

密 级	——
版 次	A
本册编号	

西安中核蓝天铀业有限公司
龙江铀矿退役治理工程

环境影响报告书

西安中核蓝天铀业有限公司

二〇二五年九月



西安中核蓝天铀业有限公司
龙江铀矿退役治理工程

环境影响报告书



西安中核蓝天铀业有限公司



西安中核蓝天铀业有限公司
龙江铀矿退役治理工程

环境影响报告书



西安中核蓝天铀业有限公司

法人代表：杨军

通讯地址：陕西省西安市蓝田县工业园

邮政编码：710500

编制单位和编制人员情况表

项目编号	0xdjtm		
建设项目名称	西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程.		
建设项目类别	55—169铀矿开采、冶炼；其他方式提铀		
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）	西安中核蓝天铀业有限公司		
统一社会信用代码	91610122742816973G		
法定代表人（签章）	杨军		
主要负责人（签字）	苏建强		
直接负责的主管人员（签字）	苏建强		
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
刘晓超	05351343505130424	BH018503	刘晓超
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
詹乐音	第4、7、8、9、10章	BH018350	詹乐音
张云涛	第11章	BH018149	张云涛
葛佳亮	第12章	BH018159	葛佳亮
路晓卫	第1、2、3、5、6、13章	BH018158	路晓卫

前 言

西安中核蓝天铀业有限公司（以下简称“蓝天铀业”），其前身为中国核工业集团七九四矿，筹建于 1971 年，2004 年经过调整改革后，为国有独资企业单位，总部位于陕西省蓝田县。蓝天铀业下辖 5 座铀矿，分别为蓝田铀矿、陈家庄铀矿、高山寺铀矿、706 铀矿和龙江铀矿，其中高山寺铀矿完成了退役治理进入长期监护阶段，剩余铀矿均已停产闭坑，上述铀矿山均为我国核工业的发展做出了重要贡献。

龙江铀矿（原 510 一矿段铀矿床）位于四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县境内，原隶属于国营七九二矿。原七九二矿是铀矿冶联合单位，主体为 510 铀矿床和 519 水冶厂，始建于 1967 年，1982 年正式生产，1994 年全面停产闭坑。1995~2000 年开展了七九二矿退役治理前期工作，2001 年七九二退役治理工程正式开工，退役治理过程中考虑到 510 一矿段仍有相当数量铀资源未开发利用，利用原七九二矿 510 一矿段部分待退役治理设施和场地开展残矿回收工作，并将部分坑（井）口、露天采场废墟、废石场、工业场地、建（构）筑物等调出了七九二矿退役治理工程范围。七九二矿退役治理于 2020 年完成竣工环保验收，2022 年正式通过国防科工局验收并进入长期监护阶段。

2009 年蓝天铀业成立“龙江铀矿”，专门负责原 510 一矿段残矿回收工作。2011 年，蓝天铀业对龙江铀矿开展了技术改造，改造或建造部分生产设施，提高矿床的生产能力和铀资源回收率。随着铀资源的枯竭以及国家铀资源开采的战略调整改革，2016 年后龙江铀矿进入关停状态。

2019 年，国防科工局印发了《国防科工局关于中国核工业集团有限公司天然铀产能布局调整方案的批复》，同意龙江铀矿储量注销，将龙江铀矿列入待退役矿山。

目前，龙江铀矿遗留地表的有坑（井）口、废石场、堆浸场、工业场地、建（构）筑物、污染设备、尾渣库等，通过各种途径和方式向环境释放废气、废水，对周围环境和公众构成了潜在的危害。

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，蓝天铀业拟对龙江铀矿遗留的采冶

设施进行全面退役治理，并组织开展了源项调查工作。在此基础上，蓝天铀业委托中核第四研究设计工程有限公司编制了《西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程项目建议书》。2025 年 7 月 16 日，国防科工局以《国家国防科工局关于西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程项目建议书的批复》（科工二司〔2025〕527 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，蓝天铀业委托中核第四研究设计工程有限公司承担本项目的环评工作。接受委托后，评价小组于 2024 年 11 月赴现场进行踏勘，同时收集相关的工程和环境资料，并于 2025 年 9 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承担，蓝天铀业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。

目 录

1	总 论	1
1.1	项目基本情况	1
1.2	本项目与七九二矿退役治理的关系	2
1.3	退役原因和目的	5
1.4	退役治理范围和深度	6
1.5	编制依据	7
1.6	评价范围和子区划分	9
1.7	评价因子	13
1.8	评价控制指标及管理限值	14
1.9	环境敏感点及保护目标	18
1.10	产业政策、规划及“三线一单”符合性分析	19
2	区域环境概况	26
2.1	地理位置	26
2.2	地形地貌	26
2.3	地质概况	28
2.4	气候与气象	33
2.5	水文概况	38
2.6	土地和水体利用情况	40
2.7	生态和资源开发利用	42
2.8	自然灾害	47
2.9	人口分布	49
2.10	居民生活习性与饮食习惯	52
3	退役设施概述	55
3.1	退役设施概况	55
3.2	生产期间工艺及“三废”排放	58
4	环境质量现状	67

4.1	环境本底调查	67
4.2	环境现状调查方案	84
4.3	环境质量现状调查与评价	90
5	退役治理工程源项调查	102
5.1	源项调查范围及原则	102
5.2	源项调查监测方案	102
5.3	测量方法及仪器	104
5.4	监测质量保证	105
5.5	源项调查结果及治理项目	106
6	退役治理方案	148
6.1	退役治理目标和深度	148
6.2	制定治理方案的原则	149
6.3	治理方案	157
6.4	退役终态	227
6.5	退役废物管理	228
6.6	退役治理环境保护措施及其可行性论证	235
7	退役治理前环境影响评价	243
7.1	退役治理前源项	243
7.2	基本参数设置	244
7.3	退役治理前辐射环境影响剂量估算与评价	245
8	退役治理施工过程中的环境影响	255
8.1	施工过程中的辐射环境影响分析	255
8.2	施工过程中非放射性环境影响分析	267
8.3	施工过程中的环境保护防护措施	282
9	退役治理后环境影响评价	285
9.1	退役治理后源项	285
9.2	退役治理后环境影响剂量估算与分析	286
9.3	退役治理效果分析	297
10	事件环境影响分析	298

10.1	可能造成辐射环境影响的事件景象.....	298
10.2	事件情景分析.....	299
10.3	矿坑水处理设施失效事件后果预测.....	300
10.4	拦渣坝垮塌事件后果预测.....	302
10.5	事件防范及应急措施.....	305
10.6	小结.....	309
11	退役治理的监测计划.....	310
11.1	退役治理过程中监测.....	310
11.2	退役终态监测.....	317
12	退役治理后的长期监护计划.....	319
12.1	长期监护的目的.....	319
12.2	长期监护要求.....	319
13	结论与建议.....	323
13.1	结论.....	323
13.2	建议.....	331
附录 1：气载途径辐射环境影响预测模式与参数		332
附录 2：液态途径辐射环境影响预测模式与参数		336

附件

附件 1：环评委托书；

附件 2：《国家国防科工局关于西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程项目建议书的批复》（科工二司〔2025〕527 号）；

附件 3：阿坝藏族羌族自治州生态环境局《关于龙江铀矿退役治理工程环境影响评价执行标准的函》（阿州环函〔2024〕144 号）；

附件 4：若尔盖县人民政府《关于龙江铀矿退役治理工程建议的函》（若盖函〔2017〕262 号）；

附件 5：环境质量监测报告。

附图

附图 1：源项总体分布图；

附图 2：龙江铀矿退役治理源项详细分布图（羊肠沟部分）；

附图 3：龙江铀矿退役治理源项详细分布图（中长沟部分）；

附图 4：龙江铀矿退役治理源项详细分布图（牛棚沟部分）。

1 总 论

1.1 项目基本情况

项目名称：西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程。

项目性质：铀矿冶退役治理。

建设单位：西安中核蓝天铀业有限公司。

建设地点：四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县降扎乡境内。

项目投资：13360 万元。

退役治理周期：48 个月。

退役治理内容：龙江铀矿全部设施及污染周围环境，主要治理源项类型包括坑（井）口、废石场、堆浸场、工业场地、老尾渣库、104 露天坑尾渣库、污染设备管线、建（构）筑物、污染道路和溪沟等，本项目拟退役治理内容见表 1.1-1。

退役治理总目标：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改善，治理范围内公众健康得到保护。

表 1.1-1 本项目拟退役治理内容一览表

序号	源项类型	数量	备注
1	坑（井）口（个）	3	无水坑（井）口 2 个； 有水坑口 1 个。
2	废石场（个）	1	废石量：13.76 万 t。
3	堆浸场（个）	1	污染面积 5137m ² ； 尾渣已转运至 104 露天坑尾渣库内。
4	污染工业场地（处）	3	总污染面积 12999m ² ； 为采掘、破碎和水冶场地。
5	建（构）筑物（座）	66	污染建（构）筑物 26 座； 未污染建（构）筑物 40 座。
6	污染设备（台/套）	393	总重量 479.2t。
	污染管线（m）	5296	总重量 24.1t。
7	老尾渣库（座）	1	污染面积 4672m ² ； 尾渣已转运至 104 露天坑尾渣库内。
8	104 露天坑尾渣库（座）	1	堆存尾渣量 12.88 万 t。
9	污染道路（条）	2	总污染长度 4475m。
10	污染溪沟（条）	3	总污染长度 2300m。

1.2 本项目与七九二矿退役治理工程的关系

1) 七九二矿退役治理概况及龙江铀矿由来

(1) 退役治理前期工作

原七九二矿是我国第一座采用高温、高压浸出处理碱性矿石的铀矿，主要生产设施包括 510 铀矿床（一矿段、二矿段和三矿段）和 519 水冶厂。七九二矿 1982 年投产，期间重点对一矿段和三矿段铀矿进行开采和冶炼，1994 年全面停产后进入退役治理阶段。

2000 年，原国防科学技术工业委员会下发《关于核工业七九二矿退役治理工程可行性研究报告的批复》（科工计字〔2000〕868 号）批复了七九二矿退役治理工程。

同年，原国家环境保护总局下发《关于七九二矿退役治理工程环境影响报告书（可行性研究阶段）的批复》（环函〔2000〕417 号），批复了七九二矿退役治理工程的环境影响报告书。

上述批复的七九二矿退役治理工程范围：四川若尔盖县的 510 矿区（一矿段和三矿段）和甘肃迭部的 519 水冶厂。退役治理源项包括：坑（井）口 32 个、废石场 14 个、排矸道 2 个、露天采场废墟 2 个、尾矿库 1 座、地表探槽 14 条、工业场地 5 个，污染地面 2 处以及受污染的建筑物、设备管线和尾矿流槽等。

2001 年 3 月，七九二矿退役治理工程正式开工，进入全面实施阶段。

(2) 七九二矿残矿回收工作

2001 年~2003 年七九二矿退役治理施工过程中，考虑到一矿段仍有相当数量的铀矿储量，计划开展七九二矿残矿回收工作。

2005 年，原国防科学技术工业委员会印发了《关于做好核工业铀矿冶关闭破产企业残矿回收工作的通知》（科工二司〔2005〕509 号），批准了一矿段残矿回收工作。

同年，原国家环境保护总局下发《关于对 792 矿-510 矿床残矿回收工程环境影响报告书的批复》（环审〔2005〕789 号），同意 510 一矿段残矿回收工作。

上述批复的残矿回收工作将部分退役治理源项调出了七九二矿退役治理

范围，同时新建了堆浸场、尾渣库和矿石破碎浸出过滤生产线等。

由于残矿回收工作调出七九二矿退役治理工程范围的主要为 510 一矿段源项，具体包括：1#废石场、2#废石场、104 露天采场废墟、4#平硐口工业场地、4#坑口、2#坑口及通风井等、污水处理车间和受污染道路等。

残矿回收过程中，为堆浸场建设提供场地将 1#废石场中的废石运至 2#废石场集中管理，归拢为 1 处废石场；污水处理车间留作水冶生产设施处理堆浸后的浸出液；4#平硐口留作矿石和废石主要出口；受污染道路留作运矿道路。

2009 年，蓝天铀业成立“龙江铀矿”，专门负责原一矿段残矿回收工作。

（3）龙江铀矿技术改造工作

2010 年，蓝天铀业为提高龙江铀矿残矿回收生产效率，拟对龙江铀矿进行采冶技术改造；同年，国防科工局下发《国防科工局关于西安中核蓝天铀业有限公司 510 矿铀矿冶技术改造项目开展前期工作的批复》（科工计〔2010〕1766 号），同意开展龙江铀矿技术改造。

2011 年，原环境保护部下发《关于西安中核蓝天铀业有限公司 510 矿铀矿冶技改工程环境影响报告书的批复》（环审〔2011〕309 号），同意蓝天铀业开展 510 矿床技术改造工作。主要改造内容包括：510-2 矿段开拓、破损通风除尘改造、浸出过滤通风及自动化改造、吸附沉淀工艺流程改造等。

2012 年技术改造项目施工时，受到当地居民的强烈干扰而被迫停工。为缓解企地矛盾，根据原阿坝州国土资源局、原环境保护局《关于若尔盖县铀矿开采相关问题调查情况的报告》（阿州国土资〔2013〕47 号）的要求，蓝天铀业将老尾渣库及堆浸池内的尾渣全部挖运至原 104 露天采场废墟堆存。

（4）七九二矿退役治理工程验收工作

2020 年，七九二矿退役治理施工完毕，开展了竣工环境保护验收工作，编制了《七九二矿退役治理工程竣工环境保护验收监测报告》，形成了验收意见，竣工环境保护验收合格。

七九二矿退役验收监测报告及验收意见明确了验收范围，主要为残矿回收调出后所有治理源项；残矿回收调出的源项纳入《西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程》。

2022 年，七九二矿退役治理工程进行了工程总竣工验收，并验收合格。

自此，七九二矿退役有限制开放设施进入了长期监护阶段。

（5）龙江铀矿退役治理工作

龙江铀矿即七九二矿残矿回收工程，于 2016 年基本完成残矿回收任务，期间进行了系列改造，并新建了部分堆浸、水冶和尾渣库等生产设施。

2017 年，蓝天铀业正式启动源项调查、退役治理项目建议书编制等工作。

2019 年，国防科工局印发了《国防科工局关于中国核工业集团有限公司天然铀产能布局调整方案的批复》，同意龙江铀矿储量注销，将龙江铀矿列入关停待退役矿山。

2020 年，蓝天铀业为确保 104 露天坑尾渣库的安全稳定，开展了《104 露天坑尾渣库安全整治》工作，对该尾渣库边坡进行整治，修建了排水沟，并采用 C20 混凝土对滩面进行硬化处理等。

2021 年，矿坑水已上升至四中段附近，为最大程度减少矿坑水外流，蓝天铀业实施了《西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿矿坑水应急处理工程》，对坑道进行了简易封堵，并建设了矿坑水处理设施将渗出的矿坑水收集后处理达标排放至羊肠沟。

2025 年，国防科工局以《国家国防科工局关于西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程项目建议书的批复》（科工二司〔2025〕527 号）同意本项目立项。

2）龙江铀矿退役治理源项与七九二矿退役治理工程源项之间关系

综上所述，龙江铀矿即为七九二矿残矿回收工程遗留设施，包括了调出七九二矿退役治理范围的源项以及后续建设的生产设施。七九二退役治理调出源项与龙江铀矿退役治理源项对比情况详见表 1.2-1。

由该表可知，七九二矿退役治理调出的源项均纳入了龙江铀矿退役治理范围。

表 1.2-1 七九二矿退役治理工程调出源项与龙江铀矿退役治理源项对比表

序号	七九二矿退役治理 调出源项	龙江铀矿 退役治理源项	说明
1	1#废石场	废石场	残矿回收期间, 1#废石场中的废石运至 2#废石场集中管理, 归拢为 1 处废石场, 形成本项目废石场。
2	2#废石场		
3	104 露天采场废墟	104 露天坑尾渣库	残矿回收期间, 将尾渣运至 104 露天采场废墟, 形成了本项目 104 露天坑尾渣库。
4	4#平硐口工业场地	工业场地	4#平硐口工业场地建设了矿坑水处理设施, 形成了本项目采掘工业场地。
5	4#坑口、2#坑口及通风井	坑(井)口	4#坑口、2#坑口及通风井留作残矿回收设施, 形成了本项目四号平硐和回风斜井。
6	污水处理车间	建(构)筑物	污水处理车间留作水冶生产设施, 形成了本项目退役建(构)筑物中水冶车间。
7	污染道路	污染道路	受污染道路留作矿石、尾渣转运道路, 形成了本项目污染道路。
8	—	老尾渣库	残矿回收期间建设设施。
9	—	堆浸场	残矿回收期间建设设施。
10	—	污染溪沟	残矿回收期间尾渣转运、废水排放造成影响。

1.3 退役原因和目的

1.3.1 退役原因

本项目退役治理的龙江铀矿生产时期属于采冶联合铀矿, 产品为“111”, 停闭后的退役治理阶段, 属于资源枯竭终产关停、永久终止性善后治理、废物处置和环境整治工程。

龙江铀矿关停后, 在所属区域遗留了一定数量的采冶设施及污染源项, 其中坑(井)口有 ^{222}Rn 气逸出, 且有矿坑水流出, 对周围环境和公众造成潜在影响, 同时存在误入或坠入的安全隐患; 废石和尾渣 ^{222}Rn 析出率超出管理限值, 不断向外释放 ^{222}Rn 及其子体, 对当地环境构成了潜在的危害; 被污染的建(构)筑物、设备管线等若无人看管, 可能会被当地居民使用, 导致当地公众直接或间接受到辐射危害。因此, 亟须对其进行全面、有效的环境治理, 以

保护环境清洁和公众健康与安全。

1.3.2 退役治理目的

本项目退役治理最终目的是防止各类有害物流失，减少各类流出物排放，还当地一个优良的生态环境，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。具体如下：

- 1) 降低坑（井）口氡气外逸和废水外流所带来的危害，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) 保持废石、尾渣等处置设施的长期稳定，防止由于自然力或其他原因引起垮塌流失，造成环境污染事件，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，使退役治理各项指标满足国家和行业的相应标准；治理后的环境质量与公众安全，应满足国家和行业的各项规定、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改善。

1.4 退役治理范围和深度

1.4.1 退役治理范围

本项目退役治理范围为龙江铀矿全部设施及污染的周围环境，主要治理源项包括坑（井）口、废石场、堆浸场、工业场地、老尾渣库、104 露天坑尾渣库、污染设备管线、建（构）筑物、污染道路和溪沟等。

1.4.2 退役治理深度

本退役治理工程总体目标为对龙江铀矿进行退役治理，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改善。

本项目通过退役治理，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。对退役治理后达到有限制开放使用的场所或设施，按照有关规定进行长期监护。

各退役源项的治理深度见表 1.4-1。

表 1.4-1 各退役源项治理深度一览表

序号	源项类型	退役治理主要方法及目标	退役治理深度
1	有水坑口	有效封堵坑口，矿坑水不再外排，杜绝井下 ^{222}Rn 气的逸出，严禁随意打开。	有效封堵，保护环境和公众健康
	无水坑（井）口		
2	废石场	全部清挖治理，污染物全部运至新建的集中覆盖治理设施处置，治理后原址 ^{226}Ra 含量达到管理限值。	原址无限制开放使用
3	堆浸场		
4	污染工业场地		
5	老尾渣库		
6	污染道路		
7	污染溪沟		
8	建（构）筑物	拆除后受污染建筑垃圾运至尾渣库处置；未受污染的建筑垃圾回用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料。	处于受控状态
9	污染设备及管线	金属材质的送至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心（710 厂）进行熔炼处理、非金属材质的运至新建的集中覆盖治理设施处置。	
10	104 露天坑尾渣库	覆盖治理，表面氡析出率 $\leq 0.74\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。	有限制开放使用
11	集中覆盖治理设施	新建废物集中填埋场，作为废石、污染土和污染建筑垃圾处置场所，覆盖治理后表面氡析出率 $\leq 0.74\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。	有限制开放使用

1.5 编制依据

1.5.1 法律法规

- 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) 《中华人民共和国核安全法》2018 年 1 月 1 日；
- 5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》2022 年 6 月 5 日；
- 6) 《中华人民共和国大气污染防治法》2017 年 6 月 27 日修正；
- 7) 《中华人民共和国水污染防治法》2018 年 10 月 26 日修正；
- 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号），2021 年 1 月 1 日施行；
- 9) 《建设项目环境保护管理条例》2017 年 10 月 1 日；

- 10)《四川省环境保护条例(2017年修订)》2018年1月1日;
- 11)《四川省辐射污染防治条例》2016年6月1日;
- 12)《核安全与放射性污染防治“十三五”规划及2025年远景目标》(国函〔2017〕29号)2017年3月23日;
- 13)《四川省“十四五”生态环境保护规划》(川府发〔2022〕2号)2022年1月12日;
- 14)《阿坝藏族羌族自治州“十四五”生态环境保护规划》(阿府发〔2022〕7号)2022年4月1日;
- 15)《若尔盖县“十四五”生态环境保护规划》(若府发〔2022〕2号)2022年1月20日;
- 16)《四川省人民政府关于落实生态环境保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的通知》(川府发〔2020〕9号),2020年6月28日。

1.5.2 标准规范

- 1) 技术导则类标准
 - (1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016);
 - (2)《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018);
 - (3)《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016);
 - (4)《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018);
 - (5)《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021);
 - (6)《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022);
 - (7)《环境影响评价技术导则 铀矿冶退役》(HJ 1015.2-2019);
 - (8)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);
 - (9)《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》(GB14586-1993);
 - (10)《铀矿冶辐射环境监测规定》(GB23726-2009);
 - (11)《食品中放射性物质限制浓度标准》(GB14882-94);
 - (12)《地下水环境背景值统计表征技术指南(试行)》(环办土壤函〔2023〕344号);
 - (13)《区域性土壤环境背景含量统计技术导则(试行)》(HJ1158-2021)。

2) 环境质量标准

- (1) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- (2) 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002);
- (3) 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017);
- (4) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- (5) 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)。

3) 排放标准

- (1) 《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020);
- (2) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996);
- (3) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);
- (4) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);
- (5) 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)。

1.5.3 相关文件

- 1) 《国家国防科工局关于西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程项目建议书的批复》(科工二司〔2025〕527号);
- 2) 《西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程项目建议书D版》(中核第四研究设计工程有限公司, 2025年1月);
- 3) 环境质量报告;
- 4) 阿坝藏族羌族自治州生态环境局《关于龙江铀矿退役治理工程环境影响评价执行标准的函》(阿州环函〔2024〕144号), 2024.11.25;
- 5) 西安中核蓝天铀业有限公司提供的其他相关资料;
- 6) 环境影响评价委托书。

1.6 评价范围和子区划分

1.6.1 辐射环境

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, 本次评价以退役治理后对居民影响最大的气载流出物源项(集中覆盖治理区)为评价中心, 半径20km的区域范围。为进行

剂量估算，将评价范围分别以 1、2、3、5、10、20km 为半径画 6 个同心圆，与圆心角为 22.5° 的 16 个方位相交划分扇形区域，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。评价中心 3km 范围和 20km 评价范围子区划分别见图 1.6-1 和 1.6-2。

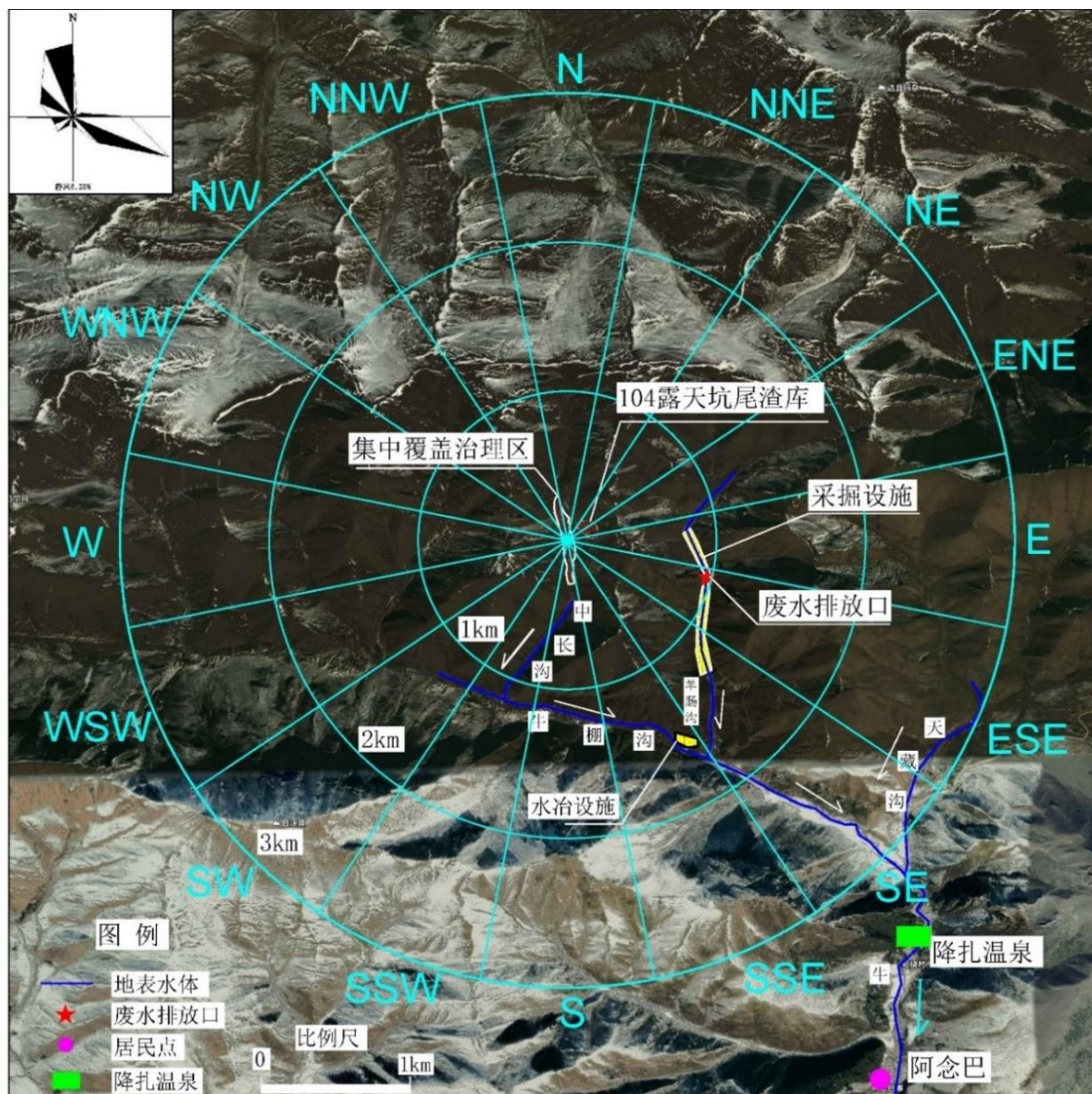


图 1.6-1 评价中心 3km 范围内子区分布图

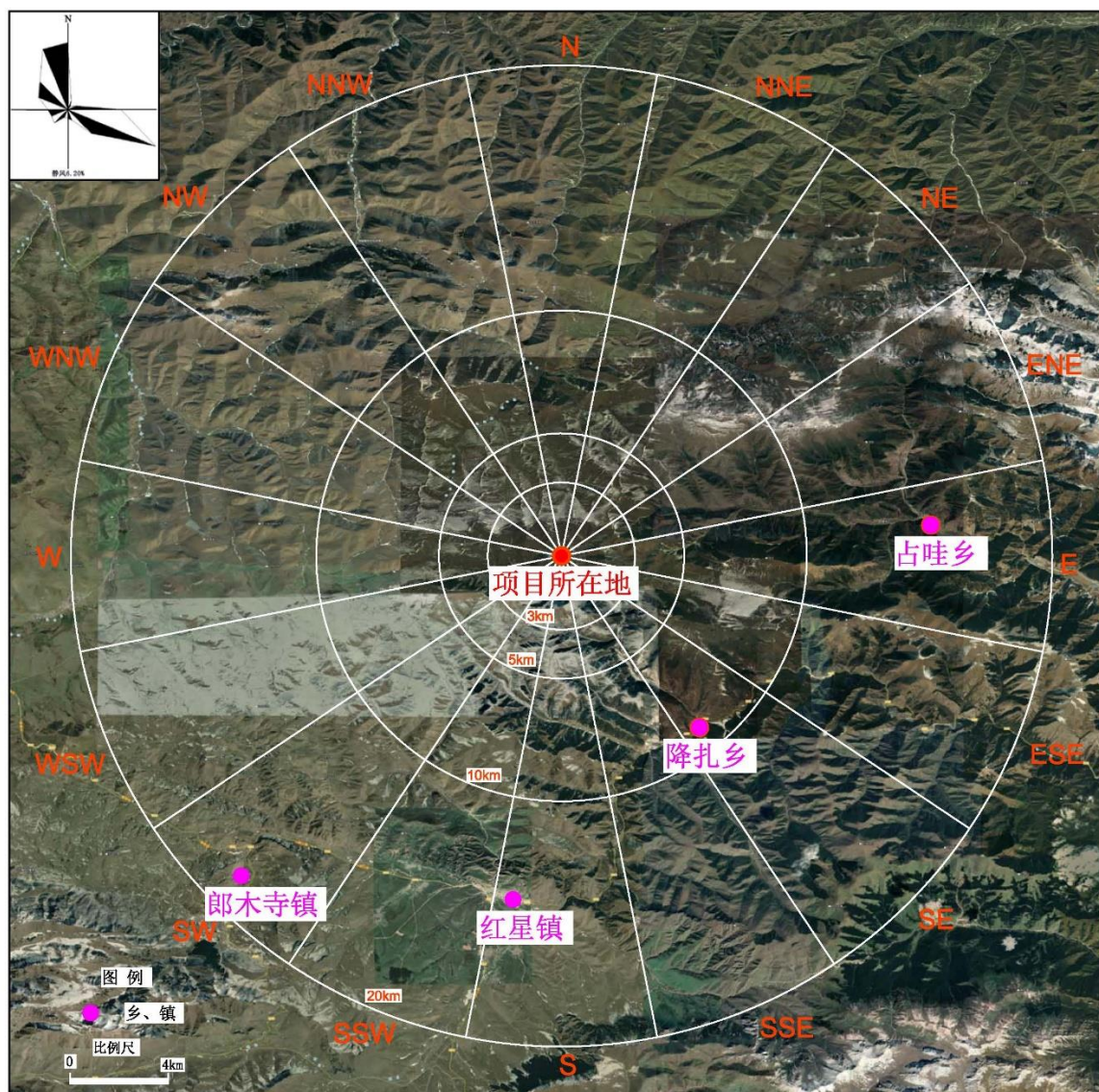


图 1.6-2 20km 评价范围内子区分布图

1.6.2 非放射性环境

1) 非放射性大气环境影响评价等级与评价范围

本项目非放射性大气污染物主要为施工过程中清挖、回填卸车产生的扬尘（TSP），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，类比其他施工场地扬尘监测数据，扬尘排放量较小。

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）相关内容，本项目采用AERSCREEN估算模式进行评价，其TSP最大落地浓度为 $17.78\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，占标率为1.98%，在1%至10%之间，最大落地浓度距离为17m，故本项目大气环境影响评价的工作等级定为二级，评价范围为5km，详见§8.2.1 章节。

2) 地表水环境影响评价等级与评价范围

本项目坑口流出水仍沿用现有废水处理设施处理，直接排放至受纳水体（羊肠沟），退役治理前废水流量约 $80\text{m}^3/\text{d}$ ，施工过程中矿坑水后流量约 $320\text{m}^3/\text{d}$ 。矿坑水中非放射性元素主要为 Cr^{6+} 、 Mn 、 Zn 、 Cu 、 Pb 和 As 等。矿坑水排放浓度均满足 GB8978-1996 一级标准要求，经计算当量数 $W_{\max}=728.6<6000$ ， $Q=320\text{m}^3/\text{d}>200\text{m}^3/\text{d}$ ，按照《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）中表 1 相关要求，评价等级为二级，评价范围为受纳水体（羊肠沟）至下游汇入河口约 1km。

3）地下水环境影响评价等级与评级范围

参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）中附录 A 地下水环境影响评价行业分类表中有色金属分类，本项目包括尾渣库，属于 I 类项目；根据 HJ 610-2016 中表 1 地下水环境敏感程度分级，本项目当地居民地下水不作为饮用水源。本项目不涉及地下水的敏感区或较敏感区（选址不涉及集中式饮用水水源保护区及以外的补给径流区，不涉及分散式饮用水水源保护区及特殊地下水资源保护区等），根据评价工作等级分级表，地下水评价确定为二级评价等级。

参照 HJ 610-2016 相关要求，本项目 104 露天坑尾渣库所处区域三面山坡环绕，西侧下游为谷底地表水系，具有明显的水文地质单元边界，因此采用自定义法确定评价范围为：以 104 露天坑尾渣库为中心，上游及两侧均延伸至山脊处，下游向西延伸至中长沟处，评价总面积为 0.55km^2 。

4）声环境影响评价等级与范围

本项目所处区域为声环境 2 类功能区，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）原则确定本项目声环境影响评价工作等级为二级，确定声环境影响评价范围为场界外 200m。

5）生态影响评价等级与范围

本项目治理源项占地面积 110.32 亩，新建集中覆盖治理区占地 69.87 亩，土源地临时占地 59.87 亩，合计占地面积 240.06 亩（ $0.16\text{km}^2<20\text{km}^2$ ）。项目所在地不涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产、自然公园和生态红线等生态敏感区，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中相关内容，不属于 6.1.2 中 a)~f) 内容，评价等级为三级，评价范围为本项目新增

占地范围，包括永久占地和临时占地。

1.7 评价因子

1.7.1 环境影响因素识别

为明确本项目可能对自然环境、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 1.7-1。

表 1.7-1 本项目环境影响要素识别

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						-2	
	废水排放		-1			-1							
	固体废物处置			-1		-2	-2					-2	
退役 治理 中	场地挖掘	-1			-1	-2	-2					-2	+1
	物料运输	-1			-1	-1							+1
	废水排放		-1			-1							
	场地覆土/回填	-1				-2						-2	+1
退役 治理 后	废气排放					-1						-1	
	固体废物处置及植被恢复			-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、废水和固废对辐射环境及生态环境的影响；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和固废对辐射环境及生态环境的影响；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。

1.7.2 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 1.7-2 所示。

表 1.7-2 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		$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{230}Th 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb
退役治理中	大气污染源	放射性核素	^{222}Rn 及其子体
		非放射性因子	TSP
	废水污染源	放射性核素	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{230}Th 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb
		非放射性因子	COD、氨氮等
	固废污染源	放射性核素	清挖迁移废石、污染土及底泥；污染建筑垃圾；污染设备管线等
		非放射性因子	未污染建筑垃圾、生活垃圾等
	噪声污染源		Leq (A)
退役治理后	大气污染源		^{222}Rn 及其子体
	地下水污染源		$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra

1.8 评价控制指标及管理限值

1.8.1 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)，退役与关闭后公众照射的剂量约束值不超过 0.3mSv/a ；运行期公众照射的剂量约束值取连续 5 年的平均有效剂量不超过 0.5mSv/a 。

根据《西安中核蓝天铀业有限公司 510 矿铀矿冶技改项目环境影响报告书》(西安中核蓝天铀业有限公司，2011.9) 中相关内容，原 792 矿退役治理所致公众剂量约束值为 0.25mSv/a ，510 矿技改工程所致公众剂量约束值为 0.2mSv/a 。

本项目结合退役治理工程实践以及相关工程剂量约束值情况，确定本项目退役治理施工过程中公众照射剂量约束值为 0.2mSv/a ，退役治理后公众照射剂量目标值为 0.05mSv/a 。

2) 事件公众剂量控制值

单次事件情况下所致公众有效剂量不超过 1mSv 。

1.8.2 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) 矿坑水处

理后排放限值见表 1.8-1。

表 1.8-1 废水中放射性核素排放浓度限值

标准	水环境状况	放射性核素	单位	废水排放口处限值
GB23727-2020	有稀释能力的受纳水体	U _{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

注：本项目矿坑水最大流量为 $3.70 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$ ，直接受纳水体为羊肠沟，溪水最小流量为 $0.02 \text{m}^3/\text{s}$ ，受纳水体均具有 5 倍以上稀释倍数。

1.8.3 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，尾渣库、露天采场等设施，经退役、关闭与环境整治后，表面氡析出率应不大于 $0.74 \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

2) 土壤中 ²²⁶Ra 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，任何 100m^2 范围内土层中 ²²⁶Ra 的平均活度浓度扣除当地本底值后不超过 0.18Bq/g ；可无限制开放或使用。

参照《区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）》（HJ1158-2021）中相关内容，对 510 矿区周围土壤进行了补充调查，选用铀矿床周围土壤 ²²⁶Ra 调查统计 95%分位数作为本项目土壤去污治理本底取值，即设计采用土壤去污治理 ²²⁶Ra 本底值为 90.97Bq/kg ，考虑工程向下取整后为 90Bq/kg ，即确定本项目设计土壤 ²²⁶Ra 去污治理目标值为 270Bq/kg 。

3) 放射性表面污染控制水平

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）的规定，无利用价值的金属设备、管线等经去污处理后， α 表面污染水平 $\leq 0.08 \text{Bq/cm}^2$ ， β 表面污染水平 $\leq 0.8 \text{Bq/cm}^2$ ，可作为普通物品（食品工业除外）使用；经去污处理后，仍不能满足上述要求，且满足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（ α 表面污染水平 $\leq 25 \text{Bq/cm}^2$ ， β 表面污染水平

$\leq 40\text{Bq/cm}^2$), 可送核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心熔炼处理。

设备、管线、废石等在运输过程中, 执行《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020), 其运输车辆外表面任意点上的辐射水平 $\leq 2\text{mSv/h}$, 距离车辆外表面 2m 远处的任意点的辐射水平 $\leq 0.1\text{mSv/h}$, α 表面污染水平 $\leq 4\text{Bq/cm}^2$ 、 β 表面污染水平 $\leq 40\text{Bq/cm}^2$ 。

1.8.4 非放射性环境质量和排放标准

根据阿坝藏族羌族自治州生态环境局《关于龙江铀矿退役治理工程环境影响评价执行标准的函》(阿州环函〔2024〕144 号)的相关要求, 本项目环境影响评价非放执行标准如下:

1) 环境质量标准:

- (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) 中Ⅲ类标准;
- (3) 地下水环境执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 中Ⅲ类标准;
- (4) 声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准;
- (5) 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) 中表 1 标准。

2) 污染物排放标准

- (1) 废气排放执行《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020);
- (2) 废水排放执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 表 1 和表 4 中一级标准;
- (3) 厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 2 类标准; 施工期场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 中相关要求。

本项目非放评价采用的标准值见表 1.8-2。

表 1.8-2 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （日均值）	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准
	地表水	pH	6~9	《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准
		Mn	0.1mg/L	
		Cd	0.005mg/L	
		As	0.05mg/L	
		Cr ⁶⁺	0.05mg/L	
		Pb	0.05mg/L	
		Zn	1.0mg/L	
		TP	0.2mg/L	
		COD	20mg/L	
		Cu	1.0mg/L	
		Hg	0.0001mg/L	
		氨氮	1.0mg/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	0.6mg/kg（pH>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）中表 1 标准
		As	25mg/kg（pH>7.5）	
		Hg	3.4mg/kg（pH>7.5）	
		Pb	170mg/kg（pH>7.5）	
		Cr	250mg/kg（pH>7.5）	
		Cu	100mg/kg（pH>6.5）	
		Ni	190mg/kg（pH>7.5）	
		Zn	300mg/kg（pH>7.5）	
	地下水	pH	6.5~8.5	《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中Ⅲ类标准
		Na ⁺	200mg/L	
		SO ₄ ²⁻	250mg/L	
		Cl ⁻	250mg/L	
		Cd	0.005mg/L	
		Zn	1mg/L	
		Cr ⁶⁺	0.05mg/L	
		Fe	0.3mg/L	

类别	污染物名称		标准值	标准来源
		As	0.01mg/L	
		Hg	0.001mg/L	
		总 α	0.5Bq/L	
		总 β	1.0Bq/L	
		氨氮	0.5 mg/L	
		NO ₃ ⁻	20 mg/L	
		NO ₂ ⁻	1.0 mg/L	
		总硬度	450mg/L	
		Pb	0.01 mg/L	
		F ⁻	1.0 mg/L	
		TDS	1000mg/L	
		COD _{Mn}	3.0 mg/L	
排放标准	废气	颗粒物	无组织排放监控浓度限值：0.9mg/m ³	《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）
	废水 (矿坑水)	pH	6~9	《污水综合排放标准》 (GB8978-1996) 表 1 和表 4 一级标准
		Cr ⁶⁺	0.5mg/L	
		Cd	0.1mg/L	
		Hg	0.05mg/L	
		Mn	2mg/L	
		Zn	2mg/L	
		Cu	0.5mg/L	
		Pb	1mg/L	
		As	0.5mg/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)	

1.9 环境敏感点及保护目标

根据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，表中主要列出了龙江铀矿半径 5km 范围重要居民点分布情况；地表水环境保护对象为羊肠沟、中长沟和牛棚沟；地下水环境保护对象为退役设施周围潜水层地下水；声环境保护对象为退役设

施边界外 200m 范围内声环境质量；生态环境为退役工程占地区域；辐射环境保护对象为评价中心周围 20km 范围内环境和公众。

具体环境保护目标见表 1.9-1。

表 1.9-1 环境保护目标一览表

要素	保护对象					执行标准
大气环境	名称	方位	评价中心距离 (km)	人口数	保护性质	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级
	阿念巴	SSE	4.2	175	居民点	
水环境	羊肠沟、中长沟和牛棚沟				地表水	《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类
	退役设施周围潜水层地下水				地下水	《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中Ⅲ类标准
声环境	退役设施边界外 200m 范围内				声环境	《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类
生态环境	退役工程占地区域				生态环境	防治水土流失，使治理范围内生态环境得以基本改善
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

1.10 产业政策、规划及“三线一单”符合性分析

1.10.1 产业政策符合性分析

根据国家发展改革委《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 27 日），本项目属于“鼓励类”中“六、核能”中的“7、核废物处理处置：放射性废物治理”类别，符合国家产业政策要求。

1.10.2 规划符合性分析

1）与《核安全与放射性污染防治“十三五”规划及 2025 年远景目标》符合性分析

2025 年远景目标明确提出“推进铀矿冶设施安全整治和退役。推进硬岩铀矿退役治理工作”；重点内容专栏 2 核设施退役及放射性废物治理工程明确提出“完成部分关停的铀矿冶设施退役治理和环境恢复，安全关闭部分铀矿冶设施，及时启动退役治理”等内容。

本项目是对龙江铀矿（硬岩铀矿山）进行退役治理，旨在对关闭铀矿山进行环境整治，改善生态环境，符合我国相关规划要求。

2) 与《四川省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析

纲要中专栏 24 生态保护和建设重点工程，特别指出矿山生态修复工程，全面推进黄河流域、长江干支流沿岸 10-50km 等重点区域历史遗留废弃矿山生态修复。本项目将对退役治理区域开展清挖、覆盖治理等，并恢复植被和改善生态环境，符合四川省规划要求。

3) 与《四川省“十四五”生态环境保护规划》符合性分析

该规划指出，加强核与辐射安全监管，提升核与辐射安全水平，推进放射性污染治理，开展研究堆与核燃料循环设施外环境辐射安全监督性监测；实施长江、黄河等重点流域、区域历史遗留废弃矿山生态修复工程。

本项目拟对铀矿冶生产造成污染和影响区域进行环境整治，改善生态环境，符合四川省“十四五”生态环境保护规划要求。

4) 与《阿坝藏族羌族自治州“十四五”生态环境保护规划》符合性分析

该规划指出，以若尔盖铀矿冶区为重点，加强矿区尾矿渣、废矿石及环境放射性监测，加强现场检查，及时消除辐射安全事件隐患。

本项目的实施是完成该规划的重要体现，可降低尾矿渣、废矿石等对环境辐射影响，消除辐射安全事件隐患，符合阿坝州“十四五”生态环境保护规划要求。

5) 与《若尔盖县“十四五”生态环境保护规划》符合性分析

该规划指出，打造生态修复样板，突出生态保护示范，推进环境治理与生态保护，加强森林草原保护与修复等。本项目拟对铀矿冶生产造成污染和影响区域进行环境整治，开展生态环境修复工作，符合若尔盖县“十四五”生态环境保护规划要求。

6) 与《四川省生态环境分区管控》符合性分析

本项目位于四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县降扎乡，地理坐标为东经：102°46'26"，北纬：34°13'12"，登录四川政务服务网—“生态环境分区管控”符合性分析查询系统（网址：www.sczwfw.gov.cn）进行查询，结果如下：

项目所在地位于若尔盖环境综合管控单元一般单元（单元编号：ZH51323230001），查询结果见图 1.10-1，并出具了《四川省生态环境分区管控符合性分析报告》，主要内容如表 1.10-1 所示，结果显示本项目建设符合四川省生态环境分区管控的要求。



图 1.10-1 生态管控单元查询结果

表 1.10-1 四川省生态环境分区管控符合性分析

单元编码	单元名称	管控类别	单元特性管控要求	符合性分析
ZH51323 230001	若尔盖县 一般管控单元	空间布局约束	<p>1、禁止开发建设项目</p> <p>禁止在长江干流岸线三公里范围内和重要支流岸线一公里范围内新建、改建、扩建尾矿库、冶炼渣库、磷石膏库，以提升安全、生态环境保护水平为目的的改建除外；</p> <p>禁止在长江流域河湖管理范围内倾倒、填埋、堆放、弃置、处理固体废物；</p> <p>禁止在法律法规规定的禁采区内新建矿山；禁止土法采、选、冶严重污染环境的矿产资源；</p> <p>严格控制新建露天矿山建设项目；</p> <p>禁止在永久基本农田集中区域和其他需要特别保护的区域选址建设尾矿库、冶炼渣库、磷石膏库；</p> <p>2、限制开发建设项目</p> <p>对四川省主体功能区划中的限制开发区域（重点生态功能区）、大气环境布局敏感重点管控区、大气弱扩散重点管控区和水环境农业污染重点管控区等。</p>	本项目不属于单元禁止开发和限制开发类型，符合要求
		污染物排放管控	<p>1、污水处理出水水质标准应达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准，农村污水处理出水水质标准应达到《农村生活污水处理设施水污染排放标准(DB51/2626-2019)》；</p> <p>2、到 2035 年，全面建成与生活垃圾分类投放、分类收集、分类运输相匹配的分类处置系统，距离垃圾处理设施较远乡镇采取高效设备就地无害化处理；</p> <p>3、到 2025 年规模化畜禽养殖场（小区）粪污处理设施配套率达到 95%，粪污综合利用率达到 75%以上；</p> <p>4、屠宰项目必须配套污水处理设施或进入城市污水管网；</p> <p>5、到 2025 年，全国主要农作物化肥、农药使用量实现零增长，利用率提高到 40%以上，测土配方施肥技术推广覆盖率提高到 90%以上，控制农村面源污染；</p> <p>6、到 2025 年，乡镇村生活垃圾收转运处置体系覆盖率达到 95%，建制镇生活污水处理率达到 50%；</p> <p>7、加快农牧民定居区垃圾收集处理设施建设，城镇周边农牧民定居区的生活垃圾。</p>	本项目不涉及管控内容，符合要求

单元编码	单元名称	管控类别	单元特性管控要求	符合性分析
ZH51323 230001	若尔盖县 一般管控单元	环境风险防 控要求	1、严禁将城镇生活垃圾、污泥、工业废物直接用作肥料，禁止处理不达标的污泥进入耕地；禁止在农用地排放、倾倒、使用污泥、清淤底泥、尾矿（渣）等可能对土壤造成污染的固体废物。已污染地块，应当依法开展土壤污染状况调查、治理与修复； 2、严禁将城镇生活垃圾、污泥、工业废物直接用作肥料，禁止处理不达标的污泥进入耕地；禁止在农用地排放、倾倒、使用污泥、清淤底泥、尾矿（渣）等可能对土壤造成污染的固体废物； 3、定期对单元内尾矿库进行风险巡查，建立监测系统和环境风险应急预案；完善各尾矿库渗滤液收集、处理、回用系统，杜绝事件排放；尾矿库闭库后因地制宜进行植被恢复和综合利用； 4、已污染地块，应当依法开展土壤污染状况调查、治理与修复，符合相关土壤环境质量要求后，方可进入用地程序。	本项目对龙江铀矿退役治理，改善生态环境，符合要求
		资源开发利 用效率要求	1、禁止使用高硫高灰煤，推进煤炭清洁利用和散煤治理； 2、到 2035 年，阿坝州能源结构不断优化，全州实现无煤化，优质能源达到 100%，可再生能源及清洁能源占能源消费总量逐渐上升； 3、到 2035 年，规划形成以热源厂集中供热为主，分散锅炉房供热为辅，以电能、可再生能源等清洁能源供热的供热体系，清洁能源供热面积占总供热面积比例不断增加； 4、到 2025 年，农田灌溉水有效利用系数达到 0.508 以上； 5、2025 年全州用水总量不得超过 3.4 亿立方米。	本项目不涉及燃煤供热，且用水量较小，符合要求

1.10.3 “三线一单”符合性分析

1) 生态红线符合性分析

登录四川政务服务网—“三线一单”符合性分析查询系统（网址：www.sczwfw.gov.cn）进行查询，查询结果显示项目所在地不在生态红线内，查询结果见图 1.10-2。

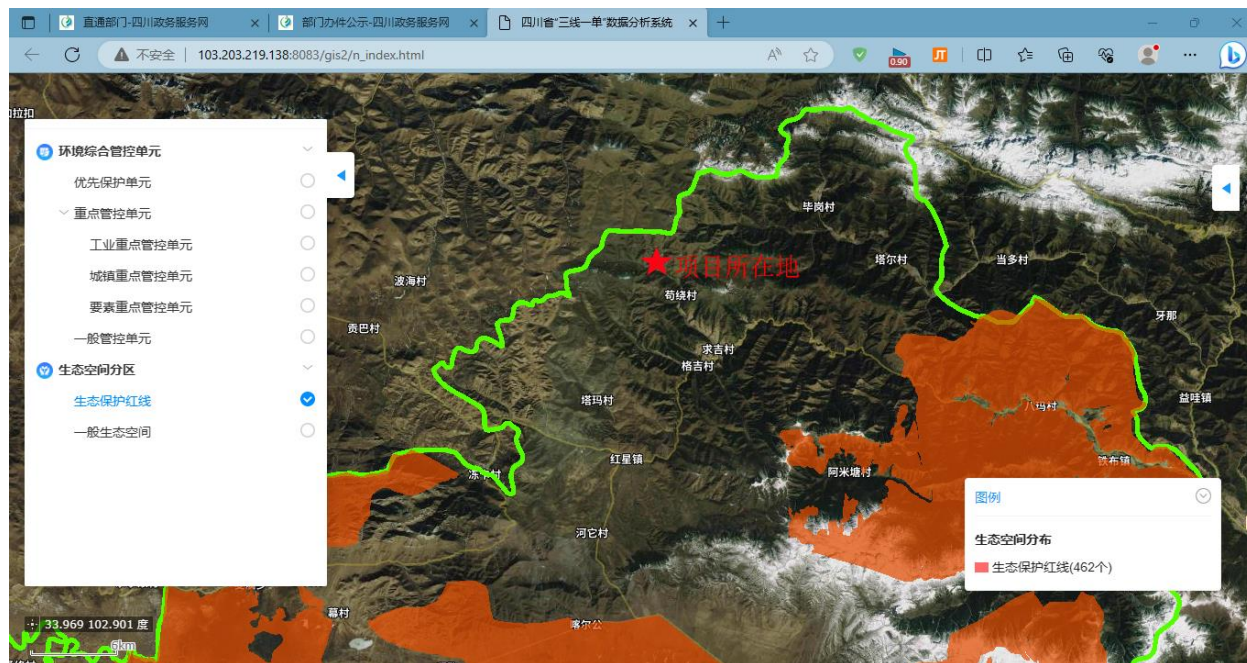


图 1.10-2 生态红线查询结果

2) 环境质量底线分析

根据《2023 年阿坝州生态环境状况公报》本项目所在的若尔盖县，空气中 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 六大基本污染物以及本项目监测的 TSP 均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准的要求。

本项目周边地表水体 Cd 含量在 $(4.98\sim 11.3) \mu\text{g/L}$ ，高于《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 III 类标准的要求，调查发现矿区上游监测断面 Cd 含量为 $6.53 \mu\text{g/L}$ ，属于环境背景值较高区域，其余各项指标满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 III 类标准的要求；项目周围敏感点处声环境满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求；项目周围地下水中 COD_{Mn} 和 Mn 普遍较高，经分析该地区属于 COD_{Mn} 和 Mn 天然背景值含量较高地区，个别监测井 TDS 和总硬度较高，经分析该区域地下水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$ ，水中 Ca、Mg 含量较高所致，个别监测井氨氮含量较高，经

调查该区域存在放牧原因导致其升高，其余各项指标满足《地下水环境质量标准》（GB/T14848-2017）中 III 类标准要求；周围敏感点阿念巴寨农田、降扎温泉周边土壤满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的土壤污染风险筛选值的要求。

本项目非放射性废气主要为 TSP 等，采取污染防治措施后，不会对大气环境产生较大影响，各指标均能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的要求；非放射性废水主要污染物为重金属等，处理后达标排放至羊肠沟，水体环境质量能够满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）标准的要求；本项目退役治理的尾渣、废水和污染土运至 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理区处置，采取有效措施，不会流失至环境；此外，本项目采用低噪声设备，并采取污染防治措施后，能够满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的要求。

综上所述，本项目不会突破环境质量底线。

3) 资源利用上线

本项目退役治理过程中会消耗一定量电能、水资源，项目资源消耗量相对区域资源利用总量较小，并通过设备选型、综合管理等多手段，以“节能、降耗、减污”为目标，有效控制资源利用，不会突破资源利用上线。

4) 环境准入清单

本项目对照了查询系统出具的《四川省生态环境分区管控符合性分析报告》中生态环境准入清单，本项目不在其限制类和禁止类负面清单中，故满足环境准入清单的要求。

2 区域环境概况

2.1 地理位置

龙江铀矿位于四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县，地处四川省及甘肃省交界处。若尔盖县位于青藏高原东缘，四川省阿坝藏族羌族自治州北端。西、北、东三面与甘南州的玛曲、碌曲、卓尼和迭部四县为邻。东南、正南和西南同阿坝州的南坪、松潘、红原和阿坝四县相接。

龙江铀矿位于若尔盖县北端的降扎乡境内，地理坐标为东经 $102^{\circ} 41' 15'' \sim 102^{\circ} 07' 00''$ 北纬 $34^{\circ} 07' 34'' \sim 34^{\circ} 17' 30''$ ，距离降扎乡约 10km，距离若尔盖县城约 75km。地理位置示意图见图 2.1-1。

龙江铀矿周围环境人口稀少，交通较为便利，从兰州出发有两条公路与矿区相通。其中，第一条为由兰州经兰州—临洮高速公路至临洮县，经 212 国道至岷县，而后经岷县—迭部县—若尔盖县公路到达矿区，全长约 440km；第二条为由兰州经 213 国道—若尔盖县公路到达矿区，约 450km。



图 2.1-1 项目地理位置图

2.2 地形地貌

龙江铀矿所处的若尔盖县东部和东北部属长江水系，岷山山脉北段，约占

全县土地面积的三分之一，是山地向丘状高原的过渡地带，南部为中等切割剥蚀构造区，是高山向高原的过渡地带，其地势由东南向西北平缓倾斜，形成东南高而西北低的地势，高差不大。

龙江铀矿地处西秦岭山系与青藏高原的交接带，地形地貌为高原山地类型。地貌为中等切割侵蚀、剥蚀地貌，地形坡度陡，山脊呈棱角状，河谷呈“V”字形，山脉呈北西西~南东东展布，矿区两侧皆有近东西向山脉横贯。北侧近处光盖山，海拔4316m，南侧山脉为太阳顶~钠拉丹山，海拔高程3866~4062m，区域内高差达800m。区域内地表植被类型主要为森林和草甸，植被覆盖率高。

龙江铀矿山坡平缓光秃，山上为草地，山谷内多为灌草地，天然牧草是主要植被，典型的矿区地形地貌见图 2.2-1，90m 精度的 DEM 地形高程数据绘制得到的评价区域三维地形见图 2.2-2。



图 2.2-1 项目所在地典型地貌图

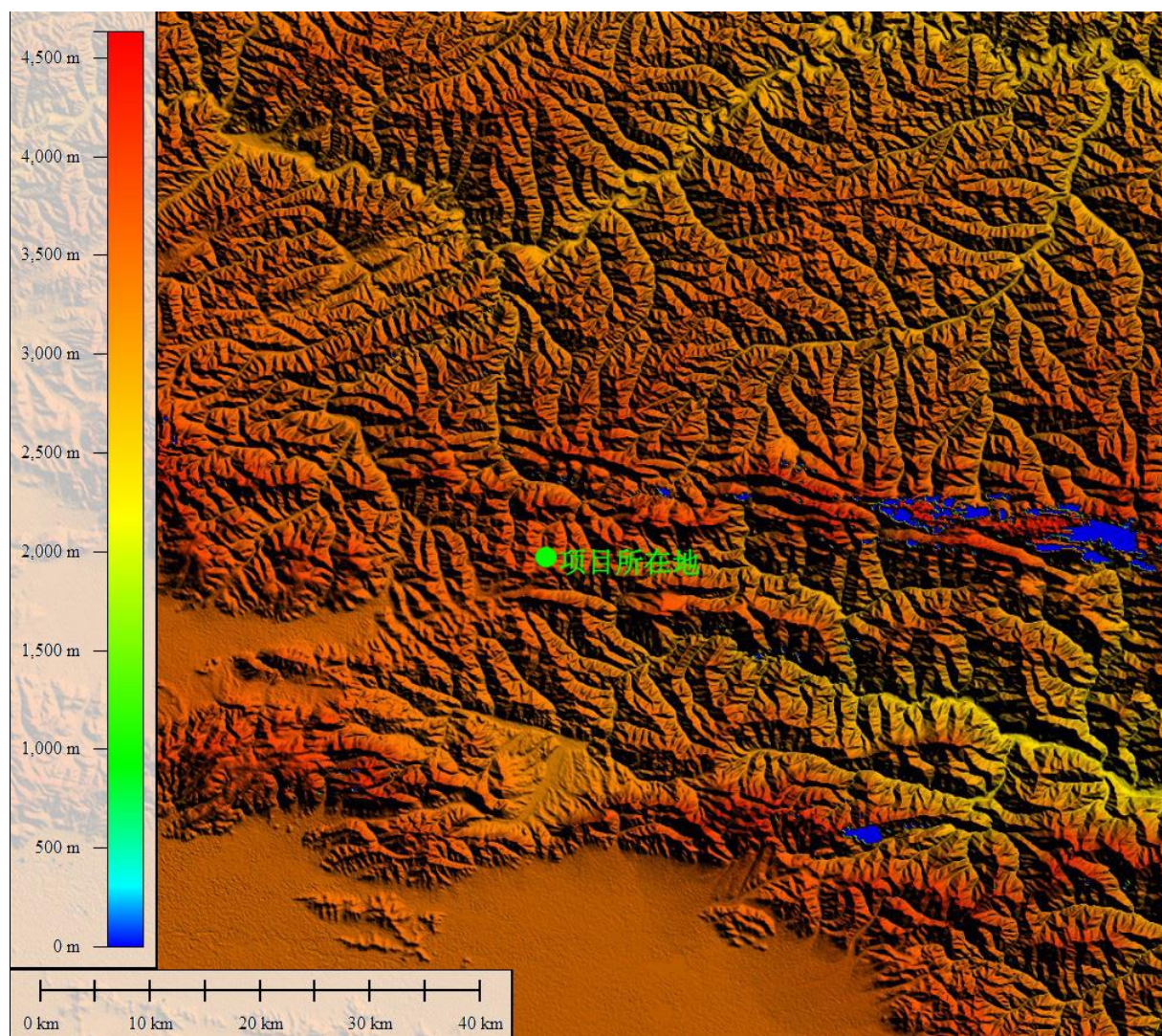


图 2.2-2 项目所在地地形数据

2.3 地质概况

2.3.1 矿区地质

龙江铀矿处于西秦岭地槽加里东褶皱带，白龙江复背斜北翼。区内断裂构造主要有东西向和北东向两组，前者为高角度逆冲或斜冲断层，破碎带宽度不等中心向两侧岩石破碎程度减弱，后者走向 $20^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，扭性以左旋为主。东西向为光盖山~迭山断裂和郎木寺迭部断裂、拉日玛~益哇断裂；北东向有割瓦垄~贡巴断裂、毕岗~垭口断裂、下吾那~热陇断裂、益哇~独峰断裂。

矿区地层为前志留系浅变质火山碎屑岩系，组成背斜核部，其两翼依次出现志留系、泥盆系、石炭系、二叠系和三叠系浅海相碎屑岩及碳酸盐沉积，侏罗系、白垩系为陆相含煤岩系和红色砂砾岩。三叠系以前地层均有轻微变质作

用，志留系为含铀岩系，由变细粉砂岩、粉砂状板岩、炭质板岩间夹硅岩、灰岩透镜体组成；硅岩、灰岩及其多度岩组成的硅灰岩透镜体为含铀层位。岩层富含有机质、粘土质、黄铁矿等，U 元素丰度值高，铀易浸出。

区域内岩浆岩不发育，分布零星，较大的侵入体有辉绿岩、花岗闪长岩，呈岩墙状或岩株状侵入志留系地层中，分别为海西期和加里东期之产物。

2.3.2 矿床地质

1) 矿床地层

龙江铀矿主要含矿层近北北西—南东东走向呈带状展布，与上下地层整合接触，矿层主要分布在灰岩和含炭硅质灰岩中，地层从上之下概况如下：

(1) 浅变质粉砂岩夹含炭粉砂质板岩，变质粉砂结构，块状构造，板岩具板状构造，平均厚度 33.6m。

(2) 含炭粉砂质板岩夹炭质板岩，变质粉砂结构，块状构造，主要成分为粘土矿物、炭质，平均厚度 23.6m。

(3) 硅岩，隐晶结构，块状构造，主要成分为石英。石英细脉发育，多呈条带状，脉宽<9mm，平均厚度 4m。

(4) 含炭粉砂质板岩夹炭质板岩薄层，粉砂结构，块状构造，主要成分为粘土矿物、炭质，平均厚度 6.10m。

(5) 灰岩夹薄层硅质灰岩，主要的含矿层，亮晶结构，隐晶结构，块状构造，主要成为方解石，局部为石英、炭质，弱硅化，平均厚度 124.5m。

(6) 含炭硅质灰岩夹带硅岩，主要的含矿层，块状构造，主要成分为方解石，含少量炭质，平均厚度 21.58m。

(7) 含炭粉砂质板岩，粉砂结构，块状构造，主要成分为粘土矿物、炭质，厚度大于 200m。

2) 矿床地质构造

龙江铀矿所在区域地层受褶皱构造影响。白依背斜核部为下震旦统白依沟群，系一套浅变质陆源碎屑和火山碎屑成因的凝灰质砂岩，含砾（花岗岩砾石）砂岩、沉凝灰质砾岩，厚度大于 1935m，其中火山碎屑岩铷~锶年龄为 738.59 百万年。

龙江铀矿含矿岩系为志留系下统羊肠沟组上段，按由上至下可分为三个

亚段，其中一亚段岩性主要为炭质板岩、粉砂质板岩、绢云母粉砂质板岩。夹薄层状粉砂岩、白云岩及硅岩透镜体，具鳞片状结构、不等粒变晶结构、交代结构和交代残余结构，与下部羊肠沟组下段呈整合接触。二亚段位于矿区中部，属铀矿含矿层位。三亚段位于南矿带。

矿区所在矿段内拉日玛棵~温泉同向背斜，该次级褶皱构造呈近东西向分布，横穿整个矿段，背斜在拉日玛梁以西被掩盖，向东出本矿段东延。两翼地层倾向均倾向北，不对称，北翼陡南翼略缓，千枚岩中常可见小型褶曲构造；温泉沟以南的 S21 千枚岩中最为发育，在数米至数十米内地层被强烈褶曲。

一矿段内地表所见断裂构造断层 4 条，北西~南东方向纵向走向断层 3 条（F1、F2、F3），北东~南西平移断层 1 条（F4）。铀矿点均大致沿纵向断裂分布，地表矿化一般较好，断裂作用形成的破碎带是生成铀矿床的有利场所。

龙江铀矿的地质构造见图 2.3-1。



图 2.3-1 龙江铀矿地质构造图

2.3.3 104 露天坑尾渣库工程地质

根据《龙江铀矿 510 一矿段退役治理工程露天坑尾渣库工程地质勘察报告》（河北中核岩土工程有限责任公司，2017.11）中相关内容，104 露天坑尾渣库工程地质概况如下：

104 露天坑尾渣库区出露地层较简单，基岩为一套较单一的浅变质岩及上志留系白龙江群板岩、千枚岩，上覆第四系松散层。露天坑尾渣库场区地层岩性从上到下分别为人工填土、第四系坡残积层和志留系羊肠沟组变质岩地层。第四系人工填土为尾粉土、杂填土，坡残积层为含角砾粉质黏土，变质岩地层主要为强风化、中等风化炭质板岩和夹层强风化千枚岩。工程勘察柱状图、剖面图和平面图见图 2.3-2~图 2.3-4。工程勘察地层岩性根据成因由新到老分述：

1) 人工填土层

尾粉土 (Q_4^{ml}) (地层编号①)：黑色，稍湿，松散~中密，含砂，局部含黑色、灰黑色砾石，磨圆度一般，砾径 1-4cm，砾石含量 10%~20%，该层为尾渣堆积而成。揭露层底标高：3560.02~3576.09m，平均 3568.54m，揭露厚度：1.20~22.00m，平均 8.87m，揭露层底埋深：1.20~22.00m，平均 8.87m。

杂填土 (Q_4^{ml}) (地层编号①₁)：黑色，灰黑色，稍湿，稍密~中密，主要由粉土和砾石组成，砾石原岩为含黑色、灰黑色板岩，磨圆度一般，砾径 1-6cm，砾石含量 30%~40%。该层为露天采矿形成的废石及废渣堆积而成。

2) 第四系地层 (Q_4)

含角砾粉质黏土 (Q_4^{dl+cl}) (地层编号②)：黄褐色，灰褐色，稍湿、稍密，含青灰色、灰褐色角砾，多呈薄片状，砾径 2~5cm，砾石棱角分明，磨圆度差，含量约 10-20%。该层为勘察场地的天然覆盖层。揭露厚度：1.30~5.00m，平均 3.15m；揭露层底标高：3560.86~3567.36m，平均 3564.11m。揭露层底埋深：1.30~5.00m，平均 4.30m，位于库区外。

3) 志留系变质岩层

炭质板岩 (地层编号③) 灰黑色、青灰色，隐晶质结构，板状构造：

(1) 强风化岩石非常破碎呈碎片状，岩体张节理发育，无完整岩芯；

(2) 中等风化岩芯破碎呈短柱状，块状，质地坚硬但破碎，节理发育较

明显，大多为闭合状态。勘察期间未穿透该层。

4) 场地稳定性

104 露天坑尾渣库周边不存在影响场地整体稳定性的活动性断裂、泥石流、地面塌陷等不良地质作用，区域地质稳定。但堆存场区主要地质灾害为场区内南北两侧采掘形成的边坡碎石坠落、场地上方的小型滑坡，可通过简单治理清除其隐患。

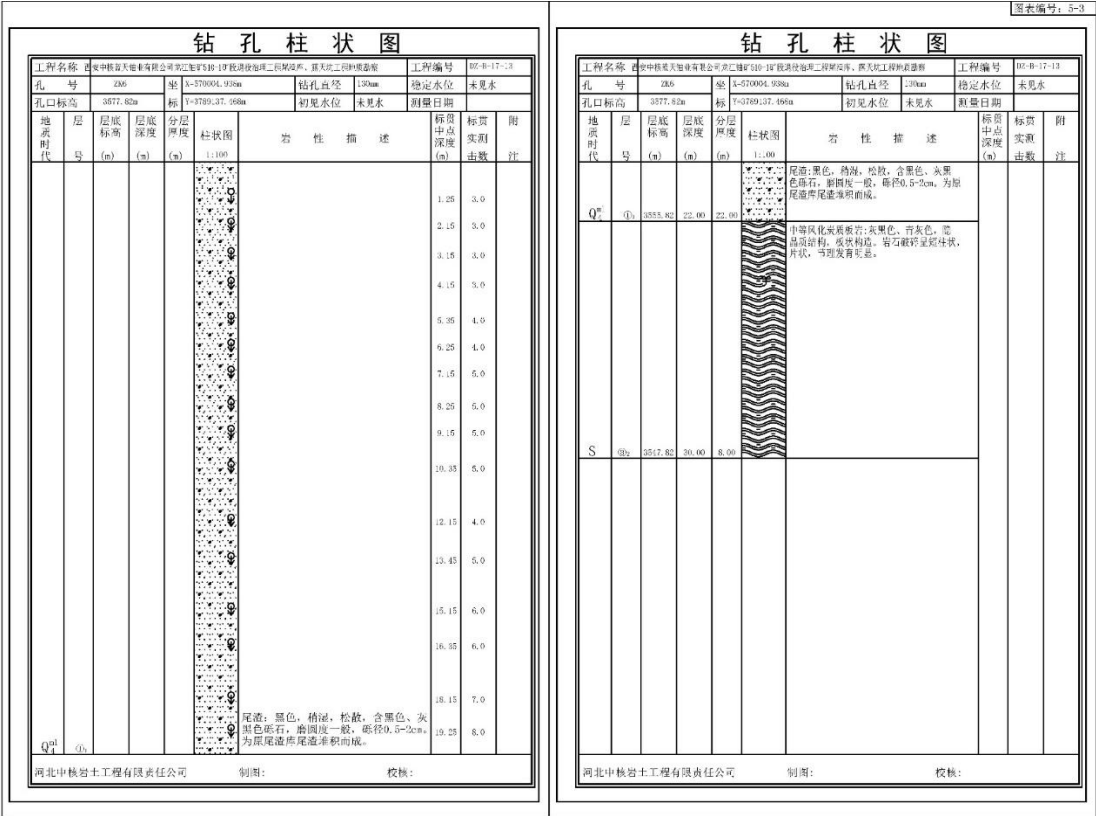


图 2.3-2 104 露天坑尾渣库工程勘察柱状图

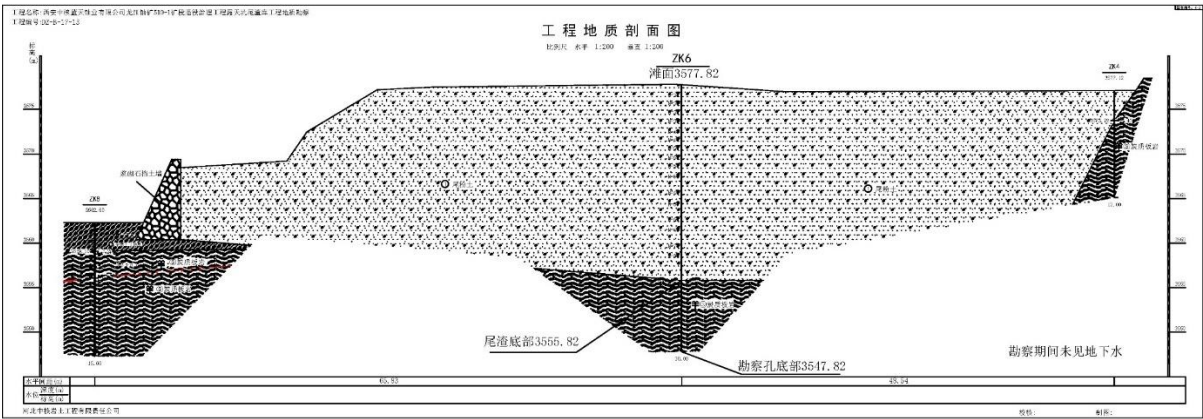


图 2.3-3 104 露天坑尾渣库工程勘察剖面图

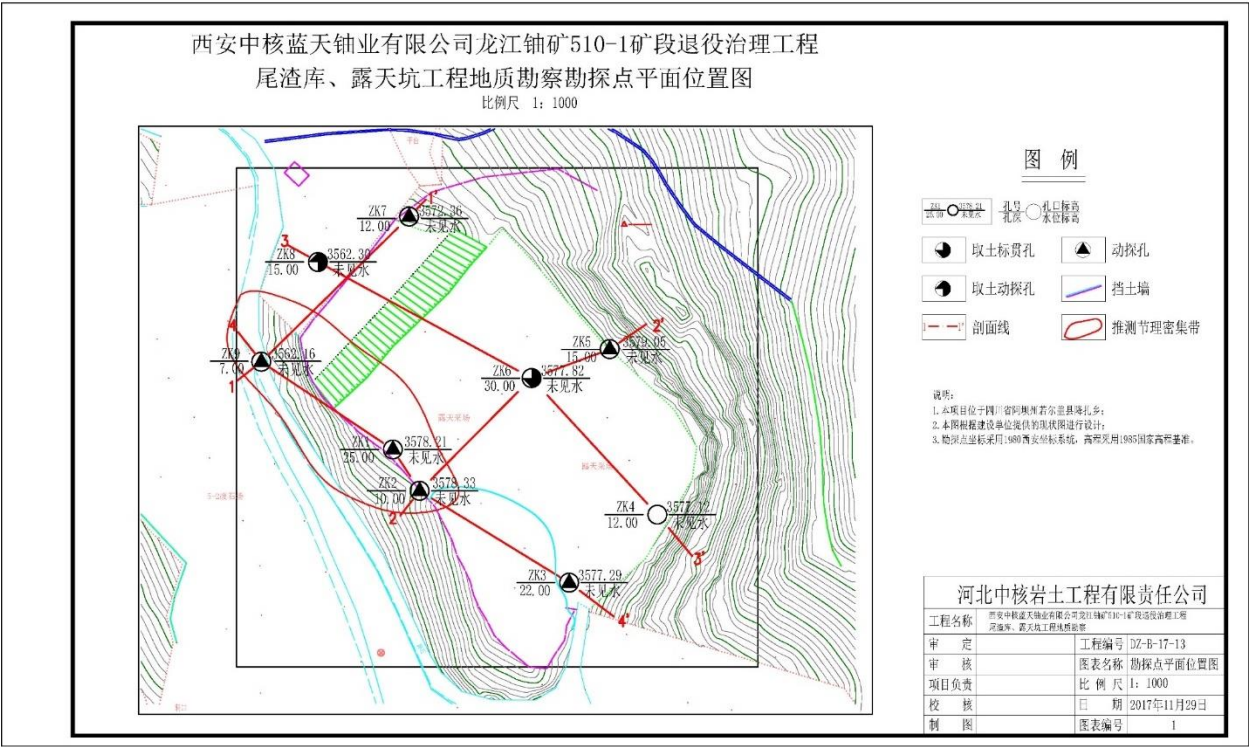


图 2.3-4 104 露天坑尾渣库工程勘察平面图

2.4 气候与气象

2.4.1 气候概况

本项目最近地面气象站为项目 ESE 方位 33km 处的迭部县气象站, 根据该气象站提供的 1993 年~2022 年气候参数统计数据, 项目所在区域属于半干旱高原性气候, 气候寒冷, 常年无夏, 近 30 年气候特征如表 2.4-1 所示。

表 2.4-1 1993~2022 年项目所在区域气候特征

序号	要素	气候参数特征	备注
1	年平均温度	2.0℃	/
2	极端最低温度	-30.6℃	出现时间: 1993 年 1 月 17 日
3	极端最高温度	26.5℃	出现时间: 2016 年 8 月 17 日
4	年平均降雨量	665.8mm	/
5	年最大降雨量	992.6mm	出现时间: 2020 年
6	年平均蒸发量	1236.4mm	/
7	年平均风速	2.2m/s	/
8	极端最大风速	33.4m/s	出现时间: 2022 年 7 月 21 日
9	主导风向	NW~N	/
10	年均日照时长	244.7h	/
11	年均冻土厚度	68cm	/

2.4.2 气象参数

本次评价采用的基础气象数据包括距离矿点最近的地面气象站和高空气象站 2023 年观测数据。地面气象参数包括观测时间、风向、风速、总云、低云和干球温度，数据频次每日逐时数据；高空气象参数包括观测时间、探空层数、气压、探空高度、温度、风速和风向，数据频次为每日早晚 2 次观测。

距离本项目最近地面气象站为项目 ESE 方位 33km 处的迭部县气象站，其地理坐标为东经 103.232°、北纬 34.058°，该站为一般站，气象与本项目所在地基本相同，其气象数据满足环境影响预测扩散模式使用要求。

本次评价采用的高空气象数据是通过距离本项目最近的合作市气象站（距离约 84km）气象数据采用 WRF 程序模拟所得。该气象站地理坐标为东经 102.90°，北纬 34.94°。

根据迭部县气象站 2023 年实际观测数据，当地温度、风速、降雨量的月平均变化情况见表 2.4-2，温度、风速的月变化曲线见图 2.4-1。

季小时平均风速的日变情况见表 2.4-3，全年各风向风频见表 2.4-4，全年及四季风向玫瑰图见图 2.4-2。

全年各风向降雨量见表 2.4-5 和图 2.4-3。

从表 2.4-2~表 2.4-5 可知，2023 年年平均温度为 7.9℃，年平均风速为 2.6m/s，主导风向为 E~SE 风频之和为 34.7%，次主导风向 NW~N 风频之和为 32.6%，年静风频率为 6.2%，年降雨量 804.3mm。

表 2.4-2 温度、风速的月平均变化值

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
温度(℃)	-3.2	1.5	4.9	8.7	11.4	14.0
风速/(m/s)	2.9	3.2	2.9	3.4	2.9	2.2
降雨量(mm)	6.0	16.6	15.3	22.5	116.8	156.9
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
温度(℃)	16.7	17.4	13.9	7.8	3.3	-1.4
风速/(m/s)	2.1	2.4	2.4	2.1	2.3	2.3
降雨量(mm)	176.9	95.3	96.1	88.6	6.6	6.7

图 2.4-1 温度、风速的月变化曲线

表 2.4-3 季小时平均风速变化情况 (m/s)

小时/h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
春季	2.5	2.2	2.1	1.8	1.7	1.8	1.7	1.5	1.5	1.9	2.3	2.7
夏季	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.2	1.1	1.3	1.6	1.9
秋季	1.9	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.3	1.3	1.4	1.7	2.0
冬季	2.5	2.3	2.1	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.8	1.9

续表 2.4-3 季小时平均风速变化情况 (m/s)

小时/h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
春季	3.2	3.8	4.2	4.7	5.1	5.2	5.0	4.8	4.2	3.6	3.2	2.6
夏季	2.4	2.6	2.9	3.5	3.8	4.0	3.9	3.4	2.8	2.4	2.1	1.8
秋季	2.2	2.7	3.2	3.4	3.6	4.1	3.8	3.3	2.8	2.6	2.2	2.0
冬季	2.3	2.8	3.5	4.1	4.5	4.8	4.5	4.1	3.5	3.3	3.0	2.7

表 2.4-4 各季全年各风向风频 (%)

风向 季节	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
春季	11.1	1.8	0.7	2.4	11.9	21.7	7.3	2.3	1.9
夏季	17.7	3.1	1.1	2.0	9.3	16.9	8.3	1.7	1.3
秋季	11.3	1.6	0.8	1.6	9.8	16.2	5.6	2.0	2.1
冬季	10.8	0.7	0.5	1.1	9.5	17.7	4.5	2.7	1.6
全年	12.7	1.8	0.8	1.8	10.1	18.1	6.4	2.2	1.7
风向 季节	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
春季	1.8	3.1	2.6	3.8	6.3	6.2	9.8	5.3	
夏季	1.0	1.9	3.2	3.2	3.4	4.9	12.3	8.7	
秋季	1.7	4.2	4.0	4.0	6.3	8.2	13.5	7.1	

冬季	1.8	5.1	3.4	4.3	8.1	10.8	13.7	3.7
全年	1.6	3.6	3.3	3.8	6.0	7.5	12.4	6.2

表 2.4-5 全年各风向降雨量

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
降雨量 (mm)	24.3	57.9	28.4	107.5	156.0	88.6	24.3	19.1
风向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
降雨量 (mm)	2.3	4.3	23.1	40.7	56.7	75.8	48.6	41.8

注：静风 C 降雨量为：4.9mm。

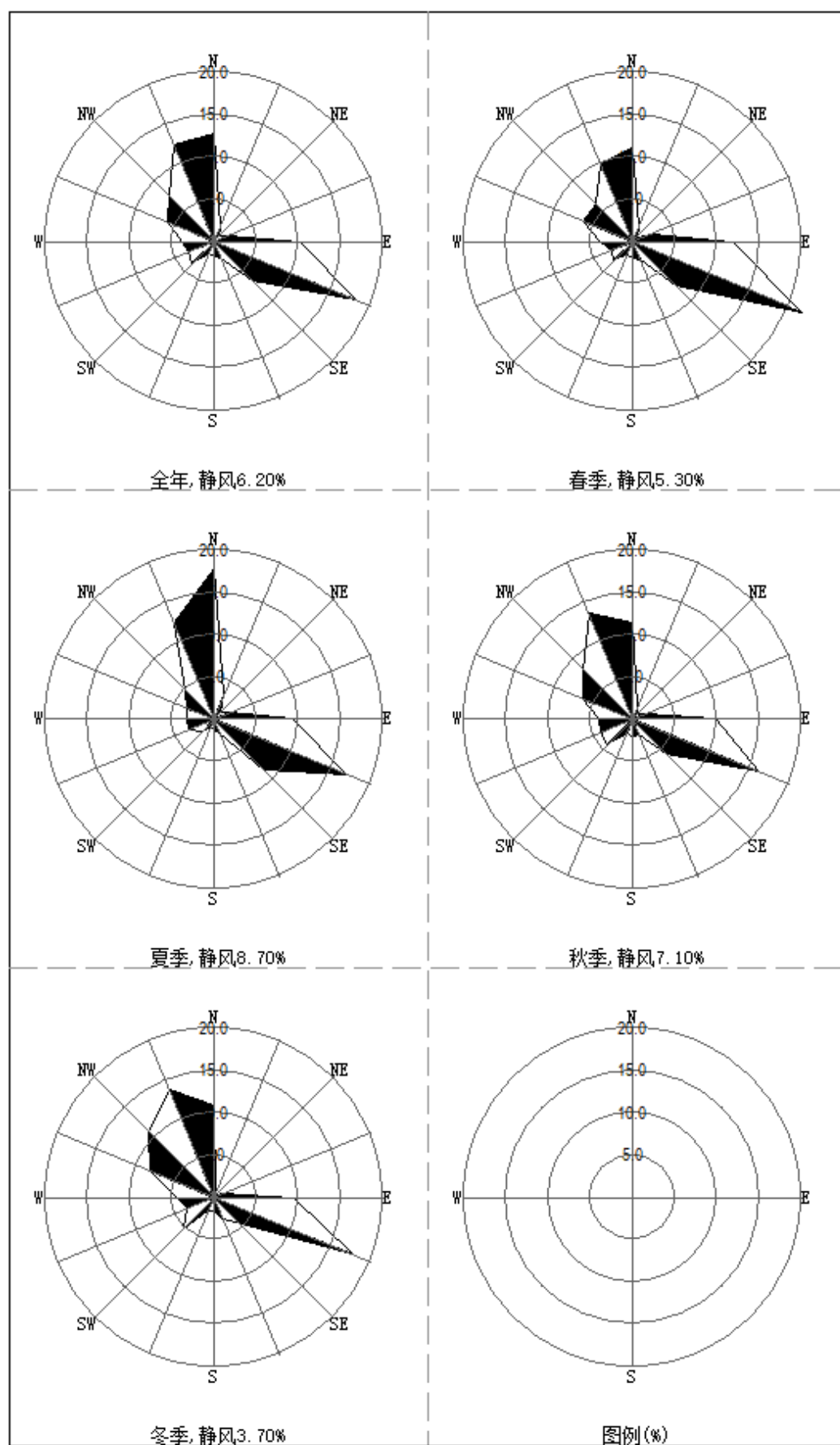


图 2.4-2 全年及四季风向玫瑰图

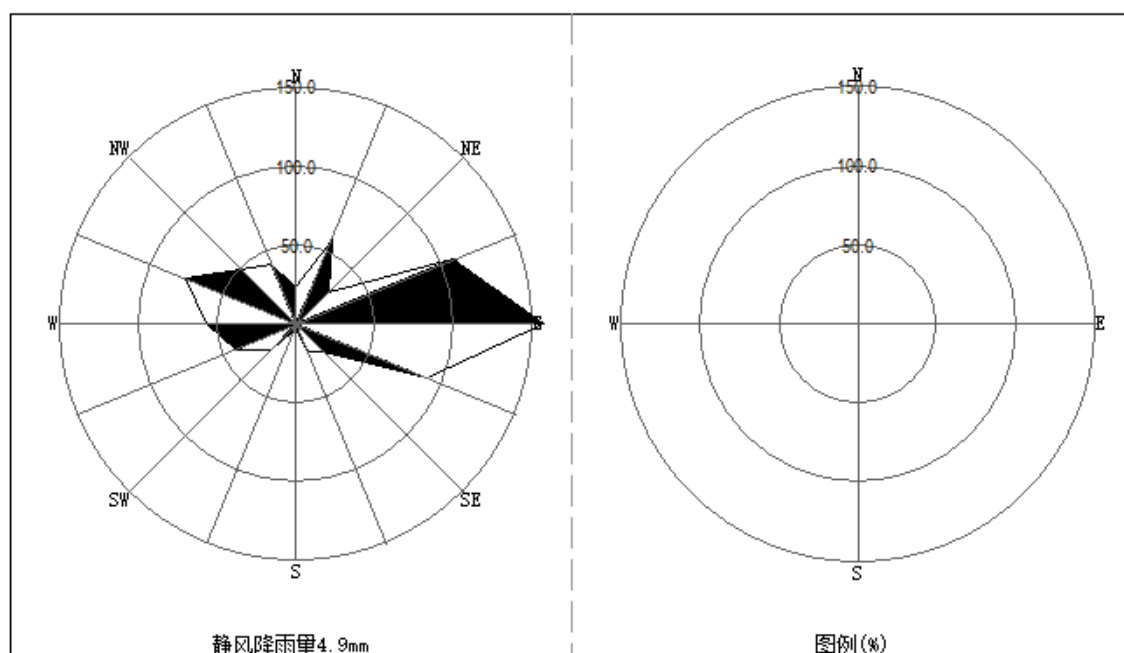


图 2.4-3 全年风向雨玫瑰图

2.5 水文概况

2.5.1 地表水

若尔盖县县域内主要有两大水系，即黄河水系和嘉陵江水系。全县中西部和南部为黄河水系，主要河流有黄河及其支流白河、黑河等，白河和黑河分别在境内汇入黄河。县域北部和东南部为嘉陵江水系，主要河流有白龙江、包座河和巴西河。本项目位于白龙江水系，属于嘉陵江流域范围之内。

根据若尔盖县水务局提供的《阿坝州水功能区划报告》，若尔盖境内白龙江水系起于郎木寺，终于县东边界处，县境内长 68km，集水面积 1216.3km²，该段水域划为 III 类水域，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准。

本项目周围地表水体主要包括羊肠沟、中长沟、天葬沟和牛棚沟，其中羊肠沟、中长沟和天葬沟水体均汇入牛棚沟，牛棚沟流经阿念巴等居民点后在降扎乡处汇入白龙江，上述地表水体均属于白龙江的支流，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准。

羊肠沟是本项目坑口流出水的直接受纳水体，自北向南流经采矿设施（通过地埋涵管）在沟口处汇入牛棚沟，羊肠沟常年有水。建设单位 2021 年~2023 年对羊肠沟等水体水力学参数进行了观测，羊肠沟流量在 0.02~0.09m³/s 之间，

平均河宽 0.9m，平均流速 0.27m/s，水力坡度 12.3%。

羊肠沟水力学参数详见表 2.5-1，下游汇入河流流量见表 2.5-2，地表水系分布见图 2.5-1。

表 2.5-1 2021 年~2023 年羊肠沟水力学参数

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
流量，m ³ /s	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.06	0.06	0.05	0.03	0.02
河宽，m	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.0	0.7	0.5
流速，m/s	0.24	0.28	0.25	0.25	0.27	0.29	0.29	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
河深，m	0.17	0.18	0.20	0.22	0.24	0.25	0.26	0.22	0.22	0.19	0.16	0.14
水力坡度，%	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3

表 2.5-2 汇入河流流量情况

汇入河流	汇入河段距离	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
牛棚沟	1 km	0.20	0.26	0.38	0.46	0.63	0.71	0.87	0.57	0.57	0.43	0.26	0.18
天葬沟	2 km	0.04	0.06	0.09	0.11	0.15	0.17	0.21	0.14	0.14	0.10	0.06	0.04
白龙江	9 km	2.38	3.16	4.57	5.46	7.50	8.46	10.37	6.83	6.80	5.09	3.19	2.09
麻疯河	15 km	0.81	1.08	1.56	1.87	2.57	2.90	3.55	2.34	2.33	1.74	1.09	0.72
热陇河	20 km	0.39	0.77	0.77	1.16	1.55	1.93	2.32	1.55	1.55	1.16	0.77	0.39
杂勒河	23 km	0.52	1.04	1.04	1.56	2.08	2.6	3.12	2.08	2.08	1.56	1.04	0.52

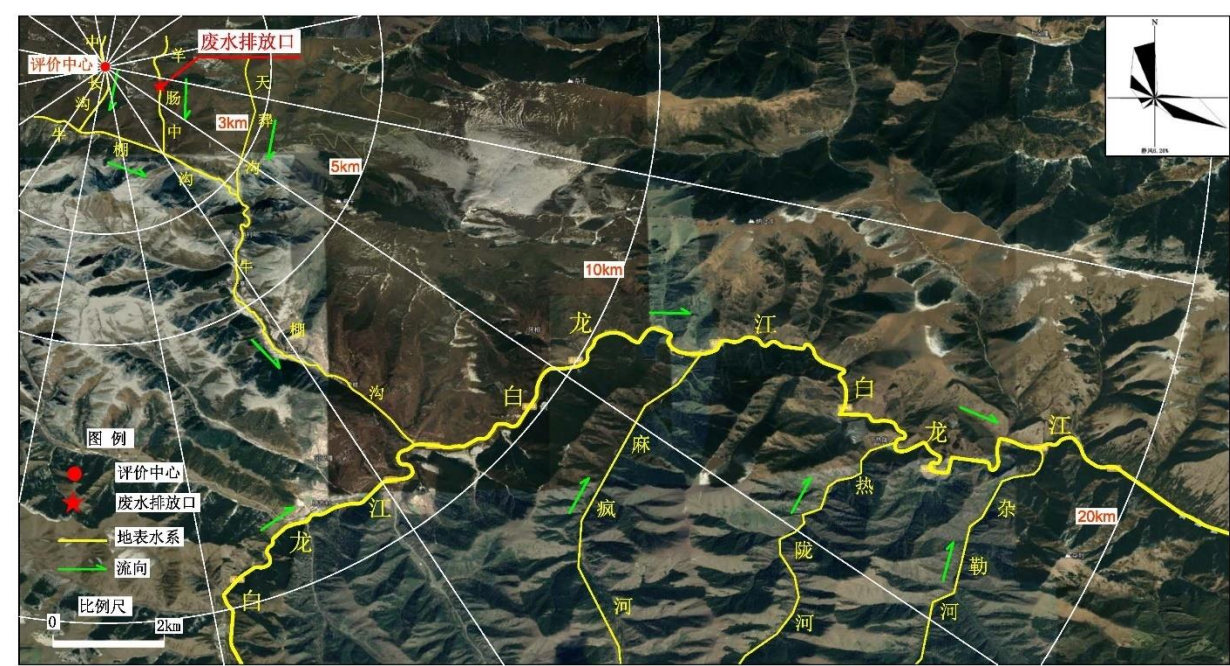


图 2.5-1 项目周边地表水系分布图

2.5.2 地下水

铀矿床地下水类型主要为志留系风化裂隙水和岩溶裂隙水，具体如下：

1) 志留系风化裂隙水

志留系风化裂隙水由碎裂硅岩、硅质板岩、炭质砂岩组层等组成，在硅岩含水层中多呈透镜状夹于其间，主要分布在灰岩顶部，与灰岩共同组成矿床含水层，和灰岩有密切的水力联系。浅层裂隙较为发育，地下水主要以潜水形式存在浅部的风化带中，其富水程度受岩性、构造控制明显。在垂直方向因受物理风化作用差异，岩层含水性向深部逐渐减弱。风化带裂隙潜水层渗透系数 $0.15\text{m/d} \sim 0.30\text{m/d}$ ，地下水化学类型主要为 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$ 型水和 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ 型水。

2) 志留系岩溶裂隙水

主要分布由下志系含矿灰岩和硅质灰岩组成，含水层厚度 $46\text{m} \sim 72\text{m}$ ，变化较大，基本在 F1 和 F2 断层控制之内。含硅质灰岩裂隙溶洞发育，溶洞一般沿硅质岩顶部及底部，即沿走向区域型断裂带发育，横断裂隙少见，并有自上而下减弱趋势。浅部（ 3500m 标高以上）以垂直型为主，深部以水平型为主。矿体产于灰岩和硅质灰岩含水层中，水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ 型水。

3) 矿床地下水的补给、径流和排泄特征

龙江铀矿一矿段位于中长沟与羊肠沟分水岭西侧边坡地带，510 一矿段开采最低标高为 3317m 。西端为中长沟所切，标高 3540m 左右。东端距矿床 700m 以外，为羊肠沟所切，标高 $3417\text{m} \sim 3449\text{m}$ ，位于分水岭东侧。主要可采工业矿体在地下水面之下，侵蚀基准面之上。部分矿体延伸之侵蚀基准面之下。

龙江铀矿矿坑充水补给源主要是大气降水的垂直渗入，其次为矿床顶板基岩风化带地下径流补给。该区域地形为“V”字形，地下水径流沿地形走势，两侧山体局部地下水流向由山脊向沟谷流动。地下水多以沟谷发育泉的形式排泄于地表。

4) 矿床开采前、开采过程中和停产后地下水位变化情况

矿床开采前，地下水位主要受降雨和季节影响明显，510 铀矿床原始地下水水位标高 $3544\text{m} \sim 3557\text{m}$ 之间。地下水属弱碱性水，pH 在 $7.2 \sim 8.0$ 之间，天然地下水的 SO_4^{2-} 及侵蚀性 CO_2 含量较高， SO_4^{2-} 含量在 $59.24 \sim 710.51\text{mg/L}$ 之

间，侵蚀性 CO_2 的含量为 46.3mg/L 。

510 铀矿床采用露天和地下结合开采，采用先上后下回采方式，其中露天开采于 1982 年正式开始，1987 年开采结束，随后转地下开采，2014 年露天采场下游设置拦渣墙，拦渣墙底部标高 3562m ，并回填尾渣，开采和回填期间未见地下水。

1987~2015 年，510 矿床转地下开采，开采中段不断加深，建设单位将矿床中段地下水（矿井水）疏干，排放至地表环境，矿床地下水位也随之下降，地下开采末期地下水水位位于七中段，水位标高低于 3317m 。

2016 年，510 铀矿床停止开采，进入维持维护阶段，矿山排水设备也停止运行，矿床地下水位也逐渐恢复上升。开始时，由于水位降深大，地下水位恢复上升速度较快，随着降深的不断减小，地下水位上升速度逐渐变慢。

2017 年，根据《龙江铀矿 510 一矿段退役治理工程露天坑尾渣库工程地质勘察报告》（河北中核岩土工程有限责任公司，2017.11）中相关内容，在 104 露天坑尾渣库（原露天采场位置）勘察 30m 深度范围内未见地下水；2018 年~2025 年建设单位对勘察孔内地下水水位进行观测，枯水期和丰水期均未发现地下水。

地下水位上升至四号平硐时，地下水位标高为 3435m ，矿床地下水从四号平硐中流出；四号平硐封堵后，地下水水位仍在不断上升，具体水位目前已无法探明。

2.6 土地和水体利用情况

根据若尔盖县自然资源局提供的有关资料，本项目评价中心 3km 范围内土地类型主要为采矿用地、灌木林地、草地、农村道路和河流水面等；评价中心 3km 范围内地表水主要为中长沟、羊肠沟和牛棚沟，根据现场踏勘少量放牧牛、羊饮用地表水，无居民点饮用和灌溉等使用情况，且无水利设施。

根据若尔盖县水务局提供资料，项目所在地居民主要饮水水源来自 10km 外的受纳水体上游的降扎乡饮用水自然保护区，不直接饮用地表水。

根据现场踏勘，受纳水体下游评价范围内，少部分岸边农田使用受纳水体灌溉，主要农作物为青稞为主，其次有小麦、豆类作物和蔬菜等，灌溉方式为

分散式，耕种者采用沟渠或水桶进行灌溉。根据现场踏勘询问调查结果，农田灌溉用水量约 $0.1\sim 0.3\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ，青稞产量约 $129\text{kg}/\text{亩}$ ，小麦产量 $148\text{kg}/\text{亩}$ ，豆类产量 $92\text{kg}/\text{亩}$ ，蔬菜产量 $2723\text{kg}/\text{亩}$ 。

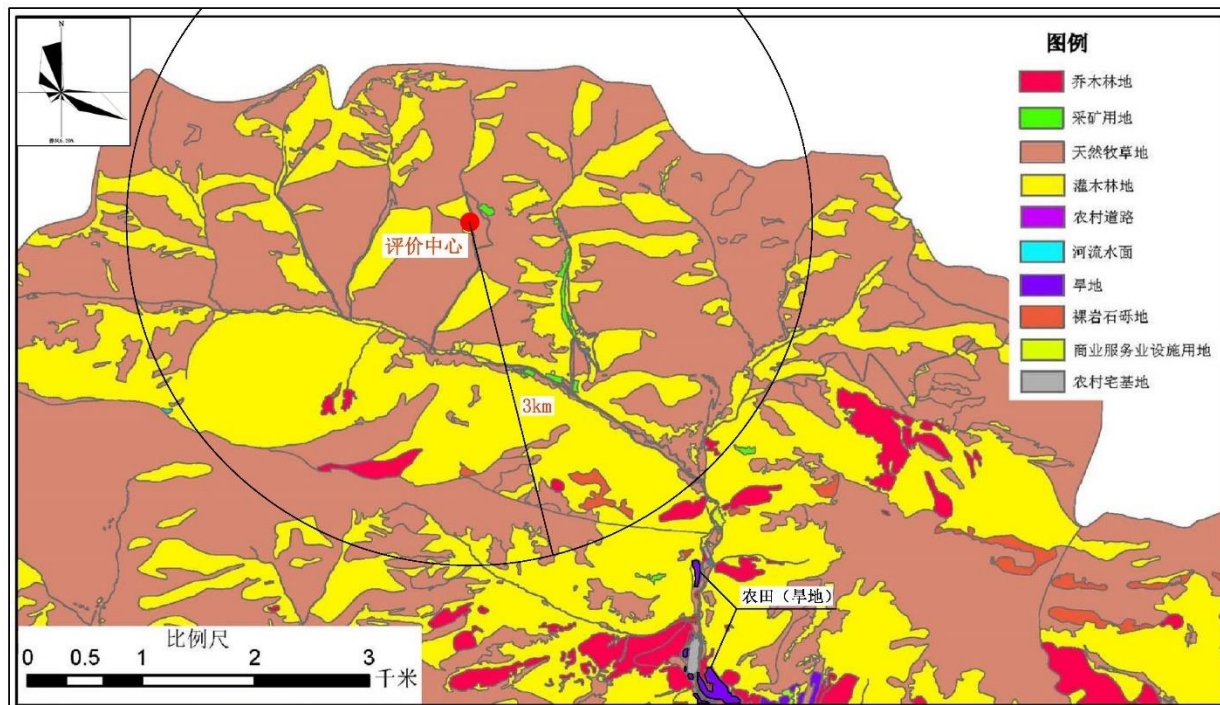


图2.6-1 土地利用现状图

2.7 生态和资源开发利用

2.7.1 自然资源

本项目所处四川省若尔盖县位于青藏高原东部边缘地带，地处阿坝藏族羌族自治州北部。该地区东部群山连绵、峰峦叠翠、林涛澜荡；西部草原广袤无垠，水草丰茂，素有“川西北高原的绿洲”之称。

若尔盖县境内地形复杂，黄河与长江流域的分水岭将全县划分为两个截然不同的地理单元和自然经济区。中西部和南部为典型丘状高原，占全县总面积 69%，地势由南向北倾斜。境内丘陵起伏，谷地开阔，河曲发达，水草丰茂，适宜放牧，以饲养牦牛、绵羊和马为主，是本县的纯牧业区。根据《若尔盖年鉴 2023 年》（若尔盖县人民政府主办，2023.11）主要自然资源如下：

1) 水资源

本县水资源总量 44.1 亿 m^3 ，黄河干流枯水期 40% 水量、丰水期 26% 水量来自若尔盖县。

2) 土地资源

土地资源总面积 1032570.23ha，其中耕地面积 4006.17ha，种植园地面积 238.83ha，林地面积 239442.31ha，草地面积 451608.29ha，工矿用地面积 3829.21ha，交通运输面积 1351.25ha，水域及水利设施面积 14672.08ha。

3) 矿产资源

矿产资源已探明的有煤矿、铀矿、金矿、铁矿、地热水和矿泉水等 9 种，已开发利用的有铀矿、地热水等，优势的矿产种类为铀矿、金矿和地热水。其中，铀矿分布在降扎乡，金矿分布在巴西乡及阿西镇，地热水分布在阿西镇，其中巴西乡位于评价中心 SE 方位 70km 处，阿西镇位于评价中心 SSE 方位 30km 处。

4) 农作物畜牧资源

粮食作物以青稞为主，其次有小麦、豆类作物和洋芋等。主要经济作物有油菜和亚麻，还出产少量苹果和花椒。主要树种有冷杉、云杉等，常年饲养牦牛、藏系绵羊、河曲马等草食牲畜 100 万混合头，其中牛 42.5 万头、羊 54.3 万只、马 2.4 万匹、猪 0.8 万头，是四川省重要的草饲畜牧业基地。

5) 动植物资源

野生动植物种类繁多，有脊椎动物 250 余种，盛产贝母、虫草、秦艽、羌活、大黄、鹿茸、雪莲花等名贵中药材。

植被分布受水分热量影响，林区随海拔升高形成寒温带森林、灌丛和草甸植被，乔木主要包括云杉、冷杉、白桦、大果圆柏、油松等，松科和柏科组成的针叶林占绝对优势；灌木主要有杜鹃、高山柳、忍冬等，草本主要有禾草、莎草等。

2.7.2 自然保护区和饮水水源保护区

根据若尔盖县自然资源局和水务局提供的自然保护区分布和降扎乡饮水水源保护区，本项目距离四川若尔盖湿地国家级自然保护区(实验区)约 27km，距离四川铁布梅花鹿省级自然保护区（实验区）距离约 18km，距离降扎乡饮水水源保护区约 12km。

上述各保护区保护对象及位置信息见表 2.7-1，分布情况见图 2.7-1 和图 2.7-2。

表 2.7-1 本项目周围保护区情况表

序号	名称	级别	面积 (ha)	主要保护对象	最近方位	最近距离 (km)
1	铁布 梅花鹿	省级	27408	梅花鹿等珍稀动物	ESE	18
2	若尔盖 湿地	国家级	166571	高寒沼泽湿地及黑颈鹤等野生动物	S	27
3	降扎乡 饮用水	/	1430	区内饮用水源（地表水）	SSE	12

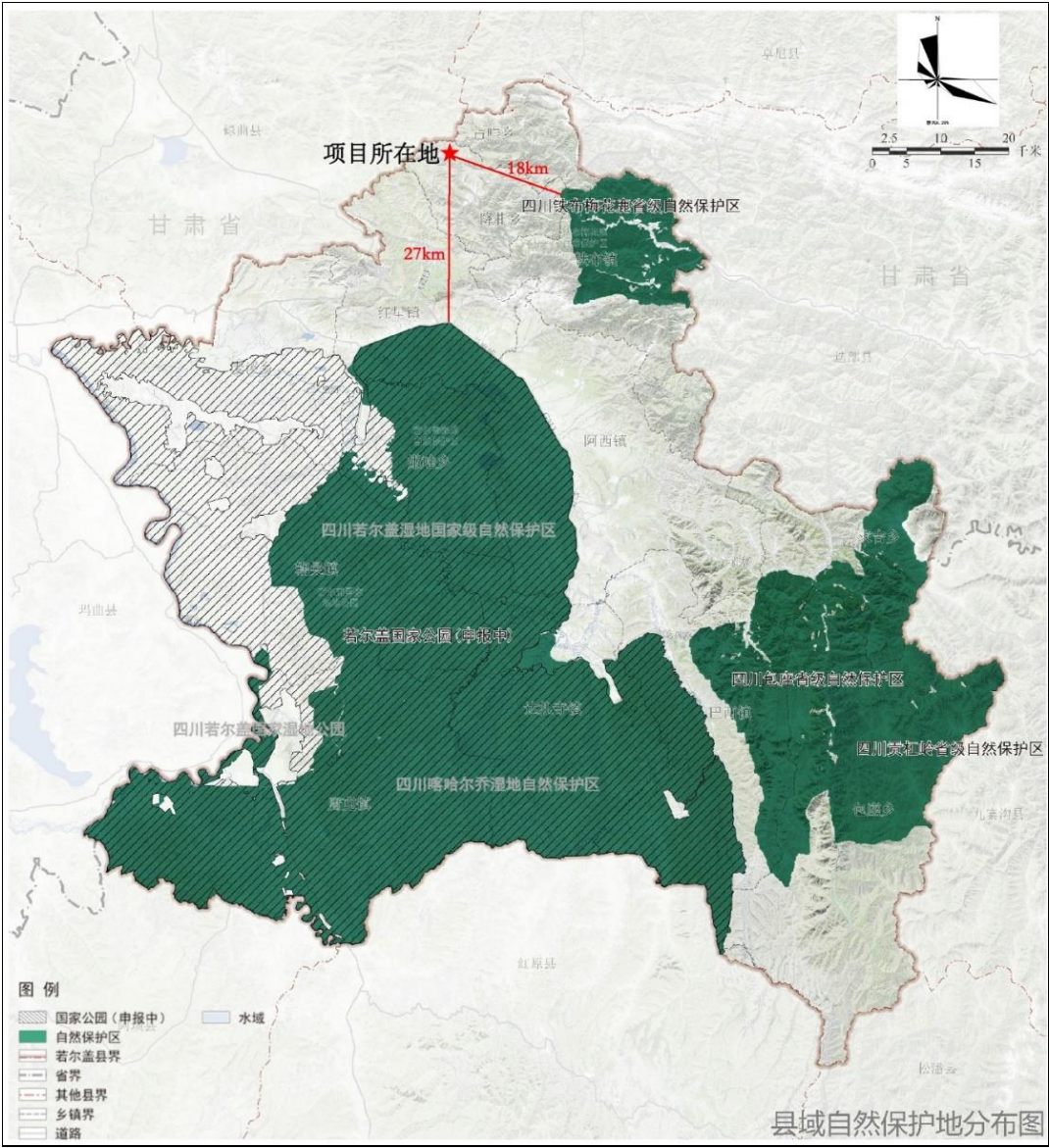


图 2.7-1 自然保护区分布图

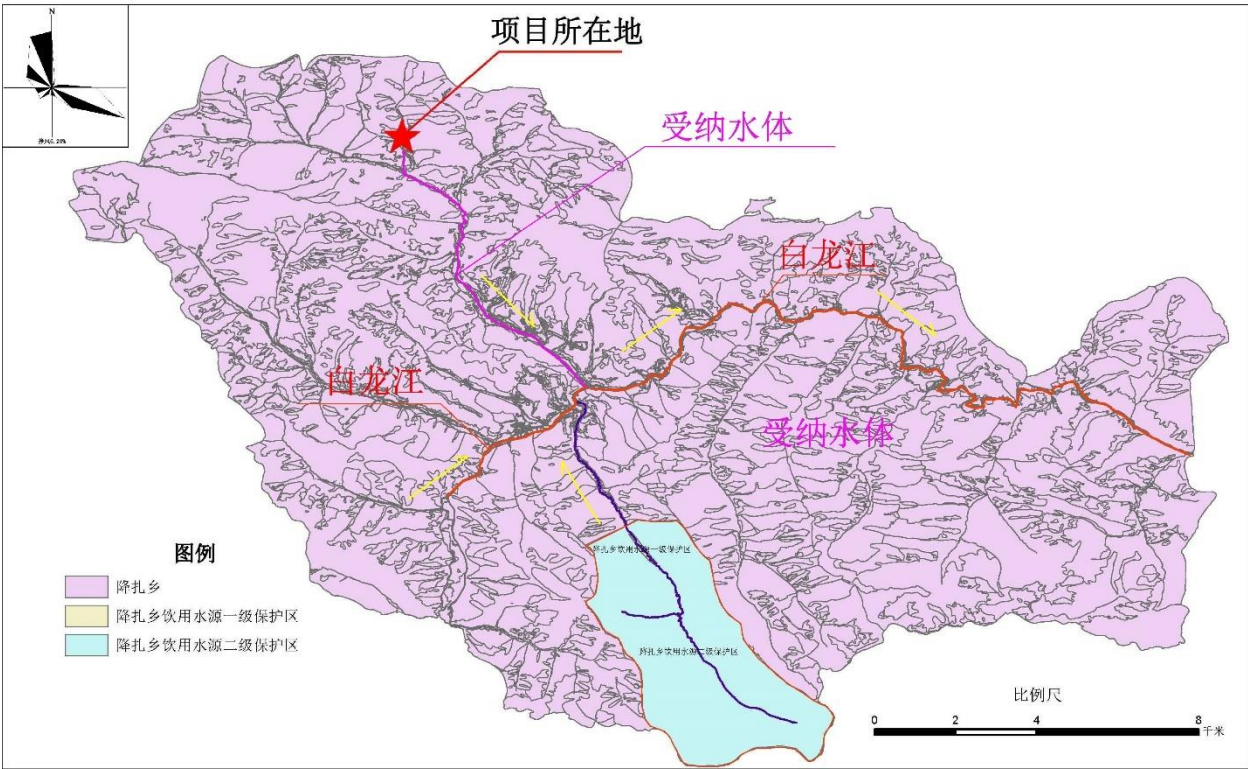


图 2.7-2 降扎乡饮用水源保护区位置图

2.7.3 降扎温泉

1) 降扎温泉概况

降扎温泉又名降扎氡泉，降扎温泉距离评价中心约 3.5km，位于矿区的 SE 方位，被当地藏民视为“神地灵水”，天然泉眼 50 多个。降扎温泉泉水无色、透明、含硫、铁等十多种矿物质，水温 31℃~50℃ 不等，属中温热水，泉水流量 2.39~2.62L/s，一年四季不断，经百年实践证明，降扎温泉对皮肤病、关节炎、风湿、癌症、胃病等有显著疗效。

2) 龙江铀矿和降扎温泉的水力联系

从矿床地下水和温泉水的赋存岩性及走向、地质构造、成因、物理性质及开采标高等五方面来说明两者之间的关系，510 矿区水系及地质构造见图 2.7-2，水力联系分析见表 2.7-1。

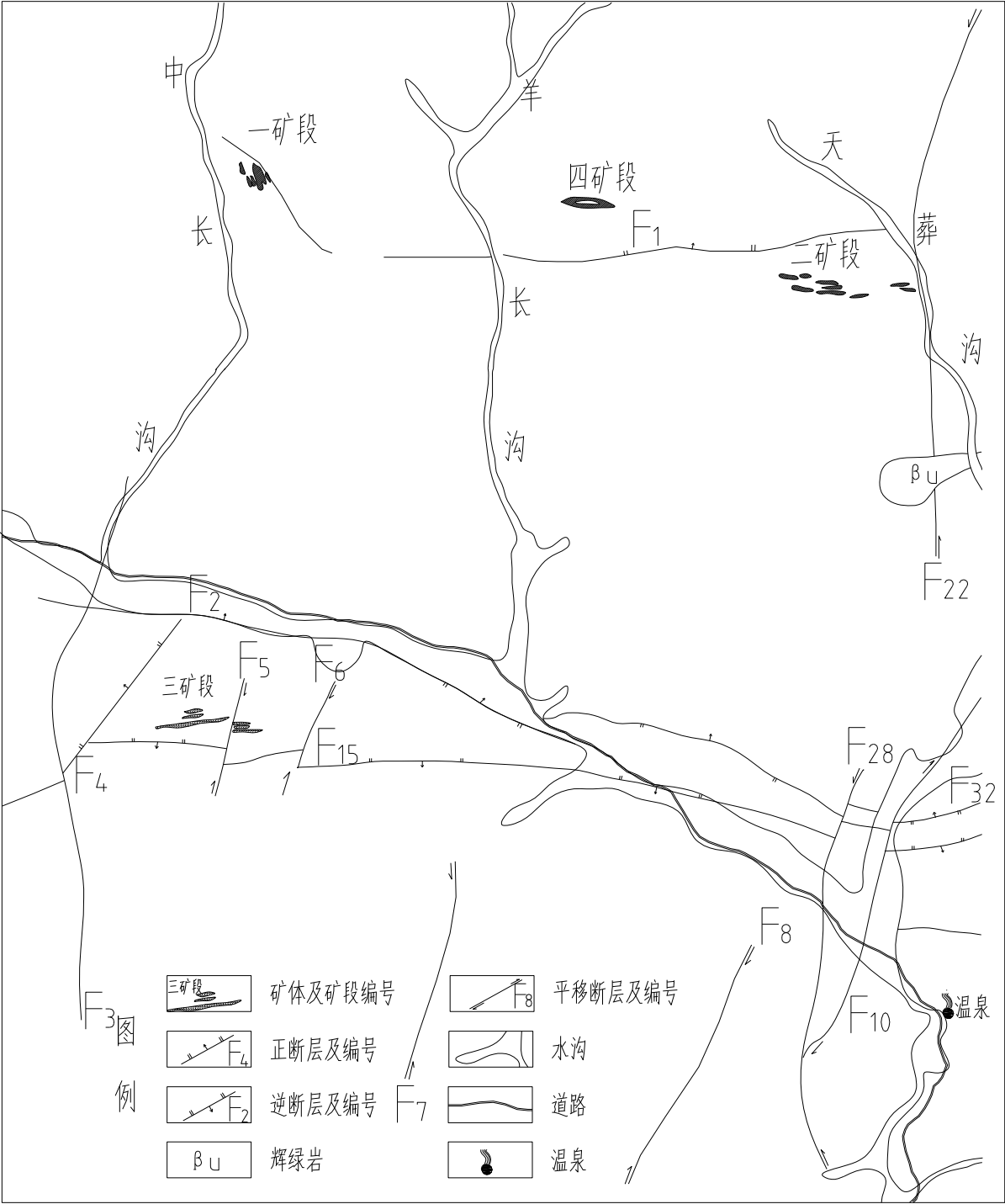


图 2.7-2 510 矿区水系及地质构造图

表 2.7-1 降扎温泉和龙江铀矿关系一览表

序号	比较项	降扎温泉	龙江铀矿	分析结论
1	赋存岩性及走向	岩性：硅质岩、变质砂岩、千枚岩 走向：/	岩性：石英质硅岩和石灰岩和砂质灰岩 走向：岩层东西走向、倾向北或东北。	无关系。 1.两地区岩石有 2km 厚的石英硅岩和炭质石英硅岩所隔开； 2.降扎温泉位于龙江铀矿西南位置，矿床走向为东西走向，不利于地下水向南流动。
2	地质构造	降扎温泉位于断层 F ₁₀ 和 F ₃₂ 的东侧。	矿体主要位于 510 一矿段，位于 F ₁ 断层的西侧和 F ₂ 断层的北侧	无关系。 510 一矿段距温泉约 3.5km，之间被厚度约 500m 千枚岩、炭质千枚岩夹变质砂岩和炭质石英硅岩所隔，而这些岩层裂隙不发育，导水性能差。
3	地下水成因	温泉水属于地热资源，位于深层地下水循环系统，是地下水经过深部构造远距离循环加热后涌出形成的，其热储层深度可达上千米。	矿床地下水为第四系孔隙潜水及大气降水入渗形成的，位于浅层地下水循环系统，它与大气降水密切相关。	无关系。 温泉水地质构造远距离循环，属于地热资源，为地表出露；矿床地下水位第四系孔隙及大气降水形成。
4	物理性质	色度：无 味觉：有硫磺味道 气体：水中有 H ₂ S 透明度：透明 温度：49~50℃	色度：无 味觉：无 气体：水中有无 H ₂ S 透明度：透明 温度：6~11℃	无关系。 温泉水和矿床地下水存在味觉、气体、温度的差异，说明处于氧化环境和地球环境不同。
5	标高	温泉水出露标高 3240m	510 一矿段开采最低标高为 3317m	无关系。 开采标高比温泉出露标高高出 77m

综上所述，矿床地下水与温泉水赋存岩性不同，水的成因不同，在地质构造上也没有联系，它们所处地球化学环境不同，物理性质也有差异，因此，它们之间没有水力联系。

2.8 自然灾害

1) 地震

根据《中国地震动参数规划图》（GB18306-2015）及《建筑抗震设计规范（2024 版）》（GB50011-2010），该地区抗震设防烈度小于 7，建筑抗震设防类别为丙类，框架抗震等级为三级。

据四川地震局《四川台网目录》和《若尔盖县志》统计，1964 年~1988 年，

境内发生大于 1.9 级的地震 21 次，1991 年~2005 年境内发生大于 1.9 级的地震 8 次，其中震级最大为 4.7 级，发生在 1995 年 5 月 9 日，无房屋损失和人员伤亡。

2) 灾害性天气

本地区暖季(5~9 月)常出现冰雹、暴雨、连阴雨等灾害性天气，冷季(10~4 月)多见暴风雪、寒潮连阴雪等灾害性天气。

(1) 冰雹

本地区出现的主要灾害性天气之一，年平均出现 10.5 次。由于青藏高原海拔高，常多中小尺度的对流活动，冰雹次数相对较多，但由于水汽不甚丰沛，雹粒一般较小，常年多为 10mm 以下。直径>5mm 的冰雹平均每年出现 3 次左右，最多年有 6 次(1974 年)。最大冰雹直径为 25mm，出现在 1988 年 6 月 7 日。冰雹一般发生在 5~9 月，与高原夏季风活动期一致，极少在 10 月发生。

(2) 暴雨

大范围或局部性的暴雨暖季时有发生，以 7、8、9 月出现几率最大，平均每年 1.3 次，最多年 6 次(1984 年)。大多数暴雨为离散性分布，持续一天，连续数日暴雨较少，最大暴雨量为 65.3mm(1962 年 7 月 26 日)。

(3) 连阴雨

连阴雨是暖季向冷季过渡中的一种灾害性天气，一般出现在 7 月下旬到 10 月上旬，以 8 月最多。连阴雨最长可持续半个月左右，过程降水量最大为 107.0mm(1966 年 8 月 27 日~9 月 3 日)。

(4) 暴风雪

暴风雪年际分布无明显规律可循，一般每年 1 次，最多年出现过 5 次(1985 年)。本区大雪虽然概率不大，但雪量极值较大，最大的 1 次 1969 年 11 月 2 日一次暴雪天气，降雪时长 13 小时，降雪量达 17cm。

(5) 寒潮连阴雪

寒潮连阴雪常出现在 3~5 月，平均每年出现约 7 次，最多年可达 11 次，最少年也有 5 次，其中以 3、4 月出现次数最多，危害最大。中等以上寒潮连阴雪天气过程持续时间一般为 3 天左右，最长可持续 10 天。寒潮连阴雪出现时，常伴随降温大风，日平均风速一般为 4~5m/s。

2.9 人口分布

若尔盖县全域面积 10620km²，下辖 7 个镇，6 个乡，根据《2022 年若尔盖县国民经济和社会发展统计公报》，截至 2022 年底，全县户籍人口 80907 人，人口密度为 7.62 人/km²。

评价中心 3km 内无居民点，评价中心 5km 居民点主要为阿念巴，合计人口 175 人，评价中心 5km 内人口分布见表 2.9-1，居民点分布情况见图 1.6-2。评价范围内人口的年龄结构为：婴儿 1%；幼儿 10%；少年 15.6%；成年 73.4%。

表 2.9-1 评价中心 5km 范围内居民点

序号	居民点	方位	距评价中心距离（km）	人口数*
1	阿念巴	SSE	4.2	175

注：*表中数据为 2023 年份的人口数，行政村为苟绕村。

根据 2017 年~2022 年《若尔盖县国民经济统计公报》，若尔盖县的年均人口自然增长率为 8.11‰，具体数据见表 2.9-2。

表 2.9-2 若尔盖县人口自然增长率（2017-2022 年）

年份	2017	2018	2019	2020	2021	2022	均值
人口自然增长率（‰）	8.51	8.37	8.37	未公布	8.70	6.60	8.11

本次评价以集中覆盖治理区为评价中心，半径 20km 的圆形区域作为评价区。评价中心 10km 范围内人口数据来源于 2023 年建设单位实地调查，10-20km 范围各子区内人口数据由中国县域统计年鉴获得。

根据本项目退役计划 5 年内完成，预计 2029 年完成退役治理工程，因此将 2029 年作为本项目退役治理后辐射环境影响评价年份。人口预测以 2023 年人口数为基础，利用马尔萨斯人口计算模型：

$$N = N_0 e^{r \cdot t} \tag{2-1}$$

公式（2-1）中：N：预期人口数（人）；

N_0 ：现有人口数（人）；

r：预测时段平均人口增长率，取 2017~2022 年平均值；

t：N 与 N_0 之间的时间间隔（年）。

退役治理前（2023 年）评价中心 20km 范围内人口数见表 2.9-3，退役治理后（2029 年）评价中心 20km 范围内人口数见表 2.9-4。

表 2.9-3 评价中心 20km 内各子区人口分布（2023 年）

单位：人

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2 km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2~3 km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3~5 km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0
5~10 km	婴儿	0	0	0	0	0	2	10	9	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	21	100	89	4	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	32	155	139	6	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	152	730	654	30	0	0	0	0	0	0	0
10~20 km	婴儿	0	0	0	7	21	3	0	0	49	16	46	0	14	0	0	9
	幼儿	0	0	0	70	211	31	0	0	491	164	459	0	140	0	0	86
	少年	0	0	0	110	328	48	0	0	766	255	717	0	219	0	0	134
	成年	0	0	0	515	1545	224	0	0	3602	1201	3372	0	1030	0	0	632

表 2.9-4 评价中心 20km 内各子区人口分布（2029 年）

单位：人

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2 km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2~3 km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3~5 km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	0	133	0	0	0	0	0	0	0	0
5~10 km	婴儿	0	0	0	0	0	2	10	9	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	22	104	93	4	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	33	161	145	6	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	158	760	681	31	0	0	0	0	0	0	0
10~20 km	婴儿	0	0	0	7	22	3	0	0	51	17	48	0	15	0	0	9
	幼儿	0	0	0	73	220	32	0	0	511	171	478	0	146	0	0	90
	少年	0	0	0	115	342	50	0	0	798	266	747	0	228	0	0	140
	成年	0	0	0	536	1609	233	0	0	3751	1251	3512	0	1073	0	0	658

2.10 居民生活习性与饮食习惯

本项目评价区域内居民以藏族为主，主食以青稞、小麦、胡豆、豌豆等为主。副食主要有牛肉、羊肉、奶、猪肉、蛋等。蔬菜主要是圆根、白萝卜、瓜菜等。项目周围居民饮用水源来自降扎乡饮用水源保护区（地表水），位于受纳水体上游，部分岸边农田使用受纳水体灌溉。

根据实地走访调查统计结果，主要食谱及食物消费量见表 2.10-1，与动物产品有关的参数见表 2.10-2。本次评价中采用的液态途径相关参数分别见表 2.10-3、表 2.10-4 和表 2.10-5，液态途径影响子区及人口情况见表 2.10-6。

表 2.10-1 各年龄组食物消费量及自给份额

食物种类		谷物	蔬菜	水果	牛肉	猪肉	羊肉	家禽	蛋	奶
消费量 (kg/a)	婴儿	8	3	2	0	0	0	0	10	180
	幼儿	85	15	20	50	22	30	6	7	40
	少年	150	30	22	60	25	40	8	7	45
	成人	180	30	24	70	25	40	11	9	60
自给份额		0.85	0.6	0.5	0.2	0.9	0.8	0.9	0.95	0.8
贮存时 间 (d)	最大个人	30	1	1	1	1	1	1	1	1
	平均个人	180	2	30	2	2	2	5	10	7
生长期 (d)		100	30	120	—	—	—	—	—	—

表 2.10-2 与动物产品相关的参数

动物产品种类	牛	羊	猪	家禽	蛋	奶
饲料消费量 (kg/d)	14	1.5	5	0.25	0.25	14
饲料贮存时间 (d)	120	120	120	120	120	120
放牧季节鲜草份额	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
放牧季节时间份额	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
牧草生长期 (d)	30	30	30	30	30	30

表 2.10-3 液态途径农产品参数

kg/a

农产品	污水灌溉 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{a}$	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
粮食	0.1	30	180	1	0.8	12	8	14	12	19	14
蔬菜	0.3	1	3	0.5	0.4	2	1	3	2	4	3
水果	0.2	2	30	0.2	0.1	5	4	8	5	9	6

表 2.10-4 液态途径动物产品参数

kg/a

动物产品	动物污水摄入量 (L/d)	屠宰到消费时间 (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
蛋	0.2	1	30	0.3	0.2	2	1.5	3	2	3.6	2.5
奶	5	1	10	0	0	5	3.5	8	5	9	6
牛肉	5	2	30	0	0	0.5	0.3	0.7	0.6	0.9	0.6
羊肉	2	2	30	0	0	0.5	0.2	0.7	0.5	0.9	0.6
家禽	0.2	1	20	0	0	1	0.7	1.5	1	1.8	1
猪肉	5	1	20	0	0	2	1.5	3	2.1	3.6	2.5

表 2.10-5 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	0.01	0.005
划船时间 (a)	0	0	0	0	0.01	0.005	0.01	0.005
岸边活动时间 (a)	0	0	0.02	0.01	0.06	0.03	0.085	0.063

表 2.10-6 废水排放口下游使用途径子区及人口一览表 单位：人

方位	子区 (km)	使用途径人口数											
		农产品、动物产品食用途径				游泳、划船途径				岸边活动途径			
		婴儿	幼儿	少年	成人	婴儿	幼儿	少年	成人	婴儿	幼儿	少年	成人
SSE	3~5	0	18	27	128	0	0	4	19	0	18	27	128
SSE	5~10	0	89	139	654	0	0	21	98	0	89	139	654
SE	5~10	0	100	155	730	0	0	23	110	0	100	155	730
ESE	5~10	0	21	32	152	0	0	5	23	0	21	32	152
ESE	10~20	0	31	48	244	0	0	7	37	0	31	48	244

3 退役设施概述

3.1 退役设施概况

3.1.1 龙江铀矿工程概述

3.1.1.1 建矿生产阶段

龙江铀矿（原 510 一矿段铀矿床）隶属于原七九二矿，原七九二矿大体可以分为两大部分：即矿山部分和水冶厂部分。其中，矿山部分主要为 510 矿床（510 一矿段、510 二矿段和 510 三矿段），位于四川省若尔盖县；水冶厂建于甘肃省迭部县。原七九二矿于 1967 年正式筹建，1972 年开始建设，1977 年基本完成工程建设，1980 年试车成功，1982 年正式生产，期间主要对 510 一矿段和 510 三段进行了开采和水冶。进入九十年代以后，根据核工业调整、改革的战略部署，1994 年政策性停产后进入维持维护阶段。

2000 年，原国防科工委下发《关于核工业七九二矿退役治理工程可行性研究报告的批复》（科工计字〔2000〕868 号），同年原国家环保总局下发《关于七九二矿退役治理工程环境影响报告书（可行性研究阶段）的批复》（环函〔2000〕417 号），两部委批复了七九二矿退役治理工程。

2001 年七九二矿转入全面退役阶段，退役治理工作正式开工。

3.1.1.2 残矿回收阶段

在七九二矿退役实施过程中，国家铀资源政策出现变化，由于矿山部分政策性关停闭坑时仍有一定数量的铀资源完成开拓而未采掘，为了回收资源，组织对 510 一矿段进行了残矿回收试验，并通过试验证明了利用碱法回收铀的工艺成熟、技术先进、经济可行。

2005 年，原国防科工委下发《关于做好核工业铀矿冶关闭破产企业残矿回收工作的通知》（科工二司〔2005〕509 号），同意了《792-510 矿床残矿回收工程》；同年，原国家环保总局下发《关于对 792 矿-510 矿床残矿回收工程环境影响报告书的批复》（环审〔2005〕789 号）同意了残矿回收环评。

残矿回收工程利用 510 矿床退役部分设施：1#废石场、2#废石场、104 露天采场废墟、4#平硐口工业场地、4#坑口及通风井等、污水处理车间和受污染道路，并新建尾渣库和堆浸场设施对 510 矿床 I 矿段矿体进行残矿回收生产。

同时，由于残矿回收工程的实施，510 矿床原计划退役部分设施（1#废石场、2#废石场、104 露天采场废墟、4#平硐口工业场地、4#坑口及通风井等、污水处理车间和受污染道路等）调出了《七九二矿退役治理工程》的治理范围，未涉及的退役设施按计划进行退役。

2009 年，蓝天铀业成立“龙江铀矿”，专门负责原 510 一矿段残矿回收工作。

2020 年，七九二矿退役治理工程正式完工，通过了竣工环保验收；2022 年，核工业甘肃矿冶局完成了七九二矿退役治理工程的总竣工验收。自此，七九二矿退役有限制开放设施进入了长期监护阶段。

3.1.1.3 技术改造阶段

2010 年，由于残矿回收工程的部分水冶设施破旧、简陋不符合安全环保生产要求，申请进行 510 二矿段开拓和水冶设施改造，国防科工局以《关于西安中核蓝天铀业有限公司 510 矿铀矿冶技术改造项目开展前期工作的批复》（科工计〔2010〕1766 号）批复了 510 矿铀矿冶技改项目；2011 年，原环境保护部下发《关于西安中核蓝天铀业有限公司 510 矿铀矿冶技改工程环境影响报告书的批复》（环审〔2011〕309 号），批复了该项目环评。

技术改造后年开采铀矿石 XXt/a ，产品为重铀酸钠，年生产金属量 XXt/a 。开采方式为先上后下回采，各中段采用后退式回采，开拓方式为平硐—盲斜井开拓，水冶工艺为原矿→破碎→磨矿→螺旋分级→搅拌浸出→矿浆过滤、洗涤→树脂吸附→淋洗→转型→沉淀→过滤洗涤→“111”产品装桶。

技术改造阶段 2012 年开始施工，2015 年底基本施工完毕，受硬岩铀矿山改革调整影响，510 二矿段尚未正式开采。

3.1.1.4 关停阶段

2016 年，龙江铀矿基本完成残矿回收任务，进入了关停阶段。由西安中核蓝天铀业有限公司负责矿山生产设施及“三废”处理处置设施的维护，保证了流出物达标排放。

2017 年，西安中核蓝天铀业有限公司积极推动龙江铀矿的退役治理工作，委托核工业北京化工冶金研究院开展了源项调查工作，委托中核第四研究设计工程有限公司开展退役治理工程项目建议书编制工作。

2019 年，国防科工局印发了《国防科工局关于中国核工业集团有限公司天然铀产能布局调整方案的批复》，同意龙江铀矿储量注销，将龙江铀矿正式列入关停待退役矿山。

2020 年，蓝天铀业为确保 104 露天坑尾渣库的安全稳定，开展了《104 露天坑尾渣库安全整治》工作，对该尾渣库边坡进行整治，修建了排水沟，并采用 C20 混凝土对滩面进行硬化处理。

2021 年，矿坑水已上升至四中段附近，为最大程度减少矿坑水外流，蓝天铀业实施了《西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿矿坑水应急处理工程》，对坑道进行了简易封堵，并建设了矿坑水处理设施将渗出的矿坑水收集后处理达标排放至羊肠沟。

2025 年，国防科工局以《国家国防科工局关于西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程项目建议书的批复》（科工二司〔2025〕527 号）同意本项目立项。

3.1.2 退役设施概述

龙江铀矿残矿回收工作结束后，地表遗留设施主要为：3 个坑（井）口、1 个废石场、1 个堆浸场、3 处污染工业场地、66 座建（构）筑物、1 座老尾渣库、1 座 104 露天坑尾渣库、2 条污染道路、3 条污染溪沟、393 件（台）设备和 5296m 管线。

本项目退役治理设施内容见表 3.1-1。

表 3.1-1 本项目退役设施项目一览表

序号	源项类型	数量	备注
1	坑（井）口（个）	3	无水坑（井）口 2 个； 有水坑口 1 个。
2	废石场（个）	1	废石量：13.76 万 t。
3	堆浸场（个）	1	污染面积 5137m ² ； 尾渣均转运至 104 露天坑尾渣库内。
4	污染工业场地（处）	3	总污染面积 12999m ² ； 为采掘、破碎和水冶场地。
5	建（构）筑物（座）	66	污染建（构）筑物 26 座； 未污染建（构）筑物 40 座。
6	污染设备（台/套）	393	总重量 479.2t
	污染管线（m）	5296	总重量 24.1t

序号	源项类型	数量	备注
7	老尾渣库（座）	1	污染面积 4672m ² ； 尾渣均已转运至 104 露天坑尾渣内。
8	104 露天坑尾渣库（座）	1	堆存尾渣量 12.88 万 t
9	污染道路（条）	2	总污染长度 4475m
10	污染溪沟（条）	3	总污染长度 2300m

3.2 生产期间工艺及“三废”排放

3.2.1 井巷工程

龙江铀矿 510 矿床矿体最高赋存标高为 3610m，一中段（3562m）以上为露天开采，采用溜井—平硐开拓，露天开采至 1987 年结束；随后转地下开采，一中段一下至七中段为地下开采，各中段高差约 40m，采用平硐—盲斜井开拓。

地下开采各中段采用后退式回采。采场沿矿体走向布置，中段高度 40m 左右，长度为矿体走向长度，宽度为矿体水平厚度，空区采用废石充填。生产开采出的矿石和废石装入翻斗式矿车后，由电机车牵引至斜井下放至 3435m 中段（四中段），然后由电机车牵引至主平硐的矿仓和井外废石场。井下通风采用侧翼式通风系统，抽出式通风方式；矿井涌水由 3435m 主平硐（四号平硐）流出，排至矿井水处理设施进行处理。

510 矿床地下开采分为 7 个中段，其中 1、2、3 中段已退役，4、5、6 中段为通风和运输巷道，7 中段是残矿回收主要开采中段。

510 矿床各中段矿体纵切投影见图 3.2-1，开拓系统形象见图 3.2-2，井上、井下平面对照见图 3.2-3。

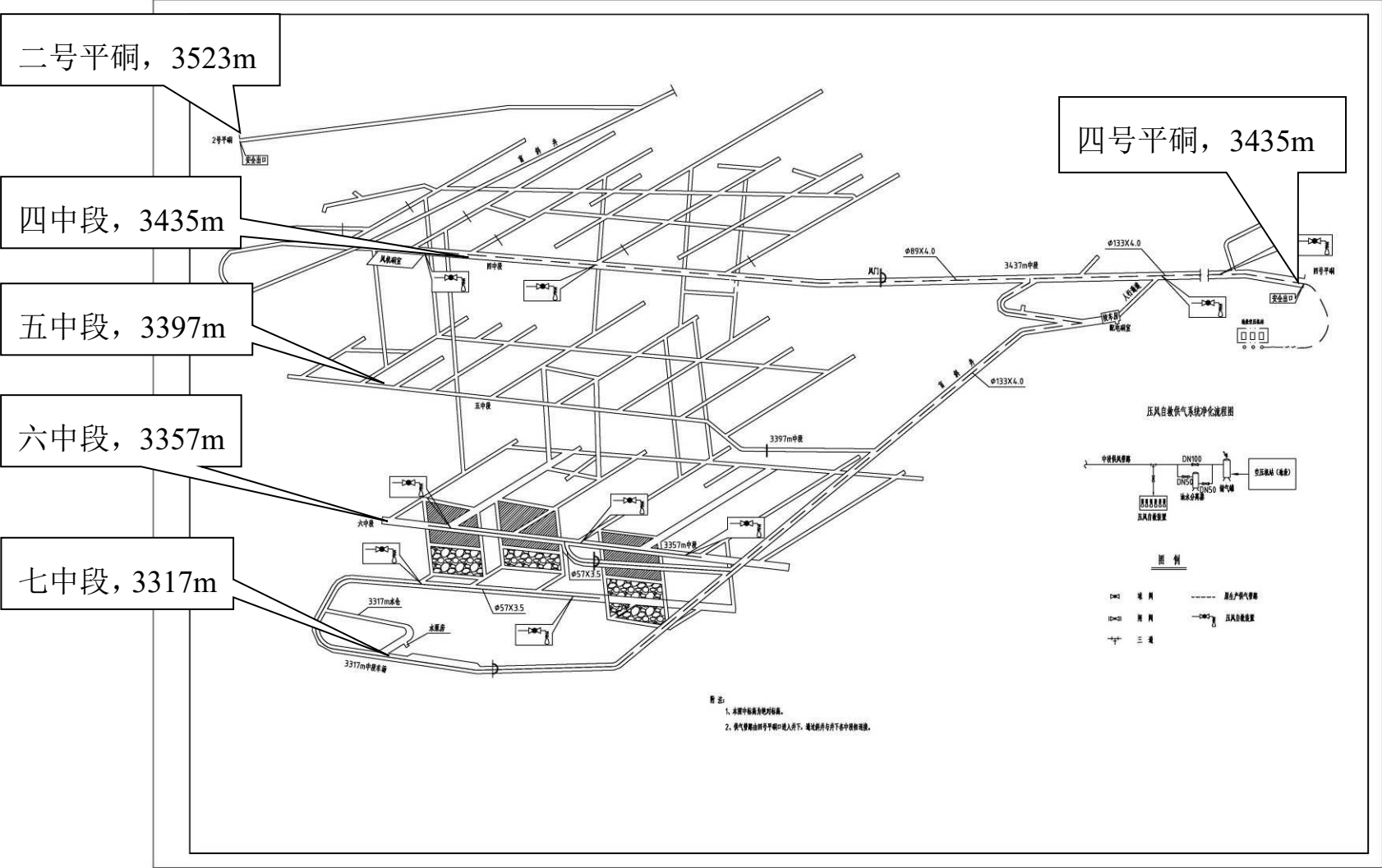


图 3.2-2 井下开拓系统形象图

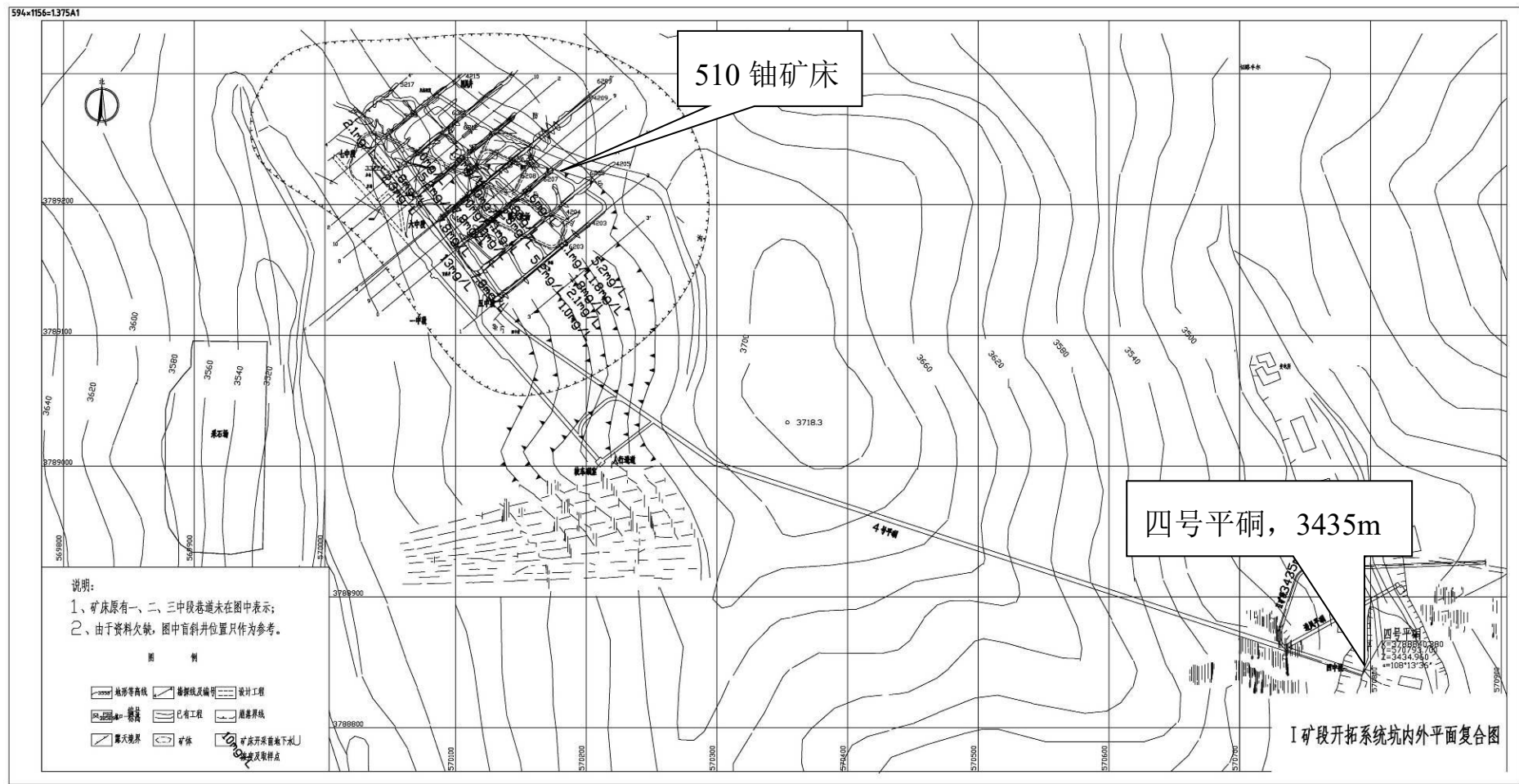


图 3.2-3 510 铀矿床井上、井下平面对照图

3.2.2 水冶工艺

510 一矿段的矿石岩性主要为灰岩、砂岩等，属于碱性硬岩铀矿石。在龙江铀矿残矿回收生产期间，根据矿石特性，水冶采用两种工艺：地表堆浸和常规水冶。矿石破碎后粒径小于 4mm 的矿石进入常规水冶线；粒径在 4mm~15mm 之间的矿石到堆浸场进行堆浸处理。

1) 地表堆浸

矿石进行破碎，破碎后粒度在 4mm~15mm 之间的矿石进入堆浸生产线。矿石堆浸有 5 个堆浸池进行堆浸，堆浸场基础夯实后铺 200mm 厚的黄土层，黄土层上铺软 PVC 板，PVC 板上再铺 150mm 厚的鹅卵石。堆浸场剖面示意图见图 3.2-4。

地表堆浸的浸出液同常规水冶的浸出液一并送至吸附工序。

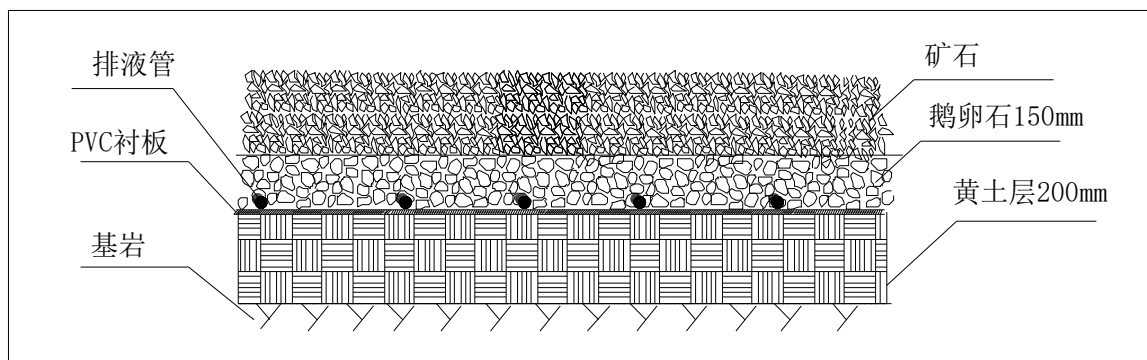


图 3.2-4 堆浸场剖面示意图

2) 常规水冶

对于破碎后粒径小于 4mm 的矿石采用搅拌浸出工艺处理。破碎后的矿石进入球磨机进行磨矿，磨矿后的矿浆进行分级。分级后的粗砂返回磨矿，其余溢流进入浸出工序。矿浆首先进入矿浆贮槽，用砂浆泵送入浸出搅拌槽内进行搅拌浸出，浸出后的矿浆送入厢式隔膜压滤机进行压滤洗涤，洗涤液返回磨矿工序，滤液进入吸附工序，经过压滤后的滤饼的含水率小于 30%，为干渣，用汽车运至尾渣库堆存。

过滤后的浸出液进行离子交换吸附。吸附尾液部分去磨矿工序，部分洗涤过滤饼，剩余吸附尾液去工艺废水处理设施。饱和树脂采用两塔串联移动床逆流方式进行淋洗，淋洗合格液流入淋洗合格液贮槽，再经泵送入沉淀槽。淋洗后的贫树脂用转型剂转型后，转型尾液部分去配制淋洗剂和转型剂，剩余部分

去工艺废水处理设施，转型后树脂返回吸附工序循环使用。

淋洗合格液经过泵打入沉淀搅拌槽内，加入氢氧化钠溶液进行搅拌、沉淀。沉淀浆体用砂浆泵送至板框过滤机过滤、洗涤，得到“111”产品，装入产品桶中。

生产工艺流程：原矿→破碎筛分→粒径小于 4mm 矿石→磨矿→螺旋分级→搅拌浸出→矿浆过滤、洗涤→浸出液；粒径 4mm~15mm 矿石→筑堆→浸出→浸出液；浸出液→树脂吸附→淋洗→转型→沉淀→过滤洗涤→“111”产品装桶。工艺流程图见图 3.2-5。

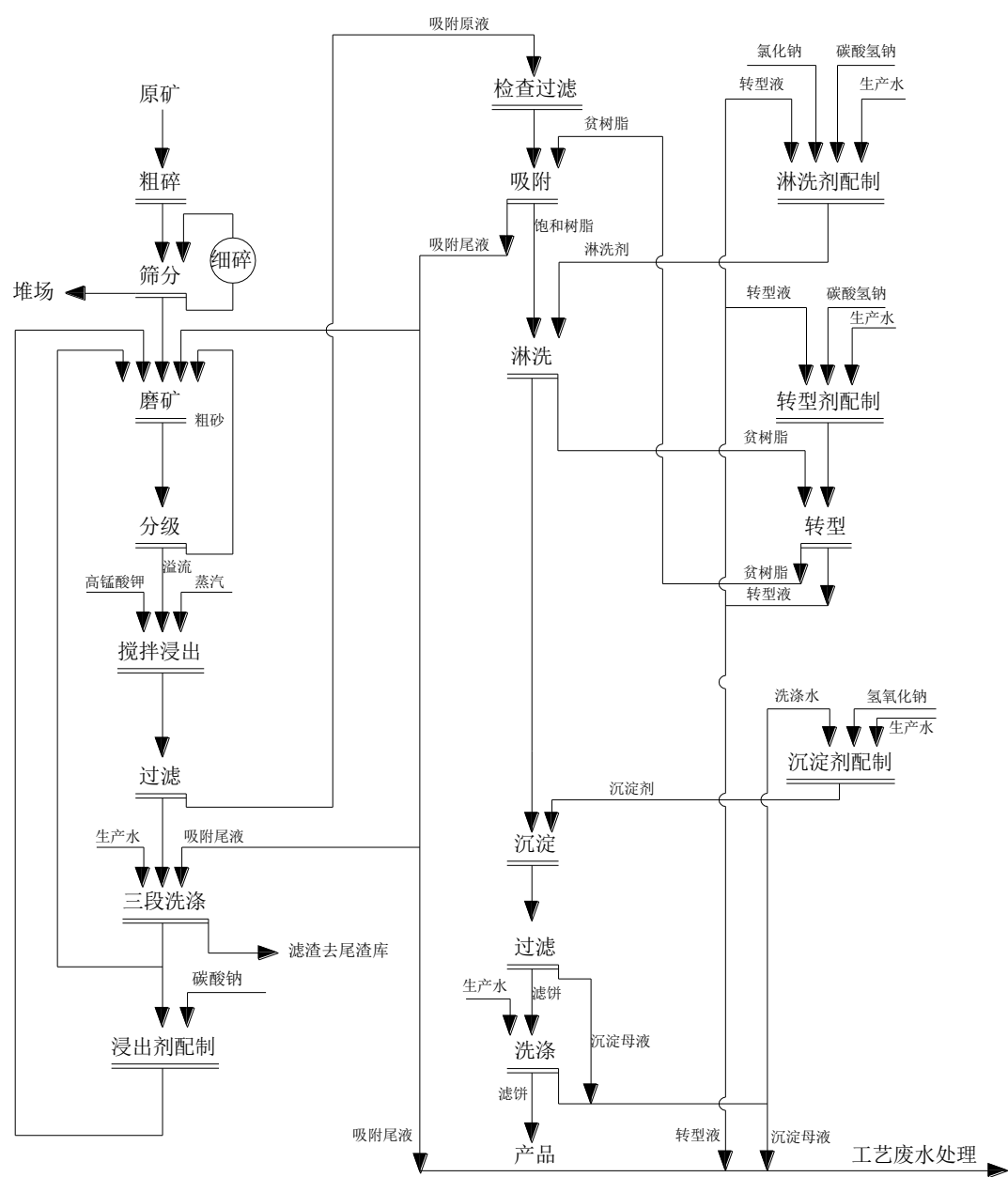


图 3.2-5 生产时期水冶工艺流程图

3.2.3 生产期“三废”产生及处理措施

3.2.3.1 废气产生及治理措施

1) 放射性废气

(1) 矿井废气

在矿山开采过程中，凿岩、爆破、装矿、放矿、装卸、充填过程中由于矿岩的破碎机风力的作用，会产生大量的氡及其子体和铀矿尘。

为了降低井下开采产生的铀矿尘、氡及其子体的浓度，井下作业采取喷雾洒水湿式作业和湿式凿岩，并及时密闭废弃巷道和采空区，以降低工作场所中污染物的产生量，采取侧翼通风系统抽出式通风方式。

(2) 破碎系统废气

在破碎厂房破碎、筛分、输送工程中由于矿石在机械力作用下破碎及振动，会产生氡气、放射性粉尘和放射性气溶胶。

破碎系统产生的废气采取喷雾洒水、密闭产尘设备等措施减少外排废气的粉尘、氡及其子体浓度。产生的粉尘经过布袋除尘器除尘后外排至大气中。

(3) 废石、尾渣（矿）、堆浸场氡释放

放射性废气排放情况见表 3.2-1 和表 3.2-2。

表 3.2-1 回风井和破碎系统放射性废气排放情况

名称	各核素排放量 Bq/a						
	^{222}Rn	^{238}U	^{234}U	^{226}Ra	^{230}Th	^{210}Po	^{210}Pb
回风斜井	8.21E+12	1.58E+08	1.58E+08	1.58E+08	1.58E+08	1.58E+08	1.58E+08
破碎系统	5.69E+10	2.84E+06	2.84E+06	2.84E+06	2.84E+06	2.84E+06	2.84E+06

表 3.2-2 废石场、堆浸场、尾渣库放射性废气排放情况

名称	裸露面积 m^2	氡析出率 $\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{s}$	^{222}Rn 排放量 Bq/a
废石场	2046	$1.18\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{s}$	7.61×10^{10}
堆浸场	5000	$7.08\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{s}$	1.12×10^{12}
尾渣库	32240	$8.36\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{s}$	8.50×10^{12}

2) 非放射性废气

龙江铀矿生产期间主要非放射性废气为燃煤锅炉释放的烟尘和 SO_2 ，产生浓度分别为 $4915\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $1920\text{mg}/\text{m}^3$ ，采用湿式旋流脱硫除尘器进行除尘脱硫，除尘效率大于 96%，脱硫效率大于 80%。

烟气处理后经过 30m 高的烟囱排放，烟尘和 SO_2 的排放浓度分别为

197mg/m³ 和 384mg/m³，排放速率分别为 0.31kg/h 和 0.61kg/h。

3.2.3.2 废水产生及治理措施

1) 放射性废水

(1) 矿井废水

矿井废水主要来自矿井涌水和井下生产用水，废水的正常排放量为 150.36m³/d，最大排水量为 270.36m³/d，采用矿井水吸附和淋洗塔处理，矿井废水中 $U_{\text{天然}}$ 低于 0.3mg/L，²²⁶Ra 低于 1.1Bq/L 后，排入牛棚沟。

本项目收集了原 792 矿坑水生产时期中矿坑水中 $U_{\text{天然}}$ 历史监测和处理数据，调查时间为 1986~1994 年，矿井水处理前、后中 $U_{\text{天然}}$ 含量详见表 3.2-3。

由该表可知，生产时期矿坑水原液中 $U_{\text{天然}}$ 含量在 (8.36~13.00) mg/L 之间，平均值 9.98mg/L。

表 3.2-3 生产时期矿坑水 $U_{\text{天然}}$ 含量调查结果

年份	处理总量, m ³ /a	原水中 $U_{\text{天然}}$ 含量, mg/L	尾液中 $U_{\text{天然}}$ 含量, mg/L
1986	7200	8.45	0.13
1987	51450	10.97	0.14
1988	64940	8.61	0.12
1989	52570	9.18	0.16
1990	70000	13.00	0.14
1991	66150	9.75	0.11
1992	56640	8.36	0.12
1993	64800	11.24	0.12
1994	45000	10.31	0.13

(2) 工艺废水及尾渣库渗水

工艺废水主要来自吸附尾液、产品过滤洗涤液、母液、转型液，尾渣库渗水产生量较少，工艺废水和尾渣库渗水共计产生量约 68m³/d，一并送至工艺废水处理设施处理，水中 $U_{\text{天然}}$ 含量 3.2~7.8mg/L，²²⁶Ra 活度浓度为 0.58~0.79Bq/L，工艺采用化学沉淀载带法进行处理，即：碱性废水→碱化除 CO₃²⁻→陈化→硫酸亚铁中和→氯化钡除镭→陈化→过滤→槽式排放，处理后的工艺废水铀浓度小于 0.3mg/L，镭浓度小于 1.1Bq/L，处理合格后废水通过槽式排放池排入牛棚沟。

2) 非放射性废水

非放射性废水主要为职工生活污水、洗衣房淋浴室排水、锅炉房排水，污水排放量为 $82.79\text{m}^3/\text{d}$ ，主要污染物包括氨氮、COD 等收集至矿区地理式污水处理设施进行处理，处理工艺为 A/O 法除氮，处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 1 和表 4 中一级标准后，就近排入牛棚沟。

3.2.3.3 固体废物产生及治理措施

1) 放射性固体废物

(1) 废石

地下开采产生废石，部分堆积至地表，其余部分回填至井下，经过龙江铀矿残矿回收多年，地表废石场总计堆存了 13.76 万 t。

(2) 尾渣（矿）和废水处理沉渣

在搅拌浸出和堆浸过程产生尾矿和尾渣，废水处理设施产生中和沉渣，全部用汽车运至尾渣库内堆放，经过龙江铀矿残矿回收多年，总计产生渣量 12.88 万 t。

需要说明的是，2012 年技术改造项目施工时，受到当地居民的强烈干扰而被迫停工。为缓解企地矛盾，根据原阿坝州国土资源局、原环境保护局《关于若尔盖县铀矿开采相关问题调查情况的报告》（阿州国土资〔2013〕47 号）的要求，蓝天铀业将堆存于原羊肠沟尾渣库及堆浸池内的尾渣全部挖运至原 104 露天坑堆存，尾渣全部挖运和覆盖完毕后开展了《104 露天坑尾渣库安全整治》工作，即对尾渣表面铺设一层 1mm 厚土工膜，膜上铺设 5cm 厚混凝土进行硬化覆盖治理。

2) 非放射性固体废物

(1) 锅炉废渣

锅炉灰渣产生量为 520t/a ，用汽车外运综合处理。

(2) 生活垃圾

职工产生的生活垃圾均收集至规定地点，由环卫部门负责清运处理。

4 环境质量现状

4.1 环境本底调查

4.1.1 阿坝州天然辐射环境本底调查

根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015年7月）中相关内容，项目所在地四川省阿坝州地区的环境本底值如表4.1-1所示。

表 4.1-1 四川省阿坝州辐射环境本底值

监测对象	监测项目	监测范围值	监测均值
空气	氡浓度, Bq/m ³	3.3~40.6	/
	氡子体 α 潜能, nJ/m ³	15.4~114	/
地表水体*	U _{天然} , $\mu\text{g/L}$	0.25~6.3	2.1
	²²⁶ Ra, mBq/L	0.60~16	4.9
地下水体**	U _{天然} , $\mu\text{g/L}$	0.060~10	1.5
	²²⁶ Ra, mBq/L	0.50~11	2.3
土壤	U _{天然} , mg/kg	0.65~11.38	2.87
	²²⁶ Ra, Bq/kg	19.7~120	41.0
γ 辐射剂量率	贯穿辐射剂量率***, nGy/h	68~173.6	122.1

注：*地表水水体采用白龙江监测本底数据；**地下水水体采用水井监测本底数据；***贯穿辐射剂量率中宇宙射线为 65.6nGy/h。

4.1.2 建矿前天然辐射环境本底调查

1) 环境辐射本底调查

1970年7月~1971年7月，原二机部矿冶局组织对“七九二矿天然本底”进行了调查，主要在生产区、生活区、牛棚沟、羊肠沟、中长沟、白龙江等地设置采样点，调查了空气中氡浓度、地表水中铀镭和土壤中铀，贯穿辐射剂量率等，监测方法和结果见表4.1-2、表4.1-3，布点见图4.1-1。

表 4.1-2 监测方法和监测仪器

序号	监测项目	监测方法	监测仪器	检出限
1	空气中 ²²² Rn	活性炭吸附浓缩法	FD-105 静电计、电离室	0.37Bq/m ³
2	地表水中 U _{天然}	荧光法	荧光剂、天平	0.01Bq/L
3	地表水中 ²²⁶ Ra	载带射气法	FD-105 静电计、电离室	0.011Bq/L
4	土壤中 U _{天然}	荧光法	荧光剂、天平	1Bq/kg
5	贯穿辐射剂量率	直接测量	FJ-317 γ 辐射仪	1nGy/h

表 4.1-3 建矿前辐射环境本底值

序号	监测介质	监测项目	监测结果		
			测点数	范围值	均值
1	陆地	贯穿辐射剂量率, $\times 10^{-8}$ Gy/h	20	21.2~39.9	26.0
2	土壤	^{238}U 含量, Bq/kg	10	51.8~99.9	72.7
3	地表水	$\text{U}_{\text{天然}}$ 浓度, $\mu\text{g/L}$	20	0.77~66.18	10.90
		^{226}Ra 浓度, mBq/L	20	2.96~555	149
4	空气	^{222}Rn , Bq/ m^3	10	5.5~44	13

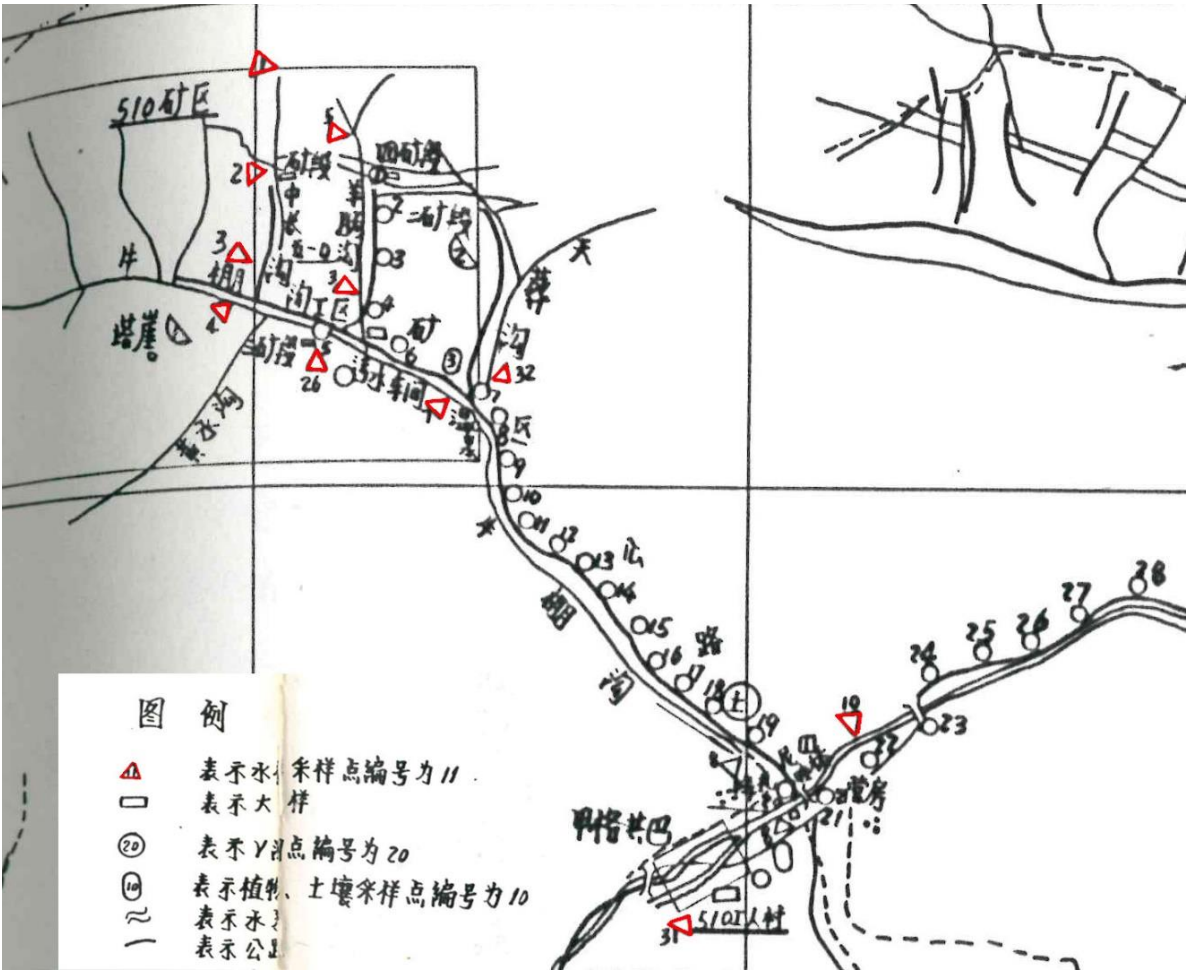


图 4.1-1 本底调查监测布点示意图（部分）

4.1.3 建矿前 510 矿床地下水铀含量本底调查

1) 调查工作流程

龙江铀矿建矿前未开展铀矿床地下水本底调查工作，随着铀矿开采铀矿床地下水中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 含量受一定程度的扰动。

目前该铀矿已到退役治理阶段，矿坑水中 $U_{\text{天然}}$ 可能受到开采的扰动，无法按照新建项目开展铀矿床地下水本底调查工作。因此，本项目参照《地下水环境背景值统计表征技术指南（试行）》（环办土壤函〔2023〕344号）中相关内容，通过收集历史（铀矿勘探时期）铀矿床地下水监测资料，按照该指南中相关统计方法开展地下水本底调查与统计。

本项目铀矿床地下水本底值确定工作流程见图 4.1-2。

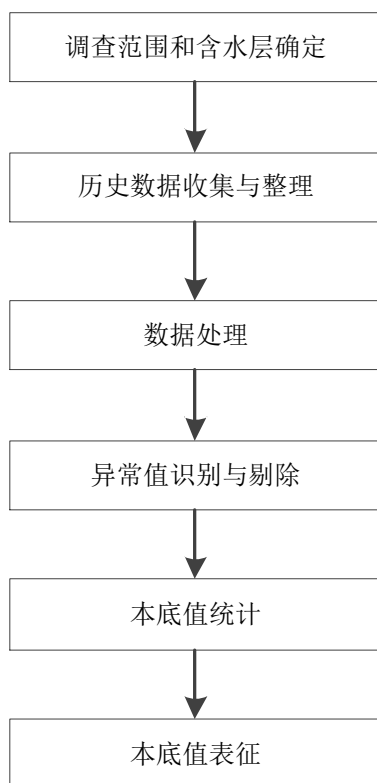


图 4.1-2 本项目铀矿床地下水本底值确定工作流程

2) 调查范围与含水层的确定

本项目坑口流出水主要来自 510 一矿段，因此调查范围为 510 一矿段铀矿床所在水位地质单元；调查含水层为铀矿床所在含水层即志留系风化裂隙和岩溶裂隙含水层，两含水层水力关系密切，且富水性存在差异，共同组成了铀矿床含水层。

3) 历史资料收集与整理

510 铀矿床是由原四川省地质局 405 地质队革命委员会勘察发现，并在建矿前提交了正式的铀矿储量报告，勘察过程中对 510 铀矿床地下水开展了详细的铀镭含量分析，故作为建矿前 510 铀矿床地下水辐射环境本底值。

根据《四川省若尔盖县 510 矿区一矿段铀矿储量报告》（原四川省地质局 405 地质队革命委员会，1970 年 12 月）相关内容，建矿前原四川省地质局 405 地质队革命委员会对 510 铀矿床 3478.61m 断面（三中段）地下水进行了采样分析，分析结果见表 4.1-4，部分监测点位布置分布见图 4.1-3。

表 4.1-4 建矿前 510 铀矿床地下水中 $U_{\text{天然}}$ 本底值

序号	编号	取样位置	采样标高	岩性	U, mg/L	备注
1	A0044	PD2.126.5m		灰岩	2.380	位置无法确定
2	A0045	PD2.133.7m		灰岩	0.690	位置无法确定
3	A0046	PD2.142m 左		灰岩	0.010	位置无法确定
4	A0047	PD2.126m 左		灰岩	0.280	位置无法确定
5	A0048	PD2.68m 右		千枚岩断裂带	0.650	位置无法确定
6	A0059	PD2.151m 右		灰岩	0.780	位置无法确定
7	A0060	PD2.142.8m		灰岩	2.950	位置无法确定
8	A0069	PD2.压风房后		千枚岩	0.002	位置无法确定
9	A0101	PD3.358.6m		硅岩	0.400	位置无法确定
10	A0113	PD3.358.1m		硅岩	0.550	位置无法确定
11	A0155	PD3.404m 右		灰岩	0.280	位置无法确定
12	A0156	PD3.381.7m		灰岩	0.510	位置无法确定
13	A0157	PD3.385.7m		灰岩	0.160	位置无法确定
14	A2003	PD3.404m	3478.61	灰岩	0.810	
15	A2004	PD3.39.4m 顶左侧		变质砂岩	0.036	位置无法确定
16	A2005	PD3.37m 左沟		坑道排水	0.520	位置无法确定
17	A2006	PD3.78.47m 左壁		炭质板岩	0.023	位置无法确定
18	A2007	PD3.81.05m 右壁		炭质板岩	0.013	位置无法确定
19	A2008	PD3.101.5m 右壁		变质砂岩	0.015	位置无法确定
20	A2009	PD3.106.7m 左壁		变质砂岩	0.052	位置无法确定
21	A2010	PD3.109.1m 顶右侧		变质砂岩	0.052	位置无法确定
22	A2011	PD3.114.25m 顶左		千枚岩	0.052	位置无法确定
23	A2012	PD3.156.20m 右壁		千枚岩	0.520	位置无法确定
24	A2013	PD3.164.5m 左壁		千枚岩	0.075	位置无法确定
25	A2014	PD3.174.75m 左壁		千枚岩	0.023	位置无法确定
26	A2015	PD3.190.74m 右壁		千枚岩	0.780	位置无法确定
27	A2016	PD3.203.89m 右壁		硅岩	0.520	位置无法确定
28	A2017	PD3.219.29m 右下角		硅岩	0.780	位置无法确定
29	A2018	PD3.234.54m 左下角		硅质板岩	0.780	位置无法确定
30	A2019	PD3.347.8m 左壁	3478.61	千枚岩	0.780	
31	A2020	PD3.349.6m 右壁	3478.61	千枚岩	0.390	
32	A2021	PD3.353.89m 右上角	3478.61	硅岩	0.180	
33	A2022	PD3.359.19m 左上角	3478.61	硅岩	2.100	
34	A2023	PD3.368.57m 右下角	3478.61	砂质灰岩	0.260	
35	A2024	PD3.375.27m 左下角	3478.61	砂质灰岩	0.210	
36	A2025	PD3.381.07m 左下角	3478.61	砂质灰岩	0.780	
37	A2026	PD3.385.77m 右下角	3478.61	砂质灰岩	0.780	

序号	编号	取样位置	采样标高	岩性	U, mg/L	备注
38	A2027	PD3.393.13m 右下角	3478.61	砂质灰岩	1.000	
39	A2028	PD3.393.13m 右下角	3478.61	砂质灰岩	1.000	
40	A2029	PD3.404.98m 右下角	3478.61	砂质灰岩	2.100	
41	A2030	PD3.339m 左沟	3478.61	坑道沟水	0.780	
42	A2031	PD3.348m 右沟	3478.61	坑道沟水	0.780	
43	A2032	PD3.411m 左壁	3478.61	硅质灰岩	0.160	
44	A2033	PD3-CD1NE40.8m 底板	3478.61	砂质集水	2.600	
45	A2034	PD3-CD1NE24.25m 顶左	3478.61	硅质灰岩	1.800	
46	A2035	PD3-CD1NE15.4m 顶中	3478.61	硅质灰岩	2.300	
47	A2036	PD3-CD1NE3.5m 顶右	3478.61	砂质灰岩	2.100	
48	A2037	PD3-CD1SW3.5m 顶右	3478.61	砂质灰岩	10	
49	A2038	PD3-CD1SW40.4m 顶左	3478.61	钙质硅岩	13	
50	A2039	PD3-CD0NE45.7m 顶右	3478.61	炭质砂岩	0.52	
51	A2040	PD3-CD0NE13.6m 顶右	3478.61	砂质灰岩	13	
52	A2041	PD3-CD0NE9.45m 顶右	3478.61	砂质灰岩	1.000	
53	A2042	PD3-CD0SW4.9m 顶右	3478.61	砂质灰岩	7.800	
54	A2043	PD3-CD0SW12.6m 顶右	3478.61	砂质灰岩	7.800	
55	A2044	PD3-CD0SW24.1m 顶左	3478.61	含炭硅岩	0.160	
56	A2045	PD3-CD2SW3.1m 右壁	3478.61	砂质灰岩	5.200	
57	A2046	PD3-CD2NE25.4m 左壁	3478.61	硅质灰岩	1.800	
58	A2047	PD3-CD2NE29.6m 顶中	3478.61	硅质灰岩	0.210	
59	A2049	PD3-CD2NE44.5m 顶左	3478.61	炭质砂岩	0.520	
60	A2050	PD3-CD3NE37.8m 顶中	3478.61	钙质硅岩	0.520	
61	A2051	PD3-CD3NE29.0m 顶右	3478.61	硅岩	0.780	
62	A2052	PD3-CD3SW38.2m 顶左	3478.61	硅岩	7.800	位置无法确定
63	A2053	PD3-CD5NE21.8m 顶右	3478.61	炭质硅质板岩	2.100	
64	A2054	PD3-CD5NE6.35m 左壁	3478.61	钙质硅岩	5.200	
65	A2055	PD3-CD7NE4.9m 右上角	3478.61	钙质硅岩	1.800	
66	A2056	PD3-CD7NE14.3m 右下	3478.61	钙质硅岩	1.800	
67	A2057	PD3-CD7NE31.1m 右下	3478.61	硅质灰岩	0.160	
68	A2058	PD3-CD7NE26.0m 右下	3478.61	硅质灰岩	5.200	
69	A2059	PD3-CD522.1m 右上角	3478.61	灰岩	0.260	
70	A2060	PD3-CD588.21m 顶中	3478.61	灰岩	1.800	
71	A2061	PD3-CD5140.98m 顶中	3478.61	灰岩	10	
72	A2062	PD3-D5153.43m 顶右角	3478.61	灰岩	1.800	
73	A2063	PD3-CD4SW13.10m 顶中	3478.61	硅质灰岩	2.300	
74	A2064	PD3-CD4SW7.8m 顶右	3478.61	硅质灰岩	7.800	
75	A2065	PD3-CD4NE16.8m 顶右	3478.61	灰岩	1.0	
76	A2066	PD3-CD4NE26.6m 顶左	3478.61	砂质灰岩	0.520	
77	A2067	PD3-CD5140.98m 顶中	3478.61	灰岩	10.000	
78	A2068	PD3-CD8NE2.8m	3478.61	砂质灰岩	2.100	
79	A2069	PD3-CD10SW13.7m	3478.61	砂质灰岩	0.078	
80	A2070	PD1-CD2NE		千枚岩	0.018	位置无法确定

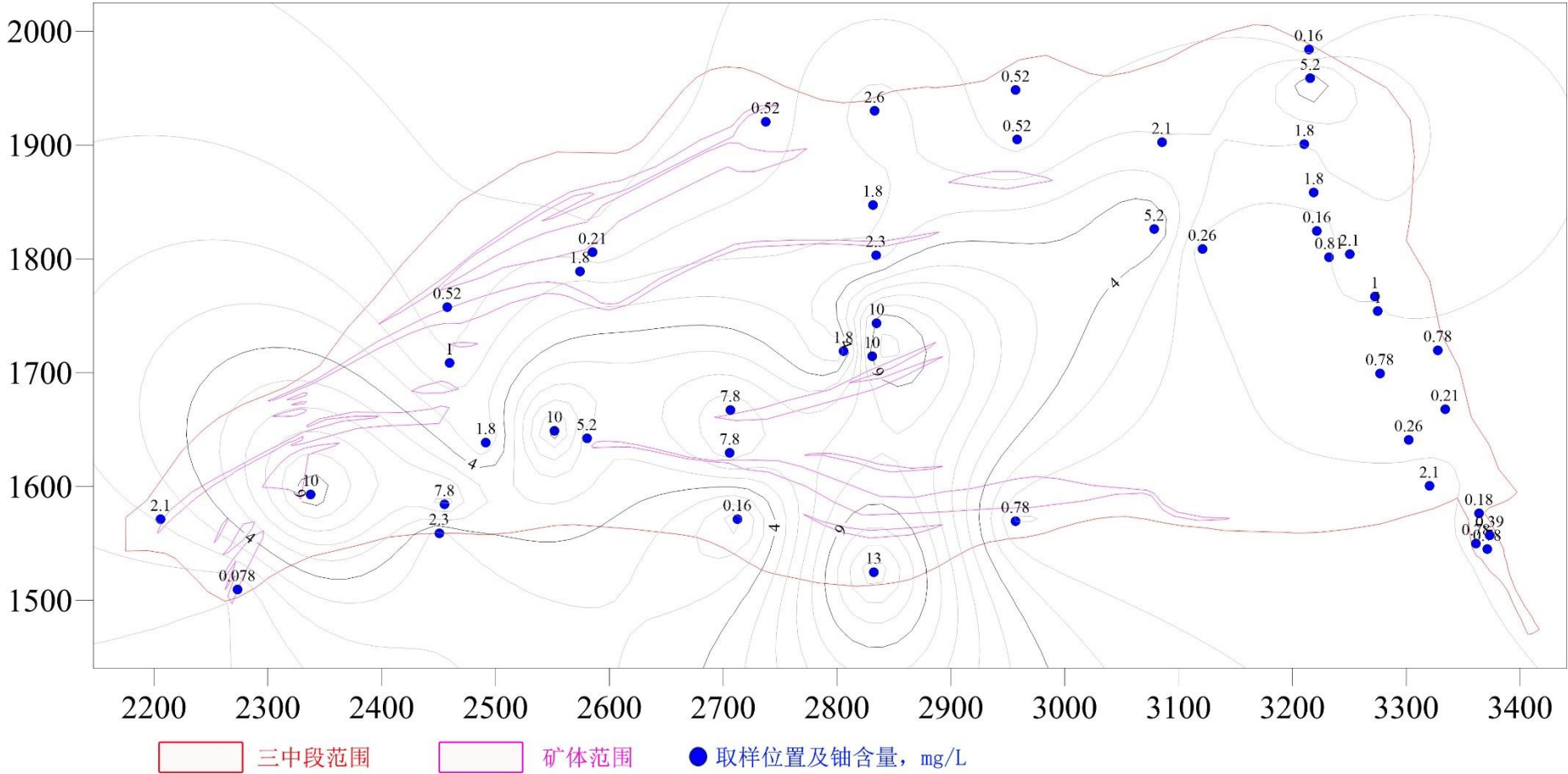


图 4.1-3 建矿前 510 铀矿床 3478.61m 处地下水铀含量调查点位及等值线图

4) 数据处理

参照《地下水环境背景值统计表征技术指南(试行)》(环办土壤函〔2023〕344号)中5.1中内容开展数据处理, 流程如下见图4.1-4。

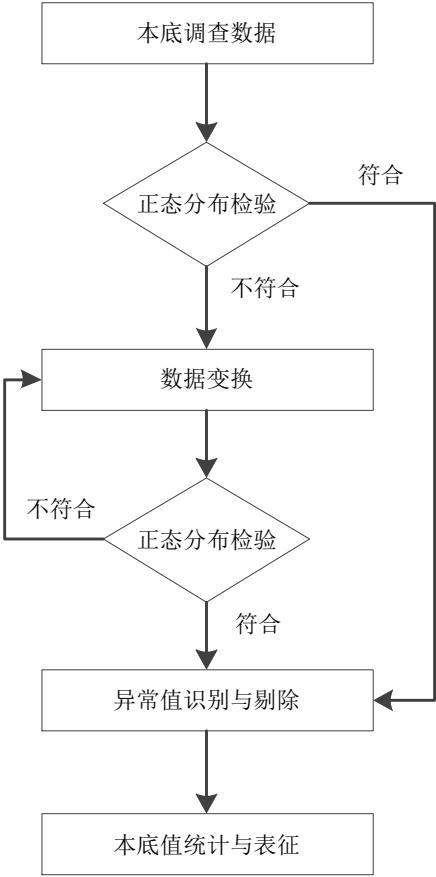


图 4.1-4 数据处理工作流程

(1) 原始本底调查数据正态分布检验

①检验方法

根据《地下水环境背景值统计表征技术指南(试行)》(环办土壤函〔2023〕344号)中相关内容, 本项目调查样本量小于 500, 为小样本, 适用于 Shapiro-Wilk 检验方法。因此, 本项目利用 SPSS PRO 数据分析平台对表 4.1-4 的数据进行正态分布检验, 考虑到原始数据差异较大本项目检验置信水平 $1-\alpha$ 取 95% (α 为显著水平取 0.05)。

②原始本底数据正态分布检验结果

采用上述方法对表 4.1-4 中本底调查数据中 $U_{\text{天然}}$ 进行正态分布检验, 检验结果见表 4.1-5。

由该表可知，U_{天然}原始本底调查数据不符合正态分布，按照《地下水环境背景值统计表征技术指南（试行）》（环办土壤函〔2023〕344号）要求，需要对其进行变换，尽可能使变换后的数据呈正态分布。

表 4.1-5 U_{天然}原始本底调查数据正态分布检验结果

检验项	样本量	平均值	标准差	S-W 检验	正态分布 符合性
U _{天然}	80	1.98	3.05	0.643 ¹⁾ (1.22E-12 ²⁾)	不符合

注：1) 0.643 为 S-W 检验计算的 W 值；2) 1.22E-12 为 S-W 检验样本数据显著度 P₁，若 P₁≥0.05 则样本数据呈正态分布。

(2) 数据变换方法

根据《地下水环境背景值统计表征技术指南（试行）》推荐的变换方法，本项目采用 Box-Cox 变换方法，该方法是由统计学家 George Box 和 David Cox 于 1964 年提出的，核心是通过参数 λ 对原始数据进行幂变换，数学表达式为：

$$Y_i = \begin{cases} (X_i^\lambda - 1)/\lambda & \lambda \neq 0 \\ \ln(X_i) & \lambda = 0 \end{cases}$$

式 4-1

式中：

- X_i—为第 i 个天然本底的监测数据；
- λ—为控制参数，取连续实数一般在[-2,2]之间；
- Y_i—为变换后的数据。

(3) 变换后数据正态分布检验结果

本项目针对表 4.1-4 中 U_{天然}的分布情况，采用 λ=0.1 的方式对该表中数据进行变换，变化结果见表 4.1-6。

表 4.1-6 510 铀矿床地下水中 U_{天然}本底变换后数据

序号	U _{天然} 变换后数据	序号	U _{天然} 变换后数据	序号	U _{天然} 变换后数据
1	0.906	28	-0.245	55	-1.674
2	-0.364	29	-0.245	56	1.792
3	-3.690	30	-0.245	57	0.605
4	-1.195	31	-0.899	58	-1.445
5	-0.422	32	-1.576	59	-0.633
6	-0.245	33	0.770	60	-0.633
7	1.142	34	-1.260	61	-0.245

序号	U _{天然} 变换后数据	序号	U _{天然} 变换后数据	序号	U _{天然} 变换后数据
8	-4.628	35	-1.445	62	2.280
9	-0.876	36	-0.245	63	0.770
10	-0.580	37	-0.245	64	1.792
11	-1.195	38	0.000	65	0.605
12	-0.651	39	0.000	66	0.605
13	-1.674	40	0.770	67	-1.674
14	-0.209	41	-0.245	68	1.792
15	-2.828	42	-0.245	69	-1.260
16	-0.633	43	-1.674	70	0.605
17	-3.142	44	1.003	71	2.589
18	-3.523	45	0.605	72	0.605
19	-3.429	46	0.869	73	0.869
20	-2.560	47	0.770	74	2.280
21	-2.560	48	2.589	75	0.000
22	-2.560	49	2.924	76	-0.633
23	-0.633	50	-0.633	77	2.589
24	-2.282	51	2.924	78	0.770
25	-3.142	52	0.000	79	-2.252
26	-0.245	53	2.280	80	-3.308
27	-0.633	54	2.280	/	/

采用 Shapiro-Wilk 检验方法对表 4.1-6 中 U_{天然}变换后的数据进行正态分布检验，检验结果见表 4.1-7。

由该表可知，U_{天然}变换后的数据符合正态分布，可用于 U_{天然}本底的统计。

表 4.1-7 U_{天然}变换后数据正态分布检验结果

检验项	样本量	中位数	平均值	标准差	S-W 检验	正态分布符合性
U _{天然}	80	-0.3088	-0.331	1.693	0.977 ¹⁾ (0.165 ²⁾)	符合

注：1) 0.977 为 S-W 检验计算的 W 值；2) 0.165 为 S-W 检验样本数据显著度 P₁，若 P₁≥0.1 则样本数据呈正态分布。

5) 异常数据的识别与剔除

参照《地下水环境背景值统计表征技术指南(试行)》(环办土壤函〔2023〕344 号)中 5.1 中内容“经检验或转换后符合正态分布的数据可进行异常值识

别与剔除”，因此需要对转换后表 4.1-6 中数据进行异常值识别与剔除。

为剔除表 4.1-6 中不合理的数据，对上述数据进行 Grubbs 检验，若计算得到 Grubbs 系数高于临界值，则剔除该数据，Grubbs 系数计算见式 4-2。本项目采用显著度 $\alpha=0.05$ 进行检验，样本为 80 对应的 Grubbs ($\alpha=0.05$ 或置信水平 95%) 临界系数分别： $G_{\text{临界}(\alpha=0.05, 80)}=3.130$ 。

$$G_i = \frac{|Y_i - \bar{Y}|}{\delta}$$

式 4-2

式中：

- \bar{Y} —为天然本底变换后数据的算术平均值；
- δ —为天然本底变换后数据的标准差；
- G_i —为第 i 个天然本底变换后数据的格鲁布斯系数。

上述 $U_{\text{天然}}$ 样品 80 个，计算得到的 Grubbs 系数，结果见表 4.1-8。

由该表可知， $U_{\text{天然}}$ 变换后数据 Grubbs 系数最大值分别为 $G_{\text{最大}(\alpha=0.05, 80)}=2.538 < G_{\text{临界}(\alpha=0.05, 80)}=3.130$ ，即 80 个 $U_{\text{天然}}$ 样本数据均可以作为建矿前地下水本底调查统计分析，无需剔除任何数据。

表 4.1-8 地下水 $U_{\text{天然}}$ 本底变换后数据 Grubbs 系数

序号	Grubbs 系数	序号	Grubbs 系数	序号	Grubbs 系数
1	0.730	28	0.051	55	0.793
2	0.020	29	0.051	56	1.254
3	1.984	30	0.051	57	0.553
4	0.510	31	0.335	58	0.658
5	0.054	32	0.735	59	0.178
6	0.051	33	0.650	60	0.178
7	0.870	34	0.549	61	0.051
8	2.538	35	0.658	62	1.542
9	0.322	36	0.051	63	0.650
10	0.147	37	0.051	64	1.254
11	0.510	38	0.195	65	0.553
12	0.189	39	0.195	66	0.553
13	0.793	40	0.650	67	0.793
14	0.072	41	0.051	68	1.254

序号	Grubbs 系数	序号	Grubbs 系数	序号	Grubbs 系数
15	1.475	42	0.051	69	0.549
16	0.178	43	0.793	70	0.553
17	1.660	44	0.788	71	1.724
18	1.885	45	0.553	72	0.553
19	1.830	46	0.709	73	0.709
20	1.316	47	0.650	74	1.542
21	1.316	48	1.724	75	0.195
22	1.316	49	1.922	76	0.178
23	0.178	50	0.178	77	1.724
24	1.152	51	1.922	78	0.650
25	1.660	52	0.195	79	1.135
26	0.051	53	1.542	80	1.758
27	0.178	54	1.542	/	/

6) 本底值统计与表征

(1) $U_{\text{天然}}$ 浓度频率分布和等值线

将铀矿床地下水 $U_{\text{天然}}$ 按照不同浓度水平进行统计分析, 统计结果见表 4.1-9, 分布频率直方见图 4.1-5, 累积分布频率见表 4.1-10, 累积频率直方见图 4.1-6。其中, $U_{\text{天然}}$ 含量占比低于 1mg/L 占比约 60%, 高于 1mg/L 占比约 40%; $U_{\text{天然}}$ 含量占比低于 0.5mg/L 占比约 32.5%, 高于 0.5mg/L 占比约 67.5%。

表 4.1-9 铀矿床地下水中 $U_{\text{天然}}$ 含量频率分布表

序号	$U_{\text{天然}}$ 含量 mg/L	个数	范围值	均值	分布频率	小计
1	<0.01	1	/	0.002	1.25%	60%
2	0.01~0.05	7	0.01~0.036	0.02	8.75%	
3	0.05~0.1	5	0.052~0.078	0.062	6.25%	
4	0.1~0.5	13	0.16~0.39	0.24	16.25%	
5	0.5~1	22	0.51~0.81	0.67	27.50%	
6	1~5	20	1~2.95	1.90	25.00%	40%
7	5~10	7	5.2~7.8	6.7	8.75%	
8	>10	5	10~13	11.2	6.25%	
合计	0.002~13	80	0.002~13	1.98	100%	100%

图 4.1-5 铀矿床地下水原始数据中 $U_{\text{天然}}$ 含量分布频率直方图

表 4.1-10 铀矿床地下水中 $U_{\text{天然}}$ 含量累积频率分布表

序号	$U_{\text{天然}}$ 含量 mg/L	个数	范围值	均值	累积频率
1	0.002~0.01	1	/	0.002	1.25%
2	0.002~0.05	8	0.002~0.036	0.0175	10.00%
3	0.002~0.1	13	0.002~0.078	0.0345	16.25%
4	0.002~0.5	26	0.002~0.39	0.137	32.50%
5	0.002~1	48	0.002~0.81	0.370	60.00%
6	0.002~5	68	0.002~2.95	0.856	85.00%
7	0.002~10	75	0.002~7.8	1.393	93.75%
8	0.002~13	80	0.002~13	1.98	100%

图 4.1-6 铀矿床地下水原始数据中 $U_{\text{天然}}$ 含量分布累积频率直方图

将 510 一矿段铀矿床 3478.61m 标高（三中段）地下水铀含量等值线分布见图 4.1-3。由该图可知，右侧基本为铀矿体所在位置，可确定位置的数据量为 22 个，铀矿体周围地下水中 $U_{\text{天然}}$ 含量在 (0.16~13)mg/L，平均值为 4.58mg/L；左侧基本为围岩位置，可确定位置的数据量为 27 个，铀矿体周围地下水中 $U_{\text{天然}}$ 含量在 (0.16~5.20) mg/L，平均值为 1.34mg/L。

由此可见，越靠近铀矿体位置地下水中 $U_{\text{天然}}$ 含量越高。

(2) 本底值统计与表征

参照《地下水环境背景值统计表征技术指南(试行)》(环办土壤函〔2023〕344号)的要求, $U_{\text{天然}}$ 本底值需要统计可用样本数据中最小值、最大值、5%分位数、95%分位数和中位数进行表征。

因此, 需要统计 $U_{\text{天然}}$ 变换数据的最小值、最大值、5%分位数、95%分位数和中位数, 再通过式 4-1 反推变换为本底值的相关数据, λ 取值为 0.1, 计算公式见 4-3。

$$X_i = \begin{cases} \exp[\ln(Y_i\lambda + 1)/\lambda] & \lambda \neq 0 \\ \exp(Y_i) & \lambda = 0 \end{cases} \quad \text{式 4-3}$$

由表 2.2-4 可知, $U_{\text{天然}}$ 变换数据均符合正态分布, 因此变换后的数据 5%分位数=平均值-1.645 标准差, 95%分位数=平均值+1.645 标准差, 即:

$U_{\text{天然}}$ 变换数据 5%分位数和 95%分位数分别为-3.094 和 2.454。

再次通过式 4-3 计算 $U_{\text{天然}}$ 本底数据的最小值、最大值、5%分位数、95%分位数和中位数, 详见表 4.1-11。

参照《地下水环境背景值统计表征技术指南(试行)》(环办土壤函〔2023〕344号)中相关规定, 地下水环境本底值上限为 95%分位数, 即 $U_{\text{天然}}$ 本底值上限为 8.98mg/L。

表 4.1-11 510 铀矿床地下水中 $U_{\text{天然}}$ 本底值表征

核素	最小值	5%分位数	中位数	95%分位数*	最大值
$U_{\text{天然}}, \text{mg/L}$	0.002	0.02	0.73	8.98	13

注: *《地下水环境背景值统计表征技术指南(试行)》规定地下水本底值上限为 95%分位数。

(3) 铀矿床地下水本底值

参照《地下水环境背景值统计表征技术指南(试行)》(环办土壤函〔2023〕344号)中 6.3 条要求, $U_{\text{天然}}$ 地下水本底值上限为 95%分位数, 即 8.98mg/L, 本底值下限取最小值 0.002mg/L。

综上所述, 龙江铀矿矿床地下水本底值为 (0.002~8.98) mg/L。

4.1.4 土壤 ^{226}Ra 参考本底调查

由 4.1.2 节可知, 建矿前未对矿区土壤 ^{226}Ra 本底值进行调查, 根据《环境影响评价技术导则 铀矿冶退役》(HJ 1015.2-2019) 中相关要求, 需调查给

出矿区土壤 ^{226}Ra 参考本底。

1) 调查原则

(1) 采样点位布置应避让人为活动区域，即不设置在铀矿冶矿区、道路等人为扰动区域，尤其是铀矿尘排放设施及废石场或尾渣库下游区域；

(2) 采样点位的土壤类型尽可能与铀矿冶设施矿区的母岩母质类型一致，尽量选择在相对平坦、稳定、植被良好的地点；

(3) 采样点位避让水土流失严重或地表植被破坏严重的土壤；

(4) 采样点位避让废水受纳水体下游两侧土壤及受灌溉农田；

(5) 采样点位避让铀矿冶设施辐射环境事件污染的土壤或尾渣库、废石场等易受雨水冲刷或放射性废物流失区域；

(6) 采样点位尽量不对表土进行取样分析，减少沉降因素影响；

(7) 采样点位尽可能布置到人员和设备可抵达区域；

(8) 采样方法应满足 GB23726-2009 要求；

(9) 采样点位尽可能采用系统性网格布点，减少点位布置不确定性。

2) 最小样本量及监测布点

(1) 最小样本量的确定

参照《区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）》（HJ1158-2021）中相关内容，采用 t 分布变异系数方法确定最小样本量。

$$N = t^2 C_v^2 / m^2 \quad \text{式 4-4}$$

式中：

N —统计所需最小样本量；

t —置信水平 95%一定自由度（ $df=N-2$ ）的 t 值，查表获得；

C_v —变异系数，参照《中国环境天然放射性水平》四川阿坝州地区土壤 ^{226}Ra 变异系数 0.51；

m —可接受的相对偏差，参照 HJ1158-2021 取 0.3。

初始取 $t_{(0)}=1$ ，代入式 4-4 计算 $N_{(0)}=2.89$ ，向上取整为 $N_{(0)}=3$ ；

第一次迭代： $df=N_{(0)}-2=1$ ，查表取 t 值 $t_{(1)}=12.706$ ，再代入式 4-3 计算 $N_{(1)}=466.56$ ，向上取整为 $N_{(1)}=465$ ；

第二次迭代： $df=N_{(1)}-2=463$ ，查表取 t 值 $t_{(2)}=1.960$ ，再代入式 4-3 计算

$N_{(2)}=11.10$ ，向上取整为 $N_{(2)}=12$ ；

以此类推，经过 5 次迭代后，最后 N 收敛于 14，即所需最小样本量为 14 个。

(2) 监测布点

根据上述调查原则和最小样本量的需求，采用蛇形网格布点方法对矿区周围土壤 ^{226}Ra 活度浓度进行了布点和调查，共计布置 30 个采样点位，由源项调查单位负责取样分析，采样布点见图 4.1-7，监测方法见表 4.1-12。

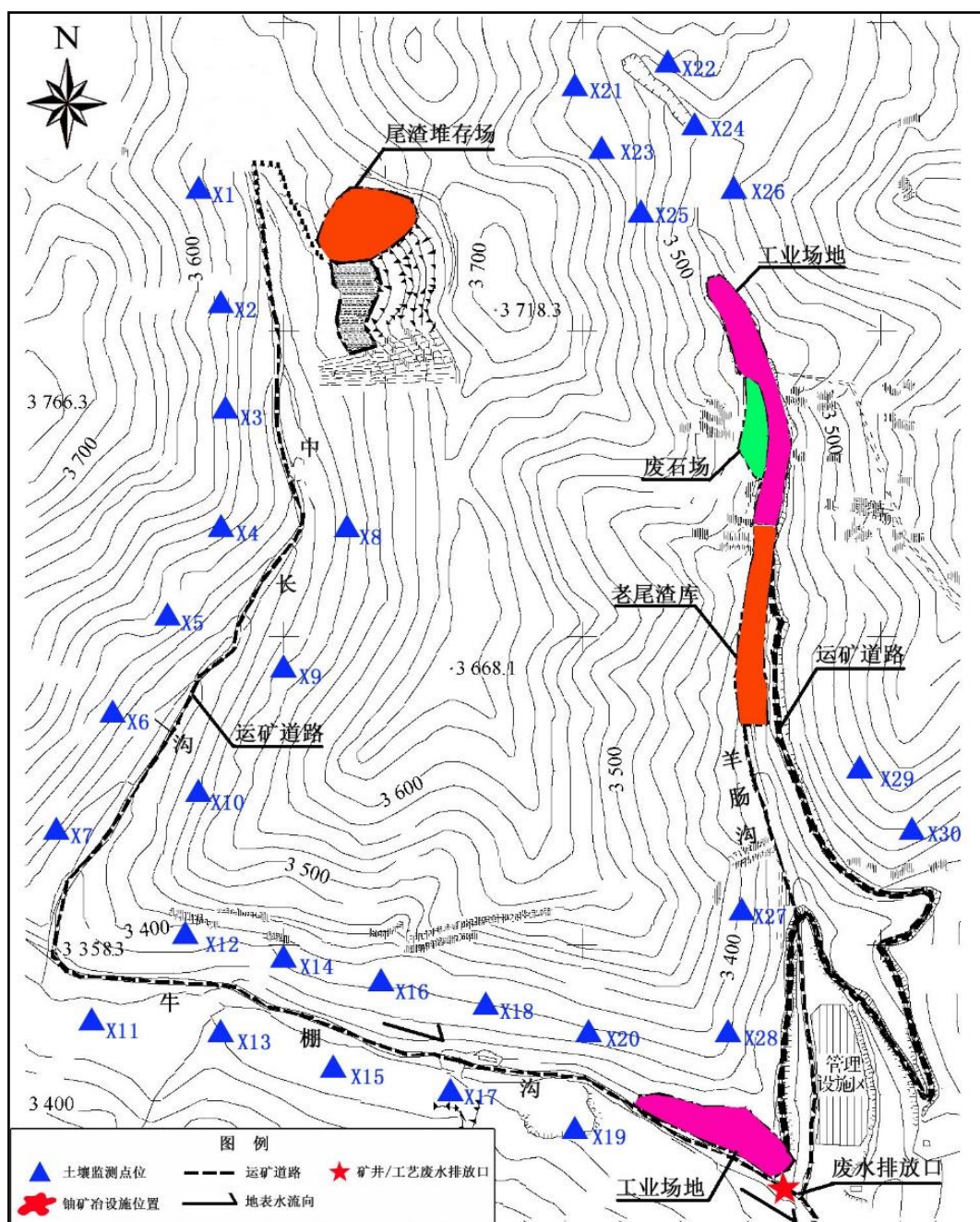


表 4.1-12 土壤 ^{226}Ra 监测方法及仪器

监测项目		监测方法	监测仪器	检出限
土壤	^{226}Ra	GB/T 11743-2013	高纯锗 γ 能谱仪 GAMX50P4	1.2 Bq/kg

3) 调查结果及评价

(1) 监测结果

矿区土壤 ^{226}Ra 参考本底调查结果见表 4.1-13, 由该表可知土壤 ^{226}Ra 活度浓度范围值 68.8~98.0Bq/kg 之间, 均值为 79Bq/kg。

表 4.1-13 矿区土壤 ^{226}Ra 参考本底调查结果, Bq/kg

监测点位	监测结果	监测点位	监测结果	监测点位	监测结果
X ₁	80.1	X ₁₁	82.5	X ₂₁	86.5
X ₂	78.1	X ₁₂	85.5	X ₂₂	83.5
X ₃	76.4	X ₁₃	83.4	X ₂₃	83.0
X ₄	71.5	X ₁₄	80.9	X ₂₄	78.4
X ₅	69.9	X ₁₅	80.1	X ₂₄	77.1
X ₆	68.5	X ₁₆	87.2	X ₂₆	75.4
X ₇	74.7	X ₁₇	86.1	X ₂₇	73.8
X ₈	73.1	X ₁₈	87.5	X ₂₈	81.2
X ₉	67.2	X ₁₉	98.0	X ₂₉	79.6
X ₁₀	66.8	X ₂₀	90.2	X ₃₀	72.3
范围值 (最小值~最大值)					66.8~98
算术平均值					79
标准差					7.28
几何平均值					78.9
几何标准差					1.09
中位值数 (50%分位数)					79.8

本项目参照非放射领域土壤环境背景值统计分析方法确定土壤 ^{226}Ra 的本底值, 参照方法为《区域性土壤环境背景含量统计技术导则 (试行)》(HJ1158-2021) 中方法。

(2) 统计数据正态分布检验

本项目调查样本量小于 500, 为小样本, 适用于 Shapiro-Wilk 检验方法。因此, 本项目利用 SPSS PRO 数据分析平台对表 4.1-13 的数据进行正态分布检验, 检验结果见表 4.1-14。

表 4.1-14 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 本底调查数据正态分布检验结果

检验项	样本量	中位数	平均值	标准差	S-W 检验	正态分布符合性
^{226}Ra	30	79.8	79	7.28	0.981 (0.846)	符合

注：1) 0.753 为 S-W 检验计算的 W 值；2) $2.07\text{E-}07$ 为 S-W 检验样本数据显著度 P_1 ，若 $P_1 \geq 0.05$ 则样本数据呈正态分布。

(3) 调查数据可疑性检验及剔除

本研项目采用 Grubbs 法对 4.1-13 数据进行检验，经计算 $[X_1, X_{30}]$ 的 Grubbs 系数最大值为 2.341 低于临界值 $G_{\text{临界}(\alpha=0.05, 30)}=2.745$ ，获得的监测数据均可用于本底值表征统计，无需进行剔除。

(4) 510 铀矿区土壤 ^{226}Ra 本底值的统计与表征

参照《区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）》（HJ1158-2021）中相关内容，土壤 ^{226}Ra 本底值统计可用最小值、最大值、分位数（5%、10%、25%、50%、75%、90%、95%）、95%置信区间等进行表征，详见表 4.1-15。

此外，参照《地下水环境背景值统计表征技术指南（试行）》（环办土壤函〔2023〕344 号）中相关规定，土壤环境本底值上限取 95%分位数，即土壤 ^{226}Ra 本底值上限为 90.97Bq/kg 。

表 4.1-15 矿区土壤 ^{226}Ra 本底值表征

核素	最小值	分位数							95% ¹⁾ 置信区间	最大值
		5%	10%	25%	50%	75%	90%	95% ²⁾		
^{226}Ra , Bq/kg	66.8	67.02	69.67	74.09	79.8	83.91	88.33	90.97	64.44~93.56	98

注：1) 95%置信区间是指 2.5%分位数~97.5%分位数的区间；2) 参照《地下水环境背景值统计表征技术指南（试行）》（环办土壤函〔2023〕344 号）中相关规定，土壤环境本底值上限取 95%分位数。

4.1.5 降扎温泉辐射环境本底调查

根据原国家环境保护局《中国环境天然放射性水平》和《四川降扎温泉区天然放射性水平的初步调查》，降扎温泉地区为放射性高本底区域。在 1983~1990 年国家环保局组织的“全国环境天然放射性水平调查”和 1982~1984 年原卫生部组织的“我国环境天然辐射及居民受照剂量的调查和评价”中就发现降扎温泉是四川省辐射水平较高的区域。2001 年 8 月，原国家环保总局核安全中心、清华大学工程物理系、中国原子能科学研究院和中国核工业集团公司等单位联合对该地区的天然放射性水平进行了调查，得出了以下结论：

1) 温泉地区室外氡浓度分布在 $2100\sim 36000\text{Bq/m}^3$ 之间, 远高于一般环境空气中氡浓度水平;

2) γ 辐射水平: 温泉周围地区的 γ 辐射水平偏高, 距温泉越近, 辐射水平越高, 在下游 20m 的河滩上, γ 辐射水平高达 1860nGy/h , 温泉周围室内、外 γ 辐射剂量率分布在 $256\sim 9140\text{nGy/h}$;

3) 水中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 浓度: 温泉水样中 $\text{U}_{\text{天然}}$ $1.1\mu\text{g/L}$, ^{226}Ra 的含量在 $6.5\sim 13.8\text{Bq/L}$, 显著高于牛棚沟和白龙江水中的 ^{226}Ra 的含量;

4) 土壤样品中 ^{238}U 、 ^{226}Ra 含量: 温泉区 8 个土壤样品中 ^{238}U 的比活度范围值为 $25\sim 756\text{Bq/kg}$, ^{226}Ra 的比活度范围值为 $1070\sim 149000\text{Bq/kg}$ 。

4.2 环境现状调查方案

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, 以便了解龙江铀矿对环境的影响程度, 同时为退役治理后设施周围环境现状监测提供对比数据。

4.2.2 调查内容

本项目环境监测工作由核工业北京化工冶金研究院承担。2024 年 5 月 15 日~5 月 19 日和 2025 年 4 月 20 日~4 月 22 日, 核工业北京化工冶金研究院对本项目所在区域进行了环境现状监测和采样分析, 并编制完成了监测报告。

本次环境监测的介质主要有大气、水、土壤、底泥、生物及地面等, 监测内容主要包括陆地 γ 辐射吸收剂量率、氡及其子体浓度、气溶胶 ($\text{U}_{\text{天然}}$), 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, 同时包含地表水、地下水及土壤中的 Mn、Cd、As、pH 等非放元素。环境现状监测的具体方案详见表 4.2-1, 监测采样点位见图 4.2-1。

4.2.3 质量保证

1) 参加监测的核工业北京化工冶金研究院具有在中华人民共和国境内出具法定数据的资质, 证书编号[220020343086], 有效期至 2028 年 8 月 1 日, 提供的数据可靠并具有法律效力。

2) 所有参加监测的技术人员均持有国家辐射环境监测技术中心等单位颁发的上岗证, 并经过相应的技术培训、考核;

3) 测量、取样和分析工作均执行国家或行业颁布的标准方法，分析过程严格按照标准要求进行；

4) 所使用的监测和测量仪器均经过计量行政部门指定的计量检定机构确认并确认合格；

5) 现场测量结果的质量采用重复检查测量进行控制。重复检查测量比例不少于 10%。对异常结果随时发现，随时检查；

6) 样品采集、记录、运输、交接、管理及保存，现场监测及样品实验室分析过程均按照质量保证体系要求严格执行。

表 4.2-1 环境质量监测方案

监测对象	监测点位	监测项目	监测频次
气溶胶	敏感点：阿念巴塞、生活区； 对照点：降扎乡。	$U_{\text{天然}}$ 、总 α	1 次
空气	敏感点：阿念巴塞、降扎温泉周边*、生活区； 设施边界处：老尾渣库、露天坑尾渣库和废石场边界处； 对照点：降扎乡。	氡及其子体	连续监测 3 天； 每天监测 1 次。
	敏感点：阿念巴塞、生活区。	TSP	
陆地 γ	敏感点：阿念巴塞、降扎温泉周边*、生活区； 对照点：降扎乡	γ 辐射剂量率	1 次
地表水	牛棚沟：牛棚沟与羊肠沟交汇口上游 500m 断面；牛棚沟与羊肠沟交汇口下游 1000m 断面； 羊肠沟：羊肠沟与牛棚沟交汇口上游 100m 断面；排放口上游 500m 处； 中长沟：集中覆盖治理区上游 500m；集中覆盖治理区下游 500m。	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb pH、 Cr^{6+} 、Cd、Pb、As、Mn、Zn、氯化物（以 Cl ⁻ 计）、 总磷、COD、氨氮、SS、Cu、Hg	1 次
地下水*	变电所上游 50m； 废石场下游 50m； 老尾渣库下游 100m； 集中覆盖治理区上游 50m； 集中覆盖治理区下游 50m 生活区	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、总 α 、总 β pH、氨氮（以 N 计）、硝酸盐（以 N 计）、亚硝酸盐（以 N 计）、As、Hg、Mn、 Cr^{6+} 、总硬度（以 CaCO_3 计）、 Pb、F ⁻ 、Cd、Fe、溶解性总固体、 COD_{Mn} 、Zn、K ⁺ 、 Ca^{2+} 、Na ⁺ 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、Cl ⁻	1 次
声	敏感点：生活区。 矿区边界四周。	等效 A 声级	昼夜 各 1 次
土壤	敏感点：阿念巴塞（周围农田）、降扎温泉周边*； 对照点：降扎乡。	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra pH、Cd、Hg、As、Pb、Cr、Cu、Ni、Zn	1 次
生物	阿念巴塞、降扎乡：植物、动物	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb	1 次

注：*根据建设单位和监测单位反馈，降扎温泉内空气、陆地 γ 、地下水以及阿念巴塞地下水受当地居民干扰不具备采样和监测的条件。



4.2.4 监测方法及仪器

为了获取更准确地测量数据，测量方法采用国家和核工业颁布的或推荐的标准测量方法。本项目涉及的部分环境监测内容的测量分析方法及监测仪器见表 4.2-2。

表 4.2-2 环境监测方法和监测仪器

监测项目		监测方法	监测仪器	检出限
γ 辐射剂量率		HJ 1157-2021	γ 辐射剂量率仪	10 nGy/h
空气	氡	HJ 1212-2021	测氡仪	3.7 Bq/m ³
	氡子体	EJ 378-1989	氡子体测量仪	10 nJ/m ³
	U _{天然}	HJ 700-2014	质谱仪	0.3ng/m ³
	总 α	HJ 898-2017	低本底 α/β 测量仪	0.03mBq/m ³
	TSP	HJ 1263-2022	环境空气综合采样器	0.01mg/m ³
土壤及底泥	U _{天然}	GB/T 14506.30-2010	质谱仪	0.25 mg/kg
	²²⁶ Ra	GB/T 16145-2022	高纯锗多道 γ 能谱仪	0.2 Bq/kg
	pH	GB/T 5750.4-2023(8.1)	pH 计	/
	Cd	GB/T 14506.30-2010	质谱仪	0.01 mg/kg
	Hg	GB/T 22105.1-2008	原子荧光光谱仪	0.01 mg/kg
	As	GB/T 22105.2-2008		0.1 mg/kg
	Pb	GB/T 14506.30-2010	质谱仪	0.1 mg/kg
	Cr			0.05 mg/kg
	Cu			0.1 mg/kg
	Ni			0.1 mg/kg
	Zn			0.1 mg/kg
陆生生物	U _{天然}	GB/T 14506.30-2010	质谱仪	0.03mg/kg 鲜
	²²⁶ Ra	GB/T 16145-2022	高纯锗多道 γ 能谱仪	0.26Bq/kg 鲜
	²¹⁰ Po			0.05 Bq/kg 鲜
	²¹⁰ Pb	HJ 813-2016	α 能谱仪	0.63 Bq/kg 鲜
声环境		GB 3096-2008	多功能声级计+声校准器	/
地表水	U _{天然}	HJ 700-2014	质谱仪	1.0 μ g/L
	²²⁶ Ra	GB 11214-1989	钍钍分析仪	0.009Bq/L
	²¹⁰ Pb	EJ/T 859 - 1994	低本底 α/β 测量仪	10mBq/L
	²¹⁰ Po	HJ 813 - 2016	α 能谱仪	1mBq/L
	pH	HJ 962-2018	pH 计	/

监测项目		监测方法	监测仪器	检出限
	氨氮	HJ 536-2009	分光光度计	0.025 mg/L
	As	HJ 694-2014	原子荧光光度计	0.3µg/L
	Hg			0.04µg/L
	Cr ⁶⁺	GB 7467-1987	分光光度计	0.004 mg/L
	Pb	HJ 700-2014	质谱仪	5 µg/L
	Cd			0.5 µg/L
	Mn			5 µg/L
	COD _{Mn}	GB/T 5750.7-2023	滴定管	0.5 mg/L
	Zn	HJ 700-2014	质谱仪	0.05 mg/L
	Cu	GB/T7475-1987	原子吸收分光光度计	1 µg/L
	TP	GB/T11893-1989	紫外可见分光光度计	0.01mg/L
	SS	GB11901-1989	电子天平	4mg/L
	Cl ⁻	HJ 84-2016	离子色谱仪	0.007mg/L
地下水	U _{天然}	HJ 700-2014	质谱仪	1.0 µg/L
	²²⁶ Ra	GB 11214-1989	氡钍分析仪	0.009 Bq/L
	²¹⁰ Pb	EJ/T 859-1994	低本底 α/β 测量仪	10 mBq/L
	²¹⁰ Po	HJ 813-2016	α 能谱仪	1 mBq/L
	总 α	HJ 898-2017	低本底 α/β 测量仪	0.06 Bq/L
	总 β	HJ 899-2017	低本底 α/β 测量仪	0.07 Bq/L
	pH	HJ 962-2018	pH 计	/
	氨氮	GB/T5750.5-2023 (11.1)	紫外可见分光光度计	0.02mg/L
	硝酸盐	HJ 84-2016	离子色谱仪	0.016mg/L
	亚硝酸盐			
	As	HJ 694-2014	原子荧光光度计	0.3 µg/L
	Hg			0.04µg/L
	Cr ⁶⁺	GB 7467-1987	分光光度计	0.004 mg/L
	总硬度	GB/T 5750.4-2023 (10.1)	滴定管	1.0mg/L
	Pb	GB/T 5750.6-2023 (14.3)	电感耦合等离子体质谱仪	0.07µg/L
	F ⁻	HJ84-2016	离子色谱仪	0.006mg/L
	Cd	GB/T 5750.6-2023 (12.4)	电感耦合等离子体质谱仪	0.06µg/L
	Fe	GB/T 5750.6-2023 (5.4)	电感耦合等离子体质谱仪	0.9µg/L
	Mn	HJ 700-2014	质谱仪	5 µg/L

监测项目		监测方法	监测仪器	检出限
	TDS	GB/T 5750.4-2023 (11.1)	电子天平	/
	COD _{Mn}	GB/T 5750.7-2023	滴定管	0.5 mg/L
	Zn	GB/T 5750.6-2023 (8.4)	电感耦合等离子体质谱仪	0.9μg/L
	K ⁺	GB11904-1989	原子吸收分光光度计	0.05mg/L
	Na ⁺			0.01mg/L
	Ca ²⁺	GB11905-1989	原子吸收分光光度计	0.02mg/L
	Mg ²⁺			0.002mg/L
	CO ₃ ²⁻	水和废水监测分析方法 (第四版增补版) 酸碱 指示剂滴定法	滴定管	/
	HCO ₃ ²⁻			
	SO ₄ ²⁻	HJ 84-2016	离子色谱仪	0.018mg/L
	Cl ⁻			0.007mg/L

4.3 环境质量现状调查与评价

4.3.1 空气环境调查与分析

1) 气溶胶

本项目各监测点气溶胶浓度监测结果见下表 4.3-1。

从监测结果分析，龙江铀矿附近敏感点处气溶胶中的 $U_{\text{天然}}$ 、总 α 含量与对照点相当，处于同一水平。

表 4.3-1 环境空气中气溶胶监测结果

序号	样品名称	采样点位	$U_{\text{天然}}$ (ng/m ³)	总 α (mBq/m ³)
1	气溶胶	阿念巴塞	0.39	0.41
2		生活区	0.40	0.87
3		降扎乡 (对照点)	0.36	0.63

2) 氡及其子体

本项目周边环境空气中氡及其子体浓度监测结果见表 4.3-2。

从监测结果分析，生活区和阿念巴塞处氡浓度在 (13.8~16.9) Bq/m³ 之间，处于建矿前天然本底范围内；氡子体浓度在 (0.036~0.058) μJ/m³ 与《中国环境天然放射性水平》中天然本底处于同一水平。

老尾渣库、废石场和 104 露天坑尾渣库边界处氡浓度在 (16.5~19.5) Bq/m³ 之间，氡子体浓度在 (0.061~0.068) μJ/m³ 之间。

表 4.3-2 环境空气中放射性核素监测结果

序号	测点名称	检测结果				
		测点 数	氡浓度 (Bq/ m ³)		氡子体 (μJ/m ³)	
			范围值	平均值	范围值	平均值
1	阿念巴塞	3	16.2~16.9	16.5	0.05~0.058	0.054
2	降扎温泉周边*	3	19.3~19.6	19.4	0.066~0.077	0.072
3	生活区	3	13.8~14.5	14.2	0.036~0.042	0.039
4	老尾渣库设施边界处	3	18.2~19.5	18.8	0.061~0.073	0.067
5	露天坑尾渣库设施边界处	3	17.9~19.5	18.7	0.061~0.073	0.067
6	废石场边界处	3	16.5~18.3	17.5	0.061~0.068	0.064
7	降扎乡(对照点)	3	13.3~13.9	13.6	0.035~0.038	0.037
建矿前本底值			5.5~44	13.0	—	—
《中国环境天然放射性水平》			3.3~40.6	—	0.0144~0.114	—
降扎温泉本底			2100~36000	—	—	—

注：*根据建设单位和监测单位反馈，降扎温泉内部受当地居民干扰不具备采样和监测的条件。

3) TSP

本项目周边环境空气中 TSP 浓度监测结果见表 4.3-3。

由表可知，项目周围敏感点处 TSP 均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准要求。

表 4.3-3 环境空气中 TSP 监测结果

序号	样品名称	采样点位	TSP mg/m ³	GB3095-2012 二级标准 mg/m ³
1	TSP	阿念巴塞	0.072	0.3
2		生活区	0.113	0.3

4.3.2 γ 辐射剂量率调查与分析

本项目周边敏感点 γ 辐射空气剂量率监测结果见表 4.3-4。

由表可以看出，本项目周边生活区、阿念巴塞的 γ 辐射剂量率在 (96.7~134) nGy/h 之间，与对照点 105nGy/h 基本相当，且在建矿前和阿坝州地区本底范围内。

此外，降扎温泉周围 γ 辐射剂量率为 208nGy/h，主要受降扎温泉的影响。

表 4.3-4 项目周边敏感点 γ 辐射剂量率监测结果

序号	测点位置	γ 辐射剂量率 nGy/h
1	阿念巴塞	96.7
2	降扎温泉周边*	208
3	生活区	134
4	降扎乡（对照点）	105
建矿前本底值		212~399
阿坝州天然本底		68~173.6
降扎温泉本底		256~9140

注：*根据建设单位和监测单位反馈，降扎温泉内部受当地居民干扰不具备采样和监测的条件。

4.3.3 地表水环境调查与分析

1) 放射性核素环境监测

本次监测分别在羊肠沟、牛棚沟交汇口的上、下游，中长沟集中覆盖治理区的上、下游，以及矿坑水排放口上游等位置进行了取样和监测，水中放射性核素监测结果见表 4.3-5。

由表可知，本项目周围地表水体中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为 (20.5~58.0) $\mu\text{g/L}$ ， ^{226}Ra 范围值为 (0.021~0.047) Bq/L， ^{210}Po 活度浓度为 (<1~2.66) mBq/L， ^{210}Pb 活度浓度 <10mBq/L。地表水中 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 均与建矿前环境本底处于同一水平，略高于白龙江环境本底水平，主要原因是铀矿处于天然高本底地区。

表 4.3-5 地表水中放射性核素监测结果

序号	监测点位	$U_{\text{天然}}$ ($\mu\text{g/L}$)	^{226}Ra (Bq/L)	^{210}Pb (mBq/L)	^{210}Po (mBq/L)
1	牛棚沟：牛棚沟与羊肠沟交汇口上游 500m 断面	21.2	0.021	<10	<1
2	牛棚沟：牛棚沟与羊肠沟交汇口下游 1000m 断面	58.0	0.047	<10	<1
3	羊肠沟：羊肠沟与牛棚沟交汇口上游 100m 断面	22.7	0.024	<10	<1
4	羊肠沟：排放口上游 500m 处	22.8	0.0241	<10	2.66
5	中长沟：集中覆盖治理区上游 500m 处	20.5	0.0293	<10	2.34
6	中长沟：集中覆盖治理区下游 500m 处	31.9	0.0447	<10	2.51
建矿前本底		0.77~66.18	0.00296~0.555	—	—
《中国环境天然放射性水平》中白龙江本底		0.25~6.3	0.00060~0.016	—	—

2) 非放射性元素环境监测

本项目地表水体中非放射性元素监测结果见下表 4.3-6。

由表可知，地表水中 Cd 含量在 ($<1\sim11.3$) $\mu\text{g/L}$ 之间，部分点位高于《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 III 类标准要求。

本项目羊肠沟与牛棚沟交汇口牛棚沟上游 500m 断面地表水中 Cd 含量 $6.53\mu\text{g/L}$ ，该上游断面无生产设施。

羊肠沟与牛棚沟交汇口羊肠沟上游 100m 断面地表水中 Cd 含量 $11.3\mu\text{g/L}$ ，经调查本项目矿坑水排水中 Cd 含量为 $0.84\mu\text{g/L}$ ，该断面 Cd 较高非矿坑水外排影响所致。

根据《西安中核蓝天铀业有限公司 510 矿铀矿冶技改工程环境影响报告书》(西安中核蓝天铀业有限公司，2011.9) 相关结论如下：矿区地表水中 Cd 含量在 ($10\sim24$) $\mu\text{g/L}$ 之间，原因主要为该区域属于高背景值地区，废水排放口上游水体在无人为扰动的情况下 Cd 达 $24\mu\text{g/L}$ 。

本次调查地表水中 Cd 含量在 ($4.98\sim11.3$) $\mu\text{g/L}$ 之间，与历史调查结果基本一致，由此可见该地区属 Cd 背景值较高地区。

本次调查地表水其余非放射性元素含量均满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 III 类标准。

表 4.3-6 地表水中非放射性元素监测结果

序号	监测点位	pH	Cr ⁶⁺	Cd	Pb	As	Mn	Zn	Cl ⁻	TP	COD	氨氮	SS	Cu	Hg
			mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L
1	牛棚沟：牛棚沟与羊肠沟交汇口上游 500m 断面	8.07	<0.004	6.53	<5	<2.00	55.8	249	1.56	0.19	0.72	0.66	16	<5	<0.05
2	牛棚沟：牛棚沟与羊肠沟交汇口下游 1000m 断面	7.95	<0.004	4.98	<5	5.52	71.3	207	2.05	0.17	1.05	0.70	15	<5	<0.05
3	羊肠沟：羊肠沟与牛棚沟交汇口上游 100m 断面	7.84	<0.004	11.3	<5	<2.00	71.6	903	1.61	0.15	1.24	0.57	15	10.6	<0.05
4	羊肠沟：排放口上游 500m 处	8.0	0.005	<1.00	<10	1.8	<10	<50	5.04	0.02	4	0.094	23	<50	<0.04
5	中长沟：集中覆盖治理区上游 200m 处	7.8	0.004	<1.00	<10	<0.3	<10	<50	0.543	0.01	<4	0.709	16	<1	<0.04
6	中长沟：集中覆盖治理区下游 500m 处	8.1	<0.004	<1.00	<10	0.9	<10	<50	0.664	0.01	<4	0.047	16	<1	<0.04
GB3838-2002 中Ⅲ类标准		6~9	0.05	5	50	50	100	1000	—	0.2	20	1.0	—	1000	0.1

4.3.4 地下水环境调查与分析

1) 放射性核素环境监测

本次监测分别在羊肠沟矿区变电所上游、废石场下游、老尾渣库下游和生活区布置监测点位，集中覆盖治理区上、下游布置点位，地下水中放射性核素监测结果见表 4.3-7。

由表可知，矿区范围内地下水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度为 $(1.18\sim165.0)\mu\text{g/L}$ ， ^{226}Ra 浓度为 $(<0.009\sim0.079)\text{Bq/L}$ ，羊肠沟上游（变电所上游 50m）和中长沟上游（集中覆盖治理区上游 50m）中地下水 $U_{\text{天然}}$ 含量分别为 $146\mu\text{g/L}$ 和 $131\mu\text{g/L}$ ，其水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度处于 510 矿床地下水本底值 $(0.002\sim8.98)\text{mg/L}$ 范围内，水中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 浓度均高于四川省地下水本底水平，主要原因是铀矿处于天然高本底地区。

矿区范围内地下水中 ^{210}Pb 浓度 $<10\text{mBq/L}$ 、 ^{210}Po 浓度为 $(<1\sim22.6)\text{mBq/L}$ ；总 α 浓度为 $(<0.06\sim2.66)\text{Bq/L}$ ，总 β 浓度为 $(<0.07\sim1.34)\text{Bq/L}$ ，部分监测点位的地下水中总 α 、总 β 高于 GB/T14848-2017 中 III 类标准的要求，主要是该区域为铀矿区域地下水中 $U_{\text{天然}}$ 等核素水平较高。

2) 非放射性元素环境监测

地下水中非放射性元素监测结果见表 4.3-8。

由表可以看出，矿区范围内地下水中 COD_{Mn} 在 $(0.76\sim5.1)\text{mg/L}$ 范围内，绝大部分监测点位的数据高于《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准，且上下游监测点位的数据处于同一水平，由此可知该区域地下水 COD_{Mn} 环境背景整体偏高。

矿区范围内地下水中 SO_4^{2-} 在 $(74\sim669)\text{mg/L}$ 范围内，部分监测点位的数据高于《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准。经分析，510 矿床所在区域地下水化学类型主要为 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$ 型水，本次监测数据与建矿前地下水中 SO_4^{2-} 含量 $(59.24\sim710.51)\text{mg/L}$ 处于同一水平。

矿区范围内变电所上游 50m 和废石场下游 50m 处的地下水总硬度、废石场下游 50m 处的地下水 TDS 和总硬度高于《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中 III 类标准。经分析也是由于矿区地下水化学类型主要为 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$ 型水，地下水中 Ca 和 Mg 偏高，导致总硬度和 TDS 偏高。

矿区范围内集中覆盖治理区上游 50m 和下游 50m 处的地下水中氨氮高于《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)Ⅲ类标准,经项目单位现场核实反馈,主要是受放牧影响导致区域升高。

羊场沟变电所上游、废石场下游和老尾渣库下游地下水中 Mn 含量在 (162~473) $\mu\text{g/L}$, 高于《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)Ⅲ类标准; 中长沟集中覆盖治理区上、下游地下水水中 Mn 含量在 (936~1170) $\mu\text{g/L}$ 。地下水在羊肠沟和中长沟上游点位地下水中 Mn 含量均较高,两条沟上游均无生产设施, Mn 含量较高原因分析为该地区属于背景值含量较高地区。

此外,地下水中其他非放元素均满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)Ⅲ类标准要求。

表 4.3-7 地下水中放射性核素监测结果

序号	监测点位	U _{天然} (μg/L)	²²⁶ Ra (Bq/L)	²¹⁰ Po (mBq/L)	²¹⁰ Pb (mBq/L)	总 α (Bq/L)	总 β (Bq/L)
1	变电所上游 50m	146	0.0353	2.24	<10	1.94	0.239
2	废石场下游 50m	165	0.0641	7.81	<10	2.16	0.624
3	老尾渣库下游 100m	23.9	0.0577	2.83	<10	0.455	0.237
4	集中覆盖治理区上游 50m	131	0.0790	22.6	<10	2.66	1.34
5	集中覆盖治理区下游 50m	139	0.0160	4.06	<10	1.05	0.889
6	生活区	1.18	<0.009	<1	<10	<0.06	<0.07
510 铀矿床		2~8980	—	—	—	—	—
《中国环境天然放射性水平》中四川水井		0.06~10	0.0005~0.011	—	—	—	—
GB/T14848-2017 III类标准		—	—	—	—	0.5	1.0

表 4.3-8 地下水中非放射性元素监测结果

序号	监测点位	pH	Cr ⁶⁺	Cd	Pb	As	Hg	Mn	Zn	Cl ⁻	COD _{Mn}	氨氮
			mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	变电所上游 50m	7.4	0.009	2.92	<0.07	<0.3	<0.04	473	43.9	5.16	4.5	0.188
2	废石场下游 50m	7.5	0.008	0.763	0.186	<0.3	<0.04	450	24.3	6.08	4.3	0.125
3	老尾渣库下游 100m	7.7	0.004	<0.06	<0.07	<0.3	0.1	162	6.72	5.05	4.6	0.15
4	集中覆盖治理区上游 50m	7.3	0.007	0.522	0.53	<0.3	0.1	1170	42.9	11.8	5.1	1.114
5	集中覆盖治理区下游 50m	8.2	0.015	0.557	<0.07	<0.3	<0.04	936	6.47	7.12	4.4	0.578
6	生活区	7.8	<0.004	<0.5	<5	<2.0	<0.05	<5	54.1	4.21	0.76	0.31
GB/T14848-2017 III类标准		6.5-8.5	0.05	5	10	10	1	100	1000	250	3	0.5

续表 4.3-8 地下水中非放射性元素监测结果

序号	监测点位	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	F ⁻	Fe	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	总硬度	TDS	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ³⁻
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	g/L	mg/L	mg/L
1	变电所上游 50m	0.806	340	0.073	0.668	2	1.14	3.97	211	26.1	645	0.886	未测出	274
2	废石场下游 50m	<0.016	669	<0.016	0.582	29.8	1.25	7.43	259	91.1	1020	1.387	未测出	296
3	老尾渣库下游 100m	0.425	85.9	<0.016	0.314	96.9	2.97	6.69	65.1	31.4	293	0.38	未测出	261
4	集中覆盖治理区上游 50m	0.425	106	<0.016	0.562	227	7.05	12.8	56.9	14.7	205	0.372	未测出	141
5	集中覆盖治理区下游 50m	0.497	433	<0.016	0.876	30.6	8.37	83.9	82.6	43.5	402	0.876	未测出	251
6	生活区	<1	74.0	<1	<1	<5	1.20	19.7	21.7	35.3	66.9	0.99	未测出	0.25
GB/T14848-2017 III类标准		20	250	1	1	300	—	200	—	—	450	1	—	—

4.3.5 声环境调查与分析

本项目周边声环境监测结果见表 4.3-9。

由上表可以看出，矿区附近声环境均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准的要求。

表 4.3-9 声环境监测结果

监测点位	昼间 dB(A)	夜间 dB(A)
生活区	50	43
矿区东侧	42	37
矿区南侧	43	36
矿区西侧	45	36
矿区北侧	43	37
GB3096-2008 中 2 类标准	60	50

4.3.6 土壤环境调查与分析

1) 放射性核素监测结果

本项目周边土壤环境监测结果见表 4.3-10。

矿区附近阿念巴塞农田处土中的 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 核素与对照点处于同一水平，且处于环境本底范围内。

降扎温泉周边土壤中的 $U_{\text{天然}}$ 含量为 14.3mg/kg、 ^{226}Ra 含量为 247Bq/kg，略高于对照点和区域环境本底水平，主要是受降扎温泉影响所致。

表 4.3-10 土壤放射性核素监测结果

监测点位	$U_{\text{天然}}$ (mg/kg)	^{226}Ra (Bq/kg)
阿念巴塞（周围农田）	2.30	61.2
降扎温泉周边土壤	14.3	247
降扎乡（对照点）	2.49	27.8
建矿前本底	4.21~8.12	/
《中国环境天然放射性水平》中阿坝州	0.65~11.38	19.7~120
降扎温泉土壤本底	—	1070~149000

2) 非放射性元素监测结果

本项目周边土壤非放射性元素监测结果见表 4.3-11。

由表可知，阿念巴塞周围农田和降扎温泉周边土壤均满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中表 1 规定的筛选值规定要求。

表 4.3-11 土壤非放射性元素监测结果

监测点位	pH	As	Hg	Cd	Pb	Ni	Cu	Cr	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
阿念巴塞 (周围农田)	8.03	12.6	0.04	0.38	20.5	30.9	23.4	58.8	108
降扎温泉 周边土壤	8.42	16.3	1.56	0.47	19.7	61.9	56.4	68.7	299
GB15618-2018 风险筛选值	>7.5	25	3.4	0.6	170	190	100	250	300

4.3.7 生物调查与分析

本次监测矿区附近敏感点的青稞、猪肉等生物样品进行了监测。监测结果见表 4.3-12。

从上表可以看到，矿区周围敏感点生物样品中的放射性核素含量较低，且均符合《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB14882-94）中规定的限制浓度标准要求。

表 4.3-12 生物样品监测结果

样品类型	地点	U _{天然} (mg/kg-鲜)	²²⁶ Ra (Bq/kg-鲜)	²¹⁰ Pb (Bq/kg-鲜)	²¹⁰ Po (Bq/kg-鲜)
猪肉类	降扎乡	0.0113	<0.26	<0.63	1.43
	阿念巴塞	0.0134	<0.26	<0.63	1.13
GB14882-94 标准		5.4	38	—	15
青稞 (谷物)	降扎乡	0.052	<0.26	<0.63	0.26
	阿念巴塞	0.006	<0.26	<0.63	0.12
GB14882-94 标准		1.9	14	—	6.4

5 退役治理工程源项调查

5.1 源项调查范围及原则

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完成。核工业北京化工冶金研究院于 2017 年 10 月，在现场勘查和资料收集的基础上对龙江铀矿拟退役的设施开展了详细的源项调查监测工作。

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，然后对遗留设施（废石场、尾渣库、工业场地等）及其物理边界外延一定距离（一般为 10m~30m，结合现场实际情况而定）范围内进行网格布点监测；对坑（井）口、污染道路、建（构）筑物和设备管线等进行现场调查监测。

通过野外现场测量 γ 辐射空气吸收剂量率、氡析出率，取废石、尾渣以及下部土壤样进行室内分析，综合现场测量数据和取样分析数据，确定废石场、尾渣库和工业场地等的治理范围；通过野外现场测量 γ 辐射空气吸收剂量率、氡析出率，取土壤样等实验室测量，来综合确定被污染的道路以及溪沟的范围，从而确定退役治理工程范围。

5.1.2 源项调查范围

龙江铀矿退役治理工程源项调查范围涉及全部设施及其周围环境，包括：坑（井）口、废石场、堆浸场、污染工业场地、污染建（构）筑物、污染设备及污染管线、污染道路、污染溪沟、老尾渣库和 104 露天坑尾渣库等共计 10 类源项。

5.2 源项调查监测方案

1) γ 辐射剂量率

（1）104 露天坑尾渣库、废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地等

104 露天坑尾渣库、废石场等原则上按 $10\text{m} \times 10\text{m} \sim 20\text{m} \times 20\text{m}$ 间距布置 γ 辐射剂量率监测点，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) 污染道路

污染道路原则上按 10~20m 间距布设监测断面，每个断面中间布置 1 个 γ 辐射剂量率监测点。在实际操作中，根据道路路基和功能的不同，可适当调整监测断面间距。

2) ^{222}Rn 析出率

测点：104 露天坑尾渣库、废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地等。

^{222}Rn 析出率按裸露面积每 400m² 布置一个测点进行测量，其布点密度根据地形情况和环境 γ 辐射剂量率均匀程度进行适当放宽或加密，保证每个设施不少于 5 个监测点位。

3) 空气氡浓度

每一个坑（井）口布置 3 个监测点。

4) α 、 β 放射性表面污染水平

(1) 被污染设备管线

设备和工作台每 50cm²~500cm² 布设一个测点，根据初步调查结果可适当加密或放宽。每个被污染设备不少于 5 个测点。

(2) 被污染建构（筑）物

建（构）筑物按 1m²~2m² 布设 1 个测点，每个独立建构（筑）物不少于 5 个测点。

5) 固体废物及受污染的土壤 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 含量

(1) 104 露天坑尾渣库、废石场

每个设施（或场地）取不少于 3 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 100m 间距（根据实际情况进行调整）布设监测断面，在深度方向每隔 20cm 取一个样，预留一定深度的土样；依次分析 0~20cm、20~40cm 以此类推，直至土样层中 ^{226}Ra 含量 \leq 本底值+0.18Bq/g，记录土样层，并分析下一层土样确保此层土样 ^{226}Ra 含量 \leq 本底值+0.18Bq/g，若不满足仍需继续按层深分析，直至确定污染土深度为止。另，预留土样若无法满足要求，仍需继续向深度取样监测。

(3) 工业场地污染土

①一般按 200m^2 面积布置监测网格，根据现场地形情况可适当调整网格布置。

②在深度方向每隔 20cm 取一个样，预留一定深度的土样；依次分析 $0\sim 20\text{cm}$ 、 $20\sim 40\text{cm}$ 以此类推，直至土样层中 ^{226}Ra 含量 \leq 本底值 $+0.18\text{Bq/g}$ ，并记录土样层，并分析下一层土样确保此层土样 ^{226}Ra 含量 \leq 本底值 $+0.18\text{Bq/g}$ ，若不满足仍需继续按层深分析，直至确定污染土深度为止。另，预留土样若无法满足要求，仍需继续向深度取样监测。

(4) 老尾渣库、堆浸场、工业场地等下方污染土

①一般按 $200\text{m}^2\sim 400\text{m}^2$ 面积布置监测网格，每个设施场地不少于 3 个监测点位，根据现场地形情况可适当调整网格布置。

②在深度方向每隔 $20\text{cm}\sim 30\text{cm}$ 取一个样，预留一定深度的土样；依次分析 $0\sim 20\text{cm}$ 、 $20\sim 40\text{cm}$ 或 $0\sim 30\text{cm}$ 、 $30\sim 60\text{cm}$ 以此类推，直至土样层中 ^{226}Ra 含量 \leq 本底值 $+0.18\text{Bq/g}$ ，并记录土样层，并分析下一层土样确保此层土样 ^{226}Ra 含量 \leq 本底值 $+0.18\text{Bq/g}$ ，若不满足仍需继续按层深分析，直至确定污染土深度为止。另，预留土样若无法满足要求，仍需继续向深度取样监测。

6) 有水坑口流出水

坑口流出水至少设 1 个取样点，监测内容包括 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 等。

7) 周围水体水质

调查矿区周围水体（牛棚沟、羊肠沟和中长沟）地表水体水质，包括 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、重金属等。

5.3 测量方法及仪器

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。

表 5.3-1 源项调查监测方法及仪器

监测项目		监测方法	监测仪器	灵敏度/检出限
γ 辐射空气吸收剂量率		GB/T 14583-1993*	便携式 χ - γ 剂量率仪 FH40G	10nGy/h
氡析出率		EJ/T979-1995	氡浓度测量仪 RAD7	0.006Bq/m ² ·s
氡浓度		GB/T14582-1993	氡浓度测量仪 RAD7	3.7 Bq/m ³
α 表面污染		GB/T14056.1-2008	α 、 β 表面沾污仪 CoMo170	0.01 Bq/cm ²
β 表面污染		GB/T14056.1-2008	α 、 β 表面沾污仪 CoMo170	0.12 Bq/cm ²
固体	²³⁸ U	GB/T 11743-2013	高纯锗 γ 能谱仪 GAMX50P4	4.4 Bq/kg
	²²⁶ Ra	GB/T 11743-2013	高纯锗 γ 能谱仪 GAMX50P4	1.2 Bq/kg
水	U _{天然}	HJ 700-2014	质谱仪	0.04 μ g/L
	²²⁶ Ra	GB 11214-89	室内氡钍分析仪 FD-125	0.002Bq/L

注：*目前为过期标准，但开展源项调查时（2017 年）尚未过期标准。

5.4 监测质量保证

依据 ISO/IEC 导则 25-校准与检测实验室能力的通用要求，核工业北京化工冶金研究院建立了一套严格的质量保证体系。监测质量保证由下列内容组成：

1) 质量保证机构

质量保证实行核工业北京化工冶金研究院、分析监测事业部、环境监测组三级管理体制，确保职责分明，任务明确。

2) 资质认定

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心已通过中国实验室国家认可委员会和国防科技工业实验室认可委员会的实验室认可，质量体系运作符合 GB/T19001—ISO9001 标准的要求。

3) 监测人员素质

环境监测组组长由从事环境监测多年的高级工程师担任。工作人员实行定期的考核和培训，且都取得有关主管部门发给的上岗证。

4) 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规定进行刻度或检定，并经常参加国家组织的比对，并在使用前均认真地进行了自检；监测分析方法采用国家标准或行业标准方法，以保证监测结果的准确与可靠。

5) 采样质量保证

严格按国家规范的要求进行布点、采样、样品预处理、样品管理、样品流转, 样品采集具有代表性, 避开有干扰的、代表性差的地点。

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, 优先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; 对仪器设备、试剂供应商的供货能力、产品质量等资料进行评审, 选择合格的供应商。

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。数据处理尽量使用标准方法, 以减少处理过程中产生的误差; 对有质疑的监测结果进行重复测定, 并分析原因; 对所有监测数据都要进行自检、他检和审查三级检验。

5.5 源项调查结果及治理项目

5.5.1 治理项目的确定原则

- 1) 凡被确定为铀矿采冶废物的, 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) 矿区内土壤中放射性核素含量超出管理限值的区域列为治理项目。
- 4) 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。
- 5) 废水中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 等核素含量超过管理限值的, 列为治理项目。

5.5.2 源项调查结果

5.5.2.1 坑(井)口

龙江铀矿停产闭坑后, 共遗留地表 3 个坑(井)口, 包括 1 个回风斜井(无水井口, 原始功能为通风, 编号井 1), 四号平硐(有水坑口, 原始功能为运矿, 编号坑 1), 二号平硐(无水坑口, 原始功能为通风, 编号坑 2)。

1) 源项调查阶段

(1) 坑(井)口氡浓度及封堵情况

源项调查期间(2017 年), 坑(井)口尚未封堵, 坑(井)口空气中氡浓度的范围值为 $(1053\sim 1567)\text{Bq/m}^3$, 平均值为 1256Bq/m^3 , 暴露在地表的坑(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。

源项调查期间，各坑（井）口氡浓度等调查参数见表 5.5-1，调查期间各坑（井）口未封堵照片见图 5.5-1 和 5.5-2。

表 5.5-1 坑（井）口相关参数

序号	名称	编号	标高 m	井口尺寸 m	风量 m³/s	氡浓度 Bq/m³（封堵前）			是否有 水流出
						测点 数	范围值	均值	
1	四号 平硐	坑 1	3435	2.65×3.10	9.8	3	1146~1211	1178	有
2	二号 平硐	坑 2	3523	2.24×2.62	7.1	3	1466~1567	1510	无
3	回风 斜井	井 1	3538	2.67×2.91	9.3	3	1053~1108	1080	无

注：建设单位 2020 年对各坑（井）口进行了应急封堵。



图 5.5-1 四号平硐（源项调查期间） 图 5.5-2 回风斜井（源项调查期间）

（2）四号平硐流出水

源项调查结果显示：四号平硐有水流出，流出水主要来自 510 一矿段四中段上部山体渗出水 and 510 二矿段巷道渗水，两者混合后通过四号平硐流出，水量为 85~90m³/d，水中 U_{天然} 含量 0.093~8.95mg/L，²²⁶Ra 活度浓度 0.224~0.335Bq/L。

源项调查期间，四号平硐流出水示意图 5.5-3，四号平硐流出水详见表 5.5-2。

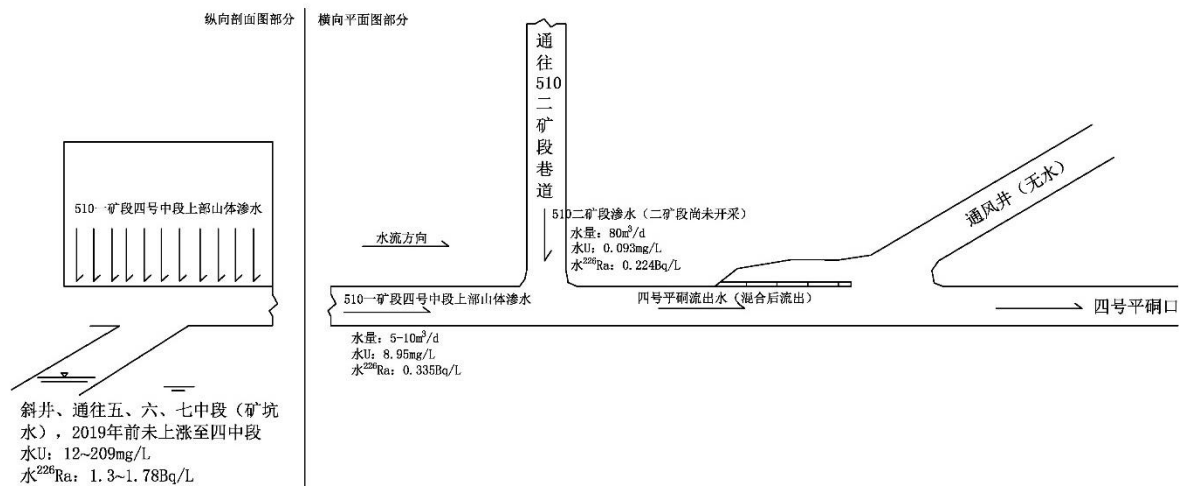


图 5.5-3 四号平硐流出水示意图

(3) 510 一矿段矿坑水

510 一矿段四号平硐下部矿坑水不断上涌，涌水量为 40~80m³/d，涌水中 $U_{\text{天然}}$ 含量 12~209mg/L， ^{226}Ra 活度浓度 1.3~1.78Bq/L， $U_{\text{天然}}$ 偏高是由于矿床开拓已揭露的矿体中铀矿物被空气氧化，后被浸出所致。

表 5.5-2 四号平硐流出水和井下涌水相关参数（2017~2019 年）

序号	名称编号		流/涌量 m³/d	放射性监测结果				
				取样	水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度, mg/L		水中 ^{226}Ra 浓度, Bq/L	
					范围值	均值	范围值	均值
1	四号平硐流出水	四号中段上部山体渗水	5~10	1	/	8.95	/	0.335
		二矿段渗水	80	1	/	0.093	/	0.224
2	四号平硐井下矿坑水		40~80	2	12~209	110.5	1.3~1.78	1.54
3	建矿前矿床地下水本底值			47	0.002~8.98		/	

注：1) 510 二矿段未进行开采；2) 四号平硐井下矿坑水来自 510 一矿段矿床，2017 年水位上升至六中段时，矿坑水中 $U_{\text{天然}}$ 含量 209mg/L；2019 年水位上升至四中段附近时，矿坑水中 $U_{\text{天然}}$ 含量 12mg/L。

根据 4.1 节相关内容，建矿前 510 铀矿床地下水环境本底调查结果，地下水中 $U_{\text{天然}}$ 本底值（0.002~8.98）mg/L；由此可见，四号平硐平巷渗水 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 均在本底值范围内；四号平硐井下涌水 $U_{\text{天然}}$ 含量高于建矿前本底， ^{226}Ra 含量在本底值范围内。

2) 应急治理阶段

2019 年矿坑水已上升至四中段附近，为最大程度减少矿坑水外流，蓝天

铀业对坑（井）口进行了应急封堵治理，并建设矿坑水处理设施作为应急使用。

（1）坑（井）口应急封堵

2020 年，蓝天铀业对 3 个坑（井）口进行了应急的封堵。

其中，回风斜井和二号平硐在硐口采取一道混凝土墙面进行封堵；四号平硐在硐口内部约 80m、125m、135m 处采用 3 道混凝土墙对四号中段主巷道进行封堵，四中段与二矿段连接巷道采用 2 道混凝土墙封堵，四中段与通风井采用 1 道混凝土墙封堵，四号平硐共计封堵 6 道混凝土墙，混凝土墙厚度为 1.5m。

四号平硐应急封堵示意图 5.5-4。

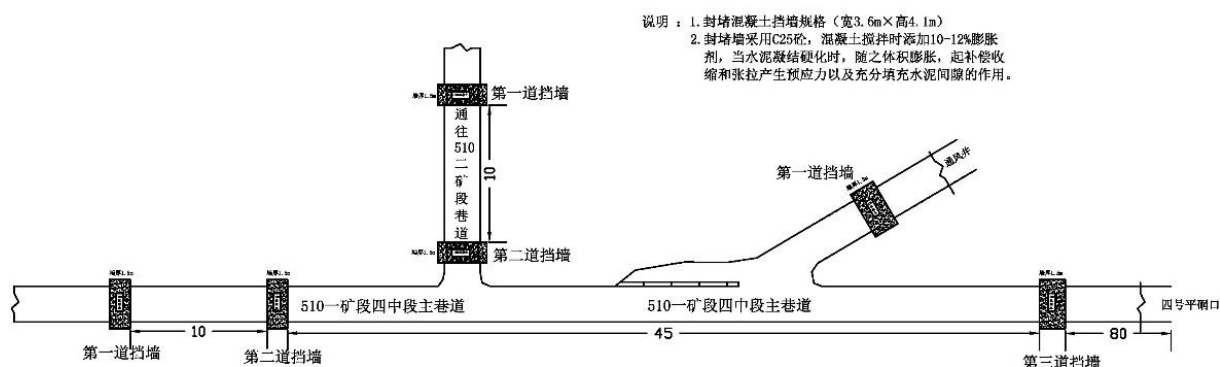


图 5.5-4 四号平硐应急封堵示意图

（2）矿坑水处理设施

2021 年，蓝天铀业考虑到井下涌水不断上涨，采取应急封堵措施后，仍有可能封堵不严，造成矿坑水流出，故建成 1 套矿坑水处理装置，处理规模为 $320\text{m}^3/\text{d}$ 。

该装置由矿坑水处理车间、矿坑水贮池、泵房和值班室等组成，其中矿坑水处理车间占地面积 131.1m^2 ，尺寸为 $13\text{m} \times 9\text{m} \times 10.5\text{m}$ ，矿坑水贮池尺寸 $13\text{m} \times 10\text{m} \times 1.9\text{m}$ ，占地面积 137.5m^2 ，泵房尺寸 $4\text{m} \times 3.5\text{m} \times 2.6\text{m}$ ，占地面积 17.5m^2 ，值班室占地面积 75.2m^2 ，尺寸 $16.5\text{m} \times 4\text{m} \times 4.8\text{m}$ ，废水排放口位于场地东侧，直接接纳水体为羊肠沟，平面布置见图 5.5-5。

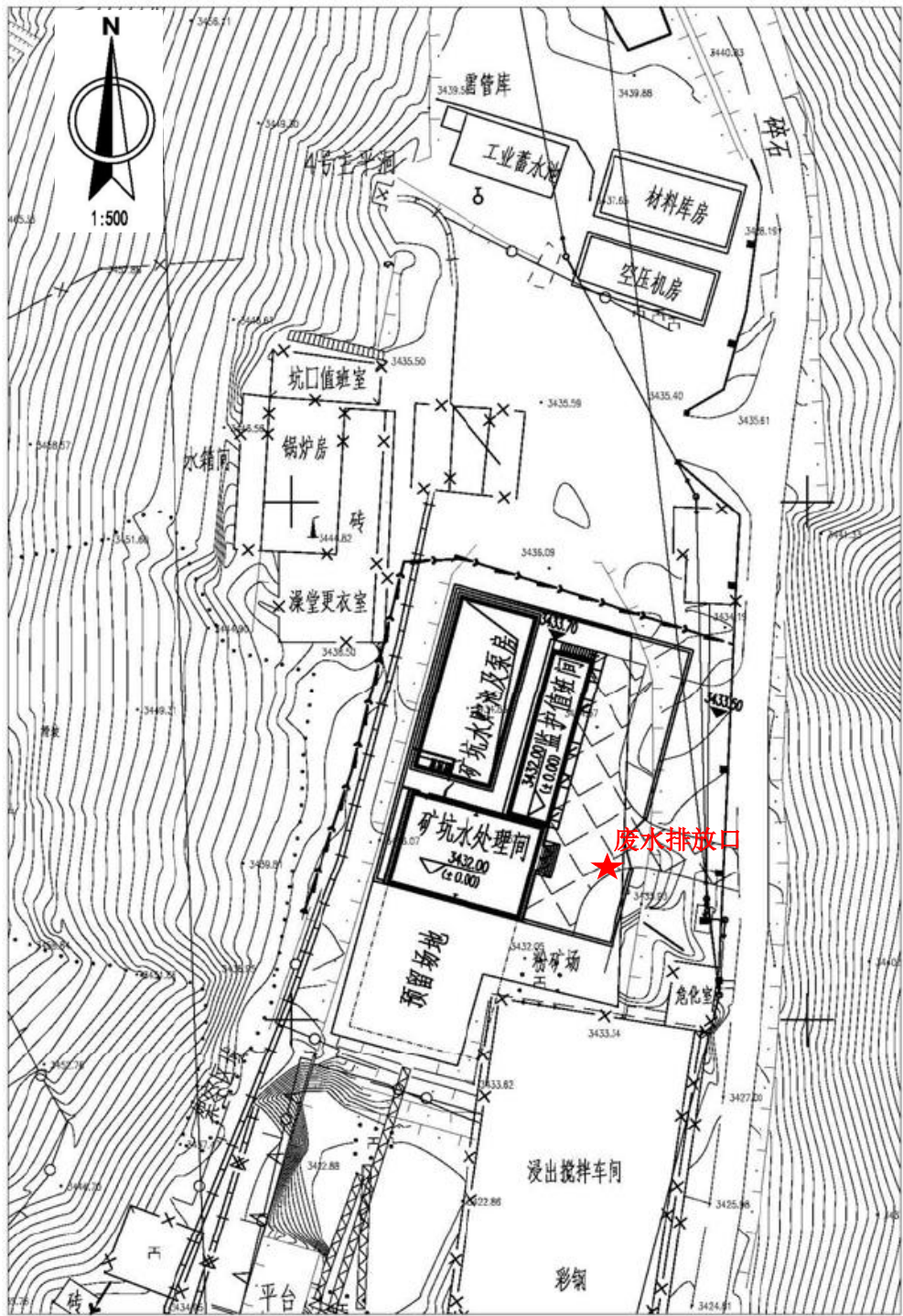


图 5.5-5 矿坑水处理设施平面布置

矿坑水处理工艺流程概述：矿坑水收集（加氯化钡等药剂除 ^{226}Ra ，实际运行中水中 ^{226}Ra 满足排放标准要求，故未添加氯化钡）→离子交换吸附（去除 $\text{U}_{\text{天然}}$ ）→清水达标外排；吸附 $\text{U}_{\text{天然}}$ 的饱和树脂→送往蓝田工区再生处理→再运回贫树脂。

矿坑水处理工艺流程见图 5.5-6，主要工艺参数见表 5.5-3，主要工艺设备

见表 5.5-4。

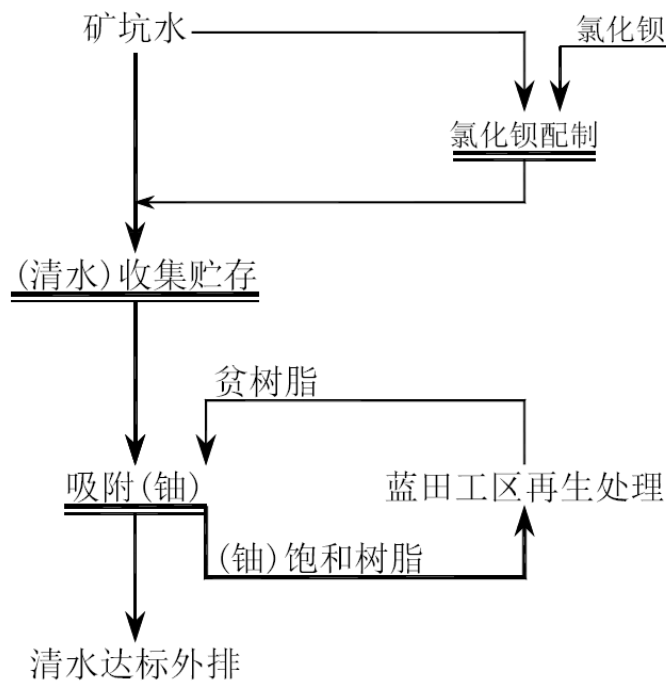


图 5.5-6 矿坑水处理设施工艺流程图

具体工艺流程如下：向龙江铀矿四号平硐内部地沟内，按要求滴加氯化钡等药剂使水相 ^{226}Ra 转移至硫酸钡沉淀物中（晶格上），形成 $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$ 固相颗粒将 ^{226}Ra 稳定在四号平硐内；该药剂为氯化钡等固体料在氯化钡配制槽内与矿坑水混合溶解配制而成。

矿坑水通过四号平硐收集池自流汇集至矿坑水贮池贮存，经耐腐耐磨液下泵压入 2 塔串联的离子交换塔内与树脂接触吸附除 $U_{\text{天然}}$ ，达标排入羊肠沟。

当串联末塔外排清水 $U_{\text{天然}}$ 升至 0.25mg/L 时（为确保不超过 0.25mg/L ，吸附尾液监测频次为 1 次/d），停止吸附；将首塔中饱和树脂卸至地埋的立式锥底储罐内，再由电动隔膜泵压送至罐车送往蓝田工区再生处理。同时将蓝田工区运入的贫树脂卸入地埋的立式锥底储罐，再由电动隔膜泵压送装填离子交换塔内，并将该塔作为串联吸附的末塔；同时将原串联的末塔切换作为首塔继续吸附。

表 5.5-3 矿坑水处理设施主要工艺参数

序号	参数名称	参数值
一	除 ^{226}Ra	
1	除镭剂	$5\text{g BaCl}_2/\text{m}^3\text{矿坑水} \sim 50\text{g BaCl}_2/\text{m}^3\text{矿坑水}$

序号	参数名称	参数值
2	除镭剂配制浓度	4g/L~40g/L
二	树脂吸附除 U _{天然}	
1	离子交换树脂	201×7 树脂
2	吸附方式	每组 2 塔串联的固定床；2 组并联，1 组装、卸树脂
3	吸附温度	常温
4	吸附空塔线速度	7m/h~14m/h
5	单塔树脂床层高度	约 3.5m
6	树脂工作容量	47 g U/L(湿 R)（2023 年 1 月~2024 年 9 月）
三	饱和树脂再生处理	蓝田工区
1	淋洗剂	0.2mol/L NaHCO ₃ +1.0mol/L NaCl
2	淋洗用量	3 BV
3	沉淀剂	片状氢氧化钠
4	沉淀剂用量	2.0 kg/kg U

注：2024 年运行中矿坑水 ²²⁶Ra 满足排放要求，故未添加氯化钡，该套设施具备除镭功能。

表 5.5-4 矿坑水处理设施主要工艺设备

序号	名称	规格型号	材质	数量 个/台（m）	重量 kg/台（m）
1	矿坑水贮池	17m×7.5m×1.9m	砼	1	/
2	耐腐蚀耐磨液下泵	Q=20m³/h，H=30m	聚乙烯	3	150
3	离子交换塔	DN1500×5000	不锈钢	6	3130
4	PE 立式锥底储罐	CTP-3000L	LDPE	1	300
5	电动隔膜泵	Q=6.5m³/h,H=4.5m	不锈钢	1	400
6	氯化钡配制槽	MC-1000L	LDPE	2	150
7	计量泵	BK-30L/1.0MPa	PTFE	2	7.5
8	不锈钢增压泵	Q=3.5m³/h，H40m	不锈钢	1	11
9	管线	φ75×6.9	PPH	416	1.4
		φ250×14.8	HDPE	200	10.5
		φ9.5×1.65	PE	100	0.4
		φ273×7	钢管	50	46.2

（3）矿坑水处理设施主要辅助设施

①供暖和通风设施

矿坑水处理间、泵房等采用电暖器采暖维持其室内温度保持 12℃ 以上，值班室拟采用电暖器采暖维持室内温度保持 18℃ 以上。

矿坑水处理间为密闭厂房，设全面通风系统，换气次数为 5 次/h，采用 2

台轴流风机，总通风量为 $6404\text{m}^3/\text{h}$ 。

②电气设施

利用矿坑水处理设施东侧 100m 处的现有变电站，为矿坑水处理设施提供电力，供电负荷为三级，总安装功率为 77.2kW。

③自动化设施

自动化设施主要为矿坑水处理系统提供工艺过程控制、报警和工业电视监控，在矿坑水处理设施机柜室设 1 套 PLC 控制系统，主要监控工艺流量、液位和压力。矿坑水处理设施工艺环节以监视和控制相结合的方法，当工艺参数超过允许值而危害生产和安全时，采用自动报警和联锁控制，该系统自动化程度较高。

3) 应急封堵及矿坑水处理设施运行效果

(1) 四号平硐应急封堵效果

四号平硐采用 6 道混凝土墙应急封堵后，运行至今，封堵墙表面无渗水形成流出，同时矿坑水水位超过四号平硐标高。但根据实际运行情况，四号平硐最外面封堵墙距离硐口约 80m，该 80m 巷道侧壁不断有水渗出，主要为四号平硐上部矿坑水通过裂隙向 80m 巷段渗水。

蓝天铀业在四号平硐内设置地沟，对 80m 巷段渗水进行了收集，自流至矿坑水贮池，通过管道和泵输送至矿坑水处理设施进行处理。本项目收集了龙江铀矿 2022~2024 年流出物与环境监测评价年报，该年报对矿坑水处理进行了详细监测，监测结果详见表 5.5-5 和表 5.5-6。

由该表可知，2022 年~2024 年期间矿坑水从 80m 巷段侧壁渗出，渗出水中 $U_{\text{天然}}$ 含量 $(37.4\sim54)\text{mg/L}$ ， ^{226}Ra 含量约 $(0.696\sim1.72)\text{Bq/L}$ ，全年平均日渗水量约 $(74.2\sim80.0)\text{m}^3/\text{d}$ 。从时间变化来看，渗出水中 $U_{\text{天然}}$ 含量相对稳定，渗水量接近 2017 年源项调查矿坑水涌水量。

由此可见，四号平硐应急封堵后，虽然无水从封堵墙表面流出，但随着矿坑水不断抬升，矿坑水仍会通过裂隙从封堵墙与坑口之间 80m 巷道侧壁流出。

表 5.5-5 2022 年~2024 年矿坑水处理前、后 pH、U_{天然}、²²⁶Ra、²¹⁰Po、²¹⁰Pb 含量情况

类型	核素	2022 年		2023 年		2024 年	
		范围值	平均值	范围值	平均值	范围值	平均值
处理前	U _{天然} , mg/L	37.4~38	/	47.4~47.6	/	46.2~54	/
	²²⁶ Ra, Bq/L	1.22~1.31	/	0.696~1.72	/	0.841~0.891	/
处理后	U [*] _{天然} , mg/L	0.009~0.231	0.061	0.019~0.241	0.121	0.016~0.224	0.106
	²²⁶ Ra [*] , Bq/L	0.228~1.07	0.754	0.149~0.943	0.474	0.156~0.434	0.309
	²¹⁰ Pb [*] , Bq/L	<0.0035~0.0108	0.0876	<0.0035~0.011	/	<0.0035~0.0098	/
	²¹⁰ Po [*] , Bq/L	0.0011~0.0281	0.00199	<0.00074~0.0251	/	<0.00074~0.0045	/
	pH [*]	6.98~7.21	7.14	7.14~7.66	7.45	7.46~7.52	7.50

注：*处理后 U_{天然}、pH 监测频次为 1 次/d，²²⁶Ra 为 1 次/半月，²¹⁰Pb、²¹⁰Po 为 1 次/月。

表 5.5-6 2022 年~2024 年矿坑水处理量情况 m³/d

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全年
2022	80.0	80.0	70.0	72.3	70.0	70.0	81.9	79.7	84.0	81.0	80.7	81.6	77.6
2023	80.3	77.9	78.2	79.5	78.8	79.2	80.3	80.0	80.7	80.3	80.4	79.5	80.0
2024	73.3	75.3	72.4	74.1	73.9	73.0	77.3	72.3	76.2	76.1	75.7	73.8	74.2

(2) 矿坑水处理设施处理效果

矿坑水处理设施投入运行后，至 2024 年矿坑水 ^{226}Ra 满足排放要求，故未添加氯化钡，2022 年~2024 年矿坑水处理设施处理后 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 的监测结果详见表 5.5-5。

此外，2025 年建设单位对矿坑水原液中非放射性元素进行了调查，结果见 5.5-7。2024 年源项调查单位对矿坑水处理设施排放口处非放射性元素进行了调查，详见表 5.5-8。

由表 5.5-5 和表 5.5-8 可知，矿坑水处理设施排放口处 $\text{U}_{\text{天然}}$ 含量为 $\leq 0.241\text{mg/L}$ ， ^{226}Ra 活度浓度 $\leq 1.07\text{Bq/L}$ ， ^{210}Pb 活度浓度 $\leq 0.011\text{Bq/L}$ ， ^{210}Po 活度浓度 $\leq 0.0281\text{Bq/L}$ ，均满足《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）的要求；排放口处 Cr^{6+} 、 Cd 、 Pb 、 As 、 Hg 、 Mn 、 Zn 和 Cu 等非放射性元素均满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 1 和表 4 一级标准。

表 5.5-7 矿坑水原液中非放射性元素浓度（2025 年）

取样位置	pH	Cr^{6+} mg/L	Cd mg/L	Hg mg/L	As mg/L
矿坑水贮池 （原液）	7.8	ND（0.004）	ND（0.05）	0.000273	0.00051
	Mn mg/L	Zn mg/L	Cu mg/L	Pb mg/L	
	ND（0.01）	ND（0.05）	ND（0.05）	ND（0.2）	

注：ND 表示低于检出下限，括号内为检出限；根据地质勘察报告，龙江铀矿属于 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$ 型水质，矿化度 $0.6\sim 1\text{g/L}$ ， SO_4^{2-} 含量在 $59.24\sim 710.51\text{mg/L}$ ，pH 在 $7.2\sim 8.0$ 属于弱碱性。

表 5.5-8 矿坑水处理设施外排水非放射性元素浓度（2024 年）

取样位置	pH	Cr^{6+} mg/L	Cd $\mu\text{g/L}$	Hg $\mu\text{g/L}$	Mn $\mu\text{g/L}$	排放标准	是否达标
末级吸附塔 出水口	8.12	<0.004	0.84	<0.2	44.3		达标
	6~9	0.5	100	50	2000	GB8978-1996	达标
	Zn mg/L	Cu $\mu\text{g/L}$	Pb $\mu\text{g/L}$	As $\mu\text{g/L}$		排放标准	是否达标
	1.38	<5.0	<5.0	<2.0			
	2.0	500	1000	500		GB8978-1996	达标

5.5.2.2 废石场


龙江铀矿停产后，地表遗留 1 处废石场，总裸露面积 6119m²，堆存废石总量达 13.76 万 t。根据源项调查结果，废石中 ²²⁶Ra 的活度浓度为 1247Bq/kg，U_{天然} 含量为 106mg/kg。废石场的表面 ²²²Rn 析出率为 (0.78~2.05) Bq/(m²•s)，平均值为 1.25Bq/(m²•s)，γ 辐射剂量率为 (100~119) ×10⁻⁸Gy/h，平均值为 107×10⁻⁸Gy/h，与当地本底水平相比也明显偏高。

废石中放射性核素含量、氡析出率和 γ 辐射剂量率的监测值列于表 5.5-9，废石场的现状情况见图 5.5-7 和图 5.5-8。

源项调查单位未对废石场底部土壤进行调查，本项目参照由废矿石散落引起土壤受污染的 2#工业场地（原始功能为“破碎浸出”）的垂直铀镭监测数据，废石场底部污染土清挖深度按 100cm 考虑，实施过程中要做到“边施工边监测”，使移走废石的土地满足土壤 ²²⁶Ra 残留量的管理限值要求。

表 5.5-9 废石场相关参数

名称	编号	裸露面积 m ²	占地面积 m ²	γ 辐射剂量率 ×10 ⁻⁸ Gy/h			氡析出率 Bq/m ² ·s		
				个数	范围值	均值	个数	范围值	均值
废石场	废 1	6119	5188	92	100~119	107	16	0.78~2.05	1.25
	废石量 万 t		废石 U _{天然} 含量 mg/kg		废石 ²²⁶ Ra 含量 Bq/kg				
	13.76		106		1247				






图 5.5-7 废石场（底部边坡）

图 5.5-8 废石场（顶部平台）

5.5.2.3 堆浸场

堆浸水冶生产结束后，龙江铀矿遗留 1 处堆浸场，场地总占地面积 5137m²。

该堆浸场由 5 个堆浸池纵向相连形成，堆浸池的尾渣已全部运至 104 露天坑尾渣库内，现场遗留堆浸池体和底部污染土尚未治理，照片见图 5.5-9 和图 5.5-10。

根据源项调查结果，尾渣运走后遗留的堆浸场地土壤的表面 ^{222}Rn 析出率、 γ 辐射剂量率及下部土壤中放射性核素含量的监测值列于表 5.5-10 和表 5.5-11 中。由该表可知，堆浸场的 ^{222}Rn 析出率均值为 $0.89\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，高于管理限值 $0.74\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ； γ 辐射剂量率均值为 $53\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，高于当地辐射环境本底值，土壤取样深度达到 100cm 时，监测点位的土壤中 ^{226}Ra 残留量才能满足管理限值要求，土壤受污染原因主要是浸出液或渗滤液泄漏至土壤内造成污染。



图 5.5-9 堆浸场（尾渣清运前） 图 5.5-10 堆浸场（尾渣清运后）

表 5.5-10 堆浸场相关参数及监测结果

名称	编号	占地面积 m ²	^{222}Rn 析出率 Bq/ (m ² ·s)			γ 辐射剂量率×10 ⁻⁸ Gy/h		
			测点数	范围值	均值	测点数	范围值	均值
堆浸场	堆 1	5137	24	0.82~0.99	0.89	100	52~70	53

表 5.5-11 堆浸池下方土壤中铀、镭残留量垂直分布监测结果

名称	取样深度 cm	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
堆浸场	表层~20	24	96.4~111.0	104.4	1032~1246	1146
	20~40	24	81.4~91.1	90.2	863~1010	938
	40~60	24	63.7~76.3	72.0	655~795	737
	60~80	24	40.6~48.2	44.5	412~497	461
	80~100	24	12.5~17.8	15.9	134~197	171.5
	100~120	24	6.9~7.7	7.5	74.7~83.9	77.7

5.5.2.4 污染工业场地

龙江铀矿停产后，地表遗留 3 处工业场地，总占地面积为 12999m²，工业场地现状照片见图 5.5-11 和图 5.5-12。

根据监测结果，工业场地的表面 ²²²Rn 析出率和 γ 辐射剂量率调查结果见表 5.5-12。3 处污染工业场地 ²²²Rn 析出率均值分别为 0.35Bq/（m²·s）、1.58Bq/（m²·s）和 0.37Bq/（m²·s），γ 辐射剂量率均值分别为 61×10⁻⁸Gy/h、110×10⁻⁸Gy/h 和 57×10⁻⁸Gy/h，高于环境辐射本底水平，主要原因是生产时期矿石破碎散落、铀矿粉尘沉降、工艺液料跑冒滴漏等原因造成污染。

表 5.5-13 给出了污染工业场地土壤中 U_{天然}、²²⁶Ra 含量在不同深度的垂直分布监测数据，土壤深度达到 60~100cm 时，监测点位的土壤中 ²²⁶Ra 残留量满足相应管理限值的要求。

此外，根据《地质灾害危险性评估报告》（河北中核岩土工程有限责任公司，2017 年 12 月）采掘工业场地北侧有 3 处滑坡，有少量松动石块，滑坡面积总计 5412m²，对场地安全造成影响。

表 5.5-12 污染工业场地相关参数及监测结果

序号	名称	编号	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）		
				测点	范围值	均值	测点	范围值	均值
1	采掘工业场地	场 1	4849	57	47~69	61	20	0.31~0.41	0.36
2	破碎工业场地	场 2	2380	30	47~165	110	10	1.08~2.30	1.58
3	水冶工业场地	场 3	5770	51	47~69	57	16	0.31~0.42	0.37



图 5.5-11 采掘工业场地



图 5.5-12 破碎工业场地

表 5.5-13 污染工业场地相关参数及监测结果

序号	名称	取样深度 cm	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	采掘工业场地	表层~20	20	34.8~39.7	36.7	417~467	442
		20~40	20	28.5~32.0	30.6	350~392	372
		40~60	20	20.3~24.3	22.8	260~299	282
		60~80	20	13.4~14.7	14.0	163~177	171
2	破碎工业场地	表层~20	10	29.8~1347	789.0	331~15426	8840
		20~40	10	25.0~995	596.0	274~10342	6082
		40~60	10	18.7~438	261.0	219~4732	2824
		60~80	10	12.8~102	65.1	159~1079	682
		80~100	10	9.75~21.7	16.2	120~235	181
		100~120	10	5.53~8.56	7.28	83.8~96.7	90.7
3	水冶工业场地	表层~20	14	27.5~32.0	29.4	312~397	357
		20~40	14	21.4~24.0	22.8	234~290	275
		40~60	14	16.3~19.3	17.9	202~234	219
		60~80	14	12.0~14.4	13.4	155~178	169

5.5.2.5 建（构）筑物

龙江铀矿停产闭坑后，地表遗留了一定数量的破碎、堆浸生产、水冶用房和辅助设施，主要包括破碎厂房、材料库房、水冶车间厂房、堆浸池、值班室、矿坑水处理车间和泵房等，建筑类型主要为砌体、毛石、轻钢和钢筋砼等，总建（构）筑物共 66 座，占地面积 12903m²。

其中，受污染的建构筑物为 26 座，占地面积为 9995m²， α 放射性表面污染水平在（0.06~0.14）Bq/cm²，均值 0.095Bq/cm²， β 放射性表面污染水平在（0.73~1.73）Bq/cm²，均值 1.1Bq/cm²，高于管理限值；未受污染的建（构）筑物为 40 座，占地面积为 2908m²，其 α 、 β 放射性表面污染水平均低于管理限值。

目前，仍具备利用价值建（构）筑物 4 座，主要为矿坑水处理设施（包括矿坑水处理厂房、矿坑水贮池、泵房和值班室）；剩余 62 座建（构）筑物处于荒废、闲置状态。

各建（构）筑物相关参数及 α 、 β 表面污染监测结果见表 5.5-14 和表 5.5-

15。

部分建（构）筑物现状见图 5.5-13~图 5.5-16。



图 5.5-13 水冶及废水处理车间



图 5.5-14 破碎厂房



图 5.5-15 变电所



图 5.5-16 粉矿仓

表 5.5-14 受污染建（构）筑物相关参数及 α 、 β 表面污染监测结果

序号	名称	外形尺寸 m 长×宽×高	层数	占地面积 m²	结构 形式	监测 位置	监测 点数	α 表面污染水平 Bq/cm²		β 表面污染水平 Bq/cm²		
								范围值	均值	范围值	均值	
1	水冶 车间	机修间	8.3×6×4	1	50	框架	墙面	10	0.069~0.104	0.096	0.91~1.18	1.08
地面							10	0.076~0.116	0.099	0.87~1.21	1.03	
2		化工原料及产 品贮存区房	12×6×4	1	72	砌体	墙面	10	0.065~0.110	0.091	0.86~1.09	1
地面							10	0.070~0.121	0.093	0.85~1.35	1.1	
3		水冶车间厂房	49×12.5×22	4	613	砼框架	墙面	10	0.078~0.123	0.098	0.94~1.73	1.43
地面							10	0.081~0.110	0.096	0.97~1.59	1.35	
4		高位池 1	Φ 9.4×3.5	/	69	钢筋砼	墙面	10	0.082~0.115	0.101	0.85~1.32	1.13
地面							10	0.090~0.101	0.095	0.93~1.25	1.1	
5		高位池 2	Φ 10.4×3.5	/	85	钢筋砼	墙面	10	0.087~0.115	0.099	0.90~1.44	1.24
地面							10	0.092~0.110	0.098	0.93~1.35	1.21	
6		原液池	Φ 22.7×3.5	/	405	钢筋砼	墙面	10	0.089~0.121	0.113	0.92~1.69	1.46
地面							10	0.097~0.109	0.102	0.99~1.47	1.35	
7		吸附尾液贮池	15×10×5	/	150	钢筋砼	墙面	10	0.083~0.118	0.108	0.95~1.57	1.37
地面							10	0.095~0.121	0.111	0.92~1.38	1.25	
8		污水车间	27.3×6.3×4	1	172	砌体	墙面	10	0.085~0.107	0.091	0.92~1.32	1.2
地面							10	0.083~0.114	0.109	0.91~1.21	1.12	
9		车床	11.1×7.4×4	1	82	砌体	墙面	10	0.060~0.101	0.082	0.80~1.03	0.92
地面							10	0.062~0.105	0.084	0.81~1.15	0.96	
10		化工原料及产 品贮存区房	18.2×7.4×4	1	135	砌体	墙面	10	0.066~0.119	0.092	0.87~1.12	1.02
地面							10	0.072~0.128	0.095	0.83~1.39	1.12	
11		石灰、沉淀及 废水排放池	30×16×3	/	480	钢筋砼	墙面	10	0.082~0.109	0.094	0.94~1.11	1.05
地面							10	0.084~0.115	0.108	0.90~1.15	1.09	
12		水冶车间排放 废水槽	14.6×8.3×3	1	121	砌体	墙面	10	0.079~0.116	0.086	0.82~1.00	0.93
地面							10	0.077~0.113	0.084	0.84~1.06	0.9	
13		消力池 1	18×12×2	/	216	钢筋砼	墙面	10	0.070~0.096	0.083	0.73~0.116	0.84

序号	名称	外形尺寸 m 长×宽×高	层数	占地面积 m ²	结构 形式	监测 位置	监测 点数	α 表面污染水平 Bq/cm ²		β 表面污染水平 Bq/cm ²	
								范围值	均值	范围值	均值
	老尾渣库					地面	/	/	/	/	/
14	消力池 2	5.3×4.3×2	/	23	钢筋砼	墙面	10	0.081~0.099	0.087	0.77~0.128	0.91
						地面	/	/	/	/	/
15	破碎厂房	12×6×12	1	72	钢筋砼	墙面	10	0.089~0.130	0.102	0.99~1.30	1.18
						地面	10	0.079~0.121	0.105	0.95~1.31	1.2
16	粉矿场	45×26×5	1	1170	轻钢	墙面	10	0.089~0.139	0.105	0.99~1.42	1.27
						地面	10	0.092~0.136	0.112	0.92~1.45	1.33
17	粉矿仓	3.4×1.5×4	1	5	钢筋砼	墙面	10	0.085~0.131	0.098	0.97~1.38	1.21
						地面	10	0.088~0.123	0.095	0.90~1.42	1.3
18	浸出过滤厂房	43.5×27×13	1	1107	轻钢	墙面	10	0.085~0.123	0.095	0.98~1.25	1.13
						地面	10	0.075~0.110	0.097	0.97~1.29	1.15
19	大棚	8.1×6.6×4	1	54	轻钢	墙面	10	0.077~0.109	0.082	0.79~1.07	0.83
						地面	10	0.073~0.103	0.086	0.75~1.15	0.86
20	缓存池	5.5×4.2×3	/	23	钢筋砼	墙面	10	0.074~0.102	0.08	0.73~1.02	0.82
						地面	10	0.073~0.100	0.081	0.74~1.10	0.81
21	堆浸场废水暂存池	18×12×3	/	216	钢筋砼	墙面	10	0.073~0.110	0.083	0.80~1.14	0.86
						地面	10	0.076~0.101	0.087	0.79~1.06	0.81
22	堆浸池	209×21×4	/	4389	钢筋砼	墙面	10	0.089~0.140	0.112	0.99~1.37	1.22
						地面	10	0.093~0.132	0.105	0.95~1.39	1.26
23	水冶工业场地围墙	60×3	/	/	砌体	墙面	10	0.069~0.099	0.082	0.81~1.01	0.9
						地面	/	/	/	/	/
24	坑水处理车间	13×9×10.5	1	131.1	轻钢	墙面	10	0.085~0.107	0.091	0.92~1.32	1.2
						地面	10	0.083~0.114	0.109	0.91~1.21	1.12
25	矿坑水贮池	13×10×1.9	/	137.5	钢筋砼	墙面	10	0.082~0.109	0.094	0.94~1.11	1.05
						地面	10	0.084~0.115	0.108	0.90~1.15	1.09
26	泵房	4×3.5×2.6	1	17.5	砌体	墙面	10	0.079~0.116	0.086	0.82~1.00	0.93
						地面	10	0.077~0.113	0.084	0.84~1.06	0.9

表 5.5-15 未受污染建（构）筑物相关参数及 α 、 β 表面污染监测结果

序号	名称		外形尺寸 m 长×宽×高	层数	占地面积 m ²	结构 形式	监测 位置	监测 点数	α 表面污染水平 Bq/cm ²		β 表面污染水平 Bq/cm ²	
									范围值	均值	范围值	均值
1	水冶车间	压风机房	5×4×4	1	20	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
							地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
2		劳保库房	6×4.2×4	1	25	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
							地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
3		锅炉房	6×5.6×4	1	34	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
							地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
4		淋浴室	17.4×4.2×4	1	73	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
							地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
5		配电室	16.3×6×4	1	98	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
							地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
6		中心分析室	15.5×12.5×4	1	194	砌体	墙面	10	0.045~0.057	0.049	0.55~0.67	0.61
							地面	10	0.046~0.058	0.05	0.55~0.68	0.6
7		硫酸库	11.7×9.9×3	1	116	轻钢	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
							地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
8		配电室	7.4×4.5×4	1	33	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
							地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
9		发电机房	7.4×6.4×4	1	47	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
							地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
10		门卫室	7.6×7.4×4	1	56	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
							地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
11	老尾渣库	值班室	5.7×4.7×3.5	1	27	砌体	墙面	10	0.021~0.025	0.023	0.25~0.27	0.26
							地面	10	0.021~0.024	0.022	0.22~0.25	0.23
12			3.6×2.7×4	1	10	砌体	墙面	10	0.012~0.017	0.015	0.12~0.17	0.15

序号	名称	外形尺寸 m 长×宽×高	层数	占地面积 m ²	结构 形式	监测 位置	监测 点数	α 表面污染水平 Bq/cm ²		β 表面污染水平 Bq/cm ²	
								范围值	均值	范围值	均值
	破碎厂 房值班 室					地面	10	0.023~0.028	0.026	0.18~0.29	0.23
13	锅炉房	18×3.5×6	1	63	砌体	墙面	10	0.010~0.016	0.013	0.13~0.16	0.14
						地面	10	0.021~0.026	0.024	0.17~0.28	0.21
14	洗澡间	37×9×5	1	333	砌体	墙面	10	0.021~0.027	0.026	0.24~0.26	0.25
						地面	10	0.024~0.026	0.025	0.23~0.25	0.24
15	工业水 池	11.1×9.3×3.5	/	103	钢筋砼	墙面	10	0.011~0.014	0.013	0.15~0.18	0.16
						地面	10	0.021~0.024	0.022	0.16~0.25	0.21
16	浸出过 滤厂房 值班室	4.4×3.5×4	1	15	砌体	墙面	10	0.013~0.018	0.014	0.13~0.18	0.15
						地面	10	0.021~0.027	0.024	0.19~0.25	0.22
17	压风机 房	8.4×3.2×4	1	27	砌体	墙面	10	0.021~0.027	0.025	0.24~0.26	0.25
						地面	10	0.025~0.028	0.026	0.25~0.27	0.26
18	配电控 制室	5.5×3×4	1	17	砌体	墙面	10	0.020~0.022	0.021	0.21~0.24	0.22
						地面	10	0.021~0.024	0.022	0.22~0.25	0.23
19	库房	13.1×12.2×4	1	160	砌体	墙面	10	0.019~0.022	0.021	0.23~0.26	0.24
						地面	10	0.020~0.025	0.023	0.21~0.24	0.22
20	危化室	6.3×4.3×4	1	27	砌体	墙面	10	0.022~0.024	0.023	0.20~0.22	0.21
						地面	10	0.019~0.023	0.022	0.22~0.27	0.23
21	堆场值 班室	5.7×4.7×3	1	27	砌体	墙面	10	0.020~0.022	0.021	0.21~0.24	0.22
						地面	10	0.021~0.024	0.022	0.22~0.25	0.23
22	值班室	11.5×3.9×4	1	45	砌体	墙面	10	0.010~0.015	0.012	0.13~0.19	0.15
						地面	10	0.022~0.024	0.023	0.15~0.17	0.16
23	空压机 房	12.3×4.6×4	1	57	砌体	墙面	10	0.011~0.016	0.014	0.16~0.22	0.19
						地面	10	0.015~0.020	0.017	0.17~0.23	0.2

序号	名称	外形尺寸 m 长×宽×高	层数	占地面积 m ²	结构 形式	监测 位置	监测 点数	α 表面污染水平 Bq/cm ²		β 表面污染水平 Bq/cm ²	
								范围值	均值	范围值	均值
24	矿石检查站	10.5×8.2×4	1	86	砌体	墙面	10	0.011~0.016	0.013	0.16~0.18	0.17
						地面	10	0.012~0.018	0.015	0.19~0.24	0.22
25	材料库房	12.6×5.6×4	1	71	砌体	墙面	10	0.015~0.019	0.017	0.20~0.22	0.22
						地面	10	0.008~0.013	0.01	0.15~0.19	0.17
26	炸药库	3.3×2.3×4	/	8	混凝土	墙面	10	0.021~0.023	0.022	0.14~0.17	0.15
						地面	10	0.011~0.015	0.013	0.16~0.22	0.18
27	雷管库	2.5×2.5×4	1	6	砌体	墙面	10	0.015~0.020	0.016	0.17~0.23	0.19
						地面	10	0.012~0.016	0.015	0.13~0.17	0.14
28	应急救援室	10.5×4.9×4	1	51	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
						地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
29	淋浴室	14.7×9.1×4	1	134	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
						地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
30	锅炉房	14.8×7.4×4	1	110	砌体	墙面	10	0.014~0.020	0.018	0.21~0.25	0.23
						地面	10	0.010~0.015	0.013	0.14~0.18	0.16
31	水箱	6.6×5.8×4	/	38	钢筋砼	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
						地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
32	工业蓄水池	10.3×5.4×3.5	/	56	钢筋砼	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
						地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
33	主配电室	15×22×5	1	330	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
						地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
34	发电机房	11.8×11.5×5	1	136	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
						地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
35	值班室	6×5.2×4	1	31	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
						地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
36	库房	12.4×10.6×4	1	131	砌体	墙面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/
						地面	10	<LLD _{α}	/	<LLD _{β}	/

序号	名称	外形尺寸 m 长×宽×高	层数	占地面积 m²	结构形式	监测位置	监测 点数	α 表面污染水平 Bq/cm²		β 表面污染水平 Bq/cm²		
								范围值	均值	范围值	均值	
37	矿坑水处理设施	厕所	1	13	砌体	墙面	10	<LLD _α	/	<LLD _β	/	
						地面	10	<LLD _α	/	<LLD _β	/	
38		变压器室	1	25	砌体	墙面	10	<LLD _α	/	<LLD _β	/	
						地面	10	<LLD _α	/	<LLD _β	/	
39		围墙	/	/	毛石	墙面	10	<LLD _α	/	<LLD _β	/	
						地面	/	/	/	/	/	
40		值班室	16.5×4×4.8	1	75.2	砌体	墙面	10	<LLD _α	/	<LLD _β	/
							地面	10	<LLD _α	/	<LLD _β	/

5.5.2.6 污染设备管线

龙江铀矿停产后遗留地表受污染的设备共计 393 台(套)、总重量约 479.2t; 管线 5296m, 总重 24.1t。

根据源项调查结果, 仪器设备及管线受到不同程度的污染, α 放射性表面污染水平在 $(0.075\sim0.195)$ Bq/cm², 均值为 0.1Bq/cm², β 放射性表面污染水平在 $(0.75\sim5.66)$ Bq/cm², 均值为 0.93Bq/cm², 高于管理限值。

目前, 仍具备利用价值污染设备 16 台, 管线 766m, 主要为矿坑水处理设施(包括泵体、离子交换塔和管线等); 剩余 377 台(套)设备管线处于荒废、闲置状态, 无利用价值。

各污染设备管线相关参数及 α 、 β 表面污染监测结果见表 5.5-16。

部分污染设备管线现状见图 5.5-17~图 5.5-20。



图 5.5-17 产品沉淀槽



图 5.5-18 淋洗塔



图 5.5-19 淋洗剂配制槽



图 5.5-20 电振给料机

表 5.5-16 污染设备管线相关参数及 α 、 β 表面污染监测结果

序号	位置	设备名称	规格型号	件数 (台/米)	单重 kg	材质	测点 数	α 表面污染水平		β 表面污染水平	
								范围值	均值	范围值	均值
1	采掘工区	轴流式通风机	SF No 6#	2	560	金属	10	0.077~0.089	0.083	0.78~0.92	0.86
2	采掘工区	喷浆机	PZ-5	1	1200	金属	5	0.098~0.135	0.115	1.08~1.29	1.15
3	采掘工区	矿山节能风机	DK40-6 No.17	2	2300	金属	10	0.077~0.088	0.082	0.75~0.87	0.84
4	采掘工区	矿山节能风机	JK40-1No.7.5	2	2300	金属	10	0.075~0.087	0.082	0.80~0.89	0.85
5	采掘工区	空压机	MLQF-13/7G-75	1	560	金属	5	0.080~0.089	0.086	0.82~0.87	0.83
6	采掘工区	电子磅秤	-	1	120	金属	5	0.078~0.086	0.081	0.84~0.89	0.86
7	采掘工区	螺杆式空压机	MLGF13/7-75G	1	450	金属	5	0.083~0.097	0.092	0.86~0.97	0.89
8	采掘工区	电子磅秤	-	1	100	金属	5	0.075~0.087	0.082	0.80~0.89	0.85
9	采掘工区	高压开关柜	GG-1A-07	3	100	金属	15	0.076~0.089	0.082	0.75~0.92	0.86
10	采掘工区	电焊机	BX1-315	1	30	金属	5	0.083~0.089	0.087	0.76~0.89	0.85
11	采掘工区	电焊机	BX6-250	1	30	金属	5	0.080~0.089	0.086	0.82~0.87	0.83
12	采掘工区	台式钻床	Z512-2	1	1200	金属	5	0.098~0.135	0.115	1.08~1.29	1.15
13	采掘工区	台式砂轮机	S3ST-200	1	1100	金属	5	0.081~0.086	0.084	0.76~0.85	0.82
14	采掘工区	动力配电柜	JT9-1	1	100	金属	5	0.079~0.086	0.082	0.81~0.85	0.83
15	采掘工区	控制台	JT-9	1	200	金属	5	0.080~0.087	0.083	0.78~0.89	0.84
16	采掘工区	自耦减压控制箱	XJT-75	1	100	金属	5	0.080~0.084	0.082	0.79~0.86	0.83
17	采掘工区	低压配电设备	XLF14-5300/11	1	200	金属	5	0.079~0.084	0.081	0.78~0.87	0.84
18	采掘工区	斜井捞车器	-	1	4500	金属	5	0.081~0.090	0.086	0.76~0.88	0.83
19	矿石破碎	槽式给料机	GC400'300	1	7700	金属	5	0.098~0.136	0.114	0.88~1.19	1.05
20	矿石破碎	颚式破碎机	PEF250'400	1	8100	金属	5	0.114~0.143	0.129	1.35~1.68	1.47
21	矿石破碎	电振给料机	GZ3-A	1	6800	金属	5	0.099~0.119	0.109	1.16~1.28	1.22
22	矿石破碎	反击式破碎机	PEF-j750'700	1	8100	金属	5	0.095~0.108	0.103	0.97~1.08	1.04
23	矿石破碎	对辊破碎机	PG610'400	2	8700	金属	8	0.098~0.116	0.105	0.94~1.09	1.03
24	矿石破碎	自定中心振动筛	SZZ2-900*800	1	1800	金属	5	0.101~0.106	0.103	1.01~1.16	1.08
25	矿石破碎	皮带运输机	B400*800	4	600	金属	12	0.097~0.105	0.1	1.10~1.38	1.27

序号	位置	设备名称	规格型号	件数 (台/米)	单重 kg	材质	测点 数	α 表面污染水平		β 表面污染水平	
								范围值	均值	范围值	均值
26	矿石制粒	电振给料机	G201	1	760	金属	5	0.090~0.098	0.094	0.88~0.97	0.91
27	矿石制粒	电振给料机	GZ3-A	1	790	金属	5	0.080~0.094	0.09	0.86~0.97	0.92
28	矿石制粒	螺旋输送机	IS256*6*56	1	1300	金属	5	0.088~0.096	0.092	0.96~1.04	1
29	矿石制粒	圆盘成球机	QPY2800	1	1100	金属	5	0.082~0.096	0.089	0.85~0.97	0.92
30	破碎站	重型振动筛	ZSGBP15×30	1	3400	金属	5	0.081~0.087	0.083	0.83~0.88	0.85
31	破碎站	电机振动给料机	GZD-200	1	6700	金属	5	0.080~0.087	0.083	0.78~0.89	0.84
32	破碎站	动力控制柜	XL-21(12 回路)	1	230	金属	5	0.083~0.089	0.086	0.78~0.86	0.83
33	堆场	轮式控制掘机	DS50-3	1	3400	金属	5	0.080~0.084	0.082	0.80~0.87	0.83
34	堆浸	小型拖拉机	陕西-200	3	1300	金属	10	0.114~0.135	0.129	1.18~1.29	1.23
35	堆浸	皮带运输机	B400*20000	1	700	金属	5	0.086~0.098	0.093	0.83~1.15	1.02
36	堆浸	离心泵	IS50-32-160	10	300	金属	20	0.093~0.099	0.096	1.04~1.12	1.08
37	堆浸	离心泵	IS80-65-125	1	300	金属	5	0.089~0.096	0.092	0.86~0.97	0.92
38	堆浸	钢制搅拌槽	j1800*1800	2	150	金属	8	0.121~0.136	0.128	1.14~1.38	1.26
39	堆渣处置	离心泵	Q=25m³,H=50m	2	300	金属	6	0.081~0.088	0.085	0.77~0.86	0.82
40	堆渣处置	小型拖拉机	陕西-200	2	2100	金属	6	0.098~0.123	0.11	0.98~1.55	1.34
41	浸出车间	颚破喂料机	ZZG0612	1	7500	金属	5	0.088~0.167	0.153	0.96~1.42	1.39
42	浸出车间	颚式破碎机	PE250×400	1	7900	金属	5	0.089~0.195	0.164	0.99~2.91	1.85
43	浸出车间	振动式分选筛	Z1235	1	5600	金属	5	0.087~0.189	0.109	0.92~1.86	1.33
44	浸出车间	反击式破碎机	KPC800	1	8100	金属	5	0.088~0.099	0.093	0.85~0.97	0.92
45	浸出车间	摆式给矿机	BG400X400	1	7800	金属	5	0.092~0.096	0.094	0.83~0.87	0.85
46	浸出车间	中心传动球磨机	QSZ1224	1	675	金属	5	0.081~0.086	0.084	0.78~0.82	0.8
47	浸出车间	分级机	1000	1	2100	金属	5	0.105~0.119	0.114	1.14~1.58	1.39
48	浸出车间	溢流型球磨机	MQYg1530	1	300	金属	4	0.104~0.112	0.108	0.98~1.06	1.02
49	浸出车间	旋流器给料泵	耐磨胶泵 LP50/50	2	300	金属	8	0.103~0.121	0.11	0.87~0.96	0.91
50	浸出车间	鑫海耐磨旋流器	LC-I-225	1	450	金属	5	0.101~0.114	0.109	0.81~0.88	0.84
51	浸出车间	双叶轮浸出槽	SJ5.0x5.6	2	550	金属	8	0.104~0.109	0.107	0.82~0.87	0.84

序号	位置	设备名称	规格型号	件数 (台/米)	单重 kg	材质	测点 数	α 表面污染水平		β 表面污染水平	
								范围值	均值	范围值	均值
52	浸出车间	双叶轮高效吸附 浸出槽	SJ4X4.5	1	560	金属	5	0.078~0.085	0.082	0.80~0.86	0.83
53	浸出车间	矿浆中转泵	耐磨胶泵 3/2C-AH	1	300	金属	5	0.078~0.085	0.082	0.80~0.86	0.83
54	浸出车间	板框给料泵	渣浆泵 65ZBR	3	300	金属	5	0.084~0.095	0.088	0.85~0.95	0.89
55	浸出车间	板框洗水泵	离心泵 2GC5×3	2	300	金属	16	0.080~0.089	0.086	0.84~0.88	0.86
56	浸出车间	程控隔膜压滤机	1250	2	300	金属	4	0.076~0.088	0.083	0.81~0.87	0.84
57	浸出车间	鼓膜空压机	OGFD-6.3/10	1	350	金属	4	0.082~0.098	0.089	0.79~0.94	0.88
58	浸出车间	储气罐	C-1.0/10	1	240	金属	4	0.080~0.089	0.084	0.78~0.89	0.83
59	浸出车间	地沟泵	2PNL	1	300	金属	5	0.082~0.093	0.09	0.84~0.96	0.91
60	浸出车间	蒸汽锅炉	DZL2-0.8-AII	1	210	金属	4	0.085~0.094	0.089	0.81~0.88	0.83
61	浸出车间	鼓风机	GG4-13No4.5A	1	160	金属	4	0.084~0.095	0.088	0.82~0.88	0.85
62	浸出车间	引风机	GY4-13No9D	1	160	金属	5	0.078~0.088	0.082	0.80~0.86	0.84
63	浸出车间	炉排调速器	ZJ2A-1	1	120	金属	5	0.076~0.087	0.083	0.75~0.89	0.82
64	浸出车间	上煤机	TSG-90	1	350	金属	5	0.081~0.086	0.084	0.76~0.85	0.82
65	浸出车间	给水泵	1W2.4-10.5 漩涡泵	2	300	金属	8	0.078~0.086	0.082	0.79~0.86	0.83
66	浸出车间	软化水装置	-	2	100	金属	8	0.082~0.088	0.085	0.83~0.89	0.86
67	浸出车间	汽水集配器	φ273×8 L=2M	1	10	金属	5	0.079~0.086	0.082	0.78~0.84	0.81
68	浸出车间	汽水集配器	φ273×8 L=1.5M	1	10	金属	5	0.081~0.086	0.084	0.76~0.85	0.82
69	浸出车间	洗澡堂采暖泵	IRG40-200	1	300	金属	5	0.080~0.084	0.082	0.79~0.86	0.83
70	浸出车间	双光辊破碎机	2PGG750X500 II	1	3400	金属	5	0.079~0.084	0.081	0.78~0.87	0.84
71	浸出车间	电力变压器	SJL-800/10	1	700	金属	5	0.078~0.085	0.082	0.77~0.84	0.8
72	浸出车间	台式砂轮机	M3225	2	1200	金属	5	0.078~0.086	0.082	0.77~0.85	0.81
73	浸出车间	台式钻床	Z4012A	3	1200	金属	5	0.079~0.083	0.081	0.80~0.84	0.82
74	浸出车间	电焊机	LGK-100	1	30	金属	5	0.082~0.090	0.085	0.81~0.92	0.87
75	浸出车间	双光辊破碎机	2PGG750X500 II	1	4600	金属	5	0.077~0.086	0.082	0.79~0.87	0.84
76	水冶车间	硫酸泵	CQB50-32-160FL	1	300	金属	5	0.082~0.087	0.085	0.85~0.92	0.91

序号	位置	设备名称	规格型号	件数 (台/米)	单重 kg	材质	测点 数	α 表面污染水平		β 表面污染水平	
								范围值	均值	范围值	均值
77	水冶车间	液压叉车	SYC2000	2	2300	金属	10	0.088~0.102	0.096	0.78~0.86	0.83
78	水冶车间	平衡重式叉车	CPC30X	1	4500	金属	5	0.081~0.086	0.083	0.82~0.86	0.84
79	水冶车间	电子地上衡	SOO	1	1200	金属	5	0.079~0.086	0.082	0.81~0.85	0.83
80	水冶车间	水泵及机组	55KW	1	3400	金属	5	0.086~0.097	0.093	0.98~1.06	1.02
81	水冶车间	全套水泵机组	DG46-50*5	2	4400	金属	5	0.079~0.099	0.094	0.87~0.96	0.92
82	水冶车间	电焊机	BX6-180	1	30	金属	5	0.082~0.089	0.086	0.84~0.95	0.89
83	水冶车间	厢式压滤机	XA50/800uk	1	3400	金属	5	0.083~0.089	0.086	0.78~0.86	0.83
84	水冶车间	离心式渣浆泵	GMZ50-60-80	1	2300	金属	5	0.078~0.085	0.082	0.80~0.89	0.85
85	水冶车间	电焊机	BX ₁ -500A-2	1	30	金属	5	0.079~0.086	0.082	0.81~0.85	0.83
86	水冶车间	液位控制箱	XKG-2.AC	1	130	金属	5	0.083~0.089	0.087	0.78~0.87	0.83
87	水冶车间	动力柜	XL-21	1	230	金属	5	0.078~0.085	0.082	0.80~0.89	0.85
88	水冶车间	空压机	W-2.0/0.8	1	450	金属	5	0.082~0.090	0.085	0.81~0.92	0.87
89	水冶车间	储气罐	C-2 0.8mpa 2m ³	1	230	金属	5	0.080~0.085	0.082	0.77~0.83	0.8
90	水冶车间	自吸泵	DUH0812Q=65m ³ /w	2	230	金属	5	0.079~0.083	0.081	0.78~0.85	0.81
91	水冶车间	化工泵	CZ50-200Q=65m ³ /w	1	230	金属	5	0.077~0.086	0.082	0.79~0.87	0.84
92	水冶车间	离心泵	FM6525Q=28.8m ³ /w	1	220	金属	5	0.082~0.090	0.086	0.81~0.89	0.85
93	水冶车间	离心泵	FM5040Q=14.4m ³ /w	1	220	金属	5	0.079~0.083	0.081	0.78~0.83	0.81
94	水冶车间	防腐波动流量计	LZB-100F 30	1	10	金属	5	0.077~0.085	0.081	0.76~0.86	0.82
95	水冶车间	叉式装卸车	CPQ-30 3T	1	3400	金属	5	0.078~0.083	0.085	0.79~0.87	0.84
96	水冶车间	压滤机	XAY50/800-u	1	2400	金属	5	0.078~0.084	0.082	0.76~0.84	0.82
97	水冶车间	化工泵	CZ50-250B H=800m	5	120	金属	5	0.081~0.095	0.089	0.80~0.96	0.89
98	水冶车间	自吸泵	DUH1013 Q	1	120	金属	5	0.083~0.092	0.086	0.79~0.87	0.82
99	水冶车间	淋洗塔 I	Φ1200×1600	1	1600	金属	5	0.082~0.091	0.086	0.81~0.92	0.88
100	水冶车间	淋洗塔 II	Φ900×1600	1	1600	金属	5	0.081~0.095	0.089	0.80~0.96	0.89
101	水冶车间	转型塔	Φ900×1600	1	1600	金属	5	0.080~0.084	0.082	0.80~0.87	0.83
102	水冶车间	吸附塔 I	Φ1300×1300	1	1600	金属	5	0.083~0.089	0.086	0.78~0.86	0.83

序号	位置	设备名称	规格型号	件数 (台/米)	单重 kg	材质	测点 数	α 表面污染水平		β 表面污染水平	
								范围值	均值	范围值	均值
103	水冶车间	吸附塔Ⅱ	Φ1300×1300	1	1600	金属	5	0.082~0.088	0.085	0.80~0.86	0.83
104	水冶车间	吸附塔Ⅲ	Φ1300×1300	1	1600	金属	5	0.083~0.089	0.087	0.82~0.85	0.84
105	水冶车间	浸出剂多级泵	DG46-50×5	1	230	金属	5	0.078~0.083	0.085	0.79~0.87	0.84
106	水冶车间	回收合格液泵	FB150-25	1	230	金属	5	0.079~0.083	0.081	0.78~0.83	0.81
107	水冶车间	贫液中转泵	CZ32-160A	1	230	金属	5	0.085~0.096	0.087	0.83~0.86	0.85
108	水冶车间	合格液中转泵	耐腐蚀 FB25-25	1	230	金属	5	0.084~0.089	0.086	0.81~0.84	0.82
109	水冶车间	产品沉淀槽	DN1500×3000	1	200	金属	5	0.083~0.095	0.09	0.82~0.96	0.91
110	水冶车间	产品压滤机	XAMZ120/1250-U	2	3400	金属	5	0.083~0.089	0.086	0.78~0.86	0.83
111	水冶车间	沉淀剂配制泵	耐腐蚀 FB25-25	1	230	金属	5	0.080~0.085	0.082	0.77~0.83	0.8
112	水冶车间	转型液配制泵	50FSB-25L	1	230	金属	5	0.078~0.084	0.082	0.76~0.84	0.82
113	水冶车间	淋洗剂配制槽	-	1	230	金属	5	0.080~0.093	0.087	0.80~0.95	0.89
114	水冶车间	淋洗剂配制泵	CZ32-160A	1	230	金属	5	0.082~0.090	0.086	0.81~0.89	0.85
115	水冶车间	产品沉降槽	-	1	230	金属	5	0.083~0.089	0.086	0.78~0.86	0.83
116	水冶车间	产品沉降槽	DN1500×2200	2	230	金属	5	0.078~0.087	0.085	0.77~0.87	0.81
117	水冶车间	废水铀沉淀槽	-	1	230	金属	5	0.081~0.090	0.086	0.76~0.88	0.84
118	水冶车间	工业水箱	-	1	100	金属	5	0.083~0.092	0.086	0.79~0.87	0.82
119	水冶车间	工业水箱清水泵	IS65-40-200A	1	230	金属	5	0.082~0.090	0.086	0.81~0.89	0.85
120	水冶车间	1#吸附塔提升罐	-	1	460	金属	5	0.082~0.090	0.085	0.81~0.92	0.87
121	水冶车间	2#吸附塔提升罐	-	1	460	金属	5	0.081~0.085	0.083	0.82~0.86	0.84
122	水冶车间	1#淋洗塔提升罐	-	1	460	金属	5	0.083~0.089	0.086	0.78~0.86	0.83
123	水冶车间	2#淋洗塔提升罐	-	1	460	金属	5	0.080~0.084	0.082	0.80~0.87	0.83
124	水冶车间	转型塔提升罐	-	1	460	金属	5	0.078~0.086	0.081	0.81~0.88	0.86
125	水冶车间	废水排放槽	-	2	460	金属	5	0.083~0.097	0.092	0.82~0.93	0.87
126	水冶车间	树脂储存槽	-	1	460	金属	5	0.088~0.102	0.096	0.81~0.94	0.88
127	水冶车间	树脂转运提升罐	-	1	460	金属	5	0.081~0.098	0.09	0.76~0.89	0.83
128	水冶车间	泥浆泵	2PNL	1	230	金属	5	0.077~0.085	0.081	0.76~0.86	0.82

序号	位置	设备名称	规格型号	件数 (台/米)	单重 kg	材质	测点 数	α 表面污染水平		β 表面污染水平	
								范围值	均值	范围值	均值
129	水冶车间	空压机	VFY-3.0/10	1	2400	金属	5	0.081~0.085	0.083	0.82~0.86	0.84
130	水冶车间	废渣压滤机	XAMZ60/800-U	1	2700	金属	5	0.081~0.090	0.086	0.76~0.88	0.83
131	水冶车间	转型液配制槽	DN2200×3000	1	460	金属	5	0.082~0.094	0.087	0.78~0.89	0.85
132	水冶车间	转型液中转槽	DN2200×3000	1	460	金属	5	0.078~0.083	0.085	0.79~0.87	0.84
133	水冶车间	转型液泵	HCE32-160/7.5	1	230	金属	5	0.082~0.090	0.085	0.81~0.92	0.87
134	水冶车间	废水碱中和槽	DN2000×2500	1	460	金属	5	0.082~0.093	0.084	0.75~0.87	0.83
135	水冶车间	废水酸中和槽	DN2000×2500	1	460	金属	5	0.080~0.089	0.086	0.82~0.87	0.83
136	水冶车间	沉淀池抽出泵	65ZJHH30/18.5	1	300	金属	5	0.098~0.135	0.115	1.08~1.29	1.15
137	水冶车间	压滤机给料泵	50ZJHH70/55	1	300	金属	5	0.081~0.086	0.084	0.76~0.85	0.82
138	水冶车间	硫酸亚铁配制泵	HCE32-160/7.5	1	230	金属	5	0.079~0.086	0.082	0.81~0.85	0.83
139	水冶车间	硫酸储槽	2200×4600	1	340	金属	5	0.080~0.087	0.083	0.78~0.89	0.84
140	水冶车间	硫酸泵	CQB50-32-160FL	3	300	金属	5	0.080~0.084	0.082	0.79~0.86	0.83
141	水冶车间	产品沉淀搅拌槽	2.2X2.5	1	340	金属	5	0.077~0.085	0.081	0.76~0.86	0.82
142	废水处理	钢制搅拌槽	j2500*2000	2	150	金属	5	0.088~0.095	0.091	0.89~0.96	0.92
143	废水处理	离心泵	IS50-32-160	2	300	金属	5	0.084~0.105	0.095	0.84~0.99	0.93
144	废水处理	离心泵	IS50-32-200	2	300	金属	5	0.079~0.086	0.082	0.85~0.92	0.89
145	废水处理	板框压滤机	FBAY44/750-30	1	3000	金属	5	0.084~0.096	0.09	0.83~0.91	0.88
146	废水处理	搅拌槽	j1000*1000	1	150	金属	5	0.076~0.099	0.087	0.84~1.01	0.96
147	废水处理	钢制搅拌槽	j1500*1500	2	160	金属	5	0.084~0.098	0.094	0.87~0.98	0.93
148	废水处理	离心泵	IS50-32-160	3	300	金属	6	0.090~0.098	0.094	0.82~0.96	0.88
149	废水处理	钢制衬胶搅拌槽	j1800*1800	2	160	金属	5	0.096~0.108	0.102	0.92~1.25	1.15
150	废水处理	产品桶	-	50	135	金属	50	0.111~0.156	0.134	1.84~5.66	4.24
151	废水处理	废渣压滤机	XAMZ60/800-U	1	2700	金属	5	0.087~0.095	0.09	0.79~0.86	0.82
152	废水处理	石灰乳搅拌器	ZCK700-45T1	1	250	金属	5	0.084~0.095	0.091	0.83~0.89	0.85
153	废水处理	石灰消化机	GXH0.8×4.5	1	480	金属	5	0.081~0.087	0.083	0.86~0.96	0.92
154	废水处理	石灰乳地沟泵	65YWP25-30/4	1	300	金属	5	0.085~0.092	0.089	0.84~0.99	0.95

序号	位置	设备名称	规格型号	件数 (台/米)	单重 kg	材质	测点 数	α 表面污染水平		β 表面污染水平	
								范围值	均值	范围值	均值
155	废水处理	沉淀池抽出泵	65ZJHH30/18.5	1	300	金属	5	0.080~0.087	0.084	0.78~0.89	0.84
156	废水处理	压滤机给料泵	50ZJHH70/55	1	300	金属	5	0.080~0.088	0.082	0.81~0.92	0.88
157	离子交换	钢制吸附塔	j1100*5000	10	300	金属	20	0.082~0.094	0.084	0.81~1.03	0.92
158	离子交换	离心泵	LS50-32-160	6	300	金属	12	0.090~0.094	0.093	0.81~1.01	0.93
159	离子交换	钢制吸附塔	j2000*1500	3	500	金属	10	0.084~0.093	0.092	0.85~0.92	0.87
160	离子交换	离心泵	IS80-65-125	5	300	金属	10	0.082~0.098	0.092	0.81~0.94	0.88
161	离子交换	产品桶	-	30	135	金属	50	0.098~0.121	0.109	1.12~2.66	1.75
162	机修车间	悬挂式起重机	LX	1	1600	金属	5	0.084~0.095	0.09	0.83~0.96	0.87
163	机修车间	附起重运行电机	ZDY12-4	1	1600	金属	5	0.081~0.090	0.086	0.76~0.88	0.83
164	机修车间	电动葫芦	Q=2 吨 CD	1	2000	金属	5	0.082~0.094	0.087	0.78~0.89	0.85
165	磅房	汽车电子衡	SCS-50 3×9m	1	1200	金属	5	0.082~0.093	0.084	0.75~0.87	0.83
166	绞车房	双电源柜	XL21/7	1	130	金属	5	0.076~0.088	0.085	0.88~1.00	0.96
167	矿石计量站	电子衡	SCS-3 1.2×1.8m	3	2200	金属	5	0.082~0.090	0.085	0.81~0.92	0.87
168	化验室	密封颚式破碎机	100×60	1	5600	金属	5	0.081~0.085	0.083	0.82~0.86	0.84
169	化验室	化验粉碎机	GJ400-4	1	2300	金属	5	0.081~0.090	0.086	0.76~0.88	0.83
170	化验室	密封对辊破碎机	200×75	1	5500	金属	5	0.082~0.094	0.087	0.78~0.89	0.85
171	提升机房	提升绞车	JTP-1.6 115kw/380v	1	1600	金属	5	0.081~0.090	0.086	0.81~0.85	0.83
172	退役工程部	挖掘机	WY20-2	3	20500	金属	12	0.082~0.096	0.087	0.84~0.95	0.89
173	退役工程部	装载机	ZL-20 型	1	5400	金属	5	0.081~0.099	0.088	0.85~0.96	0.9
174	退役工程部	吊车	-	1	6700	金属	5	0.082~0.088	0.085	0.83~0.89	0.86
175	退役工程部	斯太尔	ZZ3192BL381	1	1200	金属	5	0.083~0.089	0.087	0.84~0.88	0.86
176	退役工程部	陕汽奥龙自卸车	SX3255UN384	2	2300	金属	8	0.084~0.095	0.09	0.83~0.92	0.88
177	质检中心	圆盘粉碎机	φ175	1	5400	金属	5	0.081~0.097	0.086	0.85~0.87	0.86
178	质检中心	颚式破碎机	100×60	1	7900	金属	5	0.079~0.086	0.083	0.76~0.84	0.81
179	质检中心	制样粉碎机	DF-4	5	4500	金属	5	0.082~0.093	0.088	0.82~0.86	0.84
180	质检中心	高速万能粉碎机	FW200A	1	3400	金属	5	0.080~0.088	0.084	0.80~0.85	0.83

序号	位置	设备名称	规格型号	件数 (台/米)	单重 kg	材质	测点 数	α 表面污染水平		β 表面污染水平	
								范围值	均值	范围值	均值
181	水源井	多级泵	D46-50×8 (90KW)	6	240	金属	5	0.085~0.089	0.087	0.76~0.88	0.82
182	水源井	自耦减压起动柜	JJ ₁ -115KW	1	290	金属	5	0.080~0.084	0.082	0.79~0.86	0.83
183	变电所	高压开关柜(井下)	GG-1A-07	1	120	金属	5	0.078~0.086	0.082	0.77~0.85	0.81
184	变电所	高压开关柜(堆浸)	GG-1A-07	2	120	金属	5	0.079~0.085	0.083	0.78~0.88	0.85
185	变电所	电力变压器	S9-MR-160/10	1	340	金属	5	0.081~0.090	0.086	0.76~0.88	0.84
186	矿石破碎	静电除尘器	斯塔 SDH-11B	1	18	非金属	5	0.086~0.097	0.092	0.94~1.03	0.98
187	堆浸	喷淋装置	微灌滴淋系统	2	120	非金属	10	0.084~0.093	0.088	0.82~1.05	0.99
188	浸出车间	电子皮带秤	B=50	1	120	非金属	5	0.082~0.087	0.084	0.84~0.92	0.88
189	浸出车间	振动筛给料皮带	TDY500 系列	1	120	非金属	5	0.078~0.095	0.088	0.76~0.89	0.82
190	浸出车间	振动筛出料皮带	TDY500 系列	1	120	非金属	36	0.079~0.095	0.084	0.78~0.94	0.86
191	浸出车间	振动筛粉矿皮带	TDY500 系列	1	120	非金属	5	0.081~0.086	0.083	0.81~0.87	0.85
192	浸出车间	反击破给料皮带	TDY500 系列	1	120	非金属	5	0.083~0.095	0.09	0.82~0.96	0.91
193	浸出车间	反击破出料皮带	TDY500 系列	1	120	非金属	4	0.082~0.094	0.09	0.83~0.88	0.84
194	浸出车间	球磨 1#进料皮带	TDY500 系列	1	120	非金属	4	0.080~0.088	0.083	0.83~0.96	0.87
195	浸出车间	粉矿堆活动皮带	TDY500 系列	1	120	非金属	4	0.081~0.086	0.084	0.78~0.89	0.86
196	浸出车间	进堆 1#-3#皮带	TDY500 系列	3	120	非金属	8	0.087~0.099	0.095	0.81~0.96	0.87
197	浸出车间	1#-5#堆皮带	TDY500 系列	5	120	非金属	4	0.086~0.097	0.093	0.98~1.06	1.02
198	浸出车间	堆厂活动皮带	TDY500 系列	1	120	非金属	8	0.079~0.099	0.094	0.87~0.96	0.92
199	浸出车间	除尘器滤芯	GCS I -2.0T	1	120	非金属	5	0.079~0.084	0.081	0.78~0.87	0.84
200	离子交换	玻璃转子流量计	LFS-300	2	1	非金属	5	0.078~0.082	0.8	0.83~0.99	0.89
201	离子交换	玻璃转子流量计	LFS-50	2	1	非金属	5	0.082~0.096	0.087	0.80~0.88	0.85
202	离子交换	41 吨树脂	201*7 强碱阴离子	1	41000	非金属	10	0.078~0.088	0.083	0.83~0.91	0.88
203	—	运输管	/	4200	3.37	非金属	140	0.009~0.611	0.29	0.025~12.7	5.13
204	采掘工区	铁轨	/	330	15	金属	15	0.19~2.96	1.37	0.095~3.72	1.44
205	矿坑水处理设施	耐腐蚀液下泵	Q=20m³/h, H=30m	3	150	非金属	5	0.084~0.105	0.095	0.84~0.99	0.93
206	矿坑水处理设施	离子交换塔	DN1500×5000	6	3130	金属	5	0.082~0.090	0.085	0.81~0.92	0.87

序号	位置	设备名称	规格型号	件数 (台/米)	单重 kg	材质	测点 数	α 表面污染水平		β 表面污染水平	
								范围值	均值	范围值	均值
207	矿坑水处理设施	PE 立式锥底储罐	CTP-3000L	1	300	非金属	5	0.096~0.108	0.102	0.92~1.25	1.15
208	矿坑水处理设施	电动隔膜泵	Q=6.5m³/h,H=4.5m	1	400	金属	5	0.084~0.105	0.095	0.84~0.99	0.93
209	矿坑水处理设施	氯化钡配制槽	MC-1000L	2	150	非金属	5	0.084~0.095	0.091	0.83~0.89	0.85
210	矿坑水处理设施	计量泵	BK-30L/1.0MPa	2	7.5	非金属	5	0.084~0.105	0.095	0.84~0.99	0.93
211	矿坑水处理设施	自吸增压泵	Q=3.5m³/h, H40m	1	11	金属	5	0.084~0.105	0.095	0.84~0.99	0.93
212	矿坑水处理设施	PPH 管	φ75×6.9	416	1.4	非金属	140	0.009~0.611	0.29	0.025~12.7	5.13
213	矿坑水处理设施	HDPE 管	φ250×14.8	200	10.5	非金属					
214	矿坑水处理设施	PE 管	φ9.5×1.65	100	0.4	非金属					
215	矿坑水处理设施	钢管	φ273×7	50	46.2	金属					

5.5.2.7 老尾渣库

龙江铀矿生产期间产生大量水冶堆浸尾渣，均堆存在老尾渣库内，2012 年龙江铀矿对尾渣库进行技术改造，施工过程中受到当地藏民的强烈干扰而被迫停工。为缓解企地矛盾，根据原阿坝州国土资源局、原环境保护局《关于若尔盖县铀矿开采相关问题调查情况的报告》（阿州国土资〔2013〕47 号）的要求，蓝天铀业将堆存于原羊肠沟尾渣库及堆浸池内的尾渣全部挖运至原 104 露天坑堆存。

尾渣转移后龙江铀矿遗留 1 处老尾渣库，场地总占地面积 4672m²，拦渣坝坝体浆砌石量约 1.9 万 m³，老尾渣库现状照片见图 5.5-21 和图 5.5-22。根据源项调查结果，尾渣运走后遗留的老尾渣库底土壤的表面 ²²²Rn 析出率、γ 辐射剂量率及下部土壤中放射性核素含量的监测值列于表 5.5-17 和表 5.5-18 中。

由该表可知，老尾渣库的 ²²²Rn 析出率均值为 4.45Bq/（m²•s），高于管理限值 0.74Bq/（m²•s）；γ 辐射剂量率均值为 268×10⁻⁸Gy/h，高于当地辐射环境本底值，土壤取样深度达到 240cm 时，监测点位的土壤中 ²²⁶Ra 残留量才能满足管理限值要求，土壤受污染原因主要是尾渣库渗水泄漏至土壤内造成污染。



图 5.5-21 老尾渣库坝体

图 5.5-22 库内场地

表 5.5-17 老尾渣库相关参数及监测结果

名称	编号	占地面积 m ²	²²² Rn 析出率 Bq/（m ² •s）			γ 辐射剂量率×10 ⁻⁸ Gy/h		
			测点数	范围值	均值	测点数	范围值	均值
老尾渣库	库 1	4672	24	3.14~5.21	4.45	90	176~359	268

表 5.5-18 老尾渣库下方土壤中铀、镭残留量垂直分布监测结果

源项 编号	取样深度 cm	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
老尾 渣库	表层~20	8	62~65.1	63.7	4357~4701	4529
	20~40	8	45.1~47.3	46.0	3513~3901	3738
	40~60	8	32.5~37.2	35.7	2785~2977	2892
	60~80	8	20.1~20.9	20.5	1914~1988	1949
	80~100	8	10.8~11.9	11.4	1025~1178	1113
	100~120	8	9.03~9.98	9.6	875~912	897
	120~140	8	7.26~7.69	7.5	747~821	789
	140~160	8	6.51~6.9	6.7	601~651	628
	160~180	8	6.1~6.54	6.4	577~620	600
	180~200	8	5.21~5.62	5.4	405~454	434
	200~220	8	3.34~3.53	3.4	298~315	308
	220~240	8	3.46~3.61	3.5	204~221	213
	240~260	8	3.42~3.62	3.5	93.9~97.3	95
	260~280	8	3.38~3.64	3.5	61.4~65.2	63
	280~300	8	3.35~3.48	3.4	51.9~54.6	53

5.5.2.8 104 露天坑尾渣库

104 露天坑尾渣库原址为 104 露天采场，1982 年开始正式开采，1987 年开采结束，随着转地下开采。露天采场主要开采 510 铀矿一中段上部的露天铀矿，2014 年开始回填老尾渣库和堆浸场尾渣，形成了 104 露天坑尾渣库，尾渣滩面标高为 3569~3578m。

104 露天坑尾渣库为三面山坡环绕，西侧开口（已修建有挡墙）的“瓮状”地形。104 露天坑尾渣库北侧、东侧为露天开采形成的梯状岩质边坡，南侧为露天开采形成的剩余小山包，山包北面基岩出露，山包南侧为道路；西北侧为拦渣挡土墙，墙底的道路标高约 3562m，西侧下游为谷底，场地与谷底之间的山坡坡度为 30°~35°。

根据《地质灾害危险性评估报告》（河北中核岩土工程有限责任公司，2017 年 12 月）104 露天坑尾渣库北侧有 4 处滑坡，有少量松动石块，滑坡面积总计 2600m²，对场地安全造成影响。

露天坑尾渣库现状浆砌石挡渣墙顶标高约为 3569m，墙地面标高约为 3562m，挡渣墙基底宽度 5.20m，挡渣墙基础埋深为 2.00m，最大坝高约 9.00m。根据《龙江铀矿 510 一矿段退役治理工程露天坑尾渣库工程地质勘察报告》（河北中核岩土工程有限责任公司，2017.11），挡渣墙未坐在基岩上，承载力较低，地基土压实不均匀，且库底部未铺设防渗层。

2017 年源项调查期间，尾渣已回填完毕，回填标高接近周围山体标高，累积堆存尾渣量为 12.88 万 t，裸露面积为 5930m²，尾渣中 U_{天然} 含量 130mg/kg，²²⁶Ra 活度浓度 19973Bq/kg，尾渣表面氡析出率为 (7.24~8.53) Bq/(m²·s)，平均值 7.89 Bq/(m²·s)，距离尾渣 1.5m 处 γ 辐射剂量率为 (568~879) × 10⁻⁸Gy/h，平均值 763 × 10⁻⁸Gy/h，高于当地环境本底值，调查结果详见表 5.5-19 和表 5.5-20。

2020 年，蓝天铀业对 104 露天坑尾渣库进行安全整治，主要整治内容：

1) 将挡渣墙内侧尾渣进行削挖卸载，在挡渣墙顶部形成一宽度不小于 10m 的平台，以保持挡渣墙体稳定性。削挖后挡渣墙顶以上堆积坝坡不陡于 1:3，削挖的尾渣运至尾部并进行压实，压实度不小于 0.92；

2) 104 尾渣回填完毕后在滩面铺设了一层 1mm 厚土工膜，膜上铺设 5cm 厚 C20 混凝土进行硬化覆盖治理，主要目的是降低尾渣表面氡析出，同时防止雨水进入；

3) 削挖尾渣形成的平台内侧设置一道宽 0.4m 深 0.6m 的排水沟，将尾渣滩面雨水顺利排出库外。

104 露天坑尾渣库进行安全整治后剖面见图 5.5-23，安全整治前、后照片见图 5.5-24~图 5.5-27。

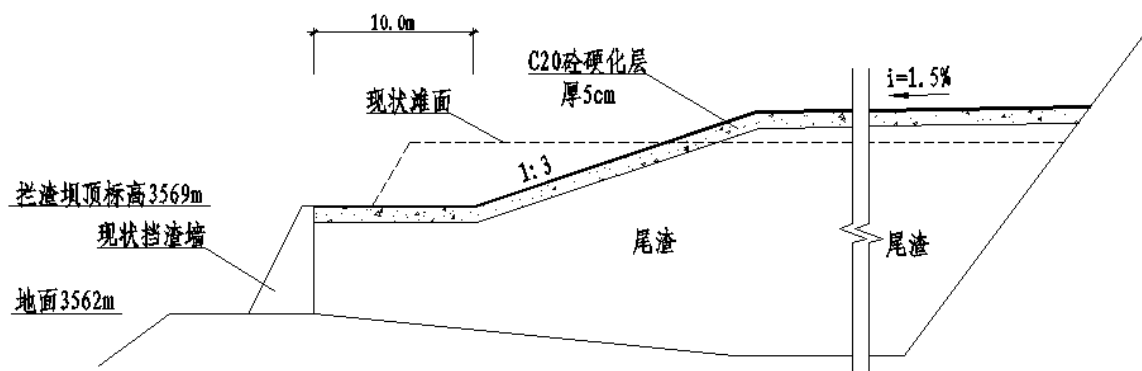


图 5.5-23 104 露天坑尾渣库进行安全整治后剖面图



图 5.5-24 安全整治前



图 5.5-25 安全整治后（现状滩面）



图 5.5-26 104 露天坑尾渣库南侧山体



图 5.5-27 104 露天坑尾渣库下游边坡

表 5.5-19 104 露天坑尾渣库相关参数及监测结果（尾渣部分）

名称	编号	尾渣量 万 t	尾渣		尾渣 裸露 面积 m ²	尾渣 占地 面积 m ²	尾渣 γ 辐射剂量率 ×10 ⁻⁸ Gy/h			尾渣氡析出率 Bq/m ² ·s			滩面安全整治后 氡析出率 Bq/m ² ·s		
			U 天然含量， mg/kg	²²⁶ Ra 含量， Bq/kg			个 数	范围值	均 值	个 数	范围值	均 值	个 数	范围值	均 值
104 露天坑 尾渣库	库 2	12.88	130	19973	5930	5894	104	568~979	763	30	7.24~8.53	7.89	40	0.11~0.55	0.23

注：露天采场边坡指 104 露天坑尾渣库所致采场尾渣堆积标高以上采场边坡；滩面安全整治后氡析出率数据来自 2023 年~2024 年《龙江铀矿流出物和环境监测年报》。

表 5.5-20 104 露天坑尾渣库相关参数及监测结果（露天采场边坡部分）

名称	编号	露采边坡 裸露面积 m ²	露采边坡 占地面积 m ²	边坡 γ 辐射剂量率 ×10 ⁻⁸ Gy/h			边坡氡析出率 Bq/m ² ·s		
				个 数	范围值	均 值	个 数	范围值	均 值
104 露天坑尾渣库	库 2	9500	4750	7	17~137	48.3	7	0.25~1.02	0.69

5.5.2.9 污染道路

龙江铀矿正常生产期间和停产后，有 2 条运矿道路（路 1、路 2），主要是用于运送堆浸尾渣，其中 1 号运矿道路是由破碎工业场地至老尾渣库（路 1）；2 号运矿道路是由老尾渣库至 104 露天坑尾渣库路段（路 2），其中 1 号、2 号运矿道路均为碎石路面，其中路 1 长 616m，路 2 长 3859m，道路现状见图 5.5-28 和图 5.5-29。



图 5.5-28 运矿道路现状（路 1） 图 5.5-29 运矿道路现状（路 2）

运矿道路的 γ 辐射剂量率监测数据见 5.5-21。由该表可知，路 1 的 γ 辐射剂量率的范围值为 $(43\sim113)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ 、均值为 $62\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ，路 2 的 γ 辐射剂量率的范围值为 $(42\sim225)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ 、均值为 $58\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ，均明显高于当地本底水平，由于生产时期利用开采的废石找平路基及铺筑路面，再加上常年运输尾渣造成沿途散落，使运矿道路受到不同程度的污染。

同时，本项目对路 1 和路 2 碎石下的土壤进行了采样分析，表 5.5-22 列出了运矿道路土壤中铀、镭含量在不同深度的纵向分布监测数据，由表中数据可见，当路 1 和路 2 的土壤取样深度达到 100cm 时，监测点位的土中 ^{226}Ra 含量才能满足管理限值要求。

表 5.5-21 污染道路相关参数及监测结果

序号	源项编号	路面结构	长度 m	宽度 m	γ 辐射剂量率 $\times10^{-8}\text{Gy/h}$		
					测点数	范围值	均值
1	路 1	碎石	616	3.2	60	43~113	62
2	路 2	碎石	3859	4.3	234	42~225	58

注：路 1 起终点为破碎工业场地→老尾渣库；路 2 起终点为老尾渣库→104 露天坑尾渣库。

表 5.5-22 污染道路土壤中铀、镭残留量垂直分布监测结果

序号	源项编号	取样深度 cm	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	路 1	表层~20	7	57.2~60.3	58.6	727~797	768
		20~40	7	52.0~56.4	53.5	621~667	643
		40~60	7	59.4~63.9	61.1	730~789	750
		60~80	7	32.0~35.2	33.5	417~476	442
		80~100	7	11.3~13.3	12.2	166~179	173
2	路 2	表层~20	24	60.8~64.2	62.3	748~794	770
		20~40	24	52.4~55.9	54.3	651~687	669
		40~60	24	61.1~65.9	62.7	752~798	772
		60~80	24	35.9~39.4	37.7	448~485	466
		80~100	24	13.2~14.7	14.1	164~179	172

5.5.2.10 污染溪沟

510 铀矿床周围共有 3 条溪沟，分别为中长沟、羊肠沟和牛棚沟，其中羊肠沟为现有矿坑水处理设施的直接受纳水体，牛棚沟为生产时期工艺废水的直接受纳水体，中长沟位于尾渣运矿道路沿路的溪沟，中长沟和羊肠沟的水流方向为由北向南，牛棚沟的水流方向为由西向东，中长沟和羊肠沟分别在其山谷口处汇入牛棚沟。

根据源项调查结果，上述 3 条溪沟底泥受到不同程度影响，其中牛棚沟主要受生产时期工艺废水排放影响，排放口下游底泥 ²²⁶Ra 活度浓度超过了管理限值，羊肠沟和中长沟主要受尾渣运输沿途尾渣撒落及雨水冲刷影响造成了溪沟底泥 ²²⁶Ra 活度浓度超过了管理限值。

3 条溪沟总污染长度为 2300m，污染溪沟现状见图 5.5-30 和图 5.5-31。

污染溪沟相关参数见表 5.5-23，溪沟底泥铀镭垂直分布见表 5.5-24，中长沟底泥深度达到 40cm 时，羊肠沟底泥深度达到 60cm 时，牛棚沟底泥深度达到 60cm 时，监测点位的土壤中 ²²⁶Ra 残留量满足相应管理限值的要求。



图 5.5-30 污染溪沟（牛棚沟） 图 5.5-31 污染溪沟（中长沟）

表 5.5-23 污染溪沟相关参数

序号	源项编号	名称	起点	终点	长度 m	河床宽度 m
1	溪 1	中长沟	104 露天坑尾渣库沟谷处	中长沟与牛棚沟交汇处	1481	3.7
2	溪 2	羊肠沟	老尾渣库坝体下游处	羊肠沟与牛棚沟交汇处	577	4.0
3	溪 3	牛棚沟	原水冶设施工艺废水排放口处	排放口下游 242m 处	242	2.1

表 5.5-24 污染溪沟底泥垂直铀镭监测结果

序号	名称	取样深度 cm	取样点数	U _{天然} 含量, mg/kg		²²⁶ Ra 含量, Bq/kg	
				范围值	均值	范围值	均值
1	中长沟	0~20	18	22.8~27.9	26.3	281~347	326
		20~40	18	15.0~22.1	19.1	185~275	237
		40~60	18	16.5~22.0	19.3	203~273	240
		60~80	18	8.37~13.9	12.0	103~173	149
		80~100	18	7.31~8.00	7.56	90.8~98.1	93.7
2	羊肠沟	0~20	9	46.4~48.5	47.4	575~602	587
		20~40	9	29.5~32.1	30.9	367~399	383
		40~60	9	16.2~18.6	17.3	199~231	214
		60~80	9	10.5~12.4	11.4	130~153	141
		80~100	9	8.13~8.70	8.40	101~107	104
3	牛棚沟 原工艺废水排	0~20	1	/	16.4	/	202
		20~40	1	/	14.6	/	180

序号	名称	取样深度 cm	取样点数	U _{天然} 含量, mg/kg		²²⁶ Ra 含量, Bq/kg	
				范围值	均值	范围值	均值
	放口处上游 200m	40~60	1	/	16.9	/	208
		60~80	1	/	10.1	/	124
		80~100	1	/	9.51	/	117
4	牛棚沟 原工艺废水排 放口处下游 200m	0~20	1	/	23.3	/	287
		20~40	1	/	21.5	/	275
		40~60	1	/	15.1	/	186
		60~80	1	/	11.0	/	135
		80~100	1	/	10.2	/	126
5	牛棚沟 原工艺废水排 放口处下游 242m	0~20	1	/	20.6	/	251
		20~40	1	/	16.3	/	198
		40~60	1	/	19.2	/	234
		60~80	1	/	11.7	/	143
		80~100	1	/	8.79	/	107
6	牛棚沟 原工艺废水排 放口处下游 500m	0~20	1	/	16.3	/	201
		20~40	1	/	14.8	/	182
		40~60	1	/	15.7	/	193
		60~80	1	/	11.0	/	135
		80~100	1	/	10.5	/	129
7	牛棚沟 原工艺废水排 放口处下游 1000m	0~20	1	/	18.6	/	226
		20~40	1	/	15.4	/	187
		40~60	1	/	18.3	/	223
		60~80	1	/	11.5	/	140
		80~100	1	/	8.70	/	106

5.5.3 治理项目确定

1) 治理源项汇总

根据各源项的监测结果和相应的管理限值，以及治理项目的确定原则来确定治理项目和治理部位。表 5.5-25 为龙江铀矿退役治理源项一览表。

表 5.5-25 退役治理源项一览表

项目	参数	治理原因
坑（井）口	无水坑口个数	有 ^{222}Rn 气逸出，此外有 误入或坠入的可能危害，构成 不安全因素。 此外，四号平硐流出水超 过排放限值，矿坑水超过本底 值。
	有水坑口个数	
	通风井个数	
废石场	个数	属于铀矿采冶废物；表面 ^{222}Rn 析出率均值超过管理限 值， γ 辐射水平相对较高。
	废石量，万 t	
	裸露面积， m^2	
堆浸场	个数	场地的 ^{222}Rn 析出率均值超 过了管理限值、 γ 辐射水平也明 显偏高，且土壤中 ^{226}Ra 含量超 过管理限值。
	尾渣量，t	
	占地面积， m^2	
工业场地*	个数	3
	面积， m^2	
污染设备	设备数台（件）	393
	管线 m	
建构筑物	数量	66
	面积 m^2	
老尾渣库	个数	1
	尾渣量，t	
	占地面积， m^2	
104 露天坑 尾渣库*	个数	1
	尾渣量，万 t	
	裸露面积， m^2	
污染道路	数量，条	2
	长度 m	
污染溪沟	数量，条	3
	长度，m	

注：*工业场地和 104 露天坑尾渣库北侧共计治理 7 处滑坡，属于地质灾害治理范畴，不受放射性管理约束。

2) 治理源项分布

龙江铀矿退役治理工程源项分布相对较为集中，主要分布在南北向的羊肠沟、中长沟及东西向牛棚沟等三条沟内，其中主要污染建（构）筑物、老尾渣库、堆浸场及污染工业场地均集中在羊肠沟内，104 露天坑尾渣库位于中长沟中部，牛棚沟为生产时工业废水的受纳河沟，与羊肠沟交口处有生活区及原矿坑水处理工业场地。

本项目退役治理源项整体分布见图 5.5-32。

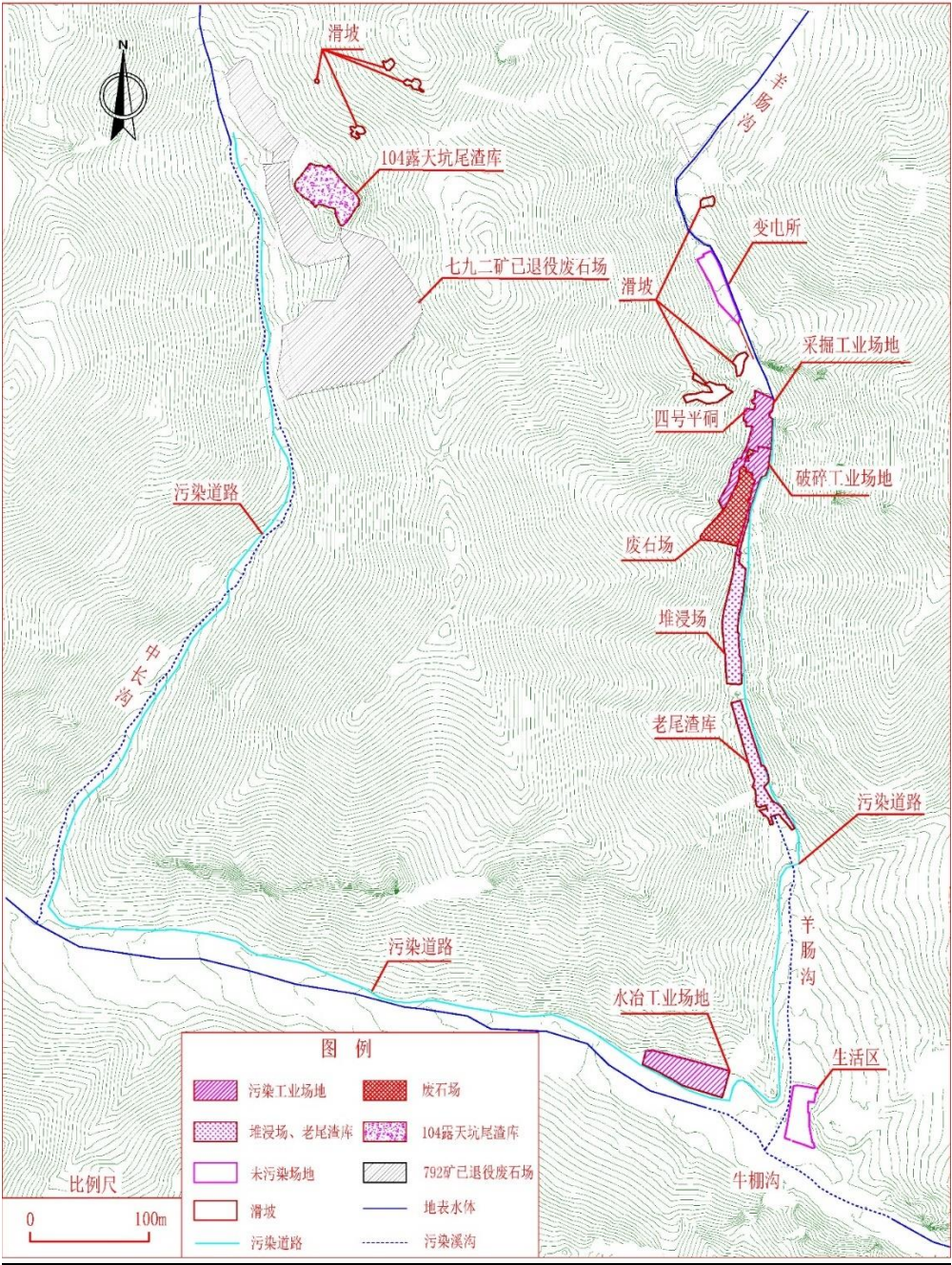


表 5.5-32 退役治理源项整体分布图

6 退役治理方案

6.1 退役治理目标和深度

本项目退役治理总体目标为对龙江铀矿进行退役治理，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改善，治理范围内公众健康得到保护。具体目标如下：

1) 本项目退役治理后最终状态下的公众照射剂量目标值不超过 0.05mSv/a；

2) 104 露天坑尾渣库、集中覆盖治理区等经覆盖治理后，其表面氡析出率应不大于 0.74Bq/ (m²•s)；

3) 矿坑水疏干过程中排放口处水中 U_{天然} 浓度小于 0.3mg/L、²²⁶Ra 活度浓度小于 1.1Bq/L，²³⁰Th 活度浓度小于 1.85Bq/L，²¹⁰Pb 活度浓度小于 0.5Bq/L，²¹⁰Po 活度浓度小于 0.5Bq/L；

4) 土地去污整治后，任何 100m² 范围内土层中 ²²⁶Ra 的平均活度浓度扣除当地本底值后不超过 0.18Bq/g；

根据 4.1.3 节调查结果，矿区土壤环境 ²²⁶Ra 本底值上限为 95%分位数，即为 90.97Bq/kg，工程向下取整后为 90Bq/kg。参照地下水治理目标设计取值原则，本项目使用土壤 ²²⁶Ra 本底值上限作为设计值。考虑 0.18Bq/g 的附加值后，确定本项目设计土壤 ²²⁶Ra 去污治理目标值为 270Bq/kg。

5) 污染管线设备处于可控状态。

各源项退役治理目标与深度见表 6.1-1。

表 6.1-1 本项目各源项退役治理目标与深度

序号	源项类型	退役治理主要方法及目标	退役治理深度
1	有水坑口	有效封堵坑口，矿坑水不再外排，杜绝井下 ²²² Rn 气的逸出，严禁随意打开。	有效封堵，保护环境和公众健康
	无水坑（井）口		
2	废石场	全部清挖治理，污染物全部运至新建的集中覆盖治理设施处置，治理后原址 ²²⁶ Ra 含量达到管理限值。	原址无限制开放使用
3	堆浸场		
4	污染工业场地		
5	老尾渣库		

序号	源项类型	退役治理主要方法及目标	退役治理深度
6	污染道路	拆除后受污染建筑垃圾运至尾渣库处置；未受污染的建筑垃圾回用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料。	
7	污染溪沟		
8	建（构）筑物		
9	污染设备及管线	金属材质的送至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心（710 厂）进行熔炼处理、非金属材质的运至新建的集中覆盖治理设施处置。	处于受控状态
10	104 露天坑尾渣库	覆盖治理，表面氡析出率 $\leq 0.74\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。	有限制开放使用
11	集中覆盖治理设施	新建废物集中填埋场，作为废石、污染土和污染建筑垃圾处置场所，覆盖治理后表面氡析出率 $\leq 0.74\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。	有限制开放使用

6.2 制定治理方案的原则

6.2.1 治理原则

总体方案制定贯彻落实“安全第一、质量第一”的根本方针，坚持“辐射防护最优化与放射性废物最小化”和“废物集中处置”的原则，具体治理方案遵循以下原则：

- 1) 在确保设施安全稳定前提下，放射性固体废物尽可能集中处置。
- 2) 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；杜绝各种伤害事件的发生，以保证环境质量的改善和公众的健康与安全。
- 3) 应使处置设施的功能长期有效，有较高的稳固性与可靠性。
- 4) 退役治理方案应充分考虑到当地的自然环境、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、施工简单、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。
- 5) 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，尽可能将有害物回填坑内、井下或集中处置以缩小污染范围，对于减少有害物在地面堆积面积的设计方案给予优先考虑。

6) 污染物集中处置应按照国家不同污染程度优先处置放射性水平较高污染物。

7) 高度重视铀矿冶退役治理项目生态环境修复与环境保护工作。

6.2.2 总体治理方案的确定

6.2.2.1 各源项治理方案的考虑

龙江铀矿退役治理源项包括坑（井）口、废石场、尾渣库、工业场地、建（构）筑物、污染设备管线、污染道路和污染溪沟等，各源项治理方案考虑如下：

1) 铀矿采冶产生放射性废物治理的考虑

龙江铀矿采冶产生的铀矿冶放射性废物主要为废石和尾渣，分别贮存在废石场和 104 露天坑尾渣库内，遵循“废物集中处置”原则，考虑到地形（库容）、当地政府建议等外部因素影响，拟将尾渣和废石尽可能集中处置，处置场所达到有限制开放使用深度。

2) 铀矿采冶造成环境污染治理的考虑

(1) 污染土壤或底泥治理采取物理等技术成熟度较高的治理措施，将产生的污染土与尾渣或废石集中处置，原址达到无限制开放使用深度。

(2) 污染建（构）筑物拆除后的污染建筑垃圾与污染土一并处理；未受污染建（构）筑物拆除后的建筑垃圾回用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料，原址达到无限制开放使用深度。

(3) 污染非金属类设备管线经解体后与污染土一并处理；金属类设备管线经简单去污后，送至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心（710 厂）进行熔炼处理，实现再循环利用，所有污染设备管线处于受控状态。

(4) 对坑（井）口进行有效封堵，矿坑水不再从坑（井）口外排。

6.2.2.2 废物集中处置的考虑

1) 需要处置的放射性废物量

龙江铀矿退役治理放射性废物主要包括尾渣、废石、污染土、污染底泥和污染建筑垃圾，各类放射性废物量详见表 6.2-1，需要处置的废石约 7.64 万 m³，尾渣约 8.05 万 m³，污染土及底泥约 5.38 万 m³，污染建筑垃圾约 1.33 万 m³ 和老尾渣库坝体 1.9 万 m³，合计 24.29 万 m³。

表 6.2-1 尾渣、废石和污染土等放射性废物量

序号	源项	废物类型	污染面积 m ²	土壤污染深度 m	废物量 m ³
1	废石场	废石	5188	/	76444.4
		污染土		1	5188
2	堆浸场	污染土	5137	1	5137
3	污染工业场地（场 1）	污染土	4849	0.8	3879.2
	污染工业场地（场 2）		2380	1	2380
	污染工业场地（场 3）		5770	0.6	3462
4	污染建（构）筑物	污染建筑垃圾			13339
5	污染设备、管线	非金属设备	/	/	少量
6	老尾渣库	污染土	4672	2.4	11212.8
		坝体	/	/	19000
7	104 露天坑尾渣库	尾渣		/	80500
8	污染道路	污染土	18565	1	18565
9	污染溪沟（溪 1）	污染底泥	5480	0.4	2192
	污染溪沟（溪 2）		2308	0.6	1384.8
	污染溪沟（溪 3）		508	0.6	304.8
合计					242989

注：废石容重 1.8t/m³，尾渣容重 1.6t/m³。

2) 废物集中处置场所的考虑

本项目优先考虑将上述所有废物集中至 1 个处置场所，主要考虑四类废物集中处置场所，即井下巷道、废石场、104 露天坑尾渣库和新建 1 处集中覆盖治理设施，具体考虑如下：

（1）井下巷道

目前，可回填的井下巷道及斜井共计长度 1284m（不计狭窄、人员不可达区域），断面面积 5.99~8.06m² 不等，预计容积为 5791m³。

龙江铀矿已淹井，矿坑水已恢复至四号平硐上部，本项目需要对矿坑水进行治理，且井下已无通风、供电、提升和输送等设施或条件，需要人工井下回填，对井下作业安全有一定风险，且回填量较小不能回填全部的污染物，因此不再考虑井下回填治理方案。

（2）废石场

①废石场扩容可行性分析

龙江铀矿废石场为边坡型废石场，废石场所在地形宽阔，可以通过放坡、加高等措施扩大废石场的库容，将污染土等废物集中处置。废石场现状照片见图 6.2-1。



图 6.2-1 废石场现状照片

②废石场集中处置其他外部条件可行性分析

龙江铀矿 2016 年关停后，开展了退役治理前期工作，并征求了当地政府意见，若尔盖县人民政府于 2017 年 11 月 29 日，出具了《若尔盖县人民政府关于龙江铀矿退役治理工程建议的函》（若府函〔2017〕262 号），见附件三，对本项目退役治理提出了 9 条建议，其中与退役治理方案相关的建议如下：

- a.退役治理必须按照国家标准开展植被恢复工作，治理点位必须围栏封育；
- b.所有污染物必须清运至 104 露天采场。

③小结

由此可知，废石场集中处置在技术角度存在可行性；但从管理角度而言，若府函〔2017〕262 号明确要求所有废物必须集中 104 尾渣库露天采场周围；

本项目综合考虑退役治理工程实施和操作的可行性，采纳当地政府相关意见，不再考虑废石场作为集中处置场所的方案。

(3) 104 露天坑尾渣库

①104 露天坑尾渣库现状

104 露天坑尾渣库是由原露天采场形成，2014 年开始回填老尾渣库和堆浸场尾渣，形成了 104 露天坑尾渣库，尾渣滩面标高为 3569~3578m。

104 露天坑尾渣库剩余库容主要受地形影响，目前该尾渣库西侧开口（已修建有挡墙），挡墙底的道路标高约 3562m，西侧下游为谷底，场地与谷底之间的山坡坡度为 $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ；北侧、东侧为露天开采形成的梯状岩质边坡，南侧为露天开采形成的剩余小山包，山包南侧为道路。

②104 露天坑尾渣库扩容可行性分析

a.104 露天坑尾渣库挡墙向下游移动可行性分析

104 露天坑尾渣库西侧挡墙距离下游道路约 7m，距离下游山坡约 12m，山坡坡度为 $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ，受下游道路和山坡影响，挡墙已无向下游移动的可能性，104 露天坑尾渣库挡墙和下游山坡详见图 6.2-2 和图 6.2-3。



图 6.2-2 104 露天坑尾渣库挡墙（安全整治前）



图 6.2-3 104 露天坑尾渣库挡墙下游边坡

b.104 露天坑尾渣库滩面加高可行性分析

104 露天坑尾渣库，尾渣滩面标高为 3569~3578m，南侧为山包，山包顶部距离渣面约 9m，且山包左右两侧均为缺口，104 露天坑尾渣库南侧山包见图 6.2-4 和图 6.2-5，若堆积废物滩面继续大幅度加高，则尾渣库地形由“三侧环山”变为“两侧环山”，废物易从南侧山包缺口滑落，影响安全稳定性，故 104 露天坑尾渣库无大幅度加高可能。



图 6.2-4 104 露天坑尾渣库南侧山包



图 6.2-5 104 露天坑尾渣库南侧山包及缺口

③104 露天坑尾渣库扩容可行性小结

由此可知，104 露天坑尾渣库挡墙无向下移动可能，且库滩面不具备大幅度加高滩面的可行性，104 露天坑尾渣库可扩容积较小，不足以集中处置除尾渣外 15.77 万 m^3 污染物，因此不具备集中处置的可行性。

（4）新建 1 座集中覆盖治理设施

根据上述（1）、（2）和（3）中相关内容，井下回填不具备安全条件，可回填容积较小，104 露天坑尾渣库不具备大幅度扩容可能性，若尔盖县政府建议将所有污染物均运至 104 露天采场周围，104 露天坑尾渣库已经形成，具备一定拦渣、排洪条件，因此除 104 露天坑尾渣不再挖除迁移，其余污染物（包括废石、污染土、污染建筑垃圾等）均需要清挖迁移处置。

同时，考虑到 104 露天坑尾渣库南侧、西侧和北侧均为原七九二矿退役治理的废石场，本项目拟将废石、污染土、污染建筑垃圾等污染物堆存于原七九二矿废石场西侧进行处置，新建 1 座集中覆盖治理设施，最终与原七九二矿废石场、104 露天坑尾渣库连在一起。集中覆盖治理设施、104 露天坑尾渣库和原七九二矿废石场相对位置详见图 6.2-6。

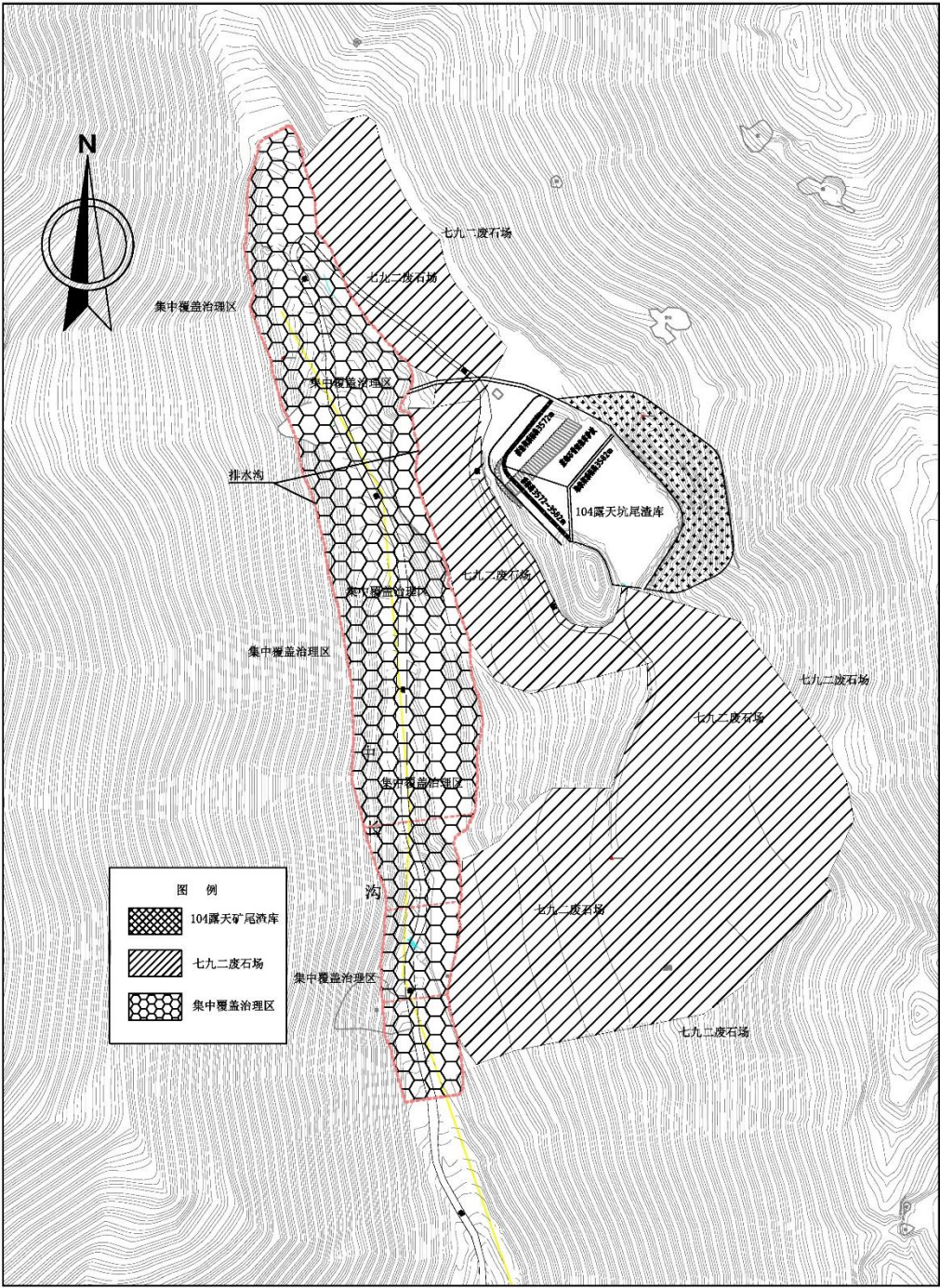


图 6.2-6 集中覆盖治理设施相对位置图

3) 废物集中处置总结

综上所述，由于井下回填存在安全隐患且回填量有限，废石场集中处置不具备可操作性且实施难度大，104 露天坑尾渣库可扩容量较小无法集中处置所有污染物，本项目拟采取在 104 露天坑尾渣库及七九二废石场周围新建 1 座集中覆盖治理设施，处置废石、污染土、污染建筑垃圾等，尾渣处置于 104 露天坑尾渣库内，最终集中覆盖治理设施、104 露天坑尾渣库和原七九

二矿废石场连在一起，实现废物集中处置。

6.3 治理方案

6.3.1 覆盖厚度的确定

6.3.1.1 覆土试验

1) 覆盖材料的选择

本项目选取阿念巴塞处土壤作为试验覆土材料，土源土量较为充足，且土壤的最大干密度为 1.435g/cm^3 、含水量为 13.1%；试验用土表面的氡析出率为 $0.0534\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ； γ 辐射剂量率为 $14.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；土壤中 $U_{\text{天然}}$ 含量为 2.40mg/kg 、 ^{226}Ra 含量为 29.9Bq/kg ，均在阿坝州地区的环境本底值范围之内。

2) 覆土试验

(1) 试验概述及结果

为给退役治理方案提供覆土厚度的科学依据，蓝天铀业委托核工业北京化工冶金研究院以 104 露天坑尾渣库为试验场地，场地大小 $20\text{m}\times 20\text{m}$ ，选取阿念巴塞处的土源地的土为覆盖试验用土，在尾渣库上进行了不同覆土厚度与氡析出率和 γ 辐射剂量率的影响关系试验，试验结果如表 6.3-1 所示。

表 6.3-1 覆盖厚度与氡析出率和 γ 辐射剂量率的试验结果

覆土厚度, m	0.0	0.19	0.42	0.66	1.02
氡析出率, $\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{s}$	7.885	5.904	4.036	2.759	1.289
γ 辐射剂量率, $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$	547	361	115	45.4	29.6
土壤干密度, g/cm^3	—	1.50	1.54	1.52	1.52
土壤含水量, %	—	14.8	14.6	14.6	14.5
覆土厚度, m	1.32	—	—	—	—
氡析出率, $\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{s}$	0.724	—	—	—	—
γ 辐射剂量率, $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$	19.3	—	—	—	—
土壤干密度, g/cm^3	1.51	—	—	—	—
土壤含水量, %	14.5	—	—	—	—

(2) 覆盖厚度与抑制氡析出率的关系

根据表 6.3-1 试验结果，采用最小二乘法线性回归得到覆盖厚度与抑制氡析出率的关系式如下：

$$X_1 = 53.29 \ln \frac{J_t}{J_c} + 5.63 \quad (6-1)$$

相关系数： $r=0.9986$

式中：

X_1 ——需要覆盖的夯实后覆土的厚度，cm；

J_t ——覆盖前的氡析出率平均值， $Bq/m^2 \cdot s$ ；

J_c ——覆盖后的氡析出率，取管理限值， $0.74 Bq/m^2 \cdot s$ 。

3) 覆土试验的评价

本次覆盖试验所用土源来自项目落实的土源地（阿念巴寨）；试验时间（2017年10月~2017年11月）为项目所在地区冬季，该时节具有干燥、少雨、气压稳定、土壤含水率低等有利特点，可使覆土试验所得参数具有典型性。试验场地大小，试验步骤按每层覆土压实后逐日测量氡析出率，考虑到氡在覆盖土层内扩散时间的问题，待测值稳定后再开展下一层覆土、监测等工序，均符合《铀矿冶废石、尾矿土质覆盖厚度及降低氡析出率的计算方法》（EJ/T 1128-2001）的有关要求，覆土试验公式相关系数为0.9986，说明试验较为成功。

综上所述，核工业北京化工冶金研究院此次在尾渣库所做的覆盖试验，可用于本项目覆土厚度设计。

6.3.1.2 104 露天坑尾渣库覆盖方案

为了消除 104 露天坑尾渣库存在的放射性危害和一般安全隐患，确保其治理后的长期安全稳定，对 104 露天坑尾渣库采用多层复合结构进行覆盖治理。覆盖结构自下而上依次为：降氡层、隔水层、导水层（兼作防侵扰层）和植被层。

1) 降氡层

根据§6.3.1.1 节推导出的覆盖厚度与抑制 ^{222}Rn 析出率的关系式即公式 6-1，按源项的表面 ^{222}Rn 析出率均值计算出尾渣库覆盖厚度，并按照（0~5）cm 工程取整。

根据上述原则确定降氡层厚度为 135cm，屏蔽后氡析出率为 $0.70 Bq/(m^2 \cdot s)$ ，详见表 6.3-2。

表 6.3-2 104 露天坑尾渣库降氡层厚度

序号	名称	氡析出率 Bq/ (m ² ·s)		计算降氡层厚度 cm	设计降氡层厚度 cm
		范围值	均值		
1	104 露天坑尾渣库	7.24~8.53	7.89	131.8	135

2) 隔水层

为了防止大气降水渗入尾渣库产生放射性渗水以及其渗出产生污染，本项目采用复合土工膜（两布一膜、膜厚 1.5mm）进行防渗。

3) 导水层（兼作防侵扰层）

为了排除上部渗水，同时防止啮齿动物、植物根系破坏隔水层及降氡屏蔽层，采用 30cm 厚的砂卵石层，以达到防侵扰目的。

4) 植被层

为了恢复自然地貌，以及减少风蚀和大气降水的淋浸，根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）的相关规定，铀尾渣库的植被层厚度考虑侵蚀余量后取 50 cm。

5) 104 露天坑尾渣库最终覆盖方案

综上所述，为了达到抑制氡析出、防止土壤侵蚀（风/雨蚀）、防止尾渣渗液产生和渗出、防止生物侵扰和植被恢复等目的，本项目尾渣库确定采用多层复合覆盖结构，覆盖层自下而上依次为①降氡层 135cm、②隔水层为复合土工膜（膜厚 1.5mm）、③导水层（兼作防侵扰层）30cm、④植被层 50cm，共 4 层结构组成，共厚 215cm。

6.3.1.3 集中覆盖治理设施覆盖方案

集中覆盖治理设施的覆盖结构自下而上依次为：降氡层、隔水层、导水层（兼作防侵扰层）和植被层。

1) 防氡层

本项目拟利用新建 1 座集中覆盖治理设施，堆放废石、污染土、污染底泥和污染建筑垃圾，集中覆盖治理设施占地面积 69.87 亩，初步计算废石堆放厚度为 200cm，污染土堆放厚度为 115cm。本项目考虑污染物回填顺序自下而上依次为“废石+老尾渣库下部污染土+其余污染土”，即集中覆盖治理设施最下

部位为废石、废石上面是老尾渣库污染土（厚 24cm），老尾渣库污染土上部为其他污染土（厚 91cm）。综合考虑 510 覆盖集中治理区受纳的其他污染土，对抑制废石及老尾渣库土的氡析出起到一定抑制作用，以及其他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：

考虑老尾渣库污染土对废石氡析出具有一定屏蔽效果，代入式 6-1，即堆放“废石+老尾渣库下部污染土”后表面氡析出率由 $1.25 \text{ Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 降至 $0.88 \text{ Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ （不考虑老尾渣库污染土本身），叠加老尾渣库污染土本身 $4.45 \text{ Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 后表面氡析出率变为 $5.33 \text{ Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ；经再堆放其余污染土（厚 91cm）覆盖后代入式 6-1 氡析出率降低至 $1.07 \text{ Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ （不考虑其余污染土本身的氡析出），回填其它污染土的表面氡析出率均值（取加权平均值）为 $0.80 \text{ Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，考虑叠加后，污染土层表面的氡析出率计算值为 $1.87 \text{ Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，按覆土厚度的确定原则，防氡屏蔽层厚度 X_f 为 55.0cm，工程取整后为 55cm，经计算防氡层屏蔽后氡析出率为 $0.74 \text{ Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

2) 隔水层

为了防止大气降水渗入设施产生放射性渗水，以及其渗出产生污染，本项目采用复合土工膜（两布一膜、膜厚 1.5mm）进行防渗。

3) 导水层（兼作防侵扰层）

为了排除上部渗水，同时防止啮齿动物、植物根系破坏隔水层及降氡屏蔽层，采用 20cm 厚的砂卵石层，以达到防侵扰目的。

4) 植被层

为了恢复自然地貌，以及减少风蚀和大气降水的淋浸，参照《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）的相关规定，植被层厚度考虑侵蚀余量后取 50cm。

5) 集中覆盖治理设施最终覆盖方案

综上所述，为了达到抑制氡析出、防止土壤侵蚀（风/雨蚀）、防止尾渣渗液产生和渗出、防止生物侵扰和植被恢复等目的，本项目集中覆盖治理设施确定采用多层复合覆盖结构，覆盖层自下而上依次为①降氡层 55cm、②隔水

层为复合土工膜（膜厚 1.5mm）、③导水层（兼作防侵扰层）20cm、④植被层 50cm，共 4 层结构组成，共厚 125cm。

6.3.2 清挖治理深度确定

对于铀矿采冶退役治理项目而言，各类清挖治理的污染设施和周围环境的清挖治理工程量主要是由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管理限值标准来确定的。

各清挖治理设施或环境的清挖深度的确定步骤如下：

1) 针对堆存量较少且地形简单设施：根据该类设施或环境的监测数据与该类设施或环境的土壤中 ^{226}Ra 残量的管理限值标准进行对比，确定各类设施或环境的污染深度。

2) 结合清挖治理方案的施工特点，依据废石场、工业场地、污染道路等的垂直分布监测数据确定其清挖深度，并在清挖过程中边施工、边监测，通过监测来确定各设施是否达到了设计的退役深度。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。

本项目清挖治理各类设施和场地的清挖深度见表 6.3-3。

表 6.3-3 各类设施和场地的清挖深度

序号	源项	废物类型	管理限值 ²²⁶ Ra, Bq/kg	清挖深度 m
1	废石场	污染土	270	1
2	堆浸场	污染土		1
3	污染工业场地（场 1）	污染土		0.8
	污染工业场地（场 2）			1
	污染工业场地（场 3）			0.6
4	老尾渣库	污染土		2.4
5	污染道路	污染土		1
6	污染溪沟（溪 1）	污染底泥		0.4
	污染溪沟（溪 2）			0.6
	污染溪沟（溪 3）			0.6

6.3.3 治理方案及可行性分析

6.3.3.1 坑（井）口治理

6.3.3.1.1 治理思路的确定

治理思路 1：坑（井）口封堵治理，矿坑水不再从坑（井）口流出。对现有矿坑水疏干处理，采用注浆封堵和防水墙组合式封堵措施；治理后矿坑水不再通过坑（井）口流出，并拆除矿坑水处理设施，坑（井）口封堵后严禁随意打开。

治理思路 2：坑（井）口封堵治理，矿坑水采用过滤疏排方式从四号平硐流出。对现有矿坑水疏干处理，四号平硐口设置过滤疏排设置，其余坑（井）口采用两道混凝土挡墙，中间回填废石；治理后矿坑水通过四号平硐口过滤疏排至矿坑水处理设施，处理后达标排放，直至坑口流出水满足 GB23727-2020 排放标准后拆除矿坑水处理设施，坑（井）口封堵后严禁随意打开。

本项目从以下角度确定了治理思路，详见表 6.3-4。

由该表可知，思路 1 矿坑水永久封堵在矿硐内治理周期短、消除了矿坑水外排源项，但存在矿坑水从山体裂隙出露的风险，在采取一定自然恢复和应急措施后，一旦发现床山体周围有出露点可及时处理。而思路 2，需要长期维持矿坑水处理设施运行，时间无法估量。

综上所述，思路 1 的封堵方案可行，采取一定应急措施后，总体可控。因此，本项目推荐思路 1 的治理方案。

表 6.3-4 坑（井）口治理思路的确定

治理思路	方案概述	优缺点	是否推荐
思路 1	1) 疏干现有矿坑水； 2) 疏干后，四号平硐、二号平硐和回风斜井均采用“围岩注浆封堵+防水墙”组合式封堵方案，封堵后坑（井）口外部覆土植被； 3) 治理期间拆除矿坑水处理设施； 4) 治理后矿坑水不再从坑（井）口流出； 5) 坑（井）口治理后严禁随意打开。	1.优点： （1）矿坑水永久封堵在矿硐内，不再外排，可在项目周期内拆除矿坑水处理设施。 （2）施工周期短，项目周期内可完成。 （3）退役后消除了矿坑水外排源项，减轻了对周围地表水体影响。 2.缺点： （1）矿山生产期间采用爆破方式开采，增加了地下水裂隙，该裂隙目前技术条件无法探明，矿坑水可能从裂隙中出露地表。 3.缺点的应对措施 （1）地下水中 $U_{\text{天然}}$ 自然恢复，封堵后切断了矿坑水与外部连通（隔绝外部空气），新涌的矿坑水将自然恢复至采矿前状态 （2）四号平硐封堵后，在长期监护过程中对铀矿山进行巡视和监测。一旦发现矿床山体周围有出露点，及时取样监测，根据结果（ $U_{\text{天然}}$ 高于 0.3mg/L）采取应急措施，如在出露点处设置 PRB（可反应渗透墙）或移动式离子交换车，使出露点的水达标排放。	推荐
思路 2	1) 疏干现有矿坑水； 2) 疏干后，四号平硐采取两道混凝土墙封堵（墙上预埋导水孔），在两墙间设疏水过滤池的方案，将矿坑水引至矿坑水处理设施处理； 3) 二号平硐和回风斜井均采用两道混凝土挡墙，中间回填废石治理方案，封堵后坑（井）口外部覆土植被； 4) 待四号平硐流出水满足排放标准限值后，拆除矿坑水处理设施； 5) 坑（井）口治理后严禁随意打开。	1.优点 （1）矿坑水可从四号平硐口疏排至水处理设施内，确保流出矿井的水达标排放。 （2）可观测矿坑水中核素浓度变化情况。 2.缺点 （1）矿坑水恢复到排放标准限值时间较长，需要长期运行矿坑水处理设施。	备选

6.3.3.1.2 坑（井）口治理具体方案

1) 四号平硐（有水）治理方案

(1) 矿坑水现状

510 矿区一矿段，该矿段一至六中段矿体已采空，已开拓至 7 中段，2017 年初停产淹井，2017 年末矿坑水位上升至六中段，井下存水 28500m³，监测六中段处矿坑水 $U_{\text{天然}}$ 达到 209mg/L，²²⁶Ra 为 1.78Bq/L；2019 年末水位上升接近四中段，井下存水 47370m³，监测四中段处矿坑水 $U_{\text{天然}}$ 达到 12mg/L，²²⁶Ra 为 1.3Bq/L。

2020 年，蓝天铀业对四号平硐进行了应急封堵，封堵后矿坑水水位不断抬升，并建设了矿坑水处理设施，该设施主要处理封堵墙至平硐口 80m 巷道渗出水。

2020 至今水量按照一矿段采空区、井巷开拓等分布估算，水存量约 78470m³，矿坑水从 80m 巷段侧壁渗出，渗出水中 $U_{\text{天然}}$ 含量（37.4~54）mg/L，²²⁶Ra 含量约（0.696~1.72）Bq/L，渗水量约（74.2~80.0）m³/d。

(2) 矿坑水补水因素分析

龙江铀矿一矿段矿床位于中长沟与羊肠沟分水岭西侧边坡地带。西端为中长沟所切，标高 3540m 左右。东端距矿床 700m 以外，为羊肠沟所切，标高 3417m~3449m。最低泄水点位于羊肠沟，标高 3417m。矿体出露标高 3573m~3615m。主要可采工业矿体在地下水面之下，侵蚀基准面之上。部分矿体延伸至侵蚀基准面之下。

矿床充水主要因素为：

- ①大气降水沿灰岩露头处直接渗入；
- ②含矿含水层灰岩自身岩溶裂隙水。

(3) 四号平硐治理方案

①矿坑水疏排处理方案

打开四号平硐应急封堵设施，利用现有矿坑水处理设施，对滞留在矿坑内的矿坑水进行处理，疏干矿坑水，处理后达标排放。

目前，估算矿坑积水达 78470m³（按井下所有巷道容积进行估算），井下最低中段七中段标高 3317m，打开四号平硐临时封堵设施后，采用 1 台潜水

泵($Q=20\text{m}^3/\text{h}$ 、 $H=163\text{m}$)对矿坑积水和退役期矿井涌水进行疏干抽排作业,送至现有矿坑水处理设施处理。考虑处理期间的井下补给水量 $170\text{m}^3/\text{d}$ (保守考虑取最大值),该设施处理能力为 $320\text{m}^3/\text{d}$,预计疏干矿坑水时间为 524d ,处理废水满足《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)排放限值后,排入受纳水体(羊肠沟)。

a.矿坑水泄压疏排

2020 年矿坑水上涨至四号平硐标高位置,截至目前已经过 5 年多,矿坑水水位仍不断抬升,目前已无法掌握矿坑水具体水位。本项目拟在四号平硐位置放水,将四号平硐以上的矿坑水均疏排至矿坑水处理设施。由于疏排位置位于四号平硐,其上部的矿坑水疏排实施方案如下:

i.首先在封堵墙壁面设置导水孔施工区,并进行平整,保证施工区域墙体表面光滑。

ii.在法兰膨胀螺栓孔的位置,采用电钻进行螺栓孔钻进。钻进过程中保持孔位完全垂直于墙面。

iii.安装主法兰。采用橡胶密封垫片贴于法兰之上,对齐螺栓孔,通过膨胀螺杆穿入螺栓孔,拧紧固定法兰,保证橡胶密封垫片完全起到止水作用。法兰安装完成后,安装横压槽钢,对进一步稳固法兰。条件允许时通过平硐上下壁采用三角杠杆对法兰施加压力。

iv.导槽成孔。采用水平钻机进行成孔施工,操作人员位于钻机后方操作钻机成孔。钻臂前端安装挡水钢板,防止钻孔打穿后内部承压水瞬间喷出对周边造成破坏。操作人员均穿着防水服进行施工。平硐内用电设备、照明等均采取严格的临时防水、防溅措施。钻孔彻底打穿后缓慢退出钻机。

v.安装阀门。提前将阀门和外接法兰连接完成,阀门开关处于完全打开状态。施工人员穿着防水衣将阀门组与主法兰采用螺栓快速连接,并拧紧螺栓。

vi.安装完毕上述设施后,将滞留的矿坑水疏排至矿坑水处理设施进行处理。

矿坑水导水孔结构见图 6.3-1。该图为单个大口径导水孔施工示意图,若预估平硐内水压力过大,可改用施工多个小口径导水孔的方式。

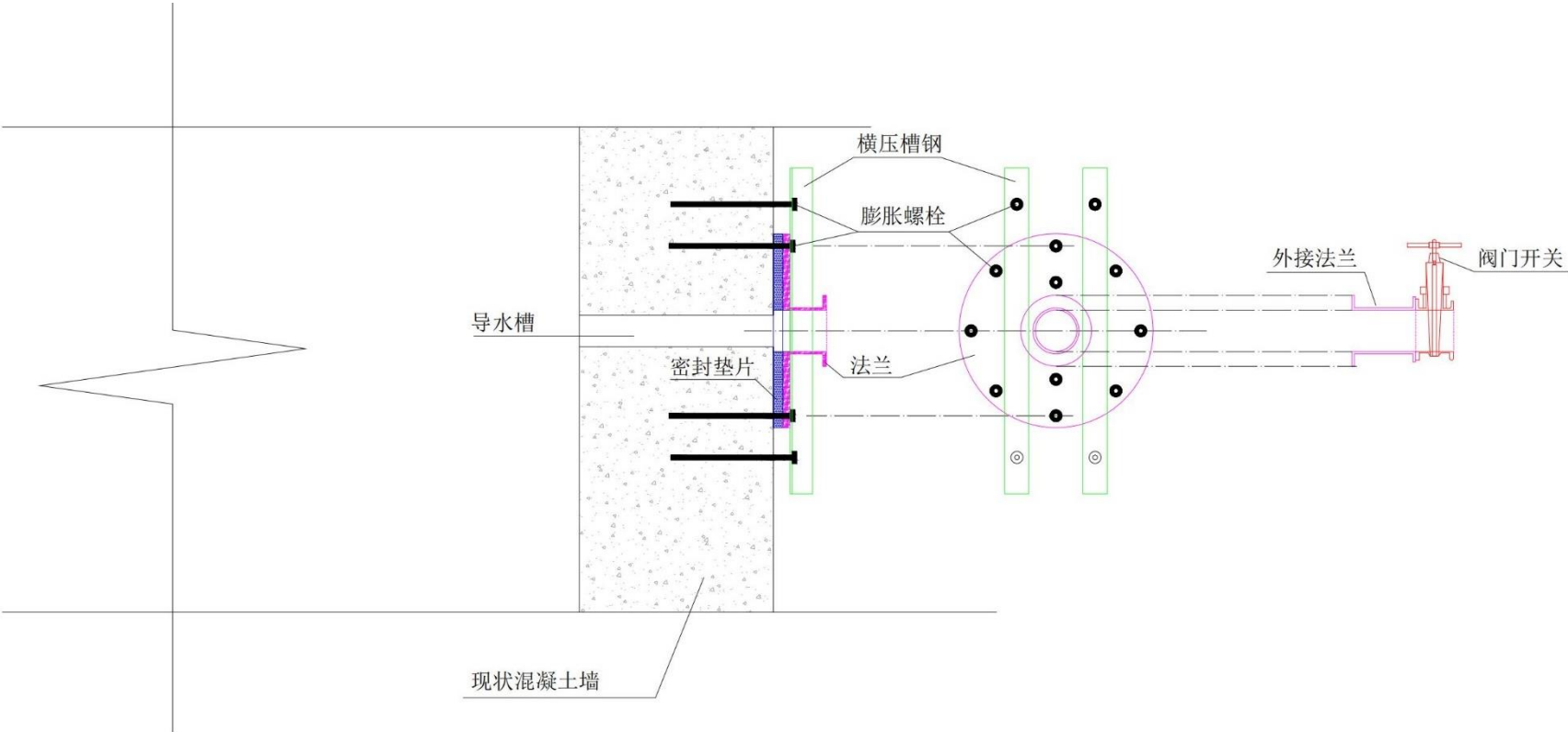


图 6.3-1 矿坑水导水孔结构

b. 现有封堵设施拆除

四号平硐内目前设有六道封堵墙，逐个采用上述导水孔方式，逐个疏干封堵墙之间的滞留矿坑水，封堵墙之间的矿坑水疏干后方拆除外侧的封堵墙体，直至最后一面封堵墙。待四号平硐以上的矿坑水完全排放后，再进行最后一面封堵墙的拆除。拆除方式为机械拆除，将拆除的封堵墙运输至集中覆治理设施填埋处理。

c. 矿坑水抽排

待现有封堵设施拆除后，用潜水泵对矿坑积水和退役施工期矿井涌水进行抽排作业，用排水管道，沿盲斜井逐步铺设至七中段，将四号平硐以下的矿坑水疏干。

②四号平硐注浆封堵方案

为了彻底阻止矿坑水从四号平硐内流出，在四中段主巷道采用注浆方式封堵。根据建设单位 2020 年~2024 年应急封堵实践，封堵墙外平硐围岩四周有水渗出，渗水在各个方向的压力相同，因此在封堵墙外平硐围岩采取注浆封堵，注浆孔采用沿平硐走向径向布置方式。

a. 注浆孔排数

四号平硐采用注浆封堵，注浆封堵段长度为 60m，一般情况下在岩石裂隙中，浆液扩散半径为 2.0m~3.0m，为了最大限度地防止渗水，扩散半径按 2.5m 计算，注浆孔排数为 24 排。

b. 单排注浆孔个数、孔深及注浆段长度

根据四号平硐断面，按照《矿山帷幕注浆规范》(DZ/T0285-2015)的要求，每排布置注浆孔 10 个，同时需要有注浆孔总数 10%的加密孔，注浆帷幕的厚度按 8m 考虑。

c. 注浆材料及配比

孔口管固结采用水泥水玻璃浆液。注浆采用 42.5 级的普通硅酸盐水泥浆液。当孔壁出现冒浆时，需要加入水玻璃。水泥浆的水灰比为 0.8:1~1:1。

当硐壁出现冒浆时，可采用的水灰比为 0.5:1~0.6:1，必要时加入水玻璃。水泥水玻璃浆液仅限于固定孔口管和防止硐壁冒浆使用。

d. 注浆参数

注浆压力：四号平硐的标高为 3435m，根据铀矿勘查地质储量报告，矿床地下水的水位最高标高为 3557m，高出四号平硐 122m。

注浆压力按照最终静水压力 2 倍计算，注浆压力为： $P=2\times 1.22\approx 2.44\text{MPa}$ 。

从保守方面考虑，最终注浆压力采用 2.5MPa。

注浆段长度：帷幕厚度为 8m，采用一次注浆方法，即注浆段长度为 8m。

注浆结束标准：当达到注浆压力后，注浆量小于 0.4L/min 时，延续 30min 后，方结束本孔注浆。平硐口封堵墙内 60m 巷道注浆封堵方案示意图 6.3-2。

③四中段主巷道封堵方案

由于矿坑水处理排水对应急封堵墙进行了拆除，待井下矿坑水疏干抽排后，将四号平硐主巷道及其连通巷道（即通风井巷道）进行封堵，封堵方式为：设置 3 组钢筋混凝土防水封堵墙，分别位于四号平硐内、四号平硐内往Ⅱ矿段巷道、四号平硐内往原通风巷道内，防止矿坑水溢出；封堵墙选在围岩稳定，岩层完整致密的位置，每组防水封堵墙由 2 道钢筋混凝土墙组成，墙体嵌入四周岩体 0.5m，厚 1.5m，两道墙间隔 10m，间隔区域回填废石渣土，外侧墙外回填膨润土，防水封堵墙砌筑完毕后，墙体位置壁后注浆，对墙体附近岩体进行注浆封闭。

四中段主巷道封堵方案示意图 6.3-3。

④四号平硐口封堵方案

完成平硐口封堵墙内 60m 巷道注浆封堵后，在四号平硐口采用钢筋混凝土挡墙（厚 1.2m）封闭硐口，并进行覆土、植被。

四号平硐口封堵治理结构见图 6.3-4。

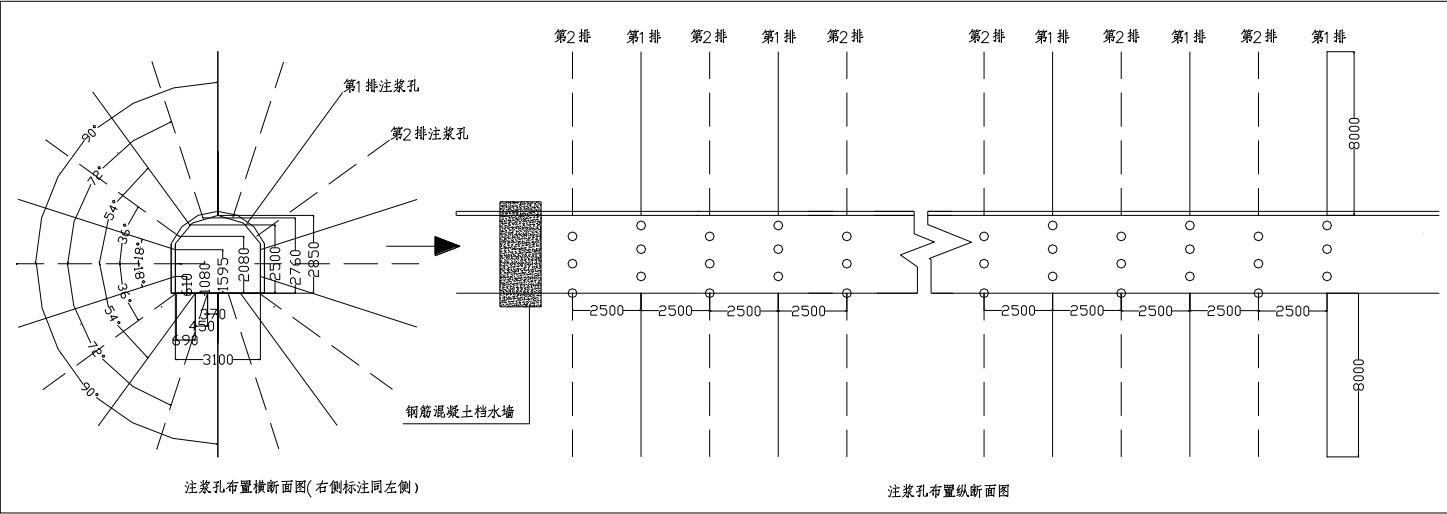


图 6.3-2 硐口封堵墙内 60m 巷道注浆封堵治理结构图

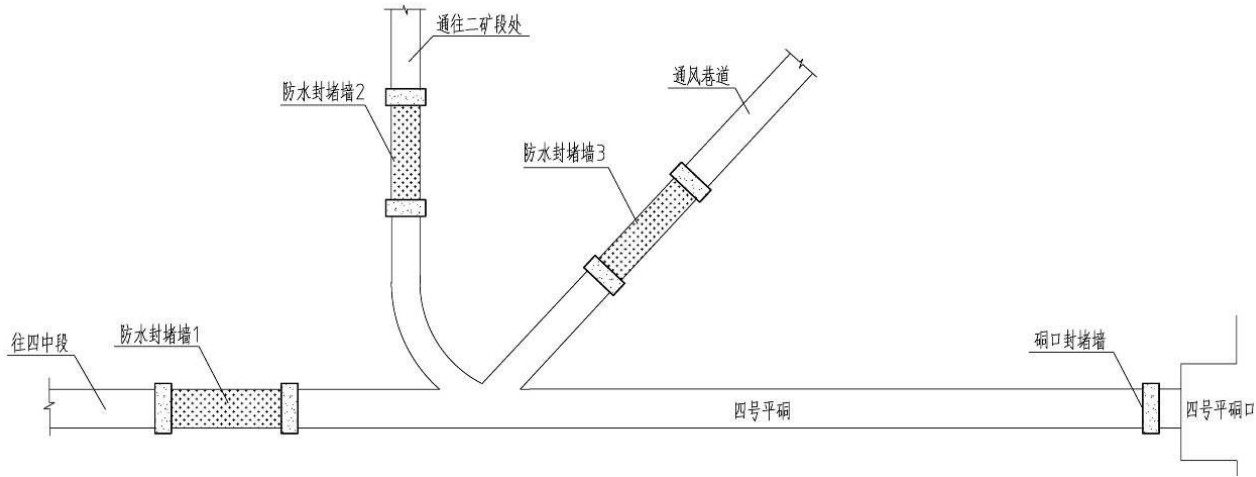


图 6.3-3 四中段主巷道封堵方案示意图

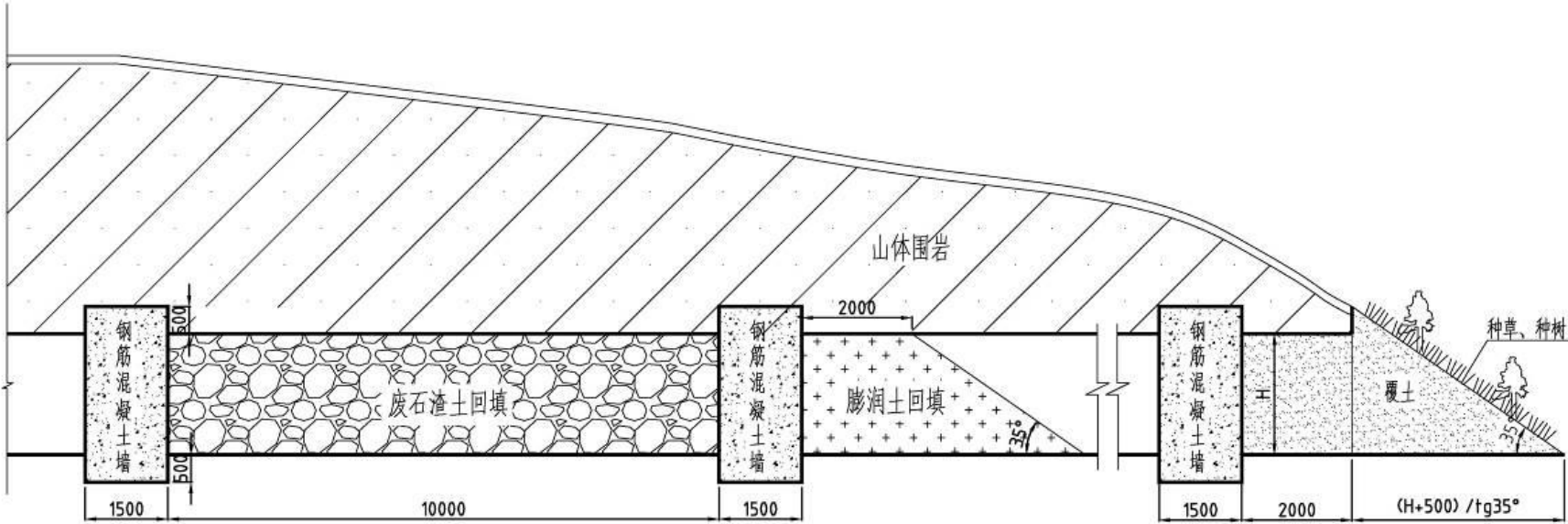


图 6.3-4 四号平硐口封堵治理结构图

2) 二号平硐和回风斜井（无水）治理方案

四号平硐上部还存在 2 个通地表的坑井口,分别为二号平硐,标高 3523m,回风斜井,标高 3538m。

保守考虑矿坑水水位恢复到原始地下水位 3557m，二号平硐和回风斜井标高均低于原始水位标高，将会被淹没。为了防止地下水从两个硐口溢出，二号平硐和回风斜井按照四号平硐在硐内采用“1 组防水封堵墙+注浆封堵”的封堵方式。具体方案如下：

(1) 注浆封堵

在二号平硐口至内部 30m 巷道围岩壁面，回风斜井 10m 巷道围岩壁面进行注浆封堵；注浆封堵方式与四号平硐一致，预计二号平硐布置 12 排注浆孔，回风斜井布置 4 排注浆孔，注浆压力考虑 2 倍静水位（3557m）压差的压力。针对股状或涌水量较大、压力水头较高的裂隙，若单液注浆方法不佳，可采用水泥-水玻璃双液注浆方法进行注浆封堵。

通过该注浆封堵方法,可有效避免水从巷道围岩壁面渗出。

(2) 防水封堵墙

二号平硐和回风斜井口分别设置 2 道混凝土挡墙（墙厚 1m），墙体嵌入围岩 0.5m，间隔区域回填废石，外侧墙外回填膨润土，挡墙配筋考虑恢复到原始水位 3557m 压力。防水封堵墙砌筑完毕后，墙体位置壁后注浆封堵。通过该封堵方案可有效避免矿坑水从坑（井）口流出。

(3) 防水封堵墙、注浆完成后, 封闭硐口, 并进行覆土、植被。

二号平硐和回风斜井治理方案结构图见图 6.3-5 和图 6.3-6。

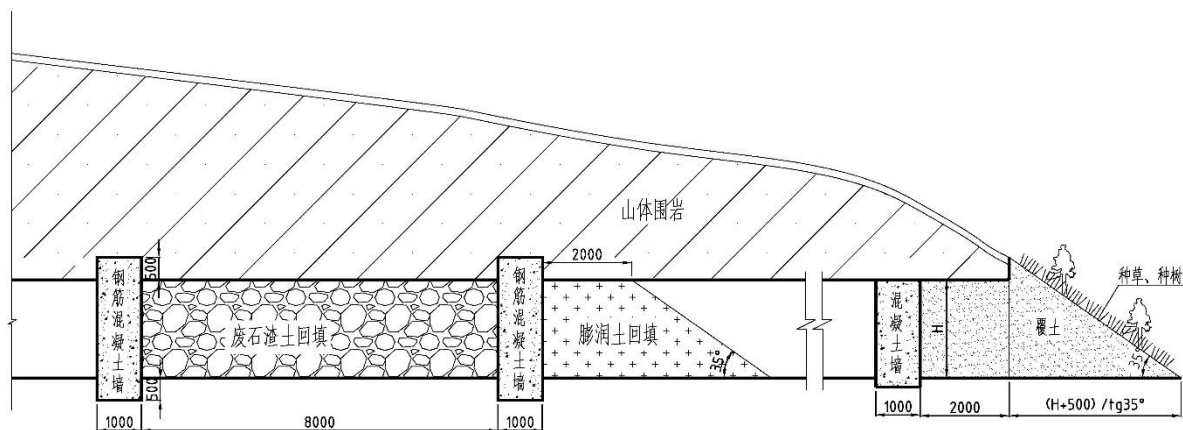


图 6.3-5 二号平硐(无水)治理结构图

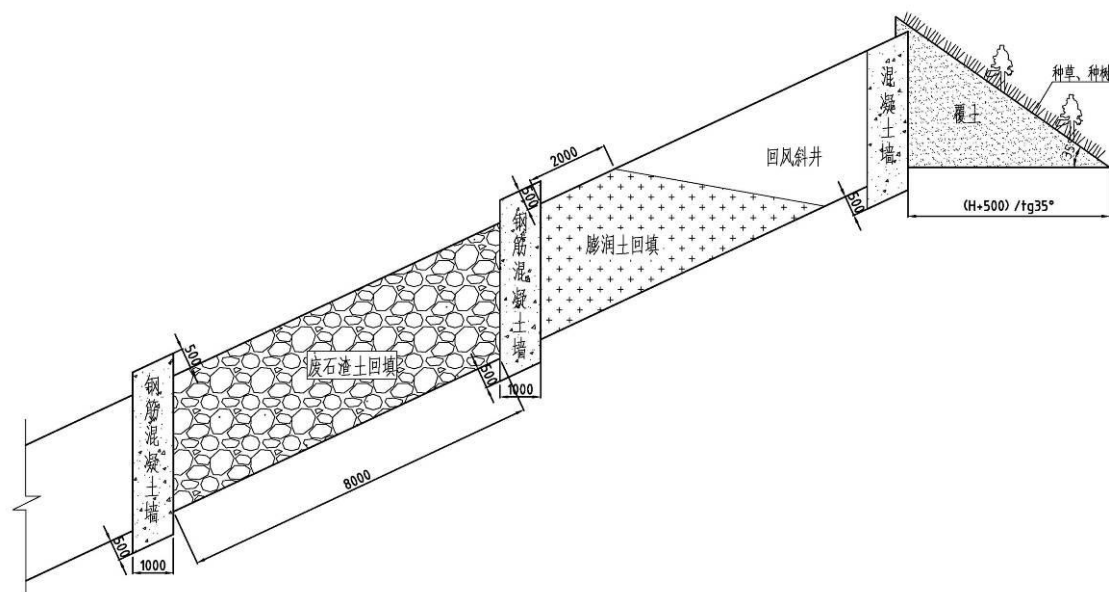


图 6.3-6 回风斜井治理结构图

4) 平硐封堵后矿坑水水位最终稳定水位及抬升速度

(1) 封堵后矿坑水最终稳定水位

根据《510 矿区一矿段矿床地形地质水文地质图》，15 个水文地质孔的原始水位标高在 3482~3557m 之间，钻孔的地下水位标高均高于四号平硐口标高（3435m），平均水位标高为 3533m。

四号平硐封堵后，在矿坑水将通过大气降雨补给、裂隙风化带补给等；采矿过程中采用爆破方式，增加了山体裂隙和排泄通道，当矿井封堵后，地下水水位恢复不会超过矿床开采前的地下水位，保守考虑矿坑水水位预计最终将恢复至原始地下水位标高附近（最高 3557m 左右）。

(2) 封堵后矿坑水水位抬升速度

根据上述治理步骤,需将龙江铀矿现存矿坑水全部处理完毕后,开始注浆封堵+挡水墙封堵,完成封堵后。

待矿坑水疏干后,矿坑水将通过大气降雨补给、裂隙风化带补给和中长沟地表水补给,矿坑将新涌入地下水。由历史观测数据可知,2016 年底矿坑水位位于七中段(标高 3317m),2017 年底矿坑水抬升至六中段(标高 3357m),2019 年底矿坑水抬升至四中段下方 20m 位置(标高 3415m)。目前,矿坑水位已超过了四中段,由于四号平硐应急封堵,已无法得知目前水位。

由此可知,矿坑水从七中段抬升至六中段的抬升速度约 0.11m/d,从六中

段抬升至四中段附近的抬升速度约 0.08m/d，随着矿坑水位越高抬升速度越慢。由于矿床内的裂隙和水位在现有条件已无法探明或明确，故矿坑水在越过四中段后无法给出具体数值，预计低于 0.08m/d。

封堵后矿坑水水位的抬升速度见表 6.3-5。由该表可知，四中段至原始地下水位标高按照 0.08m/d 抬升速度估算，矿坑水七中段抬升至原始地下水位至少需要 7.8a 时间，随着水位上升，抬升速度将减慢，实际上升至原始地下水位时间会更长。

表 6.3-5 封堵后矿坑水水位抬升速度

序号	中段	水位标高 m	抬升高度 m	抬升速度 m/d	预计时间 a
1	七中段~六中段	3317~3357	40	0.11	1
2	六中段~四中段	3357~3435	78	0.08	2.6
3	四中段~二中段	3435~3522	87	<0.08	>3.0
4	二中段~原始地下水位	3522~3557	35	<0.08	>1.2
5	合计 (七中段~原始地下水位)	3317~3557	240	<0.08~0.11	>7.8

注：抬升速度为矿坑水每天抬升高度。

5) 矿坑水处理设施拆除时间及方案

本项目退役治理周期为 48 个月，从项目可行性研究报告批复下达第一笔资金起，至项目完成验收止，项目建设周期计划见 6.3.6 章节。

由上表可知，前 9 个月需要完成初设、施工图、设备采购等前期工作，第 10 个月至第 36 个月正式退役治理施工，第 37 个月至第 48 个月开展项目验收工作。

根据前述方案，矿坑水疏干需要 17 个月，同步可完成坑（井）口注浆封堵工作。建议矿坑水处理设施留作施工期的应急环保设施，在第 31 个月初开始拆除处理，第 36 个月末同项目一并施工完毕。第 37 个月至第 48 个月开展项目验收工作。

矿坑水处理设施拆除方案见 6.3.3.5 章节和 6.3.3.6 章节。

6) 坑（井）口治理方案的可行性分析

(1) 目前四号平硐内水位标高已经高于四号平硐口标高，因此先对四号平硐内水进行疏排，经矿坑水处理设施处理后达标排放；

(2) 注浆封堵：地下水在四号平硐围岩各方向水压相同，在平硐内应采取全断面注浆，材料为硅酸盐水泥浆液或水泥-水玻璃注浆液，并考虑矿坑水恢复原始水位标高压力的 2 倍（2.44MPa）。注浆液在压力控制下，在围岩裂隙内充分扩散，形成致密结构，注浆帷幕达 8m 厚，以保证裂隙填充效果。（常用于水利工程、隧道与地铁工程、矿山工程），最大限度防止渗水从平硐的顶板、底板和侧壁渗出。

采用该注浆封堵后，可有效避免矿坑水从巷道壁面渗出。

隔水封堵墙：在平硐内采用注浆方式封堵后，在四号平硐内修筑防水封堵墙 3 组。封堵隔水墙采用钢筋混凝土结构，配筋考虑 2.44MPa 压力，切断了四号平硐与其他通道及外部连通；封堵墙前后围岩采用注浆封堵方式，防止水从侧壁渗出。采用封堵隔水墙后，可有效避免矿坑水从四号平硐口流出。

考虑到矿坑水抬升，二号平硐和回风斜井采取了与四号平硐一致的封堵方式。通过两种方式相结合，能够保证治理后井下矿坑水不从坑（井）口流出。

(3) 风险分析及应对措施

①风险分析

由于矿床在生产过程中采用爆破方法开采，产生了一系列爆破裂隙，同时山体内部也有原始裂隙的存在，而这些裂隙的发育情况在目前技术条件下是无法预测的。因此，这些裂隙构成的水力通道导致坑口封堵后井下矿坑水从其他地方溢出的风险。

②应对措施

a. 自然恢复

510 一矿段采用物理开拓，未添加化学药剂；矿坑水 U 含量高是由于接触外部空气 U 被氧化浸出造成的。

因此，疏干现有矿坑水，坑口封堵后切断了矿坑水与外部连通（隔绝外部空气），新涌的矿坑水将自然恢复至采矿前状态。

b. 定期监测

目前，除四号平硐有水渗出外，未发现其余出露点。

I) 山体出露点巡视及监测

四号平硐封堵后，在长期监护过程中对铀矿山进行巡视和监测。主要巡视

对象为中长沟东侧和羊肠沟西侧山体，重点对山体坡面及沟谷进行巡视，查找地下水出露点。一旦发现矿床山体周围有出露点，及时取样监测，若出露地下水中 $U_{\text{天然}}$ 高于 0.3mg/L 采取应急措施；主要应急措施包括移动式树脂离子交换车或采取 PRB（可反应渗透墙）对出露的水进行处理，使其达标排放。

II) 地表水体监测

施工过程中及长期监护期间定期对矿区周围地表水体进行监测。

(i) 地表水水体关键断面布置

虑到龙江铀矿坑（井）口封堵后，矿坑水水位不断抬升至静水位面，矿坑水通过山体裂隙涌出，排泄至周围地表水水体的可能。龙江铀矿周围地表水水体包括羊肠沟、中长沟和牛棚沟等，关键断面主要为矿床周围水体的上、下游断面，以及地表水水体汇入河流的断面，主要为 11 个关键断面，详见表 6.3-6，断面位置见图 6.3-7。

表 6.3-6 矿区周围地表水关键断面布置

序号	地表水名称	断面位置
W1	中长沟	中长沟集中覆盖治理区上游 500m 处
W2		中长沟集中覆盖治理设施下游 500m
W3	牛棚沟	中长沟与牛棚沟交汇后牛棚沟上游 300m
W4		中长沟与牛棚沟交汇后牛棚沟下游 100m
W5	羊肠沟	羊肠沟变电所上游
W6		羊肠沟与牛棚沟交汇前羊肠沟上游 50m
W7	牛棚沟	天葬沟与牛棚沟交汇前牛棚沟上游 300m
W8	天葬沟	天葬沟与牛棚沟交汇前天葬沟上游 300m
W9	牛棚沟	牛棚沟汇入白龙江前牛棚沟上游 300m
W10	白龙江	白龙江与牛棚沟交汇后白龙江下游 300m
W11		白龙江与牛棚沟交汇后白龙江上游 500m

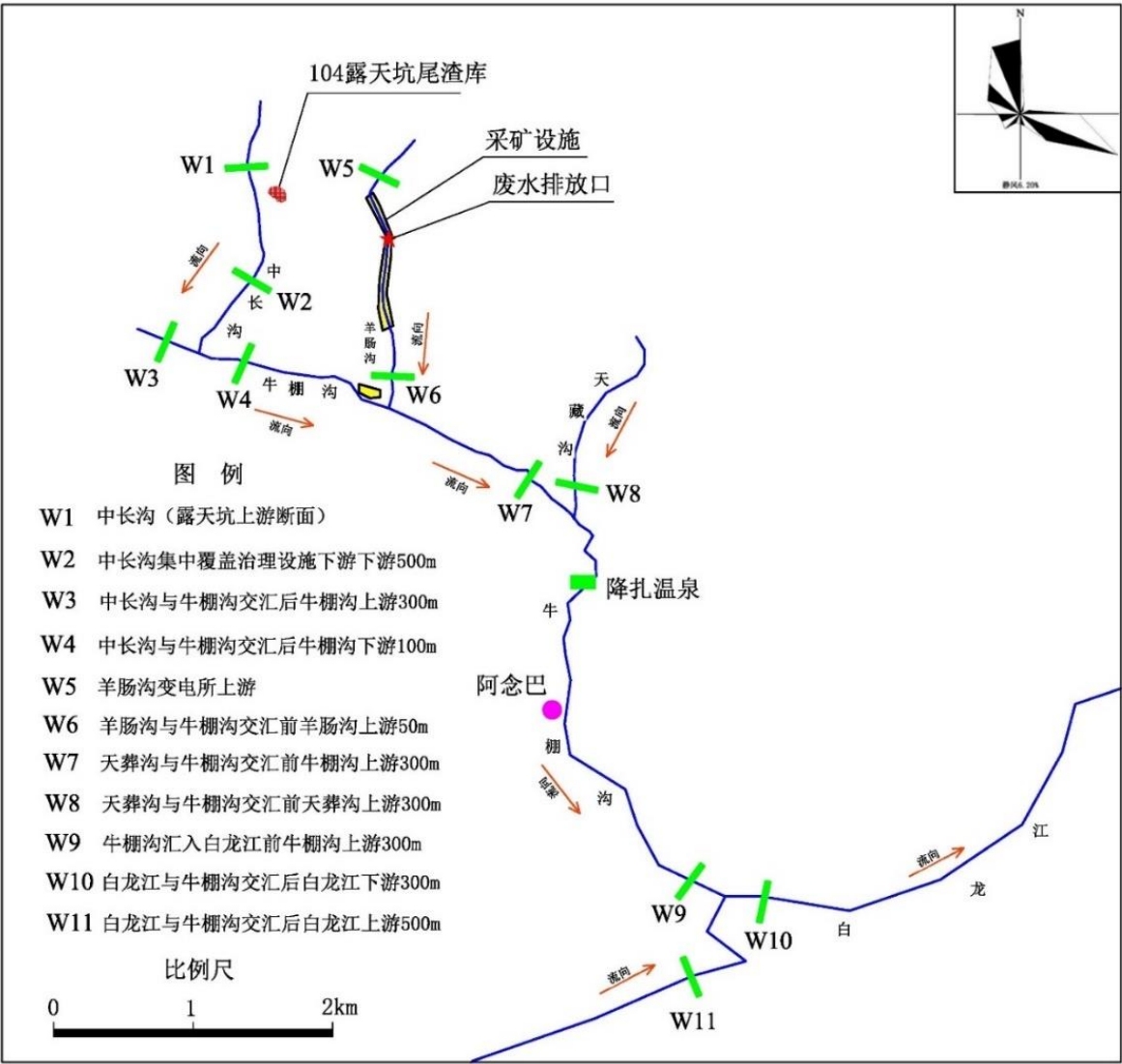


图 6.3-7 矿区地表水关键断面位置关系示意图

(ii) 地表水水体关键断面水质 $U_{\text{天然}}$ 参考水平

本项目对 2018 年~2025 年建设单位对矿区周围地表水体的监测数据进行分析，给出关键断面的参考水平。

历史地表水关键断面监测结果见表 6.3-7，可得到以下结论：

➤ 中长沟

W1 断面（中长沟集中覆盖治理区上游 500m 处）监测结果显示 $U_{\text{天然}}$ 在 $(0.015\sim0.045)\text{mg/L}$ 之间，处于建矿前地表水本底 $U_{\text{天然}}$ 含量 $(0.00077\sim0.06618)\text{mg/L}$ 同一水平。

W2 断面（中长沟集中覆盖治理设施下游 500m），监测结果显示 $U_{\text{天然}}$ 在 $(0.0319\sim0.268)\text{mg/L}$ 之间。2005 年时 W2 断面 $U_{\text{天然}}$ 含量为 0.152mg/L ，2005

年开始残矿回收工作,当时矿坑水水位在六~七中段,远低于 W2 断面标高(高度差大于 100m),W2 断面未受矿坑水影响;2025 年时 W2 断面 $U_{\text{天然}}$ 含量为 0.115mg/L,基本与 2005 年时处于同一水平,该断面未受矿坑水影响。由此可见,中长沟区域地表水中 $U_{\text{天然}}$ 属于高本底地区。

➤ 羊肠沟

W5 断面(变电所上游),结果显示 $U_{\text{天然}}$ 在 (0.009~0.027) mg/L 之间,处于建矿前地表水本底 $U_{\text{天然}}$ 含量 (0.00077~0.06618) mg/L 同一水平。

W6 断面(羊肠沟与牛棚沟交汇前羊肠沟上游 50m),监测结果显示 $U_{\text{天然}}$ 在 (0.195~2.10) mg/L 之间。W6 断面上游为龙江铀矿生产设施,主要包括废石场、堆浸场、老尾渣库等,W6 断面 $U_{\text{天然}}$ 受上述设施影响;本项目拟对羊肠沟所有废石、污染土等进行清挖治理,待其治理后 W6 断面水中 $U_{\text{天然}}$ 将得到改善。

➤ 牛棚沟

W3 断面(中长沟与牛棚沟交汇后牛棚沟上游 300m),历史无监测数据,不具备统计条件,经分析 W1 断面和 W4 断面(中长沟与牛棚沟交汇口牛棚沟下游)水质处于同一水平,且中长沟水量约 0.05m³/s,牛棚沟水量约 0.46m³/s,中长沟对牛棚沟水质影响较小。由此可推断,W3 断面(中长沟与牛棚沟交汇口牛棚沟上游)与 W4 断面水质基本相同。此外,本项目将在施工期开展监测,并对其进行监测,明确该断面水质情况。

W4 断面(中长沟与牛棚沟交汇后牛棚沟下游 100m)监测结果显示 $U_{\text{天然}}$ 在(0.018~0.031)mg/L 之间,处于建矿前地表水本底 $U_{\text{天然}}$ 含量(0.00077~0.06618) mg/L 同一水平。

W7 断面(天葬沟与牛棚沟交汇前牛棚沟上游 300m),结果显示 $U_{\text{天然}}$ 在 (0.007~0.015)mg/L 之间,处于建矿前地表水本底 $U_{\text{天然}}$ 含量(0.00077~0.06618) mg/L 同一水平。

W9 断面(牛棚沟汇入白龙江前牛棚沟上游 300m),结果显示 $U_{\text{天然}}$ 在 (0.032~0.048)mg/L 之间,处于建矿前地表水本底 $U_{\text{天然}}$ 含量(0.00077~0.06618) mg/L 同一水平。

➤ 天葬沟

W8 断面（天葬沟与牛棚沟交汇前天葬沟上游 300m），结果显示 $U_{\text{天然}}$ 在（0.005~0.075）mg/L 之间，处于建矿前地表水本底 $U_{\text{天然}}$ 含量（0.00077~0.06618）mg/L 同一水平。

➤ 白龙江

W10、W11，监测结果显示 $U_{\text{天然}}$ 在（0.0014~0.033）mg/L 之间，处于建矿前地表水本底 $U_{\text{天然}}$ 含量（0.00077~0.06618）mg/L 同一水平。

表 6.3-7 矿区历史地表水环境 U_{天然} 监测数据

序号	断面位置	U _{天然} , mg/L												
		1999 年 ¹⁾	2005 年 ²⁾	2017 年 ³⁾	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年 ⁴⁾	范围值	
W1	中长沟集中覆盖治理区上游 500m 处	0.019~0.268	/	0.041~0.045	/	/	/	/	/	/	/	0.015~0.0205	0.015~0.045	
W2	中长沟集中覆盖治理设施下游 500m		0.152	/	/	/	/	/	/	/	/	0.0319~0.115	0.0319~0.268	
W3	中长沟与牛棚沟交汇后牛棚沟上游 300m	/	/		/	/	/	/	/	/	/	/	/	
W4	中长沟与牛棚沟交汇后牛棚沟下游 100m	/	0.022		0.018	0.022	0.023	0.024	0.022	0.031	0.022	/	0.018~0.031	
W5	羊肠沟变电所上游	0.082~0.811	0.022		0.009	0.016	0.010	0.013	0.013	0.027	0.022	/	0.009~0.027	
W6	羊肠沟与牛棚沟交汇前羊肠沟上游 50m		1.95~2.10		0.251	0.209	0.232	0.236	0.215	0.195	0.226	/	0.195~2.10	
W7	天葬沟与牛棚沟交汇前牛棚沟上游 300m	/	/		0.007	0.012	0.010	0.013	0.012	0.015	0.014	/	0.007~0.015	
W8	天葬沟与牛棚沟交汇前天葬沟上游 300m	0.005~0.066	0.023		0.075	0.057	0.061	0.060	0.056	0.048	0.067	/	0.005~0.075	
W9	牛棚沟汇入白龙江前牛棚沟上游 300m	/	/		0.032	0.040	0.037	0.036	0.035	0.045	0.048	/	0.032~0.048	
W10	白龙江与牛棚沟交汇后白龙江下游 300m	0.003~0.021	0.033		0.003	0.005	0.003	0.004	0.004	0.006	0.004	/	0.003~0.033	
W11	白龙江与牛棚沟交汇后白龙江上游 500m		0.0014		/	/	/	/	/	/	/	/	0.0014~0.021	
建矿前本底			0.00077~0.06618											

注：1) 1999 年数据来源于《七九二矿退役治理工程环境影响报告书（可行性研究阶段）》（原核工业第四研究设计院，1999 年）；
2) 2005 年数据来源于《792-510 矿床残矿回收工程环境影响报告书》（原核工业第四研究设计院，2005 年）；
3) 2017 年数据来源于《龙江铀矿退役治理工程源项调查报告》（核工业北京化工冶金研究院，2017 年）；
4) 2025 年为建设单位自行监测和核化冶院监测数据，主要监测设备为微量铀分析仪和质谱仪，主要方法为 HJ840-2017 和 HJ700-2014；
5) 2018~2024 年数据来源于《2018~2024 龙江铀矿流出物和环境监测年报》。

➤ 地表水中 $U_{\text{天然}}$ 参考水平

本项目地表水水体参考水平取历史监测数据的最大值。

需要说明的是，W6 断面（羊肠沟与牛棚沟交汇前羊肠沟上游 50m）羊肠沟地表水水体中 $U_{\text{天然}}$ 受龙江铀矿废石、污染土等影响，导致水体中 $U_{\text{天然}}$ 含量明显偏高，因此目前 W6 断面不具备统计分析条件，待矿坑水疏干、治理完成羊肠沟源项后，对 W6 断面开展 1 个水文年监测（至少枯水、丰水期各 1 次）后，再给出参考水平。

各地表水体中 $U_{\text{天然}}$ 参考水平见表 6.3-8。

表 6.3-8 矿区地表水体建矿前和近些年 $U_{\text{天然}}$ 含量统计

序号	水体	关键断面	$U_{\text{天然}}$, mg/L			备注
			历史数据	建矿前	参考水平	
1	中长沟	W1、W2	0.015~0.268	0.00077 ~0.06618	0.268	
2	羊肠沟	W5、W6	0.009~2.10		/	W6 断面不具备统计分析条件，待矿坑水疏干、治理完成羊肠沟源项后，掌握 W6 断面 1 个水文年数据后，再给出。
3	牛棚沟	W3、W4、 W7、W9	0.007~0.048		0.048	
4	天葬沟	W8	0.005~0.075		0.075	
5	白龙江	W10、W11	0.0014~0.033		0.033	

（iii）矿区周围地表水体定期监测计划

施工期定期对周围地表水进行监测，施工期监测频次为 1 次/半年，监护期前两年监测频次为 1 次/a，之后每两年监测 1 次。一旦发现异常（ $U_{\text{天然}}$ 高于地表水参考水平），及时查找原因。若发现地下水出露，出露点 $U_{\text{天然}}$ 高于 0.3mg/L，则采用移动式树脂离子交换车或采取 PRB（可反应渗透墙）对出露的水进行处理，使其达标排放。

6.3.3.2 废石场治理

1) 清挖治理方案

本项目拟采用清挖、迁移治理的方案。即将该废石场废石及下部污染土全部清挖、迁移至新建的集中覆盖治理设施内，与该设施一并考虑退役治理。废

石场清挖污染土的深度为 1m。具体治理方案如下：

(1) 将废石场的全部废石及其下部污染土清挖后运至集中覆盖治理设施内进行集中处置，共计 8.16 万 m³；

(2) 废石场清挖施工过程中，应贯彻“边施工、边监测，监测指导施工”的原则，彻底的清挖污染土层，治理后达到无限制开放使用深度；

(3) 对清挖后的废石场原址进行场地平整，然后用土回填超挖部分并压实（压实度≥85%），最后种草、植树以恢复自然植被，植被面积 6226m²；

(4) 为防止雨水冲刷覆土植被，根据地形条件等影响因素，废石场原址砌筑长度约 244.39m 的排水沟引离上游客水。

2) 清挖方案的可行性分析

对废石场采取挖除废石，并对废石场原址下部深度 100cm 的土层采取清挖方案。施工时废石场下部土壤中镭含量达到“本底值+0.18Bq/g”以下才停止清挖，以保证含有放射性物质的废石及污染土均被彻底清除。最后用土源地土壤回填废石场原址等治理措施，回填粘土厚度为 100cm。

该方案清理了污染物，操作简单，技术成熟，治理方案可行。

6.3.3.3 堆浸场治理

1) 清挖治理方案

堆浸池内尾渣已清运至 104 露天坑尾渣库内，本项目拟采用拆除、清挖、迁移治理的方案治理遗留的池体和污染土。即将堆浸场中堆浸池拆除，并对底部污染土全部清挖、迁移至新建的集中覆盖治理设施内，与该设施一并考虑退役治理。堆浸场清挖污染土的深度为 1m。具体治理方案如下：

(1) 拆除堆浸场中堆浸池，堆浸池拆除方案详见建（构）筑物治理章节，拆除的污染建筑垃圾运至集中覆盖治理设施处置；

(2) 将堆浸场下部污染土清挖后运至集中覆盖治理设施内进行集中处置，共计 5137m³；

(3) 堆浸场清挖施工过程中，应贯彻“边施工、边监测，监测指导施工”的原则，彻底的清挖污染土层，治理后达到无限制开放使用深度；

(4) 对清挖后的堆浸场原址进行场地平整，然后用土回填超挖部分并压

实（压实度 $\geq 85\%$ ），最后种草、植树以恢复自然植被，植被面积 5137m^2 ；

（5）为防止雨水冲刷覆土植被，根据地形条件等影响因素，堆浸场原址砌筑长度约 561.44m 的排水沟引离上游客水。

2) 清挖方案的可行性分析

该方案清理了污染物，操作简单，技术成熟，治理方案可行。

6.3.3.4 污染工业场地治理

本项目停产后遗留 3 处工业场地，共计治理面积 12999m^2 。本项目工业场地基本治理路线为：全部的污染土壤清挖、迁移至新建的集中覆盖治理设施，集中处置。

1) 清挖治理方案

（1）将龙江铀矿工业场地污染土壤全部清挖后运至尾渣库内进行集中处置，共计 9721.2m^3 。

（2）工业场地污染土壤清挖施工过程中，应贯彻“边施工、边监测，监测指导施工”的原则，彻底的清挖污染土层。治理后，可达到无限制开放使用。

（3）对清挖后的工业场地原址进行场地平整，然后用土回填超挖部分并压实（压实度 $\geq 85\%$ ），最后种草、植树以恢复自然植被，植被面积 12999m^2 。

（4）为防止雨水冲刷覆土植被，根据地形条件等影响因素，工业场地原址砌筑长度约 449.75m 的排水沟引离上游客水。

（5）根据《地质灾害危险性评估报告》（河北中核岩土工程有限责任公司，2017 年 12 月），工业场地附近存在滑坡体 3 处，需要消除其对工业场地造成的地质灾害影响。拟采取方案如下：

在滑坡体上部修砌排水沟，用以截排山坡汇水，减少坡面汇水对这几处滑坡体坡面冲刷，然后在滑坡体底部增设挡土墙，用以增加滑坡体稳定性。为防止雨力侵蚀滑坡体，除进行草灌地被建植外，采用土工格室复合植被护坡进行边坡防护。滑坡共计治理面积 5412m^2 ，修建排水沟长度 268.03m ，修建挡墙长度 179.59m 。

2) 清挖治理方案的可行性分析

本项目共有 3 处污染工业场地，全部采取清挖回填治理方案，污染物运至集中覆盖治理设施内，同时对周边地质灾害进行治理，不仅清理了污染场地，

还保障了场地安全，且操作简单，技术成熟，满足治理的要求，治理方案可行。

6.3.3.5 建（构）筑物治理

龙江铀矿遗留地表的建（构）筑物总占地面积为 12903m^2 ，全部为生产配套设施，目前除矿坑水处理设施及变电站外其余建（构）筑物处于闲置状态，破损比较严重，已失去再利用价值；根据 6.3.3.1 节坑（井）口治理方案，坑（井）口治理完成后将拆除，即本项目拟将所有建（构）筑物拆除处理。

需要说明的是，矿坑水处理设施留作施工期的应急环保设施，在项目周期第 35 个月方可拆除矿坑水处理设施相关建（构）筑物。

1) 受污染建（构）筑物

对于受污染的建（构）筑物采用机械拆除的方式进行处理，受污染共计 26 座，占地面积约 9995m^2 ，拆除污染建筑垃圾量约 13339m^3 。

上述受污染建筑垃圾拆除后均运至集中覆盖治理区处置。

2) 未受污染建（构）筑物

同样，对于未受污染的建（构）筑物采用机械拆除的方式进行处理，未受污染建（构）筑物共计 40 座，占地面积约 2908m^2 ，拆除未受污染建筑垃圾量约 11274m^3 。上述未受污染建筑垃圾回用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料。

建（构）筑物拆除的工程量详见表 6.3-9 和表 6.3-10。

该方案依据废物最小化原则，将建（构）筑物分为污染和未受污染两类，并分类处理，方案技术成熟可靠，治理方案是可行的。

表 6.3-9 受污染建（构）筑物拆除工程量

序号	名称	建筑类型	外形尺寸	占地面积 m²	建筑面积 m²	基础拆除量 m³		地上拆除量 m³		
						钢筋砼	素砼、砖、毛石	钢筋砼	砖、毛石、彩钢板	
1	水冶 及废 水处 理车 间	机修间	砼框架	8.3×6×4	50	50	17	84	30	94
2		化工原料及产品 贮存区库房	砌体	12×6×4	72	72		100	45	140
3		水冶车间厂房	砼框架	49×12.5×22	613	1500	99	567	1090	756
4		高位池 1	钢筋砼	Φ 9.4×3.5	69		31		81	
5		高位池 2	钢筋砼	Φ 10.4×3.5	85		34		85	
6		原液池	钢筋砼	Φ 22.7×3.5	405		291		203	
7		吸附尾液贮池	钢筋砼	15×10×5	150		90		150	
8		污水车间	砌体	27.3×6.3×4	172	172		186		305
9		车床	砌体	11.1×7.4×4	82	82		88	52	116
10		产品库房	砌体	18.2×7.4×4	135	135		170	81	246
11		石灰乳、废水沉淀及 废水排放池	钢筋砼	30×16×3	480		288		312	
12		水冶车间排放废水槽	砌体	14.6×8.3×3	121	121		128	44	192
13	老尾 渣库	消力池 1	钢筋砼	18×12×2	216		87		30	
14		消力池 2	钢筋砼	5.3×4.3×2	23		10		10	
15	破碎 浸出 厂房 区	破碎厂房	钢筋砼	12×6×12	72		180	265	550	1315
16		粉矿场	轻钢	45×26×5	1170	1170	79	65	49	87
17		粉矿仓	钢筋砼	3.4×1.5×4	5		2		3	
18		浸出过滤厂房	轻钢	43.5×27×13	1107	1107	380	444	82	386

序号	名称	建筑类型	外形尺寸	占地面积 m²	建筑面积 m²	基础拆除量 m³		地上拆除量 m³	
						钢筋砼	素砼、砖、毛石	钢筋砼	砖、毛石、彩钢板
19	大棚	轻钢	8.1×6.6×4	54	27	16			11
20	缓存罐	钢筋砼	5.5×4.2×3	23		12		24	
21	堆浸场废水暂存罐	钢筋砼	18×12×3	216		108		72	
22	堆浸池	钢筋砼	209×21×4	4389		1360		980	
23	水冶工业场地围墙	砌体	60×3				94		67
24	矿井水处理车间	轻钢	13×9×10.5	131	131	50	72		72
25	矿坑水贮池泵房	砌体	4×3.5×2.6	20	18		8	6	16
26	矿井水贮池	钢筋砼	17×7.5×1.9	140		152			
合计				9995	4585	3286	2271	3979	3803

表 6.3-10 未受污染建（构）筑物拆除工程量

序号	名称	建筑类型	外形尺寸	层数	占地面积 m²	建筑面积 m²	基础拆除量 m³		地上拆除量 m³		
							钢筋砼	素砼、砖、毛石	钢筋砼	砖、毛石、彩钢 板	
1	水冶 及废 水处 理车 间	压风机房	砌体	5×4×4	1	20	20		64	16	55
2		劳保库房	砌体	6×4.2×4	1	25	25		57	20	85
3		锅炉房	砌体	6×5.6×4	1	34	34		58		129
4		淋浴室	砌体	17.4×4.2×4	1	73	73		113		251
5		配电室	砌体	16.3×6×4	1	98	98		128	61	186
6		中心分析室	砌体	15.5×12.5×4	1	194	194		214		336
7		硫酸库	轻钢	11.7×9.9×3	1	116	58	48			14
8		配电室	砌体	7.4×4.5×4	1	33	33		63	15	79
9		发电机房	砌体	7.4×6.4×4	1	47	47		114	36	164
10		门卫室	砌体	7.6×7.4×4	1	56	56		110	33	127
11	老尾 渣库	老尾渣库值班 室	砌体	5.7×4.7×3.5	1	27	27		59	13	74
12	破碎 浸出 厂房 区	破碎厂房值班 室	砌体	3.6×2.7×4	1	10	10		20	6	23
13		锅炉房	砌体	18×3.5×6	1	63	63		70		143
14		洗澡间	砌体	37×9×5	1	333	333		522		1158
15		工业水池	钢筋砼	11.1×9.3×3.5		103		52		114	
16		浸出过滤厂房 值班室	砌体	4.4×3.5×4	1	15	15		28		33

序号	名称	建筑类型	外形尺寸	层数	占地面积 m ²	建筑面积 m ²	基础拆除量 m ³		地上拆除量 m ³	
							钢筋砼	素砼、砖、毛石	钢筋砼	砖、毛石、彩钢板
17	压风机房	砌体	8.4×3.2×4	1	27	27		40		59
18	配电控制室	砌体	5.5×3×4	1	17	17		33		39
19	库房	砌体	13.1×12.2×4	1	160	160		198		352
20	危化室	砌体	6.3×4.3×4	1	27	27		63	15	79
21	堆场值班室	砌体	5.7×4.7×3	1	27	27		42	13	52
22	值班室	砌体	11.5×3.9×4	1	45	45		67		149
23	空压机房	砌体	12.3×4.6×4	1	57	57		87		193
24	矿石检查站	砌体	10.5×8.2×4	1	86	86		158	38	198
25	材料库房	砌体	12.6×5.6×4	1	71	71		103		166
26	炸药库	混凝土	3.3×2.3×4		8	8		23	5	33
27	雷管库	砌体	2.5×2.5×4	1	6	6		18	4	27
28	应急救援室	砌体	10.5×4.9×4	1	51	51		79	35	104
29	淋浴室	砌体	14.7×9.1×4	1	134	134		106	64	425
30	锅炉房	砌体	14.8×7.4×4	1	110	110		157	70	208
31	水箱	钢筋砼	6.6×5.8×4		38		20		40	
32	工业蓄水池	钢筋砼	10.3×5.4×3.5		56		28		44	
33	主配电室	砌体	15×22×5	1	330	330		368	102	517
34	发电机房	砌体	11.8×11.5×5	1	136	136		141	48	211
35	值班室	砌体	6×5.2×4	1	31	31		49	13	56

序号	名称	建筑类型	外形尺寸	层数	占地面积 m ²	建筑面积 m ²	基础拆除量 m ³		地上拆除量 m ³	
							钢筋砼	素砼、砖、毛石	钢筋砼	砖、毛石、彩钢板
36	库房	砌体	12.4×10.6×4	1	131	131		189	84	250
37	厕所	砌体	3.7×3.6×4	1	13	13		30	9	37
38	变压器室	砌体	5×5×4	1	25	25		39	14	47
39	围墙	毛石	146x4					235		168
40	监护值班间	砌体	16.5×4×4.8		75	91		49	27	66
合计					2908	2669	148	3894	939	6293

6.3.3.6 污染设备管线治理

本项目遗留地表的污染设备管线共计 393 台(件)、重量 479.2t, 管线 5296m、重量 24.1t。根据污染设备管线的监测数据、使用功能、污染方式和类型, 确定治理方案。

需要说明的是, 矿坑水处理设施留作施工期的应急环保设施, 方可拆除矿坑水处理设施相关设备及管线。

1) 治理方案

(1) 非金属类设备管线

龙江铀矿停产后遗留地表非金属类设备共计 34 台(件)、管线 4916m, 非金属类设备管线共计 61.4t, 经拆除、解体后, 运至集中覆盖治理区或废物收纳池, 具体治理方案见表 6.3-11。

(2) 金属类设备管线

龙江铀矿停产后遗留地表金属类固体性 α 、 β 表面污染设备 359 台(件)、管线 380m, 共计 441.9t。该类设备管线解体、简单去污后, 运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心(710 厂)熔炼去污处置, 治理方案表 6.3-12。

2) 治理方案可行性分析

对于受污染的设备和管线采用分类处理的方式, 无利用价值的非金属设备管线集中填埋处置, 金属类设备管线, 采取熔炼回收再利用方式处理。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。

表 6.3-11 非金属材料污染设备管线治理方案

序号	位置	设备名称	件数(台/米)	单重 kg	总重 kg	材质	处理方式	退役后去向
1	矿石破碎	静电除尘器滤芯	1	18	18	纤维	拆除、解体	集中覆盖治理区
2	堆浸	喷淋装置	2	120	240	塑料	拆除、解体	集中覆盖治理区
3	浸出车间	电子皮带秤	1	120	120	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
4	浸出车间	振动筛給料皮带	1	120	120	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
5	浸出车间	振动筛出料皮带	1	120	120	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
6	浸出车间	振动筛粉矿皮带	1	120	120	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
7	浸出车间	反击破給料皮带	1	120	120	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
8	浸出车间	反击破出料皮带	1	120	120	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
9	浸出车间	球磨 1#进料皮带	1	120	120	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
10	浸出车间	粉矿堆活动皮带	1	120	120	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
11	浸出车间	进堆 1#-3#皮带	3	120	360	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
12	浸出车间	1#-5#堆皮带	5	120	600	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
13	浸出车间	堆厂活动皮带	1	120	120	橡胶	拆除、解体	集中覆盖治理区
14	浸出车间	除尘器滤芯	1	120	120	纤维	拆除、解体	集中覆盖治理区
15	离子交换	玻璃转子流量计	2	1	2	玻璃	拆除、解体	集中覆盖治理区
16	离子交换	玻璃转子流量计	2	1	2	玻璃	拆除、解体	集中覆盖治理区
17	离子交换	41 吨树脂	1	41000	41000	树脂	拆除、解体	集中覆盖治理区
18	破碎/水冶	运输管	4200	3.37	14154	PE/PPR	拆除、解体	集中覆盖治理区
19	矿坑水处理设施	耐腐蚀液下泵	3	150	450	LDPE	拆除、解体	废物收纳池
20	矿坑水处理设施	PE 立式锥底储罐	1	300	300	LDPE	拆除、解体	废物收纳池
21	矿坑水处理设施	氯化钡配制槽	2	150	300	PTFE	拆除、解体	废物收纳池
22	矿坑水处理设施	计量泵	2	7.5	15	PE	拆除、解体	废物收纳池
23	矿坑水处理设施	PPH 管	416	1.4	582.4	PPH	拆除、解体	废物收纳池
24	矿坑水处理设施	HDPE 管	200	10.5	2100	HDPE	拆除、解体	废物收纳池
25	矿坑水处理设施	PE 管	100	0.4	40	PE	拆除、解体	废物收纳池

表 6.3-12 金属类污染设备管线治理方案

序号	位置	设备名称	件数(台)	单重 kg	总重 kg	材质	处理方式	退役后去向
1	采掘工区	轴流式通风机	2	560	1120	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
2	采掘工区	喷浆机	1	1200	1200	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
3	采掘工区	矿山节能风机	2	2300	4600	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
4	采掘工区	矿山节能风机	2	2300	4600	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
5	采掘工区	空压机	1	560	560	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
6	采掘工区	电子磅秤	1	120	120	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
7	采掘工区	螺杆式空压机	1	450	450	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
8	采掘工区	电子磅秤	1	100	100	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
9	采掘工区	高压开关柜	3	100	300	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
10	采掘工区	电焊机	1	30	30	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
11	采掘工区	电焊机	1	30	30	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
12	采掘工区	台式钻床	1	1200	1200	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
13	采掘工区	台式砂轮机	1	1100	1100	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
14	采掘工区	动力配电柜	1	100	100	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
15	采掘工区	控制台	1	200	200	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
16	采掘工区	自耦减压控制箱	1	100	100	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
17	采掘工区	低压配电设备	1	200	200	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
18	采掘工区	斜井捞车器	1	4500	4500	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
19	堆浸	小型拖拉机	3	1300	3900	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
20	堆渣处置	小型拖拉机	2	2100	4200	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
21	浸出车间	鼓膜空压机	1	350	350	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
22	浸出车间	储气罐	1	240	240	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
23	浸出车间	地沟泵	1	300	300	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
24	浸出车间	蒸汽锅炉	1	210	210	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
25	浸出车间	鼓风机	1	160	160	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼

序号	位置	设备名称	件数(台)	单重 kg	总重 kg	材质	处理方式	退役后去向
26	浸出车间	引风机	1	160	160	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
27	浸出车间	炉排调速器	1	120	120	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
28	浸出车间	上煤机	1	350	350	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
29	浸出车间	给水泵	2	300	600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
30	浸出车间	软化水装置	2	100	200	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
31	浸出车间	汽水集配器	1	10	10	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
32	浸出车间	汽水集配器	1	10	10	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
33	浸出车间	洗澡堂采暖泵	1	300	300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
34	浸出车间	电力变压器	1	700	700	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
35	浸出车间	台式砂轮机	2	1200	2400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
36	浸出车间	台式钻床	3	1200	3600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
37	浸出车间	电焊机	1	30	30	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
38	水冶车间	硫酸泵	1	300	300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
39	水冶车间	液压叉车	2	2300	4600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
40	水冶车间	平衡重式叉车	1	4500	4500	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
41	水冶车间	电子地上衡	1	1200	1200	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
42	水冶车间	电焊机	1	30	30	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
43	水冶车间	电焊机	1	30	30	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
44	水冶车间	液位控制箱	1	130	130	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
45	水冶车间	动力柜	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
46	水冶车间	空压机	1	450	450	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
47	水冶车间	储气罐	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
48	水冶车间	叉式装卸车	1	3400	3400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
49	水冶车间	工业水箱	1	100	100	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
50	水冶车间	工业水箱清水泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
51	水冶车间	空压机	1	2400	2400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
52	水冶车间	硫酸亚铁配制泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼

序号	位置	设备名称	件数(台)	单重 kg	总重 kg	材质	处理方式	退役后去向
53	水冶车间	硫酸储槽	1	340	340	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
54	水冶车间	硫酸泵	3	300	900	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
55	废水处理	石灰乳搅拌机	1	250	250	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
56	废水处理	石灰消化机	1	480	480	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
57	废水处理	石灰乳地沟泵	1	300	300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
58	机修车间	悬挂式起重机	1	1600	1600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
59	机修车间	附起重运行电机	1	1600	1600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
60	机修车间	电动葫芦	1	2000	2000	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
61	磅房	汽车电子衡	1	1200	1200	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
62	绞车房	双电源柜	1	130	130	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
63	矿石计量站	电子衡	3	2200	6600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
64	提升机房	提升绞车	1	1600	1600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
65	退役工程部	挖掘机	3	20500	61500	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
66	退役工程部	装载机	1	5400	5400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
67	退役工程部	吊车	1	6700	6700	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
68	退役工程部	斯太尔	1	1200	1200	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
69	退役工程部	陕汽奥龙自卸车	2	2300	4600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
70	水源井	多级泵	6	240	1440	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
71	水源井	自耦减压启动柜	1	290	290	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
72	变电所	高压开关柜(井下)	1	120	120	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
73	变电所	高压开关柜(堆浸)	2	120	240	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
74	变电所	电力变压器	1	340	340	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
75	矿石破碎	槽式给料机	1	7700	7700	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
76	矿石破碎	颚式破碎机	1	8100	8100	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
77	矿石破碎	电振给料机	1	6800	6800	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
78	矿石破碎	反击式破碎机	1	8100	8100	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
79	矿石破碎	对辊破碎机	2	8700	17400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼

序号	位置	设备名称	件数(台)	单重 kg	总重 kg	材质	处理方式	退役后去向
80	矿石破碎	自定中心振动筛	1	1800	1800	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
81	矿石破碎	皮带运输机	4	600	2400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
82	矿石制粒	电振给料机	1	760	760	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
83	矿石制粒	电振给料机	1	790	790	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
84	矿石制粒	螺旋输送机	1	1300	1300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
85	矿石制粒	原盘成球机	1	1100	1100	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
86	破碎站	重型振动筛	1	3400	3400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
87	破碎站	电机振动给料机	1	6700	6700	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
88	破碎站	动力控制柜	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
89	堆场	轮式控制掘机	1	3400	3400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
90	堆浸	皮带运输机	1	700	700	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
91	堆浸	离心泵	10	300	3000	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
92	堆浸	离心泵	1	300	300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
93	堆浸	钢制搅拌槽	2	150	300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
94	堆渣处置	离心泵	2	300	600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
95	浸出车间	颚破喂料机	1	7500	7500	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
96	浸出车间	颚式破碎机	1	7900	7900	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
97	浸出车间	振动式分选筛	1	5600	5600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
98	浸出车间	反击式破碎机	1	8100	8100	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
99	浸出车间	摆式给矿机	1	7800	7800	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
100	浸出车间	中心传动球磨机	1	675	675	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
101	浸出车间	分级机	1	2100	2100	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
102	浸出车间	溢流型球磨机	1	300	300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
103	浸出车间	旋流器给料泵	2	300	600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
104	浸出车间	鑫海耐磨旋流器	1	450	450	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
105	浸出车间	双叶轮浸出槽	2	550	1100	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
106	浸出车间	双叶轮高效吸附浸出槽	1	560	560	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼

序号	位置	设备名称	件数(台)	单重 kg	总重 kg	材质	处理方式	退役后去向
107	浸出车间	矿浆中转泵	1	300	300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
108	浸出车间	板框给料泵	3	300	900	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
109	浸出车间	板框洗水泵	2	300	600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
110	浸出车间	程控隔膜压滤机	2	300	600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
111	浸出车间	双光辊破碎机	1	3400	3400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
112	浸出车间	双光辊破碎机	1	4600	4600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
113	水冶车间	水泵及机组	1	3400	3400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
114	水冶车间	全套水泵机组	2	4400	8800	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
115	水冶车间	厢式压滤机	1	3400	3400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
116	水冶车间	离心式渣浆泵	1	2300	2300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
117	水冶车间	自吸泵	2	230	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
118	水冶车间	化工泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
119	水冶车间	离心泵	1	220	220	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
120	水冶车间	离心泵	1	220	220	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
121	水冶车间	防腐波动流量计	1	10	10	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
122	水冶车间	压滤机	1	2400	2400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
123	水冶车间	化工泵	5	120	600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
124	水冶车间	自吸泵	1	120	120	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
125	水冶车间	淋洗塔I	1	1600	1600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
126	水冶车间	淋洗塔II	1	1600	1600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
127	水冶车间	转型塔	1	1600	1600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
128	水冶车间	吸附塔I	1	1600	1600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
129	水冶车间	吸附塔II	1	1600	1600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
130	水冶车间	吸附塔III	1	1600	1600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
131	水冶车间	浸出剂多级泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
132	水冶车间	回收合格液泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
133	水冶车间	贫液中转泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼

序号	位置	设备名称	件数(台)	单重 kg	总重 kg	材质	处理方式	退役后去向
134	水冶车间	合格液中转泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
135	水冶车间	产品沉淀槽	1	200	200	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
136	水冶车间	产品压滤机	2	3400	6800	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
137	水冶车间	沉淀剂配制泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
138	水冶车间	转型液配制泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
139	水冶车间	淋洗剂配制槽	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
140	水冶车间	淋洗剂配制泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
141	水冶车间	产品沉降槽	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
142	水冶车间	产品沉降槽	2	230	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
143	水冶车间	废水铀沉淀槽	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
144	水冶车间	1#吸附塔提升罐	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
145	水冶车间	2#吸附塔提升罐	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
146	水冶车间	1#淋洗塔提升罐	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
147	水冶车间	2#淋洗塔提升罐	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
148	水冶车间	转型塔提升罐	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
149	水冶车间	废水排放槽	2	460	920	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
150	水冶车间	树脂储存槽	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
151	水冶车间	树脂转运提升罐	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
152	水冶车间	泥浆泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
153	水冶车间	废渣压滤机	1	2700	2700	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
154	水冶车间	转型液配制槽	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
155	水冶车间	转型液中转槽	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
156	水冶车间	转型液泵	1	230	230	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
157	水冶车间	废水碱中和槽	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
158	水冶车间	废水酸中和槽	1	460	460	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
159	水冶车间	沉淀池抽出泵	1	300	300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
160	水冶车间	压滤机给料泵	1	300	300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼

序号	位置	设备名称	件数(台)	单重 kg	总重 kg	材质	处理方式	退役后去向
161	水冶车间	产品沉淀搅拌槽	1	340	340	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
162	废水处理	钢制搅拌槽	2	150	300	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
163	废水处理	离心泵	2	300	600	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
164	废水处理	离心泵	2	300	600	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
165	废水处理	板框压滤机	1	3000	3000	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
166	废水处理	搅拌槽	1	150	150	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
167	废水处理	钢制搅拌槽	2	160	320	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
168	废水处理	离心泵	3	300	900	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
169	废水处理	钢制衬胶搅拌槽	2	160	320	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
170	废水处理	产品桶	50	135	6750	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
171	废水处理	废渣压滤机	1	2700	2700	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
172	废水处理	沉淀池抽出泵	1	300	300	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
173	废水处理	压滤机给料泵	1	300	300	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
174	离子交换	钢制吸附塔	10	300	3000	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
175	离子交换	离心泵	6	300	1800	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
176	离子交换	钢制吸附塔	3	500	1500	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
177	离子交换	离心泵	5	300	1500	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
178	离子交换	产品桶	30	135	4050	金属	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
179	化验室	密封颚式破碎机	1	5600	5600	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
180	化验室	化验粉碎机	1	2300	2300	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
181	化验室	密封对辊破碎机	1	5500	5500	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
182	质检中心	圆盘粉碎机	1	5400	5400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
183	质检中心	颚式破碎机	1	7900	7900	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
184	质检中心	制样粉碎机	5	4500	22500	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
185	质检中心	高速万能粉碎机	1	3400	3400	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
186	采掘工区	铁轨	330	15	4950	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼
187	矿坑水处理设施	离子交换塔	6	3130	18780	钢铁	拆除, 简单去污, 解体	送 710 厂熔炼

序号	位置	设备名称	件数(台)	单重 kg	总重 kg	材质	处理方式	退役后去向
188	矿坑水处理设施	电动隔膜泵	1	400	400	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
189	矿坑水处理设施	自吸增压泵	1	11	11	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼
190	矿坑水处理设施	钢管	50	46.2	2310	钢铁	拆除，简单去污，解体	送 710 厂熔炼

6.3.3.7 老尾渣库治理

1) 治理方案

老尾渣库的尾渣已全部清挖至 104 露天坑尾渣库，原址剩余部分垫层、隔水层等污染土，以及未建设完成的尾渣坝坝体，采取清挖、迁移、集中处置方案：

- (1) 拆除老尾渣库的坝体 19000m^3 ，送至集中覆盖治理区处理；
- (2) 将老尾渣库下部污染土清挖后运至集中覆盖治理设施内进行集中处置，共计 11212.8m^3 ；
- (3) 老尾渣库清挖施工过程中，应贯彻“边施工、边监测，监测指导施工”的原则，彻底的清挖污染土层，治理后达到无限制开放使用深度；
- (4) 对清挖后的老尾渣库原址进行场地平整，然后用土回填超挖部分并压实（压实度 $\geq 85\%$ ），最后种草、植树以恢复自然植被，植被面积 4672m^2 ；
- (5) 为防止雨水冲刷覆土植被，根据地形条件等影响因素，老尾渣库原址砌筑长度约 248.95m 的排水沟引离上游客水。

2) 清挖方案的可行性分析

该方案清理了污染物，且操作简单，技术成熟，满足治理的要求，治理方案可行。

6.3.3.8 104 露天坑尾渣库治理

根据本项目总体治理方案，104 露天坑尾渣库采用原地覆盖治理方案，源项调查结果显示该库建设前未采取库底防渗措施。

6.3.3.8.2 治理思路的确定

治理思路 1：104 露天坑尾渣库拆除现有挡墙并重建拦渣坝、堆积坝坡面及滩面覆盖治理、新建截洪沟、104 露天坑尾渣库上游边坡及滑坡治理、新建防护围栏及坝体观测设施。

治理思路 2：104 露天坑尾渣库拆除现有挡墙并重建拦渣坝、尾渣库补设底部水平防渗或四周垂直防渗系统、堆积坝坡面及滩面覆盖治理、新建截洪沟、104 露天坑尾渣库上游边坡及滑坡治理、新建防护围栏及坝体观测设施。本项目从以下角度确定了治理思路，详见表 6.3-13，推荐思路 1。

表 6.3-13 104 露天坑尾渣库治理思路的比较

治理思路	方案简述	思路特点	是否推荐
思路 1	1) 104 露天坑尾渣库拆除现有挡墙并重建拦渣坝 2) 堆积坝坡面及滩面覆盖治理 3) 新建截洪沟 4) 104 露天坑尾渣库上游边坡及滑坡治理 5) 新建防护围栏及坝体观测设施	<p>主要特点是不再补设垂直或库底水平防渗措施，原因如下：</p> <p>1.经调查 104 露天坑尾渣库开采前原始地下水位位 3554m，工程勘察显示尾渣库库底最低标高为 3555.8m，丰水期和枯水期均未见地下水；考虑到矿山爆破开采，增加的山体裂隙通道，地下水水位不会再恢复至原始地下水位；此外，104 露天坑尾渣库位于地下水分水岭位置，多年观测库底均为发现地下水，该渣库几乎不受地下水侧向补给。因此，不会造成地下水浸泡尾渣现象。</p> <p>2.尾渣库顶部设置氦气抑制层厚 1.35m、1.5mm 复合土工膜、砂卵石导水层厚 0.3m、植被层厚 0.5m，表面植草护坡，可有效阻断雨水进入尾渣库内；此外，库体周围设有截排设施，及时引导外部客水。因此，不会造成尾渣库雨水渗入淋滤尾渣现象。</p> <p>3.因此，该渣库基本不会受地下水侧向补给和矿坑水水位恢复的影响，再切断大气降雨直接补给 104 露天坑覆盖治理后，不会产生尾渣库渗水，可不做防渗措施。</p>	推荐
思路 2	1) 104 露天坑尾渣库拆除现有挡墙并重建拦渣坝 2) 尾渣库补设底部水平防渗或四周垂直防渗系统 3) 堆积坝坡面及滩面覆盖治理 4) 新建截洪沟 5) 104 露天坑尾渣库上游边坡及滑坡治理 6) 新建防护围栏及坝体观测设施	<p>主要特点是补设尾渣库防渗措施，其可行性分析如下：</p> <p>1.垂直防渗补设可行性</p> <p>垂直防渗主要是采用截渗墙方式，将截渗墙底端与库底部微风化基岩连接，将库体与截渗墙、微风化基岩和顶部覆盖层形成密闭体系。根据勘察报告和原七九二开采资料，尾渣库下部主要为中风化炭质板岩，且下部存在原七九二开采的平硐，因此该区域不具备垂直防渗条件。</p> <p>2.尾渣翻堆、并铺设库底水平防渗的可行性</p> <p>104 露天坑尾渣库位于接近山顶位置，其周围没有足够的场地保证尾渣翻堆期间的安全稳定并防止二次污染，该尾渣库不具备翻堆进行水平防渗的条件。</p> <p>3.根据思路 1 调查结果，该尾渣库退役后顶部设有覆盖层、库体外围设有截排洪沟，库底标高高于原始地下水位标高，可不设做防渗措施。</p>	不推荐

6.3.3.8.2 104 露天坑尾渣库治理具体方案

根据推荐的治理思路 1，确定治理主要包括现有拦渣坝拆除重建、堆积坝坡面及滩面覆盖治理、新建截洪沟、104 露天坑尾渣库上游边坡及滑坡治理、新建防护围栏及坝体观测设施、设置地下水监测井等 6 部分，具体方案如下：

1) 现有拦渣坝拆除重建

104 露天坑尾渣库现状浆砌石拦渣坝顶标高约为 3569m，坝脚地面标高约为 3562m，拦渣坝底宽度 5.20m，拦渣坝基础埋深为 2.00m，最大坝高约 9.00m。

根据《龙江铀矿 510 一矿段退役治理工程露天坑尾渣库工程地质勘察报告》（河北中核岩土工程有限责任公司，2017.11），现有拦渣坝（挡土墙）处于极限稳定状态，未能达到规范规定的稳定性要求，墙底地基为矿渣，承载力较低，地基土压实不均匀，不能满足拦渣坝长期安全稳定要求，因此本项目对现有浆砌石拦渣坝进行拆除并新建浆砌石坝。拦渣坝拆除前应对坝前堆存的尾渣进行削坡并清挖，尾渣开挖坡度不陡于 1:1.5。

施工时，可根据工作面情况，先行施工下游拦渣坝，形成一定的拦渣库容。挡渣墙施工时，先半上游的尾渣进行局部开挖及放坡，形成可保证施工期安全稳定的尾渣坝坡，然后再对挡墙进行拆除。放坡及开挖的尾渣可以临时堆存在新建拦渣坝上游或尾渣库尾部远离挡渣墙的区域。施工过程中应加强管理，必要时采取支挡措施，确保拦渣挡墙拆除安全。

新建拦渣坝采用浆砌石结构，根据周围地形，西侧拦渣坝主坝轴线长约 50m，坝高约 13.5m，坝顶标高为 3572m，基础在炭质板岩上，基础挖深约 3.5m。104 露天坑尾渣库南侧部分山体低于露天坑尾渣库整治后滩面标高，根据该处地形地质情况，考虑在露天坑尾渣库南侧修建高 3~5m，长约 70m 的副坝。拦渣坝主坝及副坝顶标高以上利用尾渣进行堆积筑坝。拦渣坝主坝及副坝顶宽均为 1.8m，上游坝坡直立，下游坝坡坡比为 1:0.8，坝顶设置宽 0.4m，深 0.6m 的排水沟，以排出堆积坝坡面的雨水径流。拦渣坝基础开挖后两侧采用粘土回填压实，并在拦渣坝内侧铺设土工膜，以防止雨水自坝脚渗入库内。

2) 堆积坝坡面及滩面覆盖治理

新拦渣坝施工完成后，应将基础开挖时削挖的尾渣分层回填并压实，压实度要求不低于 0.92。高出拦渣坝顶的尾渣采用“上游法”进行堆积筑坝，坝坡

堆积坡度为 1:4。库内尾渣滩面沿主坝轴线方向应坡向北侧截洪沟，垂直主坝轴线方向自尾渣库尾部坡向主坝位置处，坡度约 2%，以保证滩面及堆积坝坡面的雨水顺利流入截洪沟内最终排出库外，使尾渣库保持干涸状态。

对现状滩面以上堆渣范围内的露天边坡进行防渗处理，即对现状滩面标高以上的边坡先铺设 0.5m 厚粘土，然后再铺设复合土工膜（两布一膜，布 250g/m²，膜厚 1.5mm）进行防渗。

削挖回填的尾渣按设计要求进行压实整坡后，先在堆积坝坡面及滩面铺设 1.35m 厚的粘土屏蔽抑制氡的析出，然后再铺设土工膜防渗层（两布一膜，布 250g/m²，膜厚 1.5mm），膜上铺设 0.3m 厚砂卵石作为排水层，排水层之上再覆盖 0.5m 厚的土作为种植层，治理后尾渣库滩面面积为 9600m²。

为防止雨水冲刷破坏，堆积坝顶部设置排水沟，尾渣堆积坡面采用浆砌片石骨架内植草护坡，滩面采用植草护坡。覆盖治理后尾渣堆积坝顶标高约为 3582m。堆积坝坡 3577m 处设置一条 2m 宽的马道，马道上设宽 0.4m 深 0.6m 的排水沟。

3) 新建截洪沟

根据露天坑尾渣库周围实际地形和治理后的坝体形式，设计在露天坑尾渣库靠近山坡的东侧及北侧新建截洪沟作为排洪设施。

根据《核工业铀水冶厂尾矿库、尾渣库安全设计规范》（GB50520-2009），104 露天坑尾渣库为四等库，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。

截洪沟净断面为 1m×1m（宽度×深度），设计最小坡度为 0.01，设计和校核频率洪峰流量下载洪沟安全超高分别为 0.55m 和 0.45m，均满足规范规定的 0.5m 和 0.3m 限值要求；截洪沟采用 C30 钢筋砼结构，截洪沟长约 600m，基础要求坐在基岩或老土上。截洪沟出尾渣库后沿山坡将水流导入中长沟小溪内，截洪沟坡度较陡地段设置台阶进行消能，以减少水流冲刷破坏。

4) 104 露天坑尾渣库上游边坡及滑坡治理

(1) 滑坡体及潜在滑动面治理

104 露天坑尾渣库地及周边岩层走向约 NW 向 110°~140°，倾向为 NE20°~50°，倾角 60°~80°，岩层倾向与坡向相反，不易形成岩体滑坡。但

区域第四系地层较为松散，在降水侵蚀作用下易产生冲蚀沟，加之人类工程活动影响，坡体沿基岩面产生滑动，尤其是凹形山谷等易汇水区域。经调查，场地附近有四处该类型滑动：

①拦渣坝正北侧上方约 50m 的山坡因道路切坡已发生了小范围的滑坡，该滑坡宽约 10m，长度约 12m，滑坡体厚度约 1.0m，影响面积约 123m²，滑动距离约 5m，滑动方量约 100m³；

②拦渣坝 NE61.5°约 109m 处，滑坡体宽 12m，长度约 9m，影响面积约 260m²，后缘滑动距离约 6m，滑动方量约 140m³；

③拦渣坝 NE41.5°约 225m 处，滑坡体宽约 10m，长约 12m，影响面积约 685m²，滑坡滑动距离约 11m，滑动方量约 240m³；

④拦渣坝 NE55.4°约 230m 处，滑坡体宽约 13m，长约 16m，影响面积约 618m²，滑动方量约 350m³。

104 露天坑尾渣库南侧山包，因第四系覆盖层较薄，目前边坡处于稳定状态，但顶部表面局部有冲蚀变形现象，不排除后期沿基岩软弱结构面产生滑动。根据现场测量，该处易滑动范围约 16m，易滑体顶部距路面约 19m。山包北侧暴露基岩岩层层面向与坡向基本一致，但岩层层面倾角大于坡角。岩石表面节理裂隙非常发育，且山体上部有碎石堆积，有岩块掉落的风险。

为防止露天坑尾渣库上游的四处滑坡及南侧山包存在的滑动隐患影响尾渣库安全，考虑将尾渣库北侧山坡上的 4 个滑坡体进行清除，并对尾渣库南部存在滑动隐患的山体进行削坡处理。滑坡体清理体积约 3600m³，由于上述滑坡未污染，考虑将其作为路基填料回填污染道路清挖后的路槽作为路基。滑坡体清理及山体削坡后，进行三维土工网植被护坡，护坡面积约 2600m²。

（2）104 露天采场边坡（104 露天坑尾渣库上游边坡）治理

104 露天坑尾渣库东侧为原露天采掘形成的边坡，采矿过程中形成了梯级开拓的稳定边坡并在上方修筑有截洪沟。岩体结构面主要为节理裂隙面及岩层层面，岩层层面与坡面多呈斜交，岩层倾向 NE25°~35°，北侧坡向 SW235°，东侧坡向 NW311°，岩层层面与坡面多呈正交或斜交，所以边坡整体稳定性较好。但部分岩体（尤其是上部）交叉节理发育密集，易产生掉块等风险；阶梯平台上存在部分废石未清理干净，有坠落风险。

为防止边坡掉落的岩土影响截洪沟安全，确保 104 露天坑尾渣库安全，设计考虑对北侧梯级边坡进行治理。经测量该处边坡面积约 9500m²，治理方案为：水泥喷浆并打设锚杆进行稳定化治理，锚杆采用全长粘结型水泥砂浆锚杆，每根锚杆长 2.5m，直径 20mm，按 1.5m×1.5m 的间距布置，锚杆垂直坡面打设，然后挂 φ8 的 I 级钢筋网，网筋纵横间距均为 0.25m，并在表面喷射厚度 15cm 的 C30 混凝土。

5) 新建防护围栏及坝体观测设施

(1) 围栏

为使退役整治后的尾渣库成为一个全封闭的设施，避免交叉污染，排除外界侵扰，设计在治理后的 104 露天坑尾渣库周界设置一圈防护围栏。围栏采用单栅栏形式，由混凝土方钢立柱和斜刺钢丝网组成，高 2.5m，总长度约 600m。

(2) 坝体观测设施

为保证 104 露天坑尾渣库安全稳定，退役治理后应在尾渣坝体及两侧山体稳定位置设置观测标点和观测基点，定期对 104 露天坑尾渣库体位移进行监测。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。

①观测标点

在治理后的尾渣堆积坝 3577m 及 3582m 标高布置 5 个观测标点。埋设提前预制的混凝土桩，在坝体中间及两侧布置。

②观测基点

观测基点包括起测基点和工作基点，布置在观测标点连线的延长线上的两岸山坡较稳固的地点，高程与观测标点相当。在出露较为平整的地段，凿小十字作为观测基点或埋设混凝土观测桩。共计 3 个混凝土观测桩。

6) 地下水监测井布置

104 露天坑尾渣库退役治理后，与原 792 矿废石场、集中覆盖治理区连成一起，形成一个整体的监护设施。根据该区域中长沟为“V”字形，区域地下水总体流向沿地形走势，整体从北向南流动，两侧山体局部地下水流向由山脊向沟谷流动。

因此，本项目在退役治理监护区域地下水流动方向上游 50m 和下游 50m 各设置 1 口地下水监测井。

地下水监测井布置位置见图 6.3-8，退役治理后 104 露天坑尾渣库剖面图和平面图详见图 6.3-9 和 6.3-10。

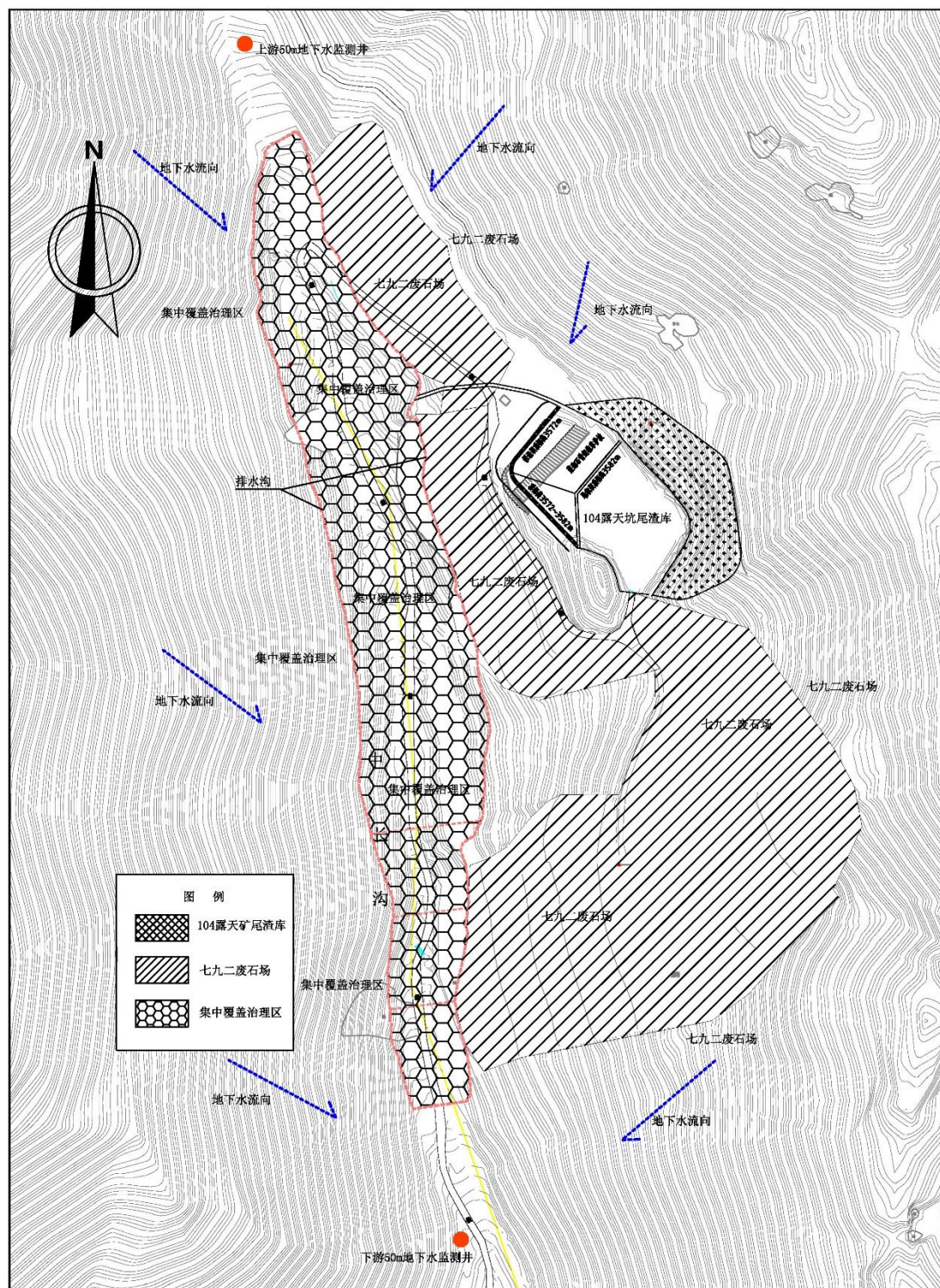


图 6.3-8 地下水监测井布置示意图

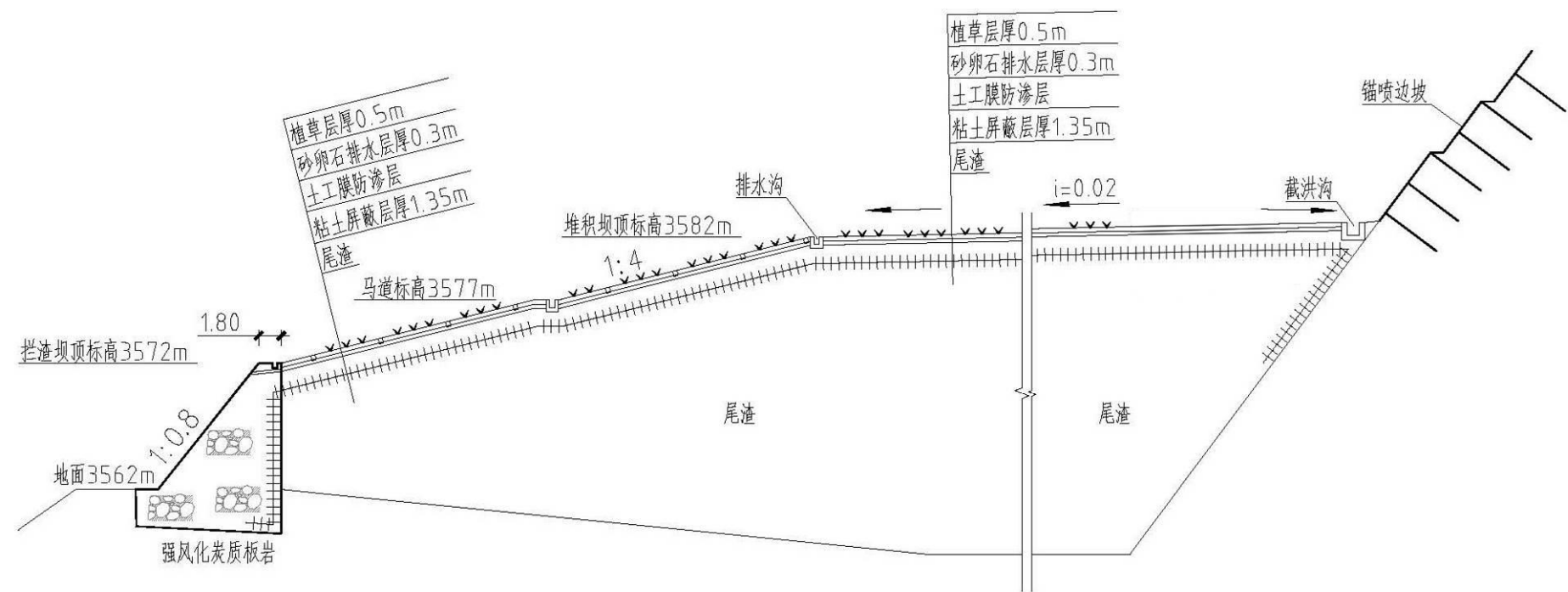


图 6.3-9 104 露天坑尾渣库治理方案剖面图

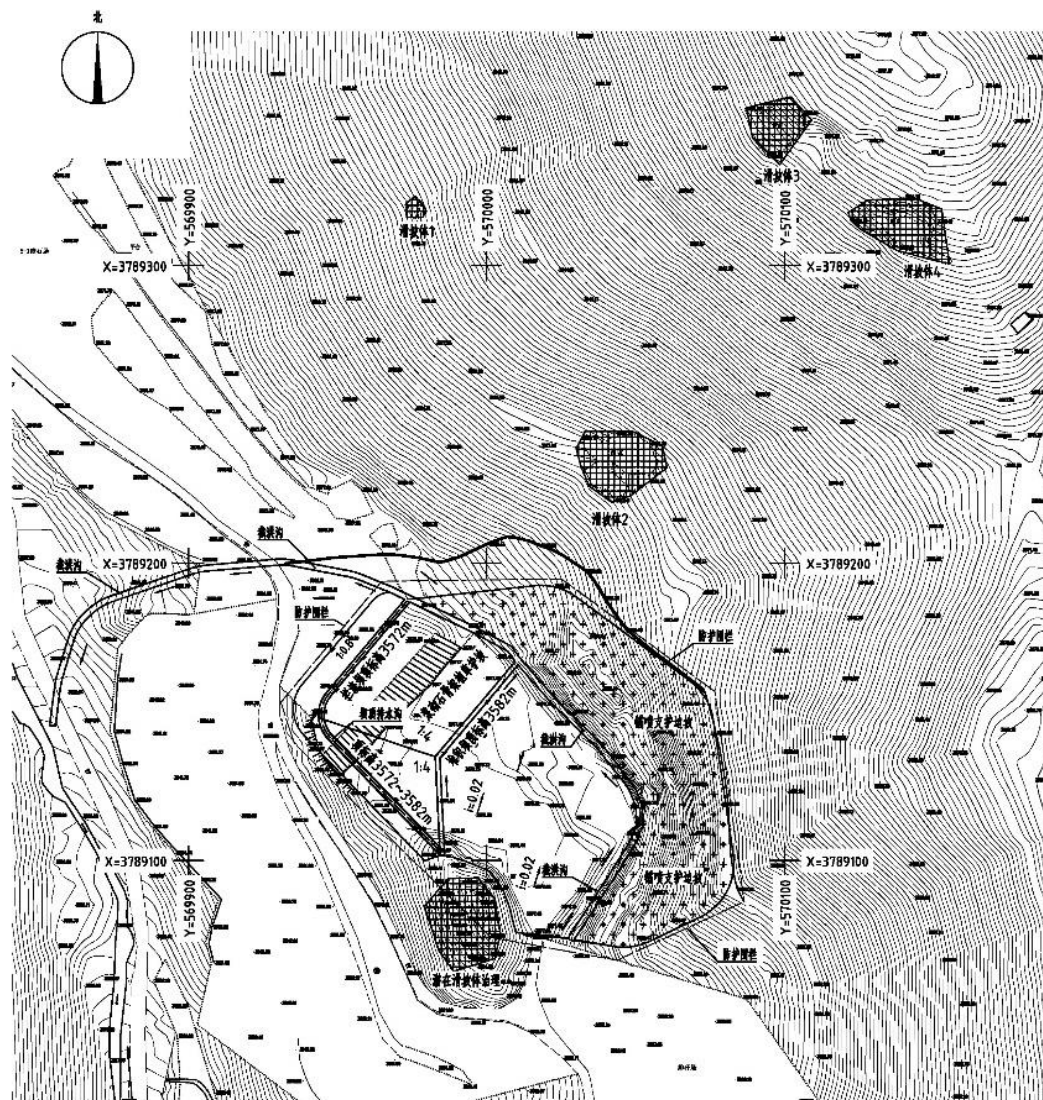


图 6.3-10 104 露天坑尾渣库治理方案平面图

7) 104 露天坑尾渣库退役治理方案可行性分析

(1) 104 露天坑尾渣库的辐射安全可靠分析

104 露天坑尾渣库采取原地覆盖、植被的治理措施,覆盖层厚度为 215cm,其中防氡屏蔽层为 135cm。屏蔽层厚度的确定依据尾渣的表面氡析出率平均水平及粘土覆盖试验。屏蔽层材料为粘土,取土地需经过监测确定取土场的 γ 辐射剂量率、表面氡析出率以及土壤中的铀镭含量均处于当地本底水平、为清洁的粘土,方可作为土源地。由于粘土密实度高,孔隙度小,对氡的析出有较好的抑制作用。所以,利用覆土厚度公式对尾渣库屏蔽后氡析出率预测,结果为 $0.70\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$,满足小于 $0.74\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$ 管理限值的要求,屏蔽后的 104 露天坑尾渣库列为有限限制开放使用。

(2) 尾渣库的安全稳定性分析

①库址条件简要分析

104 露天坑尾渣库是由原堆存于羊肠沟老尾渣库及堆浸池内的尾渣全部回填至原 104 露天采场废墟而形成的,为应急处理形成的现有尾渣库,堆存尾渣时未采取工程防渗措施。

根据《龙江铀矿 510 一矿段退役治理工程露天坑尾渣库工程地质勘察报告》(河北中核岩土工程有限责任公司,2017.11)中相关内容,库区内无活动性断裂、泥石流、地面塌陷等不良地质作用,区域地质稳定。104 露天坑尾渣库区出露地层较简单,基岩为一套较单一的浅变质岩及上志留系白龙江群板岩、千枚岩,上覆第四系松散层。第四系人工填土为堆存尾粉土、杂填土,坡残积层为含角砾粉质黏土,变质岩地层主要为强风化、中等风化炭质板岩和夹层强风化千枚岩,地质条件较好;104 露天坑尾渣库场地内大部分为中等风化炭质板岩,节理较为发育,大多呈闭合状态,渗透性差。工程勘察期间未见地下水。由此可见,库址周围环境稳定性较好,地层岩石完整性及地质结构较好,且水文地质条件渗透性较差。因此,从库址条件角度看,治理方案是可行的。

②104 露天坑尾渣库防洪分析

104 露天坑尾渣库的排洪设施采用截洪沟,采用 C30 钢筋砼结构,截洪沟长约 600m。经洪水计算,排泄设计频率($P=2\%$)暴雨洪水时,截洪沟实际安全超高为 0.55m,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,截洪沟实际安全超高为 0.45m,大于规范规定最小安全超高 0.3m。尾渣库防洪安全可满足 GB50520-2009 标准要求,104 露天坑尾渣库防洪安全是有保障的。因此,从 104 露天坑尾渣库防洪角度看,治理方案是可行的。

③104 露天坑尾渣库坝体安全稳定性分析

104 露天坑尾渣库所在地区地震烈度为 7 度,按照《核工业铀水冶厂尾矿库、尾渣库安全设计规范》(GB50520-2009),尾渣库应验算坝体正常工作条件(104 露天坑尾渣库内无积水,尾渣坝体无浸润线)及非常工作条件(正常工作条件下遭遇地震)时的坝体稳定性。

经计算坝体正常工作条件下的最小安全系数为 1.328,坝体正常工作遭遇地震情况下最小安全系数为 1.160,分别大于规范规定的四等库的最小安全系数限值 1.25 和 1.10 的要求,整治后的尾渣库坝体安全稳定性满足 GB50520-2009 规定的要求。

拦渣坝体顶部设置了坝体沉降位移观测桩,实施定期或不定期进行现场监测,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 104 露天坑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

104 露天坑尾渣库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 1.35m、1.5mm 复合土工膜、砂卵石导水层厚 0.3m、植被层厚 0.5m,表面植草护坡。其中,砂卵石层既有导排水功能又可避免啮齿动物及植物根系可能造成粘土层破坏的不利影响,粘土和复合土工膜组成的复合防渗层可以有效隔离雨水渗入氦气抑制层及尾渣库内。104 露天坑尾渣滩面由库内坡向坝肩排水沟,坡度大于 1%,导排尾渣库滩面雨水,使 104 露天坑尾渣库滩面保持干涸。另外,104 露天坑尾渣库滩面覆盖层表面植草护坡,提高了抵御径流冲刷及风雨侵蚀的能力。因此,从覆盖层长期稳定性来看,104 露天坑尾渣库治理方案是可行的。

⑤人为侵扰稳定性分析

人为侵扰主要考虑人们在 104 露天坑尾渣库上的活动,其形式主要有人为挖掘浆砌片石、破坏护坡和放牧等。由于原地覆盖治理的尾渣库属于有限制使用的设施,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，可以防止事件的发生。此外，本项目治理区域基本为非放牧区，为了避免和减少牲畜破坏植被护坡，设计采用围栏进行围挡阻隔，围栏为单栅栏形式，由混凝土方钢立柱和斜刺钢丝网组成，高 2.5m，总长度约 600m。因此，104 露天坑尾渣库人为侵扰的稳定性是能够得到保证的。

⑥尾渣库渗水产生可能性分析

104 露天坑尾渣库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 1.35m、1.5mm 复合土工膜、砂卵石导水层厚 0.3m、植被层厚 0.5m，表面植草护坡，可有效阻断雨水进入尾渣库内。

根据《四川省若尔盖县 510 矿区一矿段铀矿储量报告》（原四川省地质局 405 地质队革命委员会，1970 年 12 月）中“510 矿区一矿段矿床地形地质水文地质图”尾渣库下部地下水位标高约为 3554m，低于尾渣库底标高 3555.8m 标高。矿床开采过程中，增加了地下水的排泄通道和排泄量，降低了地下水位，当矿井封堵后，地下水水位恢复不会超过矿床开采前的地下水位。

104 露天坑尾渣库采用多层覆盖，切断了大气降雨渗入对 104 露天坑尾渣库的直接补给，由于 104 露天坑尾渣库位于中长沟西侧山体接近山顶部位，基本位于分水岭位置，原始地形无地下水露头，且尾渣库底高于原始地下水位 1.8m，104 露天坑尾渣库几乎不受中长沟山体侧向补给。

由此可见，104 露天坑尾渣库不会受到大气降雨补给地下水，矿床开采增加了地下水的排泄通道和排泄量，降低了地下水位，矿井封堵后，地下水水位恢复不会超过矿床开采前的地下水位。因此，104 露天坑尾渣库地下水不会浸泡库内尾渣，尾渣库与地下水基本无水力联系。

此外，根据《龙江铀矿 510 一矿段退役治理工程露天坑尾渣库工程地质勘察报告》和建设单位近些年对勘察孔内地下水水位观测，勘察孔最深至尾渣库库底标高以下 8m，近些年枯水期和丰水期均未见地下水，基本可说明尾渣库与地下水无水力联系。

综上所述，尾渣库地下水不会浸泡库内尾渣，退役治理后不会出现尾渣库渗水。另外，本项目退役治理后，将在 104 露天坑尾渣库所在区域地下水流向上游和下游设置地下水监测井，以便于监测地下水水质情况。

6.3.3.9 污染道路治理

1) 治理方案

污染道路清挖污染物后恢复道路使用功能。具体治理方案为：

在施工运输全部结束后，首先彻底清挖污染道路路面及下部污染土、清挖深度 100cm，将污染物运至集中覆盖治理设施进行处置，清挖体积 18565m³，并按要求进行分层回填和压实；然后对道路原址进行路基平整，铺筑填料并压实（压实度 ≥ 0.95 ）；最后修筑泥结碎石面层，恢复道路通行功能。

2) 治理方案的可行性分析

施工过程中坚持“边施工、边监测，监测指导施工”的原则，保证放射性核素全部被清除干净，污染道路基本可以恢复到当地本底水平，能够达到治理目标。同时清挖后的道路原址进行路基平整，铺筑填料并压实，最后修筑泥结碎石面层，恢复原有使用功能，因此污染道路的治理方案是合理可行的。

6.3.3.10 污染溪沟治理

1) 治理方案

本项目污染溪沟治理采用清挖方案：清挖污染溪沟底泥，将清挖污染物运至集中覆盖治理设施进行处理，清挖体积 3881.6m³。

治理溪沟应在枯水期进行，在溪沟旁开挖一条临时排水沟，在沟底铺设彩条布，将溪沟中水引入临时排水沟后，将污染底泥晾晒几天，等到底泥风化为可塑状态后，再采用机械将底泥集中挖除和运输至集中覆盖治理设施；治理完毕后，对临时开挖的水沟进行回填，恢复其原有使用功能。在污染溪沟在清挖时应边监测边施工，如果仍有污染需要继续增加清挖深度，直到彻底清挖达标为止。

2) 治理方案的可行性分析

污染物清挖治理是最直接有效的治理方案，污染溪沟的底泥清挖深度根据底泥的厚度及其污染程度确定，并在治理过程中要求边施工、边监测，清挖至管理目标为止。因此，污染溪沟清挖治理方案是可行的。

6.3.3.11 集中覆盖治理设施

1) 选址合理性分析

(1) 选址思路

根据“废物集中处置”原则和《若尔盖县人民政府关于龙江铀矿退役治理工程建议的函》（若府函〔2017〕262号）中相关意见，即要求所有污染物必须清运至104露天采场，同时考虑到104露天采场周围为原七九二矿废石场，在104露天采场和废石场下游选址，新建集中覆盖治理区，作为废石、污染土等的集中处置场所，可同时满足“废物集中处置”原则和若府函〔2017〕262号要求。

（2）地形条件

根据建设单位提供实测地形图，通过Autodesk Civil3D软件生成104露天采场周边区域地形坡度分析，详见图6.3-11，3dWireframe，详见图6.3-12。

图6.3-9中红色区域地形坡度 $L < 1:5$ （约 11.3° ），蓝色区域：地形坡度 $1:5 < L < 1:2.2$ （约 24° ），其余绿色区域地形坡度 $L > 1:2.2$ （约 24° ）。

由地形可知，104露天采场及七九二废石场所在中长沟的中部东侧边坡上，中长沟两侧山体边坡坡度多数为 $L > 1:2.2$ （约 24° ），中间沟底处多为 $L < 1:5$ （约 11.3° ）和 $1:5 < L < 1:2.2$ （约 24° ）。

从地形角度考虑在中长沟中部平坦位置，即104露天采场及七九二废石场脚下新建集中覆盖治理设施，既可以保障污染物堆积安全满足《铀矿冶企业总图运输设计要求》（EJ/T20075-2014）中废石场基底坡度小于1:5的安全要求，又体现了废物集中处置原则。

因此，从地形角度考虑该选址是合理的。

（3）工程地质条件

《西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿集中覆盖治理区工程地质勘察报告》（2025年8月）中内容，场地内未发现全新世活动断裂，褶皱构造较为发育；场地集中覆盖治理区第四系厚度大于5m，渗透性弱，两侧岩层为良好的天然屏障；场地不良地质作用基本不发育，该场址基本适宜设置集中覆盖治理区。因此，从工程地质角度分析选址是合理的。

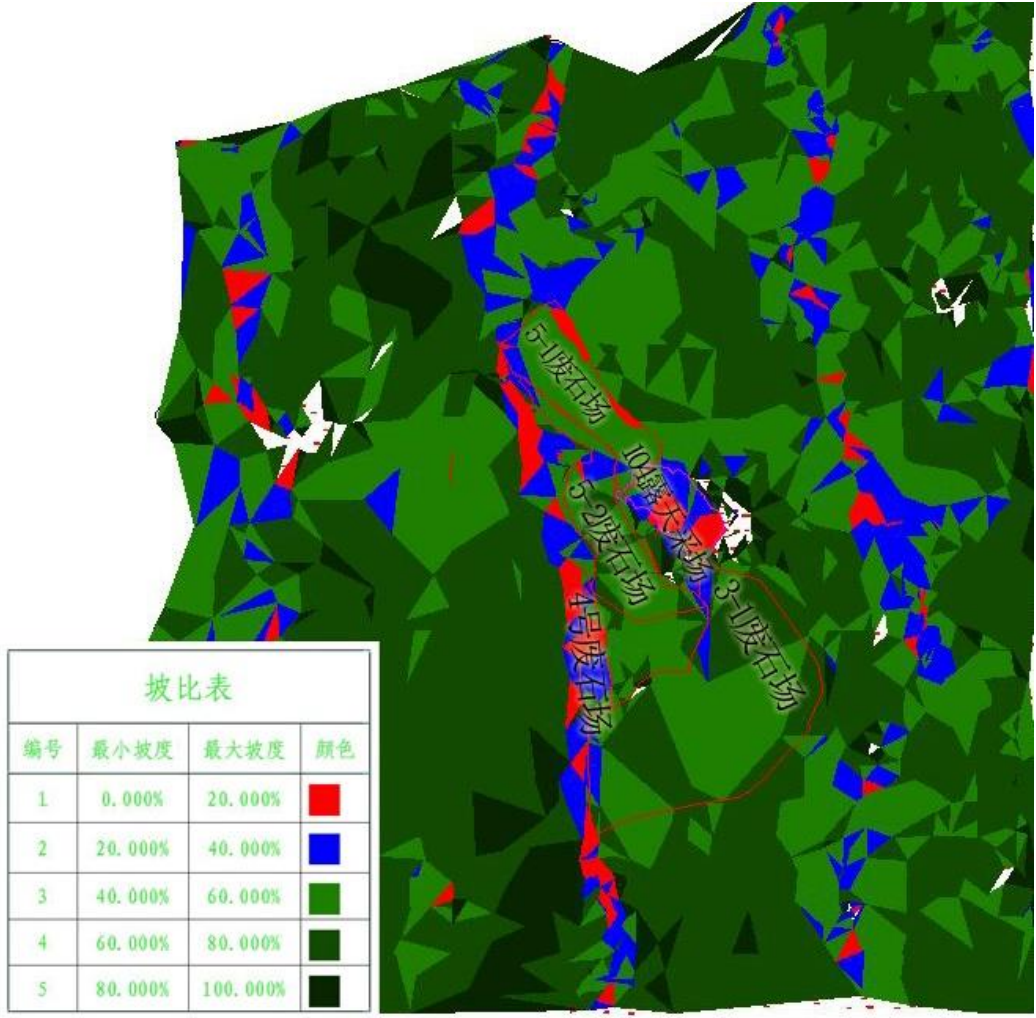


图 6.3-11 中长沟 104 露天采场周边地形坡度分析图

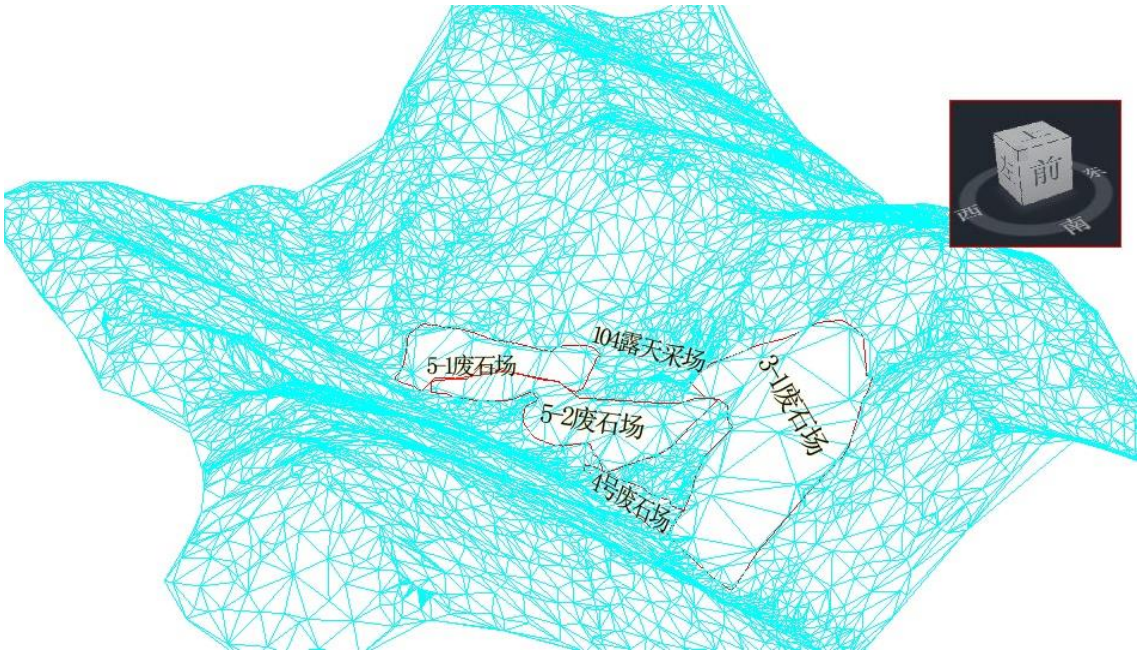


图 6.3-12 中长沟露天采场周边地形 3dWireframe 图

(4) 洪水影响

集中覆盖治理设施肩部和坡面设置溢洪道和排水沟，可及时将周围汇水及中长沟溪水导离设施，防洪能力是按照百年一遇洪水设计。

因此，从洪水影响角度分析选址是合理的。

2) 库容设计

本项目各源项清挖废石、污染土及底泥；拆除污染建（构）筑物，产生 9.54 万 m^3 废石（含未利用老尾渣库坝体 1.9 万 m^3 ）、5.38 万 m^3 污染土及底泥、1.33 万 m^3 建筑垃圾将运往集中覆盖治理设施进行集中处置。

集中覆盖治理设施需要的总容积计算如下：

$$V = V_0 \times K_s \quad (6-2)$$

V_0 —污染物的实方数，其中：污染土 $V_{s1}=5.38$ 万 m^3 ，建筑垃圾 $V_{s2}=1.33$ 万 m^3 ，废石 $V_{s3}=8.25$ 万 m^3 。

K_s —下沉后松散系数，污染土 $K_{s1}=1.07$ ，建筑垃圾 $K_{s2}=1.5$ ，废石及坝体 1.25。

集中覆盖治理设施用地面积为 69.87 亩，设计有效容积为 20 万 m^3 ，考虑到防渗及覆盖层后实际设计容积为 23.97 万 m^3 。

3) 治理方案

根据本项目总体治理方案，将废石、污染土、污染建筑垃圾等运至集中覆盖治理设施，设计总体采用从拦石坝向其尾部自下而上逐级堆/推排的工艺，主要参数如下：总体设置 4 个台阶，阶段平台标高分别为 3503m、3513m、3523m、3533m，平台宽度 5m，堆置总高度为约 40.0m，坡脚设置毛石混凝土拦石坝（坝顶标高 3493m），顶面平台标高 3533m-3561m（顶部形成逆坡，坡度约 6%），设施最终坡脚为 10.54°。

(1) 场地处理

对集中覆盖治理设施场址地表的土壤进行清表，清表完成后将表土堆放到覆盖治理设施一侧，待污染物堆放完成后用于植被恢复。

(2) 导排及防渗层铺设

覆盖治理设施坡面及底部设置导排层和防渗层，由下至上分别为：

①碎石排水层（厚 0.3m）；

②粘土保护层（厚 0.5m），压实后渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ；

③钠基防水毯（GCL）；

④复合土工膜（膜厚 1.5mm），渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-12} \text{cm/s}$ ；

⑤膜上保护层（厚 0.5m，利用污染土）。

（3）污染物分层回填

将本项目中清挖运至本集中覆盖治理区的废石、污染土和污染建筑垃圾等污染物按一定顺序进行堆放，考虑将老尾渣库污染土和废石堆放在最底层，按照“先治理重污染区域后治理轻污染区域”的原则，将污染物“由下至上”分层堆放到集中覆盖治理区，回填后滩面面积为 33605m²。

（4）覆盖治理

污染物按设计要求进行压实整坡后，先在堆积坝坡面及滩面铺设 0.55m 厚的粘土屏蔽抑制氡的析出，然后再铺设土工膜防渗层（两布一膜，布 250g/m²，膜厚 1.5mm），膜上铺设 0.2m 厚砾石作为排水层，排水层之上再覆盖 0.5m 厚的土作为植被层。

（5）挡墙、边坡及截排水沟

集中覆盖治理设施采取坡脚砌筑重力式挡土墙，为防止雨力侵蚀边坡覆土，集中覆盖治理区周界修筑截排水沟并用土工格室复合植被护坡进行边坡防护。其中，坡脚砌筑重力式挡土墙长度 35m，为碎石垫层和砌体结构；设施东侧、西侧及坡面台阶修建排水沟，总长度 1612.3m，防洪标准为 100a 一遇设计。

（6）警示牌及围栏

为使退役整治后的集中覆盖治理区成为一个全封闭的设施，避免交叉污染，排除外界侵扰，设计在治理设施周界设置一圈防护围栏。围栏采用铁丝网，总长度约 1224.17m。并在四周设置 4 块警示牌，注明相关警示信息。

退役完成后，集中覆盖治理区剖面和平面对应图 6.3-13 和图 6.3-14。

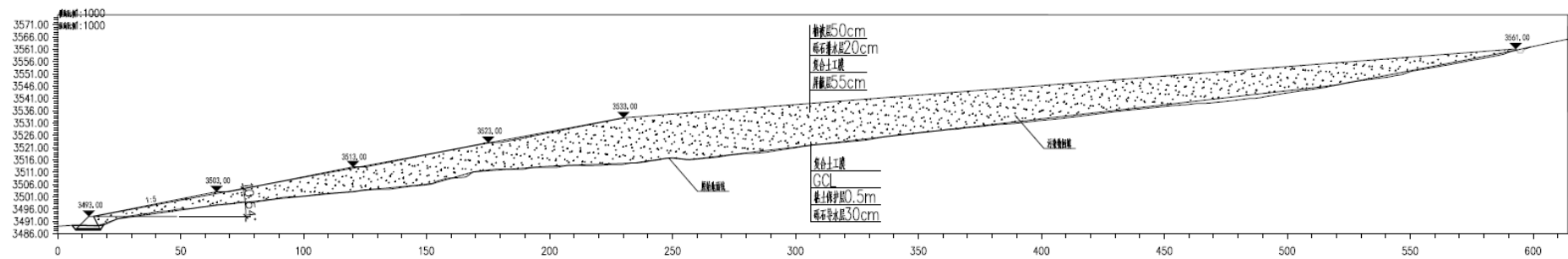


图 6.3-13 集中覆盖治理区剖面图

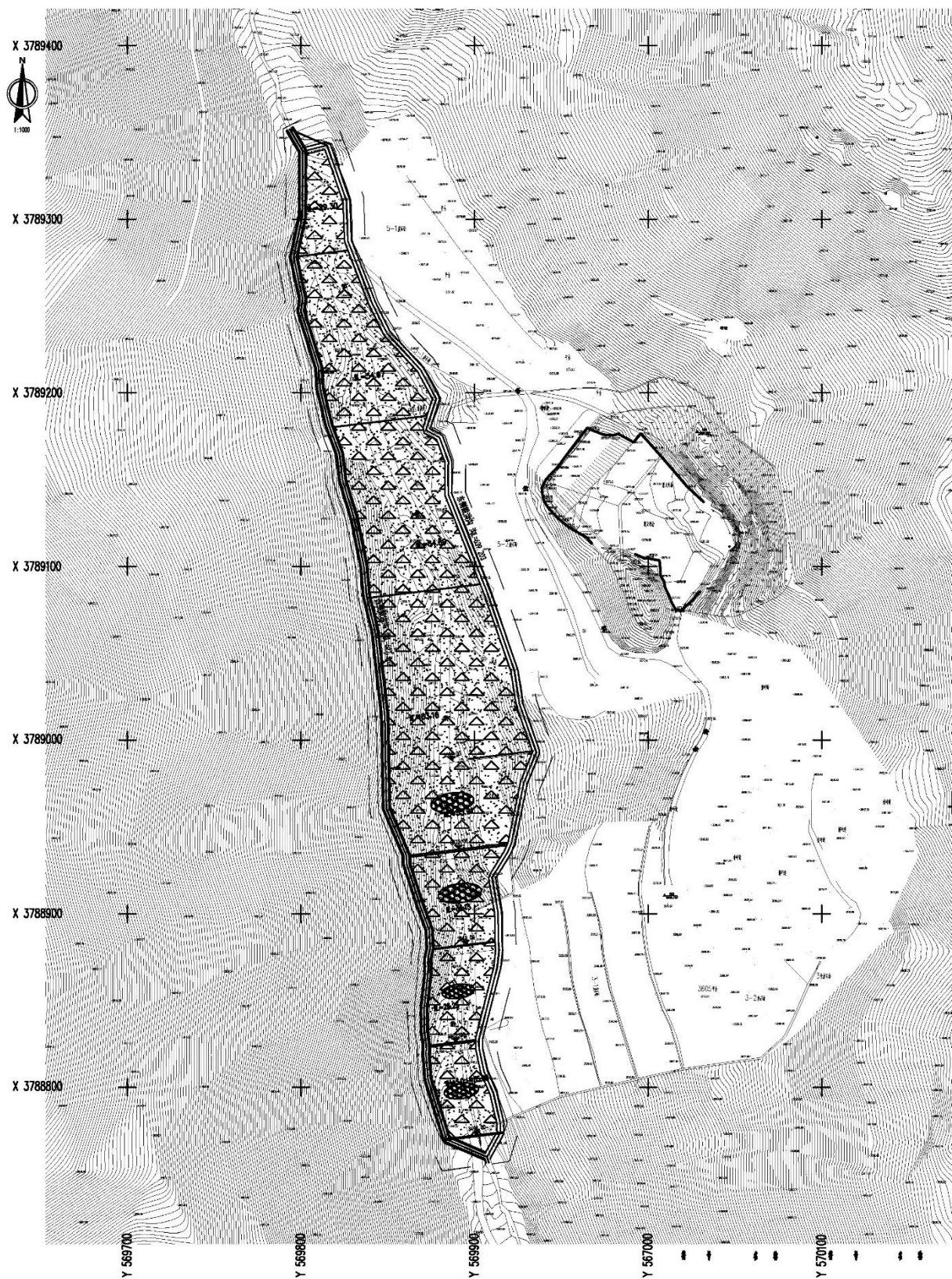


图 6.3-14 集中覆盖治理区平面图

4) 集中覆盖治理设施治理方案可行性分析

(1) 集中覆盖治理设施的辐射安全可靠分析

集中覆盖治理设施采取覆盖、植被的治理措施，覆盖层厚度为 125cm，其中防氡屏蔽层为 55cm。屏蔽层厚度的确定依据污染物的表面氡析出率平均水平及粘土覆盖试验。屏蔽层材料为粘土，取土需经过监测确定取土场的 γ 辐射剂量率、表面氡析出率以及土壤中的铀镭含量均处于当地本底水平、为清洁的粘土，方可作为土源地。由于粘土密实度高，孔隙度小，对氡的析出有较好的抑制作用。所以，利用覆土厚度公式对集中覆盖治理设施屏蔽后氡析出率预测，结果为 $0.74\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$ ，满足管理限值的要求，屏蔽后的集中覆盖治理设施列为有限制开放使用。

(2) 集中覆盖治理设施的安全稳定性分析

① 选址合理性简要分析

集中覆盖治理设施选址按照“废物集中处置”原则和《若尔盖县人民政府关于龙江铀矿退役治理工程建议的函》(若府函〔2017〕262 号)中相关意见，选址在 104 露天采场及七九二废石场下游，能够满足废物集中和地方诉求。选址处于中长沟平坦地区，设施基底坡度约为 6° ，可满足 EJ/T20075-2014 废石场基底坡度小于 1:5 (约 11°) 的安全要求；同时场址有良好的区域稳定性和岩土体稳定性，未发现不良地质因素；集中覆盖治理设施底部设置碎石排水层作为导排层，设置粘土保护层、钠基防水毯和复合土工膜作为防渗层，采取了多层防护避免对地下水产生影响。

因此，从选址条件角度看，治理方案是可行的。

② 集中覆盖治理设施防洪分析

集中覆盖治理设施的排洪设施采用排水沟，长度约 1612.3m，排洪按照百年一遇洪水进行设计，满足《有色金属矿山排土场设计标准》(GB50421-2018) 中排土场中三级排土场不小于 20 年一遇的要求，集中覆盖治理设施防洪安全是有保障的。

③ 集中覆盖治理设施挡土墙安全稳定性分析

本项目集中覆盖治理设施采用与边坡内摩擦角/天然安息角相应的边坡坡率，按缓于 1: 1.5 的坡率控制，基底地面坡度均小于 24° ，整体稳定性良好。

集中覆盖治理区所在地区地震烈度为 7 度，按照《有色金属矿山排土场设计标准》（GB50421-2018）要求进行计算，集中覆盖治理区边坡正常工作条件（持久稳定）及非常工作条件（遭遇校核降雨和地震）时的边坡稳定性，分别为 1.76 和 1.41 的要求，整治后的集中覆盖治理设施边坡安全稳定性满足 GB50421-2018 中三级排土场规定最小安全稳定性系数 1.20（正常条件）和 1.10（非正常条件）的要求。

长期监护期间通过巡视，及时了解和掌握挡土墙安全动态，及时发现和解决问题，可保证集中覆盖治理设施退役治理后挡土墙安全稳定。

④覆盖层长期稳定性分析

集中覆盖治理设施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 0.55m、1.5mm 复合土工膜、砂卵石导水层厚 0.2m、植被层厚 0.5m，表面植草护坡。其中，砂卵石层既有导排水功能又可避免啮齿动物及植物根系可能造成粘土层破坏的不利影响，粘土和复合土工膜组成的复合防渗层可以有效隔离雨水渗入氦气抑制层及设施内。集中覆盖治理设施滩面由库内坡向坝肩排水沟，坡度大于 1%，导排滩面雨水，使滩面保持干涸。另外，集中覆盖治理设施滩面覆盖层表面植草护坡，提高了抵御径流冲刷及风雨侵蚀的能力。因此，从覆盖层长期稳定性来看，集中覆盖治理设施治理方案是可行的。

⑤人为侵扰稳定性分析

人为侵扰主要考虑人们在集中覆盖治理设施上的活动，其形式主要有人为挖掘破坏护坡和放牧等。由于覆盖治理的集中覆盖治理设施属于有限制使用的设施，需要长期监管，一旦发生危及集中覆盖治理设施的人为破坏事件时，应立即采取补救措施加以修复，可以防止事件的发生。此外，本项目治理区域基本为非放牧区，为了避免和减少牲畜破坏植被护坡，设计采用围栏进行围挡阻隔，围栏为铁丝网。因此，集中覆盖治理设施人为侵扰的稳定性是能够得到保证的。

综上所述，集中覆盖治理设施退役治理后能够满足长期稳定的要求。

6.3.3.12 运输方案

1) 运输方案

本项目清挖废物量约 16.24 万 m^3 ，废石及建筑垃圾容重按照 $1.8\text{t}/\text{m}^3$ 估算，

污染土按照 1.5t/m^3 估算，合计废石、老尾渣库坝体及建筑垃圾 19.58 万 t，污染土 8.06 万 t，合计 27.64 万 t。本项目污染物运输工期计划为 24 个月，选用 10t 的密闭厢式自卸车进行运输，为避免废石、污染土的撒落，考虑污染物与车厢顶部保留一定富裕空间、按每车 9.5t 的装载量，共计运输约 29100 次，运输车辆 10 辆，运输频次约 40 次/天。

设计选取的运输路线仍采用生产时期路线为：羊肠沟生产设施→污染道路 1→污染道路 2→集中覆盖治理设施/104 露天坑尾渣库，运输距离约 4.5km，运输路线见图 5.5-32。目前，该道路路面结构为泥结碎石简易路面。为保证运输过程中不发生运输事件，在运输过程中需采取一定防护措施。

本项目运输过程中的防护要求如下：

2) 运输过程中的防护要求

(1) 技术措施

①运输道路

沿用生产期间的运输路线，对运输道路不定期的维护，发现有坑洼不平等情况，及时进行修补，保障运输道路的路面质量，减少污染物的撒漏。

②运输车辆

a. 为防止运输过程中的污染物撒漏，采用 10t 密闭厢式自卸车进行运输，自卸车车厢顶部设置遮盖设施，减少运输产生扬尘。

b. 施工单位应定期对运输车辆进行维护和保养，降低发生事件的风险，若发现运输车辆有安全隐患，应立即停止使用。

c. 定期对运输车辆进行清洗，清洗废水用于污染物装卸洒水降尘，不得外排。

③污染道路治理

废石场、堆浸场、工业场地、污染建（构）筑物等源项治理完成后，预期不再利用污染道路进行运输时，最后按照设计方案对污染道路进行清挖，清挖严格执行边施工、边监测的原则，确保清挖达到管理限值；清挖完成后，回填土壤，并恢复原有碎石路面。

(2) 管理措施

①相关规章制度

运输过程中严格执行《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)等相关标准、规定,同时施工单位在组织实施污染物运输之前应制定相应的运输规程。

②车速控制

在污染物运输过程中严格控制车速,车速控制在 40km/h 之内,尤其是在运输转弯、陡坡以及恶劣天气(雨天、雪天、雾天等),运输车辆车速要严格控制 在 20km/h 之内,同时避免夜间行车,降低发生翻车事件以及交通事件的风险。

③装卸车要求

a.污染物装车时不能装的太满,应与车厢顶部保留一定的富裕空间,这样可以减少污染物的撒落,使运输车辆在遇到颠簸时能保证污染物起伏不会超过车顶,减少撒落的可能。

b.运输车辆装卸车过程中采用喷雾除尘措施,减少扬尘产生量。

④沿途清扫

运输车辆应配置撒落清扫工具,在运输过程中如发现污染物撒落时及时由专人对撒落的污染物进行清理,对周围路面进行清扫,并将清扫废物装车一并运至集中覆盖治理设施内。

⑤加强培训教育

定期对驾驶员、辐射防护与监测人员等进行培训,提高运输安全意识和辐射防护意识,建立“责任重于泰山”的责任观,杜绝蛮干和疏忽大意,确保运输安全顺利。

⑥严禁疲劳驾驶。

3) 运输方案的可行性分析

本项目运输路线沿用生产时期运输路线,运输工期约 24 个月,运输次数为 29100 次,采用运输车辆为全密闭厢式自卸车。该运输方案的运输距离和工期都较短,并且选择的运输路线为采冶生产期间所应用的路线,采取一定的技术和管理措施,确保了路况条件能够满足施工运输要求,可避免撒漏或翻车事件的发生。

因此,制定严密的安全运输计划,并在运输过程中严格执行,本项目的运

输安全是能够保证的。

6.3.4 土源

1) 土源地

通过现场初步调查，龙江铀矿所在若尔盖县阿念巴寨的土源地可以提供退役治理所需的覆土，距离龙江铀矿约 4~5km 处，土壤的 ²²⁶Ra 含量、氡析出率及 γ 辐射剂量率等指标基本处于当地本底水平，符合治理要求，可取土厚度约为 3m，取土面积 59.87 亩，可取土量 12 万 m³。土源地的参数见表 6.3-14，照片见图 6.3-15。

表 6.3-14 土源地相关参数

序号	土源地名称	拟取土土源地				
		可取土量	γ 辐射剂量率	氡析出率	U _{天然} 含量	²²⁶ Ra 含量
		万 m ³	×10 ⁻⁸ Gy/h	Bq/m ² ·s	mg/kg	Bq/kg
1	阿念巴土源地	12	14.7	0.0534	2.40	29.9



图 6.3-15 阿念巴土源地照片

2) 土源需求量

本项目覆盖治理的设施覆土和清挖设施回填土量共计 101932m³，各治理部位具体用土量详见表 6.3-15，土源地土量可满足用土需求。

表 6.3-15 覆盖用土需用量表

序号	名称及代号	覆盖、回填及植被恢复用土，m ³
1	坑（井）口	276
2	废石堆	5188
3	堆浸场	5137
4	工业场地	11383
5	老尾渣库	11212
6	104 露天坑尾渣库	18654
7	污染道路	8139
8	集中覆盖治理设施	41943
合计		101932

3) 土源地恢复

各土源地取土施工时，尽量避免在暴雨季节进行土石方开挖作业，以减少水土流失量。同时各土源地在取土之后，按照地方水土保持的有关规定，需要种草、植树，植被选择当地的优势物种栽种，防止水土流失，改善生态环境，恢复自然植被，阿念巴土源地种草 39914m²，植树 9825 棵，种植的草本及灌木均为当地优势物种。

6.3.5 治理工程的植被恢复

本地区属于高海拔寒冷地带，该地区生长层薄，植被生长期短且生长缓慢。为了解决高海拔寒冷地带植被恢复难题，在治理方案设计过程中，参照《若尔盖高原地区铀矿勘探遗留设施治理及植被恢复技术研究》（四川省核工业地质局 2006 年，以下简称若尔盖课题）的成果，并积极消化和吸收若尔盖地区核地矿退役治理工程的成功经验。植被恢复时将选择一年生黑麦草（1%）、川草 1 号老芒麦（90%）、当地野生杂草（9%）。植被恢复工艺为：

- 1) 表层土尽量选用熟土，选用有机肥和复合肥，坡面平整后先撒有机肥，覆土后与草种一起播撒无机肥，以对土壤逐渐进行改良。
- 2) 播种之后，在 7d~15d 内浇水养护，充分保证坡面的湿度。
- 3) 对植被进行定期检查，防止病虫害，若发现有病虫害，要及时除虫。

4) 要防止植被恢复初期的外部侵扰和践踏，因此本项目设置围栏。

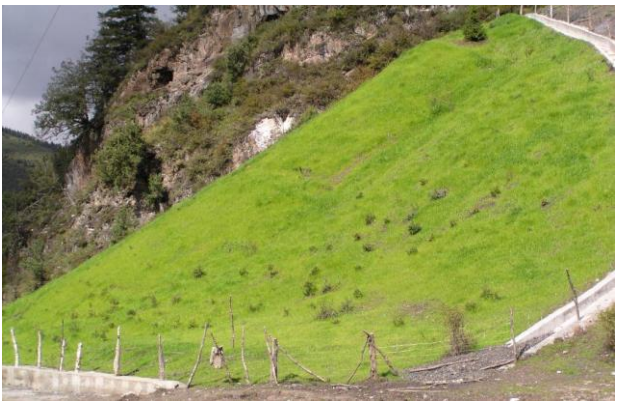
上述治理技术是针对该地区特点所进行研发的，在若尔盖地区“十一五”、“十二五”核军工地质退役工程中已广泛使用，取得很好的治理效果如图 6.3-15 所示。因此，本工程在相关研究、试验和检验的基础上，结合当地特点开展针对性的治理，将使龙江铀矿退役整治的集中覆盖治理设施、104 露天坑尾渣库等达到预期的治理目标。

6.3-16 植被恢复方案

工程内容	各治理设施植被恢复量									合计
	坑口、井口	废石场	堆浸场	工业场地	老尾渣库	104 露天坑尾渣库	集中覆盖治理设施	土源地	滑坡	
种草, m ²	179	6226	5137	12999	4672	9600	33605	39914	8012	120344
植树, 棵	46	1556	1284	3249	1168	—	—	9825	—	17128



某铀矿勘探废石场治理前



某铀矿勘探废石场植被恢复后

图 6.3-16 若尔盖高原地区废石场植被恢复效果

6.3.6 退役治理工程计划步骤

本项目建设周期 48 个月，实施顺序及主要时间节点如下：

- 1) 第 1 年度前 9 个月进行工程前期准备工作，主要工作内容包括：初步设计编报及审批，建设用地规划许可，施工图设计及施工准备等。
- 2) 第 1 年度第 10 个月至第 3 年度第 12 个月，进行退役治理工程施工，根据龙江铀矿退役治理工程各拟退役治理设施的分布情况，以及各单项工程之间的相互影响关系，安排退役治理顺序如下：

(1) 第一步

①对二号平硐、回风斜井进行封堵治理；

②对四号平硐内矿坑水进行抽出处理，使其达标排放；疏干后，进行注浆封堵和防水墙封堵等；

③对集中覆盖治理设施场址进行平整、铺设导排及防渗层，并按照设计进行挡墙、排水沟以及准备收纳堆存废物的施工工作；

④对工业场地和 104 露天坑尾渣库周围滑坡进行清除和治理，消除安全隐患；

⑤对 104 露天坑尾渣库拦渣坝拆除、重建，新建截洪沟，上游边坡锚杆、挂网和喷浆治理。

（2）第二步

①拆除污染设备、管线，并进行解体、去污治理，非金属类送至集中覆盖治理设施，金属设备送至 710 厂熔炼回收（矿坑水处理相关设备管线除外）；

②对建（构）筑物进行整体拆除，拆除后污染建筑垃圾运至集中覆盖治理区进行堆存，未受污染建筑垃圾送至建筑垃圾处置场（矿坑水处理相关建（构）筑物除外）；

③依次对废石场、堆浸场、老尾渣库、污染溪沟、污染工业场地等源项进行清挖治理，将清挖的废石、污染土运至集中覆盖治理区进行堆存。

（3）第三步

①第二步完成，对污染道路进行清挖治理，将污染物运至集中覆盖治理设施；

②经监测清挖场址土壤满足管理目标值后，对清挖的场址开展回填土壤、场地平整、植被恢复工作；

③第 31 个月初开始拆除矿坑水处理设施，第 36 个月末同项目一并施工完毕。

④对集中覆盖治理设施、104 露天坑尾渣库进行覆盖治理，采取多层覆盖结构，同时设置尾渣库拦渣坝沉降位移观测设施，并设置警示标识。

3）第 4 年度第 1 个月至第 4 年度第 12 个月，为工程竣工验收期。

上述步骤在不影响交叉

本项目周期计划见表 6.3-17。

表 6.3-17 项目周期计划表

日期	第一年度												第二年度												第三年度												第四年度												
阶段（月）	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
可研编报批复																																																	
首批资金计划下达																																																	
初设编报																																																	
建设用地规划许可																																																	
施工图																																																	
施工准备、矿坑水治理试运行																																																	
设备订货																																																	
建安工程施工																																																	
矿坑水治理																																																	
提交竣工验收申请报告																																																	

6.4 退役终态

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治理，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) 对无水坑（井）口均采取了永久性封堵措施，杜绝了坑（井）口 ^{222}Rn 气的逸出，并避免了由于人畜的误入或坠入而带来的安全隐患。

对有水坑口的矿坑水进行了治理，最后采取压力注浆和防水封堵墙的方式进行有效封堵，杜绝矿坑水从坑口流出。

2) 本项目遗留地表的废石场、堆浸场、老尾渣库、污染工业场地、污染道路和污染溪沟等，均采用清挖、迁移、集中处置方案，治理后原址土壤中 ^{226}Ra 含量均值不高于“本底值+0.18Bq/g”，并对原址进行场地平整和恢复植被，经治理后在辐射安全方面场地原址均可达到无限制开放使用要求。

3) 104 露天坑尾渣库采取原地覆土植被治理，覆盖层采用“135cm 覆土+复合土工膜+30cm 砂卵石层+50cm 植被层”多层覆盖结构，滩面氡析出率小于 $0.74\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 的管理限值，同时修建了拦渣坝和截洪沟，并采用土工网对边坡进行防护，可有效的保持设施的长期稳定，达到有限制开放使用要求。

4) 本项目在中长沟修建集中覆盖治理设施，作为堆存所有废石、污染土和污染建筑垃圾的集中处置场所。集中覆盖治理设施的库容为 23.97 万 m^3 。所有污染物回填后，采用原地覆盖稳定治理方案。为抑制氡的析出，同时为了防止啮齿类动物对尾渣库的覆盖层造成侵扰或破坏，覆盖层采用“55cm 覆土+复合土工膜+20cm 砂卵石层+50cm 植被层”多层覆盖结构。治理后，表面的氡析出率小于 $0.74\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 的管理限值。集中覆盖治理设施底部采取导排和防渗措施，结构为“碎石排水层+0.5m 粘土保护层+钠基防水毯（GCL）+复合土工膜（2 布 1 膜）”，多层防护后可有效避免对地下水影响。

此外，对集中覆盖治理设施修建挡土墙、排水沟、土工格室复合植被护坡、警示牌和围栏等设施，使其退役治理后能够满足长期安全稳定的要求。

5) 对污染的设备管线，拆除后根据不同材质分类处置，非金属材质送集中覆盖治理设施填埋处置；污染金属设备送至核工业铀矿冶放射性污染金属

熔炼处理中心（710 厂）熔炼回收，使其均处于受控状态，杜绝了流失。

6）遗留地表的建（构）筑物均为生产配套设施，进行全部拆除，拆除后的受污染建筑垃圾均运至集中覆盖治理设施集中填埋，未受污染的建筑垃圾用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料。

6.5 退役废物管理

6.5.1 退役治理前源项分析

本项目退役治理前的放射性废气主要为废石场、堆浸场、老尾渣库等不断释放 ^{222}Rn 及子体。废水主要为有水坑口涌出的含有铀镭等放射性污染核素以及 Mn 等非放射性元素的废水。

1）退役治理前放射性废气产生、排放情况

退役治理前氡释放主要来自废石场、堆浸场、老尾渣库、污染工业场地、104 露天坑尾渣库等，各源项氡释放量见表 6.5-1，面源的氡释放量计算方法一致，需要的参数为源项裸露面积和平均氡析出率，计算公式为：

$$F_{\text{Rn}}=S\cdot\delta\cdot t$$
 (6-3)

式中：

F_{Rn} ——氡释放量，Bq/a；

S ——设施的裸露面积， m^2 ；

δ ——平均氡析出率， $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ；

t ——氡释放时间，取 $3.15\times10^7\text{s}$ 。

表 6.5-1 退役治理前氡释放量

序号	源项名称		裸露面积 m ²	氡析出率 Bq/(m ² ·s)	氡释放量, Bq/a
1	废石场		6119	1.25	2.41E+11
2	堆浸场		5137	0.89	1.44E+11
3	采掘工业场地		4849	0.36	5.51E+10
4	破碎工业场地		2380	1.58	1.19E+11
5	水冶工业场地		5770	0.37	6.73E+10
6	老尾渣库		4672	4.45	6.56E+11
7	104 露天坑尾渣库	尾渣部分	5930	0.23	4.30E+10
		露采边坡部分	9500	0.69	2.07E+11
合计					1.53E+12

注：坑（井）口目前已封堵，退役前不再考虑该源项。

综上所述，退役治理前废石场、堆浸场、老尾渣库、污染工业场地、104露天坑尾渣库等氡释放总量为 $1.53 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ 。

2) 退役治理前废水产生、排放情况

(1) 退役治理前废水放射性核素

废水主要为四号平硐坑口矿坑水，经过矿坑水处理设施后，根据 2022 年~2024 年实际运行过程中，外排废水中矿坑水处理设施排放口处 $U_{\text{天然}}$ 含量为 $\leq 0.241 \text{mg/L}$ ， ^{226}Ra 活度浓度 $\leq 1.07 \text{Bq/L}$ ， ^{210}Pb 活度浓度 $\leq 0.011 \text{Bq/L}$ ， ^{210}Po 活度浓度 $\leq 0.0281 \text{Bq/L}$ ，外排流量为 $\leq 80 \text{m}^3/\text{d}$ ，直接受纳水体为羊肠沟。另外，坑口流出水中 ^{230}Th 数据参考《铀矿冶规划环评》中推荐的公式计算获得。坑口流出水中放射性核素浓度见表 6.5-2。

$$C_{230\text{Th}} = C_{226\text{Ra}} / 0.731 \quad (6-4)$$

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 。

表 6.5-2 退役治理前矿坑水处理设施外排废水中放射性核素浓度

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)
矿坑处理设施外排废水	80	2964	2964	1464	1070	11	28.1

(2) 退役治理前废水非放射性核素

退役治理前矿坑水处理设施外排废水中非放射性元素浓度，详见表 6.5-3。

表 6.5-3 矿坑水处理设施非放射性元素排放浓度

取样位置	Cr^{6+} mg/L	Cd $\mu\text{g/L}$	Hg $\mu\text{g/L}$	Mn $\mu\text{g/L}$	Zn mg/L	Cu $\mu\text{g/L}$	Pb $\mu\text{g/L}$	As $\mu\text{g/L}$
矿坑处理设施外排废水	<0.004	0.84	<0.2	44.3	1.38	<5.0	<5.0	<2.0

6.5.2 施工过程中源项分析

本项目施工过程中随着坑（井）口简易封堵墙拆除、104 露天坑尾渣库土工膜和混凝土覆盖层被拆除，氡气从坑（井）口外逸，且不断从 104 露天坑尾渣库滩面析出，相比退役治理前增加了氡释放量。此外，施工过程中新建了集中覆盖治理设施堆存清挖的废石、污染土等，且对集中覆盖治理设施和 104 露

天坑尾渣库进行覆盖治理。

总体来说,施工期间重新对坑(井)口永久性封堵,各源项不断清挖治理,废石、污染土等污染物不断集中处置,清挖原址回填新土,集中覆盖治理设施和 104 露天坑尾渣库采用多层覆盖结构治理降低氡析出。因此,从施工初期到施工末期,随着源项不断治理,氡释放量将逐步降低。

此外,施工过程中增加了地表的扰动,使空气中粉尘在施工场地附近略有增加。

1) 施工过程中废气产生、排放情况

(1) 氡释放

根据上述分析,施工过程中坑(井)口简易封堵墙拆除、104 露天坑尾渣库土工膜和混凝土覆盖层被拆除,相比退役治理前氡释放有所增加;随着不断施工,各源项不断被治理,氡释放逐步减小,施工初期氡释放量详见表 6.5-4。其中,坑(井)口氡释放量=风量 \times 氡浓度 \times 时间,面源计算方法见式 6-4。

表 6.5-4 施工初期氡释放量

序号	源项名称		通风量 m³/s	氡浓度 Bq/m³	裸露面积 m²	氡析出率 Bq/(m²·s)	氡释放量 Bq/a
1	四号平硐		9.8	1178	/	/	3.64E+11
2	二号平硐		7.1	1510	/	/	3.38E+11
3	回风斜井		9.3	1080	/	/	3.17E+11
4	废石场		/	/	6119	1.25	2.41E+11
5	堆浸场		/	/	5137	0.89	1.44E+11
6	采掘工业场地		/	/	4849	0.36	5.51E+10
7	破碎工业场地		/	/	2380	1.58	1.19E+11
8	水冶工业场地		/	/	5770	0.37	6.73E+10
9	老尾渣库		/	/	4672	4.45	6.56E+11
10	104 露天坑尾渣库	尾渣部分	/	/	5930	7.89	1.47E+12
		露采边坡部分	/	/	9500	0.69	2.07E+11
合计							3.98E+12

综上所述,施工过程中坑(井)口、废石场、堆浸场、老尾渣库、污染工业场地和 104 露天坑尾渣库等氡释放总量为 3.98×10^{12} Bq/a。

(2) 扬尘

施工期间非放射性废气主要为施工扬尘，运输车辆采用全密闭车运输，运输过程中产生扬尘量较小，扬尘主要产生环节为集中覆盖治理设施内卸车。

山西环保科研所、武汉水运工程学院陈全文、刘琴等人发表《翻斗汽车卸载煤及卸矸石过程中起尘规律的研究》（交通环保 Z1 期，1986）论文提出了自卸车卸料起尘经验公式，该经验公式是专门针对采矿卸载煤块、矸石的自卸车总结归纳的，与本项目废石、污染土卸载情景较为类似，故采用该经验公式进行估算，经验公式如下：

$$Q = e^{0.61U} \frac{M}{13.5} \quad (6-5)$$

式中：

Q——起尘浓度，g/次；

U——平均风速，m/s，取当地多年平均风速 2.2m/s；

M——工程运输车辆单车装载量，取 9.5t。

以此计算，单次卸车产生尘量为 2.69g/次，经调研卸车过程中采取喷雾洒水抑尘的措施后，水雾除尘效率在 75%~90%，保守考虑取 75%，即扬尘排放量为 0.673g/次。

根据 6.3.3.12 章节内容，废石及污染土等运输至集中覆盖治理设施频次为 40 次/天，工作制度按照 8 小时/天计算，则扬尘产生量约 0.93mg/s。

2) 施工过程中废水产生、排放情况

(1) 施工过程中放射性废水

施工过程中放射性废水主要为矿坑水，根据治理方案，每日处理量为 320m³/d，处理后水中放射性核素浓度和非放射性元素浓度详见表 6.5-2 和表 6.5-3。

(2) 施工过程中非放射性废水

①施工废水

施工期施工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，产生量极少。

在施工场地内设置简易的废水收集池，对于含污染物种类较为简单的废水，如设备冲洗、水泥养护排水，在收集沉淀后，回用于场地喷洒降尘。

②生活废水

施工期生活废水主要来自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 4t/d。

本项目在退役现场不建设施工营地，施工人员租住在周围降扎乡附近民宅内，产生的生活污水依托当地居民生活污水处理设施处理。

3) 施工期间固体废物

(1) 建筑垃圾：本次退役工程建（构）筑物拆除产生约 24613m³ 的建筑垃圾，其中受污染建筑垃圾约 13339m³ 全部运至集中覆盖治理设施处置，未受污染建筑垃圾约 11274m³ 用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料。

(2) 清挖迁移废石、污染土和底泥：本次退役治理过程清挖、迁移污染物共约 13.02 万 m³，全部运至集中覆盖治理设施处置。

(3) 尾渣：退役施工过程中尾渣堆存于 104 露天坑尾渣库内，原地覆盖治理。

(4) 老尾渣库坝体：退役施工过程中拆除老尾渣库坝体 19000m³ 送至集中覆盖治理设施填埋。

(4) 废旧设备及管材：非金属废物约 61.4t，拆除解体后送集中覆盖治理设施处置；污染金属设备和管线约 441.9t，运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心（710 厂）集中熔炼回收。

(5) 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，集中收集后送集中覆盖治理设施处置。

(6) 施工过程产生的生活垃圾，预计施工人员 50 人，生活垃圾产生量按照定额 1.2kg/d·人估算，产生量为 21.9t/a，统一收集后交由环卫部门处理。

该项目退役治理过程中固体废物产生及处置去向情况如表 6.5-5 所示。

表 6.5-5 退役过程中产生的固体废物一览表

项目	来源		去向
	种类	数量	
固体废物	尾渣	8.05 万 m ³	104 露天坑尾渣库
	清挖迁移废石、污染土及底泥	13.02 万 m ³	集中覆盖治理设施
	污染建筑垃圾	1.33 万 m ³	
	老尾渣库坝体	1.9 万 m ³	

项目	来源		去向
	种类	数量	
	未受污染建筑垃圾	1.13 万 m ³	用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料。
	拆除设备、管线	503.3t	61.4t 非金属设备管线运往集中覆盖治理设施处置； 441.9t 污染金属设备管线运往核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心（710 厂）。
	去污过程会产生少量的钢丝球、抹布等	—	送集中覆盖治理设施处置
	生活垃圾	21.9t/a	集中收集交环卫部门处理

6.5.3 退役治理后源项分析

本项目退役治理后的废气主要为 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施不断释放的 ²²²Rn 及子体。

相比退役治理前和施工过程中，104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施均采取覆盖治理达到有限制开放使用，其氡析出率降到管理限值以下；无水坑（井）口全部得到了有效封堵，抑制了 ²²²Rn 的逸出，不再对周围大气造成污染；采取清挖治理的废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地等原址基本恢复到当地本底水平。矿坑水不再外排，消除了废水排放的源项。

104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施均采取了多层覆盖结构，其中 104 露天坑尾渣库防氡层为 135cm，氡析出率降至 0.70 Bq/(m²·s)，集中覆盖治理设施防氡层为 55cm，氡析出率降至 0.74Bq/(m²·s)。

104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施防氡层上部设有土工膜和植被层，均对氡析出有一定抑制作用，忽略土工膜影响（寿命影响），重点考虑植被层 50cm 影响将其代入 6-1 土壤厚度与氡析出率关系式后，104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施表面氡析出率分别降低至 0.27 Bq/(m²·s)和 0.32Bq/(m²·s)。

此外，104 露天坑尾渣库尾渣上游露采边坡采用水泥喷浆并打设锚杆进行稳定化治理，治理完成后对边坡表面喷射厚度 15cm 的 C30 混凝土，根据《全国注册核安全工程师职业资格辅导教材核安全专业务实》（中国原子能出版社，2018），采用尾渣库采用混凝土覆盖屏蔽氡效率达 86.4%，边坡裸露时氡析出率为 0.69 Bq/(m²·s)，故治理完成边坡氡析出率约 0.10Bq/(m²·s)。

退役治理完成后，气载放射性流出物参数见表 6.5-6。退役治理后 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施氡释放总量为 $4.51 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。

表 6.5-6 退役治理后氡释放量

序号	源项名称		滩面面积 m ²	氡析出率 Bq/(m ² ·s)	氡释放量 Bq/a
1	104 露天 坑尾渣库	尾渣部分	9600	0.27	8.17E+10
		露采边坡部分	9500	0.10	3.00E+10
2	集中覆盖治理设施		33605	0.32	3.39E+11
合计					4.51E+11

6.5.4 废物最小化和集中处置

本项目在退役治理方案实施过程中，从管理和技术措施等方面采取多种方式，最大可能的减少废气、固体废物的产生并集中处置固体废物，具体体现在：

1) 废物最小化措施

(1) 本项目针对 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施采用了由下至上“氡气粘土抑制层+复合防渗层+砂卵石隔离层+植被层”多层覆盖结构，对废石、尾渣等的氡析出具有极大抑制作用，并避免雨水渗入废石、尾渣内。因此，本项目对氡气释放量起到减少作用。

(2) 本项目针对污染金属设备/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，一定程度上减少了固体废物产生量。

(3) 本项目采用对坑（井）口封堵治理以及固体废物集中处置的治理方案，极大减少了氡气释放量。退役治理前，氡释放量为 $1.53 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ ；退役治理后，氡释放量为 $8.15 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。由此可知，废气产生量极大减少。

(4) 本项目对四号平硐进行了封堵治理，退役治理后不再有废水外排。

(5) 加强退役治理工程管理，采用密闭厢式自卸车运输废石、污染土等，避免运输过程中二次污染。

(6) 对未受污染的建筑垃圾用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料，进行了分类处置。

2) 废物集中处置的考虑

本项目遵循废物集中处置的原则，兼顾当地政府的诉求和环境条件，综合考虑废物处置。

根据《若尔盖县人民政府关于龙江铀矿退役治理工程建议的函》（若府函〔2017〕262号）相关内容，地方政府要求将所有污染物必须清运至104露天采场。

104露天坑尾渣库目前已存满尾渣，受下游山坡陡峭和滩面地形开阔的影响，不具备坝体下移或滩面大幅度加高可能，104露天坑尾渣库基本无库容可利用，因此不再作为集中处置的场所，进行原地覆盖治理。

为满足地方政府诉求和废物集中处置，本项目拟在104露天坑尾渣库和七九二矿废石场下游新建1座集中覆盖治理设施，集中处置废石、污染土和污染建筑垃圾等，最终该集中覆盖治理设施与104露天坑尾渣库和七九二矿废石场连在一起，达到有限制开放使用深度。

最终污染物集中处置相对位置见图6.2-6。

6.6 退役治理环境保护措施及其可行性论证

6.6.1 退役治理环境保护措施

1) 104露天坑尾渣库

104露天坑尾渣库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，新建截洪沟和坝体观测设施及围栏等。

104露天坑尾渣库顶部由下至上采用氦气抑制层+复合防渗层+砂卵石隔离层+植被层的复合结构，可有效抑制氦析出和屏蔽 γ 辐射剂量率，减少辐射影响。同时，尾渣库北侧修建截洪沟，可及时排走尾渣库汇水以及滩面积水；露天采场边坡采用水泥喷浆并打设锚杆进行稳定化治理。

2) 集中覆盖治理设施

集中覆盖治理设施主要处置废石、污染土及污染建筑垃圾，其中回填9.54万 m^3 废石（含未利用老尾渣库坝体1.9万 m^3 ）、5.38万 m^3 污染土及底泥、1.33万 m^3 建筑垃圾，考虑松散系数后，总计回填20万 m^3 ，集中覆盖治理设施设计库容23.97万 m^3 ，能够满足废物储存需求。

此外，集中覆盖治理设施底部采取“碎石排水层+粘土保护层（0.5m）+钠

基防水毯+复合土工膜（2布1膜）”多重防护措施，顶部采取“0.55m粘土层+土工膜防渗层+0.2m厚砂卵石+0.5m植被层”多层覆盖措施。采取上述措施后，实现了废物与外环境的隔离。

3）有水坑口治理

有水坑口采用抽出处理矿坑水和封堵的方案，抽出矿坑水送至矿坑水处理设施处理，矿坑水疏干后，对四号平硐采取注浆封堵（3组防水封堵墙和60m注浆帷幕），注浆压力为四号平硐与原始地下水水位压差的2倍，可确保矿坑水不再从四号平硐流出，封堵后可有效抑制氡的外溢和杜绝人畜误入的事件发生。

4）其他设施

（1）无水坑（井）口

考虑到矿坑水抬升超过坑（井）口，对无水坑口及井口封堵墙均采用两道结构致密的钢筋混凝土封堵墙和注浆帷幕封堵，封堵方式与四号平硐一致，同时，硐口处采用粘土覆盖层，都是良好的屏蔽体，能够有效的切断井下采场与外环境的联系，防止氡逸出，最后在坑（井）口覆土植被。

（2）废石场、堆浸场、老尾渣库及工业场地

彻底清挖废石场、堆浸场、老尾渣库及工业场地污染物，将所有污染物运至集中覆盖治理设施储存，并在清挖设施原址用粘土回填植被。

（3）污染道路及污染溪沟

彻底清挖污染道路和污染溪沟的污染物，将全部污染物运至集中覆盖治理设施储存，并恢复原有使用功能。

（4）污染设备及管线

对污染的设备管线，拆除后根据不同材质，非金属材质送集中覆盖治理设施填埋处置；污染金属设备送至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心（710厂）熔炼回收，使其均处于受控状态，杜绝了流失。

（5）建（构）筑物

遗留地表的建（构）筑物均为生产配套设施，进行全部拆除，拆除后的受污染建筑垃圾均运至集中覆盖治理设施集中填埋，未受污染的建筑垃圾用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料。

6.6.2 退役治理环境保护措施可行性论证

1) 104 露天坑尾渣库覆盖治理环保措施可行性论证

(1) 辐射安全论证

104 露天坑尾渣库采取原地覆盖、植被的治理措施，覆盖厚度为 215cm，其中屏蔽 γ 和降氡层厚度为 135cm。由于粘土密实度高，孔隙度小，对氡的析出有较好的抑制作用。所以，利用覆土厚度公式对尾渣库覆土后氡析出率预测，结果为 $0.70\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$ ，满足小于 $0.74\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$ 管理限值的要求，覆盖后的 104 露天坑尾渣库列为有限制开放使用。

从辐射安全可靠角度 104 露天坑尾渣库治理环保措施是可行的。

(2) 安全稳定性论证

①库址条件论证：104 露天坑尾渣库区出露地层较简单，基岩为一套较单一的浅变质岩及上志留系白龙江群板岩、千枚岩，上覆第四系松散层。第四系人工填土为堆存尾粉土、杂填土，坡残积层为含角砾粉质黏土，变质岩地层主要为强风化、中等风化炭质板岩和夹层强风化千枚岩，地质条件较好；104 露天坑尾渣库场地内大部分为中等风化炭质板岩，节理较为发育，大多呈闭合状态，渗透性差。由此可见，库址周围环境稳定性较好，地层岩石完整性及地质结构较好，且水文地质条件渗透性较差。因此，从库址条件角度看，治理方案是可行的。

②防洪安全论证：104 露天坑尾渣库的排洪设施采用截洪沟，采用 C30 钢筋砼结构，截洪沟长约 600m。经洪水计算，排泄设计频率 ($P=2\%$) 暴雨洪水时，截洪沟实际安全超高为 0.55m，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，截洪沟实际安全超高为 0.45m，大于规范规定最小安全超高 0.3m。尾渣库防洪安全可满足 GB50520-2009 标准要求，104 露天坑尾渣库防洪安全是有保障的。因此，从 104 露天坑尾渣库防洪角度看，治理方案是可行的。

③拦渣坝稳定性论证：104 露天坑尾渣库所在地区地震烈度为 7 度，按照《核工业铀水冶厂尾矿库、尾渣库安全设计规范》(GB50520-2009)，尾渣库应验算坝体正常工作条件 (104 露天坑尾渣库内无积水，尾渣坝体无浸润线) 及非常工作条件 (正常工作条件下遭遇地震) 时的坝体稳定性。

经计算坝体正常工作条件下的最小安全系数为 1.328，坝体正常工作遭遇地震情况下最小安全系数为 1.160，分别大于规范规定的四等库的最小安全系数限值 1.25 和 1.10 的要求，整治后的尾渣库坝体安全稳定性满足 GB50520-2009 规定的要求。

拦渣坝体顶部设置了坝体沉降位移观测桩，实施定期或不定期进行现场监测，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 104 露天坑尾渣库退役治理后坝体安全稳定。

④风蚀雨蚀安全论证：尾渣滩面由库内坡向坝肩排水沟，坡度大于 1%，导排尾渣库滩面雨水，使尾渣库滩面保持干涸。另外，尾渣库滩面覆盖层表面植草护坡，提高了抵御径流冲刷及风雨侵蚀的能力；复合覆盖层设有砂卵石隔离层能有效防止动物打洞和植物根茎穿破氩抑制层，尾渣库长期稳定性可以满足。

⑤长期监护措施论证：加强长期监护，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，可以防止事件的发生，也可有效防止人为侵扰。

⑥尾渣库渗水产生论证：104 露天坑尾渣库滩面覆盖层采用复合结构，由下至上依次为粘土氩气抑制层厚 1.35m、1.5mm 复合土工膜、砂卵石导水层厚 0.3m、植被层厚 0.5m，表面植草护坡，切断了大气降雨渗入对 104 露天坑尾渣库的直接补给，由于 104 露天坑尾渣库位于中长沟西侧山体接近山顶部位，基本位于分水岭位置，原始地形无地下水露头，且尾渣库底高于原始地下水位 1.8m，104 露天坑尾渣库几乎不受中长沟山体侧向补给。

根据《四川省若尔盖县 510 矿区一矿段铀矿储量报告》（原四川省地质局 405 地质队革命委员会，1970 年 12 月）中“510 矿区一矿段矿床地形地质水文地质图”尾渣库下部地下水位标高约为 3554m，低于尾渣库底标高 3555.8m 标高。矿床开采过程中，增加了地下水的排泄通道和排泄量，降低了地下水位，当矿井封堵后，地下水水位恢复不会超过矿床开采前的地下水位，因此尾渣库地下水不会浸泡库内尾渣。此外，根据《龙江铀矿 510 一矿段退役治理工程露天坑尾渣库工程地质勘察报告》和建设单位近些年对勘察孔内地下水水位观测，勘察孔最深至尾渣库库底标高以下 8m，近些年枯水期和丰水期均未见地

下水，基本可说明尾渣库与地下水无水力联系。

因此，从安全稳定性可靠性角度看尾渣库治理环保措施是可行的。

2) 集中覆盖治理设施环保措施可行性论证

(1) 辐射安全论证

集中覆盖治理设施采取覆盖、植被的治理措施，覆盖层厚度为 90cm，其中防氡屏蔽层为 55cm。屏蔽层厚度的确定依据污染物的表面氡析出率平均水平及粘土覆盖试验。屏蔽层材料为粘土，取土地需经过监测确定取土场的 γ 辐射剂量率、表面氡析出率以及土壤中的铀镭含量均处于当地本底水平、为清洁的粘土，方可作为土源地。由于粘土密实度高，孔隙度小，对氡的析出有较好的抑制作用。所以，利用覆土厚度公式对集中覆盖治理设施屏蔽后氡析出率预测，结果为 $0.74\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$ ，满足管理限值的要求，屏蔽后的集中覆盖治理设施列为有限制开放使用。

从辐射安全可靠性角度看集中覆盖治理设施环保措施是可行的。

(2) 安全稳定性论证

①场址条件论证：集中覆盖治理设施选址按照“废物集中处置”原则和《若尔盖县人民政府关于龙江铀矿退役治理工程建议的函》（若府函〔2017〕262号）中相关意见，选址在 104 露天采场及七九二废石场下游，能够满足废物集中和地方诉求。选址处于中长沟平坦地区，可满足 EJ/T20075-2014 废石场基底坡度小于 1:5 的安全要求；同时场址有良好的区域稳定性和岩土体稳定性，未发现不良地质因素；集中覆盖治理设施底部设置碎石排水层作为导排层，设置粘土保护层、钠基防水毯和复合土工膜作为防渗层，采取了多层防护避免对地下水产生影响。

因此，从选址条件角度看，治理方案是可行的。

②防洪安全论证：集中覆盖治理设施的排洪设施采用排水沟，长度约 1379.92m，排洪按照百年一遇洪水进行设计，满足 GB50421-2018 要求，集中覆盖治理设施防洪安全是有保障的。

③挡土墙稳定性论证：本项目集中覆盖治理区采用与边坡内摩擦角/天然安息角相应的边坡坡率，按缓于 1:1.5 的坡率控制，基底地面坡度均小于 24° ，整体稳定性良好。长期监护期间通过巡视，及时了解和掌握挡土墙安全动态，

及时发现和解决问题，可保证集中覆盖治理设施退役治理后挡土墙安全稳定。

④底部导排及防渗措施论证：覆盖治理设施底部设置导排层和防渗层，由下至上分别为：碎石排水层+粘土保护层（0.5m），压实后渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ +钠基防水毯（GCL）+复合土工膜（2布1膜），渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-12} \text{cm/s}$ 。该设施底部设置多层保护措施，可有效防止渗水泄漏。

⑤风蚀雨蚀安全论证：集中覆盖治理设施滩面由库内坡向坝肩排水沟，坡度大于1%，导排滩面雨水，使设施滩面保持干涸。另外，集中覆盖治理设施滩面覆盖层表面植草护坡，提高了抵御径流冲刷及风雨侵蚀的能力；复合覆盖层设有砂卵石隔离层能有效防止动物打洞和植物根茎穿破氩抑制层，设施长期稳定性可以满足。

⑥长期监护措施论证：加强长期监护，一旦发生危及集中覆盖治理设施的人为破坏事件时，应立即采取补救措施加以修复，可以防止事件的发生，也可有效防止人为侵扰。

因此，从安全性可靠性角度看集中覆盖治理设施治理环保措施是可行的。

3）坑（井）口治理可行性论证

（1）目前四号平硐内水位标高已经高于四号平硐口标高，因此先对四号平硐内水进行疏排，经矿坑水处理设施处理后达标排放；

（2）注浆封堵：地下水在四号平硐围岩各方向水压相同，在平硐内应采取全断面注浆，材料为硅酸盐水泥浆液或水泥-水玻璃注浆液，并考虑矿坑水恢复原始水位标高压力的2倍（2.44MPa）。注浆液在压力控制下，在围岩裂隙内充分扩散，形成致密结构，注浆帷幕达8m厚，以保证裂隙填充效果。（常用于水利工程、隧道与地铁工程、矿山工程），最大限度防止渗水从平硐的顶板、底板和侧壁渗出。

采用该注浆封堵后，可有效避免矿坑水从巷道壁面渗出。

隔水封堵墙：在平硐内采用注浆方式封堵后，在四号平硐内修筑防水封堵墙3组。封堵隔水墙采用钢筋混凝土结构，配筋考虑2.44MPa压力，切断了四号平硐与其他通道及外部连通；封堵墙前后围岩采用注浆封堵方式，防止水从侧壁渗出。采用封堵隔水墙后，可有效避免矿坑水从四号平硐口流出。

考虑到矿坑水抬升，二号平硐和回风斜井采取了与四号平硐一致的封堵方式。通过两种方式相结合，能够保证治理后井下矿坑水不从坑（井）口流出。

（3）风险分析及应对措施

（1）风险分析

由于矿床在生产过程中采用爆破方法开采，产生了一系列爆破裂隙，同时山体内部也有原始裂隙的存在，而这些裂隙的发育情况在目前技术条件下是无法预测的。因此，这些裂隙构成的水力通道导致坑口封堵后井下矿坑水从其他地方溢出的风险。

（2）应对措施

①自然恢复

510 一矿段采用物理开拓，未添加化学药剂；矿坑水 U 含量高是由于接触外部空气 U 被氧化浸出造成的。

因此，疏干现有矿坑水，坑口封堵后切断了矿坑水与外部连通（隔绝外部空气），新涌的矿坑水将自然恢复至采矿前状态。

②定期监测

目前，除四号平硐有水渗出外，未发现其余出露点。

四号平硐封堵后，在长期监护过程中对铀矿山进行巡视和监测。一旦发现矿床山体周围有出露点，及时取样监测，根据结果（ $U_{\text{天然}}$ 高于 0.3mg/L ）采取应急措施。定期对周围地表水进行监测，一旦发现异常（ $U_{\text{天然}}$ 高于地表水参考水平），及时查找源头并应急处理。

主要应急措施包括移动式树脂离子交换车或采取 PRB（可反应渗透墙）对出露的水进行处理，使其达标排放。

4）其他设施治理环保措施可行性论证

（1）清挖治理环保措施的可行性论证

本项目废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地、污染道路和污染溪沟均采用清挖措施进行治理，通过对比各类设施或环境的管理限值标准和实际监测值，判断各类设施或环境的污染深度，再结合施工特点，确定各设施清挖深度 $40\text{cm}\sim 240\text{cm}$ 不等。同时，在清挖过程中严格执行“边施工、边监测，监测指导施工”的原则，确保治理后土层中 ^{226}Ra 活度浓度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。

（2）污染设备及管线环保措施可行性论证

对于受污染的设备和管线采用分类处理的方式，无利用价值的非金属设备管线集中填埋处置，污染金属类设备管线，采取熔炼回收再利用方式处理。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，环保措施可行。

（3）建（构）筑物环保措施可行性论证

该方案依据废物最小化原则，将建（构）筑物分为污染和未受污染两类，并分类处理，方案技术成熟可靠，环保措施可行。

（4）生态保护和改善效果可达性论证

本项目清挖、覆土等治理后采用当地优势草种和灌木，保证物种存活率，使其与周围环境相融合，同时加强长期监护，退役后可有效改善区域的生态环境。

7 退役治理前环境影响评价

7.1 退役治理前源项

退役治理源项分析见§6.5.1 章节，其中气载流出物源项特征参数见表 7.1-1；液态流出物源项见表 7.1-2；源项相对位置分布见图 7.1-1。

表 7.1-1 退役治理前气载流出物源项特征参数

序号	源项名称		等效面积 m ²	氡释放量 Bq/a	源项 类型
1	废石场		6119	2.41E+11	面源
2	堆浸场		5137	1.44E+11	面源
3	采掘工业场地		4849	5.51E+10	面源
4	破碎工业场地		2380	1.19E+11	面源
5	水冶工业场地		5770	6.73E+10	面源
6	老尾渣库		4672	6.56E+11	面源
7	104 露天坑尾渣库	尾渣部分	5930	4.30E+10	面源
		露采边坡部分	9500	2.07E+11	面源

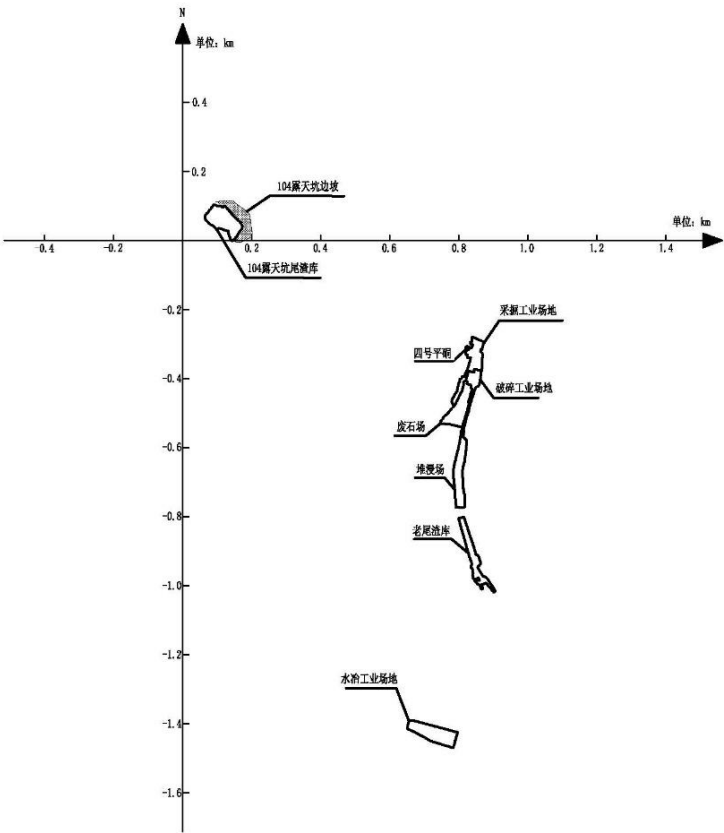


图 7.1-1 退役治理前源项相对位置图

表 7.1-2 退役治理前液态流出物放射性核素浓度

源项	水量 m³/d	²³⁸ U Bq/m³	²³⁴ U Bq/m³	²³⁰ Th Bq/m³	²²⁶ Ra Bq/m³	²¹⁰ Pb Bq/m³	²¹⁰ Po Bq/m³
矿坑处理设施外排废水	80	2964	2964	1464	1070	11	28.1

7.2 基本参数设置

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龙江铀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

1) 气载途径辐射环境影响

本项目气载途径辐射照射途径主要为吸入内照射，计算考虑的放射性核素主要为 ²²²Rn。

2) 地表水途径辐射环境影响

地表水辐射环境影响照射途径为动物产品食入内照射、农产品食入内照射、水体浸没照射和岸边沉积外照射，预测考虑的放射性核素主要为 ²³⁸U、²³⁴U、²³⁰Th、²²⁶Ra、²¹⁰Pb 和 ²¹⁰Po，照射途径详见图 7.2-1。

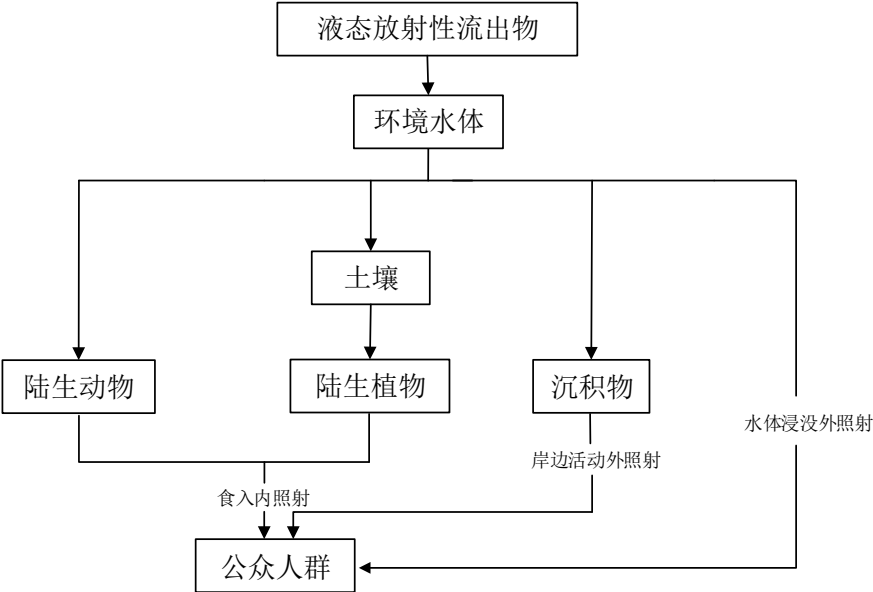


图 7.1-2 地表水途径辐射环境影响照射途径

7.2.3 参数设置

1) 评价中心

本项目评价中心是以退役治理后对居民影响最大的气载流出物源项，即集中覆盖治理区为评价中心。

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 2026 年。

4) 评价参数及模式

(1) 气载途径

本次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 1。

(2) 地表水途径

本项目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 2。

7.3 退役治理前辐射环境影响剂量估算与评价

7.3.1 气载途径辐射环境影响剂量估算

7.3.1.1 环境敏感目标辐射环境影响

退役治理前本项目气载源项所致周边 5km 范围内环境敏感目标（评价中心 3km 内无居民点）核素浓度和公众剂量结果见表 7.3-1。

从表 7.3-1 可以看出，退役治理前气载源项对周围 5km 范围内各居民

点中影响最大的是评价中心的 SSE 方位、4.2km 处阿念巴，所有源项对阿念巴空气中氡贡献浓度为 0.0121Bq/m^3 ，所致该居民点的最大个人剂量为 $2.58\times 10^{-4}\text{mSv/a}$ 。

退役治理前各气载污染源项对阿念巴影响的贡献情况见表 7.3-2。从表中可知，对阿念巴居民点个人剂量贡献最大的气载源项是老尾渣库，贡献份额是 36.98%。

表 7.3-1 退役治理前 5km 范围内环境敏感点辐射环境影响

序号	居民点	方位	距评价中心距离 (km)	^{222}Rn 浓度 (Bq/m^3)	公众个人剂量 (mSv/a)
1	阿念巴	SSE	4.2	$1.21\text{E}-02$	$2.58\text{E}-04$

表 7.3-2 各源项对阿念巴影响的贡献情况

序号	源项	氡浓度贡献值 (Bq/m^3)	个人剂量贡献值 (mSv/a)	份额 (%)
1	废石场	$2.49\text{E}-03$	$5.31\text{E}-05$	20.6
2	堆浸场	$1.15\text{E}-03$	$2.45\text{E}-05$	9.5
3	采掘工业场地	$5.69\text{E}-04$	$1.21\text{E}-05$	4.7
4	破碎工业场地	$1.23\text{E}-03$	$2.63\text{E}-05$	10.2
5	水冶工业场地	$8.47\text{E}-04$	$1.81\text{E}-05$	7.0
6	老尾渣库	$4.24\text{E}-03$	$9.03\text{E}-05$	35.0
7	104 露天坑尾渣库尾渣部分	$2.78\text{E}-04$	$5.93\text{E}-06$	2.3
8	104 露天坑尾渣库露采边坡部分	$1.29\text{E}-03$	$2.76\text{E}-05$	10.7
	合计 (mSv/a)	$1.21\text{E}-02$	$2.58\text{E}-04$	/
	份额 (%)	/	/	100.00

7.3.1.2 各子区地面空气中氡浓度分布

退役治理前放射性气载流出物所致各子区地面空气中氡浓度见表 7.3-3。

从该表可知，在有人子区中，退役治理前气载放射性流出物所致空气中各核素最大贡献浓度出现在 SSE 方位、3~5km 处，该子区地面空气中 ^{222}Rn 最大贡献浓度为 0.0121Bq/m^3 。

在无人子区中，退役治理前气载放射性流出物所致空气中各核素最大贡献浓度出现在 ESE 方位、0~1km 处，该子区地面空气中 ^{222}Rn 最大贡献浓度为 0.182Bq/m^3 。

表 7.3-3 退役治理前气载流出物所致各子区空气中氡浓度 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	3.01E-03	1.01E-03	4.92E-04	2.74E-04	1.74E-04	9.80E-05
	NNE	2.95E-03	1.24E-03	6.22E-04	3.18E-04	1.64E-04	1.18E-04
	NE	5.23E-03	1.78E-03	1.03E-03	9.30E-04	4.78E-04	2.28E-04
	ENE	1.11E-02	4.41E-03	2.27E-03	1.97E-03	1.30E-03	4.24E-04
	E	3.64E-02	1.41E-02	4.15E-03	1.40E-03	8.70E-04	5.10E-04
	ESE	1.82E-01	1.43E-01	9.37E-03	1.57E-03	1.74E-03	8.34E-04
	SE	1.22E-01	1.55E-01	8.79E-03	2.55E-03	3.08E-03	9.56E-04
	SSE	5.20E-02	8.78E-02	3.70E-02	1.21E-02	5.56E-03	1.29E-03
	S	3.14E-02	1.29E-02	7.35E-03	5.20E-03	2.59E-03	8.68E-04
	SSW	2.28E-02	5.60E-03	1.37E-03	5.94E-04	3.66E-04	2.26E-04
	SW	1.94E-02	4.55E-03	7.56E-04	5.36E-04	2.18E-04	1.14E-04
	WSW	1.64E-02	5.84E-03	1.51E-03	5.90E-04	3.00E-04	1.14E-04
	W	1.59E-02	6.09E-03	3.46E-03	1.57E-03	5.82E-04	2.70E-04
	WNW	1.70E-02	5.58E-03	2.61E-03	1.17E-03	5.56E-04	3.36E-04
	NW	1.50E-02	3.19E-03	1.00E-03	4.96E-04	3.04E-04	2.02E-04
	NNW	8.79E-03	1.68E-03	5.00E-04	3.36E-04	2.26E-04	1.44E-04

注: 阴影部分为无人子区。

7.3.1.3 各子区公众个人剂量分布

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。
评价范围内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的个人剂量 单位: mSv/a

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	6.44E-05	2.16E-05	1.05E-05	5.86E-06	3.72E-06	2.09E-06
NNE	6.30E-05	2.65E-05	1.33E-05	6.80E-06	3.51E-06	2.52E-06
NE	1.12E-04	3.81E-05	2.21E-05	1.99E-05	1.02E-05	4.87E-06
ENE	2.38E-04	9.43E-05	4.86E-05	4.22E-05	2.77E-05	9.06E-06
E	7.77E-04	3.01E-04	8.88E-05	2.98E-05	1.86E-05	1.09E-05
ESE	3.89E-03	3.06E-03	2.00E-04	3.35E-05	3.71E-05	1.78E-05
SE	2.62E-03	3.31E-03	1.88E-04	5.44E-05	6.58E-05	2.04E-05

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
SSE	1.11E-03	1.88E-03	7.91E-04	2.58E-04	1.19E-04	2.75E-05
S	6.70E-04	2.77E-04	1.57E-04	1.11E-04	5.54E-05	1.86E-05
SSW	4.87E-04	1.20E-04	2.92E-05	1.27E-05	7.82E-06	4.83E-06
SW	4.15E-04	9.72E-05	1.62E-05	1.15E-05	4.66E-06	2.44E-06
WSW	3.51E-04	1.25E-04	3.22E-05	1.26E-05	6.41E-06	2.44E-06
W	3.40E-04	1.30E-04	7.40E-05	3.35E-05	1.24E-05	5.77E-06
WNW	3.64E-04	1.19E-04	5.59E-05	2.51E-05	1.19E-05	7.18E-06
NW	3.21E-04	6.81E-05	2.14E-05	1.06E-05	6.50E-06	4.32E-06
NNW	1.88E-04	3.60E-05	1.07E-05	7.18E-06	4.83E-06	3.08E-06

注：阴影部分为无人子区

从该表可知，退役治理前本项目气载放射性流出物所致有人子区最大个人剂量出现在 SSE 方位、3~5km 子区内，该子区内最大个人剂量值为 $2.58 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ 。

退役治理前本项目气载放射性流出物所致无人子区最大个人剂量出现在 ESE 方位、0~1km 子区内，该子区内潜在照射最大个人剂量值为 $3.89 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。

7.3.1.4 集体剂量

退役治理前本项目气载源项对 20km 评价范围内居民产生的集体有效剂量见表 7.3-5，从表中可以看出，退役治理前本项目气载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 $3.82 \times 10^{-4} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

表 7.3-5 气载放射性流出物所致 20km 范围内集体有效剂量

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量, 人·Sv/a	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.52E-05	2.27E-04	3.82E-04
份额, %	0.00	0.00	0.00	11.8	59.2	100.0

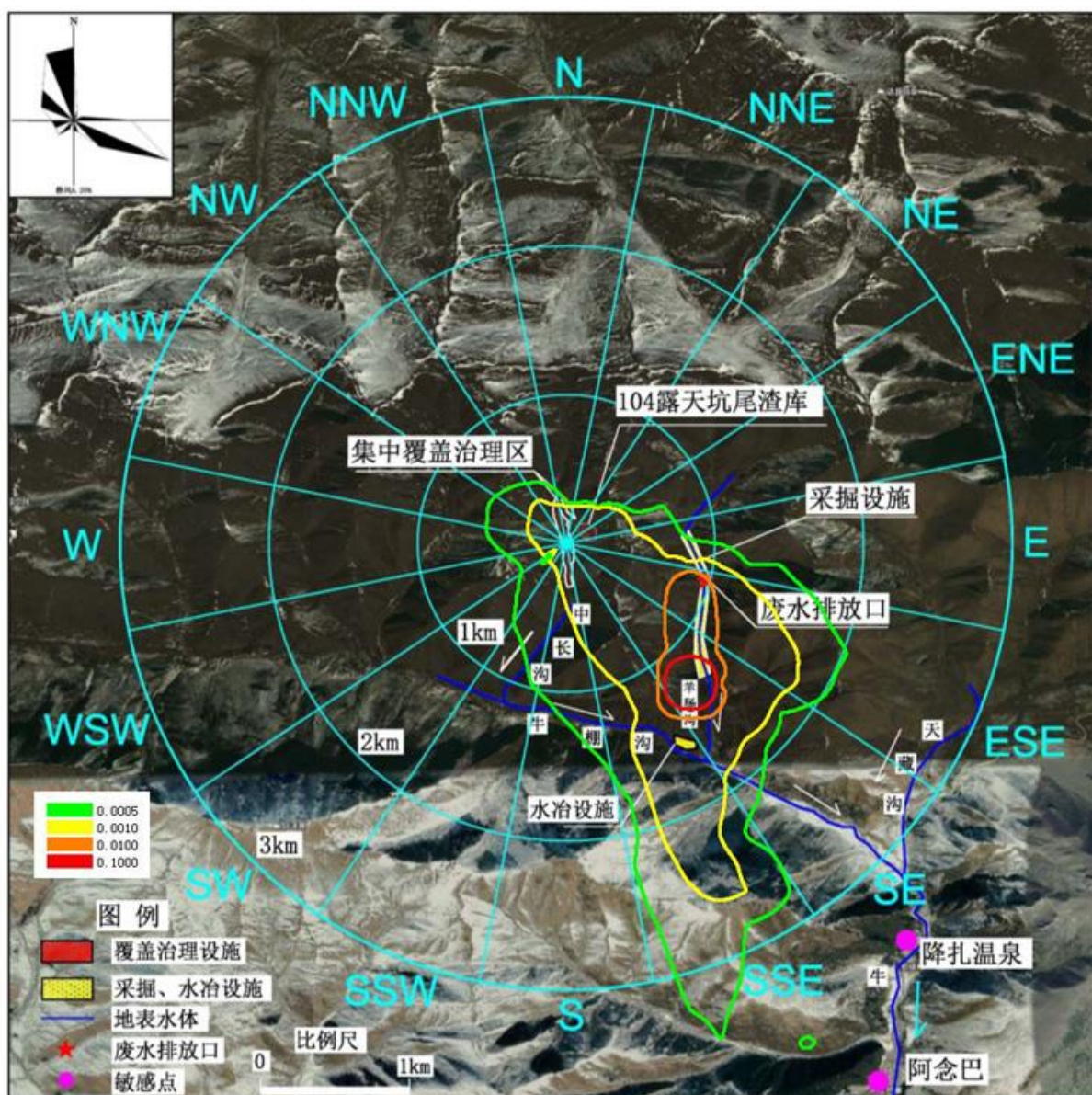


图 7.3-1 退役治理前气载流出物所致公众受照剂量等值线图

7.3.2 地表水途径辐射环境影响分析

7.3.2.1 受纳水体中核素浓度

本项目退役治理前液态源项所致受纳水体中各核素活度浓度见表 7.3-6。

表 7.3-6 受纳水体中各核素活度浓度分布

单位: Bq/m³

河段, km 核素	1	2	3~9	10~16	17~21	22~25	26~29
²³⁸ U	6.69E+01	6.75E+00	5.60E+00	5.66E-01	4.33E-01	3.79E-01	3.25E-01
²³⁴ U	6.69E+01	6.75E+00	5.60E+00	5.66E-01	4.33E-01	3.79E-01	3.25E-01
²²⁶ Ra	2.43E+01	2.45E+00	2.03E+00	2.05E-01	1.57E-01	1.38E-01	1.18E-01
²³⁰ Th	3.32E+01	3.35E+00	2.78E+00	2.81E-01	2.15E-01	1.88E-01	1.61E-01
²¹⁰ Po	6.38E-01	6.43E-02	5.34E-02	5.38E-03	4.11E-03	3.60E-03	3.08E-03
²¹⁰ Pb	2.50E-01	2.52E-02	2.09E-02	2.11E-03	1.62E-03	1.41E-03	1.21E-03

7.3.2.2 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 7.3-7, 液态流出物所致有人子区个人有效剂量最大值出现在 SSE 方位、3~5km 子区的幼儿组, 其值为 2.98×10^{-6} mSv/a, 上述子区其他年龄组剂量分别为婴儿组 6.67×10^{-7} mSv/a、少年组 2.45×10^{-6} mSv/a、成人组 1.92×10^{-6} mSv/a。

表 7.3-7 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
ESE	婴儿					6.73E-08	6.73E-08
	幼儿					3.01E-07	3.01E-07
	少年					2.47E-07	2.47E-07
	成年					1.94E-07	1.94E-07
SE	婴儿					6.67E-07	
	幼儿					2.98E-06	
	少年					2.45E-06	
	成年					1.92E-06	
SSE	婴儿				6.67E-07	6.67E-07	
	幼儿				2.98E-06	2.98E-06	
	少年				2.45E-06	2.45E-06	
	成年				1.92E-06	1.92E-06	

注: 阴影部分为无人子区

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 7.3-8。

表 7.3-8 各照射途径、各核素对最大个人有效剂量的贡献 单位: mSv/a

途径 核素	岸边活动	农产品食入	动物产品食入	合计	份额 (%)
^{238}U	9.78E-09	2.13E-08	7.42E-07	7.73E-07	25.9
^{234}U	1.33E-08	2.31E-08	8.04E-07	8.40E-07	28.2
^{226}Ra	4.15E-08	2.28E-07	5.63E-08	3.26E-07	10.9
^{230}Th	6.61E-09	1.04E-08	2.01E-07	2.18E-07	7.3
^{210}Po	6.44E-13	6.43E-10	8.13E-07	8.13E-07	27.3
^{210}Pb	1.62E-10	9.18E-09	1.66E-09	1.10E-08	0.4
合计	7.13E-08	2.93E-07	2.62E-06	2.98E-06	
份额(%)	2.4	9.8	87.8		100

由上表可知,从照射途径来看,动物产品食入途径对最大个人剂量贡献最大,为 $2.62 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$,贡献份额 87.8%。从产生照射的核素来看, ^{234}U 为主要核素,贡献份额为 28.2%。

7.3.2.3 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 7.3-9。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 $2.99 \times 10^{-6} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

表 7.3-9 液态流出物所致 20km 范围集体有效剂量

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量, 人·Sv/a	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.48E-07	2.95E-06	2.99E-06
份额, %	0.00	0.00	0.00	8.3	98.4	100

7.3.3 剂量汇总与评价

本项目退役治理前气、液综合途径所致各子区、各年龄组的个人有效剂量见表 7.3-10。由表中数据可知,退役治理前气、液综合途径所致有人子区最大个人剂量出现在 SSE 方位、3~5km 子区内,该子区内最大个人剂量值为 $2.61 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$,该子区内居民点为阿念巴;无人子区最大个人剂量出现在 ESE 方位、0~1km 子区内,该子区内潜在照射最大个人剂量值为 $3.89 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。

主要由气载放射性流出物所致,关键居民点为阿念巴幼儿组,关键途径

为吸入内照射，关键核素为 ^{222}Rn ，占比约 98.9%。

表 7.3-10 气液综合途径所致各子区剂量 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	6.44E-05	2.16E-05	1.05E-05	5.86E-06	3.72E-06	2.09E-06
	幼儿	6.44E-05	2.16E-05	1.05E-05	5.86E-06	3.72E-06	2.09E-06
	少年	6.44E-05	2.16E-05	1.05E-05	5.86E-06	3.72E-06	2.09E-06
	成年	6.44E-05	2.16E-05	1.05E-05	5.86E-06	3.72E-06	2.09E-06
NNE	婴儿	6.30E-05	2.65E-05	1.33E-05	6.80E-06	3.51E-06	2.52E-06
	幼儿	6.30E-05	2.65E-05	1.33E-05	6.80E-06	3.51E-06	2.52E-06
	少年	6.30E-05	2.65E-05	1.33E-05	6.80E-06	3.51E-06	2.52E-06
	成年	6.30E-05	2.65E-05	1.33E-05	6.80E-06	3.51E-06	2.52E-06
NE	婴儿	1.12E-04	3.81E-05	2.21E-05	1.99E-05	1.02E-05	4.87E-06
	幼儿	1.12E-04	3.81E-05	2.21E-05	1.99E-05	1.02E-05	4.87E-06
	少年	1.12E-04	3.81E-05	2.21E-05	1.99E-05	1.02E-05	4.87E-06
	成年	1.12E-04	3.81E-05	2.21E-05	1.99E-05	1.02E-05	4.87E-06
ENE	婴儿	2.38E-04	9.43E-05	4.86E-05	4.22E-05	2.77E-05	9.06E-06
	幼儿	2.38E-04	9.43E-05	4.86E-05	4.22E-05	2.77E-05	9.06E-06
	少年	2.38E-04	9.43E-05	4.86E-05	4.22E-05	2.77E-05	9.06E-06
	成年	2.38E-04	9.43E-05	4.86E-05	4.22E-05	2.77E-05	9.06E-06
E	婴儿	7.77E-04	3.01E-04	8.88E-05	2.98E-05	1.86E-05	1.09E-05
	幼儿	7.77E-04	3.01E-04	8.88E-05	2.98E-05	1.86E-05	1.09E-05
	少年	7.77E-04	3.01E-04	8.88E-05	2.98E-05	1.86E-05	1.09E-05
	成年	7.77E-04	3.01E-04	8.88E-05	2.98E-05	1.86E-05	1.09E-05
ESE	婴儿	3.89E-03	3.06E-03	2.00E-04	3.35E-05	3.72E-05	1.79E-05
	幼儿	3.89E-03	3.06E-03	2.00E-04	3.35E-05	3.74E-05	1.81E-05
	少年	3.89E-03	3.06E-03	2.00E-04	3.35E-05	3.73E-05	1.80E-05
	成年	3.89E-03	3.06E-03	2.00E-04	3.35E-05	3.73E-05	1.80E-05
SE	婴儿	2.62E-03	3.31E-03	1.88E-04	5.44E-05	6.65E-05	2.04E-05
	幼儿	2.62E-03	3.31E-03	1.88E-04	5.44E-05	6.88E-05	2.04E-05
	少年	2.62E-03	3.31E-03	1.88E-04	5.44E-05	6.83E-05	2.04E-05
	成年	2.62E-03	3.31E-03	1.88E-04	5.44E-05	6.77E-05	2.04E-05
SSE	婴儿	1.11E-03	1.88E-03	7.91E-04	2.59E-04	1.20E-04	2.75E-05

方位	年龄组	距离 (km)					
		0-1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	幼儿	1.11E-03	1.88E-03	7.91E-04	2.61E-04	1.22E-04	2.75E-05
	少年	1.11E-03	1.88E-03	7.91E-04	2.60E-04	1.21E-04	2.75E-05
	成年	1.11E-03	1.88E-03	7.91E-04	2.60E-04	1.21E-04	2.75E-05
S	婴儿	6.70E-04	2.77E-04	1.57E-04	1.11E-04	5.54E-05	1.86E-05
	幼儿	6.70E-04	2.77E-04	1.57E-04	1.11E-04	5.54E-05	1.86E-05
	少年	6.70E-04	2.77E-04	1.57E-04	1.11E-04	5.54E-05	1.86E-05
	成年	6.70E-04	2.77E-04	1.57E-04	1.11E-04	5.54E-05	1.86E-05
SSW	婴儿	4.87E-04	1.20E-04	2.92E-05	1.27E-05	7.82E-06	4.83E-06
	幼儿	4.87E-04	1.20E-04	2.92E-05	1.27E-05	7.82E-06	4.83E-06
	少年	4.87E-04	1.20E-04	2.92E-05	1.27E-05	7.82E-06	4.83E-06
	成年	4.87E-04	1.20E-04	2.92E-05	1.27E-05	7.82E-06	4.83E-06
SW	婴儿	4.15E-04	9.72E-05	1.62E-05	1.15E-05	4.66E-06	2.44E-06
	幼儿	4.15E-04	9.72E-05	1.62E-05	1.15E-05	4.66E-06	2.44E-06
	少年	4.15E-04	9.72E-05	1.62E-05	1.15E-05	4.66E-06	2.44E-06
	成年	4.15E-04	9.72E-05	1.62E-05	1.15E-05	4.66E-06	2.44E-06
WSW	婴儿	3.51E-04	1.25E-04	3.22E-05	1.26E-05	6.41E-06	2.44E-06
	幼儿	3.51E-04	1.25E-04	3.22E-05	1.26E-05	6.41E-06	2.44E-06
	少年	3.51E-04	1.25E-04	3.22E-05	1.26E-05	6.41E-06	2.44E-06
	成年	3.51E-04	1.25E-04	3.22E-05	1.26E-05	6.41E-06	2.44E-06
W	婴儿	3.40E-04	1.30E-04	7.40E-05	3.35E-05	1.24E-05	5.77E-06
	幼儿	3.40E-04	1.30E-04	7.40E-05	3.35E-05	1.24E-05	5.77E-06
	少年	3.40E-04	1.30E-04	7.40E-05	3.35E-05	1.24E-05	5.77E-06
	成年	3.40E-04	1.30E-04	7.40E-05	3.35E-05	1.24E-05	5.77E-06
WNW	婴儿	3.64E-04	1.19E-04	5.59E-05	2.51E-05	1.19E-05	7.18E-06
	幼儿	3.64E-04	1.19E-04	5.59E-05	2.51E-05	1.19E-05	7.18E-06
	少年	3.64E-04	1.19E-04	5.59E-05	2.51E-05	1.19E-05	7.18E-06
	成年	3.64E-04	1.19E-04	5.59E-05	2.51E-05	1.19E-05	7.18E-06
NW	婴儿	3.21E-04	6.81E-05	2.14E-05	1.06E-05	6.50E-06	4.32E-06
	幼儿	3.21E-04	6.81E-05	2.14E-05	1.06E-05	6.50E-06	4.32E-06
	少年	3.21E-04	6.81E-05	2.14E-05	1.06E-05	6.50E-06	4.32E-06
	成年	3.21E-04	6.81E-05	2.14E-05	1.06E-05	6.50E-06	4.32E-06

方位	年龄组	距离 (km)					
		0-1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
NNW	婴儿	1.88E-04	3.60E-05	1.07E-05	7.18E-06	4.83E-06	3.08E-06
	幼儿	1.88E-04	3.60E-05	1.07E-05	7.18E-06	4.83E-06	3.08E-06
	少年	1.88E-04	3.60E-05	1.07E-05	7.18E-06	4.83E-06	3.08E-06
	成年	1.88E-04	3.60E-05	1.07E-05	7.18E-06	4.83E-06	3.08E-06

注：阴影部分为无人子区

本项目气、液综合途径所致 20km 范围内集体有效剂量见表 7.3-11，
气、液综合途径所致 20km 范围内集体有效剂量为 3.85×10^{-4} 人·Sv/a。

表 7.3-11 气液综合途径所致 20km 范围内集体剂量

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量， 人·Sv/a	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.54E-05	2.30E-04	3.85E-04
份额， %	0.00	0.00	0.00	11.8	59.7	100.0

8 退役治理施工过程中的环境影响

8.1 施工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坑（井）口简易封堵墙拆除及重新永久性封堵，集中覆盖治理设施的修建，废石场、老尾渣库、堆浸场、工业场地、运矿道路下和污染溪沟的清挖、运输、回填，104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施的多层覆盖、植被恢复，建（构）筑物的拆除、运输，以及矿坑水的治理等。

施工过程中的环境危害因素主要是废石场、堆浸场、老尾渣库和 104 露天坑尾渣库等表面析出的 ^{222}Rn 以及拆除简易封堵墙的坑（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。

本次退役治理项目施工过程中，对环境的影响具有如下特点：

1）本项目施工治理时，需将废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地的废石、污染土等清挖迁移至集中覆盖治理区，运输距离约 4.5km，施工影响的范围有限。

2）本项目建设周期为 48 个月，实际施工过程约 33 个月，因此退役治理过程产生的环境影响是暂时的，随着施工结束其影响会慢慢消失。

3）本项目周围人口稀少，距离评价中心最近的居民点位于 3.5km 处，距离较远，退役治理施工对周围环境的影响较小。

由于该项目的上述特点，退役治理过程对环境产生的影响是较小的。

8.1.1 源项分析

1) 气载流出物源项

(1) ^{222}Rn 的释放

本项目退役治理施工过程中主要 ^{222}Rn 释放源为废石场、堆浸场、老尾渣库、104 露天坑尾渣库、坑（井）口以及水冶等工业场地。本项目坑（井）口采取拆除简易封堵墙后重新进行永久性封堵；废石场、老尾渣库、堆浸场、工业场地、运矿道路下和污染溪沟均采取清挖方案，清挖污染物全部回填至

集中覆盖治理设施；修建集中覆盖治理设施，并在接收退役治理过程中产生的各类污染物后采用多层覆盖植被的方式进行治理；104 露天坑尾渣库采取拆除现有拦渣坝、土工膜和混凝土覆盖层等设施后，修建拦渣坝、排洪设施，再进行多层覆盖、植被恢复的治理方案。

因此，施工过程中由于坑（井）口简易封堵墙被拆除、104 露天坑尾渣库土工膜和混凝土覆盖层被拆除，氡气从坑（井）口和 104 露天坑尾渣库滩面不断逸（析）出，相比退役治理前氡释放量有所增加，但是随着各个源项治理施工的不断推进，氡释放将逐步减小。

施工过程中气载流出物参数详见表 8.1-1，施工过程中源项相对位置分布见图 8.1-1。

表 8.1-1 施工过程中气载流出物源项特征参数

序号	源项名称		通风量 m³/s	等效 半径 m	排放 高度 m	等效面积 m²	氡释放量 Bq/a	源项 类型
1	四号平硐		9.8	3.23	0	/	3.64E+11	点源
2	二号平硐		7.1	2.73	0	/	3.38E+11	点源
3	回风斜井		9.3	3.15	0	/	3.17E+11	点源
4	废石场		/	/	/	6119	2.41E+11	面源
5	堆浸场		/	/	/	5137	1.44E+11	面源
6	采掘工业场地		/	/	/	4849	5.51E+10	面源
7	破碎工业场地		/	/	/	2380	1.19E+11	面源
8	水冶工业场地		/	/	/	5770	6.73E+10	面源
9	老尾渣库		/	/	/	4672	6.56E+11	面源
10	104 露天坑 尾渣库	尾渣部分	/	/	/	5930	1.47E+12	面源
		露采边坡部分	/	/	/	9500	2.07E+11	面源

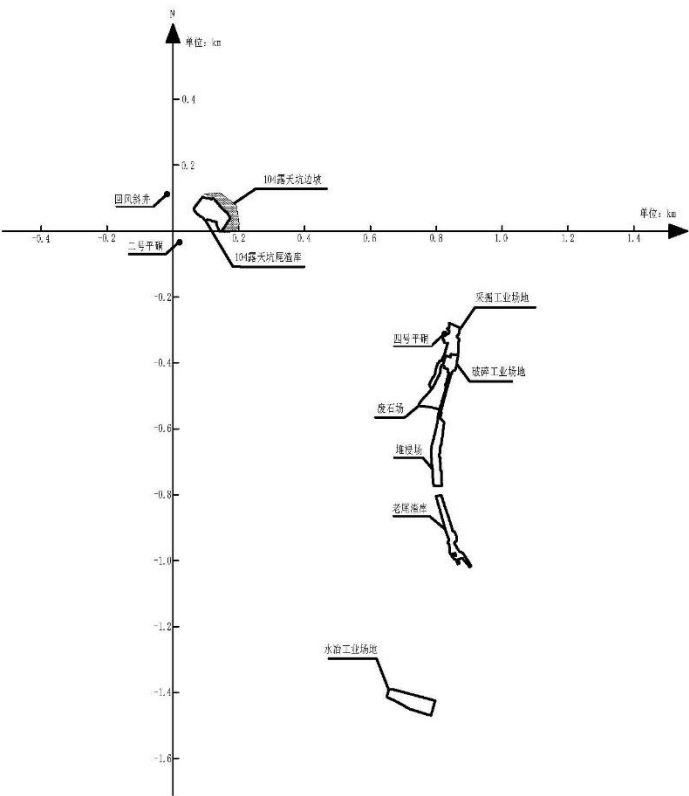


图 8.1-1 施工过程中源项相对位置图

(2) 悬浮物

在废石场、堆浸场、老尾渣库以及各工业场地等设施清挖集中治理过程中，由于人为扰动和自然风的驱使，可能会在卸车等环节产生扬尘，在风速较大的情形下，悬浮物较容易弥散在空气中，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；风速降低时，悬浮物由于重力作用会逐渐沉降下来，本次退役治理工程位于高原山区，有高山相隔，而且周围 3km 范围内没有居民点，因此，退役治理过程的扬尘对周围公众的影响是比较小的，即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。

2) 液态流出物源项

施工过程中，矿坑水通过四号平硐口抽排至矿坑水处理设施处理后排入羊肠沟，外排水量为 320m³/d，外排废水中放射性核素浓度稳定，同退役治理前基本相同。施工过程中液态流出物源项见表 8.1-2。

表 8.1-2 施工过程中液态流出物放射性核素浓度

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)
矿坑处理设施外排废水	320	2964	2964	1464	1070	11	28.1

8.1.2 退役治理过程中环境影响剂量估算与分析

8.1.2.1 评价基本参数

施工过程中评价中心为覆盖治理区，评价年份为退役治理开始施工的第一年，即 2026 年。除源项变化外其余评价基本参数同退役治理前一致，本章节不再累赘描述。

8.1.2.2 气载途径辐射环境影响剂量估算

1) 环境敏感目标辐射环境影响

施工过程中气载源项所致周边 5km 范围内环境敏感目标核素浓度和公众剂量结果见表 8.1-2。

从表 8.1-3 可以看出，施工过程中气载源项对周围 5km 范围内各居民点中影响最大的是评价中心的 SSE 方位、4.2km 处阿念巴，所有源项对阿念巴空气中氡贡献浓度为 0.0274Bq/m³，所致该居民点的最大个人剂量为 5.86×10⁻⁴mSv/a。

施工过程中各气载污染源项对阿念巴影响的贡献情况见表 8.1-4。从表中可知，对阿念巴居民点个人剂量贡献最大的气载源项是 104 露天坑尾渣库尾渣部分，贡献份额是 40.52%。

表 8.1-3 施工过程中 5km 范围内环境敏感点辐射环境影响

序号	居民点	方位	距评价中心距离 (km)	²²² Rn 浓度 (Bq/m ³)	公众个人剂量 (mSv/a)
1	阿念巴	SSE	4.2	2.74E-02	5.86E-04

表 8.1-4 各源项对阿念巴影响的贡献情况

序号	源项	氡浓度贡献值 (Bq/m ³)	个人剂量贡献值 (mSv/a)	份额 (%)
1	四号平硐	3.07E-03	6.56E-05	11.2
2	二号平硐	1.84E-03	3.93E-05	6.7
3	回风斜井	1.53E-03	3.28E-05	5.6
4	废石场	2.49E-03	5.33E-05	9.1

序号	源项	氡浓度贡献值 (Bq/m ³)	个人剂量贡献值 (mSv/a)	份额 (%)
5	堆浸场	1.15E-03	2.46E-05	4.2
6	采掘工业场地	5.69E-04	1.23E-05	2.1
7	破碎工业场地	1.23E-03	2.64E-05	4.5
8	水冶工业场地	8.47E-04	1.82E-05	3.1
9	老尾渣库	4.24E-03	9.02E-05	15.4
10	104 露天坑尾渣库尾渣部分	9.19E-03	1.96E-04	33.4
11	104 露天坑尾渣库露采边坡部分	1.29E-03	2.75E-05	4.7
	合计 (mSv/a)	2.74E-02	5.86E-04	/
	份额 (%)	/	/	100.00

2) 各子区地面空气中氡浓度分布

施工过程中放射性气载流出物所致各子区地面空气中各核素的浓度见表 8.1-5。

从该表可知,在有人子区中,施工过程中气载放射性流出物所致空气中各核素最大贡献浓度出现在 SSE 方位、3~5km 处,该子区地面空气中 ²²²Rn 最大贡献浓度为 0.0274Bq/m³。

在无人子区中,施工过程中气载放射性流出物所致空气中各核素最大贡献浓度出现在 ESE 方位、0~1km 处,该子区地面空气中 ²²²Rn 最大贡献浓度为 0.605Bq/m³。

表 8.1-5 施工过程中气载流出物所致各子区空气中氡浓度 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	1.77E-02	4.27E-03	1.66E-03	8.78E-04	5.54E-04	3.36E-04
	NNE	1.73E-02	5.87E-03	2.78E-03	1.34E-03	5.26E-04	4.28E-04
	NE	3.41E-02	1.06E-02	4.90E-03	4.19E-03	1.82E-03	7.12E-04
	ENE	7.27E-02	2.51E-02	8.20E-03	6.55E-03	3.55E-03	1.11E-03
	E	2.37E-01	5.17E-02	1.51E-02	4.15E-03	2.54E-03	1.36E-03
	ESE	6.05E-01	2.80E-01	3.26E-02	6.23E-03	4.34E-03	2.03E-03
	SE	4.97E-01	2.47E-01	3.82E-02	1.13E-02	8.74E-03	2.94E-03
	SSE	3.25E-01	1.60E-01	6.95E-02	2.74E-02	1.12E-02	3.37E-03
	S	1.61E-01	5.51E-02	2.77E-02	1.53E-02	6.75E-03	2.35E-03
	SSW	7.67E-02	1.99E-02	7.82E-03	3.46E-03	1.70E-03	6.92E-04

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	SW	5.66E-02	1.31E-02	3.24E-03	2.57E-03	1.07E-03	4.98E-04
	WSW	6.01E-02	1.75E-02	4.85E-03	1.96E-03	1.18E-03	4.86E-04
	W	8.29E-02	2.44E-02	1.24E-02	5.56E-03	2.09E-03	9.34E-04
	WNW	1.15E-01	3.24E-02	1.20E-02	4.51E-03	1.90E-03	1.07E-03
	NW	1.17E-01	1.91E-02	4.28E-03	1.76E-03	1.06E-03	7.20E-04
	NNW	6.49E-02	1.02E-02	1.80E-03	1.13E-03	8.48E-04	5.44E-04

注：阴影部分为无人子区。

3) 各子区公众个人剂量分布

项目施工过程中气载放射性流出物所致各子区公众个人剂量见表 8.1-6。评价范围内公众个人剂量等值线分布见图 8.1-1。

从该表可知，本项目施工过程中气载放射性流出物所致有人子区最大个人剂量出现在 SSE 方位、3~5km 子区内，该子区内最大个人剂量值为 $5.86 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ 。

施工过程中气载放射性流出物所致无人子区最大个人剂量出现在 ESE 方位、0~1km 子区内，该子区内潜在照射最大个人剂量值为 $1.29 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

表 8.1-6 气载流出物所致各子区各年龄组个人剂量 单位：mSv/a

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	3.77E-04	9.14E-05	3.56E-05	1.88E-05	1.18E-05	7.18E-06
NNE	3.70E-04	1.26E-04	5.93E-05	2.87E-05	1.12E-05	9.15E-06
NE	7.28E-04	2.27E-04	1.05E-04	8.96E-05	3.90E-05	1.52E-05
ENE	1.55E-03	5.37E-04	1.75E-04	1.40E-04	7.59E-05	2.38E-05
E	5.07E-03	1.10E-03	3.22E-04	8.86E-05	5.42E-05	2.91E-05
ESE	1.29E-02	5.99E-03	6.97E-04	1.33E-04	9.27E-05	4.34E-05
SE	1.06E-02	5.27E-03	8.16E-04	6.38E-04	1.87E-04	6.28E-05
SSE	6.96E-03	3.42E-03	1.49E-03	5.86E-04	2.40E-04	7.21E-05
S	3.44E-03	1.18E-03	5.91E-04	3.28E-04	1.44E-04	5.02E-05
SSW	1.64E-03	4.26E-04	1.67E-04	7.39E-05	3.64E-05	1.48E-05
SW	1.21E-03	2.79E-04	6.93E-05	5.50E-05	2.28E-05	1.06E-05
WSW	1.29E-03	3.74E-04	1.04E-04	4.20E-05	2.53E-05	1.04E-05
W	1.77E-03	5.22E-04	2.64E-04	1.19E-04	4.46E-05	2.00E-05

方位	距离（km）					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
WNW	2.45E-03	6.92E-04	2.55E-04	9.64E-05	4.05E-05	2.29E-05
NW	2.50E-03	4.08E-04	9.14E-05	3.76E-05	2.26E-05	1.54E-05
NNW	1.39E-03	2.18E-04	3.86E-05	2.41E-05	1.81E-05	1.16E-05

注：阴影部分为无人子区

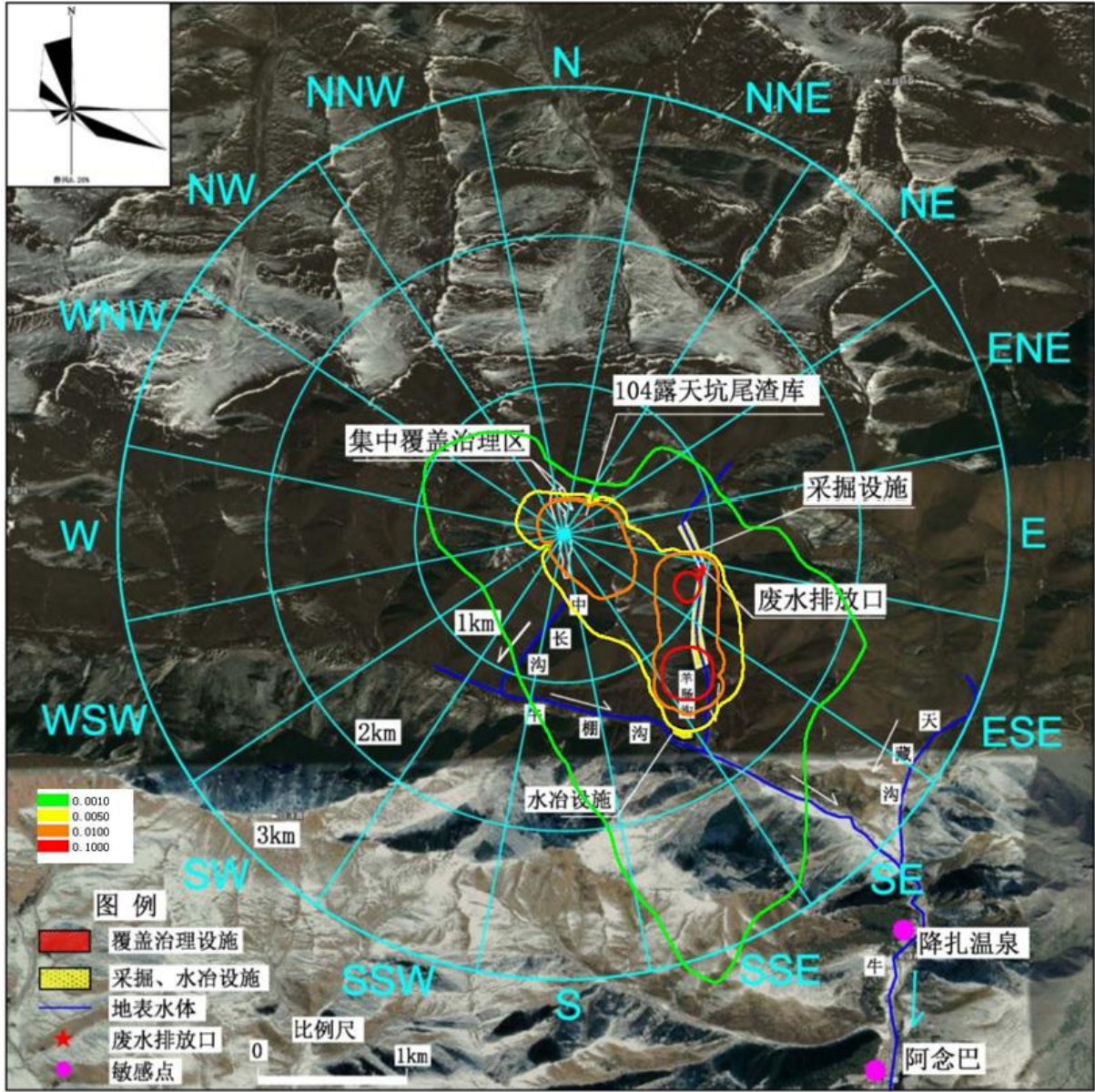


图 8.1-1 施工过程中气载流出物所致公众受照剂量等值线图

4) 集体剂量

本项目施工过程中气载源项对 20km 评价范围内居民产生的集体有效剂量见表 8.1-7，从表中可以看出，施工过程中气载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 9.96×10^{-4} 人·Sv/a。

表 8.1-7 气载放射性流出物所致 20km 范围内集体有效剂量

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量, 人·Sv/a	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.04E-04	5.36E-04	9.96E-04
份额, %	0.00	0.00	0.00	10.4	53.8	100.00

8.1.2.3 地表水途径辐射环境影响剂量估算

1) 受纳水体中核素浓度

施工过程中液态源项所致受纳水体中各核素活度浓度见表 8.1-8。

表 8.1-8 受纳水体中各核素活度浓度分布 单位: Bq/m³

河段, km 核素	1	2	3~9	10~16	17~21	22~25	26~29
²³⁸ U	2.47E+02	2.68E+01	2.22E+01	2.26E+00	1.73E+00	1.51E+00	1.30E+00
²³⁴ U	2.47E+02	2.68E+01	2.22E+01	2.26E+00	1.73E+00	1.51E+00	1.30E+00
²²⁶ Ra	8.96E+01	9.72E+00	8.08E+00	8.21E-01	6.28E-01	5.50E-01	4.72E-01
²³⁰ Th	1.23E+02	1.33E+01	1.11E+01	1.12E+00	8.60E-01	7.53E-01	6.45E-01
²¹⁰ Po	2.35E+00	2.55E-01	2.12E-01	2.15E-02	1.64E-02	1.44E-02	1.23E-02
²¹⁰ Pb	9.22E-01	1.00E-01	8.30E-02	8.44E-03	6.46E-03	5.65E-03	4.85E-03

2) 液态途径所致个人剂量

施工过程中液态流出物所致个人剂量见表 8.1-9, 液态流出物所致有人子区个人有效剂量最大值出现在 SSE 方位、3~5km 子区的幼儿组, 其值为 1.18×10^{-5} mSv/a, 上述子区其他年龄组剂量分别为婴儿组 2.65×10^{-6} mSv/a、少年组 9.72×10^{-6} mSv/a、成人组 7.62×10^{-6} mSv/a。

表 8.1-9 施工过程中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
ESE	婴儿					2.69E-07	2.69E-07
	幼儿					1.20E-06	1.20E-06
	少年					9.88E-07	9.88E-07
	成年					7.74E-07	7.74E-07
SE	婴儿					2.65E-06	
	幼儿					1.18E-05	
	少年					9.72E-06	
	成年					7.62E-06	
SSE	婴儿				2.65E-06	2.65E-06	
	幼儿				1.18E-05	1.18E-05	
	少年				9.72E-06	9.72E-06	
	成年				7.62E-06	7.62E-06	

注：阴影部分为无人子区

施工过程中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 8.1-10。

表 8.1-10 各照射途径、各核素对最大个人有效剂量的贡献 单位：mSv/a

途径 核素	岸边活动	农产品食入	动物产品食入	合计	份额 （%）
²³⁸ U	3.88E-08	8.47E-08	2.95E-06	3.07E-06	25.9
²³⁴ U	5.27E-08	9.17E-08	3.19E-06	3.34E-06	28.2
²²⁶ Ra	1.65E-07	9.05E-07	2.23E-07	1.29E-06	10.9
²³⁰ Th	2.63E-08	4.13E-08	7.96E-07	8.64E-07	7.3
²¹⁰ Po	2.56E-12	2.55E-09	3.23E-06	3.23E-06	27.3
²¹⁰ Pb	6.43E-10	3.64E-08	6.58E-09	4.37E-08	0.4
合计	2.83E-07	1.16E-06	1.04E-05	1.18E-05	
份额(%)	2.4	9.8	87.8	100	100

由上表可知，从照射途径来看，动物产品食入途径对最大个人剂量贡献最大，为 $1.04\times10^{-5}\text{mSv/a}$ ，贡献份额 87.8%。从产生照射的核素来看，²³⁴U 为主要核素，贡献份额为 28.2%。

3) 集体剂量

施工过程中，液态流出物所致 20km 范围内的集体剂量见表 8.1-11。由表中数据可知，施工过程中液态流出物所致 20km 范围内集体剂量为 1.19×10^{-5} 人·Sv/a。

表 8.1-11 液态流出物所致 20km 范围集体有效剂量

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量， 人·Sv/a	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.83E-07	1.17E-05	1.19E-05
份额，%	0.00	0.00	0.00	8.3	98.4	100

8.1.2.4 剂量汇总与评价

本项目施工过程中气、液综合途径所致各子区、各年龄组的个人有效剂量见表 8.1-12。由表中数据可知，施工过程中气、液综合途径所致有人子区最大个人剂量出现在 SE 方位、3~5km 子区内，该子区内最大个人剂量值为 5.98×10^{-4} mSv/a，该子区内居民点为阿念巴；无人子区最大个人剂量出现在 ESE 方位、0~1km 子区内，该子区内潜在照射最大个人剂量值为 1.29×10^{-2} mSv/a。

主要由气载放射性流出物所致，关键居民点位阿念巴幼儿组，关键途径为吸入内照射，关键核素为 ^{222}Rn ，占比约 98.0%。

表 8.1-12 气液综合途径所致各子区剂量 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	3.77E-04	9.14E-05	3.56E-05	1.88E-05	1.18E-05	7.18E-06
	幼儿	3.77E-04	9.14E-05	3.56E-05	1.88E-05	1.18E-05	7.18E-06
	少年	3.77E-04	9.14E-05	3.56E-05	1.88E-05	1.18E-05	7.18E-06
	成年	3.77E-04	9.14E-05	3.56E-05	1.88E-05	1.18E-05	7.18E-06
NNE	婴儿	3.70E-04	1.26E-04	5.93E-05	2.87E-05	1.12E-05	9.15E-06
	幼儿	3.70E-04	1.26E-04	5.93E-05	2.87E-05	1.12E-05	9.15E-06
	少年	3.70E-04	1.26E-04	5.93E-05	2.87E-05	1.12E-05	9.15E-06
	成年	3.70E-04	1.26E-04	5.93E-05	2.87E-05	1.12E-05	9.15E-06
NE	婴儿	7.28E-04	2.27E-04	1.05E-04	8.96E-05	3.90E-05	1.52E-05
	幼儿	7.28E-04	2.27E-04	1.05E-04	8.96E-05	3.90E-05	1.52E-05
	少年	7.28E-04	2.27E-04	1.05E-04	8.96E-05	3.90E-05	1.52E-05

方位	年龄组	距离 (km)					
		0-1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	成年	7.28E-04	2.27E-04	1.05E-04	8.96E-05	3.90E-05	1.52E-05
ENE	婴儿	1.55E-03	5.37E-04	1.75E-04	1.40E-04	7.59E-05	2.38E-05
	幼儿	1.55E-03	5.37E-04	1.75E-04	1.40E-04	7.59E-05	2.38E-05
	少年	1.55E-03	5.37E-04	1.75E-04	1.40E-04	7.59E-05	2.38E-05
	成年	1.55E-03	5.37E-04	1.75E-04	1.40E-04	7.59E-05	2.38E-05
E	婴儿	5.07E-03	1.10E-03	3.22E-04	8.86E-05	5.42E-05	2.91E-05
	幼儿	5.07E-03	1.10E-03	3.22E-04	8.86E-05	5.42E-05	2.91E-05
	少年	5.07E-03	1.10E-03	3.22E-04	8.86E-05	5.42E-05	2.91E-05
	成年	5.07E-03	1.10E-03	3.22E-04	8.86E-05	5.42E-05	2.91E-05
ESE	婴儿	1.29E-02	5.99E-03	6.97E-04	1.33E-04	9.30E-05	4.37E-05
	幼儿	1.29E-02	5.99E-03	6.97E-04	1.33E-04	9.39E-05	4.46E-05
	少年	1.29E-02	5.99E-03	6.97E-04	1.33E-04	9.37E-05	4.44E-05
	成年	1.29E-02	5.99E-03	6.97E-04	1.33E-04	9.35E-05	4.42E-05
SE	婴儿	1.29E-02	5.99E-03	6.97E-04	1.33E-04	9.54E-05	4.34E-05
	幼儿	1.06E-02	5.27E-03	8.16E-04	6.38E-04	1.99E-04	6.28E-05
	少年	1.06E-02	5.27E-03	8.16E-04	6.38E-04	1.97E-04	6.28E-05
	成年	1.06E-02	5.27E-03	8.16E-04	6.38E-04	1.95E-04	6.28E-05
SSE	婴儿	1.06E-02	5.27E-03	8.16E-04	6.41E-04	1.90E-04	6.28E-05
	幼儿	6.96E-03	3.42E-03	1.49E-03	5.98E-04	2.52E-04	7.21E-05
	少年	6.96E-03	3.42E-03	1.49E-03	5.96E-04	2.50E-04	7.21E-05
	成年	6.96E-03	3.42E-03	1.49E-03	5.94E-04	2.48E-04	7.21E-05
S	婴儿	3.44E-03	1.18E-03	5.91E-04	3.28E-04	1.44E-04	5.02E-05
	幼儿	3.44E-03	1.18E-03	5.91E-04	3.28E-04	1.44E-04	5.02E-05
	少年	3.44E-03	1.18E-03	5.91E-04	3.28E-04	1.44E-04	5.02E-05
	成年	3.44E-03	1.18E-03	5.91E-04	3.28E-04	1.44E-04	5.02E-05
SSW	婴儿	1.64E-03	4.26E-04	1.67E-04	7.39E-05	3.64E-05	1.48E-05
	幼儿	1.64E-03	4.26E-04	1.67E-04	7.39E-05	3.64E-05	1.48E-05
	少年	1.64E-03	4.26E-04	1.67E-04	7.39E-05	3.64E-05	1.48E-05
	成年	1.64E-03	4.26E-04	1.67E-04	7.39E-05	3.64E-05	1.48E-05
SW	婴儿	1.21E-03	2.79E-04	6.93E-05	5.50E-05	2.28E-05	1.06E-05
	幼儿	1.21E-03	2.79E-04	6.93E-05	5.50E-05	2.28E-05	1.06E-05

方位	年龄组	距离 (km)					
		0-1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	少年	1.21E-03	2.79E-04	6.93E-05	5.50E-05	2.28E-05	1.06E-05
	成年	1.21E-03	2.79E-04	6.93E-05	5.50E-05	2.28E-05	1.06E-05
WSW	婴儿	1.29E-03	3.74E-04	1.04E-04	4.20E-05	2.53E-05	1.04E-05
	幼儿	1.29E-03	3.74E-04	1.04E-04	4.20E-05	2.53E-05	1.04E-05
	少年	1.29E-03	3.74E-04	1.04E-04	4.20E-05	2.53E-05	1.04E-05
	成年	1.29E-03	3.74E-04	1.04E-04	4.20E-05	2.53E-05	1.04E-05
W	婴儿	1.77E-03	5.22E-04	2.64E-04	1.19E-04	4.46E-05	2.00E-05
	幼儿	1.77E-03	5.22E-04	2.64E-04	1.19E-04	4.46E-05	2.00E-05
	少年	1.77E-03	5.22E-04	2.64E-04	1.19E-04	4.46E-05	2.00E-05
	成年	1.77E-03	5.22E-04	2.64E-04	1.19E-04	4.46E-05	2.00E-05
WNW	婴儿	2.45E-03	6.92E-04	2.55E-04	9.64E-05	4.05E-05	2.29E-05
	幼儿	2.45E-03	6.92E-04	2.55E-04	9.64E-05	4.05E-05	2.29E-05
	少年	2.45E-03	6.92E-04	2.55E-04	9.64E-05	4.05E-05	2.29E-05
	成年	2.45E-03	6.92E-04	2.55E-04	9.64E-05	4.05E-05	2.29E-05
NW	婴儿	2.50E-03	4.08E-04	9.14E-05	3.76E-05	2.26E-05	1.54E-05
	幼儿	2.50E-03	4.08E-04	9.14E-05	3.76E-05	2.26E-05	1.54E-05
	少年	2.50E-03	4.08E-04	9.14E-05	3.76E-05	2.26E-05	1.54E-05
	成年	2.50E-03	4.08E-04	9.14E-05	3.76E-05	2.26E-05	1.54E-05
NNW	婴儿	1.39E-03	2.18E-04	3.86E-05	2.41E-05	1.81E-05	1.16E-05
	幼儿	1.39E-03	2.18E-04	3.86E-05	2.41E-05	1.81E-05	1.16E-05
	少年	1.39E-03	2.18E-04	3.86E-05	2.41E-05	1.81E-05	1.16E-05
	成年	1.39E-03	2.18E-04	3.86E-05	2.41E-05	1.81E-05	1.16E-05

注：阴影部分为无人子区

本项目施工过程中气、液综合途径所致 20km 范围内集体有效剂量见表 8.1-13, 气、液综合途径所致 20km 范围内集体有效剂量为 1.01×10^{-3} 人·Sv/a。

表 8.1-13 施工过程中气液综合途径所致 20km 范围内集体剂量

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量, 人·Sv/a	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-04	5.48E-04	1.01E-03
份额, %	0.00	0.00	0.00	10.4	54.3	100.0

8.2 施工过程中非放射性环境影响分析

8.2.1 施工过程中大气环境影响分析

1) 施工期扬尘的产生

施工期间非放射性废气主要为施工扬尘，运输车辆采用全密闭车运输，运输过程中产生扬尘量较小，扬尘主要产生环节为尾渣库内卸车，产生量估算详见 6.5.2 章节。

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

经调研额定载重为 10t 的自卸车车厢距离地面高度 2.75m，作业面积按照单次卸载的车身面积 22.95m² 考虑，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 和 8.2-2。

由该表可知，本项目 TSP 的 P_{\max} 为 1.98%，在 1%至 10%之间，出现在 17m 处。按照《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）相关规定，本项目大气环境影响评价的工作等级定为二级。

表 8.2-1 拟建项目大气环境影响估算结果

污染源名称	污染物	C_i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Co_i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P_i (%)	距离 (m)	评价等级
施工场地扬尘	TSP	17.78	900	1.98	17	II

表 8.2-2 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(%)
1	1.88	2.09E-01
17	17.78	1.98E+00
100	6.12	6.80E-01
500	1.18	1.31E-01
900	0.43	4.80E-02
1000	0.27	2.95E-02
2000	0.20	2.22E-02
3000	0.18	1.99E-02
3500	0.16	1.82E-02
4000	0.14	1.55E-02
5000	1.88	2.09E-01

由估算结果可以看出,施工期扬尘排放最大落地浓度为 $17.78\mu\text{g}/\text{m}^3$,可以满足《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020)表 1 标准无组织排放监控浓度限值 $0.9\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。

本项目距离施工场地最近居民点为阿念巴,距离约 4.2km,其落地浓度为 $1.55\times 10^{-2}\mu\text{g}/\text{m}^3$,叠加环境背景值 $72\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之后,可满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级的要求。本项目施工期大气环境影响可以接受。

8.2.2 施工过程中水环境影响分析

1) 施工期废水的产生

施工期废水污染源主要包括矿坑水、施工废水和施工人员的生活污水。

(1) 矿坑水

施工过程中矿坑水,每日处理量为 $320\text{m}^3/\text{d}$,处理后水中非放射性元素浓度类比施工前处理效果,详见表 8.2-3。

表 8.2-3 矿坑水处理设施处理效果

取样位置	pH	Cr^{6+} mg/L	Hg $\mu\text{g}/\text{L}$	Mn $\mu\text{g}/\text{L}$	Zn mg/L	Cu $\mu\text{g}/\text{L}$	Pb $\mu\text{g}/\text{L}$	As $\mu\text{g}/\text{L}$
矿坑处理设施 外排废水	8.12	<0.004	<0.2	44.3	1.38	<5.0	<5.0	<2.0

(2) 施工废水

施工期施工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，产生量极少。

(3) 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 4t/d。

2) 施工期废水的处理

根据废水的不同来源及性质，对施工期的矿坑水、施工废水和生活废水分别进行处理。

(1) 矿坑水

采用矿坑水处理设施进行处理，处理后排至羊肠沟内。

①评价等级确定

本项目施工期矿坑水，总排放量为 320m³/d，主要污染物包括 Cr⁶⁺、Mn、Zn、Cu、Pb 和 As 等，经计算当量数 $W_{\max}=728.6<6000$ ，污染物排放量详见表 8.3-4， $Q=320\text{m}^3/\text{d}>200\text{m}^3/\text{d}$ 。

根据《阿坝州水功能区划报告》排放口河段水质目标为 III 类。根据 HJ2.3-2018 判定标准，评价范围为受纳水体排放口断面至下游最近河段汇入口处，关心断面为排放口下游 800m 断面，评价时期为丰水期和枯水期。

表 8.2-4 矿坑水非放污染物排放量及当量数

污染物 \ 类型	浓度	排放量	工作时间	年排放量	当量值	当量数
	mg/L	m³/d	d/a	kg/a	(kg)	W
Cr ⁶⁺	0.004	320	330	0.42	0.02	21.1
Mn	0.0443			4.68	0.2	23.4
Zn	1.38			145.73	0.2	728.6
Cu	0.005			0.53	0.1	5.3
Pb	0.005			0.53	0.025	21.1
As	0.002			0.21	0.02	10.6

②预测模型

本次预测选取羊肠沟枯水期 1 月份、丰水期 7 月份，其水文参数详见表 2.5-1。

a、混合过程段长度估算

$$L_m = \left\{ 0.11 + 0.7 \left[0.5 - \frac{a}{B} - 1.1 \left(0.5 - \frac{a}{B} \right)^2 \right]^{1/2} \right\} \frac{uB^2}{E_y} \quad (\text{式 8-1})$$

式中：

L_m —混合段长度，m；

B —水面宽度，m，枯水期取 0.5m，丰水期取 1.2m；

a —排放口至岸边的距离，m，本项目取 0m；

u —断面流速，m/s，枯水期取 0.24m/s，丰水期取 0.29m/s；

E_y —污染物横向扩散系数， m^3/s 。本项目受纳水体羊肠沟，丰水期、枯水期宽深比（ B/H ）分别为 2.9 和 4.6，均小于 100；可采用《水域纳污能力计算规程》（GB/T25173-2010）中的泰勒公式进行计算。泰勒公式如下：

$$E_y = (0.58H + 0.0065B) \sqrt{gHJ} \quad (\text{式 8-2})$$

式中：

H —河道断面平均水深，m；枯水期取 0.17，丰水期取 0.26

J —水利坡度，%

g —重力加速度，取 $9.8\text{m}/\text{s}^2$

采用式 8-2 计算得 E_y ，枯水期为 $0.046\text{m}^2/\text{s}$ ，丰水期为 $0.089\text{m}^2/\text{s}$ 。

采用式 8-1 计算得混合过程段长度（ L_m ），枯水期为 0.58m，丰水期为 4.0m。本次预测选取的关心断面为排放口下游 800m 处，位于完全混合段。

b、地表水环境影响预测

本项目关心断面处于完全混合段，地表水非放射性污染物环境影响评价采用零维模型，即河流均匀混合模型：

$$C = (C_p Q_p + C_h Q_h) / (Q_p + Q_h) \quad (\text{式 8-3})$$

式中：

C —污染物浓度，mg/L；

C_p —污染物排放浓度，mg/L，见表 8.3-4；

Q_p —污水排放量， m^3/s ，取 $0.0037\text{m}^3/\text{s}$ ；

C_h —受纳水体上游污染物浓度，mg/L，见表 8.3-5；

Q_h —受纳水体流量， m^3/s ，枯水期为 $0.02\text{m}^3/\text{s}$ ，丰水期为 $0.09\text{m}^3/\text{s}$ 。

③环境影响评价

采用零维模型计算本项目受纳本项目排水后，羊肠沟关心断面处水中污染物浓度见表 8.3-5。由表中数据可以看出，羊肠沟受纳本项目排水后，关心断面处各污染物的浓度均可以满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准相应的限值要求。

总体而言，矿坑水排水对周边地表水环境影响较小。

表 8.3-5 受纳本项目排水后羊肠沟关心断面水中污染物浓度

污染物	上游水中浓度 C_h mg/L	预测浓度 C , mg/L		GB3838-2002 中 III 类标准 mg/L
		枯水期	丰水期	
Cr ⁶⁺	0.005	0.0048	0.0050	0.05
Mn	0.00006	0.0070	0.0018	0.1
Zn	0.0009	0.2162	0.0554	1.0
Cu	0.005	0.0050	0.0050	1.0
Pb	0.00007	0.0008	0.0003	0.05
As	0.0018	0.0018	0.0018	0.05

(2) 施工废水

在施工场地内设置简易的废水收集池，对于含污染物种类较为简单的废水，如设备冲洗、水泥养护排水，在收集沉淀后，回用于场地喷洒降尘。

(3) 生活废水

本项目在退役现场不建设施工营地，施工人员租住在周围降扎乡附近民宅内，产生的生活污水依托当地居民生活污水处理设施处理。

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。采用上述处理措施后，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 施工过程中声环境影响分析

1) 施工期噪声的影响

施工期间噪声的主要来源为施工机械、运输车辆噪声、物料装卸碰撞声等，主要噪声源为运输车辆、挖掘机、推土机、电锯等。

2) 施工期噪声的防治

(1) 在施工机械的选择上，选择低噪声设备；

(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) 合理安排施工时间，减少夜间施工。

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。

3) 施工期声环境影响分析

由于施工场地内设备位置不断变化，同一施工阶段的不同时间设备运行数量亦有波动，因此很难准确预测施工场界噪声值。本项目采用类比组合噪声最大值为声源，采用点声源几何发散衰减公式计算，预测公式如下：

$$L_{p2} = L_{p1} - 20\lg(r_2 / r_1)$$
 (8-4)

式中：

L_{p1} ——受声点 P1 处的声级；

L_{p2} ——受声点 P2 处的声级；

r_1 ——声源至 P1 点的距离，m；

r_2 ——声源至 P2 点的距离，m。

经类比调查，各类机械噪声声级及预测结果见表 8.2-6。

表 8.2-6 各类机械噪声声级及预测结果 单位：dB (A)

距离 施工设备	10m	20m	50m	100m	150m	180m	200m	昼间 标准	夜间 标准
推土机	79.0	73.0	65.0	59.0	55.5	53.9	53.0	70	55
挖掘机	79.0	73.0	65.0	59.0	55.5	53.9	53.0		
混凝土搅拌机	74.0	68.0	60.0	54.0	50.5	48.9	48.0		
空压机	78.0	72.0	64.0	58.0	54.5	52.9	52.0		
电锯	80.0	74.0	66.0	60.0	56.5	54.9	54.0		
运输车辆	74.0	68.0	60.0	54.0	50.5	48.9	48.0		

由上表可见，昼间施工设备噪声在施工设备 50m 处即可降至 70dB(A) 的标准以下，夜间施工设备在距离设备 180m 处可降至 55 dB(A)，满足《建筑施工场界噪声排放标准值》（GB12523-2011）昼间 70dB(A) 的标准要求。本项目施工场地集中在羊肠沟、牛棚沟和中长沟内，施工场界设置在 3 条沟源项向外扩 200m 范围，由此可见施工期场界噪声能够满足《建筑施工场界噪声排放标准值》（GB12523-2011）的要求。

此外，与本项目距离最近的敏感点为阿念巴，距离为 4.2km，施工期对阿念巴的贡献值约为 29.1dB(A)，叠加环境背景值昼间噪声昼间 50dB(A)和夜间 43dB(A)后，噪声值为昼间 50.03dB(A)和夜间 43.17dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求，不会对敏感点产生明显影响。

8.2.4 施工过程中固体废物环境影响分析

1) 固体废物的产生

施工期产生的非放射性固体废物主要是拆除的未受污染的建筑垃圾和少量的生活垃圾等。

2) 固体废物的处置

(1)本次退役工程拆除未受污染建筑垃圾约 11274m³回用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料。

(2)施工过程约产生生活垃圾，预计施工 50 人，生活垃圾产生量按照定额 1.2kg/d·人估算，产生量为 21.9t/a，统一收集后交由环卫部门处理。

8.2.5 施工过程中生态环境影响分析

1) 评价等级及评价范围

本项目建设地点位于四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县，项目涉及的治理源项、新建集中覆盖治理区、临时占地以及土源地等均不涉及自然保护区、风景名胜区和生态红线等生态敏感区域，且无重要物种生境。项目占地不涉及生态保护红线。

本项目退役源项占地面积 110.31m 亩，新建集中覆盖治理区占地 69.87 亩，土源地临时占地 59.87 亩，合计占地面积 240.06 亩，约 0.16km²<20km²。根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中相关内容，不属于 6.1.2 中 a)~f) 内容，评价等级为三级，评价范围为本项目占地范围，包括永久占地和临时占地。

2) 调查及评价方法

本次评价中，在充分收集与区域生态环境相关资料的基础上，结合地形图、土地利用现状图，对评价区进行了现场踏勘，借此重点了解区域内的生态系统类型、生态环境敏感目标的分布、区域内主要动、植物种类及分布情

况等信息。主要通过资料收集和现场校核相结合的方法进行调查和评价。

8.2.5.1 现状调查

1) 生态功能调查

根据《四川省生态功能区划》（川府函〔2006〕100 号，2006.5.31）中相关内容，本项目所在地位于 III2-1 岷山-邛崃山云杉冷杉林—高山灌丛—高山草甸生态区，项目占地范围内主要天然牧草地、采矿用地和灌木林地。项目所在地生态功能区划位置见图 8.2-1。

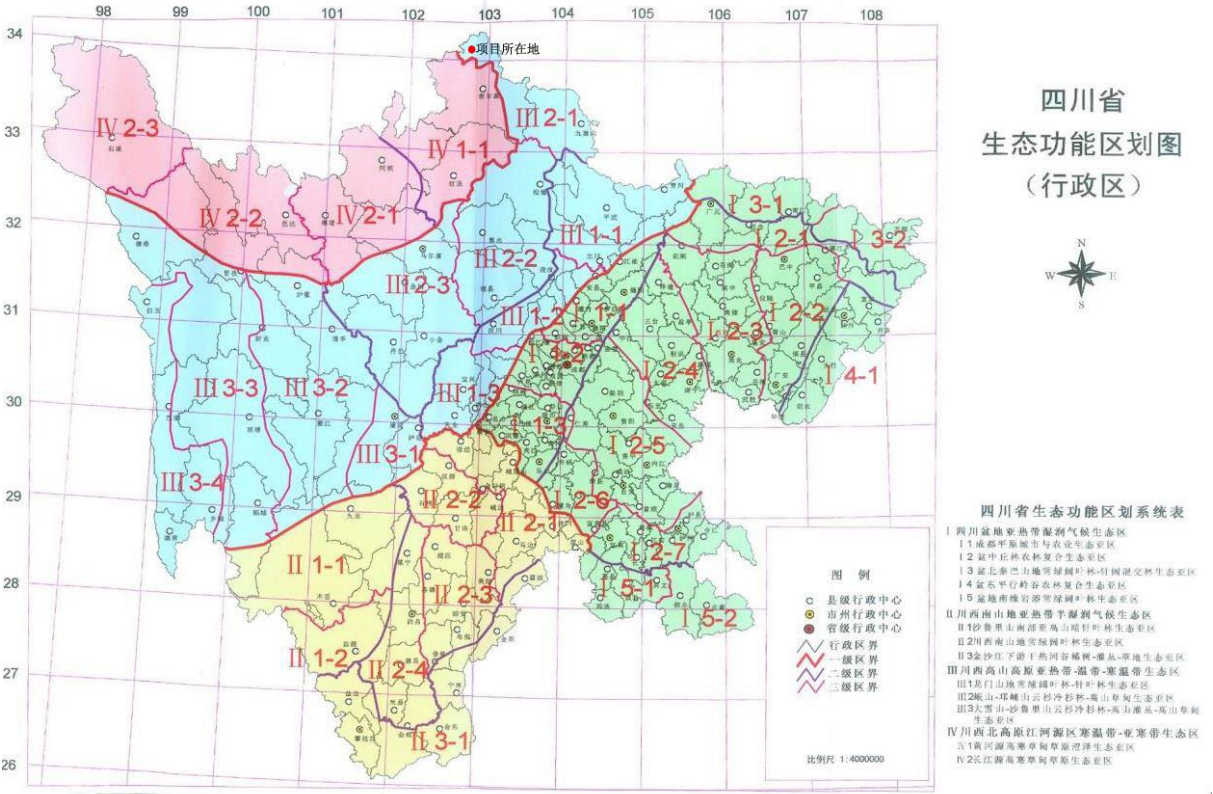


图 8.2-1 项目所在地生态功能区划位置关系

2) 植被多样性现状调查

(1) 调查方式

本次生态影响评价等级为三级，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中 7.3.6 节相关内容，现状调查以资料收集为主。因此，植被类型多样性调查以资料收集为主，现场调查校核为辅。

(2) 资料调查

本项目调查了《中国植被》（中国植被编辑委员会，1980 年）、《四川植被 1~16 卷》（编委会，1981 年）、《中国种子植物区系地理》（吴征镒，2011

年）和《若尔盖县志》（地方志编委会，2011 年）等资料。同时结合县自然资源局收集的土地利用现状等资料，资料调查结果如下：

项目所在区地表植被分为草甸植被和灌丛植被两大类。其中，草甸植被以嵩草属、蓼属构成建群成片，禾木科草占有一定数量，形成草甸局部景观；灌丛植被常与草甸植被镶嵌复合。项目所在地常见植被类型见表 8.2-7。

根据《中国生物多样性红色名录—高等植物卷（2020）》（生态环境部、中国科学院，公告〔2023〕第 15 号，2023.5.18）相关内容，调查的植被物种评估等级均为无危（LC）植物，不属于特有种。

根据《国家重点保护野生植物名录》（国家林业和草原局、农业农村部，〔2021〕第 15 号，2021.9.7）相关内容，调查的植被物种均不在该名录内。

根据《四川省重点保护野生植物名录》（川府发〔2024〕第 14 号）相关内容，调查的植被均不在该名录内。

表 8.2-7 项目所在地常见植被类型

序号	中文名	拉丁名	评估等级
1	线叶嵩草	<i>Carex capillifolia</i>	LC
2	高寒早熟禾	<i>Poa albertii</i> subsp. <i>kunlunensis</i>	LC
3	发草	<i>Deschampsia cespitosa</i> subsp. <i>cespitosa</i>	LC
4	天蓝苜蓿	<i>Medicago lupulina</i>	LC
5	长花马先蒿	<i>Pedicularis longiflora</i> var. <i>longiflora</i>	LC
6	甘肃马先蒿	<i>Pedicularis kansuensis</i> subsp. <i>kansuensis</i>	LC
7	圆穗蓼	<i>Polygonum macrophyllum</i> var. <i>macrophyllum</i>	LC
8	草玉梅	<i>Anemone rivularis</i> var. <i>rivularis</i>	LC
9	矮地榆	<i>Sanguisorba filiformis</i>	LC
10	松林风毛菊	<i>Saussurea pinetorum</i>	LC
11	丝颖针茅	<i>Stipa capillacea</i> var. <i>capillacea</i>	LC
12	珠芽蓼	<i>Polygonum viviparum</i> var. <i>viviparum</i>	LC
13	钉柱委陵草	<i>Potentilla saundersiana</i> var.	LC
14	高原毛茛	<i>Ranunculus tanguticus</i> var. <i>tanguticus</i>	LC
15	发草	<i>Deschampsia cespitosa</i> subsp. <i>cespitosa</i>	LC
16	沙生藁草	<i>Carex praeclara</i>	LC

注：LC 表示濒危等级为“无危”。

（3）现场调查

本项目所在地海拔在 3500m 以上，根据现场踏勘，项目周边区域地表植被以草甸草、蒿草为主，其间零散分布有灌丛植被。项目周边植被情况见图 8.2-2。

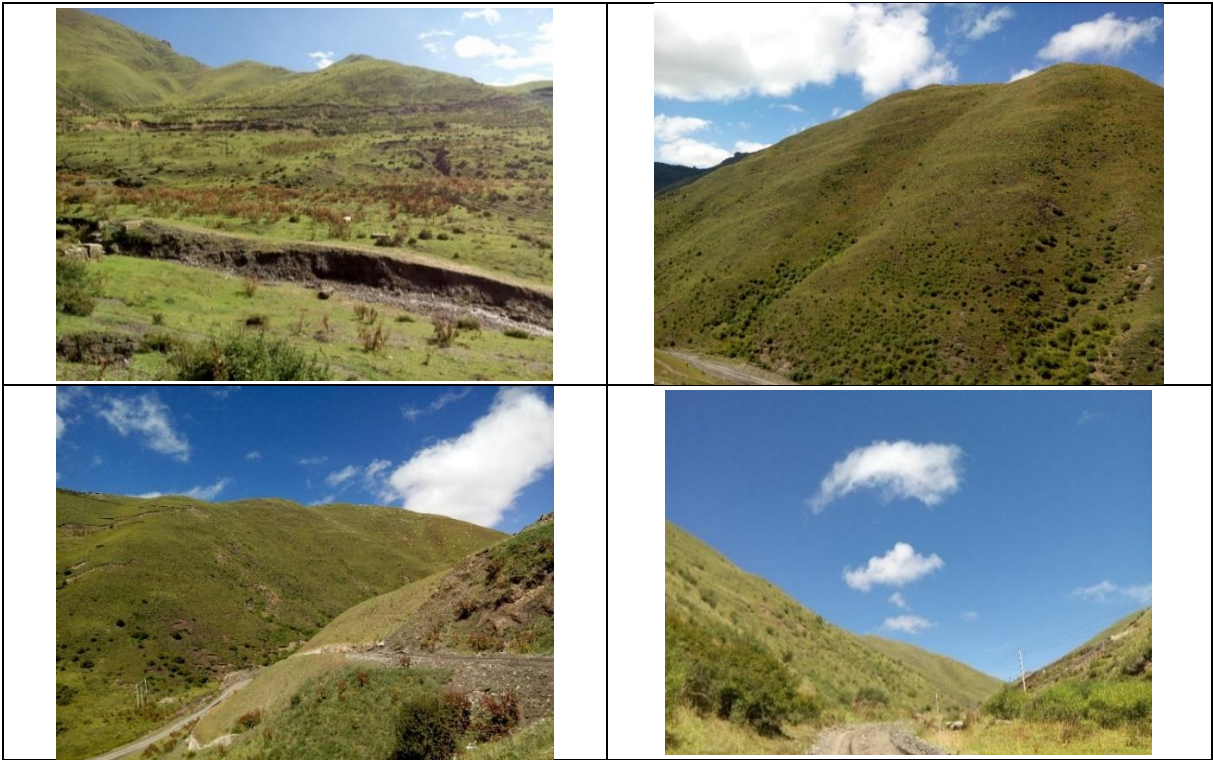


图 8.2-2 项目周边植被

3) 动物多样性现状调查

(1) 调查方式

本次生态环境评价等级为三级，根据 HJ19-2022 相关内容，现状调查以资料收集为主。因此，动物多样性调查以资料收集为主，现场调查校核为辅。

(2) 资料调查

本项目调查了《中国两栖动物及其分布彩色图鉴》(费梁等, 2012 年)、《中国爬行纲动物分类厘定》(蔡波等, 2015 年)、《中国鸟类分类与分布名录》(郑光美等, 2017 年)、《若尔盖高原四川片区陆生脊椎动物多样性研究》(李波等, 2023 年)和《若尔盖县志》(地方志编委会, 2011 年)等资料，资料调查结果详见表 8.2-8。

根据《中国生物多样性红色名录—脊椎动物卷(2020)》(生态环境部、中国科学院, 公告〔2023〕第 15 号, 2023.5.18)相关内容，调查的野生动物物种评估等级均为无危(LC)，不属于特有种。

根据《国家重点保护野生动物名录》（国家林业和草原局、农业农村部，（2021）第3号，2021.2.1）中相关内容，调查的动物物种均不在该名录内。

根据《四川省重点保护野生动物名录》（川府发〔2024〕第14号）相关内容，调查的动物物种均不在该名录内。

表 8.2-8 项目所在地区常见的野生动物名录

序号	中文名	拉丁文名	分布生境	评估等级
一、爬行纲 REPTILIA				
有鳞目 SQUAMATA				
1	青海沙蜥	<i>Phrynocephalus vlangalii</i>	高原草甸、灌丛	LC
2	秦岭滑蜥	<i>Scincella tsinlingensis</i>	高原草甸、灌丛	LC
3	若尔盖锦蛇	<i>Elaphe zoigeensis</i>	高原草甸、灌丛	LC
二、哺乳纲 MAMMALTA				
兔形目 LAGOMORPHA				
1	灰尾兔	<i>Lepus oiostolus</i>	高原草甸、灌丛	LC
2	高原鼠兔	<i>Ochotona curzoniae</i>	高原草甸、灌丛	LC
啮齿目 RODENTIA				
1	高山姬鼠	<i>Apodemus chevrieri</i>	高原草甸、灌丛	LC
2	林跳鼠	<i>Eozapus setchuanus</i>	高原草甸、灌丛	LC
3	高原松田鼠	<i>Neodon irene</i>	高原草甸、灌丛	LC
三、鸟纲 MAMMALTA				
雀形目 PASSERIIFORMES				
1	红尾伯劳	<i>Lanius cristatus</i>	高原草甸、灌丛	LC
2	红嘴山鸦	<i>Pyrhocorax pyrrhocorax</i>	高原草甸、灌丛	LC
3	达乌里寒鸦	<i>Parus cinereus</i>	高原草甸、灌丛	LC
4	大山雀	<i>Parus cinereus</i>	高原草甸、灌丛	LC
5	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	高原草甸、灌丛	LC
6	麻雀	<i>Passer montanus</i>	高原草甸、灌丛	LC
8	喜鹊	<i>Pica pica</i>	高原草甸、灌丛	LC
9	灰椋鸟	<i>Spodiopsar cineraceus</i>	高原草甸、灌丛	LC
10	北红尾鸲	<i>Phoenicurus auroreus</i>	高原草甸、灌丛	LC
11	灰头鹀	<i>Emberiza spodocephala</i>	高原草甸、灌丛	LC

注：LC 表示濒危等级为“无危”。

（3）现场调查

根据现场调查，调查范围内啮齿动物主要为老鼠，爬行类的主要有蜥蜴；

鸟类主要有雀类、鸦类等，评价调查范围内没有珍稀濒危动物栖息地与繁殖地分布。

4) 土地利用现状

本次评价期间，收集了项目所在地及周边的土地利用现状图。采用叠图分析的方式。项目治理源项、集中覆盖治理区以及土源地的土地利用现状见图 8.2-3。

根据叠图分析可以看出，本项目拟治理的露天坑尾渣库、废石场、堆浸场、污染工业场地等污染源项的土地利用现状均为采矿用地；拟建集中覆盖治理区占地现状为灌木林地及天然牧草地，其中灌木林地约 9290m²，天然草地约 37290m²。

各类设施占地情况详见表 8.2-9。

表 8.2-9 各类设施占地情况一览表

序号	类型	占地面积, m ²	土地类型	占地性质
1	废石场	5188	采矿用地	临时用地
2	堆浸场	5137	采矿用地	临时用地
3	工业场地	12999	采矿用地	临时用地
4	老尾渣库	4672	采矿用地	临时用地
5	104 露天坑尾渣库	10680	采矿用地	永久用地
6	污染道路	18565	道路用地	临时用地
7	污染溪沟	8296	河流水面	临时用地
8	土源地	39914	天然牧草地	临时用地
9	集中覆盖治理设施	46580	天然牧草地 灌木林地	永久用地
10	滑坡	8012	天然牧草地	临时用地
合计		160043	—	—

8.2.5.2 生态影响分析

1) 对植被影响

本项目主要生态影响表现为集中覆盖治理区的设置会占用灌木林地和天然草地，损毁地表植被，造成生物量的减少。根据现场调查，集中覆盖治理区选址不涉及自然保护区、国家公园、重要生境等生态敏感区，没有需要特别保护的珍稀植物分布。集中覆盖治理区接收废物完毕后，将进行覆土，并采用当地常见植物进行植被恢复，从而弥补占地造成的地表植被损失。

废石场、堆浸场、污染工业场地、老尾渣库等设施采用清挖污染物后回填并恢复植被的治理措施；对于采取原地覆盖治理的 104 露天坑尾渣库，覆土完成后将采用种草的方式，恢复地表植被。治理施工后，以上设施的原址处地表植被均得到了恢复，生态环境得到了改善。

本项目施工过程另一个对地表植被造成生态影响的区域是土源地。施工取土会造成地表植被的破坏。根据施工计划，土源地取土结束后，将对取土区域进行植被恢复。虽然取土对土源地植被造成了一定的影响，但通过取土后的植树种草，土源地地表植被得以恢复，取土造成的植物影响是暂时的，可恢复的。

治理设施、土源地植被恢复方案详见 6.3.5 章节。

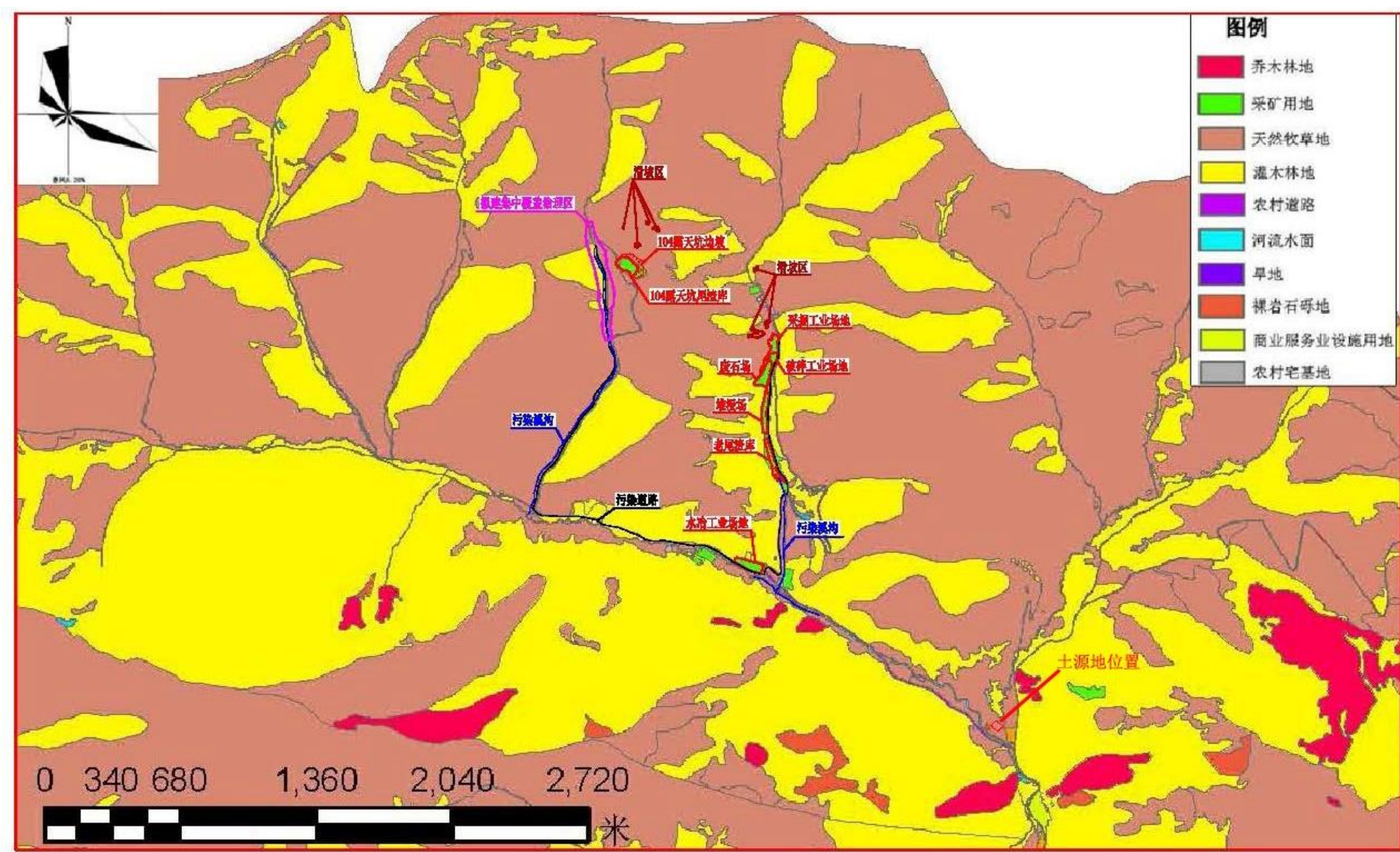


图 8.2-3 项目源项及周边土地利用现状

2) 对动物影响

建设项目对野生动物的影响主要表现为：项目用地占据了野生动物固有的栖息地，造成野生动物的迁移；野生动物可能会受到施工和运行期噪声的惊吓，远离项目所在地周围区域，而去其他地方觅食、繁殖。

根据现场调查，项目施工涉及区域内，大型野生动物数量较少，常见的野生动物主要为鸟类、鼠类、蛇类和昆虫，没有珍稀濒危野生动物栖息，不涉及对珍稀濒危野生动物的影响问题。

本项目施工期，挖方、物料运输噪声，运行期机械噪声以及人为活动的干扰，也会对分布于项目周边、道路两侧的野生动物的生存受到影响，改变其生存地点和范围。但是，项目影响范围相对于区域内可供野生动物的可栖息范围来说，所占比例较小，对于野生动物的栖息和生存影响不大。且随着退役治理的结束，退役治理设施原址、集中覆盖治理区、土源地处的植被得以恢复，由于项目而远离的动物会逐渐回迁。由此可见，项目施工对动物的影响是暂时，随着施工的结束，对动物的影响也会消失。

3) 对景观影响

本项目施工过程中，集中覆盖治理区开挖及回填、土源地取土等会造成地表植被损毁，破坏原址处的景观；但随着集中覆盖治理区回填及取土完毕，在采取植被恢复措施后，随着植被的生长，景观也得以恢复。废石场、堆浸场、污染工业场地、老尾渣库等设施原址处，通过清挖、覆土植被，与周围景观相融合，改善了区域景观。

4) 永久占地影响

本项目施工结束后，永久占地为集中覆盖治理区以及 104 露天坑尾渣库。通过对以上设施的植被恢复可以最大程度的降低占地对当地生态系统及景观的影响；特别是经过覆盖治理的露天坑尾渣库，占地处生态环境得到了恢复。由此可见，项目永久占地的生态影响较小。

8.2.6 施工过程废物运输环境影响分析

1) 正常情况下

根据 6.3.3.12 章节内容可知，本项目在废物运输过程中采取了技术措施和管理措施，例如定期维护道路、废物封闭运输、车速控制和放射性监控等，

以保障运输过程中对周边居民和环境的防护。因此，正常情况下，在采取以上措施后，不会对周围居民造成明显影响。

2) 事件情况下

在废物运输过程中，可能发生翻车事件，使得运输的废物撒落，造成一定程度的污染。根据核工业 30 年放射性物质运输统计数据，公路运输发生的事件率为 $4.3 \times 10^{-7}/\text{km} \cdot \text{车次}$ 。

本项目运输距离约 4.5km，运输次数为 29100 次，运输车辆 10 辆，按每车 9.5t 的装载量，单辆车每年运输频次为 1455 次/a，则在运输过程中每辆汽车发生事件的概率为 0.0028 次/a。因此只要严格按照运输计划，发生事件的可能性很小，能够满足本次废物安全运输的要求，不会对周围环境产生明显影响。

假如废物运输过程中发生翻车事件，司乘人员应立即采取应急处理措施，马上向安防部门报告，对事件现场进行控制。安防部门应迅速组织车辆和相关监测人员赶赴现场，对撒落在道路上的废石、污染土即清除，并对道路及周围进行清扫，同时监测人员对现场进行事件监测并做好记录。

8.3 施工过程中的环境保护防护措施

8.3.1 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 ($v > 3\text{m/s}$) 尽量不要进行废石场、老尾渣库、工业场地等的开挖、倒运工作。
- 3) 施工人员进行废石和污染土的挖运、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，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) 运输过程中采用密闭厢式自卸车运输，可减少废物撒落，避免沿途二次污染，同时减少运输路途中 ^{222}Rn 及其子体释放。

8.3.2 施工过程中大气环境保护措施

1) 在进行坑（井）口封堵治理时，采取局扇对坑（井）口进行通风，以减少对施工人员和周围环境的污染。

2) 对于采取清挖治理的废石、建（构）筑物、污染道路等设施，在清挖、回填过程中可能会产生扬尘，污染周围环境。因此在施工过程中采取不定期洒水、帆布遮挡等措施，抑制扬尘向周围环境的扩散。同时在大风天气时，禁止施工以减少对周围环境的污染。

3) 本项目所需土均来自外地土源地，且需求量大，在土源运输过程易产生扬尘，运输车顶土源上布置除尘毡布以防止扬尘，减小扬尘产生量。

8.3.3 施工过程中地表水环境保护措施

1) 洗车废水，经收集、沉淀后用于装卸车喷雾降尘，不得外排。

2) 施工期间，废物避开雨季清挖治理，降低雨水冲刷和淋滤的风险。

3) 施工期间，定期对矿坑水处理设施进行检查和监测，确保设施正常运行。

8.3.4 施工过程中声环境保护措施

1) 本项目在施工过程中，尽量选择在白天进行施工，对于产生噪声较大的大型施工机械，减少在夜间操作。

2) 车辆运输经过居民点时，需控制车速，严禁鸣笛。

3) 设备选型过程中，需优先选择产生噪声低的设备，并安装必要的减震降噪设备，减小噪声的源强。

8.3.5 施工过程中固体废物环境保护措施

1) 采取清挖治理的设施，在清挖后，原址有可能存在着遗漏或撒落的放射性污染，如不及时发现，可能造成污染面积扩大，对周围环境再次造成污染。因此在清挖过程中要认真贯彻“边施工，边监测”的施工方案，发现异常及时进行清理，确保对污染物的彻底清除，减少对周围环境的污染。

2) 建（构）筑物拆除后应该按照污染建筑垃圾和未受污染建筑垃圾分类堆放处置，避免交叉污染。

8.3.6 施工过程中生态环境保护措施

1) 临时占地剥离的表土进行储存，作为生态恢复的土源。

2) 土源地取土施工时, 尽量避免在暴雨季节进行土石方开挖作业, 以减少水土流失量。同时各土源地在取土之后, 按照地方水土保持的有关规定, 需要种草、植树, 植被选择当地的优势物种栽种, 防止水土流失, 改善生态环境, 恢复自然植被。

3) 施工期间的大型机械, 安装必要的减震降噪设备, 减小噪声的源强, 运输车辆选择合理的运输时段, 减少对生态保护区内动物活动的影响。

9 退役治理后环境影响评价

9.1 退役治理后源项

根据本项目退役治理方案, 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施采用覆盖、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 $0.74 \text{ Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。此外, 矿坑水封堵后不再外排。

因此, 出于保守考虑本项目退役治理后的废气主要为四号平硐口、104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施不断释放的 ^{222}Rn 及子体, 详细的退役治理后源项分析见 §6.5.3 章节。退役治理后气载流出物源项特征见表 9.1-1。

表 9.1-1 退役治理后气载放射性源项一览表

序号	源项名称		通风量 m^3/s	等效半 径 m	排放高 度 m	等效 面积 m^2	氡释放量 Bq/a	源项 类型
1	104 露天坑 尾渣库	尾渣部分	/	/	/	9600	$8.17\text{E}+10$	面源
2		露采边坡 部分	/	/	/	9500	$3.00\text{E}+10$	面源
3	集中覆盖治理设施		/	/	/	33605	$3.39\text{E}+11$	面源

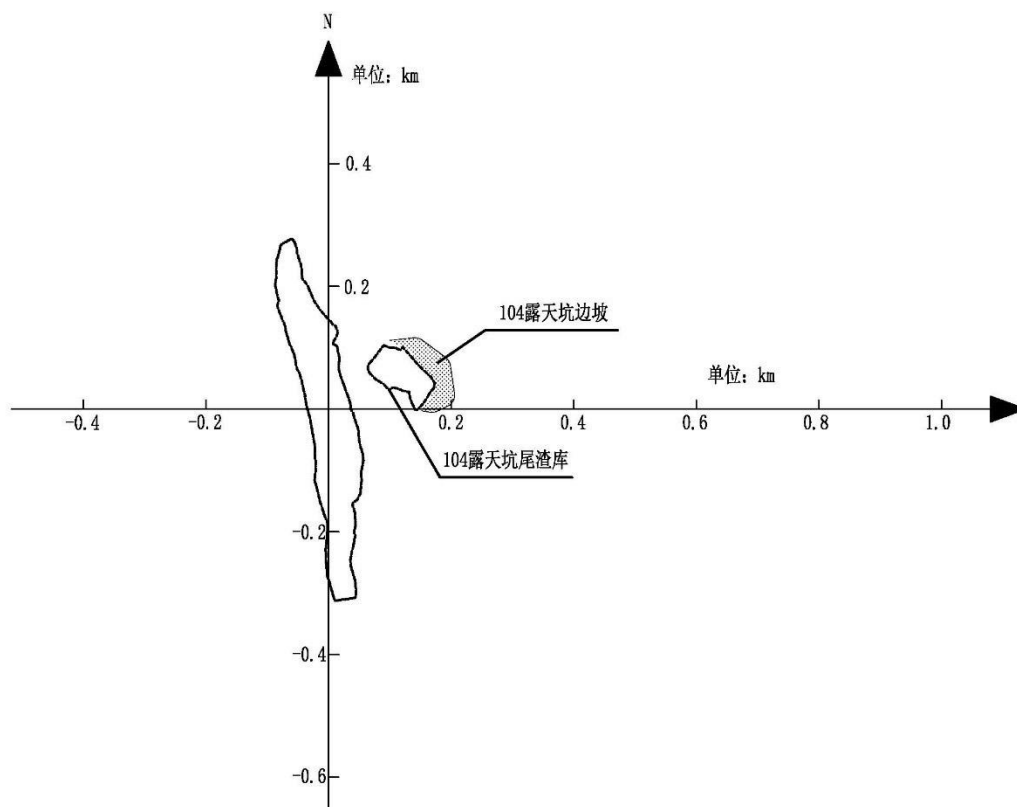


图 9.1-1 退役治理后源项相对位置图

9.2 退役治理后环境影响剂量估算与分析

9.2.1 气载途径辐射环境影响剂量估算

9.2.1.1 评价基本参数

退役治理后评价中心为覆盖治理区，评价年份为退役治理完成后第一年，即 2030 年。除源项变化外其余评价基本参数同退役治理前一致，本章节不再累赘描述。

9.2.1.2 环境敏感目标辐射环境影响

退役治理后本项目气载源项所致两个矿点周边 5km 范围内环境敏感目标核素浓度和公众剂量结果见表 9.2-1。

由表可知，退役治理后气载源项对评价中心 5km 范围内各居民点中影响最大的是评价中心的 SE 方位、4.2km 处阿念巴，所有源项对阿念巴空气中氡贡献浓度为 $6.35 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ ，所致该居民点的最大个人剂量为 $1.36 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ 。

表 9.2-1 退役治理后 5km 范围内环境敏感点辐射环境影响

序号	居民点	方位	距评价中心距离 (km)	^{222}Rn 浓度 (Bq/m ³)	公众个人剂量 (mSv/a)
1	阿念巴	SSE	4.2	3.27E-03	6.99E-05

退役治理后各污染源项对阿念巴影响的贡献情况见表 9.2-2, 由表可知, 对阿念巴敏感目标最大个人剂量贡献最大的源项是集中覆盖治理设施, 贡献份额 42.15%。

表 9.2-2 退役治理后各源项对阿念巴影响的贡献情况

序号	源项	氡浓度贡献值 (Bq/m ³)	个人剂量贡献值 (mSv/a)	份额 (%)
1	104 露天坑尾渣库尾渣部分	6.77E-04	1.45E-05	20.7
2	104 露天坑尾渣库露采边坡部分	2.48E-04	5.29E-06	7.6
3	集中覆盖治理设施	2.34E-03	5.01E-05	71.7
	合计	3.27E-03	6.99E-05	/
	份额 (%)	/	/	100.00

9.2.1.3 各子区地面空气中氡浓度分布

退役治理后, 气载放射性源项所致各子区地面空气中氡浓度见表 9.2-3。

从上表可知, 在有人子区中, 退役治理后气载放射性流出物所致空气中各核素最大贡献浓度出现在 SSE 方位、3~5km 处, 该子区地面空气中 ^{222}Rn 最大贡献浓度为 $3.27 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ 。

在无人子区中, 退役治理后气载放射性流出物所致空气中各核素最大贡献浓度出现在 SSE 方位、0~1km 处, 该子区地面空气中 ^{222}Rn 最大贡献浓度为 0.0833Bq/m^3 。

表 9.2-3 退役治理后气载流出物所致各子区空气中氡浓度 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	2.16E-03	5.08E-04	2.00E-04	1.04E-04	6.20E-05	4.00E-05
	NNE	2.41E-03	6.94E-04	3.82E-04	1.90E-04	6.40E-05	5.60E-05
	NE	4.80E-03	1.58E-03	7.20E-04	5.96E-04	2.60E-04	9.00E-05
	ENE	8.77E-03	3.59E-03	8.94E-04	7.48E-04	3.94E-04	1.22E-04
	E	2.74E-02	5.16E-03	1.92E-03	4.32E-04	2.90E-04	1.48E-04
	ESE	6.20E-02	9.65E-03	3.83E-03	8.48E-04	4.70E-04	2.22E-04

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	SE	7.86E-02	1.55E-02	5.35E-03	1.73E-03	1.16E-03	3.98E-04
	SSE	8.33E-02	1.67E-02	6.95E-03	3.27E-03	1.16E-03	4.12E-04
	S	5.09E-02	1.19E-02	5.10E-03	2.46E-03	9.58E-04	3.18E-04
	SSW	1.72E-02	3.40E-03	1.31E-03	5.94E-04	2.46E-04	7.60E-05
	SW	7.06E-03	1.45E-03	3.92E-04	3.20E-04	1.26E-04	5.40E-05
	WSW	9.52E-03	2.01E-03	5.96E-04	2.26E-04	1.40E-04	6.00E-05
	W	1.80E-02	3.83E-03	1.88E-03	7.72E-04	2.62E-04	1.24E-04
	WNW	2.38E-02	5.44E-03	1.72E-03	6.12E-04	2.46E-04	1.36E-04
	NW	1.77E-02	2.42E-03	5.32E-04	2.22E-04	1.30E-04	9.20E-05
	NNW	6.73E-03	1.26E-03	2.34E-04	1.36E-04	9.80E-05	6.80E-05

注：阴影部分为无人子区。

9.2.1.4 各子区公众个人剂量分布

项目退役治理后气载放射性流出物所致各子区公众个人剂量见表 9.2-4。评价范围内公众个人剂量等值线分布见图 9.2-1。

表 9.2-4 退役治理后气载流出物所致各子区的个人剂量 单位：mSv/a

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	4.62E-05	1.09E-05	4.27E-06	2.22E-06	1.33E-06	8.55E-07
NNE	5.14E-05	1.48E-05	8.17E-06	4.06E-06	1.37E-06	1.20E-06
NE	1.03E-04	3.38E-05	1.54E-05	1.27E-05	5.56E-06	1.92E-06
ENE	1.87E-04	7.68E-05	1.91E-05	1.60E-05	8.42E-06	2.61E-06
E	5.86E-04	1.10E-04	4.11E-05	9.23E-06	6.20E-06	3.16E-06
ESE	1.33E-03	2.06E-04	8.18E-05	1.81E-05	1.00E-05	4.75E-06
SE	1.68E-03	3.32E-04	1.14E-04	3.70E-05	2.48E-05	8.51E-06
SSE	1.78E-03	3.56E-04	1.48E-04	6.99E-05	2.47E-05	8.81E-06
S	1.09E-03	2.55E-04	1.09E-04	5.25E-05	2.05E-05	6.80E-06
SSW	3.67E-04	7.28E-05	2.80E-05	1.27E-05	5.26E-06	1.62E-06
SW	1.51E-04	3.10E-05	8.38E-06	6.84E-06	2.69E-06	1.15E-06
WSW	2.04E-04	4.29E-05	1.27E-05	4.83E-06	2.99E-06	1.28E-06
W	3.85E-04	8.18E-05	4.01E-05	1.65E-05	5.60E-06	2.65E-06
WNW	5.09E-04	1.16E-04	3.68E-05	1.31E-05	5.26E-06	2.91E-06
NW	3.79E-04	5.17E-05	1.14E-05	4.75E-06	2.78E-06	1.97E-06

方位	距离（km）					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
NNW	1.44E-04	2.70E-05	5.00E-06	2.91E-06	2.09E-06	1.45E-06

注：阴影部分为无人子区。

从该表可知，退役治理后本项目气载放射性流出物所致有人子区最大个人剂量出现在 SSE 方位、3~5km 子区内，该子区内最大个人剂量值为 $6.99\times10^{-5}\text{mSv/a}$ 。

退役治理后本项目气载放射性流出物所致无人子区最大个人剂量出现在 SSE 方位、0~1km 子区内，该子区内潜在照射最大个人剂量值为 $1.78\times10^{-3}\text{mSv/a}$ 。

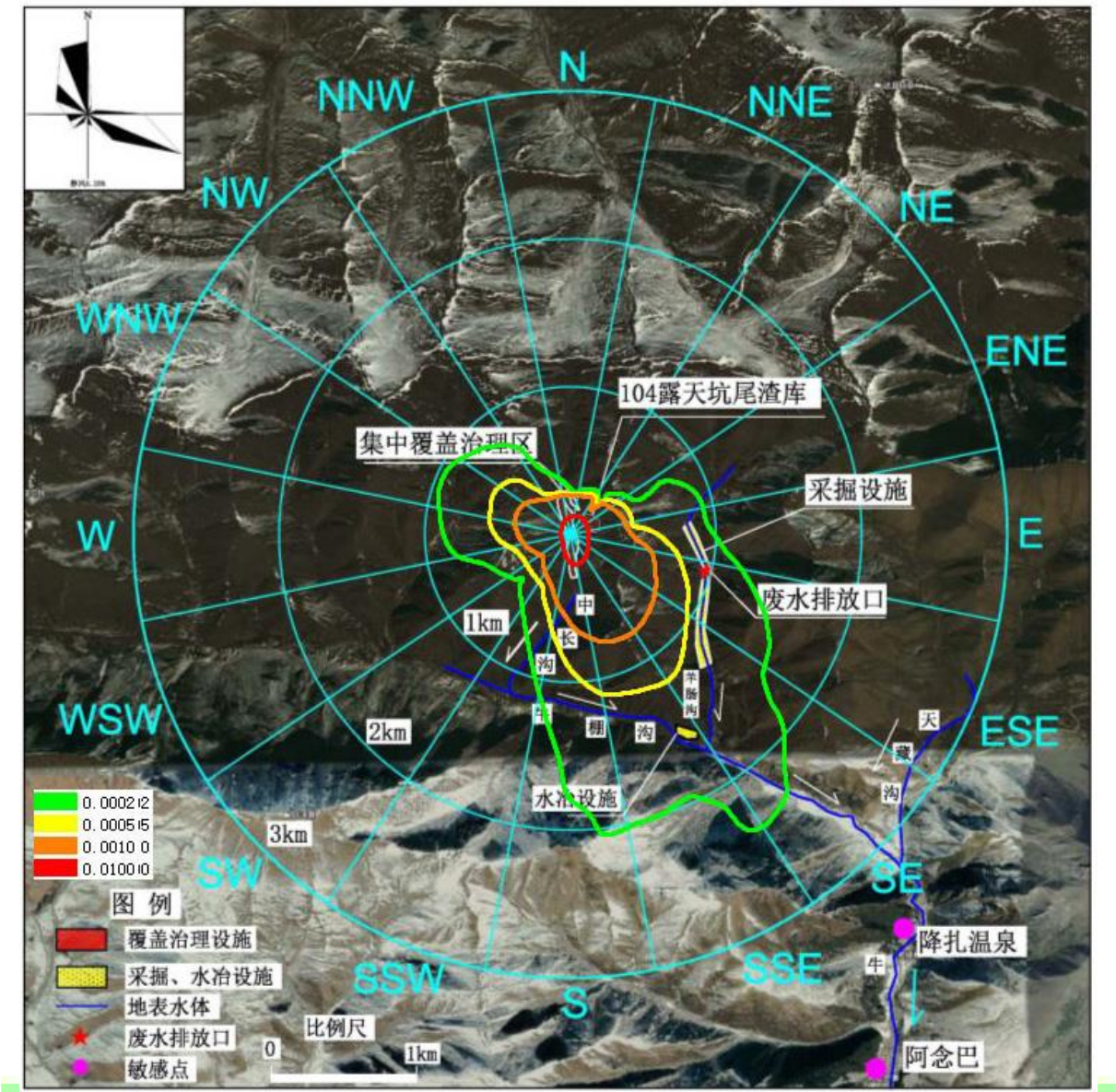


图 9.2-1 退役治理后气载流出物所致公众受照剂量等值线图

9.2.1.5 集体剂量

退役治理后本项目气载放射性流出物所致 20km 范围内集体有效剂量见表 9.2-5，从表中可以看出，退役治理后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 1.23×10^{-4} 人·Sv/a。

表 9.2-5 退役治理后气载放射性流出物所致 20km 范围内集体有效剂量

距离	0~1km	0~2km	0~3km	0~5km	0~10km	0~20km
集体剂量, 人·Sv/a	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.27E-05	6.43E-05	1.23E-04
份额, %	0.00	0.00	0.00	10.4	52.3	100.00

9.2.2 地下水途径辐射环境影响估算

9.2.2.1 地下水影响途径分析

根据该工程的源项调查、治理方案和区域水文地质特征等分析，退役治理后可能涉及对地下水环境产生影响主要为 104 露天坑尾渣库。

根据地质勘察报告，库区岩层基本为中风化炭质板岩，岩体节理较为发育，但大多呈闭合状态，渗透性差。为防止大气降水渗入尾渣库产生放射性渗水，104 露天坑尾渣库滩面覆盖治理采用多层复合结构，即由下至上依次为粘土层（1.35m）、复合土工膜隔水层（两布一膜、厚 1.5mm）、砂卵石导水层（0.3m）和植被层（0.5m），最终尾渣库的多层覆盖总厚度为 215cm，形成天然顶部屏蔽层。此外，在库区设置截洪沟和排水沟引流上层客水，可有效阻隔上部水分及大气降水对 104 露天坑尾渣库内污染物的淋滤。

综上所述，经过上述一系列顶部防渗覆盖、周边截洪沟和排水沟等退役治理手段，且 104 露天坑尾渣库底部为天然防渗基底，对尾渣库内废物进行了全面包裹，充分阻挡了大气降水及周边地表径流，可以有效地控制外来水对尾渣库内废物的冲刷和淋滤，使库内废物处于与外界环境隔离状态，有效地避免了尾渣渗滤进入地下水系统的风险。因此，在正常工况下，尾渣库基本不会对周围地下水环境造成影响，参照 HJ610-2016，已依据相关标准设计地下水污染防治措施的建设项目，可不进行正常工况下情景的预测。

非正常工况下，假设 104 露天坑尾渣库防渗结构破损，降水将通过破损区域进入尾渣库，淋滤尾渣产生的渗滤液渗入下部潜水含水层，从而造成尾渣库地下水环境污染。因此，本次地下水环境影响预测该非正常工况下对

104 露天坑尾渣库周边地下水环境产生的影响。

9.2.2.2 水文地质概念模型

从保守角度，本次模拟计算忽略渗滤液在包气带的运移过程，项目场地地下水流向呈一维流动，含水层基本参数（渗透系数、有效孔隙度等）基本不变，地下水位动态稳定，渗滤液的排入对地下水流场没有明显影响。因此，为了揭示渗滤液进入地下水后，地下水中核素浓度的变化规律，将地下水中核素的溶质迁移问题概化为一维稳定流动二维水动力弥散问题。

9.2.2.3 数学模型

根据预测情景、预测模型及预测源强概化，泄漏结束前将污染源的泄漏概化为平面连续点源，适用《环境影响评价技术导则地下水环境》（HJ610-2016）中一维稳定流动二维水动力弥散问题—连续注入示踪剂—平面连续点源；泄漏被发现并采取措施后，运用叠加原理，将泄漏末刻地下水污染浓度场作为初始浓度场继续运移，但叠加一个负源强，以刻画泄漏停止的情景，即 $C=C(x,y,t)-C(x,y,t)$ ， t 为泄漏持续时间。具体计算公式如下：

1) 连续注入示踪剂—平面连续点源计算公式如下：

$$C(x, y, t) = \frac{m_t}{4\pi M_e \sqrt{D_L D_T}} e^{\frac{xu}{2D_L}} \left[2K_0(\beta\beta - W(\frac{u^2 t}{4D_L}, \beta)) \right] \quad (9-1)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{u^2 x^2}{4D_L^2} + \frac{u^2 y^2}{4D_L D_T}} \quad (9-2)$$

式中：

x, y ——计算点处的位置坐标；

t ——时间，d；

$C(x, y, t)$ —— t 时刻点 x, y 处的污染物浓度，mg/L；

M ——含水层的厚度，m；

m_t ——单位时间注入污染物质量，g/d；

u ——水流速度，m/d；

n_e ——有效孔隙度，量纲为 1；

D_L ——纵向弥散系数， m^2/d ；

D_T ——横向 y 方向的弥散系数， m^2/d ；

π ——圆周率；
 $K_0(\beta)$ ——第二类零阶修正贝塞尔函数；
 $W(\frac{u^2t}{4D_L},\beta)$ ——第一类越流系统井函数。

2) 瞬时注入示踪剂——平面瞬时点源：

$$C(x, y, t) = \frac{m_M/M}{4\pi\pi_e t \sqrt{D_L D_T}} e^{-\left[\frac{(x-ut)^2}{4D_L t} + \frac{y^2}{4D_T t}\right]} \tag{9-3}$$

式中：

t ——时间，d；
 $C(x, y, t)$ —— t 时刻点 x, y 处的污染物浓度，mg/L；
 M ——含水层的厚度，m；
 m_t ——单位时间注入污染物质量，g/d；
 u ——水流速度，m/d；
 n_e ——有效孔隙度，量纲为 1；
 D_L ——纵向弥散系数，m²/d；
 D_T ——横向 y 方向的弥散系数，m²/d；
 π ——圆周率。

9.2.2.4 参数选取

本次模拟预测的水文地质参数主要来自《西安中核蓝天铀业有限公司 510 矿铀矿冶技改项目环境影响报告书》(西安中核蓝天铀业有限公司，2011 年 9 月)，各参数取值见表 9.2-6。

表 9.2-6 预测参数取值一览表

参 数 名 称	单位	数值
含水层厚度，h	m	20
渗透系数，k	m/d	0.3
地下水流速，u	m/d	0.2
有效孔隙度，n _e	/	0.15
纵向弥散系数 D _x	m ² /d	2.8
横向弥散系数 D _y	m ² /d	0.28

9.2.2.5 渗水中核素浓度和渗入量

1) 泄漏量

假定渗水通过失效后的防渗部分连续泄漏至地下环境，泄漏量计算可参考达西定律的计算公式，如下式：

$$Q=\alpha\times K\times I\times A \quad (\text{式 9-4})$$

式中：

Q —泄漏量， m^3/d ；

K —防渗结构下垂向渗透系数， m/d ，根据水文地质资料为 $0.03\text{m}/\text{d}$ ；

I —水力梯度，泄漏为垂直入渗，因此取值为 1；

A —防渗面积， m^2 ，即 9600m^2 ；

α —防渗结构失效率，正常工况下通常取 $0.007\%\sim 0.013\%$ ，非正常工况下取正常工况 10~100 倍，本次保守取 1.3%。

经上式计算，泄漏量为 $3.7\text{m}^3/\text{d}$ 。

2) 核素浓度

本项目尾渣库渗水中特征污染物为核素 $\text{U}_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra ，其处理前浓度分别为 $3.2\sim 7.8\text{mg}/\text{L}$ 和 $0.58\sim 0.79\text{Bq}/\text{L}$ 。本次评价源项核素浓度采用的是当前尾渣库渗水处理前的监测浓度最大值，即 $7.8\text{mg}/\text{L}$ 和 $0.79\text{Bq}/\text{L}$ 。

9.2.2.6 模拟时间

本项目退役治理后对 104 露天坑尾渣库进行长期监护，开展日常巡视和定期监测工作，并在尾渣库所在区域地下水流向下游设地下水监测井，巡视频次为 1 日/次，定期监测频次前两年一年一次，之后两年一次。

长期监护中可通过巡视监护或定期监测发现覆盖层防渗结构破损情况，并及时采取相应措施阻断源项持续泄漏，因此假设泄漏时间为 $2a$ ，预测时段选取 $2a$ 、 $10a$ 、 $100a$ 和 $1000a$ 。

9.2.2.7 预测与分析

1) $\text{U}_{\text{天然}}$

将上述参数代入预测公式进行计算，得到各预测时段地下水中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 贡献值随迁移距离的变化特征，结果见表 9.2-7 和图 9.2-2。由结果可知，随着尾渣库渗滤液的不不断渗漏，地下水核素污染羽逐渐向外围扩散。在水流方向

与垂直水流方向，核素的浓度均随与尾渣库距离的增加而减小。第 2a 时下游最大迁移距离为 265m，范围为 19962m²，下游最大浓度为 0.39mg/L；第 10a 时，大部分 U_{天然} 已迁移至下游中长沟，其余部分影响范围为 11671m²，下游最大浓度为 0.0006mg/L；第 100a 和 1000a 时，泄漏的 U_{天然} 均全部迁移至下游中长沟。

本项目地下水下游露点为中长沟，距离尾渣库距离为 340m，对出露点地下水中的 U_{天然} 浓度随时间的变化进行了计算，计算结果见图 9.2-3。由图可知，中长沟处 U_{天然} 浓度呈先增大再降低的变化趋势，最大贡献浓度为 0.065mg/L，与地表水中 U_{天然} 本底处于同一水平，环境影响可接受。

表 9.2-7 各预测时段地下水中 U_{天然} 迁移特征一览表

时间	最大浓度（mg/L）	影响距离（m）	影响范围（m ² ）	备注
2a	0.39	265	19962	/
10a	0.0006	340	11671	已迁移至 下游中长沟
20a	/	340	/	
100a	/	340	/	
1000a	/	340	/	

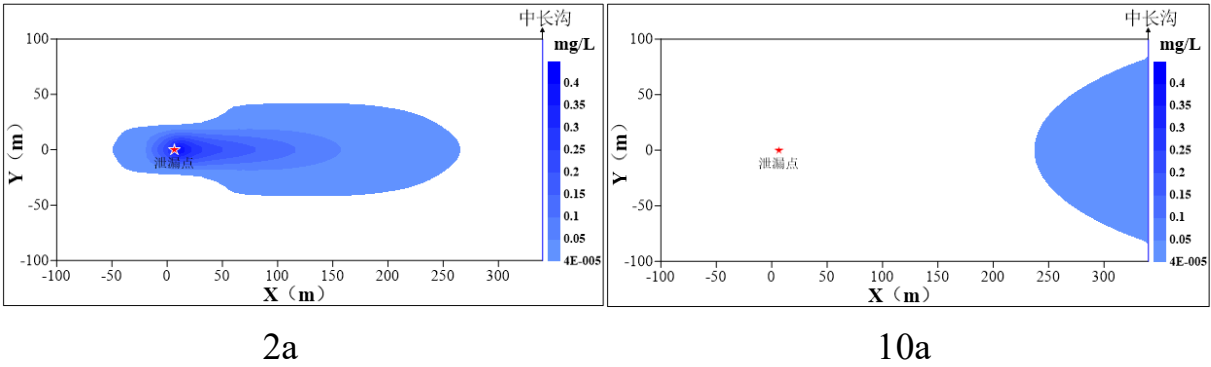


图 9.2-2 各预测时段地下水中 U_{天然} 迁移特征

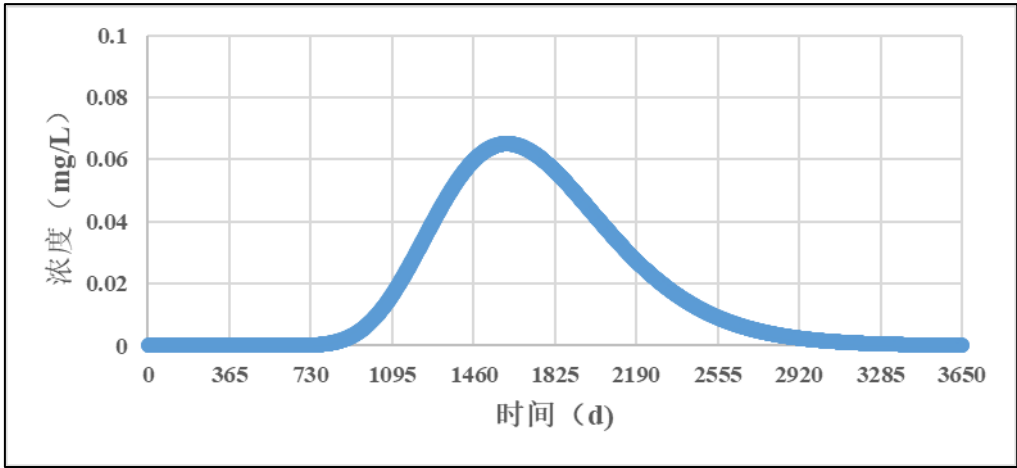


图 9.2-3 下游中长沟处（出露点）地下水中 U_{天然} 浓度历时曲线

2) ²²⁶Ra

将上述参数代入预测公式进行计算，得到各预测时段地下水中 ²²⁶Ra 贡献值随迁移距离的变化特征，结果见表 9.2-8 和图 9.2-4。由结果可知，随着尾渣库渗滤液的不不断渗漏，地下水核素污染羽逐渐向外围扩散。在水流方向与垂直水流方向，核素的浓度均随与尾渣库距离的增加而减小。第 2a 时 ²²⁶Ra 向下游最大迁移距离为 193m，范围为 9235m²，下游最大浓度为 0.039Bq/L；第 10a 时，大部分 U_{天然} 已迁移至下游中长沟，其余小部分影响范围为 263m²，下游最大浓度为 0.00 Bq/L；第 100a 和 1000a 时，泄漏的 ²²⁶Ra 全部迁移至下游中长沟。

本项目地下水下游露点为中长沟，距离尾渣库距离为 340m，对出露点地下水中的 ²²⁶Ra 浓度随时间的变化进行了计算，计算结果见图 9.2-5。由图可知，中长沟处 ²²⁶Ra 浓度呈先增大再降低的变化趋势，最大贡献浓度为 0.0065Bq/L，与地表水中 ²²⁶Ra 本底处于同一水平，环境影响可接受。

表 9.2-7 各预测时段地下水中 ²²⁶Ra 迁移特征一览表

时间	最大浓度（Bq/L）	影响距离（m）	影响范围（m ² ）	备注
2a	0.039	193	9235	/
10a	0.003	340	263	已迁移至 下游中长沟
20a	/	340	/	
100a	/	340	/	
1000a	/	340	/	

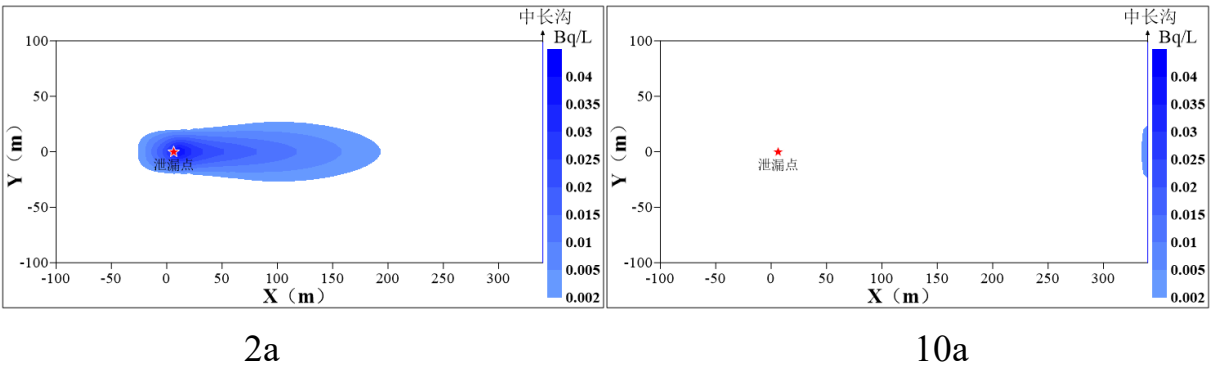


图 9.2-2 各预测时段地下水中 ^{226}Ra 迁移特征

图 9.2-3 下游中长沟处（出露点）地下水中 ^{226}Ra 浓度历时曲线

4) 结果分析

由上述结果可知，一旦 104 露天坑尾渣库顶部覆盖层防渗结构破损，雨水进入尾渣库内，渗水不断渗漏，地下水核素污染羽逐渐向外围扩散。在水流方向与垂直水流方向，核素的浓度均随与尾渣库距离的增加而减小。

104 露天坑尾渣库退役治理后进行长期监护阶段，监护人员开展日常巡视工作（巡视频次 1 日/次）和地下水监测井定期监测工作（监测频次 2 年/次），可及时发现 104 露天坑尾渣库顶部覆盖结构破损情况，并及时修复顶部覆盖结构。

由预测结果可知，104 露天坑尾渣库破损后第 2a 时 $U_{\text{天然}}$ 下游最大迁移距离为 265m，下游最大浓度为 0.39mg/L；第 10a 时，大部分 $U_{\text{天然}}$ 已迁移至下游出露点中长沟（距离尾渣库约 340m），出露点处最大浓度为 0.0006mg/L；第 100a 和 1000a 时，泄漏的 $U_{\text{天然}}$ 均全部迁移至下游中长沟中。

此外，地下水出露点出历时曲线可知出露点处 $U_{\text{天然}}$ 浓度呈先增大再降低的变化趋势，最大贡献浓度为 0.065mg/L（出现时间为第 1609d），与地表水中 $U_{\text{天然}}$ 本底处于同一水平，环境影响可接受。

104 露天坑尾渣库破损后第 2a 时 ^{226}Ra 下游最大迁移距离为 193m，下游最大浓度为 0.039mg/L；第 10a 时，大部分 ^{226}Ra 已迁移至下游出露点中长沟（距离尾渣库约 340m），出露点处最大浓度为 0.003Bq/L；第 100a 和 1000a 时，泄漏的 ^{226}Ra 均全部迁移至下游中长沟中。地下水出露点出历时曲线可知，出露点处 ^{226}Ra 浓度呈先增大再降低的变化趋势，最大贡献浓度为 0.0065Bq/L，与地表水中 ^{226}Ra 本底处于同一水平，环境影响可接受。

9.2.2.8 剂量评价

由于场地地下水无利用途径，不再开展剂量分析与评价。

9.3 退役治理效果分析

退役治理后，随着气载流出物源项消除或降低，本项目所致的辐射环境影响也随之减少。退役前后辐射环境影响比较见表 9.3-1。

表 9.3-1 退役治理前后辐射环境影响比较

比较项目	源项		无人子区最大氡浓度 Bq/m ³	有人子区最大氡浓度 Bq/m ³	公众最大个人剂量 mSv/a	集体剂量 人·Sv/a
	数量	氡释放量 Bq/a				
退役前	8	1.53E+12	1.82E-01	1.21E-02	2.61E-04	3.85E-04
退役后	2	4.51E+11	8.33E-02	3.27E-03	6.99E-05	1.23E-04
变化，%	-75.0%	-70.5%	-54.2%	-73.0%	-73.2%	-68.1%

由表可以看出，退役治理前地面空气中有入子区氡浓度附加最大值为 $1.21 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^3$ ；退役治理后有人子区氡浓度附加最大值为 $3.27 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ 。治理后有人子区氡浓度最大值较治理前的减少 73.0%。

本项目退役治理前公众最大个人剂量为 $2.61 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，治理后为 $6.99 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，治理后最大个人剂量较治理前减少 73.2%。

退役治理前放射性源项所致 20km 范围内集体剂量为 $3.85 \times 10^{-4} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ ，退役治理后集体剂量为 $1.23 \times 10^{-4} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ ，退役治理后的集体剂量较治理前减少 68.1%。

10 事件环境影响分析

10.1 可能造成辐射环境影响的事件景象

本项目退役治理施工过程中及退役治理后可能对环境产生影响的环境事件包括：

1) 废石及污染土运输事件

在废物集中处置治理过程中，废石、污染土等装车运往集中覆盖治理区运输过程中由于各种原因，可能导致废石、污染土运输车辆交通事件，导致大量废石、污染土撒落在沿途的事件。

2) 人员闯入（建房居住、钻探施工）事件

104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施有外部人员闯入，进行建房居住或地质勘察等，由于设施表面氡析出或破坏覆盖层，对居住人员或钻探施工人员造成照射，发生人员闯入事件。

3) 矿坑水处理设施失效事件

矿坑水处理设施采用离子交换树脂吸附 $U_{\text{天然}}$ 处理工艺，可能发生矿坑水处理设施失效的事件，建设单位每天对吸附尾液中 $U_{\text{天然}}$ 开展监测，一旦发生处理设施失效则立即停止矿坑水处理设施运转，并排查故障，完成维修。

4) 拦渣坝垮塌事件

104 露天坑尾渣库或集中覆盖治理设施在遭受特大洪水、防排洪设施出现故障或者特大地震等自然破坏时，可能产生拦渣坝或挡墙垮塌事件。拦渣坝垮塌事件发生后，尾渣大量下泄会形成大面积的环境污染，主要表现为下泄尾渣对土壤的污染、大面积尾渣滩面析出的氡对附近居民点造成的内照射等。

5) 104 露天坑尾渣库顶部防渗破损事件

104 露天坑尾渣库防渗结构破损，降水将通过破损区域进入到尾渣库，淋滤尾渣产生的渗滤液渗入下部潜水含水层，从而造成尾渣库地下水环境污染。因此，本次地下水环境影响预测该非正常工况下对 104 露天坑尾渣库周边地下水环境产生的影响。

6) 矿坑水地表溢出事件

由于矿床在生产过程中采用爆破方法开采,产生了一系列爆破裂隙,同时山体内部也有原始裂隙的存在,而这些裂隙的发育情况在目前技术条件下是无法预测的。因此,这些裂隙构成的水力通道导致坑口封堵后井下矿坑水从其他地方地表溢出的风险。

10.2 事件情景分析

10.2.1 运输事件分析

本项目清挖废物量约 16.24 万 m^3 , 废石及建筑垃圾容重按照 $1.8\text{t}/\text{m}^3$ 估算, 污染土按照 $1.5\text{t}/\text{m}^3$ 估算, 合计废石、老尾渣库坝体及建筑垃圾 19.58 万 t, 污染土 8.06 万 t, 合计 27.64 万 t。本项目选用 10t 的密闭厢式自卸车进行运输, 为避免废石、污染土的撒落, 考虑污染物与车厢顶部保留一定富裕空间、按每车 9.5t 的装载量, 2 年共计运输约 29100 次, 运输距离约 4.5km, 运输车辆 10 辆, 单辆车每年运输频次为 1455 次/a。

根据核工业 30 年放射性物质运输统计数据, 公路运输发生的事件概率为 $4.3 \times 10^{-7}/\text{km} \cdot \text{车次}$, 故本项目单辆车运输废石、污染土交通事件发生的风险值为 0.0028 次/a, 可见发生事件的可能性较小。

但是, 一旦事件发生, 应立即采取有效的处理措施, 及时将撒落的废石或污染土进行清理至集中覆盖治理设施堆放, 若撒落至治理范围外的道路则对该道路土壤进行监测和清挖, 尽量减少对环境的污染。

10.2.2 人员闯入(建房居住、钻探施工)事件

104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施退役治理后将进行长期监护, 监护单位人员长期对其进行主动监护, 其中尾渣库监护巡视频次为 1 次/d, 可及时发现人员闯入情景, 并进行制止; 此外, 设施四周设置围栏和警示牌, 可阻拦和提醒其他人员闯入。因此, 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施退役治理后人员闯入(建房居住、钻探施工)事件可控的, 发生可能性较低。

10.2.3 矿坑水处理设施失效事件

矿坑水处理设施失效事件是铀矿冶常见的辐射环境事件, 根据源项调查结果矿坑水中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 最大值达 $209\text{mg}/\text{L}$, 一旦失效大量放射性核素未经处理直排入受纳水体, 对水体利用的公众造成额外影响。因此, 本项目对矿坑

水处理设施失效事件进行预测与分析。

10.2.4 拦渣坝垮塌事件

由于 104 露天坑尾渣库是铀矿冶工程的重要构筑物，其势能较高，一旦发生事件，影响程度大、范围广，是铀矿冶设施中事件影响后果较为严重的一类，并且具有事件处理周期长、难度大的特点。此外，根据事件情景分析可知，尾渣库发生事件后放射性物质排放量较大。因此，本次事件环境影响分析将拦渣坝垮塌事件进行分析和评价，预测垮塌后对辐射环境影响。

10.2.5 104 露天坑尾渣库顶部防渗破损事件

104 露天坑尾渣库顶部覆盖层防渗结构破损，雨水进入尾渣库内，渗水不断渗漏，地下水核素污染羽逐渐向外围扩散。在水流方向与垂直水流方向，核素的浓度均随与尾渣库距离的增加而减小。

104 露天坑尾渣库顶部防渗破损事件对地下水环境影响分析详见 9.2.3 章节，此处不再重复赘述。

10.2.6 矿坑水地表溢出事件

退役治理前矿坑水中 $U_{\text{天然}}$ 含量约 (46.2~54) mg/L，矿山地表开拓的坑（井）口封堵后，矿坑水通过原始裂隙通道或矿山开采造成的其他通道径流出露地表，而这些裂隙的发育情况在目前技术条件下是无法预测的，出露的矿坑水汇入地表水环境，使地表水中 $U_{\text{天然}}$ 含量增加。

10.3 矿坑水处理设施失效事件后果预测

10.3.1 事件源项

建设单位日常对吸附尾液监测频次为 1 次/d，考虑矿坑水处理设施失效后排放水量未处理设施日最大处理为 320m³，持续排放量 1d。水中 $U_{\text{天然}}$ 、²²⁶Ra 浓度，参照源项调查中 $U_{\text{天然}}$ 和 ²²⁶Ra 最大值，分别为 209mg/L 和 1.78Bq/L，²³⁰Th、²¹⁰Po、²¹⁰Pb 浓度参照《铀矿冶规划环评》中推荐的公式计算获得。

$$C_{230\text{Th}} = C_{226\text{Ra}} / 0.731 \quad (10-1)$$

$$C_{210\text{Po}} = C_{226\text{Ra}} \times 0.04664 \quad (10-2)$$

$$C_{210\text{Pb}} = C_{226\text{Ra}} \times 2.112 \quad (10-3)$$

式中：

$C_{230\text{Th}}$ ——水中 ²³⁰Th 浓度，Bq/m³；

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

$C_{210\text{Po}}$ ——水中 ^{210}Po 浓度, Bq/m^3 。

$C_{210\text{Pb}}$ ——水中 ^{210}Pb 浓度, Bq/m^3 。

事件状态下外排废水中核素含量见表 10.3-1。

表 10.3-1 事件状态下外排废水中核素含量

源项	水量 (m^3)	^{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)
事件下泄水	320	2570700	2570700	1780	2435	3759	83

10.3.2 事件期间辐射环境预测与评价

1) 各河段核素浓度

矿坑水处理设施失效事件所致受纳水体中各核素的活度浓度见表 10.3-2。

表 10.3-2 事件所致各河段核素浓度 单位: Bq/m^3

核素 \ 河段, km	1	2	3~9	10~16	17~21	22~25	26~29
^{238}U	2.15E+05	2.34E+04	1.94E+04	1.97E+03	1.51E+03	1.32E+03	1.13E+03
^{234}U	2.15E+05	2.34E+04	1.94E+04	1.97E+03	1.51E+03	1.32E+03	1.13E+03
^{226}Ra	1.49E+02	1.62E+01	1.34E+01	1.37E+00	1.05E+00	9.15E-01	7.84E-01
^{230}Th	2.04E+02	2.21E+01	1.84E+01	1.87E+00	1.43E+00	1.25E+00	1.07E+00
^{210}Po	6.95E+00	7.54E-01	6.26E-01	6.36E-02	4.85E-02	4.25E-02	3.64E-02
^{210}Pb	3.15E+02	3.42E+01	2.84E+01	2.89E+00	2.21E+00	1.93E+00	1.66E+00

2) 个人剂量

矿坑水处理设施失效事件所致个人剂量见表 10.3-3。

表 10.3-3 事件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
ESE	婴儿					9.78E-05	9.78E-05
	幼儿					5.71E-04	5.71E-04
	少年					5.04E-04	5.04E-04
	成年					4.14E-04	4.14E-04
SE	婴儿					9.62E-04	
	幼儿					5.62E-03	
	少年					4.95E-03	

方位	年龄组	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	成年					4.07E-03	
SSE	婴儿				9.62E-04	9.62E-04	
	幼儿				5.62E-03	5.62E-03	
	少年				4.95E-03	4.95E-03	
	成年				4.07E-03	4.07E-03	

由上表中可知，矿坑水处理设施失效事件所致有人子区个人有效剂量最大值出现在 SSE 方位、3~5km 子区的幼儿组，其值为 $5.62 \times 10^{-3} \text{mSv/次}$ ，上述子区其他年龄组剂量分别为婴儿组 $9.62 \times 10^{-4} \text{mSv/次}$ 、少年组 $4.95 \times 10^{-3} \text{mSv/次}$ 、成人组 $4.07 \times 10^{-3} \text{mSv/次}$ ，可满足本项目事件情况下公众剂量 1mSv/次 的约束值要求。

10.4 拦渣坝垮塌事件后果预测

10.4.1 事件源项

104 露天坑尾渣库遭受地震或洪水冲积可能发生垮塌事件，造成大量尾渣下泄。尾渣大量下泄会形成面源污染，污染附近土壤，尾渣滩面析出的氡对附近居民造成放射性照射。

104 露天坑尾渣库采用堆石透水坝，拦渣坝高 13.5m，堆存尾渣量 8.05 万 m^3 ，若遭遇暴雨冲毁或特大地震尾渣下泄将可能会污染周围场地环境，并造成公众吸入内照射和 γ 外照射。104 露天坑尾渣库为三边山坡环绕，西侧开口。104 露天坑尾渣库，无水覆盖，发生拦渣坝垮塌后按照尾渣库中 30% 的污染物、共计约 2.4 万 m^3 被冲出，结合当地地形条件，尾渣将从西侧口冲入谷中，并沿沟谷至其地形相互交错处，最大影响距离约为坝高的 40 倍（40 倍坝高为有水覆盖尾矿库溃坝距离的经验数据，该库为尾渣库，且无水覆盖，为保守考虑，仍取该数据），结合尾渣库所在区域地形，尾渣库溃坝下泄影响范围约 90400m^2 （含尾渣库现有裸露面积），表面氡析出率取 $7.89 \text{Bq/m}^2 \cdot \text{s}$ ，按照 4 个月事件处理期考虑，氡排放量共计 $7.40 \times 10^{12} \text{Bq/次}$ 。

10.4.2 事件期间辐射环境预测与评价

1) 居民点氡浓度和公众剂量

104 露天坑尾渣库拦渣坝垮塌事件期间所致评价中心周围 5km 范围内

居民点空气中氡浓度及公众个人剂量见表 10.3-4。

表 10.3-4 事件状态下 5km 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	阿念巴	SSE	4.2	1.42E-01	3.04E-03

2) 各子区空气中 ^{222}Rn 浓度及公众剂量

事件状态下气载源项对各子区空气中氡浓度贡献值见表 10.3-5, 各子区最大个人剂量见表 10.3-6, 事件状态下个人剂量等值线分布见图 10.3-1。

由表中数据可以看出, 事件状态下气载流出物对有人子区氡浓度最大贡献值出现在 SSE 方向、3~5km 子区, 其贡献值为 0.142Bq/m³; 事件状态下气载流出物对无人子区氡浓度最大贡献值出现在 SE 方向、0~1km 子区, 其贡献值为 4.63Bq/m³。

事件气载放射性流出物所致无人子区最大个人剂量出现在 SE 方位、0~1km 子区内, 该子区内潜在照射最大个人剂量值为 9.91×10^{-2} mSv/次。事件状态下气载放射性流出物所致有人子区最大个人剂量出现在 SSE 方位、3~5km 子区内, 该子区内最大个人剂量值为 3.04×10^{-3} mSv/次, 均满足本项目事件情况下公众剂量 1mSv/次的约束值要求。

表 10.3-5 事件状态下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	1.82E-01	3.43E-02	1.16E-02	5.88E-03	3.55E-03	2.01E-03
	NNE	1.82E-01	5.26E-02	2.11E-02	9.78E-03	3.49E-03	2.78E-03
	NE	3.59E-01	9.61E-02	4.00E-02	3.08E-02	1.32E-02	4.74E-03
	ENE	8.88E-01	2.25E-01	7.01E-02	4.49E-02	1.93E-02	6.41E-03
	E	2.85E+00	3.13E-01	1.12E-01	3.06E-02	1.60E-02	7.47E-03
	ESE	4.34E+00	5.77E-01	2.31E-01	5.20E-02	2.54E-02	1.12E-02
	SE	4.63E+00	8.66E-01	3.38E-01	2.55E-01	5.84E-02	2.07E-02
	SSE	3.14E+00	7.86E-01	3.34E-01	1.42E-01	5.85E-02	2.19E-02
	S	1.31E+00	4.49E-01	2.18E-01	1.07E-01	4.37E-02	1.54E-02
	SSW	4.22E-01	1.23E-01	5.84E-02	2.75E-02	1.17E-02	3.58E-03
	SW	2.35E-01	5.66E-02	2.25E-02	1.69E-02	6.70E-03	2.59E-03
	WSW	3.14E-01	8.13E-02	2.69E-02	1.17E-02	7.95E-03	3.10E-03

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	W	5.86E-01	1.75E-01	7.99E-02	3.88E-02	1.57E-02	6.29E-03
	WNW	9.09E-01	2.79E-01	1.00E-01	3.48E-02	1.36E-02	7.16E-03
	NW	1.04E+00	1.78E-01	3.55E-02	1.27E-02	7.58E-03	4.98E-03
	NNW	7.04E-01	9.13E-02	1.27E-02	7.60E-03	5.88E-03	3.39E-03

注：阴影部分为无人子区

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	3.90E-03	7.33E-04	2.48E-04	1.26E-04	7.58E-05	4.30E-05
NNE	3.88E-03	1.12E-03	4.52E-04	2.09E-04	7.45E-05	5.94E-05
NE	7.68E-03	2.05E-03	8.56E-04	6.59E-04	2.83E-04	1.01E-04
ENE	1.90E-02	4.81E-03	1.50E-03	9.59E-04	4.13E-04	1.37E-04
E	6.09E-02	6.68E-03	2.38E-03	6.55E-04	3.42E-04	1.60E-04
ESE	9.27E-02	1.23E-02	4.94E-03	1.11E-03	5.42E-04	2.39E-04
SE	9.91E-02	1.85E-02	7.22E-03	5.45E-03	1.25E-03	4.43E-04
SSE	6.70E-02	1.68E-02	7.14E-03	3.04E-03	1.25E-03	4.69E-04
S	2.81E-02	9.59E-03	4.67E-03	2.30E-03	9.33E-04	3.29E-04
SSW	9.02E-03	2.64E-03	1.25E-03	5.88E-04	2.50E-04	7.65E-05
SW	5.03E-03	1.21E-03	4.80E-04	3.62E-04	1.43E-04	5.53E-05
WSW	6.72E-03	1.74E-03	5.75E-04	2.50E-04	1.70E-04	6.62E-05
W	1.25E-02	3.75E-03	1.71E-03	8.28E-04	3.36E-04	1.34E-04
WNW	1.94E-02	5.96E-03	2.14E-03	7.44E-04	2.91E-04	1.53E-04
NW	2.22E-02	3.79E-03	7.59E-04	2.72E-04	1.62E-04	1.06E-04
NNW	1.51E-02	1.95E-03	2.71E-04	1.62E-04	1.26E-04	7.24E-05

注：阴影部分为无人子区

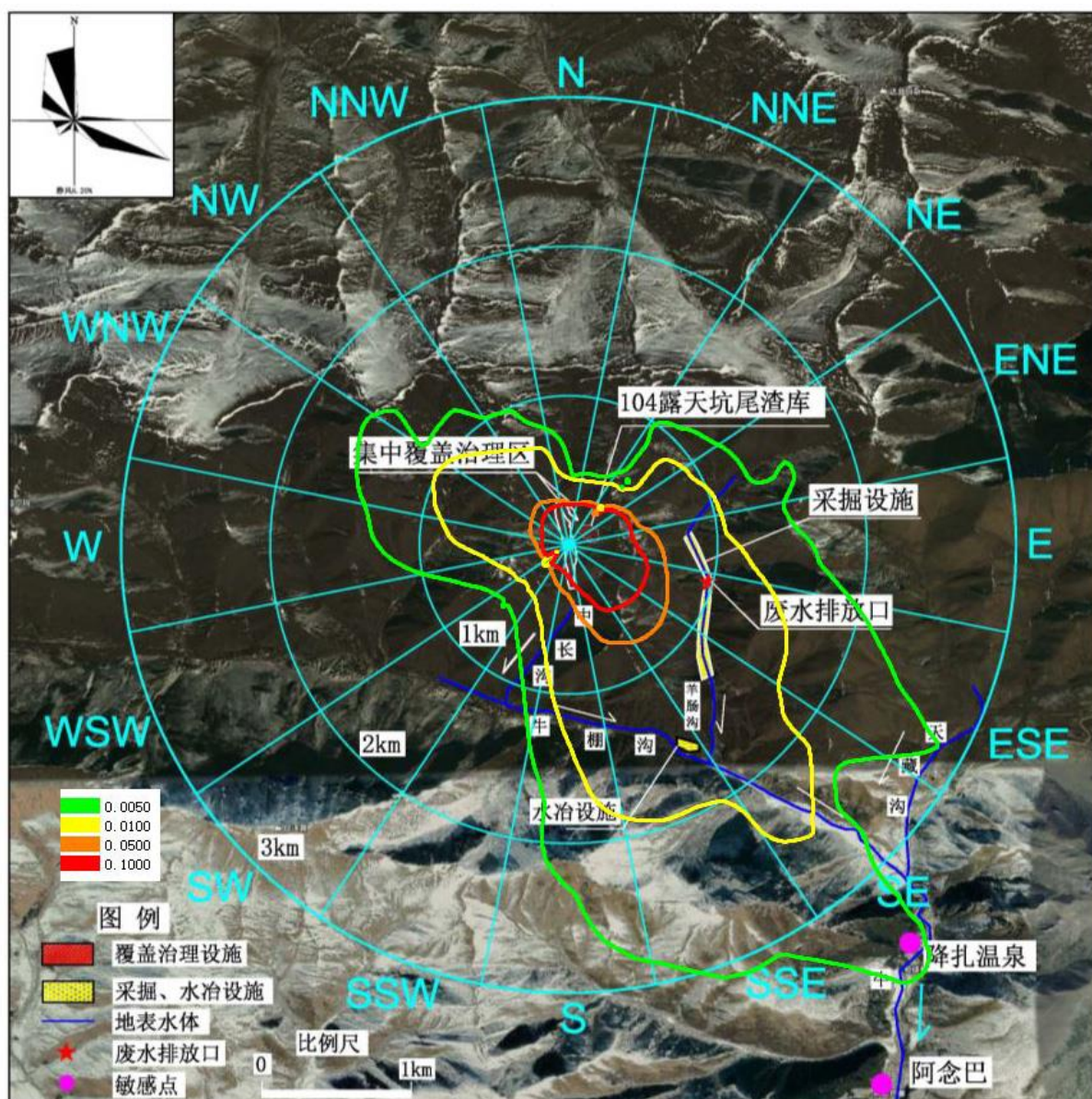


图 10.3-1 事件状态下个人剂量等值线分布

10.5 事件防范及应急措施

10.5.1 事件防范措施

1) 运输事件防范措施

废石、污染土运输过程采取密闭措施，防止废石、污染土撒漏，加强运输人员安全意识，减少事件发生。一旦发生翻车运输事件，应马上上报安防部门，对现场进行控制，迅速组织车辆和相关监测人员赶赴现场，对撒落在道路上的废石、污染土立即清除，监测人员对现场进行事件监测并做好记录。

2) 人员闯入事件防范措施

104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施列为有限制开放设施，并进行长

期监护，监护过程中发现人员闯入情景，并进行制止，杜绝该类事件发生。

3) 矿坑水处理设施失效事件防范措施

(1) 建设单位定期对吸附尾液进行监测，监测频次为 1 次/d，当吸附尾液中 $U_{\text{天然}}$ 含量接近 0.25mg/L 时，立即停止吸附，转入淋洗工序。

(2) 定期对废水处理设施设备、管道进行更新维护，规范岗位操作，强化工作人员的防范意识，做好日常检查。

4) 拦渣坝垮塌事件防范措施

104 露天坑尾渣库尾渣及其他废物筑坝时，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，做好坝体的位移沉降观测，发现问题要及时上报与处理；加强防护，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 104 露天坑尾渣库进行监测。

5) 104 露天坑尾渣库顶部防渗破损事件防范措施

(1) 施工过程中严格按照设计的防渗材料进行覆盖，并对其进行检查，确保防渗材料可靠。

(2) 104 露天坑尾渣库退役治理后进行长期监护阶段，监护人员开展日常巡视工作（巡视频次 1 日/次）和地下水监测井定期监测工作（监测频次 2 年/次），可及时发现 104 露天坑尾渣库顶部覆盖结构破损情况，并及时修复顶部覆盖结构。

6) 矿坑水地表溢出事件防范措施

(1) 自然恢复

510 一矿段采用物理开拓，未添加化学药剂；矿坑水 U 含量高是由于接触外部空气 U 被氧化浸出造成的。

因此，疏干现有矿坑水，坑口封堵后切断了矿坑水与外部连通（隔绝外部空气），新涌的矿坑水将自然恢复至采矿前状态。

(2) 定期监测

目前，除四号平硐有水渗出外，未发现其余出露点。

四号平硐封堵后，在长期监护过程中对铀矿山进行巡视和监测。一旦发

现矿床山体周围有出露点，及时取样监测，根据结果（ $U_{\text{天然}}$ 高于 0.3mg/L ）采取应急措施。定期对周围地表水进行监测，一旦发现异常（ $U_{\text{天然}}$ 高于地表水参考水平），及时查找源头并应急处理。

主要应急措施包括移动式树脂离子交换车或采取 PRB（可反应渗透墙）对出露的水进行处理，使其达标排放。

10.5.2 环境防范管理措施

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》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，及时消除事件隐患，强化对事件源的监控。

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，掌握预防和处置事件的技能。

3) 制定应急预案、事件应急救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，提出事件现场善后处理和恢复措施及邻近区域解除事件警戒及善后恢复措施。

10.5.3 事件应急响应

1) 事件报警

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

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

2) 处理措施

① 运输事件处置措施

a. 首先，现场进行控制，事件救援队派专人对运输翻倒车辆进行调查，是否存在伤亡或被困人员，如有，应积极组织救援工作；

b. 相关处理处置人员赶赴现场，对撒落在道路上的废石、污染土立即清除，监测人员对现场进行事件监测并做好记录；

c. 完成废物清理后，对地表土壤进行监测，对存在污染的土壤进行清挖

治理，并同废石等一并处置。

②人员闯入事件处理措施

- a.首先，及时制止、劝退误入人员，并对其进行告知，避免其二次误入；
- b.监测有限制开放设施围栏、滩面和植被层是否被破坏，若出现损坏及时开展工程维修维护工作，确保设施安全稳定。

③矿坑水处理设施失效事件处理措施

- a.立即停止矿坑水运行，将矿坑水原液暂存于贮液池内；
- b.对矿坑水设施开始检查、维修工作，排除故障；对修复后的矿坑水处理设施进行试运行，确保出水口满足排放标准要求后，方可再次投入使用。

④拦渣坝垮塌事件处理措施

- a.首先，事件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；
- b.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。
- c.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或集中覆盖治理设施内堆存。
- d.对 104 露天坑尾渣库下泄环境污染范围进行界定，对土壤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监测和处理。
- e.立即启动对 104 露天坑尾渣库的修复工作，在尾渣库修复后，及时将下泄的尾渣运回尾渣库。

⑤104 露天坑尾渣库顶部防渗破损事件处理措施

- a.立即巡视检查 104 露天坑尾渣库顶部防渗结构损坏情况，及时对顶部覆盖结构的防渗层、导排层、防氡层以及截排洪沟等进行修复，确保再无雨水渗入尾渣库内；
- b.加大频次观测地下水监测井中水质变化情况，是否存在下降趋势。

⑥矿坑水地表溢出事件处置措施

- a.对地表出露点水体进行疏导和暂存，并修建 PRB 或设置移动式离子交换车，将地表水出露水体排入处理设施内，使其达标排放；

b.检查出露点周围是否存在其他出露点，并一并处理。

3) 应急结束

事件得到控制，消除危害后果，做好现场恢复。事件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。

10.5.4 事件应急监测方案

事件发生后，应根据事件类型进行必要的应急环境监测，以掌握事件危害程度及对环境的影响程度，并进行事件评价，并将结果汇报当地政府的事件应急中心。

1) 大气环境监测

监测项目：氡及子体。

监测频次：事件发生后 1~2 小时 1 次，至事件消除。

监测点位：根据事件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：事件发生后每天 1 次，至事件消除。

监测点位：中长沟、羊肠沟、牛棚沟下游河段、地下水监测井等。

3) 运输事件监测

运输事件中，首先对清理放射性废物后遗留的土壤进行 γ 辐射剂量率进行监测，对明显高出环境本底值的点位进行土壤取样分析，监测项目包括 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 。监测点位和监测频次根据事件严重程度而定。

10.6 小结

通过以上分析可知，退役治理后发生事件的概率较低，在长期监护过程中首先应做好事件防范措施，确保设施安全稳定，再次要制定详细的事件应急计划，在事件发生时应立即采取事件应急措施，将事件危害降至最低。在确保事件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 退役治理的监测计划

11.1 退役治理过程中监测

11.1.1 监测目的及原则

1) 监测目的

由于本项目的主要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相应的退役深度（如：104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施的覆盖厚度，废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地及污染道路和污染溪沟的清挖深度），以及选取的土源是否满足要求。如按要求的工作程序已完成，而监测结果仍不满足控制标准时，则仍需要继续进行治理，直到满足治理目标为止。

11.1.2 监测计划

11.1.2.1 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。

11.1.2.2 清挖治理的监测

1) 监测要求

对废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地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，进行土壤中 ^{226}Ra 残留量的监测，当土壤中 ^{226}Ra 残留量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，经监测若出现任何平均 100m^2 范围内不满足相应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。

(3) 如果发现存在异常点(现象)时, 应注意查明原因做适当处理; 需补做工程或增加清挖量时, 尚需小范围、小规模地补充若干次, 监测应配合工程进度, 及时的给出监测结果。

2) 监测布点

(1) γ 辐射剂量率的监测布点

①废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地一般按 100m^2 取 1 个监测点且不少于 5 个点;

②运矿道路按 100m 设置一个断面, 左、中、右各测 1 个点, 每条道路不少于 5 个断面。

(2) 土壤中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 残留量的监测

①废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地一般按 400m^2 取 1 个监测点, 每处场地不少于 3 点位;

②运矿道路及污染溪沟按 100m 取 1 个监测点且不少于 3 个点位。

11.1.2.3 覆盖治理的监测

1) 监测要求

原地覆盖治理的 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施等源项施工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 γ 辐射剂量率和地表 ^{222}Rn 析出率的监测。地表 ^{222}Rn 析出率 $\leq 0.74\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ (满足管理限值) 时, 随即停止覆盖。

(2) 在按设计覆盖厚度进行覆盖并按要求压实后, 若出现地表 ^{222}Rn 析出率不满足有限制开放使用退役深度的管理限值时, 需增加覆盖厚度, 按每增加覆盖压实 10cm 左右厚一层进行一次地表 ^{222}Rn 析出率监测加以控制, 直至覆盖满足相应的管理限值时为止。

(3) 如果发现存在异常点(现象)时, 应注意查明原因做适当处理, 如覆盖前将放射性水平较高的废石、废渣优先填埋处置等; 当需要增加覆盖厚度时, 需加强监测, 监测应进一步配合施工进度, 及时给出监测结果。

2) 监测布点

(1) γ 辐射剂量率的监测布点: 一般按 100m^2 取 1 个监测点, 每个监

测点测 3~5 次读数后取平均值，每处场地不少于 5 个点位。

(2) 表面 ^{222}Rn 析出率监测：一般按 400m^2 取 1 个监测点，每处场地不少于 3 个点位。

11.1.2.4 矿坑水疏干监测

1) 监测要求

主要为矿坑水处理设施流出物监测。

2) 监测内容及频次

矿坑水疏干期间向受纳水体排放废水，按照《铀矿冶辐射环境监测规定》(GB23726-2009) 要求开展监测，监测内容包括： pH 、 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 等，监测频次为 1 月/次；此外，为保证矿坑水处理设施吸附尾液中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 不高于 0.3mg/L ，西安中核蓝天铀业有限公司每天对吸附尾液中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 开展监测，一旦发现吸附尾液中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 接近 0.25mg/L ，则立即停止吸附，切换吸附塔，从饱和吸附塔回收饱和树脂运至蓝田工区回收铀资源。

3) 监测位置

矿坑水处理设施末级吸附塔排水口。

11.1.2.5 地下水监测

104 露天坑尾渣库位于坡顶，坡面下游为集中覆盖治理设施和原七九二废石，上述设施最终连在一起，地下水监测整体考虑，通过日常监测确保不会对周边地下水产生影响。

1) 监测项目：水中的 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、总 α 、总 β 、 pH 。

2) 监测井布置原则：

(1) 尾渣库和集中覆盖治理设施所在区域地下水上游 50m 布置 1 个监测井；

(2) 尾渣库和集中覆盖治理设施所在区域地下水下游 50m 布置 1 个监测井。

3) 监测频次：按照 GB23726-2009 要求，半年监测 1 次。

监测位置见图 11.1-1。

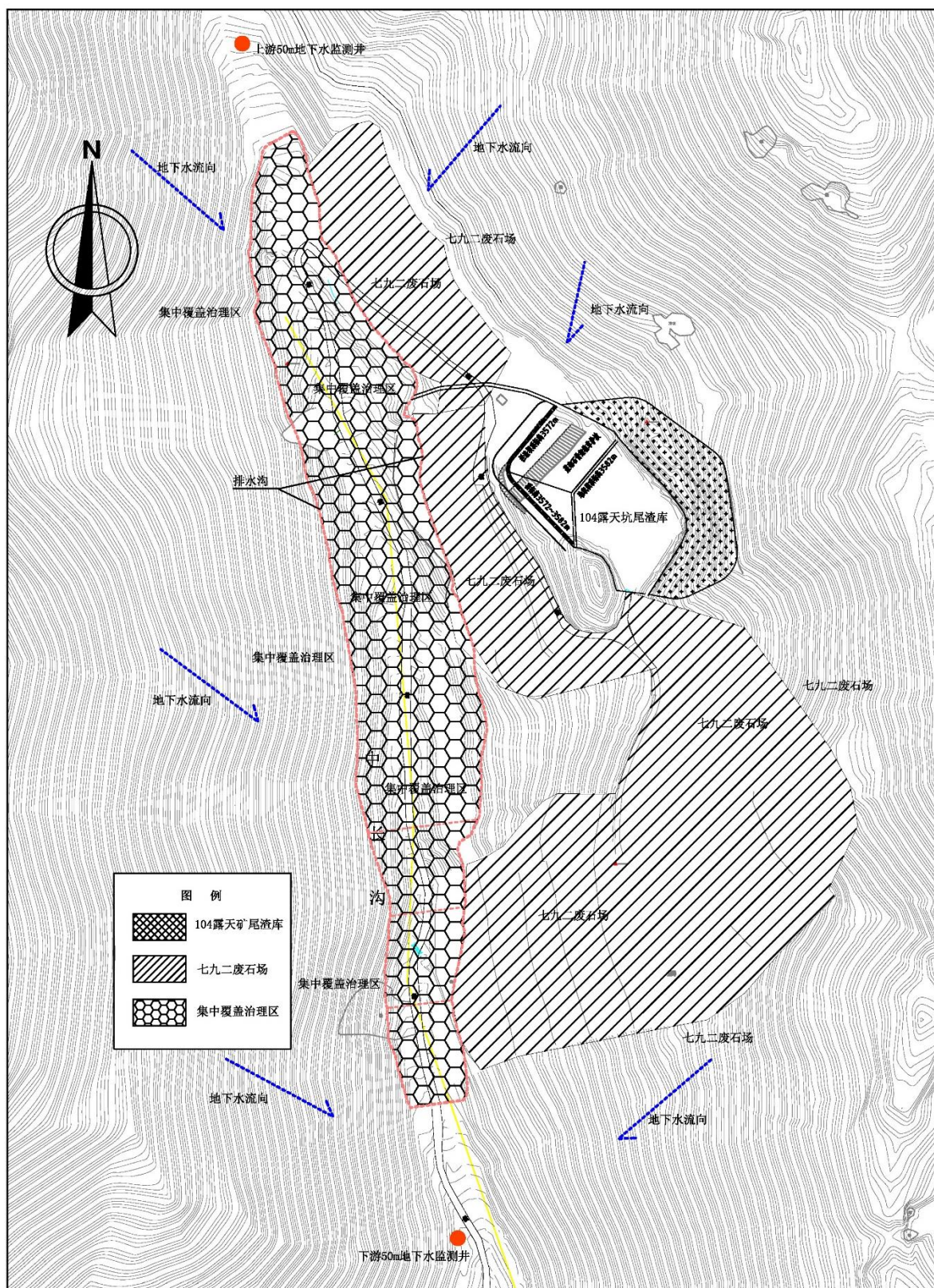


图 11.1-1 地下水监测井位置图

11.1.2.6 地表水监测

施工过程中按照 GB23726-2009 的要求，定期对矿区周围地表水进行监

测，监测断面位于中长沟、羊肠沟、牛棚沟、天葬沟和白龙江等水体，共计 11 个断面。

1) 监测内容

地表水中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、pH 等。

2) 监测频次

1 次/半年。

3) 监测位置

监测断面位置详见图 11.1-2。

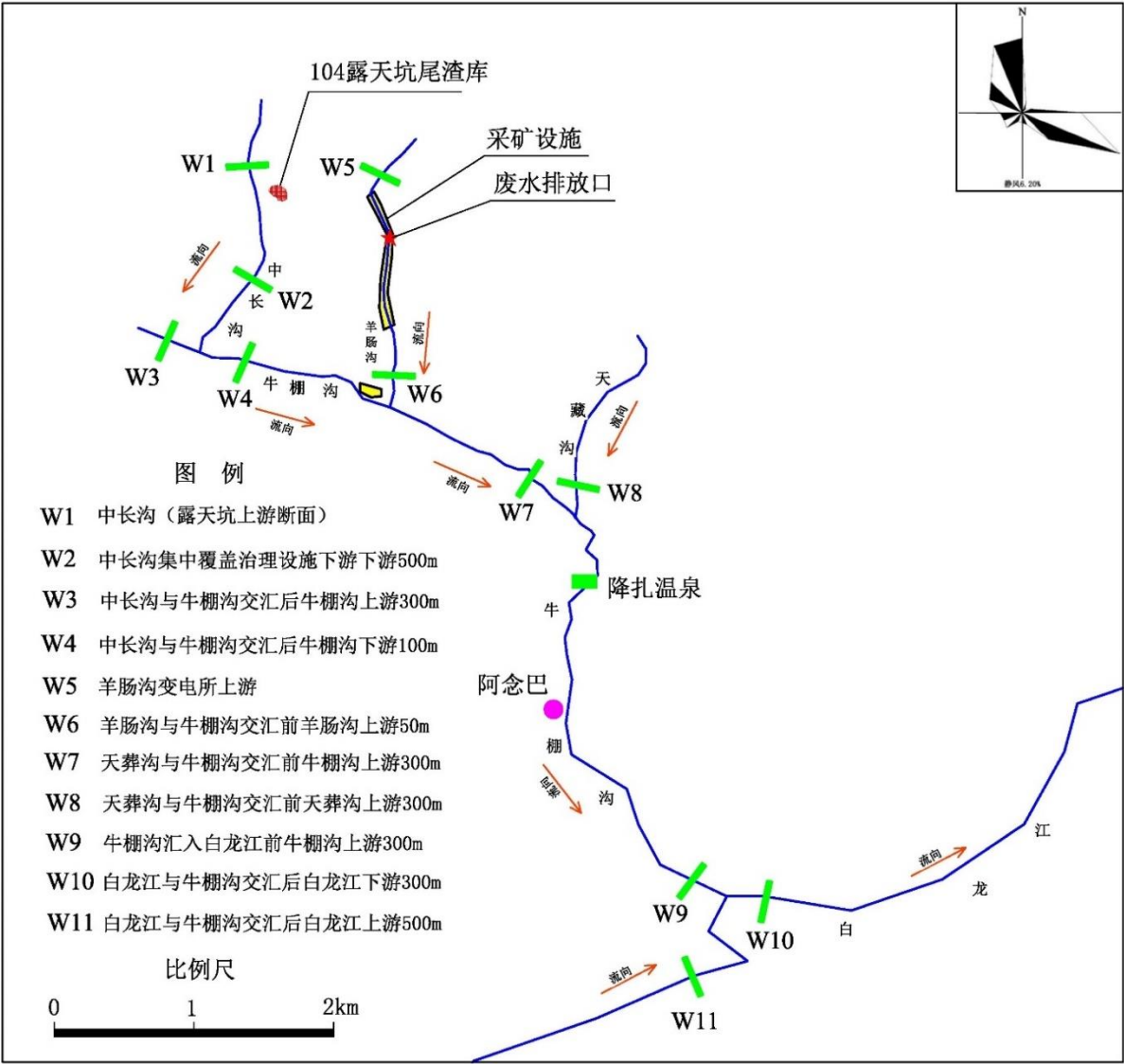


图 11.1-2 矿区地表水监测断面位置图

11.1.3 施工期间环境监测

根据《铀矿冶辐射环境监测规定》（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。

本项目常规环境监测包括空气、陆地 γ 、噪声、土壤等常规介质的监测，监测计划见表 11.1-1，监测布点见图 11.1-3（不含地表水、地下水和底泥）。

表 11.1-1 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	TSP
	104 露天坑尾渣库、集中覆盖治理设施下风向边界外 1m 处	1 次/季度	氡及其子体
	阿念巴		U _{天然} 、总 α 、TSP、氡及其子体
	对照点：降扎乡		
陆地 γ	施工场界四周	1 次/季度	γ 辐射剂量率
	104 露天坑尾渣库、集中覆盖治理设施下风向边界外 1m 处		
	阿念巴		
	对照点：降扎乡		
噪声	施工场界四周 阿念巴	1 次/半年	等效连续 A 声级
土壤	阿念巴处农田土壤 对照点：降扎乡土壤	1 次/半年	U _{天然} 、 ^{226}Ra 、Cd
地表水	11 个断面，位置见图 11.1-2。	1 次/半年	U _{天然} 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、pH
地下水	集中覆盖治理设施上、下游，位置见图 11.1-1。	1 次/半年	U _{天然} 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、总 α 、总 β 、pH
底泥	同地表水体位置。	1 次/年	U _{天然} 、 ^{226}Ra

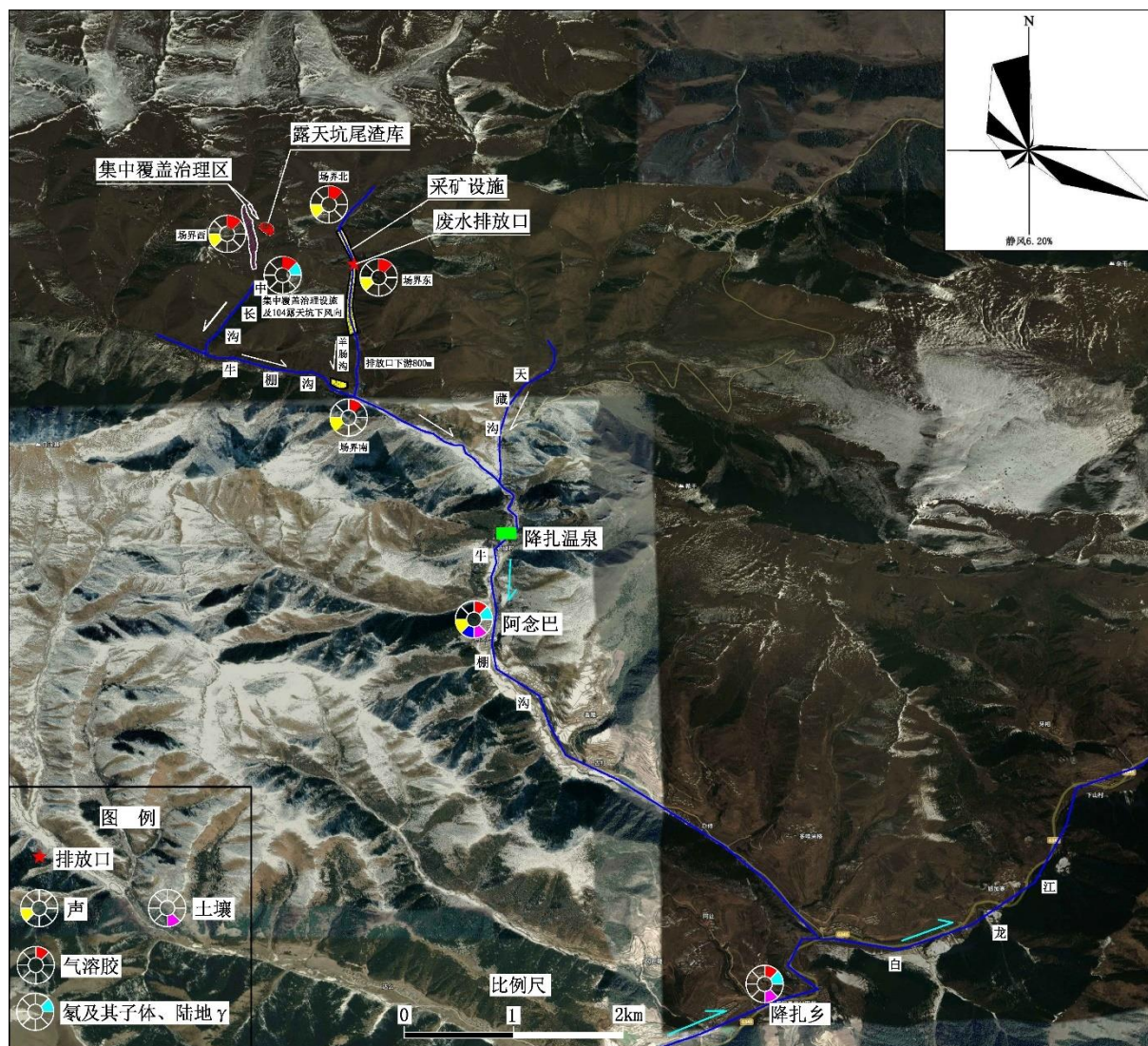


图 11.1-1 施工期监测布点图

11.1.4 施工监测治理保证

- 1) 明确规定退役监督组织机构、管理、执行人员的权限、任务和职责。
- 2) 选用能够胜任监测工作的人员进行本项工作，对监测人员进行专门培训和考核，符合要求才能上岗。监测人员在实践中通过反复培训、考核，不断提高监测人员的素质。
- 3) 监测方法采用现行的国家颁布和核工业行业规定的标准监测方法，具体监测要求参考《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB23726-2009）的有关内容。
- 4) 防止样品在预处理和分离过程中的核素损失和污染。监测人员严格按照操作程序和指南进行样品布点、取样、包装、运输、保存、接收、制备、分析和记录。

- 5) 采用标准分析方法或通用的分析方法进行测量和分析。
- 6) 所用的仪器、设备定期进行标定、比对和刻度。
- 7) 送部分样品进行外检, 以确定实验室之间的误差范围, 发现并解决分析测量中的问题。
- 8) 辐射监测数据进行统计学处理, 对剂量计算模式及结果进行核查。
- 9) 监测数据应由质保人员监督、复查, 通过审查的监测数据及原始记录均建档归案, 永久保存。

11.2 退役终态监测

根据《建设项目环境保护管理条例》的规定, 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。因此, 在本退役整治工程基本完工后, 需要结合施工监测记录, 按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 铀矿冶退役》(HJ1347.2-2024), 编报竣工环境保护验收监测报告。

11.2.1 监测介质

本退役整治工程竣工环境保护验收监测的介质主要包括无水坑(井)口、有水坑口、废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地、污染道路、污染溪沟、104 露天坑尾渣库、建(构)筑物、污染设备管线等。

11.2.2 监测项目

1) 原地覆盖治理监测: 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施表面 γ 辐射剂量率和 ^{222}Rn 析出率。

2) 清挖治理监测: 废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地、污染道路等清挖、迁移治理后的原址土地地表 γ 辐射剂量率, 土壤中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 含量。

3) 环境监测: 按照 HJ1347.2-2024 和 GB23726-2009 要求执行, 包括空气、地表水、地下水和土壤等。

11.2.3 监测布点

1) 退役治理后达到无限制开放的场地, 主要包括废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地、污染道路等, 应在回填新土之前开展竣工环保验收监测,

监测布点如下：

(1) γ 辐射剂量率的监测布点

①废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地一般按 100m^2 取 1 个监测点且不少于 5 个点；

②运矿道路按 100m 设置一个断面，左、中、右各测 1 个点，每条道路不少于 5 个断面。

(2) 土壤中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 残留量的监测

①废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地一般按 400m^2 取 1 个监测点，每处场地不少于 3 点位；

②运矿道路及污染溪沟按 100m 取 1 个监测点且不少于 3 个点位。

2) 矿坑水疏干施工期流出物监测内容可作为竣工环保验收组成部分。

3) 覆盖治理设施

(1) γ 辐射剂量率的监测布点：一般按 100m^2 取 1 个监测点，每个监测点测 3~5 次读数后取平均值，每处场地不少于 5 个点位。

(2) 表面 ^{222}Rn 析出率监测：一般按 400m^2 取 1 个监测点，每处场地不少于 3 个点位。

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，其坑（井）口、104 露天坑尾渣库、集中覆盖治理设施等均为有限制开放使用。由于有限制开放使用的设施仍存有大量放射性废物，一旦受到自然因素或人为因素影响易于扩散，可能带来一定程度的放射性危害，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 104 露天坑尾渣库、集中覆盖治理设施的长期安全稳定，保护公众和环境安全。

该退役治理工程的监护由西安中核蓝天铀业有限公司负责。

12.2 长期监护要求

12.2.1 监督管理人员的职责

本项目退役治理工程实施后监督管理工作十分重要，对退役后的监督管理配备专（兼）职工作人员，其职责包括：

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) 为保证治理工程的质量，定期巡视、检查各治理设施的完好性，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，其监测工作由西安中核蓝天铀业有限公司负责。

6) 制定事件应急计划，当发生人为侵扰和自然灾害事件时，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、维修记录报告及事件处置报告等上报。

12.2.2 监护内容

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。

巡视监护是定期对坑（井）口、104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施的稳定性、完好性进行巡视检查，发现隐患及时排除，发现较大损毁事件及时上报，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 本项目长期监护对象及内容一览表

序号	设施类型	设施数量	主要监护内容	监护方式
1	104 露天坑尾渣库	1 座	1) 拦渣坝体及护坡； 2) 滩面覆盖氮抑制层、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	集中覆盖治理设施	1 处	1) 覆盖层； 2) 排水沟； 3) 挡土墙及护坡等。	
3	坑（井）口	3 个	1) 坑（井）口封堵墙； 2) 坑（井）口覆土； 3) 中长沟和羊肠沟坑（井）口侧山体。	

12.2.3 巡视监护方案

1) 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施巡视监护方案

(1) 对 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施的排洪设施进行检查，发现工程遭到局部破坏时及时对其进行清除和修复。

(2) 对 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施的覆盖层，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 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施的坝体、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) 坑（井）口巡视监护方案

(1) 封堵设施是否完好，坑（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) 定期巡视四号平硐封堵侧羊肠沟山体，二号平硐和回风斜井封堵侧中长沟山体，巡查是否存在地下水出露点，若存在及时对其进行采样和监测。

3) 巡视监护频率

(1) 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施巡视监护频率

①结合现有“十三五”和“十四五”期间长期监护的铀矿冶设施监护实际情况，本项目 104 露天坑尾渣库监护频次的要求为每日 1 次，集中覆盖治理设施监护频次的要求为每周 2 次。

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) 坑（井）口及巡视监护频率

坑（井）口监护频率每月 1 次。

12.2.4 辐射监测方案

1) 日常巡视监测和定期监测内容

(1) 监测内容

①对 104 露天坑尾渣库、集中覆盖治理设施表面的 γ 辐射剂量率、氡析出率等进行监测，发现问题及时补救。

②利用竣工验收时地下水监测井，对集中覆盖治理设施所在区域地下水进行分析监测，确保不会对周边地下水产生影响。

(2) 监测布点

①日常巡视监测

日常巡视过程中主要对 104 露天坑尾渣库、集中覆盖治理设施的 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

a.104 露天坑尾渣库、集中覆盖治理设施 ^{222}Rn 析出率原则按 $40\text{m}\times 40\text{m}$ 网格布点, γ 辐射剂量率原则按 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 网格布点;

b.利用施工期设置的 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施所在区域地下水监测井,每个地下水监测井(2 个)每次至少取 1 个水样进行 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、总 α 、总 β 、pH 监测;

c.定期监测矿区周围地表水关键断面(11 个)水质进行监测,监测包括 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、pH 等。

(3) 监测频率

①日常巡视监护

对 104 露天坑尾渣库、集中覆盖治理设施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

定期监测需要具有相关资质的单位进行监测。按照《铀矿冶辐射环境监测规定》(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,之后每两年监测 1 次。

13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目基本情况

本项目为西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程，退役项目位于四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县降扎乡境内，项目退役总费用 13360 万元。

退役治理的主要源项包括坑（井）口、废石场、堆浸场、工业场地、老尾渣库、104 露天坑尾渣库、污染设备管线、建（构）筑物、污染道路和溪沟等。

本项目退役治理周期为 48 个月。

13.1.2 环境质量现状结论

本项目辐射环境质量现状监测工作由核工业北京化工冶金研究院承担。根据监测结果，环境质量调查结论如下：

1) 气溶胶、氡及其子体和 γ 辐射剂量率：项目周围居民点处的 $U_{\text{天然}}$ 、总 α 等气溶胶、氡及其子体、 γ 辐射剂量率等均匀对照的处于同一水平，且在建矿前天然本底范围内；

2) 大气环境：矿区周围居民点处 TSP 满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准要求。

3) 地表水环境：中长沟、羊肠沟和牛棚沟水体 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 的活度浓度较低，上、下游基本处于同一水平。中长沟、羊肠沟、牛棚沟、天葬沟、白龙江等地表水体 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 等核素均建矿前地表水环境天然本底处于同一水平。

经调查，羊肠沟、牛棚沟等地表水体中 Cd 含量在 ($<1\sim 11.3$) $\mu\text{g/L}$ 之间，部分点位高于《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 III 类标准，属于背景值较高区域，其余 pH、 Cr^{6+} 等重金属非放射元素均满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 III 类标准的要求。

4) 地下水环境：羊肠沟、中长沟各监测井中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 等

核素基本处于同一水平,总 α 、总 β 高于《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III类标准,其中羊肠沟监测井中 $U_{\text{天然}}$ 含量在(0.0239~0.165) mg/L,中长沟监测井中 $U_{\text{天然}}$ 含量在(0.131~0.199) mg/L,该区域位于铀矿区周围属于天然放射性核素高天然本底地区;

经调查,矿区范围内地下水中 COD_{Mn} 在(4.3~5.1) mg/L之间,上、下游监测井位的数据处于同一水平,由此可知该区域地下水 COD_{Mn} 环境背景整体偏高;矿区范围羊肠沟地下水Mn在(162~473) $\mu\text{g/L}$ 之间,中长沟地下水Mn在(936~1170) $\mu\text{g/L}$ 之间,两条沟上游均无生产设施,Mn含量较高原因分析为该地区属于背景值含量较高地区; SO_4^{2-} 在(74~669) mg/L之间,区域地下水化学类型主要为 $HCO_3-SO_4-Ca-Mg$ 型水,本次监测数据与建矿前地下水中 SO_4^{2-} 含量(59.24~710.51) mg/L处于同一水平;个别监测井TDS和总硬度达1020mg/L和1.387g/L,主要原因是该区域地下水中Ca、Mg含量较高所致;个别监测井氨氮达到0.578mg/L和1.114mg/L,主要是受放牧影响导致区域升高所致。地下水中其他非放元素均满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III类标准要求。

5) 声环境: 矿区周围声环境均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中2类标准的要求。

6) 土壤环境: 矿区周围农田土壤的 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 核素与对照点处于同一水平,矿区周围农田非放射性元素监测结果满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)中表1风险筛选值的要求。

7) 生物环境: 矿区周围生物样品中的放射性核素含量较低, $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 等核素均满足《食品中放射性物质限制浓度标准》(GB14882-94)中的要求。

13.1.3 源项调查结果

根据源项调查结果,确定龙江铀矿退役治理工程的主要治理源项包括:坑(井)口3个(其中无水坑口1个,有水坑口1个,井口1个);废石场1处(废石量13.76万t,裸露面积6119 m^2);堆浸场1处(尾渣已清运至104露天坑尾渣库,污染面积5137 m^2);污染工业场地3处(污染面积12999 m^2);

建（构）筑物 66 座（占地面积 12903m²）；污染设备 393 台（件）、管线 5296m（总重量 503.3t）；老尾渣库 1 座（尾渣已清运至 104 露天坑尾渣库，污染面积 4672m²）；104 露天坑尾渣库 1 座（尾渣量 12.88 万 t，裸露面积 5930m²）；污染道路 2 条（总长度 4475m）；污染溪沟 3 条（总长度 2300m）。

13.1.4 治理方案可行性结论

1) 退役治理方案

(1) 坑（井）口治理方案

四号平硐采用抽出处理矿坑水和封堵的方案，抽出矿坑水送至矿坑水处理设施处理，矿坑水疏干后，对四号平硐采取注浆封堵（防水封堵墙和注浆帷幕），注浆压力为四号平硐与原始地下水水位压差的 2 倍，可确保矿坑水不再从四号平硐流出，封堵后可有效抑制氡的外溢和杜绝人畜误入的事件发生。

考虑到矿坑水抬升超过二号平硐和回风斜井，采用两道结构致密的钢筋混凝土封堵墙和注浆帷幕封堵，封堵方式与四号平硐一致，同时，硐口处采用粘土覆盖层，都是良好的屏蔽体，能够有效的切断井下采场与外环境的联系，防止氡逸出，最后在坑（井）口覆土植被。

(2) 废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地等治理方案

对废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地等进行清挖治理，产生的废石和污染土运至集中覆盖治理设施储存，治理后原址场地覆土植被、恢复自然地貌。

(3) 建（构）筑物治理方案

拆除地表遗留建（构）筑物，其中受污染建筑垃圾送至集中覆盖治理储存；未受污染建筑垃圾回用于道路路基、建（构）筑物基础坑回填材料。

(4) 污染设备及管线治理方案

对于受污染的设备 and 管线采用分类处理的方式，无利用价值的非金属设备管线送集中覆盖治理设施或废物收纳池；污染金属类设备管线，采取熔炼回收再利用方式处理。

(5) 污染道路和污染溪沟治理方案

对污染道路和污染溪沟进行清挖治理，产生的污染土和污染底泥运至集

中覆盖治理设施储存，治理后原址恢复原有使用功能。

(6) 104 露天坑尾渣库治理方案

为了消除隐患、安全处置尾渣，本项目对 104 露天坑尾渣库进行原地覆盖治理，库内储存尾渣 12.88 万 t，治理方案为：重新修建拦渣坝，将库内尾渣压实，采取多层覆盖（由下至上为 135cm 抑氡层+复合土工膜+30cm 砂卵石导水层+50cm 植被层）治理，同时修建截洪沟和设置沉降位移观测设施，并设置警示标识和防护围栏。

(7) 集中覆盖治理设施建设方案

集中覆盖治理设施作为本项目废石、污染土及污染建筑垃圾等集中储存场所，位于 104 露天坑尾渣库西侧的山坡坡脚，考虑松散系数后储存污染物约 20 万 m³，设计库容 23.97 万 m³，建设方案：该设施底部设置多层防护结构（由下至上为碎石排水层+50cm 粘土层+钠基防水毯+复合土工膜）；设施中间回填废石、污染土和污染建筑垃圾等，并分层压实；设施顶部采用多层覆盖结构（由下至上为 55cm 抑氡层+复合土工膜+20cm 砂卵石导水层+50cm 植被层）；为保证集中覆盖治理设施安全稳定性，在该设施四周修建排水沟，设施下游修建坡脚砌筑重力式挡土墙，并在设施四周设置警示标志和防护围栏。

2) 可行性分析

(1) 坑（井）口治理方案可行性分析

①目前四号平硐内水位标高已经高于四号平硐口标高，因此先对四号平硐内水进行疏排，经矿坑水处理设施处理后达标排放；

②注浆封堵：地下水在四号平硐围岩各方向水压相同，在平硐内应采取全断面注浆，材料为硅酸盐水泥浆液或水泥-水玻璃注浆液，并考虑矿坑水恢复原始水位标高压力的 2 倍（2.44MPa）。注浆液在压力控制下，在围岩裂隙内充分扩散，形成致密结构，注浆帷幕达 8m 厚，以保证裂隙填充效果，防止渗水从平硐的顶板、底板和侧壁渗出。

隔水封堵墙：在平硐内采用注浆方式封堵后，在四号平硐内修筑防水封堵墙 3 组。封堵隔水墙采用钢筋混凝土结构，切断了四号平硐与其他通道及外部连通；封堵墙前后围岩采用注浆封堵方式，防止水从侧壁渗出。采用封

堵隔水墙后，可有效避免矿坑水从四号平硐口流出。

考虑到矿坑水抬升，二号平硐和回风斜井采取了与四号平硐一致的封堵方式。通过两种方式相结合，能够保证治理后井下矿坑水不从坑（井）口流出。

③风险分析及应对措施

由于矿床在生产过程中采用爆破方法开采，产生了一系列爆破裂隙，同时山体内部也有原始裂隙的存在，而这些裂隙的发育情况在目前技术条件下是无法预测的。因此，这些裂隙构成的水力通道导致坑口封堵后井下矿坑水从其他地方溢出的风险。

a.自然恢复

510 一矿段采用物理开拓，未添加化学药剂；矿坑水 U 含量高是由于接触外部空气 U 被氧化浸出造成的。疏干现有矿坑水，坑口封堵后切断了矿坑水与外部连通（隔绝外部空气），新涌的矿坑水将自然恢复至采矿前状态。

b.定期监测

目前，除四号平硐有水渗出外，未发现其余出露点。

四号平硐封堵后，在长期监护过程中对铀矿山进行巡视和监测。一旦发现矿床山体周围有出露点，及时取样监测，根据结果（ $U_{\text{天然}}$ 高于 0.3mg/L ）采取应急措施。定期对周围地表水进行监测，一旦发现异常（ $U_{\text{天然}}$ 高于地表水参考水平），及时查找源头并应急处理。主要应急措施包括移动式树脂离子交换车或采取 PRB（可反应渗透墙）对出露的水进行处理，使其达标排放。

由此可知，采用封堵治理方案后，可有效避免矿坑水从坑（井）口流出，同时针对矿坑水从裂隙流出采取了应急措施，坑（井）口治理方案是可行的。

（2）废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地等治理方案可行性分析

对废石场、堆浸场、老尾渣库、工业场地采取挖除废石及污染土，施工时废石场下部土壤中镭含量达到“本底值+ 0.18Bq/g ”以下才停止清挖，以保证含有放射性物质的废石及污染土均被彻底清除。最后用土源地土壤回填场地原址等治理措施；该方案清理了污染物，且操作简单，技术成熟，满足治理的要求，治理方案可行。

（3）建（构）筑物治理方案可行性分析

本项目按照废物最小化原则，将建（构）筑物分为污染和未受污染两类，并分类处理，该技术方案已在多个铀矿治退役治理工作中得到实践，方案技术成熟可靠，方案是可行的。

（4）污染设备及管线治理方案

对于受污染的设备 and 管线采取分类治理方案，该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，环保措施可行。

（5）104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施治理方案可行性分析

104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施退役治理后，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；104 露天坑尾渣库防洪安全性、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，集中覆盖治理设施防洪安全性、边坡稳定性均满足《有色金属矿山排土场设计标准》（GB50421-2018）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，尾渣库和集中覆盖治理设施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 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理设施退役治理方案是可行的。

综上所述，本退役治理工程实施后，降低了周围公众的个人附加剂量和集体剂量、保护了环境，环境效益、社会效益比较显著，治理方案是可行的。

13.1.5 辐射环境影响评价结论

本次预测以集中覆盖治理设施为评价中心，进行了半径 20km 范围内的退役治理前、施工过程中和退役治理后的辐射环境影响预测，气载放射性流出物和液态放射性流出物所致辐射环境影响，分别采用 UAIR-FINE 和 ULID-FINE 程序进行计算。

1) 退役治理前辐射环境影响评价

龙江铀矿退役治理工程治理前主要有气载源项和液态源项。其中，气载

源项包括废石场、堆浸场、工业场地、老尾渣库、104 露天坑尾渣库、坑（井）口等，不断向大气释放氡及子体，氡释放量约 $1.53 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ ；液态源项为坑口流出水，水量约 $80 \text{m}^3/\text{d}$ 。

退役治理前，气、液综合途径所致公众最大个人有效剂量为 $2.61 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，关键居民组为评价中心 SSE 方位、3~5km 处的阿念巴幼儿组，其关键途径为吸入内照射，关键核素为 ^{222}Rn ，占比约 98.9%；20km 范围内的集体剂量为 $3.85 \times 10^{-4} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

2) 退役治理过程中辐射环境影响评价

在退役治理过程中，已临时封堵坑口被打开、104 露天坑尾渣库覆盖层被打开等，较退役治理前释放的氡有所增加，氡释放量约 $3.98 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ ；液态流出水量增加至 $320 \text{m}^3/\text{d}$ ，排放量较退役治理前有所增加。

施工过程中，气、液综合途径所致公众最大个人有效剂量为 $5.98 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，关键居民组为评价中心 SSE 方位、3~5km 处的阿念巴少年组，其关键途径为吸入内照射，关键核素为 ^{222}Rn ，占比约 98.0%；20km 范围内的集体剂量为 $1.01 \times 10^{-3} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

3) 退役治理后辐射环境影响评价

龙江铀矿退役治理工程治理后清挖了绝大部分废石场、堆浸场、工业场地、污染道路和工业场地等，气载源项为 104 露天坑尾渣库和集中覆盖治理区等，氡释放量约 $4.51 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。

退役治理后，有限制开放设施所致公众最大个人有效剂量为 $6.99 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，关键居民组为评价中心 SSE 方位、3~5km 处的阿念巴，其关键途径为吸入内照射，关键核素为 ^{222}Rn ，占比 100%，公众最大个人有效剂量满足本项目退役治理后公众剂量约束值 0.05mSv/a 的要求；20km 范围内的集体剂量为 $1.23 \times 10^{-4} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

4) 退役治理前后对比

本退役治理工程治理后较治理前，氡释放量减少了 70.5%，公众最大个人剂量降低了 73.2%，退役治理后 20km 范围内的集体剂量减小本次退役工程

的治理措施在减少辐射环境影响方面的作用是有效的。

5) 事件情景下辐射环境影响评价

本项目主要分析了 104 露天坑尾渣库顶部防渗破损事件、运输事件、人员闯入事件、矿坑水处理设施失效事件和拦渣坝垮塌事件，事件发生可能性较大的为 104 露天坑尾渣库顶部防渗破损事件、矿坑水处理设施失效事件和拦渣坝垮塌事件，并对其进行了预测和评价。评价结果显示，各辐射环境事件所致个人最大剂量值为 $9.91 \times 10^{-2} \text{mSv/次}$ ，主要核素为 ^{222}Rn ，主要照射途径为吸入内照射，占比 100%，满足本项目事件情况下公众剂量 1mSv/次 的约束值要求。

13.1.6 公众参与结论

西安中核蓝天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示、现场张贴公示和报纸公示，公示期间均未收到公众意见反馈表。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与长期监护

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：废石场、工业场地等清挖深度，104 露天坑尾渣库覆盖厚度等），以及选取的土源是否满足要求。

本项目周期内如果清挖深度和覆盖厚度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。

本退役治理后 104 露天坑尾渣库、集中覆盖治理设施等均为有限制开放使用。需对其进行长期的监督维护和监测，以便对出现的影响安全 and 环境的隐患和问题及时进行治疗，确保尾渣库等设施的长期安全稳定，保护公众和环境安全。

本项目的监护由西安中核蓝天铀业有限公司负责。退役治理工程结束后，长期监护工作主要是长期的不定时巡视、设施维护和定期监测。

13.1.8 环评结论

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，坑（井）口等设施的安全隐患被消除，废石场、堆浸场、工业场地、建（构）筑物、污染设备管线、104 露天坑尾渣库、污染溪沟和道路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。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，应注意其表面氡析出率的监测；对于清挖治理的设施，应注意其清挖基底土壤中 ^{226}Ra 含量的监测，保证满足相应管理限值要求。

2) 现场注意文明施工，以降低作业场所扬尘。运输过程中注意交通安全，严格按有关规定装运。

3) 做好退役治理后的生态改善措施。

4) 施工中源项或治理方案发生重大变化，上报生态环境主管部门。

附录 1：气载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、生态环境部推荐使用的 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：

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

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， $F_y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \exp(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2})$ ；

$j=1$ 或 2 ，分别代表上升和下沉部分。

2) 稳定条件下 SBL 中的浓度

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

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：

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

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：

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

式中： Q_A —面源释放率， $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ；

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，主要核素为气载的 ^{222}Rn 。

1、 ^{222}Rn 及其子体

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

式中： C_{Rn} — ^{222}Rn 浓度， Bq/m^3 ；

T —受照时间，h，全年取 8760h；

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

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， $\text{Sv} \cdot \text{人}/\text{a}$ ；

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 2：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

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

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：

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

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

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

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、其他考虑总体浓度。

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/m³ 或 g/L；

0.001—K_d 从 L/kg 到 m³/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

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

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/m³；

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, $t_p=2.74\times10^{-3}a$, 对于平均个人, $t_p=2.74\times10^{-2}a$ 。

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：

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

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/

($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)， $d = C^w I$ ， I 为农作物平均灌溉率， $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ；

B_v —农作物转移系数，具体见表 7；

P —土壤有效表面密度， $260\text{kg}/\text{m}^2$ 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 $2.7\text{E}-05\text{d}^{-1}$ ；

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/m³；

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·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。

附件 1：环评委托书

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》和中华人民共和国国务院令第 253 号《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《西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀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工作。

特此委托。



西安中核蓝天铀业有限公司

2024 年 11 月 15 日

附件 2：立项批复文件



20250718001088-N-10001-4-1

国家国防科技工业局文件

科工二司〔2025〕527 号

国家国防科工局关于西安中核蓝天铀业有限公司 龙江铀矿退役治理工程项目建议书的批复

中国核工业集团有限公司：

你集团公司《关于上报西安中核蓝天铀业有限公司龙江铀矿退役治理工程项目建议书的请示》（中核经管发〔2024〕549 号）及相关材料收悉。经研究，现批复如下：

一、项目目标

对龙江铀矿遗留污染设施及放射性污染超标区域进行治理，满足国家和行业标准的管理限值要求；使其所属区域环境得到有效整治，治理后的设施场地达到国家环境保护有关标准要求。

— 1 —



20250718001088-N-1-0001-4-2

二、项目内容

对因铀矿开采遗留地表的设施以及放射性污染超标区域实施治理，具体内容包括：1 个废石场、1 处堆浸场、1 处老尾渣库、3 处工业污染场地、3 条污染溪沟、2 条污染道路等清挖治理，66 座污染建（构）筑物、污染设备和管线等拆除治理，2 处矿坑水和 3 处建（构）筑物残留液处理后达标外排，3 个坑井口封堵，1 处露天坑尾渣库治理，1 处污染物集中覆盖治理区治理。

以上新增设备 4 台（套）。

三、总投资规模及资金来源

项目总投资 13360 万元，其中军工核设施退役及放射性废物治理专项资金 10060 万元，自筹资金 3300 万元。

四、项目地址

四川省阿坝藏族羌族自治州。

五、承担单位

西安中核蓝天铀业有限公司。

六、项目周期

48 个月。

七、项目密级

本项目密级为公开。

八、有关要求

（一）请依据国防科技工业政府固定资产投资项目、军工核



20250718001088-N-1-0001-4-3

设施退役及放射性废物治理项目管理等有关规定，以及国家相关法律法规要求，建立全覆盖、可追溯的责任体系，落实责任制，确保项目按计划实施。

（二）你集团公司对本项目承担全面安全责任。要坚持“安全第一、质量第一”的原则，全面落实安全生产责任制，深入推进核安全文化建设，完善质量保证体系并严格执行，精心设计、精心施工，确保项目质量和安全。

（三）本项目原则上不再办理项目周期及经费调整。请你集团公司全面做好后续项目管理工作，加强过程管理力度，综合利用内部审计、督查等措施，督促指导项目单位严格按照批复开展项目实施，确保不发生拖期、超概问题。

（四）请你集团公司组织相关单位据此论证编制项目可行性研究报告，报我局审批。项目承担单位、设计单位、主管部门要建立“背书”制度，把好每一个环节的报告编制质量，充分体现每一层级的项目论证成效，形成“级级是一道关口”的审核把关机制。

（五）你集团公司应高度重视实施过程中的风险管控，组织相关单位制定舆情管控预案及应对措施，确保项目顺利实施，不发生次生风险。

（六）你集团公司应组织相关单位在治理过程中加强与地方政府及相关部门的沟通，共同提出治理后监护方案建议，确保退



20250718001088-N-1-0001-4-4

役后长期环境和公众安全。



(此件依申请公开)

抄送：财政部，四川省国防科技工业办公室，中国铀业股份有限公司，
西安中核蓝天铀业有限公司。

国家国防科工局综合司

2025年7月16日印发

— 4 —



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

(五) 农用地土壤环境质量执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018) 表 1 标准。

二、污染物排放标准

(一) 施工期废气执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) 和《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020) 中相应标准。

(二) 一般废水排放执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准。

(三) 施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 各阶段限值; 厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 2 类标准。

(四) 一般固体废物执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599-2020) 相应标准。

三、辐射环境标准

辐射环境执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020) 《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》(GB14586-1993) 《铀矿冶辐射环境监测规定》(GB23726-2009) 中相应标准规定。

四、生态环境

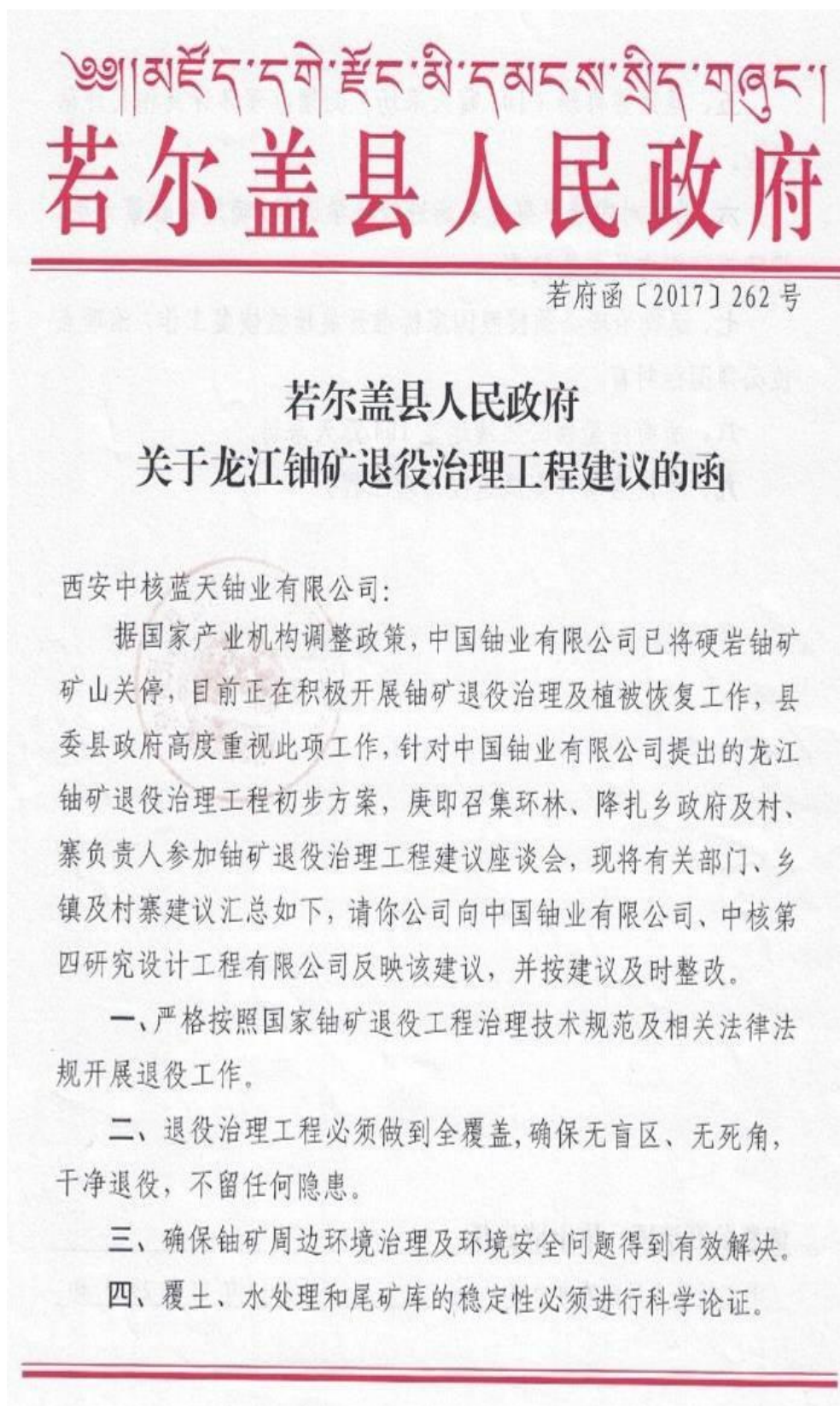
(一) 生态环境以不减少区域内濒危珍稀动植物和不破坏生

态系统完整性为标准。

(二) 水土流失以不改变土壤侵蚀为标准。



附件 4：若尔盖县人民政府关于龙江铀矿退役治理工程建议的函



五、尾渣暂存场（104 露天采场）必须办理环评及相关评估报告。

六、必须对四号平硐废石场进行科学评估，确定可容量大小，排除可能存在的安全隐患。

七、退役治理必须按照国家标准开展植被恢复工作，治理点位必须围栏封育。

八、所有污染物必须清运至 104 露天采场。

九、尽快启动并完成退役治理工程。

若尔盖县人民政府
2017 年 11 月 29 日



信息公开选项：依申请公开

若尔盖县人民政府办公室

2017 年 11 月 29 日 印

附件 5：环境质量监测报告



检测报告

(编号：2024HYYFX-01104)

项目名称：龙江矿区环境质量和流出物监测
委托单位：西安中核蓝天铀业有限公司
检测类别：委托检测

签发 李杰
审核 孙岩波
编制 王杰



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：2024年 6 月 20 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

联系人： 龚明明 李 梁

电话：（010）51674334 、 51674270

编号：2024HYAFX-01104

项 目 名 称	龙江矿区环境质量和流出物监测	
检 测 地 点	北京市通州区九棵树 145 号 101 楼和实验现场及周边	
检 测 内 容	空气中氯化氢和 TSP；γ 辐射剂量率；地表水中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po、Th、pH、Cr ⁶⁺ 、Cd、Pb、As、Hg、Mn、Zn、Cu、Cl ⁻ 、总磷、COD、氨氮、SS、BOD ₅ ；地下水中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po、 ²³⁰ Th、总α、总β、pH、氨氮、As、Hg、Cr ⁶⁺ 、总硬度、溶解性总固体、COD _{Mn} 、Zn、K、Na、Ca、Mg、Pb、Cd、Fe、Mn、F ⁻ 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、亚硝酸盐、硝酸盐、CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ ；土壤中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、pH、Cd、Pb、As、Hg、Zn、Cu、Cr、Ni、Cr ⁶⁺ ；底泥中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra；陆生生物中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po；流出物废水中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po、Th、pH、Cr ⁶⁺ 、Cd、Pb、As、Hg、Mn、Zn、Cu；气载流出物中氨浓度；噪声；气溶胶中 U、总α、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po	
样 品 名 称	水样、土壤、流出物、空气和噪声	
采 样 日 期	2024-05-15~2024-05-19	
现场监测日期	2024-05-15~2024-05-19	
样品分析日期	2024-05-23~2024-06-13	
检 测 仪 器	仪器名称	仪器编号
	NexION 350X 型 质谱仪	YQ-SP-0115
	AFS-230E 型 原子荧光光谱仪	YQ-KY-0091
	ICS-5000 型 离子色谱仪	YQ-HJ-0114
	GMX50P4-83 型 高纯锗多道γ能谱仪	YQ-HJ-0133
	LB6008 型 低本底α、β测量仪	YQ-HJ-0135
	FD-125/FH463B 型 氡钍分析仪	YQ-HJ-0134
	Alpha Ensemble 型 α谱仪	YQ-HJ-0129
	GL224-1SCN 型电子天平	YQ-KY-0078
	10mL 滴定管	FX10-02
	722G 型 分光光度计	YQ-KY-0092
	pHs-3E 型 pH 计	YQ-KY-0010
	电热恒温培养箱	YQ-SP-0142

编号：2024HYFFX-01104

检 测 仪 器	仪 器 名 称	仪 器 编 号
	AWA6228+型 多功能声级计	YQ-HJ-0020
	AWA6021A 型 声校准器	YQ-HJ-0021
	FH40G+FHZ672E-10 型 便携式γ辐射剂量率仪	YQ-HJ-0002
	721G 型 分光光度计	YQ-KY-0128
	原子吸收光谱仪	YQ-SP-0116
	RAD7 型 测氦仪	YQ-HJ-0013
	PRM-FF01 型 氦子体测量仪	YQ-HJ-0082
监 测 项 目	监 测 方 法 标 准	
固体样中 ²²⁶ Ra 和 ²¹⁰ Pb	《环境及生物样品中放射性核素的γ能谱分析方法》（GB/T16145-2022）	
气溶胶中 U	《硅酸盐岩石化学分析方法 第 30 部分：44 个元素量测定》（GB/T 14506.30-2010）	
土壤和生物中 U、Cd、Pb、Ni、Cu		
²¹⁰ Po	《水中钋-210 的分析方法》（HJ 813-2016）	
土壤中 As	《土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 2 部分 土壤中总砷的测定》（GB/T 22105.2-2008）	
土壤中 Hg	《土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 1 部分 土壤中总汞的测定》（GB/T 22105.1-2008）	
土壤中 Cr ⁶⁺	《土壤和沉积物 六价铬的测定 碱溶液提取-火焰原子吸收分光光度法》（HJ 1082-2019）	
水中 U、Th、Zn、Cu、Pb、Cd、Mn	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子质谱法》（HJ 700-2014）	
水中 ²²⁶ Ra	《水中镭-226 的分析测定》（GB 11214-1989）	
水中 ²¹⁰ Pb	《水中铅-210 的分析方法》（EJ/T 859-1994）	
水中 pH	《生活饮用水标准检验方法 第 4 部分：感官性状和物理指标 8.1 玻璃电极法》（GB/T 5750.4-2023）（8.1）	
水中 Cr ⁶⁺	《生活饮用水标准检验方法 第 6 部分：金属和类金属指标 13.1 二苯碳酰二肼分光光度法》（GB/T 5750.6-2023）（13.1）	
水样中 BOD ₅	《水质 五日生化需氧量（BOD ₅ ）的稀释与接种培养法》（HJ 505-2009）	

编号：2024HYFYX-01104

监 测 项 目	监测方法标准
水中 F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻	《生活饮用水标准检验方法 第 5 部分：无机非金属指标 5.2 离子色谱法》（GB/T 5750.5-2023）（5.2）
水中 As、Hg	《水质汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》（HJ 694-2014）
水中 COD _{Mn}	《生活饮用水标准检验方法 第 7 部分：有机物综合指标》（GB/T 5750.7-2023）
水样中悬浮物（SS）	《水质 悬浮物的测定 重量法》（GB11901-89）
氨氮	《生活饮用水标准检验方法 第 5 部分：无机非金属指标》（GB/T 5750.5-2023）（11.3）
总磷（以 P 计）	《水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》（GB/T 11893-1989）
水中总溶解性固体（TDS）	《生活饮用水标准检验方法第 4 部分：感官性状和物理指标 11.1 称量法》（GB/T 5750.4-2023）（11.1）
水中总硬度	《生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 10.1 乙二胺四乙酸二钠滴定法》（GB/T 5750.4-2023）（10.1）
水中 CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻	《铀工艺过程溶液中 OH ⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、CO ₃ ²⁻ 的测定》（JS/FX/8.2-04/N/2004）
总 α	《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》（EJ/T 1075-1998）
总 β	《水中总 β 放射性的测定方法 蒸发法》（EJ/T 900-1994）
土壤中 pH	《土壤 pH 值测定 电位法》（HJ 962-2018）
TSP	《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ 194-2017）
空气中氨浓度	《环境空气中氨的测量方法》（HJ 1212-2021）
空气中氡子体	《铀矿山空气中氨及氡子体测定方法》（EJ 378-1989）
等效 A 声级	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）
γ 辐射空气吸收剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
空气中氯化氢	《环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法》（HJ 549-2016）

编号：2024HYFYX-01104

检测结果：						
表 1 气溶胶样品中放射性核素或元素检测结果						
序号	样品编号	U (ng/m³)	总α (mBq/m³)	²²⁶ Ra (mBq/m³)	²¹⁰ Pb (mBq/m³)	²¹⁰ Po (mBq/m³)
1	阿念巴寨 (敏感点)	0.39	0.41	<0.15*	1.07	0.025
2	生活区 (敏感点)	0.40	0.87	<0.15*	1.23	0.157
3	降扎乡 (对照点)	0.36	0.63	<0.15*	<0.58*	0.046
备注：*--检测结果为各核素的探测下限或元素的检出限。						

表 2 空气中氡浓度及氡子体检测结果				
序号	样品编号	氡浓度 (Bq/m³)	氡子体 (μJ/m³)	天气状况
1	阿念巴寨（敏感点）-1	16.5	0.058	晴
2	降扎温泉（敏感点）-1	19.3	0.077	晴
3	生活区（敏感点）-1	13.8	0.036	晴
4	老尾渣库（设施边界处）-1	18.8	0.066	晴
5	露天坑尾渣库（设施边界处）-1	18.7	0.067	晴
6	废石场下风向边界处（设施边界处）-1	17.8	0.064	晴
7	降扎乡（对照点）-1	13.3	0.035	晴
8	阿念巴寨（敏感点）-2	16.9	0.053	晴
9	降扎温泉（敏感点）-2	19.6	0.072	晴

编号：2024HYFYX-01104

10	生活区（敏感点）-2	14.3	0.040	晴
11	老尾渣库（设施边界处）-2	19.5	0.073	晴
12	露天坑尾渣库（设施边界处）-2	17.9	0.061	晴
13	废石场下风向边界处（设施边界处）-2	16.5	0.061	晴
14	降扎乡（对照点）-1	13.9	0.038	晴
15	阿念巴塞（敏感点）-3	16.2	0.050	晴
16	降扎温泉（敏感点）-3	19.3	0.066	晴
17	生活区（敏感点）-3	14.5	0.042	晴
18	老尾渣库（设施边界处）-3	18.2	0.061	晴
19	露天坑尾渣库（设施边界处）-3	19.5	0.073	晴
20	废石场下风向边界处（设施边界处）-3	18.3	0.068	晴
21	降扎乡（对照点）-3	13.7	0.037	晴
备注：降扎温泉（敏感点）监测点位设置于降扎温泉外围。				

表 3 空气中氯化氢和 TSP 检测结果				
序号	样品编号	氯化氢 (mg/m³)	TSP (µg/m³)	天气状况
1	阿念巴塞（敏感点）	0.30	72.0	晴
2	生活区（敏感点）	0.21	113	晴
3	盐酸库下风向边界处（设施边界）	0.16	124	晴
备注：无。				

编号：2024HYFFX-01104

表 4 环境γ辐射剂量率测量结果		
序号	样品编号	环境γ辐射剂量率*(nGy/h)
1	阿念巴塞（敏感点）	96.7
2	降扎温泉（敏感点）	208
3	生活区（敏感点）	134
4	降扎乡（对照点）	105
备注：*---检测结果含仪器对宇宙射线的响应值。 降扎温泉（敏感点）监测点位设置于降扎温泉外围。		

表 5 地表水水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	U (μg/L)	Th (μg/L)	²²⁶ Ra (Bq/L)	²¹⁰ Pb (mBq/L)	²¹⁰ Po (mBq/L)	pH (无量纲)	Cr ⁶⁺ (mg/L)
1	牛棚沟：废水排放口 上游 500 米断面	21.2	<1.0*	0.021	<10*	<1*	8.07	<0.004*
2	牛棚沟：废水排放口 下游 1000 米断面	58.0	<1.0*	0.047	<10*	<1*	7.95	<0.004*
3	羊肠沟：羊肠沟与牛 棚沟交汇口上游 100 米断面	22.7	<1.0*	0.024	<10*	<1*	7.84	<0.004*
续表 5 地表水水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	Cd (μg/L)	Pb (μg/L)	As (μg/L)	Hg (μg/L)	Mn (μg/L)	Zn (μg/L)	Cu (μg/L)
1	牛棚沟：废水排放口 上游 500 米断面	6.53	<5.0*	<2.0*	<0.05*	55.8	249	<5.0*
2	牛棚沟：废水排放口 下游 1000 米断面	4.98	<5.0*	5.52	<0.05*	71.3	207	<5.0*
3	羊肠沟：羊肠沟与牛 棚沟交汇口上游 100 米断面	11.3	<5.0*	<2.0*	<0.05*	71.6	903	10.6

编号：2024HYYFX-01104

续表 5 地表水水样中放射性核素或元素检测结果						
序号	样品编号	Cl ⁻ (mg/L)	总磷 (mg/L)	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	SS (mg/L)
1	牛棚沟：废水排放口上游 500 米断面	1.56	0.19	0.72	0.66	16
2	牛棚沟：废水排放口下游 1000 米断面	2.05	0.17	1.05	0.70	15
3	羊肠沟：羊肠沟与牛棚沟 交汇口上游 100 米断面	1.61	0.15	1.24	0.57	15
备注：*--检测结果为各核素的探测下限或元素的检出限。						

表 6 地下水水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	U (μg/L)	Th (μg/L)	²²⁶ Ra (Bq/L)	²¹⁰ Pb (mBq/L)	²¹⁰ Po (mBq/L)	pH (无量纲)	Cr ⁶⁺ (mg/L)
1	生活区	1.18	<1.0*	<0.009*	<10*	<1*	7.82	<0.004*
续表 6 地下水水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	Cd (μg/L)	Pb (μg/L)	As (μg/L)	Hg (μg/L)	Mn (μg/L)	Zn (μg/L)	Cu (μg/L)
1	生活区	<0.5	<5.0*	<2.0*	<0.05*	<5.0*	54.1	<5.0*
续表 6 地下水水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	Cl ⁻ (mg/L)	总磷 (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	氨氮 (mg/L)	SS (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	总α (Bq/L)
1	生活区	4.21	0.19	0.76	0.31	10	4.92	<0.06*
续表 6 地下水水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	总β (Bq/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Fe (μg/L)	K (mg/L)
1	生活区	<0.07*	<1*	74.0	<1*	<1*	<5.0*	1.20

编号：2024HYAFX-01104

续表 6 地下水水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	Na (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	总硬度 (mg/L)	溶解性 总固体 (g/L)	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)
1	生活区	19.7	21.7	35.3	66.9	0.99	未检出	0.25
备注：*--检测结果为各核素的探测下限或元素的检出限。								

表 7 流出物水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	U (μg/L)	Th (μg/L)	²²⁶ Ra (Bq/L)	²¹⁰ Pb (mBq/L)	²¹⁰ Po (mBq/L)	pH (无量纲)	Cr ⁶⁺ (mg/L)
1	矿坑水处理设施 排放口处废水	4.13	<1.0*	0.37	<10*	<1*	8.12	<0.004*
续表 7 流出物水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	Cd (μg/L)	Pb (μg/L)	As (μg/L)	Hg (μg/L)	Mn (μg/L)	Zn (mg/L)	Cu (μg/L)
1	矿坑水处理设施 排放口处废水	0.84	<5.0*	<2.0*	<0.05*	44.3	1.38	<5.0*
备注：*--检测结果为各核素的探测下限或元素的检出限。								

表 8 噪声（等效 A 声级）检测结果			
序号	样品编号	检测结果（dB(A)）	
		昼间	夜间
1	生活区（敏感点）	50	43
2	矿区边界东侧	42	37
3	矿区边界南侧	43	36
4	矿区边界西侧	45	36
5	矿区边界北侧	43	37

编号：2024HYAFX-01104

表 9 土壤样品中放射性核素或元素检测结果				
序号	样品编号	U 天然 (mg/kg)	²²⁶ Ra (Bq/kg)	As (mg/kg)
1	阿念巴塞（周围农田）-1	2.30	61.2	12.6
2	降扎温泉周边	14.3	247	16.3
续表 9 土壤样品中放射性核素或元素检测结果				
序号	样品编号	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
1	阿念巴塞（周围农田）-1	0.04	0.38	20.5
2	降扎温泉周边	1.56	0.47	19.7
续表 9 土壤样品中放射性核素或元素检测结果				
序号	样品编号	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)
1	阿念巴塞（周围农田）-1	30.9	23.4	58.8
2	降扎温泉周边	61.9	56.4	68.7
续表 9 土壤样品中放射性核素或元素检测结果				
序号	样品编号	Zn (mg/kg)	pH (无量纲)	Cr ⁶⁺ (mg/kg)
1	阿念巴塞（周围农田）-1	108	8.03	1.37
2	降扎温泉周边	299	8.42	2.29
备注：*--检测结果为各核素的探测下限或元素的检出限。 降扎温泉（敏感点）采样点位设置于降扎温泉外围。				

编号：2024HYFFX-01104

表 10 气载流出物中氡浓度及氡子体检测结果				
序号	样品编号	氡浓度 (Bq/m³)	氡子体 (μJ/m³)	天气状况
1	矿坑水收集区	19.9	0.074	晴
2	矿坑水吸附区	18.7	0.069	晴
备注：无。				

——以下无正文——



检测报告

编号：2025HYAFX-04990

委托单位：西安中核蓝天铀业有限公司
项目名称：龙江铀矿环境质量监督
样品名称：水样、土壤、气溶胶和生物
检测类别：委托检测

签发 李东
审核 孙岩波
编制 王杰



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：2015 年 7 月 10 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

联系人：刘志超 李梁

电话：（010）51674319、51674270

2025HYYFX-04990

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

项目名称	龙江铀矿环境质量管理		
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司		
样品名称及数量	8 个水样，其中 6 个地下水，2 个地表水	样品描述	无色液体
取样日期	2025.04.20~2025.04.22	检测日期	2025.05.18~2025.07.01
检测结果汇总			
检测项目	检测方法	仪器型号	仪器编号
水样中 ^{226}Ra	GB 11214-1989	FD125	YQ-HJ-0134
水样中 ^{210}Po	HJ 813 - 2016	Alpha-ENSEMBLE	YQ-HJ-0129
水样中 ^{210}Pb	EJ/T 859 - 1994	LB6008	YQ-HJ-0135
水样中总 α	HJ 898-2017	LB6008	YQ-HJ-0135
水样中总 β	HJ 899-2017	LB6008	YQ-HJ-0135
水样中 U	HJ 700-2014	NEXION 350X	YQ-SP-0115

表 1 地表水中放射性核素及元素测量结果

序号	点位名称	样品编号	^{226}Ra (mBq/L)	^{210}Pb (mBq/L)	^{210}Po (mBq/L)	U ($\mu\text{g/L}$)
1	牛棚沟与羊肠沟交汇口下游 1000m 断面	WL20254990-02	40.8	< 10*	1.72	102
2	羊肠沟排放口上游 500m 处	WL20254990-03	24.1	< 10*	2.66	22.8
备注：*-检测结果为放射性核素探测下限。						

2025HYFYX-04990

表 2 地下水中放射性核素及元素测量结果					
序号	点位名称	样品编号	²²⁶ Ra (mBq/L)	²¹⁰ Pb (mBq/L)	²¹⁰ Po (mBq/L)
1	集中覆盖治理区下游 50m (J05-2)	WL20254990-04	16.0	< 10*	4.06
2	变电所上游 50m 监测井内(钻 孔水样 J01)	WL20254990-05	35.3	< 10*	2.24
3	废石场下游 50m 监测井内(钻 孔水样 J02)	WL20254990-06	64.1	< 10*	7.81
4	老尾渣库下游 100m 监测井内 (钻孔水样 J03)	WL20254990-07	57.7	< 10*	2.83
5	集中覆盖治理区上游 50m 监 测井内 (钻孔水样 J04)	WL20254990-08	79.0	< 10*	22.6
序号	点位名称	样品编号	U (μg/L)	总 α (Bq/L)	总 β (Bq/L)
1	集中覆盖治理区下游 50m (J05-2)	WL20254990-04	139	1.05	0.889
2	变电所上游 50m 监测井内(钻 孔水样 J01)	WL20254990-05	146	1.94	0.239
3	废石场下游 50m 监测井内(钻 孔水样 J02)	WL20254990-06	165	2.16	0.624
4	老尾渣库下游 100m 监测井内 (钻孔水样 J03)	WL20254990-07	23.9	0.455	0.237
5	集中覆盖治理区上游 50m 监 测井内 (钻孔水样 J04)	WL20254990-08	131	2.66	1.34
备注：无。					

2025HYYFX-04990

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

项目名称	龙江铀矿环境质量安全监测		
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司		
样品名称及数量	5 个土壤	样品描述	降扎土壤为褐色土壤 废石场土壤为黑色
取样日期	2025.04.20~2025.04.22	检测日期	2025.05.08~2025.06.18
检测结果汇总			
检测项目	检测方法	仪器型号	仪器编号
土壤中 ²²⁶ Ra	GB/T 16145-2022	GMX50P4	YQ-HJ-0133
土壤中 U	GB/T 14506.30-2010	NEXION 350X	YQ-SP-0115

表 3 土壤中放射性核素及元素测量结果

序号	点位名称	样品编号	U _{天然} (mg/kg)	²²⁶ Ra (Bq/kg)
1	降扎温泉	WS20254990-01	2.72	32.3
2	对照点：降扎乡	WS20254990-02	2.49	27.8
3	废石场底部土壤 20cm	WS20254990-03	253	1.40×10 ³
4	废石场底部土壤 40cm	WS20254990-04	196	1.30×10 ³
5	废石场底部土壤 60cm	WS20254990-05	192	1.23×10 ³
备注：降扎温泉（敏感点）采样点位设置于降扎温泉外围。				

2025HYYFX-04990

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

项目名称	龙江铀矿环境质量监测		
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司		
样品名称及数量	3 个气溶胶	样品描述	玻璃纤维滤膜
取样日期	2025.04.20~2025.04.25	检测日期	2025.05.27~2025.06.07
检测结果汇总			
检测项目	检测方法	仪器型号	仪器编号
气溶胶中 ²²⁶ Ra	GB/T 16145-2022	GMX50P4	YQ-HJ-0133
气溶胶中总 α	HJ 898-2017	LB6008	YQ-HJ-0135

表 4 气溶胶中放射性核素及元素测量结果

序号	点位名称	样品编号	U (ng/m ³)	总 α (mBq/m ³)
1	敏感点：阿念巴寨	WG20254990-01	1.09	1.02
2	敏感点：生活区	WG20254990-02	0.42	0.532
3	对照点：降扎乡	WG20254990-03	<0.3*	0.534
备注：*-检测结果为放射性元素探测下限。				

2025HYYFX-04990

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

项目名称	龙江铀矿环境质量安全监测		
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司		
样品名称及数量	4 个生物	样品描述	动物和植物
取样日期	2025.04.20~2025.04.25	检测日期	2025.05.27~2025.06.10
检测结果汇总			
检测项目	检测方法	仪器型号	仪器编号
生物中 ²¹⁰ Po	HJ 813 - 2016	Alpha-ENSEMBLE	YQ-HJ-0129
生物中 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb	GB/T 16145-2022	GMX50P4	YQ-HJ-0133
生物中总 U	GB/T 14506.30-2010	NEXION 350X	YQ-SP-0115



表 5 生物中放射性核素及元素测量结果

序号	点位名称	样品编号	U (μg/kg 鲜)	²²⁶ Ra (Bq/kg 鲜)	²¹⁰ Pb (Bq/kg 鲜)	²¹⁰ Po (Bq/kg 鲜)
1	阿念巴寨植物	WS20254990-06	6.0	<0.26*	<0.63*	0.12
2	阿念巴寨动物	WS20254990-07	13.4	<0.26*	<0.63*	1.13
3	降扎乡植物	WS20254990-08	5.2	<0.26*	<0.63*	0.26
4	降扎乡动物	WS20254990-09	11.3	<0.26*	<0.63*	1.43
备注：*检测结果为放射性元素探测下限。						

—— 以下无正文 ——



检测报告

TEST REPORT

No AEE250501843

项目名称： 龙江铀矿退役治理工程

委托单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期： 2025 年 05 月 23 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA279217260

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

No AEE250501843 共 2 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿`退役治理工程		
样品名称	矿坑水		
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	水
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 桶 2.5L
委托方地址	/	样品状态	微黄 浑浊 液体, 适检
联系人	孙浩波	联系方式	/
到样日期	2025 年 05 月 13 日	分析日期	2025 年 05 月 13 日~ 2025 年 05 月 23 日
分析人员	齐敏、田欣、陈义兰		
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元		
检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
pH	水质 pH 值的测定 电极法 HJ 1147-2020	/	pH 计 YQE-313 (有效期: 2026. 03. 23)
六价铬	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB/T 7467-1987	0. 004mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025. 10. 13)
总汞	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 HJ 694-2014	4×10 ⁻⁵ mg/L	原子荧光光度计 YQA-123 (有效期: 2025. 10. 10)
总砷		3×10 ⁻⁴ mg/L	
总锰	水质 铁、锰的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 11911-1989	0. 01mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期: 2026. 06. 29)
总镉	水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法（直接法） GB/T 7475-1987	0. 05mg/L	
总锌		0. 05mg/L	
总铜		0. 05mg/L	
总铅		0. 2mg/L	



检测报告

№ AEE250501843 共 2 页 第 2 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250501843	1	pH	/	7.8 (25.1℃)
	2	六价铬	mg/L	0.004ND
	3	总镉	mg/L	0.05ND
	4	总汞	mg/L	2.73×10 ⁻³
	5	总砷	mg/L	5.1×10 ⁻³
	6	总锰	mg/L	0.01ND
	7	总锌	mg/L	0.05ND
	8	总铜	mg/L	0.05ND
	9	总铅	mg/L	0.2ND
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 检出限加“ND”表示未检出或低于检出限。			

编制 袁盼雨

审核 郝雪妮

签发日期: 2025 年 05 月 23 日

检测技术服务有限公司 检验检测专用章 (1)



注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address): 陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼
Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New
Area, Shaanxi Province
服务热线 (Tel): 029-84346232
邮编 (Zip Code): 710086
E-mail: xaunqd@126.com
<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250501847

项目名称: 龙江铀矿退役治理工程

委托单位: 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位: 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期: 2025 年 05 月 23 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA235944295

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

No AEE250501847 共 3 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿`退役治理工程		
样品名称	地表水		
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	水
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 桶 2.5L
委托方地址	/	样品状态	浅黄 微浊 液体, 适检
联系人	孙浩波	联系方式	/
到样日期	2025 年 05 月 13 日	分析日期	2025 年 05 月 13 日~ 2025 年 05 月 23 日
分析人员	齐敏、田欣、陈义兰、任贝晨、王新旦、张苗苗、张素芬		
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元		
检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
pH	水质 pH 值的测定 电极法 HJ 1147-2020	/	pH 计 YQE-313 (有效期: 2026. 03. 23)
六价铬	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB/T 7467-1987	0.004mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025. 10. 13)
总汞	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 HJ 694-2014	4×10 ⁻⁵ mg/L	原子荧光光度计 YQA-123 (有效期: 2025. 10. 10)
总砷		3×10 ⁻⁴ mg/L	
总锰	水质 铁、锰的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 11911-1989	0.01mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期: 2026. 06. 29)
总镉	水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法（直接法） GB/T 7475-1987	0.05mg/L	
总锌		0.05mg/L	
总铜		0.05mg/L	
总铅		0.2mg/L	



检测报告

№ AEE250501847 共 3 页 第 2 页

检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
总磷	水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法 GB/T 11893-1989	0.01mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025.10.13)
氯化物	水质 无机阴离子 (F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、Br ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻) 的测定 离子色谱法 HJ 84-2016	0.007mg/L	离子色谱仪 YQE-211 (有效期: 2026.01.10)
化学需氧量 (COD _{Cr})	水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法 HJ 828-2017	4mg/L	50mL 滴定管 YQE-GH-382-1 (有效期: 2027.10.20)
氨氮	水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法 HJ 535-2009	0.025mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025.10.13)
五日生化需氧量	水质 五日生化需氧量 (BOD ₅) 的测定 稀释与接种法 HJ 505-2009	0.5mg/L	溶解氧测定仪 YQE-314 (有效期: 2026.03.31)
悬浮物	水质 悬浮物的测定 重量法 GB 11901-1989	4mg/L	电子天平 YQE-196 (有效期: 2025.09.29)

接下页





检测报告

№ AEE250501847

共 3 页 第 3 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250501847	1	pH	/	8.0 (24.9℃)
	2	六价铬	mg/L	0.005
	3	总镉	mg/L	0.05ND
	4	总汞	mg/L	4×10 ⁻⁵ ND
	5	总砷	mg/L	1.8×10 ⁻³
	6	总锰	mg/L	0.01ND
	7	总锌	mg/L	0.05ND
	8	总铜	mg/L	0.05ND
	9	总铅	mg/L	0.2ND
	10	总磷	mg/L	0.02
	11	氯化物	mg/L	5.04
	12	化学需氧量 (COD _{Cr})	mg/L	4
	13	氨氮	mg/L	0.094
	14	五日生化需氧量	mg/L	2.3
	15	悬浮物	mg/L	23
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 检出限加“ND”表示未检出或低于检出限； 3. 客户取样地点：排放口上游 500m 处。			

编制 袁盼雨

审核 郝雪妮



签发日期：2025 年 08 月 23 日



注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address): 陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼
Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New
Area, Shaanxi Province
服务热线 (Tel): 029-84346232
邮编 (Zip Code): 710086
E-mail: xaunqd@126.com
<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250707376

项目名称: 龙江铀矿退役治理工程

委托单位: 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位: 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期: 2025 年 08 月 06 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA689067981

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

No AEE250707376 共 1 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程					
样品名称	地表水					
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	地表水			
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 瓶 5L			
委托方地址	/	样品状态	微黄 浑浊 液体，适检			
联系人	孙浩波	联系方式	/			
到样日期	2025 年 07 月 28 日	分析日期	2025 年 07 月 28 日~ 2025 年 08 月 06 日			
分析人员	陈义兰					
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元					
评价标准	GB 3838-2002《地表水环境质量标准》表 1 中 III 类标准					
检测方法依据						
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息			
铅	水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法（螯合萃取法） GB/T 7475-1987	10 μg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期：2026.06.29)			
镉		1 μg/L				
检测结果						
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据	标准限值	单项评定
EE250707376	1	铅	mg/L	0.010ND	≤0.05	符合
	2	镉	mg/L	1×10 ⁻³ ND	≤0.005	符合
结 论	以上所检项目检测结果符合 GB 3838-2002《地表水环境质量标准》表 1 中 III 类标准要求。					
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 检出限加“ND”表示未检出或低于检出限； 3. 客户取样位置：羊肠沟：排放口上游 500m 处。					

编制 袁盼雨 审核 张文明 检测人 郭雪妮

签发日期：2025 年 08 月 06 日

检验检测专用章



注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address)：陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼

Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New Area, Shaanxi Province

服务热线 (Tel)：029-84346232

邮编 (Zip Code)：710086

E-mail: xaunqd@126.com

<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250707377

项目名称： 龙江铀矿退役治理工程

委托单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期： 2025 年 08 月 06 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA960475810

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

No AEE250707377 共 3 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程		
样品名称	地表水		
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	水
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 瓶 5L
委托方地址	/	样品状态	微黄 浑浊 液体, 适检
联系人	孙浩波	联系方式	/
到样日期	2025 年 07 月 28 日	分析日期	2025 年 07 月 28 日~ 2025 年 08 月 06 日
分析人员	齐敏、王新旦、王莹、陈义兰、任贝晨、张素芬、周础、景晶		
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元		
评价标准	GB 3838-2002《地表水环境质量标准》表 1 中Ⅲ类标准		
检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
pH	水质 pH 值的测定 电极法 HJ 1147-2020	/	pH 计 YQE-284 (有效期: 2026. 06. 23)
六价铬	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB/T 7467-1987	0. 004mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025. 10. 13)
总汞	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 HJ 694-2014	4×10 ⁻⁵ mg/L	原子荧光光度计 YQA-123 (有效期: 2025. 10. 10)
总砷		3×10 ⁻⁴ mg/L	
总锰	水质 铁、锰的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 11911-1989	0. 01mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期: 2026. 06. 29)
总锌	水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法（直接法） GB/T 7475-1987	0. 05mg/L	
总镉	水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法（螯合萃取法） GB/T 7475-1987	1 μ g/L	
总铜		1 μ g/L	
总铅		10 μ g/L	



检测报告

No AEE250707377

共 3 页 第 2 页

检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
总磷	水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法 GB/T 11893-1989	0.01mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025.10.13)
氯化物	水质 无机阴离子 (F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、Br ⁻ 、 NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻) 的测定 离子色谱法 HJ 84-2016	0.007mg/L	离子色谱仪 YQE-211 (有效期: 2026.01.10)
化学需氧量 (COD _{Cr})	水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法 HJ 828-2017	4mg/L	50mL 滴定管 YQE-GH-382-1 (有效期: 2027.10.20)
氨氮	水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法 HJ 535-2009	0.025mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025.10.13)
悬浮物	水质 悬浮物的测定 重量法 GB 11901-1989	4mg/L	电子天平 YQA-173 (有效期: 2025.10.13)

接下页





检测报告

№ AEE250707377 共 3 页 第 3 页

检测结果						
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据	标准限值	单项评定
EE250707377	1	pH	/	7.8 (24.9℃)	6~9	符合
	2	六价铬	mg/L	0.004ND	≤0.05	符合
	3	总镉	mg/L	1×10 ⁻³ ND	≤0.005	符合
	4	总汞	mg/L	4×10 ⁻⁵ ND	≤0.0001	符合
	5	总砷	mg/L	3×10 ⁻⁴ ND	≤0.05	符合
	6	总锰	mg/L	0.01ND	0.1	符合
	7	总锌	mg/L	0.05ND	≤1.0	符合
	8	总铜	mg/L	1×10 ⁻³ ND	≤1.0	符合
	9	总铅	mg/L	0.010ND	≤0.05	符合
	10	总磷	mg/L	0.01	≤0.05	符合
	11	氯化物	mg/L	0.543	250	符合
	12	化学需氧量 (COD _{Cr})	mg/L	4ND	≤20	符合
	13	氨氮	mg/L	0.709	≤1.0	符合
	14	悬浮物	mg/L	16	/	/
结 论	以上所检项目悬浮物不做评定，其余项目检测结果符合 GB 3838-2002《地表水环境质量标准》表 1 中Ⅲ类标准要求。					
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 检出限加“ND”表示未检出或低于检出限； 3. 客户取样地点：中长沟：集中覆盖治理设施（或露天坑尾渣库）上游 200m 处。					

编制 袁盼雨

审核 张之邦

批准 郭雪妮

签发日期：2025 年 06 月 06 日





注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address): 陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼

Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New Area, Shaanxi Province

服务热线 (Tel): 029-84346232

邮编 (Zip Code): 710086

E-mail: xaunqd@126.com

<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250707378

项目名称： 龙江铀矿退役治理工程

委托单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期： 2025 年 08 月 06 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA832753895

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



国联质检
 GUOLIAN ZHI JIAN

检测报告

№ AEE250707378

共 3 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程		
样品名称	地表水		
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	水
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 瓶 5L
委托方地址	/	样品状态	微黄 浑浊 液体, 适检
联系人	孙浩波	联系方式	/
到样日期	2025 年 07 月 28 日	分析日期	2025 年 07 月 28 日～ 2025 年 08 月 06 日
分析人员	齐敏、王新旦、王莹、陈义兰、任贝晨、张素芬、周础、景晶		
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元		
评价标准	GB 3838-2002《地表水环境质量标准》表 1 Ⅲ类标准		
检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
pH	水质 pH 值的测定 电极法 HJ 1147-2020	/	pH 计 YQE-284 (有效期: 2026.06.23)
六价铬	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB/T 7467-1987	0.004mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025.10.13)
总汞	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法	4×10 ⁻⁵ mg/L	原子荧光光度计 YQA-123
总砷	HJ 694-2014	3×10 ⁻⁵ mg/L	(有效期: 2025.10.10)
总锰	水质 铁、锰的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 11911-1989	0.01mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期: 2026.06.29)
总锌	水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法（直接法） GB/T 7475-1987	0.05mg/L	
总镉	水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法（螯合萃取法） GB/T 7475-1987	1 μg/L	
总铜		1 μg/L	
总铅		10 μg/L	

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.


 400-800-1252
 www.xaunqd.com



检测报告

№ AEE250707378 共 3 页 第 2 页

检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
总磷	水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法 GB/T 11893-1989	0.01mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025.10.13)
氯化物	水质 无机阴离子 (F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、Br ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻) 的测定 离子色谱法 HJ 84-2016	0.007mg/L	离子色谱仪 YQE-211 (有效期: 2026.01.10)
化学需氧量 (COD _{Cr})	水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法 HJ 828-2017	4mg/L	50mL 滴定管 YQE-GH-382-1 (有效期: 2027.10.20)
氨氮	水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法 HJ 535-2009	0.025mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025.10.13)
悬浮物	水质 悬浮物的测定 重量法 GB 11901-1989	4mg/L	电子天平 YQA-173 (有效期: 2025.10.13)

接下页





检测报告

№ AEE250707378 共 3 页 第 3 页

检测结果						
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据	标准限值	单项评定
EE250707378	1	pH	/	8.1 (25.1℃)	6~9	符合
	2	六价铬	mg/L	0.004ND	≤0.05	符合
	3	总镉	mg/L	1×10 ⁻³ ND	≤0.005	符合
	4	总汞	mg/L	4×10 ⁻⁵ ND	≤0.0001	符合
	5	总砷	mg/L	9×10 ⁻¹	≤0.05	符合
	6	总锰	mg/L	0.01ND	0.1	符合
	7	总锌	mg/L	0.05ND	≤1.0	符合
	8	总铜	mg/L	1×10 ⁻³ ND	≤1.0	符合
	9	总铅	mg/L	0.010ND	≤0.05	符合
	10	总磷	mg/L	0.01	≤0.05	符合
	11	氯化物	mg/L	0.664	250	符合
	12	化学需氧量 (COD _{Cr})	mg/L	4ND	≤20	符合
	13	氨氮	mg/L	0.047	≤1.0	符合
	14	悬浮物	mg/L	16	/	/
结 论	以上所检项目悬浮物不做评定，其余项目检测结果符合 GB 3838-2002《地表水环境质量标准》表 1 中Ⅲ类标准要求。					
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 检出限加“ND”表示未检出或低于检出限； 3. 客户取样地点：中长沟：集中覆盖治理设施下游 500m。					

编制 袁盼雨

审核 张之邦

批准 郭雪妮

签发日期：2025 年 06 月 06 日





注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address): 陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼
Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New
Area, Shaanxi Province
服务热线 (Tel): 029-84346232
邮编 (Zip Code): 710086
E-mail: xaunqd@126.com
<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250500715

项目名称： 龙江铀矿退役治理工程

委托单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期： 2025 年 05 月 20 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA745225719

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

№ AEE250500715 共 4 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程		
样品名称	钻孔水样 J03（地下水）		
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	地下水
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 桶 2.5L
委托方地址	/	样品状态	浅黄 浑浊 液体, 适检
联系人	孙浩波	联系方式	/
到样日期	2025 年 05 月 08 日	分析日期	2025 年 05 月 08 日~ 2025 年 05 月 20 日
分析人员	张苗苗、齐敏、王新旦、任贝晨、张素芬、陈义兰、田欣		
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元		
检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
pH	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（8. 1）	/	pH 计 YQE-284 （有效期：2025. 06. 29）
总硬度 （以 CaCO ₃ 计）	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（10. 1）	1. 0mg/L	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 （有效期：2026. 01. 16）
溶解性总固体	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（11. 1）	/	电子天平 YQE-196 （有效期：2025. 09. 29）
氨氮	生活饮用水标准检验方法 第 5 部分： 无机非金属指标 GB/T 5750. 5-2023（11. 1）	0. 02mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 （有效期：2025. 10. 13）
氟化物	水质 无机阴离子（F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、 NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻ ）的测定 离子色谱法 HJ 84-2016	0. 006mg/L	离子色谱仪 YQE-211 （有效期：2026. 01. 10）
氯化物		0. 007mg/L	
硫酸盐		0. 018mg/L	
亚硝酸盐 （以 N 计）		0. 016mg/L	
硝酸盐 （以 N 计）		0. 016mg/L	



检测报告

No AEE250500715

共 4 页 第 2 页

检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
汞	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 HJ 694-2014	$4\times 10^{-5}\text{mg/L}$	原子荧光光度计 YQA-123 (有效期: 2025. 10. 10)
砷		$3\times 10^{-4}\text{mg/L}$	
铬(六价)	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023(13. 1)	0. 004mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025. 10. 13)
铅	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (14. 3)	0. 00007mg/L	电感耦合等离子体质谱仪 YQA-055 (有效期: 2025. 10. 09)
镉	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (12. 4)	0. 00006mg/L	
铁	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (5. 4)	0. 0009mg/L	
锰	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (6. 6)	0. 00006mg/L	
锌	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (8. 4)	0. 0009mg/L	
Mg ²⁺	水质 钙和镁的测定 原子吸收分光光度法 GB 11905-1989	0. 002mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期: 2026. 06. 29)
Ca ²⁺		0. 02mg/L	
K ⁺	水质 钾和钠的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB 11904-1989	0. 05mg/L	
Na ⁺		0. 01mg/L	
CO ₃ ²⁻ (以 CaCO ₃ 计)	水和废水监测分析方法 (第四版增补版) 酸碱指示剂滴定法	/	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 (有效期: 2026. 01. 16)
HCO ₃ ⁻ (以 CaCO ₃ 计)		/	
高锰酸盐指数	水质 高锰酸盐指数的测定 GB/T 11892-1989	0. 5mg/L	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 (有效期: 2026. 01. 16)



检测报告

№ AEE250500715

共 4 页 第 3 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250500715	1	pH	/	7.7 (24.8℃)
	2	总硬度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	293
	3	溶解性总固体	mg/L	380
	4	氨氮	mg/L	0.150
	5	氟化物	mg/L	0.314
	6	氯化物	mg/L	5.05
	7	硫酸盐	mg/L	85.9
	8	亚硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	0.016ND
	9	硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	0.425
	10	汞	mg/L	1×10 ⁻⁴
	11	砷	mg/L	3×10 ⁻⁴ ND
	12	铬 (六价)	mg/L	0.004
	13	铅	mg/L	7×10 ⁻⁵ ND
	14	镉	mg/L	6×10 ⁻⁵ ND
	15	铁	mg/L	0.0969
	16	锰	mg/L	0.0857
	17	锌	mg/L	6.72×10 ⁻³
	18	Mg ²⁺	mg/L	31.4
	19	Ca ²⁺	mg/L	65.1
	20	K ⁺	mg/L	2.97
	21	Na ⁺	mg/L	6.69

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

 400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

No AEE250500715

共 4 页 第 4 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250500715	22	CO ₃ ²⁻ (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	0
	23	HCO ₃ ⁻ (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	261
	24	高锰酸盐指数	mg/L	4.6
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 检出限加“ND”表示未检出或低于检出限； 3. 客户取样地点：老尾渣库下游 100m 监测井内。			

编制 袁盼雨

审核 郝雪妮

批准 王超

签发日期：2025 年 06 月 20 日





注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address): 陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼
Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New
Area, Shaanxi Province
服务热线 (Tel): 029-84346232
邮编 (Zip Code): 710086
E-mail: xaunqd@126.com
<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250500716

项目名称： 龙江铀矿退役治理工程

委托单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期： 2025 年 05 月 20 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA147867026

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

№ AEE250500716 共 4 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程		
样品名称	钻孔水样 J02（地下水）		
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	地下水
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 桶 2.5L
委托方地址	/	样品状态	浅黄 浑浊 液体, 适检
联系人	孙浩波	联系方式	/
到样日期	2025 年 05 月 08 日	分析日期	2025 年 05 月 08 日~ 2025 年 05 月 20 日
分析人员	张苗苗、齐敏、王新旦、任贝晨、张素芬、陈义兰、田欣		
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元		
检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
pH	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（8. 1）	/	pH 计 YQE-284 （有效期：2025. 06. 29）
总硬度 （以 CaCO ₃ 计）	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（10. 1）	1. 0mg/L	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 （有效期：2026. 01. 16）
溶解性总固体	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（11. 1）	/	电子天平 YQE-196 （有效期：2025. 09. 29）
氨氮	生活饮用水标准检验方法 第 5 部分： 无机非金属指标 GB/T 5750. 5-2023（11. 1）	0. 02mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 （有效期：2025. 10. 13）
氟化物	水质 无机阴离子（F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、 NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻ ）的测定 离子色谱法 HJ 84-2016	0. 006mg/L	离子色谱仪 YQE-211 （有效期：2026. 01. 10）
氯化物		0. 007mg/L	
硫酸盐		0. 018mg/L	
亚硝酸盐 （以 N 计）		0. 016mg/L	
硝酸盐 （以 N 计）		0. 016mg/L	



检测报告

No AEE250500716

共 4 页 第 2 页

检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
汞	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 HJ 694-2014	$4\times10^{-5}\text{mg/L}$	原子荧光光度计 YQA-123 (有效期: 2025. 10. 10)
砷		$3\times10^{-4}\text{mg/L}$	
铬(六价)	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023(13. 1)	0. 004mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025. 10. 13)
铅	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (14. 3)	0. 00007mg/L	电感耦合等离子体质谱仪 YQA-055 (有效期: 2025. 10. 09)
镉	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (12. 4)	0. 00006mg/L	
铁	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (5. 4)	0. 0009mg/L	
锰	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (6. 6)	0. 00006mg/L	
锌	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (8. 4)	0. 0009mg/L	
Mg ²⁺	水质 钙和镁的测定 原子吸收分光光度法 GB 11905-1989	0. 002mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期: 2026. 06. 29)
Ca ²⁺		0. 02mg/L	
K ⁺	水质 钾和钠的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB 11904-1989	0. 05mg/L	
Na ⁺		0. 01mg/L	
CO ₃ ²⁻ (以 CaCO ₃ 计)	水和废水监测分析方法 (第四版增补版) 酸碱指示剂滴定法	/	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 (有效期: 2026. 01. 16)
HCO ₃ ⁻ (以 CaCO ₃ 计)		/	
高锰酸盐指数	水质 高锰酸盐指数的测定 GB/T 11892-1989	0. 5mg/L	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 (有效期: 2026. 01. 16)



检测报告

№ AEE250500716

共 4 页 第 3 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250500716	1	pH	/	7.5 (24.7℃)
	2	总硬度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	1.02×10 ³
	3	溶解性总固体	mg/L	1387
	4	氨氮	mg/L	0.125
	5	氟化物	mg/L	0.582
	6	氯化物	mg/L	6.08
	7	硫酸盐	mg/L	669
	8	亚硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	0.016ND
	9	硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	0.016ND
	10	汞	mg/L	4×10 ⁻⁵ ND
	11	砷	mg/L	3×10 ⁻⁶ ND
	12	铬 (六价)	mg/L	0.008
	13	铅	mg/L	1.86×10 ⁻⁴
	14	镉	mg/L	7.63×10 ⁻⁶
	15	铁	mg/L	0.0298
	16	锰	mg/L	4.23
	17	锌	mg/L	0.0243
	18	Mg ²⁺	mg/L	91.1
	19	Ca ²⁺	mg/L	259
	20	K ⁺	mg/L	1.25
	21	Na ⁺	mg/L	7.43

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

 400-800-1252
www.xaunqd.com



检测 报 告

№ AEE250500716

共 4 页 第 4 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250500716	22	CO ₃ ²⁻ （以 CaCO ₃ 计）	mg/L	0
	23	HCO ₃ ⁻ （以 CaCO ₃ 计）	mg/L	296
	24	高锰酸盐指数	mg/L	4.3
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 检出限加“ND”表示未检出或低于检出限； 3. 客户取样地点：废石场下游 50m 监测井内。			

编制袁盼雨

审核郝雪妮

批准

审核日期：2025 年 05 月 20 日





注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address): 陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼
Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New
Area, Shaanxi Province
服务热线 (Tel): 029-84346232
邮编 (Zip Code): 710086
E-mail: xaunqd@126.com
<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250500717

项目名称： 龙江铀矿退役治理工程

委托单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期： 2025 年 05 月 20 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA704018056

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

№ AEE250500717 共 4 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程		
样品名称	钻孔水样 J04（地下水）		
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	地下水
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 桶 2.5L
委托方地址	/	样品状态	浅黄 浑浊 液体, 适检
联系人	孙浩波	联系方式	/
到样日期	2025 年 05 月 08 日	分析日期	2025 年 05 月 08 日~ 2025 年 05 月 20 日
分析人员	张苗苗、齐敏、王新旦、任贝晨、张素芬、陈义兰、田欣		
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元		
检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
pH	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（8. 1）	/	pH 计 YQE-284 （有效期：2025. 06. 29）
总硬度 （以 CaCO ₃ 计）	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（10. 1）	1. 0mg/L	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 （有效期：2026. 01. 16）
溶解性总固体	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（11. 1）	/	电子天平 YQE-196 （有效期：2025. 09. 29）
氨氮	生活饮用水标准检验方法 第 5 部分： 无机非金属指标 GB/T 5750. 5-2023（11. 1）	0. 02mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 （有效期：2025. 10. 13）
氟化物	水质 无机阴离子（F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、 NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻ ）的测定 离子色谱法 HJ 84-2016	0. 006mg/L	离子色谱仪 YQE-211 （有效期：2026. 01. 10）
氯化物		0. 007mg/L	
硫酸盐		0. 018mg/L	
亚硝酸盐 （以 N 计）		0. 016mg/L	
硝酸盐 （以 N 计）		0. 016mg/L	



检测报告

№ AEE250500717 共 4 页 第 2 页

检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
汞	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 HJ 694-2014	$4\times 10^{-5}\text{mg/L}$	原子荧光光度计 YQA-123 (有效期: 2025. 10. 10)
砷		$3\times 10^{-4}\text{mg/L}$	
铬(六价)	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023(13. 1)	0. 004mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025. 10. 13)
铅	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (14. 3)	0. 00007mg/L	电感耦合等离子体质谱仪 YQA-055 (有效期: 2025. 10. 09)
镉	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (12. 4)	0. 00006mg/L	
铁	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (5. 4)	0. 0009mg/L	
锰	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (6. 6)	0. 00006mg/L	
锌	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (8. 4)	0. 0009mg/L	
Mg ²⁺	水质 钙和镁的测定 原子吸收分光光度法 GB 11905-1989	0. 002mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期: 2026. 06. 29)
Ca ²⁺		0. 02mg/L	
K ⁺	水质 钾和钠的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB 11904-1989	0. 05mg/L	
Na ⁺		0. 01mg/L	
CO ₃ ²⁻ (以 CaCO ₃ 计)	水和废水监测分析方法 (第四版增补版) 酸碱指示剂滴定法	/	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 (有效期: 2026. 01. 16)
HCO ₃ ⁻ (以 CaCO ₃ 计)		/	
高锰酸盐指数	水质 高锰酸盐指数的测定 GB/T 11892-1989	0. 5mg/L	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 (有效期: 2026. 01. 16)



检测报告

№ AEE250500717

共 4 页 第 3 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250500717	1	pH	/	7.3 (24.9℃)
	2	总硬度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	205
	3	溶解性总固体	mg/L	372
	4	氨氮	mg/L	1.114
	5	氟化物	mg/L	0.562
	6	氯化物	mg/L	11.8
	7	硫酸盐	mg/L	106
	8	亚硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	0.016ND
	9	硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	0.425
	10	汞	mg/L	1×10^{-4}
	11	砷	mg/L	3×10^{-4} ND
	12	铬 (六价)	mg/L	0.007
	13	铅	mg/L	5.30×10^{-4}
	14	镉	mg/L	5.22×10^{-4}
	15	铁	mg/L	0.227
	16	锰	mg/L	1.17
	17	锌	mg/L	0.0429
	18	Mg ²⁺	mg/L	14.7
	19	Ca ²⁺	mg/L	56.9
	20	K ⁺	mg/L	7.05
	21	Na ⁺	mg/L	12.8

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

 400-800-1252
www.xaunqd.com



检测 报 告

№ AEE250500717

共 4 页 第 4 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250500717	22	CO ₃ ²⁻ （以 CaCO ₃ 计）	mg/L	0
	23	HCO ₃ ⁻ （以 CaCO ₃ 计）	mg/L	141
	24	高锰酸盐指数	mg/L	5.1
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 检出限加“ND”表示未检出或低于检出限； 3. 客户取样地点：集中覆盖治理区上游 50m 监测井内。			

编制 袁盼雨

审核 郝雪妮

批准 袁盼雨

签发日期：2025 年 05 月 20 日





注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address): 陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼
Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New
Area, Shaanxi Province
服务热线 (Tel): 029-84346232
邮编 (Zip Code): 710086
E-mail: xaunqd@126.com
<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



212700349436



国联质检
GUOLIAN ZHI JIAN



检测报告

TEST REPORT

No AEE250500718

项目名称： 龙江铀矿退役治理工程

委托单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期： 2025 年 05 月 20 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA575654290

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

 400-800-1252
 www.xaunqd.com



检测报告

No AEE250500718 共 4 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程		
样品名称	钻孔水样 J05（地下水）		
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	地下水
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 桶 2.5L
委托方地址	/	样品状态	浅黄 浑浊 液体, 适检
联系人	孙浩波	联系方式	/
到样日期	2025 年 05 月 08 日	分析日期	2025 年 05 月 08 日~ 2025 年 05 月 20 日
分析人员	张苗苗、齐敏、王新旦、任贝晨、张素芬、陈义兰、田欣		
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元		
检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
pH	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（8. 1）	/	pH 计 YQE-284 （有效期：2025. 06. 29）
总硬度 （以 CaCO ₃ 计）	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（10. 1）	1. 0mg/L	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 （有效期：2026. 01. 16）
溶解性总固体	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（11. 1）	/	电子天平 YQE-196 （有效期：2025. 09. 29）
氨氮	生活饮用水标准检验方法 第 5 部分： 无机非金属指标 GB/T 5750. 5-2023（11. 1）	0. 02mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 （有效期：2025. 10. 13）
氟化物	水质 无机阴离子（F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、 NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻ ）的测定 离子色谱法 HJ 84-2016	0. 006mg/L	离子色谱仪 YQE-211 （有效期：2026. 01. 10）
氯化物		0. 007mg/L	
硫酸盐		0. 018mg/L	
亚硝酸盐 （以 N 计）		0. 016mg/L	
硝酸盐 （以 N 计）		0. 016mg/L	



检测报告

No AEE250500718 共 4 页 第 2 页

检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
汞	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 HJ 694-2014	$4\times 10^{-5}\text{mg/L}$	原子荧光光度计 YQA-123 (有效期: 2025. 10. 10)
砷		$3\times 10^{-4}\text{mg/L}$	
铬(六价)	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023(13. 1)	0. 004mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025. 10. 13)
铅	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (14. 3)	0. 00007mg/L	电感耦合等离子体质谱仪 YQA-055 (有效期: 2025. 10. 09)
镉	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (12. 4)	0. 00006mg/L	
铁	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (5. 4)	0. 0009mg/L	
锰	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (6. 6)	0. 00006mg/L	
锌	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (8. 4)	0. 0009mg/L	
Mg ²⁺	水质 钙和镁的测定 原子吸收分光光度法 GB 11905-1989	0. 002mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期: 2026. 06. 29)
Ca ²⁺		0. 02mg/L	
K ⁺	水质 钾和钠的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB 11904-1989	0. 05mg/L	
Na ⁺		0. 01mg/L	
CO ₃ ²⁻ (以 CaCO ₃ 计)	水和废水监测分析方法 (第四版增补版) 酸碱指示剂滴定法	/	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 (有效期: 2026. 01. 16)
HCO ₃ ⁻ (以 CaCO ₃ 计)		/	
高锰酸盐指数	水质 高锰酸盐指数的测定 GB/T 11892-1989	0. 5mg/L	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 (有效期: 2026. 01. 16)



检测报告

№ AEE250500718

共 4 页 第 3 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250500718	1	pH	/	8.2 (25.0℃)
	2	总硬度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	402
	3	溶解性总固体	mg/L	876
	4	氨氮	mg/L	0.578
	5	氟化物	mg/L	0.876
	6	氯化物	mg/L	7.12
	7	硫酸盐	mg/L	433
	8	亚硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	0.016ND
	9	硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	0.497
	10	汞	mg/L	4×10 ⁻⁵ ND
	11	砷	mg/L	3×10 ⁻⁶ ND
	12	铬 (六价)	mg/L	0.015
	13	铅	mg/L	7×10 ⁻⁵ ND
	14	镉	mg/L	5.57×10 ⁻⁶
	15	铁	mg/L	0.0306
	16	锰	mg/L	0.936
	17	锌	mg/L	6.47×10 ⁻³
	18	Mg ²⁺	mg/L	43.5
	19	Ca ²⁺	mg/L	82.6
	20	K ⁺	mg/L	8.37
	21	Na ⁺	mg/L	83.9

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co., Ltd.

 400-800-1252
www.xaunqd.com



检测 报 告

№ AEE250500718

共 4 页 第 4 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250500718	22	CO ₃ ²⁻ （以 CaCO ₃ 计）	mg/L	0
	23	HCO ₃ ⁻ （以 CaCO ₃ 计）	mg/L	251
	24	高锰酸盐指数	mg/L	4.4
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 检出限加“ND”表示未检出或低于检出限； 3. 客户取样地点：集中覆盖治理区下游 50m 监测井内。			

编制袁盼雨

审核郝雪妮

批准

审核日期：2025 年 05 月 20 日

检验检测专用章

(1)



注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address): 陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼

Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New Area, Shaanxi Province

服务热线 (Tel): 029-84346232

邮编 (Zip Code): 710086

E-mail: xaunqd@126.com

<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250500719

项目名称： 龙江铀矿退役治理工程

委托单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期： 2025 年 05 月 20 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA550416153

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

No AEE250500719 共 4 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程		
样品名称	钻孔水样 J01（地下水）		
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	地下水
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 桶 2.5L
委托方地址	/	样品状态	浅黄 浑浊 液体, 适检
联系人	孙浩波	联系方式	/
到样日期	2025 年 05 月 08 日	分析日期	2025 年 05 月 08 日~ 2025 年 05 月 20 日
分析人员	张苗苗、齐敏、王新旦、任贝晨、张素芬、陈义兰、田欣		
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元		
检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
pH	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（8. 1）	/	pH 计 YQE-284 （有效期：2025. 06. 29）
总硬度 （以 CaCO ₃ 计）	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（10. 1）	1. 0mg/L	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 （有效期：2026. 01. 16）
溶解性总固体	生活饮用水标准检验方法 第 4 部分： 感官性状和物理指标 GB/T 5750. 4-2023（11. 1）	/	电子天平 YQE-196 （有效期：2025. 09. 29）
氨氮	生活饮用水标准检验方法 第 5 部分： 无机非金属指标 GB/T 5750. 5-2023（11. 1）	0. 02mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 （有效期：2025. 10. 13）
氟化物	水质 无机阴离子（F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、 NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻ ）的测定 离子色谱法 HJ 84-2016	0. 006mg/L	离子色谱仪 YQE-211 （有效期：2026. 01. 10）
氯化物		0. 007mg/L	
硫酸盐		0. 018mg/L	
亚硝酸盐 （以 N 计）		0. 016mg/L	
硝酸盐 （以 N 计）		0. 016mg/L	



检测报告

№ AEE250500719 共 4 页 第 2 页

检测方法依据			
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息
汞	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 HJ 694-2014	$4\times 10^{-5}\text{mg/L}$	原子荧光光度计 YQA-123 (有效期: 2025. 10. 10)
砷		$3\times 10^{-4}\text{mg/L}$	
铬(六价)	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023(13. 1)	0. 004mg/L	紫外可见分光光度计 YQE-168 (有效期: 2025. 10. 13)
铅	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (14. 3)	0. 00007mg/L	电感耦合等离子体质谱仪 YQA-055 (有效期: 2025. 10. 09)
镉	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (12. 4)	0. 00006mg/L	
铁	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (5. 4)	0. 0009mg/L	
锰	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (6. 6)	0. 00006mg/L	
锌	生活饮用水标准检验方法 第6部分: 金属和类金属指标 GB/T 5750. 6-2023 (8. 4)	0. 0009mg/L	
Mg ²⁺	水质 钙和镁的测定 原子吸收分光光度法 GB 11905-1989	0. 002mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期: 2026. 06. 29)
Ca ²⁺		0. 02mg/L	
K ⁺	水质 钾和钠的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB 11904-1989	0. 05mg/L	
Na ⁺		0. 01mg/L	
CO ₃ ²⁻ (以 CaCO ₃ 计)	水和废水监测分析方法 (第四版增补版) 酸碱指示剂滴定法	/	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 (有效期: 2026. 01. 16)
HCO ₃ ⁻ (以 CaCO ₃ 计)		/	
高锰酸盐指数	水质 高锰酸盐指数的测定 GB/T 11892-1989	0. 5mg/L	25mL 滴定管 YQE-GH-100-2 (有效期: 2026. 01. 16)



检测报告

№ AEE250500719

共 4 页 第 3 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250500719	1	pH	/	7.4 (24.7℃)
	2	总硬度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	645
	3	溶解性总固体	mg/L	886
	4	氨氮	mg/L	0.188
	5	氟化物	mg/L	0.668
	6	氯化物	mg/L	5.16
	7	硫酸盐	mg/L	340
	8	亚硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	0.0730
	9	硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	0.806
	10	汞	mg/L	4×10 ⁻⁵ ND
	11	砷	mg/L	3×10 ⁻⁶ ND
	12	铬 (六价)	mg/L	0.009
	13	铅	mg/L	7×10 ⁻⁵ ND
	14	镉	mg/L	2.92×10 ⁻³
	15	铁	mg/L	2.00×10 ⁻³
	16	锰	mg/L	0.127
	17	锌	mg/L	0.0439
	18	Mg ²⁺	mg/L	26.1
	19	Ca ²⁺	mg/L	211
	20	K ⁺	mg/L	1.14
	21	Na ⁺	mg/L	3.97

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

 400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

No AEE250500719 共 4 页 第 4 页

检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250500719	22	CO ₃ ²⁻ (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	0
	23	HCO ₃ ⁻ (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	274
	24	高锰酸盐指数	mg/L	4.5
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 检出限加“ND”表示未检出或低于检出限； 3. 客户取样地点：变电所上游 50m 监测井内。			

编制 袁盼雨 审核 郝雪妮 批准 李俊 日期: 2025 年 05 月 20 日





注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address): 陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼
Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New
Area, Shaanxi Province
服务热线 (Tel): 029-84346232
邮编 (Zip Code): 710086
E-mail: xaunqd@126.com
<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250707379

项目名称: 龙江铀矿退役治理工程

委托单位: 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位: 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期: 2025 年 08 月 08 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA493773345

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

No AEE250707379 共 1 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程			
样品名称	地下水			
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	地下水	
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 瓶 5L	
委托方地址	/	样品状态	微黄 浑浊 液体，适检	
联系人	孙浩波	联系方式	/	
到样日期	2025 年 07 月 28 日	分析日期	2025 年 07 月 28 日～ 2025 年 08 月 08 日	
分析人员	耿婉婷			
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元			
检测方法依据				
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息	
锰	生活饮用水标准检验方法 第 6 部分： 金属和类金属指标 火焰原子吸收分光 光度法 GB/T 5750.6-2023(6.1)	0.1mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期：2026.06.29)	
检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250707379	1	锰	mg/L	0.473
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 客户取样位置：变电所上游 50m。			

编制 袁盼雨 审核 张文彬 检测人 郝雪妮

签发日期：2025 年 08 月 08 日

检验检测专用章 (1)



注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address)：陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼

Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New Area, Shaanxi Province

服务热线 (Tel)：029-84346232

邮编 (Zip Code)：710086

E-mail: xaunqd@126.com

<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250707380

项目名称： 龙江铀矿退役治理工程

委托单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期： 2025 年 08 月 08 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA231398593

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

№ AEE250707380 共 1 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程			
样品名称	地下水			
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	地下水	
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 瓶 5L	
委托方地址	/	样品状态	微黄 浑浊 液体，适检	
联系人	孙浩波	联系方式	/	
到样日期	2025 年 07 月 28 日	分析日期	2025 年 07 月 28 日～ 2025 年 08 月 08 日	
分析人员	耿婉婷			
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元			
检测方法依据				
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息	
锰	生活饮用水标准检验方法 第 6 部分： 金属和类金属指标 火焰原子吸收分光 光度法 GB/T 5750.6-2023(6.1)	0.1mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期：2026.06.29)	
检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250707380	1	锰	mg/L	0.450
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 客户取样位置：废石场下游 50m。			

编制袁盼雨

审核张文彬

检测日期：2025 年 08 月 08 日

检测专用章



注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address)：陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼

Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New Area, Shaanxi Province

服务热线 (Tel)：029-84346232

邮编 (Zip Code)：710086

E-mail: xaunqd@126.com

<http://www.xaunqd.com>

客服微信号



Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

TEST REPORT

No AEE250707381

项目名称： 龙江铀矿退役治理工程

委托单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

被测单位： 西安中核蓝天铀业有限公司

报告日期： 2025 年 08 月 08 日

西安国联质量检测技术股份有限公司



FWA472433626

Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.

400-800-1252
www.xaunqd.com



检测报告

№ AEE250707381 共 1 页 第 1 页

项目名称	龙江铀矿退役治理工程			
样品名称	地下水			
检测类型	委托检测（送样）	项目类型	地下水	
委托单位	西安中核蓝天铀业有限公司	样品数量	1 瓶 5L	
委托方地址	/	样品状态	微黄 浑浊 液体，适检	
联系人	孙浩波	联系方式	/	
到样日期	2025 年 07 月 28 日	分析日期	2025 年 07 月 28 日～ 2025 年 08 月 08 日	
分析人员	耿婉婷			
实验地点	陕西省西咸新区沣东新城科源三路 137 号康鸿橙方科技园 1 号楼 C 单元			
检测方法依据				
检测项目	检测方法	检出限	仪器信息	
锰	生活饮用水标准检验方法 第 6 部分： 金属和类金属指标 火焰原子吸收分光 光度法 GB/T 5750.6-2023(6.1)	0.1mg/L	原子吸收分光光度计 YQA-223 (有效期：2026.06.29)	
检测结果				
样品编号	序号	检测项目	单位	检测数据
EE250707381	1	锰	mg/L	0.162
备 注	1. 委托方送样，检测结果仅对来样负责； 2. 客户取样位置：老尾渣库下游 100m。			

编制袁盼雨

审核张文彬

检测人郭雪妮

签发日期：2025 年 08 月 08 日

检验检测专用章 (1)



注 意 事 项

NOTICE

- 1、纸质报告无“检验检测专用章”、“骑缝章”无效。
The paper report is invalid with no Detection Seal and Paging Seal.
- 2、电子报告无“检验检测专用章”无效，加密校验错误无效。
The electronic report is invalid with no Detection Seal and with decryption failed.
- 3、未经本机构同意，不得复制报告（全部复制除外）。
The report shall not be reproduced without the consent of the Agency (except in full).
- 4、报告无授权签字人批准签字或其等效标识无效。
The report copy is invalid with no signature of approver or equivalent identification.
- 5、报告涂改无效。
The report copy is invalid if altered.
- 6、对报告若有异议，应于收到本报告之日十五日内向本单位提出，逾期不予受理。
Any objection for the report shall be informed to us within 15 days after received the report.
- 7、未经同意，不得擅自使用本报告进行不当宣传。
Without permission, it is forbidden by using this report for improper publicity.

联系地址 (Address): 陕西省西咸新区沣东新城协同创新港 8 号楼
Building No.8, Synergetic Innovation Hub, Fengdong New City of Xixian New
Area, Shaanxi Province
服务热线 (Tel): 029-84346232
邮编 (Zip Code): 710086
E-mail: xaunqd@126.com
<http://www.xaunqd.com>

客服微信号

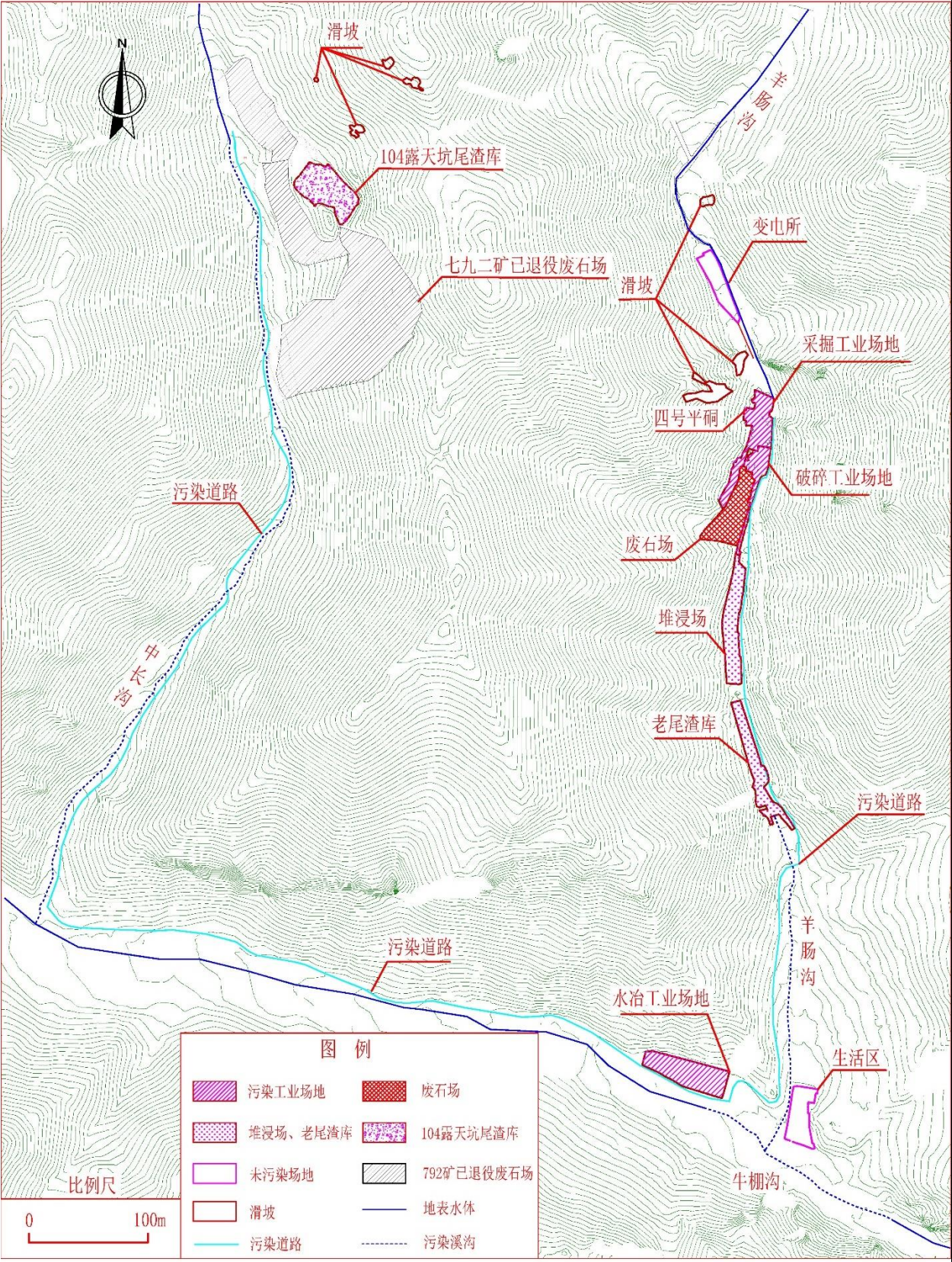


Xi'an Guo Lian Quality Detection Technology Co.,Ltd.



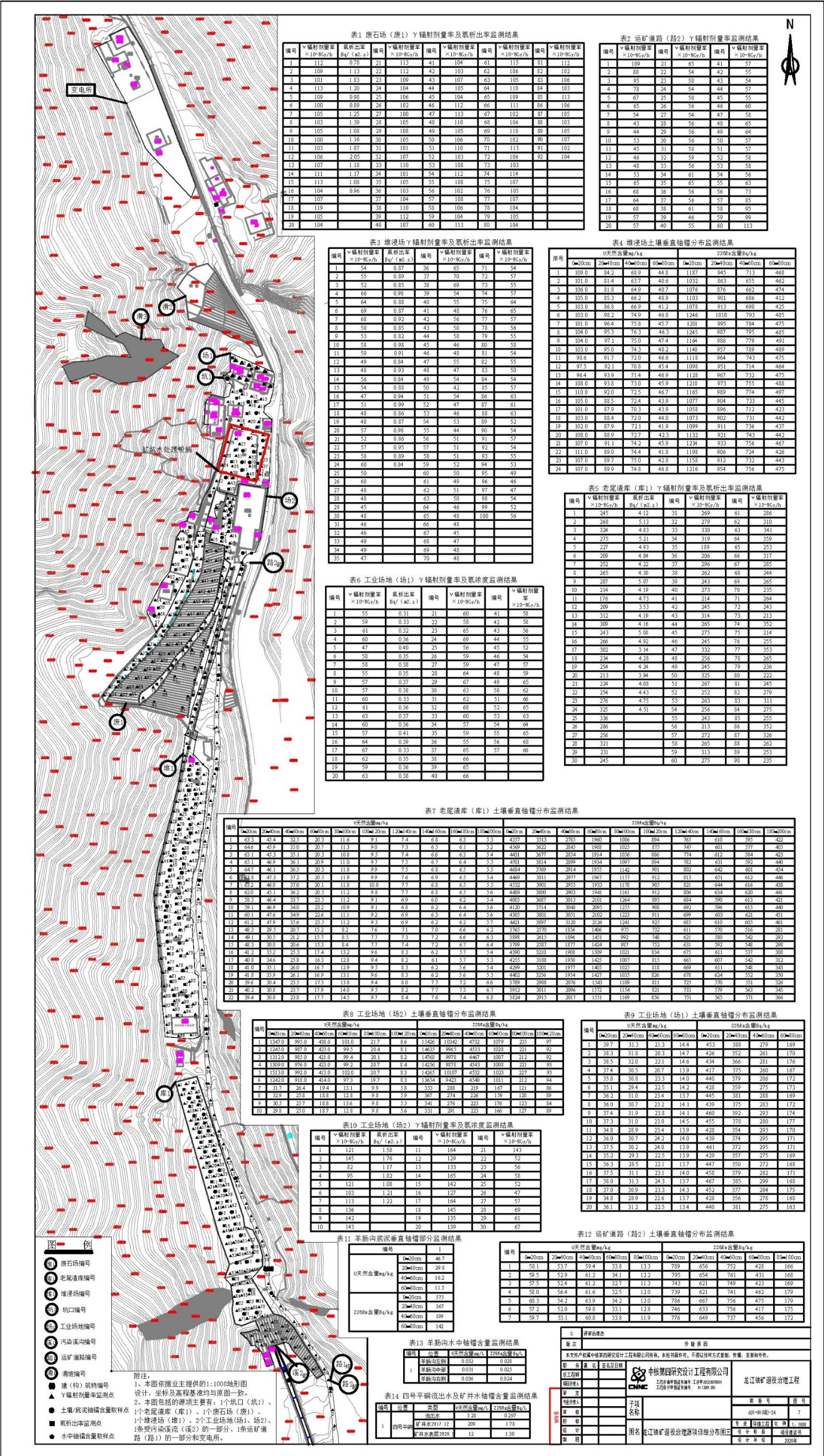
400-800-1252
www.xaunqd.com

附图 1：源项总体分布图



附图 1 本项目退役治理设施总体分布图

附图2 龙工铀矿退役治理原项羊分布图(羊肠沟部分)



附图 3：龙江铀矿退役治理源项详细分布图（中长沟部分）

