-06	5.90E-06	2.31E-06	8.12E-07
NNW	少年	2.09E-04	4.19E-05	9.45E-06	5.90E-06	2.31E-06	8.12E-07
NNW	成年	2.09E-04	4.19E-05	9.45E-06	5.90E-06	2.31E-06	8.12E-07

表 9.2-9 气液综合途径所致 20km 范围内集体剂量 单位：人 Sv/a

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量	3.69E-05	5.52E-04	7.09E-04	8.30E-04	5.15E-03	5.98E-03
份额 (%)	0.62	9.23	11.85	13.87	86.01	100.00

9.3 退役治理后的非放射性环境影响分析

根据治理方案估算，尾渣库在退役治理后，尾渣库渗水处理设施需继续运行，尾渣库渗水处理设施运行的噪声及外排水将会对外环境产生影响，但影响强度很小。待尾渣库渗水处理设施彻底关停后，退役治理相关设施对周边的非放射性环境影响将完全消除。

施工结束后，尾渣库渗水处理设施持续运行，其主要产噪设备为水泵。采用 BREEZE NOISE 软件进行预测，尾渣库渗水处理设施运行对金家村的噪声贡献值为 31.5dB (A)，影响较小。退役治理后，尾渣库渗水处理设施运行期间金家村声环境可以满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准要求。

退役治理后，厂区内的植被得以恢复，尾渣库及其他裸露地面均到了覆盖，降低了水土流失隐患，区域的生态环境得到了改善。

9.4 退役治理效果分析

由本章分析可以看出，退役治理后 753 矿设施对周边居民点造成的最大个人剂量从 $1.91 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 降至 $2.56 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，退役治理后最大个人剂量为退役治理前的 13.4%。20km 范围内居民集体剂量由 $3.97 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 降至 $6.53 \times 10^{-3} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ ，退役治理后 20km 集体剂量为退役治理前的 16.4%，退役治理后辐射影响大大降低。

退役治理后尾渣库渗水处理设施仍将在一定时期内运行，保证尾渣库渗水达标排放。

由此可见，退役治理工程可以有效的消除 753 矿设施对周边环境的辐射环境影响，退役治理效果明显。

10 事故环境影响

10.1 可能造成环境影响的事故景象

本次退役治理工程实施过程中，可能造成辐射环境影响的事故景象包括：

1) 运输事故

本项目运输事故主要是指施工过程中，运输建筑垃圾、污染土、废设备管线的车辆，由于各种原因，可能造成尾渣、污染物运输车辆事故，导致大量污染物洒落在沿途的事件。

2) 尾渣库渗水处理设施失效事故

尾渣库渗水处理设施在车间停电、设备故障、人为操作失误等情况下，放射性废水处理站可能发生处理设施失效事故，使废水未经处理，直接排放。

3) 尾渣库溃坝事故

尾渣库在遇暴雨洪水冲刷、且排洪设施毁坏或者特大地震等自然破坏时，可能造成坝体垮塌，使尾渣流入附近农田，一方面占用土地、破坏植被，另一方面尾渣表面氡析出向周围大气扩散，对周边环境或公众造成放射性影响。

10.2 最大可信事故

10.2.1 运输事故分析

根据核工业 30 年放射性物质运输统计数据，公路运输发生的事故概率为 $4.3 \times 10^{-7}/\text{km}$ 车次。本次退役需运入尾渣库堆存的废物量为 22.81 万 m^3 ，其平均密度按密度为 $1.6\text{t}/\text{m}^3$ 考虑，本项目共产生各种废物约 36.5 万 t。以运输卡车单车载重量 10t，单车平均运输距离 0.5km 计算，本项目运输事故发生的概率为 2.85×10^{-3} 次/a，故本项目发生运输事故的可能性很小，此外，本项目污染物运输均发生在场地内，因此发生事故后污染物不会遗撒到场外，不会对外环境造成影响。

10.2.2 尾渣库渗水处理设施失效事故分析

753 矿尾渣库渗水处理设施配有备用电源，可以有效防止停电对设施运行造成的影响；考虑由于人为失误或设备损坏，导致尾渣库渗水处理系统停止运行，尾渣库渗水未经处理直接排放。尾渣库渗水处理系统配有容积为 100m^3 槽式排放池 2 个，处理后的废水采用槽式排放；一旦发现处理后的废水达不到排放标准，将停止向外排放超标废水，并立即展开检查程序，查找设备故

障并排除。尾渣库坝下设有容积为 2000m³ 的渗水收集池，当发现尾渣库渗水处理设施故障后，可以紧急关闭位于渗水收集池出口及渗水输送管道末端阀门，将渗水临时储存在池中，不再向下游的渗水处理系统排水。以此估算，即使在尾渣库渗水最大排放量、且不外排废水的情况下，渗水收集池和排放槽仍可储存约 9d 的废水；一般情况下，尾渣库渗水处理设施维修期限不会超过 3d。由此可见，发生此类事故的环境影响可以接受。

10.2.3 尾渣库溃坝事故

753 矿尾渣库现状容纳尾渣和废石共计 25.08 万 m³，本次退役治理工程还需利用尾渣库处置废物 22.81 万 m³，并覆盖黏土和砂卵石等 10.4 万 m³，退役治理完成后尾渣库内共有各类废物等共计 58.18 万 m³。尾渣库沿沟谷地形南北走向建设，南高北低；拦渣坝为原 753 矿厂区，两侧为山体。如遇溃坝事故，按照尾渣库中 30% 的尾渣被冲出计，共计约 17.45 万 m³ 尾渣等废物从南至北沿沟谷流出尾渣库，其影响范围为坝下约 6.40 万 m² 范围（与尾渣库现有裸露面积合计 12.49 万 m²），尾渣不会进入金家沟河。溃坝形成滩面的表面氡析出率保守考虑，取库内尾渣氡析出率，即 2.95Bq/m² s；事故处理时间按 4 个月考虑，则事故状态下氡排放量共计 3.82×10¹²Bq。

10.2.4 最大可信事故

尾渣库是铀矿冶工程的重要构筑物，其占地面积和容积较大、势能较高，一旦发生事故，影响程度大、范围广，是铀矿冶设施中事故影响后果较为严重的一类，并且具有事故处理周期长、难度大的特点。此外，根据事故情景分析可知，尾渣库发生事故后放射性物质排放量较大。因此，本次环境风险评价将尾渣库溃坝和尾渣库泄漏作为最大可信事故，事故后的辐射环境影响进行预测与评价。

10.3 事故后果估算

10.3.1 事故源项

1) 气态源项

事故状态下，尾渣库滩面与下泄尾渣面积合计为 12.49 万 m²，表面氡析出率为 2.95Bq/m² s，事故处置时间按 4 个月计，合计氡排放量为 3.82×10¹²Bq。事故期间尾渣全部处于裸露状态，公众主要受到沉积尾渣析出的氡引起的吸入内照射影响。

2) 液态源项

本项目考虑洪水历时 24 小时排干，暴雨期最大日降水量不超过 100mm，溃坝后尾渣裸露面积约 12.49 万 m²，冲刷尾渣洪水量约 18735m³，事故水排放量约 0.217m³/s，排放时间 24 小时。水中 U_{天然}、²²⁶Ra、²¹⁰Pb、²¹⁰Po 浓度，参照 753 矿未处理的尾渣库渗出水中的核素浓度值，²³⁰Th 浓度参照式 6.3-4 计算得出。事故状态下下泄水中核素含量见表 10.3-1。

表 10.3-1 事故状态下下泄水中核素含量

源项	水量 (m ³ /s)	²³⁸ U (Bq/m ³)	²³⁴ U (Bq/m ³)	²²⁶ Ra (Bq/m ³)	²³⁰ Th (Bq/m ³)	²¹⁰ Pb (Bq/m ³)	²¹⁰ Po (Bq/m ³)
事故下泄水	0.217	15867	15867	190	260	150	130

10.3.2 预测模式与参数

1) 气载途径

事故预测采用 UAIR-FINE 软件内置气象扩散模型为 AERMOD，该模型基于高斯扩散模式，可利用长期气象条件进行污染物扩散的模拟，适用于本次气态途径的辐射影响预测。

评价中心与子区设置参照退役治理施工期气态环境影响评价。

为比对非事故状态下环境影响，事故状态下预测中心与子区划分与非事故状态下一致，并对评价中心周边 3km 的居民点进行预测。预测时段考虑在项目所在地降雨量较为集中的 6 月~9 月。

2) 地表水途径

尾渣库溃坝后，下泄洪水中冲刷尾渣而溶出核素含量较低的放射性核素主要包括 ²³⁸U、²³⁴U、²²⁶Ra、²¹⁰Po 和 ²¹⁰Pb，洪水泄至下游地表水体后，通过地表水途径对公众所造成影响。受纳水体流量参照金家沟河 6~9 月平均流量，取 0.11m³/s。

与地表水预测相关参数详见 § 2.9 节相关内容。照射途径与预测方法与退役治理前液态预测参数设置相同。

10.3.3 事故期间辐射环境影响预测与评价

1) 大气辐射环境影响预测

(1) 居民点氡浓度和公众剂量

尾渣库溃坝事故期间所致评价中心周围 3km 范围内居民点空气中氡浓度

及公众个人剂量见表 10.3-2。

表 10.3-2 事故状态下气态源项所致评价中心 3km 内各居民点剂量及 ^{222}Rn 浓度

序号	名称	方位	距离, km	^{222}Rn 浓度, Bq/m ³	个人剂量, mSv/次
1	金家村	N	0.62	2.86E+00	6.12E-02
2	谢家堡子	NNE	2.67	6.41E-02	1.37E-03
3	四道沟	NNE	2.88	4.01E-02	8.56E-04
4	五间房	NNE	2.94	4.92E-02	1.05E-03
5	六道沟	NE	1.26	3.65E-01	7.79E-03
6	平地	NE	2.08	9.76E-02	2.09E-03
7	林家店 1	NE	2.62	6.05E-02	1.29E-03
8	林家店 2	ENE	2.49	4.99E-02	1.07E-03
9	黄沟	SE	2.00	6.82E-02	1.46E-03
10	西岔	SE	2.12	5.44E-02	1.16E-03
11	丁家堡子	SE	2.63	4.69E-02	1.00E-03
12	大榆台 1	SE	2.92	3.80E-02	8.12E-04
13	大榆台 2	SSE	2.83	3.42E-02	7.31E-04
14	铁匠沟 1	S	1.66	1.23E-01	2.63E-03
15	铁匠沟 2	SSW	1.76	1.40E-01	3.00E-03
16	铁匠沟 3	SSW	2.06	4.88E-03	1.04E-04
17	杨家街 1	W	1.86	3.40E-01	7.26E-03
18	杨家街 2	W	1.95	5.24E-01	1.12E-02
19	杨家街 3	W	2.08	1.83E-01	3.92E-03
20	杨家街 4	W	2.13	3.85E-01	8.23E-03
21	小高岭	W	2.96	1.29E-01	2.77E-03
22	金家堡子	WNW	1.19	8.55E-01	1.83E-02
23	韩家堡子	NNW	0.69	2.21E+00	4.72E-02

由上表可以看出,尾渣库如发生溃坝事故,事故期间气态源项响最大的是位于 N 方向 0.62km 处的金家村,事故源项对该处空气中 ^{222}Rn 的贡献值为 2.86Bq/m^3 ,事故期间该处最大个人剂量为 6.12×10^{-2} /次,可以满足事故状况下公众剂量不高于 1mSv/次的要求。

(2) 各子区空气中 ^{222}Rn 浓度及公众剂量

溃坝事故状态下气态源项对各子区空气中氡浓度贡献值见表 10.3-3。

表 10.3-3 退役治理终态气载流出物对各子区氡浓度贡献值 单位: Bq/m³

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
²²² Rn	N	2.86E+00	2.03E-01	2.72E-02	1.82E-02	5.79E-03	2.46E-03
	NNE	1.71E+01	4.74E-01	6.41E-02	3.02E-02	9.85E-03	3.01E-03
	NE	9.62E+00	3.65E-01	9.76E-02	2.86E-02	1.01E-02	3.35E-03
	ENE	1.07E+00	1.68E-01	4.99E-02	1.44E-02	4.58E-03	1.22E-03
	E	5.78E-01	1.01E-01	4.00E-02	2.45E-02	9.59E-03	3.02E-03
	ESE	4.25E-01	3.64E-02	1.77E-02	1.39E-02	6.33E-03	2.22E-03
	SE	3.21E-01	6.82E-02	5.44E-02	1.94E-02	6.41E-03	2.38E-03
	SSE	1.52E-01	5.57E-02	3.42E-02	1.22E-02	3.63E-03	1.38E-03
	S	7.55E-02	1.23E-01	9.85E-02	3.02E-02	7.15E-03	6.16E-03
	SSW	7.33E-02	1.40E-01	4.88E-03	1.40E-02	4.78E-03	3.62E-03
	SW	9.36E-02	4.25E-02	3.59E-02	5.67E-03	8.59E-03	4.86E-03
	WSW	2.52E-01	1.02E-01	7.65E-02	3.45E-02	1.52E-02	3.45E-03
	W	1.40E+00	5.24E-01	3.85E-01	1.94E-01	8.73E-02	2.96E-02
	WNW	2.04E+00	8.55E-01	3.90E-01	1.13E-01	5.17E-02	1.40E-02
	NW	2.03E+00	6.51E-01	1.10E-01	1.25E-02	5.77E-03	2.76E-03
NNW	2.21E+00	2.86E-01	1.95E-02	1.06E-02	3.48E-03	1.44E-03	

注：阴影部分为无人子区

由表中数据可以看出，溃坝事故状态下气载流出物对有人子区氡浓度最大贡献值出现在 N 方向、0~1km 子区，其贡献值为 2.86Bq/m³；溃坝事故状态下气载流出物对无人子区氡浓度最大贡献值出现在 WNW 方向、0~1km 子区，其贡献值为 2.04Bq/m³。

溃坝事故状态下气载放射性流出物所致各子区公众个人剂量见表 10.3-4。退役治理终态公众个人剂量等值线分布见图 10.3-1。

从表中数据可以看出，溃坝事故气态放射性流出物所致无人子区最大个人剂量出现在 WNW 方位、0~1km 子区内，该子区内潜在照射最大个人剂量值为 4.35×10^{-2} mSv/次。溃坝事故状态下气态放射性流出物所致有人子区最大个人剂量出现在 N 方位、0~1km 子区内，该子区内最大个人剂量值为 6.12×10^{-2} mSv/次，可满足本项目事故情况下公众剂量 1mSv/次的约束值要求。

表 10.3-4 气载流出物所致各子区最大个人剂量 单位: mSv/a

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	6.12E-02	4.33E-03	5.80E-04	3.89E-04	1.24E-04	5.25E-05
NNE	3.65E-01	1.01E-02	1.37E-03	6.45E-04	2.10E-04	6.43E-05
NE	2.06E-01	7.79E-03	2.09E-03	6.11E-04	2.16E-04	7.16E-05
ENE	2.30E-02	3.58E-03	1.07E-03	3.08E-04	9.78E-05	2.60E-05
E	1.23E-02	2.15E-03	8.56E-04	5.25E-04	2.05E-04	6.45E-05
ESE	9.08E-03	7.77E-04	3.79E-04	2.97E-04	1.35E-04	4.75E-05
SE	6.85E-03	1.46E-03	1.16E-03	4.15E-04	1.37E-04	5.10E-05
SSE	3.25E-03	1.19E-03	7.31E-04	2.61E-04	7.76E-05	2.95E-05
S	1.61E-03	2.63E-03	2.11E-03	6.46E-04	1.53E-04	1.32E-04
SSW	1.57E-03	3.00E-03	1.04E-04	2.98E-04	1.02E-04	7.73E-05
SW	2.00E-03	9.09E-04	7.67E-04	1.21E-04	1.84E-04	1.04E-04
WSW	5.39E-03	2.18E-03	1.64E-03	7.37E-04	3.26E-04	7.37E-05
W	2.99E-02	1.12E-02	8.23E-03	4.14E-03	1.87E-03	6.33E-04
WNW	4.35E-02	1.83E-02	8.34E-03	2.40E-03	1.10E-03	2.98E-04
NW	4.35E-02	1.39E-02	2.36E-03	2.68E-04	1.23E-04	5.90E-05
NNW	4.72E-02	6.11E-03	4.17E-04	2.26E-04	7.43E-05	3.07E-05

注: 阴影部分为无人子区

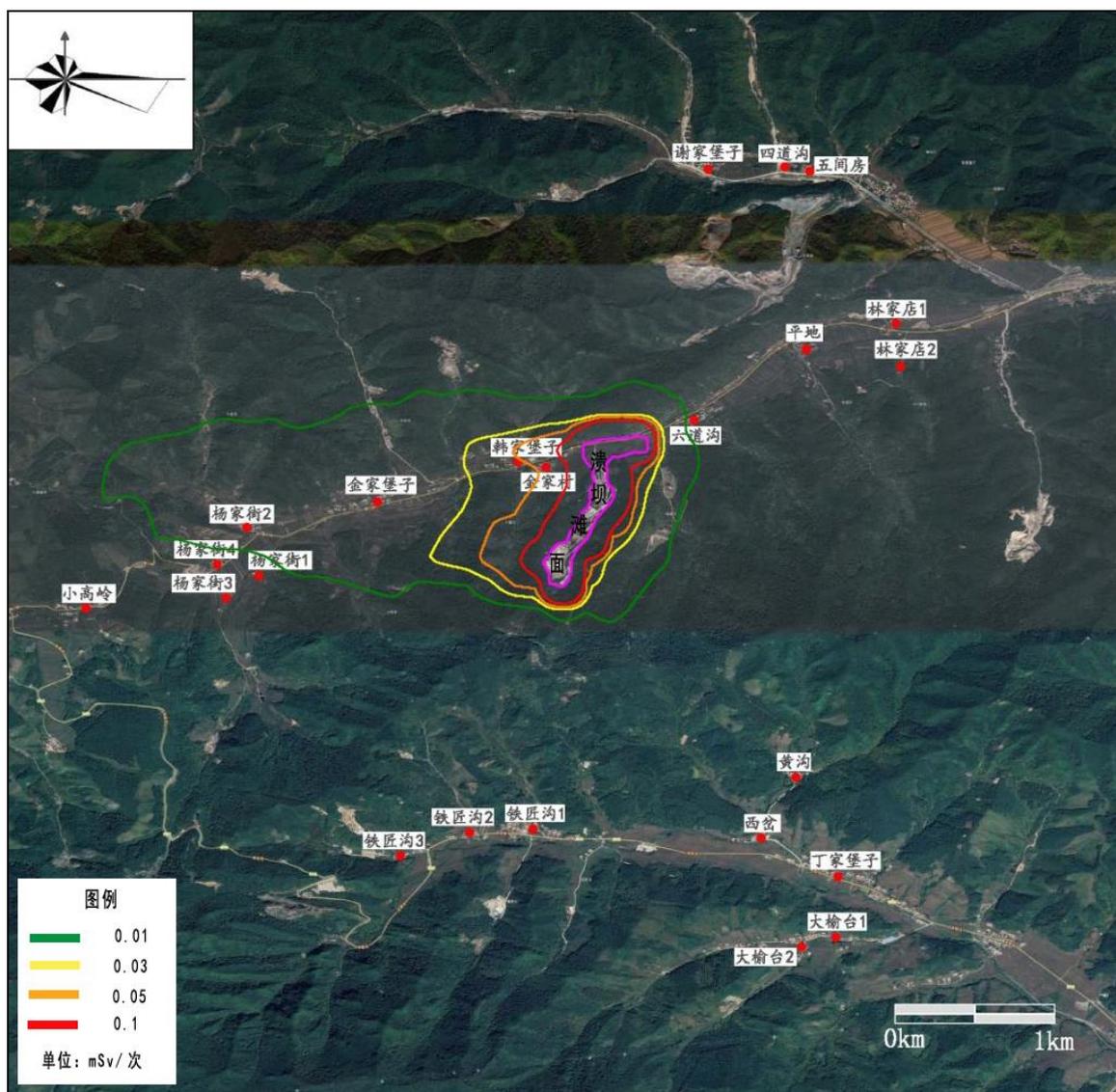


图 10.3-1 事故状态下个人剂量等值线分布

2) 地表水途径辐射环境剂量估算

(1) 各河段核素浓度

尾渣库溃坝事故所致受纳水体中各核素的活度浓度见表 10.3-5。

表 10.3-5 事故所致各河段核素浓度 单位: Bq/m³

核素 河段, km	²³⁸ U	²³⁴ U	²²⁶ Ra	²³⁰ Th	²¹⁰ Po	²¹⁰ Pb
0~5	3.16E+05	3.16E+05	3.78E+03	2.59E+03	2.99E+03	5.18E+03
6~6	8.45E+03	8.45E+03	1.01E+02	6.92E+01	7.97E+01	1.38E+02
7~27	7.01E+03	7.01E+03	8.40E+01	5.75E+01	6.61E+01	1.15E+02
28~34	5.21E+03	5.21E+03	6.24E+01	4.27E+01	4.88E+01	8.54E+01
35~43	4.16E+03	4.16E+03	4.98E+01	3.41E+01	3.88E+01	6.82E+01

(2) 个人剂量

尾渣库溃坝事故所致个人剂量见表 10.3-6。

表 10.3-6 事故状态下各子区个人剂量 单位：mSv/次

方位	年龄组	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	婴儿	—	—	—	—	—	0.00E+00
	幼儿	—	—	—	—	—	7.79E-03
	少年	—	—	—	—	—	8.72E-03
	成年	—	—	—	—	—	5.50E-03
NNE	婴儿	—	—	—	—	—	0.00E+00
	幼儿	—	—	—	—	—	1.31E-02
	少年	—	—	—	—	—	1.47E-02
	成年	—	—	—	—	—	9.29E-03
NE	婴儿	—	0.00E+00	0.00E+00	—	0.00E+00	0.00E+00
	幼儿	—	5.62E-04	5.62E-04	—	1.32E-02	1.32E-02
	少年	—	5.93E-04	5.93E-04	—	1.47E-02	1.47E-02
	成年	—	6.95E-04	6.95E-04	—	9.29E-03	9.29E-03
ENE	婴儿	—	—	—	0.00E+00	0.00E+00	—
	幼儿	—	—	—	5.62E-04	1.64E-01	—
	少年	—	—	—	5.93E-04	2.92E-01	—
	成年	—	—	—	6.95E-04	1.52E-01	—

由上表中可知，尾渣库溃坝事故所致有人子区个人有效剂量最大值出现在 ENE 方位、5~10km 子区的少年组，其值为 0.292mSv/a。该子区其它年龄组剂量分别为幼儿组 0.164mSv/a、成年组 0.152mSv/a。

3) 气液综合途径

本项目事故状态下气、液态流出物综合所致各子区、各年龄组的个人有效剂量见表 10.3-7。

事故期间本项目气液综合所致有人子区最大个人剂量出现在 ENE 方位、5~10km 子区的少年组，其最大个人剂量值为 0.292mSv/次，可满足本项目事故情况下公众剂量 1mSv/次的约束值要求。

表 10.3-7 事故所致各子区、各年龄组个人有效剂量 单位：mSv/次

方位	年龄组	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	婴儿	6.12E-02	4.33E-03	5.80E-04	3.89E-04	1.24E-04	5.25E-05
	幼儿	6.12E-02	4.33E-03	5.80E-04	3.89E-04	1.24E-04	7.84E-03
	少年	6.12E-02	4.33E-03	5.80E-04	3.89E-04	1.24E-04	8.77E-03
	成人	6.12E-02	4.33E-03	5.80E-04	3.89E-04	1.24E-04	5.55E-03
NNE	婴儿	3.65E-01	1.01E-02	1.37E-03	6.45E-04	2.10E-04	9.92E-05
	幼儿	3.65E-01	1.01E-02	1.37E-03	6.45E-04	2.10E-04	1.32E-02
	少年	3.65E-01	1.01E-02	1.37E-03	6.45E-04	2.10E-04	1.48E-02
	成人	3.65E-01	1.01E-02	1.37E-03	6.45E-04	2.10E-04	9.39E-03
NE	婴儿	2.06E-01	7.79E-03	2.09E-03	6.11E-04	2.16E-04	1.07E-04
	幼儿	2.06E-01	8.35E-03	2.65E-03	6.11E-04	1.34E-02	1.33E-02
	少年	2.06E-01	8.38E-03	2.68E-03	6.11E-04	1.49E-02	1.48E-02
	成人	2.06E-01	8.49E-03	2.79E-03	6.11E-04	9.51E-03	9.40E-03
ENE	婴儿	2.30E-02	3.58E-03	1.07E-03	3.08E-04	9.78E-05	2.60E-05
	幼儿	2.30E-02	3.58E-03	1.07E-03	8.70E-04	1.64E-01	2.60E-05
	少年	2.30E-02	3.58E-03	1.07E-03	9.01E-04	2.92E-01	2.60E-05
	成人	2.30E-02	3.58E-03	1.07E-03	1.00E-03	1.52E-01	2.60E-05
E	婴儿	1.23E-02	2.15E-03	8.56E-04	5.25E-04	2.05E-04	6.45E-05
	幼儿	1.23E-02	2.15E-03	8.56E-04	5.25E-04	2.05E-04	6.45E-05
	少年	1.23E-02	2.15E-03	8.56E-04	5.25E-04	2.05E-04	6.45E-05
	成人	1.23E-02	2.15E-03	8.56E-04	5.25E-04	2.05E-04	6.45E-05
ESE	婴儿	9.08E-03	7.77E-04	3.79E-04	2.97E-04	1.35E-04	4.75E-05
	幼儿	9.08E-03	7.77E-04	3.79E-04	2.97E-04	1.35E-04	4.75E-05
	少年	9.08E-03	7.77E-04	3.79E-04	2.97E-04	1.35E-04	4.75E-05
	成人	9.08E-03	7.77E-04	3.79E-04	2.97E-04	1.35E-04	4.75E-05
SE	婴儿	6.85E-03	1.46E-03	1.16E-03	4.15E-04	1.37E-04	5.10E-05
	幼儿	6.85E-03	1.46E-03	1.16E-03	4.15E-04	1.37E-04	5.10E-05
	少年	6.85E-03	1.46E-03	1.16E-03	4.15E-04	1.37E-04	5.10E-05
	成人	6.85E-03	1.46E-03	1.16E-03	4.15E-04	1.37E-04	5.10E-05
SSE	婴儿	3.25E-03	1.19E-03	7.31E-04	2.61E-04	7.76E-05	2.95E-05
	幼儿	3.25E-03	1.19E-03	7.31E-04	2.61E-04	7.76E-05	2.95E-05
	少年	3.25E-03	1.19E-03	7.31E-04	2.61E-04	7.76E-05	2.95E-05
	成人	3.25E-03	1.19E-03	7.31E-04	2.61E-04	7.76E-05	2.95E-05
S	婴儿	1.61E-03	2.63E-03	2.11E-03	6.46E-04	1.53E-04	1.32E-04
	幼儿	1.61E-03	2.63E-03	2.11E-03	6.46E-04	1.53E-04	1.32E-04
	少年	1.61E-03	2.63E-03	2.11E-03	6.46E-04	1.53E-04	1.32E-04
	成人	1.61E-03	2.63E-03	2.11E-03	6.46E-04	1.53E-04	1.32E-04
SSW	婴儿	1.57E-03	3.00E-03	1.04E-04	2.98E-04	1.02E-04	7.73E-05
	幼儿	1.57E-03	3.00E-03	1.04E-04	2.98E-04	1.02E-04	7.73E-05
	少年	1.57E-03	3.00E-03	1.04E-04	2.98E-04	1.02E-04	7.73E-05
	成人	1.57E-03	3.00E-03	1.04E-04	2.98E-04	1.02E-04	7.73E-05

方位	年龄组	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
SW	婴儿	2.00E-03	9.09E-04	7.67E-04	1.21E-04	1.84E-04	1.04E-04
	幼儿	2.00E-03	9.09E-04	7.67E-04	1.21E-04	1.84E-04	1.04E-04
	少年	2.00E-03	9.09E-04	7.67E-04	1.21E-04	1.84E-04	1.04E-04
	成人	2.00E-03	9.09E-04	7.67E-04	1.21E-04	1.84E-04	1.04E-04
WSW	婴儿	5.39E-03	2.18E-03	1.64E-03	7.37E-04	3.26E-04	7.37E-05
	幼儿	5.39E-03	2.18E-03	1.64E-03	7.37E-04	3.26E-04	7.37E-05
	少年	5.39E-03	2.18E-03	1.64E-03	7.37E-04	3.26E-04	7.37E-05
	成人	5.39E-03	2.18E-03	1.64E-03	7.37E-04	3.26E-04	7.37E-05
W	婴儿	2.99E-02	1.12E-02	8.23E-03	4.14E-03	1.87E-03	6.33E-04
	幼儿	2.99E-02	1.12E-02	8.23E-03	4.14E-03	1.87E-03	6.33E-04
	少年	2.99E-02	1.12E-02	8.23E-03	4.14E-03	1.87E-03	6.33E-04
	成人	2.99E-02	1.12E-02	8.23E-03	4.14E-03	1.87E-03	6.33E-04
WNW	婴儿	4.35E-02	1.83E-02	8.34E-03	2.40E-03	1.10E-03	2.98E-04
	幼儿	4.35E-02	1.83E-02	8.34E-03	2.40E-03	1.10E-03	2.98E-04
	少年	4.35E-02	1.83E-02	8.34E-03	2.40E-03	1.10E-03	2.98E-04
	成人	4.35E-02	1.83E-02	8.34E-03	2.40E-03	1.10E-03	2.98E-04
NW	婴儿	4.35E-02	1.39E-02	2.36E-03	2.68E-04	1.23E-04	5.90E-05
	幼儿	4.35E-02	1.39E-02	2.36E-03	2.68E-04	1.23E-04	5.90E-05
	少年	4.35E-02	1.39E-02	2.36E-03	2.68E-04	1.23E-04	5.90E-05
	成人	4.35E-02	1.39E-02	2.36E-03	2.68E-04	1.23E-04	5.90E-05
NNW	婴儿	4.72E-02	6.11E-03	4.17E-04	2.26E-04	7.43E-05	3.07E-05
	幼儿	4.72E-02	6.11E-03	4.17E-04	2.26E-04	7.43E-05	3.07E-05
	少年	4.72E-02	6.11E-03	4.17E-04	2.26E-04	7.43E-05	3.07E-05
	成人	4.72E-02	6.11E-03	4.17E-04	2.26E-04	7.43E-05	3.07E-05

10.4 事故防范及应急措施

10.4.1 事故防范措施

尾渣库内处置废物时，要求分层碾压夯实，保证填筑质量，提高坝体稳定性；覆盖治理时，对尾渣库覆土植被护坡，防止风雨侵蚀冲刷破坏；长期监护时，做好坝底坝体的位移沉降观测，发现问题要及时上报与处理；加强防维护，避免挖掘浆砌块石、破坏护坡及建筑房屋和放牧等人为侵扰影响，一旦发现应及时制止，并采取相应的补救措施；定期对尾渣库进行监测。

10.4.2 环境风险管控措施

1) 认真贯彻落实有关法规，不断完善项目单位环境风险管理制度。

认真贯彻落实《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国消防法》等法律、法规。建立健全长期监护责任制，把长期监护责任落实到岗位和人

头。定期组织安全检查，及时消除事故隐患，强化对事故源的监控。

2) 切实加强安全管理宣传、教育和培训工作。

加强对长期监护人员开展安全宣传、教育和培训，促使其提高安全防范意识，掌握预防和处置事故的技能。

3) 制定应急预案、事故应急求援关闭程序与恢复措施

制定可行的应急预案，规定应急状态终止程序，提出事故现场善后处理和恢复措施及邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施。

10.4.3 事故应急响应

1) 事故报警

事故发生后，第一发现人应立即就近发出警报，联络事故应急有关部门，说明事故情况及救援处理所需物资和帮助等。

事故应急指挥部接到报警后，立即组织事故抢险，奔赴事故现场；并及时上报当地政府，在地方政府指导下进行事故的进一步上报和处理。

2) 处理措施

(1) 首先，事故救援队派专人去尾渣库溃坝下游调查是否有伤亡或被困人员，如有，应积极组织救援工作；

(2) 对尾渣库周围居民点所在地进行环境氡、地表水、饮用水的环境监测工作，确保居民点的辐射安全。必要时，进行居民的暂时撤离。

(3) 对污染水体的底泥进行监测，如监测不合格，应将超标范围内的水体底泥进行清挖，并将清挖固体废物运至尾渣库堆存。

(4) 对尾渣库下泄环境污染范围进行界定，对土壤和农田的受污染范围在监测的基础上进行划定，对下泄的尾渣利用推土机、运输车辆等进行清理，并对污染的土壤进行清挖，清挖后土壤中 ^{226}Ra 小于 0.18Bq/g ，将尾渣尽可能集中到较小的范围内。

(5) 立即启动对尾渣库的修复工作，在尾渣库修复后，及时将下泄的尾渣运回尾渣库。

3) 应急结束

事故得到控制，消除危害后果，作好现场恢复。事故再次发生的隐患消除后，应急结束。应急指挥部和救援人员进行总结，并按照规定进行上

报。

10.4.4 事故应急监测方案

事故发生后，应在根据事故类型进行必要的应急环境监测，以掌握事故危害程度及对环境的影响程度，并进行事故评价，并将结果汇报当地政府的事故应急中心。

1) 大气环境监测

监测项目：氡及子体。

监测频次：事故发生后 1~2 小时 1 次，至事故消除。

监测点位：根据事故严重程度和尾渣滩面的大小，在下风向不同距离的居民区监测。

2) 水环境监测

监测项目： $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、pH 等。

监测频次：事故发生后每天 1 次，至事故消除。

监测点位：尾渣库下游河段、地下水监测井。

3) 其他监测

除上述监测外，运输事故时对的被污染地面 γ 吸收剂量率进行监测；尾渣库溃坝事故、尾渣库截渗墙及覆盖层失效事故时，应对影响范围内的地下水、水体底泥及土壤中的 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 。以上事故状态下，监测点位和监测频次根据事故程度及影响范围而定。

10.5 小结

通过以上分析可知，退役治理后发生事故的概率较低，在长期监护过程中首先应做好事故防范措施，确保设施安全稳定，再次要制定详细的事故应急计划，在事故发生时应立即采取事故应急措施，将事故危害降至最低。在确保事故防范措施和应急措施全部落实的情况下，本项目是可行的。

11 退役治理的环境管理与监测计划

11.1 环境管理机构

11.1.1 人员配置

本项目环境管理工作由中核北方铀业有限公司负责，公司总经理总体负责项目实施过程中的环境管理工作。项目现场设安全环保组，由退役治理工程项目部直接领导；安全环保组由总负责人 1 名及安全环保专（兼）职技术人员组成，具体负责现场环境保护和施工期环境监测相关事宜。

11.1.2 主要职责

- 1) 按照国家的环保政策，环境标准及环境监测要求，制定退役治理工程环境管理规章制度；
- 2) 编制退役治理工程施工及验收环境保护管理计划及监测计划；
- 3) 负责组织施工分包单位进场施工期的环境保护培训，宣贯退役治理工程环境保护管理计划，明确环保要求；
- 4) 组织施工期环境监测，联系具有相关资质的单位对需要外委监测的项目进行监测，并做好施工期环境监测记录；
- 5) 委托并配合具有相关资质的单位进行退役治理验收监测；
- 6) 建立退役治理项目施工环境保护档案。

11.2 监测计划

11.2.1 退役治理过程中监测

11.2.1.1 监测目的及原则

1) 监测目的

由于本项目的任务是治理和处置各类超出管理限值的源项，使其达到有限制或无限制开放使用的目的，因此在具体治理实施的过程中，需要有实时的监测手段作为工程实施的指导，并作为最终确定工程实施是否合格的依据。

2) 监测原则

施工监测的总原则为：边施工、边监测，监测结果指导施工。

在治理施工过程中，通过监测来确定治理的各类源项是否达到了设计的

退役深度（如：尾渣库的覆土厚度或废水排放沟、污染工业场地、污染道路、污染地面的清挖深度），以及选取的土源是否满足要求。如按原设计要求的工作程序已完成，而监测结果仍不满足其控制标准时，则仍需要继续进行治理，直到满足治理目标为止。

11.2.1.2 监测项目及布点

1) 土源的监测

本项目所用土源的 γ 辐射剂量率、氡析出率、土壤中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 含量均应控制在该区域的环境本底水平。

2) 清挖治理的监测

(1) 监测要求

废水排放沟、污染工业场地、污染道路、污染地面等清挖治理过程中的监测要求如下：

①达到设计清挖深度后，进行基底土壤中 ^{226}Ra 残留量的监测，当土壤中 ^{226}Ra 残留量均满足相应管理限值的要求时，即满足治理目标。

②达到设计清挖深度后，经监测若出现不满足管理限值要求的区域时，应对该区域补做铀镭垂直分布并查明原因以确定超挖深度，使最终达到治理目标和要求。

(2) 监测布点

土壤中 ^{226}Ra 残留量的监测，一般按 100m^2 取 1 个监测点，每处场地不少于 3 个点。

3) 覆盖治理的监测

(1) 监测要求

原地覆盖治理尾渣库过程中的监测要求如下：

①在按设计的覆盖层厚度进行覆盖并按要求分层夯实后，进行表面氡析出率的监测。

②如果表面氡析出率满足相应的管理限值，随即停止覆土。

③如果表面氡析出率不满足相应的管理限值，则继续覆土，每覆土 15cm 并夯实后进行一次表面氡析出率的监测，当监测结果均满足相应的管理限值要求时，方可停止覆土。

④如果发现存在异常点（现象）时，应注意查明原因做适当处理；需补做工程或增加覆盖厚度时，尚需小范围、小规模补充监测；监测应配合施工进度，及时给出监测结果。

（2）监测布点

表面氡析出率监测，一般按 400m² 取 1 个监测点，每处场地不少于 3 个点。

4) 尾渣库渗水处理的监测

在施工期间，对尾渣库渗水处理设施的排放口和排放口下游第一取水点进行取样监测。

（1）监测项目

水中的 U_{天然}、²²⁶Ra 浓度。

（2）监测位置

尾渣库渗水处理设施的排放槽、排放口下游第一取水点；

（3）监测频次

每槽废水均需进行监测，下游第一取水点 1 次/月。

11.2.2 施工期环境监测

根据《铀矿冶辐射防护监测规定》（GB23726-2009），相关规定本项目施工期环境监测方案如下：

对环境中各相关介质内有害物的浓度、水平进行监测，及时了解、掌握环境污染状况和污染变化趋势，并与对照点比较判断环境污染来源和可能造成的危害，同时可积累监测数据，为环境管理提供依据。

本项目施工期环境监测包括大气、地表水等常规介质的监测，监测计划见表 11.2-1。

表 11.2-1 施工期环境监测方案

监测对象	监测位置	监测频次	监测项目
空气	施工场界四周	1 次/季度	氡及其子体、TSP
陆地 γ	施工场界四周	1 次/半年	γ 辐射空气吸收剂量率
噪声	施工场界四周	1 次/半年	等效连续 A 声级
地表水	1) 753 矿排放口上游 500m 2) 排放口下游：完全混合段； 3) 第一取水点	1 次/半年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、 pH、Mn、 SO_4^{2-}

11.2.3 退役终态监测

11.2.3.1 监测对象

退役终态监测对象主要包括尾渣库渗水处理设施外排水、尾渣库、废水排放沟、污染工业场地、污染道路、污染地面。

11.2.3.2 监测项目

1) 尾渣库渗水处理设施外排水监测项目：排放口及其下游第一取水点处水中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、Mn 浓度及 pH。

2) 原地覆盖治理的尾渣库监测项目： ^{222}Rn 析出率。

3) 清挖治理的废水排放沟、污染工业场地、污染道路、污染地面监测项目： ^{226}Ra 含量

11.2.3.3 监测布点

1) γ 辐射剂量率的监测：通常按 100m^2 取 1 个监测点，每个场地的监测点数不少于 3 个；污染道路按 50m 取 1 个监测断面，每条道路的监测断面数不少于 3 个，每个监测断面取 1~2 个监测点。

2) 氡析出率的监测：通常按 400m^2 取 1 个监测点，每个场地的监测点数不少于 3 个。

3) 土壤中 ^{226}Ra 含量的监测：通常按 400m^2 取 1 个监测点，每个场地的监测点数不少于 3 个。污染道路按 50m~200m 取 1 个监测断面，每个断面 1~2 个点。

4) 尾渣库渗水处理设施排放口的水中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 浓度监测：处理设施排放口和排放口下游第一取水点各取 1 个监测点。

12 退役治理后的长期监护计划

12.1 长期监护的目的

本退役治理工程竣工验收后，其尾渣库为有限制开放使用。由于尾渣库中仍存有大量含放射性尾渣及其他固体废物，一旦受到自然因素或人为因素影响，可能造成尾渣及废物扩散，对周边环境造成影响；封堵后的井口，如果由于人为原因被打开，不但造成氡气外溢，还会带来误入、坠落等安全隐患。因此在其退役治理后，必须对其进行长期的监督维护和监测，以便及时对出现的影响安全和环境的隐患和问题进行治疗，确保尾渣库等设施的长期安全稳定，保护公众和环境安全。

本项目的性质属于军工铀矿采冶遗留放射性污染和破坏区域环境整治，生产期间的铀矿冶设施属于国防资产，产权归属国家所有。但自军工铀矿冶设施停止服役开始，该设施产权归属问题尚无明确规定。迄今为止，退役治理经费和长期监护工作均按照军工核设施退役及放射性废物治理项目管理，申报国拨资金支持。铀矿冶设施退役治理工程在移交前，监护责任暂由原生产及退役治理实施单位进行监督管理。

12.2 长期监护的要求

12.2.1 监护责任主体及职责

本项目退役治理完成后根据监护工作内容配置专（兼）职工作人员，负责退役治理设施的监护工作。监护人员的主要职责如下：

1) 做好各种退役治理文件资料的保管工作，有关资料包括生产简史、环境影响报告书、治理工程的设计文件、竣工验收报告，退役治理前后的环境监测报告以及维修记录等。这些资料作为档案长期保存。

2) 为保证和检验治理工程的质量，在实施后有 2~3 年的观察维修期，当发现损坏和质量不符合要求时进行维修和补救。

3) 有限制使用的设施及场地，在四周设置明显和坚固的永久标牌，标明工程名称、性质、年代和禁令。管理机构应对有限制使用区域进行定期监护，严禁在上面进行开挖的土建施工、放牧及耕种等。

- 4) 做好人员培训和监测工作，其监测工作由监护单位安防部门负责。
- 5) 定期检验各治理设施的完好性，必要时进行修复。
- 6) 制定事故应急计划，当发生人为侵扰和自然灾害事故时，能够迅速做出反应并采取相应的处置对策。
- 7) 负责将监测报告、维修记录报告及事故处置报告等上报。

12.2.2 长期监护工作内容

根据本项目监护对象的特征，监护工作内容主要为两项，第一项为巡视监护，第二项为辐射安全监测。

巡视监护是定期对 753 矿井口、尾渣库的稳定性、完好性进行巡视检查，发现隐患及时排除，发现较大损毁事故及时上报，并形成现场巡视的影像资料和文字记录。

辐射安全监测是对上述巡视设施进行日常监测和定期监测，目的主要是为了及早发现和获取可能发生污染与危害的征兆，确保工程的安全稳定，及时发现问题，解决问题，防止对环境及周围公众产生有害影响。

本项目长期监护对象及内容情况见表 12.2-1。

表 12.2-1 项目长期监护对象及内容

序号	设施类型	设施数量	主要监护内容	监护方式
1	尾渣库	1 座	1) 拦渣坝体及护坡； 2) 滩面覆氮抑制层、防侵扰层和植被层等； 3) 排洪设施等。	巡视监护 和辐射监测
2	井口	4 个井口	1) 井口封堵墙； 2) 井口覆土；	

12.2.3 巡视监护方案

1) 尾渣库巡视监护方案

(1) 对尾渣库的排洪设施进行检查，发现工程遭到局部破坏时及时修复。

(2) 对尾渣库的覆盖层，每年必须进行施肥、补种。同时设置警示标志，防止人误入破坏植被。

(3) 每年对尾渣库的坡面、挡墙进行维护和保养，确保其长期安全稳定。

(4) 对植被进行养护，旱季进行浇水，雨季进行防洪，对生长不好的地

方进行施肥养护，对覆土表面植草定期进行修整，达到整齐的外观效果。

2) 井口巡视监护方案

(1) 封堵设施是否完好，井口有无打开、是否有人为破坏的痕迹，出现破损应及时进行修补；

(2) 表层植被是否完好，定期进行补播并防治病虫。

3) 巡视监护频率

(1) 尾渣库巡视监护频率

①本项目所需监护的尾渣库监护频次的要求为 1 次/天。

②在暴雨（设施所处地区 24 小时内降水量超过 50mm）、地震（地震烈度达到 5 度以上）后，应立即去现场巡查。

(2) 井口巡视监护频率

井口监护频率每月至少 1 次。

12.2.4 辐射监测方案

1) 监测内容

对尾渣库的 γ 辐射剂量率、氡析出率等进行监测，发现问题及时补救。

2) 监测布点

(1) 日常巡视监测

日常巡视过程中主要对尾渣库的 γ 辐射剂量率监测，重点对其开裂受损、风蚀、雨蚀较明显、覆盖层厚度减少的部位进行监测，其他无明显变化的部位可根据具体情况进行抽测。每个监护设施的监测点位数不少于 5 个。

(2) 定期监测

^{222}Rn 析出率原则按 40m×40m 网格布点， γ 辐射剂量率原则按 20m×20m 网格布点。

3) 监测频率

(1) 日常巡视监护

对尾渣库等设施进行日常不定期巡视，监护人员在监护过程中随身携带 X- γ 剂量率仪，根据现场监护设施的具体情况随时进行测量。一旦发现有超出限制使用范围的情况，应马上制止。

(2) 定期监测

定期监测需要相关资质的单位进行监测。按照《铀矿冶辐射防护监测规

定》(GB23726-2009)中的监测频次规定:“竣工验收后前 2 年监测频次为 1 次/a,以后每年降低监测频次”,因此本项目完成退役竣工验收后,前两年监测频次为 1 次/a,之后每隔两年监测 1 次,每隔 5 年申请一次退役治理长期监护工程。

13 结论

13.1 结论

13.1.1 项目基本情况

本项目为中核北方铀业有限公司 753 矿退役治理工程。项目地点位于位于下马塘镇金家村附近。退役治理范围为 753 矿矿区范围内的全部铀矿采冶设施及周边污染环境,包括尾渣库 1 座、堆浸渣堆 7 个、污染设备 149 台(件)、污染管线 15847.4m、废弃木材 71m³、废弃金属 50t、污染构筑物 106 座、井口 4 个、废水排放沟 1 条、污染工业场地 10 处、污染地面 1 处、污染道路 1522.54m。此外,由于退役尾渣库覆盖治理完成后,仍有渗水流出,需对尾渣库渗水长期收集,治理达标后排放。

13.1.2 环境质量现状结论

根据环境质量现状监测结果,753 矿周围的贯穿辐射剂量率、大气中氡及子体浓度、底泥和土壤中的镭含量、地下水中核素浓度与建矿前本底水平相当;溶胶监测结果与对照点相当。各监测河段的 U_{天然}、²²⁶Ra、²¹⁰Pb、²¹⁰Po,等核素及总 α 浓度均较低。生物样品中放射性核素含量满足 GB14882-94 相关限值的要求。大气、地表水、声环境、土壤、地下水中的各项非放指标均满足相应的环境质量标准要求。

13.1.3 源项调查结果

753 矿退役治理范围为 753 矿矿区范围内的全部铀矿采冶设施及周边污染环境,包括尾渣库 1 座(尾渣 29.50 万 t、废石 16.56 万 t)、堆浸渣堆 7 个(堆浸渣 7854t)、污染设备 149 台(件)、污染管线 15847.4m、废弃木材 71m³、废弃金属 50t、污染构筑物 106 座、井口 4 个、废水排放沟(长 230.08m)、污染工业场地 10 处(污染面积 56148.73m²)、污染地面 1 处(污染面积 8324.91m²)、污染道路 1522.54m(污染面积 8773.02m²)。

13.1.4 治理方案可行性结论

13.1.4.1 退役治理方案

1) 尾渣库及尾渣库渗水

尾渣库在容纳了退役治理过程中清挖的污染物后,以拦渣坝为基础采用

上游法堆积筑坝，并对堆积坡面及滩面进行覆盖治理。治理方案包括：增设拦渣坝浆砌石护坡、清挖污染物堆积筑坝、尾渣坝坡及滩面覆盖治理、打设塑性混凝土截渗墙、新建截洪沟及排水沟、新建防护围栏和坝体观测设施等。

由于尾渣及其下部相对透水层孔隙内的渗水疏干需要一定时间。因此本退役项目验收后仍需保留尾渣库渗水处理设施用于治理尾渣库渗水，以确保渗水治理后达标排放，

2) 堆浸渣堆

对堆浸渣进行清挖卸堆，运至尾渣库，经拌石灰中和后，集中处置。遗留场地清挖覆盖处理。

3) 井口

竖井治理方案为：在井口按 45° 的坡度要求进行扩帮，保证距离井口 5m 处的扩帮量为 0.5m，然后布置钢轨，铺设钢板，再设置一道钢筋混凝土板，回填 3.5m 厚废石，最后覆土 1m 并植被。扩帮工作必须保证钢轨、钢板以及钢筋砼板均可以支持在稳固的岩石上。应在钢筋砼板达到承载强度以后开始回填废石及覆土。废石及覆土应分层铺设，保证废石及覆土充分压实。

斜井治理方案：在斜井口往里约 15m 处，岩性较稳固处砌筑第一道墁入底板和两侧 0.2m 深的砼墙，墙厚 0.8m；在硐口附近砌筑第二道 0.8m 厚的砼墙，两墙之间用废石填满，然后覆土掩埋硐口，夯实并种草植树。

4) 污染工业场地

对于井口工区场地、水冶工业场地，拆除工业场地上层的水泥混凝土面层后，彻底清挖废石、废渣及下部污染土，将全部污染物运至尾渣库集中治理；对于回风井工业场地，清挖污染物后就近回填至回风井内。最后，对清挖后的原址进行场地平整，并种草植树以恢复植被，治理后达到无限制使用深度。

5) 污染地面

彻底清挖污染地面的污染物，将全部污染物运至尾渣库集中治理。由于该处污染地面坡高、坡陡，为防止水土流失，边坡采用土工格室护坡进行防护。然后对原址进行场地平整，种草、植树以恢复植被，治理后达到无限制使用深度。

6) 污染道路

本项目拟拆除现有路面，通过监测彻底清挖污染道路的污染物，将清挖污染物运往尾渣库集中治理。

7) 排水沟及两侧污染土壤

清挖拆除废水排放沟及两侧污染土，将污染物运至尾渣库进行集中处置。

8) 污染设备管线及材料

金属材质拆除解体、去污处理后，运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心熔炼去污处置；非金属设备、管线经人工拆除、解体后，运至尾渣库集中处置。

9) 污染构筑物

拆除整治，拆除后建筑垃圾运至尾渣库；治理后原址场地覆土植被、恢复自然地貌。

13.1.4.2 可行性分析

1) 尾渣库及渗水处理设施

753 矿尾渣库退役治理工程实施后，表面氡析出率低于《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）管理限值要求；覆土植被可有效改善区域生态环境；尾渣库防洪安全性、坝体稳定性均满足《核工业铀水冶厂尾矿库、尾渣库安全设计规范》（GB50520-2009）要求；覆盖层可有效抵御水力冲刷、自然侵蚀及动植物侵扰，可确保长期安全稳定；另外，尾渣库退役治理后为有限制开放使用场所，库区周围新建防护围栏与外界隔离，可有效减少外界侵扰，降低尾渣库退役治理设施受到人为破坏的几率。综上所述，本项目采取的尾渣库退役治理方案是可行的。

本项目尾渣库渗水处理设施目前处于维持运行状态，通过采取渗出液储池加装顶棚、更换老化设备、定期维修维护等措施，可以有效确保设施在退役治理工程实施期间及完工后一定时期内安全稳定运行，

2) 堆浸渣堆

堆浸渣堆清挖后，堆浸厂房作为污染建筑物进行退役治理，厂房所在区域作为污染工业场地进行退役治理，有利于退役治理工作的顺利开展；另外，堆浸渣堆运至尾渣库集中处置符合污染物集中处置原则及相关管理规定要求，因此措施可行。

3) 井口

井口采用两道砼墙封堵，中间废石充填，砼墙稳定性好，不易被破坏，且对氡的屏蔽效果好，该方法在以往铀矿冶退役治理中被广泛采用，施工技术成熟可靠，多年的退役实践证明，该方案可操作性强、长期安全稳定性高，对于防止人为破坏以及杜绝人畜误入、坠落等安全事故的发生，治理效果较明显，治理方案可行。

4) 工业场地

本项目 3 处工业场地全部采用清挖、迁移污染物的治理方案，其中井口工区场地和水冶工业场地清挖污染物运至尾渣库集中处置，回风井工业场地清挖污染物就近回填至回风井内，符合污染物集中处置、就近处置、最小化、减量化等处置原则。清挖后的工业场地达到无限制开放使用深度。

5) 污染地面

清挖治理施工难度低，清挖污染物集中处置减少了污染占地范围，施工过程中边清挖边监测，可确保污染土彻底清除，达到无限制开放使用深度，清理后的场地平整植被，有利于区域生态恢复，因此，治理方案可行。

6) 污染道路

本项目通过边监测边清挖的方式将污染道路污染物彻底清除，对于不再作为道路使用的路段进行覆土植被，有利于区域生态恢复；对于继续使用的路段铺设一定厚度的混凝土路面，防止雨季路面泥泞不便通行；挡土墙的设置可防止边坡垮塌；治理后的道路均能达到无限制开放治理深度。综上，本项目污染道路采用的治理方案可行。

7) 排水沟及周边污染土壤

污染物清挖是最直接有效的治理污染的方法，污染排洪沟底部和两侧清挖深度根据其污染程度确定，并且在治理施工过程中要求边施工边监测，清挖直到满足管理限值要求为止；清挖后的排洪沟恢复重建，满足其使用功能；清挖出的污染物运至尾渣库集中处置，符合废物集中处置原则。因此，废水排放沟的治理方案是可行的。

8) 污染设备管线

本项目对污染设备、管线、材料进行分类处置。对于金属材质污染物，

经人工拆解、物理去污后运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心熔炼，一方面，经拆解的污染物体积较小，便于运输，另一方面，物理去污可以减少运输过程放射性污染的扩散，熔炼去污后的金属可进行再利用，符合废物再生利用的原则；对于非金属材质污染物，拆解后运至尾渣库集中处置，减小了污染区域范围，符合污染物集中处置原则。

9) 污染构筑物

建筑物存在不同程度的污染，由于疏于管理和维修，大部分已破旧不堪、门窗残缺不全，失去利用价值，因此，本项目通过人工铲刮及吸尘器等电动工具对表面进行去污吸尘，尽量防止污染物扩散；然后将污染建筑物全部拆除，拆除过程中采用水雾降尘，减少粉尘飞扬；拆除后的构筑物运至尾渣库集中处置，减小了污染区域范围，符合污染物集中处置原则。综合以上分析，本项目对污染构筑物采用的治理方案是可行的。

13.1.5 辐射环境影响评价

1) 退役治理前辐射环境影响评价

753 矿退役治理前气载源项为尾渣库、堆浸渣堆、污染工业场地、污染道路等；液态源项为尾渣库渗出处理设施排水。

退役治理前主要影响为气载途径，地表水途径造成影响非常小。退役治理前 20km 范围内的关键居民组为评价中心 N 方位、0.62km 处的金家村，公众最大个人剂量值为 0.0191mSv/a；评价区域 20km 范围内无人子区潜在最大个人剂量为 0.0769mSv/a，出现在评价中心 NNE 方位、0~1km 处；评价区域 20km 范围内居民产生的集体剂量为 0.0397 人·Sv/a。主要由气载放射性流出物所致，关键途径为吸入内照射，关键核素为 ^{222}Rn 。

2) 退役治理过程中辐射环境影响结论

在退役治理过程中，本项目产生的气态源项与治理前变化不大，液态源项与治理前相比没有变化，退役治理过程中气态源项和液态源项对公众的影响与退役治理前相比基本处于同一水平。

3) 退役治理后辐射环境影响评价

753 矿退役治理后气载源项为尾渣库，液态源项为尾渣库渗出处理设施排水。

退役治理后主要影响为气载途径,地表水及地下水途径造成影响非常小。退役治理后 20km 范围内的关键居民组为评价中心 WNW 方位、0.69km 处的金家堡子,公众最大个人剂量值为 $2.67 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$; 评价区域 20km 范围内无人子区潜在最大个人剂量为 $7.23 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$,出现在评价中心 WNW 方位、0~1km 处; 评价区域 20km 范围内居民产生的集体剂量为 0.00694 人·Sv/a。主要由气载放射性流出物所致,关键途径为吸入内照射,关键核素为 ^{222}Rn 。

13.1.6 公众参与结论

中核北方铀业有限公司在本报告编制期间,共开展两次公示,公示方式包括网上公式、现场张贴公式和报纸公式,两次公示期间均未收到公众意见反馈。项目退役治理过程中,将按照环保要求落实退役治理工程中的环境保护和生态恢复措施,加快实施进度,改善周边环境。

13.1.7 退役治理的监测计划和长期监护

在治理施工过程中,通过“边施工边监测”的方式来确定治理的各类源项是否达到了设计的退役深度(如:堆浸渣堆、工业场地、尾渣库的清挖深度或覆盖厚度),以及选取的土源是否满足要求。如按原设计要求的工作程序已完成,而监测结果仍不满足控制标准时,则仍需要进行治理,直到满足治理目标为止。根据《建设项目环境保护管理条例》规定,项目单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序,组织开展竣工环境保护验收。

本退役治理工程竣工验收后,其尾渣库为有限限制开放使用。需对其进行长期的监督维护和监测,以便及时对出现的影响安全和环境的隐患和问题,及时进行治疗确保尾渣库的长期安全稳定,保护公众和环境安全。铀矿冶设施退役治理工程在移交前,监护责任暂由原生产及退役治理实施单位进行监督管理。长期监护工作主要是长期的不定期巡视、清理与简单的故障排除。

13.1.8 环评总结论

综上所述,本项目为铀矿采冶设施退役治理工程。工程实施后,井口的安全隐患被消除,尾渣库、堆浸渣堆、污染工业场地等各类遗留设施源项均得到了不同程度的处置与治理,工程所在区域环境质量将得到较大程度的改善,公众所受剂量预测较退役治理前将有大幅降低。

尾渣库为本项目退役治理废物的集中收纳场所。退役治理过程中，通过修建砦截渗墙、表层覆盖、修建截洪沟及护坡等工程措施，确保库内收纳废物的安全、稳定。退役治理完成后，将对尾渣库进行长期监护。

因此，从环境影响评价角度来说，本项目的实施是可行的。

13.2 建议

1) 施工时，严格按照“边施工边监测，监测指导施工”的原则进行，对于覆土植被的地表设施，应注意其表面 γ 辐射剂量率和氡析出率的监测；对于清挖治理的设施，应注意其表面 γ 辐射剂量率和清挖基底土壤中 ^{226}Ra 含量的监测，保证治理均满足相应管理限值要求。

2) 现场注意文明施工，严格执行施工场地洒水抑尘措施，以降低作业场所粉尘产生量。运输过程中注意交通安全，严格按有关规定装运。

3) 退役治理完成后，继续做好尾渣库渗水处理设施的运行、维护，并定期对处理后的外排水进行监测，以确保达标排放。

4) 加强与环境保护主管部门沟通；施工中源项或治理方案发生重大变化，需及时上报相关环境保护主管部门。

附录一 气态途径辐射环境影响预测模式与参数

一、大气扩散模式

UAIR-FINE 软件大气扩散模式采用美国 EPA 开发、环保部推荐使用的 AERMOD 模型，该模型为基于新一代边界层理论的高斯扩散模型。

1、AERMET 气象预处理

AERMET 中，采用感热通量 H 来判别 PBL 的稳定度，对流或不稳定边界层， $H>0$ ；稳定边界层， $H<0$ 。对流边界层的尺度参数化使用： L 、 w^* 、 z_i 、 u^* ；稳定边界层的尺度参数化使用： L 、 θ^* 、 z_i 、 u^* 。

2、AERMAP 地形预处理

AERMAP 根据项目的实际地理位置及其所在区域网格化的地形 DEM 文件中的实际高程数据，计算得到各接受点的山体高度尺度 h_c 。获取各接受点的山高尺度 h_c 值后，计算烟羽流线分层高度（或称临界高度） H_c ，公式如下：

$$\frac{1}{2}u^2 \{H_c\} = \int_{H_c}^{h_c} N^2(h_c - z) dz$$

3、AERMOD 扩散模型

AERMOD 中既适用于 CBL 也适用于 SBL 的通用浓度公式为：

$$C\{x, y, z\} = (Q/u) p_y\{y, x\} p_z\{z, x\}$$

式中： Q —源强，即污染物单位时间排放量；

u —有效风速；

p_y 、 p_z —概率密度函数 pdf，分别表示横向和垂直方向的浓度分布。

1) 对流条件下 CBL 中的浓度

对于本项目来说，主要考虑地面直接源对下风向浓度的影响，其浓度计算公式为：

$$c_d\{x_r, y_r, z_r\} = \frac{Qf_p}{\sqrt{2\pi\bar{u}}} F_y \cdot \sum_{j=1}^2 \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\lambda_i}{\sigma_{zj}} \left[\exp\left(-\frac{(z - \Psi_{dj} - 2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + \Psi_{dj} + 2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) \right]$$

式中：

$$\Psi_{dj} = h_s + \Delta h_d + \frac{\bar{w}_j x}{u}$$

u —排气筒出口处风速；

F_y —考虑烟羽迂回的横向分布函数，
$$F_y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_v^2}\right);$$

 $j=1$ 或 2 ，分别代表上升和下沉部分。

2) 稳定条件下 SBL 中的浓度

$$c_s \{x_r, y_r, z\} = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\tilde{u}\sigma_{zs}} F_y \cdot \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[\exp\left(-\frac{(z-h_{es}-2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h_{es}+2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) \right]$$

式中： z_{ieff} —有效机械混合层高度；

h_{es} —烟羽高度（烟囱高度加烟气抬升高度）；

F_y —横向分布函数（有迂回）。

在机械混合层高度之上，湍流一般较弱，因此，烟羽的垂直混合也比较小。AERMOD 定义了一个有效机械混合层高度 z_{ieff} ，按下式限定烟羽反射的最大高度：

$$z_{ieff} = \text{MAX}[h_{es} + 2.15\sigma_{zs} \{h_{es}\}, z_{im}]$$

当 $z_r \geq z_{ieff}$ 时，不考虑有效反射面。

3) 污染物扩散过程中的衰减作用

本项目排放的污染物为放射性核素，在扩散过程中由于放射性衰变会造成核素浓度的衰减，其衰减作用公式如下：

$$D = \exp\left[-\psi \frac{x}{u_s}\right] \quad (\psi > 0)$$

$$\text{或 } D = 1 \quad (\psi = 0)$$

$$\psi = \frac{0.693}{T_{1/2}}$$

式中： ψ —污染物的衰减系数；

$T_{1/2}$ —污染物的半衰期，s。

4) 面源计算模式

对于面源，AERMOD 采用数值积分的处理方法，计算公式如下：

$$\chi = \frac{Q_A K V D}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-0.5\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]$$

式中： Q_A —面源释放率， $g/m^2 s$ ；

K —单位转换系数；

D—污染物衰减项；

σ_y —水平扩散系数，m；

σ_z —垂直扩散系数，m；

u_s —排放源高度处的风速，m/s；

V—垂直扩散项，与污染源高度、受体点高度、烟气抬升、混合层高度、重力沉降与干沉降等因素有关。

5) 复杂地形下的浓度计算

根据 AERMAP 计算得到的 H_c ，在 AERMOD 中将烟羽类型分为流过地形型和水平型两类烟羽，并获取两种类型烟羽各自所占的烟羽质量分数，烟羽高度、接受点所在地的海拔高度、以及 H_c 共同决定每一个烟羽类型所占的烟羽质量。 H_c 以下的烟羽质量分数 φ_p 按下式计算：

$$\varphi_p = \frac{\int_0^{H_c} C_T(x_r, y_r, z_r) dz_r}{\int_0^{\infty} C_T(x_r, y_r, z_r) dz_r}$$

式中 $C_T(x_r, y_r, z_r)$ 是在稳定条件下，没有山体时的浓度值。在对流条件下， $H_c=0$ ， $\varphi_p=0$ 。

烟羽权重函数 f 可表示为：

$$f = 0.5(1 + \varphi_p)$$

当烟羽全部位于 H_c 以下时， $\varphi_p=0$ ， $f=1.0$ ，此时浓度值决定于水平型烟羽。另一方面，当烟羽全部位于流线分层高度以上，或大气在中性或对流条件下， $\varphi_p=0$ ， $f=0.5$ 。

接受点的地面浓度即为这两类烟羽影响浓度的总和，这种复杂和平坦地形一体化处理的扩散公式如下：

$$C_T(x_r, y_r, z_r) = f c_{c,s} \{x_r, y_r, z_r\} + (1-f) c_{c,s} \{x_r, y_r, z_p\}$$

式中： $C_T(x_r, y_r, z_r)$ —为接受点总浓度值；

$c_{c,s} \{x_r, y_r, z_r\}$ —为水平型烟羽贡献的浓度值；

$c_{c,s} \{x_r, y_r, z_p\}$ —为流过地形型烟羽所贡献的浓度值（下标 c, s 分别表示对流条件下和稳定条件下）；

f —烟羽类型的权重函数，取决于流线分层高度 H_c 。

二、剂量估算模式

本项目剂量估算考虑的照射途径是吸入内照射，主要核素为气态的²²²Rn。

1、²²²Rn 及其子体

$$D_{Rn}^a = T \cdot C_{Rn} \cdot DF_{Rn}$$

式中： C_{Rn} —²²²Rn 浓度，Bq/m³；

T —受照时间，h，全年取 8760h；

DF_{Rn} —²²²Rn 及其子体剂量转换因子，取 $2.44 \times 10^{-6} \text{mSv/Bq h m}^{-3}$ 。

2、公众个人剂量

气载放射性核素在大气环境中对公众产生的个人总照射剂量为各照射途径所致剂量之和：

$$E = D_{Rn}^a$$

式中： D_{Rn}^a —吸入内照射剂量，Sv/a；

E —公众个人照射总剂量，Sv/a。

3、公众集体剂量

集体剂量估算与评价范围及评价范围内的人口数有关，计算公式如下：

$$S = \sum_{i=1}^{96} (E_i \times R_i)$$

式中： S —集体剂量，Sv·人/a；

E_i — i 子区的个人剂量代表值，Sv/a；

R_i — i 子区的人口数，人。

附录二 液态途径辐射环境影响预测模式与参数

假定河道内河流流场为定常流场，河道的铅垂方向污染物浓度均匀分布；在河道的横截面上，当离排放点距离大于 40 倍河宽时，横向均匀混合。在横向均匀混合前，横断面上的最大浓度随下游距离呈反比变化。根据以上的假设，排放口下游距离 X 处的浓度计算式如下：

一、水体中扩散模式

1、横向均匀混合前的浓度

$$C(x, y) = \frac{Q}{F} \left[1 + 2 \sum_{n=1}^8 \exp\left(\frac{-n^2 \pi^2 x k_y}{u B^2}\right) \cos \frac{n \pi Y_s}{B} \cos \frac{n \pi y}{B} \right] \exp\left(-\frac{3.17 \times 10^{-8} \lambda x}{u}\right)$$

式中：

$C(x, y)$ —核素的平均浓度，Bq/m³；

Q —核素排放率，Bq/s；

F —平均流量，m³/s；

$$F = F_r + F_0$$

F_r —河水流量，m³/s；

F_0 —废水排放流量，m³/s；

u —流速，m/s；

B —河宽，m；

Y_s —排放点离岸边距离，m；

λ —核素衰变常数，a⁻¹；

K_y —横向弥散系数，m²/s；

$$K_y = 0.6 U^* \cdot d = 0.6 d^{3/2} (gI)^{1/2}$$

式中：

$$U^* = \sqrt{gI}$$

d —河深，m；

g —重力加速度，m/s²；

I —水力坡度，无量纲。

2、横向均匀混合后的浓度

$$C(x) = \frac{Q}{F \cdot \sqrt{1+\alpha}} \exp\left[\frac{Xu}{2K_x}(1-\sqrt{1+\alpha})\right]$$

式中：

$$\alpha = 4 \times 3.17 \times 10^{-8} \lambda K_x / u^2$$

$$K_x = 0.011u^2 B^2 / U^* d$$

当 $\alpha \ll 1$ 时， $C(x) = \frac{Q}{F} \exp\left(\frac{-3.17 \times 10^{-8} \lambda u}{u}\right)$

3、考虑泥沙吸附后的水中核素浓度

对于泥沙吸附放射性核素所致的水体中的核素浓度，计算方法主要引用了 IAEA19 号报告。水体中核素浓度包括总核素浓度和水中溶解核素的浓度等两项。推荐在饮水途径时考虑水中溶解核素浓度、其它考虑总体浓度。

水中溶解核素计算公式如下：

$$C_{w,s} = \frac{C_{w,tot}}{1 + 0.001K_d S_s}$$

式中： S_s —悬浮沉积物的浓度， kg/m^3 或 g/L ；

0.001— K_d 从 L/kg 到 m^3/kg 的单位转换系数；

$C_{w,s}$ —水中溶解核素浓度（ Bq/L ）；

$C_{w,tot}$ —水质模型预测的水体中总浓度（ Bq/L ）。

分配系数 K_d (L/kg) 用于描述核素在溶解物和沉积物之间的物质交换，对于特定核素，其推荐值见表 1。

表 1 淡水 K_d 推荐值

核素	Pb	Po	Ra	Th	U
K_d (L/kg)	2.0E+04	2.0E+06	500	1.0E+04	50

二、液态途径剂量模式

1、食鱼内照射剂量

$$D_a^a = 10^{-3} C^w U_w^a B_a g_{Da} e^{-\lambda t_p}$$

式中： D_a^a — a 年龄组食入受污染鱼产生所致公众个人剂量， Sv/a ；

C^w —水中放射性核素浓度， Bq/m^3 ；

g_{Da} —食入剂量转换因子， Sv/Bq ，具体见表 2；

U_w^a — a 年龄组对受污染鱼的年摄入量， kg/a ；

B_a —核素由水到鱼（考虑淡水鱼）的浓集因子，L/kg，具体见表 3；

t_p —由收获至消费的时间，a，对于最大个人， $t_p=2.74 \times 10^{-3}a$ ，对于平均个人， $t_p=2.74 \times 10^{-2}a$ 。

表 2 食入剂量转换因子

核素	食入剂量转换因子 (Sv/Bq)			
	婴儿	幼儿	少年	成人
^{210}Pb	8.4E-06	3.6E-06	1.9E-06	6.9E-07
^{210}Po	2.6E-05	8.8E-06	2.6E-06	1.2E-06
^{226}Ra	4.7E-06	9.6E-07	8.0E-07	2.8E-07
^{230}Th	4.1E-06	4.1E-07	2.4E-07	2.1E-07
^{234}U	3.7E-07	1.3E-07	7.4E-08	4.9E-08
^{238}U	3.4E-07	1.2E-07	6.8E-08	4.5E-08

表 3 淡水鱼浓集因子

核素	^{210}Pb	^{210}Po	^{226}Ra	^{230}Th	^{234}U	^{238}U
B_a (L/kg)	300	50	50	100	10	10

2、水体浸没外照射

因划船或游泳受到的外照射剂量为：

$$D_B = 3.15 \times 10^7 M_p C^w U_a^p g_B$$

式中： D_B —游泳或划船所致年待积有效剂量，Sv/a；

U_a^p —a 年龄组的个人游泳或划船的年时间份额，h/a；

M_p —源和接受体的几何形状校正因子，对游泳， $M_p=1$ ，对划船， $M_p=0.5$ ；

g_B —水体浸没外照射剂量转换因子，(Sv/s) / (Bq/m³)，见表 4。

表 4 水体浸没外照射剂量转换因子

核素	水体浸没剂量转换因子 (Sv/s) / (Bq/m ³)
^{210}Pb	1.31E-19
^{210}Po	9.03E-22
^{226}Ra	6.95E-19
^{230}Th	3.94E-20
^{234}U	1.75E-20
^{238}U	7.95E-21

3、岸边沉积外照射剂量

放射性废水向江河排放造成的岸边放射性沉积物外照射剂量为：

$$D_B^s = 7.96 \times 10^8 C^w U_a^s W g_B^s \frac{1 - e^{-\lambda_e t_b}}{\lambda_e^s}$$

式中： D_B^s —岸边沉积外照射所致年有效剂量，Sv/a；

C^w —水中放射性核素浓度，Bq/m³；

U_a^s —a 年龄组的个人在岸边消耗的年时间份额，h/a；

W —描述照射几何学的岸宽因子，河岸取 0.2；

g_B^s —岸边沉积外照射剂量转换因子，与地表沉积外照射转换因子相同，(Sv/s) / (Bq/m²)，具体见表 5；

λ —核素衰变常数，a⁻¹，具体见表 6；

t_b —沉积物受水污染的时间，a。

表 5 岸边沉积外照射剂量转换因子

核素	岸边沉积剂量转换因子 (Sv/s) / (Bq/m ²)
²¹⁰ Pb	2.48E-18
²¹⁰ Po	8.29E-21
²²⁶ Ra	6.44E-18
²³⁰ Th	7.50E-19
²³⁴ U	7.48E-19
²³⁸ U	5.51E-19

表 6 核素衰变常数

核素	半衰期 T _{1/2} (a)	衰变常数 (d ⁻¹)
²¹⁰ Pb	2.23E+01	8.51E-05
²¹⁰ Po	3.78E-01	5.02E-03
²²⁶ Ra	1.60E+03	1.19E-06
²³⁰ Th	7.70E+04	2.47E-08
²³⁴ U	2.44E+05	7.78E-09
²³⁸ U	4.47E+09	4.25E-12

4、农产品食入内照射剂量

$$D_D^a = g_{Da} \sum U_a^p C^p$$

式中： D_D^a —a 年龄组食入受污染农产品所致公众个人剂量，Sv/a；

g_{Da} —食入剂量转换因子, Sv/Bq, 具体见表 2;

U_a^p —a 年龄组受污染农产品的年摄入量, kg/a;

C^p —受污染农产品中核素浓度, Bq/kg, 计算公式为

$$C^p = d \frac{B_v [1 - \exp(-\lambda_e^s t_b)]}{P \lambda_e^s} \exp(-\lambda t_h) \times \text{干重比例}$$

式中: d —灌溉水的沉积速率, Bq/

($m^2 a$), $d = C^w I$, I 为农作物平均灌溉率, $m^3 / (m^2 a)$;

B_v —农作物转移系数, 具体见表 7;

P —土壤有效表面密度, $260 kg/m^2$ 干土;

λ —核素衰变常数, d^{-1} , 具体见表 6;

λ_e^s —核素衰减速度, 取 $2.7E-05 d^{-1}$;

t_b —核素沉积时间, d;

t_h —饲料贮存时间, d。

表 7 农产品转移系数

植物 \ 核素	^{210}Pb	^{210}Po	^{226}Ra	^{230}Th	^{234}U	^{238}U
水稻	8.4E-03	1.3E-02	8.7E-04	1.6E-04	2.43E-04	2.43E-04
小麦	1.1E-02	2.4E-04	1.7E-02	2.1E-03	6.2E-03	6.2E-03
谷物	1.1E-02	2.4E-04	1.7E-02	2.1E-03	6.2E-03	6.2E-03
蔬菜	8.0E-02	7.4E-03	9.1E-02	1.2E-03	2.0E-02	2.0E-02
水果	1.0E-01	2.0E-04	4.0E-02	5.0E-04	2.0E-03	2.0E-03
干饲料	1.6E-02	1.2E-01	1.7E-01	2.6E-03	1.5E-02	1.5E-02

5、动物产品食入内照射剂量

$$D_D^a = g_{Da} \sum U_a^a C^A$$

式中: D_D^a —a 年龄组食入受污染动物产品所致公众个人剂量, Sv/a;

g_{Da} —食入剂量转换因子, Sv/Bq, 具体见表;

U_a^a —a 年龄组受污染动物产品的年摄入量, kg/a;

C^A —动物产品中核素浓度, Bq/kg, 计算公式为

$$C^A = F_A [C^F Q_F + 10^{-3} C^w Q_w] e^{-\lambda t_s}$$

式中: F_A —由水或饲料向动物产品的转移系数, d/kg, 具体见表 8;

C^F —受污染的动物饲料中核素浓度, Bq/kg;

Q_F —动物对污染饲料的消耗量, kg/d;

C^w —动物饮水中的核素浓度，即污染河流中核素浓度， Bq/m^3 ；

Q_w —动物对污水的消耗量， kg/d ；

t_s —动物产品由屠宰到消费的时间， d 。

表 8 核素在肉、奶、蛋中的转移份额

核素 动物产品	^{210}Pb	^{210}Po	^{226}Ra	^{230}Th	^{234}U	^{238}U
蛋	9.9E-04	3.1	0.2E-04	0.3E-05	1.1	1.1
奶	3.3E-04	2.3E-04	5.1E-04	2.9E-03	2.9E-03	2.9E-03
牛肉	9.3E-04	9.3E-04	1.7E-03	3.5E-04	4.2E-04	4.2E-04
羊肉	9.3E-04	9.3E-04	1.7E-03	3.5E-04	4.2E-04	4.2E-04
家禽肉	9.9E-04	2.4	9.9E-04	1.0E-02	0.75	0.75
猪肉	9.9E-04	9.9E-04	9.9E-04	1.0E-02	4.4E-02	4.4E-02

6、公众个人剂量

液态照射途径所致公众个人总照射剂量为各照射途径所致剂量之和：

$$D = D_a^a + D_B + D_B^s + D_D^a$$

式中： D —液态途径所致公众个人剂量， Sv/a ；

D_a^a — a 年龄组食入受污染水生生物所致公众个人剂量， Sv/a ；

D_B —游泳或划船所致公众个人剂量， Sv/a ；

D_B^s —岸边沉积外照射所致公众个人剂量， Sv/a ；

D_D^a — a 年龄组食入受污染农产品和动物产品所致公众个人剂量， Sv/a 。

7、公众集体剂量

各子区公众集体剂量为：

$$S = \sum_{i=1}^7 D_i \times R_i$$

式中： S —各子区所有液态照射途径所致集体剂量， $Sv \cdot 人/a$ ；

D_i —各子区 i 照射途径所致公众个人剂量， Sv/a ；

R_i —各子区 i 照射途径影响的人口数，人

环 评 委 托 书

中核第四研究设计工程有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，现委托贵单位承担《中核北方铀业有限公司 753 矿退役治理工程环境影响报告书》的编制工作，请根据国家法律法规要求尽快开展相关工作。

特此委托。



辽宁省生态环境厅

辽环综函〔2020〕477号

辽宁省生态环境厅关于中核北方铀业有限公司 753 矿退役治理工程环境影响评价 执行标准的复函

中核北方铀业有限公司：

你单位《关于确认“中核北方铀业有限公司 753 矿退役治理工程”环境影响评价执行标准的申请函》（北铀司函〔2020〕4号）收悉。经研究，原则同意该项目在环境影响评价中采用下列环境质量标准：

一、气环境质量

环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准。

二、水环境质量

地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅱ类标准。

地下水环境质量执行《地下水质量标准》（GB/T14848-93）中Ⅲ类标准。

三、声环境质量

声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。

四、土壤环境质量

土壤环境质量执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中农用地土壤污染风险筛选值。

请你单位依据上述环境质量标准，按照国家和地方有关规定及项目的排污情况，执行相应的污染物排放标准和辐射环境标准。



（此件公开发布）



检测报告

编号：2019HYYFX-00990

项目名称：七五三矿退役治理工程环境影响评价监测

委托单位：中核北方铀业有限公司

检测对象：空气、水样、生物、声环境和土壤

检测类别：委托检测

签发

吴子杰

审核

王明

编制

马宁



中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

签发日期：2019年12月30日

注意事项



1. 原始记录在本中心只保存六年。
2. 报告无检测专用章无效。
3. 复制报告未重新加盖检测专用章无效。
4. 报告无签发人签字无效。
5. 对报告若有异议，应于收到报告之日起十五日内向本中心提出。
6. 报告仅对委托样品负责。

单位名称：中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

单位地址：北京市通州区九棵树 145 号

通讯地址：北京 234 信箱 102 分箱

邮政编码：101149

单位网址：www.fenxilab.com

联系人： 孙雪云 龚明明 李梁

电话：(010) 51674576、51674334 、51674270

传真：(010) 51674371

中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

委托单位	中核北方铀业有限公司	检测类别	委托检测
检测对象	空气和声环境	样品数量	24
收样日期	2019.7.3~2019.7.8	检测日期	2019.7.3~2019.7.8
检测结果汇总			
检测项目	检测方法	主要仪器设备	设备编号
天然贯穿辐射剂量率	GB/T 14583-93	γ 剂量率仪	FH40G+FHZ672E-10 031802+11461
氡浓度	GB/T 14582-93	测氡仪	RAD7 1914
噪声	GB 3096-2008	噪声测量仪	AWA5688/00302020
序号	样品 编号	检测结果(nGy/h)	
		γ 辐射剂量率范围	γ 辐射剂量率均值
1	六道沟	127~132	130
2	林家店	127~132	129
3	韩家堡子	123~128	126
4	金家堡子	124~132	128
5	对照点：下马塘镇	125~128	127
附加信息：天然贯穿辐射剂量率检出限为 10nGy/h。			
序号	样品 编号	检测结果(Bq/m ³)	
		氡浓度结果	氡浓度均值
6	六道沟(7.3)	11.5	11.0
7	六道沟(7.4)	10.8	
8	六道沟(7.5)	10.6	
9	林家店(7.3)	10.3	10.7
10	林家店(7.4)	10.8	
11	林家店(7.5)	10.9	
12	韩家堡子(7.3)	10.7	10.9
13	韩家堡子(7.4)	11.1	

14	韩家堡子(7.5)	10.8	
15	金家堡子(7.3)	11.8	
16	金家堡子(7.4)	14.3	12.8
17	金家堡子(7.5)	12.2	
18	对照点:下马塘镇 (7.3)	10.8	
19	对照点:下马塘镇 (7.4)	11.5	12.0
20	对照点:下马塘镇 (7.5)	13.8	

附加信息：氡浓度检出限为 3.7Bq/m³。

序号	样品 编号	检测结果 dB (A)	
		昼间等效连续 A 声级	夜间等效连续 A 声级
21	六道沟(7.3)	46.3	38.9
22	六道沟(7.4)	47.2	39.3
23	韩家堡子(7.3)	45.8	39.3
24	韩家堡子(7.4)	46.8	38.8

附加信息：等效连续 A 声级检出限为 15dB(A)。

中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

委托单位	中核北方铀业有限公司	检测类别	委托检测
检测对象	水样	样品数量	8
收样日期	2019.7.3~2019.7.8	检测日期	2019.7.9~2019.8.11
检测结果汇总			
检测项目	检测方法	主要仪器设备	仪器型号/编号
U、Cd、Mn	HJ 700-2014	质谱仪	NexION 350X/1401
²²⁶ Ra	GB11214-1989	氡钍分析仪	FD125/057

总 α	EJ/T 1075-1998	低本底 α/β 测量仪	LB6008/176014					
总 β	EJ/T 900-1994	低本底 α/β 测量仪	LB6008/176014					
pH	NY/T1121.2-2006	pH 酸度计	0107					
COD	GB/T5750.7-2006	滴定管	10mL/FX10-1					
^{210}Pb	EJ/T859-1994	低本底 α/β 测量仪	LB6008/176014					
^{210}Po	HJ 813-2016	α 能谱仪	15168912					
硫酸盐	GB/T 5750.5-2006	离子色谱仪	1861					
As	HJ 694-2014	原子荧光仪	2012-073					
序号	样品名称	样品编号	检测结果					
			U 天然 $\mu\text{g/L}$	^{226}Ra mBq/L	^{210}Po mBq/L	^{210}Pb mBq/L	总 α Bq/L	总 β Bq/L
1	地表水	金家沟河排放口上游 500m 处（对照点）	2.32	7.15	2.27	4.16	0.01	0.04
2	地表水	六道沟段	16.4	7.34	14.4	4.95	0.04	0.06
3	地表水	林家店段	23.8	7.08	3.99	4.51	0.07	0.11
4	地表水	金家沟河、细河交汇 处上游	2.75	7.15	5.14	4.66	0.02	0.05
5	地表水	金家沟河、细河交汇 点下游 200m 处	2.92	7.23	5.69	4.18	0.01	0.05
6	地下水	六道沟地下水	5.75	8.57	2.67	4.86	/	/
7	地下水	韩家堡子处井水	0.24	8.82	<0.48	4.79	/	/
8	地下水	金家检查站	0.88	8.67	0.55	4.89	/	/
序号	样品名称	样品编号	检测结果					
			As $\mu\text{g/L}$	硫酸盐 mg/L	Cd $\mu\text{g/L}$	pH	Mn $\mu\text{g/L}$	COD mg/L
1	地表水	金家沟河排放口上游 500m 处（对照点）	<0.2	83.6	<0.05	7.59	<0.05	1.26
2	地表水	六道沟段	<0.2	175	<0.05	7.98	3.18	1.36
3	地表水	林家店段	<0.2	211	<0.05	8.03	2.81	1.40

4	地表水	金家沟河、细河交汇处上游	1.46	61.7	<0.05	8.52	<0.05	1.88
5	地表水	金家沟河、细河交汇点下游 200m 处	1.28	65.1	<0.05	8.50	<0.05	1.87
6	地下水	六道沟地下水	<0.2	201	<0.05	8.10	4.75	/
7	地下水	韩家堡子处井水	<0.2	28.0	<0.05	8.17	1.52	/
8	地下水	金家检查站	<0.2	31.2	<0.05	8.35	<0.05	/
附加信息：水中 U _{天然} 、Mn、Cd、 ²²⁶ Ra、总 α、总 β、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po、COD、As、SO ₄ ²⁻ 、pH 的检出限分别为 0.04μg/L、0.05μg/L、0.05μg/L、7.0mBq/L、0.05Bq/L、0.05Bq/L、4.0mBq/L、0.48mBq/L、0.05mg/L、0.2μg/L、0.03mg/L、0.01。								

中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

委托单位	中核北方铀业有限公司		检测类别	委托检测
检测对象	生物		样品数量	5
收样日期	2019.7.3~2019.7.8		检测日期	2019.7.9~2019.8.11
检测结果汇总				
检测项目		检测方法	主要仪器设备	仪器型号/编号
U _{天然}		HJ 700-2014	质谱仪	NexION 350X/1401
²²⁶ Ra		GB 11713-2015	高纯锗多道 γ 谱仪	GMX50P4/55-TN51425A
序号	样品名称	样品编号	检测结果	
			U _{天然} mg/kg 鲜	²²⁶ Ra Bq/kg 鲜
1	植物	六道沟玉米	1.35	0.21
2	植物	林家店土豆秧	1.44	0.22
3	植物	下马塘玉米棒	1.29	0.21

编号：2019HYYFX-00990

4	动物	六道沟 公鸡	2.9	0.24
5	动物	下马塘 公鸡	3.3	0.23
附加信息：生物中 U 和 ^{226}Ra 检出限分别为 0.08mg/kg 鲜和 0.20 Bq/kg 鲜。				

中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

委托单位	中核北方铀业有限公司		检测类别	委托检测
检测对象	气溶胶		样品数量	2
收样日期	2019.7.3~2019.7.8		检测日期	2019.7.9~2019.8.11
检测结果汇总				
检测项目	检测方法		主要仪器设备	仪器型号/编号
U _{天然}	GB/T 14506.30-2010		质谱仪	NexION 350X/1401
总 α	EJ/T 1075-1998		低本底 α/β 测量仪	LB6008/176014
序号	样品名称	样品编号	检测结果	
			U _{天然} (ng/m ³)	总 α(mBq/m ³)
1	气溶胶	韩家堡子	0.69	2.21
2	气溶胶	下马塘镇	0.66	1.89
附加信息：气溶胶中 U _{天然} 和 ^{226}Ra 的检出限分别为 0.15ng/m ³ 和 0.12mBq/m ³ 。				

中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

委托单位	中核北方铀业有限公司		检测类别	委托检测
检测对象	土壤		样品数量	14
收样日期	2019.7.3~2019.7.8		检测日期	2019.7.9~2019.8.11

检测结果汇总								
检测项目		检测方法	主要仪器设备		仪器型号/编号			
Cd、Pb、Cr、Cu、Ni、Zn		HJ 700-2014	质谱仪		NexION 350X/1401			
As、Hg		HJ 694-2014	原子荧光仪		2012-073			
pH		NY/T1121.2-2006	pH 酸度计		0107			
²²⁶ Ra		GB 11713-2015	高纯锗多道 γ 谱仪		GMX50P4/55-TN51425A			
U _{天然}		HJ 700-2014	质谱仪		NexION 350X/1401			
序号	样品名称	样品编号	检测结果 (mg/kg)					
			Cd	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn
1	土壤	尾矿库西侧南	0.222	45.6	75.6	45.4	45.9	189
2	土壤	尾矿库东侧	0.194	73.8	164	98.4	63.0	228
3	土壤	堆浸厂西侧	0.214	68.4	105	58.2	53.5	232
4	土壤	堆浸厂东侧	0.151	4.75	4.38	3.72	2.87	11.9
5	土壤	主厂房后	0.234	46.2	92.6	66.0	44.0	201
6	土壤	排水沟旁	0.201	51.5	21.2	43.7	46.2	105
7	土壤	林家店	0.233	67.0	134	75.8	54.7	258
8	土壤	六道沟农田	0.420	102	201	95.4	113	266
9	土壤	下马塘镇	0.317	79.8	182	92.8	68.2	271
检测结果汇总								
序号	样品名称	样品编号	检测结果 (mg/kg)					²²⁶ Ra (Bq/kg)
			As	Hg	pH	U _{天然}		
1	土壤	尾矿库西侧南	5.80	<LLD	6.48	10.8	48.3	

2	土壤	尾矿库东侧	2.29	<LLD	7.01	15.0	144
3	土壤	堆浸厂西侧	7.56	<LLD	6.76	17.4	45.9
4	土壤	堆浸厂东侧	12.7	<LLD	5.47	9.0	149
5	土壤	主厂房后	12.8	<LLD	6.66	10.0	104
6	土壤	排水沟旁	22.6	<LLD	5.28	5.0	51.8
7	土壤	林家店	8.32	<LLD	8.52	11.0	61.7
8	土壤	六道沟农田	5.18	0.104	8.30	12.0	90.6
9	土壤	下马塘镇	13.1	<LLD	7.69	6.0	38.7
10	底泥	金家沟河排 放口上游 500	/	/	/	11.0	36.1
11	底泥	林家店段	/	/	/	10.0	56.4
12	底泥	六道沟	/	/	/	36.0	74.7
13	底泥	金家沟河与 细河交汇处 上游	/	/	/	5.0	31.7
14	底泥	金家沟河与 细河交汇点 下游 200 米	/	/	/	8.0	53.2
<p>附加信息：土壤中 $U_{\text{天然}}$、Cd、Pb、Cr、Cu、Ni、Zn、As、Hg、pH、的检出限分别为 0.2Bq/kg、0.013mg/kg、0.13mg/kg、0.03mg/kg、0.02mg/kg、0.02mg/kg、0.13mg/kg、0.02mg/kg、0.005mg/kg、0.01。</p>							

检测报告

编号：2019HYFXX-01418

项目名称：七五三矿退役治理工程环境影响评价监测

委托单位：中核北方铀业有限公司

检测对象：空气

检测类别：委托检测

签发

姜子明

审核

王小明

编制

马子

中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

签发日期：2019年12月30日

注意事项

1. 原始记录在本中心只保存六年。
2. 报告无检测专用章无效。
3. 复制报告未重新加盖检测专用章无效。
4. 报告无签发人签字无效。
5. 对报告若有异议，应于收到报告之日起十五日内向本中心提出。
6. 报告仅对委托样品负责。

单位名称：中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

单位地址：北京市通州区九棵树 145 号

通讯地址：北京 234 信箱 102 分箱

邮政编码：101149

单位网址：www.fenxilab.com

联系人：孙雪云 龚明明 李梁

电话：(010) 51674576、51674334 、51675354

传真：(010) 51674371

中核化学计量检测中心 核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

委托单位	中核北方铀业有限公司	检测类别	委托检测		
检测对象	空气	样品数量	30 个		
收样日期	2019.7.3~2019.7.5	检测日期	2019.7.3~2019.7.5		
检测结果汇总					
检测项目		检测方法	主要仪器设备	仪器型号	
氡子体		EJ/T 605-1991	氡子体连续监测仪	DHZM-II	
TSP		GB/T 15432-1995	颗粒物切割器	M-100	
序号	样品 编号	检测结果			
		氡子体($\mu\text{J}/\text{m}^3$)		TSP($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		结果	均值	结果	均值
1	六道沟(7.3)	0.084	0.081	178	174
2	六道沟(7.4)	0.080		183	
3	六道沟(7.5)	0.078		162	
4	林家店(7.3)	0.083	0.084	201	185
5	林家店(7.4)	0.087		158	
6	林家店(7.5)	0.081		196	
7	韩家堡子(7.3)	0.084	0.086	175	175
8	韩家堡子(7.4)	0.090		162	
9	韩家堡子(7.5)	0.084		188	
10	金家堡子(7.3)	0.096	0.092	208	217
11	金家堡子(7.4)	0.093		211	
12	金家堡子(7.5)	0.088		231	
13	对照点:下马塘镇(7.3)	0.084	0.089	296	285
14	对照点:下马塘镇(7.4)	0.089		284	
15	对照点:下马塘镇(7.5)	0.094		276	
附加信息: 空气中氡子体和 TSP 检出限分别为 $0.01\mu\text{J}/\text{m}^3$ 和 $0.005\text{mg}/\text{m}^3$ 。 以下空白。					

753 矿退役治理尾渣库覆盖土购土意向书

753 矿尾渣库退役治理覆盖用土拟从距离 753 矿 10 公里处的程家村前山堡子山脚取用，经过工程勘察，其土质和可取用土量均能满足要求。经过与土地承包人友好协商达成购土意向如下：

在 753 矿实施退役治理时，土地承包人负责办理取土的各种手续及与有关部门协调工作。土价为 30 元/m³（叁拾元/m³）（实方，销项税前，不含运费）。

1. 购土方北铀公司支付取土范围内的青苗补偿费用 2000 元/亩。

2. 北铀公司负责取土完成后的场地平整和植被恢复工作。

用土方：
中核北方铀业有限公司



土方提供方：

施长淮

日期：2017 年 10 月 22 日

