



密 级	——
版 次	A
本册编号	

中核沽源铀业有限责任公司
水冶综合技改项目

环境影响报告书

中核沽源铀业有限责任公司
二〇二三年三月

中核沽源铀业有限责任公司
水冶综合技改项目

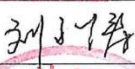
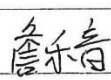
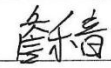
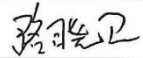
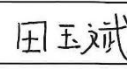
环境影响报告书

建设单位：中核沽源铀业有限责任公司
法人代表：隋杰
通讯地址：河北省沽源县 001 号信箱
邮政编码：076561



打印编号: 1679134264000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	1kd13h		
建设项目名称	中核沽源铀业有限责任公司水冶综合技改项目		
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）	中核沽源铀业有限责任公司		
统一社会信用代码	911307247995787671		
法定代表人（签章）	隋杰		
主要负责人（签字）	隋杰		
直接负责的主管人员（签字）	刘永涛		
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
詹乐音	06351313506130371	BH018350	
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
尹冉	第2、4、7、11章	BH059857	
詹乐音	第12章	BH018350	
陈帅瑶	第6、10章	BH018169	
曹凤波	第8章	BH018161	
路晓卫	第5章	BH018158	
田玉斌	第1、3、9、13章	BH018157	

前 言

中核沽源铀业有限责任公司(以下简称“沽源铀业”)成立于 2007 年,位于河北省张家口市沽源县西辛营乡,是中国铀业有限公司与天津华勘集团有限公司共同出资的合资公司,主要负责河北省沽源县张麻井铀钼矿床(又名 460 矿)的建设和运行管理,460 矿是我国北方唯一在运行的露天硬岩铀钼矿山。沽源铀业主要由采矿工区、水冶厂和生活区等组成,注册资本人民币 5000 万元,经营范围主要包括放射性金属矿(含伴生矿)的采选、铀化学制品、化工产品和建材的生产销售。截止 2022 年底,公司职工共 260 人,其中正高、副高 8 人、中级职称 41 人、初级职称 35 人、技能人员 205 人、受教育程度硕士 7 人、大学本科 79 人、大专 84 人。

沽源铀业铀钼综合回收项目于 2009 年建成投产,经过多年的生产实践和技术攻关,制约水冶连续稳定运行的技术难题已逐步得到解决,但受各种因素的影响,对现有水冶生产线的技术改造不系统、不完善,本项目的建设可以将沽源铀业已取得的技术成果进行统筹规划和集成,在现有条件下完成对水冶生产线的整体提升改造,持续发挥已有资产综合效能,实现新老设备设施系统性统筹,同时也可实现对尾渣库常规浸出渣中铀、钼等资源的回收利用,从而实现老矿山更环保、更安全、更高效、更经济、更智能的生产目标。

基于以上背景,沽源铀业拟开展水冶综合技改项目。根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》及《建设项目环境保护管理条例》等有关法律法规中关于建设项目环境影响评价的相关要求,2023 年 3 月,沽源铀业委托中核第四研究设计工程有限公司开展本项目的环评工作。接受委托后,环境影响评价小组赴现场进行了实地踏勘,收集了项目工程资料和环境资料,委托有资质的部门开展了环境质量现状监测,并于 2023 年 3 月完成了本项目环境影响评价报告书的编制,现提交审查。

本报告书环境监测工作由核工业二四〇研究所负责。沽源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 概述	1
1.1 项目基本情况	1
1.2 主要建设内容	1
1.3 本项目与现有工程关系	1
1.4 编制依据	3
1.5 评价范围	5
1.6 评价因子	9
1.7 评价控制指标	11
1.8 主要环境保护目标	13
2 区域自然与社会环境	14
2.1 地理位置	14
2.2 地形地貌	14
2.3 地质与水文地质	15
2.4 气候与气象	17
2.5 地表水	20
2.6 土地和水体利用	22
2.7 生态和资源开发利用	22
2.8 产业政策、“三线一单”符合性分析	22
2.9 社会环境	27
2.10 居民生活习性与饮食结构	32
3 建设项目工程分析	33
3.1 现有工程概况	33
3.2 本项目工程概况	41
3.3 本项目主要建设内容	42
3.4 总平面布置	45
3.5 工艺流程	49
3.6 主要辅助设施	56

3.7 主要工艺设备	58
3.8 主要原辅料	60
3.9 运行期污染物产生及处理	61
3.10 废物最小化	71
3.11 “三本帐”	72
4 环境质量状况	73
4.1 监测目的	73
4.2 本底水平	73
4.3 监测方案	74
4.4 监测结果与分析	79
5 施工期环境影响	90
5.1 施工期环境影响因素	90
5.2 施工期非放射性环境影响分析与评价	92
6 运行期辐射环境影响与预测	98
6.1 排放源项	98
6.2 辐射评价参数	100
6.3 估算结果与分析	101
6.4 地下水环境影响分析	113
7 运行期非放射性环境影响分析	120
7.1 大气环境影响分析	120
7.2 水环境影响分析	122
7.3 固体废物环境影响分析	122
7.4 声环境影响分析	122
8 事故环境影响分析	125
8.1 事故的环境影响	125
8.2 环境风险评价	130
9 环境保护措施及其可行性论证	135
9.1 施工期环境保护措施及其可行性论证	135
9.2 运行期环境保护措施及其可行性论证	138

10 环境影响经济损益分析.....	144
10.1 环境影响经济损益分析.....	144
10.2 环境保护投资分析.....	145
11 环境管理与监测计划.....	147
11.1 环境管理.....	147
11.2 监测计划.....	148
11.3 采样及测量方法.....	151
11.4 监测机构及设备配置.....	153
11.5 监测质量保证.....	153
11.6 “三同时”验收一览表.....	154
12 退役治理与长期监护.....	156
12.1 退役治理.....	156
12.2 长期监护.....	161
13 结论与建议.....	166
13.1 结论.....	166
13.2 建议.....	172
附录一 气态途径辐射环境影响预测模式与参数.....	173

1 概述

1.1 项目基本情况

- 1) 项目名称：中核沽源铀业有限责任公司水冶综合技改项目；
- 2) 项目性质：改扩建；
- 3) 建设单位：中核沽源铀业有限责任公司；
- 4) 建设地点：河北省张家口市沽源县西辛营乡；
- 5) 生产规模：年处理铀钼矿石及常规浸出渣 45 万 t (干基)，其中铀钼矿石 28 万 t，常规浸出渣 17 万 t。生产“111”产品***t/a，钼酸铵产品为 4573.68t/a；
- 6) 服务年限：本项目服务年限为 9a，其中建设期 3a，生产期 6a；
- 7) 工作制度：水冶厂每年运行 330d，每天 3 班，每班 8h；
- 8) 项目投资：本项目建设总投资 45000 万元，其中环保投资约 8879.86 万元，占总投资的 19.7%。

1.2 主要建设内容

本项目建设内容主要包括主体工程、储运工程、公用辅助工程和环保工程等，具体见表 1.2-1。

表 1.2-1 本项目主要建设内容

序号	项目组成	建设内容
1	主体工程	新建磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房、过滤及产品制备厂房，改造现有浸出厂房和沉淀厂房。
2	储运工程	拆除现有产品库，将现有沉淀厂房改造为铀、钼产品库
3	公用辅助工程	改造现有生产调度楼，增设自动化和通信设备；对现有变电站增容；锅炉房新增 1 台燃气锅炉。
4	环保工程	新建工艺水处理及出渣厂房、矿坑水处理厂房、电石渣库、废气洗涤塔和厂房内通风设备。

1.3 本项目与现有工程关系

现有工程水冶厂生产设施包括粗碎厂房、中细碎厂房、筛分厂房、磨矿厂房、浸出厂房、萃取厂房、沉淀厂房和其他配套设施。同时，水冶厂外建设有露天采场、尾渣库和废石场。

本项目运行期间矿石来源为水冶厂内矿石堆场存储的矿石，不涉及矿

石的开采作业；同时，对尾渣库内堆存的部分常规浸出渣进行回采利用。本项目与沽源铀业现有设施的关系见表 1.3-1。

表 1.3-1 本项目与沽源铀业现有设施的关系

序号	子项	现有设施	与本项目的依托关系
1	粗碎厂房	粗碎厂房 1 座，厂房内配备有 2 台颚式破碎机，一用一备。	依托。
2	中细碎、筛分厂房	现有中细碎、筛分厂房各 1 座。用于粗碎矿石的中细碎和筛分。	不依托。本项目采用半自磨工艺替代中细碎和筛分工艺，因此中细碎厂房、筛分厂房的厂房和设备全部拆除。
3	磨矿厂房	现有磨矿厂房 1 座。用于破碎后矿石的湿法磨矿。	不依托。拆除现有磨矿厂房和设备，新建磨矿厂房，并更换磨矿设备。
4	现有浸出厂房	现有 1 座氧压浸出厂房。用于矿浆的酸性氧压浸出。	依托。现有浸出厂房和设备继续生产，同时新建 1 座浸出厂房，并新增相关设备。
5	萃取厂房	现有 1 座萃取厂房。用于浸出液中铀和钼的萃取与反萃取。	依托。
6	沉淀厂房	现有 1 座沉淀厂房，用于制备钼酸铵和“111”产品。	部分依托。新建过滤及产品制备厂房，替代现有沉淀厂房，现有沉淀厂房改造为铀和钼产品库。
7	产品库	现有产品库 1 座，用于贮存“111”产品和钼酸铵产品。	不依托。拆除现有产品库，将沉淀厂房改造为产品库。
8	废水处理车间	现有 1 座废水处理车间，铀萃余水、钼饱和洗水、铀沉母液、矿坑水等进入废水处理车间处理。	不依托。本项目新建工艺水处理和出渣厂房，并新建矿坑水处理厂房，现有废水处理车间不再使用。
9	钼酸沉母液处理设施	现有 1 座综合处理车间，用于处理钼酸沉母液。	依托。
10	生产调度楼	现有生产调度楼 1 座。	依托。将生产调度楼 2 楼进行改造，增设 DCS 系统和通信系统，对全厂工艺过程进行自动监视和自动控制。
11	锅炉房	锅炉房现有燃气锅炉 2 台。	本项目新增 1 台燃气锅炉。
12	硫酸库、液氨库	水冶厂现有硫酸库和氨水库各 1 座。	依托。
13	废石场	现有废石场 1 座，现存废石 1800 万 t。	不依托。本项目不涉及矿石开采，无废石产生。

序号	子项	现有设施	与本项目的依托关系
14	矿石堆场	堆存露天采场的铀钼矿石。	依托。
15	尾渣库	现有尾渣库总库容 630 万 m ³ ，目前已使用 167 万 m ³ ，剩余库容 463 万 m ³ 。	依托。
16	危险废物暂存库	现有危废暂存库 1 座，废机油的最大贮存量为 10t。	依托。
17	生活区	本项目现有生活区包括办公室、宿舍、车库和食堂等。	依托。

1.4 编制依据

1.4.1 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 29 日；
- 4) 《中华人民共和国大气污染防治法》2016 年 1 月 1 日；
- 5) 《中华人民共和国水污染防治法》2017 年 6 月 27 日；
- 6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》2020 年 9 月 1 日；
- 7) 《中华人民共和国噪声污染防治法》2022 年 6 月 5 日；
- 8) 《建设项目环境保护管理条例》2017 年 10 月 1 日；
- 9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》2021 年 1 月 1 日；
- 10) 《环境影响评价公众参与办法》2019 年 1 月 1 日；
- 11) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》以及《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》国家发改委令 49 号，2021 年 12 月 30 日；
- 12) 《河北省生态环境保护条例》2020 年 7 月 1 日；
- 13) 《河北省大气污染防治条例》2021 年 9 月 29 日；
- 14) 《河北省水污染防治条例》2018 年 9 月 1 日；
- 15) 《河北省固体废物污染环境防治条例》2022 年 12 月 1 日；
- 16) 《河北省深入实施大气污染综合治理十条措施》2021 年 3 月 5 日；
- 17) 《河北省扬尘污染防治办法》2020 年 4 月 1 日；
- 18) 《张家口市人民政府关于加快实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》张家口市生态环境局，2021 年 7 月 15 日；

19)《康保县等坝上六县国家重点生态功能区产业准入负面清单(试行)》(冀发改规划〔2017〕248号)。

1.4.2 标准规范

- 1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 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 声环境》(HJ 2.4-2021);
- 5)《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022);
- 6)《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018);
- 7)《环境影响评价技术导则 铀矿冶》(HJ1015.1-2019);
- 8)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);
- 9)《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020);
- 10)《铀矿冶辐射环境监测规定》(GB23726-2009);
- 11)《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- 12)《地下水质量标准》(GB/T14848-2017);
- 13)《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- 14)《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018);
- 15)《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018);
- 16)《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93);
- 17)《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);
- 18)《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);
- 19)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);
- 20)《食品中放射性物质限制浓度标准》(GB14882-94);
- 21)《施工场地扬尘排放标准》(DB13/2934-2019);
- 22)《锅炉大气污染物排放标准》(DB13/5161-2020)。

1.4.3 相关文件

- 1)《中核沽源铀业有限责任公司水冶综合技改项目建议书》(中核第四研究设计工程有限公司, 2023年2月);

2)《关于“中核沽源铀业有限责任公司水冶综合技改项目环境影响报告书执行标准”的复函》(河北省生态环境厅, 2023 年 3 月 23 日);

3) 环境质量监测报告;

4) 环评委托书。

1.5 评价范围

1.5.1 辐射环境

根据《环境影响评价技术导则 铀矿冶》(HJ1015.1-2019), 本次评价以对居民影响最大的气载流出物源项(尾渣库)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。评价中心半中心 5km 范围子区划见图 1.5-1, 评价中心半中心 20km 范围子区划见图 1.5-2。

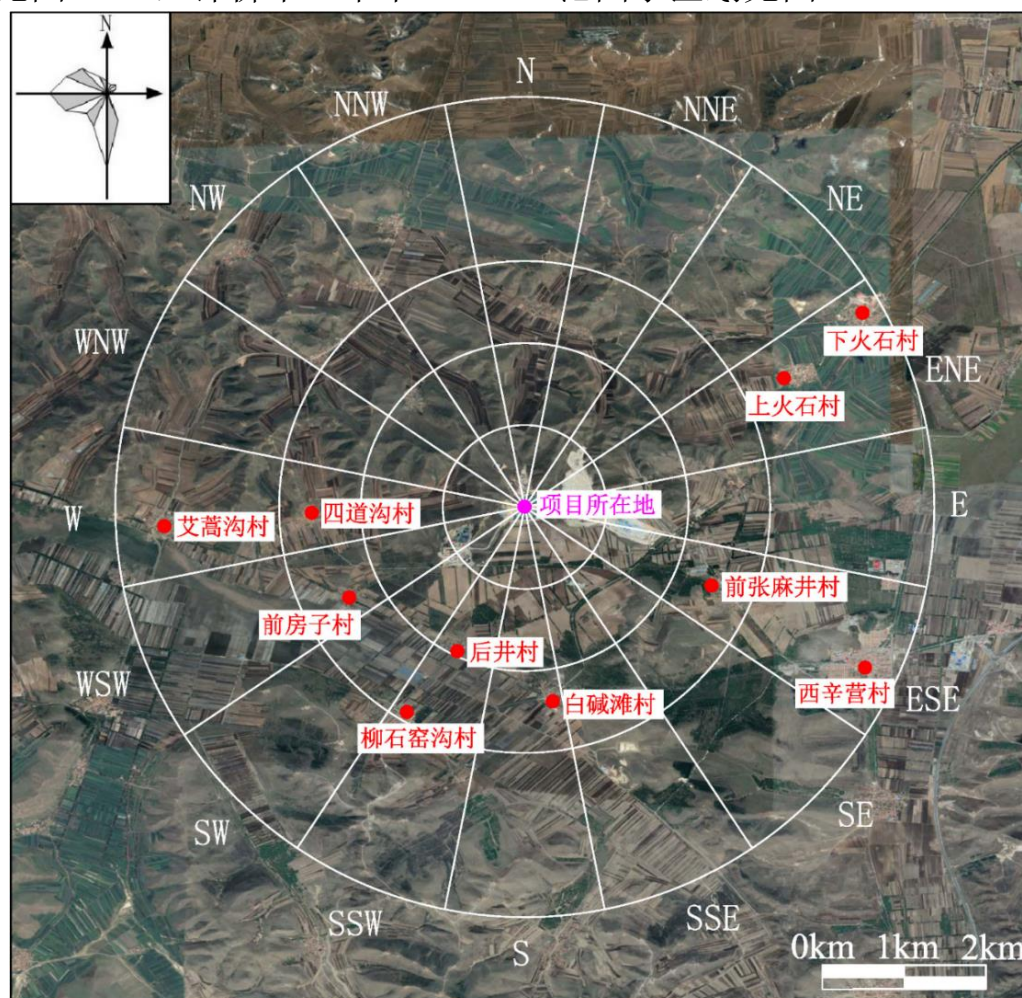


图 1.5-1 评价中心半径 5km 评价子区分布图

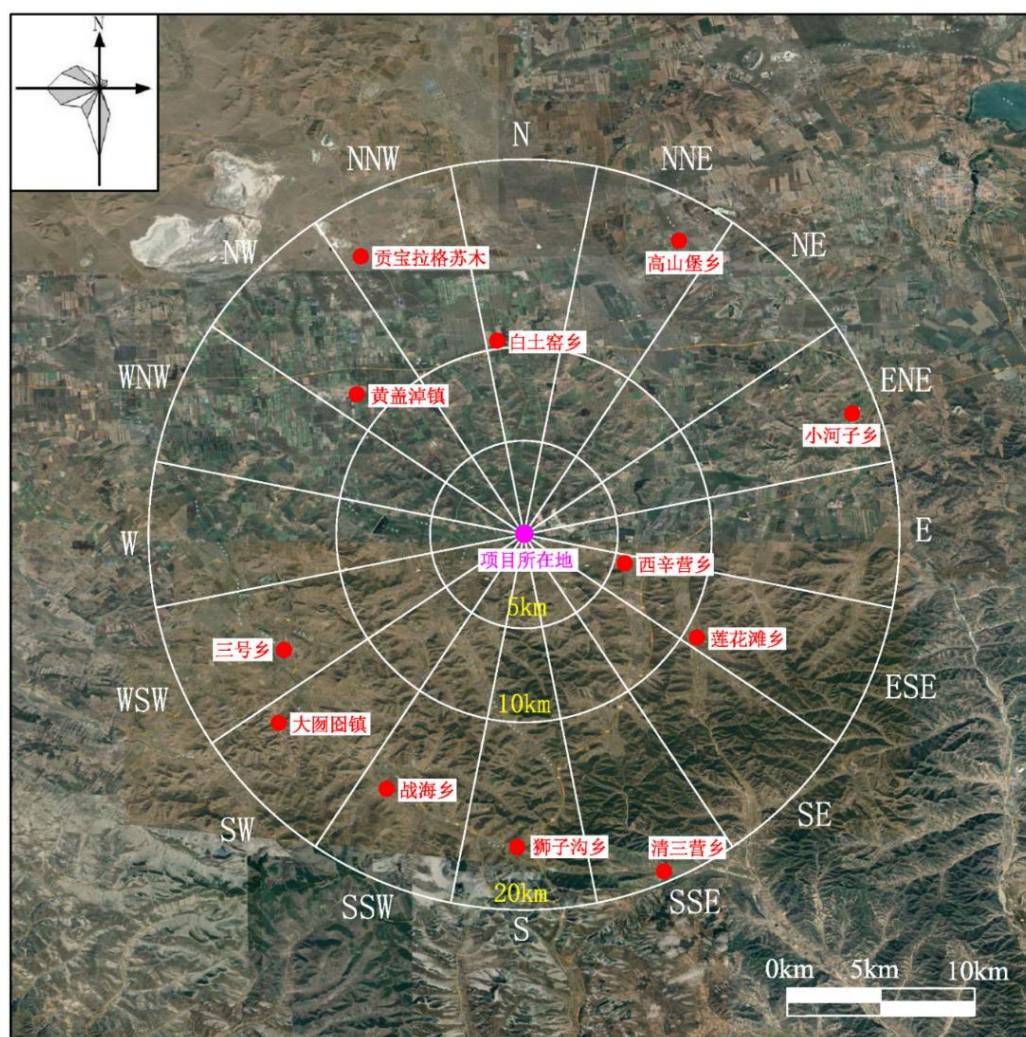


图 1.5-2 评价中心半径 20km 评价子区分布图

1.5.2 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

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)规定,评价等级由项目中主要污染物的最大占标率 P_i 进行等级划分。其中, P_i 定义为:

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

式中:

P_i —第 i 个污染物的最大地面浓度占标率, %;

C_i —采用估算模式计算出的第 i 个污染物的最大地面浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

C_{0i} —第 i 个污染物的环境空气质量标准, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

本项目运行期间过滤及产品制备厂房会产生氨气,但是氨气的排放量较少,对环境的影响程度较低,因此,本项目产生的非放射性污染物主要为

燃气锅炉废气、新建浸出厂房废气洗涤塔产生的硫酸雾。燃气锅炉废气排放执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准的限值要求；硫酸雾排放执行《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)中附表 D.1 中空气质量参考限值。评价工作等级按表 1.5-1 的分级判据进行划分。

表 1.5-1 大气评价工作等级划分判据

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

采用导则推荐的 AERSCREEN 估算模式，估算颗粒物、SO₂、NO_x 和硫酸雾的最大落地浓度和距离，源项及估算结果见表 1.5-2 和表 1.5-3。

表 1.5-2 估算模式参数一览表

污染源名称	污染物	源强 (kg/h)	排气量 (m ³ /h)	排放高度 (m)	出口内径 (m)	温度 (℃)
燃气锅炉	颗粒物	0.026	7007	22	0.8	20
	SO ₂	0.040				
	NO _x	0.189				
浸出厂房废气洗涤塔	硫酸雾	0.51	13600	32	1.8	20

表 1.5-3 大气环境影响估算结果

污染源名称	污染物	Ci (μg/m ³)	Coi (μg/m ³)	Pi (%)	距离 (m)	推荐评级 等级
燃气锅炉	颗粒物	0.76	300	0.25	147	III
	SO ₂	1.17	500	0.23		III
	NO _x	5.57	250	2.23		II
浸出厂房废气洗涤塔	硫酸雾	10.13	300	3.38	178	II

由上表可以看出，本项目硫酸雾最大占标率 $P_{\max}$ 为 3.38%。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)判定标准，本项目非放射性大气环境影响评价工作等级为二级，评价范围为废气洗涤塔边长 5km 的评价范围。

2) 地表水环境影响评价等级与评价范围

本项目产生的工艺废水和生活污水、以及现有露天采坑产生的矿坑涌

水经处理后全部回用于生产和绿化降尘，不外排。根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），地表水评价等级为三级 B，可不进行地表水环境影响预测，仅进行简单分析。

3) 地下水环境影响评价等级与评价范围

《环境影响评价技术导则—地下水环境》（HJ 610-2016）附录 A——地下水环境影响评价行业分类表中没有对该行业的地下水环境影响评价项目类别进行分类。参照附录 A 中行业类别“H 有色金属 冶炼”，本项目地下水环境影响评价项目类别为“Ⅰ类”。本项目不涉及集中式水源地、分散式饮用水水源地，特殊地下水资源的准保护区及其补给径流区，属于不敏感区域。参照 HJ 610-2016 中表 2 评价工作等级分级表，本项目地下水评价等级确定为二级。评价范围为本项目所在的水文地质单元边界内。

4) 声环境影响评价等级与范围

本项目所处区域为声环境 1 类功能区，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），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厂界外 200m。

5) 环境风险评价等级与范围

本项目涉及的主要危险物质为硫酸和液氨，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 B、C、D，本项目所涉及的危险物质的临界量、危险物质及工艺系统危险性分级见表 1.5-4，行业及生产工艺、危险物质及工艺系统危险性分级见表 1.5-5；各环境要素的环境敏感程度（E）分级见表 1.5-6，各环境要素的环境风险潜势划分及评价工作等级的确定见表 1.5-7。

表 1.5-4 危险物质的临界量、危险物质及工艺系统危险性分级相关参数

项目	临界量 (t)	最大存量 (t)	物质总量与临界量比值 Q	Q 划分
硫酸	10	1200	123.5	Q≥100
液氨	10	35		

表 1.5-5 危险物质的临界量（M）、危险物质及工艺系统危险性等级（P）判断

行业	评估依据	M 分值	M 划分	P 划分
有色冶炼	危险物质贮存罐区（硫酸罐）	5/套（罐区）	M3	P2
	危险物质贮存罐区（液氨罐）	5/套（罐区）		

表 1.5-6 各环境要素环境敏感程度分级

要素	环境敏感性	分级
大气	周边 5km 范围内居住区、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公等机构人口总数小于 1 万人；且周边 500m 范围内人口总数小于 500 人。	E3
地表水	硫酸库和液氨库四周均设围堰，围堰内侧采用防腐地面，如发生泄漏可通过泵等对液体进行回收，不外排，且项目周边无地表水水体。	/
地下水	本项目不在集中式饮用水水源地准保护区及补给径流区，分散式饮用水水源地或特殊地下水资源保护区及以外的分布区等敏感区范围内，地下水功能按照不敏感 G3 考虑；根据地勘资料，两地包气带厚度大于 1m， $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/s} \leq K \leq 1.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ，且分布连续、稳定，包气带防污性能均属于 D2 级，地下水环境敏感程度为 E3。	E3

表 1.5-7 各环境要素的环境风险潜势划分及评价工作等级

环境要素	环境敏感度 (E)	危险性等级 (P)	环境风险潜势	评价工作等级
大气	E3	P2	III	二级
地表水	/		/	/
地下水	E3		III	二级

综上所述，本项目大气风险评价等级为二级，评价范围为建设项目边界外 5km 范围；地下水风险评价等级为二级，根据本项目区域水文地质条件，评价范围为本项目所在的水文地质单元边界内。

6) 生态评价等级与范围

本项目新增占地面积为 0.0263km^2 ，主要为工艺水处理及出渣厂房、电石渣库和矿坑水处理厂房占地。除此之外，磨矿厂房、絮凝厂房等均位于水冶厂内，不新增征地。不涉及生态环境敏感区。新增占地面积 $< 20 \text{km}^2$ ，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022) 相关内容，不属于 6.1.2 条中“a) ~f)”内容，评价等级为三级，评价范围为本项目占地区域。

1.6 评价因子

1.6.1 环境影响因素识别

为明确本项目建设可能对自然环境、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 1.6-1。

表 1.6-1 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	地表水环境	地下水环境	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
施 工 期	场地清理	-1					-1				+1		
	材料运输	-1			-1				+1	+1	+1		
	建筑施工	-1			-2		-1				+1		+2
运 营 期	废气排放	-1				-1						-1	
	废水处理			-1									
	固体废物处置			-1		-1						-1	
	设备噪声											-1	
	产品产生								+2				+2

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。

由该表可知，本项目的实施对周边环境的影响要素，施工期主要是施工扬尘、机械噪声等活动对大气环境、声环境的影响；运行期主要是生产过程中的废气、固废、废水以及噪声对大气环境、地下水环境及声环境的影响；而项目的建设投产，将对该地区的社会经济具有一定的积极影响。

1.6.2 评价因子筛选

根据本项目施工期及运行期工程特点及污染物排放特点，确定本项目评价因子如下：

表 1.6-1 本项目评价因子一览表

时期	评价内容		评价因子
施 工 期	大气污染源		颗粒物、SO ₂ 、NO _x
	废水污染源		施工废水 SS、生活污水中 BOD ₅ 和 NH ₃ -N 等
	固废污染源		拆除的厂房及设备、生活垃圾
	噪声污染源		Leq (A)
	生态评价		生态完整性、水土流失
运 行 期	大气污染源	放射性污染物	²²² Rn 及其子体、放射性粉尘
		非放射性污染物	颗粒物、SO ₂ 、NO _x 、硫酸雾、氨气
	废水污染源	放射性污染物	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra 等
		非放射性污染物	生活污水中的 BOD、NH ₃ -N、SS

时期	评价内容		评价因子
	固废污染源	放射性污染物	浸出渣、废水中和渣和其他废渣
		非放射性污染物	废机油、生活垃圾
	噪声污染源		Leq (A)
	风险源		硫酸库、氨水库

1.7 评价控制指标

1.7.1 剂量约束值

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》(GB 23727-2020): 铀矿冶企业实践所致的公众关键居民组成员所受的年平均剂量约束值不应超过 0.5mSv/a。

本项目属于水冶技改项目, 为了整体考虑运行期对公众剂量的影响, 技改完成后, 沽源铀业铀水冶厂区所致公众剂量约束值确定为 0.3mSv/a。

2) 事故工况下公众剂量控制值

事故工况下, 公众的最大个人剂量控制在 1mSv/次以下。

1.7.2 放射性标准

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);

2) 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB 23727-2020)。

1.7.3 非放射性标准

根据河北省生态环境厅《中核沽源铀业有限责任公司铀水冶综合技改项目环境影响评价执行标准的复函》的相关要求, 本项目执行的非放射性环境质量标准如下:

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) 地下水环境执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 中III类标准;

(3) 声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 1 类标准;

(4) 土壤环境农用地执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018) 土壤污染风险筛选值标准, 建设用地执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018) 第

二类用地污染风险筛选值。

2) 污染物排放标准

(1) 废气排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准, 其中氨气排放执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93) 表 2 标准;

(2) 锅炉废气排放执行《锅炉大气污染物排放标准》(DB13/5161-2020);

(3) 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; 运行期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 1 类标准。

表 1.7-1 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	300μg/m³（日均值）		《环境空气质量标准》 （GB3095-2012）中二级标准
	地表水体	pH	6~9		《地表水环境质量标准》 （GB3838-2002）中Ⅲ类标准
		COD	20		
		氟化物	1.0mg/L		
		Mn	0.1mg/L		
		Cd	0.005mg/L		
		As	0.05mg/L		
	地下水	总 α	0.5 Bq/L		《地下水质量标准》 （GB/T14848-2017）中Ⅲ类标准
		总 β	1.0 Bq/L		
		pH	6.5~8.5		
		Cl ⁻	250 mg/L		
		SO ₄ ²⁻	250 mg/L		
		As	10 μg/L		
		Cd	5 μg/L		
		Mo	0.2 mg/L		
	噪声	昼间	55dB（A）		《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 1 类标准
		夜间	45dB（A）		
排放标准	大气	硫酸雾	45mg/m³	22m: 1.5kg/h	《大气污染物综合排放标准》 （GB16297-1996）二级
				32m: 10.04kg/h	
		氨气	25m: 14kg/h		《恶臭污染物排放标准》 （GB14554-93）
		颗粒物	5mg/m³		《锅炉大气污染物排放标准》 （DB13/5161-2020）
		SO ₂	10 mg/m³		
		NO _x	50 mg/m³		

类别	污染物名称		标准值	标准来源
	废水	NH ₃ -N	8mg/L	《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020) 绿化用水标准限值
		BOD ₅	10mg/L	
	施工噪声	昼间	70dB (A)	《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)
		夜间	55dB (A)	
	运行噪声	昼间	55dB (A)	《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 1 类标准
		夜间	45dB (A)	

1.8 主要环境保护目标

根据本项目工程性质和周围环境特征，确定本次环境评价的大气环境保护目标为周围半径 5km 范围内居民点的大气环境；地下水环境保护目标为厂址周围的浅层地下水；声环境保护目标为项目周围 200m 范围内声环境；生态环境保护目标建设占地区域。本项目环境保护目标见表 1.8-1。

表 1.8-1 本项目环境保护目标

要素	保护对象	方位	距离 (km)	性质	人口 (人)	环境保护要求
大气环境	上火石村	ENE	3.5	居民点	240	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级。
	下火石村	ENE	4.8		210	
	前张麻井村	ESE	2.5		335	
	西辛营乡	ESE	4.6		5000	
	白碱滩村	S	2.4		120	
	后井村	SSW	1.9		203	
	柳石窑沟村	SSW	2.9		320	
	前房子村	WSW	2.4		136	
	四道沟村	W	2.6		436	
	艾蒿沟村	W	4.4		458	
水环境	本项目周边地下水				《地下水质量标准》 (GB/T14848-2017) III类。	
声环境	厂区边界外 200m 范围内				《声环境质量标准》 (GB3096-2008) 1 类。	
生态环境	本项目占地区域				防止生态环境破坏、水土流失等。	
辐射环境	20km 评价范围区域公众				本项目确定的公众剂量约束值。	

2 区域自然与社会环境

2.1 地理位置

本项目位于河北省张家口市沽源县西南的西辛营乡后张麻井村西北，地理坐标为东经 $115^{\circ}25'20''$ ，北纬 $41^{\circ}27'31''$ 。矿区距沽源县城 34km，距张家口市 135km。

本项目交通便利，矿区附近有张家口至沽源公路通过，经由张家口可与全国铁路网连通。其交通位置见图 2.1-1。



图 2.1-1 本项目地理位置图

2.2 地形地貌

评价区域内属于内蒙古高原的南部边缘地带，阴山余脉横贯东西。总地势南高北低。东南坝头一带，山高坡陡，属于中低山地貌单元；中部山低坡缓，地势较平坦，属于低山丘陵地貌单元，海拔 1500m~1700m，相对高差

100~200m，属坝上草原的一部分。



图 2.2-1 地形地貌图

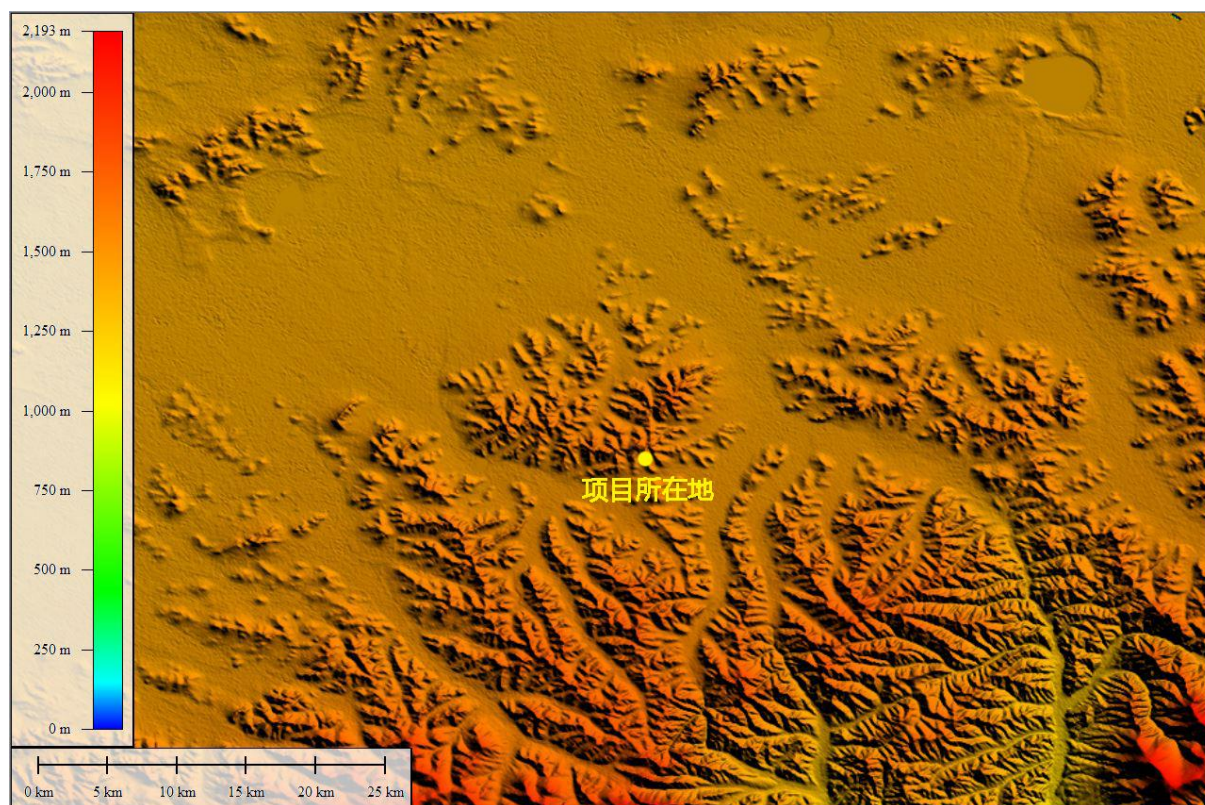


图 2.2-2 本项目所在地三维地形图

2.3 地质与水文地质

2.3.1 地质

1) 区域地质

本项目位于华北地台北缘、内蒙地轴中段、沽源上迭式断陷盆地北部。该地区地壳处于由薄增厚，上地幔由隆起向坳陷急剧转折，即莫霍面的变异

部位。太古代晚期的红旗营子群变质岩系组成了沽源盆地的主要基底地层。中生代裂隙—中基性火山岩两大构造层组成了沽源火山盆地盖层。区内断裂构造发育，按其展布方向可分为 NE、NW 近 EW 三组，按其性质又可分为正断层、逆断层、平推断层三种类型。

2) 矿床地质

铀矿体的空间分布严格受控矿因素制约，次流纹斑岩体和外接触带岩层是矿体分布的主要场所，而其氧化还原带的矿体也受到了氧化过渡次生富集作用影响，使矿体随之有所变化，矿体集中在 8-9 号勘探线之间，水平长度 320~360m，宽 300m，除 4 号勘探线上的矿体降到 1110m 标高以外，其他矿体标高均在 1250m 以上。

钼矿体主要集中在 10~15 号勘探线之间，水平长 520~600m，宽 300m 以上，标高从 1110m 至地表。铀钼矿体产状宏观上与次流纹斑岩体产状基本一致，另有部分矿体受次流纹斑岩体及火山隆起边部地层双重控制，其产状与岩层产状一致，显侧伏特征。矿体形态多呈矿柱、筒状、脉状、透镜状、镰刀状。矿体的厚度比较稳定，平均厚度 9.3m，矿体走向北西，倾向北东，倾角 65~70°。

2.3.2 水文地质

本项目所在矿床地下水可分为第四系松散层孔隙水和基岩裂隙水两大类。第四系松散层孔隙水主要分布于第四系冲积洪积层中，厚度 5~46m，水位埋深 3~15m，平均水位标高 1494.11m，该层地下水浅部为潜水，深部为承压水。基岩裂隙水可分为基岩裂隙潜水及基岩裂隙构造带脉状水，二者赋存空间基本一致。基岩裂隙水主要分布于张家口组三段地层层间破碎带和次流纹斑岩内外接触带内，水位埋深 30~50m，含水层厚 80.6m，平均水位标高 1509.83m。

地下水以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型水为主，其次为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 、Na 型及 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 、Ca 型，矿化度 0.3~0.5g/L，pH 值 7~7.5；侵蚀性 CO_2 含量小于 29mg/L，天然地下水中铀含量 $3\times 10^{-6}\sim 1\times 10^{-3}\text{g/L}$ 。

地形分水岭不仅控制地表水内陆河和外流河的分布，而且也制约了地下水分水岭，控制了地下水的流向，大马群山北麓的地下水流向基本为西北，大马群山南麓的地下水流向基本为东南。

本项目评价区域主要为基岩裂隙水分布区，地层以冲积、洪积、风积和湖积相沉积为主，岩性为砂、沙砾石、亚砂土、粘土及淤泥，下部为黄土。第四系之下为新第三系粘土，地下水流向基本为西北向。受含水层结构所限制，地下水交替作用很弱，入渗系数小。

2.4 气候与气象

2.4.1 区域气候特征

本项目地处高寒地带，气候受内蒙古高原气流控制，属干旱、半干旱大陆性草原气候。冬季寒冷，气候干燥，春秋两季多风沙，夏季短暂，昼夜温差大。根据沽源县气象监测站近 20 年的统计数据，该地区年平均气温 2.1℃，极端最高温 36.2℃，极端最低温-37.0℃；最低风速为 1.93m/s，平均风速 3.5m/s。全年降雨主要集中在 7、8、9 三个月，年均自然降雨量 398.8mm，蒸发量 1659.4mm。

2.4.2 气象

距离本项目场址最近的地面气象站为沽源县气象站，直线距离约为 32km，该气象站站点编号为 54301，地理坐标为 115.652°E，41.672°N；海拔高度 1411.2m，其所在区域与评价范围内地理特征基本一致。本次评价采用的地面气象参数为沽源县气象站 2022 年逐时数据，包括观测风向、风速、总云、低云和温度等。

根据该站 2022 年实际观测数据，当地全年平均温度为 2.6℃，平均风速为 2.7m/s，最大风频风向为 SW~W 方位，其风频之和为 30.8%，2022 年当地主导风向为西南至西风。项目所在区域的气温、风速月平均变化情况见表 2.4-1 和图 2.4-1；各季和全年风频变化见表 2.4-2，各季和全年风速玫瑰见图 2.4-2。

本评价采用的高空气象数据采用中尺度气象模拟软件 WRF-ARW 模拟得到，模拟区域中心的地理坐标为东经 115.70°，北纬 41.60°，主要获取数据为时间、探空数据层数、每层的气压、高度、气温、风速和风向。基础气象数据经 AERMOD 软件自带的气象预处理程序处理后，得到 AERMOD 扩散模式的气象边界条件。

表 2.4-1 全年温度、风速月平均变化值

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
温度 (°C)	-15.3	-17.0	-2.7	6.1	11.3	16.8
风速 (m/s)	1.7	2.2	3.2	3.6	3.5	2.8
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
温度 (°C)	19.5	17.5	13.5	3.5	-4.1	-17.8
风速 (m/s)	2.3	2.3	2.3	2.8	2.9	3.0

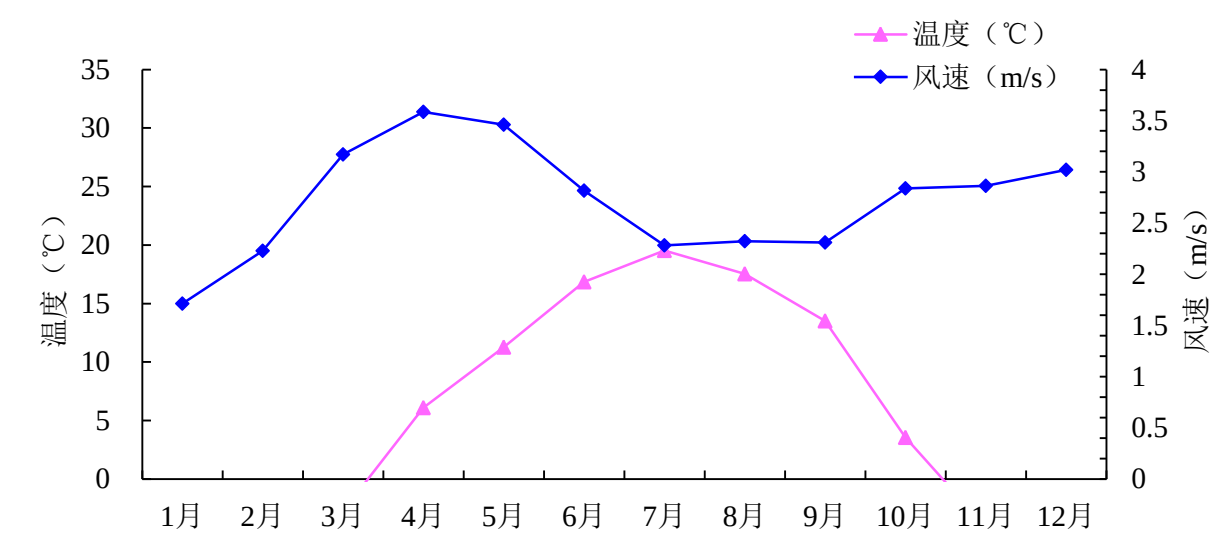


图 2.4-1 温度、风速的月变化曲线

表 2.4-2 各季节及全年各风向风频 %

风向 季节	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
春季	3.7	3.2	3.4	2.5	0.9	0.5	0.6	6.7	13.4
夏季	3.4	2.4	4.2	3.2	2.2	1.3	1.7	7.1	21.9
秋季	2.8	1.9	1.8	1.1	0.5	0.5	0.5	7.0	18.7
冬季	0.2	0.4	0.6	1.2	0.1	0.0	0.2	4.2	9.3
全年	2.5	2.0	2.5	2.0	0.9	0.6	0.8	6.2	15.8
风向 季节	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
春季	7.1	7.4	9.4	10.4	9.5	8.6	5.4	7.3	
夏季	8.8	3.9	4.8	6.1	6.1	7.5	4.8	10.7	
秋季	8.0	5.7	9.6	11.4	8.7	7.2	3.6	11.3	
冬季	5.8	6.9	14.6	20.3	12.7	6.0	1.8	15.7	
全年	7.4	6.0	9.5	12.0	9.2	7.3	3.9	11.2	

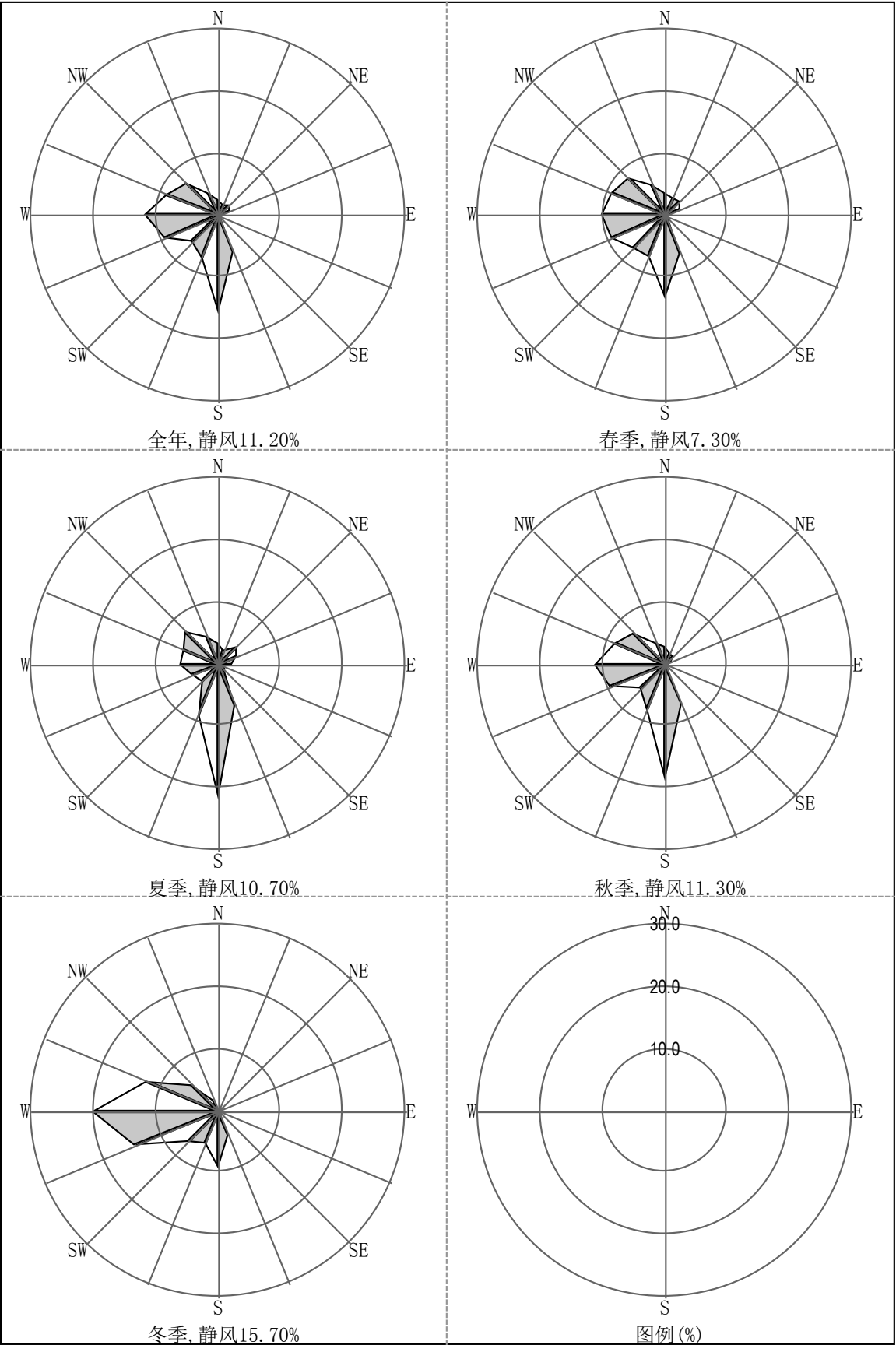


图 2.4-2 各季和全年各风向风玫瑰图

2.5 地表水

沽源县境内地表水分外流河流域和内陆河流域。外流河流域主要分布在沽源县域大马群山中部,流域面积 1315km^2 ,境内有闪电河、白河和黑河,均属于季节性河流,切割不深,河床多沙砾。内陆河流域河流主要分布在县域中部和西部,流域面积 2331 km^2 ,境内内陆河流主要有葫芦河、灯笼素河、二道营河等,基本特征是源近流短,水量不丰,水量随水季节变化显著,泥沙含量少,常汇集洼地储水成河流。其中,横亘坝缘地区的燕山山脉——大马群山构成了内、外河流的天然分水岭。分水岭与五甲地相对高差在 37m 。

横亘坝缘地区的燕山山脉——大马群山,构成了内、外河流的天然分水岭,发源于大马群山北麓的内陆河流向基本为西北,发源于大马群山南麓的外流河流向基本为东南,矿区位于大马群山北麓,流经矿区的地表径流无法跨越内陆河流域流向外流河流域。

坝缘山地以崇礼西滦子、丰宁上黄旗、围场棋盘山一线与高原为界,呈北东——南西向狭长带状分布,宽度 $15\sim 16\text{km}$,山区大部分在海拔 1500m 以上,大马群山的冰山梁海拔高 2211m ,桦皮岭高 2129m ,河流分水岭最低处 1470m 。分水岭与五甲地相对高差在 37m ,相互距离约 10km 。本项目位于二道营河左岸区域,距离二道营河的最近距离约 8km 。本项目产生的工艺废水和生活污水、以及现有露天采坑产生的矿坑涌水经处理后全部回用于生产和绿化降尘,不外排。本项目所在区域地表水系图见图 2.5-1。

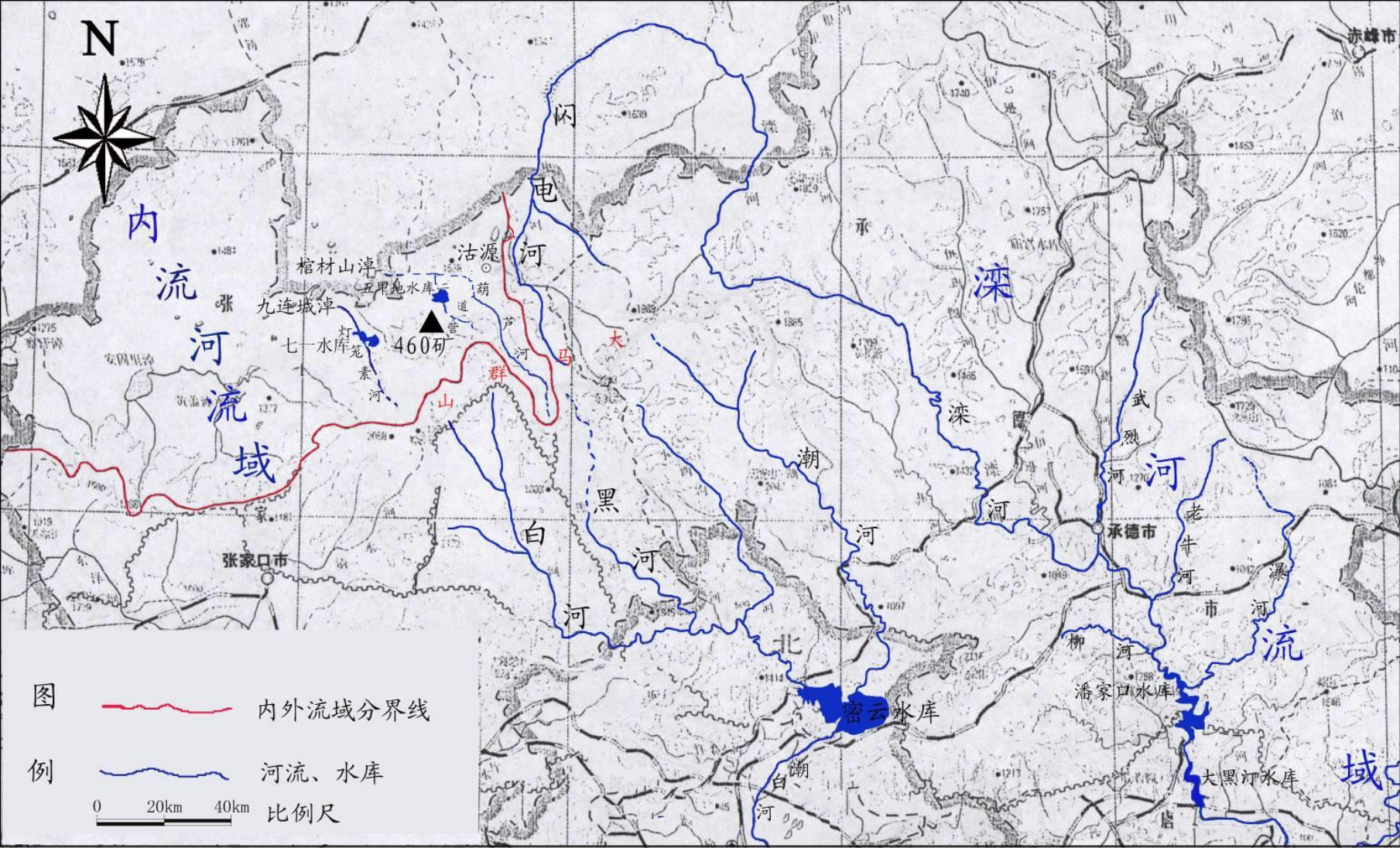


图 2.5-1 本项目周边地表水系图

2.6 土地和水体利用

2.6.1 土地利用

西辛营乡辖区面积 213km²，其中耕地面积 49.7km²（水浇地面积 29.2km²），林地面积 55.4 km²，草地面积 68.6 km²。根据现场调查，本项目周边主要为荒草地，兼有少量耕地和人工林地，主要农作物为莜麦，经济作物主要为豆角、土豆和红薯等。

2.6.2 水体利用

本项目周边无地表水体，距离本项目 9km 处为七一水库，目前基本干涸。本项目周边居民以地下水作为饮用水源。

2.7 生态和资源开发利用

沽源县处于中国草原和稀树草原植被型组区域内，主要由耐寒的旱生多年生草本植物组成，其次为走茎、根茎草类等，间有隐子草、冷蒿以及春生短命类植物。野生动物包括孢子、狐狸、黄羊、野兔和山鸡等 60 余种。

沽源县的矿产资源种类多、储量大，共发现矿种 20 个。其中，已探明储量的有 16 种，金属有金、钼、铀、铁、铅、锌 6 种，非金属矿有煤、莹石、沸石、芒硝、膨润土、松脂岩、黑耀岩、凝灰石 10 种，其中铅、锌储量分别为 109 和 65 万吨；钼、铀、铅锌品味分别达到 0.3%、0.5%、1.2%、2.5%；煤、大理石储量分别为 3.3 亿 t、64 万 t；莹石品味达 80%以上，钾长石、氧化钾含量都在 14.5%以上。

本项目评价区域内无珍稀动植物及自然保护区、风景名胜区等需要特别保护的生态敏感区。

2.8 产业政策、“三线一单”符合性分析

2.8.1 与产业政策的符合性分析

对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 49 号）（2021 年），本项目不属于产业政策指导目录规定的限制类和淘汰类项目，属于鼓励类“六、核能”中“1、铀矿地质勘查和铀矿采冶、铀精制、铀转化”，符合我国产业政策。

2.8.2“三线一单”相符性分析

1) 生态红线

本项目周边生态红线见图 2.8-1,生态红线图来源于沽源县生态环境局。由图可知,本项目位于沽源铀业现有水冶厂范围内,占地范围内不涉及重要生态功能区、生态环境敏感区、脆弱区、生物多样性丰富、珍稀濒危物种集中分布区,不在生态保护红线内,满足生态保护红线控制要求。



图 2.8-1 本项目周边生态红线位置示意图

2) 资源利用上线符合性

本项目新建和改建大部分设施位于现有水冶厂用地范围内,工艺水处理及出渣厂房、电石渣库和矿坑水处理厂房新增占地 0.0263km²,占用土地

资源较少，终采后将对新增占地范围内设施退役治理，恢复生态环境。本项目运行过程中电、水资源等消耗相对区域资源利用总量较小，劳动定员不变，不新增生活用水量。因此，本项目水、电、土地资源使用符合资源配置要求，总体符合资源利用上线的要求。

3) 环境质量底线符合性

根据中国环境监测总站发布的《全国环境空气质量报告》，本项目所在的张家口市 2022 年 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度 $17\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， PM_{10} 年均浓度 $37.83\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， SO_2 年均浓度 $5.42\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， NO_2 年均浓度 $14.08\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，CO 第 95 百分位 24h 平均浓度为 $0.61\text{mg}/\text{m}^3$ ， O_3 第 90 百分位最大 8 小时平均浓度为 $127\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由此可知，本项目所在区域的六项基本污染物浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准要求，本项目所在区域属于达标区。

本项目施工期、运行期废气达标排放，固体废物合理处理处置；噪声经采用低噪声设备和合理安排作业时间等措施后影响较小。因此，本项目“三废”排放对周围环境影响很小，运行后不会出现环境质量降级。总体而言，本项目的建设符合环境质量底线要求。

4) 负面清单符合性

本项目未被列入《康保县等坝上六县国家重点生态功能区产业准入负面清单（试行）》（冀发改规划〔2017〕248 号）内，符合环境功能区负面清单控制要求。

综上分析，本项目符合国家及地方产业政策和环保政策的相关要求，满足国家“三线一单”要求。

2.8.3 与生态环境分区管控的符合性分析

根据《张家口市人民政府关于加快实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（张家口市生态环境局，2021 年 7 月 15 日），为加快实施“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单”，为构建生态环境分区管控体系，推进生态环境治理体系和治理能力现代化建设，张家口市共划定环境管控单元 215 个，包括优先保护单元、重点管控单元、一般管控单元三类，生态环境管控单元分布情况见图 2.8-2。

优先保护单元。共 120 个，主要包括生态保护红线；饮用水水源保护

区、自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园、湿地公园等法定保护地；生态功能重要和生态环境敏感脆弱的生态空间；山地、森林、河流、湖泊、水库等对生态安全格局具有重要作用的区域。

重点管控单元。共计 78 个，主要包括城镇集中建设区、产业园区和开发强度高、污染物排放强度大、环境问题较为突出的区域。

一般管控单元。共计 17 个，优先保护单元和重点管控单元之外的其他区域。

根据本项目的位置与张家口市生态环境管控单元分布的对比，确定本项目位于一般管控单元，环境管控单元编码为：ZH13072430012。一般管控单元的主要要求包括：严格执行国家、省、市关于产业准入、总量控制和污染物排放标注等管控要求。一般管控单元具体管控要求及本项目相符性分析见表 2.8-1。

表 2.8-1 本项目与所属管控单元相符性分析

管控维度	管控要求	相符性分析	
空间布局约束	1、严禁新增钢铁、焦化、电解铝、水泥和平板玻璃等产能。 2、禁止新建 35 蒸吨/小时及以下燃煤锅炉。 3、坚决淘汰关停环保、能耗、安全等不达标的 30 万千瓦以下燃煤机组。	1、本项目不属于产生钢铁、焦化、电解铝、水泥和平板玻璃等产能的项目。 2、本项目未新建燃煤锅炉。 3、本项目不涉及燃煤机组。	符合
污染物排放管控	1、严格执行水泥工业大气污染物超低排放标准。 2、单元内锅炉污染物排放应达到《锅炉大气污染物排放标准》（DB13/5161-2020）排放标准要求。 3、生活垃圾处理厂污染物排放应达到《生活垃圾填埋场恶臭污染物排放标准》（DB13/2697-2018）要求。	1、本项目不涉及水泥工业大气污染物排放。 2、本项目锅炉污染物排放满足《锅炉大气污染物排放标准》（DB13/5161-2020）排放标准要求。 3、本项目不涉及生活垃圾处理厂。	符合
资源利用效率	黄盖淖镇、高山堡乡、小河子乡、白土窑乡除建城区外为深、浅层地下水限采区，压减农业灌溉面积，实施退耕还草。	本项目位于西辛营乡，不属于上述乡镇。	符合

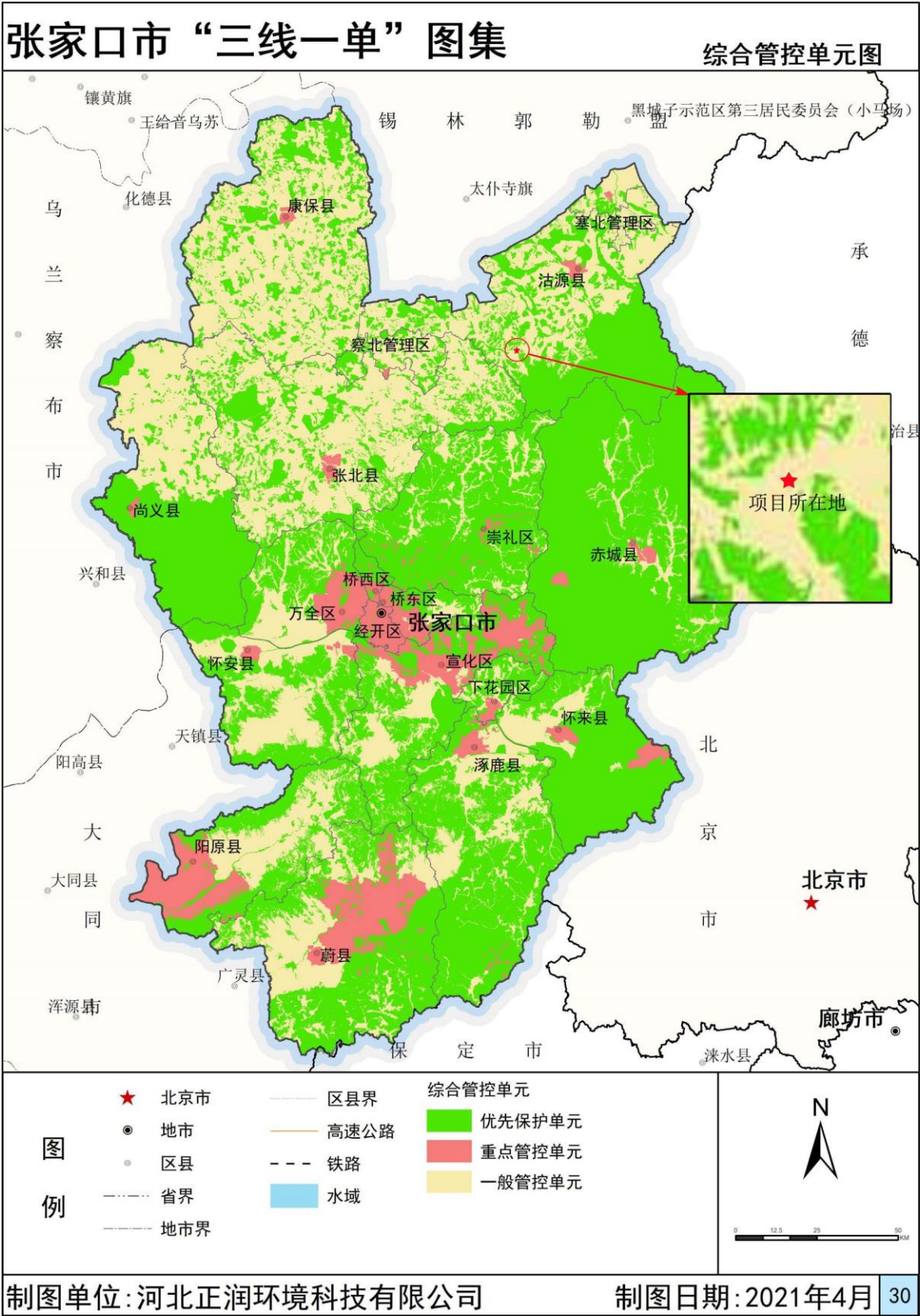


图 2.8-2 生态环境管控单元分布图

2.9 社会环境

2.9.1 社会经济结构

沽源县以农业经济为主。另外，全县还形成以亚麻、建材、皮毛、农副产品加工、劳动密集型企业为雏形的五大行业和以亚麻、砖瓦、修配、木器加工为主的骨干企业。

2.9.2 人口分布

根据《张家口市 2021 年国民经济和社会发展统计公报》，2021 年末全市常住人口 409.9 万人，其中，城镇常住人口 275.1 万人，比上年末增加 2.9 万人。出生人口 2.6 万人，人口出生率为 5.69‰；死亡人口 2.5 万，人口死亡率为 5.69‰，人口自然增长率为 0.29‰。根据 2022 年现场调查，本项目半径 5km 范围内主要居民点分布情况见表 2.9-1 和图 2.9-1，评价区内总人口数为 2670 人，人口密度约为 34 人/km²，人口分布较为稀疏。

根据 2023 年现场勘查情况，评价区域内各年龄组人口年龄结构约为：婴儿组（≤1 岁）1.2%，幼儿组（1~7 岁）8.8%，少年组（7~17 岁）26.5%，成人组（>17 岁）63.5%。

表 2.9-1 评价中心 5km 范围内居民点分布情况

序号	居民点	方位	距离(km)	人口数（人）
1	上火石村	ENE	3.5	240
2	下火石村	ENE	4.8	210
3	前张麻井村	ESE	2.5	335
4	西辛营乡	ESE	4.6	5000
5	白碱滩村	S	2.4	120
6	后井村	SSW	1.9	203
7	柳石窑沟村	SSW	2.9	320
8	前房子村	WSW	2.4	136
9	四道沟村	W	2.6	436
10	艾蒿沟村	W	4.4	400

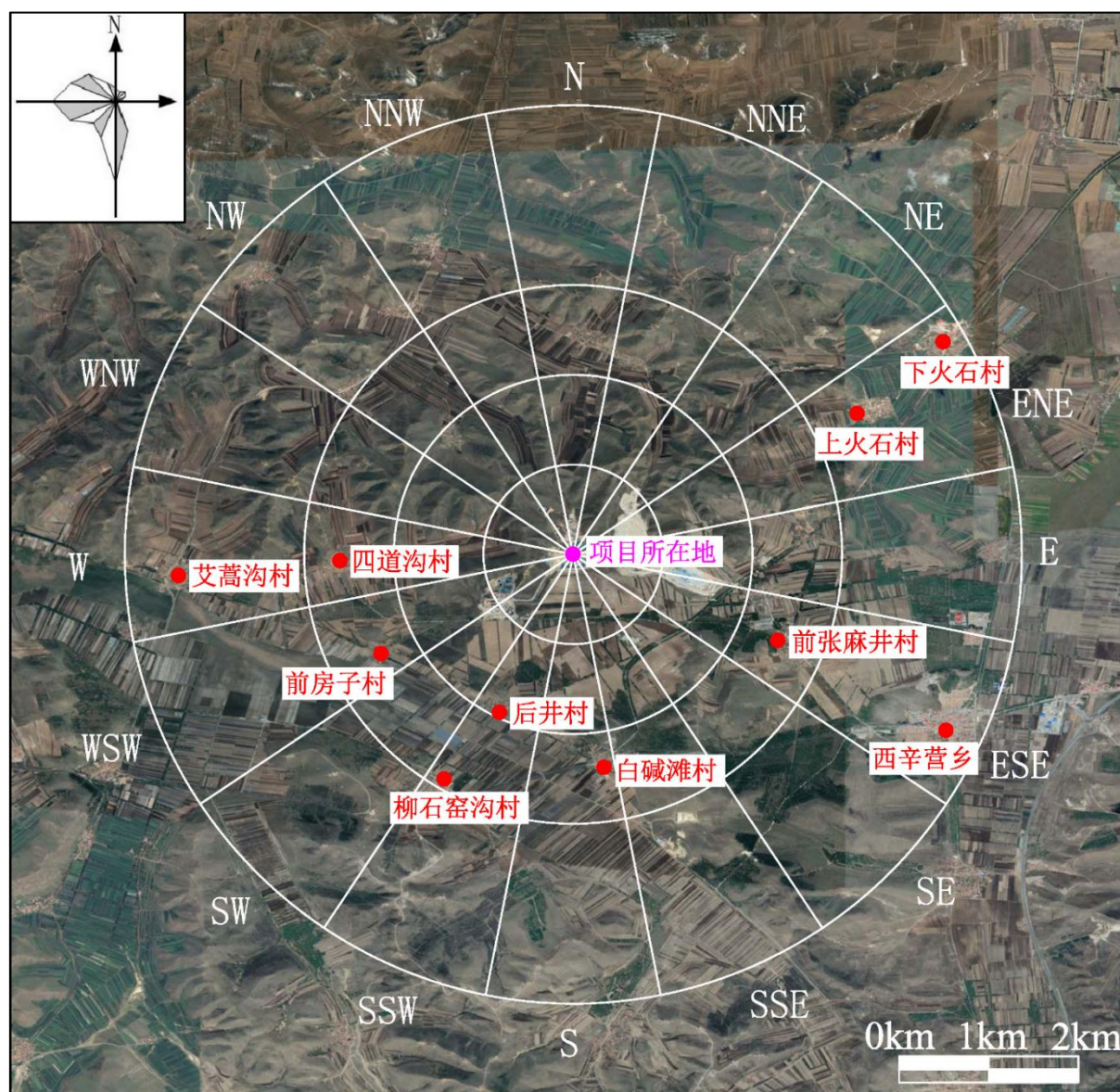


图 2.9-1 本项目半径 5km 范围内主要居民点分布

本项目预计 2026 年建成投入运行，服务期 6a。运行期代表年份选定为 2032 年。2017 年~2021 年张家口市人口自然增长率如表 2.9-2 所示，由表可知，张家口市人口自然增长率呈下降趋势，保守考虑，本项目取 2017~2021 年人口自然增长率的平均值 1.54‰作为 2022~2032 年间的人口预测的自然增长率。

表 2.9-2 张家口市 2017~2021 年人口自然增长率

年份	2017	2018	2019	2020	2021
人口自然增长 (‰)	4.4	1.6	1.2	0.19	0.29

人口预测以 2022 年人口数为基础，利用马尔萨斯人口计算模型：

$$N = N_0 e^{r \cdot t} \quad (\text{式 2.9-1})$$

式中：

N ：预期人口数（人）；

N_0 ：现有人口数（人）；

r ：预测时段保守人口增长率；

t ： N 与 N_0 之间的时间间隔（年）。

2023年和2032年评价中心20km半径范围子区人口分布情况分别见表2.9-3和2.9-4。

表 2.9-3 评价中心半径 20km 范围内各子区人口分布（2023 年）

单位：人

半径	年龄组	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~1km	婴儿	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
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129	0	0	0	0	0	0
2~3km	婴儿	0	0	0	0	0	4	0	0	1	4	0	2	5	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	29	0	0	11	28	0	12	38	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	89	0	0	32	85	0	36	116	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	213	0	0	76	203	0	86	277	0	0	0
3~5km	婴儿	0	0	0	5	0	60	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
	幼儿	0	0	0	40	0	440	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0
	少年	0	0	0	119	0	1325	0	0	0	0	0	0	106	0	0	0
	成人	0	0	0	286	0	3175	0	0	0	0	0	0	254	0	0	0
5~10km	婴儿	5	5	10	5	5	5	9	7	7	31	23	20	16	13	5	5
	幼儿	34	34	74	40	40	40	69	53	52	229	170	144	116	92	34	34
	少年	101	101	222	121	121	121	207	159	158	689	513	434	349	276	101	101
	成人	241	241	533	292	292	292	497	380	378	1651	1231	1039	836	661	241	241
10~20km	婴儿	31	26	15	22	20	15	12	15	35	26	52	79	65	25	13	17
	幼儿	229	187	112	161	145	112	86	107	254	189	379	578	476	183	94	126
	少年	690	564	339	484	436	339	258	323	765	570	1142	1741	1434	553	284	379
	成人	1654	1351	812	1160	1043	812	618	775	1831	1367	2736	4172	3435	1324	680	907

表 2.9-4 评价中心半径 20km 范围内各子区人口分布（2032 年）

单位：人

半径	年龄组	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~1km	婴儿	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
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131	0	0	0	0	0	0
2~3km	婴儿	0	0	0	0	0	4	0	0	1	4	0	2	5	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	30	0	0	11	29	0	12	39	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	90	0	0	32	86	0	37	117	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	216	0	0	78	205	0	87	281	0	0	0
3~5km	婴儿	0	0	0	5	0	61	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
	幼儿	0	0	0	40	0	446	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0
	少年	0	0	0	121	0	1344	0	0	0	0	0	0	108	0	0	0
	成人	0	0	0	290	0	3219	0	0	0	0	0	0	257	0	0	0
5~10km	婴儿	5	5	10	6	6	6	10	7	7	32	24	20	16	13	5	5
	幼儿	34	34	75	41	41	41	70	53	53	232	173	146	117	93	34	34
	少年	102	102	226	123	123	123	210	161	160	699	520	440	354	280	102	102
	成人	245	245	540	294	294	294	503	386	383	1673	1247	1054	848	671	245	245
10~20km	婴儿	32	26	16	22	20	16	12	15	35	26	52	80	66	25	13	17
	幼儿	232	190	114	163	147	114	87	109	257	192	384	586	483	186	96	128
	少年	700	572	343	491	442	343	262	328	775	578	1158	1765	1454	560	288	384
	成人	1676	1370	823	1176	1058	823	627	785	1858	1386	2775	4231	3483	1343	689	920

2.10 居民生活习性与饮食结构

根据 2023 年实地调查结果，评价区域内居民主食以莜麦和小麦为主，大米为辅。副食主要有猪肉、牛肉、羊肉、鸡肉以及蛋。蔬菜主要为白菜、茄子、辣椒、马铃薯、青菜等，随季节不同而异。评价区域内与农产品有关的参数见表 2.10-1，与动物产品有关的参数见表 2.10-2。

表 2.10-1 与农产品有关的参数

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	0	0	0	0	0	0	0	0	180
	幼儿	85	75	10	5	10	2	6	7	20
	少年	110	130	50	15	30	15	20	30	60
	成人	130	98	30	15	30	13	10	15	20
自给份额		0.5	0.3	0.2	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.1
贮存时 间 (d)	最大个人	30	1	2	1	1	1	1	1	1
	平均个人	180	3	30	2	2	2	2	10	2
生长期 (d)		180	60	180	/	/	/	/	/	/

表 2.10-2 与动物产品有关的参数

内容	动物					
	牛	羊	猪	家禽	蛋	奶
饲料消费量, kg.d ⁻¹	5	1.5	2.5	0.1	0.25	10
饲料贮存时间, d	60	60	90	60	180	90
放牧季节鲜牧草份额, %	50	60	40	40	40	50
放牧季节时间份额, %	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
牧草生长期, d	60	60	60	60	60	60
饲料生长期, d	180	180	180	180	180	180

3 建设项目工程分析

3.1 现有工程概况

3.1.1 工程概况

460 矿床铀钼综合回收矿冶项目于 2007 年 6 月取得原国防科工委立项批复，于 2007 年 12 月取得了原国家环保总局《关于中核北方铀业有限公司 460 矿床铀钼综合回收矿冶项目环境影响报告书的批复》（环审〔2007〕549 号）批复文件。

2008 年 3 月开始建设，2009 年 4 月基本施工完成，建设内容主要包括露天采场、废石场、水冶厂和尾渣库等，2010 年、2011 年、2013 年进行了三次试生产。试生产期间由于存在工艺技术指标及设备等多方面问题，沽源铀业组织工艺试验单位、设计单位、设备供应商等人员进行了多次生产工艺技术攻关，解决了多项难题。2017 年 12 月，沽源铀业组织相关专家及代表进行了竣工环境保护自主验收，并向主管部门进行了备案，460 矿床铀钼综合回收正式投入运行，生产“111”产品***t/a，钼酸铵产品 1307.9t/a。

2018 年，沽源铀业氧压浸出工艺出现新的突破，有效解决了低品位矿石的浸出率的问题，能够提高铀钼回收率，开展了氧压浸出技改项目，2019 年 11 月取得了生态环境部《关于中核沽源铀业有限责任公司复杂钼矿氧压浸出技改项目环境影响报告表的批复》（环审〔2019〕5 号）；2020 年 3 月，沽源铀业完了氧压浸出技改项目竣工环境保护验收工作。

2022 年，沽源铀业为提高氨的利用率，回收钼酸沉母液中氨，开展了钼酸沉母液汽提回收氨水技改项目，2022 年 9 月取得了生态环境部《关于中核沽源铀业有限责任公司日处理 120m³ 钼酸沉母液汽提回收氨水技改项目环境影响报告表的批复》（环审〔2022〕157 号）。

经过多年生产，目前露天采坑已开采至 1444m 标高，开采的铀钼矿石贮存在水冶厂内的矿石堆场，目前贮存量约为 173.68 万 t，本项目不涉及露天开采作业，生产期间的矿石全部来自矿石堆场。露天采场开采现状见图 3.1-1。露天采坑西北侧为废石场，已堆存废石约 1800 万 t，目前除 6.67 万 m² 的废石尚未覆盖外，其余均已覆土覆盖并植草绿化。

水冶厂运行的生产设施包括：粗碎厂房、中细碎厂房、筛分厂房、磨矿厂房、现有浸出厂房、萃取厂房、沉淀厂房、废水处理车间、硫酸库和液氨库等。水冶厂现状图见图 3.1-2。

水冶厂外运行尾渣库 1 座，有效库容约 630 万 m^3 ，截止 2023 年 2 月，已堆存尾渣 167 万 m^3 ，剩余库容约 463 万 m^3 。沽源铀业 2019 年前采用的是常规浸出工艺，由于铀钼矿石表面附着有致密的硫化物包裹层，阻碍了浸出剂向包裹体内部的渗透，因此内部的铀钼金属无法充分浸出，有相当数量的铀钼金属残留在常规浸出渣中，直至 2019 年氧压浸出技术改造完成，铀和钼的浸出率才得到极大的提升。因此，为了回收常规浸出渣中的铀钼金属，将废物转化为可用资源，本项目对尾渣库内部分常规浸出渣进行回采利用，重新进行酸性氧压浸出回收铀钼金属，本项目服务期回采的常规浸出渣总量约为 85 万 t。尾渣库现状图见图 3.1-3。



图 3.1-1 露天采场现状图



图 3.1-2 水冶厂现状图



图 3.1-3 尾渣库现状图

3.1.2 现有生产工艺

1) 矿山开采工艺

矿山开采采用露天开采方式，开采工艺为：穿孔→爆破→采装、运输→排岩→矿石。露天采场依据矿体埋藏位置和分布，采剥工作线横交矿体走向布置，沿矿体走向推进，采剥中深孔爆破装药方式进行爆破，采用挖掘机—汽车运输，采出的矿石运至至矿石堆场储存，剥离的废石运至废石场储存。

2) 水冶工艺

水冶厂现有水冶工艺为：矿石→粗碎→中碎→筛分→细碎→磨矿→浓密→氧压浸出→萃取和反萃取→产品制备。工艺流程图见图 3.1-4。

(1) 矿石粗碎、中细碎和筛分

将矿石送入颚式破碎机进行粗碎，粗碎后矿石用皮带运送至标准圆锥

破碎机进行中碎，中碎产物再用皮带输送机送至筛分机筛分，筛上物用皮带输送机返回至短头圆锥破碎机细碎，筛下物用皮带输送机送至粉矿仓。

（2）磨矿

矿粉经粉矿仓内的下料流槽和皮带输送机运送至球磨机加水湿磨。湿磨后矿浆由沉浸式单螺旋分级机分级，合格的矿浆泵送入浸出厂房，粗砂返回球磨机湿磨。

（3）浓密

合格矿浆用浓密机中性浓密，溢流液返回磨矿使用，底流矿浆通过矿浆泵送入预热槽。

（4）氧压浸出

预热后的矿浆进入两级串联的常压预浸槽进行预浸，在预浸槽利用闪蒸蒸汽加热矿浆，同时加入浓硫酸进行酸化。

预浸后矿浆进入氧压反应釜，向釜内送入蒸汽和氧气，对矿浆进行连续氧压浸出。得到的氧压浸出矿浆输送至闪蒸槽，闪蒸后的蒸汽送常压预浸槽加热矿浆，并加入电石渣改性，同时加入絮凝剂，输送到压滤机压滤，得到的滤液（即萃原液）进入萃取厂房，滤饼洗涤后，送尾气渣库。

（5）萃取和反萃取

萃原液进入钼萃取槽，与钼贫有机相进行铀钼共萃取，铀钼金属进入有机相形成铀钼萃取饱和有机相，共萃余水进入铀萃取工序。铀钼萃取饱和有机相先进行酸洗，将铀钼萃取饱和有机相中的铀分离至酸洗水中，酸洗后的酸洗水与共萃取余水汇集后作为铀萃原液，酸洗后的钼饱和有机相进行水洗，再同氨水进行反萃，水洗液用于配制酸洗水。反萃取得到的液相即为钼合格液，进入钼产品制备工序，反萃取后的钼贫有机相返回钼萃取循环使用。

铀萃原液进入铀萃取槽，与铀贫有机相进行萃取，得到的铀萃余水去废水处理车间处理，得到的铀萃取饱和有机相与洗水及铀反萃取剂分别进行水洗和反萃取，水洗液回用于配制酸化水，反萃取得到的液相即为铀合格液，进入铀产品制备工序，反萃取后的铀贫有机相返回铀萃取循环使用。

（6）产品制备

钼合格液加入除杂剂净化除杂后过滤，滤渣运送至尾渣库堆存，滤液

静置加入活性炭进行二次净化，用泵送往酸沉搅拌槽。在酸沉搅拌槽中加入浓硫酸，析出钼酸铵沉淀，再自流入抽滤缸进行固液分离，分离出的钼酸沉母液经萃取回收钼金属后进入废水处理车间处理，分离出的钼酸铵湿料进行干燥、包装，送至产品库储存。

铀合格液泵送入沉淀槽，加入固体氢氧化钠并进行搅拌沉淀，沉淀料浆进行固液分离，滤饼即“111”产品，装入产品桶后封桶入库。滤液为铀沉淀母液，返回配置铀反萃取剂。

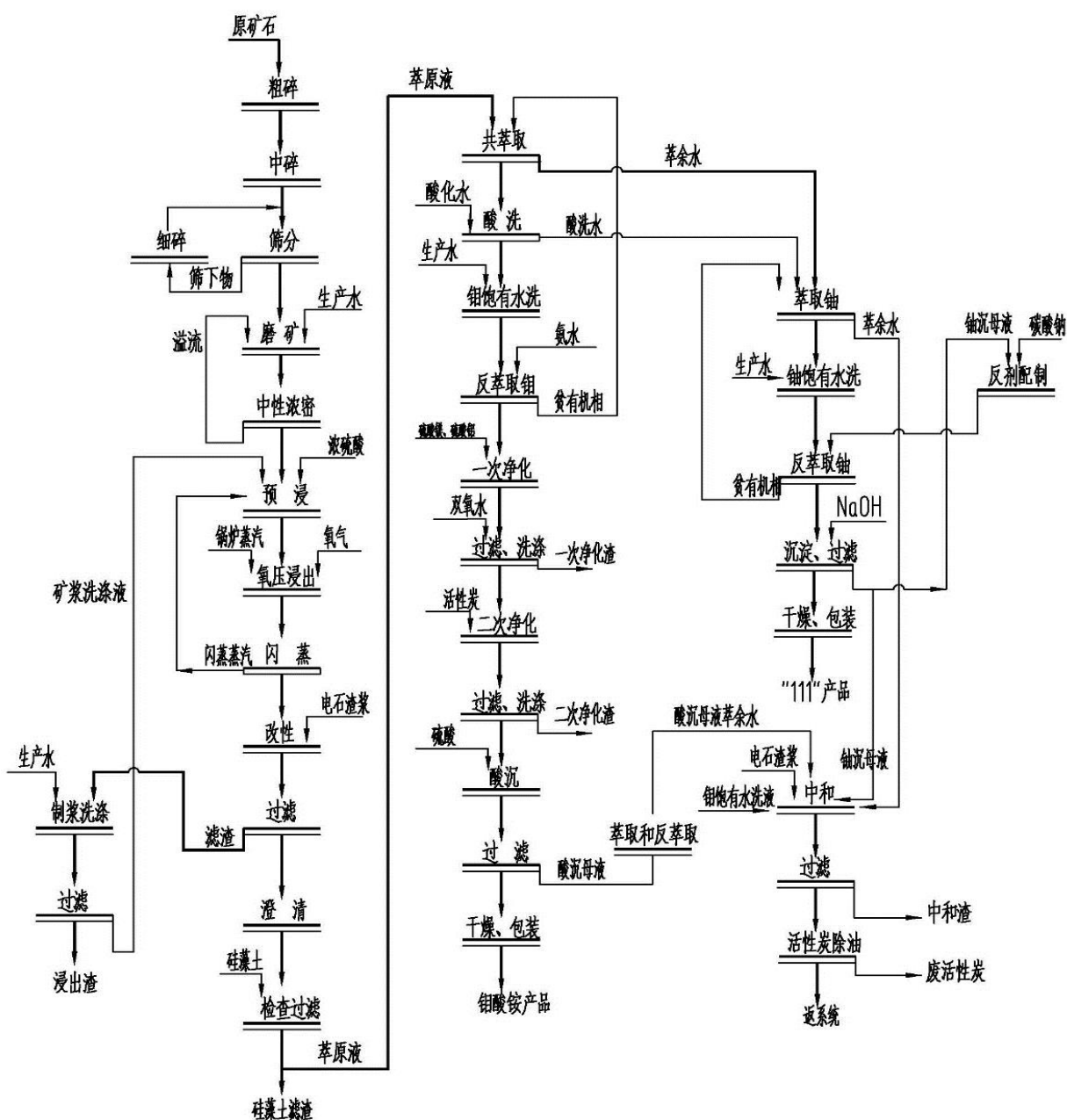


图 3.1-4 现有水冶工艺流程图

3.1.3 现有工程污染物处理与排放情况

3.1.3.1 废气

1) 水冶厂 ^{222}Rn

水冶厂 ^{222}Rn 主要来自粗碎厂房、中细碎厂房、筛分厂房、磨矿厂房、浸出厂房、萃取厂房、沉淀厂房等设施。各厂房内均设有通风系统， ^{222}Rn 经通风系统收集后排放至大气环境。根据沽源铀业现有监测数据，各水冶厂房现有 ^{222}Rn 排放量见表 3.1-1。由表可知，水冶厂现有 ^{222}Rn 排放量为 $1.52 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。

表 3.1-1 水冶厂现有 ^{222}Rn 的排放情况

序号	源项	²²² Rn 排放浓度，Bq/m ³	最大通风量，m ³ /h	排放时间，h/a	²²² Rn 排放量，Bq/a
1	粗碎厂房	238	17672	7920	3.33E+10
2	中细碎厂房	270	14800		3.16E+10
3	筛分厂房	255	4700		9.49E+09
4	磨矿厂房	231	10000		1.83E+10
5	浸出厂房	268	6000		1.27E+10
6	萃取厂房	268	20205		4.29E+10
7	沉淀厂房	66	7500		3.92E+09
合计					1.52E+11

2) 水冶厂房放射性粉尘

现有工程放射性粉尘主要来自粗碎厂房、中细碎厂房和筛分厂房，上述车间均设有脉冲除尘器，除尘效率为 99%，除尘后放射性粉尘经由厂房的排气筒排放，排气筒高度均为 15m，根据沽源铀业监测数据，最大排放速率分别为 0.070kg/h 、 0.069kg/h 和 0.039kg/h ，最大排放浓度分别为 4.0mg/m^3 、 4.7mg/m^3 和 8.4mg/m^3 ，因此满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准的要求。

3) 露天采场、废石场、尾渣库和矿石堆场废气

矿石、废石和尾渣堆存过程中，表面不断有 ^{222}Rn 析出，经过自然扩散的方式在大气稀释。露天采场、废石场、矿石堆场和尾渣库 ^{222}Rn 析出率的监测数据和 ^{222}Rn 排放量情况见表 3.1-2。

表 3.1-2 废石场、尾渣库和矿石堆场氡释放量

序号	设施名称	裸露面积 (万 m ²)	²²² Rn 析出率 Bq/(m ² ·s)	²²² Rn 排放量 (Bq/a)
1	露天采场	1.70	1.06	5.68E+11
2	矿石堆场	1.90	1.06	6.35E+11
3	废石场	6.67	0.142	2.99E+11
4	尾渣库	25.0	1.15	9.06E+12

4) 锅炉废气

沽源铀业水冶厂现有一座燃气锅炉房，天然气在燃烧过程中会产生少量颗粒物、SO₂ 和 NO_x 等，高空排放至大气稀释扩散，排放高度为 15m。

根据 2022 年监测年报中相关数据，锅炉排气筒中颗粒物、SO₂ 和 NO_x 的排放浓度分别为 3.9 mg/m³、6.0mg/m³ 和 26mg/m³，分别满足《锅炉大气污染物排放标准》(DB13/5161-2020) 的规定的 ≤5mg/m³、≤10mg/m³ 和 ≤50mg/m³ 的标准要求。

5) 浸出厂房废气

浸出厂房在进行预浸和氧压浸出过程中会有硫酸雾的产生，通过废气洗涤塔处理后，高空排放至大气稀释扩散，排放高度为 32m。

根据 2022 年监测年报中相关数据，废气洗涤塔硫酸雾排放浓度为 36.3mg/m³，排放速率为 0.218kg/h，满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中排放浓度 ≤45mg/m³、排放速率 ≤10.04kg/h 的二级标准的要求。

6) 其余厂房废气

萃取厂房、沉淀厂房和废水处理车间会有少量硫酸雾和氨气产生。由于生产过程主要在密闭的槽罐中进行，因此硫酸雾和氨气的排放量较少。根据沽源铀业 2022 年监测数据，萃取厂房、沉淀厂房和废水处理车间的硫酸雾排放浓度为 13.9~28.4mg/m³，排放速率为 0.013~0.040kg/h，满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中 ≤45mg/m³ 和 ≤8.8kg/h 的要求；氨气排放速率为 0.017~0.596kg/h，满足《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93) 表 2 中 ≤14kg/h 的要求。

3.1.3.2 废水

1) 工艺废水

现有工程产生的工艺废水主要为铀萃余水、钼饱和洗水、铀沉母液和钼酸沉母液等废水，总产生量为 $1460\text{m}^3/\text{d}$ ，全部进入废水处理车间处理，处理工艺为电石渣制浆→废水中和→固液分离→活性炭吸附。废水处理车间最大处理能力为 $1800\text{m}^3/\text{d}$ ，处理后全部回用于生产，不外排。

钼酸沉母液进入现有综合处理车间处理，处理工艺为中和预处理→汽提脱氨回收氨水。综合处理车间最大处理能力为 $120\text{m}^3/\text{d}$ 。处理后的钼酸沉母液回用于生产，不外排。

2) 矿坑涌水

目前露天采坑涌水量约为 $7.67\text{m}^3/\text{h}$ ，主要来自第四系松散层孔隙水，水中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 浓度为 $(0.0315\sim0.038)\text{mg/L}$ ，Mo 浓度为 $(0.21\sim1.01)\text{mg/L}$ ，其中 $4.53\text{m}^3/\text{h}$ 的涌水直接回用于生产，剩余 $3.14\text{m}^3/\text{h}$ 的涌水经废水处理车间，经活性炭吸附处理后回用于绿化降尘。

3) 生活污水

现有生活污水主要来自职工淋浴、洗衣等，产生量为 $236.5\text{m}^3/\text{d}$ ，进入生活污水处理设施处理，处理工艺为 AO 法+化学除磷+絮凝+过滤工艺。处理后水中 $\text{BOD}_5\leq 1.11\text{mg/L}$ ，氨氮 $\leq 2.75\text{mg/L}$ ，满足《城市污水再利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)相关要求后回用于厂区绿化和洒水降尘，不外排。

3.1.3.3 固体废物

1) 废渣

目前水冶过程会产生浸出渣、废水中和渣、和其他放射性废渣(净化渣、废活性炭、硅藻土渣等)，产生量分别为 25.62 万 t/a、13.34 万 t/a 和 1.23 万 t/a，以上全部运送至尾渣库进行堆存。尾渣库有效库容 630 万 m^3 ，从沽源铀业投产至今已累计存入废渣 167 万 m^3 ，目前剩余库容约 463 万 m^3 。

2) 废石场

目前废石场内共堆存露天开采产生的废石约 1800 万 t，约 688.4 万 m^3 。

大部分区域已进行覆土绿化，目前尚未覆盖区域的面积约 6.67 万 m²。废石场坡脚设置拦渣墙，以防废石流失洒落。

3) 废机油

在工艺设备运转和检修过程中会产生废机油，根据《国家危险废物名录》（2021 年版），废机油属于危险废物。目前废机油的产生量约 0.5t/a，全部装入废机油桶，储存在水冶厂现有的危险废物暂存间；同时，为防止存放期间发生泄漏，废机油桶全部放置在回收托盘内。废机油定期由有资质的单位进行处理。

4) 生活垃圾

目前沽源铀业工作人员总人数为 300 人，按每人 0.8kg/d 定额计算，则生活垃圾产生量约为 0.24t/d。生活垃圾统一收集，放在厂内指定地点，定期由环卫部门处置。

3.1.4 现有工程环保问题

现有工程产生的废气、废水和固体废物均采取了相应的治理措施，污染物的排放满足相关标准要求或得到妥善处置。根据 2022 年度生态环境部华北核与辐射安全监督站和省、市、县生态环境部门的例行监督检查结果，均未发现有环境污染重大隐患与流出物超标现象，已提出的整改意见均已落实。因此，现有工程满足环境保护要求。

3.2 本项目工程概况

3.2.1 项目名称

中核沽源铀业有限责任公司水冶综合技改项目。

3.2.2 项目性质

改扩建。

3.2.3 建设单位

中核沽源铀业有限责任公司。

3.2.4 建设地点

河北省张家口市沽源县西辛营乡。

3.2.5 生产规模

年处理铀钼矿石及常规浸出渣量 45 万 t，其中铀钼矿石年处理量 28

万 t, 常规浸出渣 17 万 t。水冶生产“111”产品***t/a 和钼酸铵产品 4573.68t/a。

3.2.6 服务年限

本项目服务年限为 9a。其中建设期 3a，生产期 6a。

3.2.7 工作制度

水冶厂每年运行 330d，每天 3 班，每班 8h。

3.3 本项目主要内容

本项目建设内容主要包括主体工程、储运工程、公用辅助工程和环保工程等。其中，主体工程为磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房、过滤及产品制备厂房等，储运工程为铀产品库和钼酸铵产品库，环保工程为工艺水处理和出渣厂房、矿坑水处理厂房、电石渣库等，具体见表 3.3-1。

表 3.3-1 本项目主要建设内容一览表

项目名称		建设内容
主体工程	磨矿厂房	新建 1 座磨矿厂房，位于现有粗碎厂房西侧，用于粗碎矿石的粗磨、细磨及分级，以及常规浸出渣的制浆。厂房为单层排架结构，尺寸 $48\text{m} \times 18\text{m} \times 12\text{m}$，占地面积 864m^2。 厂房侧面贴建 2 座中间矿仓，尺寸为 $\Phi 8\text{m} \times 8\text{m}$，与磨矿厂房形成整体，矿仓由皮带廊连接至现有粗碎厂房。 现有的磨矿厂房、中细碎厂房、筛分厂房进行拆除，拆除的旧设备运送至废旧金属库内储存，建筑垃圾运送至尾渣库堆存。
	絮凝厂房	新建 1 座絮凝厂房，位于现有浸出车间北侧，用于磨矿后矿浆的浓密和絮凝等。厂房为单层排架结构，尺寸 $36\text{m} \times 18\text{m} \times 18\text{m}$，占地面积 648m^2。 厂房北侧建设磨矿循环水池（$30\text{m} \times 6\text{m} \times 3\text{m}$），为地下式混凝土结构，内涂环氧树脂防腐层，并设置封盖。
	新浸出厂房	新建 1 座浸出厂房，位于现有磨矿厂房位置（现有磨矿厂房将拆除），用于絮凝后矿浆的酸性氧压浸出和改性等。厂房为单层排架结构，尺寸 $54\text{m} \times 21\text{m} \times 18\text{m}$ ，占地面积 1134m^2 。
	过滤及产品制备厂房	新建 1 座过滤及产品制备厂房，位于现有产品库和空压站位置（现有产品库和空压站将拆除），用以取代现有沉淀厂房的功能，用于浸出矿浆的固液分离、滤渣的制浆洗涤以及铀钼产品的制备。厂房整体为“L”形，双层结构，尺寸为长$\times$宽$\times$高=$70\text{m} \times 54\text{m} \times 18\text{m}$，占地面积 3780m^2。 浸出厂房东侧新建 4 座浸出液老化冷却槽，用以固液分离后浸出液的陈化，单个槽体尺寸为 $\Phi 12\text{m} \times 8\text{m}$，为不锈钢材质。
	现有浸出厂房	现有浸出厂房继续用于酸性氧压浸出，在压滤区布置氧压浸出余热回收利用的相关设备，作为水冶厂的供热和采暖中心。
	现有沉淀厂房	改造沉淀厂房，用作铀产品库和钼酸铵产品库。
储运工程	产品库	拆除现有产品库用以建设过滤及产品制备厂房，将现有沉淀厂房二层改造为铀产品库，将现有沉淀厂房一层改造为钼酸铵产品库。
公用辅助工程	生产调度楼	生产调度楼长 $\times$ 宽= $25.2\text{m} \times 7.5\text{m}$ ，为二层砖混结构的建筑物，本次将二楼部分墙体打通，改造为水冶厂自动化控制中心，新增 DCS 系统，对全厂工艺过程的自动监视和自动控制，并时新增通

项目名称		建设内容
		信和全厂监控设备。
	供电	供电依托水冶厂现有供电设施提供，对现有的 35kV 变电站进行增容。
	燃气锅炉	在现有锅炉房新增 1 台蒸发量为 10t/h 燃气锅炉及配套设施。
环保工程	工艺水处理和出渣厂房	新建 1 座工艺水处理和出渣厂房，位于尾渣库西南侧初期坝外，主要用于铀萃余水、钼饱和洗水和铀沉母液等工艺废水的处理，并进行浸出矿浆制浆洗水的过滤。厂房为双层结构，尺寸为长×宽×高=30m×18m×12m，占地面积 540m ² 。
	矿坑水处理厂房	新建 1 座矿坑水处理厂房，位于尾渣库初期坝附近，用于矿坑水中铀和钼的处理。厂房为单层混凝土排架结构，尺寸为长×宽×高=42m×15m×12m，占地面积 630m ² 。
	电石渣库	新建 1 座电石渣库，位于工艺水处理和出渣厂房西侧，用于电石渣的贮存和电石渣浆的配置，主要设备包括破碎机、制浆机和电石渣浆缓冲槽等。为单层混凝土排架结构，尺寸为长×宽×高=30m×18m×12m，占地面积 540m ² ，其中电石渣存贮面积 320m ² 。
	废气洗涤塔	新建 1 座废气洗涤塔，用于处理新建浸出厂房产生的硫酸雾，洗气塔尺寸为Φ1.8m×32m，采用清水喷淋的方式去除硫酸雾，喷淋水循环使用，不外排。
	通风设备	各新建厂房内均建设有通风系统或局部通风设备，采用轴流风机和离心风机等进行厂房通风，通风换气次数为 3~8 次/h。

3.4 总平面布置

3.4.1 总平面布置

本项目以现有生产设施布局为基础，在满足生产、使用、运输等条件上，根据铀矿冶工艺生产流程及要求，充分结合当地自然地形等条件进行布置。

水冶厂区内主要布置新建的磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房、过滤及产品制备厂房等设施，位于现有水冶厂北侧和西侧区域，整体呈南北向排布。各新建厂房利用厂区内现有道路连接，将各独立设施紧密构成一个整体。

新建的磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房紧邻现有的粗碎厂房布置，其中磨矿厂房位于粗碎车间西侧，絮凝厂房位于粗碎车间南侧，浸出厂房位于粗碎厂房西南侧。新建的过滤及产品制备厂房会替代现有沉淀厂房的功能，因此紧邻沉淀厂房西侧建设。上述布置方式具有工艺联系紧密、管线短捷、物流顺畅，占地紧凑、发展空间相对集中等优点。各水冶厂房在满足工艺需求的条件下，集中在水冶厂西北侧，尽可能的远离了周边居民点，降低对环境和居民生活的影响。

在尾渣库入口道路两侧分别建设工艺水处理及出渣厂房、电石渣库，可以减少浸出渣和废水中和渣的运输距离，降低了废渣运输过程中的潜在的环境风险。在尾渣库初期坝外新建矿坑水处理厂房，位于工艺水处理及出渣厂房东侧约 0.2km 处，矿坑涌水全部进行处理，进一步降低水中污染物浓度后回用与生产和绿化降尘。

本项目总平面布置图见图 3.4-1，水冶厂平面布置见图 3.4-2。

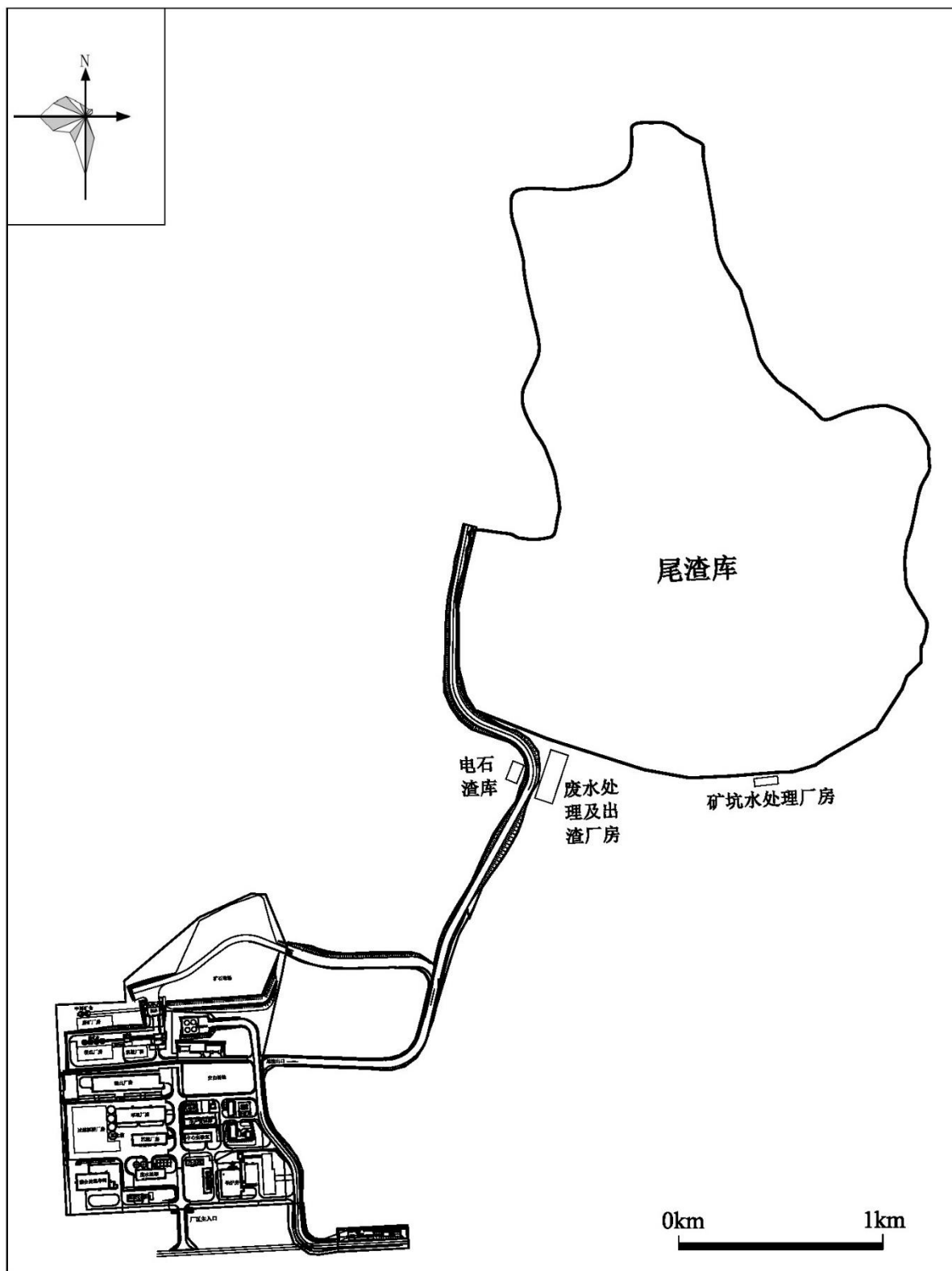


图 3.4-1 本项目总平面布置图

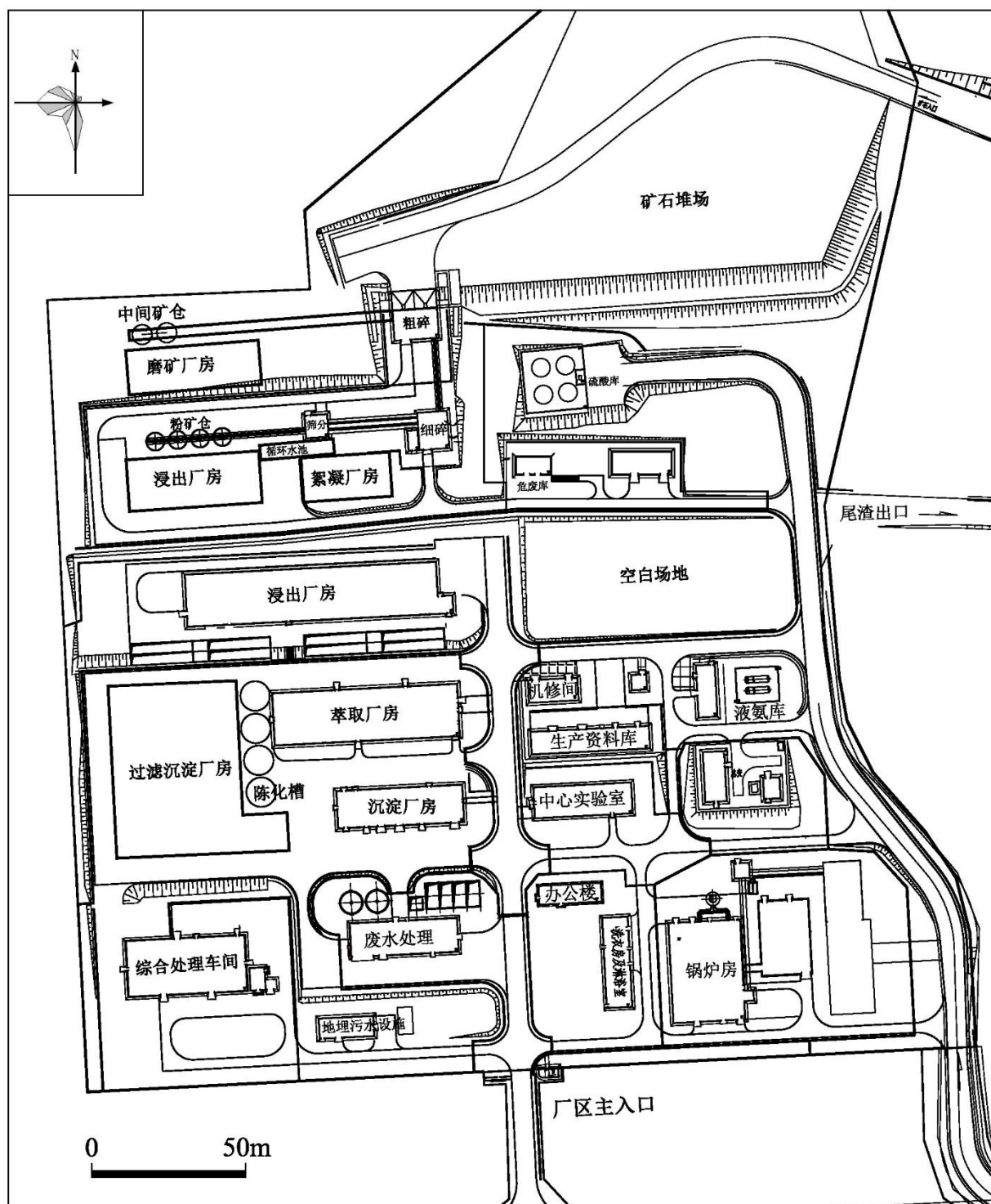


图 3.4-2 水冶厂平面布置图

3.4.2 运输道路

1) 运输道路

本项目矿石运输全部依托水冶厂内现有道路，不涉及厂外运输，厂内道路均已进行水泥硬化。

尾渣库和水冶厂间建设有运渣道路，采用水泥硬化路面，路面宽度约为5m。常规浸出渣、浸出渣、废水中和渣等废渣的运输可依托该运渣道路进行，运渣道路总长度约为0.65km。运渣道路示意图见图3.4-3。



图 3.4-3 运渣道路示意图

2) 运输方案及运输量

铀钼矿石的运输路线为：矿石堆场→运矿道路→粗碎厂房，常规浸出渣的运输路线为尾渣库→运渣道路→磨矿厂房，浸出渣、废水中和渣和废活性炭的产生地点为工艺水处理及出渣产房，可就近运送至尾渣库，其它废渣的

运输路线为水冶厂→运渣道路→尾渣库。物料运输量见表 3.4-1。

表 3.4-1 物料运输量

序号	货物名称	单位	运输量	运输方式
1	铀钼矿石	万 t/a	28.0	汽车
2	常规浸出渣	万 t/a	17.0	汽车
3	浸出渣、废水中和渣	万 t/a	98.32	汽车
4	其他废渣	万 t/a	2.01	汽车

运输过程采取控制运输车辆的装填量、采用密闭方式运输、控制车速等措施防止物料洒落。同时，在水冶厂和尾渣库内配备洗车器或洗车池，减少运输过程中的车轮及车厢沾污。并定期对道路进行监测和打扫，及时掌握放射性水平的变化情况。

3.5 工艺流程

3.5.1 工艺流程

本项目实施后的水冶工艺流程调整为：矿石粗碎→磨矿制浆→中性浓密→常压预浸→氧压浸出→过滤和洗涤→萃取和反萃取→“111”产品和钼酸铵产品。

1) 矿石粗碎

矿石经由给料器进入颚式破碎机，将矿石粗碎成粒度为 200mm 的小块矿石，随后经皮带运送至中间仓，通过中间仓内的给料机和皮带输送机送入半自磨机。

2) 磨矿制浆

在半自磨机中加入生产水，利用湿式半自磨方式对小块矿石进行研磨，制备半自磨矿浆，颗粒较大的矿石返回半自磨机继续研磨，矿浆进入湿式球磨机进行磨矿，磨矿粒度为 0.15mm。同时，来自尾渣库的常规浸出渣单独制浆，与铀钼矿石浆汇集后进入深锥浓密机。

3) 中性浓密

矿浆进入深锥浓密机后，加入絮凝剂加速矿体颗粒的聚集和沉降，在重力和矿体颗粒自身动能的共同作用下，矿浆中的矿体颗粒迅速沉降到达底部，实现矿浆的固液分离，沉降在浓密机底部的底流矿浆进入预浸工序，上

清液进入循环水池后回用于半自磨工序。

4) 常压预浸

底流矿浆进入预浸槽，利用后续闪蒸工序产生的蒸汽进行加热，使矿浆温度在 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，同时加入硫酸进行酸化，酸度保持在 $30\sim 35\text{g/L}$ ，预浸时间约 $1.0\sim 1.5\text{h}$ ，预浸矿浆通过进入氧压浸出工序。

5) 氧压浸出

预浸矿浆进入高压釜第一隔室进行氧压浸出，来自锅炉房的蒸汽送入高压釜第一隔室加热预浸矿浆，同时向高压釜内通入氧气。控制进釜液固比 $1.8\sim 2.0$ ，反应温度 $160\sim 165^{\circ}\text{C}$ ，反应釜总压力保持 $0.80\sim 0.90\text{MPa}$ ，反应时间为 1.5h ，进行连续氧压浸出。

氧压浸出完成后，浸出矿浆从高压釜进入闪蒸槽，闪蒸槽排出的蒸汽回用于常压预浸槽加热矿浆。闪蒸后的浸出矿浆进入矿浆冷却槽。

6) 过滤和洗涤

在冷却后的浸出矿浆中加入电石渣进行酸碱中和改性，随后由隔膜压滤机进行固液分离，滤液即为浸出液，全部进入滤液槽；滤饼进入制浆机，使用露天采场矿坑涌水进行制浆洗涤，洗涤后产生的渣浆泵送至新建的工艺水处理及出渣厂房进行固液分离，滤饼即为浸出渣，由运渣车就近运送至尾渣库堆存，滤液返回常压预浸工序回用。浸出液在澄清池静置 24h 后，加入双氧水进行电位调节，陈化 72h 并冷却降温后用进入真空转鼓过滤机进行检查过滤，为加强过滤效果，在浸出液中加入少量硅藻土。检查过滤完成后，滤液即为萃原液，进入萃原液缓冲槽内。滤渣主要为硅藻土滤渣，统一运至尾渣库堆存。

7) 萃取和反萃取

萃原液从缓冲槽自流进入萃取槽，以三脂肪胺（TFA）—磷酸三丁酯（TBP）—磺化煤油做萃取剂进行铀钼共萃取。萃原液中的铀钼共同进入饱和有机相内，随后对饱和有机相进行酸洗，将饱和有机相内的铀洗出形成酸洗水，酸洗水和共萃取产生的萃余水汇集后进入铀萃取工序。

酸洗后对饱和有机相进行水洗，水洗液进入工艺水与出渣厂房处理。在

水洗后的饱和有机相内加入氨水进行钼的反萃取，钼反萃取合格液中加入硫酸镁和硫酸铝进行一次净化，固液分离后一次净化渣运送至尾渣库堆存，滤液静置 24h 后加入活性炭进行二次净化，净化时间为 1h，二次净化后再次固液分离，二次净化渣运送至尾渣库堆存，滤液随后进入离子交换除钨系统去除滤液中的钨，除钨后形成钼酸沉原液，进入钼酸沉工序。钼反萃取后得到的钼贫有机相，继续返回铀钼共萃取使用。

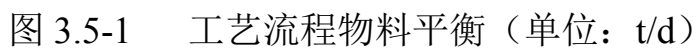
以三脂肪胺（TFA）—磷酸三丁酯（TBP）—磺化煤油做萃取剂，对萃余水和酸洗水中的铀进行萃取，萃余水进入工艺水和出渣厂房进行处理。配置碳酸钠溶液对饱和有机相中的铀进行反萃取，铀反萃取合格液进入后续的铀沉淀工序。铀反萃取后得到的铀贫有机相，继续返回铀萃取使用。

8) 产品制备

在钼酸沉原液中加入浓硫酸析出钼酸铵沉淀，利用真空抽滤缸进行固液分离，分离后的沉淀物即为钼酸铵湿产品，烘干并包装后进入钼产品库。分离出的钼酸沉母液经萃取和反萃取进一步回收溶液中残留的钼，钼酸沉母液反萃取合格液与前序工艺产生的钼反萃取合格液汇集。钼酸沉母液萃余水经中和汽提回收氨水后进入工艺水和出渣厂房处理，中和汽提过程中产生的中和汽提渣送入尾渣库堆存，回收的氨水回用于配置钼反萃取剂。

铀反萃取合格液中加入双氧水进行沉淀，同时加入氢氧化钠溶液维持 pH 稳定，沉淀完成后，沉淀浆体进行过滤，滤饼干燥后装入产品桶并运至产品库。铀沉母液返回配制碳酸钠溶液。

本项目工艺流程和物料平衡图见图 3.5-1，水平衡图见图 3.5-2。



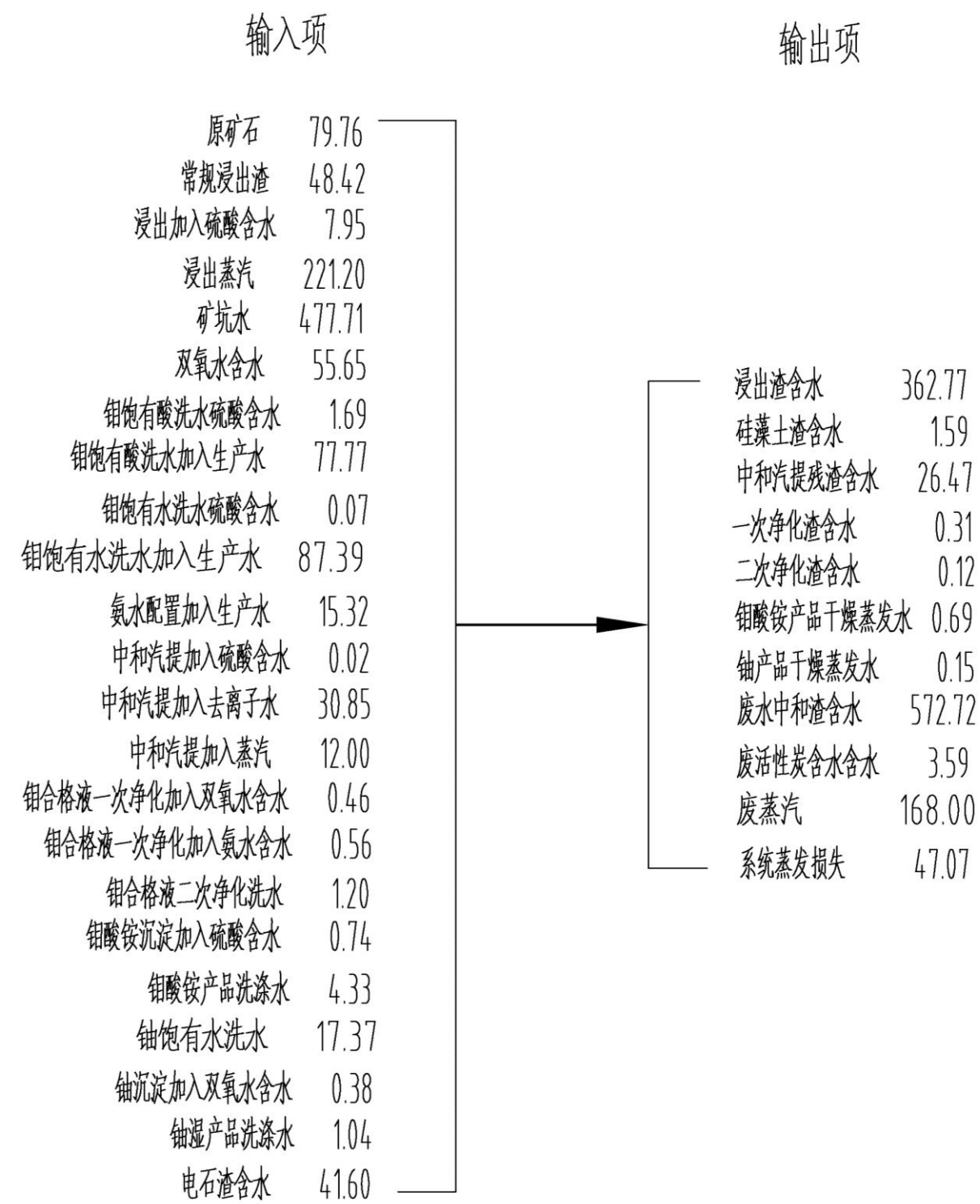


图 3.5-2 水平衡图（单位：t/d）

3.5.2 主要工艺参数

本项目主要工艺参数见表 3.5-1。

表 3.5-1 本项目主要工艺参数一览表

序号	参数名称	工艺参数
一、破碎磨矿		
1	原矿粒度	-500 mm
2	粗碎粒度	-200 mm
3	磨矿粒度	-65 目 $\geq$ 100%、-100 目 $\geq$ 90%
二、絮凝浓密		
1	浓密底流液固比	0.9:1
2	絮凝剂	3802.25xv
三、氧压浸出		
1	预浸矿浆液固比	1.9:1
2	预浸温度	80 $\pm$ 5 $^{\circ}$ C
3	浸出温度	162 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C
4	浸出压力	0.89MPa
5	闪蒸蒸汽压力	0.02 $\sim$ 0.081MPa
四、浸出矿浆改性		
1	改性剂	电石渣
2	改性终点余酸	25 $\pm$ 2g/L
五、浸出矿浆过滤、洗涤		
1	制浆洗涤液固比	1.3:1
2	过滤方式	厢式隔膜压滤机
六、浸出液陈化、调电位		
1	电位	460-500mv
2	陈化时间	72h
七、检查过滤		
1	检查过滤方式	硅藻土预涂真空转鼓过滤
2	过滤真空度	0.025 $\sim$ 0.055MPa
八、钼萃取		
1	萃取剂组成	7.5%TFA+15%TBP+77.5%磺化煤油
2	混合接触时间	3min
3	萃取方式	五段逆流
4	接触相比	O/A=1 $\sim$ 2:1
5	流比	O/A=1:6
九、钼饱有酸洗		
1	洗涤方式	三段逆流
2	混合接触时间	3min
十、钼饱有水洗		
1	洗涤方式	三段逆流
2	混合接触时间	3min
十一、反萃取钼		
1	反萃取剂	氨水
2	接触时间	5min

序号	参数名称	工艺参数
十二、钼反萃合格液过滤		
1	过滤方式	厢式隔膜压滤机
2	压榨压力	0.8~1MPa
十三、钼酸沉母液萃取		
1	萃取剂组成	7.5%TFA+15%TBP+77.5%磺化煤油
2	混合接触时间	3min
十四、酸沉母液反萃取		
1	接触时间	5min
2	反萃方式	四段逆流
3	接触相比	O/A=1~1.5:1
4	流比	O/A=12:1
十五、萃取后钼酸沉母液中和汽提		
1	回收氨水浓度	5%
2	蒸残渣过滤方式	板框压滤机
十六、钼反萃合格液一次净化		
1	硫酸镁	As、P 含量理论值的 1.3~2.0 倍
2	硫酸铝	合格液中 Si 总量理论值的 2.5-3 倍
3	双氧水	1.3L/m ³ 反萃合格液
十七、钼反萃合格液二次净化		
1	活性炭	7.5~10.0kg/m ³ 反萃合格液
2	洗水	去离子水
十八、钼酸铵沉淀		
1	反应终点 pH 值	2±0.2
2	洗水用量	0.36L/kg 钼酸铵产品
3	沉淀率	85%
十九、铀萃取		
1	萃取剂组成	7.5%TFA+15%TBP+77.5%磺化煤油
2	饱和有机相铀含量	≥3g/L
3	饱和有机相钼含量	≤0.1 g/L
二十、铀饱和水洗		
1	洗后饱和有机相铀含量	≥3g/l
2	洗后饱和有机相钼含量	~0.1 g/l
二十一、铀反萃取		
1	铀反萃合格液铀含量	≥13g/L
2	铀反萃液钼含量	3 g/L
二十二、铀产品沉淀		
1	双氧水消耗量	理论值的 1.1~1.5
2	沉淀率	99.5%
3	洗涤剂	生产水
二十三、废水中和		
1	中和沉淀 pH 值	8.0~8.5
2	中和渣过滤方式	板框压滤机

序号	参数名称	工艺参数
二十四、中和水除油		
1	活性炭点吸附容量	$\geq 900\text{mg/g}$
2	中和除油水油分含量	$\leq 10\text{mg/L}$
3	串联方式	2 塔串联
二十五、电石渣浆配制		
1	电石渣质量	氧化钙+氢氧化钙含量 $\geq 75\%$
2	电石渣粒度	$\leq 10\text{mm}$

3.6 主要辅助设施

3.6.1 给排水

本项目生产所需的新水用水量约 $516.12\text{m}^3/\text{d}$ 。水冶厂现有生产水源地为水冶厂东北 8.90km 处小脑包村附近，采用地下水作为供水水源。水冶厂现有高位水池一座，有效容积 1600m^3 ，平均分为两格，水量和水质可满足本项目需要。

本项目产生的工艺废水经处理后全部回用于生产，矿坑水经处理后部分回用于生产，部分用于降尘和绿化，因此无工艺废水外排。生活污水处理后用于绿化和降尘，不外排。

目前水冶厂内建设有排水沟，用以截留降水，排水沟末端与现有的回收池相连，雨水可经过排水沟汇集至回收池内。回收池尺寸为长 $\times$ 宽 $\times$ 深 $=9.5\text{m}\times 6.7\text{m}\times 3.0\text{m}$ ，总容积约为 190m^3 ，池体采用钢筋混凝土结构，池底和池壁刷涂 2cm 厚水泥砂浆防渗层。回收池内设有污水泵，可将汇集的雨水及时抽送至生产工序回用，不外排。

3.6.2 供电

本工程现有电源引自沽源县城 110kV 变电站，线路电压等级为 35kV ，线路全长约 40km 。本项目对水冶厂现有的 35kV 电源进行增容，将现有 35kV 变电站 6300kVA 变压器更换为 12500kVA 变电器。厂区内 10kV 线路采用电缆穿电气桥架沿架空管廊、穿管埋地敷设；低压线路采用电缆穿电气桥架沿架空管廊、穿钢管埋地敷设。厂区外 10kV 线路采用钢芯铝绞线架空敷设。

3.6.3 通信

本项目在生产调度楼设置一台 60 门数字程控电话交换总机和内部智能化网络系统，并设置工业电视监控系统和安全防范系统。

3.6.4 供暖

对于水冶厂区内的新建厂房，热源采用经工艺氧压余热换热和蒸汽换热制备的 70/50℃ 热水，换热站设在既有浸出厂房内，采用氧压余热换热和蒸汽换热两套换热机组，互为备用，并可实现联合供热。

对于距离较远的工艺水处理及出渣厂房、矿坑水处理厂房，热源采用经蒸汽换热制备的 70/50℃ 热水。换热站设在既有浸出厂房内，采用 2 台高效智能汽-水采暖换热机组，系统定压、温度、流量调节均由机组自动控制。

水冶厂区锅炉房现有 2 台燃气锅炉，单台额定蒸发量 10t/h。目前工艺用汽量约 7t/h，供暖最大用汽量约 7t/h。本项目建成投产后，工艺用汽量约 14t/h，供暖最大用汽量约 10t/h。为满足本项目建成后生产工艺及采暖用汽的需求，锅炉房内新增加一台燃气锅炉，额定蒸发量 10t/h，型号与现有锅炉一致。

3.6.5 生产调度楼

本项目将现有生产调度楼 2 楼进行改造，增加 DCS 系统主站（集散控制系统），可实现数据分析、视频监控、远程操控的功能，也可远程实现对露天采场和水冶厂的管理。全厂 DCS 控制分站等通过光纤环网的方式连接，便于全厂统一管理和监控；各子项、工段等设 DCS 系统分站。根据介质性质、操控要求等对仪表提出选型方案、防护的要求。

厂房内各槽、罐、泵等工艺设备及管路上设置液位、流量、压力和高低液位报警等监测装置，信号可传送至调度楼控制室 DCS 系统。

3.6.6 通风

在缓冲槽、配制槽、离子交换塔等设局部机械排风系统，维持设备负压，控制开口处风速 0.7m/s~1.5m/s，以控制有害物不扩散外逸，尽可能减少操作人员与有害物直接接触。当不能采用局部通风，或采用局部通风后达不到卫生标准要求时，设全面通风系统，换气次数在 3~8 次/h 之间。对排出硫酸雾、放射性气体的排风口，高出周围 50m 内最高建筑物屋脊 3m 以上。本项目新建水冶厂房通风量见表 3.6-1。

表 3.6-1 本项目新建水冶厂房通风情况

序号	厂房名称		换气次数 (次/h)	通风量 (m ³ /h)	通风方式
1	磨矿厂房		3	12950	全面通风
2	絮凝厂房		3	11700	全面通风
3	新浸出厂房	厂房通风	6	36300	全面通风
4		废气洗涤塔	/	13600	局部通风
5	过滤及产品制备厂房		8	57250	全面通风
6	工艺水处理及出渣厂房		3	32750	全面通风
7	矿坑水处理厂房		3	7200	全面通风
8	电石渣库		3	9700	全面通风

3.7 主要工艺设备

本项目主要新增工艺设备见表 3.7-1。

表 3.7-1 本项目主要新增工艺设备

序号	设备名称	主要技术（性能）指标或 规格要求	数量	单位	备注
一、磨矿厂房					
1	中间矿仓 V=500m ³	Φ8000×8000（锥高 7000mm）	2	台	碳钢
2	惯性振动给料机	GZG1603	2	台	
3	半自磨机	Φ5500×1800	1	台	
4	湿式溢流型球磨机	Φ3600×6000	1	台	
5	分级型水力旋流器组	3-FX610	1	组	
6	循环水池 V=500m ³		1	台	砼结构（折流）
二、絮凝浓密厂房					
1	深锥浓密机	Φ12000×8000（直段）	2	台	
2	絮凝剂配制系统	YJZB-12	1	套	
三、浸出厂房					
1	预浸槽 V=50m ³	Φ4000（内）×5300	3	台	2205 不锈钢
2	预浸矿浆缓冲槽	Φ5800（内）×6000	1	台	2205 不锈钢
3	加压氧浸反应釜	Φ3400×19000	1	台	钢衬铅、衬耐酸砖
4	闪蒸缓冲罐	Φ800	2	台	904L 不锈钢
5	闪蒸汽液分离槽	Φ4280×8000	1	台	904L 不锈钢
6	矿浆冷却槽	Φ6000×6000	2	台	2205 不锈钢
7	冷却后矿浆缓存槽	Φ6000×6000	1	台	2205 不锈钢
8	闪蒸废气回收系统	/	1	套	
9	洗气塔	Φ1800（2650）×23000	1	台	2205 不锈钢
四、过滤及产品制备厂房					
（一）、矿浆过滤					
1	矿浆缓冲槽	Φ4500×6500	4	台	钢衬耐酸砖

序号	设备名称	主要技术（性能）指标或规格要求	数量	单位	备注
2	絮凝剂配制系统	YJZB-12	1	套	
3	全自动隔膜压滤机	F=800m ² , XAZGF800-2000	10	台	
4	制浆机	NL120	5	台	2205 不锈钢
5	制浆洗涤槽	Φ4500×4000	5	台	钢衬耐酸砖
6	渣浆缓冲槽	Φ5000×7000	3	台	钢衬耐酸砖
7	浸出液陈化槽	Φ12000×8000	4	台	316L 不锈钢
8	浓密溢流缓冲槽	Φ4000×4000	2	台	316L 不锈钢
9	电位调节槽	Φ3000×3000	4	台	316L 不锈钢
10	澄清池	V=500m ³	8	台	利旧
(二)、钼产品制备					
1	钼合格液储槽	DN5000×7000（直段）	2	台	304 不锈钢
2	一次净化槽	φ2500×2500	3	台	304 不锈钢
3	厢式压滤机 F=80m ²	XAG80/1000	1	台	
4	二次净化槽 V=10m ³	φ2500×2500	3	台	304 不锈钢
5	厢式压滤机 F=80m ²	XAG80/1000	1	台	
6	二次净化滤液缓冲槽	φ4000×4000	5	台	304 不锈钢
7	制浆洗涤槽 V=10m ³	φ2500×2500	1	台	304 不锈钢
8	厢式压滤机 F=80m ²	XAG80/1000	1	台	
9	离子交换（除钨）系统		1	套	
10	酸沉反应罐 V=1.5m ³	φ1250×1250	8	台	2205 不锈钢
11	湿料仓 V=5m ³		2	台	304 不锈钢
12	微波干燥器		2	台	利旧 1 台
13	自动包装机		1	套	
14	钼沉淀母液储槽	φ4000×4000	2	台	304 不锈钢
(三)、铀产品制备					
1	双氧水沉淀搅拌罐	φ2000×2000	4	台	316L 不锈钢
2	高效浓密机	φ3000	2	台	316L 不锈钢
3	转鼓真空过滤机	F=5m ²	2	套	316L 不锈钢
4	湿料仓	V=5m ³	1	台	316L 不锈钢
5	微波干燥器		1	台	
6	自动包装系统	包装速度≥4 桶/h	1	套	
7	沉淀母液贮槽	φ3000×3000	1	台	316L 不锈钢
8	萃余水储槽	V=500m ³	1	台	砼结构，防腐
五、废水处理及出渣厂房					
(一)、浸出出渣					
1	洗后矿浆缓冲槽	Φ4500×6000	3	台	2205 不锈钢
2	厢式隔膜板框压滤机 F=800m ²	XAZGF800-2000	8	台	
3	滤液储槽 V=500m ³	16000×6000×5500	1	台	砼结构防腐
4	压榨水箱 V=30m ³	Φ3500×3500	1	台	Q235 钢

序号	设备名称	主要技术（性能）指标或规格要求	数量	单位	备注
(二)、工艺水处理					
1	废水缓冲槽 V=500 m ³	16000×6000×5500	1	台	混凝土衬防腐层
2	中和搅拌槽	Φ3200X3000	8	台	钢内衬 PO，搅拌 2205 不锈钢
4	厢式压滤机 F=500m ²	XAZF500-1600U	3	台	
5	中和水缓冲槽	9000×9000×5500	1	套	碳钢
6	中和水活性炭除油塔	Φ3000×7000	5	台	碳钢衬二层橡胶
7	除油水储槽 V=400m ³	8500×9000×5500	1	套	
8	制浆机	NL80	2	台	碳钢
9	电石渣浆缓冲槽	Φ4500×6000	2	台	Q235+2205 不 锈钢
10	废活性炭缓冲槽	Φ3000×5000	1	台	

3.8 主要原辅料

本项目主要原辅料用量见表 3.8-1。

表 3.8-1 本项目主要原辅料用量

序号	指标名称	单位	指标
1	原矿（干基）	t/a	280000
2	常规浸出渣（干基）	t/a	170000
3	工业硫酸（92.5%）	t/a	71716.66
4	液氧	t/a	27000
5	双氧水	t/a	18543.9
6	硅藻土	t/a	720
7	絮凝剂	t/a	90
8	三辛胺	t/a	209.7
9	磷酸三丁脂	t/a	72.45
10	磺化煤油	t/a	887.85
11	液氨	t/a	2948.14
12	硫酸镁	t/a	331.67
13	硫酸铝	t/a	47.91
14	碳酸钠	t/a	606.06
15	碳酸氢钠	t/a	129.87
16	氢氧化钠	t/a	34.63
17	电石渣	m ³ /a	90000
18	活性炭	t/a	495

3.9 运行期污染物产生及处理

3.9.1 放射性污染物

3.9.1.1 气载流出物

本项目气载流出物主要来自粗碎厂房、磨矿厂房、水冶车间、尾渣库等等，主要污染物为氡及其子体、放射性粉尘（主要包含 ^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb ）。

1) 粗碎厂房废气

铀钼矿石在进行粗碎过程中会有 ^{222}Rn 和放射性粉尘的产生。

(1) ^{222}Rn

在矿石粗碎过程中会有 ^{222}Rn 的产生，粗碎厂房内设置有通风装置， ^{222}Rn 经通风装置收集后，通过 15m 高的排气筒排放。根据《铀矿冶设施所造成的气态（载）放射性与毒性源项的确定》（EJ/T1090-1998），矿石破碎过程中 ^{222}Rn 的排放量为：

$$S_{\text{aR}}=10^6 \times M_{\text{a}} \times E_{\text{d}} \times C_{\text{n}} \quad (\text{式 3.9-1})$$

式中：

S_{aR} ——碎矿过程中 ^{222}Rn 的年排放量，Bq/a；

M_{a} ——年处理矿石总量，t/a；本项目铀钼矿破碎量为 28 万 t/a。

E_{d} ——碎矿过程中 ^{222}Rn 的排放因子；本项目取推荐值 0.1；

C_{n} ——矿石中 ^{226}Ra 的比活度，Bq/g； ^{226}Ra 的比活度计算公式为： $C_{\text{i}}=1.22 \times 10^4 \times \eta \times k$ ，其中 η 为矿石中天然铀的品位，本项目为***%； k 为铀钼平衡系数，本项目为 0.98。故 ^{226}Ra 的比活度为 4.22Bq/g。

根据计算结果，粗碎过程中 ^{222}Rn 的排放量为 $1.21 \times 10^{11}\text{Bq/a}$ ，比现有粗碎厂房的排放量增加了 $8.77 \times 10^{10}\text{Bq/a}$ 。

(2) 放射性粉尘

在矿石粗碎过程中会有放射性粉尘产生。根据沽源铀业现有的监测数据，粗碎厂房粉尘的产污系数约 0.3kg/t。

本项目矿石破碎量为 28 万 t/a（即 35.35kg/h），因此放射性粉尘产生量为 1.1kg/h。目前粗碎厂房在破碎机处设置有集气罩，通过局部通风系统排放至粗碎厂房现有脉冲除尘器处理，除尘效率为 99%，除尘后由 15m 高排气筒排放，排放量为 0.11kg/h。根据沽源铀业 2022 年的监测数据，除尘器

通风量为 $17672\text{m}^3/\text{h}$ ，排放浓度为 $6.22\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准的要求。

本项目矿石中 U 品位为***%，铀镭平衡系数取 0.98，因此，本项目粗碎厂房放射性粉尘中的核素排放量见表 3.9-1。

表 3.9-1 粗碎厂房放射性粉尘中核素排放量

序号	核素	排放量（Bq/a）
1	^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th	$3.62\text{E}+06$
2	^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb	$3.54\text{E}+06$

2) 水冶厂其他厂房废气

本项目水冶厂其他厂房包括磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房和过滤及产品制备厂房等，由于矿石或矿浆含有 ^{226}Ra ，其衰变产生 ^{222}Rn ，会通过设备与管道连接处等释放至厂房内。此外，磨矿厂房采用湿式磨矿，基本无放射性粉尘产生。

磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房和过滤及产品制备厂房均设有通风设备，采用全面通风的方式，将厂房内 ^{222}Rn 高于周围 50m 范围内最高屋脊 3m 以上排至大气稀释扩散。根据沽源铀业对现有厂房 ^{222}Rn 浓度的监测数据，本项目水冶厂其他厂房 ^{222}Rn 排放量见表 3.9-2。

表 3.9-2 本项目运行期水冶厂房 ^{222}Rn 的排放情况

序号	源项	^{222}Rn 排放浓度， Bq/m^3	通风量， m^3/h	排放时间，h/a	^{222}Rn 排放量， Bq/a
1	磨矿厂房	231	12950	7920	$2.37\text{E}+10$
2	絮凝厂房	231	11700		$2.14\text{E}+10$
3	浸出厂房	268	13600		$2.89\text{E}+10$
4	水处理及出渣厂房	268	32750		$6.95\text{E}+10$
5	过滤及产品制备厂房	66	57250		$2.99\text{E}+10$

3) 尾渣库废气

尾渣库废气主要为放射性粉尘和 ^{222}Rn 。

放射性粉尘主要来自常规浸出渣挖掘和装车过程，取渣时采用喷雾洒水抑尘措施，排放量较少，且放射性粉尘的逸散影响范围基本处于尾渣库范围内。因此，尾渣库废气影响主要来自尾渣滩面释放的 ^{222}Rn ，通过自然通

风的方式由大气稀释。尾渣库 ^{222}Rn 析出率为 $1.15\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，本项目运行期间末尾渣滩面面积为 30万 m^2 ，因此尾渣库 ^{222}Rn 释放量为 $1.09\times 10^{13}\text{Bq/a}$ 。

4) 气载流出物汇总

本项目气载流出物汇总表见表 3.9-3。

表 3.9-3 本项目气载流出物汇总表 单位: Bq/a

序号	排放点名称	^{222}Rn	^{238}U	^{234}U	^{226}Ra	^{230}Th	^{210}Po	^{210}Pb
1	尾渣库	$1.09\text{E}+13$	/	/	/	/	/	/
2	粗碎厂房	$1.21\text{E}+11$	$3.62\text{E}+06$	$3.62\text{E}+06$	$3.54\text{E}+06$	$3.62\text{E}+06$	$3.54\text{E}+06$	$3.54\text{E}+06$
3	磨矿厂房	$2.37\text{E}+10$	/	/	/	/	/	/
4	絮凝厂房	$2.14\text{E}+10$	/	/	/	/	/	/
5	浸出厂房	$1.27\text{E}+10$	/	/	/	/	/	/
7	水处理及出渣 厂房	$6.95\text{E}+10$	/	/	/	/	/	/
8	过滤及产品制 备厂房	$2.99\text{E}+10$	/	/	/	/	/	/

3.9.1.2 液态流出物

1) 工艺废水

本项目工艺废水主要为铀萃余水、钼饱和洗水、铀沉淀母液和钼酸沉母液。其中铀萃余水、钼饱和洗水和铀沉淀母液进入新建的水处理及出渣厂房处理，钼酸沉母液进入现有的综合处理车间处理。

(1) 铀萃余水、钼饱和洗水和铀沉淀母液

① 废水来源

铀萃余水、钼饱和洗水和铀沉淀母液产生量分别为 3534.26t/d 、 88.33t/d 和 4.94t/d ，体积分别为 $3334.21\text{m}^3/\text{d}$ 、 $83.33\text{m}^3/\text{d}$ 和 $4.66\text{m}^3/\text{d}$ 。废水中的污染物主要为 $\text{U}_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra ，废水中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 浓度为 4.61mg/L ， ^{226}Ra 浓度为 0.34Bq/L 。

② 处理措施

以上三种废水全部进入水处理及出渣厂房进行处理，处理工艺为电石渣制浆→废水中和→固液分离→活性炭吸附除油，工艺流程图见图 3.9-1。

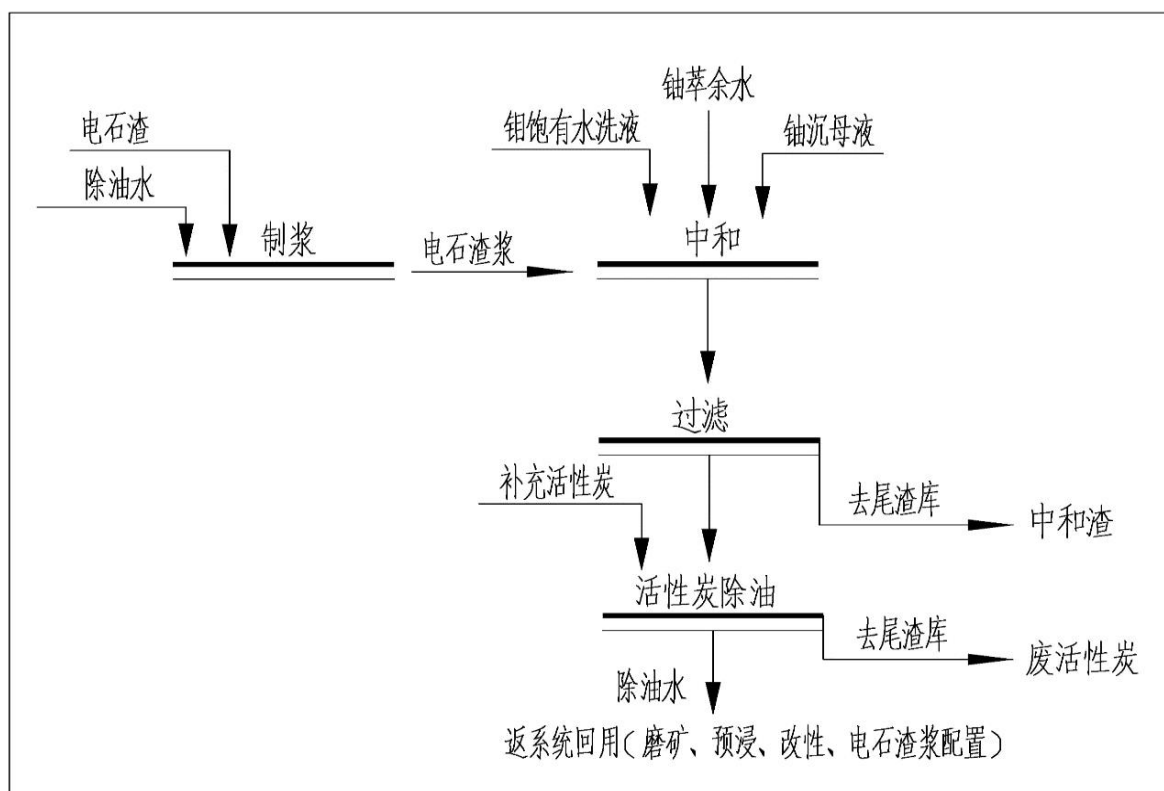


图 3.9-1 本项目工艺废水处理工艺流程图

电石渣制浆：将大块电石渣进行破碎后，加入后续活性炭吸附工序产生的除油水进行制浆。

中和：废水在进入水处理和出渣厂房后，在废水中加入电石渣浆（来自电石渣库，主要成分为氢氧化钙）进行酸碱中和，控制混合液的 pH 在 7.5~8.5。

固液分离：废水中和后进行板框压滤，滤渣即为废水中和渣，全部运送至尾渣库堆存。滤液进入活性炭除油塔。

活性炭吸附：滤液进入活性炭除油塔内吸附废水中的油分后回用于磨矿、预浸和电石渣浆配置等工序，不外排。

③主要工艺设备

本项目工艺废水处理主要设备表见表 3.9-4。

表 3.9-4 本项目工艺废水处理主要设备

序号	设备	尺寸/规格	数量	单位	备注
1	废水缓冲槽 $V=500\text{ m}^3$	$16000\times 6000\times 5500$	1	台	混凝土衬防腐层
2	中和搅拌槽	$\Phi 3200\times 3000$	8	台	钢内衬
3	厢式压滤机 $F=500\text{m}^2$	XAZF500-1600U	3	台	
4	检查过滤厢 $F=200\text{m}^2$	XAZF200-1250U	1	台	
5	检查过滤水缓存槽	$2100\times 9000\times 5500$	1	台	混凝土衬防腐层
6	中和水活性炭除油塔	$\Phi 3000\times 7000$,	5	台	碳钢衬二层橡胶
7	除油水储槽 $V=400\text{m}^3$	$8500\times 9000\times 5500$	1	套	
8	对辊破碎机	PSGL-20	1	台	
9	制浆机	NL80	2	台	碳钢
10	电石渣浆缓冲槽	$\Phi 4500\times 6000$	2	台	Q235 不锈钢搅拌
11	带式输送机	$B=800$, $L=5000$	1	台	
12	废活性炭缓冲槽	$\Phi 3000\times 5000$	1	台	

④废水处理效果

参照现有工艺废水处理车间出水水质，处理后废水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度为 0.019mg/L ， ^{226}Ra 浓度为 0.24Bq/L 。处理后全部回用于磨矿、预浸、改性和电石渣浆配置工序，不外排。

(2) 钼酸沉母液

钼酸沉母液产生量为 61.39t/d ，体积约为 $57.92\text{m}^3/\text{d}$ ，废水中主要污染物为 NH_4^+-N 和 Mo ，同时也含有少量的 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 。废水中 NH_4^+-N 浓度约为 53g/L ， Mo 浓度约为 4.06g/L ， $U_{\text{天然}}$ 浓度为 1.08mg/L ， ^{226}Ra 浓度为 0.01Bq/L 。

钼酸沉母液进入现有的综合处理车间进行处理，综合处理车间最大处理能力约为 $120\text{m}^3/\text{d}$ ，满足本项目废水处理需求。处理工艺为中和预处理→汽提脱氨回收氨水，工艺流程图见图 3.9-2。中和采用氢氧化钙和碳酸钠作为预处理沉淀剂，沉淀后的钼酸沉母液经汽提脱氨回收氨水、降低游离氨浓度后回用于磨矿工序，不外排。处理后废水中 $\text{NH}_4^+-\text{N}\leq 15\text{mg/L}$ 。

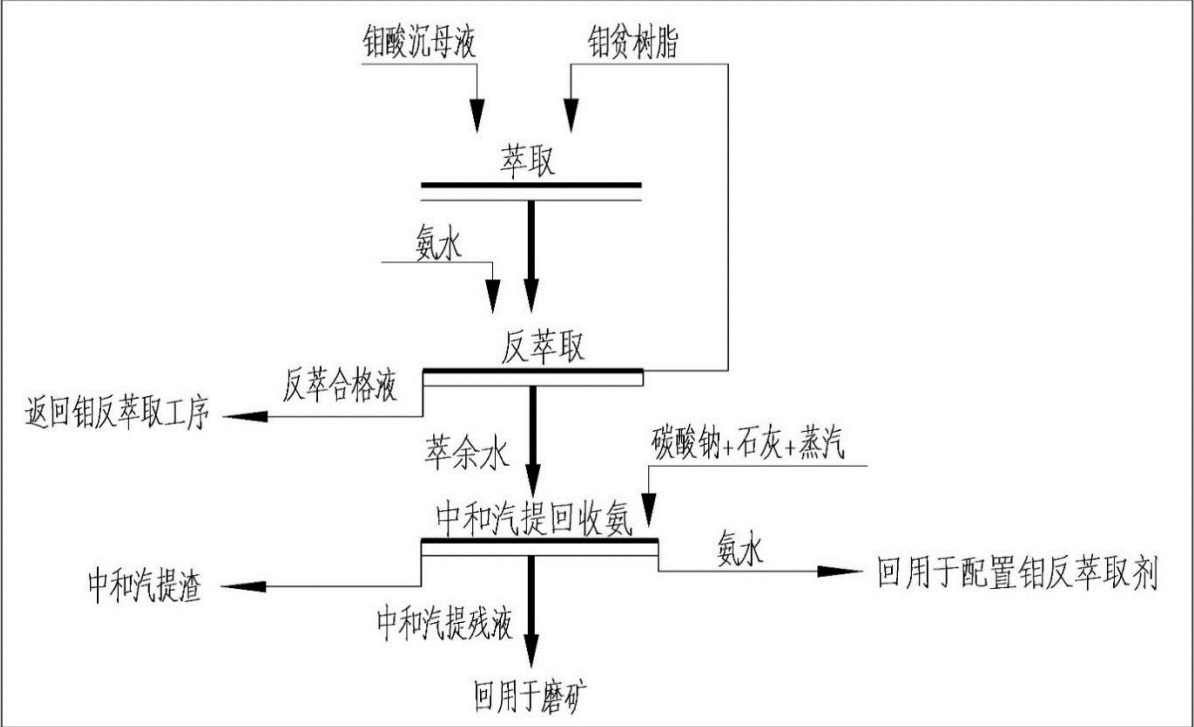


图 3.9-2 综合处理车间废水处理工艺流程图

2) 矿坑涌水

(1) 废水来源

目前露天采坑内仍有矿坑涌水产生，涌水量约为 7.67m³/h，主要来自第四系松散层孔隙水，水中含有一定量的 U_{天然} 和 Mo。其中 U_{天然} 浓度为 (0.0315~0.038) mg/L，Mo 浓度为 (0.21~1.01) mg/L。目前，矿坑涌水部分直接回用于生产，部分经过现有工艺废水处理设施处理后绿化降尘，为了进一步降低矿坑涌水中污染物浓度，本项目新建 1 座矿坑水处理厂房，用以处理矿坑涌水中的 U_{天然} 和 Mo。

(2) 处理措施

矿坑水处理厂房处理能力为 50m³/h，处理工艺为预处理→离子交换→淋洗→转型。工艺流程图见图 3.9-3。

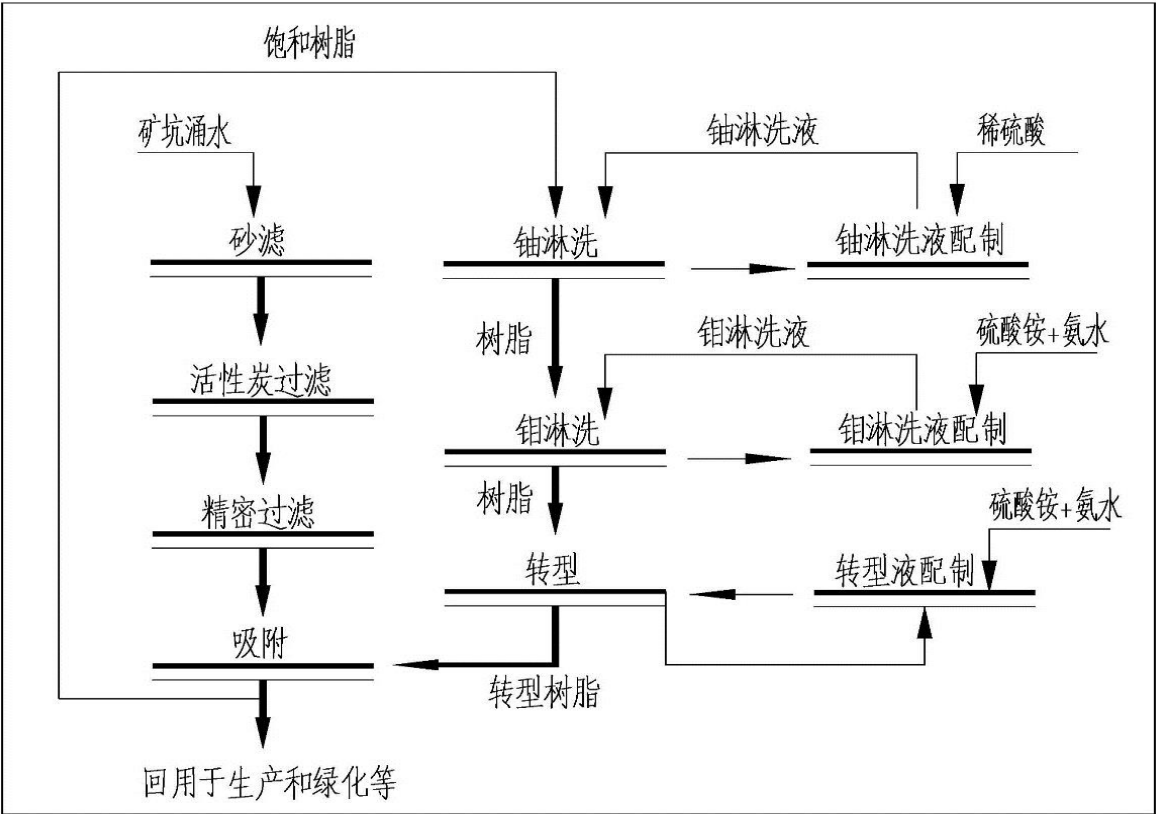


图 3.9-3 矿坑水处理工艺流程图

预处理：矿坑水首先进入砂滤罐，对原水进行一次过滤，再进入活性炭吸附罐，吸附水中的油分和部分 COD 后进入 5 μ m 袋式精密过滤器，过滤原水夹带的粉末活性炭及微粉石英砂等颗粒。

离子交换：经过预处理的矿坑水自上而下进入离子交换塔，经两塔串联吸附除去矿坑水中的铀和钼后，进入合格水槽暂存，随后返回浸出矿浆的制浆洗涤工序。

淋洗：树脂饱和后，首先使用 6%硫酸溶液作为铀淋洗剂，对树脂上吸附的铀进行淋洗，低浓度淋洗液返回淋洗剂槽循环使用直至饱和，饱和后进入铀合格液槽送水冶厂回收铀金属。淋洗铀后使用 0.2mol/L 的硫酸铵+5%氨水混合溶液淋洗钼，低浓度的钼淋洗液返回淋洗剂槽循环使用直至饱和，饱和后进入钼合格液槽送水冶厂回收钼金属。

转型：利用硫酸铵等配置转型剂，树脂进行转型后继续用于矿坑水的吸附处理。

浸出矿浆洗涤工序对于矿坑水的最大消纳能力为 4.53m³/h， 剩余

3.14m³/h 的矿坑水用于露天采场洒水抑尘和植被绿化。冬季露天采场关停，矿坑水回用途径减少，无法回用的矿坑水可暂时在露天采坑内贮存，随着涌水的冰冻，涌水量也会随之减少，待露天采场恢复生产后对贮存的矿坑水进行处理。

(3) 主要工艺设备和工艺参数

矿坑水处理主要工艺设备见表 3.9-5。

表 3.9-5 矿坑水处理主要工艺设备

序号	设备名称	主要技术（性能）指标或规格要求	数量	单位
1	吸附塔	Φ1800×7800	4	台
2	石英砂过滤器	Φ2600×4000	2	台
3	活性炭过滤器	Φ2600×4000	2	台
4	袋式过滤器	Φ 600×1750	2	台
5	原水槽	Φ3200×6000	2	台
6	合格水槽	Φ3200×6000	1	台
7	洗液槽	Φ2800×6000	2	台
8	铀淋洗剂搅拌槽	Φ3200×6000	1	台
9	钼淋洗剂搅拌槽	Φ3200×6000	1	台
10	再生剂搅拌槽	Φ2200×3000	1	台
11	硫酸铵搅拌槽	Φ2200×3000	1	台
12	铀钼合格液槽	Φ2800×6000	2	台

(4) 处理效果

根据沽源铀业 2020 年对矿坑水处理的相关试验研究，大孔强碱性苯乙烯系阴离子交换树脂对矿坑涌水中的铀具有高选择性，吸附去除率为 99% 左右，同时对钼也有吸附作用，吸附去除率约为 90%。矿坑涌水经吸附处理后，水中 $U_{\text{天然}} \leq 0.38\mu\text{g/L}$ ， $Mo \leq 0.1\text{mg/L}$ 。矿坑涌水处理后一部分回用于生产，剩余部分用于绿化降尘。

3.9.1.3 放射性固体废物

本项目产生的放射性固体废物主要为浸出渣、废水中和渣和其他放射性废渣。

1) 浸出渣

本项目浸出渣产生量为 60.52 万 t/a，运行期浸出渣总产生量为 363.12 万 t，浸出渣中 ^{238}U 含量为 1.20Bq/g， ^{226}Ra 含量为 8.11Bq/g。浸出渣与电石渣搅拌后进入尾渣库堆存，防止堆存时反酸。搅拌后对进行压实，滩面压实度不小于 0.9。

2) 废水中和渣

本项目废水中和渣产生量为 37.80 万 t/a，运行期总产生量为 226.80 万 t，废水中和渣中 ^{238}U 含量为 0.392Bq/g， ^{226}Ra 含量为 0.23Bq/g。废水中和渣全部运送至尾渣库堆存，堆存时与浸出渣分区堆存，禁止混合堆存。

3) 其他废渣

本项目运行会产生少量其他放射性废渣，包括净化渣、废活性炭、中和汽提渣和硅藻土渣，产生量分别为 0.07 万 t/a、0.17 万 t/a、1.60 万 t/a、0.17 万 t/a，放射性水平较低，全部运送至尾渣库，与废水中和渣一并堆存。

3.9.2 非放射性污染物

3.9.2.1 大气污染物

1) 浸出厂房

浸出厂房废气主要为硫酸雾，来自预浸和氧压浸出环节，根据现有浸出厂房的监测数据，硫酸雾的产污系数为 1.03kg/t。

本项目新建的浸出厂房硫酸使用量为 4.95t/h，因此硫酸雾的产生量为 5.1kg/h，本项目新建 1 座废气洗涤塔，采用清水喷淋方式吸收硫酸雾，去除效率约 90%，硫酸雾排放量为 0.51kg/h，废气洗涤塔排风量为 13600m³/h，因此排放浓度为 37.5mg/m³，排放高度为 32m，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准的要求。

2) 锅炉房废气

本项目新增 1 台燃气锅炉，与现有锅炉型号相同，锅炉废气中主要污染物为颗粒物、SO₂ 和 NO_x。

根据沽源铀业对锅炉废气的监测数据，废气中颗粒物排放浓度为 3.9mg/m³，排放速率为 0.026kg/h；SO₂ 排放浓度为 6.0mg/m³，排放速率为

0.040kg/h; NO_x 排放浓度为 28mg/m³, 排放速率为 0.1892kg/h。锅炉废气经由排气筒排放, 排放高度为 25m, 满足《锅炉大气污染物排放标准》(DB13/5161-2020) 的限值要求。

3) 其他厂房废气

过滤及产品制备厂房会产生少量硫酸雾和氨气, 工艺过程位于相对密闭的槽罐内, 因此排放量较少, 经由厂房内设置的通风系统收集后排放至大气环境, 满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中二级标准的要求和《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93) 表 2 标准要求。

工艺水处理及出渣厂房在进行电石渣破碎过程中会产生颗粒物, 由于电石渣自身含水率较高, 不易形成扬尘; 同时, 在破碎机处设置有水雾喷淋降尘装置, 可进一步降低颗粒物的产生。因此, 电石渣破碎过程中颗粒物的排放量较少, 能够满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中二级标准的要求。

3.9.2.2 非放射性废水

本项目产生的非放射性废水为工作人员产生的生活污水。本项目运行期不增加劳动定员, 生活污水总量为 236.5m³/d, 主要污染物为 BOD₅ 和氨氮等。

生活污水依托现有生活污水处理设施处理, 处理工艺为 AO 法+化学除磷+絮凝+过滤工艺。处理后水中 BOD₅≤1.11mg/L, 氨氮≤2.75mg/L, 满足《城市污水再利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020) 相关要求。处理后的生活污水回用于厂区绿化和洒水降尘, 不外排。

3.9.2.3 非放射性固体废物

本项目产生的非放射性固体废物主要为废机油和工作人员产生的生活垃圾。

本项目生产设备在运行和检修过程中会产生废机油, 废机油产生量约 1.0t/a, 全部存放在水冶厂现有的危险废物暂存间, 为防止存放期间发生泄漏, 废机油桶全部放置在回收托盘内, 定期由有资质的单位进行处理。

本项目不新增劳动定员, 工作人员总人数为 300 人, 按每人 0.8kg/d 定

额计算，则生活垃圾产生量约为 0.24t/d。生活垃圾统一收集，放在厂内指定地点，定期由环卫部门处置。

3.9.2.4 噪声

本项目噪声源主要为水冶厂房输送泵、离心泵、风机等，单机噪声源强均小于 98dB（A）。本项目主要噪声设备源强见表 3.9-6。

对于噪声的防治，各种设备均选用低噪声环保设备，对风机、水泵及空压机等采取隔声、减震措施，如泵类配置减震基座、工艺使用噪声设备均室内布置，风机旋转部分配置隔声罩等。噪声源强经处理后，经预测在厂界可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 1 类标准，即昼间≤55dB（A），夜间≤45dB（A）。

表 3.9-6 主要噪声设备源强

序号	产生地点	声源设备	声级，dB（A）
1	水冶厂房	风机	<90
2		泵类	<85
3		压滤机	<90
4		空压机	<98

3.10 废物最小化

放射性废物管理要求实施对所有废气、废水和固体废物的整体控制方案的优化和对废物从产生到处置与排放的全过程优化，力求获得最佳的经济、环境和社会效益，并有利于可持续发展。本项目生产过程中在管理和技术措施方面实现了废物最小化，具体体现在：

1）本项目使用湿式半自磨工艺替代现有工艺中的中细碎和筛分工序，减少了放射性粉尘的排放量。

2）新建浸出厂房设置有废气洗涤塔，采用清水喷淋工艺吸收预浸和氧压浸出时产生的硫酸雾，硫酸雾的去除效率达到 90%，减低了新增浸出厂房的硫酸雾排放量。

3）本项目新建工艺水处理及出渣厂房，工艺废水经处理后全部回用于生产。同时新建了矿坑水处理厂房，矿坑涌水全部进行处理，进一步降低水中污染物浓度后回用于生产和绿化降尘。实现了工艺废水和矿坑涌水的零

排放。

4) 生产线尽可能采用密闭设备和管线，并在装置设备管线连接处采用密封垫片，有效的减小了物料的无组织外逸。

5) 在尾渣库旁新建工艺水处理及出渣厂房，浸出厂房产生的浸出渣洗涤渣浆将泵送至该厂房进行固液分离，工艺废水的中和工序也将由现有的废水处理车间变更至该车间进行。因此，浸出渣和废水中和渣的排污节点由水冶厂变更至尾渣库外，缩短了浸出渣和废水中和渣的运输路线，降低了对现有运渣道路周边辐射环境的影响。

3.11 “三本帐”

根据章节 3.1.3 和章节 3.9 中的污染物排放情况的相关内容，本项目主要污染物“三本帐”一览表见表 3.11-1。由表可知，由于采用湿式半自磨工艺替代了现有的中细碎和筛分工艺，本项目实施后放射性粉尘排放量减少了 0.539t/a。由于本项目物料的处理总量增加，因此生产过程中 ^{222}Rn 和硫酸雾的排放量较技改前增加，增加量分别为 $2.00 \times 10^{12}\text{Bq/a}$ 和 4.039t/a，由于仅新增 1 台燃气锅炉，因此排放的颗粒物、 SO_2 和 NO_x 的增加量较少。

表 3.11-1 “三本帐”情况一览表

项目 分类	污染物名称	现有工程 排放量	以新带老 削减量	本项目建成后 排放量	变化量
废气	^{222}Rn (Bq/a)	1.07E+13	0	1.27E+13	2.00E+12
	放射性粉尘 (t/a)	1.409	0.539	0.870	-0.539
	硫酸雾 (t/a)	1.727	0	5.766	4.039
	颗粒物 (t/a)	0.206	0	0.309	0.103
	SO_2 (t/a)	0.317	0	0.475	0.158
	NO_x (t/a)	1.498	0	2.248	0.750
固体 废物	废渣 (万 t/a)	40.19	0	100.33	60.14

4 环境质量状况

4.1 监测目的

环境现状监测的目的是了解项目实施前评价区内环境质量状况，保留环境现状资料，以便项目完成并投入使用后，为制定常规环境监测方案和评价项目在正常运行时和事故排放时的放射性物质及环境影响提供对比依据。

4.2 本底水平

4.2.1 区域天然放射性本底

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），项目所在地河北省张家口地区的环境本底值如表 4.2-1 所示。

表 4.2-1 河北省张家口地区的环境本底值

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	3.3~40.8	/
	氡子体, $\times 10^{-8}$ J/m ³	1.54~11.4	/
地下水	U _{天然} , μ g/L	0.89~5.33	3.18
	²²⁶ Ra, mBq/L	3.2~6.0	4.5
土壤	U _{天然} , mg/kg	1.62~5.68	2.72
	²²⁶ Ra, Bq/kg	19.4~40.5	26.8
γ 辐射剂量率	γ 辐射剂量率, nGy/h	28.0~77.7	50.4

注：表内氡浓度及其子体为全国范围值。

4.2.2 建矿前本底

沽源铀业于 2006 年对矿区及周围环境进行了本底调查，根据《中核北方铀业有限公司 460 矿床铀钼综合回收矿冶项目环境影响报告书》（中核北方铀业有限公司，2007.11），建矿前环境本底状况见表 4.2-2。

表 4.2-2 建矿前环境本底调查数据

监测对象	监测项目	监测数据
地下水	U _{天然} , μ g/L	1.47~5.05
	²²⁶ Ra, mBq/L	8.78~16.75
土壤	U _{天然} , mg/kg	1.34~2.38
	²²⁶ Ra, Bq/kg	39.2~69.1

4.3 监测方案

4.3.1 监测内容

本项目监测由核工业东北分析测试中心进行，监测时间为 2023 年 2 月~3 月。核工业东北分析测试中心具有计量认证合格证的环境监测机构，CMA 证书编号为 180021121425，有效期至 2024 年 5 月 8 日，所出具的监测报告是有效的。

本次环境质量现状监测内容主要包括：

- 1) 空气：氡及氡子体、氡析出率、TSP、氨气、硫酸雾；
- 2) 陆地 γ：γ 辐射空气吸收剂量率；
- 3) 气溶胶：U_{天然}、²²⁶Ra、²¹⁰Po、²¹⁰Pb；
- 4) 地下水：U_{天然}、²²⁶Ra、²³⁰Th、²¹⁰Po、²¹⁰Pb、总 α、总 β、pH、氨氮、亚硝酸盐、氰化物、As、Hg、Cu、Cr⁶⁺、总硬度（以 CaCO₃ 计）、Pb、F⁻、Cd、Fe、Mn、Mo、高锰酸盐指数、Zn、K⁺、Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、CO₃²⁻、HCO₃⁻、SO₄²⁻、Cl⁻；
- 5) 土壤：²³⁸U、²²⁶Ra、pH、Hg、Cd、Pb、As、Cu、Cr、Cr⁶⁺、Zn、Ni；
- 6) 生物：U_{天然}、²²⁶Ra、²¹⁰Po、²¹⁰Pb；
- 7) 声环境：等效连续 A 声级。

环境质量现状监测方案见表 4.3-1，监测布点图见图 4.3-1。

表 4.3-1 环境质量现状监测方案

序号	监测介质	监测项目	监测位置	点位数(个)	备注
1	空气	氡及氡子体	①前张麻井、后井、四道沟、上火石； ②水冶厂、尾渣库、废石场、露采坑下风向边界处； ③对照点：西一棵。	9	每天 1 次，连续监测 3 天。
		TSP	①前张麻井、后井、四道沟、上火石；	5	每天 24h，连续 3d。
		硫酸雾、氨气	②对照点：西一棵。		每天 1h，连续 3d。
2	γ 辐射空气吸收剂量率		①前张麻井、后井、四道沟、上火石；	11	监测 1 次

序号	监测介质	监测项目	监测位置	点位数(个)	备注
			*②运矿道路、运渣道路每 200m 一个点位； ③水冶厂、尾渣库、废石场、露采坑下风向边界处各 1 个点位； ④对照点：西一棵。		
3	气溶胶	$U_{\text{天然}}$ 、总 α	①前张麻井、后井、上火石； ②水冶厂最大风频下风向边界处 1 个点位； ③对照点：西一棵。	5	监测 1 次
4	地下水	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{230}Th 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、总 α 、总 β 、pH、氨氮、亚硝酸盐、氰化物、As、Hg、Cu、 Cr^{6+} 、总硬度（以 CaCO_3 计）、 Pb 、 F^- 、Cd、Fe、Mn、Mo、高锰酸盐指数、Zn、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^-	①脑包底、前张麻井村、后井、四道沟、前房子、上火石、地下水 1； ②对照点：西一棵。	8	监测 1 次，同时记录水位。
5	土壤	^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、pH、Hg、Cd、Pb、As、Cu、Cr、 Cr^{6+} 、Zn、Ni	①前张麻井、后井、上火石； ②运矿道路附近农田、运渣道路附近农田； ③对照点：西一棵。	7	每个点位取 1 个混合样。
6	生物	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb	①前张麻井、后井、上火石； ②对照点：西一棵。	4	取植物样品
7	噪声	等效连续 A 声级	水冶厂厂界四周。	4	2d，每天昼夜各 1 次

*注：测量点位数量仅作示意，以实际监测数量为准。

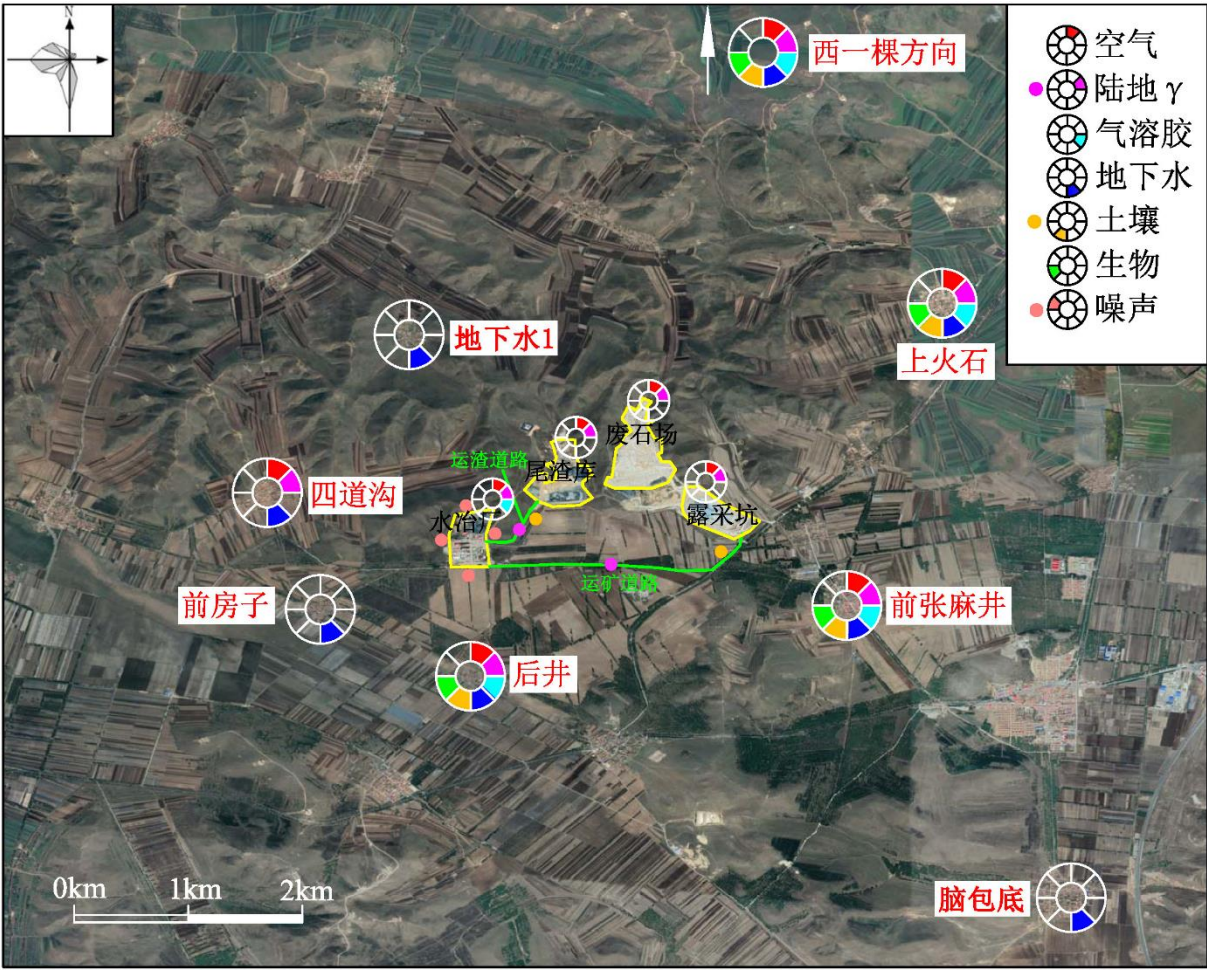


图 4.3-1 环境现状监测布点图

4.3.2 监测仪器及方法

测量方法采用国家和核工业领域颁布或推荐的标准测量方法。本项目现场监测内容和测量分析方法及监测仪器见表 4.3-2。

表 4.3-2 环境质量监测方法及仪器

监测 介质	监测 项目	监测方法依据	监测仪器	仪器型号	检出限
空气	^{222}Rn	HJ 1212-2021	电子氦气检测仪	RAD7	3.7Bq/m^3
	^{222}Rn 子体	EJ378-1989	α 测量仪	PC-1	10.2nJ/m^3
	$\text{U}_{\text{天然}}$	HJ840-2017	微量铀分析仪	MUA	0.02ng/m^3
	长寿命总 α	EJ/T1075-1998	α/β 测量仪	BH1216	0.05mBq/m^3
	^{226}Ra	GB/T13073-2010	镭氢分析仪	PC2100	$10\mu\text{Bq/m}^3$
	TSP	HJ1263-2022	电子天平	BS124S	$7\mu\text{g/m}^3$
	硫酸雾	HJ544-2016	离子色谱仪	CIC-D160	0.005mg/m^3
	氨	HJ 533-2009	可见分光光度计	722N	0.01mg/m^3

监测介质	监测项目	监测方法依据	监测仪器	仪器型号	检出限
氦析出率	氦析出率	EJ/T 979-1995	氦析出率仪	REM-III	0.001Bq/(m ² ·s)
γ 辐射剂量率		HJ1157-2021	x- γ 剂量率仪	6150AD	10nGy/h
地下水	U _{天然}	HJ700-2014	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	0.04 μ g/L
	²³⁰ Th	GB/T16141-1995	α 能谱仪	BH1324D	10mBq/L
	²²⁶ Ra	GB/T11214-1989	镭氡分析仪	PC2100	2mBq/L
	²¹⁰ Po	HJ813-2016	α 能谱仪	BH1324D	1mBq/L
	²¹⁰ Pb	EJ/T859-1994	二路低本底 α 、 β 测量仪	BH1216III	1mBq/L
	总 α	EJ/T1075-1998			0.005Bq/L
	总 β	EJ/T900-1994			0.01Bq/L
	CO ₃ ²⁻	DZ/T0064.49-2021	滴定管	25ml	5mg/L
	HCO ₃ ⁻				
	SO ₄ ²⁻	HJ84-2016	离子色谱仪	CIC-D160	0.018mg/L
	Cl ⁻				0.007mg/L
	F ⁻				0.006mg/L
	K ⁺	HJ776-2015	电感耦合等离子发射光谱仪	7300DV	0.07mg/L
	Na ⁺				0.03mg/L
	Ca ²⁺				0.02mg/L
	Mg ²⁺				0.02mg/L
	As	HJ700-2014	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	0.12 μ g/L
	Hg	HJ694-2014	原子荧光光度计	AFS230E	0.04 μ g/L
	Cu	HJ700-2014	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	0.08 μ g/L
	Cr ⁶⁺	GB/T 7467-1987	可见分光光度计	722N	4 μ g/L
	Pb	HJ700-2014	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	0.09 μ g/L
	Cd				0.05 μ g/L
	Fe	HJ776-2015	电感耦合等离子发射光谱仪	7300DV	0.01mg/L
	Mn	HJ700-2014	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	0.12 μ g/L
	Mo				0.06 μ g/L
	Zn				0.67 μ g/L

监测介质	监测项目	监测方法依据	监测仪器	仪器型号	检出限
	高锰酸盐指数	GB/T 11892-1989	滴定管	25ml	0.5mg/L
	总硬度	DZ/T0064.15-2021	滴定管	25ml	5mg/L
	氰化物	HJ484-2009	可见分光光度计	722N	0.001mg/L
	氨氮	HJ536-2009	可见分光光度计	722N	0.025mg/L
	亚硝酸盐	HJ84-2016	离子色谱仪	CIC-D160	0.005mg/L
	pH	GB/T6920-1986	酸度计	PHS-25	/
土壤	^{238}U	GB/T14506.30-2010	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	0.003 $\mu\text{g/g}$
	^{226}Ra	GB/T13073-2010	镭氡分析仪	PC2100	5Bq/kg
	^{210}Po	GB/T16141-1995	α 能谱仪	BH1324D	5Bq/kg
	^{210}Pb	GB/T11743-2013	高纯锗 γ 能谱仪	GEM-C7080-LB-C	10Bq/kg
	Cd	GB/T14506.30-2010	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	0.02 $\mu\text{g/g}$
	Hg	GB/T22105-2008	原子荧光光度计	AFS230E	2ng/g
	As	GB/T22105-2008	原子荧光光度计	AFS230E	0.01 $\mu\text{g/g}$
	Pb	GB/T14506.30-2010	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	0.1 $\mu\text{g/g}$
	Cr	HJ491-2009	原子吸收分光光度计	TAS-986 (F)	5 $\mu\text{g/g}$
	Cr^{6+}	HJ 1082-2019	原子吸收分光光度计	TAS-986 (F)	0.5 $\mu\text{g/g}$
	Cu	GB/T14506.30-2010	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	0.2 $\mu\text{g/g}$
	Ni	GB/T14506.30-2010	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	1 $\mu\text{g/g}$
	Zn	GB/T14506.30-2010	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350D	2 $\mu\text{g/g}$
	pH	HJ962-2018	酸度计	PHS-25	/
生物	$\text{U}_{\text{天然}}$	HJ840-2017	微量铀分析仪	MUA	0.1 $\mu\text{g/kg}$
	^{226}Ra	GB14883.6-2016	镭氡分析仪	PC2100	10mBq/kg
	^{210}Pb	GB/T16145-2020	高纯锗 γ 能谱仪	GEM-C7080-LB-C	10mBq/kg
	^{210}Po	GB14883.5-2016	α 能谱仪	BH1324D	5mBq/kg
噪声	噪声	GB12348-2008	多功能声级计	AWA6228+	23dB

4.3.3 质量保证

1) 参加监测单位是经过国家认证的单位；所有参加监测的技术人员均参加过专业培训，并持证上岗操作。

2) 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。

3) 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。

4) 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。

5) 样品分析结果的质量采用标样检查、重复检查等方法进行控制。分析所用的标准物质溯源到国家或国际标准。

6) 为保障监测结果的可靠性，实行全过程监测记录，包括采用记录、监测记录、质量控制记录、核查和对比分析记录、记录保管等方面的内容。

4.4 监测结果与分析

4.4.1 空气

1) 氡及氡子体浓度

本项目所在区域环境空气中氡及子体浓度监测结果见表 4.4-1。由该表可知，本项目周边居民点空气中的氡浓度为（7.58~8.91）Bq/m³，氡子体浓度为（16.4~21.1）nJ/m³，与对照点和张家口地区本底处于同一水平。

水冶厂、尾渣库、废石场、露采坑下风向边界处空气中的氡浓度为（16.2~39.4）Bq/m³，氡子体浓度为（32.6~61.2）nJ/m³。

表 4.4-1 环境空气中氡及子体浓度监测结果

序号	监测点位	氡浓度 (Bq/m ³)	氡子体浓度 (nJ/m ³)
1	前张麻井村	8.53~8.73	17.1~20.9
2	后井村	7.80~8.52	16.4~21.1
3	四道沟村	7.58~8.02	17.1~18.7
4	上火石	8.57~8.91	18.3~20.9
5	西一棵村（对照点）	8.06~8.63	16.4~16.9
6	水冶厂下风向边界处	16.2~16.5	32.6~40.0
7	尾渣库下风向边界处	37.1~39.4	57.2~61.2

序号	监测点位	氡浓度 (Bq/m ³)	氡子体浓度 (nJ/m ³)
8	废石场下风向边界处	17.8~19.1	39.4~44.4
9	露采坑下风向边界处	23.6~28.5	41.8~56.9
张家口地区本底		3.3~40.8	15.4~114

2) 气溶胶监测结果

本项目所在区域环境空气中气溶胶浓度监测结果见表 4.4-2。

由该表可知, 本项目周边居民点空气中 $U_{\text{天然}}$ 浓度为(2.84~3.05)ng/m³, 总 α 浓度为(0.12~0.14) mBq/m³, 均与对照点基本处于同一水平。

水冶厂最大风频下风向边界处空气中 $U_{\text{天然}}$ 浓度为(4.74~5.20) ng/m³, 总 α 浓度为(0.20~0.22) mBq/m³。

表 4.4-2 环境空气中气溶胶浓度监测结果

序号	监测点位	$U_{\text{天然}}$ (ng/m ³)	总 α (mBq/m ³)
1	前张麻井村	2.93~3.05	0.13~0.14
2	后井村	2.84~2.93	0.12~0.13
3	上火石	2.86~2.97	0.12~0.13
4	西一棵(对照点)	2.68~2.84	0.10~0.11
5	水冶厂最大风频下风向边界处	4.74~5.20	0.20~0.22

3) TSP

本项目周边环境空气中 TSP 浓度监测结果见表 4.4-3。由该表可知, 本项目周边居民点的 TSP 日均浓度为(121~141) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准限值要求。

表 4.4-3 本项目周边环境空气中 TSP 浓度监测结果

序号	监测点位	监测结果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	前张麻井村	137~141
2	后井村	125~138
3	四道沟村	121~128
4	上火石	133~140
5	西一棵(对照点)	124~128
GB3095-2012 标准限值		300

4) 硫酸雾、氨气

本项目周边居民点环境空气中硫酸雾、氨气浓度监测结果见表 4.4-4。

由该表可知，本项目周边居民点的硫酸雾浓度为（7~10） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氨气浓度为（50~90） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，硫酸雾和氨气浓度均满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D 浓度参考限值要求。

表 4.4-4 本项目周边环境空气中硫酸雾、氨气浓度监测结果

序号	监测点位	监测结果（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	
		硫酸雾	氨气
1	前张麻井村	9~10	70~80
2	后井村	8~10	80~90
3	四道沟村	7~8	50~60
4	上火石	8~9	60~70
5	西一棵（对照点）	6~7	50~60
《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）		300	200

4.4.2 γ 辐射剂量率

本项目所在区域 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果见表 4.4-5。

由该表可知，本项目周边居民点 γ 辐射剂量率为（64~78） nGy/h ，与对照点和张家口地区本底处于同一水平。

水冶厂、尾渣库、废石场、露采坑以及运渣公路 γ 辐射剂量率为（92~172） nGy/h 。

表 4.4-5 本项目周边环境空气中 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位	监测结果（ nGy/h ）
1	前张麻井村	78
2	后井村	64
3	四道沟村	69
4	上火石	76
5	西一棵（对照点）	79
6	运矿道路	92
7	运渣道路	142
8	水冶厂下风向边界处	123
9	尾渣库下风向边界处	172

序号	监测点位	监测结果 (nGy/h)
10	废石场下风向边界处	121
11	露采坑下风向边界处	107
张家口地区本底		28.0~77.7

4.4.3 地下水

本项目周边地下水中放射性核素监测结果见表 4.4-6，非放射性监测结果见表 4.4-7。

由表 4.4-6 可知，本项目周边居民点和尾渣库下游监测井地下水体中 $U_{\text{天然}}$ 浓度范围值在 (2.40~7.62) $\mu\text{g/L}$ 之间， ^{226}Ra 浓度范围值为 (6.23~8.08) mBq/L ，与建矿前本底和张家口地区本底处于同一水平。 ^{230}Th 浓度均未检出。总 α 浓度范围值为 (0.073~0.30) Bq/L ，总 β 浓度范围值为 (0.15~0.35) Bq/L ，均符合《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-2017) 中 III 类标准要求。 ^{210}Po 浓度范围值为 (2.17~3.42) mBq/L ， ^{210}Pb 浓度范围值为 (2.41~3.67) mBq/L ，与对照点基本处于同一水平。

由表 4.4-7 可知，本项目地下水中非放射性监测指标均符合《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-2017) 中 III 类标准要求。

表 4.4-6 地下水放射性核素含量分析结果

序号	监测点位	U _{天然} (μg/L)	²²⁶ Ra (mBq/L)	²³⁰ Th (mBq/L)	总 α (Bq/L)	总 β (Bq/L)	²¹⁰ Po (mBq/L)	²¹⁰ Pb (mBq/L)
1	脑包底	2.40	6.24	<10	0.073	0.15	2.17	2.41
2	前张麻井村	2.54	7.25	<10	0.078	0.16	2.64	2.70
3	上火石	6.74	6.23	<10	0.30	0.35	3.42	3.67
4	后井村	5.84	8.08	<10	0.24	0.29	3.23	2.48
5	前房子村	6.77	7.93	<10	0.21	0.25	2.48	2.47
6	四道沟村	4.90	7.07	<10	0.19	0.22	2.38	2.74
7	地下水 1	5.60	7.95	<10	0.17	0.20	3.35	3.51
8	西一棵村（对照点）	7.62	7.91	<10	0.27	0.31	3.47	3.36
建矿前本底		1.47~5.05	8.78~16.75	—	—	—	—	—
《中国环境天然放射性水平》（2015 年）张家口地区井水 /GB/T 14848-2017 中Ⅲ类标准		0.89~5.33	3.2~6.0	—	0.5	1.0	—	—

表 4.4-7 地下水非放射性环境质量监测结果

序号	监测点位	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
1	脑包底	<5	220	53.45	50.52	0.44	1.43	19.94	138	20.73	7.77
2	前张麻井村	<5	190	31.90	13.69	0.57	1.07	12.60	61.82	10.88	7.79
3	上火石	<5	242	64.72	75.71	0.48	1.74	64.39	125	29.86	7.87
4	后井村	<5	275	40.48	47.47	0.66	1.30	28.19	110	21.00	7.93
5	前房子村	<5	330	62.15	33.04	0.56	2.54	25.98	133	26.78	7.85
6	四道沟村	<5	320	18.09	34.28	0.50	0.84	21.78	95.32	17.35	8.12
7	地下水 1	<5	302	24.90	84.31	0.67	6.81	29.05	116	20.40	7.83
8	西一棵（对照点）	<5	362	91.65	109	0.60	1.29	43.94	127	21.62	7.83
建矿前本底		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
GB/T 14848-2017 中Ⅲ类标准		—	—	250	250	1	—	—	1000	200	6.5~8.5

续表 4.4-7 地下水非放射性环境质量监测结果

序号	监测点位	As	Hg	Cu	Cr ⁶⁺	Pb	Cd	Fe	Mn	Mo	Zn
		μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L
1	脑包底	1.01	0.059	0.95	<4	0.29	0.11	0.059	1.88	3.22	6.17
2	前张麻井村	2.00	0.057	0.72	<4	1.06	0.27	0.013	3.32	1.74	7.34
3	上火石	4.05	0.065	0.87	<4	0.27	0.13	0.068	2.62	2.11	3.86
4	后井村	3.08	0.065	0.77	<4	0.31	0.22	0.056	2.24	2.34	2.73
5	前房子村	1.52	0.056	0.93	<4	1.06	0.17	0.070	2.15	1.60	4.19
6	四道沟村	0.52	0.063	0.76	<4	0.28	0.22	<0.01	0.35	1.06	4.65
7	地下水 1	3.99	0.066	1.68	<4	0.50	0.35	0.040	11.01	3.96	1.56
8	西一棵（对照点）	2.03	0.054	1.20	<4	0.17	0.14	0.037	8.71	1.23	3.15
GB/T 14848-2017 中Ⅲ类标准		10	1	1000	50	10	5	0.3	100	70	1000

续表 4.4-7 地下水非放射性环境质量监测结果

序号	监测点位	高锰酸盐指数	总硬度 (以 CaCO_3 计)	氰化物	氨氮 (以 N 计)	亚硝酸盐 (以 N 计)
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	脑包底	<0.5	430	<0.001	0.032	0.012
2	前张麻井村	<0.5	199	<0.001	<0.025	<0.005
3	上火石	<0.5	436	<0.001	0.045	0.021
4	后井村	<0.5	362	<0.001	0.035	<0.005
5	前房子村	<0.5	418	<0.001	0.032	<0.005
6	四道沟村	<0.5	309	<0.001	<0.025	<0.005
7	地下水 1	1.43	373	<0.001	0.036	0.013
8	西一棵 (对照点)	<0.5	407	<0.001	0.042	0.010
GB/T 14848-2017 中III类标准		—	—	0.05	0.50	1

4.4.4 土壤

土壤中放射性指标监测结果见表 4.4-8，土壤中非放项目监测结果见表 4.4-9。

由表可知，本项目周边居民点土壤中 $U_{\text{天然}}$ 含量为（1.70~4.82） $\mu\text{g/g}$ ， ^{226}Ra 含量为（19.36~66.47） Bq/kg ， ^{210}Pb 含量为（40.22~74.21） Bq/kg ， ^{210}Po 含量为（39.46~75.73） Bq/kg ，与建矿前土壤本底基本处于同一水平。

本项目周边居民点土壤中各项非放监测指标满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》污染风险筛选值的标准要求。

表 4.4-8 土壤中放射性指标监测结果

序号	监测点位	$U_{\text{天然}}$ ($\mu\text{g/g}$)	^{226}Ra (Bq/kg)	^{210}Pb (Bq/kg)	^{210}Po (Bq/kg)
1	前张麻井村	1.70	19.36	40.22	39.46
2	上火石	4.36	50.57	65.36	64.63
3	后井村	2.67	63.23	67.68	64.04
4	运渣道路北侧土壤	4.82	61.84	74.21	75.73
5	运渣道路南侧土壤	4.39	66.47	73.11	72.89
6	运矿道路北侧土壤	3.12	31.27	70.39	60.89
7	运矿道路南侧土壤	3.67	65.57	70.45	65.99
8	西一棵村（对照点）	1.64	47.95	52.68	43.61
建矿前本底		1.34~2.38	39.2~69.1	—	—
张家口地区本底		1.62~5.68	19.4~40.5	—	—

表 4.4-9 土壤中非放射性指标监测结果

序号	采样地点	pH	As (mg/kg)	Hg (μg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr ⁶⁺ (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
1	前张麻井村	8.64	4.88	15.76	19.99	0.051	7.45	19.58	0.51	26.97	6.15
2	上火石	8.70	6.93	38.30	39.08	0.077	10.72	20.88	0.65	26.42	17.20
3	后井村	8.62	3.35	32.44	27.23	0.049	10.38	18.49	0.70	28.59	10.52
4	运渣道路北侧土壤	7.87	8.50	58.50	37.36	0.042	14.33	44.48	<0.5	146	14.82
5	运渣道路南侧土壤	7.51	8.89	56.18	39.23	0.043	14.23	43.71	0.59	180	14.74
6	运矿道路北侧土壤	8.22	5.81	28.93	21.36	0.047	8.09	18.85	0.61	35.50	8.16
7	运矿道路南侧土壤	7.99	5.23	35.53	24.23	0.041	8.96	19.11	0.58	26.78	8.75
8	西一棵村（对照点）	8.66	5.94	31.02	25.36	0.046	10.10	19.50	0.61	28.84	9.42
GB15618-2018 污染风险筛选值		>7.5	25	3400	250	0.6	100	170	—	300	190

注：取样为旱地土壤。

4.4.5 生物样

生物样品监测结果见表 4.4-10。由该表可知，本项目周边居民点处生物样品中 $U_{\text{天然}}$ 含量为(0.0017~0.0025)mg/kg, ^{226}Ra 含量为(0.070~0.13)Bq/kg, ^{210}Po 含量为 (0.12~0.18) Bq/kg, ^{210}Pb 含量为 (0.11~0.14) Bq/kg, 均与对照点处于同一水平。

表 4.4-10 生物样品中放射性核素浓度监测结果

序号	监测点位	样品类型	$U_{\text{天然}}$	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po
1	前张麻井村	牧草	0.0025	0.13	0.12	0.12
2	后井村		0.0017	0.085	0.11	0.18
3	上火石		0.0022	0.070	0.14	0.13
4	西一棵（对照点）		0.0023	0.12	0.12	0.13

注： $U_{\text{天然}}$ 单位为 mg/kg，其余单位为 Bq/kg。

4.4.6 噪声

噪声监测结果见表 4.4-11。由表可知，水冶厂厂界四周昼间噪声值为 (48~50) dB (A)，夜间噪声值为 (36~39) dB (A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 1 类标准要求。

表 4.4-11 环境噪声监测结果

序号	监测地点	监测结果	
		昼间 dB(A)	夜间 dB(A)
1	水冶厂北厂界	49	36~37
2	水冶厂西厂界	49~50	38~39
3	水冶厂南厂界	48	38~39
4	水冶厂东厂界	49~50	36~37
《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准		55	45

5 施工期环境影响

5.1 施工期环境影响因素

5.1.1 大气环境影响因素

施工期大气污染物主要为施工扬尘和施工机械烟气。

本项目施工是在现有地表设施基础上进行的，整个项目的建设阶段，要进行平整土地、挖土填方、拆除部分生产设施（如磨矿厂房、空压机房等），并新建絮凝厂房、浸出厂房等，在各项工程的施工过程中都会产生扬尘，将对施工场地附近的环境空气造成一定的影响。施工场地的扬尘主要包括汽车行驶及其他机械运行时的扬尘、挖填方扬尘、堆料场的起风扬尘及装卸水泥、砂石料等作业扬尘。

此外，机械设备在施工过程中会排放烟气或汽车尾气，其中主要污染物为 SO_2 、 NO_x 和颗粒物。建筑工程机械类排放烟气中 SO_2 和 NO_x 排放量分别为 $0.012\text{t}/\text{台}\cdot\text{a}$ 和 $0.833\text{t}/\text{台}\cdot\text{a}$ 。保守估计，本项目施工期大型机械设备同时运行最大数量约 20 台，则 SO_2 和 NO_x 排放量约 $0.24\text{t}/\text{a}$ 和 $16.66\text{t}/\text{a}$ 。机械烟气颗粒物排出，施工场地推土机、挖掘机等机械设备使用优质柴油作为原料，在内燃机充分燃烧后，颗粒物产生量较少。

5.1.2 地表水环境影响因素

施工期的废水主要为施工废水和施工人员生活污水。

1) 施工废水

施工废水主要为设备清洗和水泥养护排水，排放量较小，主要污染因子为 SS。

2) 生活污水

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 BOD_5 、氨氮等，其浓度分别约 $20\text{mg}/\text{L}$ 和 $10\text{mg}/\text{L}$ 。

5.1.3 固体废物环境影响因素

施工期的固体废物排放主要来自拆除部分生产设施产生的污染建筑垃圾及污染设备管线、新建厂房产生的少量施工建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

1) 污染建筑垃圾及设备

施工期拆除磨矿厂房（含内部软锰矿仓）、中细碎厂房、筛分厂房、空压机房和产品库共计 5 座建（构）筑物，同时拆除上述厂房内相关工艺生产设备，产生少量的污染建筑垃圾和污染设备。

2) 施工建筑垃圾和生活垃圾

施工建筑垃圾主要包括混凝土、残砖断瓦、破残的瓷片、玻璃、钢筋头、金属碎片、塑料碎粒以及装修垃圾等；施工生活垃圾主要是施工人员日常施工作业产生的。

5.1.4 声环境影响因素

本项目建设施工期对声环境影响噪声源主要是施工机械和运输车辆，包括推土机、挖掘机、装载机、混凝土搅拌机、空压机、压路机和电锯等。机械不同，所产生的噪声强度有所不同，施工期噪声源项详见表 5.1-1。

表 5.1-1 施工期主要噪声源强 dB (A)

序号	噪声源名称	最高噪声级	测量距离 (m)
1	推土机	84.0	5
2	挖掘机	84.0	5
3	装载机	85.0	5
4	混凝土搅拌机	80.0	5
5	空压机	98.0	1
6	压路机	80.0	5
7	起重机	95.0	1
8	电锯	100	1

5.1.5 生态环境影响因素

本项目施工期磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房、过滤及产品制备厂房和产品库均位于现有水冶厂内进行新建或改造。厂外主要新建工艺水处理及出渣厂房、电石渣库和矿坑水处理厂房，均位于尾渣库初期坝周边，占地区域内无重要物种及生态敏感区分布，随着施工场地开挖、填方、平整，原有的地表植被受到破坏，土壤松动，生态系统受到轻微干扰。

5.2 施工期非放射性环境影响分析与评价

5.2.1 大气环境影响分析与评价

1) 施工扬尘

本项目施工期在进行建（构）筑物拆除和新建和场地平整过程中会产生一定量的施工扬尘。随着距离的增加，TSP 浓度迅速减小，其影响范围一般在仅在下风向 150m 范围内，在 200m 处基本能够恢复到背景值。由于施工扬尘粒径较大，飘移距离短，采取洒水、抑尘、苫盖等控制措施后，影响范围有限。随着施工期的结束，影响将会消失。

针对施工扬尘，本项目拟采取的环保措施有：

（1）临时弃土集中堆放在背风侧，且不宜堆积过久、过高，堆放过程中在顶部加盖篷布防止弃土风化失水起尘；

（2）合理安排施工计划，尽量减少开挖过程中土方裸露时间，施工现场土方开挖后应尽快回填，若不能及时回填的裸露场地应及时覆盖；

（3）施工现场采用洒水、围挡等措施降低扬尘的产生；

（4）在施工初期合理规划设备、材料等运输路线，尽量利用现有路网；运料车辆在运料顶部加盖篷布，不得装载过满，以防洒落在地，形成二次扬尘。

采取以上措施后，可有效地降低大气污染物的排放量。由于施工区所在区域，流通性强、扩散条件好，且施工场地周边居民点距离较远。施工扬尘对环境的影响是短暂的，随施工的结束而消失，不会对周围环境空气质量造成明显的影响。

2) 机械烟气

为减少由于机械运行产生的烟气，在施工过程中选择使用工况良好的机械，并加强日常维护及检修，尽量避免由于机械老化而导致的燃料燃烧不完全现象的发生，以减少烟气的产生；选择高品质的燃料，以降低机械排放烟气中有害成分的含量。

本项目机械烟气排放量较小、影响范围有限，采取以上措施后，不会对项目周边环境产生明显的影响。

5.2.2 地表水环境影响分析

1) 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，重复用于喷洒降尘。

2) 生活污水

施工人员主要租用周边民宅，其生活污水依托于民宅处理。

经过上述处理后，施工废水基本不会大量外排，因此施工期产生的废水不会对周围环境产生影响。

5.2.3 声环境影响因素

本项目建设期间机械噪声主要分布在水冶厂和尾渣库内，且 200m 范围内无居民点等敏感目标。表 5.2-1 给出了施工期间各设备不同距离的噪声级（几何发散衰减模型），由此可知施工噪声因施工机械不同，影响的范围不同，在距离 50m 处可满足 GB12523-2011 中昼间 $\leq 70\text{dB}(\text{A})$ 的要求，在距离 180m 处可满足 GB12523-2011 中夜间 $\leq 55\text{dB}(\text{A})$ 的要求。

表 5.2-1 施工噪声源及不同距离的噪声级 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	78	72	64	58	54	53	52	70	55
挖掘机	78	72	64	58	54	53	52		
装载机	79	73	65	59	55	54	53		
混凝土搅拌机	74	68	60	54	50	49	48		
空压机	78	72	64	58	54	53	52		
压路机	74	68	60	54	50	49	48		
起重机	75	69	61	55	52	50	49		
电锯	80	74	66	60	56	55	54		

施工期采用以下方法降低施工噪声的产生：

- 1) 选择低噪声设备，并及时对其进行保养，从源头上降低声源；
- 2) 对于噪声较高的设备，如搅拌机等，采取加装减振设备或隔音罩的方法对噪声进行阻隔；
- 3) 加强对设备的检查和维护，减少由于设备部件之间的不正常碰撞产

生的噪声。

在采取以上措施后，经过空气的吸收作用及地面效应引起声能衰减，噪声大大降低。同时，由于施工期时间不长，在施工期结束后，相应的噪声影响将会消失，因此施工期机械噪声不会对项目所在区域内的居民产生明显的影响。

5.2.4 固体废物环境影响分析

1) 建（构）筑物及设备管线

在拆除建（构）筑物及设备管线前开展源项调查工作，主要监测对象为表面放射性 α 、 β 放射性水平，依据放射性水平采取不同的处理处置方式，具体如下：

（1）未受污染建筑垃圾及设备管线

通过监测其表面 α 、 β 放射性水平，低于《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）中规定的 α 放射性水平 $\leq 0.8\text{Bq/cm}^2$ 、 β 放射性水平 $\leq 0.08\text{Bq/cm}^2$ 时，建筑垃圾送至建筑垃圾填埋场处理，设备管线作为普通物品再利用于原有使用功能，或作为普通物品使用（食品工业除外）；

（2）受污染建筑垃圾及设备管线

高于 GB23727-2020 中规定解控标准的建筑垃圾运至尾渣库储存；设备管线拆除后再利用于原有使用功能，无法再利用的经解体、破碎后，非金属类经解体、破碎后送至尾渣库内储存，金属类经解体后送至废旧金属库暂存，待退役治理时一并处理。

施工过程中拆除污染建（构）筑物产生的建筑垃圾约 400m^3 ，全部运至尾渣库储存，尾渣库目前剩余 463万 m^3 ，能够满足本项目施工期污染建筑垃圾储存使用。施工过程中拆除的污染设备及管线总量约为 508t ，全部运至水冶厂内的废旧金属库内储存，废旧金属库内尺寸为 $32\text{m}\times 21.3\text{m}\times 10\text{m}$ ，使其处于受控状态，待退役治理时一并处理。因此，施工期建（构）筑物和设备管线的拆除不会对环境造成明显影响。

2) 施工建筑垃圾和生活垃圾

施工期厂房建设产生的建筑施工废物送至指定的建筑垃圾处理场；生

活垃圾由环卫部门收集后集中处理。

在采取上述适当地处理处置措施后，项目施工期固体废物均得到妥善的处理处置，不会对周围环境产生明显不利影响。

5.2.5 生态环境影响分析与评价

5.2.5.1 生态环境影响评价等级及评价范围的确定

本项目改扩建新增占地面积共计约 $0.0263\text{km}^2 < 20\text{km}^2$ ，主要为工艺水处理及出渣厂房、电石渣库和矿坑水处理厂房占地。除此之外，磨矿厂房、絮凝厂房等均位于水冶厂内，不新增征地。不涉及生态环境敏感区。根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）相关内容，不属于 6.1.2 条中“a）~f）”内容，评价等级为三级，评价范围为本项目占地区域。

5.2.5.2 生态环境现状调查与评价

1) 生态环境现状调查

项目区周边由于人类活动频繁，没有大型动物分布。周边常见动物主要有野兔、獾、狍、蛇、小型哺乳动物、鸟类、两栖类和昆虫是评价区内主要的动物类型。评价区域内的常见动物均不属于《国家重点保护野生动物名录》所列动物。项目所在区域地表植被以荒草为主，项目占地范围内没有珍稀濒危植物分布。

2) 生态系统评价

从现场踏勘的情况来看，农田和草地生态系统，开发利用程度较高。此外，在农田生态系统的包围之中、沿道路两侧零散分布有居民区。各种植物之间间距不大，没有出现较大的裂痕，有利于物种间的接触和优势互补，不会出现很大的落差，物种间也不会产生较大差异，生态系统连通性较好。

整体来说，本项目所在地内生态结构简单，植被类型较少，地表植被覆盖度较高，形成了以农作物、荒草为主体，遭到破坏后的生态恢复能力较差。

（1）生态影响途径

本项目磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房等建于现有水冶厂内，对地表植被和生态系统的影响较小，废水处理设施区位于现有尾渣库坝脚南侧。本项目建设对生态系统的影响主要体现在建设将造成局部土地利用格局发生变

化，地表植被遭到破坏，生态系统受到干扰等。

（2）生态影响分析

①项目占地对土地利用格局的影响

本项目占地面积共计约 0.0263km^2 ，水冶厂内均为已有建（构）筑物，对地表植被和生态系统的影响很小，区域生态系统恢复能力基本不会发生变化。

建设前将清除地表的植被，主要为荒草。占地将影响项目区现有的生态系统结构，使绿地转化为工程建设用地，对局部的地表植被造成破坏。但是，区域整体来看，项目占地类型与区域内同种地类相比，整体比重较低，不会从根本上改变区域的土地利用格局。

②项目建设对植物资源的影响

本项目尾渣库扩建和废水处理设施区域建设占地会对地表植被造成破坏。但由于项目占地处植被以次生植被为主，生态价值一般；且由于建设占地内植被总体生物量不高，故对植被的影响强度也较小。

此外，项目建成后，水冶厂及废水处理设施空闲地进行绿化，绿化面积为 11350m^2 ，有利于改善矿区的生态环境；水冶厂、尾渣库和废水处理设施所在场地服役期满后，及时进行退役和植被恢复；采取以上措施都可以减少本项目对植物资源的影响。因此，本项目实施对植物资源的影响是可以接受的。

③项目建设对动物的影响

本项目建设区域内动物均为常见动物，与人类长期共存中，已经适应了人类活动对其生存的影响，人类建设活动对其正常生存影响较小。此外，由于项目区内动物对生存环境影响要求较低，周边可供其生存的自然环境较广，故项目建设对动物影响较小。

④生态系统稳定性及完整性分析

本项目占地面积不大，建成后生物量损失不大；且占地范围内植被均为次生植被，易于恢复或补偿。因此，废水处理设施区的建设不会对周边植被组成造成明显的改变，造成的区域生物量减少可以在很短的时间内得到恢

复，区域生态系统恢复能力基本不会发生变化。

⑤退役时期生态恢复措施

本项目运行结束后，重点治理和生态恢复的区域为水冶厂、尾渣库和废水处理设施区所在场地。其中，对水冶厂、废水处理设施区污染的土壤进行清挖治理后，进行新土回填并植被；尾渣库所在场地生态恢复采取覆土植被的方法，覆土后使表面氡析出率达到管理要求，植被选择当地优势物种，防止水土流失，改善生态环境。

6 运行期辐射环境影响与预测

6.1 排放源项

本项目废水不外排，因此仅涉及气态途径。本项目生产过程中对公众产生附加照射剂量的途径主要为气态流出物的释放，本项目涉及的排放源项主要为粗碎厂房、磨矿厂房、絮凝厂房、新建浸出厂房、水处理剂出渣厂房、过滤及产品制备厂房以及尾渣库。

同时，为了整体反映本项目运行后水冶厂对公众和辐射环境的影响，对现有的露天采场、矿石堆场、废石场、现有浸出厂房、现有萃取厂房等源项一并进行考虑，对全矿源项所致的公众剂量进行预测和评价。全矿各气态流出物源强见表 6.1-1，各气态源项排放参数见表 6.1-2，源项分布图见图 6.1-1。

表 6.1-1 全矿放射性废气的排放情况一览表

序号	排放点名称	^{222}Rn	^{238}U	^{234}U	^{226}Ra	^{230}Th	^{210}Po	^{210}Pb
1	粗碎厂房	1.21E+11	3.62E+06	3.62E+06	3.54E+06	3.62E+06	3.54E+06	3.54E+06
2	磨矿厂房	2.37E+10	/	/	/	/	/	/
3	絮凝厂房	2.14E+10	/	/	/	/	/	/
4	新建浸出厂房	2.89E+10	/	/	/	/	/	/
5	水处理及出渣厂房	6.95E+10	/	/	/	/	/	/
6	过滤及产品制备厂房	2.99E+10	/	/	/	/	/	/
7	尾渣库	1.09E+13	/	/	/	/	/	/
8	露天采场	5.68E+11	/	/	/	/	/	/
9	矿石堆场	6.35E+11	/	/	/	/	/	/
10	废石场	2.99E+11	/	/	/	/	/	/
11	现有浸出厂房	1.27E+10	/	/	/	/	/	/
12	现有萃取厂房	4.29E+10	/	/	/	/	/	/

表 6.1-2 全矿气态源项排放参数

序号	排放点名称	坐标		出口流速 (m/s)	出口内径 (m)	排放高度 (m)	等效半径 (m)	类型
		x (m)	y (m)					
1	粗碎厂房	-869	-634	0.56	0.3	15	/	点源
2	磨矿厂房	-965	-638	0.41	0.3	15	/	点源
3	絮凝厂房	-862	-703	0.37	0.3	15	/	点源
4	新建浸出厂房	-941	-705	6.88	1.8	32	/	点源
5	水处理及出渣 厂房	-198	-424	2.90	0.5	15	/	点源
6	过滤及产品制 备厂房	-954	-790	5.06	0.5	25	/	点源
7	尾渣库	0	0	/	/	0	309.10	面源
8	露天采场	1338	-482	/	/	0	73.58	面源
9	矿石堆场	-695	-552	/	/	0	77.79	面源
10	废石场	662	31	/	/	0	145.74	面源
11	现有浸出厂房	-905	-749	0.56	1.8	32	/	点源
12	现有萃取厂房	-862	-781	1.95	0.5	30	/	点源

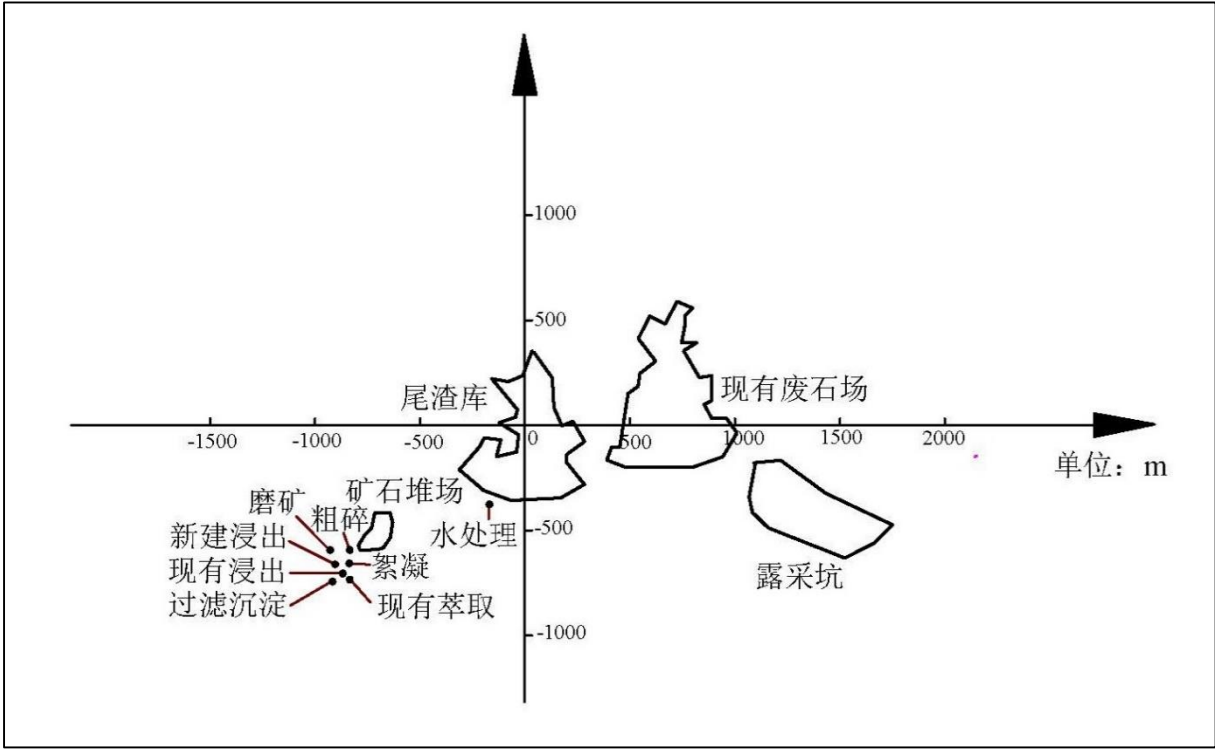


图 6.1-1 全矿源项分布图

6.2 辐射评价参数

6.2.1 评价方法

本次辐射环境影响评价的基本评价指标是以尾渣库为中心的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。评价方法是以模式计算为主，选择放射性核素在环境中迁移和剂量估算模式以及相应计算参数，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。

6.2.2 照射途径

本次预测仅包括气态放射性流出物所致辐射环境影响，其照射途径主要为空气吸入内照射、食入内照射、空气浸没外照射和地表沉积外照射。评价时考虑的主要放射性核素见表 6.2-1。照射途径示意图 6.2-1。

表 6.2-1 剂量估算中考虑的途径及主要放射性核素

吸入内照射	^{222}Rn 、 ^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb
食入内照射	^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb
空气浸没照射	^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb
地表沉积外照射	^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb

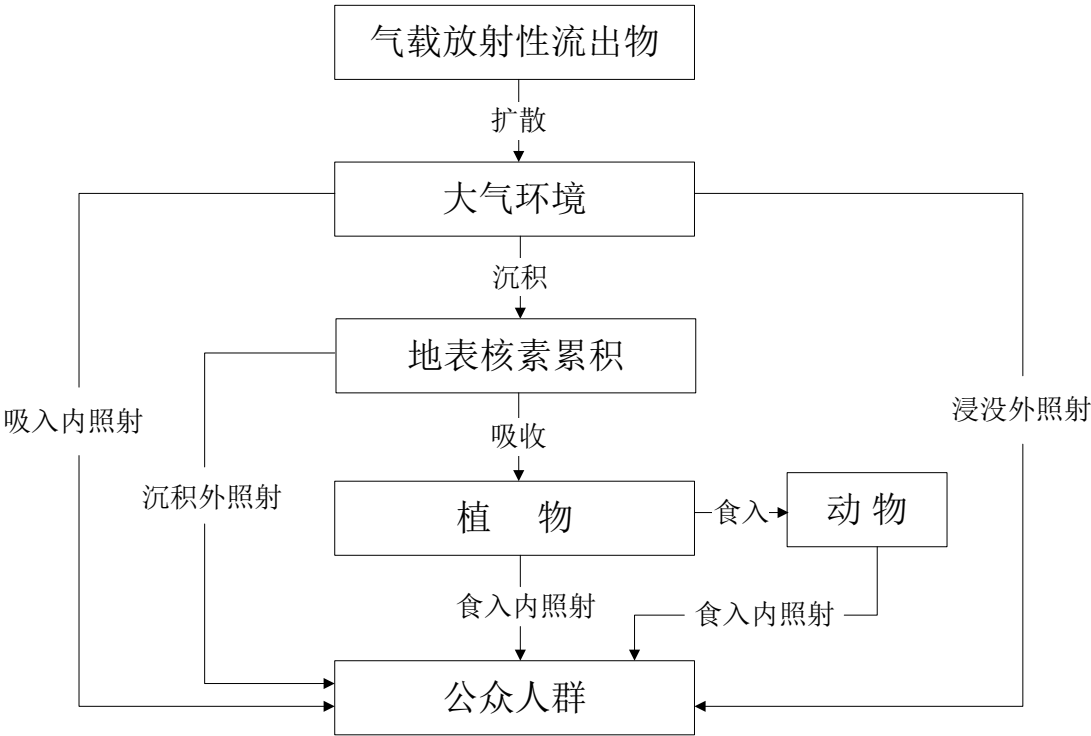


图 6.2-1 气态流出物照射途径

6.2.3 评价基本参数

1) 评价中心

本次评价选取尾渣库为评价中心。

2) 评价子区及年龄组成

本次评价以尾渣库为中心，以 20km 为半径，按照 1km、2km、3km、5km、10km 和 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

本次辐射环境影响预测选取的代表年份为 2032 年，即服务期最后一年。

4) 计算模式及参数

本项目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美国 EPA 开发的法规扩散模式 AERMOD，剂量计算模式根据 IAEA 和 ICRP 最新剂量模式和参数创建，具体模式与参数详见附录一。

6.3 估算结果与分析

6.3.1 环境敏感目标评价结果

由表 6.3-1 可知，全矿气载流出物源项对周边各敏感目标影响最大的是位于评价中心 ENE 方位、3.5km 处上火石村的少年组，剂量贡献值为 $2.39 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，为本项目的关键居民组。对该居民点其他年龄组的剂量贡献值分别为婴儿组 $2.02 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，幼儿组 $2.38 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，成年组 $2.38 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，可以满足公众剂量不超过 0.5mSv/a 的限值要求。

各源项以及核素、各照射途径对居民点上火石村的贡献情况见表 6.3-2 和表 6.3-3。由表 6.3-2 和表 6.3-3 可知，对上火石村少年组个人剂量贡献最大的气态源项是尾渣库，贡献值为 $1.88 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，贡献份额为 78.8%；贡献最大的核素为 ^{222}Rn ，贡献值为 $2.32 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，贡献份额为 97.2%；贡献最大的途径为吸入内照射，贡献值为 $2.36 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，贡献份额为 98.7%。

表 6.3-1 各居民点核素浓度和个人剂量

敏感点		艾蒿沟村		四道沟村		前房子村		柳石窑沟村		下火石村	
方位及距离		W, 4.4km		W, 2.6km		WSW, 2.4km		SSW, 2.9km		ENE, 4.8km	
浓度		空气 ¹	沉积 ²	空气	沉积	空气	沉积	空气	沉积	空气	沉积
核素 (Bq/m ³)	²³⁸ U	4.40E-08	1.28E-03	1.19E-07	3.24E-03	3.02E-07	7.05E-03	1.09E-07	3.14E-03	5.93E-08	2.05E-03
	²³⁴ U	4.40E-08	1.28E-03	1.19E-07	3.24E-03	3.02E-07	7.05E-03	1.09E-07	3.14E-03	5.93E-08	2.05E-03
	²²⁶ Ra	4.30E-08	1.26E-03	1.16E-07	3.16E-03	2.96E-07	6.90E-03	1.06E-07	3.07E-03	5.80E-08	2.01E-03
	²³⁰ Th	4.40E-08	1.28E-03	1.19E-07	3.24E-03	3.02E-07	7.05E-03	1.09E-07	3.14E-03	5.93E-08	2.05E-03
	²¹⁰ Po	4.30E-08	8.20E-04	1.16E-07	2.07E-03	2.96E-07	4.52E-03	1.06E-07	2.01E-03	5.80E-08	1.32E-03
	²¹⁰ Pb	4.30E-08	1.25E-03	1.16E-07	3.14E-03	2.96E-07	6.84E-03	1.06E-07	3.04E-03	5.80E-08	1.99E-03
	²²² Rn	2.09E-02	—	5.16E-02	—	9.05E-02	—	4.24E-02	—	6.89E-02	—
个人 剂 量 (mSv/a)	婴儿	4.01E-04		9.91E-04		1.78E-03		8.25E-04		1.28E-03	
	幼儿	4.74E-04		1.17E-03		2.10E-03		9.74E-04		1.51E-03	
	少年	4.80E-04		1.19E-03		2.14E-03		9.89E-04		1.52E-03	
	成人	4.76E-04		1.18E-03		2.13E-03		9.81E-04		1.51E-03	

注：空气中核素浓度，单位：Bq/m³；地表沉积核素浓度，单位：Bq/m²。

续表 6.3-1 各居民点核素浓度和个人剂量

敏感点		后井村		白碱滩村		前张麻井村		上火石村		西辛营乡	
方位及距离		SSW, 1.9km		S, 2.4km		ESE, 2.5km		ENE, 3.5km		ESE, 4.6km	
浓度		空气 ¹	沉积 ²	空气	沉积	空气	沉积	空气	沉积	空气	沉积
核素 (Bq/m ³)	²³⁸ U	2.07E-07	6.16E-03	1.17E-07	3.60E-03	7.51E-08	2.75E-03	8.51E-08	2.75E-03	4.24E-08	1.55E-03
	²³⁴ U	2.07E-07	6.16E-03	1.17E-07	3.60E-03	7.51E-08	2.75E-03	8.51E-08	2.75E-03	4.24E-08	1.55E-03
	²²⁶ Ra	2.03E-07	6.02E-03	1.14E-07	3.52E-03	7.34E-08	2.69E-03	8.32E-08	2.69E-03	4.15E-08	1.52E-03
	²³⁰ Th	2.07E-07	6.16E-03	1.17E-07	3.60E-03	7.51E-08	2.75E-03	8.51E-08	2.75E-03	4.24E-08	1.55E-03
	²¹⁰ Po	2.03E-07	3.94E-03	1.14E-07	2.31E-03	7.34E-08	1.76E-03	8.32E-08	1.76E-03	4.15E-08	9.95E-04
	²¹⁰ Pb	2.03E-07	5.97E-03	1.14E-07	3.49E-03	7.34E-08	2.67E-03	8.32E-08	2.67E-03	4.15E-08	1.51E-03
	²²² Rn	7.03E-02	—	4.10E-02	—	6.80E-02	—	1.09E-01	—	3.84E-02	—
个人 剂 量 (mSv/a)	婴儿	1.38E-03		8.05E-04		1.28E-03		2.02E-03		7.23E-04	
	幼儿	1.63E-03		9.51E-04		1.51E-03		2.38E-03		8.53E-04	
	少年	1.66E-03		9.66E-04		1.52E-03		2.39E-03		8.59E-04	
	成人	1.65E-03		9.56E-04		1.51E-03		2.38E-03		8.53E-04	

注：空气中核素浓度，单位：Bq/m³；地表沉积核素浓度，单位：Bq/m²。

表 6.3-2 各核素、各源项对上火石村少年组剂量的贡献情况

源项 \ 份额	合计 (mSv/a)	份额 (%)
粗碎厂房	1.30E-04	5.45
磨矿厂房	2.35E-06	0.10
絮凝厂房	2.35E-06	0.10
浸出厂房	4.27E-07	0.02
现有浸出厂房	1.28E-06	0.05
过滤及产品制备厂房	2.99E-06	0.13
现有萃取厂房	2.14E-07	0.01
水处理厂房	9.40E-06	0.39
露天采场	2.06E-04	8.63
矿石堆场	7.63E-05	3.20
尾渣库	1.88E-03	78.80
废石场	7.59E-05	3.12
合计 (mSv/a)	2.39E-03	/
份额 (%)	/	100.00

表 6.3-3 各污染途径对上火石村少年组影响的贡献情况 (mSv/a)

途径 \ 核素	空气浸没 外照射	地表沉积 外照射	吸入 内照射	食入 内照射	合计	份额 (%)
²³⁸ U	8.30E-15	2.72E-11	4.68E-06	4.11E-07	5.09E-06	0.21
²³⁴ U	1.86E-14	3.69E-11	5.61E-06	4.47E-07	6.06E-06	0.25
²²⁶ Ra	7.53E-13	3.10E-10	5.49E-06	2.99E-06	8.48E-06	0.36
²³⁰ Th	4.25E-14	3.69E-11	2.01E-05	9.54E-07	2.11E-05	0.86
²¹⁰ Po	9.93E-16	2.61E-13	5.95E-07	1.83E-05	1.89E-05	0.79
²¹⁰ Pb	1.35E-13	1.18E-10	6.86E-07	7.05E-06	7.73E-06	0.32
²²² Rn	0.00E+00	0.00E+00	2.32E-03	0.00E+00	2.32E-03	97.20
合计	9.58E-13	5.30E-10	2.36E-03	3.02E-05	2.39E-03	/
份额 (%)	4.01E-08	2.22E-05	98.70	1.26	/	100.00

6.3.2 各子区空气中核素浓度

放射性气载流出物所致各子区空气中核素浓度见表 6.3-4。

表 6.3-4 气载流出物所致空气中各核素的浓度值（单位：Bq/m³）

核素	方位	距离（km）					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
²³⁸ U ²³⁴ U ²³⁰ Th	N	8.12E-07	3.35E-07	3.89E-07	2.28E-07	1.06E-07	3.15E-08
	NNE	4.40E-07	1.30E-07	2.11E-07	1.30E-07	5.19E-08	1.93E-08
	NE	3.74E-07	1.67E-07	1.47E-07	1.00E-07	3.95E-08	1.36E-08
	ENE	4.89E-07	2.29E-07	1.45E-07	8.51E-08	3.16E-08	1.23E-08
	E	5.63E-07	2.51E-07	1.24E-07	6.38E-08	2.60E-08	9.51E-09
	ESE	5.79E-07	2.00E-07	7.51E-08	4.24E-08	1.79E-08	6.34E-09
	SE	6.13E-07	1.77E-07	8.74E-08	4.33E-08	1.73E-08	4.42E-09
	SSE	6.52E-07	2.06E-07	9.92E-08	5.04E-08	1.94E-08	5.93E-09
	S	8.79E-07	2.96E-07	1.17E-07	5.76E-08	1.42E-08	2.95E-09
	SSW	1.57E-06	2.07E-07	1.09E-07	6.32E-08	1.96E-08	6.04E-09
	SW	2.86E-06	1.49E-06	2.69E-07	9.92E-08	3.14E-08	1.00E-08
	WSW	1.10E-06	7.16E-07	3.02E-07	9.46E-08	3.11E-08	9.94E-09
	W	1.50E-06	1.31E-06	1.19E-07	4.40E-08	1.91E-08	6.27E-09
	WNW	1.23E-06	8.96E-07	8.46E-08	5.15E-08	1.53E-08	5.44E-09
	NW	1.14E-06	4.47E-07	4.73E-07	1.62E-07	3.69E-08	7.93E-09
	NNW	1.13E-06	3.75E-07	7.21E-07	3.96E-07	1.51E-07	3.03E-08
²²⁶ Ra ²¹⁰ Po ²¹⁰ Pb	N	7.94E-07	3.27E-07	3.80E-07	2.23E-07	1.04E-07	3.08E-08
	NNE	4.31E-07	1.27E-07	2.06E-07	1.27E-07	5.08E-08	1.89E-08
	NE	3.66E-07	1.63E-07	1.44E-07	9.80E-08	3.86E-08	1.33E-08
	ENE	4.78E-07	2.24E-07	1.42E-07	8.32E-08	3.09E-08	1.20E-08
	E	5.51E-07	2.45E-07	1.21E-07	6.24E-08	2.55E-08	9.30E-09
	ESE	5.67E-07	1.96E-07	7.34E-08	4.15E-08	1.75E-08	6.19E-09
	SE	5.99E-07	1.73E-07	8.54E-08	4.23E-08	1.69E-08	4.32E-09
	SSE	6.38E-07	2.01E-07	9.70E-08	4.93E-08	1.90E-08	5.80E-09
	S	8.59E-07	2.90E-07	1.14E-07	5.63E-08	1.39E-08	2.88E-09
	SSW	1.54E-06	2.03E-07	1.06E-07	6.18E-08	1.92E-08	5.90E-09
	SW	2.80E-06	1.46E-06	2.63E-07	9.70E-08	3.07E-08	9.81E-09
	WSW	1.08E-06	7.01E-07	2.96E-07	9.25E-08	3.04E-08	9.72E-09
	W	1.47E-06	1.28E-06	1.16E-07	4.30E-08	1.87E-08	6.14E-09
	WNW	1.20E-06	8.76E-07	8.28E-08	5.04E-08	1.49E-08	5.31E-09

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	NW	1.11E-06	4.37E-07	4.63E-07	1.58E-07	3.61E-08	7.76E-09
	NNW	1.11E-06	3.67E-07	7.05E-07	3.87E-07	1.48E-07	2.96E-08
²²² Rn	N	3.51E+00	4.02E-01	5.27E-01	3.26E-01	1.31E-01	3.78E-02
	NNE	9.95E-01	1.37E-01	2.68E-01	1.32E-01	5.61E-02	2.15E-02
	NE	6.47E-01	2.30E-01	1.88E-01	1.26E-01	4.41E-02	1.40E-02
	ENE	1.25E+00	4.18E-01	2.24E-01	1.09E-01	3.39E-02	1.17E-02
	E	1.56E+00	5.76E-01	1.46E-01	5.94E-02	2.05E-02	6.51E-03
	ESE	1.09E+00	4.03E-01	6.80E-02	3.84E-02	1.20E-02	3.75E-03
	SE	7.94E-01	1.50E-01	5.59E-02	2.48E-02	8.77E-03	2.46E-03
	SSE	7.22E-01	1.50E-01	6.30E-02	3.10E-02	1.21E-02	3.76E-03
	S	6.84E-01	1.12E-01	4.10E-02	1.88E-02	5.05E-03	1.33E-03
	SSW	8.45E-01	7.03E-02	4.24E-02	2.61E-02	8.08E-03	2.44E-03
	SW	7.36E-01	2.81E-01	8.50E-02	4.08E-02	1.51E-02	5.07E-03
	WSW	2.38E-01	1.62E-01	9.05E-02	3.85E-02	1.60E-02	5.74E-03
	W	1.90E-01	1.81E-01	5.16E-02	2.09E-02	7.92E-03	2.63E-03
	WNW	1.50E-01	9.09E-02	1.93E-02	1.39E-02	4.77E-03	1.55E-03
	NW	6.33E-01	5.97E-02	7.78E-02	4.06E-02	1.32E-02	3.50E-03
	NNW	2.73E+00	1.72E-01	2.53E-01	2.03E-01	8.66E-02	2.30E-02

注：阴影子区为无人子区。

由表 6.3-4 可知，在无人子区内，气载放射性流出物所致子区空气中核素除 ²²²Rn 外，其余核素的最大贡献浓度均出现在 SW 方位 0~1km 处，该子区空气中 ²³⁸U、²³⁴U 和 ²³⁰Th 浓度为 $2.86 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$ ，²²⁶Ra、²¹⁰Po 和 ²¹⁰Pb 浓度为 $2.80 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$ ；无人子区内，²²²Rn 最大贡献浓度均出现在 N 方位 0~1km 处，该子区空气中 ²²²Rn 浓度为 3.51Bq/m^3 。

在有人子区内，气载放射性流出物所致子区空气中核素除 ²²²Rn 外，其余核素最大贡献浓度出现在 WSW 方位 2~3km 处，该子区空气中 ²³⁸U、²³⁴U 和 ²³⁰Th 浓度为 $3.02 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$ ，²²⁶Ra、²¹⁰Po 和 ²¹⁰Pb 浓度为 $2.96 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$ ；有人子区内，²²²Rn 最大浓度出现在 ENE 方位 3~5km 处，该子区 ²²²Rn 浓度为 $1.09 \times 10^{-1} \text{Bq/m}^3$ 。

6.3.3 各子区地表核素沉积浓度

放射性气载流出物所致各子区地表沉积核素浓度见表 6.3-5。

表 6.3-5 各子区地表沉积核素浓度（单位：Bq/m³）

核素	方位	距离（km）					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
²³⁸ U ²³⁴ U ²³⁰ Th	N	1.67E-02	7.95E-03	7.95E-03	5.02E-03	2.47E-03	8.66E-04
	NNE	1.08E-02	4.31E-03	4.56E-03	2.85E-03	1.38E-03	5.73E-04
	NE	1.01E-02	5.14E-03	4.07E-03	2.84E-03	1.31E-03	5.13E-04
	ENE	1.20E-02	6.26E-03	4.22E-03	2.75E-03	1.20E-03	5.12E-04
	E	1.38E-02	6.88E-03	3.90E-03	2.24E-03	1.05E-03	4.27E-04
	ESE	1.48E-02	6.16E-03	2.75E-03	1.55E-03	7.68E-04	2.81E-04
	SE	1.61E-02	5.84E-03	3.05E-03	1.68E-03	7.35E-04	2.31E-04
	SSE	1.84E-02	6.87E-03	3.38E-03	1.74E-03	6.90E-04	2.28E-04
	S	2.52E-02	9.46E-03	3.60E-03	1.83E-03	5.45E-04	1.56E-04
	SSW	4.28E-02	6.16E-03	3.14E-03	1.90E-03	6.30E-04	2.28E-04
	SW	8.95E-02	5.29E-02	6.75E-03	2.64E-03	9.22E-04	3.12E-04
	WSW	5.39E-02	3.37E-02	7.05E-03	2.43E-03	8.98E-04	3.17E-04
	W	3.91E-02	2.59E-02	3.24E-03	1.28E-03	6.03E-04	2.19E-04
	WNW	2.80E-02	1.73E-02	2.38E-03	1.22E-03	4.16E-04	1.78E-04
	NW	2.37E-02	1.17E-02	8.58E-03	3.24E-03	8.75E-04	2.42E-04
	NNW	2.22E-02	1.01E-02	1.25E-02	7.20E-03	2.89E-03	7.07E-04
²²⁶ Ra	N	1.63E-02	7.78E-03	7.78E-03	4.91E-03	2.41E-03	8.46E-04
	NNE	1.06E-02	4.21E-03	4.46E-03	2.79E-03	1.35E-03	5.59E-04
	NE	9.92E-03	5.03E-03	3.98E-03	2.77E-03	1.28E-03	5.02E-04
	ENE	1.17E-02	6.12E-03	4.13E-03	2.69E-03	1.17E-03	5.00E-04
	E	1.35E-02	6.73E-03	3.81E-03	2.19E-03	1.03E-03	4.16E-04
	ESE	1.44E-02	6.03E-03	2.69E-03	1.52E-03	7.52E-04	2.76E-04
	SE	1.58E-02	5.71E-03	2.98E-03	1.64E-03	7.19E-04	2.26E-04
	SSE	1.80E-02	6.72E-03	3.30E-03	1.70E-03	6.74E-04	2.23E-04
	S	2.46E-02	9.25E-03	3.52E-03	1.78E-03	5.33E-04	1.53E-04
	SSW	4.19E-02	6.02E-03	3.07E-03	1.86E-03	6.16E-04	2.23E-04
	SW	8.75E-02	5.17E-02	6.60E-03	2.58E-03	9.03E-04	3.06E-04
	WSW	5.27E-02	3.29E-02	6.90E-03	2.37E-03	8.78E-04	3.10E-04

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	W	3.82E-02	2.53E-02	3.16E-03	1.26E-03	5.89E-04	2.13E-04
	WNW	2.73E-02	1.69E-02	2.33E-03	1.19E-03	4.07E-04	1.75E-04
	NW	2.31E-02	1.14E-02	8.39E-03	3.17E-03	8.57E-04	2.37E-04
	NNW	2.17E-02	9.85E-03	1.23E-02	7.04E-03	2.83E-03	6.90E-04
	N	1.07E-02	5.09E-03	5.10E-03	3.21E-03	1.58E-03	5.54E-04
²¹⁰ Po	NNE	6.95E-03	2.76E-03	2.92E-03	1.83E-03	8.82E-04	3.65E-04
	NE	6.50E-03	3.29E-03	2.61E-03	1.82E-03	8.36E-04	3.29E-04
	ENE	7.67E-03	4.01E-03	2.70E-03	1.76E-03	7.64E-04	3.27E-04
	E	8.82E-03	4.41E-03	2.50E-03	1.44E-03	6.71E-04	2.73E-04
	ESE	9.46E-03	3.95E-03	1.76E-03	9.95E-04	4.93E-04	1.81E-04
	SE	1.03E-02	3.74E-03	1.95E-03	1.07E-03	4.71E-04	1.48E-04
	SSE	1.18E-02	4.40E-03	2.16E-03	1.11E-03	4.42E-04	1.46E-04
	S	1.61E-02	6.06E-03	2.31E-03	1.17E-03	3.49E-04	1.00E-04
	SSW	2.74E-02	3.94E-03	2.01E-03	1.22E-03	4.04E-04	1.46E-04
	SW	5.73E-02	3.39E-02	4.32E-03	1.69E-03	5.91E-04	2.01E-04
	WSW	3.46E-02	2.16E-02	4.52E-03	1.55E-03	5.75E-04	2.03E-04
	W	2.51E-02	1.66E-02	2.07E-03	8.20E-04	3.86E-04	1.40E-04
	WNW	1.79E-02	1.11E-02	1.53E-03	7.81E-04	2.67E-04	1.14E-04
	NW	1.52E-02	7.48E-03	5.50E-03	2.08E-03	5.61E-04	1.56E-04
	NNW	1.42E-02	6.46E-03	8.03E-03	4.61E-03	1.85E-03	4.52E-04
²¹⁰ Pb	N	1.62E-02	7.72E-03	7.72E-03	4.87E-03	2.40E-03	8.39E-04
	NNE	1.05E-02	4.18E-03	4.43E-03	2.77E-03	1.34E-03	5.54E-04
	NE	9.84E-03	4.99E-03	3.95E-03	2.75E-03	1.27E-03	4.98E-04
	ENE	1.16E-02	6.08E-03	2.09E-03	2.67E-03	1.16E-03	4.96E-04
	E	1.34E-02	6.68E-03	3.78E-03	2.18E-03	1.02E-03	4.13E-04
	ESE	1.43E-02	5.98E-03	2.67E-03	1.51E-03	7.46E-04	2.74E-04
	SE	1.56E-02	5.66E-03	2.95E-03	1.63E-03	7.14E-04	2.25E-04
	SSE	1.79E-02	6.67E-03	3.28E-03	1.69E-03	6.69E-04	2.22E-04
	S	2.44E-02	9.18E-03	3.49E-03	1.77E-03	5.29E-04	1.51E-04
	SSW	4.16E-02	5.97E-03	3.04E-03	1.85E-03	6.12E-04	2.22E-04
	SW	8.68E-02	5.14E-02	6.55E-03	2.56E-03	8.96E-04	3.04E-04
	WSW	5.23E-02	3.27E-02	6.84E-03	2.35E-03	8.71E-04	3.08E-04

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	W	3.79E-02	2.51E-02	3.14E-03	1.25E-03	5.85E-04	2.12E-04
	WNW	2.71E-02	1.68E-02	2.31E-03	1.18E-03	4.04E-04	1.73E-04
	NW	2.30E-02	1.13E-02	8.33E-03	3.15E-03	8.50E-04	2.36E-04
	NNW	2.16E-02	9.78E-03	1.22E-02	6.98E-03	2.81E-03	6.85E-04

注：阴影子区为无人子区。

由表 6.3-5 可知，在无人子区内，气载放射性流出物所致各子区地表沉积核素浓度最大值均出现在 SW 方位 0~1km 处，该子区 ^{238}U 、 ^{234}U 和 ^{230}Th 地表沉积浓度分别为 $8.95 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^2$ ， ^{226}Ra 浓度为 $8.75 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^2$ ， ^{210}Po 浓度为 $5.73 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^2$ ， ^{210}Pb 浓度为 $8.68 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^2$ 。

在有人子区内，气载放射性流出物所致各子区地表沉积核素浓度最大值均出现在 WSW 方位 0~1km 处，该子区 ^{238}U 、 ^{234}U 和 ^{230}Th 地表沉积浓度分别 $7.05 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^2$ ， ^{226}Ra 浓度为 $6.90 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^2$ ， ^{210}Po 浓度为 $4.52 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^2$ ， ^{210}Pb 浓度为 $6.84 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^2$ 。

6.3.4 各子区公众个人剂量

气载放射性流出物所致各子区公众个人剂量见表 6.3-6。评价范围内公众个人剂量等值线分布见图 6.3-1。

表 6.3-6 气载流出物所致各子区个人剂量（单位：mSv/a）

方位	年龄组	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	婴儿	6.39E-02	7.44E-03	9.74E-03	6.01E-03	2.42E-03	7.00E-04
	幼儿	7.54E-02	8.78E-03	1.15E-02	7.09E-03	2.86E-03	8.27E-04
	少年	7.56E-02	8.83E-03	1.15E-02	7.12E-03	2.87E-03	8.32E-04
	成年	7.55E-02	8.82E-03	1.15E-02	7.11E-03	2.87E-03	8.30E-04
NNE	婴儿	1.82E-02	2.56E-03	4.95E-03	2.46E-03	1.04E-03	4.00E-04
	幼儿	2.15E-02	3.02E-03	5.84E-03	2.90E-03	1.23E-03	4.72E-04
	少年	2.16E-02	3.04E-03	5.88E-03	2.92E-03	1.24E-03	4.74E-04
	成年	2.16E-02	3.02E-03	5.87E-03	2.92E-03	1.23E-03	4.73E-04
NE	婴儿	1.19E-02	4.26E-03	3.48E-03	2.34E-03	8.21E-04	2.62E-04
	幼儿	1.41E-02	5.03E-03	4.11E-03	2.76E-03	9.69E-04	3.09E-04

方位	年龄组	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	少年	1.41E-02	5.05E-03	4.13E-03	2.77E-03	9.74E-04	3.10E-04
	成年	1.41E-02	5.04E-03	4.12E-03	2.76E-03	9.70E-04	3.09E-04
ENE	婴儿	2.29E-02	7.68E-03	4.13E-03	2.02E-03	6.34E-04	2.20E-04
	幼儿	2.70E-02	9.07E-03	4.88E-03	2.38E-03	7.48E-04	2.60E-04
	少年	2.71E-02	9.10E-03	4.90E-03	2.39E-03	7.51E-04	2.61E-04
	成年	2.71E-02	9.08E-03	4.89E-03	2.38E-03	7.47E-04	2.59E-04
E	婴儿	2.85E-02	1.06E-02	2.70E-03	1.12E-03	3.89E-04	1.25E-04
	幼儿	3.37E-02	1.25E-02	3.19E-03	1.32E-03	4.59E-04	1.47E-04
	少年	3.38E-02	1.25E-02	3.21E-03	1.32E-03	4.62E-04	1.48E-04
	成年	3.38E-02	1.25E-02	3.20E-03	1.31E-03	4.58E-04	1.46E-04
ESE	婴儿	2.01E-02	7.40E-03	1.28E-03	7.23E-04	2.30E-04	7.23E-05
	幼儿	2.37E-02	8.74E-03	1.51E-03	8.53E-04	2.72E-04	8.54E-05
	少年	2.38E-02	8.77E-03	1.52E-03	8.59E-04	2.73E-04	8.60E-05
	成年	2.38E-02	8.75E-03	1.51E-03	8.53E-04	2.70E-04	8.48E-05
SE	婴儿	1.47E-02	2.81E-03	1.07E-03	4.77E-04	1.70E-04	4.80E-05
	幼儿	1.73E-02	3.32E-03	1.26E-03	5.63E-04	2.01E-04	5.67E-05
	少年	1.74E-02	3.34E-03	1.27E-03	5.67E-04	2.03E-04	5.71E-05
	成年	1.74E-02	3.32E-03	1.26E-03	5.61E-04	2.00E-04	5.60E-05
SSE	婴儿	1.34E-02	2.85E-03	1.20E-03	5.92E-04	2.30E-04	7.18E-05
	幼儿	1.58E-02	3.36E-03	1.42E-03	6.99E-04	2.72E-04	8.48E-05
	少年	1.59E-02	3.38E-03	1.43E-03	7.05E-04	2.74E-04	8.55E-05
	成年	1.59E-02	3.36E-03	1.42E-03	6.99E-04	2.72E-04	8.46E-05
S	婴儿	1.29E-02	2.20E-03	8.05E-04	3.73E-04	1.01E-04	2.63E-05
	幼儿	1.52E-02	2.60E-03	9.51E-04	4.40E-04	1.19E-04	3.11E-05
	少年	1.53E-02	2.63E-03	9.66E-04	4.47E-04	1.20E-04	3.13E-05
	成年	1.52E-02	2.60E-03	9.56E-04	4.41E-04	1.18E-04	3.06E-05
SSW	婴儿	1.61E-02	1.38E-03	8.25E-04	5.07E-04	1.58E-04	4.79E-05
	幼儿	1.90E-02	1.63E-03	9.74E-04	5.99E-04	1.86E-04	5.66E-05
	少年	1.92E-02	1.66E-03	9.89E-04	6.07E-04	1.88E-04	5.73E-05
	成年	1.91E-02	1.65E-03	9.81E-04	6.02E-04	1.86E-04	5.65E-05
SW	婴儿	1.49E-02	5.98E-03	1.67E-03	7.89E-04	2.91E-04	9.74E-05
	幼儿	1.76E-02	7.06E-03	1.97E-03	9.31E-04	3.43E-04	1.15E-04

方位	年龄组	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
	少年	1.80E-02	7.23E-03	2.01E-03	9.45E-04	3.47E-04	1.16E-04
	成年	1.77E-02	7.05E-03	2.00E-03	9.39E-04	3.44E-04	1.15E-04
WSW	婴儿	5.15E-03	3.46E-03	1.78E-03	7.45E-04	3.06E-04	1.09E-04
	幼儿	6.08E-03	4.08E-03	2.10E-03	8.79E-04	3.61E-04	1.29E-04
	少年	6.17E-03	4.14E-03	2.14E-03	8.92E-04	3.65E-04	1.31E-04
	成年	5.93E-03	4.00E-03	2.13E-03	8.87E-04	3.62E-04	1.30E-04
W	婴儿	4.18E-03	3.83E-03	9.91E-04	4.01E-04	1.54E-04	5.13E-05
	幼儿	4.94E-03	4.52E-03	1.17E-03	4.74E-04	1.82E-04	6.06E-05
	少年	5.15E-03	4.72E-03	1.19E-03	4.80E-04	1.84E-04	6.13E-05
	成年	5.07E-03	4.71E-03	1.18E-03	4.76E-04	1.83E-04	6.06E-05
WNW	婴儿	3.28E-03	2.02E-03	3.94E-04	2.75E-04	9.40E-05	3.12E-05
	幼儿	3.87E-03	2.38E-03	4.65E-04	3.25E-04	1.11E-04	3.68E-05
	少年	4.05E-03	2.52E-03	4.76E-04	3.32E-04	1.13E-04	3.75E-05
	成年	4.01E-03	2.52E-03	4.70E-04	3.30E-04	1.12E-04	3.70E-05
NW	婴儿	1.19E-02	1.30E-03	1.60E-03	8.04E-04	2.57E-04	6.77E-05
	幼儿	1.41E-02	1.54E-03	1.89E-03	9.49E-04	3.04E-04	7.99E-05
	少年	1.43E-02	1.60E-03	1.96E-03	9.74E-04	3.09E-04	8.09E-05
	成年	1.43E-02	1.57E-03	1.96E-03	9.72E-04	3.08E-04	8.03E-05
NNW	婴儿	5.00E-02	3.29E-03	4.87E-03	3.84E-03	1.63E-03	4.31E-04
	幼儿	5.90E-02	3.89E-03	5.75E-03	4.53E-03	1.93E-03	5.09E-04
	少年	5.91E-02	3.94E-03	5.87E-03	4.59E-03	1.95E-03	5.13E-04
	成年	5.91E-02	3.92E-03	5.87E-03	4.59E-03	1.95E-03	5.12E-04

注：阴影子区为无人子区。

由表 6.3-6 可知，气载放射性流出物所致有人子区最大个人剂量出现在 ENE 方位 3~5km 处少年组，公众剂量最大值为 $2.39 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，关键居民点位上火石村。该子区其他年龄组潜在照射剂量分别为婴儿组 $2.02 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 、幼儿组 $2.38 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 、成年组 $2.38 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。

无人子区最大个人剂量出现在 N 方位 0~1km 处，最大潜在照射剂量值 $7.56 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。该子区其他年龄组潜在照射剂量分别为婴儿组 $6.39 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 、幼儿组 $7.54 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 、成年组 $7.55 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

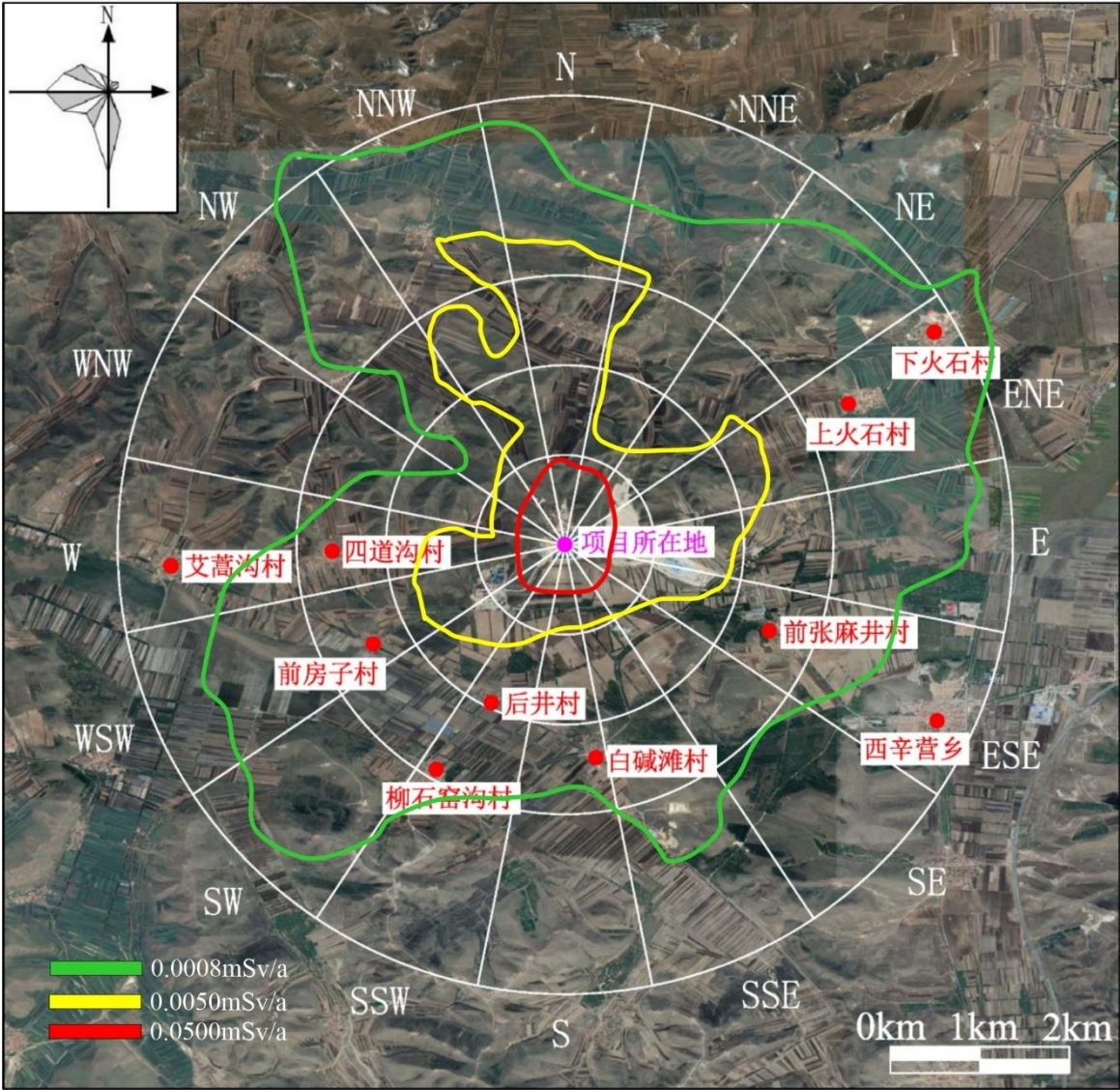


图 6.3-1 公众剂量分布等值线图（单位：mSv/a）

6.3.5 集体剂量

气载流出物所致 20km 范围内的集体有效剂量见表 6.3-7。由表可知，本项目 20km 的集体剂量为 2.13×10^{-2} 人·Sv/a。

表 6.3-7 气载放射性流出物所致集体有效剂量 人·Sv/a

距离（km）	0~1	0~2	0~3	0~5	0~10	0~20
集体剂量 （人 Sv/a）	0.00E+00	3.36E-04	2.08E-03	7.62E-03	1.40E-02	2.13E-02
份额（%）	0.00	1.58	9.76	35.79	65.74	100.00

6.3.6 小结

气载放射性流出物所致有人子区最大个人剂量出现在 ENE 方位 3~5km 处，公众剂量最大值为 $2.39 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，关键居民点位上火石村，关键核素为 ^{222}Rn ，关键途径为吸入内照射。最大个人剂量占个人剂量约束值 0.5mSv/a 的 0.48%，小于本项目设定的剂量约束值。20km 范围内的集体剂量为 $2.13 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

总体来看，运行期全矿气态源项所致的个人有效剂量较小，低于相应的剂量约束值，且本项目周围人口稀少，集体有效剂量也较小，本项目气载流出物对环境的影响在可接受范围之内。

6.4 地下水环境影响分析

6.4.1 正常工况

本项目可能对地下水环境造成影响的污染源为水处理及出渣厂房的废水缓冲槽，厂房地面均采用耐酸砖+环氧树脂防渗措施，正常工况下，不会对地下水环境产生影响。参照《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016)，本项目可不进行正常状况情景下的预测。

6.4.2 非正常工况

1) 预测情形

非正常状况下，假设废水缓冲槽发生渗漏，且忽略包气带对污染物迁移的阻滞作用，废水直接泄漏至潜水含水层造成污染，预测评价其对地下水环境造成的影响。建设单位每半个月对废水缓冲槽进行检修，发现渗漏后立即采取应急措施，污染源随之消失，已泄漏的放射性核素仍继续向下游运移。本项目预测时长为 2190d（服务年限），保守泄漏时长设置为 15d。

2) 预测源项

(1) 渗水量

废水缓冲槽泄漏量参考达西定律计算，如下式所示：

$$Q = K \times I \times A \quad (\text{式 6.4-1})$$

式中：

Q——废水缓冲槽泄漏量， m^3/d ；

K——包气带垂向渗透系数，取 0.18m/d；

I——垂向水力坡度，渗透地下水垂直于防渗层，此处取值为 1；

A——防渗结构失效面积，一般情况下，取总防渗面积的 1%。本项目废水缓冲槽尺寸为 $\Phi 16000 \times 6000 \times 5500\text{mm}$ ，则防渗失效面积保守取 0.096m^2 。

综上，通过计算得出废水缓冲槽非正常状况下泄漏量分别为 $0.01728\text{m}^3/\text{d}$ 。

(2) 评价因子浓度

根据本项目工艺特点和废水缓冲槽监测结果，本次预测放射性评价因子为 $U_{\text{天然}}$ ，非放射性评价因子 SO_4^{2-} 和 Mo。其中 $U_{\text{天然}}$ 浓度为 4.61mg/L ， SO_4^{2-} 浓度为 70.7g/L ，Mo 浓度为 23.7mg/L 。

3) 预测模型

根据预测情景，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；泄露被发现并检修后，运用叠加原理，将泄露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：

(1) 连续注入示踪剂—平面连续点源计算公式如下：

$$C(x, y, t) = \frac{m_t}{4\pi M n_e \sqrt{D_L D_T}} e^{\frac{xu}{2D_L}} \left[2K_0(\beta) - W\left(\frac{u^2 t}{4D_L}, \beta\right) \right]$$

$$\beta = \sqrt{\frac{u^2 x^2}{4D_L^2} + \frac{u^2 y^2}{4D_L D_T}}$$

(式 6.4-2)

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 处的示踪剂质量浓度，g/L；

M ——潜水含水层的厚度，m；

m_t ——单位时间注入示踪剂的质量，kg/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：

$$C(x,y,t)=\frac{m_t/M}{4\pi n_e t\sqrt{D_LD_T}}e^{-\left[\frac{(x-ut)^2}{4D_Lt}+\frac{y^2}{4D_Tt}\right]}$$

(式 6.4-3)

式中：

t ——时间，d；
 $C(x,y,t)$ —— t 时刻点 x, y 处的示踪剂质量浓度，g/L；
 M ——潜水含水层的厚度，m；
 m_t ——单位时间注入示踪剂的质量，kg/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 ；

4) 模型参数选取

本次模拟预测的水文地质参数主要来自《中核北方铀业有限公司 460 矿床铀钼综合回收矿冶项目》（中核北方铀业有限公司，2007.11），各参数取值见表 6.4-1。

表 6.4-1 模型参数一览表

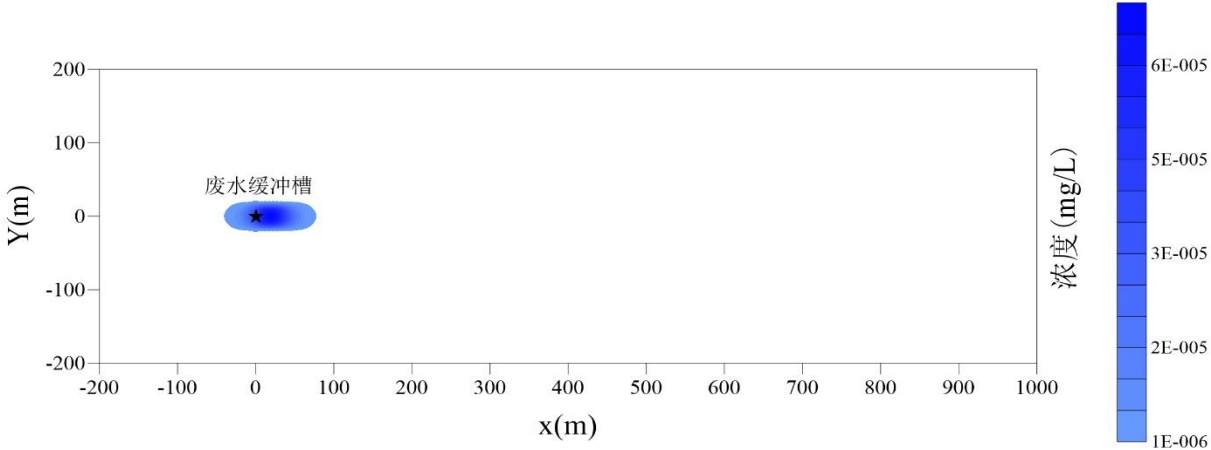
参数名称	m_t			K	u	M	D_L	D_T	n_e	I
	U _{天然}	SO ₄ ²⁻	Mo							
单位	kg/d			m/d	m/d	m	m^2/d	m^2/d	%	/
数值	8.0×10^{-5}	1.22	4.1×10^{-4}	1.8	0.2	25	2.4	0.24	30	0.01

5) 预测结果及评价

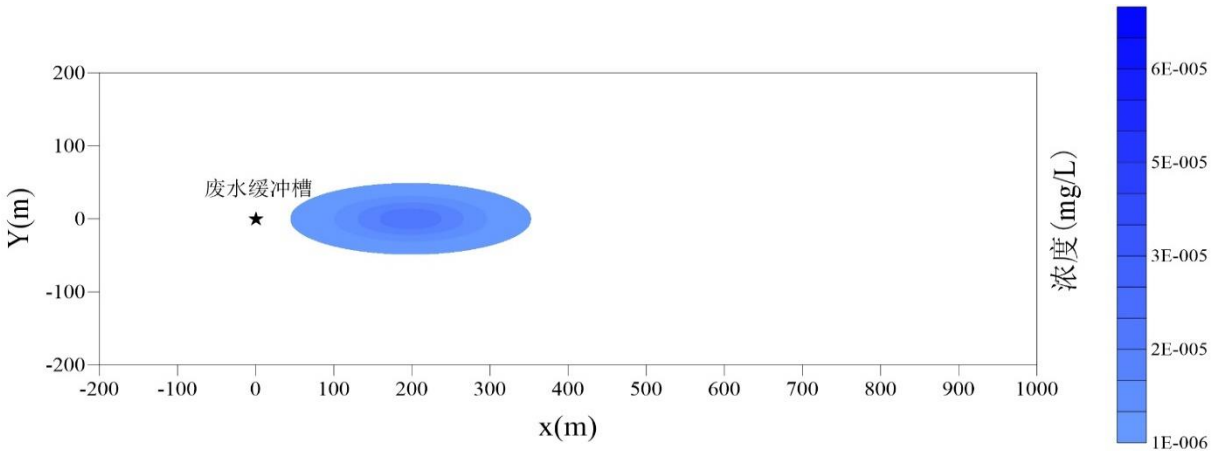
参照《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016), 预测时段分别选择 100d、1000d、2190d, 预测结果分别如下。

(1) $U_{\text{天然}}$

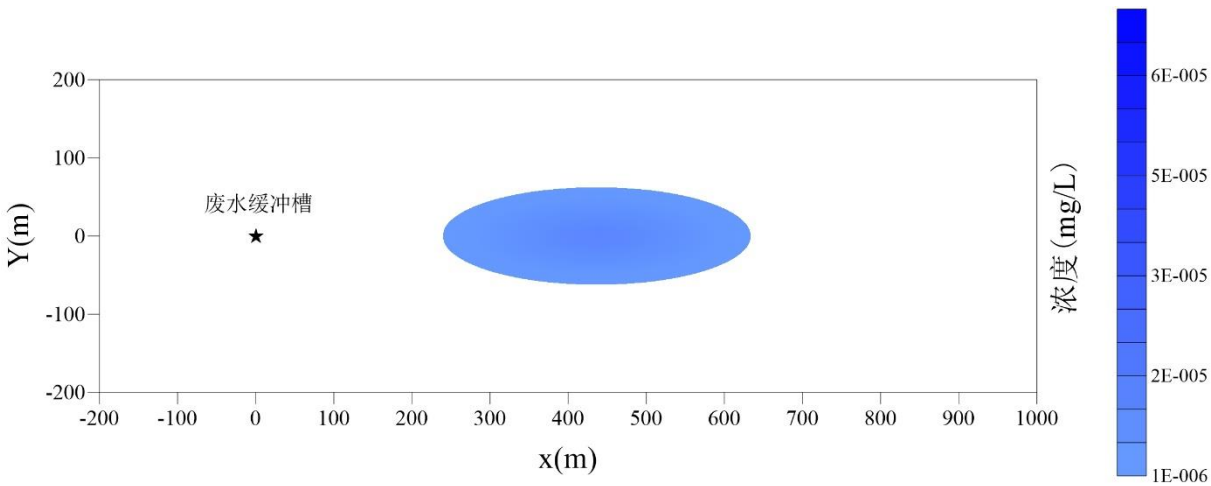
将上述参数代入预测公式进行计算, 可以得到在渗漏 100d、1000d、2190d 后地下水中 $U_{\text{天然}}$ 影响范围变化特征, 见图 6.2-1。可以看出随着时间推移, 下游最高浓度逐渐减小, 直至基本消失。第 100d 时, 废水缓冲槽渗漏造成 $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移了约 76m, 中心点 $U_{\text{天然}}$ 浓度最大为 $6.8\times10^{-5}\text{mg/L}$; 第 1000d 时, 废水缓冲槽渗漏造成 $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移了约 357m, 中心点 $U_{\text{天然}}$ 浓度最大为 $1.9\times10^{-5}\text{mg/L}$; 第 2190d 时, 废水缓冲槽渗漏造成 $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移了约 629m, 中心点 $U_{\text{天然}}$ 浓度最大为 $9.02\times10^{-6}\text{mg/L}$, 浓度均低于 $U_{\text{天然}}$ 本底浓度, 可以看出, 不会对周围地下水环境造成影响。



(a)第 100d 时 $U_{\text{天然}}$ 影响范围分布图



(b)第 1000d 时 $U_{\text{天然}}$ 影响范围分布图

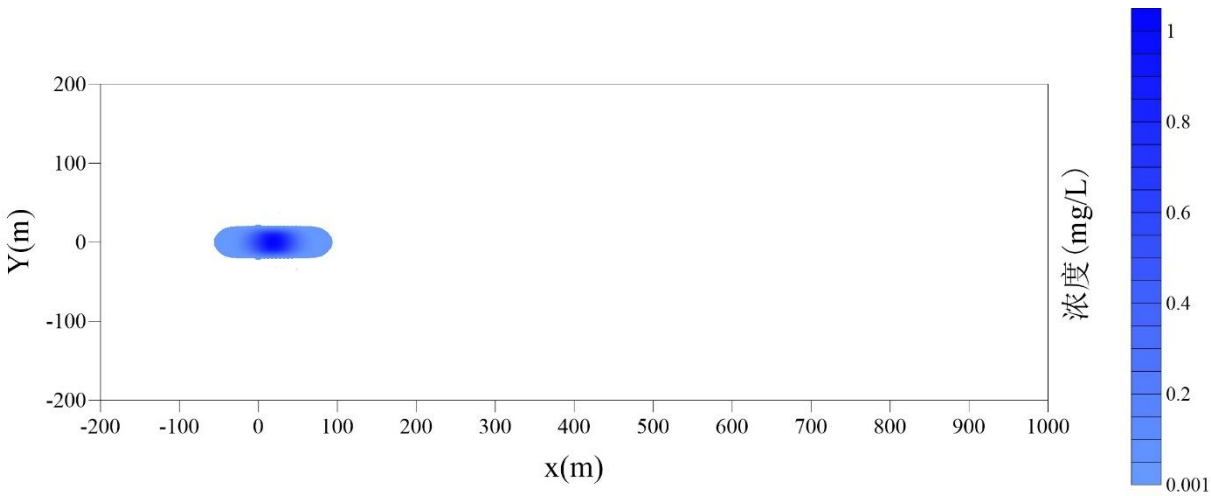


(c)第 2190d 时 $U_{\text{天然}}$ 影响范围分布图

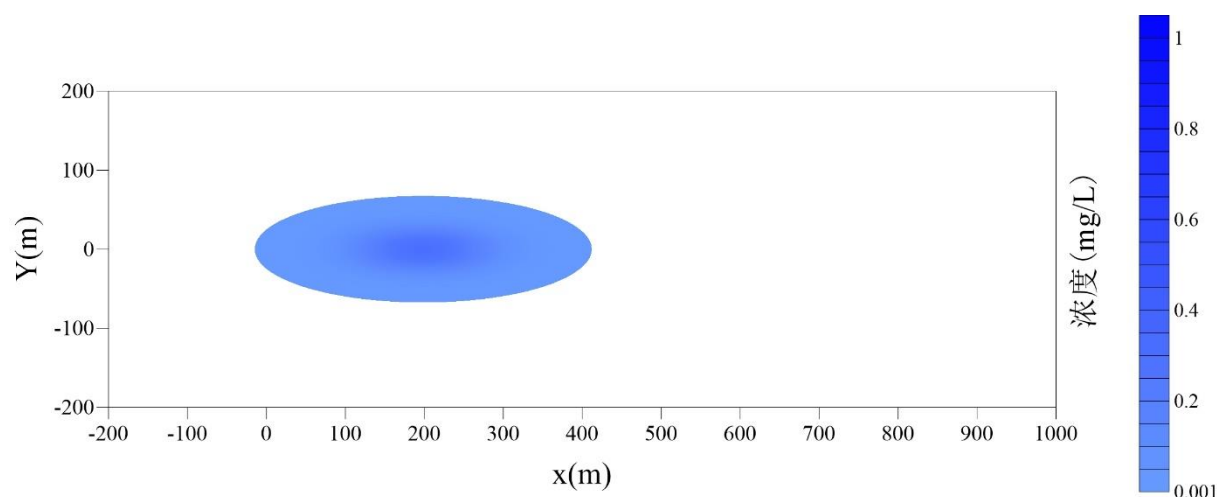
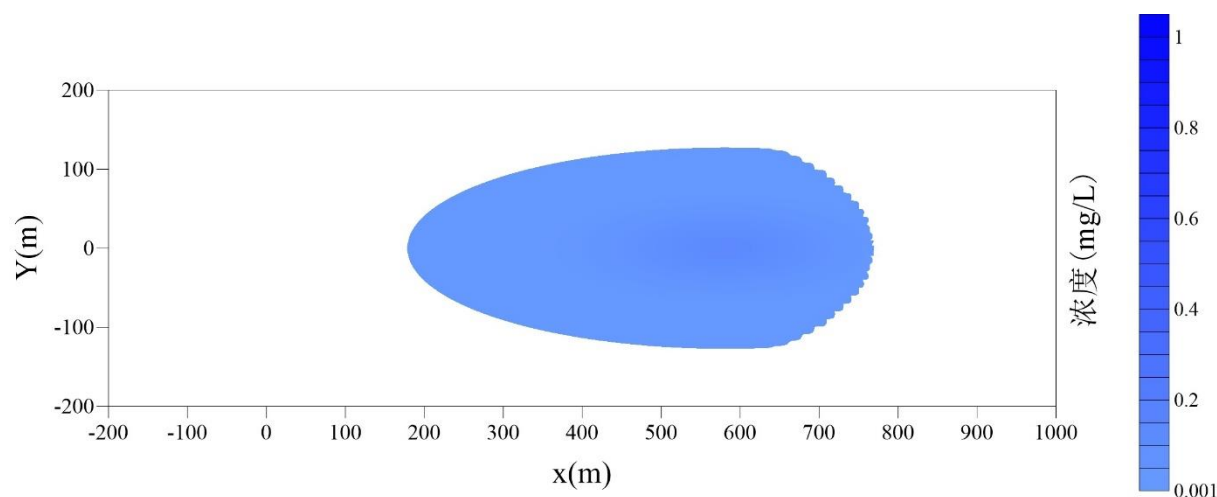
图 6.4-1 各预测时段地下水中 $U_{\text{天然}}$ 分布特征

(2) SO_4^{2-}

将上述参数代入预测公式进行计算，可以得到在渗漏 100d、1000d、2190d 后地下水中 SO_4^{2-} 影响范围变化特征，见图 6.4-2。可以看出随着时间推移，下游最高浓度逐渐减小，直至基本消失。第 100d 时，废水缓冲槽渗漏造成 SO_4^{2-} 向下游迁移了约 83m，中心点 SO_4^{2-} 浓度最大为 1.05mg/L；第 1000d 时，废水缓冲槽渗漏造成 SO_4^{2-} 向下游迁移了约 384m，中心点 SO_4^{2-} 浓度最大为 0.3mg/L；第 2190d 时，废水缓冲槽渗漏造成 SO_4^{2-} 向下游迁移了约 769m，中心点 SO_4^{2-} 浓度最大为 0.105mg/L，浓度均低于 SO_4^{2-} 本底浓度。可以看出，不会对周围地下水环境造成影响。

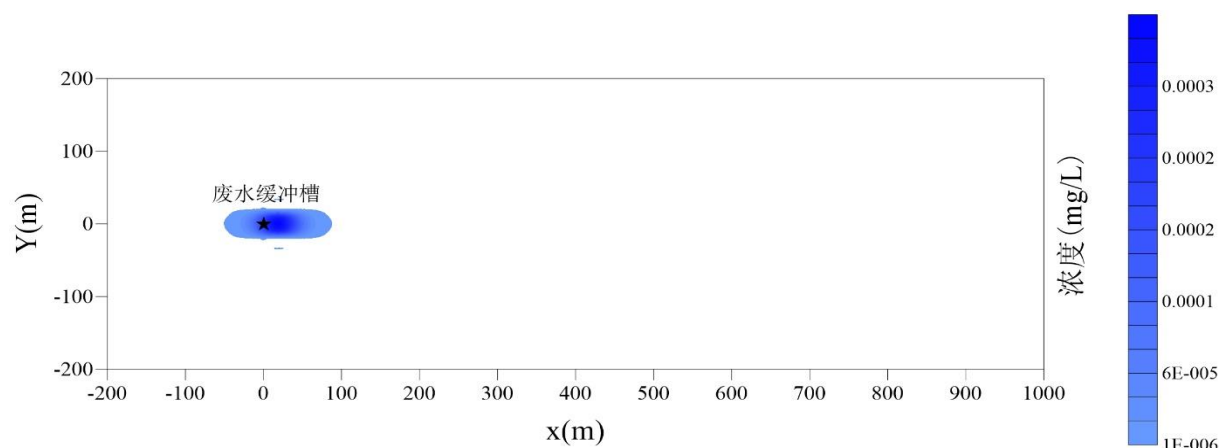


(a)第 100d 时 SO_4^{2-} 影响范围分布图

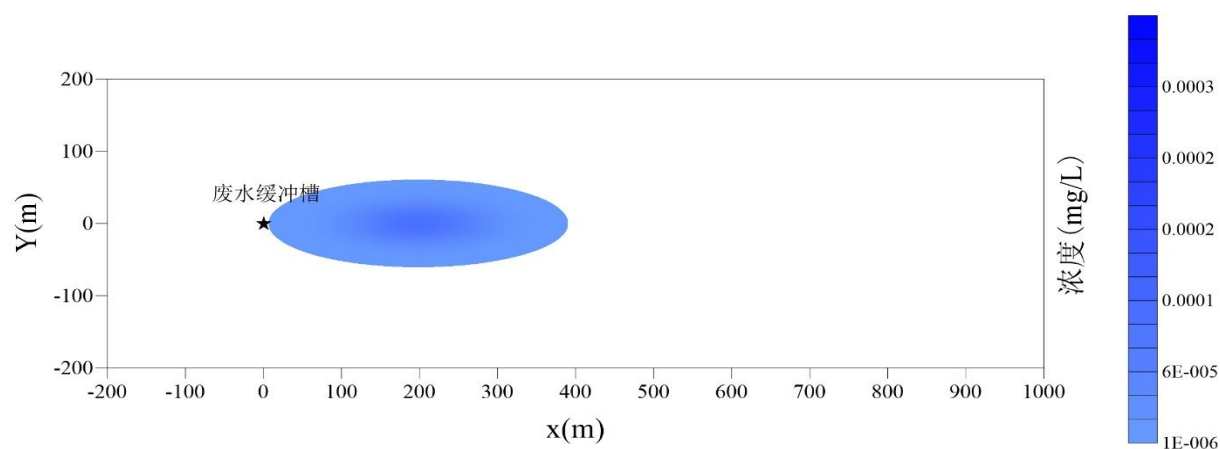
(b)第 1000d 时 SO_4^{2-} 影响范围分布图(c)第 2190d 时 SO_4^{2-} 影响范围分布图图 6.4-2 各预测时段地下水中 SO_4^{2-} 分布特征

(3) Mo

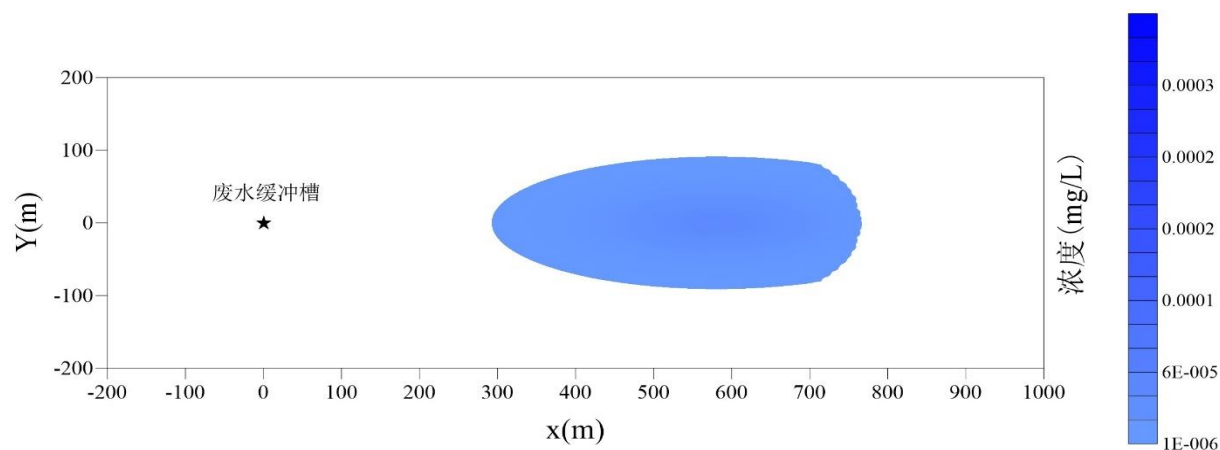
将上述参数代入预测公式进行计算，可以得到在渗漏 100d、1000d、2190d 后地下水中 Mo 影响范围变化特征，见图 6.4-3。可以看出随着时间推移，下游最高浓度逐渐减小，直至基本消失。第 100d 时，废水缓冲槽渗漏造成 Mo 向下游迁移了约 79m，中心点 Mo 浓度最大为 $3.6 \times 10^{-4} \text{mg/L}$ ；第 1000d 时，废水缓冲槽渗漏造成 Mo 向下游迁移了约 362m，中心点 Mo 浓度最大为 $1.0 \times 10^{-4} \text{mg/L}$ ；第 2190d 时，废水缓冲槽渗漏造成 Mo 向下游迁移了约 736m，中心点 Mo 浓度最大为 $3.6 \times 10^{-5} \text{mg/L}$ 。可以看出，不会对周围地下水环境造成影响。



(a)第 100d 时 Mo 影响范围分布图



(b)第 1000d 时 Mo 影响范围分布图



(c)第 2190d 时 Mo 影响范围分布图

图 6.4-3 各预测时段地下水中 Mo 分布特征

综上所述，非正常状况下废水缓冲槽发生泄漏后，污染物进入地下水后不会对地下水环境造成影响。

7 运行期非放射性环境影响分析

7.1 大气环境影响分析

7.1.1 污染源及达标分析

本项目运行期间过滤及产品制备厂房会产生硫酸雾和氨气，工艺水处理及出渣厂房在进行电石渣破碎过程中会产生颗粒物，但上述废气的排放量较少，对环境的影响程度较低，因此，本项目运行期非放射性大气环境影响主要来自锅炉废气和废气洗涤塔硫酸雾。

其中锅炉废气来自锅炉房新建的燃气锅炉，锅炉废气的主要污染物为颗粒物、SO₂和NO_x，硫酸雾来自新建浸出厂房的废气洗涤塔。本项目采用AERSCREEN 大气估算模式对锅炉废气和硫酸雾的环境影响进行估算，估算参数见表 7.1-1，AERSCREEN 大气估算模式计算结果见表 7.1-2。

表 7.1-1 非放射性废气源项参数

污染源名称	污染物	源强 (kg/h)	排气量 (m ³ /h)	排放高度 (m)	出口内径 (m)	温度 (℃)
燃气锅炉	颗粒物	0.026	7007	22	0.8	20
	SO ₂	0.040				
	NO _x	0.189				
浸出厂房废气洗涤塔	硫酸雾	0.51	13600	32	1.8	20

表 7.1-2 大气环境影响估算结果

污染源名称	污染物	Ci (μg/m ³)	Coi (μg/m ³)	Pi (%)	距离 (m)	推荐评级 等级
燃气锅炉	颗粒物	0.76	300	0.25	147	III
	SO ₂	1.17	500	0.23		III
	NO _x	5.57	250	2.23		II
浸出厂房废气洗涤塔	硫酸雾	10.13	300	3.38	178	II

由表 7.1-2 可知，燃气锅炉颗粒物最大落地浓度为 0.76μg/m³，占标率为 0.25%；SO₂ 最大落地浓度为 1.17μg/m³，占标率为 0.23%；NO_x 最大落地浓度为 5.57μg/m³，占标率为 2.23%；浸出厂房废气洗涤塔硫酸雾最大落地浓度为 0.51μg/m³，占标率为 3.38%。

按照《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)要求,本项目 $1\% \leq P_{\max} = 3.38\% < 10\%$, 大气评价等级为二级, 评价范围为废气洗涤塔为中心, 边长 5km 范围。

7.1.2 环境影响分析

本项目污染物在不同距离处的贡献浓度见表 7.1-3, 本项目污染物对最近居民点后井村的环境影响结果见表 7.1-4。

表 7.1-3 不同距离处污染物浓度

序号	距离(m)	颗粒物浓度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SO_2 浓度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO_x 浓度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	硫酸雾浓度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	50	0.13	0.19	0.92	1.05
2	100	0.71	1.09	5.18	7.58
3	200	0.65	0.99	4.76	9.87
4	500	0.53	0.81	3.88	6.29
5	1000	0.42	0.64	3.05	4.94
6	*1200 (后井)	0.36	0.55	2.64	3.57
7	3000	0.20	0.31	1.48	2.73
8	4000	0.16	0.24	1.15	2.31
9	5000	0.14	0.21	1.00	1.94

注: *废气洗涤塔距离后井村的距离。

表 7.1-4 污染物排放对后井村环境影响结果分析

污染源名称	污染物	贡献值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	现状值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	预测值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	标准值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
燃气锅炉	颗粒物	0.36	138	138.36	300
	SO_2	0.55	5.42	5.97	500
	NO_x	2.64	14.08	16.72	250
浸出厂房废气 洗涤塔	硫酸雾	3.57	10	13.57	300

由表 7.1-3 和表 7.1-4 可知, 本项目非放射性污染物排放所致后井村空气中颗粒物浓度预测值为 $138.36\mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_2 浓度预测值为 $5.97\mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_x 浓度预测值为 $16.72\mu\text{g}/\text{m}^3$, 均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准的限值要求。硫酸雾浓度预测值为 $13.57\mu\text{g}/\text{m}^3$, 满足《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018) 中附录 D 参考限值要求。

7.2 水环境影响分析

本项目非放射性废水主要为水冶厂职工生活污水，产生量约为 236.5m³/d，主要污染因子为 BOD₅、氨氮等。生活污水依托现有生活污水处理设施集中处理，处理后的生活污水回用于厂区绿化和洒水降尘，不外排，不会对周边地表水体产生影响。

7.3 固体废物环境影响分析

本项目产生的废机油统一存放在水冶厂危废间，并置于回收托盘内，可降低废机油桶泄露的风险。废机油定期由有资质的单位进行处置，因此不会对环境造成影响。

本项目运行期非放射性固体废物主要为职工人员产生的生活垃圾，生活垃圾产生量约为 79.2t/a，生活垃圾集中回收，放在厂内指定地点，定期由环卫部门进行处理，不会对周围环境产生明显不利影响。

7.4 声环境影响分析

本项目生产期噪声设备主要为各种风机、泵类、电机等，主要集中在磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房和过滤及产品制备厂房内，均属于室内声源。本项目各种设备均选用低噪声环保设备，对风机、泵类及电机等均采取了有效的隔声、减振措施，如泵类配置减震基座、工艺使用噪声设备均室内布置，风机旋转部分配置隔声罩等。

本项目所处区域为声环境 1 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厂界外 200m。

1) 预测模式

本项目利用杭州三捷环境工程咨询有限公司开发的 BREEZE NOISE 软件进行噪声环境影响预测。

2) 噪声源强

本项目主要噪声设备源强见表 7.4-1。

表 7.4-1 本项目主要设备噪声源强

数量（个）	源强	风机	泵类	电机
		<90	<85	<90
磨矿厂房		7	5	7
絮凝厂房		3	3	2
浸出厂房		8	12	5
过滤及产品制备厂房		43	45	20

3) 预测结果分析

本项目居民点均位于 200m 范围外，因此不再进行噪声预测，重点对运行期厂界噪声进行预测和评价。

本项目运行期场界噪声情况见表 7.4-2，噪声等值线见图 7.4-1。由该表可知，本项目厂界噪声贡献值在（20.13~41.17）dB（A）之间，叠加环境背景值后昼间环境噪声为（48.0~50.5）dB（A）之间，夜间环境噪声为（37.0~43.2）dB（A）之间，均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 1 类标准，即昼间≤55dB（A），夜间≤45dB（A）。

表 7.4-2 本项目厂界噪声情况 dB（A）

预测结果	东厂界	南厂界	西厂界	北厂界
贡献值	20.13	24.24	41.17	24.01
现状值	昼间：50.0 夜间：37.0	昼间：48.0 夜间：39.0	昼间：50.0 夜间：39.0	昼间：49.0 夜间：37.0
预测值	昼间：50.0 夜间：37.0	昼间：48.0 夜间：39.1	昼间：50.5 夜间：43.2	昼间：49.0 夜间：37.2
执行标准	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类 昼间 55dB（A），夜间 45dB（A）			
达标情况	达标	达标	达标	达标

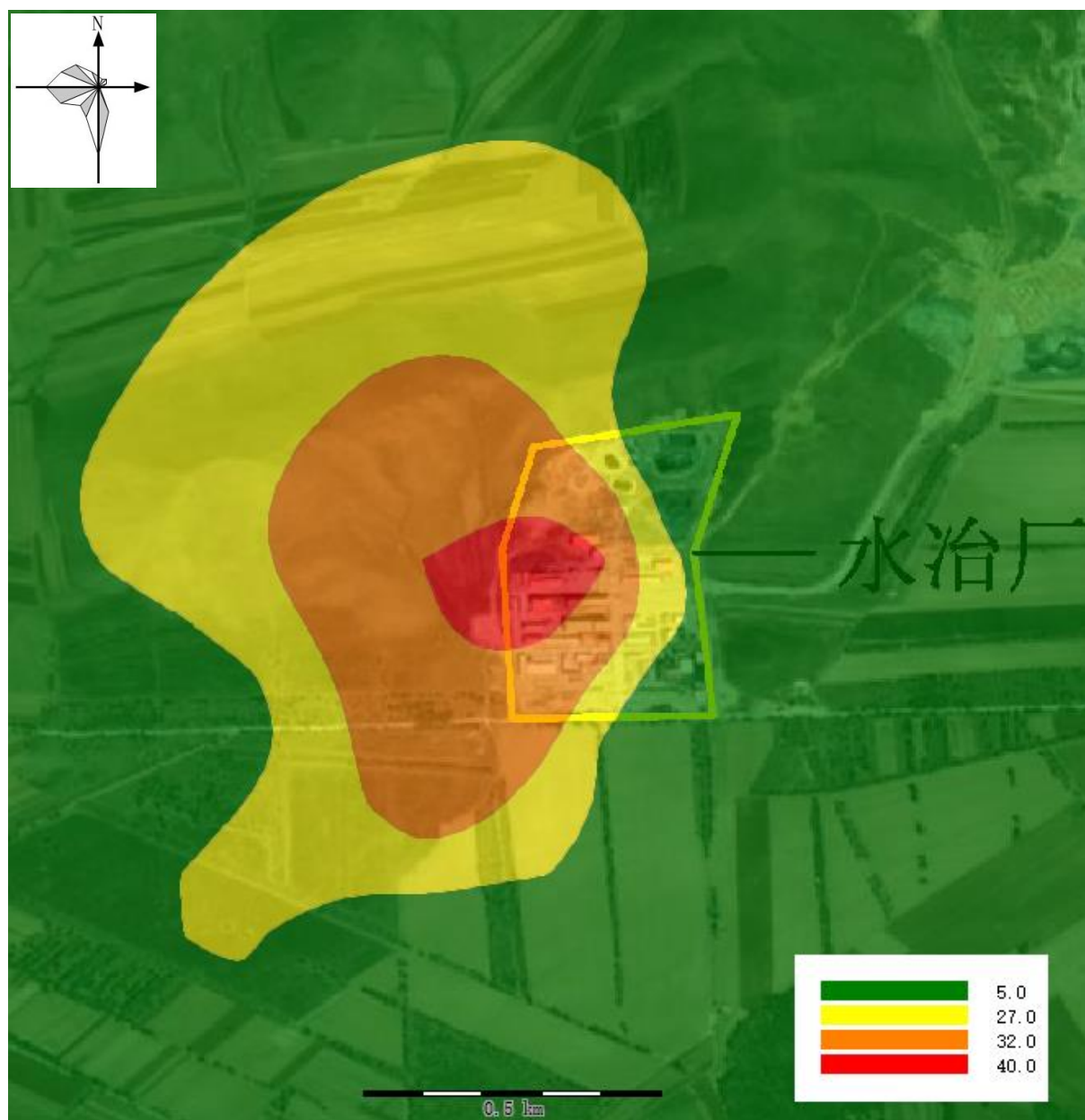


图 7.4-1 本项目运行期噪声预测贡献值等值线图

8 事故环境影响分析

8.1 事故的环境影响

8.1.1 事故识别

本项目在投入正常运行后，可能对环境产生的辐射环境影响景象如下：

1) 尾渣运输事故

本项目常规浸出渣采用汽车运往水冶厂进行浸出，在运输过程中，由于各种原因，可能发生运输车辆侧翻，导致尾渣洒落在沿途的事故。

2) 主工艺设备液料泄漏事故

本项目在水冶生产过程中涉及多种料液储槽/罐/池、管道等，这些设备因密闭不严或超期服役，运行时失稳或强度降低，以及人为操作失误等原因，有可能出现设备或管道内放射性料液外泄的事故。

3) 粗碎厂房除尘系统失效

在生产过程中，粗碎厂房产生的放射性粉尘通过脉冲除尘器除尘后，通过高出 50m 范围内最高建筑物屋脊 3m 的排气筒排出，由于除尘系统故障、人为操作失误等原因，可能会造成除尘效率达不到相应要求甚至使粉尘未经处理直接排放，造成周边大气环境中核素浓度升高，从而可能对公众造成一定的辐射影响。

4) 废水缓冲槽泄漏事故

工艺水处理及出渣厂房废水缓冲槽在自然老化、施工缺陷等条件下造成损坏，致使槽体部分破损，造成铀萃余水等废水直接渗入下部含水层，造成周边地下水环境中核素浓度升高，对辐射环境影响造成一定影响。

8.1.2 事故环境影响分析

8.1.2.1 尾渣运输事故

本项目生产期间，每年有 17 万 t 的常规浸出渣由尾渣库运送至水冶厂。本项目水冶厂至尾渣库的运输距离约为 0.66km。根据运输自卸汽车的载重量，单次运输量约为 20t，则每年运输次数合计约为 8500 车次/a。根据核工业 30 年放射性物质运输统计数据，公路运输事故概率为 $4.3 \times 10^{-7}/\text{km} \cdot \text{车次}$ ，因此本项目运输交通事故发生的概率为 2.41×10^{-3} 次/a，可见发生事故的可

能性很小。

运输过程中一旦事故发生，应立即采取有效的处理措施，及时将洒落的常规浸出渣进行清理，并对污染的土壤进行超挖，超挖土运至尾渣库堆放，尽量减少对环境的污染。

8.1.2.2 主工艺设备液料泄漏事故

本项目在运行过程中通过定期对设备、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，能够有效避免泄漏的发生。此外，本项目现有的浸出厂房、转鼓过滤厂房、萃取厂房和新建的絮凝浓密厂房、浸出厂房、工艺废水处理及出渣厂房内均设有排水沟及污水坑，厂房内跑冒滴漏的废液通过排水沟收集汇入污水坑，再通过排污泵输送至水冶厂南侧的事故池（总容积 1000m³，尺寸为 25m×10m×4m），池体为钢筋混凝土结构，池内壁刷涂抗渗混凝土砂浆，根据液料情况返回工艺使用；厂房地面采用混凝土基础，楼面铺设防腐、耐酸瓷砖，可以避免泄漏物料进入地下水环境。因此，通过采取预防、检查、收集、导排等措施，工艺设备及管线泄漏的影响可以控制在厂区范围内，不会对外环境产生不良影响。

8.1.2.3 粗碎厂房除尘系统失效事故

当粗碎厂房除尘系统失效时会导致设备逐渐堵塞，然后自动控制系统会进行连锁控制，停止排风系统。排风停止后，对除尘系统进行检修，排除故障或失误后恢复正常运行。保守考虑除尘系统完全失效 4h 后自动控制系统开始识别堵塞，发挥作用，则粉尘未经处理直接排放的时间为 4h。非正常工况下核素排放量见表 8.1-1。

表 8.1-1 非正常工况粗碎厂房核素排放量一览表

核素	粉尘浓度 (mg/m ³)	粉尘排放量 (m ³ /h)	持续时间 (h)	核素比活度 (Bq/g)	核素总活度 (Bq)	排放量 (Bq)
²³⁸ U	622	17672	4	4.31	1.90×10 ⁵	1.13×10 ⁶
²³⁴ U				4.31	1.90×10 ⁵	
²²⁶ Ra				4.22	1.86×10 ⁵	
²³⁰ Th				4.31	1.90×10 ⁵	
²¹⁰ Po				4.22	1.86×10 ⁵	
²¹⁰ Pb				4.22	1.86×10 ⁵	

由上表可知，除尘系统失效的非正常工况下，各核素排放量均非常少，总排放量为 $1.13 \times 10^6 \text{Bq/次}$ ；而正常工况下，本项目粗碎厂房粉尘中放射性核素总排放量为 $2.15 \times 10^7 \text{Bq/a}$ ，放射性粉尘排放所致公众最大个人剂量为 $6.74 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ 。因此非正常工况下所致公众最大个人剂量为 $3.54 \times 10^{-6} \text{mSv/次}$ ，远低于非正常工况下公众最大个人剂量值控制指标（ 1mSv/次 ），不会对周围环境和公众产生明显辐射影响。

运行中加强对设备的维护和操作，强化工作人员的防范意识，能够有效避免非正常工况的发生。即使发生废气净化系统完全失效的工况，自动控制系统会进行连锁控制，采取停止生产、立即检修等措施，可减缓非正常工况产生的辐射影响。

8.1.2.4 废水缓冲槽泄漏事故

根据 6.4 节相关内容，工艺水处理及出渣厂房废水缓冲槽发生泄露时， $U_{\text{天然}}$ 最大迁移距离为 639m，最大贡献浓度仅为 $9.02 \times 10^{-6} \text{mg/L}$ ； SO_4^{2-} 最大迁移距离为 769m，最大贡献浓度为 0.105mg/L ；Mo 最大迁移距离为 736m，最大贡献浓度仅为 $3.60 \times 10^{-5} \text{mg/L}$ 。由此可知，非正常工况下对地下水环境可能产生一定影响，但影响范围和程度有限，且不涉及地下水保护目标，不会对本区地下水辐射环境产生较大影响。

8.1.3 事故防范和应急控制措施

8.1.3.1 事故防范措施

1) 尾渣运输事故防范措施

(1) 本项目不定期对运输道路进行维修、维护，发现有不平、坑洼及时修补，保证运输道路路面质量。

(2) 按照指定的道路运输尾渣，并在运渣道路设置方向、车速等指示或警示标志。

(3) 为防止运输过程中的尾渣撒漏，采用 20t 密闭箱式自卸车进行运输，自卸车车厢顶部设置遮盖设施，减少运输产生扬尘。

(4) 定期对运输车辆进行维护和保养，降低发生事故的风险，若发现运输车辆有安全隐患，应立即停止使用。

(5) 加强运输人员安全意识，减少事故发生。

2) 主工艺设备液料泄漏事故防范措施

(1) 本项目水冶厂房工艺设备生产区设有排水沟、污水坑和事故槽，一旦发生工艺液料跑冒滴漏的事故，液料通过厂房地面流入四周排水沟内，再进入污水坑及事故池储存，并将液料返回工艺使用，事故池尺寸为 $25\text{m}\times 10\text{m}\times 4\text{m}$ ，总容积 1000m^3 ；同时，切断事故设备和管线的流通，及时对其进行维修。

(2) 生产厂房地面均为混凝土基础层，楼面铺设耐腐蚀、耐酸瓷砖，降低液料泄漏对建筑结构的腐蚀影响，同时防止泄漏液料进入地下水环境。

(3) 对直接接触工艺物料工作岗位配有专用的个人防护设施，如空气呼吸器、过滤式防毒面具、化学防护服、安全眼镜、防护手套等。

(4) 加强厂区工作人员的教育和培训工作，制定相应的巡回检查制度和事故消除规程，规范岗位操作，强化工作人员的防范意识，做好日常检查。

3) 磨矿厂房除尘系统失效防范措施

(1) 运行中加强对除尘系统的检查和维护，有效避免除尘系统故障的发生。

(2) 强化工作人员的防范意识，严格执行操作规程，杜绝违章操作。

(3) 运行期间，按照本项目流出物监测计划定期对粉尘排气筒进行监测，一旦发现异常，应及时进行检查和维修。

4) 废水缓冲槽渗漏事故防范措施

(1) 施工期间，加强废水缓冲槽防渗结构施工质量的监督检查工作，确保防渗结构按照设计要求进行施工。

(2) 运行期间，加强废水缓冲槽的巡视监测工作，若发现问题，立即组织工作人员对其进行检查和维修。

(3) 运行期间，按照本项目环境监测计划定期对水冶厂周围地下水进行监测，一旦发现异常，应加大频次监测，若发现周围地下水受污染应采取补救措施，控制污染范围。

8.1.3.2 事故应急控制措施

中核沽源铀业有限责任公司制定了《中核沽源铀业有限责任公司突发环境事件应急预案》、《中核沽源铀业有限责任公司尾矿库突发环境事件应急预案》，建立了应急组织体系、应急响应程序、应急处置措施，配备相应的应急物资，并定期进行演练，主要的突发事故应急控制措施如下所示：

1) 应急组织

中核沽源铀业有限公司应急组织机构由公司应急指挥中心、应急指挥中心办公室、外部专家组及应急救援队伍组成，应急救援队伍包括：通讯联络组、现场警戒组、抢险救灾组、环保处理组、后勤保障组。应急组织体系见图 8.1-1。

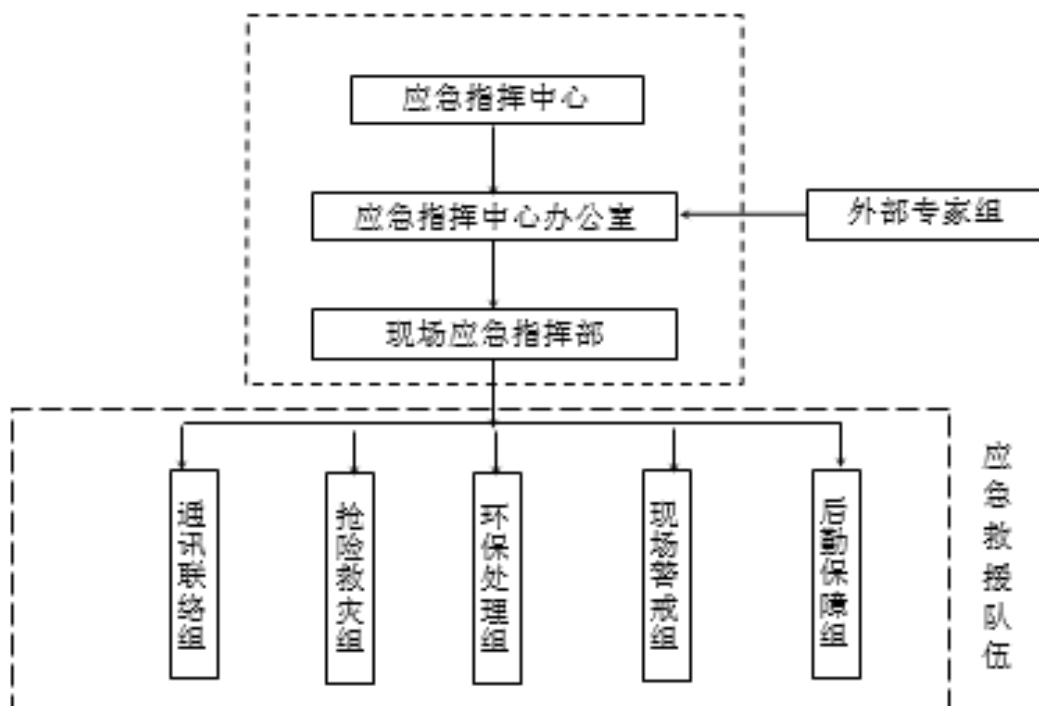


图 8.1-1 中核沽源铀业有限责任公司应急组织体系图

2) 事故应急响应

中核沽源铀业有限责任公司建立了应急响应程序，严格执行“发现→逐级上报→应急处置小组→启动预案→成立应急指挥部→现场救援”的原则。

应急响应程序为：应急处置小组接到事故报告后，立即查看现场后，报告公司主要领导。由公司主要领导宣布启动环境应急预案，并成立应急指挥部。各部门接到通知后，立即按各自职责开展应急抢险救援工作。公司领导

或由公司领导指定人员将污染事故信息上报沽源县政府，并向社会救助互助单位及政府救援单位发出救援请求。应急响应程序图见图 8.1-2。

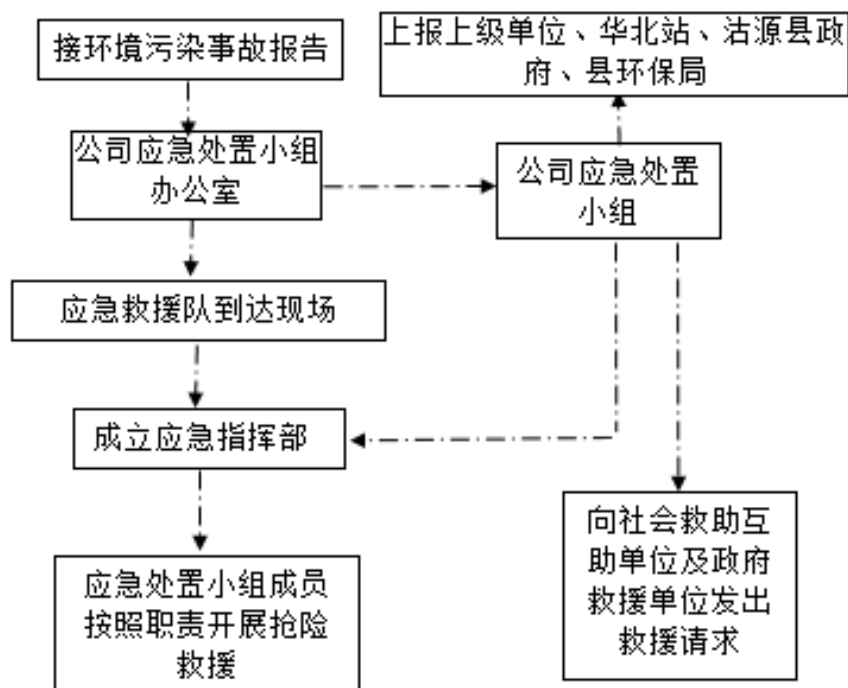


图 8.1-2 中核沽源铀业有限责任公司应急响应程序示意图

（2）处理措施

①事故救援队派专人到达事故发生地和周围，调查是否有伤亡或被困人员，并积极组织救援工作。

②对事故地点周围居民点所在地进行环境氡及其子体、 γ 辐射剂量率、地下水、土壤的环境监测工作，确保居民点的辐射安全。

（3）应急结束

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

8.2 环境风险评价

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)，本项目生产过程中涉及的主要危险物质为硫酸，其具有一定的腐蚀性，接触人体后会对人的眼睛和呼吸器官产生直接伤害。项目专门建有露天硫酸库布置硫酸储罐，其一旦泄漏，挥发的酸雾会对周围大气环境造成影响。本次风险评价对硫酸

泄漏进行风险预测与评价。

8.2.1 硫酸储罐泄漏事故预测与评价

8.2.2.1 事故景象分析

本项目硫酸硫酸库有 4 个容积 260m³ 的直径 7m、长 7m 圆形储罐，呈一排四列摆放，且在硫酸库周围做一个整体围堰，尺寸为 25m×25m×1m。考虑到多个储罐同时发生泄漏的可能性较小，按一个罐发生泄漏计算，即硫酸最大泄漏源强按 260m³ 考虑。硫酸在常压下是液体，常温储存，在发生泄漏事故时不会发生闪蒸及热量蒸发，因此，重点考虑事故泄漏后的质量蒸发。假设硫酸贮罐泄漏后将整个围堰铺满，则围堰有效蒸发面积为围堰内面积减去硫酸罐基础所占面积，如下：

$S_{有}=S_{围堰}-S_{基础}=25\times25-3.14\times3.5^2\times4=471.14m^2$ ，核算为液池半径为 12.2m。

采用以下公式可计算出具有挥发性的硫酸的挥发量。

$$Q_3=a\times p\times M/(R\times T_0)\times u^{(2-n)/(2+n)}\times r^{(4+n)/(2+n)} \quad (\text{式 } 8.2-1)$$

式中：

Q_3 —质量蒸发速度，kg/s；

M —摩尔质量，kg/mol，硫酸取 0.098；

a ， n —大气稳定度系数，见表 8.2-1；

p —液体表面蒸气压，Pa；取 133.22Pa；

R —气体常数；8.314J/mol·k；

T_0 —环境温度，298.4k；

u —风速，取当地年均风速，即 3.5m/s；

r —液池半径，m，取 12.2m。

表 8.2-1 液池蒸发模式参数

稳定度条件	n	a
稳定 (E, F)	0.3	5.285×10^{-3}

通过计算可知，最不利条件稳定度下的硫酸挥发量为 0.000919kg/s。

8.2.2.2 事故影响评价

本次事故评价大气扩散模式采用国家环保部推荐的环境风险评价多烟团模型。假设一旦发现泄漏，将迅速采取堵漏、导液等应急措施，将液体导

入备用罐中。根据导则泄漏时间设定为 10min，蒸发时间设定为 30min，预测泄漏后 10min、20min 和 30min 时下风向地面空气中硫酸的一次浓度，气象参数根据导则选取最不利气象条件：F 稳定度，1.5m/s 风速，温度 25℃，相对湿度 50%。预测结果见表 8.2-2，预测分析见表 8.2-3。

表 8.2-2 硫酸储罐泄漏事故时下风向地面空气中 H₂SO₄ 的一次浓度(mg/m³)

距离 (m)	10min F	20min F	30min F	距离 (m)	10min F	20min F	30min F
20	65.16	65.16	65.16	500	0.00	0.87	0.87
50	17.89	17.89	17.89	600	0.00	0.66	0.66
100	8.23	8.23	8.23	700	0.00	0.51	0.52
150	4.93	4.93	4.93	800	0.00	0.24	0.42
200	3.34	3.34	3.34	900	0.00	0.02	0.35
250	2.44	2.44	2.44	1000	0.00	0.00	0.29
300	1.88	1.88	1.88	2000	0.00	0.00	0.00
350	1.49	1.50	1.50	3000	0.00	0.00	0.00
400	0.72	1.23	1.23	4000	0.00	0.00	0.00
450	0.07	1.03	1.03	5000	0.00	0.00	0.00

表 8.2-3 硫酸储罐泄漏事故不利气象条件(F 稳定度)下的预测结果分析

序号	项目	F 稳定度结果
1	最大落地浓度 (mg/m ³)	339.13
2	最大落地浓度出现距离 (m)	3
3	毒性终点浓度-1 (mg/m ³)	160
4	毒性终点浓度-1 影响距离 (m)	6.7
5	毒性终点浓度-2 (mg/m ³)	8.7
6	毒性终点浓度-2 影响距离 (m)	108.5
7	最近居民点 (1200m) 最大浓度 (mg/m ³)	0.08 (65min)

由计算数据可以看出，在最不利气象条件下，硫酸储罐泄漏后最大落地浓度为 339.13mg/m³，出现在下风向 3m 处；毒性终点浓度-1 的影响范围为 6.7m，毒性终点浓度-2 的范围为 108.5m，该范围内均无居民点；最近居民点处在泄漏 65min 后达到最大浓度 0.08mg/m³，远小于毒性终点浓度-1 和毒性终点浓度-2，影响属于可接受水平。

在发生事故下，灌区周围一定范围内的硫酸浓度较高，会对人体造成一

定的影响。因此，一旦发生硫酸泄漏事故，首先要采取堵漏的应急措施，尽量控制液体的外泄量，且由于有围堰的阻挡，可及时将泄漏液体收集到围堰中，并通过导液将硫酸导入罐中，硫酸雾即停止外排，再通过大气稀释扩散，其产生的影响将会在短时间内得到消散，对周围环境和人员造成的影响是可以接受的。

此外，硫酸库周围设置整体围堰，围堰尺寸为 $25\text{m} \times 25\text{m} \times 1\text{m}$ ，围堰容积 625m^3 ，扣除硫酸罐基础所占面积后，有效容积为 471.14m^3 ，可以满足单台硫酸储罐(260m^3)的的泄漏量，且围堰内侧壁及地面均按照规范作防渗、防腐处理，防止污染地下水。

8.2.2 液氨库环境风险分析

本项目液氨储罐设置高低液位报警、高温报警、压力报警，液氨库设置有毒气体检测报警器。液氨储罐如发生泄漏，通过厂内巡视及监控系统可以在短时间对泄漏的液氨进行处理，不会出现液氨泄漏释放的氨气长时间在空气中扩散的情况；液氨库距居民点最近距离为 1100m ，扩散的少量氨气经大气稀释不会对周边的居民点造成影响。

另外，液氨库周围设置整体围堰，围堰尺寸为 $21\text{m} \times 7.5\text{m} \times 1\text{m}$ ，围堰容积 157.5m^3 ，扣除液氨储罐基础所占面积后，有效容积为 95m^3 ，可以满足单台液氨储罐(50m^3)的的泄漏量，且围堰内侧壁及地面均按照规范作防渗、防腐处理，防止污染地下水。

8.2.3 事故防范及应急措施

8.2.3.1 事故防范措施

1) 硫酸库和液氨库周围均设置整体围堰，围堰有效容积均可满足单台储罐的泄漏量，且围堰内侧壁及地面均按照规范作防渗、防腐处理，防止污染地下水；同时水冶厂内配备必要的应急救援器材，以防泄漏时的应急处理之需。

2) 硫酸库和液氨库围堰内均设置备用罐及泵、管道等收集设施，一旦发生泄漏事故，即刻启动液体回收系统，将泄漏的液态及时回收至备用罐内。

3) 硫酸储罐设置液位报警；液氨储罐区设置液位报警、高温报警、压

力报警，且液氨库区设置有毒气体检测报警器。通过巡视及监控系统可及时发现泄漏，并进行及时处理。

4) 硫酸库、液氨库内应设置洗眼器、冲洗水管等设施，并配备面具、防护服、防护手套、安全眼镜等个人防护装备。

5) 硫酸库、液氨库周边设置醒目的安全警示标志、职业危害告知牌、危险源告知牌等。

8.2.3.2 环境风险管理措施

1) 建立健全安全生产责任制，把安全生产责任落实到岗位和人头。定期组织安全检查，及时消除事故隐患，强化对事故源的监控。

2) 定期检查储罐、阀门和管道，防止储罐破裂或阀门泄漏产生有毒气体的无组织排放。

3) 危险品储运采用槽车或桶装运输，经常检查阀门，防止泄漏。

4) 中核沽源铀业有限责任公司制定了《中核沽源铀业有限责任公司突发环境事件应急预案》，建立了应急组织体系、应急响应程序、液氨库和硫酸库突发环境事件现场处置措施，配备相应的应急物资，并定期进行演练。

5) 发生泄漏后，公司立即积极主动采取果断措施，如停止供料，关闭相应的阀门，严格控制电源、火源，及时报警，特别要配合消防部门，提供相关物料的理化性质等，做好协助工作。

6) 加强对从业人员开展安全宣传、教育和培训，严格实行从业人员资格和持证上岗制度，促使其提高安全防范意识，掌握预防和处置事故的技能，杜绝违规操作。

9 环境保护措施及其可行性论证

9.1 施工期环境保护措施及其可行性论证

9.1.1 施工期环境保护措施

1) 施工期大气污染防治措施

施工期大气污染包括施工扬尘和少量的机械烟气，其中，施工扬尘防治措施包括：洒水抑尘、围挡、施工场地保持清洁并进行覆盖、避免大风作业、及时清运垃圾等对策，同时包括提高管理水平，加强现场施工管理等，具体措施详见5.2.1节。

在施工过程中选择使用工况良好的机械，并加强日常维护及检修，尽量避免由于机械老化而导致的燃料燃烧不完全现象的发生，以减少烟气的产生。

2) 施工期地表水污染防治措施

施工期废水主要为施工废水和生活污水。施工废水和生活污水污染物种类简单，污染物含量较低。施工废水主要为设备清洗和水泥养护排水，该部分废水集中收集，经沉淀处理后主要用于场地洒水降尘，不外排；施工期作业人员产生的生活杂用水及盥洗废水，施工人员租用周边民宅，其生活污水依托于民宅处理。

3) 施工期固体废物污染防治措施

本项目施工期间非放射性固体污染包括新建生产厂房产生的建筑垃圾和施工人员生活垃圾。其中建筑垃圾送至建筑垃圾处理场；施工人员生活垃圾统一收集至指定地点，最终外送环卫部门处理。

此外，施工过程中拆除污染建（构）筑物产生的建筑垃圾运至尾渣库储存，拆除污染设备及管线均运至水冶厂内的废旧金属库内储存。

4) 施工期声污染防治措施

施工期降噪措施包括：选择低噪声设备，并及时对其进行保养，从源头上降低声源；对于噪声较高的设备，采取加装减振设备或隔音罩的方法降噪；加强对设备的检查和维护，减少设备部件之间的不正常碰撞产生的噪声。

5) 施工期生态环境污染防治措施

(1) 合理安排施工进度, 避免雨季施工等措施, 有效控制同一时间段内的由施工造成的裸地面积, 从而减少水土流失量。

(2) 施工期间加强施工管理, 严格控制各种施工活动的范围, 尽可能地不破坏原有的地表植被和土壤, 并将临时占地控制在最低限度。禁止对非施工区域的植被进行破坏。

(3) 施工过程中, 剥离的表土尽量进行储存, 用修路或退役土源等。

(4) 项目建成后, 水冶厂及废水处理设施区空闲地进行绿化, 绿化面积为 11350m², 改善场区的生态环境。

9.1.2 施工期环境保护措施可行性论证

1) 施工期大气污染防治措施可行性论证

施工扬尘的多少及影响程度的大小与施工场地条件、管理水平、机械化程度和天气条件等诸多因素有关; 本评价根据施工现场扬尘实测资料, 对其进行综合分析。某地施工现场的扬尘实际监测结果见下表 9.1-1:

表 9.1-1 施工现场扬尘监测结果 单位: mg/m³

距工地距离(m)	10	20	30	40	50	100	150	备注
场地未洒水	1.75	1.30	0.78	0.365	0.345	0.330	0.309	春季测量
场地洒水	0.437	0.350	0.310	0.265	0.250	0.238	0.208	

由上表可知, 建筑施工扬尘的影响范围主要集中在工地下风向 150m 范围内, 150m 范围外影响较小; 施工现场采取场地洒水措施, 可以明显地降低施工场地周围环境空气的粉尘浓度, 通过洒水降尘, 散料覆盖、围挡、加强管理, 厂界可以满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 无组织排放监控浓度限值 1mg/m³ 的要求。以上施工期工程措施已在多个施工场地中得到广泛应用, 其措施是可行的。

2) 施工期间地表水污染防治措施可行性论证

施工期生产废水和生活污水污染物种类简单, 含量较低, 施工期间建(构)筑物拆除、物料运输以及建筑施工需要大量洒水降尘, 施工期的设备清洗和水泥养护排水经处理后, 可完全回用于洒水降尘; 施工期作业人员的租用周边民宅, 其生活污水依托于民宅处理, 其处理措施是可行的。

3) 施工期间固体废物污染防治措施可行性论证

污染建(构)筑物拆除的建筑垃圾和污染设备管线均属于铀矿冶废物。其中,建(构)筑物3座,污染建筑垃圾产生量较小,运至尾渣库储存,尾渣库库容能够满足储存需求,措施可行。

拆除污染设备及管线均运至水冶厂内的废旧金属库内储存,该库房尺寸为32m×21.3m×10m,使其处于受控状态,并加强环境管理可避免放射性废物流失,措施可行。

施工期非放射性固体废物加强管理,专人收集、定点堆放,建筑垃圾送建筑垃圾填埋场,生活垃圾送环卫处集中处理,去向合理,措施可行。

4) 施工期间声污染防治措施可行性论证

施工噪声因施工机械不同,影响的范围相差很大,由5.2.3节预测可知在距离180m即可满足GB12523-2011标准要求;为进一步降低噪声污染,应选择优质的低噪声设备,并加强保养,对个别的噪声设备较高的设备加装消声器及减振设备等,并加强管理,避免大噪声设备夜间施工,经采取上述措施后,且施工场地距离周围敏感点均有1km以上的距离,施工噪声基本不会对周围敏感点产生明显影响,因此施工期噪声防治措施是可行的。

5) 施工期间生态环境污染防治措施可行性论证

本项目所在区域农田和草地生态系统,开发利用程度较高,新增占地面积共计约0.0263km²,主要为草地,无珍稀濒危生物分布,本项目占地面积较小,不会影响区域的生态格局。施工过程中采取了相应生态环境保护措施,主要为加强生态环境管理,避免雨季施工造成水土流失,并对工业场地空闲地方进行绿化,绿化面积11350m²改善生态环境,生态保护措施均为施工期成熟、可靠措施,已广泛应用于施工期间生态保护,生态保护措施是可行的。项目终采闭坑后,制定退役治理计划,及时对设施进行退役治理,恢复当地生态环境。

9.2 运行期环境保护措施及其可行性论证

9.2.1 运行期环境保护措施

9.2.1.1 大气污染防治措施

1) 水冶厂房 ^{222}Rn

本项目在罐体处设有盖板和密闭装置，管道与槽罐体连接处使用密封环或密封垫片，抑制了 ^{222}Rn 的析出，属于常规密封减少排放的方式，工程技术成熟可行。同时在新建的水冶厂房内均设有通风装置，将厂房内产生的 ^{222}Rn 收集后排放至大气进行稀释，可保证工作场所内 ^{222}Rn 保持在合理水平。

2) 粗碎厂房废气

本项目在破碎机处设置有集气罩，可收集粗碎过程中产生的放射性粉尘，并通过通风系统输送至脉冲除尘器，通风量为 $17672\text{m}^3/\text{h}$ ，脉冲除尘器除尘效率为 99%。除尘后经由除尘器排气筒排放，排放高度为 15m，排放速率为 $0.07\text{kg}/\text{h}$ ，排放浓度为 $9.62\text{mg}/\text{m}^3$ ，因此满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准的要求，即排放速率 $\leq 3.5\text{kg}/\text{h}$ ，排放浓度 $\leq 120\text{mg}/\text{m}^3$ 。

3) 浸出厂房废气

在进行矿浆的预浸和氧压浸出过程中会产生硫酸雾。预浸槽均设置有盖板，可减少预浸过程中硫酸雾的释放量。同时浸出厂房设有通风设备，可将硫酸雾输送至新建的废气洗涤塔进行处理。废气洗涤塔采用清水喷淋吸收的方式中和硫酸雾，喷淋水循环使用，不外排。硫酸雾去除效率为 90%。废气洗涤塔排风量为 $13600\text{m}^3/\text{h}$ ，硫酸雾排放速率为 $0.510\text{kg}/\text{h}$ ，排放浓度为 $37.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，硫酸雾排放高度为 32m，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准的要求，即排放速率 $\leq 10.04\text{kg}/\text{h}$ ，排放浓度 $\leq 45\text{mg}/\text{m}^3$ 。

4) 锅炉废气

本项目新增 1 台 $10\text{t}/\text{h}$ 燃气锅炉。燃气锅炉配置有低氮燃烧器，锅炉废气经由 22m 高排气筒排放， NO_x 最大排放浓度为 $28\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足《锅炉大

气污染物排放标准》(DB13/5161-2020)的限值要求,即排放浓度 $\leq 50 \text{ mg/m}^3$ 。

燃烧过程中也会排放颗粒物和 SO_2 , 颗粒物最大排放浓度为 3.9 mg/m^3 , SO_2 最大排放浓度为 6.0 mg/m^3 , 均满足《锅炉大气污染物排放标准》(DB13/5161-2020)中 $\leq 5 \text{ mg/m}^3$ 和 $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ 的限值要求。

5) 其他厂房废气

过滤及产品制备厂房会产生少量硫酸雾和氨气,但排放量较少,经由厂房内设置的通风系统收集后排放至大气环境,满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中二级标准的要求和《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)表2标准要求。

工艺水处理及出渣厂房在进行电石渣破碎过程中会产生颗粒物,由于电石渣是电石水化制取乙炔后的产物,因此自身含水率较高,不易形成扬尘;同时,在破碎机处设置有水雾喷淋降尘装置,可进一步降低颗粒物的产生。因此,电石渣破碎过程中颗粒物的排放量较少,能够满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中二级标准的要求

9.2.1.2 废水处理措施

1) 工艺废水处理措施

本项目产生的工艺废水主要为铀萃余水、铀沉母液、钼饱和洗水和钼酸沉母液等,产生量分别为 3534.26 t/d 、 88.33 t/d 、 4.94 t/d 和 61.39 t/d 。

其中铀萃余水、铀沉母液、钼饱和洗水中主要污染物为 $\text{U}_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra , 全部进入水处理及出渣厂房处理,处理工艺为电石渣制浆 $\rightarrow$ 废水中和 $\rightarrow$ 固液分离 $\rightarrow$ 活性炭吸附除油,处理后全部回用于生产,不外排。

钼酸沉母液中主要污染物为 NH_4^+ 、 Mo ,同时也含有少量的 $\text{U}_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra , 全部依托水冶厂综合处理车间处理,处理工艺为中和预处理 $\rightarrow$ 汽提脱氨回收氨水,处理后全部回用于生产,不外排。

2) 矿坑涌水处理措施

运行期矿坑涌水产生量为 $7.67 \text{ m}^3/\text{h}$, 其中主要污染物为 $\text{U}_{\text{天然}}$ 和 Mo , 全部进入矿坑水处理厂房处理,处理工艺为预处理 $\rightarrow$ 离子交换 $\rightarrow$ 淋洗 $\rightarrow$ 转型,处理后全部回用于生产和绿化降尘,不外排。

3) 生活污水处理措施

本项目不新增劳动定员，生活污水总量仍为 $236.5\text{m}^3/\text{d}$ ，主要污染物为 BOD_5 和氨氮等，全部依托现有生活污水处理设施处理，处理工艺为 AO 法工艺处理去除 BOD、氨氮等，深度处理采用化学除磷+絮凝+过滤工艺。处理后全部回用于绿化和降尘，不外排。

9.2.1.3 固体废物处理措施

1) 废渣处理措施

本项目产生的废渣主要为浸出渣、废水中和渣和其他放射性废渣，产生量分别为 60.52 万 t/a、37.80 万 t/a 和 2.01 万 t/a，废渣中主要污染物为 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、Mo 和 SO_4^{2-} 。所有废渣全部运送至现有尾渣库堆存。

2) 生活垃圾处理措施

本项目不新增劳动定员，工作人员总人数为 300 人，按每人 $0.8\text{kg}/\text{d}$ 定额计算，则生活垃圾产生量约为 $0.24\text{t}/\text{d}$ 。生活垃圾统一收集，放在厂内指定地点，定期由环卫部门处置。

9.2.1.4 噪声

本项目噪声源主要为水冶厂房输送泵、离心泵、风机等，单机噪声源强均小于 $98\text{dB}(\text{A})$ 。

对于噪声的防治，各种设备均选用低噪声环保设备，对风机、水泵及空压机等采取隔声、减震措施，如泵类配置减震基座、工艺使用噪声设备均室内布置，风机旋转部分配置隔声罩等。

9.2.2 运行期环保措施可行性分析

分析论证运行期拟采取措施的技术可行性、经济合理性、长期稳定运行和达标排放的可靠性、满足生态保护和恢复效果的可达性。

9.2.2.1 废气

1) 放射性气载流出物

本项目运行期产生的气载流出物主要为放射性粉尘和 ^{222}Rn ，其中放射性粉尘主要来自粗碎厂房，经脉冲除尘器处理后排放， ^{222}Rn 通过各水冶厂房通风系统汇集后排放至大气。根据正常生产工况下的辐射环境影响预测

与评价，本项目运行期所有气载源项所致最大公众剂量为 $2.39 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，低于本项目公众照射剂量约束值 0.5mSv/a 。因此，上述气载流出物的处理措施是可行的。

2) 非放射性废气

浸出厂房在进行矿浆预浸和氧压浸出过程中会产生硫酸雾，通过通风系统排放至废气洗涤塔，硫酸雾与喷淋水（主要为清水）进行逆流接触，由于硫酸具有较好的水溶性，因此大部分硫酸雾会进入喷淋水中，从而实现去除。目前，利用废气洗涤塔去除硫酸雾的工艺已广泛应用于化工行业，去除效果明显。根据沽源铀业 2022 年全年对现有废气洗涤塔的监测数据，硫酸雾的排放浓度为 $(17.3 \sim 36.3) \text{mg/m}^3$ ，均低于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准的要求，因此，该处理措施是可行的。

本项目新增的燃气锅炉配置有低氮燃烧器，通过采用自动调节天然气比例和烟气再循环燃烧等技术，降低燃烧过程中产生的 NO_x ，使得 NO_x 能够达标排放。根据沽源铀业 2022 年全年对现有锅炉废气的监测数据， NO_x 的排放浓度为 $(12 \sim 26) \text{mg/m}^3$ ，均低于《锅炉大气污染物排放标准》（DB13/5161-2020）的要求，因此，该处理措施是可行的。

9.2.2.2 废水

1) 工艺废水

本项目铀萃余水、铀沉母液、钼饱和洗水处理工艺为电石渣制浆→废水中和→固液分离→活性炭吸附除油，该工艺与水冶厂现有废水处理工艺基本相同，可有效去除水中的 $\text{U}_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra ，根据对现有废除处理车间出水的检测，出水中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 浓度为 0.019mg/L ， ^{226}Ra 浓度为 0.24Bq/L 。本项目新建的工艺水处理及出渣厂房工艺废水的最大处理能力为 $3800 \text{m}^3/\text{d}$ ，而以上三种废水的产生量为 $3422.2 \text{m}^3/\text{d}$ ，因此处理能力能够满足本项目的需求。处理后全部回用于生产，不外排。

钼酸沉母液全部依托水冶厂综合处理车间处理，处理工艺为中和预处理→汽提脱氨回收氨水，可有效去除水中和 NH_4^+-N ，处理后水中 $\text{NH}_4^+-\text{N} \leq 15 \text{mg/L}$ ，满足回用需求。综合处理车间最大处理能力为 120t/d ，而本项目钼

酸沉母液的产生量为 61.39t/d，因此处理能力能够满足本项目的需求。处理后全部回用于生产，不外排。

综上所述，本项目工艺废水处理措施是可行的。

2) 矿坑涌水

离子交换法进行废水处理已经广泛应用到化工行业中，处理效果明显。同时，沽源铀业 2020 年开展了大孔强碱性苯乙烯系阴离子交换树脂处理矿坑涌水的试验研究，试验结果表明，该树脂对矿坑涌水中的铀具有高选择性，吸附去除率为 99%左右，同时对钼也有吸附作用，吸附去除率约为 90%。因此，矿坑涌水经吸附处理后，水中 $U_{\text{天然}} \leq 0.38 \mu\text{g/L}$ ， $Mo \leq 0.1\text{mg/L}$ 。本项目矿坑水处理厂房的最大处理能力为 $50\text{m}^3/\text{h}$ ，目前矿坑涌水的产生量为 $7.67\text{m}^3/\text{h}$ ，因此处理能力能够满足本项目的需求。处理后全部回用于生产，不外排。

综上所述，本项目矿坑涌水处理措施是可行的。

3) 生活污水

本项目不新增劳动定员，生活污水总量仍为 $236.5\text{m}^3/\text{d}$ ，全部依托现有生活污水处理设施处理，处理能力满足需求。生活污水经 AO 法+化学除磷+絮凝+过滤工艺处理后，生活污水中 $BOD_5 \leq 1.11\text{mg/L}$ ，氨氮 $\leq 2.75\text{mg/L}$ ，满足《城市污水再利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)相关要求。处理后的生活污水回用于厂区绿化和洒水降尘，不外排。

因此，生活污水处理措施是可行的。

9.2.2.3 固体废物

1) 废渣

本项目运行期废渣总产生量为 601.98 万 t，约 328.95万 m^3 ，全部运送至现有尾渣库堆存。尾渣库总库容 630万 m^3 ，目前剩余库容 463万 m^3 。运行期间回采常规浸出渣 55.74万 m^3 ，因此实际新增尾渣 273.21万 m^3 ，尾渣库库容满足本项目废渣的堆存需求。

因此，本项目废渣处置措施是可行的。

2) 废机油

废机油全部装入废机油桶，统一存放在危险废物暂存间内，为防止废机

油桶泄露，废机油桶全部存放在回收托盘内。废机油由有资质的单位定期处置，处置方式不会对周围环境造成不利影响，因此处理措施可行。

3) 生活垃圾

本项目运行期产生的生活垃圾集中堆存和处置，定期由环卫部门外运处理，处理方式不会对周围环境产生不利影响，处置去向明确，因此处理措施可行。

9.2.2.4 噪声

本项目在采取降低噪声源强和在传播途径上进行降噪处理等防治措施后，对水冶厂四周厂界噪声的最大贡献值为 41.17dB (A)，叠加现状值后的预测值后，昼间噪声为 52.8dB (A)，夜间噪声为 43.5 dB (A)，厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008 中 1 类标准限值要求，即昼间 ≤ 55 dB (A)、夜间 ≤ 45 dB (A)。

另外，本项目与周边居民点距离均较远，最近居民点距离水冶厂约 1.2km，因此居民点所受噪声影响很小，能够满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 1 类区昼间 ≤ 55 dB (A)、夜间 ≤ 45 dB (A) 的标准限值要求。由此可见，运行期噪声防治措施是可行的。

10 环境影响经济损益分析

10.1 环境影响经济损益分析

1) 正面影响分析

本项目采用湿式半自磨工艺替代现有工艺中的中细碎和筛分工序，减少了放射性粉尘的排放量。为减少新建浸出厂房的硫酸雾排放量，新建废气洗涤塔，采用清水喷淋工艺吸收硫酸雾，硫酸雾的去除效率达到 90%。工艺废水经处理后全部回用于生产，同时新建了矿坑水处理厂房矿坑涌水全部进行处理，进一步降低水中污染物浓度后回用于生产和绿化降尘。生产线尽可能采用密闭设备和管线，并在装置设备管线连接处采用密封垫片，有效的减小了物料的无组织外逸。

除此之外，本项目也有较好的环境经济优势，主要表现在：

(1) 通过项目建设，可充分利用沽源铀业现有生产生活设施，盘活现有资产，持续发挥已有资产综合效能，实现新老设备设施系统性统筹，有效减少固定资产投资费用，实现老矿山更环保、更安全、更绿色、更经济、更智能的生产目标，形成新的更大的经济效益，从而实现企业持续稳定高质量发展，确保沽源铀业综合矿业开发基地的地位。

(2) 沽源 460 矿作为当前唯一在役的露天开采矿山，积累了丰富的铀钼矿开采生产经验，形成了一整套完善的成熟可靠的铀钼矿开采生产和管理体系，并掌握了关键的铀钼矿开采工艺技术和生产管理经验。通过项目建设，将沽源铀钼露天矿打造成为国内技术领先、环境友好、效益突出的综合矿业科技研发基地，可保障硬岩露天矿山技术队伍稳定，更好地培养硬岩露天矿技术人才，形成我国硬岩露天铀钼矿山行业安全高效、绿色发展的新模式，为后续北方硬岩大规模开发奠定技术基础。

2) 负面影响分析

任何一个建设项目基本均会对环境造成一定的负面影响，但本项目通过采用切实可行的环保措施，使排入周围环境的污染物大大减少，有效地降低了环境负面影响，主要体现如下：

(1) 从气载途径剂量估算结果来看，本项目生产期气载放射性流出物

所致周边居民点空气中的 ^{222}Rn 贡献浓度最大为 $1.09 \times 10^{-1} \text{Bq/m}^3$ ，与周边居民点 ^{222}Rn 浓度现状监测值 $7.58 \sim 39.40 \text{Bq/m}^3$ 相比，贡献率很小，对周围居民点公众剂量值最大为 $2.39 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，占剂量约束值 0.5mSv/a 的 0.48% ，远小于本项目设定的剂量约束值。可见，本项目产生的气载放射性流出物对大气环境的负面影响较小。

(2) 本项目各液体储池均采用耐腐蚀设备，管道密闭性较好，自动化水平较高，可有效降低、跑、冒、滴漏造成的环境污染。

(3) 采取降噪隔音等措施后，可降低噪声设备的噪声污染物排放量，实现厂界噪声的达标。

(4) 厂区的绿化也可起到降低污染，美化环境的作用。

10.2 环境保护投资分析

本项目环境保护设施主要由以下部分组成：

- 1) 凡属污染防治和环境保护所需的设施和装置；
- 2) 生产工艺需要为环境保护服务的设施；
- 3) 为保证生产有良好的环境所采取的通风、防尘、绿化设施等。

本项目主要环境保护设施投资详见表 10.2-1。

表 10.2-1 本项目环境保护设施投资一览表

类别	污染源	环保设施	投资 (万元)
废气	水冶厂房产生的 ^{222}Rn 及子体、放射性粉尘、硫酸雾、颗粒物等	厂房内通风设备、废气洗涤塔及配套设备	2062.36
废水	工艺废水、矿坑涌水	新建工艺水处理及出渣厂房、矿坑水处理厂房及配套处理设备	5914.61
噪声	泵类和风机等产生的机械噪声	选用低噪声设备，并在高噪声设备处设置隔声和减震措施	539.39
环境风险	跑、冒、滴、漏等事故	排污泵、应急槽罐等	250.00
	绿化	植草绿化	113.50
合计			8879.86

本项目建设投资 45000 万元，其中环保投资 8879.86 万元，占工程建设总投资的 19.7% ；其中用于废气和废水污染治理的费用占环保投资的 89.8% 。由此可见，本项目环保投资主要集中于防止废气和废水污染，符合该项目污

染治理的特点，因此，本项目的环境保护投资及其比例较为合理。

总体来看，本项目建设对支持国民经济可持续发展、国家清洁能源政策发展以及生态环境的改善具有极其深远的意义，环境效益显著，且在生产中采取切实可行的环保措施后，可显著降低对环境的负面影响；另外，本项目的环境保护投资及其比例较为合理，项目建设时严格执行“三同时”，严格资金管理，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益的同时，具有环境效益。

11 环境管理与监测计划

11.1 环境管理

11.1.1 环境管理机构

本项目由中核沽源铀业有限责任公司负责建设、运行和管理，该企业法人承担环境保护责任。中核沽源铀业有限责任公司下设置有安防处负责环境保护的管理，该公司已运行多年，具有完善的组织结构和运行管理制度。

11.1.2 环境管理结构的职责

1) 贯彻执行《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》及相关法律法规，按照国家的环保政策，环境标准及环境监测要求，制定环境管理规章制度，并监督执行；

2) 编制本项目施工期、运营期的环境保护计划和污染防治计划；

3) 制定项目环境管理规章制度以及各种污染物排放控制指标；

4) 在项目建设阶段负责监督环保措施的施工、安装、调试等，落实工程的“三同时”计划，工程投产后，定期检查环保设施的运行情况，并根据存在的问题提出改进意见；

5) 组织开展职工的环境保护教育，并开展工作人员的技术培训，不断提高工作人员的环境保护意识；

6) 领导并组织项目环境监测工作，建立监测数据档案，定期向相关主管部门进行汇报。

11.1.3 环境管理计划

1) 施工期环境管理计划

(1) 项目施工前应认真编制施工组织计划，做到文明施工；

(2) 将环保要求体现在施工合同中，对施工方法、施工机械、施工速度、施工时段等要充分考虑环境保护要求，特别是施工过程中产生废水、噪声、固体废弃物等对周围环境的影响，要有行之有效地处理措施，并建议建设单位将此内容作为工程施工考核的重要指标之一；

(3) 建设单位在工程施工期间，要认真监督施工单位环保执法情况，了解施工过程中设备、物料堆置、临时工棚搭建、便道及施工方法对生态造

成的影响，若发现严重污染及影响环境的情况，建设单位应及时制止并要求改进；

(4) 工程竣工时，要全面检查施工现场环境状况，施工单位应及时清理临时占用的土地，拆除临时设施，清除各类垃圾，采取覆土绿化等措施，恢复被破坏的地面，使项目在良好的环境中运行。

2) 运行期环境管理计划

(1) 运行期定期监测各类污染物的排放情况，确保放射性污染物的达标排放，并开展相应的流出物监测、常规环境监测等，随时掌握场区周围环境质量的变化趋势；

(2) 明确环境监测的职责，建立健全各项规章制度；根据国家辐射环境标准，对项目的重点污染源和污染物开展日常监测，并将监测数据编制表格和报表，定期上报主管部门，建立监测档案。

11.2 监测计划

11.2.1 监测目的

环境监测的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，确保本项目生产安全服务；防止对环境产生有害的影响和避免对工作人员造成不必要的危害；为采取相应的安全措施提供必要的依据。同时监测数据为生产服务期的环境现状评价提供参考资料；与本底数据进行对照，分析项目运行后对当地环境的影响。

11.2.2 监测计划

11.2.2.1 施工期环境监测计划

本项目施工期环境监测计划见表 11.2-1。

表 11.2-1 施工期环境监测计划

监测对象	监测位置	测量分析项目	监测频次
空气	水冶厂四周	$U_{\text{天然}}$ 、总 α	1 次/季
		TSP	
噪声	水冶厂四周	等效连续 A 声级	1 次/季

11.2.2.2 运行期监测计划

本项目为技改项目，技改完成后的生产设施仍属于水冶厂的组成部分，因此，为了能够整体掌握技改完成后水冶厂流出物的排放特点，同时系统性的了解周围环境的变化情况。本次在沽源铀业年度流出物和环境监测计划的基础上，重新制定了水冶厂整体的流出物和环境监测计划。

1) 流出物监测计划

运行期流出物监测计划详见表 11.2-2。重新制定的流出物监测计划中，除粗碎厂房排气筒、萃取厂房排气筒、现有废气洗涤塔排气口、尾渣库、废石场、露天采场监测点位与现有监测计划一致外，其余点位均为新增点位。

表 11.2-2 运行期流出物监测计划

序号	监测对象	取样点或测量点	监测项目	监测频次
1	废气	粗碎厂房排气筒、磨矿厂房排气筒、絮凝厂房排气筒、废气洗涤塔排气口（新建、现有）、过滤及产品制备厂房排气筒、萃取厂房排气筒、工艺水处理及出渣厂房排气筒	^{222}Rn 及其子体	1 次/季
		尾渣库、废石场、露天采场下风向边界外	^{222}Rn 及其子体	1 次/半年
		粗碎厂房排气筒	颗粒物	1 次/季
		尾渣库、废石场	氡析出率	1 次/半年
		废气洗涤塔排气口（新建、现有）	硫酸雾	1 次/季
		汽提脱氨尾气净化塔排气口	氨气	1 次/季
2	气溶胶	粗碎厂房排气筒	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、长寿命核素 α 放射性	1 次/季

2) 环境监测计划

环境监测计划见表 11.2-3，环境监测布点图见图 11.2-1。

表 11.2-3 环境监测计划

序号	监测介质	取样点或测量点	分析项目	频次
1	空气	①前张麻井、后井、四道沟、上火石； ②水冶厂、尾渣库、废石场、露采坑下风向边界处； ③对照点：西一棵。	^{222}Rn 及其子体	1 次/季
		①前张麻井、后井、四道沟、上火石； ②对照点：西一棵。	颗粒物	1 次/季
			硫酸雾、氨气、 SO_2 、 NO_x	
2	气溶胶	①后井、上火石； ②对照点：西一棵。	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、总 α	1 次/半年
3	陆地 γ	①前张麻井、后井、四道沟、上火石； ②水冶厂、尾渣库、废石场、露采坑下风向边界处； ③运矿道路、运渣道路； ④对照点：西一棵。	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/半年
4	地下水	①脑包底、前张麻井村、后井、四道沟、前房子、上火石、地下水 1； ②尾渣库下游监测井； ③对照点：西一棵。	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、pH、 Mo 、 SO_4^{2-} 、氨氮	1 次/半年
5	土壤	①后井、上火石； ②运矿道路附近农田、运渣道路附近农田； ③对照点：西一棵。	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra	1 次/半年
6	陆生生物	①后井村，上火石，前张麻井； ②对照点：西一棵。	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb	1 次/年
7	噪声	①水冶厂厂界四周； ②后井。	等效 A 声级	1 次/半年

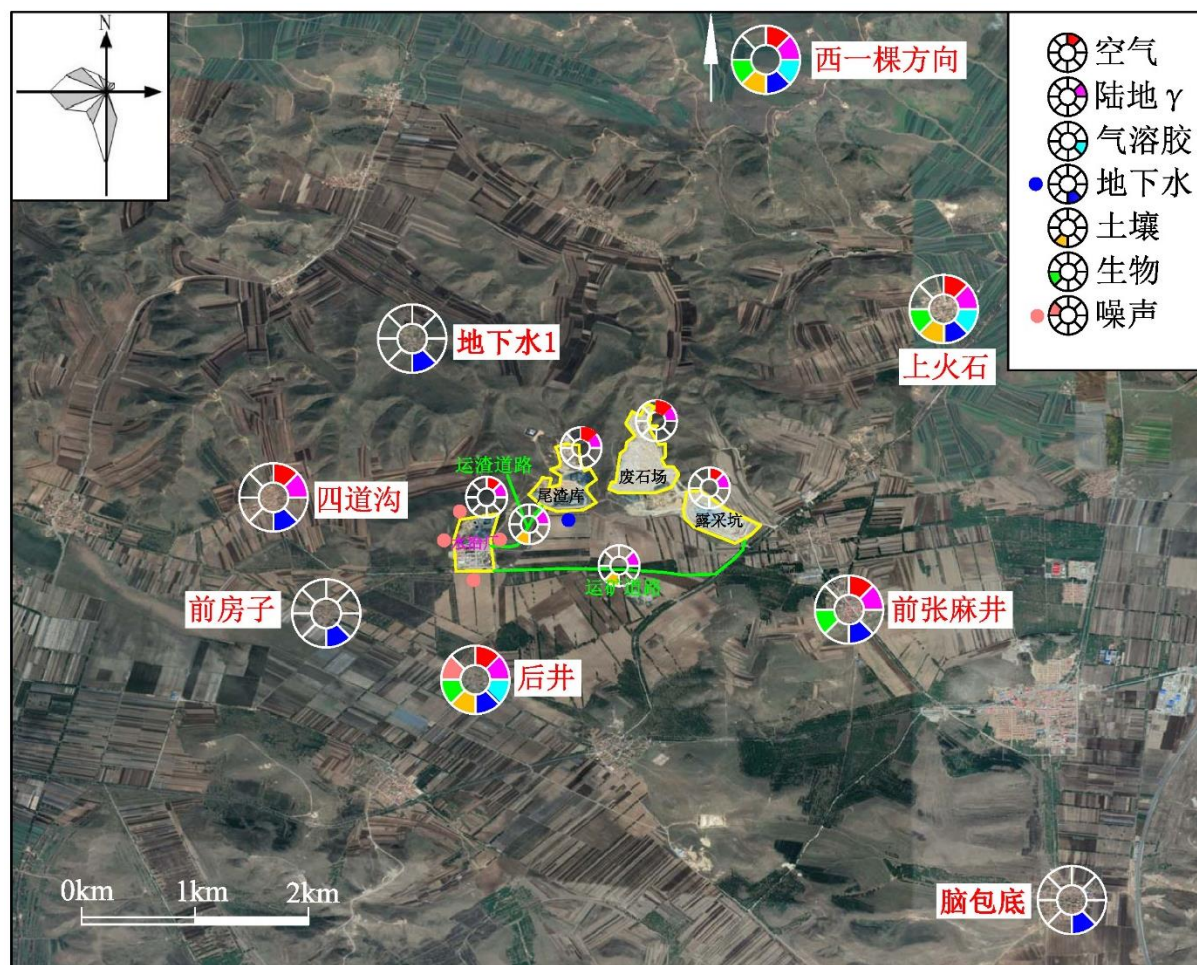


图 11.2-1 常规环境监测布点图

11.3 采样及测量方法

11.3.1 采样方法

1) 空气

(1) 在保证测量和分析探测限的前提下优先采用低流量采样，采样口距地面 1.5m，当需要大流量采样时，采样高度可适当提高。

(2) 瞬时空气采样每次应连续采样 4~5d，每天采四次，首次采样起始时间为上午 8 时。各测点可同步采样时，则应采用同步采样。

(3) 用以分析氦、氦子体的空气样品还需有一定数量的全天 24h 的连续采样，连续采 3d 以上，作为全天 24h 氦、氦子体浓度日变化分析。

(4) 居民监测点的空气采样，除室外空气样品外还包括一定数量的室内空气样品，室内空气、氦和氦子体样品采样，采样头应尽量放置在房间中央，离地板 1.5m 处。

2) 气溶胶

采样方法同 ^{222}Rn 及其子体采样方法。

3) 地下水

(1) 水样品采集应尽可能完全地代表取样点的性质，并应采取一切措施，保证从取样到分析这段时间内样品不起任何变化或变化极小。

(2) 水井或钻孔的地下水采样应记录采样深度（距地面）或采集不同深度的水样，用以分析水质分层情况。

(3) 同一流线的地下水样，可实行同步采样。

4) 土壤和生物

(1) 应采集次表面土壤样。采样深度为 1m，按 0~15cm、15~60cm 分层采取。

(2) 对由于场地挖掘、平整或围道等扰动过的每一个取样地点都应重复采集土壤本底调查样品。对环境 γ 辐射量率和氡析出率同样适用。

(3) 土壤样品经处理后除留作分析外，对本底样品及部分常规样品应留一部分副样长期保存。

(4) 陆生生物采样一般可选择当地居民食用的主要食物和有代表性的指示生物，并应采集可食部分和生物敏感部位。

11.3.2 监测方法

运行期流出物及环境监测工作由沽源铀业承担，并配置专门的辐射监测设备，颗粒物、氡及其子体、 γ 辐射剂量率、水中 pH、 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 等可进行自行监测，其余流出物和环境各监测内容均委托第三方有资质单位开展。第三方单位应具备有效期内的国家认证认可监督管理委员会颁发的检验检测机构资质认定证书（CMA）。本项目配备的主要监测仪器详见表 11.3-1。

表 11.3-1 流出物和环境监测方法和依据

监测项目		监测方法	仪器设备	检测限
空气	氡气浓度	HJ1212-2021	FD216 型环境测氡仪	3.0Bq/m ³
	氡子体浓度	EJ378-1989	HS01 型连续测氡仪	0.01nJ/m ³

监测项目		监测方法	仪器设备	检测限
	颗粒物	HJ836-2017	ME55/02 /LNQT-SB017 电子天平	1.0mg/m ³
贯穿辐射剂量率		HJ1157-2021	FH3013B	0.01μSv/h
地下水	U _{天然}	HJ840-2017	MUA 微量铀分析仪	0.1 μg/L
	²²⁶ Ra	GB/T11214-1989	PC2100 镭氡分析仪	0.37mBq/L
	pH	玻璃电极法 DZ/T 0064.5-1993	PHS-25 酸度计	/

11.4 监测机构及设备配置

日常流出物及环境监测工作中核沽源铀业有限责任公司承担，沽源铀业设有中心化验室，已配置了部分监测人员以及相关监测设备，具有一定的监测能力，能够为本项目的流出物监测提供有力的技术保障。对于本单位无监测能力的项目，委托具有相应资质的第三方单位进行完成。

11.5 监测质量保证

环境监测质量保证是环境监测计划的必不可少的重要组成部分，为了保证监测数据准确可靠，监测过程严格执行《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB23726-2009），以保证获得的测量结果和评价结论使当时的和以后的主管部门和使用部门确信是正确的。

针对本项目特点，在监测过程中应注意：

1) 人员

对于从事监测的人员在工作作风、专业知识、技术水平等方面予以规定，通过培训和考核并获得合格证后才能上岗。

2) 采样的质量控制

样品采集尽量采用标准方法或公认方法，采样布点合理、有代表性，部分样品采集平行样。

采样方法、采样设备调整、样品包装、运输、保存、现场处理、贮存以及采样记录资料，严格执行有关规定。

3) 样品的分析测试

分析测量方法尽量采用国家已颁布的标准方法；没有国家标准的，采用行业通用方法或经实际样品考核成熟的分析方法，并用标准物质进行校验

分析测量仪器和设备按规定定期送计量部门进行校验和刻度。对于监测仪器，若发现异常情况，随时进行校验；对有质疑的样品，进行双样分析测定或重新取样测定。

为提高分析结果可靠性，定期或不定期与其他权威实验室进行样品分析比对；有的样品必要时送出外检，以保证样品分析测量结果的质量和准确性。

分析结果均用专用表格填报，分析数据报表均经采样人员、制样人员、分析测量人员签字，最后经审核人签字后留存和上报。

采集的样品要有一部分长期保留，以便随时抽检；监测结果要永久保存。

4) 实验室分析质量的内部控制中包括空白试验、校正曲线核查、仪器设备校正、平行样测定、加标样和密码样测定、质量控制图编制。外部控制包括实验室之间的分析比对或交叉核查，参加可以溯源到国家标准的实验室间的比对。

5) 监测报告中要完整和准确地保留全部原始数据，保留样品容量的信息。数据处理应采用标准方法，所有计算步骤、计算机程序都经过复审和验证，并载入记录文件。

6) 监测计划和采取的质量保证措施应有书面执行程序，并经审核批准后才能实施。文件的格式、术语应具备后人可读性；文件内容应包括从监测方案到结论各部分的详尽描述；并建立文档备份、呈交、保存制度。

7) 设立质量保证机构，配备专职或兼职监测人员。质量保证机构的职权包括审查监测计划和质量保证的书面程序；监督实施监测过程的质量保证措施；复查监测数据；建立完整的文件档案等项任务。

11.6 “三同时”验收一览表

根据建设项目管理办法，环保设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用，在建设项目完成后，应对环境保护设施进行验收。本项目环境保护“三同时”验收一览表见表 11.4-1。

表 11.4-1 本项目“三同时”验收一览表

类别	防治对象		防治措施	数量	要求及效果	验收标准
大气污染物	磨矿、絮凝、浸出、过滤及产品制备、工艺水处理和出渣厂房	^{222}Rn 及其子体	厂房通风系统	5 套	/	/
	浸出厂房	硫酸雾	废气洗涤塔	1 座	硫酸雾去除效率 $\geq 90\%$	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 表 2 二级标准
	工艺水处理及出渣厂房	颗粒物	电石渣破碎区水雾喷淋降尘装置	1 套	达标排放	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 表 2 二级标准
	燃气锅炉	颗粒物、 NO_x 、 SO_2	低氮燃烧器	1 套	达标排放	《锅炉大气污染物排放标准》(DB13/5161-2020) 表 1 标准
水污染物	铀萃余水、钼饱和洗水和铀沉淀母液	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra	采用“电石渣浆中+活性炭吸附除油”工艺进行处理	1 套	新建工艺水处理及出渣厂房 1 座，处理后回用于生产和绿化降尘。	全部回用，不外排
	矿坑涌水	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 Mo 等	采用“离子交换吸附”工艺进行处理	1 套	新建矿坑水处理厂房 1 座，处理后回用于生产和绿化降尘。	
固体废弃物	废渣		全部运送至尾渣库堆存，并分区堆存。	/	得到妥善处置	/
噪声	破碎机、风机、空压机、泵等设备噪声		减振、墙体隔声，距离衰减等	/	昼间 $< 55\text{dB}(\text{A})$ 夜间 $< 45\text{dB}(\text{A})$	《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 1 类标准

12 退役治理与长期监护

12.1 退役治理

12.1.1 设计阶段

1) 设计阶段便于退役治理的方案

(1) 设计中根据矿区地形和现有设施及场地条件，综合考虑生产工艺流程，分成水冶厂区和尾渣库等两部分，力求做到合理分区、布局紧凑、运输便利，便于将来的退役治理。

(2) 尾渣库用于集中堆存处置水冶生产产生的浸出尾渣，该措施对放射性废物进行了分类、集中处置，为今后的退役治理提供了有利的条件。

(3) 设计中水冶部分建设尽量利用原水冶厂空余场地，将新建设施与原有生产性质相同、功能相近，工艺联系密切的设施集成为整体设施，减少物料运输距离及环境污染风险，同时降低占地面积，减少退役时清污范围。

(4) 设计中根据地形特点，采用台阶式竖向布置形式，利用地形高差实现物料自流运输的原则，减少环境污染。

(5) 尾渣库扩容方案设计中尾渣库底部防渗按照相关标准进行设计，确保其具有长期有效地防渗性能。

(6) 设计中注重选用质量可靠、结构简单、便于操作的设备，可有利于退役阶段设备管道的拆除。

(7) 设计中在易污染地区采用易于清洗去污的材料，便于退役过程中的去污、拆除治理。

(8) 设计中充分考虑可能的事故情况，并提出事故下物料贮存设施的设计方案，避免泄漏后大范围污染。

(9) 设计中采用高自动化可控制工程，对水冶主工艺实现自动计量、监测、报警和联锁控制，对水冶厂的生产运行实施远程操控、管理。

上述措施可有效降低事故的发生，同时便于退役过程中对设施残留物料的掌控，有利于退役方案的选择。

2) 设计中退役治理安排

本项目拟在 460 矿铀钼资源枯竭前启动源项调查、退役治理设计咨询

等前期工作，服务期满后正式启动退役治理工程。

12.1.2 运行期便于退役的措施

1) 组织管理措施

运行期由建设单位已有安防机构和专职安全环保管理人员负责本工程的环境管理、污染治理和环境监测管理等工作，其针对退役管理的主要职责有：

(1) 负责制定各种环境管理、维护管理等制度，编制环境保护计划和污染防治计划，并监督执行。

(2) 维护环保设施正常运转，做好污染物达标排放，进行定期检查和监督，保证污染不对外扩散，以减少减轻后续退役治理的范围和深度。

(3) 组织全公司的辐射环境监测工作，制定监测计划并监督实施，建立源项监测档案，为退役治理奠定基础。

依托现有环境保护和辐射防护组织机构，在运行期开展上述各项环境管理工作，有利于后续退役治理工作的顺利开展。

2) 生产管理措施

(1) 加强对生产厂房各类管道接口和阀门的检查，防止发生液体泄漏，污染周边环境。

(2) 生产期工艺废水和尾渣库渗水收集处理后，回用于水冶生产或厂区和露天采场降尘绿化，减少对周围地表水环境影响。

(3) 生产过程中产生的废旧管道、污染设备等废旧金属，暂存于废旧金属库，待退役时统一处理。

(4) 生产过程中实行严格管理，加强对尾渣库的巡视检查工作，有效控制放射性废物的流失和扩散。

(5) 生产过程中加强管理，定期对设备管道的密闭性进行检测，避免生产过程中跑冒滴漏现象，控制放射性物料的流失和扩散，减少生产过程中不必要的污染，减轻退役治理的工作量。

(6) 生产过程中做好尾渣中和、防渗工作，避免污染地下水。

(7) 做好生产运行记录，为退役治理奠定基础。

12.1.3 源项调查及退役治理目标

12.1.3.1 源项调查

1) 源项调查基本要求

(1) 根据《铀矿冶辐射环境监测规定》(GB23726-2009)以及《铀矿冶设施退役治理源项调查技术规范》等标准规范开展源项调查工作。

(2) 调查范围应全面,应包括所有生产及相关辅助配套设施、场所,以及所有可能被污染的环境介质,以确保不漏项。

(3) 调查内容的选择应具有代表性,应能够准确反映源项的实际辐射水平或被污染现状。

(4) 调查应考虑时效性,应在源项已确定处于最终状态的情况下进行源项调查。

(5) 调查结果应真实有效,调查中的源项监测分析结果是退役源项数据的基本依据,是退役设施现状和对周围环境影响的客观反映,其结果必须真实、可靠。

2) 源项调查方法

(1) 根据源项调查内容,确定各类源项的具体调查方法。

(2) 由有资质的单位采用国家规定的标准测量方法进行测量监测。

(3) 调查方法采取现场实地勘查、测绘测量、监测分析与查阅资料相结合的方法。大部分调查内容,应通过现场实地勘查、测绘测量、监测分析等手段获得;少数调查内容,在现场勘测不易获得的情况下,可通过查阅相关文件、历史资料等手段获得。

3) 源项调查对象

待项目服务期满后,对全矿开展源项调查工作,调查对象应包括所有生产及相关辅助配套设施、场所,以及所有可能被污染的环境介质等,其调查对象主要包括:露天采场、尾渣库、废石场、工业场地、污染建(构)筑物、污染设备管线、可能受污染的道路等。

12.1.3.2 退役治理源项

根据铀矿冶生产特点以及两期工程建设内容,初步确定退役治理源项

包括：露天采场、尾渣库、废石场、污染工业场地、污染建（构）筑物、污染设备管线和污染道路等。

12.1.3.3 退役治理目标

退役管理约束值主要根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）和《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》（GB14586-1993）确定。

1) 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），对于退役治理后的公众照射的剂量约束值为 0.3mSv/a 。

2) 地表 ^{222}Rn 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），尾渣库、露天采场等设施经退役治理与环境整治后，所有场址表面 ^{222}Rn 析出率不大于 $0.74\text{Bq/m}^2 \cdot \text{s}$ 。

3) 土壤中 ^{226}Ra 残留量控制值

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），工业场地等去污整治后，任何 100m^2 范围内土层中 ^{226}Ra 的平均活度浓度扣除当地本底值后不超过 0.18Bq/g 。

4) 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）和《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》（GB14586-1993），本项目中无利用价值的金属设备、管线等经去污处理后，其表面 α 、 β 放射性水平分别降低至 0.08Bq/cm^2 和 0.8Bq/cm^2 时，经防护部门监测许可后，可在一般工业中使用（食品工业除外）。

对于去污治理后，仍不能满足上述限值时，统一送生态环境主管部门许可的放射性废旧金属处理单位处理。设备、管线在运输过程中，参照《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），其包装容器和运输车辆外 α 表面污染水平 $\leq 4\text{Bq/cm}^2$ 、 β 表面污染水平 $\leq 40\text{Bq/cm}^2$ 。

12.1.4 退役治理方案及可行性分析

12.1.4.1 退役治理方案及退役深度

本项目各源项的退役治理方案及退役深度见表 12.1-1。

表 12.1-1 各源项的退役治理方案及退役深度

源项	退役治理方案及退役深度	
	初步治理方案	退役深度
露天采场	作为放射性废物集中处置场所，采取覆盖治理方法，与外部环境实现隔离。	有限制开放使用
尾渣库	作为放射性废物集中处置场所，采取覆盖治理方法，与外部环境实现隔离。	有限制开放使用
废石场	采取原地覆盖治理方法，与外部环境实现隔离。	有限制开放使用
工业场地	清挖全部污染土至露天采场集中处置，原址回填覆土植被。	无限制开放使用
污染建（构）筑物	去污后拆除，放射性废物运至露天采场集中处置，一般建筑垃圾运至建筑垃圾填埋场处理。	原址无限制开放使用
污染设备、管线	有使用价值设备拆除后再利用；无使用价值设备拆除后去污处理，满足解控标准的，可在一般工业中使用；无法满足解控标准的金属类送至相关单位熔炼回收，非金属的运至露天采场填埋处置。	污染设备、管线或材料处于可控状态
污染道路	全部清挖至露天采场集中处置，恢复原有路况及使用功能。	无限制开放使用

12.1.4.2 退役治理方案可行性分析

本项目退役治理拟采用覆盖与植被、清挖、去污等方法减少放射性物质对环境的影响；退役治理拟采用的治理方案或处置方法，在铀矿冶系统退役治理中已经广泛采用，并有多数铀厂矿已经竣工验收，积累了丰富的经验；按目前采用的退役治理方法和设计要求进行各源项的治理，能够达到退役治理要求，退役技术可行、方案合理。

12.1.5 退役治理经费

本项目退役治理资金来源为中央预算内军工核设施退役及放射性废物专项资金。

12.2 长期监护

12.2.1 监护对象及目的

退役治理工程竣工验收后，尾渣库、露天采场和废石场为有限制开放使用。由于有限制开放使用的设施仍存有大量铀的衰变产物，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，以便及时对出现的影响安全 and 环境的隐患和问题进行治理，确保废物集中堆放场所的长期安全稳定，保护公众和环境安全。

12.2.2 监护责任主体及职责

项目退役治理后监护责任主体为中核沽源铀业有限责任公司。应配备2~3名专（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。
- 2) 对有限制使用区域进行定期监护，严禁进行土建施工开挖、放牧、耕种、开洞等人为破坏。
- 3) 对表面植被，截排洪沟等进行维护和保养；定期检验各治理设施的完好性，并及时进行修复；发现隐患及时排除，发现较大损毁事故及时上报。
- 4) 开展辐射监测，进行日常巡视和定期辐射安全监测。
- 5) 制定事故应急计划，当发生人为侵扰和自然灾害事故时，能够迅速做出反应并采取相应的处置对策。
- 6) 负责将监测报告、维修记录报告及事故处置报告等上报。

12.2.3 监护内容及频次

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。

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

辐射安全监测是对尾渣库、露天采场、废石场进行日常监测和定期监测，

目的主要是为了及早发现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。

12.2.3.1 监护方案

1) 尾渣库监护内容

(1) 滩面及坝体检查

滩面内有无塌坑、冲沟、乱采、乱挖、堆放垃圾和排放其它工业废物等现象，警示牌是否完整；坝（坡）有无冲沟、塌坑、覆盖层减薄、尾砂裸露、表面不均匀沉降等，砌石垫层有无流失，护坡块石有无风化、脱落、变形或被挪用。

(2) 截排洪设施检查

断面尺寸、坡度是否满足设计要求，沿线有无淤积物，边墙及底板浆砌石或砼有无变形、裂缝、破损、断裂和磨蚀等。沿线边坡坡滑坡、塌方。

(3) 观测设施检查

位移观测设施是否完好，标志是否明显，是否存在观测障碍物等。

(4) 库区检查

①检查周边山体稳定性；库区和上坝公路塌方、滑坡体及其规模、方位和对尾渣库安全的影响和发展情况；

②检查周边爆破、采石、采土（渣）、建筑、取水；外来尾矿、废石、废渣、废水等排入可能对尾渣库安全的影响和发展情况；

③检查放牧、开垦、建设等人为活动或侵扰对尾渣库安全的影响和发展情况。

2) 露天采场监护内容

(1) 巡视边坡及截排水沟有无堵塞和损坏现象，应及时修理或清淤；

(2) 暴雨洪水季节有无水毁现象发生，小范围的应及时修补；

(3) 挡土墙有无风化剥落、河水掏蚀、倒塌及人为损坏，发现及时修砌；

(4) 对采场表面植被进行日常养护，防止人为和自然破坏；

(5) 治理场所有否村民擅自盖房、复垦或者改为他用的现象，发现应及时制止；

(6) 巡视安全防护矮墙、安全防护柱及警示牌有无自然或人为破坏，对丢失和损坏的进行补修。

3) 废石场监护内容

废石场退役设施的长期监护主要分两个级别进行：日常监护和预警响应。

(1) 日常监护

①挡土墙的监护

挡土墙的日常监护，主要是表观巡查，巡查内容为：

- a.挡土墙完好程度，有无人为破坏现象。
- b.及时去除挡土墙上的草木。
- c.砌体表面平整，砌缝完好，有无开裂现象。勾缝平顺，有无脱落现象。
- d.挡墙是否出现明显倾斜或鼓胀、位移、下沉。
- e.观察挡土墙的泄水孔有无堵塞现象，泄水孔应保持畅通。
- f.挡土墙是否出现风化剥落或坡脚被河水掏蚀的情况。
- g.利用全站仪和水准仪对不稳定区进行位移监测。

一旦发现较大损毁事故（达到预警响应状态或威胁挡土墙有效性的事故），应立即上报，并及时采取应急补救措施。

②排水沟的监护

排水沟日常巡查监护内容为：

- a.排水沟断面是否完好，排水沟是否出现破损断面。
- b.沟底有无淤积物。
- c.砂浆均匀饱满，勾缝密实。
- d.砌体内侧及沟底是否平顺、整齐，有无裂缝、空鼓现象。
- e.进出口无冲坑悬空，接头无漏水现象。
- f.每年汛期前后全面疏通一次排水沟，暴雨后应重点巡查，及时清除堵

塞、损坏现象，必要时进行应急处理。

③坡面防护

坡面防护的日常巡查监护内容有：

- a.坡面是否平顺，是否出现冲沟、缺口、沉陷及塌落。
- b.护坡是否完好，有无人为破坏现象。
- c.护坡表面是否出现明显下沉或残缺。
- d.骨架护坡镶边附近，要多加注意巡查，以免遭受雨水冲刷，出现掏空现象。
- e.勾缝坚固、整齐、深度、型式符合要求，无脱落空鼓现象。伸缩缝上下一致，垂直贯通。
- f.浆砌片石护坡：注意观察勾缝是否严密，沉降缝、泄水孔的功能是否完好。
- g.对植被护坡进行日常巡视：若植物脱落，应分析原因，选择适合季节进行补植，若植物出现生长不良或枯死现象，应查明原因，重新补植，注意养护。

（2）预警响应

在发生罕遇自然灾害（如超越设防标准的暴雨、洪水、地震、泥石流等自然灾害）后，应立即去现场巡查，观察废石场是否发生滑坡现象；挡土墙是否出现明显的倾斜、位移、下沉；骨架护坡等砌体防护是否被破坏，发生空鼓现象等，一旦发现问题，应对废石场进行预警响应，并上报主管部门。

4）巡视监护频率

（1）尾渣库巡视监护频次为 1 次/天，在暴雨期间实行 24 小时值班巡视监护。

（2）露天采场巡视监护频次为 2 次/周。

（3）废石场巡视监护频次：中等及以上危险等级的废石场监护频次为 2 次/周；中等以下危险等级的废石场监护频次为 1 次/周。

12.2.3.2 辐射监测方案

1) 日常巡视监测

日常巡视过程中,对尾渣库、露天采场和废石场进行 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,主要通过监护人员携带X- γ 剂量率仪进行。

2) 定期监测

定期监测的监测内容主要是对尾渣库、露天采场和废石场进行 ^{222}Rn 析出率和 γ 辐射剂量率监测。监测布点采用网格布点法,其中 ^{222}Rn 析出率原则上按40m×40m网格布点; γ 辐射剂量率原则上按20m×20m网格布点,单个设施的监测点位不少于5个。

按照《铀矿冶辐射防护监测规定》(GB23726-2009)中的监测频次规定:“竣工验收后前2年监测频次为1次/a,以后每年降低监测频次”,因此项目完成退役竣工验收后,建议前两年监测频次为1次/a,之后每隔两年监测1次。

13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 本项目基本情况

本项目为中核沽源铀业有限责任公司水冶综合技改项目，建设性质为改扩建，建设单位为中核沽源铀业有限责任公司，建设地点位于河北省张家口市沽源县西辛营乡沽源铀业现有水冶厂内。

本项目年处理铀钼矿石及常规浸出渣量 45 万 t，其中铀钼矿石年处理量 28 万 t，常规浸出渣 17 万 t；水冶生产“111”产品***t/a 和钼酸铵产品 3441.9t/a，建设内容主要包括新建磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房、过滤及产品制备厂房、工艺水处理和出渣厂房、矿坑水处理厂房、电石渣库；改造现有的浸出厂房和沉淀厂房。本项目建设总投资 45000 万元，其中环保投资约 8879.86 万元，占总投资的 19.7%。

13.1.2 环境质量现状

1) 空气中 ^{222}Rn 及子体：本项目周边居民点空气中的氡及氡子体浓度与对照点和张家口地区本底处于同一水平。水冶厂、尾渣库、废石场、露采坑下风向边界处空气中的氡及氡子体浓度处于张家口地区本底范围内。

2) 空气中气溶胶：本项目周边居民点空气中 $U_{\text{天然}}$ 和总 α 浓度均与对照点基本处于同一水平。

3) 空气中 TSP、硫酸雾和氨气：本项目周边居民点的 TSP 日均浓度为满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准限值要求，硫酸雾和氨气浓度均满足《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018) 中附录 D 浓度参考限值要求。

4) γ 辐射剂量率：本项目周边居民点 γ 辐射剂量率与对照点和张家口地区本底处于同一水平。

5) 地下水：本项目周边居民点和尾渣库下游监测井地下水体中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{230}Th 、总 α 、总 β 、 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 均满足相应标准要求或与对照点、建矿前本底和张家口地区本底基本处于同一水平。非放射性监测指标均符合《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-2017) 中 III 类标准要求。

6) 土壤: 本项目环境土壤中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 和 ^{210}Po 含量与建矿前土壤本底和张口地区土壤本底基本处于同一水平。各项非放监测指标满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》污染风险筛选值的标准要求。

7) 生物: 本项目周边居民点牧草中 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 含量均与对照点处于同一水平。

8) 噪声: 水冶厂厂界四周昼间和夜间噪声均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 1 类标准要求。

13.1.3 工程分析

13.1.3.1 建设内容

本项目建设内容主要包括新建磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房、过滤及产品制备厂房、工艺水处理和出渣厂房、矿坑水处理厂房、电石渣库等, 并对现有沉淀厂房、浸出厂房等进行改造。

13.1.3.2 工艺流程

本项目工艺流程为: 矿石粗碎→磨矿制浆→中性浓密→常压预浸→氧压浸出→过滤和洗涤→萃取和反萃取→“111”产品和钼酸铵产品。

铀钼矿石粗碎和制浆后, 与常规浸出渣矿浆汇集, 所有矿浆经中性浓密后, 底流矿浆进行预浸, 预浸后进入氧压反应釜内, 通入氧气和蒸汽进行酸性氧压浸出。氧压浸出矿浆经闪蒸和冷却后, 加入电石渣浆进行改性, 改性后浸出矿浆进行固液分析, 滤液进行电位调节和陈化后进入萃取与反萃取工序, 滤渣全部运至尾渣库堆存。萃取和反萃取完成后, 钼反萃取合格液进行酸沉制备钼酸铵产品, 铀反萃取合格液进行沉淀制备“111”产品。

13.1.3.3 运行期污染物产生及处理措施

1) 放射性污染物

(1) 气载流出物

①粗碎厂房废气

粗碎厂房在进行矿石破碎过程中会产生 ^{222}Rn 和放射性粉尘。其中 ^{222}Rn 的排放量为 $1.21 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。采用脉冲除尘器处理放射性粉尘后排放, 除尘

效率为 99%，排气筒高度为 15m， ^{238}U 、 ^{234}U 和 ^{230}Th 的排放量均为 $3.62 \times 10^6 \text{Bq/a}$ ， ^{226}Ra 、 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的排放量均为 $3.54 \times 10^6 \text{Bq/a}$ 。

②其他水冶厂房废气

本项目磨矿厂房、絮凝厂房、浸出厂房、过滤及产品制备厂房、工艺水处理及出渣厂房均有 ^{222}Rn 的产生，厂房内设有全面通风设备，将厂房内的 ^{222}Rn 排放至大气， ^{222}Rn 释放量为 $1.57 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。

③尾渣库废气

尾渣库废气影响主要来自尾渣滩面释放的 ^{222}Rn ，自然扩散大气稀释。本项目运行期末尾渣库 ^{222}Rn 释放量为 $1.09 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ 。

(2) 放射性废水

①铀萃余水、钼饱和洗水和铀沉淀母液

铀萃余水、钼饱和洗水和铀沉淀母液产生量分别为 3534.26t/d、88.33t/d 和 4.94t/d，废水中的污染物主要为 $\text{U}_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra ，全部进入工艺水处理及出渣厂房进行处理，处理工艺为制浆→废水中和→固液分离→活性炭吸附除油，处理后废水中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 浓度为 0.019mg/L，全部回用于生产，不外排。

②钼酸沉母液

钼酸沉母液产生量为 61.39t/d，废水中主要污染物为 NH_4^+-N ，同时也含有少量的 $\text{U}_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra ，依托现有的综合处理车间进行处理，处理工艺为中和预处理→汽提脱氨回收氨水，处理后废水中 $\text{NH}_4^+-\text{N} \leq 15 \text{mg/L}$ 。全部回用于生产，不外排。

③矿坑涌水

本项目新建的矿坑水处理厂房处理矿坑涌水，涌水量约为 $7.67 \text{m}^3/\text{h}$ ，水中含有少量的 $\text{U}_{\text{天然}}$ 和 Mo ，处理工艺为预处理→离子交换→淋洗→转型，处理后水中 $\text{U}_{\text{天然}} \leq 0.38 \mu\text{g/L}$ ， $\text{Mo} 30.1 \text{mg/L}$ 。处理后 $4.53 \text{m}^3/\text{h}$ 的涌水回用于生产，剩余 $3.14 \text{m}^3/\text{h}$ 回用于绿化降尘，不外排。

(3) 放射性固体废物

本项目产生的放射性固体废物主要为浸出渣、废水中和渣和其他放射性废渣，运行期废渣总产生量为 601.98 万 t，约 328.95万 m^3 ，全部运送至

现有尾渣库堆存。尾渣库总库容 630 万 m^3 ，目前已使用 167 万 m^3 ，剩余库容 463 万 m^3 。运行期间回采常规浸出渣 55.74 万 m^3 ，因此实际新增尾渣 273.21 万 m^3 ，尾渣库库容满足本项目废渣的堆存需求。

2) 非放射性废物

(1) 废气

①浸出厂房废气

本项目新建 1 座浸出厂房，浸出过程中产生的硫酸雾经废气洗涤塔处理后排放，硫酸雾去除效率为 90%，排放高度为 32m，硫酸雾排放速率为 0.510kg/h，排放浓度为 37.5mg/ m^3 ，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准的要求。

②锅炉废气

本项目新增 1 台燃气锅炉，锅炉废气中主要污染物为颗粒物、 SO_2 和 NO_x 。其中颗粒物排放浓度为 3.9mg/ m^3 ，排放速率为 0.026kg/h； SO_2 排放浓度为 6.0mg/ m^3 ，排放速率为 0.040kg/h； NO_x 排放浓度为 28mg/ m^3 ，排放速率为 0.1892kg/h。锅炉废气经由排气筒排放，排放高度为 22m，满足《锅炉大气污染物排放标准》（DB13/5161-2020）的限值要求。

(2) 废水

本项目运行期不增加劳动定员，生活污水总量为 236.5 m^3/d ，主要污染物为 BOD_5 和氨氮等。

生活污水依托现有生活污水处理设施处理，处理后水中 $\text{BOD}_5 \leq 1.11\text{mg/L}$ ，氨氮 $\leq 2.75\text{mg/L}$ ，满足《城市污水再利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）相关要求，回用于厂区绿化和洒水降尘，不外排。

(3) 固体废物

本项目产生的非放射性固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾。本项目不新增劳动定员，生活垃圾产生量约为 0.24t/d。生活垃圾统一收集，放在厂内指定地点，定期由环卫部门处置。

(4) 噪声

本项目噪声源主要为水冶厂房泵类和风机等，单机噪声源强均小于

98dB (A)。各种设备均选用低噪声环保设备，并采取隔声、减震措施、室内布置等措施，经预测在厂界可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 1 类标准。

13.1.4 施工期环境影响分析

施工期产生的污染物主要是施工扬尘、生活污水、施工废水、施工噪声、建筑废物和生活垃圾。

施工扬尘采用洒水、围挡等抑尘措施；施工期施工人员租住在周围居民处，产生的生活污水同当地居民一同处理；施工噪声采用低噪声设备、减震、隔声等降噪措施；拆除厂房产生的建筑垃圾全部运至尾渣库堆存，废旧金属全部运至废旧金属库，生活垃圾集中堆放在指定地点，定期由垃圾处理车外运处理；另外，通过施工管理，减少水土流失，植被绿化等措施，减少生态环境影响。

总体来看，项目施工期对周围环境的影响较小，基本不会影响到本项目的环境保护目标，因此本项目施工期的环境影响是可以接受的，且施工期的环境影响只是暂时的，随着施工期的结束，影响会消失。

13.1.5 运行期环境影响分析

13.1.5.1 辐射环境影响分析

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 ENE 方位 3~5km 处，公众个人剂量最大值为 $2.39 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，关键居民点位上火石村，关键核素为 ^{222}Rn ，关键途径为吸入内照射。最大个人剂量占个人剂量约束值 0.5mSv/a 的 0.48%，小于本项目设定的剂量约束值。20km 范围内的集体剂量为 $2.13 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

13.1.5.2 地下水影响分析

本项目工艺水处理及出渣厂房设置有废水缓冲槽，正常工况下，不会对地下水环境产生影响。当废水缓冲槽发生泄漏时， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移约 629m，中心点 $U_{\text{天然}}$ 浓度最大为 $9.02 \times 10^{-6} \text{mg/L}$ ； SO_4^{2-} 向下游迁移约 769m，中心点 SO_4^{2-} 浓度最大为 0.105mg/L ；Mo 向下游迁移约 736m，中心点 Mo 浓度最大为 $3.6 \times 10^{-5} \text{mg/L}$ 。 $U_{\text{天然}}$ 、 SO_4^{2-} 和 Mo 的浓度均低于环境本底水平，因此不会

对周围地下水环境造成明显影响。

13.1.5.3 非放射性环境影响分析

1) 大气环境影响分析

本项目非放射性大气污染物主要为颗粒物、SO₂、NO_x 和硫酸雾。经 AERSCREEN 大气估算预测，颗粒物、SO₂ 和 NO_x 最大落地浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准的限值要求，硫酸雾最大落地浓度满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D 中参考限值要求。

2) 地表水

本项目生活污水产生量约为 236.5m³/d，主要污染因子为 BOD₅、氨氮等。生活污水依托现有生活污水处理设施集中处理，处理后的生活污水回用于厂区绿化和洒水降尘，不外排，不会对地表水环境造成影响。

3) 固体废物

本项目运行期产生的非放射性固体废物主要为废机油和生活垃圾。废机油存放在现有的危险废物暂存间，定期由有资质的单位处置；生活垃圾集中存放在厂内指定地点，定期由环卫部门进行处理。因此，不会对周围环境产生明显不利影响。

4) 声环境

本项目厂界噪声贡献值在（20.13~41.17）dB（A）之间，均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 1 类标准，即昼间≤55dB（A），夜间≤45dB（A）。

13.1.6 事故环境影响分析

本项目对生产过程中可能发生的尾渣运输事故、主工艺设备液料泄漏事故、粗碎厂房除尘系统失效和废水缓冲槽泄漏事故等进行了情景假设和影响分析，并采取了多项风险防范措施，同时通过生产运行期间严格环境管理，事故后积极采取应急措施，可保证事故的辐射环境影响处于可接受水平。

13.1.7 环境管理与监测计划

本项目环境管理机构为中核沽源铀业有限责任公司安防环保处，专门

负责环境保护管理，配有专职安全环保管理人员负责环境管理和环境监测任务，并负责制定各种维护管理制度，进行定期的检查和监督，以保证环保设施的正常进行。

本项目根据设施的性质和特点情况，制定了流出物监测计划和常规环境监测计划，由沽源铀业负责分析检测，对于不能自行监测的项目，委托有相应资质的单位进行监测。

13.1.8 总结论

本项目的建设符合国家产业政策和生态环保要求，运行过程中产生的污染物均采取了有效的防治措施，污染物可实现达标排放，生态保护措施可行。运行期对大气、地表水环境、声

环境、生态环境的影响可接受，公众受照剂量满足剂量管理约束值的要求，正常运行情况下环境影响较小，事故情况下环境影响可接受。因此，从环境保护角度来讲，本项目的实施是可行的。

13.2 建议

1) 本项目建设应严格执行“三同时”制度，环保设施做到与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

2) 生产过程中严格按照环境监测计划开展项目运行期的流出物监测和环境质量监测，及时掌握项目周边的环境质量变化情况。

附录一 气态途径辐射环境影响预测模式与参数

一、大气扩散模式

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

1、AERMET 气象预处理

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

2、AERMAP 地形预处理

AERMAP 根据项目的实际地理位置及其所在区域网格化的地形 DEM 文件中的实际高程数据，按照下述方法得到各接受点的山体高度尺度 h_c ：

- 1) 读取或计算每个接受点和排放源所在位置的海拔高度；
- 2) 对于每个接受点，以该接受点的实际海拔高度为初始山体高度尺度；
- 3) 计算该接受点与周边各地形数据点的坡度，若某一数据点与该接受点的坡度等于 10%或者更大，则该数据点的海拔高度便为接受点的山体高度尺度 h_c 。

AERMAP 地形预处理中，使用的地形文件应比评价范围稍大，以保证评价区域内所有接受点的山体高度尺度都可以被计算出来。获取各接受点的山高尺度 h_c 值后，AERMAP 继续用它来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:

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

式中:

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

u —排气筒出口处风速;

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

$j=1$ 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:

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

当 $z_r \geq z_{ieff}$ 时, 不考虑有效反射面。

4、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。

5、面源计算模式

对于面源，AERMOD 采用数值积分的处理方法，计算公式如下：

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

式中：

Q_A —面源释放率， $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}$ ；

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。

根据面源与计算点的距离，AERMOD 采用三重优化整合 Romberg 积分、两点高斯数值积分、点源趋近这三种方法进行积分运算。

6、复杂地形下的浓度计算

根据 AERMAP 计算得到的 H_c ，在 AERMOD 中可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， $\varphi_p=0$ ， $f=0.5$ 。

一般来说，在稳定条件下，当烟羽接近一个理想的孤立山体时，按高度 H_c 将流动分为两层。高于 H_c 的烟羽部分有充足的动能，可以流过山顶，形成流过地形型烟羽；低于 H_c 的烟羽部分则只能围绕山体做水平流动，即水平型烟羽；此种情况下，由于大气的垂直湍流较弱，水平型烟羽占主导地位，权重值就大。当烟羽不稳定性增大时，高于 H_c 的烟羽部分也将增多，此时沿地形抬升的烟羽则被赋给较大的权重值。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 。

7、AERMOD 沉降模式

AERMOD 模型包含了可用于气体和颗粒污染物的干、湿沉降运算法则。

1) 干沉降模式

干沉降通量 (F_d) 是参考高度 (z_r) 上的浓度 (χ_d) 和沉降速率 (V_d) 的函数。

$$F_d = \chi_d \cdot V_d$$

式中:

F_d ——干沉降通量, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;

χ_d ——参考高度 (z_r) 上的浓度;

V_d ——沉降速率 (m/s);

z_r ——沉降参考高度 (m) = $z_0 + 1$;

z_0 ——气象文件中当地的地表粗糙度。

干沉降通量每小时计算一次, 一个指定时间段内的总通量为其间各小时通量之和。干沉降通量的默认输出单位为 g/m^2 。

(1) 颗粒物干沉降

颗粒物的干沉降速率采用阻力方法模拟, 假定沉积速度与各种阻力的总和成反比。

$$V_{dp} = f_p v_{dpf} + (1 - f_p) v_{dpc}$$

式中:

V_{dp} ——颗粒物的干沉降速率 (m/s);

f_p ——细粒子 (粒径小于 $2.5\mu\text{m}$) 占总粒子的质量分数, 评价中取 0.7;

V_{dpf} ——细粒子的沉积速度, 按 $v_{dp} = \frac{V_g}{R_a + R_p + R_a R_p V_g}$ 计算, 令 $V_g = 0$;

V_{dpc} ——粗粒子的沉积速度, 按 $v_{dp} = \frac{V_g}{R_a + R_p + R_a R_p V_g}$ 计算, 令 $V_g = 0.002$ 。

(2) 气体干沉降

气体污染物干沉降与地面植被叶面吸收有关, 其沉降速度为:

$$V_{dg} = \frac{1}{R_a + R_b + R_c}$$

式中:

V_{dg} ——气体污染物的沉积速度 (m/s);

R_a ——空气动力阻力 (s/m);

R_b ——总地表面的层流底层阻力 (s/m);

R_c ——总地表面阻力（s/m）。

总地表面阻力与地表面用地类型和植被表面特性有关，相关参数可根据国际通用的分类方法进行查找，本次评价选取的地面植被类型见表 1。

表 1 季节与地面植被类型

月份（月）	季节与地面植被类型
1	地面有雪的冬季
2	无雪的冬季
3	部分绿色植物覆盖的春季
4	部分绿色植物覆盖的春季
5	草木葱翠的中夏
6	草木葱翠的中夏
7	草木葱翠的中夏
8	草木葱翠的中夏
9	庄稼未收成的秋季
10	庄稼未收成的秋季
11	无雪的冬季
12	无雪的冬季

2) 湿沉降模式

(1) 颗粒物湿沉降

颗粒物湿沉降通量 F_{wp} 是粒子清除系数的函数，其计算公式如下：

$$F_{wp} = 10^{-3} \rho_p W_p r$$

式中：

F_{wp} ——颗粒物湿沉积通量， $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ；

ρ_p ——颗粒物在空气中的纵向（垂直方向）平均浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

W_p ——颗粒物清洗系数，无量纲；

r ——降水量或当量降水率， mm/h ，由气象预处理程序 AERMET 提供。

计算湿沉积通量平均时间为 1h，用户如需要平均时间大于 1h 湿沉积通量，可用 1h 平均时间的湿沉积通量累加， F_{wp} 输出单位的缺省值为 g/m^2 。

颗粒物在空气中的纵向平均浓度 ρ_p 可通过垂直方向假定为正态分布的烟羽中每种粒径档次的颗粒物积分得到；清洗系数 W_p 与降雨雨滴特性（包

括直径、碰撞系数) 有关。

(2) 气体湿沉降

气体湿沉积通量 F_{wp} 的计算公式如下:

$$F_{wp} = 10^6 c_l W_w r$$

式中:

F_{wg} ——气体湿沉积通量, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;

c_l ——已呈液相的污染物浓度, mol/L ;

W_w ——污染物的相对分子质量;

r ——降水量或当量降水率, mm/h , 由气象预处理程序 AERMET 提供。

液相污染物浓度 c_l 由液相污染物在饱和状态下的浓度 (mol/L) 和饱和度有关。

3) 干亏损 (清除) 模式

随着烟羽向下风向迁移, 颗粒物或气态污染物在地表面的干湿沉降效果, 使部分污染物从烟羽中被清除, 这一清除过程可被视为烟羽的干亏损, 其作用是降低了颗粒物或气态污染物的地面浓度和沉积通量。AERMOD 的干亏损算法基于源亏损模式。

(1) 颗粒物干亏损模式

可忽略颗粒物的重力沉降, 即 $h_{cd}=h_e$ 。为了计算粗粒子的沉积速度, 需要附加一项小的沉降速度, $V_g=0.002\text{m/s}$ 。

下风向 x 处的干亏损后浓度或沉积通量, 等于未亏损时的浓度或沉积通量乘以源亏损因子 $F_Q(x)$; $F_Q(x)$ 是仍保留在烟羽之中, 尚未沉积到地表面的质量分数, 等于考虑了亏损后的源强 $Q(x)$ 与初始源强 Q_0 之比。考虑了亏损后的源强, 可按下式计算:

$$Q(x) = Q_0 \exp\left[-\int_0^x \frac{V_d}{u} \bar{D}(x) dx\right]$$

式中:

$Q(x)$ ——下风向 x 处考虑了亏损后的源强, g/s ;

Q_0 ——初始源强, g/s ;

V_d ——沉降速度，m/s；

u ——平均风速，m/s；

$\bar{D}(x)$ ——横截积分扩散函数， $\bar{D}(x) = \bar{\chi}u/Q$ ， m^{-1} ；

$\bar{\chi}$ ——横截积分浓度， g/m^2 。

(2) 气体干亏损模式

气态烟羽干亏损（清除）的计算方法和颗粒物干亏损的计算方法相同，只是不考虑烟羽在垂直方向的倾斜，烟羽有效高度计算公式中 $V_g=0$ 及 $h_{ed}=h_e$ 。

4) 湿亏损（清除）模式

随着烟羽自源向下风方迁移，由于降水，颗粒物或气态污染物在地表面的湿沉积或清洗效果，使其从烟羽中被清除到地表面。可以将这一过程视为湿亏损，其作用是降低了颗粒物或气态污染物的地面浓度和沉积通量。污染物因降水的清洗过程发生在整个烟羽的垂直范围，AERMOD 的湿亏损算法仍基于源亏损模式，下风方向 x 处的湿亏损后浓度或沉积通量，等于未亏损时的浓度或沉积通量乘以湿沉积的源亏损因子。

湿沉积源亏损因子，亦即考虑了亏损后的源强 $Q(x)$ 与初始源强 Q_0 之比，可按下式计算：

$$\frac{Q(x)}{Q_0} = e^{-\Lambda x}$$

式中：

$Q(x)$ ——下风向 x 处考虑了亏损后的源强，g/s；

Q_0 ——初始源强，g/s；

t ——烟羽自源至接受点的迁移时间，s， $t=x/u$ ；

Λ ——当量净化比， s^{-1} 。

当量净化比 Λ 的倒数 Λ^{-1} 为湿清除时间尺度，即污染物因降水由烟羽中被清除的时间尺度。

(1) 颗粒物湿亏损模式

对于颗粒物的湿亏损，湿清除时间尺度 Λ^{-1} 可按下式计算：

$$\Lambda = \frac{\rho_p z_p}{F_{wp}}$$

可推导出当量净化比 Λ (s^{-1}) 计算公式为:

$$\Lambda = \frac{3E_0 r}{2D_m 3.6 \times 10^6}$$

(2) 气体湿亏损模式

对于气体污染物的湿亏损, 其亏损因子和颗粒物亏损因子公式的形式相同, 其中的湿清除时间尺度 Λ^{-1} 可按式计算:

$$\Lambda^{-1} = \frac{\rho_p z_p}{F_{wg}}$$

带入 F_{wg} 计算公式, 可得到当量净化比 Λ (s^{-1}) 计算公式为:

$$\Lambda = \frac{f_{sat} RT_a r}{3.6 \times 10^6 z_p H [1 + \frac{LRT_a}{\rho_w H}]}$$

二、剂量估算模式

本项目剂量估算考虑的照射途径包括吸入内照射、食入内照射、烟羽浸没外照射和地表沉积外照射, 主要核素包括气溶胶 ^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{230}Th 、 ^{232}Th 、 ^{228}Th 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 和气态的 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 。

1、吸入内照射所致剂量

1) 气溶胶核素 (^{238}U 、 ^{234}U 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{230}Th 、 ^{232}Th 、 ^{228}Th 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb)

公众吸入放射性气溶胶所致的吸入内照射剂量与大气中核素浓度、公众的呼吸量及吸入剂量转换因子相关, 计算公式如下:

$$E_{inh} = C_A \cdot R_{inh} \cdot DF_{inh}$$

式中:

C_A —空气中核素浓度, Bq/m^3 ;

R_{inh} —呼吸量, m^3/a , 成人取 $8000\text{m}^3/\text{a}$;

DF_{inh} —吸入剂量转换因子, Sv/Bq , 见表 2。

表 2 吸入剂量转换因子

核素	肺吸收类别	剂量转换因子（成人，Sv/Bq）
Pb-210	M	1.10×10^{-6}
Po-210	F	6.10×10^{-7}
Ra-226	S	9.50×10^{-6}
Th-230	M	4.30×10^{-5}
U-234	S	9.40×10^{-6}
U-238	S	8.00×10^{-6}

2) $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ 及其子体

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

式中：

C_{Rn} —— $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ 浓度， Bq/m^3 ；

T —— 受照时间，h，全年取 8760h；

DF_{Rn} —— $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ 及其子体剂量转换因子，取 $2.44 \times 10^{-6} \text{mSv}/\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $8 \times 10^{-7} \text{mSv}/\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

2、地表沉积外照射所致剂量

地表沉积外照射所致的公众外照射剂量计算公式如下：

$$E_{\text{gr}} = C_{\text{gr}} \cdot DF_{\text{gr}} \cdot O_f \cdot R_g + C_{\text{gr}} \cdot DF_{\text{gr}} \cdot (1 - O_f) \cdot R_d$$

式中：

C_{gr} —— 地表沉积核素密度， Bq/m^2 ；

DF_{gr} —— 沉积剂量转换因子， $(\text{Sv}/\text{a}) / (\text{Bq}/\text{m}^2)$ ，见表 3；

O_f —— 污染地表居留时间份额，取 0.78；

R_g —— 地面粗糙度屏蔽衰减系数，取 0.7；

R_d —— 建筑物屏蔽衰减系数，取 0.1。

表 3 地表沉积外照射剂量转换因子

核素	剂量转换因子 (Sv/a) / (Bq/m ²)
Pb-210	7.81×10^{-11}
Po-210	2.61×10^{-13}
Ra-226	2.03×10^{-10}
Th-230	2.36×10^{-11}
U-234	2.36×10^{-11}
U-238	1.74×10^{-11}

3、烟羽浸没外照射所致剂量

烟羽浸没外照射有效剂量应用半无限烟羽模式估算，计算公式如下：

$$E_{im} = C_A \cdot DF_{im} \cdot O_f + C_A \cdot DF_{im} \cdot (1 - O_f) \cdot R_d$$

式中：

C_A —空气中核素浓度，Bq/m³；

DF_{im} —烟羽浸没外照射剂量转换因子，(Sv/a) / (Bq/m³)，见表 4；

Q_f —公众个体在烟羽中的浸没时间份额；

R_d —建筑物屏蔽衰减系数。

表 4 烟羽浸没外照射剂量转换因子

核素	烟羽浸没剂量转换因子 (Sv/a) / (Bq/m ³)
Pb-210	1.78×10^{-9}
Po-210	1.31×10^{-11}
Ra-226	9.92×10^{-9}
Th-230	5.48×10^{-10}
U-234	2.40×10^{-10}
U-238	1.07×10^{-10}

4、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：

$$E = E_{inh} + E_{im} + E_{gr} + E_{ing}$$

式中：

E_{inh} —吸入内照射剂量，Sv/a；

E_{im} —烟羽浸没外照射剂量，Sv/a；

E_{gr} —地表沉积外照射剂量, Sv/a;

E_{ing} —食入内照射剂量, Sv/a;

E —公众个人照射总剂量, Sv/a。

6、公众集体剂量

集体剂量估算与评价范围及评价范围内的人口数有关, 计算公式如下:

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

式中:

S —集体剂量, Sv·人/a;

E_i — i 子区的个人剂量代表值, Sv/a;

R_i — i 子区的人口数, 人

附件一

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《中核沽源铀业有限责任公司水冶综合技改项目项目环境影响报告书》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。

中核沽源铀业有限责任公司

2023年3月18日



附件二

河北省生态环境厅

关于“中核沽源铀业有限责任公司水冶综合技改项目环境影响评价执行标准”的复函

中核沽源铀业有限责任公司：

《关于确认“中核沽源铀业有限责任公司水冶综合技改项目环境影响评价执行标准”的申请函》收悉。经研究，该项目环境影响评价执行如下标准：

一、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. 地下水环境执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中Ⅲ类标准；

3. 声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中1类标准；

4. 土壤环境农用地执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）土壤污染风险筛选值标准，建设用地执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准

(试行)》(GB36600-2018)第二类用地污染风险筛选值。

二、污染物排放标准

1. 废气排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级标准,其中氨气排放执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)表2标准;

2. 锅炉废气排放执行《锅炉大气污染物排放标准》(DB13/5161-2020);

3. 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;运行期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中1类标准。

三、辐射环境执行标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);

2. 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)。

