密　级	非密
版　次	/
本册编号	/

中核通辽铀业有限责任公司
海力锦铀矿床地浸采铀工程

环境影响报告书

中核通辽铀业有限责任公司

二〇二六年三月

CNNC

中核通辽铀业有限责任公司
海力锦铀矿床地浸采铀工程

环境影响报告书

中核通辽铀业有限责任公司

中核通辽铀业有限责任公司
海力锦铀矿床地浸采铀工程

环境影响报告书

中核通辽铀业有限责任公司
法人代表：汤庆四
通讯地址：内蒙古自治区通辽市科尔沁区高林屯种畜场
邮政编码：028000

打印编号：1763345103000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	989k8o
建设项目名称	中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程
建设项目类别	55--169铀矿开采、冶炼；其他方式提铀
环境影响评价文件类型	报告书
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	中核通辽铀业有限责任公司
统一社会信用代码	91150500676935578F
法定代表人（签章）	汤庆四
主要负责人（签字）	汤庆四
直接负责的主管人员（签字）	李喜龙 李喜龙
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	中核第四研究设计工程有限公司
统一社会信用代码	911301001043361316
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
曹凤波	11351343510130222	BH018161	曹凤波

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
曹凤波	第1、2、12、13、14章	BH018161	曹凤波
詹乐音	第4、5、6章	BH018350	詹乐音
葛佳亮	第3、7、8、9、10、11章	BH018159	葛佳亮

前　言

核工业是国家安全的重要基石，是我国建设社会主义现代化强国的战略支撑，而天然铀是核工业最重要的基础原料，是核工业发展的物质基础，是无可替代的国家紧缺战略资源。国内天然铀产业是我国核电产业健康发展的重要支撑，是我国能够平抑国际铀价的重要依托，必须确保国内天然铀产能始终保持在一定的规模。

中核通辽铀业有限责任公司（以下简称“通辽铀业公司”）隶属于中核铀业有限责任公司，成立于2008年7月，主要从事天然铀的开采、加工和铀产品销售。经过多年的理论研究及实践积累，通辽铀业公司在地浸砂岩型铀矿采冶工艺方面取得了长足发展，对地浸采铀多项关键技术进行了攻克并取得了多项创新性技术，逐步形成并完善了CO_2+O_2地浸采铀工艺体系，为海力锦铀矿床的开发建设奠定了扎实的技术基础，提供了有力的技术保障。

本项目为中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程，通过在海力锦铀矿床建设原地浸出采铀所需的生产及配套设施，形成XXXt/a的天然铀生产能力。通过本项目的实施，通辽盆地将建成我国第三座集约绿色智能高效的千吨级铀矿大基地，持续提升我国天然铀产能规模与实际产量，填补核工业天然铀产能缺口，进一步提升我国天然铀自主供应保障能力。

2026年3月5日，国家国防科技工业局下发了《关于加快开展海力锦地浸采铀工程项目前期工作的通知》（局二司函〔2026〕73号）。根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等有关法律法规的要求，通辽铀业公司委托中核第四研究设计工程有限公司承担本项目的环境影响评价工作。接受委托后，环境影响评价小组赴现场进行了实地踏勘，收集了项目的工程资料和环境资料，委托有资质单位开展了环境质量监测，最终于2026年3月完成了环境影响报告书的编制工作，现提交生态环境部进行审查。

本报告书环境监测工作由核工业东北分析测试中心负责，中核通辽铀业有限责任公司负责提供环评工作所需的工程基础资料以及开展公众参与并单独成本上报。

目　录

附件：

附件 1：环评委托书；

附件 2：《关于内蒙古通辽市科尔沁左翼中旗海力锦铀矿床采矿权新立范围是否占用生态保护红线的回复函》，科尔沁左翼中旗自然资源局，2025 年 6 月 5 日；

附件 3：《通辽市生态环境局科左中旗分局关于确认“中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程”环境影响评价执行标准的函》，通辽市生态环境局科尔沁左翼中旗生态环境局，2025 年 12 月 2 日；

附件 4：《中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程环境质量现状监测报告（2026-1021）》，2025 年 8 月 1 日；

附件 5：《中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程环境质量现状监测报告（2025-1087）》，2025 年 10 月 16 日。

附图：

附图 1：总体布置图；

附图 2：井场总平面布置图；

附图 3：水冶厂总平面布置图。

1 概述

1.1 项目基本情况

1）项目名称：中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程。

2）建设性质：新建，属铀矿采冶行业，最终产品为“111”。

3）建设单位：中核通辽铀业有限责任公司。

4）生产规模：本项目共布置11个分采区，设置钻井1138个。其中，抽出井304个，注入井795个，监测井39个；首采区布置5个采区，设置钻井537个，其中抽出井147个，注入井371个，监测井19个。井场年浸出液抽出量为555.66万m^3/a，年产“111”铀金属量为XXt/a。

5）服务年限：18a，其中建设期3a，生产期15a。

6）工作制度：年工作350d。井场及水冶厂3班/d，8h/班；其余生产辅助工作岗位1班/d，8h/班。

7）建设地点：内蒙古自治区通辽市科尔沁左翼中旗宝龙山镇境内。

8）项目投资：本项目建设投资54257.98万元，其中环保投资2316.38万元，环保投资占建设投资的4.27%。

1.2 主要建设内容及规划

1.2.1 主要建设内容

本项目主要建设内容由三部分组成，即井场、水冶厂和厂外工程。具体如下：

1）井场（包括首采区和备采区）：包括井场钻井（含生产井和监测井）、集控室、集配液设施、气体站、洗孔空压机站和综合管网。

2）水冶厂：包括浸出液处理厂房、综合楼、蒸发池、盐酸库、柴油发电机房及柴油库、生产辅助设施（一）、生产辅助设施（二）、值班室及围墙大门、称量站等。

3）厂外工程：包括供电线路、厂外道路等。

1.2.2 总体规划

按照设计规模，本项目水冶厂和厂外工程为一次性建设；井场根据矿体的赋存情况以及项目设计规模，划分为首采区（1采区～5采区）和备采区（6采区～11采区）分批建设，在保证年设计规模的井场投入生产后，按计划逐渐新增采区，确保新旧采区接续生产，维持生产能力。

1.3 编制依据

1.3.1 法规和标准

1.3.1.1 法规

1）《中华人民共和国环境保护法》2015年1月1日；

2）《中华人民共和国原子能法》2026年1月15日；

3）《中华人民共和国放射性污染防治法》2003年10月1日；

4）《中华人民共和国环境影响评价法》2018年12月29日；

5）《中华人民共和国大气污染防治法》2018年10月26日；

6）《中华人民共和国水污染防治法》2018年1月1日；

7）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》2020年9月1日；

8）《中华人民共和国噪声污染防治法》2022年6月5日；

9）《中华人民共和国土壤污染防治法》2019年1月1日；

10）《中华人民共和国水土保持法》2011年3月1日；

11）《中华人民共和国森林法》2019年12月28日；

12）《中华人民共和国土地管理法》2020年1月1日；

13）《地下水管理条例》2021年10月21日；

14）《土地复垦条例》2011年3月5日；

15）《基本农田保护条例》（中华人民共和国国务院令第257号）2011年1月8日；

16）《自然资源部关于规范临时用地管理的通知》（自然资规〔2021〕2号）；

17）《中华人民共和国土地管理法实施条例》（国务院令第743号）2021年7月2日；

18）《国家危险废物名录（2025年版）》2025年1月1日；

19）《建设项目环境保护管理条例》2017年10月1日；

20）《建设项目环境影响评价分类管理名录》2021年1月1日；

21）《环境影响评价公众参与办法》2019年1月1日；

22）《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号）2023年12月27日；

23）《中共中央办公厅 国务院办公厅关于加强生态环境分区管控的意见》2024年3月6日；

24）《内蒙古自治区“十四五”生态环境保护规划》2021年9月；

25）《内蒙古自治区国家重点生态功能区产业准入负面清单（试行）》（内政发［2018］11号文）；

26）《内蒙古自治区人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（内政发［2020］24号）；

27）《内蒙古自治区生态环境保护条例》2025年3月1日；

28）《内蒙古自治区大气污染防治条例》2019年3月1日；

29）《内蒙古自治区水污染防治条例》2020年1月1日；

30）《内蒙古自治区土壤污染防治条例》2021年1月1日；

31）《内蒙古自治区地下水保护和管理条例》2022年1月1日；

32）《内蒙古自治区固体废物污染环境防治条例》2023年1月1日；

33）《内蒙古自治区水土保持条例》2024年9月1日；

34）《通辽市人民政府关于通辽市“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（通政字〔2021〕86号）2021年10月31日；

35）《通辽市生态环境保护委员会办公室关于印发“通辽市生态环境分区管控成果动态更新情况说明”和“通辽市生态环境准入清单更新情况说明”的通知》2024年11月15日。

1.3.1.2 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 地表水环境》（HJ 2.3-2018）；

4）《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）；

5）《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；

6）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）；

7）《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）；

8）《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；

9）《环境影响评价技术导则 铀矿冶》（HJ 1015.1-2019）；

10）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；

11）《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB 23727-2020）；

12）《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB 23726-2009）；

13）《核工业铀矿冶工程技术标准》（GB 50521-2023）；

14）《铀矿冶放射性废物辐射环境管理技术规定》（GB 14585-2024）；

15）《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）；

16）《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；

17）《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

18）《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）；

19）《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）；

20）《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）；

21）《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB 14882-94）；

22）《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）；

23）《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）；

24）《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；

25）《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）；

26）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）。

1.3.2 相关文件

1）《中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程项目申请

报告》，中核第四研究设计工程有限公司，2025 年 6 月；

2）《内蒙古科尔沁左翼中旗海力锦铀矿床勘探报告》，核工业二四三大队，2025 年 5 月；

3）《中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程环境质量现状监测报告（2023-1209）》，2025 年 1 月 10 日；

4）《中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程环境质量现状监测报告（2024-1011）》，2025 年 3 月 24 日；

5）环境影响评价委托书。

1.4 评价范围

1.4.1 辐射环境

本项目辐射环境评价范围为以对居民影响最大的集液罐为中心，半径 20km 的地域范围。子区划分方法为以集液罐为圆心，以 1km、2km、3km、5km、10km、20km 为半径画 6 个同心圆，与圆心角 22.5°的 16 个方位相交划分扇形区，共 96 个评价子区。

1.4.2 非放射性环境

1）大气环境影响评价等级与评价范围

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

$$P_i = \frac{C_i}{C_0} \times 100\% \qquad (1.4\text{-}1)$$

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，μg/m^3；

C_0—该污染物的环境空气质量标准，μg/m^3。

本项目非放射性污染物主要为盐酸库产生的 HCl 气体，执行《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）中附表 D.1 中其他污染物空气质量

参考限值，即 HCl 环境空气质量标准为 50μg/m³。

评价工作等级按表 1.4-1 的分级判据进行划分。

表 1.4- 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}≥10%
二级	1%≤P_{max}<10%
三级	P_{max}<1%

采用导则推荐的 AERSCREEN 估算模式，估算 HCl 的下风向轴线浓度，源项及估算结果见表 1.4-2 和表 1.4-3。

表 1.4-2 估算模式参数一览表

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（℃）
盐酸贮罐	HCl	8.12×10^{-4}	60	4.074	0.1	7.6

表 1.4- 3 拟建项目大气环境影响估算结果

污染源名称	污染物	C_i（μg /m^3）	C_0（μg /m^3）	P_i（%）	距离（m）
盐酸贮罐	HCl	4.40	50	8.78	12

由上表可知，本项目大气污染物 HCl 最大占标率 P_{max} 为 8.78%。根据导则判定标准，本项目非放射性大气环境影响评价工作等级为二级，评价范围为以盐酸库盐酸贮罐为中心，边长 5km 矩形的评价范围。

2）地表水环境影响评价等级与评价范围

本项目废水不外排，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）判定标准，本项目地表水环境影响评价工作等级为三级 B，可不进行地表水环境影响预测。

3）地下水环境影响评价等级与范围

（1）评价等级

《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）未对铀矿冶行业进行地下水环境影响评价项目类别分类，参照其附录 A—地下水环境影响评价行业分类表中行业类别“H 有色金属中第 48 项（冶炼）”，本项目属于 I 类项目；本项目不涉及集中式水源地，且分散式地下水水源地（居民水井）距离本项目较远，故本项目属于不敏感区域。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。

（2）评价范围

本项目为地浸采铀工程项目，根据地下水环境影响特点，分别对潜水含水层和含矿含水层进行评价范围划分。

①潜水含水层

根据 HJ 610-2016，采用公式计算法进行潜水含水层地下水评价范围划分，计算公式如下：

$$L=\alpha \times K \times I \times T/n_e \tag{式 1.4-2}$$

式中：

L—下游迁移距离，m；

α—变化系数，取 2；

K—渗透系数，根据地勘资料，潜水含水层渗透系数为 1.66~2.01m/d，保守取 2.01m/d；

I—水力坡度，根据区域水文地质条件，约为 0.31‰；

T—质点迁移参数，取值不小于 5000d，保守取运行年限 5475d；

n_e—有效孔隙度，根据区域水文地质条件，为 0.11~0.37，保守取 0.11。

由公式 1.4-2 计算得到潜水含水层下游迁移距离 L 为 62m，且项目附近无重要地下水环境保护目标。由于下游迁移距离较近，保守考虑适当扩大评价范围：以蒸发池为中心，下游延伸 200m，两侧及上游分别延伸 100m 的区域，评价面积为 $0.06km^2$。

②含矿含水层

根据本项目所在区域的水文地质条件，并结合地浸采铀中地下水环境影响范围，采用 HJ 610-2016 推荐的自定义法确定含矿含水层评价范围：

评价范围为以井场为中心，在垂直地下水流向的上游方向（西南侧）延伸 1km、下游方向（东北侧）延伸 2km，平行地下水流向方向各延伸 1km，总面积 $9.56km^2$。

4）土壤环境影响评价等级与范围

参照《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）中土壤环境影响识别相关要求及内容，本项目土壤环境影响类型为污染性影响，主要影响途径为蒸发池泄漏造成的垂直入渗影响。

《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）未对铀矿冶行业进行土壤环境影响评价项目类别分类，考虑到本项目土壤环境影响途径主要为蒸发池泄漏，参照附录A“表A.1 土壤环境影响评价项目类别”中项目类别“工业废水处理”，属于Ⅱ类项目；本项目周边存在土壤环境敏感目标（耕地），参照HJ 964-2018中“表3 污染影响型敏感程度分级表”，本项目敏感程度为敏感。此外，本项目占地小于5hm^2，规模为小型项目。因此，参照HJ 964-2018中“表4 污染影响型评价工作等级划分表”，土壤评价工作等级确定为二级，土壤环境调查评价范围为占地范围及周边200m。

5）声环境影响评价等级与范围

本项目所处区域为声环境2类功能区，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），声环境影响评价工作等级为二级，声环境影响评价范围为钻井施工（施工期）及水冶厂（运行期）外200m。

6）环境风险评价等级与范围

本项目涉及的主要危险物质包括工业盐酸、柴油等。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录B、C、D，本项目相关分级表见表1.4-4~表1.4-7。由表可知，本项目大气风险评价等级为三级，评价范围为建设项目边界外3km范围；地下水风险评价等级为二级，评价范围以盐酸罐为中心，下游延伸200m，两侧及上游分别延伸100m的区域，评价面积为0.06km^2。

表1.4-4 数量与临界量比值（Q）分级表

<table>
<tr><th>项目</th><th>临界量（t）</th><th>最大存量（t）</th><th>物质总量与临界量比值Q</th><th>Q划分</th></tr>
<tr><td>盐酸（工业级）</td><td>7.5（≥37%）</td><td>114.09</td><td rowspan="2">15.22</td><td rowspan="2">10≤Q<100</td></tr>
<tr><td>柴油</td><td>2500</td><td>30</td></tr>
</table>

表1.4-5 行业及生产工艺（M）、危险物质及工艺系统危险性（P）分级表

<table>
<tr><th>行业</th><th>评估依据</th><th>M分值</th><th>M划分</th><th>P划分</th></tr>
<tr><td>有色冶炼</td><td>危险物质贮存罐区（盐酸罐）</td><td>5/套（罐区）</td><td rowspan="2">M3</td><td rowspan="2">P3</td></tr>
<tr><td>有色冶炼</td><td>危险物质贮存罐区（柴油库）</td><td>5/套（罐区）</td></tr>
</table>

表 1.4-6 各环境要素环境敏感程度（E）分级表

环境要素	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	本项目周边无受纳水体，事故情况下危险物质不会进入地表水体。	/
地下水	该地不涉及集中式饮用水水源准保护区及补给径流区，特殊地下水资源保护区及以外的分布区等敏感区范围内，但项目附近有零星分散式取水点。因此，地下水功能按照较敏感 G2 考虑；根据该地地勘资料，该地包气带厚度大于 1m，$K=3.06\times10^{-4}cm/s>1.0\times10^{-4}cm/s$，包气带防污性能属于 D1 级，地下水环境敏感程度为 E1。	E1

表 1.4-7 各环境要素的环境风险潜势划分及评价工作等级一览表

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	P3	Ⅱ	三级
地表水	/		/	/
地下水	E1		Ⅲ	二级

7）生态评价等级与范围

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目占地不涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产、重要生境、自然公园、生态保护红线等生态敏感区，总占地面积<20km²，不属于其 6.1.2 条中“a）~f）”内容，因此确定生态评价为三级，评价范围为本项目占地区域。

1.5 评价因子

1.5.1 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 1.5-1。

表 1.5-1 本项目环境影响要素识别

阶段 \ 影响		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				+1		
	建筑施工	-1			-2				+1		+1		+2
	材料运输	-1			-1					+1	+1		
	钻井施工	-1		-1	-2		-1				+1		
运行期	废气排放	-1				-1						-1	
	废水处理					-1							
	固体废物处置			-1		-1							
	设备噪声				-1								
	井场生产			-2							+1		
	产品生产								+2		+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、地表开挖等活动对大气环境、声环境及生态环境的影响；运行期主要是生产过程中的废气、固废、噪声和生产对辐射环境、大气环境、地下水环境及声环境的影响；而项目的建设与投产，将对该地区的社会经济产生积极影响。

1.5.2 评价因子筛选

根据本项目施工期特点以及运行期生产工艺与污染物排放特点，确定本项目评价因子见表 1.5-2。

表 1.5-2 本项目评价因子一览表

<table>
<tr><th>时期</th><th colspan="2">评价内容</th><th>评价因子</th></tr>
<tr><td rowspan="5">施工期</td><td colspan="2">大气污染源</td><td>TSP；燃油废气：SO_2、NOx 和颗粒物。</td></tr>
<tr><td colspan="2">废水污染源</td><td>施工废水：SS；
生活污水：COD、BOD_5、氨氮等</td></tr>
<tr><td colspan="2">固废污染源</td><td>钻井泥浆、废机油和废机油桶、建筑垃圾和生活垃圾</td></tr>
<tr><td colspan="2">噪声污染源</td><td>Leq（A）</td></tr>
<tr><td colspan="2">生态影响</td><td>土地利用、水土流失、动植物资源破坏等。</td></tr>
<tr><td rowspan="8">运行期</td><td rowspan="2">大气污染源</td><td>放射性污染物</td><td>^{222}Rn</td></tr>
<tr><td>非放射性污染物</td><td>HCl 气体</td></tr>
<tr><td rowspan="2">废水污染源</td><td>放射性污染物</td><td>工艺废水、流散浸出液、洗井废水、实验废水：$U_{天然}$、^{226}Ra 等。</td></tr>
<tr><td>非放射性污染物</td><td>生活污水：COD、BOD_5、氨氮等；
工艺废水、流散浸出液、洗井废水、实验废水：As、Mo 等。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">固废污染源</td><td>放射性污染物</td><td>浸出液处理残渣、洗井废渣、废旧设备及零配</td></tr>
<tr><td>非放射性污染物</td><td>钻井泥浆、废机油和废机油桶、实验室废物、生活垃圾</td></tr>
<tr><td colspan="2">噪声污染源</td><td>Leq（A）</td></tr>
<tr><td colspan="2">风险源</td><td>盐酸库、柴油库</td></tr>
</table>

1.6 评价控制指标

1.6.1 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》（GB23727-2020）：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。考虑到原地浸出采铀项目的特点，结合本项目气态流出物所致公众剂量预测结果，本项目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

本项目为原地浸出采铀工程，无废石堆、尾渣堆、尾渣库等设施。根据本项目事故环境影响分析，事故工况主要为蒸发池泄漏事故。根据事故工况下土壤环境影响预测结果，蒸发池泄漏的废水未穿透包气带进入地下水，不会对周边地下水环境产生影响，也不会直接对公众产生辐射剂量，所以不再

确定事故工况下的公众剂量约束值。

1.6.2 归一化排放量限值

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB 23727-2020），地浸采铀矿山 ^{222}Rn 的归一化排放量不超过 7×10^{12}Bq/100t（U）。

1.6.3 非放射性环境质量标准和排放标准

根据《通辽市生态环境局科左翼中旗分局关于确认“中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程”环境影响评价执行标准的函》（通辽市生态环境局科尔沁左翼中旗分局，2025 年 12 月 2 日），本项目执行的环境质量标准和排放标准具体如下：

1）本项目执行的非放射性环境质量标准如下：

（1）《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）过渡阶段二级标准；

（2）《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）III 类标准；

（3）《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III 类标准；

（4）《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准；

（5）《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）土壤污染风险筛选值；

（6）《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）第二类用地污染风险筛选值。

2）本项目执行的非放射性污染物排放标准如下：

（1）废气污染物执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中新污染源二级标准；

（2）生活污水执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中绿化、道路清扫标准；

（3）施工期场界噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）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》（GB 12348-2008）中 2 类标准。

非放射性污染物评价采用的标准值见表 1.6-1。

表 1.6-1 本项目非放射性污染物评价采用的标准值

类别	污染物名称		标 准 值	标 准 来 源
环境质量标准	大气	TSP	24h 平均浓度 300μ/m³	《环境空气质量标准》（GB3095-2026）过渡阶段二级标准
		SO_2	1h 平均浓度 0.50mg/m³	
		NO_x	1h 平均浓度.25mg/m³	GB3095-2026 二级标准
		HCl	1h 平均浓度 0.5mg/m³	《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D
	地下水	pH	6.5~8.5	地下水环境总体执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准
		Na^+	200mg/L	
		Cl^-	250mg/L	
		SO_4^{2-}	250mg/L	
		NH_4-N	0.50mg/L	
		NO_3^-	20.0mg/L	
		NO_2^-	1.00mg/L	
		As	10μg/L	
		Hg	1μg/L	
		Cr^{6+}	0.05mg/L	
		Zn	1000μg/L	
		Fe	0.3mg/L	
		Cu	1000μg/L	
		Pb	10μg/L	
		Cd	5μg/L	
		Mn	100μg/L	
		Mo	70μg/L	
		总硬度	450mg/L	
		TDS	1000mg/L	
		COD_{Mn}	3.0mg/L	
		F^-	1.0mg/L	
		总α	≤0.5Bq/L（潜水层）	
		总β	≤1Bq/L（潜水层）	
	土壤	As	60mg/kg	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）》
		Cd	65mg/kg	

<table>
<tr><th>类别</th><th colspan="3">污染物名称</th><th colspan="2">标 准 值</th><th>标 准 来 源</th></tr>
<tr><td rowspan="21"></td><td rowspan="16"></td><td colspan="2">Hg</td><td colspan="2">38mg/kg</td><td rowspan="5">（GB36600-2018）中的第二类用地污染风险筛选值的标准要求。</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pb</td><td colspan="2">800mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cr^{6+}</td><td colspan="2">5.7mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ni</td><td colspan="2">900mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cu</td><td colspan="2">18000mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">pH</td><td>6.5~7.5</td><td>>7.5</td><td rowspan="10">农用土地执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的土壤污染风险筛选值的标准要求。</td></tr>
<tr><td colspan="2">As</td><td>30mg/kg</td><td>25mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cd</td><td>0.3mg/kg</td><td>0.6mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">Hg</td><td>2.4mg/kg</td><td>3.4mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pb</td><td>120mg/kg</td><td>170mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cr</td><td>200mg/kg</td><td>250mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zn</td><td>250mg/kg</td><td>300mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ni</td><td>100mg/kg</td><td>190mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cu</td><td>100mg/kg</td><td>100mg/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">噪声</td><td colspan="2">昼 间</td><td colspan="2">60dB（A）</td><td rowspan="2">《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类</td></tr>
<tr><td colspan="2">夜 间</td><td colspan="2">50dB（A）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">生物</td><td colspan="2">U 天然</td><td colspan="2">1900μg/kg</td><td rowspan="3">《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB 14882-94）粮食</td></tr>
<tr><td colspan="2">^{226}Ra</td><td colspan="2">14Bq/kg</td></tr>
<tr><td colspan="2">^{210}Pb</td><td colspan="2">6.4Bq/kg</td></tr>
<tr><td rowspan="10">排放标准</td><td rowspan="4">废气</td><td colspan="2">颗粒物</td><td colspan="2">1.0mg/m^3</td><td rowspan="4">《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中无组织排放监控浓度值</td></tr>
<tr><td colspan="2">二氧化硫</td><td colspan="2">0.40mg/m^3</td></tr>
<tr><td colspan="2">氮氧化物</td><td colspan="2">0.12mg/m^3</td></tr>
<tr><td colspan="2">氯化氢</td><td colspan="2">0.20 mg/m^3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">生活污水</td><td colspan="2">NH_3-N</td><td colspan="2">8mg/L</td><td rowspan="2">《城市污水生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）绿化、道路清扫等用水标准限值。</td></tr>
<tr><td colspan="2">BOD_5</td><td colspan="2">10mg/L</td></tr>
<tr><td rowspan="4">噪声</td><td rowspan="2">施工</td><td>昼间</td><td colspan="2">70dB（A）</td><td rowspan="2">《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）</td></tr>
<tr><td>夜间</td><td colspan="2">55dB（A）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">运行</td><td>昼间</td><td colspan="2">60dB（A）</td><td rowspan="2">《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类</td></tr>
<tr><td>夜 间</td><td colspan="2">50dB（A）</td></tr>
</table>

1.7 主要环境保护目标

根据项目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

为盐酸库周围 5km 矩形范围内居住区的大气环境；水环境保护目标为厂址区域及周围潜水含水层、含矿含水层以及含矿层上下含水层的地下水；土壤环境保护目标为项目占地及周边 200m 范围内土壤；生态环境保护目标为项目建设占地区域；声环境保护目标为施工钻井（施工期）周围 200m 及水冶厂（运行期）外 200m 范围；辐射环境保护目标为集液罐周围 20km 范围内居住区的辐射环境。本项目具体环境保护目标见表 1.7-1。

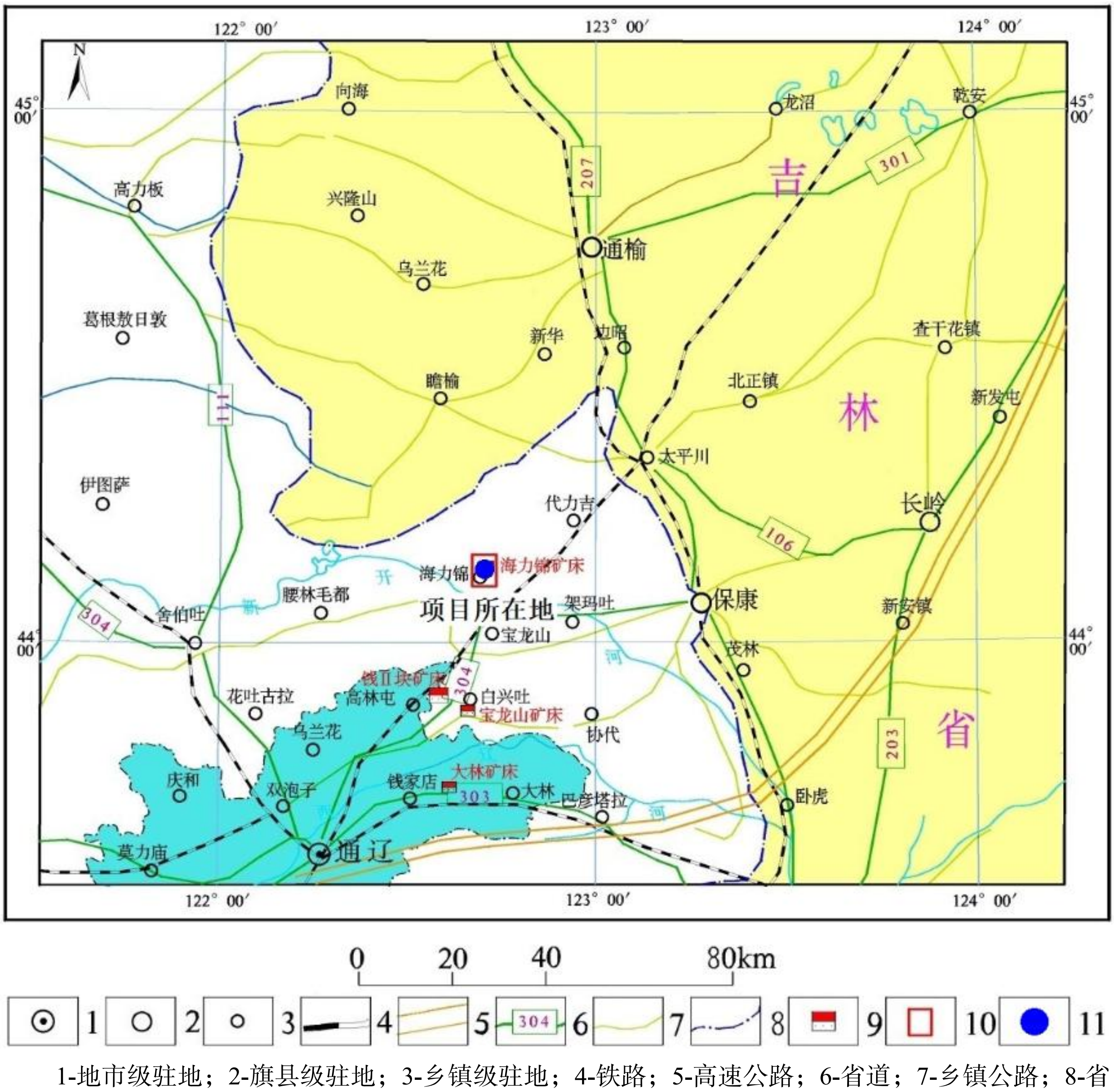
表 1.7-1 环境保护目标一览表

要素	保护对象	方位	距离（km）	性质	人口	环境保护要求
大气环境	刘家	ENE	0.6	居民点	4	《环境空气质量标准》（GB3095-2026）二级
	东海力锦嘎查	S	1.4		988	
	大海力锦嘎查	SSW	1.2		701	
	西海力锦嘎查	WSW	1.7		563	
水环境	项目周围潜水含水层、含矿含水层及其上下含水层地下水					总体执行《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III 类标准
土壤环境	占地范围及周围 200m 范围					《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）中土壤污染风险筛选值
声环境	刘家（施工期）	N	165m	居民点	4	《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类
生态环境	项目占地区域					防止生态环境破坏、水土流失等。
辐射环境	集液罐周围 20km 评价范围内公众，详见 2.9.2 节。					本项目确定的公众剂量约束值。

2 评价区域环境概况

2.1 地理位置

本项目位于内蒙古自治区通辽市科尔沁左翼中旗宝龙山镇境内，东距旗政府所在地保康镇约 50km，南西距通辽市约 80km。本项目评价区内铁路有通－让、平一齐等铁路线，南距宝龙山站约 10km，铁路交通极为便利。项目所在地南部有 304 省道，与市、县级公路和村通水泥路组成了可通达各市、县、乡镇、村之间交通网络，交通较为便利。项目地理位置见图 2.1-1。



1-地市级驻地；2-旗县级驻地；3-乡镇级驻地；4-铁路；5-高速公路；6-省道；7-乡镇公路；8-省界；9-矿床、矿产地；10-海力锦铀矿床范围；11-本项目所在地。

图 2.1-1 地理位置图

2.2 地形地貌

本项目位于松辽盆地西南部，处于新开河冲积平原北部，地势较平坦，海拔高度为（153~166）m，地势西高东低，高差不明显。项目所在区域地貌形态为平原、沙地、盐碱地等。地形地貌见图 2.2-1，根据区域地形高程数据形成的三维地形图见图 2.2-2。

图 2.2-1 地形地貌图

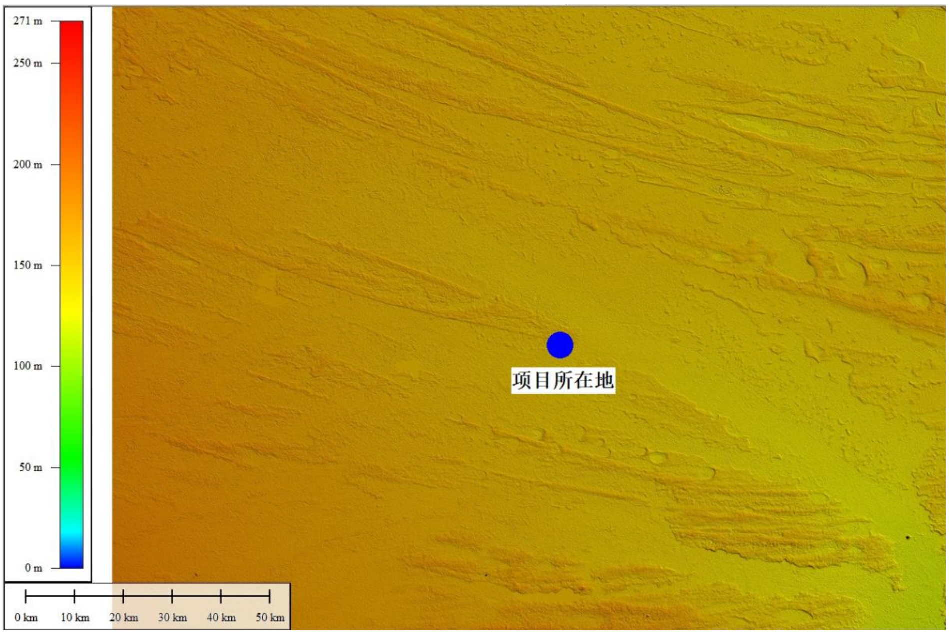


图 2.2-2 三维地形图

2.3 地质

2.3.1 区域地质

2.3.1.1 地质构造

本项目所在区域位于西南隆起区与开鲁坳陷区过渡部位，宝龙山构造天窗北翼。大地构造分区上属于天山-兴蒙造山系中的松辽地块。矿床范围区内无大型褶皱断裂构造，新构造运动不明显，沉积构造盖层简单，地层呈席状展布，未发生过强地震，地质环境较稳定。

2.3.1.2 地层划分

本项目所在区域地层主要由石炭-二叠系、白垩系、新近系和第四系组成，海力锦铀矿床典型钻孔地层柱状图见图 2.3-1。

1）石炭-二叠系

石炭-二叠系为矿床范围内基底，岩性主要为板岩、片岩、千枚岩、花岗片麻岩，埋深一般为（530～750）m。

2）白垩系

白垩系由下至上分别为姚家组、嫩江组及四方台组。

（1）姚家组

姚家组在区内广泛分布，埋深一般（350～650）m，厚度一般（65～110）m，上覆为嫩江组，下伏直接不整合于基底之上。姚家组可划分为姚家组下段和姚家组上段，其间发育一层泛滥平原沉积的紫红色、砖红色泥岩，厚度一般（5～25）m，为姚家组下段和姚家组上段的分层标志。姚家组下段从岩性-岩相组合上可以将姚家组下段划分为冲积扇相下亚段（K_2y^{1-1}）、辫状河相中亚段（K_2y^{1-2}）、曲流河相上亚段（K_2y^{1-3}）。其中，中亚段（K_2y^{1-2}）是矿区铀矿化的主要赋存部位。

（2）嫩江组

嫩江组为一套滨浅湖相沉积，岩性主要为灰、深灰色泥岩，在区内分布广泛，厚度为（100～120）m，与下伏姚家组整合接触，上覆为四方台组。

（3）四方台组

四方台组为一套三角洲-滨浅湖相沉积建造，岩性以灰色泥岩为主，夹紫

红色粉细砂岩。厚度与下伏嫩江组相当，一般为（90～120）m，与上覆上新统泰康组呈不整合接触。

3）新近系

新近系主要为上新统泰康组，其为一套温湿环境下形成的以河流相中、粗砂岩沉积建造为主，在区内广泛分布，地层厚度一般为（55～110）m。

4）第四系

第四系为潮湿气候下形成的腐殖土及松散砂、砾，厚度一般为（80～120）m。

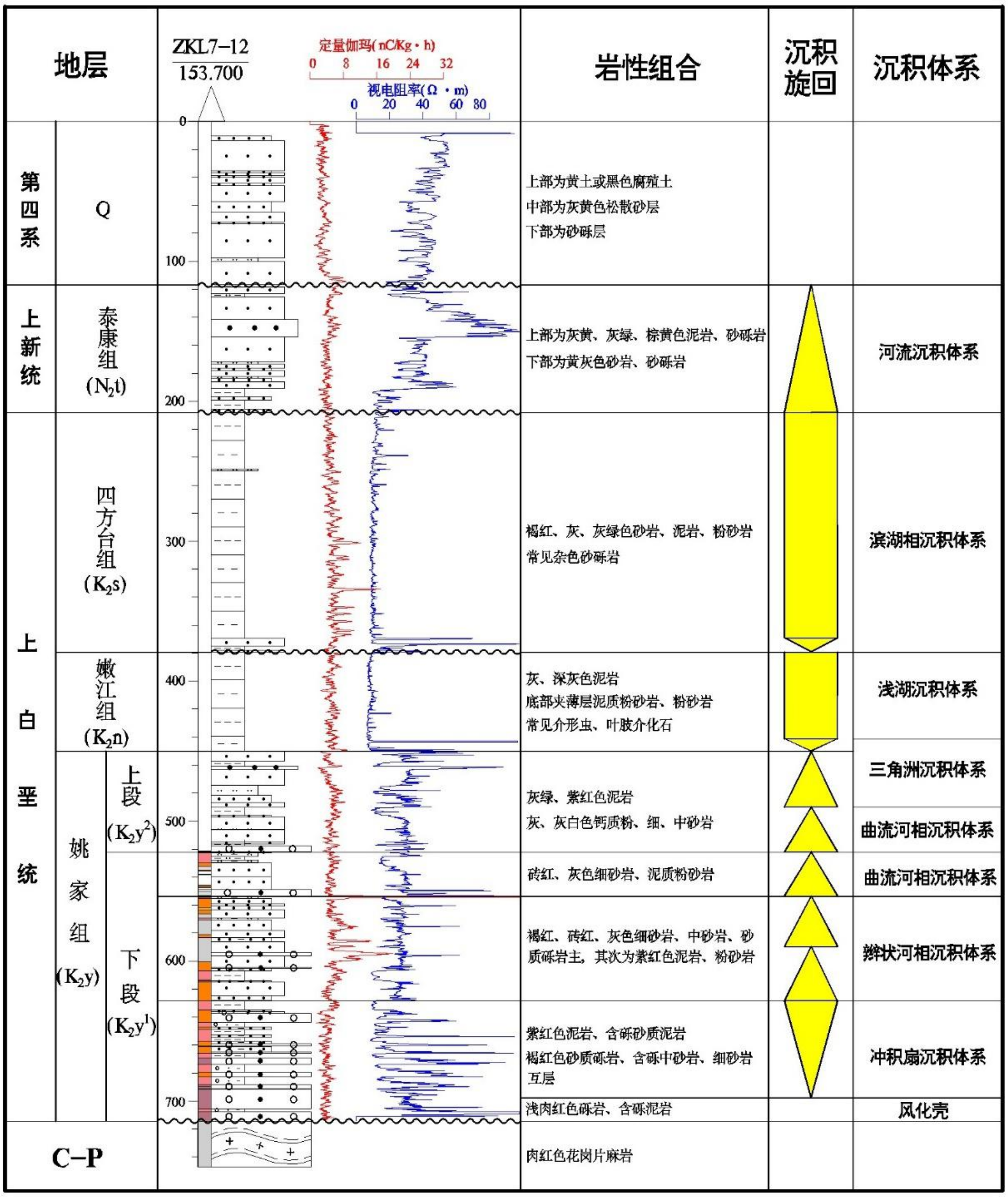


图 2.3-1 海力锦铀矿床典型钻孔地层柱状图

2.3.2 矿床地质

1）矿体分布特征

矿体赋存于上白垩统姚家组下段中亚段辫状河砂体中，自下而上分为Ⅰ号、Ⅱ号和Ⅲ号三个矿层。其中，Ⅱ号矿层赋存于砂体中下部，连续性及稳定性好，为主矿层，也是本项目主要开采矿层。Ⅱ号矿层平面上大致呈似S形，近SN向带状展布。Ⅱ号矿层包括Ⅱ-4号、Ⅱ-7号与Ⅱ-25号矿。

Ⅱ-4号矿体分布于L15～L22号勘探线之间，呈“Y”字型不规则状分布，矿体连续性好，长2.2km，宽（25～950）m，厚度（1.80～24.10）m，平均9.51m。矿体顶界埋深（555.05～602.25）m，平均577.11m，底界埋深（561.60～611.45）m，平均588.66m，自北向南逐渐变深，总体北高南低。

Ⅱ-25号矿体分布于L31～L23号勘探线之间，平面上呈“厂”字形不规则状分布，矿体连续性好，长735m，宽（65～490）m，矿体厚度（3.35～15.60）m，平均8.76m。矿体顶界埋深（588.55～598.85）m，平均592.93m；底界埋深（595.25～608.65）m，平均602.63m，埋深总体稳定

Ⅱ-7号矿体分布于L4～L28号勘探线之间，呈长条形不规则分布，矿体连续性较好，长0.65km，宽（70～185）m。矿体厚度（2.45～12.50）m，平均7.27m。矿体顶界埋深（570.55～587.15）m，平均578.23m；底界埋深在（579.25～598.35）m，平均586.90m，总体北高南低。

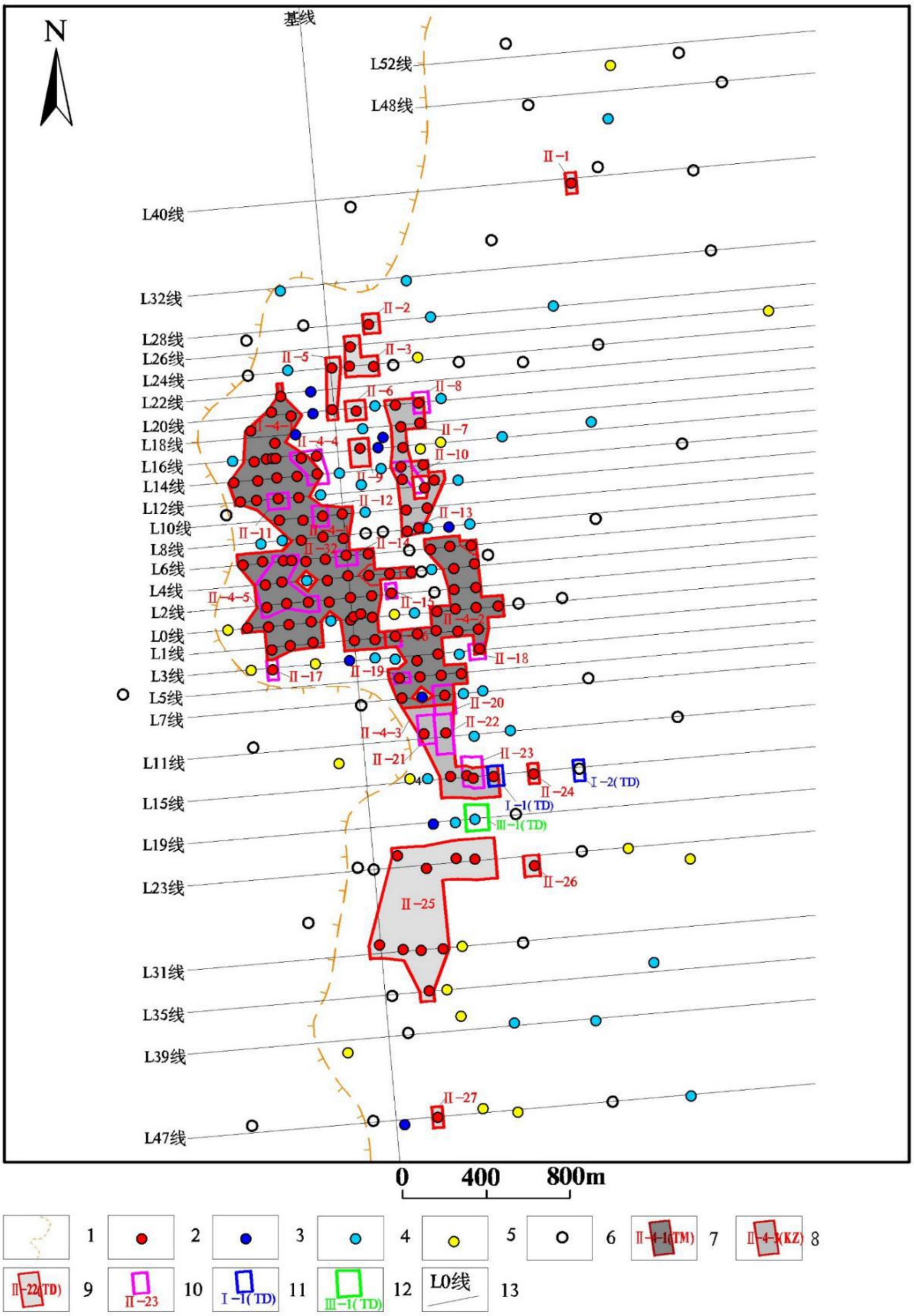
2）矿石组分特征

矿体岩性主要为姚家组下段中亚段灰色、浅灰色中砂岩、细砂岩，碎屑物成分以石英、长石（钾长石、斜长石）为主，平均含量分别为42%、37%，其次为岩屑，多为花岗质、流纹质、火山岩类，含量约为16%，重矿物一般小于1%。砂岩矿石主要成分为铝硅酸盐，母岩主要为中酸性侵入岩，矿石物质化学组分SiO_2含量平均值为76.77%，Al_2O_3含量平均值为10.88%，CaO含量平均值为1.10%，Fe_2O_3含量平均值为0.71%，FeO含量平

均值为 1.12%，有害组分 P_2O_5 含量较低，平均值为 0.097%。

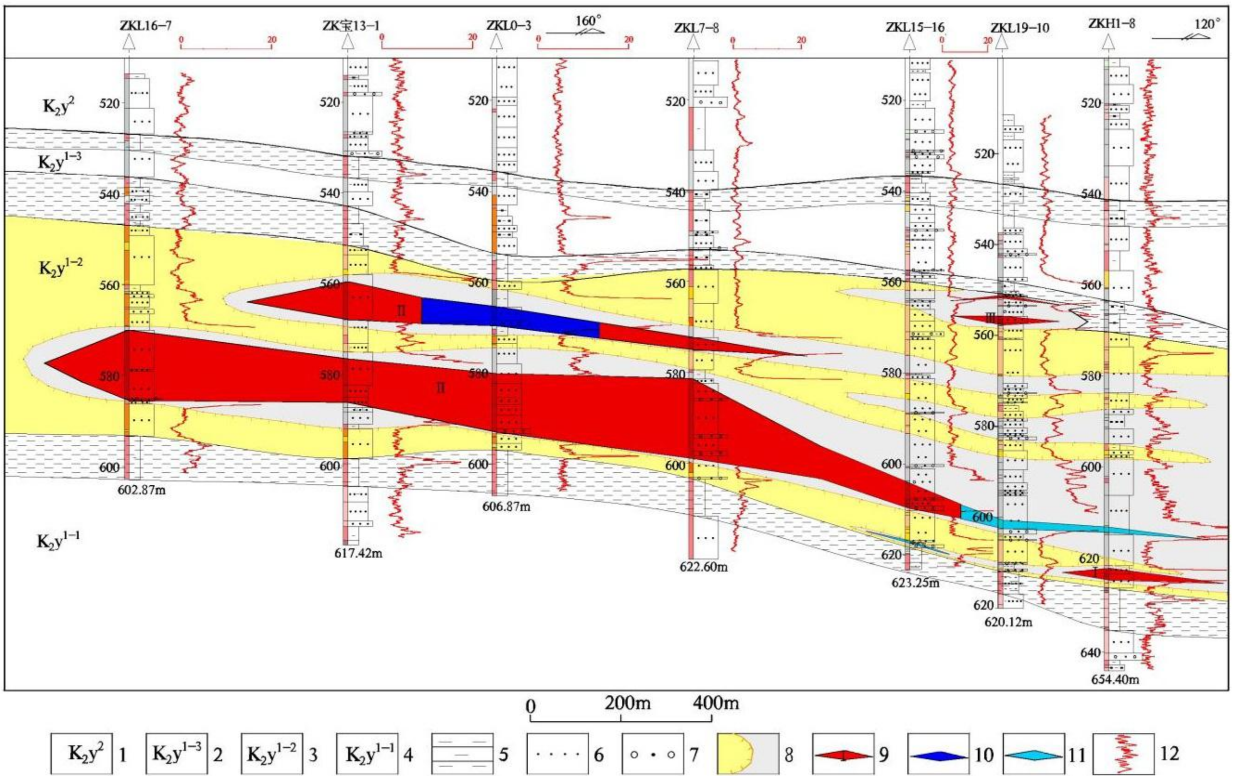
表 2.3-2 海力锦矿床矿石化学成分统计表

化学成分	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	MnO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O
含量	76.77	10.88	1.10	0.71	1.12	0.36	0.06	0.64	0.097	3.00	0.40



1-完全氧化带前锋线；2-铀工业矿孔；3-（1～1.5）kg/m²铀矿化孔；4-铀矿化孔；5-铀异常孔；6-无矿孔；7-Ⅱ号矿层探明级别矿体及编号；8-Ⅱ号矿层控制级别矿体及编号；9-Ⅱ号矿层推断级别矿体及编号；10-Ⅱ号矿层上翼矿体范围及编号；11-Ⅰ号矿层矿体范围及编号；12-Ⅲ号矿层矿体范围及编号；13-勘探线位置及编号。

图 2.3-2 海力锦矿床Ⅱ号矿层水平投影图



1-姚家组上段；2-姚家组下段上亚段；3-姚家组下段中亚段；4-姚家组下段下亚段；5-泥岩；6-砂岩；7-砂质砾岩；8-氧化带及过渡带；9-铀工业矿体及编号；10-高品位 铀矿化体；11-铀矿化体；12-伽玛测井曲线。

图 2.3-3 海力锦铀矿床 L16-7～H1-8 矿体剖面图

2.4 水文

2.4.1 地表水

科尔沁左翼中旗境内的主要河流有西辽河、新开河、乌力吉木仁河和清河，其中清河在四条河流中境内流水最短。西辽河在境内流长55km，多年平均径流量为3.275亿m³；新开河在境内流长240km，从本项目西南部经过，多年平均径流量为2.758亿m³；乌力吉木仁河在境内流长70km，多年平均径流量为1.98亿m³。

项目场址南部约6.6km有新开河自西向东径流，新开河在该段为季节性

河流，近年来河流长期处于干涸状态，只有雨季降水期才有水流。地表水系图见图2.4-1。

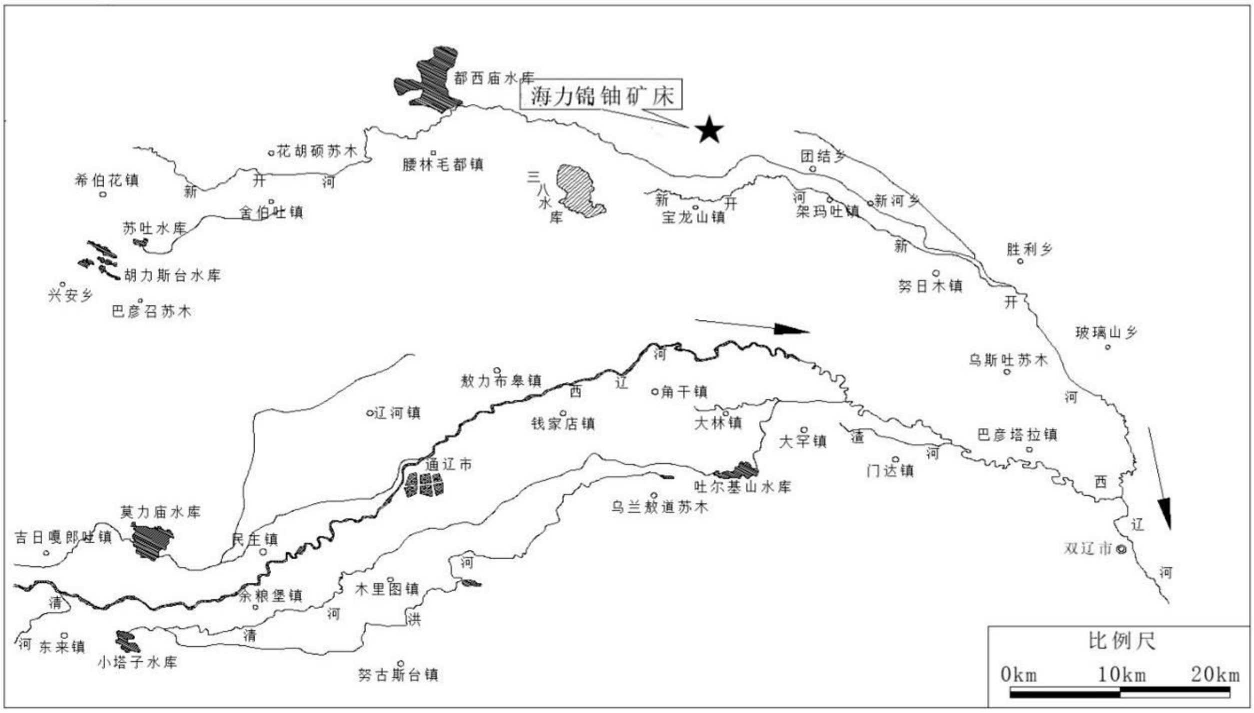


图2.4-1 项目周边地表水系图

2.4.2 地下水

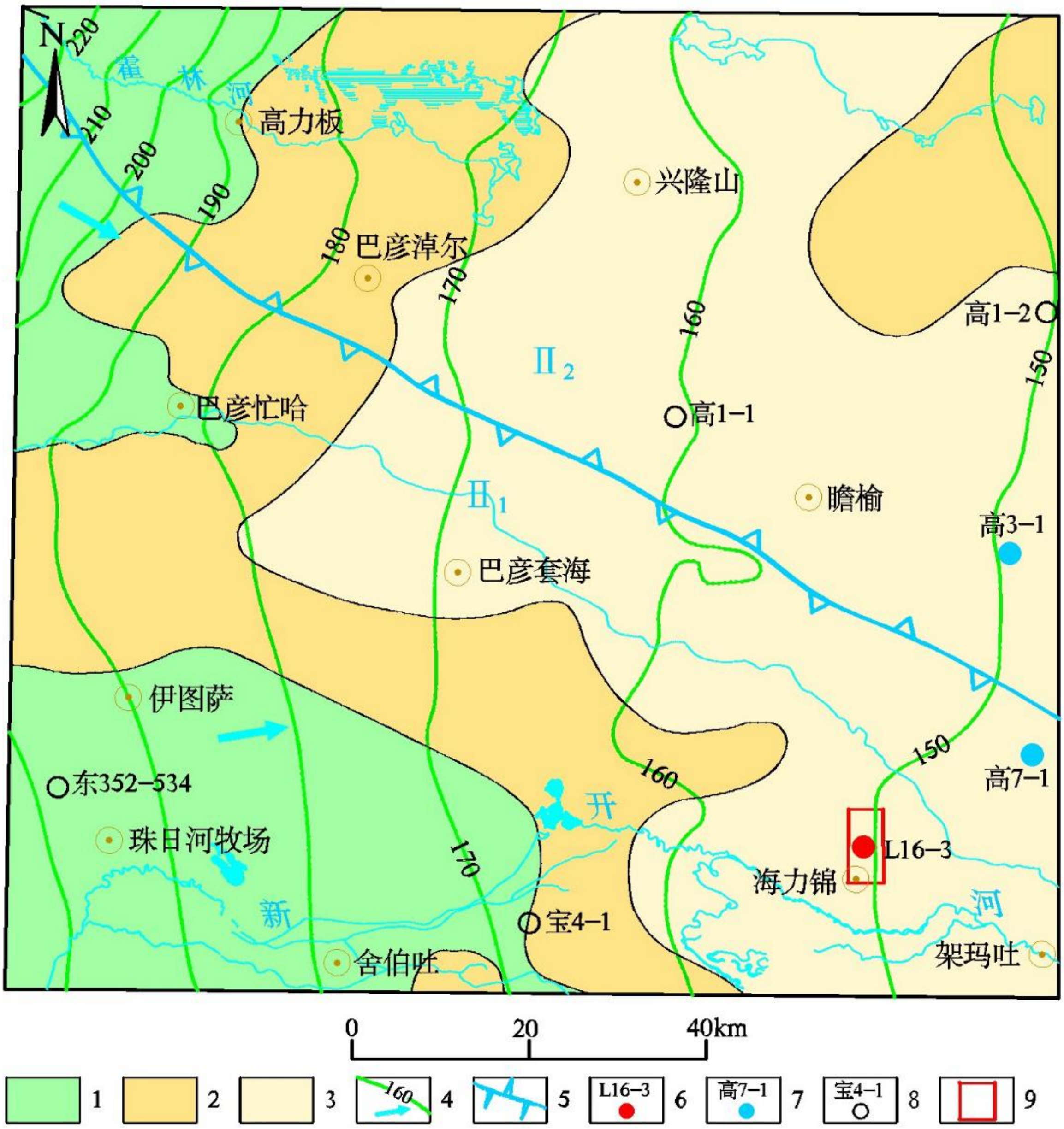
2.4.2.1 区域水文地质

矿区位于松辽盆地西南隆起区内，属辽河水文地质单元。松辽盆地为大型渗入型盆地，不同地区其地下水赋存与分布特征、地下水动力条件、水文地球化学特征各异。根据岩石岩性、地形地貌、构造、地下水赋存条件及水文地质特征，将松辽盆地分为盆地水文地质和山区水文地质两大单元，其中盆地水文地质单元由于松辽地下分水岭的存在，又划分为两个次一级水文地质单元，即北部的松嫩水文地质单元和南部的辽河水文地质单元。

区域地下水分为松散岩类孔隙潜水、碎屑岩类孔隙裂隙水和基岩裂隙水三大类型。区内含水岩组主要为第四系、新近系泰康组、上白垩统明水组、四方台组、姚家组、泉头组及基岩含水岩组；隔水层主要为上白垩统嫩江组、青山口组及下白垩系地层。

区内地下水具有相对完整的“补—径—排”条件，总体趋势由山前剥蚀区补给，沿渗透性砂体向盆地内部径流，地下水径流方向整体由南西向北东、由西向东，在盆地内部导水断裂处排泄。

区域水文地质见图 2.4-2。



1-富水性强（单井涌水量 10 m³/h ~ 30m³/h）；2-富水性中等（单井涌水量 5 m³/h ~ 10m³/h）；

2-3-富水性弱（单井涌水量 1 m³/h ~ 5m³/h）；4-地下水等水位线、数值（m）及流向；

3-5-地下水分水岭；6-铀工业矿孔位置及编号；7-铀矿化孔位置及编号；

4-8-无矿钻孔位置及编号；9-海力锦铀矿区域。

图 2.4-2 区域水文地质图

2.4.2.2矿床水文地质

1）地下水类型及特征

矿床地下水类型主要为松散岩类孔隙潜水和碎屑岩类孔隙裂隙承压水。区内含水层自上而下主要为第四系、上新统泰康组、上白垩统姚家组含水

层。含矿含水层为姚家组下段中亚段承压含水层。

（1）第四系潜水含水层

第四系潜水含水层分布广泛，厚度由南西向北东逐渐变薄。第四系含水层自上而下分别为全新统、上更新统顾乡屯组、中更新统大青沟组和下更新统白土山组。第四系含水层厚（62～129）m，水位埋深（8.36~9.01）m。地下水富水性弱，单井涌水量为（1～5）m^3/h。第四系潜水含水层渗透系数为（1.66~2.014）m/d，区域水力梯度约 0.31‰，有效孔隙度一般为 0.11~0.37，地下水径流方向整体由南西向北东。地下水矿化度为（0.352~1.575）g/L，水化学类型为 HCO_3–Ca 型。水中铀含量一般（4.62×10^{-6}～9.72×10^{-6}）g/L。

（2）上新统泰康组含水层

上新统泰康组含水层与上覆第四系为不整合接触，二者之间无稳定隔水层，水力联系较为密切，为潜水含水层。下伏地层为上白垩统四方台组区域隔水层。泰康组含水层顶板埋深（60～120）m，厚度（50～170）m，岩性以灰色松散中砂、粗砂、砾石为主，砂体孔隙发育，渗透性好，渗透系数约 2m/d，富水性强。

（3）上白垩统姚家组含水层

姚家组含水层地下水为承压水，上覆地层为嫩江组隔水层，下伏地层为变质岩或花岗岩基底隔水层。姚家组含水层可分为上、下两段，其中姚家组上段厚（70～90）m，岩性以泥岩、泥质粉砂岩与细砂岩互层沉积，该段为曲流河相沉积为主，砂岩中泥质及粉砂质含量较高，砂体连通性差，渗透性差-中等。姚家组下段可分为上、中、下三个亚段，每一亚段顶部均见有厚度（1～20）m 不等的洪泛平原沉积的泥岩隔水层。

姚家组下段中亚段为含矿含水层，具体特征详见“含矿含水层特征”章节。

2）含矿含水层特征

矿床含矿含水层为姚家组下段中亚段承压含水层，以砂质辫状河相沉积为主。含矿含水层等水位线见图 2.4-3，水文地质剖面图见图 2.4-4。

（1）岩性特征

含矿含水层岩性以灰色、褐黄色、砖红色中砂岩为主，细砂岩次之，少量泥岩、泥质粉砂岩及砂质砾岩呈薄层状分布。砂岩岩屑成分以石英、长石为主，岩屑次之，碎屑物呈次棱角-次圆状，分选性好-中等。

（2）厚度及埋深特征

含矿含水层底板标高介于（-430～-365）m，埋深（575～640）m，呈单斜展布，由北西向南东逐渐变深。含矿含水层厚度为（30～75）m，平面上北西、南东薄。铀矿体主要产于姚家组下段中亚段含矿含水层中下部，受下氧化砂体控制较为显著，存在于中部薄层氧化及底部氧化之间的灰色砂体中。

（3）水文地质参数

含矿含水层地下水承压性强、静止水位埋深小，承压水头为（566.60～595.17）m，承压水水位埋深为（-1.47～-6.60）m（均为自流井），自流量为（2.33~5.78）m^3/d，水位标高为（160～162）m；含矿含水层渗透系数（0.08～0.26）m/d，导水系数（1.90～2.56）m^2/d。

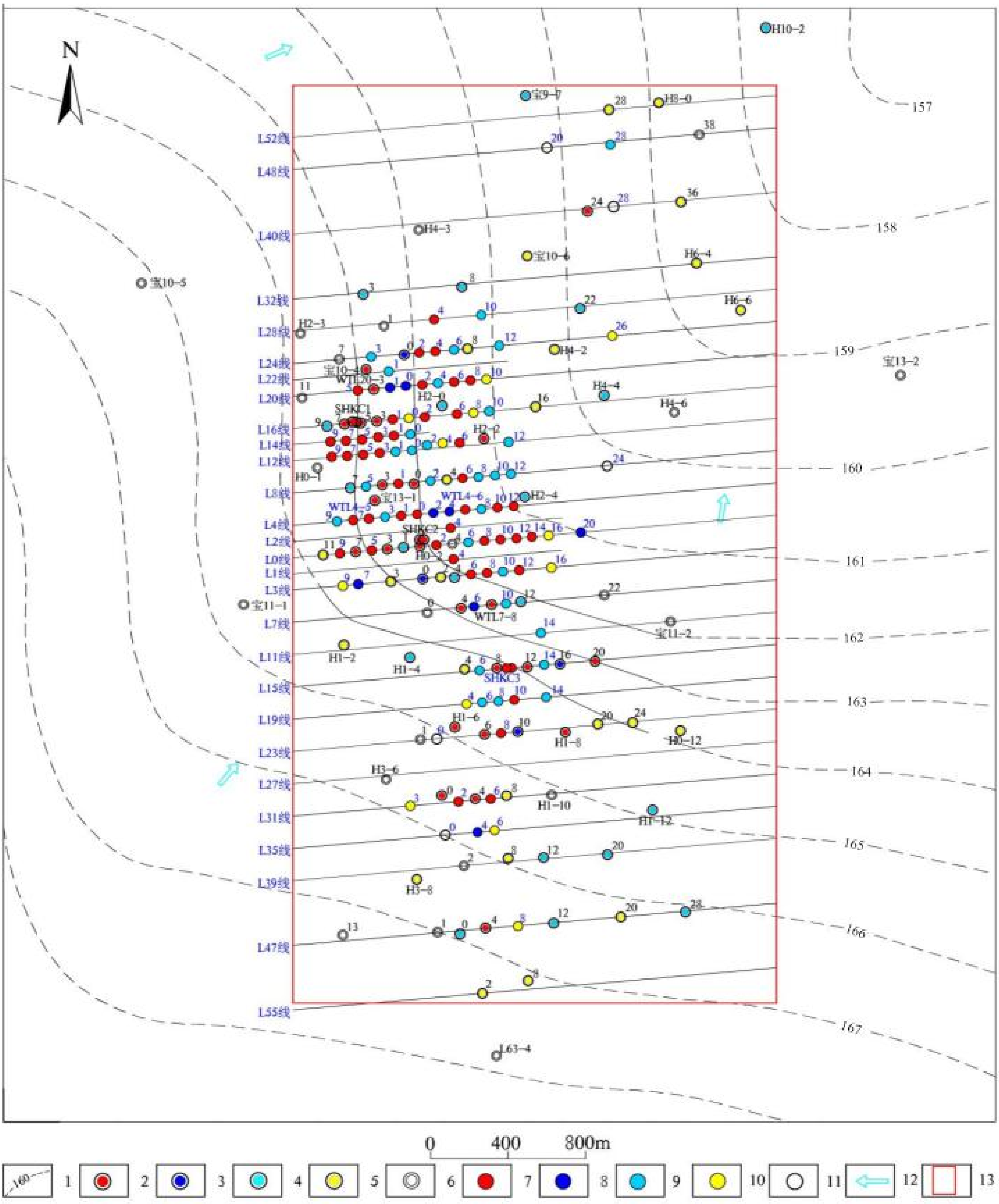
（4）补径排特征

含矿含水层为承压含水层，具有稳定隔水顶、底板，使之与上、下含水层之间无水力联系，因此无越流补给或排泄，也难以接受大气降水补给。地

下水流向整体为自西南向东北，接受南西部边界邻区侧向径流补给，向北东方向顺层径流，最后由北东部边界以侧向径流的方式排出区外。

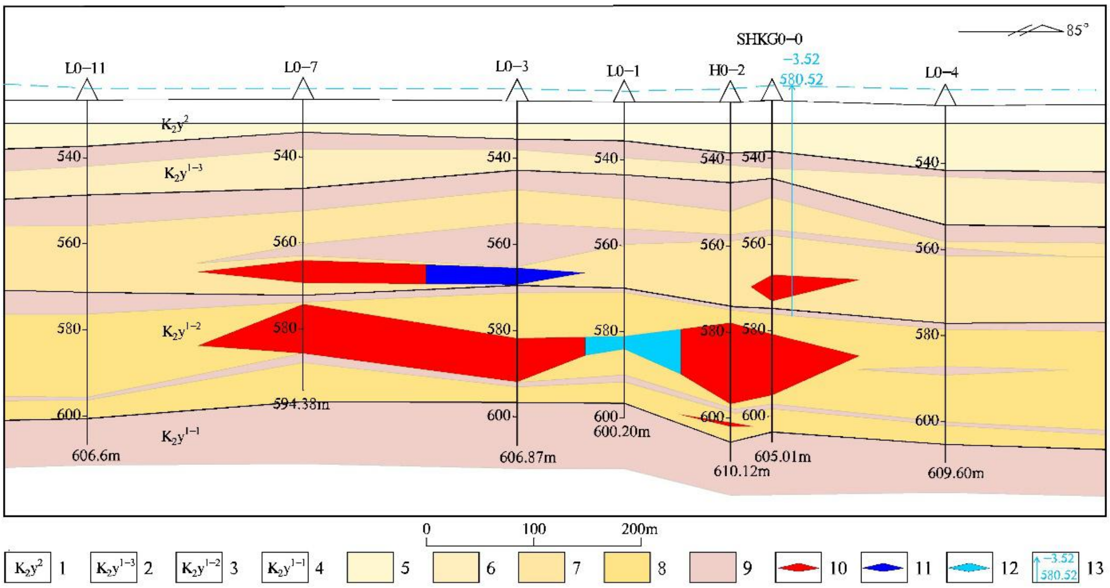
（5）水化学特征

含矿含水层地下水 pH 为 8.12~9.20，呈弱碱性，属微咸水。矿化度整体较高，为（5.68 ~ 9.49）g/L。地下水类型为 HCO_3-Na 型水，阴离子以 HCO_3^- 为主，阳离子以 Na^+ 为主；Fe^{2+}/Fe^{3+} 比值一般介于 1.2 ~ 4.5 之间，说明承压水处于较强的还原环境。水中氡浓度为（910 ~ 2083）Bq/L，水中铀含量为（0.284 ~ 1.100）mg/L。



1-含矿含水层等水位及数值（m）；2-2024 年以往铀工业孔；3-以往高平米铀量铀矿化孔；4-以往铀矿化孔；5-以往异常孔；6-以往无矿孔；7-铀工业孔；8-高平米铀量铀矿化孔；9-铀矿化孔；10-铀异常孔；11-无矿孔；12-地下水流向；13-海力锦铀矿区范围。

图 2.4-3 含矿含水层等水位线图



1-姚家组上段；2-姚家组下段上亚段；3-姚家组下段中亚段；4-姚家组下段下亚段；5-姚家组上段含水层；6-姚家组下段上亚段含水层；7-姚家组下段中亚段含水层；8-姚家组下段下亚段含水层；9-隔水层；10-工业铀矿体；11-高品位铀矿化体；12-铀矿化体；13-承压水水位埋深及水头高度。

图 2.4-4 含矿含水层 L0 线水文地质剖面图

3）含矿含水层顶、底板特征

（1）隔水顶板

含矿含水层隔水顶板由中亚段含水层顶部洪泛平原沉积的紫红色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及泥质细砂岩组成。隔水顶板埋深（545～590）m，标高（-435～-370）m，厚度一般为（1.25～11.25）m。通过岩心编录，顶板隔水层岩芯呈长柱状，岩性完整，裂隙、孔洞不发育，隔水性能良好。

（2）隔水底板

含矿含水层隔水底板由下亚段含水层顶部洪泛平原沉积的紫红色泥岩、粉砂质泥岩及泥质粉砂岩组成，隔水底板埋深（575～640）m。区内仅部分钻孔揭穿该隔水层，揭露厚度一般（2～15）m。该层岩石致密、坚硬，区域内分布稳定，隔水性能良好。

2.5 气候与气象

2.5.1 区域气候特征

本项目区域地处中温带大陆性季风气候区，四季分明。春季回暖快，风沙大且干燥，降水量少；夏季炎热，雨量集中，雨热同步；秋季雨少降温

快；冬季干冷且漫长。根据通辽市多年气象统计数据，当地年平均气温7.6℃，极端最高气温为38.9℃，极端最低气温-31.6℃。年日照时数（2238~3062）h，年平均日照总数2770h。5~10月以南风为主，11~4月以西北风为主，年平均风速3.4m/s，平均年降水量327mm，年平均蒸发量约为1814mm。

2.5.2 气象数据统计

本次评价的地面气象数据采用距离本项目最近的通辽气象站2024年逐时气象数据，该站站点编号54135，地理坐标为东经122.267°，北纬43.6°，与项目距离约41km，地形和气象特征与矿区基本一致。地面气象参数为逐时数据，包括观测时间、风向、风速和温度等。

本次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122.13°，北纬43.58°，与本项目距离约50km。高空气象要素包括日期、气压、高度、干球温度、露点温度、风向和风速等，模拟时间段为每日8时、20时两次。评价采用的云量数据也通过尺度气象模拟软件WRF-ARW模拟得到，其利用不同层位高度的全球气象实测值作为初始场并进行数据同化，提取本项目点位对应的逐时云量数据。

评价区所在地区全年温度、风速月平均变化情况见表2.5-1和图2.5-1，全年各风向风频见表2.5-2，各季和全年风向玫瑰图见图2.5-2。

表2.5-1 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（℃）	-11.7	-7.8	0.7	11.7	17.5	23.2
风速（m/s）	3.4	3.6	4.0	4.3	4.7	3.8
月份	7月	8月	9月	10月	11月	12月
温度（℃）	24.5	23.8	17.1	9.3	1.3	-7.6
风速（m/s）	2.9	2.5	3.1	3.7	3.6	4.1

表2.5-2 全年各风向风频

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率（%）	4.6	3.7	2.6	1.6	1.6	2.2	3.6	5.8	14.1
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	/
频率（%）	9.2	5.7	6.1	7.4	11.0	10.4	6.8	3.6	/

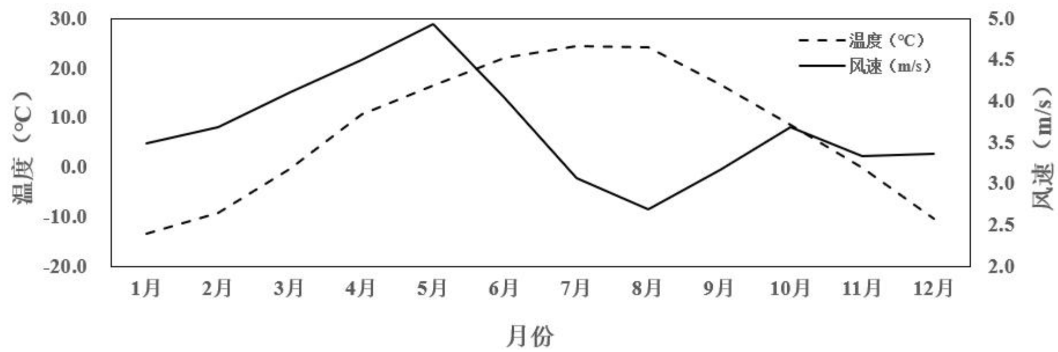


图 2.5-1 温度、风速月变化曲线

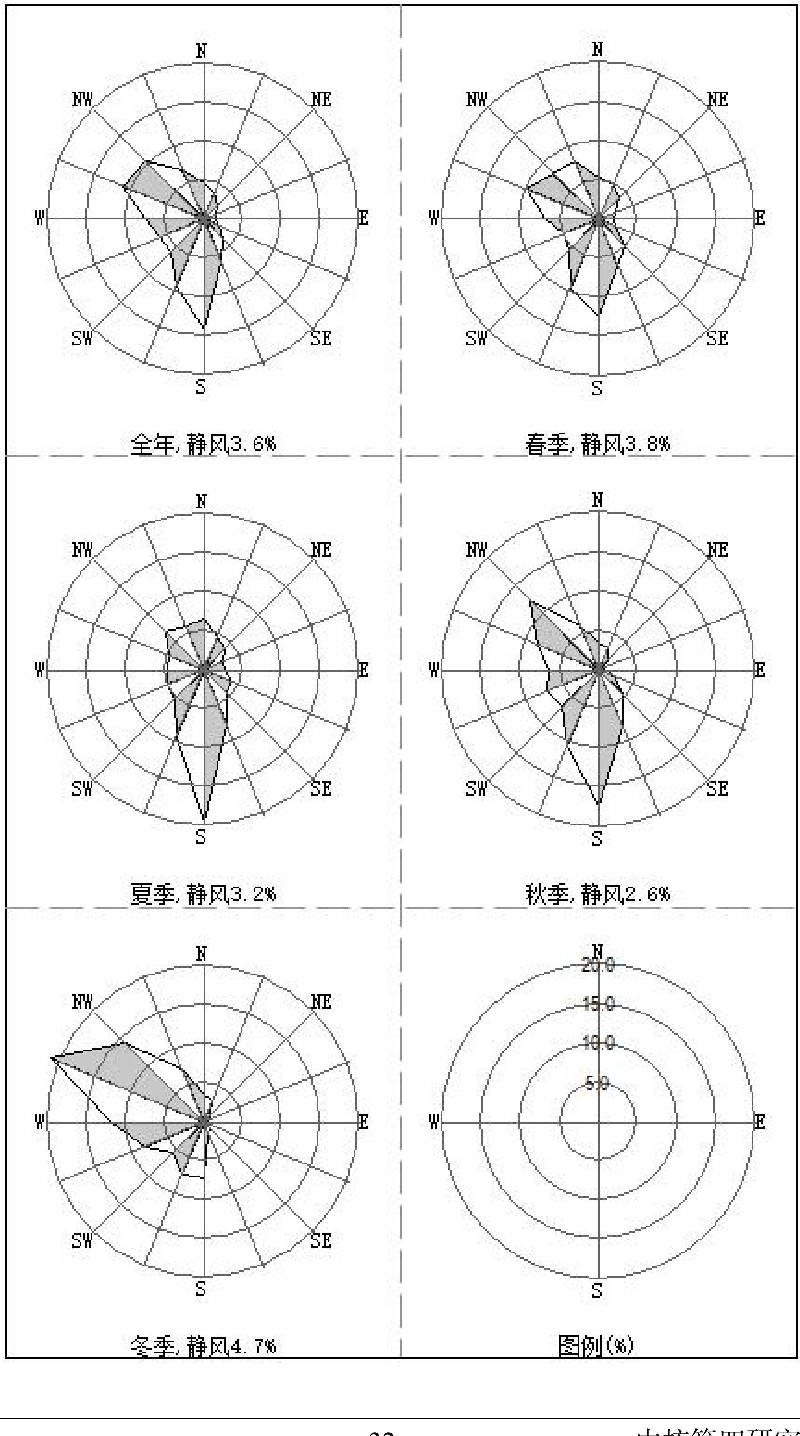


图 2.5-2 全年和各季风向玫瑰图

2.6 土地和水体利用

2.6.1 土地利用

科尔沁左翼中旗总土地面积 9572km²，其中耕地面积 2938.55km²，牧草地面积为 2391.93km²，林业用地面积为 2213.22km²，分布在全旗各地；居民点及工矿用地面积为 350.12km²，水域面积为 257.98km²，交通用地面积为 146.79km²。

本项目周边 5km 范围内土地利用类型主要有耕地、林地、草地和交通运输用地等。本项目水冶厂、蒸发池、集控室等地表设施占地均为林地，厂外道路占地类型为交通运输用地和林地，均不占用永久基本农田。部分钻井占地涉及永久基本农田，主要经济作物为玉米，占地性质为施工期的临时占地。本项目占地情况见表 2.6-1 和图 2.6-1。

表 5.2-3 本项目占地统计表

序号	用地名称	占地面积 m²	占地百分比，%	占地类型
1	井场钻井	889	1.06%	耕地、林地
2	水冶厂	35600	42.64%	林地
3	蒸发池	43500	52.10%	林地
4	道路	3500	4.19%	交通运输用地、林地
总计		83489	100%	/

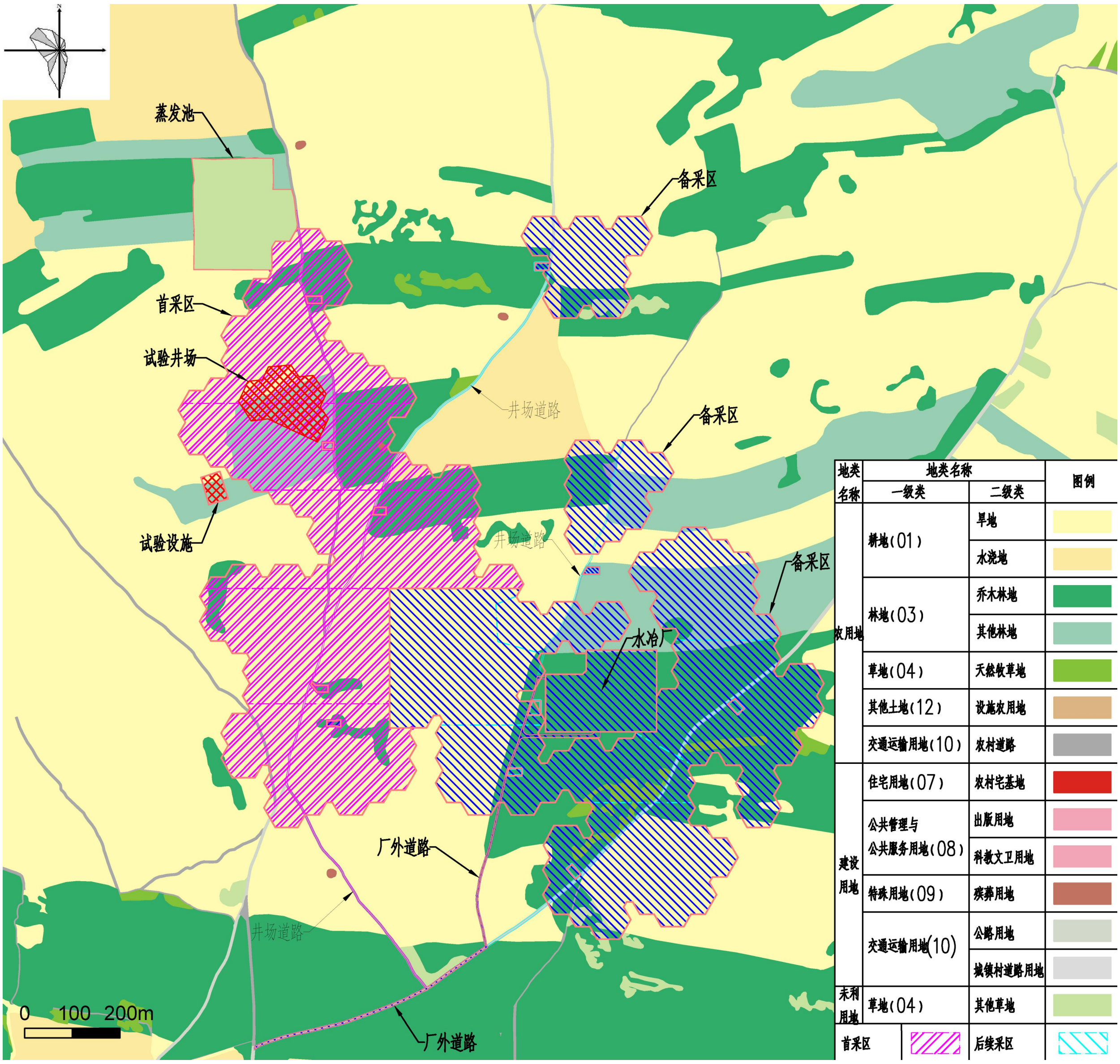


图 2.6-1 土地利用类型现状图

2.6.2 水体利用

科尔沁左翼中旗地表水可供水量为 0.848 亿 m^3，以西辽河、新开河和乌力吉木仁河为主。西辽河在境内流长 55km，年平均径流量为 3.275 亿 m^3，农牧业可利用水量为 0.543 亿 m^3；新开河在境内流长 240km，多年平均径流量为 2.758 亿 m^3，农牧业可利用的水量为 0.96 亿 m^3；乌力吉木仁河在境内流长 70km，多年平均径流量为 1.98 亿 m^3，引洪淤灌可利用水量为 0.39 亿 m^3。此外，科尔沁左翼中旗还建有五座中型水库，如三八水库、都西庙水库等，实际库容量为 1.63 亿 m^3。科尔沁左翼中旗地下水资源量为 70491.1 万 m^3，地下水可开采量为 56001.17 万 m^3，全旗的地下水分布不均匀，中西部

多而东北部少，单井出水量为（20~100）m^3/h。

本项目周边无集中式饮用水源地及集中式工农业生产用水，居民生活用水为自来水和井水，其中水井位于项目周边刘家、大海力锦嘎查等居民家内，取水层位为孔隙潜水。

2.7 生态和资源开发利用

2.7.1 生态环境状况

科尔沁左翼中旗处于森林和草原的过渡地带，原始景观为榆树疏林草原，植被类型以草原植被为主，森林植被次之。其中，天然乔灌木有榆、蒙古栎、黑桦、山杏等；天然草本植物有 112 科、446 属、1169 种，主要有羊草、针茅、隐子草、野古草、碱草等；科尔沁左翼中旗野生动物资源相对丰富，有野兽 11 科、野禽 8 目、鱼类 10 亚科以及昆虫 112 目、317 种。其中野兽主要有狐狸、草原黄鼠、田鼠等鼠类、蒙古兔、黄羊等，野禽主要有啄木鸟、百灵、云雀、家燕、大天鹅、小天鹅、大山雀等，鱼类主要有鲫鱼、鲤鱼、青鱼、马口鱼等。

本项目评价范围内多为一般野生动植物，动物主要有田鼠、蒙古兔、啄木鸟、云雀等，植物主要有羊草、针茅、榆木、蒙古栎等，无珍稀濒危野生动植物。

2.7.2 资源开发利用状况

科尔沁左翼中旗主要矿产资源有矽砂、土碱、煤、片石、粘土等。矽砂主要分布在门达镇一带，现已初步探明矿藏量约 5000 万 t 左右。土碱主要伏积在珠日河牧场、巴彦塔拉、门达等地区的沼泽地中。煤主要分布在宝龙山至架玛吐一带，储藏量在 1.5 亿 t 左右。片石主要分布在额伦索克苏木境内，总储量约 250 万 m^2；粘土主要分布在保康、胜利、宝龙山等地；科尔沁左翼中旗属风能资源较丰富区，风能储量大、资源稳定性高、连续性好、风向单一、无破坏性台风和飓风，具有较好的开发价值。

2.7.3 生态敏感区

本项目占地面积不涉及生态红线，也不涉及各类生态敏感区。本项目周边的生态敏感区包括海力锦湿地自然保护区和科尔沁左翼中旗佳木斯天然榆

树小杏林自然保护区，具体情况如下：

1）海力锦湿地自然保护区

海力锦湿地自然保护区位于本项目 N~E 方向，距离保护区边界约 4.8km。海力锦湿地自然保护区为旗级自然保护区，位于内蒙古自治区通辽市科尔沁左翼中旗宝龙山镇和代力吉镇境内，地理坐标为东经 122°42′29″~122°53′55″，北纬 44°07′38″~44°15′53″。保护区总面积为 13461.42hm，核心区面积 3585hm，占比 27%；缓冲区面积 3545.25hm，占比 26%；实验区面积 6331.17hm，占比 47%。海力锦湿地自然保护区属于“自然生态系统”中的“湿地生态系统类型”的自然保护区，其内主要为湿地草原的植物类型，保护对象为湿地及草原。

2）科尔沁左翼中旗佳木斯天然榆树小杏林自然保护区

科尔沁左翼中旗佳木斯天然榆树小杏林自然保护区位于本项目 W~NNW 方向，距离保护区边界约 4.6km。佳木斯天然榆树小杏林自然保护区为旗级自然保护区，位于内蒙古自治区通辽市科尔沁左翼中旗宝龙山镇境内，地理坐标为东经 122°27′38″~122°35′46″，北纬 44°11′22″~44°14′55″。保护区总面积为 3336.88hm，核心区面积 813.06hm，占比 24%；缓冲区面积 900.91hm，占比 27%；实验区面积 1622.90hm，占比 49%。佳木斯天然榆树小杏林自然保护区属于“自然生态系统类”中的“森林生态系统类型”自然保护区，其内主要为树林、草原的植物类型，保护对象为天然榆树。

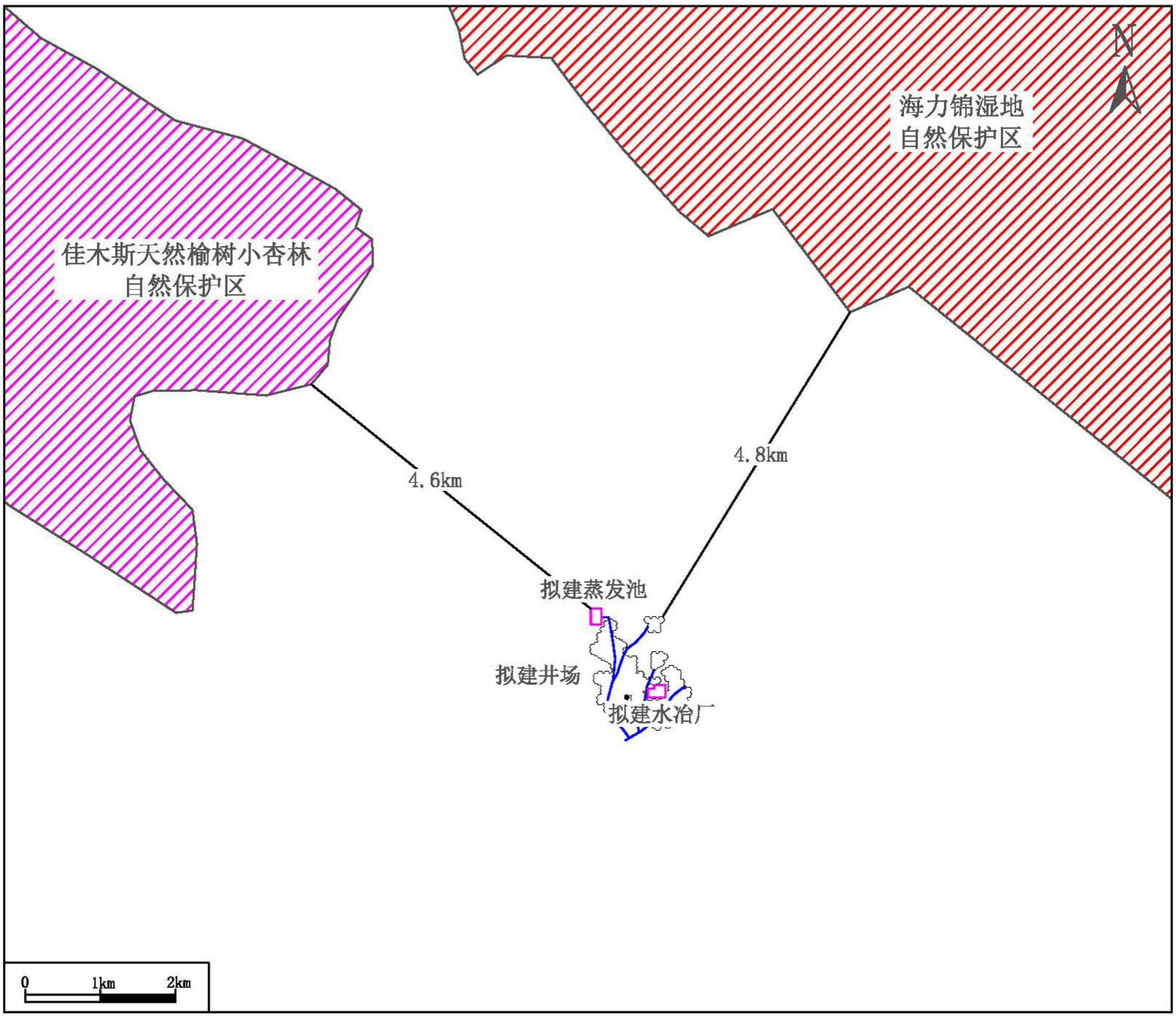


图 2.7-1 本项目周边自然保护区分布图

2.8 产业政策与生态环境分区管控符合性

2.8.1 产业政策符合性分析

本项目属于铀矿采冶项目，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号），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”，符合我国现行产业政策。

2.8.2 生态环境分区管控符合性分析

2.8.2.1 与所属生态环境分区管控单元符合性分析

2021 年 10 月 31 日，通辽市人民政府发布了《通辽市人民政府关于通辽

市“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（通政字〔2021〕86 号），对“三线一单”（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）实施生态环境分区管控。2024 年 11 月 15 日，通辽市生态环境保护委员会办公室发布了《通辽市生态环境分区管控成果动态更新情况说明》和《通辽市生态环境准入清单更新情况说明》，对生态环境分区管控的成果进行了动态更新。

经“内蒙古自治区生态环境分区管控公众端应用平台”查询，本项目涉及的环境管控单元类别有“科尔沁左翼中旗防风固沙生态功能重要区域”和“科尔沁左翼中旗一般管控区”，管控单元编码分别为 ZH15052110002 和 ZH15052130001，分别属于优先保护单元和一般保护单元。本项目所在区域环境管控单元图见图 2.8-1，具体管控要求及本项目相符性分析见表 2.8-1。

图 2.8-1 项目所在区域环境管控单元图

表 2.8-1 本项目与所属管控单元符合性分析

单元	管控要求		项目情况	相符性
科尔沁左翼中旗防风固沙生态功能重要区域	空间布局约束	降低防风固沙生态功能区的农牧业开发强度；禁止过度开垦、不适当樵采和超载过牧，防治草场退化沙化；转变畜牧业生产方式，严格落实禁牧、休牧、轮牧和草畜平衡制度；推行舍饲圈养，以草定畜，严格控制载畜量。加大退耕还林、退牧还草力度，恢复草原植被。加强对内陆河流的规划和管理，保护沙区湿地，禁止发展高耗水工业。对主要沙尘源区、沙尘暴频发区实行封禁管理； 已有的风电光伏新能源项目按照法律法规规定进行管理、运行和维护，未经批准严禁擅自扩大规模；获得核准的风电光伏新能源项目在不影响主导生态功能的前提下，可严格按照主管部门批复的项目选址和规模等进行建设，并在建设工程结束后对造成影响的区域进行生态修复。	本项目不涉及农牧业、畜牧业开发，不属于风电光伏新能源项目。 本项目运行过程中产生的吸附尾液大部分回用配置浸出剂，废水重复利用率高，不属于高耗水工业。本项目在施工结束后对临时占地区域进行植被恢复，不会造成草场退化沙化。	符合
	污染物排放管控	/	/	未作要求
	环境风险管控	/	/	未作要求
	资源利用效率要求	/	/	未作要求
科尔沁左翼中旗一	空间布局约束	永久基本农田一经划定，任何单位和个人不得擅自占用或改变用途。禁止任何单位	本项目部分钻井施工涉及永久基本农田，占地为施工期临时占地，施工前会根	符合

般管控区		和个人破坏永久基本农田耕作层。禁止将重金属或者其他有毒有害物质含量超标的工业固体废物、生活垃圾或者污染土壤用于土地复垦。在永久基本农田集中区域，不得新建可能造成土壤污染的建设项目；已经建成的，应当限期关闭拆除。对永久基本农田实行严格保护，确保其面积不减少、土壤环境质量不下降，除法律规定的重点建设项目选址确实无法避让外，其他任何建设不得占用。	据国家相关要求开展临时占地审批手续，施工结束后进行复垦，恢复永久基本农田功能，不会造成土壤污染和土壤环境质量下降，也不会改变土地用途。 本项目钻井泥浆最终掩埋恢复植被；废机油和废机油桶定期交由具备危险废物处置资质单位处置；浸出液处理残渣、洗井废渣、废旧设备及零配件暂存于固体废物库；生活垃圾收集后外运处理。因此，本项目工业固体废物和生活垃圾均未用于土地复垦。	
	污染物排放管控	/	/	未作要求
	环境风险管控	/	/	未作要求
	资源利用效率要求	提高农业用水水平，井灌区配套低压管道输水等措施，大力推广以浅埋滴灌为主、喷灌为辅的节水设备和技术，引进培育优良作物品种、合理调整作物种植结构等农业措施。	本项目为非农业项目，不涉及农业灌溉；本项目为地浸采铀项目，运行过程中大部分吸附尾液返回井场回用，可满足资源利用效率要求。	符合

2.8.2.2生态保护红线符合性分析

经建设单位与科尔沁左翼中旗自然资源局核实，本项目矿区范围未在生态保护红线内（见附件2）。此外，本项目占地范围内不涉及自然保护区、风景名胜区、国家级森林公园、地质公园、湿地公园、饮用水源保护区等特别保护的区域，满足生态保护红线控制要求。

2.8.2.3资源利用上线符合性分析

本项目建设运行过程中，主要资源消耗有水、土地、能源（电能）。本项目占地面积较少，占用土地资源较少；本项目不涉及使用高耗电设备，附近哈日干吐66kV变电站可满足本项目负荷要求；本项目设置独立水源和供水设施，可满足本项目生产生活用水需求。因此，本项目水、土地、能源（电能）使用符合资源配置要求，总体符合资源利用上线的要求。

2.8.2.4环境质量底线符合性分析

根据《2024年内蒙古自治区生态环境状况公报》，通辽市2024年SO_2、NO_2、$PM_{2.5}$和PM_{10}年均浓度、CO第95百分位数日均浓度，O_3第90百分数日最大8h平均浓度均小于《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的过渡阶段二级标准要求，为空气达标区。

本项目施工期、运行期废气均达标排放；废水不外排，不会对周边水环境产生影响；固体废物得到合理处理处置；噪声经采用低噪声设备、合理安排作业时间等措施后影响较小。总体而言，本项目“三废”排放对周围环境影响较小，运行后不会出现环境质量降级。因此，本项目的建设符合环境质量底线要求。

2.8.2.5负面清单符合性分析

本项目位于内蒙古自治区通辽市科尔沁左翼中旗，未被列入《内蒙古自治区国家重点生态功能区产业准入负面清单（试行）》（内政发﹝2018﹞11号文）中规定“通辽市国家重点生态功能区产业准入负面清单”中的限制类和禁止类，符合负面清单控制要求。

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，满足所在环境管控单元的要求。

2.9 社会环境

2.9.1 社会经济

根据《科尔沁左翼中旗 2024 年国民经济和社会发展统计公报》，2024 年科尔沁左翼中旗完成地区生产总值 160.25 亿元，同比增长 3.2%。其中，第一产业完成 80.13 亿元，同比增长 6.5%；第二产业完成 19.16 亿元，增长 1.4%；第三产业完成 60.97 亿元，增长 1.3 %。第一、第二、第三次产业增加值比重为 50.00：11.95：38.05。

2.9.2 人口分布

根据《科尔沁左翼中旗 2024 年国民经济和社会发展统计公报》，2024 年年末，科尔沁左翼中旗人口为 511611 人。

根据 2025 年实地调查，评价中心半径 5km 范围内总人口为 5032 人。根据科尔沁左翼中旗第七次人口普查数据，项目周边年龄组比例分别为：婴儿组（≤1 岁）1.3%，幼儿组（1-7 岁）5.2%，少年组（7-17 岁）10.2%，成人组（>17 岁）83.3%。评价中心 5km 范围内居民点情况见图 2.9-1 和表 2.9-1。

评价中心半径 20km 范围涉及宝龙山镇、代力吉镇、架玛吐镇、白兴吐苏木镇和腰林毛都镇，根据 2025 年实地调查，总人口约为 60760 人，20km 范围评价子区划分见图 2.9-2。根据《科尔沁左翼中旗国民经济和社会发展统计公报》，科尔沁左翼中旗 2020 年~2024 年人口自然增长率见表 2.9-2，保守考虑，人口自然增长率取最大值 1.5‰。本项目评价生产期代表年份选定为 2029 年（即生产期第一年），人口预测以 2025 年人口数为基础，利用马尔萨斯人口计算模型：

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

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）。

表 2.9-1 评价中心 5km 范围内居民点

序号	居民点	方位	距离（km）	人口（人）
1	努日木嘎查	N	4.8	202
2	小额伦索克嘎查	NNE	4.7	451
3	刘家	ENE	0.6	4
4	后宝德勒嘎查	SSE	3.5	363
5	宝德勒嘎查	SSE	4.5	1127
6	东海力锦嘎查	S	1.4	988
7	大海力锦嘎查	SSW	1.2	701
8	西海力锦嘎查	WSW	1.7	563
9	包楞海力锦嘎查	W	4.4	633
合计	5032			

表 2.9-2 人口自然增长率（2020~2024 年）

年份	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
人口自然增长率（‰）	1.5	-0.9	1.5	0.8	1.2

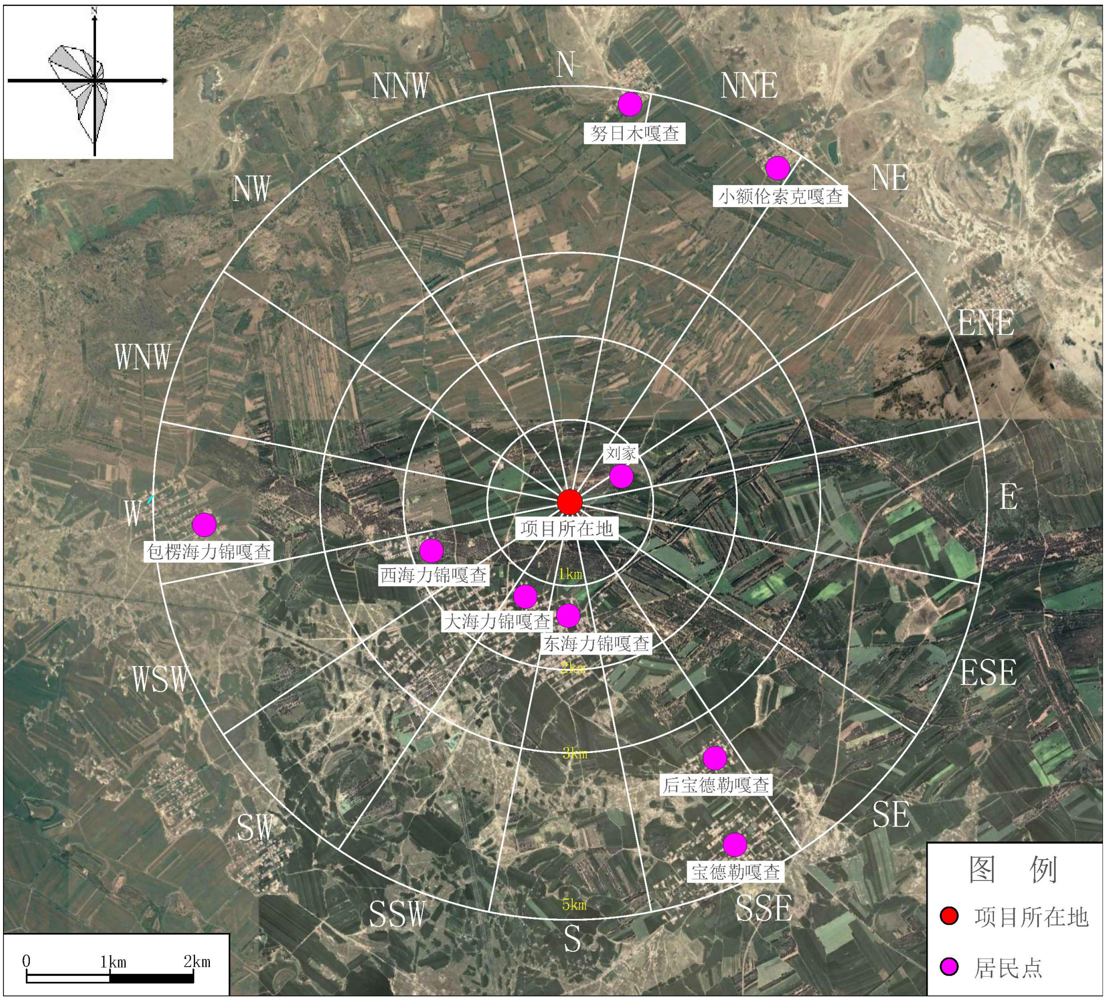


图 2.9-1 评价中心 5km 范围内居民点分布图

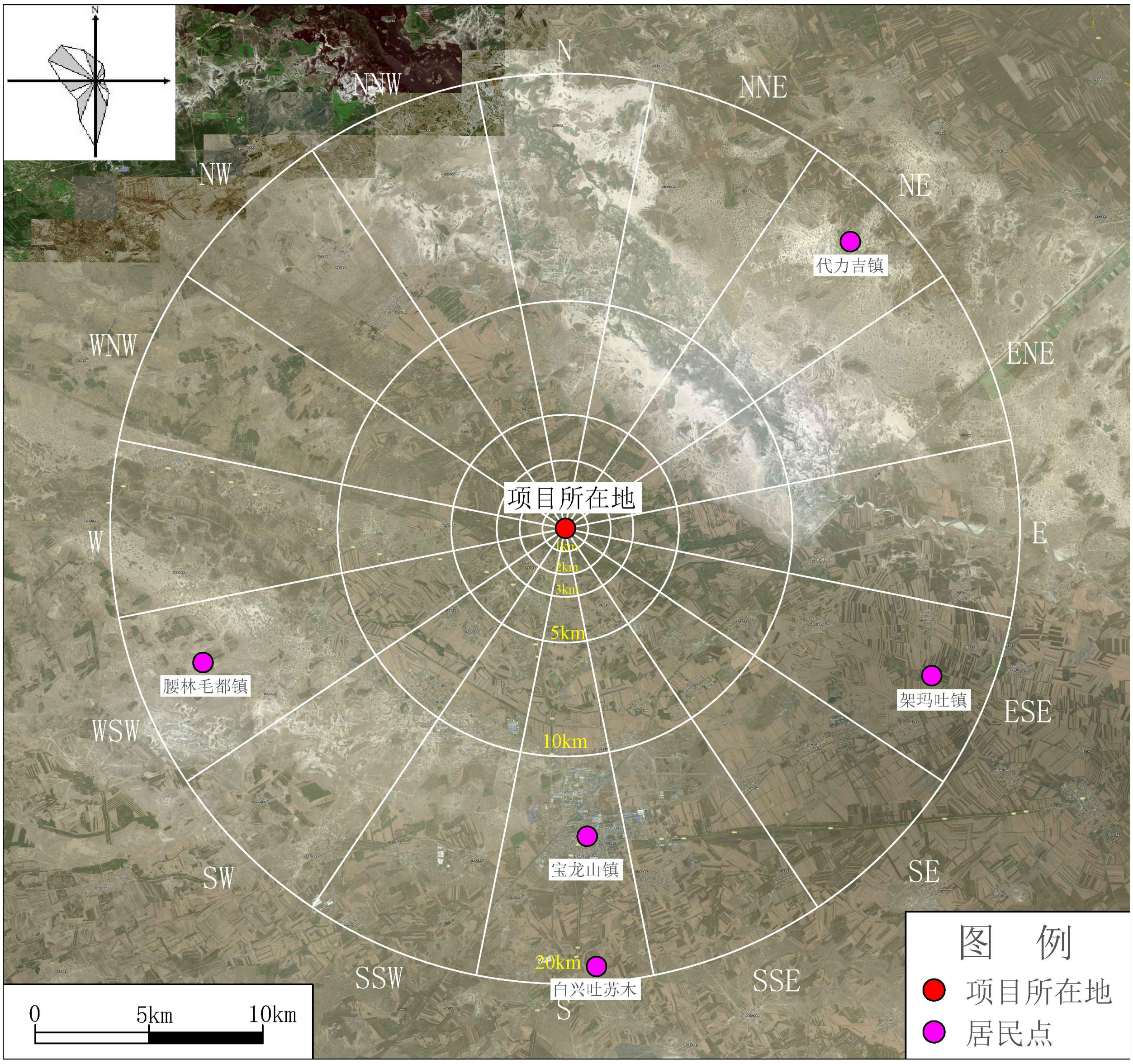


图 2.9-2 评价中心 20km 范围内居民点分布图

表 2.9-3 评价中心 20km 范围内各子区人口（2025 年）

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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	13	9	0	7	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	51	36	0	29	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	101	72	0	57	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	823	584	0	470	0	0	0	0
2~3km	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
3~5km	婴儿	3	6	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	8	0	0	0
	幼儿	11	23	0	0	0	0	0	77	0	0	0	0	33	0	0	0
	少年	21	46	0	0	0	0	0	152	0	0	0	0	65	0	0	0
	成人	167	376	0	0	0	0	0	1242	0	0	0	0	527	0	0	0
5~10km	婴儿	11	5	5	11	0	7	14	19	7	5	32	16	27	11	11	16
	幼儿	43	21	21	43	0	30	55	77	30	21	128	64	106	43	43	64
	少年	83	42	42	83	0	58	108	150	58	42	250	125	209	83	83	125
	成人	681	341	341	681	0	477	886	1226	477	341	2044	1022	1703	681	681	1022
10~20km	婴儿	22	15	22	8	24	48	32	43	101	43	20	27	34	32	32	27
	幼儿	87	58	87	32	96	192	128	170	404	170	81	108	135	128	128	106
	少年	171	114	171	63	189	377	250	334	793	334	159	212	265	250	250	209
	成人	1399	933	1399	513	1540	3080	2044	2725	6472	2725	1299	1732	2164	2044	2044	1703

表 2.9-4 评价中心 20km 范围内各子区人口（2029 年）

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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	13	9	0	7	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	51	36	0	29	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	102	72	0	57	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	828	588	0	473	0	0	0	0
2~3km	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
3~5km	婴儿	3	6	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	8	0	0	0
	幼儿	11	23	0	0	0	0	0	77	0	0	0	0	33	0	0	0
	少年	21	46	0	0	0	0	0	153	0	0	0	0	65	0	0	0
	成人	168	379	0	0	0	0	0	1250	0	0	0	0	531	0	0	0
5~10km	婴儿	11	5	5	11	0	7	14	19	7	5	32	16	27	11	11	16
	幼儿	43	21	21	43	0	30	55	77	30	21	129	64	107	43	43	64
	少年	83	42	42	83	0	58	109	151	58	42	252	126	210	83	83	126
	成人	685	343	343	685	0	480	891	1233	480	343	2056	1028	1713	685	685	1028
10~20km	婴儿	22	15	22	8	24	48	32	43	102	43	20	27	34	32	32	27
	幼儿	88	58	88	32	97	193	129	171	406	171	81	109	136	129	129	107
	少年	172	115	172	63	190	379	252	336	798	336	160	213	267	252	252	210
	成人	1408	939	1408	516	1549	3100	2057	2742	6512	2742	1307	1742	2178	2057	2057	1713

3 工程分析

3.1 工程概况

3.1.1 项目名称

中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程。

3.1.2 建设单位

中核通辽铀业有限责任公司。

3.1.3 建设地点

内蒙古自治区通辽市科尔沁左翼中旗宝龙山镇境内。

3.1.4 建设内容

本项目建设内容包括井场、水冶厂和厂外工程。

3.1.5 开采方式

本项目为原地浸出采铀工程，采用 CO_2+O_2 的中性浸出工艺，井型为七点型。

3.1.6 生产规模

井场年浸出液抽出量为 555.66 万 m^3/a，年产铀金属量为 XXt/a。

3.1.7 服务年限

项目服务年限为 18a，其中项目建设期 3a，生产期 15a。

3.2 项目前期试验情况

3.2.1 试验基本情况

2023 年至今，核工业北京化工冶金研究院在海力锦铀矿床开展了海力锦铀矿床探采一体化开发研究与应用项目（以下称“海力锦地浸试验项目”）。海力锦地浸试验项目于 2023 年 6 月 30 日取得了生态环境部环评批复（环审〔2023〕66 号），2025 年 7 月 14 日完成项目竣工环境保护验收。

海力锦地浸试验设有试验井场和吸附区，试验井场包括试验单元 8 组，监测井 3 个。吸附区包括浸出液吸附厂房、集控室、气体站及辅助设施等。地浸试验现场仅建设吸附设施，吸附产生的饱和树脂运输至钱Ⅱ矿区水冶厂房进行后续处理，处理后的贫树脂再运回试验吸附区进行吸附，试验产生的

工艺废水也定期运往钱Ⅱ矿区蒸发池处理。

试验至今，已初步确定了海力锦铀矿床地浸工艺钻井的井型井距、钻井施工工艺和浸出工艺参数等技术参数，基本确定了地浸采铀工艺技术路线和工艺参数。

3.2.2 “三废”治理情况

海力锦地浸试验项目运行期间，核工业北京化工冶金研究院严格执行各项安全环保制度，目前安全环保设施运行状况良好，至今未发生过环境纠纷、环境污染事故（件）和异常情况。其采取的三废处理措施见表 3.2-1。

表 3.2-1 海力锦地浸试验项目“三废”处理措施表

类型	产生、处理及排放情况
废气	①集液罐氡气：浸出液经管道集中于集液罐时，氡气通过集液罐排气孔自由释放于大气，氡释放量约 7.10×10^9Bq/a。 ②浸出液吸附厂房氡气：试验过程中吸附区会产生少量氡气，氡释放量约 1.55×10^9Bq/a。浸出液吸附厂房采取全流程全闭路循环系统减少氡释放，通过通风换气排入大气稀释扩散。
废水	①吸附尾液：试验井场保持整体抽注比大于 0.5%以控制浸出剂的扩散，所产生的吸附尾液约 3.82m^3/d（1337.31m^3/a），试验过程中暂存在废水储罐内，定期通过废水转运车转运至钱Ⅱ矿区蒸发池处理。 ②生活污水：产生量约 0.01m^3/d，依托租用的民宅处理。
固废	①浸出液吸附滤渣：浸出液吸附过程中过滤工序会产生少量残渣，产生量约 0.001m^3/a，统一收集至钱Ⅱ矿区集中处理。 ②废旧设备及零配件：设备检修可能会产生少量的废旧管道、阀门、水泵、过滤器等废旧设备及零配件，产生量较少，收集于钱Ⅱ矿区固体废物库暂存。 ③生活垃圾：产生量约 0.5kg/d，依托租用的民宅处理。
地下水	①在含矿含水层和上含水层共布置 3 个监测井，并定期开展监测。 ②采取抽液量大于注液量 0.5%，控制浸出剂范围。

海力锦地浸试验项目于 2025 年 7 月 14 日完成项目竣工环境保护验收，根据《海力锦铀矿床探采一体化开发研究与应用项目竣工环境保护验收监测报告表》（核工业北京化工冶金研究院，2025 年 7 月），竣工环境保护验收监测数据见表 3.2-2。由表可知，验收期间试验周边环境γ辐射剂量率与通辽本底处于同一水平；空气中氡及其子体浓度与试验前本底处于同一水平；地下水及土壤中各监测因子也均与试验前本底处于同一水平；声环境质量可以

满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类标准要求。

表 3.2-2 竣工环境保护验收监测数据汇总表

<table>
<tr><td colspan="2">监测项目</td><td colspan="3">验收监测数据</td></tr>
<tr><td colspan="2">γ辐射剂量率（nGy/h）</td><td colspan="3">50.3~80.4</td></tr>
<tr><td colspan="2">氡浓度（Bq/m ^{3}）</td><td colspan="3">11.4~18.2</td></tr>
<tr><td colspan="2">氡子体（nJ/m^3）</td><td colspan="3">17.7~40.0</td></tr>
<tr><td rowspan="7">地下水</td><td>/</td><td>潜水层</td><td>上含水层</td><td>含矿层</td></tr>
<tr><td>$U_{天然}$（μg/L）</td><td>ND</td><td>0.62~2.50</td><td>352~644</td></tr>
<tr><td>^{226}Ra（mBq/L）</td><td>ND~11.7</td><td>5.08~58.2</td><td>577~6780</td></tr>
<tr><td>^{210}Po（mBq/L）</td><td>0.603~2.75</td><td>ND~1.81</td><td>2.98~91.3</td></tr>
<tr><td>^{210}Pb（mBq/L）</td><td>ND~7.62</td><td>ND~1.62</td><td>2.36~79.1</td></tr>
<tr><td>SO_4^{2-}（mg/L）</td><td>ND~7.31</td><td>2.07~3.06</td><td>45.0~112</td></tr>
<tr><td>Cl^-（mg/L）</td><td>73.2~118</td><td>26.4~35.6</td><td>113~327</td></tr>
<tr><td rowspan="2">土壤</td><td>^{238}U（Bq/kg）</td><td colspan="3">0.74~2.83</td></tr>
<tr><td>^{226}Ra（Bq/kg）</td><td colspan="3">29.0~31.3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">声环境</td><td>昼间 dB（A）</td><td colspan="3">48~49</td></tr>
<tr><td>夜间 dB（A）</td><td colspan="3">41</td></tr>
</table>

3.2.3 试验设施及设备的处置方案

海力锦地浸试验现有的主要设备设施和建（构）筑物包括井场和吸附区两部分。井场部分主要包括试验井和监测井；吸附区部分包括吸附厂房、集控室、气体站及辅助设施。本项目投产后，试验井和监测井将并入本项目首采区生产井继续使用，建构筑物全部保留不拆除，待本项目或有其他试验项目可再利用。本项目建设期间，地浸试验井场和吸附区均保持正常运行，待本项目水冶厂建设完成具备运行条件后，将地浸试验管线与新建水冶厂管线连接，完成水冶厂的切换。

3.3 项目地质资源及开采规划

3.3.1 地质资源

1）地质勘查概况

2014~2016 年，核工业二四三大队在松辽盆地南部开展了区域地质调查工作，在海力锦地区发现了第一个铀工业矿孔，落实了海力锦中型铀矿产

地，拉开了海力锦地区铀矿勘查工作的序幕，随后在此开展了铀矿勘查、勘探、科研等一系列工作。

2017～2018 年，核工业二四三大队开展了海力锦铀矿床预查工作，共施工钻孔 24 个，完成钻探工作量 15245.05m，新发现铀工业矿孔 4 个，扩大了矿体规模；2019～2021 年，开展了海力锦铀矿床普查工作，共施工钻孔 66 个，完成钻探工作量 40990.04m，新发现铀工业矿孔 23 个，铀矿化孔 19 个，初步确定了海力锦铀矿床为Ⅱ类勘察类型，具备地浸开采的基本水文地质条件，并提交了海力锦铀矿床普查报告；2022 年，开展了海力锦铀矿床详查工作，共施工钻孔 102 个，完成钻探工作量 62162.65m，新发现铀工业矿孔 50 个，铀矿化孔 38 个，并提交了海力锦铀矿床详查报告。

2024 年，核工业二四三大队在海力锦铀矿床详查成果基础上，开展了海力锦铀矿床勘探工作，对主要矿化地段 L11~L26 线共施工各类钻孔 69 个，完成钻探工作量 41722.85m，并开展了相应的地质、物探、水文、测量等工作，共圈定工业铀矿体 28 个，提交了《内蒙古科尔沁左翼中旗海力锦铀矿床勘探报告》（核工业二四三大队，2025 年）。成果表明：勘探报告海力锦矿床主要赋矿层位为姚家组下段，河道砂体发育稳定，渗透性及连通性好，规模巨大。铀矿体产于姚家组下段中亚段砂质辫状河道上、下氧化带之间的灰色砂体中，产状与地层基本一致，走向连续性较好，主矿体长约 2.2km，宽 25m～950m，面积约 0.85km^2，厚度、品位变化较稳定，矿化连续性较好。另外，勘探工作基本查明了矿床含矿含水层岩石胶结程度、孔隙度、渗透性、富水性及其变化情况。基本查明了地下水水头高度、涌水量、地下水化学成分等因素。

3.3.2 开采规划

本项目开采范围为 L40~L47 号勘探线控制的铀矿块区域，根据矿体的赋存情况，本项目首先选择资源可靠程度高、矿体连续性好、矿体（地段）服务年限相对较长的区域作为首采区，再以首采区为基础向矿区其他方向推进。

3.4 项目主要建设内容

本项目为原地浸出采铀工程，建设内容主要包括井场、水冶厂和厂外工程。本项目主要建设内容见表 3.4-1。

表 3.4- 1 本项目建设内容一览表

类别	项目	建设内容
井场	钻井工程	本项目布置 11 个分采区，设置钻井 1138 个。其中，抽出井 304 个，注入井 795 个，监测井 39 个，总工程量 670650m。 其中，首采区布置 5 个分采区，设置生产钻井 537 个，其中抽出井 147 个，注入井 371 个，监测井 19 个，总工程量 316490m。
	集控室	本项目共布置 11 座集控室，包括首采区 5 座，备采区 6 座。集控室采用可移动、模块化集控室，单个集控室由 2 个箱体组成，1 个箱体为工艺箱体、1 个箱体由电气间和工艺间组成，每座集控室均配套变频器、控制柜等。
	集配液设施	包括集液罐区和集配液设施间，集液罐区布置集液罐 2 台，规格为 DN9170mm × 6000mm，材质为搪瓷。集液罐地上露天布置并配备围堰，围堰尺寸为长 27m、宽 14m、高 1.5m，材质为钢筋混凝土，内侧地面及侧壁采用 30mm 厚耐酸砖进行防腐防渗处理。 集配液设施间长 58m，宽 14.6m，高 7.2m，主要布置集液泵房、配液泵房、过滤间及配电室，共设置 3 个污水坑，坑内进行防腐防渗处理。集液泵房布置 4 台集液泵，配液泵房布置 4 台配液泵；过滤间布置 10 套快开袋式过滤器。
	气体站	井场气体站露天布置在水冶厂区，占地长 32m，宽 13.5m，周边设置 2.2m 高围栏。其中，液氧供氧系统主要为 30m³ 液氧储罐 2 个，配套低温液体泵及液氧气化、稳压以及气体贮罐等设备。二氧化碳供气系统主要为 30m³ 液态二氧化碳储罐 2 个，配套液态二氧化碳气化、稳压以及气体贮罐等设备。
	洗孔空压机站	共四座，各配有挡雨棚，单座长 5.5m，宽 4.6m，高 2.5m，设有 1.2m 高钢栏杆。
	综合管线	由集液系统和注液系统组成，集液系统由集液总管道、集液主管道及抽液支管组成，负责整个厂区浸出液的输送；注液系统由注液总管道、注液主管道、注液支管等组成，负责整个厂区注入液的输送。
水冶厂	浸出液处理厂房	浸出液处理厂房分为生产区和辅助房间区，长 89m，宽 40m，高 13.5m，为钢筋混凝土框架结构+门式刚架结构。 生产区单层，长 65m，宽 40m，高 13.5m，为钢结构。北侧为罐区，南侧为塔区，中间为生产通道，地面采用环氧自流平地面防腐防渗处理。生产区配有 2 座事故坑（又称树脂倒运罐地坑，尺寸 10.7m × 5.9m × 4.5m，内置 DN4000×4500 树脂倒运罐 4 座），地沟及地坑（1m × 1m × 1.3m）2 座，内壁及底部均做防腐处理。 辅助房间区两层，长 24m，宽 40m，一层层高 7.5m，二层层高 6m，为钢筋混凝土框架结构。一层主要布置氯化钠碳酸氢钠暂存间、氢氧化钠暂存间、产品过滤区、空压机房。二层主要布置配电室、送风机房、排风机房、机柜间、备用间等。辅助房间区配有地沟及污水坑（1m × 1m × 1.3m）1 座，内壁及底部均做防腐处理。
	综合楼	长 60m，宽 26.5m，一层层高 4.5m，二层层高 3.8m，为钢筋混凝土框架结构。包含生产办公区、淋浴室及洗衣房、车库、供水和消

类别	项目	建设内容
		防设施用房。
	生产辅助设施（一）	长 88.2m，宽 40m，高 5.4m，为钢筋混凝土框架结构+门式刚架结构。西侧部分为工业厂房，布置机修间、分析实验室、试剂间、天平间、样品存放间等辅助房间，东侧部分为工业库房，布置生产资料库、固体废物库、产品库等。固体废物库长 24.0m，宽 12.0m，地面做防腐防渗处理。
	生产辅助设施（二）	长 37m，宽 14m，高 6m，为钢筋混凝土框架结构，包括生活污水处理设施间、供热站和配电室。生活污水处理设施间配备一套地埋式一体化中水处理设备（MBR 膜生物反应工艺）。
	盐酸库	长 18m，宽 13m，露天布置并配备 1m 高围堰，内侧采用耐酸砖进行防腐防渗处理。盐酸库内设置 3 个 $70m^3$ 盐酸贮罐，2 用 1 备。
	柴油发电机房及柴油库	分为发电机房和油罐区。柴油发电机房长 21.2m，宽 13.2m，层高 6.55m，为钢筋混凝土框架结构。油罐区长 9m，宽 8m，为地埋式砖砌体构筑物，油罐区设置 2 个埋地式柴油罐，四周设砖砌体围堰 1m 高，围堰上设栏杆 1.2m 高。
	蒸发池	蒸发池 8 座，净蒸发面积 $23400m^2$，池深 1.5m，采用梯形断面，四周配有围堤。 池底及边坡防渗结构由下至上依次为钠基膨润土防水毯、HDPE 土工膜、长丝无纺土工布、HDPE 土工膜、长丝无纺土工布，池壁及堤顶利用水泥毯进行防护，两层膜之间设置铜导线渗漏检测装置，周围（10m 处）布设地下水监测井共 6 个，监测层位为潜水含水层。
	其他设施	其他设施还包括水冶厂值班室及围墙大门、称量站等。
厂外工程		主要包括供电线路、厂外道路等。

3.5 总平面布置

3.5.1 布置原则

1）本项目由井场、水冶厂和厂外工程组成，根据地浸矿山水冶工艺流程，充分利用自然地形，合理布置各类建构筑物，做到功能分区合理，物流短捷、顺畅，满足生产、安全、卫生和辐射防护等要求，符合国家及铀矿冶行业的有关规程规范的要求。

2）本项目围绕水冶主厂房（浸出液处理厂房），将生产性质相同、功能相近，将工艺联系密切、建筑结构相同的设施集成为一体，减少物料运输距离及环境污染风险，同时降低占地面积，从而做到功能单元集成化。

3）根据地形特点，采用平坡式竖向布置形式，尽量减少交叉和污染，

减少土石方工程量及支档防护工程量。

4）综合考虑矿区交通运输、环境保护及土地利用等外部条件。

3.5.2 总平面布置方案

1）井场总平面布置

本项目井场首采区东西向宽约 720m、南北向长约 1250m，自北向南展布。根据首采区地浸采铀工艺特点要求，每个采区设置一个模块化集控室，通过集控室，将浸出液输送到相关设施。集配液设施和气体站等组成集配液区，布置在水冶厂内，与每个集控室通过主管道连接。

2）水冶厂总平面布置

本项目水冶厂东西长 233m，南北宽 171m，布置靠近首采区的中心部位，位于首采区和后续采区中间部位的矿体天窗部位，附近 300m 内无村庄及其它常住人口，地势较为平缓，未压占矿体和永久基本农田，南侧、西侧具有现有村道，交通较为便利。

水冶厂分为厂前区、生产区、辅助区和蒸发区，其厂区南侧出入口为人流出入口，厂区西侧出入口为物流出入口，功能分区及总平面布置方案如下：

（1）厂前区：综合楼布置在厂区主出入口的西侧，以中间的广场为厂前区的重心，与两侧绿地相结合，组成厂前区。绿地种植灌木和花卉，作为日常休闲活动、重大事件集会的场所，同时起到生产区与厂前区卫生通道的作用。

（2）生产区：位于厂前区的东侧。其中浸出液处理厂房体量最大，布置在此区的南侧中心位置，生产辅助设施（一）布置在其北侧，便于产品、备品备件和固体废物的日常管理；集配液设施和盐酸库、气体站等布置在区域北侧，便于液体的输送。

（3）辅助区：位于厂前区的北侧。供水、供热设施、称量、发电和机修等生产辅助设施（二）布置在此区域，为厂区提供便利的给水、供电、交通和维修服务，有利于日常管理和使用。

（4）蒸发区：布置在水冶厂西北侧约 1300m 处，该地块地势平缓，可避开永久基本农田，也不压覆矿体。

3）厂外道路布置

本项目厂外道路自水冶厂至大海力锦嘎查。其中，300m 路段为新修道路，700m 路段为现有道路维修改造后继续使用，剩余路段直接利旧。新建厂外道路采用四级技术标准，路基宽 7.0m，路面宽 6.0m，路面为沥青路面。新建和修缮的厂外道路占地不涉及基本农田、基本草原、生态红线等环境敏感区域，新建道路两侧 200m 范围内无居民点。厂外道路分布见图 3.5-1。

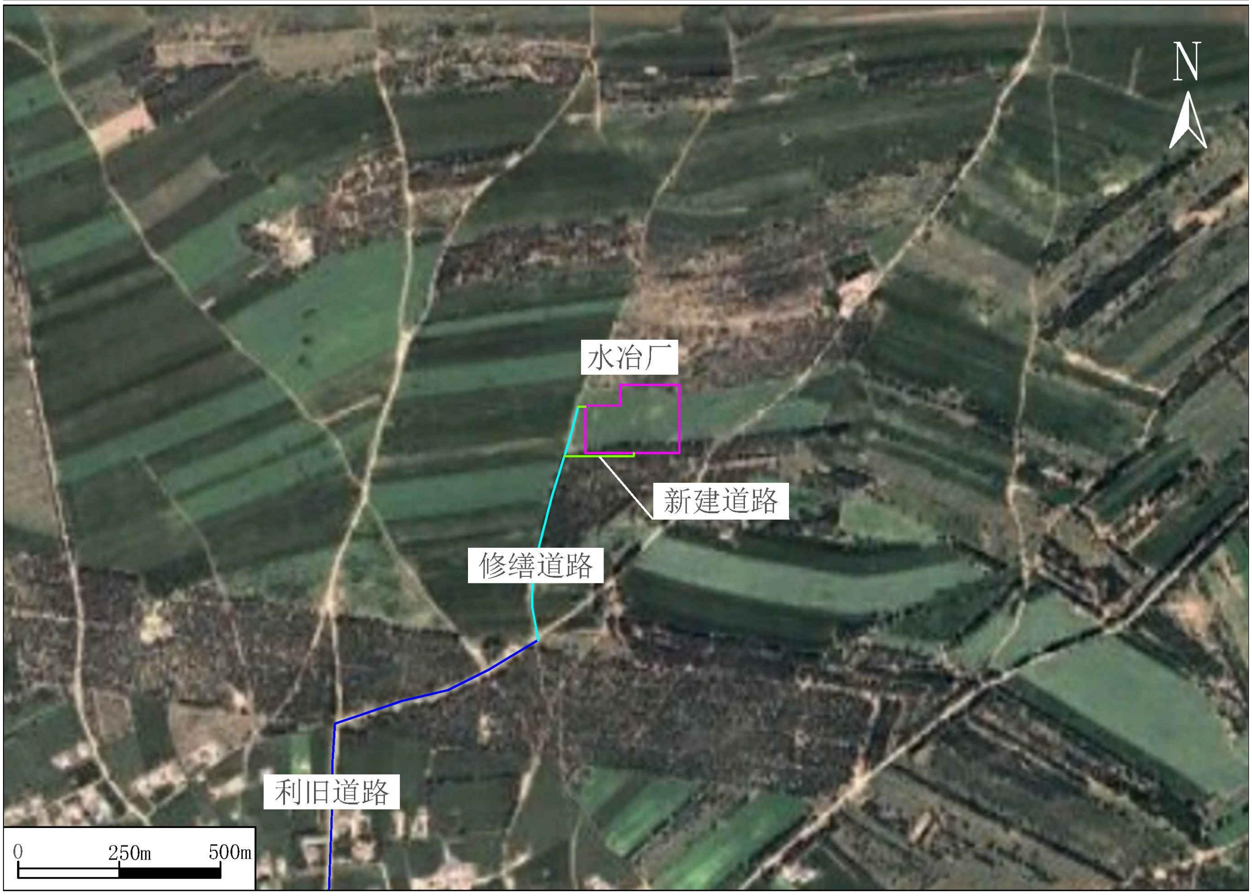


图 3.5-1 厂外道路分布图

本项目总平面布置见附图 1，井场钻井布置图见附图 2，水冶厂总平面布置图见附图 3。

3.5.3 合理性分析

1）本项目综合考虑矿床所在位置的自然条件、社会条件、交通运输、环境保护、土地利用等因素，根据采冶工艺、运输、安全、辐射防护与环境保护等要求，遵循靠近采区建厂、节约用地、保护环境、节省投资的原则，

对厂址进行合理选择。

2）本项目所在地永久基本农田较多，矿床东西两侧均为连片的永久基本农田，不宜作为永久用地加以利用。矿床北侧有零星土地可以利用，但地块面积较小，无法满足水冶厂、蒸发池整体用地的需求。因此，水冶厂最终选址在矿体中间部位的天窗，蒸发池选址位于矿体北侧地形平缓区域。该位置合理避开了永久基本农田和矿体，水冶厂的南侧和西侧均有现有村道可以利用，外部交通较为便利。

3）水冶厂选址距离居民区较远，附近300m内无村庄及其它常住人口。同时，根据多年气象风频统计资料，水冶厂选址位于居民区常年较小风频的上风向。

4）本项目水冶厂及厂外道路选址范围内不涉及自然保护区、风景名胜区和其他需要特别保护的区域，符合生态环境分区管控要求，合理避让了永久基本农田，选址符合国家环境保护相关政策。

3.6 工艺流程

3.6.1 井场工艺

本项目采用CO_2+O_2的中性浸出工艺，该工艺是在地下水中加入CO_2气体和O_2气体配制浸出剂，通过注入井将浸出剂注入天然埋藏条件下的砂岩型铀矿层，改变铀沉积成矿时地球化学环境，用氧气将四价铀氧化成六价铀，用重碳酸根与六价铀络合而溶解铀，形成含铀浸出液，并通过抽出井提升至地表并输送至水冶厂。

3.6.1.1浸出原理

本项目浸出工艺为中性浸出，浸出剂为CO_2+O_2。在一定压力下，CO_2易于溶解，在水中有较大的溶解度，溶解在水中的CO_2在中性环境和O_2的氧化作用下，将矿石中的四价铀氧化成六价铀酰离子，在水动力的驱动下由提升井提至地表。

3.6.1.2工艺流程

本项目井场工艺流程如下：

1）吸附尾液通过配液泵输送、经过滤后返回井场各集控室，经集控室

注液泵加压后，进入集控室各注液支管。

2）氧气在各采区集控室中的各注液支管上加注，各支管上的注氧量经计量后注入采区各个注液孔内，形成浸出剂。浸出剂中的溶解氧把矿石中的四价铀氧化成六价铀；六价铀同地下水中碳酸氢根反应生成碳酸铀酰络合离子并在溶液中稳定存在，形成浸出液。

3）铀矿层的浸出液经抽出井的潜水泵提升至地表，在集控室计量、集控室集液泵加压后进入集液罐澄清；浸出液再通过集液泵输送、经过滤后送至水冶厂处理。浸出液在进入水冶厂处理前，需在进入过滤器前的管道内注入经计量后的二氧化碳气体，以调整浸出液的 pH 值。浸出液经水冶厂处理后，得到的吸附尾液配液回用。

本项目井场工艺流程见图 3.6-1。

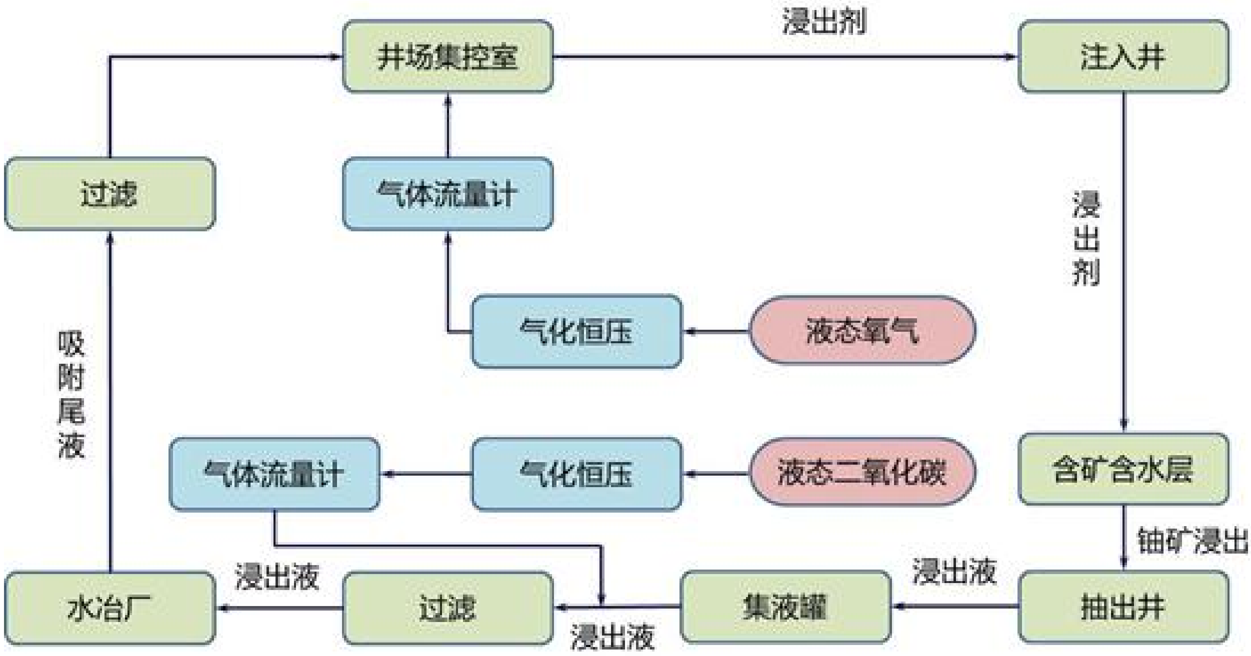


图 3.6- 1 井场工艺流程图

3.6.1.3 主要技术指标

井场主要技术经济指标见表 3.6-1。

表 3.6- 1 井场主要技术经济指标

序号	指标名称	单位	指标	备注
1	矿层厚度	m	8.92	开采范围平均值
2	原地浸出率	%	75	开采范围平均值
3	平均单孔抽液量	m^3/h	4.5	
4	抽出井数量	个	304	
5	注入井数量	个	795	
6	抽注井数量比例		1:2.62	
7	监测井数量	个	39	
8	井场浸出液量	万 m^3/a	555.66	

3.6.1.4 主要设备材料

井场（首采区）主要设备见表 3.6-2。

表 3.6-2 井场（首采区）主要设备表

序号	名称	规格型号	数量	单位	备注
一	**集控室**				
1	潜水泵（污水泵）	Q=8~10m³/h，H=25~20m	10	台	每个集控室内2台
2	氧气减压装置	$P_{入}$=2.0MPa，$P_{出}$=1.8MPa	5	台	每个集控室内1台
二	**集配液设施**				
1	集液罐	DN9170×6000，搪瓷	2	台	
2	集液泵	Q=600m³/h，H=70m	4	台	
3	袋式过滤器	304 不锈钢	10	台	
4	配液泵	Q=540m³/h，H=200m	4	台	
5	污水坑（地坑）	1000×1000×1200mm	2	个	砼衬防腐防渗
6	污水坑（地坑）	2000×2000×1500mm	1	个	砼衬防腐防渗
7	污水泵	Q=20m³/h，H=15m	1	台	
8	污水泵	Q=20m³/h，H=40m	1	台	
9	渣浆泵	Q=39m³/h，H=407.1m	1	台	
10	电动单梁悬挂起重机	Q=3t，H=5m，S=5m	1	台	
11	电动单梁悬挂起重机	Q=5t，H=5m，S=5.5m	1	台	
三	**气体站**				
1	液氧储罐	30m³/0.8MPa	2	台	设备自带测压等仪表系统

序号	名称	规格型号	数量	单位	备注
2	氧气储气罐	$20m^3$/3.0MPa	1	台	自带安全阀
3	氧气减压稳压装置		1	套	
4	二氧化碳储罐	$30m^3$/2.4MPa	2	台	设备自带测压等仪表系统
5	二氧化碳储气罐	$20m^3$/3.0MPa	1	台	自带安全阀
6	二氧化碳减压稳压装置		1	套	

3.6.2 浸出液处理工艺

3.6.2.1工艺流程

本项目浸出液处理采用的主工艺流程为：浸出液→过滤→吸附→淋洗→酸化→沉淀、沉降→过滤、洗涤→“111”产品。

1）吸附工序

来自井场的浸出液，经过滤后送入2台串联的离子交换塔，自上而下与塔内树脂层接触吸附铀，吸附尾液由吸附塔底部排出。大部分吸附尾液直接返回配液设施，少量吸附尾液用于树脂转型等。当首塔内树脂达到饱和状态时，切换离子交换塔，通入压缩空气将塔内饱和树脂压送至淋洗塔，进入淋洗工序。

2）淋洗、转型工序

采用沉淀母液、氯化钠和碳酸氢钠配制淋洗剂。淋洗剂由泵直接送入2台串联的淋洗塔，自上而下与塔内饱和树脂层接触淋洗回收铀，淋洗合格液由塔底部排出，进入酸化工序。

淋洗后的贫树脂首先通入压缩空气排出塔内的淋洗液，然后用吸附尾液进行转型，转型尾液送入反渗透设施处理后，产生的淡水返回井场，反渗透浓水排至蒸发池处理。

3）酸化、沉淀、过滤等工序

淋洗合格液通过离心泵输送至合格液酸化罐内，加入盐酸调节pH值达到要求后，由离心泵输送至沉淀搅拌罐，然后投加固体氢氧化钠进行沉淀，沉淀浆体经料浆泵输送至沉降分离罐内静置澄清后，由沉降分离罐侧面上部排出澄清的沉淀母液，用料浆泵将罐底层沉淀浆体送入厢式隔膜压滤机进行过滤、压榨，然后将滤饼（“111”产品）装入产品桶称重，运至产品库贮

存。

沉淀母液、压滤浆体产生的滤液等送入沉淀母液贮罐，大部分返回配制淋洗剂，其余进入蒸发池。

本项目浸出液处理工艺流程见图 3.6-2。

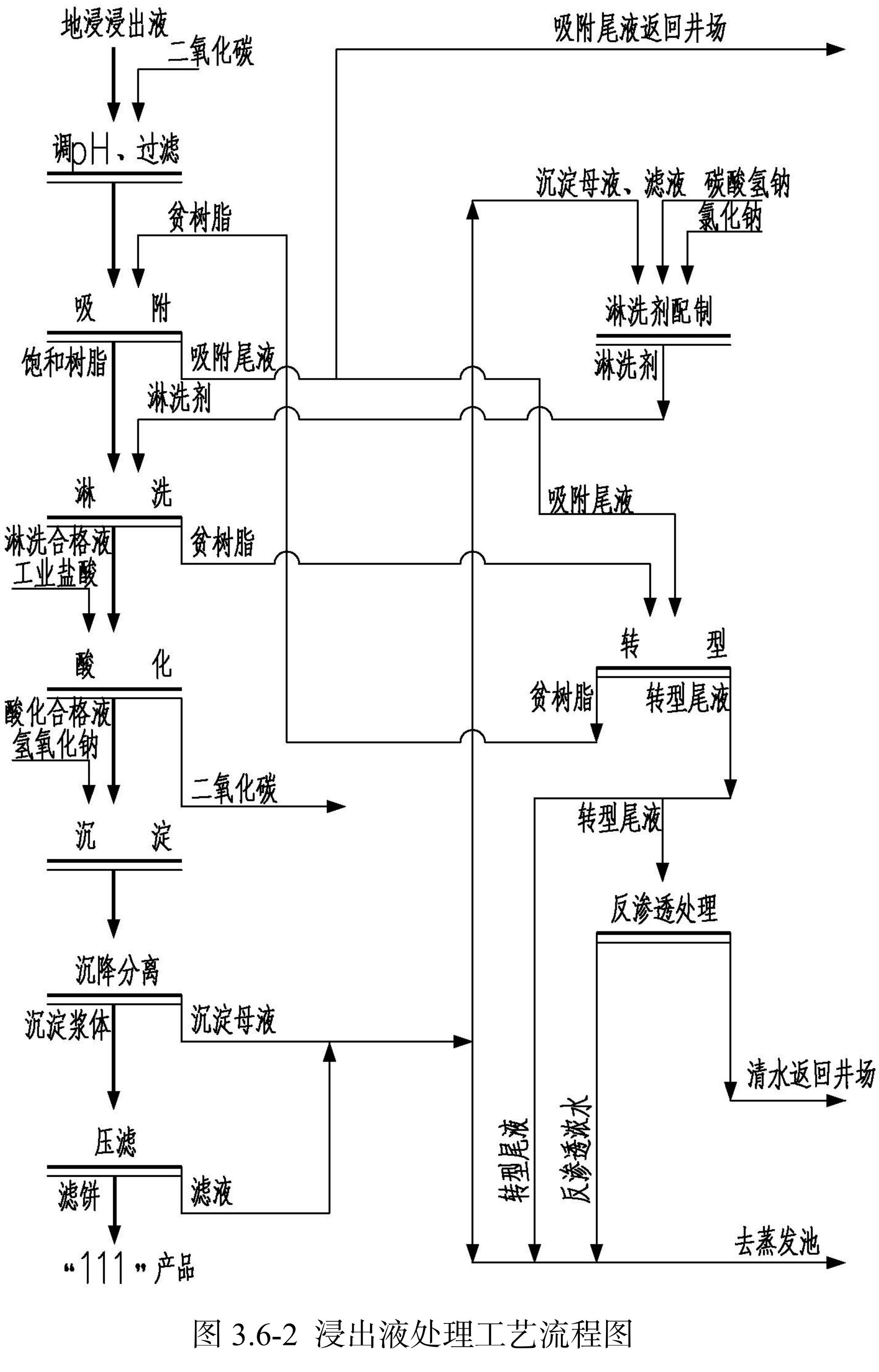


图 3.6-2 浸出液处理工艺流程图

3.6.2.2 主要工艺参数

本项目浸出液处理的主要工艺参数见表 3.6-3。

表 3.6-3 浸出液处理的主要工艺参数

序号	工序/参数	参数值	备注
一	吸附		
1	浸出液 pH 值	7.0 ~ 7.2	
2	吸附操作方式	密实固定床	
3	树脂型号	201 × 7 强碱性阴离子交换树脂	
4	浸出液平均铀浓度	75mg/L	
5	树脂吸附容量	100mg/mL 湿 R	
6	吸附空塔速度	20m/h	
7	尾液铀浓度	≤1.5mg/L	
二	淋洗		
1	淋洗剂用量	（2.5~3.9）BV	
2	单塔树脂床层高度	4m	
3	淋洗操作方式	两塔串联淋洗	
4	淋洗剂组成	100g/LNaCl+20g/L$NaHCO_3$	
5	淋洗剂 pH 值	9.0 ~ 9.5	
6	淋洗空塔速度	1m/h	
三	酸化		
1	合格液酸化终点 pH 值	4.5~4.8	
2	工业盐酸消耗量	3t/tU	
四	沉淀		
1	沉淀方式	间歇沉淀	
2	沉淀剂	固态 NaOH	
3	沉淀温度	常温	
4	沉淀反应时间	~60min	
5	NaOH 沉淀终点 pH 值	13	
6	NaOH 消耗量	1t/tU	
7	沉淀老化时间	≥24h	
8	沉淀母液 U 浓度	≤5mg/L	
五	过滤		
1	过滤压力	0.3MPa~0.5MPa	

序号	工序/参数	参数值	备注
2	滤饼含水率	≤30%	
3	产品铀含量	≤XX%	
4	金属总回收率	≥XX%	
六	转型		
1	转型用吸附尾液量	13BV（前 3BV 直接排入蒸发池，后 10BV 送入反渗透处理）	

3.6.2.3 主要工艺设备

本项目浸出液处理主要工艺设备见表 3.6-4。

表 3.6- 4 浸出液处理主要工艺设备

序号	设备名称	主要技术指标或规格要求	数量	单位	备注
一	**浸出液处理厂房**				
1	吸附塔	DN4200×8500，钢衬 PO	8	台	
2	淋洗转型塔	DN3600×8700，钢衬 PO	6	台	
3	树脂转运罐	DN4000×4500，钢衬 PO	4	台	位于事故坑内
4	淋洗剂配制罐	DN3600×4500，钢衬 PO	2	台	
5	淋洗剂贮罐	DN3600×8400，钢衬 PO	2	台	
6	淋洗合格液贮罐	DN3600×8400，钢衬 PO	3	台	
7	淋洗合格液酸化罐	DN3600×4500，钢衬 PO	3	台	
8	沉淀搅拌罐	DN3600×4500，钢衬 PO	2	台	
9	沉降分离罐	DN3200，钢衬 PO	4	台	
10	沉淀母液贮罐	DN3600×8400，钢衬 PO	1	台	
11	吸附尾液贮罐	DN3600×8400，钢衬 PO	1	台	
12	转型尾液贮罐	DN3600×8400，钢衬 PO	1	台	
13	滤液缓冲罐	DN2800×2250，钢衬 PO	1	台	
14	事故坑	11000 × 5700×4500 mm，砼衬防腐材料	2	个	地下布置，各包括 2 个树脂转运罐
15	污水坑（地坑）	1000×1000×1500mm，砼衬防腐材料	3	个	半地下布置
16	潜水泵（污水泵）	Q=8m^3/h，H=10~22m	2	台	1 用 1 备
17	潜水泵（污水泵）	Q=20m^3/h，H=45m	2	台	1 用 1 备
18	振动筛	单层筛面面积 0.6 × 1.8m	2	台	
19	离心泵	Q=70~100m^3/h，H=23~20m	10	台	5 用 5 备

序号	设备名称	主要技术指标或规格要求	数量	单位	备注
20	离心泵	Q=12.5~16.3m³/h，H=50~48m	2	台	1 用 1 备
21	料浆泵	Q=30m³/h，H=60m	4	台	
22	料浆泵	Q=25m³/h，H=28m	2	台	1 用 1 备
23	厢式隔膜压滤机	F=150m²	2	台	
24	高空作业平台	300kg，剪叉式	1	台	
25	单梁悬挂起重机	Q=2t，H=12.5m，S=8m	1	台	
26	固体物料输送系统	带控制柜、除尘器等	2	套	
二	**盐酸库**				
1	盐酸贮罐	DN3000×10430，玻璃钢	3	台	2 用 1 备
2	输送泵	Q=25m³/h，H = 20m	1	台	
3	输送泵	Q=6.3m³/h，H = 32m	2	台	1 用 1 备
三	**生产辅助设施（一）**				
1	中央实验台	2400×1500×800mm	3	台	
2	单面实验台	1800×750×800mm	4	台	
3	样品柜	1500×400×1800mm	4	台	
4	试剂柜	1500×600×1800mm	1	台	
5	药品柜	1200×400×1800mm	1	台	
6	污水坑（地坑）	1000×1000×2000mm	1	个	砼衬防腐
7	污水泵	Q=8.6m³/h，H=45m	1	台	
四	**柴油发电机房及柴油库**				
1	卧式油罐	V=15m³，DN2200×3300	2	台	埋地布置，顶部覆土 2.1m，配套渗漏检测系统。
2	潜油泵	Q=6 m³/h，H=15m	2	台	防爆电机

3.7 主要技术方案

3.7.1 钻井工程

1）钻井布置

本工程为原地浸出采铀工程，矿体浸出是通过按一定间距排列、布置的钻井来实现的。钻井既是溶液进出矿层、实现铀原地浸出的通道，也是监测

和控制浸出状态的必要途径，同时还具有探矿和开拓矿体的作用。直接参与浸出作业的生产井有两类，即抽出井和注入井。在项目基建期，首先进行首采区中各分采区生产井的施工，生产井施工完毕后开始正式投入生产。在首采区正常生产的同时，为了保持后续生产的持续开展，每年继续施工一定数量的生产井，并根据采区生产能力和浸出液的浓度水平，不断地停产一批生产井，同时投入备采区的部分生产井，如此循环，直至整个开采范围内的矿体开发完毕。

本项目对矿体埋藏深度、矿层渗透性、矿石品位、矿体厚度、单孔抽液能力，浸出液铀浓度、矿山建设规模等因素进行了综合考虑，确定本项目井场钻井布置形式为：以七点型布置为主，井距为 30m。钻井平面间距布置示意见图 3.7-1。

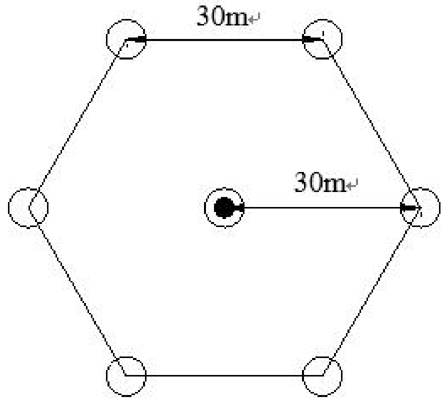


图 3.7- 1 抽液单元钻井平面布置图

2）钻井工程量

本项目布置 11 个分采区，其中首采区布置 5 个分采区，备采区布置 6 个分采区。本项目共布置生产井 1138 个。其中，抽出井 304 个，注入井 795 个，监测井 39 个。其中，首采区共布置生产井 537 个，其中抽出井 147 个，注入井 371 个，监测井 19 个。

生产井和含矿含水层监测井的平均孔深均为 590m，上含水层监测井平均孔深 500m，下含水层监测井的平均孔深为 700m。

3）钻井结构

本项目抽出井、注入井及监测井均采用可更换防砂钻孔结构，裸孔孔径均为φ269mm，护壁套管和沉砂管为φ152×12.8mm 规格 UPVC 管，采用管箍

连接。套管外环形空间进行全孔水泥净浆封孔，经洗井后成井过滤器采贴砾过滤器，单根长度 1.5m，过滤器规格为φ108±1mm。内部衬管为碳钢材质，贴砾层位 0.5mm ~ 1mm 陶粒，贴砾层厚度为 19 ± 1mm。过滤器下端连接沉砂管，沉砂管长度 3m ~ 6m。过滤器采用膨胀橡胶固定，膨胀橡胶膨胀率不小于 250%，数量不少于 3 个。

3.7.2 井场管网布置

井场工艺管线由集液系统和注液系统组成，其中集液系统负责井场浸出液的抽出和输送，注液系统负责井场浸出剂的输送和注入。

1）注液系统

注液总管、注液主管将浸出剂输送到各井场集控室。注液总管材质为 DN300×16.5 钢骨架聚乙烯塑料复合管，注液主管材质为 DN200×9.5 钢骨架聚乙烯塑料复合管，电熔连接，能够满足注液主管的安全运行。注液总管和注液主管均为埋地敷设，全部埋设在冻土层（1.6m）以下，局部阀门井采用岩棉填充和双层保温井盖等防冻保温措施。

2）集液系统

在浸出过程中，各抽出井单独运行，由潜水泵将浸出液通过各抽出井提升至抽液支管，在集控室经计量后汇集到集液主管，再通过集液主管自流入集液总管道，再流入集液罐。经集液罐沉淀之后通过集液泵将浸出液送至水冶厂处理。

本项目集液总管为 DN300 × 16.5 的钢骨架聚乙烯塑料复合管，集液主管为 DN200 × 9.5 的钢骨架聚乙烯塑料复合管，电熔连接，能够满足集液主管的安全运行。集液总管和集液主管均为埋地敷设，全部埋设在冻土层（1.6m）以下，局部阀门井采用岩棉填充和双层保温井盖等防冻保温措施。

3.7.3 溶浸范围的控制

溶浸范围的控制是地浸项目工艺生产的重点，地浸开采期间需要严格控制注入的浸出剂流向，使注入矿层的浸出剂在一定的范围之内流动，做到溶液在含矿含水层中与被采矿石充分接触，既不漏失、又不被大量稀释，尽量减少浸出“死角”和降低对地下水环境的影响。

如何使注入的浸出剂既不扩散到矿体范围之外、不污染矿区周围的地下水，又能提高浸出率、充分利用地下资源，这对生产和环境保护等方面有着重大而深远的意义。为此，本项目在地浸开采过程中采取的措施是：

1）科学设置生产井

依据矿体形态和抽注液量平衡合理布置生产井，充分发挥生产井的抽注液能力，在抽液、注液管道上安装压力表和流量计，严格计量抽液量和注液量，并根据抽出井的抽液能力调节其周围注孔的分布及注液量，控制浸出剂的流失。

2）抽大于注

本项目井场生产时严格控制各分采区和整个井场抽、注液量，在每个采区设置集控室，集控室根据所控制的生产井数量配置相应数量的流量计，对每一眼生产井的流量进行计量、记录。设施运行时，根据抽液总量确定注液总量。本项目设置总的抽液量大于总注液量 0.3%以上，其中边界抽注单元的抽液量不小于注液量 0.5%，使开采范围内形成负压区，井场形成一个局部降落漏斗，从而抑制浸出剂的流散，使溶液最终流回抽出井。为保证降落漏斗的形成，生产中采取的主要措施是：严格按照设计进行施工和运行，同时持续进行监测井监测工作，保持监测井水质维持在正常水平，一旦出现异常，及时通过调节区域井孔抽大于注水平来实现浸出液的控制。

3）严格施工，确保质量

在钻井施工过程中，要求每百米矫正钻孔井斜，保证钻孔垂直度，裸孔钻进深度小于含矿含水层隔水底板埋深，利用综合物探测井确定含矿含水层位置及岩性。在钻孔成井过程中，严格把控套管质量，套管连接处采用生料带或密封胶等材料密封，利用逆向注浆技术，在套管与孔壁的环形空间内充填水泥浆，采用物探测井检测套管是否存在漏点、水泥浆充填是否均匀，确保钻井井身无泄漏。

4）设置监测井

本项目共设置监测井 39 个。其中，首采区设置监测井 19 个，含矿含水层 13 个，上含水层 5 个，下含水层 1 个；备采区设置监测井 20 个，含矿含

水层 13 个，上含水层 6 个，下含水层 1 个。通过定期观测地下水水位、pH、$U_{天然}$、As、Mo 等物质的浓度等，掌握地下水状态，及时发现溶液可能的水平与垂直迁移扩散，并及时调整抽液量与注液量，实现溶浸范围的控制。

首采区监测井点位布设见图 3.7-1，点位布设原则如下：

（1）含矿含水层：本项目在首采区外部距离采场边界 50~150m 范围内（上游 100m，侧向 120m，下游 130m），围绕采区边界一周布置 12 个含矿含水层监测井，并在下游 300m 处设 1 个含矿含水层监测井。含矿含水层监测井深度为 590m。

（2）上层含水层：每个独立采区内部上层含水层各布置 1 个监测井，共布置 5 个上层含水层监测井，平均深度为 500m；

（3）下层含水层：由于开采过程中，生产井只施工至含矿含水层，不会穿过含矿含水层延伸至下含水层，且含矿含水层与下层含水层有稳定连续的隔水底板，因此采区内部下层含水层布置 1 个监测井，平均深度为 700m。

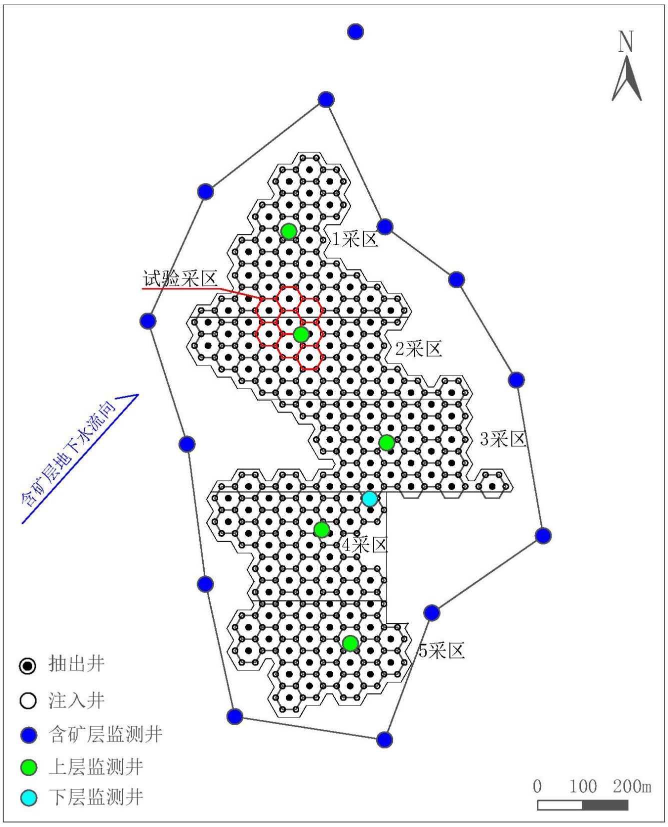


图 3.7-1 首采区监测井布置图

3.8 主要设施

1）集配液设施

集配液设施包含集配液设施间和集液罐区两部分。集配液设施间为钢筋混凝土框架结构，长 58m，宽 14.6m，高 7.2m。主要布置集液泵房、配液泵房、原液过滤间、尾液过滤间、清洗间及配电室房间。除配电室外，其他房间地面作防腐防渗处理。集液罐区布置集液罐 2 台，集液罐规格为 DN9170mm×6000mm，材质为耐腐蚀性能好的搪瓷。集液罐区配备围堰，围堰尺寸为长 27m、宽 14m、高 1.5m，内侧地面及侧壁采用 30mm 厚耐酸砖进行防腐防渗处理。

2）浸出液处理厂房

浸出液处理厂房长 89m，宽 40m，高 13.5m，生产类别为丁类，耐火等级为二级，厂房内地面做防腐防渗处理。厂房分两部分，东侧部分为生产区，单层，长 65m，宽 40m，高 13.5m，为门式刚架结构。生产区北侧为罐区，南侧为塔区，中间为生产及参观通道。西侧部分为辅助房间区，两层，长 24m，宽 40m，一层层高 7.5m，二层层高 6m，为钢筋混凝土框架结构。一层布置原材料暂存间、产品过滤区、空压机房等。二层布置配电室、送风机房、排风机房、机柜间、备用间等。

3）蒸发池

本项目新建 8 座蒸发池，净蒸发面积 23400m^2。蒸发池深 1.5m，采用梯形断面，外侧围堤及池内隔堤顶宽均为 2m，内外围堤边坡均为 1:2.0，堤顶高出地面至少 0.5m。

蒸发池底防渗结构由下至上依次为钠基膨润土防水毯（4800g/m^2）、HDPE 土工膜（膜厚 1.5mm）、长丝无纺土工布（500g/m^2）、HDPE 土工膜（膜厚 1.5mm）、长丝无纺土工布（500g/m^2），池壁及堤顶利用水泥毯进行防护，土工膜四周应固定在锚固槽中。蒸发池通过分配管道和阀门控制进入蒸发池废水量，相邻两蒸发池之间设连通管。蒸发池底部双层防渗膜之间设置渗漏检测装置，以便及时发现池底渗漏，并在周围 10m 处布设 6 个地下水监测井，监测层位为潜水含水层，见图 3.8-1。

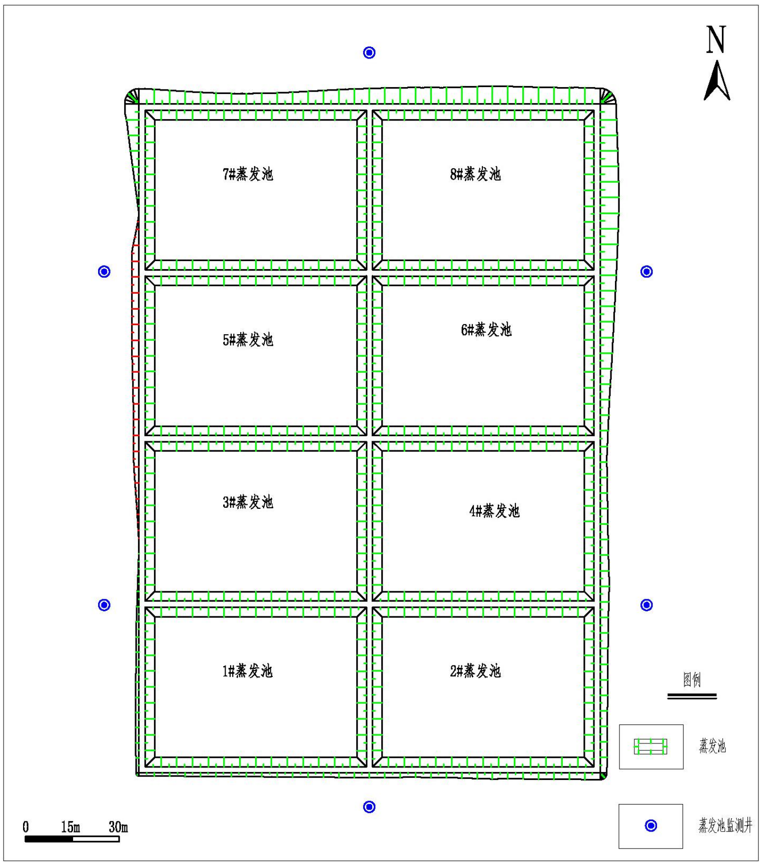


图 3.8-1 蒸发池监测井布置图

3.9 生产辅助及仓储设施

本项目的生产辅助及仓储设施主要包括综合楼、生产辅助设施（一）、生产辅助设施（二）、盐酸库、柴油发电机房及柴油库等。

1）综合楼

综合楼为局部两层钢筋混凝土框架结构建筑，长 60m，宽 26.5m，一层层高 4.5m，二层层高 3.8m，总高 8.3m。综合楼内包含生产区办公、淋浴室洗衣房、供水和消防设施用房、车库四部分功能。供水和消防设施用房及车库布置于一层西侧，淋浴室洗衣房布置于一层东侧，生产区办公区布置于综合楼一层中间区域及二层。生产区办公内设办公室、会议室、控制室、档案室、文印室、卫生间、休息室等辅助用房，可满足技术人员日常办公需要。

2）生产辅助设施（一）

生产辅助设施（一）为钢筋混凝土框架结构、门式刚架结构，长 88.2m，宽 40m，高 5.4m。厂房分两部分，西侧部分为工业厂房，长 23.5m，宽 40m，高 5.1m，包括有机修间、分析实验室、试剂间、制水间、

天平间、产品样品存放间等辅助房间。东侧部分为工业库房长 64.7m，宽 40m，高 5.4m，主要布置生产资料库、固体废物库、产品库、除尘间和产品磨样间。

3）生产辅助设施（二）

生产辅助设施（二）长 37m，宽 14m，高 6m，为钢筋混凝土框架结构，主要由生活污水处理设施间、供热站和配电室三部分组成。配电室包含变配电室、10KV 配电装置室及控制室。

4）盐酸库

盐酸库长 18m，宽 13m，露天布置并配备围堰，围堰高 1m，材质为钢筋混凝土，内侧采用耐酸砖进行防腐防渗处理。

5）柴油发电机房及柴油库

由发电机房和室外的油罐区两部分组成，柴油发电机房由发电间、控制间及配电间、储油间组成，长 21.2m，宽 13.2m，层高 6.55m，为钢筋混凝土框架结构。柴油库为室外的油罐区，为地埋式砖砌体构筑物，四周设砖砌体围堰 1m 高，围堰上设栏杆 1.2m 高。

3.10 公用工程

3.10.1给排水设施

1）给水设施

本项目用水主要为水冶厂生活用水、淋浴用水以及洗衣房用水等。本项目水源采用地下水，在水冶厂新建管井取水，取水层位为浅层地下水。在厂区配套设置过滤和消毒处理设施，并设置加压供水设施供水，采用变频供水设施供厂区用水。室外给水管道均采用钢丝网骨架高密度聚乙烯复合管，室内给水管道采用 PP-R 给水塑料管。

2）排水设施

本项目排水系统为雨污分流制，放射性废水、非放射性废水和雨水各自独立排放。

（1）雨水

水冶厂设置雨水口和雨水管道，单独收集雨水排至场厂区外水沟。

（2）放射性排水

放射性排水主要为工艺废水和实验废水，废水量共约 76m³/d，排入蒸发池自然蒸发处理。

（3）非放射性排水

非放射性排水主要为水冶厂生活污水，污水总量约 26m³/d。本项目设置生活污水处理设施，在非霜冻期，经处理后回用于场地绿化和道路降尘，在霜冻期，定期外运污水处理厂处理。

3.10.2供热通风工程

1）供热工程

本项目因地处严寒地区，远离城镇集中供热设施，需自建热源设施，经综合考虑国家大气污染防治政策、结合本项目总图布局及不同区域冷、热需求特点，拟在水冶厂区设置供热站，设 5 台额定制热量为 525kW 的超低温空气源热泵机组（环境温度-12℃，进出水温度 36/41℃），总安装容量 2625kW。本项目供热工程充分利用空气作为可再生能源，根据气候情况、总图布局、建筑特点等因素，以系统优化运行为导向，兼顾安全可靠、经济可行，形成以空气源热泵为主、电锅炉为辅的联合供热模式。

2）通风工程

本项目部分工艺设备，如贮槽（罐）、配制槽（罐）、缓冲槽（罐）等，设局部机械排风系统（自然补风）维持设备负压，以控制有害物不扩散外逸。

对产生腐蚀性气体、余热、余湿的封闭场所，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，浸出液处理厂房总排风量为 162880m³/h，详见表 3.10-1；采取通风措施后，由高出周围 50m 内最高建筑物屋脊 3m 的排气筒排至大气扩散稀释，其余厂房一般直排室外大气扩散。

表 3.10-1 浸出液处理厂房通风设备参数表

序号	设备类型	参数规格	数量	单位
1	玻璃钢离心风机	风量：29470m³/h；全压：1147Pa； 转速：900rpm 电机功率：15kW（380V）	4	台
2	玻璃钢离心风机	风量：4500m³/h；全压：770Pa； 转速：1450rpm；电机功率：2.2kW（380V）	1	台
3	玻璃钢斜流风机	风量：8500m³/h；全压：420Pa； 转速：1450rpm；电机功率：5.5kW（380V）	1	台
4	玻璃钢斜流风机	风量：5500m³/h 全压：400Pa； 转速：1450rpm 电机功率：2.2kW（380V）	1	台
5	玻璃钢斜流风机	风量：4500m³/h；全压：500Pa； 转速：1450rpm；电机功率：2.2kW（380V）	1	台
6	玻璃钢斜流风机	风量：5000m³/h；全压：450Pa 转速：1450rpm；电机功率：2.2kW（380V）	1	台
7	玻璃钢酸雾净化塔	风量：7500m³/h；设备阻力：<400Pa； 风机功率：4kW（380V）；水泵功率：2.2kW（380V）；净化效率 95%	2	台

3.10.3供配电工程

1）电源

根据地浸生产的特点，集液泵、配液泵和井场抽液泵，采暖设施，产品库安全防范系统用电设备为二级负荷，其他均为三级负荷。本项目拟从距离 8.3km 的哈日干吐 66kV 变电站获取电源。另外，本项目设一柴油发电机房，内设 2×1800kW、10kV 柴油发电机组，作为本项目的应急电源，应急电源与工作电源采取防止并列运行措施。

2）供电系统

本项目在厂区内设置一座 10kV 变电开闭所，2 回 10kV 工作电源接自哈日干吐 66kV 变电站的 10kV 侧母线段，开闭所内 10kV 侧母线段采用单母线分段接线，采用放射、树干等方式向厂区内各设施供电。

3.10.4自动化监测与控制工程

本项目采用 DCS 集散控制系统，以分散控制，集中操作、管理的方式为主，辅以必要的就地显示仪表。在综合楼的中心控制室设置液晶电视墙及 DCS 系统主站，在浸出液处理厂房、集配液设施、集控室、生产辅助设施、

供水和消防设施（综合楼）等设置DCS系统分站或小型可编程控制器，通过远程控制操作、视频监控及人员定期或事故巡检的方式完成工艺生产过程操作的控制水平，并在呼和浩特内蒙古矿业总部（利旧）设置远程控制中心。远程控制中心具备数据分析、视频监控、远程操控的功能，可远程实现对本项目的管理，从而打破传统地浸铀矿山运行模式，打造以人为本的新型绿色智能化矿山，创建新型铀地浸矿山模式。项目建成后，水冶主工艺实现自动计量、监测、报警和联锁控制。

3.10.5总图运输工程

1）运输方式

本项目原辅材料运输方式采用汽车运输。

2）运输道路

水冶厂厂内道路采用中粒式沥青混凝土路面结构：沥青混凝土面层厚7cm、水泥稳定碎石基层厚25cm、天然砂砾垫层厚15cm。平道牙，路拱横坡2%，采用棋盘型布置方式，路面宽度为6m，道路转弯半径12m，道路纵坡约0.5%。

新建厂外道路采用中粒式沥青混凝土路面结构：沥青混凝土面层厚7cm、水泥稳定碎石基层厚32cm，天然砂砾垫层厚21cm，厂外道路路面宽6.0m、路基宽7.0m（土路肩50cm），路拱横坡2%、路肩横坡3%，全线为直线段，不设置圆曲线。

井场道路共计4711m，其中首采区井场道路长2775m，备采区井场道路长1936m。井场道路平面呈枝状分布，由水冶厂连接至各个集控设施，采用泥结碎石路面结构：砂砾磨耗层厚4cm，泥结碎石面层厚11cm，天然砂砾垫层厚15cm。道路转弯半径15m，路面宽度4.0m，可满足井场日常巡检和消防车通行的要求。

3）土石方平衡

本项目挖方量16917m^3，填方量14492m^3，剩余表土2425m^3堆存在蒸发池旁的表土堆存场地，待蒸发池退役覆盖时利用。

3.10.6绿化

为美化环境、减轻污染、改善局部环境质量，项目新增绿化面积约

13470m^2。

3.11 主要原辅材料来源、消耗

本项目生产过程中所需的主要原辅材料包括液氧、液态二氧化碳、碳酸氢钠、工业盐酸、氢氧化钠、树脂等。根据当地的运输及物资供应情况，原材料采用供方送货或委托当地运输公司的协作方式。

本项目主要原辅材料及工艺动力消耗分别见表 3.11-1。

表 3.11- 1　主要原辅材料消耗表

序号	名 称	规格	单位	年用量
1	盐酸	工业级	t/a	1200
2	氢氧化钠	/	t/a	400
3	碳酸氢钠	/	t/a	200
4	氯化钠	96%	t/a	800
5	树脂	201×7 强碱性	t/a	8
6	液态氧	/	t/a	2700
7	液态二氧化碳	/	t/a	1350

3.12 运行期污染物产生及处理

3.12.1含放射性核素的污染物

3.12.1.1气载流出物

本项目气载流出物主要来自集液罐、浸出液处理厂房和蒸发池。

1）集液罐

集液罐用于收集和暂存浸出液，浸出液自抽出井抽出时，携带和溶解了一定量的氡气，经管道集中于集液罐时，氡气通过集液罐排气孔自由释放于大气。

集液罐氡的释放主要跟地下水中氡浓度和浸出液量相关，海力锦铀矿床和钱Ⅳ块铀矿床均位于松辽盆地，海力锦铀矿床含矿地下水中氡浓度最大值为 2083Bq/L，钱Ⅳ块铀矿床含矿地下水中氡浓度最大值为 2028Bq/L。可见，两矿床含矿含水层地下水中氡浓度基本一致。同时，本项目与钱Ⅳ块地浸工程均采用 CO_2+O_2 的中性浸出工艺。因此，本项目类比钱Ⅳ块地浸工程集液罐监测数据，集液罐排气孔处测得的氡浓度为 30.7~38.2kBq/m^3，保守考

虑取 38.2kBq/m³。本项目浸出液抽出量约 555.66 万 m³/a，即排气孔流量为 0.18m³/s，则生产过程中集液罐氡气量排放约为 2.12×10^{11}Bq/a。

2）浸出液处理厂房

本项目浸出液处理厂房吸附塔区、淋洗塔区等生产区产生的氡及其子体，采取全面通风措施后，由高出周围 50m 范围内最高建筑物屋脊 3m 的排气筒排至大气扩散稀释。

类比钱Ⅳ地块地浸采铀工程近三年水冶厂氡气监测结果，水冶厂排气筒处氡气浓度范围为 61.3~82.4Bq/m³，保守考虑取 82.4Bq/m³，本项目浸出液处理厂房总排风量为 162880m³/h，则浸出液处理厂房氡气排放量约为 1.18×10^{11}Bq/a。

3）蒸发池

生产期间，蒸发池中氡气释放主要来自生产废水蒸发时水中吸附氡气的释放。根据生态环境部核基地项目对蒸发池水面氡析出率的实际监测数据，通辽钱Ⅱ块蒸发池水面氡析出率为 0.035~0.060Bq/m²·s。类比通辽钱Ⅱ地浸采铀工程蒸发池氡析出率监测结果，保守取 0.060Bq/m²·s，本项目蒸发池蒸发面积为 23400m²，则本项目蒸发池氡气释放量为 4.43×10^{10}Bq/a。

3.12.1.2放射性废水

1）工艺废水

本项目工艺废水主要包括转型尾液、反渗透浓水、沉淀母液及冲洗废水等，产生量合计为 75.5m³/d。该废水不外排，全部排入蒸发池处理。具体如下：

（1）转型尾液

本项目大部分吸附尾液返回井场，剩余全部用于转型工艺，而后产生的转型尾液大部分通过反渗透废水处理设施处理，小部分（35.01m³/d）直接排入蒸发池处理，该部分转型废水中 $U_{天然}$浓度约为 1.5mg/L。

（2）反渗透浓水

转型尾液经反渗透处理后产生的清水全部返回井场，产生的浓水（29.18m³/d）排入蒸发池处理，该部分反渗透浓水中 $U_{天然}$浓度约为 6.0mg/L。

（3）沉淀母液

本项目沉淀工序会产生少量沉淀母液，约 4.44m³/d，其中 U 天然浓度约为 5.0mg/L，排入蒸发池处理。

（4）冲洗废水

在生产过程中浸出液处理厂房内地面冲洗也会产生少量废水，约 6.87m³/d，其中 U 天然浓度较低，排入蒸发池处理。

2）实验废水

本项目设有分析实验室，负责水冶厂及井场的日常化学分析工作，化学分析实验过程会产生少量废水，产生量约 0.5m³/d，经收集后排入蒸发池，自然蒸发。

综上所述，本项目最终排入蒸发池的废水主要包括工艺废水和实验废水，排放总量为 76m³/d，水平衡详见图 3.12-1。

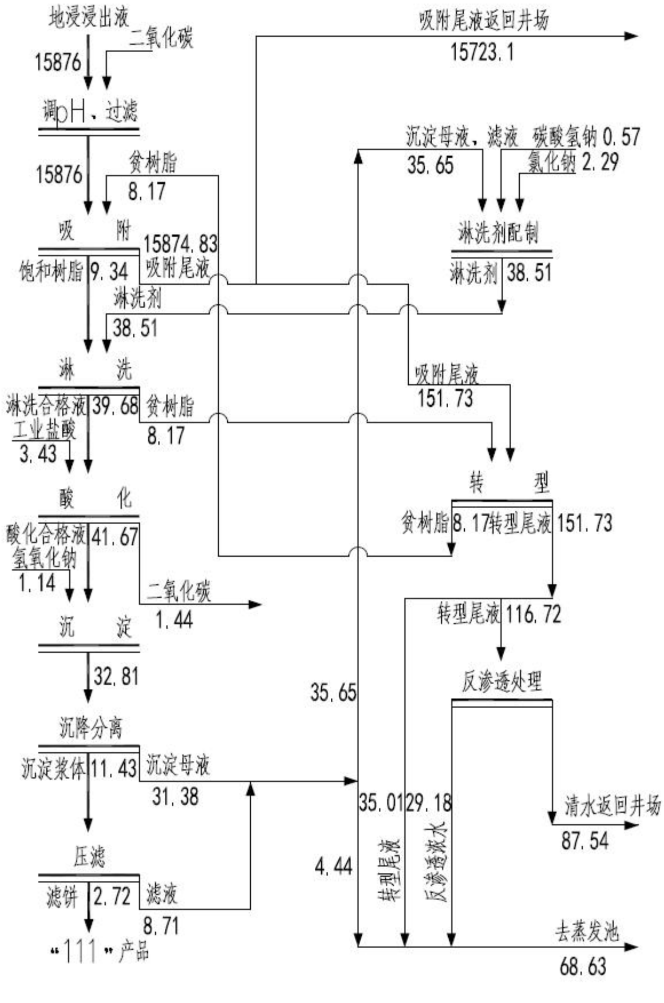


图 3.12-1 本项目水平衡图（t/d）

本项目新建 8 座蒸发池，总蒸发面积 23400m^2，池深 1.5m，蒸发池防渗结构由下至上依次为钠基膨润土防水毯（4800g/m^2）、HDPE 土工膜(膜厚 1.5mm)、长丝无纺土工布（500g/m^2）、HDPE 土工膜(膜厚 1.5mm)、长丝无纺土工布（500g/m^2）。此外，本项目在蒸发池防渗层内安装渗漏检测装置以便及时发现渗漏，并在蒸发池周围设置了地下水监测井，定期对监测井中的地下水进行取样监测。同时，对于排入蒸发池的废水，定期监测其中 $U_{天然}$浓度，监测频次为每年监测 1 次。

3）流散浸出液

在正常的生产过程中，由于井场抽液量大于注液量，井场的抽出井和注入井之间形成规则的水位降落漏斗，浸出剂及浸出液在含矿含水层中由注入井向抽出井流动，一般不会发生向井场外流散的现象。但由于地质条件的复杂性和地下水动力的影响，不可避免地会出现部分浸出剂流散至井场外。

为了避免流散浸出液在含矿含水层中的逸散，在项目生产过程中采取了如下的技术措施：

（1）严格控制抽注液的区域平衡，整体抽大于注的比例不小于 0.3%，边界抽大于注比例不小于 0.5%，保障区域地下水由注入井向抽出井流动。在抽液、注液管道上安装压力表和流量计，严格计量抽液量和注液量，并根据抽出井的抽液能力调节其周围注孔的分布及注液量，控制浸出剂的流失。

（2）加大含矿含水层地质勘查，增强地质条件的熟悉程度，依据矿体形态和抽注液量平衡合理布置生产井，减少出现溶浸死角或浸出剂逸散的可能。

（3）在井场外围和矿床上下含水层中设置了监测井，随时发现可能的水平扩散和垂直泄漏，避免含铀溶液的流失，减少金属损失和地下水污染；将生产数据与本底值比较，分析生产状态并进行优化；定期对监测井中的地下水进行抽样监测，并对水中的元素及化学成分变化情况进行分析，掌握地下水水质变化动态，并实时调整抽注液的平衡，实现溶浸范围的控制。

在采取了有效的措施后，浸出液的流散可得到有效地控制。

4）洗井废水

生产过程中，注入井在工作一段时间后由于杂质的累积可能导致注液量明显下降，因此需要对注入井采取反复的机械洗井工作，会产生一定的洗井废水。

洗井废水采用移动式环保洗井工作站处理，该设施具有收集、储存、运输、澄清等功能，是专门用于收集、处理洗井废水的环保设备。处理后的澄清液回收至集液罐，废渣装桶晾晒后存入固体废物库。

3.12.1.3放射性固体废物

本项目运行期产生的含放射性核素的固体废物主要是浸出液处理残渣、洗井废渣、废旧设备及零配件等。

1）浸出液处理残渣和洗井废渣

本项目生产过程中浸出液过滤过程中产生少量的残渣，环保洗孔工作站处理洗井废水时产生少量的废渣，该残渣和废渣主要为含矿层碎石，按照海力锦矿床铀矿石平均品位计算，$U_{天然}$含量为432mg/kg。类比通辽钱IV块地浸采铀工程，产生量约为0.43t/a，运行期总产生量为6.45t。在装桶收集后首先进行晾晒，然后再封盖密闭暂存于固体废物库。

2）废旧设备及零配件

本项目生产过程中检修会产生一定量的废旧阀门、水泵、过滤器、管线等放射性固体废物，产生量合计约10m^3/a。产生的废旧设备及零配件进行简单擦拭去污后，α、β表面污染水平分别高于0.08Bq/cm^2和0.8Bq/cm^2的作为放射性固体废物处置，暂存于固体废物库。固体废物库储存的放射性废旧金属、设备达到一定量后，统一送至审管部门认可的废旧金属处理中心处理；α、β表面污染水平低于该标准的，作为非放射性固体废物处置。

3.12.2非放射性污染物

3.12.2.1非放射性废气

本项目浸出液处理厂房在酸化工序以及盐酸库会产生HCl气体。其中，酸化工序盐酸全部密闭在罐体和管线中，且为保持盐酸管道的密闭性，管线上设流量计，确保物料始终处于安全控制中。另外，装置设备管线连接处采用密封垫片，以减少HCl的无组织排放。总体来看，厂房中的HCl气体排放量较小；盐酸库HCl气体主要来源于盐酸贮罐的呼吸排放和物料装卸过程中

的少量排放。呼吸排放是由于温度和大气压力变化引起蒸汽的膨胀和收缩而产生的废气，是非人为干扰的自然排放方式。

盐酸贮罐的无组织排放主要为呼吸排放和物料装卸过程中的工作损失，根据《工业污染源调查与研究》（美国环境保护局），储罐大小呼吸估算公式见公式 3.12-2 和公式 3.12-3。

1）呼吸排放量

$$L_B = 0.191 \times M \left(\frac{P}{100910 - P}\right)^{0.68} \times D^{1.73} \times H^{0.51} \times \Delta T^{0.45} \times F_P \times C \times K_C \quad (式 3.12\text{-}2)$$

式中：L_B—固定顶罐的呼吸排放量，kg/a；

M—储罐内蒸气的分子量，36.5g/mol；

P—在大量液体状态下，真实的蒸汽压力，根据《环境统计手册》（四川科学技术出版社，1985 年），取 519Pa；

D—罐的直径，卧罐采用等效直径，即 6.31m；

H—平均蒸气空间高度，即液面到罐顶的高度。本项目盐酸贮罐内盐酸存量一般为容积的 80%，计算得到 H 为 0.3m；

ΔT—一天之内的平均温度差，根据气象资料，为 11.4℃；

F_P—涂层因子，无量纲，根据油漆状况取值在 1~1.5 之间，取 1.25；

C—用于小直径罐的调节因子，无量纲；直径在 0~9m 之间的罐体，$C = 1 - 0.0123(D-9)^2$，罐径大于 9m 的 C =1。经计算为 0.7256；

K_C—产品因子，石油原油 K_C 取 0.65，其他有机液体取 1.0。

经计算，2 台盐酸贮罐呼吸排放量为 17.36kg/a，即 1.98×10^{-3}kg/h。

2）工作损失排放量

$$L_W = 4.188 \times 10^{-7} \times M \times P \times K_N \times K_C \times Q \times \rho \quad (式 3.12\text{-}3)$$

式中：L_W—固定顶罐的工作损失，kg/a；

M—储罐内蒸气的分子量，36.5g/mol；

P—在大量液体状态下，真实的蒸汽压力，取 519Pa；

K_C—产品因子，取 1.0；

L_N—周转因子，无量纲，取值按年倒罐次数 K 确定：$K \le 36$，K_N=1；

$36<K\leq220$，$K_N=11.467\times K^{-0.7026}$；$K>220$，$K_N=0.26$。本项目 $K\leq36$，$K_N=1$。

Q—物料投入量，1200t/a；

ρ—物料相对密度，1.15g/cm^3；

经计算，盐酸储罐工作损失排放量为 8.25kg/a，即 9.41×10^{-4}kg/h。因此，两种方式排放量合计为 2.93×10^{-3}kg/h，即 8.12×10^{-4}g/s。

（3）排气量

本项目向贮罐补充盐酸时补充速率为 60m^3/h，在盐酸液体补充过程中，盐酸罐内的气体经排气孔排出，其排气量与液体补充速率一致，为 60m^3/h。

3.12.2.2非放射性废水

本项目非放射性废水主要为水冶厂的生活污水，其主要污染物为 COD、BOD_5、氨氮等，总量约 26m^3/d。本项目配置一套地埋式一体化污水处理设施，在非霜冻期，生活污水经处理后 BOD_5、氨氮等满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）绿化、道路清扫标准，回用于场地绿化和道路降尘。考虑到本项目生活污水组分简单且水质稳定、污水处理设施工艺成熟可靠且运行稳定，处理后的清水水质稳定可控，因此将处理后清水的监测频次设定为 1 次/年；在霜冻期，定期外运至污水处理厂统一处理，废水不外排。

本项目污水处理设施采用 MBR 生物膜处理工艺，处理能力均为 5m^3/h，可以满足本项目废水处理要求。MBR 生物膜处理工艺是一种由膜分离单元和生物处理单元相结合的新型水处理技术，该技术已被生态环境部列入《国家先进污染防治技术目录（水污染防治领域）》（生态环境部，公告〔2020〕第 2 号）中，适用于生活污水处理领域，相比传统工艺具有占地面积小、调节能力快、处理效果好的优点。

3.12.2.3非放射性固体废物

本项目非放射性固体废物包括钻井泥浆、废机油、实验室废物和生活垃圾。

1）钻井泥浆

本项目运行期备采区生产井的施工过程中会产生一定量的钻井泥浆，产生量约为 14424 m^3，处置措施与施工期处置措施相同，详见 5.2.3 节。

2）危险废物

本项目运行期设备维护保养会产生少量的废机油，根据《国家危险废物名录》（2025 年版），废机油属于危险废物，其废物类别 HW08。废机油尽量回收利用，仍有剩余时暂存于钱Ⅱ地浸工程危险废物暂存间，定期按订购协议返还供货单位或交由具备危险废物处置资质单位处置。

3）实验室废物

本项目设有分析实验室，在日常分析检测过程中会产生少量的废旧试剂瓶，产生量约 0.05t/a。根据《国家危险废物名录》（2025 年版），HW49 其他废物 900-047-49 废物代码中明确说明不包括“按实验室管理要求进行清洗后的废弃的烧杯、量器、漏斗等实验室用品”以及“按实验室管理要求进行清洗后的试剂包装物、容器危险废物”，本项目化验室废旧试剂瓶产生量极少，须严格按照实验室相关标准和操作规程进行清洗，清洗后的废旧试剂瓶作为一般固体废物处置。

4）生活垃圾

本项目非放射性固体废物为工作人员日常生活产生的生活垃圾。本项目劳动定员 70 人，按每人 0.8kg/d 定额估算，则生活垃圾产生量约为 0.056t/d，生活垃圾在指定地点集中存放，定期外运处理。

3.12.2.4噪声

本项目噪声源主要为水冶厂的泵类、空压机、风机等，单机噪声源强均≤90dB（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、水泵及空压机等均采取了有效的隔声、减振措施。噪声源强经处理后在厂界可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准，即昼间≤60dB（A），夜间≤50dB（A）。

3.12.3归一化排放量相符性分析

经计算，本项目放射性流出物 ^{222}Rn 归一化排放量为 XXXBq/100t(U)，满足《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）中地浸采铀矿山 ^{222}Rn 归一化排放量不超过 7×10^{12}Bq/100t（U）的限值要求。

3.13 废物最小化

本项目在原地浸出、浸出液处理过程中，从管理和技术措施等方面采取多种方式，最大可能地减少废气、废水、固体废物的产生，具体体现在：

1）采用了先进的 CO_2+O_2 中性浸出工艺，对非铀物质的浸出率极小，因此工艺本身对地下水的干扰和影响程度较小。

2）生产线采用密闭设备和管线，抽液管道、注液管道等均设有流量和压力的自动检测和报警装置，确保物料始终处于安全控制中，并在装置设备管线连接处采用密封垫片，有效地减少了物料的跑冒滴漏，抑制了废气的无组织排放。

3）本项目工艺废水大部分循环利用，约 99.7%吸附尾液经处理后返回配制浸出剂回用于地浸生产。

4）通过科学设置生产井、严格施工确保质量、采用整体 0.3%和边界 0.5%的抽大于注比例以及设置监测井等措施，实现溶浸范围的控制。

5）生产区及灌区地面全部水泥硬化，集液罐区、盐酸库区四周设围堰，防止料液泄漏入渗地下水。

6）蒸发池采用双层土工膜的复合防渗结构，可有效防止蒸发池渗漏污染地下水，并在底部设置检漏装置，及时发现可能发生的渗漏。

7）加强生产管理、设备管理和安全操作，预防污染。

4 环境质量状况

4.1 本底数据

4.1.1 区域本底数据

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），通辽市及内蒙古自治区的γ辐射剂量率本底值见表 4.1-1。

表 4.1.1 通辽市及内蒙古自治区环境本底值

<table>
<tr><th colspan="2">监测项目</th><th>监测范围值</th></tr>
<tr><td rowspan="2">空气</td><td>氡浓度，Bq/m^3</td><td>3.3~40.8</td></tr>
<tr><td>氡子体，nJ/m^3</td><td>15.4~114</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地下水（潜水含水层）</td><td>$U_{天然}$，μg/L</td><td>0.38~101.6</td></tr>
<tr><td>^{226}Ra，mBq/L</td><td>1.55~203.9</td></tr>
<tr><td rowspan="2">土壤</td><td>$U_{天然}$，mg/kg</td><td>1.12~2.86</td></tr>
<tr><td>^{226}Ra，Bq/kg</td><td>7.38~34.66</td></tr>
<tr><td colspan="2">γ辐射剂量率，nGy/h</td><td>30.5~96</td></tr>
</table>

注：γ辐射剂量率监测数据已扣除宇宙射线。

4.1.2 矿区本底数据

根据海力锦地浸采铀试验环评过程中本底调查及项目施工期地下水本底调查数据，海力锦铀矿床建矿前γ辐射剂量率、氡浓度、含矿含水层地下水及土壤的本底监测数据见表 4.1-2。

表 4.1-2 建矿前本底数据汇总表

<table>
<tr><th colspan="2">监测项目</th><th>单位</th><th>范围值</th></tr>
<tr><td colspan="2">γ辐射剂量率</td><td>nGy/h</td><td>38~58</td></tr>
<tr><td rowspan="2">空气</td><td>氡浓度</td><td>Bq/m^3</td><td>6.42~8.55</td></tr>
<tr><td>氡子体浓度</td><td>nJ/m^3</td><td>16.98~26.19</td></tr>
<tr><td rowspan="2">土壤</td><td>^{238}U</td><td>mg/kg</td><td>0.70~1.40</td></tr>
<tr><td>^{226}Ra</td><td>Bq/kg</td><td>13.72~33.72</td></tr>
<tr><td rowspan="5">含矿层地下水</td><td>$U_{天然}$</td><td>mg/L</td><td>0.284~1.10</td></tr>
<tr><td>^{226}Ra</td><td>Bq/L</td><td>5.16~26.9</td></tr>
<tr><td>^{210}Pb</td><td>mBq/L</td><td>20.6~6260</td></tr>
<tr><td>^{210}Po</td><td>mBq/L</td><td>26.5~1260</td></tr>
<tr><td>pH</td><td>/</td><td>8.12~9.20</td></tr>
</table>

监测项目		单位	范围值
	Na^{+}	g/L	1.40~2.70
	K^{+}	mg/L	7.07~27.1
	Ca^{2+}	mg/L	2.73~16.4
	Mg^{2+}	mg/L	1.51~12.1
	F^{-}	mg/L	18.2~36.2
	Cl^{-}	mg/L	174~376
	SO_4^{2-}	mg/L	36.16~189
	HCO_3^{-}	g/L	3.35~6.26
	CO_3^{2-}	g/L	ND~0.511
	NO_3^{-}	mg/L	ND~20.1
	NO_2^{-}	mg/L	ND~35.4
	Cr^{6+}	mg/L	ND~0.006
	Mn	μg/L	3.11~22.91
	Zn	μg/L	ND
	Cu	μg/L	ND~17.19
	Pb	μg/L	ND ~1.02
	Cd	μg/L	ND~0.075
	Fe	μg/L	29.6~183
	As	μg/L	2.69~36.2
	Hg	μg/L	ND~0.40
	Mo	μg/L	28.0~55.8
	总硬度	mg/L	14.30~62
	NH_3-N	mg/L	ND~0.25
	总溶解性固体	g/L	3.53~11.4
	COD_{Mn}	mg/L	0.78~4.92
潜水地下水	$U_{天然}$	μg/L	ND~101.6
	^{226}Ra	mBq/L	4.83~12.24
	^{210}Pb	mBq/L	2.85~7.80
	^{210}Po	mBq/L	2.63~7.66
	pH	/	7.63~8.32
	Na^{+}	mg/L	34.56~245
	K^{+}	mg/L	0.73~2.23
	Ca^{2+}	mg/L	47.28~111

监测项目		单位	范围值
	Mg^{2+}	mg/L	27.09~70.96
	F^-	mg/L	0.71~1.57
	Cl^-	mg/L	87~239
	SO_4^{2-}	mg/L	1.02~70.11
	HCO_3^-	mg/L	332~1237
	CO_3^{2-}	mg/L	ND~12.34
	NO_3^-	mg/L	0.93~1.64
	NO_2^-	mg/L	ND~0.50
	Cr^{6+}	mg/L	ND
	Mn	μg/L	0.52~364
	Zn	μg/L	ND~2.58
	Cu	μg/L	0.62~3.77
	Pb	μg/L	0.14~0.81
	Cd	μg/L	ND
	Fe	μg/L	ND~12
	As	μg/L	0.42~95.83
	Hg	μg/L	ND~0.12
	Mo	μg/L	ND~1.99
	总硬度	mg/L	249~568
	NH_3-N	mg/L	0.11~3.27
	总溶解性固体	mg/L	352~1575
	COD_{Mn}	mg/L	ND~1.96

4.2 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。

4.3 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完成，共计开展了两次监测。第一次监测时间为 2025 年 5 月，第二次监测时间为 2025 年 9 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 240021349822，有效期至 2030 年 4 月 7 日，所出具的监测报告是有效的。

本次环境监测内容主要包括：

1）空气：氡及其子体、TSP、SO_2、NO_x、HCl；

2）氡析出率；

3）γ辐射剂量率；

4）地下水：$U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po、总α、总β、pH、K^+、Na^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、CO_3^{2-}、HCO_3^-、Cl^-、SO_4^{2-}、氨氮、NO_3^-、NO_2^-、As、Hg、Cr^{6+}、Zn、Cu、Pb、Cd、Fe、Mn、Mo、总溶解性固体、总硬度、F^-、COD_{Mn}；

5）土壤：$U_{天然}$、^{226}Ra、pH、As、Cd、Hg、Pb、Cr、Cr^{6+}、Zn、Ni、Cu；

6）生物：$U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po；

7）声环境：等效声级 L_{Aeq}；

本项目周边环境监测方案见表 4.3-1，监测布点图见图 4.3-1。

表 4.3-1 环境质量监测方案

<table>
<tr><th>环境介质</th><th>监测项目</th><th colspan="2">监测位置</th><th>点位数量（个）</th><th>监测频次及要求</th></tr>
<tr><td rowspan="2">空气</td><td>氡及其子体</td><td colspan="2">①拟建井场、拟建水冶厂各布置 1 个；
②居民点：大海力锦嘎查、刘家；
③对照点：宝德勒嘎查。</td><td>5</td><td>连续监测 3 天，东海力锦嘎查、西海力锦嘎查每日 24h，其余点位每日 1 次。</td></tr>
<tr><td>TSP、SO_2、NO_x、HCl</td><td colspan="2">①拟建井场、拟建水冶厂各布置 1 个；
②居民点：刘家；
③对照点：宝德勒嘎查。</td><td>4</td><td>连续监测 3 天，TSP 取 24h 平均值，其余取 1h 平均值。</td></tr>
<tr><td colspan="2">氡析出率</td><td colspan="2">①拟建井场、拟建水冶厂各布置 1 个。</td><td>2</td><td>连续监测 3 天，每日 1 次。</td></tr>
<tr><td colspan="2">γ辐射剂量率</td><td colspan="2">同氡及其子体监测点位。</td><td>5</td><td>监测 1 次</td></tr>
<tr><td>地下水</td><td>$U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po、总α、总β、pH、K^+、Na^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、CO_3^{2-}、HCO_3^-、Cl^-、SO_4^{2-}、氨氮、NO_3^-、NO_2^-、As、Hg、Cr^{6+}、Zn、Cu、Pb、Cd、Fe、Mn、Mo、总溶解性固体、总硬度、F^-、COD_{Mn}。</td><td colspan="2">①潜水含水层：刘家、包楞海力锦嘎查、小额伦索克嘎查、宝日罕吐嘎查、小哈日干吐嘎查（对照点）各布设 1 个；
②含矿含水层：海力锦铀矿床水文勘察孔 SW1 和 SW2。</td><td>潜水层：5
含矿层：2</td><td>监测 1 次</td></tr>
<tr><td rowspan="2">土壤</td><td rowspan="2">$U_{天然}$、^{226}Ra、pH、As、Cd、Hg、Pb、Cr、Cr^{6+}、Zn、Ni、Cu</td><td>柱状样点</td><td>①拟建水冶厂房处布置 1 个；
②拟建井场管线处布置 1 个；
③拟建蒸发池处布置 1 个。</td><td>9</td><td>在 0~0.5m、0.5~1.5m、1.5~3m 深度分别取样监测。</td></tr>
<tr><td>表层样点</td><td>①拟建水冶厂布置 1 个；
②居民点：大海力锦嘎查附近；
③对照点：宝德勒嘎查。</td><td>3</td><td>在 0~0.2m 深度取样监测。</td></tr>
<tr><td>生物</td><td>$U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po</td><td colspan="2">①拟建水冶厂布置 1 个；
②居民点：大海力锦嘎查附近；
③对照点：宝德勒嘎查。</td><td>3</td><td>玉米等农作物</td></tr>
<tr><td>噪声</td><td>等效声级 L_{Aeq}</td><td colspan="2">①拟建水冶厂布置 1 个；
②大海力锦嘎查布置 1 个。</td><td>2</td><td>连续监测 2 天，每日昼夜各 1 次。</td></tr>
</table>

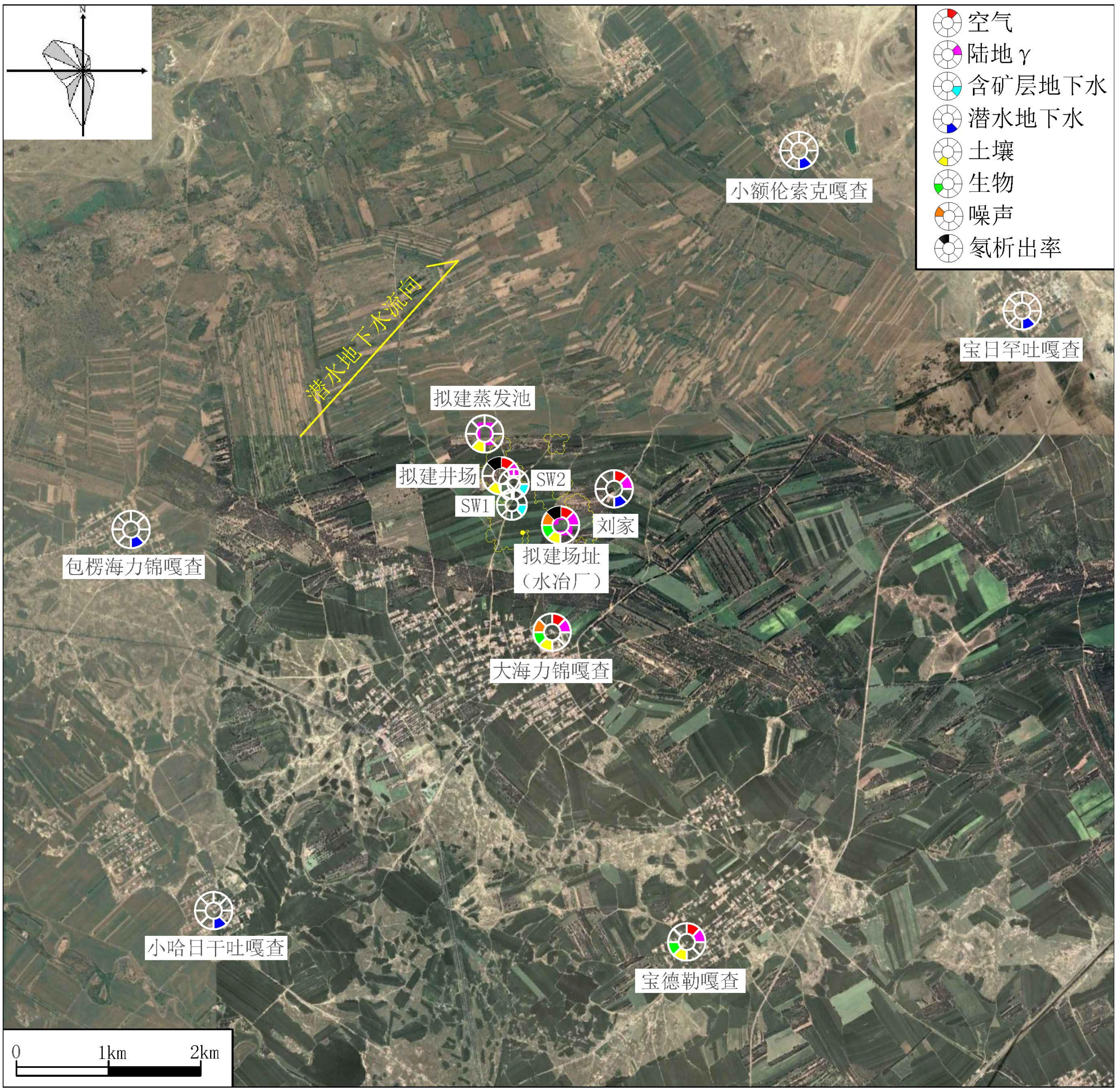


图 4.3-1 环境质量监测布点图

4.3.2 监测方法和测量仪器

为保证测量数据的准确性，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。本项目监测内容和测量分析方法及监测仪器见表 4.3-3。

4.3.3 监测质量保证

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，经过上级部门考核，取得合格证书，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，包括采样记录、监测记录、质量控制记录、核查、对比分析记录、记录保管等方面的内容。

表 4.3-2 环境监测方法和测量仪器

监测介质	监测项目	监测方法依据	监测仪器	检出限
空气	^{222}Rn	《环境空气中氡的测量方法》HJ 1212-2021	电子氡气检测仪	$3.7Bq/m^3$
	^{222}Rn 子体	《铀矿山空气中氡及氡子体测定方法》EJ 378-1989	氡/钍子体个人剂量仪	$10.2nJ/m^3$
	TSP	《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》HJ1263-2022	滤膜半自动称重系统	$7\mu g/m^3$
	二氧化硫	《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》HJ 482-2009	分光光度计	$0.004mg/m^3$
	氮氧化物	《环境空气 氮氧化物(一氧化氮和二氧化氮)的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法》HJ 479-2009	分光光度计	$0.003mg/m^3$
	氯化氢	《环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法》 HJ 549-2016	离子色谱仪	$0.02mg/m^3$
氡析出率	氡析出率	《表面氡析出率测定积累法》EJ/T 979-1995	氡析出率仪	$0.001Bq/(m^2\bullet S)$
γ剂量率	γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 HJ1157-2021	x-γ剂量率仪	10nGy/h
地下水	$U_{天然}$	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 》HJ700-2014	电感耦合等离子质谱仪	0.04μg/L
	^{226}Ra	《水中镭-226 的分析测定》GB/T11214-1989	全自动镭氡分析仪	2mBq/L
	^{210}Po	《水中钋-210 的分析方法》HJ813-2016	四通道 ALPHA 谱仪	1mBq/L
	^{210}Pb	《水中铅-210 的分析方法 冠醚树脂分离-β计数器法》 HJ1323-2023	二路低本底α、β测量仪	2mBq/L
	总α	《水质 总α放射性的测定 厚源法》HJ898-2017		0.005Bq/L
	总β	《水质 总β放射性的测定 厚源法》HJ899-2017		0.01Bq/L
	CO_3^{2-}	《水和废水监测分析方法》（第四版）3.1.12（1）-2002	滴定管	5mg/L
	HCO_3^-			5mg/L
	SO_4^{2-}	《水质 无机阴离子（F^-、Cl^-、NO_2^-、Br^-、NO_3^-、PO_4^{3-}、SO_3^{2-}、SO_4^{2-}）的测定 离子色谱法》HJ84-2016	离子色谱仪	0.018mg/L
	Cl^-			0.007mg/L
	F^-			0.006mg/L
	NO_3^-			0.016mg/L
	NO_2^-			0.016mg/L

续表 4.3-2 环境监测方法和测量仪器

监测介质	监测项目	监测方法依据	监测仪器	检出限
地下水	K^+	《水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》HJ776-2015	电感耦合等离子发射光谱仪	0.07mg/L
	Na^+			0.03mg/L
	Ca^{2+}			0.02mg/L
	Mg^{2+}			0.02mg/L
	Fe			0.01mg/L
	Cu	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 》HJ700-2014	电感耦合等离子体质谱仪	0.08μg/L
	Pb			0.09μg/L
	Cd			0.05μg/L
	Mn			0.12μg/L
	Mo			0.06μg/L
	Zn			0.67μg/L
	As	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ694-2014	原子荧光光度计	0.3μg/L
	Hg			0.04μg/L
	Cr^{6+}	《水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB/T 7467-1987	可见分光光度计	4μg/L
	TDS	《水质 全盐量的测定 重量法》HJ 51-2024	电子天平	10mg/L
	COD_{Mn}	《水质 高锰酸盐指数的测定》GB/T 11892-1989	滴定管	0.5mg/L
	总硬度	《水质 钙和镁总量的测定 EDTA 滴定法》GB/T 7477-1987	滴定管	5mg/L
	氨氮	《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》HJ535-2009	分光光度计	0.025mg/L
	pH	《水质 pH 值的测定 电极法》 HJ1147-2020	pH 计	0~14
土壤	U	《硅酸盐岩石化学分析方法第 30 部分：44 个元素量测定》GB/T14506.30-2010	电感耦合等离子体质谱仪	0.003μg/g
	^{226}Ra	《岩石样品 ^{226}Ra 的测定 射气法》GB/T13073-2010	全自动镭氡分析仪	5Bq/kg
	Hg	《土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法》GB/T22105-2008	原子荧光光度计	0.002mg/kg
	As			0.01mg/kg

监测介质	监测项目	监测方法依据	监测仪器	检出限
土壤	Cr	《土壤和沉积物 铜、锌、铅、镍、铬的测定 火焰原子吸收分光光度法》HJ491-2019	原子吸收分光光度计	4mg/kg
	Cr^{6+}	《土壤和沉积物 六价铬的测定 碱溶液提取-火焰原子吸收分光光度法》HJ 1082-2019	原子吸收分光光度计	0.5μg/g
	Cd	《硅酸盐岩石化学分析方法第 30 部分：44 个元素量测定》GB/T14506.30-2010	电感耦合等离子体质谱仪	0.02μg/g
	Pb			0.1μg/g
	Cu			0.2μg/g
	Ni			1μg/g
	Zn			2μg/g
	pH	《土壤 pH 值的测定 电位法》HJ962-2018	pH 计	/
生物	$U_{天然}$	《环境样品中微量铀的分析方法》HJ840-2017	微量铀分析仪	0.1μg/kg
	^{226}Ra	《食品安全国家标准 食品中放射性物质镭-226 和镭-228 的测定》GB14883.6-2016	镭氡分析仪	10mBq/kg
	^{210}Pb	《环境及生物样品中放射性核素的γ能谱分析方法》GB/T 16145-2022	高纯锗γ能谱仪	10mBq/kg
	^{210}Po	《食品安全国家标准 食品中放射性物质钋-210 的测定》GB14883.5-2016	二路低本底α、β测量仪	5mBq/kg
噪声	噪声	《声环境质量标准 第 6 部分 环境噪声监测要求》GB3096-2008	多功能声级计	23dB

4.4 调查结果与分析

4.4.1 环境空气

1）氡及氡子体监测结果

本项目环境空气中氡及氡子体浓度监测结果见表 4.4-1。由该表可知，项目所在位置及周边居民点的氡浓度为（7.10 ~ 8.61）Bq/m³、氡子体为（17.3 ~ 23.5）nJ/m³，与对照点及本底处于同一水平。

表 4.4-1 氡及氡子体浓度监测结果

序号	监测地点	氡浓度（Bq/m³）		氡子体浓度（nJ/m³）	
		第一次	第二次	第一次	第二次
1	拟建井场	7.37~7.54	7.49~7.74	17.3~20.4	17.3~21.4
2	拟建水冶厂	7.10~7.45	7.46~7.66	18.4~19.4	17.3~18.4
3	刘家	8.13~8.61	8.18~8.55	21.4~23.5	20.4~22.4
4	大海力锦嘎查	8.07~8.54	7.95~8.28	19.4~22.4	18.4~21.4
5	宝德勒嘎查（对照点）	8.38~8.62	8.32~8.54	20.4~22.4	19.4~22.4
本底数据		6.42~8.55		16.98~26.19	

2）非放射性监测结果

本项目拟建场址周边居民点空气中 TSP、SO_2、NO_X和 HCl 浓度监测结果见表 4.2-2。由表可知，TSP 浓度监测范围值为（110~131）μg/m³，SO_2浓度监测范围值为（10~14）μg/m³，NO_X浓度监测范围值为（7~11）μg/m³，均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）中（过渡阶段）二级标准限值要求；HCl 监测浓度未检出，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D 中标准限值要求。

表 4.4-2 空气中非放射性监测结果

监测地点		拟建井场	拟建水冶厂	刘家	宝德勒嘎查	GB3095-2026 标准限值/HJ 2.2-2018 附录 D
TSP（μg/m³）	第一次	110~125	116~124	110~131	117~129	300
	第二次	116~129	118~127	122~131	117~127	
SO_2（μg/m³）	第一次	10~12	11~12	10~13	12	500
	第二次	10~11	11~12	12~14	10~14	
NO_X（μg/m³）	第一次	8~10	8~10	8~11	9~10	250
	第二次	7~9	8~10	7	7~11	
HCl	第一次	ND	ND	ND	ND	50

（μg/m³）	第二次	ND	ND	ND	ND	

4.4.2 γ辐射剂量率

本项目γ辐射剂量率监测结果见表 4.4-3。由表可知，本项目所在地及周边居民点γ辐射剂量率为（28~50）nGy/h，与对照点及本底处于同一水平。

表 4.4-3 γ辐射剂量率监测结果

编号	监测地点	监测结果（nGy/h）	
		第一次	第二次
1	拟建水冶厂	29~37	31~37
2	拟建井场	28~34	30~38
3	刘家	44~50	33~41
4	大海力锦嘎查	41~47	40~46
5	宝德勒嘎查（对照点)	47~51	42~48
本底数据		38~58	

4.4.3 氡析出率

本项目拟建场址地表氡析出率监测结果见表 4.4-4。由该表可知，拟建场址地表氡析出率为（0.00722 ~ 0.00795）$Bq/m^2 \cdot s$。

表 4.4-4 氡析出率监测结果　　单位：$Bq/m^2 \cdot s$

序号	监测点位	第一次	第二次
1	拟建井场	0.00737~0.00795	0.00729~0.00772
2	拟建水冶厂	0.00722~0.00787	0.00735~0.00782

4.4.4 地下水环境质量

1）放射性指标

（1）潜水含水层

本项目附近居民点潜水含水层地下水放射性核素监测结果见表 4.4-5。由表可知，潜水含水层地下水中 $U_{天然}$浓度为（0.08~20.1）μg/L，^{226}Ra 浓度为（5.27~9.99）mBq/L，^{210}Po 浓度为（ND~7.1）mBq/L，^{210}Pb 浓度为（2.1~6.0）mBq/L，与建矿前本底数据结果基本处于同一水平。总α浓度为（0.033~0.496）Bq/L，总β浓度为（0.052~0.212）Bq/L，均满足地下水Ⅲ类标准。

表 4.4-5 潜水含水层地下水放射性核素含量监测结果

监测项目	监测时间	刘家	包楞海力锦嘎查	小额伦索克嘎查	宝日罕吐嘎查	小哈日干吐嘎查（对照点）	本底/III 类标准值
$U_{天然}$（μg/L）	第一次	20.1	0.08	3.91	2.76	0.25	0.38~101.6
	第二次	19.5	0.18	4.99	2.52	0.15	
^{226}Ra（mBq/L）	第一次	6.96	9.16	5.83	5.27	58.5	1.55~203.9
	第二次	6.87	8.15	6.12	9.99	43.4	
^{210}Po（mBq/L）	第一次	ND	ND	3.9	1.4	1.3	2.63~7.66
	第二次	ND	ND	7.1	2.8	ND	
^{210}Pb（mBq/L）	第一次	2.2	4.1	6.0	3.7	2.2	2.85~7.80
	第二次	2.1	3.5	4.7	3.0	3.0	
总α（Bq/L）	第一次	0.487	0.033	0.112	0.081	0.102	≤0.5
	第二次	0.496	0.036	0.129	0.042	0.042	
总β（Bq/L）	第一次	0.205	0.052	0.135	0.112	0.133	≤1.0
	第二次	0.212	0.058	0.137	0.141	0.141	

（2）含矿含水层

本项目含矿含水层地下水监测结果见表 4.4-6。由表可知，含矿含水层地下水中 $U_{天然}$ 浓度范围为（0.716~1.085）mg/L，^{226}Ra 浓度范围为（3.593~7.381）Bq/L，^{210}Po 浓度范围为（20.1~55.5）mBq/L，^{210}Pb 浓度范围为（24.1~63.2）mBq/L，与对照点和建矿前本底数据结果基本处于同一水平。总α浓度为（26.67~32.72）Bq/L，总β浓度为（7.60~9.18）Bq/L，均高于地下水Ⅲ类标准。

表 4.4-6 含矿含水层地下水放射性核素含量监测结果

监测项目	SW1		SW2		本底/III 类标准值
	第一次	第二次	第一次	第二次	
$U_{天然}$（mg/L）	1.075	1.085	0.721	0.716	0.284~1.10
^{226}Ra（Bq/L）	3.593	3.606	7.349	7.381	5.16~26.9
^{210}Po（mBq/L）	20.1	20.2	55.2	55.5	26.5~1260
^{210}Pb（mBq/L）	24.5	24.1	63.2	62.6	20.6~6260
总α（Bq/L）	32.50	26.67	32.72	26.85	≤0.5
总β（Bq/L）	7.60	9.18	7.67	9.16	≤1.0

2）非放射性指标

（1）潜水含水层

本项目附近居民点潜水含水层地下水非放射性指标监测结果见表 4.4-7。由表可知，潜水含水层地下水中非放射性指标总体满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中Ⅲ类标准，个别因子背景值较高，包括 Na^{+}、F^{-}、NO_3^{-}、NO_2^{-}、Mn、As、总硬度和 TDS，但基本处于区域潜水含水层地下水本底范围内。

根据宝龙山区域潜水层水文地质资料，潜水水化学类型主要为 HCO_3–Na 型，水中 HCO_3^{-}及 Na^{+}含量较高，矿化度为（0.352~1.575）g/L。此外，本项目所在区域潜水含水层厚度较薄，富水性较差，水量较为贫乏，水位埋深较浅，不断发生蒸发排泄，由于蒸发浓缩作用的影响，导致区域内地下水中部分离子的本底值较高，为天然水文地质条件所致。

（2）含矿含水层

本项目含矿含水层地下水非放射性指标监测结果见表 4.4-8。由表可知，含矿含水层地下水中非放射性指标总体满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中Ⅲ类标准，个别因子背景值较高，包括 Na^{+}、NO_2^{-}、F^{-}、As 和 TDS，但均处于海力锦铀矿床含矿含水层地下水本底范围内。

根据海力锦铀矿勘查及试验环评等相关资料，海力锦铀矿床含矿含水层地下水水化学为 HCO_3-Na 型水，矿化度高达（3530~11400）mg/L。阴离子以 HCO_3^{-}为主，背景值高达（3350~6260）mg/L。阳离子以 Na^{+}为主，背景值为（1400~2700）mg/L，与本次环境现状监测结果基本一致。此外，地下水中 Fe^{2+}/Fe^{3+}比值一般介于 1.2 ~ 4.5 之间，表明地下水处于较强的还原环境，含水层介质中的氟、砷等离子易溶解于地下水中。同时，含矿层地下水径流缓慢，产生滞留作用，加剧了含矿层中易溶性矿物的溶解，使其所含离子浓度相对增大，最终导致形成高矿化水。

表 4.4-7 居民点地下水非放射性指标分析结果

监测项目	监测次数	刘家	包楞海力锦	小额伦索克	宝日罕吐	小哈日干吐	本底数据	III 类标准
pH	第一次	7.6	7.6	7.7	7.8	7.6	7.63~8.32	6.5~8.5
	第二次	7.7	7.6	7.6	7.7	7.6		
Cl^-（mg/L）	第一次	24.8	111	229	73.5	213	87~239	250
	第二次	24.4	64.2	210	69.2	118		
SO_4^{2-}（mg/L）	第一次	40.8	0.799	195	22.9	75.4	1.02~70.11	250
	第二次	42.5	1.50	172	15.6	39.2		
F^-（mg/L）	第一次	1.68	1.05	1.31	1.04	0.650	0.71~1.57	1
	第二次	1.71	1.50	1.42	1.07	1.27		
HCO_3^-（mg/L）	第一次	390	890	356	408	675	332~1237	—
	第二次	390	905	385	408	683		
CO_3^{2-}（mg/L）	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND~12.34	—
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND		
K^+（mg/L）	第一次	1.34	2.19	0.74	1.06	1.40	0.73~2.23	—
	第二次	1.28	2.12	0.55	0.65	1.61		
Na^+（mg/L）	第一次	22.5	185	141	86.6	209	34.56~245	200
	第二次	22.2	193	108	87.7	171		
Ca^{2+}（mg/L）	第一次	77.9	79.3	118	53.2	104	47.28~111	—
	第二次	77.2	66.8	138	53.6	74.8		
Mg^{2+}（mg/L）	第一次	42.6	65.9	51.6	35.1	51.4	27.09~70.96	—
	第二次	42.7	60.8	56.8	30.7	51.1		
Cr^{6+}（μg/L）	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	50
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND		
NO_3^-	第一次	19.7	0.474	5.30	0.400	1.32	0.93~1.64	20

监测项目	监测次数	刘家	包楞海力锦	小额伦索克	宝日罕吐	小哈日干吐	本底数据	III 类标准
（mg/L）	第二次	20.5	0.54	14.2	0.662	0.861		
NO_2^-（mg/L）	第一次	0.200	0.145	0.246	1.16	1.58	ND~0.50	1
	第二次	0.211	ND	ND	0.690	2.62		
Cu（μg/L）	第一次	1.48	0.79	1.06	0.30	0.47	0.62~3.77	1000
	第一次	1.51	0.98	1.82	0.81	1.36		
Pb（μg/L）	第一次	0.62	ND	ND	0.13	ND	0.14~0.81	10
	第二次	0.50	0.33	0.88	0.65	0.05		
Zn（μg/L）	第一次	3.12	ND	16.6	5.08	1.04	ND~2.58	1000
	第二次	3.00	3.16	3.98	3.46	3.77		
Mn（μg/L）	第一次	16.7	247	515	99.6	206	0.52~364	100
	第二次	17.2	196	647	126	150		
Mo（μg/L）	第一次	6.99	0.09	7.18	2.39	0.65	ND~1.99	70
	第二次	7.27	0.07	7.09	1.17	0.25		
Cd（μg/L）	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND		
As（μg/L）	第一次	3.7	0.4	17.2	1.2	ND	0.42~95.83	10
	第二次	3.9	0.3	14.5	1.3	1.1		
Hg（μg/L）	第一次	0.79	0.27	0.28	0.33	0.48	ND~0.12	1
	第二次	0.82	0.81	0.81	0.93	0.88		
Fe（mg/L）	第一次	0.10	0.28	0.12	0.05	0.16	ND~0.012	0.3
	第二次	0.11	0.12	0.09	0.09	0.12		
总溶解性固体（mg/L）	第一次	433	902	937	486	1009	352~1575	1000
	第二次	431	852	912	467	806		
总硬度	第一次	368	466	514	276	475	249~568	450

监测项目	监测次数	刘家	包楞海力锦	小额伦索克	宝日罕吐	小哈日干吐	本底数据	III 类标准
（mg/L）	第二次	370	415	576	262	399		
氨氮（mg/L）	第一次	0.231	0.177	0.081	0.208	0.448	0.11~3.27	0.5
	第二次	0.233	0.201	0.101	0.187	0.286		
COD_{Mn}（mg/L）	第一次	0.83	1.12	0.69	0.48	0.79	ND~1.96	3
	第二次	0.80	1.40	0.87	0.47	1.31		

表 4.4-8 含矿含水层地下水非放射性指标含量监测结果

监测项目	监测次数	SW1	SW2	本底数据	III 类标准
pH	第一次	8.2	8.4	8.12~9.20	6.5~8.5
	第二次	8.3	8.4		
Cl^-（mg/L）	第一次	106	135	174~376	250
	第二次	106	136		
SO_4^{2-}（mg/L）	第一次	12.5	16.6	6.16~189	250
	第二次	12.2	17.0		
F^-（mg/L）	第一次	5.37	8.43	18.2~36.2	1
	第二次	5.30	8.22		
HCO_3^-（mg/L）	第一次	1572	2472	3350~6260	—
	第二次	1561	2458		
CO_3^{2-}（mg/L）	第一次	116	144	ND ~511	—
	第二次	117	144		
K^+（mg/L）	第一次	5.35	7.25	7.07~27.1	—
	第二次	5.39	7.27		
Na^+（mg/L）	第一次	690	1097	1400~2700	200
	第二次	688	1088		
Ca^{2+}（mg/L）	第一次	22.38	12.31	2.35~16.4	—
	第二次	22.4	12.3		
Mg^{2+}（mg/L）	第一次	22.68	19.13	1.51~12.1	—
	第二次	22.5	19.0		
Cr^{6+}（μg/L）	第一次	ND	ND	ND~0.006	50
	第二次	ND	ND		
NO_3^-（mg/L）	第一次	2.48	1.24	ND~20.1	20
	第二次	2.60	1.20		
NO_2^-（mg/L）	第一次	1.57	2.23	ND~35.4	1
	第二次	1.62	3.11		
Cu（μg/L）	第一次	1.86	2.78	ND~17.19	1000
	第二次	1.93	2.79		
Pb（μg/L）	第一次	ND	1.30	ND ~1.02	10
	第二次	ND	1.27		
Zn（μg/L）	第一次	25.8	6.79	ND	1000
	第二次	25.0	6.62		

监测项目	监测次数	SW1	SW2	本底数据	III 类标准
Mn（μg/L）	第一次	3.74	4.23	3.11~22.91	100
	第二次	3.91	4.37		
Mo（μg/L）	第一次	28.2	32.8	28.0~55.8	70
	第二次	28.7	31.4		
Cd（μg/L）	第一次	0.06	0.06	ND~0.075	5
	第二次	0.05	0.06		
As（μg/L）	第一次	13.4	22.7	2.69~36.2	10
	第二次	14.0	21.9		
Hg（μg/L）	第一次	0.90	0.80	ND~0.40	1
	第二次	0.84	0.77		
总溶解性固体（mg/L）	第一次	1784	2715	3530~1140	1000
	第二次	1785	2697		
总硬度（mg/L）	第一次	150	110	14.30~62	450
	第二次	148	109		
氨氮（mg/L）	第一次	0.339	0.357	ND~0.25	0.5
	第二次	0.329	0.354		
COD_{Mn}（mg/L）	第一次	0.92	0.90	0.78~4.92	3
	第二次	0.94	0.94		

注：本底数据海力锦试验环评及施工阶段开展的本底监测数据。

4.4.5 土壤

1）放射性核素

本项目周边土壤中 $U_{天然}$和 ^{226}Ra 监测结果见表 4.4-9。由表可知，表层土壤中 $U_{天然}$范围值为（0.70~1.07）mg/kg，柱状样土壤中 $U_{天然}$范围值为（0.51~1.08）mg/kg，各深度土壤中 $U_{天然}$含量基本一致，均与对照点和本底数据处于同一水平。

表层土壤中 ^{226}Ra 范围值为（9.24~20.4）mg/kg，柱状样土壤中 ^{226}Ra 范围值为（6.65~11.8）Bq/kg，各深度土壤中 $U_{天然}$含量基本一致，均与对照点和本底数据处于同一水平。

表 4.4-9 土壤放射性核素含量监测结果

序号	采样地点	取样位置	$U_{天然}$（mg/kg）		^{226}Ra（Bq/kg）	
			第一次	第二次	第一次	第二次
1	大海力锦嘎查	表层土	1.01	1.07	20.4	19.1
2	拟建水冶厂	表层土	0.70	0.81	9.76	9.24
3	宝德勒嘎查（对照点）	表层土	0.97	1.36	11.4	10.3
4	拟建水冶厂	0~0.5m	0.84	0.87	9.80	10.1
5		0.5~1.5m	0.78	0.81	10.9	11.8
6		1.5~3.0m	0.56	0.71	9.31	8.87
7	拟建井场管线	0~0.5m	0.73	0.82	8.08	7.74
8		0.5~1.5m	0.65	0.77	6.65	7.08
9		1.5~3.0m	0.82	0.88	8.75	8.41
10	拟建蒸发池	0~0.5m	1.00	1.08	10.7	11.3
11		0.5~1.5m	0.80	0.89	9.53	9.51
12		1.5~3.0m	0.51	0.73	9.64	10.2
本底数据			0.70~1.40		13.72~33.72	

2）非放监测指标

本项目周边土壤中非放射性因子监测结果见表 4.4-10 和表 4.4-11。本项目周边居民点土壤中非放监测指标监测结果均满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的污染风险筛选值标准。拟建水冶厂、浸出液处理厂房、蒸发池及井场管线处表层样和柱状样土壤中非放监测指标监测结果均满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地污染风险筛选值的标准要求。此外，经对比表明，柱状样中各深度的监测因子浓度基本一致。

表 4.4-10 表层样土壤非放射性因子含量监测结果

监测项目	监测次数	大海力锦嘎查	宝德勒嘎查（对照点）	农用地标准	拟建水冶厂	建设用地标准
pH	第一次	8.77	8.79	＞7.5	7.31	—
	第二次	8.82	8.58		7.30	
As (mg/kg)	第一次	4.87	5.44	25	3.31	60
	第二次	5.32	5.36		3.41	
Hg (mg/kg)	第一次	0.00798	0.00956	3.4	0.00672	38
	第二次	0.00865	0.00931		0.00640	

监测项目	监测次数	大海力锦嘎查	宝德勒嘎查（对照点）	农用地标准	拟建水冶厂	建设用地标准
Cd (mg/kg)	第一次	0.081	0.058	0.6	0.062	65
	第二次	0.073	0.059		0.058	
Cu (mg/kg)	第一次	13.2	11.6	100	6.51	18000
	第二次	12.6	12.3		6.84	
Pb (mg/kg)	第一次	16.1	15.8	170	14.6	800
	第二次	16.0	21.2		17.3	
Cr (mg/kg)	第一次	27	28	250	18	—
	第二次	27	27		18	
Cr^{6+} (mg/kg)	第一次	ND	ND	—	ND	5.7
	第二次	ND	ND		ND	
Zn (mg/kg)	第一次	27.4	23.3	300	13.2	—
	第二次	22.8	66.6		20.9	
Ni (mg/kg)	第一次	13.2	13.0	190	8.31	900
	第二次	9.24	18.8		8.20	

表 4.4-11 柱状样土壤非放射性因子含量监测结果

监测项目	监测次数	拟建浸出液处理厂房			拟建井场管线			拟建蒸发池			建设用地标准
		0~0.5m	0.5~1.5m	1.5~3.0m	0~0.5m	0.5~1.5m	1.5~3.0m	0~0.5m	0.5~1.5m	1.5~3.0m	
pH	第一次	8.33	8.47	8.57	8.21	8.32	8.65	8.39	8.40	8.78	—
	第二次	8.41	8.38	8.60	8.31	8.33	8.67	8.48	8.46	8.65	
As (mg/kg)	第一次	3.19	3.55	2.14	3.10	3.41	3.25	4.38	4.33	2.45	60
	第二次	3.22	3.31	2.32	3.12	3.10	3.30	4.20	4.46	2.64	
Hg (mg/kg)	第一次	0.00550	0.00330	ND	0.00418	0.00316	0.00322	0.00812	0.00625	0.00228	38
	第二次	0.00503	0.00330	0.00235	0.00385	0.00312	0.00298	0.00884	0.00590	0.00250	
Cd (mg/kg)	第一次	0.067	0.79	0.65	0.025	0.45	1.22	0.026	1.83	0.96	65
	第二次	0.073	0.805	0.661	0.026	0.421	1.127	0.028	2.007	1.027	
Cu (mg/kg)	第一次	7.80	8.03	5.88	6.13	7.33	7.30	9.07	9.70	5.93	18000
	第二次	8.18	7.66	5.86	5.53	7.62	7.46	8.99	9.81	5.68	
Pb (mg/kg)	第一次	16.5	15.0	13.8	14.7	14.3	13.9	15.2	14.9	12.9	800
	第二次	17.6	16.8	16.5	17.1	16.5	17.4	16.2	16.7	15.7	
Cr (mg/kg)	第一次	22	23	12	18	21	16	26	25	16	—
	第二次	20	22	11	18	22	17	24	24	16	
Cr^{6+} (mg/kg)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5.7
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Zn (mg/kg)	第一次	17.2	15.3	10.9	12.3	13.7	12.7	16.9	16.7	10.9	—
	第二次	30.2	24.5	24.2	24.9	22.7	23.9	25.6	26.1	22.2	
Ni (mg/kg)	第一次	9.24	10.5	6.83	7.15	9.31	8.16	11.0	11.6	7.05	900
	第二次	12.7	10.7	10.3	10.6	11.8	9.92	11.2	10.8	9.45	

4.4.6 生物

本次生物样品为玉米，监测结果见表 4.4-12。由监测数据可知，拟建水冶厂附近和居民点大海力锦嘎查处玉米中 $U_{天然}$范围值为（2.24~2.35）μg/kg，^{226}Ra 范围值为（0.078~0.083）Bq/kg，^{210}Po 范围值为（0.11~.015）Bq/kg，^{210}Pb 范围值为（0.30~0.49）Bq/kg，与对照点均位于同一水平。其中，$U_{天然}$、^{226}Ra 和 ^{210}Po 满足《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB 14882-94）中要求。

表 4.4-12 生物放射性核素含量监测结果（干重）

样品名称	$U_{天然}$（μg/kg）	^{226}Ra（Bq/kg）	^{210}Po（Bq/kg）	^{210}Pb（Bq/kg）
大海力锦嘎查	2.35	0.083	0.15	0.49
拟建水冶厂附近	2.24	0.078	0.11	0.30
宝德勒嘎查（对照点）	2.29	0.093	0.18	0.39
GB 14882-94 标准限值	1900	14	/	6.4

4.4.7 声环境质量

本项目场址及周边居民点环境噪声监测结果见表 4.4-13。由该表可知，项目场址及周边居民点环境噪声值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声环境功能区噪声标准。

表 4.4-13 环境噪声监测结果

序号	监测位置	噪声范围值 dB（A）			
		昼间		夜间	
		第一次	第二次	第一次	第二次
1	拟建水冶厂	45~46	45~46	39~40	41~42
2	大海力锦嘎查	48~49	52~54	41~42	45~46
GB3096-2008 标准限值		60		50	

5　施工期环境影响

5.1　环境影响因素

5.1.1 大气环境影响因素

本项目施工期主要废气污染源主要包括施工扬尘和燃油废气。

1）施工扬尘

在本项目井场施工、道路施工、地表设施建设过程中，需要进行土地平整、挖土填方、建构筑物建造、装修装饰等工程，在各项工程的施工过程中都会产生少量扬尘，对施工场地附近的环境空气造成一定的影响。

2）燃油废气

在整个项目的建设阶段，使用的钻机、钩机等机械设备以柴油作为燃料，在施工过程中会产生燃油废气。本项目建构筑物建造、管线开挖和回填等施工工序简单，施工时长较短，产生的少量燃油废气不会对项目周边环境产生明显的影响。因此，燃油废气主要来自钻井施工。

钻井施工以柴油发电机为动力，运行时将产生燃油废气，主要污染物为 SO_2、NOx 和颗粒物。本项目柴油发电机功率为 170kW，单位时间耗油体积约 9.2L/h，柴油密度按 0.85kg/L 计，则单台发电机单位时间耗油量约 7.82kg/h。根据《环境影响评价工程师执业资格登记培训教材（社会区域）》，每升柴油的 SO_2、NO_x 和颗粒物的排放系数分别为 4g/L、2.56g/L 和 0.714g/L，则 SO_2、NO_x 和颗粒物的排放速率分别为 36.8g/h、23.6g/h 和 6.57g/h。单台发电机单位耗油废气产生量约 20m^3/kg，耗油量约 7.82kg/h，单位时间排气量约 156.4m^3/h，则 SO_2、NO_x 和颗粒物的排放浓度分别为 235mg/m^3、151mg/m^3 和 42mg/m^3。

5.1.2 地表水环境影响因素

本项目施工期废水主要包括施工废水和作业人员生活污水。

1）施工废水

施工废水主要为设备清洗水，产生量较小，主要污染因子为悬浮物、泥沙等，用于施工场地的洒水抑尘。

2）生活污水

施工期作业人员会产生的生活污水，施工期同时施工人数最多为120人，生活用水按20L/人天计算，排污系数取0.80，则施工期生活污水最大产生量为1.92m^3/d，主要污染物包括COD、BOD$_5$和氨氮等，浓度分别约300mg/L和40mg/L。钻探施工人员配备寝车，生活污水经寝车收集后外运处理。其余施工人员租住周边民宅，生活污水同居民产生的生活污水一并处理。

5.1.3 固体废物环境影响因素

本项目施工期固体废物主要为钻井施工时产生的钻井泥浆、危险废物、建筑垃圾、施工人员产生的生活垃圾。

1）钻井泥浆

本项目生产井和监测井施工时产生一定量的钻井泥浆，钻井泥浆采取统一收集、集中处理的方式。本项目单个钻井产生钻井泥浆量约为24m^3，则首采区和备采区施工时钻井泥浆产生量分别约为12888m^{3}和14424m^3。

2）危险废物

本项目在施工过程中危险废物主要为废机油和废机油桶，废机油产生量约为0.5kg/孔，则首采区和备采区施工时废机油产生量分别约为0.27t和0.30t。根据《国家危险废物名录》（2025年版），废机油属于危险废物，其废物类别HW08，本项目废机油由专用桶收集，定期将废机油和废机油桶一同交由具备危险废物处置资质的单位处置。

3）建筑垃圾

本项目施工期新建厂房会产生一定量建筑垃圾，施工过程中在指定的建筑垃圾堆存处暂存，最终统一送建筑垃圾处理场。

4）生活垃圾

施工期会产生少量生活垃圾，按照每人0.5kg/d计算，最大同时施工人数120人，则最大产生量约为0.1t/d。施工现场设置生活垃圾收集箱，生活垃圾收集后定期外运处理。

5.1.4 声环境影响因素

本项目水冶厂、管线及道路施工噪声源较小，且距离居民点较远。因此，施工期噪声主要来自钻井施工，噪声源主要为钻机、柴油发电机以及泥浆泵等，各设备产生的单台最大噪声值为（80~85）dB（A），见表 5.1-1。本项目在钻机和泥浆泵等设备设置减振，在钻探过程中平稳操作，避免产生非正常的噪声，同时加强设备的检修，避免设备异常噪声的产生。

表 5.1-1 钻井施工噪声源一览表

序号	设备名称	数量	最大源强	降噪措施	降噪后最大源强
1	钻机	1	80	减振	75
2	柴油发电机	1	85	减振、自带消音装置	80
3	泥浆泵	1	80	减振	75
4	泥浆搅拌机	1	80	减振	75

5.1.5 生态环境影响因素

本项目施工期生态影响主要来自以下几方面：项目施工对土地的占用，以及由此带来的与被占用土地相关的生态系统的破坏；项目施工过程中涉及土方开挖，可能会带来一定的水土流失；项目施工会不同程度地破坏地表植被，使得地表现有植物资源受到一定的负面影响，同时影响区域自然体系的生产力；项目施工会对周边野生动物栖息地产生一定负面影响。

5.2 环境影响分析和评价

5.2.1 大气环境影响分析

1）施工扬尘

本项目施工期会产生少量施工扬尘，随着距离的增加，扬尘浓度迅速减小，其影响范围一般仅在下风向 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，因此影响范围有限。随着施工期的结束，影响将会消失。针对施工扬尘，本项目拟采取以下防治措施：

（1）临时弃土集中堆放在背风侧，在顶部加盖篷布防止起尘；

（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；运料车辆保持合理车速，不得装载过满，以防洒落在地，形成二次扬尘。

施工区所在区域空气流通性强、扩散条件好，且施工场地周边居民点距离较远，在采取以上措施后对居民生活的影响较小。综上所述，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）燃油废气

本项目施工期非放大气污染物主要为钻井施工过程中产生的燃油废气，主要污染物为 SO_2、NO_x 和颗粒物。根据源项分析可知，本项目柴油发电机 SO_2、NO_x 和颗粒物的排放速率分别为 0.0368kg/h、0.0236kg/h 和 0.0066kg/h，排放浓度分别为 235mg/m^3、151mg/m^3 和 42mg/m^3，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）新污染源最高允许排放浓度限值 550mg/m^3、240mg/m^3 和 120mg/m^3 的要求，对环境的影响程度较小。

5.2.2 地表水环境影响分析

1）施工废水

本项目在施工场地内设置简易的废水收集池对施工废水进行收集，施工废水中污染物种类较为简单，收集后回用于喷洒降尘。

2）生活污水

本项目钻探施工人员配备寝车，其生活污水在寝车收集后外运处理。其余施工人员租住周边民宅，日常产生的生活污水同居民产生的生活污水一并处理。

综上所述，本项目施工期废水不外排，不会对项目周边的地表水环境产生不良影响。

5.2.3 固体废物环境影响分析

1）钻井泥浆

本项目钻井施工时产生一定量的钻井泥浆，钻井泥浆采取统一收集、集中处理的方式，具体处置工序如下：

钻井机台设置泥浆循环槽、沉淀池、泥浆循环池及泥浆坑，各池体及坑

体均做 HDPE 膜防渗、防溢处理，泥浆从钻孔涌出通过泥浆循环槽进入沉淀池中的除砂机，将含岩屑量少的泥浆分选出来排入泥浆循环池回用于钻探，含岩屑量较多的泥浆经振动脱水后岩屑排入泥浆坑。待钻井施工结束后，将剩余泥浆置于泥浆坑内，覆土掩埋，在顶部铺设剥离的表层土，并翻松土层，按原始地形地貌平整场地；最后进行植被恢复工作，选择的复垦植被与周边环境相协调。

根据海力锦试验施工阶段钻井泥浆监测数据，钻井泥浆中$U_{天然}$含量为（17.7~19.2）Bq/kg，根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）标准中规定，天然放射性核素免管浓度限值为1Bq/g。因此，本项目钻井泥浆放射性水平处于豁免水平，可作一般固体废物处理处置。

2）危险废物

根据《国家危险废物名录》（2025 年版），废机油属于危险废物，其废物类别 HW08。为避免油污散落地表，在机械维修过程中，在底部铺设高强度塑料布承接油污，并在操作完成后由废机油专用桶收集，定期将废机油和废机油桶一同交由具备危险废物处置资质的单位处置。

3）建筑垃圾

本项目建设过程中会产生建筑施工垃圾，施工过程中在指定的建筑垃圾堆存处暂存，堆存处应及时苫盖，避免雨淋，卸运过程中适当洒水以减少扬尘。施工结束后及时进行清运，建筑垃圾最终统一送至建筑垃圾处理场。

4）生活垃圾

本项目施工场地寝车设置生活垃圾收集箱，对产生的各类生活垃圾按照相关要求收集后，定期外运处理。

综上所述，本项目施工期产生的固体废物均得到妥善处置，不会对环境造成明显影响。

5.2.4 声环境影响分析

1）预测模式

本项目利用三捷环境工程咨询有限公司开发的 BREEZE NOISE 软件进行噪声环境影响预测，该软件以《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-

2021）中的相关模式要求编制，适用于噪声领域的各个级别的评价。

本次评价采用工业噪声预测计算模式，考虑点源几何发散衰减和地面反射，噪声源主要为钻机、柴油发电机和泥浆泵等设备，采取有效降噪措施后噪声级为（75~80）dB（A），见表 5.2-1，各声源设备的平面布置情况见图 5.2-1。

表 5.2-1 噪声预测参数

序号	声源名称	数量	空间相对位置/m			声源源强	声场种类
			X	Y	Z	声功率级/dB(A)	
1	钻机	1	0	0	1.0	75	半自由声场
2	发电机	1	-6	-12	1.0	80	
3	泥浆泵	1	0	2	1.0	75	
4	搅拌机	1	0	5	1.0	75	

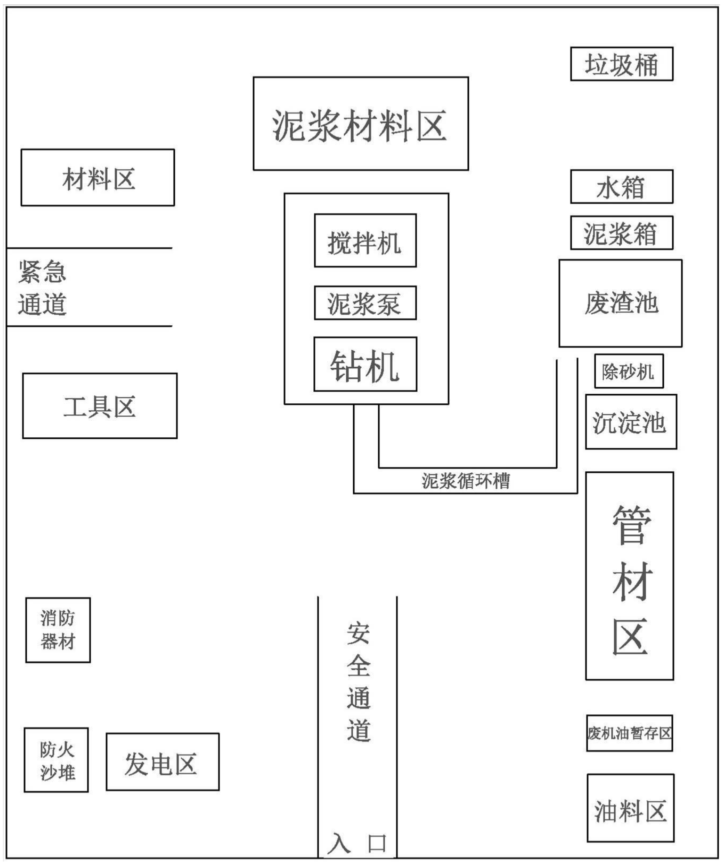


图5.2-1 钻井施工平面布置图

2）预测场景

本项目钻井施工场地为 25×30m，施工过程中距离最近居民点为备采区附近的刘家（距离为 165m，大于首采区最近居民点大海力锦嘎查，

1200m）。因此，保守考虑，预测距离刘家最近的钻井施工时产生的噪声影响。

3）预测结果分析

本项目施工噪声影响预测结果见表 5.2-2 和图 5.2-1。由预测结果可知，噪声贡献值随着距施工井场距离增大而明显衰减，在施工场界处噪声贡献值为（43~52）dB(A)，可满足《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）中噪声排放标准要求。

施工钻井与居民点（刘家，165m）之间有大片林地相隔，可有效阻隔噪声的传播。根据预测结果，项目施工对其的噪声贡献值为 0dB(A)，因此施工噪声不会对该居民点产生影响。

表 5.2-2 施工场界噪声贡献值　　　单位：dB（A）

预测结果	施工场界噪声			
	东	西	南	北
贡献值	44~47	43~52	44~52	43~48
执行标准	《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025） 昼间 70dB（A），夜间 55dB（A）			
达标情况	达标	达标	达标	达标

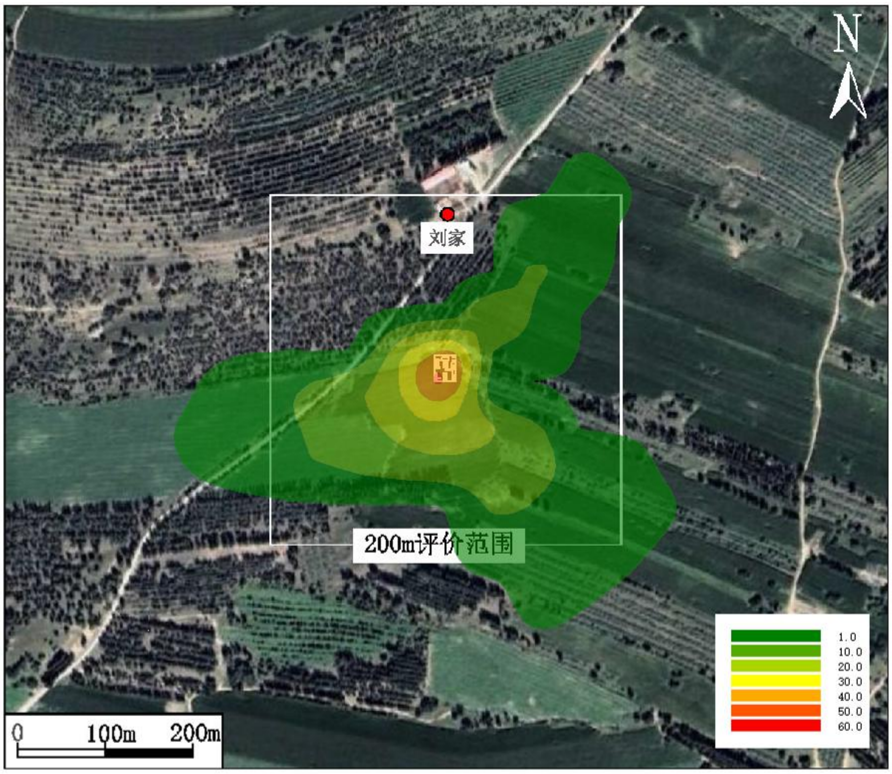


图 5.2-1 施工期噪声等值线分布图

5.2.5 生态环境影响分析

5.2.5.1 生态环境影响分析

1）占地影响分析

根据原地地浸采铀工程特点，本项目占地生态影响主要为项目实施对土地的占用，以及由此带来的相关生态系统的破坏。通过对项目占地情况进行分析，从而确定由于土地利用格局改变、植被破坏而造成的生态系统功能、结构的影响以及对生态系统完整性的干扰。

本项目占地主要体现为井场钻孔、水冶厂、蒸发池、道路等，占地面积较小，不会对区域的生态环境产生明显影响。根据地浸采铀的特点，项目实施过程中的占地多为施工期临时占地，在施工各个时段严格管理临时用地，钻井的施工期较短，在钻井施工结束后，及时对占地区域进行植被恢复，及时做好生态恢复和环境保护工作，不会影响占地区域土地原有利用性质，项目施工对生态系统的影响是有限的、局部的。

2）对植物资源的影响分析

本项目土地占用会不同程度地破坏地表植被，使得地表现有植物资源受到一定的负面影响。本项目施工设备的搬迁和车辆运输，严禁随意新开路面，尽量在原有便道上行驶。施工结束后，及时对占地区域恢复地表植被。

本项目占地区域的植被均为当地一般常见种，生长范围广泛，适应性强，不存在因局部植被破坏而导致植物种群灭绝或消失。由于施工影响植被范围、影响面积相对于整个区域的面积很小，施工结束后，将对施工扰动的地表进行植被恢复，选用植被为当地土生自然植被，随时间推移，植被的逐步恢复，不会改变区域植被状况。因此，本项目基本不会对区域内的净生产力和生物量产生影响。

3）对动物资源的影响分析

本项目在施工期对周边动物资源的影响主要表现为施工噪声和振动对动物活动及栖息地的影响。本项目施工期使用的大型机械应安装必要的减震降噪设施，减小噪声的源强，减少施工噪声和振动对动物栖息地的影响。同时，本项目周边野生动物数量较少，无珍稀动植物资源，多为一般常见物种，适应能力和抗干扰能力较强，项目影响区域外有大面积适宜的生境，野

生动物会迁徙栖息地，且施工结束后，随着干扰源的消失，不利影响也将逐渐消失。

此外，施工前与周边居民沟通，提前告知施工计划，使养殖的动物远离施工场地。采取上述有效保护措施后，项目的建设不会对动物的数量和种群多样性造成明显影响。

4）水土流失的影响分析

本项目对区域水土流失状况的影响主要发生在施工期。项目施工将扰动地表，破坏原有水土保持设施，由此引起的人为加速土壤流失将改变周边环境，使水土资源流失，可能加剧土地荒漠化，对生态环境造成不良影响。

本项目施工期较短，施工期采取分段作业，分层开挖、分层堆放、分层回填的方式，施工完毕后及时按次序分层覆土回填，并对临时占地进行植被恢复工作，水土流失会逐渐减少，不会造成土地荒漠化加剧。

5）生态敏感区的影响分析

本项目未在生态保护红线内，占地面积及影响区域不涉及生态敏感区，项目周边较近的生态敏感区有海力锦湿地自然保护区和佳木斯天然榆树小杏林自然保护区。海力锦湿地自然保护区内主要为湿地草原植物类型，保护对象为湿地及草原。佳木斯天然榆树小杏林自然保护区内属于主要为树林、草原植物类型，保护对象为天然榆树。本项目占地面积较小，且与自然保护区距离较远，分别为 4.6km 和 4.8km，不会对保护区生态环境造成明显影响。

5.2.5.2 生态环境保护措施

为了使项目建设导致的生态环境破坏程度得到有效控制，项目采取了相应的生态环境保护措施，使资源开发与区域生态建设和环境保护协调发展的目的。

1）占地保护措施

本项目占地主要为施工期临时占地，施工前规划好施工区域和施工路线，严格按照规划的施工范围进行作业，严禁随意扩大施工区域，尽量减少施工人员及施工机械对作业场外的植被破坏。施工结束后，及时对临时占地区域进行植被恢复，做好生态恢复和环境保护工作。

2）对植物资源的保护措施

本项目施工期应合理选择施工方式，采用机械施工与人工施工相结合的方式，减少对施工范围内植被的破坏，同时也有利于施工期结束后植被的恢复。施工结束后对场地进行平整、恢复地貌，并进行植被恢复或恢复耕地。

3）对动物资源的保护措施

本项目在施工期加强管理，严格控制人员和机械的活动区域，尽量避免施工人员进入施工范围以外活动，减少对施工场地外动物活动的影响。本项目使用的大型机械安装必要的减震降噪设施，减小噪声的源强。此外，本项目施工前告知周边牧民，防止牧民养殖动物进入施工区域。

4）水土流失的防治措施

（1）本项目钻井施工作业前，将平整地面等剥离的表土集中堆放拍实，并进行必要的喷洒保湿、加布遮盖。钻探施工结束后，及时拆除钻井井架、平整钻井平台等，并将之前剥离的表土覆盖压实，再恢复植被。

（2）本项目管道施工采取分层开挖、分层堆放、分层回填的方式。在开挖前先剥离表层比较肥沃的表土，依次将开挖土层向上堆存，最后对土层进行喷洒保湿、加布遮盖，防止风蚀或水蚀造成的土壤流失；在施工完毕后，及时按次序分层覆土回填，压实土壤，防止因降水、径流造成地表下陷和水土流失。

（3）施工过程中应合理安排施工进度，避免在大雨天施工，同时提高工程施工效率，缩短施工时间，减少土地的水土流失。

5）对永久基本农田的保护措施

本项目水冶厂、蒸发池和道路的选址均避开了永久基本农田，部分钻井分布涉及永久基本农田，该部分钻井施工过程可能对耕地产生不利影响。

本项目钻井施工周期尽量避开耕作期，并尽量减少占地面积。施工过程中首先将表层耕植土剥离，表土分层开挖、分层堆放，同时加以覆盖，以便于后期分层回填。施工结束后，根据土层堆放顺序采用分层回填，回填后对场地进行平整，待土地平整后，将前期剥离的表土均匀覆盖在表面，覆土厚度满足农业生产要求。

6）其他生态环境管理措施

在本项目的施工期实行监理制度，监督设计单位和施工单位具体落实环保措施的实施，控制项目施工过程的环境污染和生态破坏。

施工开始前，对施工人员进行生态环境保护业务培训。同时要求施工方配备现场生态环境管理监督人员，加强生态环境管理措施，增强施工人员的环保意识。

6 辐射环境影响评价

6.1 排放源项

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，关键核素为氡，氡释放源项主要为集液罐、浸出液处理厂房和蒸发池。本项目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。

表 6.1-1 本项目放射性废气的排放情况一览表

序号	设施	氡释放量（Bq/a）
1	集液罐	2.12E+11
2	浸出液处理厂房	1.18E+11
3	蒸发池	4.43E+10

表 6.1-2 本项目气态源项排放参数

序号	排放点名称	坐标		出口内径（m）	排放高度（m）	等效半径（m）	源项类型
		X，m	Y，m				
1	集液罐	0	0	0.4	6.5	—	点源
2	浸出液处理厂房	36.02	-30.77	1.0	18.3	—	点源
3	蒸发池	-903.98	959.52	—	—	86.30	面源

6.2 环境影响途径

根据项目特点，本次预测仅包括气载流出物所致辐射环境影响，气态照射途径为吸入内照射，核素为 ^{222}Rn。

6.3 辐射评价基本参数设置

6.3.1 评价方法

本次辐射环境影响评价的基本评价指标是以集液罐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。

6.3.2 评价中心

本次评价选取集液罐为评价中心。

6.3.3 评价子区及年龄组设置

本次评价以集液罐为中心，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。

6.3.4 评价年份

根据地浸生产特点，正常生产期间各源项基本不变。本评价年份选取生产期第一年，即 2029 年。

6.3.5 评价计算模式及参数

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。

6.4 估算结果与分析

6.4.1 居民点辐射环境影响

1）氡浓度及公众个人剂量

本项目生产期气态源项释放的 ^{222}Rn 所致 5km 范围内各居民点 ^{222}Rn 浓度分布情况如表 6.4-1 所示。

由该表可知，气态源项对各居民点的最大辐射影响出现在刘家，其 ^{222}Rn 浓度贡献值为 1.27×10^{-2}Bq/m^3，公众最大个人剂量为 2.72×10^{-4}mSv/a。

表 6.4-1 生产期气态源项所致 5km 范围内各居民点 ^{222}Rn 浓度及公众剂量

居民点	^{222}Rn 浓度，Bq/m^3	公众个人剂量，mSv/a
努日木嘎查	9.30E-04	1.99E-05
小额伦索克嘎查	6.10E-04	1.30E-05
刘家	**1.27E-02**	**2.72E-04**
后宝德勒嘎查	5.30E-04	1.13E-05
宝德勒嘎查	3.40E-04	7.27E-06
东海力锦嘎查	2.17E-03	4.64E-05
大海力锦嘎查	2.23E-03	4.77E-05
西海力锦嘎查	1.37E-03	2.93E-05
包楞海力锦嘎查	3.00E-04	6.41E-06

2）个人剂量

本项目生产期各污染源项释放的 ^{222}Rn 对刘家的个人有效剂量贡献见表 6.4-2。由该表可知，集液罐对刘家的最大个人有效剂量贡献率最大，为 70.56%。

表 6.4-2 各气态源项对刘家最大个人剂量贡献情况

排放点	氡浓度，Bq/m^3	个人剂量，mSv/a	份额（%）
浸出液处理厂房	3.36E-03	7.20E-05	26.46%
集液罐	**8.96E-03**	**1.92E-04**	**70.56%**
蒸发池	3.79E-04	8.12E-06	2.98%
合计	1.27E-02	2.72E-04	100.00

6.4.2 评价区域辐射环境影响

1）氡浓度

本项目生产期气态源项所致各子区 ^{222}Rn 浓度分布情况见表 6.4-3。由该表可知，气态源项对周边各有人子区 ^{222}Rn 贡献值最大值出现在 ENE 方位、0～1km 子区，^{222}Rn 贡献值为 $1.27\times10^{-2}Bq/m^3$；无人子区中，气载源项所致 ^{222}Rn 最大贡献浓度，出现在 N 方位、0~1km 处，该子区 ^{222}Rn 贡献值为 $2.64\times10^{-2}Bq/m^3$。

表 6.4-3 生产期气态源项所致各子区 ^{222}Rn 浓度（Bq/m³）

方位	距离（km）					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	2.64E-02	6.77E-03	2.82E-03	1.34E-03	5.00E-04	1.58E-04
NNE	2.37E-02	5.44E-03	2.23E-03	1.04E-03	3.86E-04	1.26E-04
NE	1.70E-02	3.65E-03	1.48E-03	7.18E-04	2.78E-04	9.20E-05
ENE	**1.27E-02**	2.97E-03	1.19E-03	5.68E-04	2.22E-04	7.60E-05
E	1.32E-02	2.72E-03	1.08E-03	5.10E-04	1.98E-04	6.60E-05
ESE	1.39E-02	2.89E-03	1.15E-03	5.48E-04	2.10E-04	7.00E-05
SE	1.36E-02	2.78E-03	1.09E-03	5.24E-04	2.04E-04	7.20E-05
SSE	1.20E-02	2.39E-03	9.28E-04	4.42E-04	1.70E-04	6.20E-05
S	1.03E-02	2.09E-03	8.30E-04	3.92E-04	1.52E-04	5.40E-05
SSW	8.88E-03	1.88E-03	7.64E-04	3.62E-04	1.38E-04	4.80E-05
SW	8.41E-03	1.81E-03	7.16E-04	3.38E-04	1.30E-04	4.20E-05
WSW	8.88E-03	2.00E-03	7.82E-04	3.80E-04	1.48E-04	5.20E-05
W	1.14E-02	2.58E-03	1.03E-03	4.74E-04	1.84E-04	6.20E-05
WNW	1.67E-02	4.30E-03	1.67E-03	7.66E-04	2.78E-04	8.80E-05
NW	2.41E-02	1.45E-02	3.08E-03	1.23E-03	4.34E-04	1.34E-04
NNW	2.49E-02	1.01E-02	3.26E-03	1.27E-03	4.40E-04	1.34E-04

注：表中阴影子区为无人子区。

2）个人剂量

本项目生产期气态源项所致评价区域内各子区的个人剂量见表 6.4-4，评价范围内公众个人剂量等值线分布见图 6.4-1。

由该表可知，评价范围内各子区内最大个人有效剂量为 5.65×10^{-4}mSv/a，出现在 N 方位，0～1km 子区内，该子区为无人子区。在有人居住的子区内，最大个人有效剂量为 2.72×10^{-4}mSv/a，出现在 ENE 方位，0～1km 的子区内。

表 6.4-4 生产期评价范围各子区公众个人剂量（mSv/a）

方位	距离（km）					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	5.65E-04	1.45E-04	6.03E-05	2.86E-05	1.07E-05	3.38E-06
NNE	5.07E-04	1.16E-04	4.77E-05	2.22E-05	8.25E-06	2.69E-06
NE	3.64E-04	7.81E-05	3.17E-05	1.53E-05	5.94E-06	1.97E-06
ENE	**2.72E-04**	6.35E-05	2.54E-05	1.21E-05	4.75E-06	1.62E-06
E	2.82E-04	5.81E-05	2.30E-05	1.09E-05	4.23E-06	1.41E-06
ESE	2.97E-04	6.18E-05	2.45E-05	1.17E-05	4.49E-06	1.50E-06
SE	2.91E-04	5.95E-05	2.34E-05	1.12E-05	4.36E-06	1.54E-06
SSE	2.55E-04	5.10E-05	1.98E-05	9.45E-06	3.63E-06	1.33E-06
S	2.20E-04	4.46E-05	1.77E-05	8.38E-06	3.25E-06	1.15E-06
SSW	1.90E-04	4.02E-05	1.63E-05	7.74E-06	2.95E-06	1.03E-06
SW	1.80E-04	3.86E-05	1.53E-05	7.22E-06	2.78E-06	8.98E-07
WSW	1.90E-04	4.28E-05	1.67E-05	8.12E-06	3.16E-06	1.11E-06
W	2.43E-04	5.51E-05	2.19E-05	1.01E-05	3.93E-06	1.33E-06
WNW	3.58E-04	9.18E-05	3.57E-05	1.64E-05	5.94E-06	1.88E-06
NW	5.15E-04	3.10E-04	6.57E-05	2.64E-05	9.28E-06	2.86E-06
NNW	5.32E-04	2.16E-04	6.96E-05	2.72E-05	9.40E-06	2.86E-06

注：表中阴影子区为无人子区。

3）居民集体有效剂量

本项目生产期间气态源项对评价区域内居民产生的集体剂量见表 6.4-5。由表可知，气态源项对评价区域居民产生的集体剂量为 2.78×10^{-4} 人·Sv/a。

表 6.4-5 生产期气态源项所致 20km 范围内的集体有效剂量

距离（km）	0~1	0~2	0~3	0~5	0~10	0~20
集体剂量人·Sv/a）	1.09E-06	9.80E-05	9.80E-05	1.34E-04	2.12E-04	2.78E-04
份额（%）	0.39	35.21	35.21	48.32	76.05	100.00

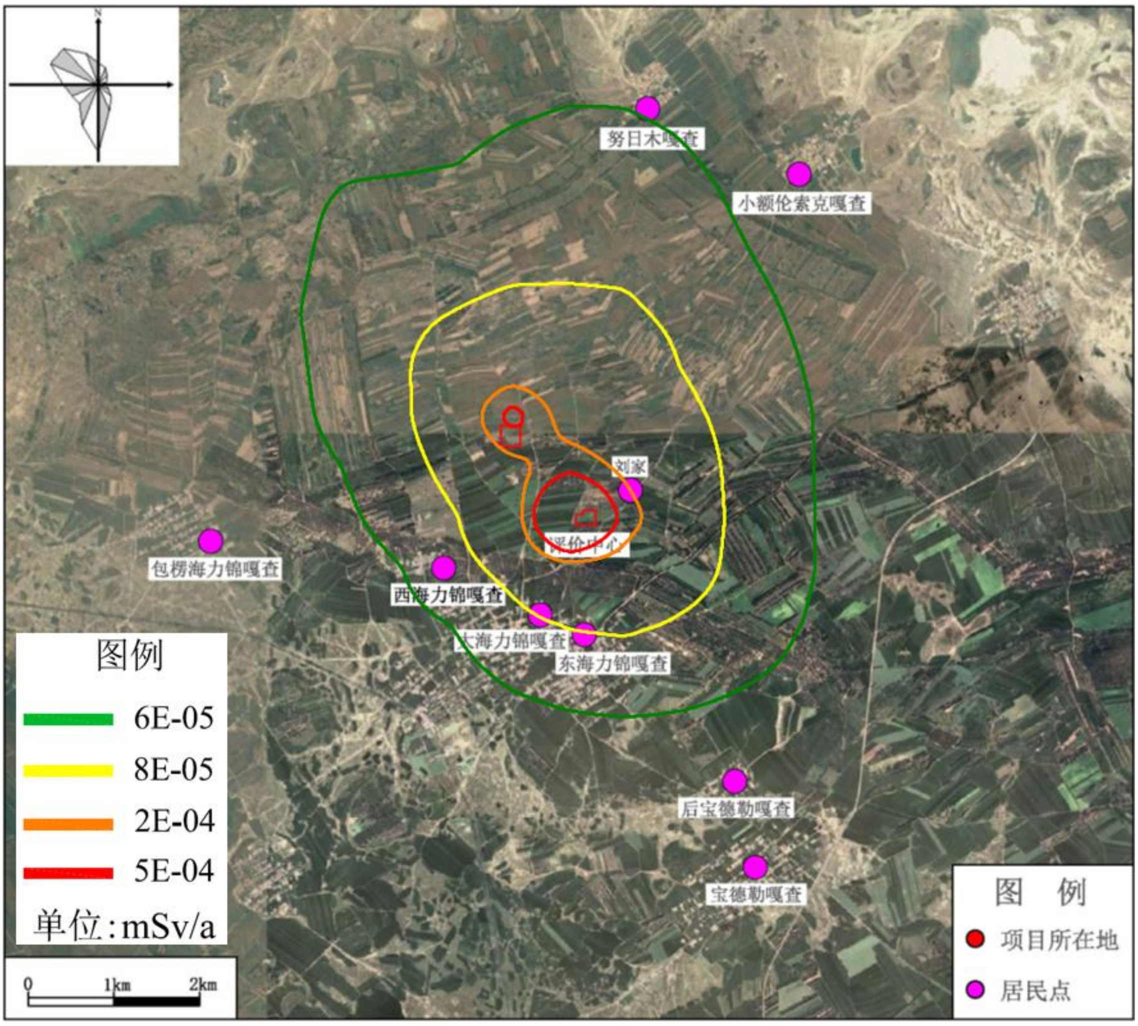


图 6.4-1 生产期气态流出物所致的区域个人剂量等值线图（单位：mSv/a）

6.5 公众辐射环境影响评价

本项目生产期气态源项主要是集液罐、蒸发池及浸出液处理厂房释放的 ^{222}Rn，照射途径为吸入内照射。

本项目生产期气态源项所致评价区域最大个人有效剂量为 2.72×10^{-4}mSv/a，出现在 ENE 方位、0～1km 子区，关键居民点为刘家。最大个人剂量占个人剂量约束值 0.3mSv/a 的 0.09%，小于本项目设定的剂量约束值。20km 范围内的集体剂量为 2.78×10^{-4} 人·Sv/a。

总体来看，本项目生产期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，本项目气态流出物对环境的影响在可接受范围之内。

7 地下水环境影响评价

7.1 含矿含水层地下水环境影响

本项目采用原地浸出采铀工艺，该工艺是通过抽、注入井来实现铀的提取的，即通过注入井将浸出剂注入含矿含水层中，然后通过抽出井将浸出液提升至地表进行处理，达到回收天然铀的目的。在生产过程中，为了有效地控制溶浸范围，需保持抽液量大于注液量，在含矿含水层形成降落漏斗，保证井场中心相较于外围含水层处于低水头的状态，维持一个总体上流向井场中心的流场，使浸出液始终流向抽出井。但由于地质条件的复杂性和地下水动力的影响，不可避免地会出现少量浸出剂逸散至井场外的情况。因此，有必要进行井场浸出剂地下水环境影响预测与评价。

本次地下水预测在整理分析采区地勘报告的基础上，结合井场设计，建立采区的水文地质概念模型，利用 GMS 软件进行数值建模与求解，最终完成地浸井场地下水流场和溶质运移场的模拟预测。

7.1.1 水文地质概念模型

1）模型范围的确定

根据《水文地质概念模型概化导则》，由于评价区所在的完整水文地质单元范围很大，自然边界距离研究区较远，因此需根据区域流场人为圈定评价范围。根据水文地质条件，结合地浸工程地下水环境影响特点，确定模拟范围为：以井场为中心，在地下水下游（东北方向）延伸 2km，上游（西南方向）延伸 1km，概化为通用水头边界，两侧延伸 1km 概化为零流量边界，模拟总面积 9.56km^2。模型范围见图 7.1-1。

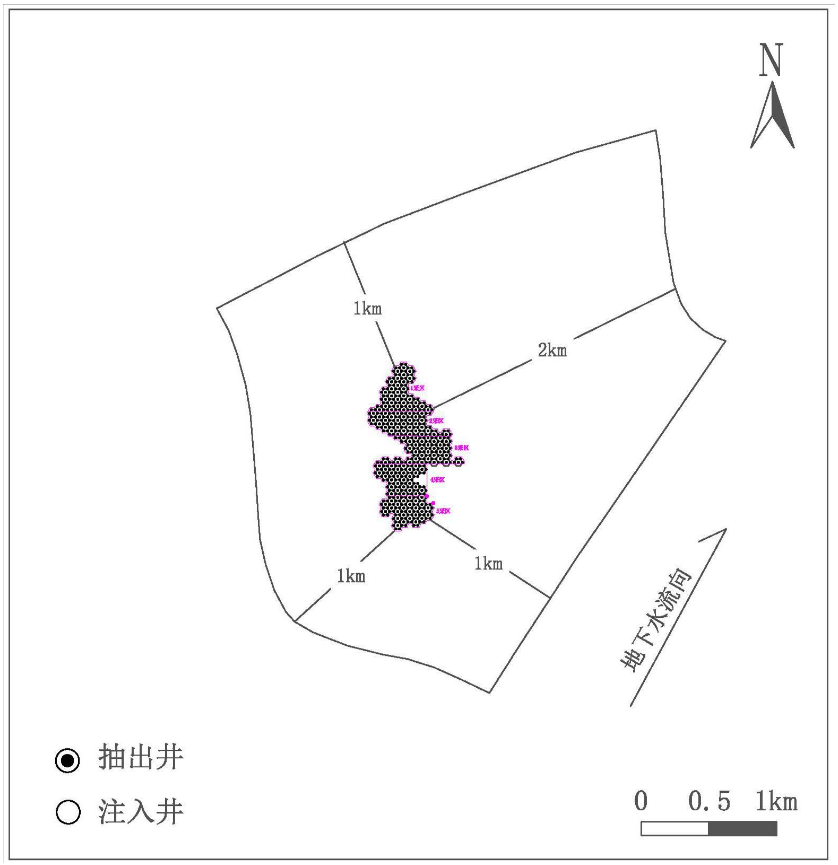


图 7.1-1 模拟区范围图

2）边界条件的概化

侧向边界：根据地下水流向，垂直于地下水流向概化为通用水头边界，平行于地下水流方向无水流交换概化为零流量边界。

垂向边界：上边界为姚家组下段中亚段顶部的紫红色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及泥质细砂岩组成的隔水顶板；下边界为下亚段含水层顶部沉积的紫红色泥岩、粉砂质泥岩及泥质粉砂岩组成的隔水底板，均概化为零流量边界。

3）含水层结构特征确定

根据地质勘探结果，本项目含矿含水层为姚家组下段中亚段，含矿含水层顶、底板均为稳定连续展布的隔水层，有效地隔断了与上覆含水层的水力联系，可不考虑越流的影响。由于含矿含水层埋藏较深，模拟范围内的大气降水入渗与大气蒸发对含矿含水层的影响几乎可忽略不计。综上所述，本次模拟得含矿含水层可概化为三维水动力流场和三维溶质弥散场。

根据收集的模拟区地质勘探孔和水文孔等相关孔井资料，结合模拟区以

往地质、水文地质、地形地貌等资料，获取含矿含水层顶底板高程值，通过差值方法将各含水层顶底板高程数据赋值到数值模型中。

4）源汇项处理

本项目源汇项为地浸采铀生产井，包括抽出井和注入井，将其通过WELL模块赋值到概念模型中。根据矿床地质特点，首采区矿体品位较高、平米铀量较大、资源量较多，且整体相对独立，因此将其作为模拟采区。模拟采区整体抽大于注比例为0.3%，外围边界处抽大于注比例为0.5%。模拟采区生产井布置情况见图7.1-2。

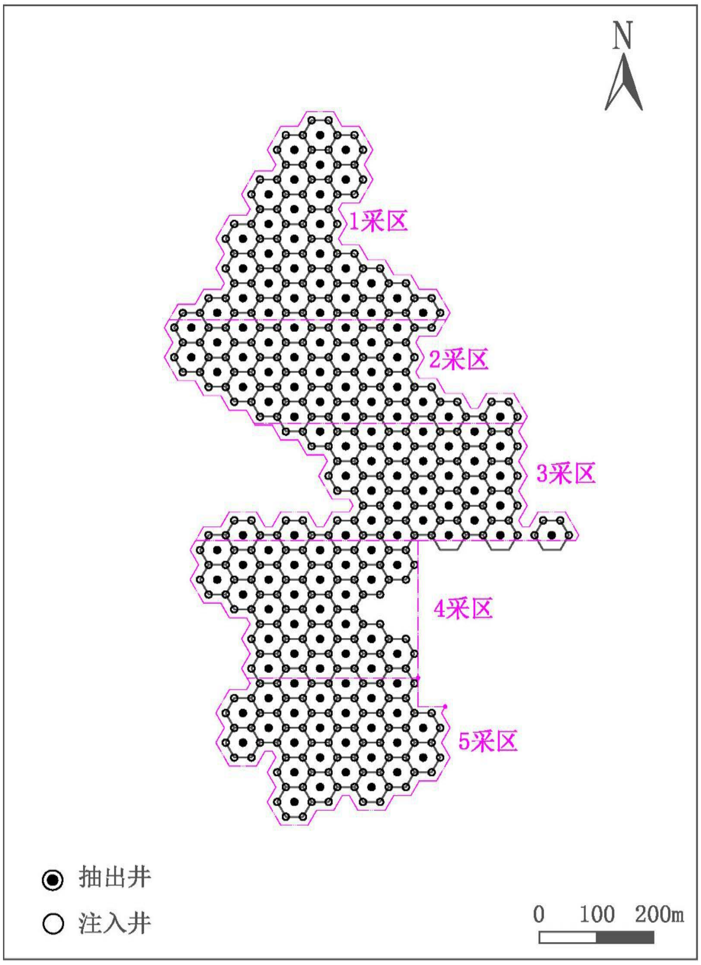


图7.1-2 模拟采区生产井布置图

5）水文地质参数

本模型水文地质参数主要来自《内蒙古科尔沁左翼中旗海力锦铀矿床勘探报告》等地勘资料，有效孔隙度选取经验值0.25，参考Gelhar L W等（1992）关于纵向弥散度与观测尺度关系的理论计算，纵向弥散度可根据以

下经验公式计算：

$$\alpha_m = 0.83 (\log L_s)^{2.414} \qquad （式 7.1-1）$$

$$L_s = \alpha \cdot K \cdot I \cdot T / n_e \qquad （式 7.1-2）$$

式中：

α_m—纵向弥散度，m；

L_s—下游迁移距离，m；

α—变化系数，取 2；

K—渗透系数，保守取最大值 0.26m/d；

I—水力坡度，根据区域水文地质条件，约为 1.6‰；

T—质点迁移参数，取值不小于 5000d，保守取运行年限 5475d；

n_e—有效孔隙度，取经验值 0.25。

经计算，L_s 为 20.51m，α_m 为 1.60m。此外，横向弥散度的取值通常比纵向弥散度小一个数量级，因此横向弥散度参数值取 0.15m。计算中输入的主要水文地质参数详见表 7.1-1。

表 7.1-1　主要输入参数一览表

序号	参数名称及单位	数值
1	渗透系数，m/d	0.26
2	有效孔隙度，%	25
3	纵向弥散度，m	1.60
4	横向弥散度，m	0.16

7.1.2 数学模型

1）地下水水流模型

（1）水流控制方程

地下水运动基本微分方程：

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}\right)-\omega=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \qquad （式 7.1-3）$$

式中：

K_{xx}—x 方向的渗透系数，m/s；

K_{yy}—y 方向的渗透系数，m/s；

K_{zz}—z 方向的渗透系数，m/s；

h—水头，m；

ω—源汇项，单位体积含水层在单位时间流出或流入地下水的体积，m^3/s；

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

（2）边界条件

第一类边界条件：已知水头边界条件，在边界的所有点上水头是给定的，对于三维情况有：

$$H(x,y,z)=H_0(x,y,z) \qquad (x,y,z)\lfloor\ s$$ （式 7.1- 4）

$$H(x,y,z,t)=H_0(x,y,z,t) \qquad (x,y,z)\lfloor\ s$$ （式 7.1- 5）

式中：

s—三维区域的边界曲面。

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

第二类边界条件：已知通量的边界条件，即垂直于边界面的流量是给定的。表示为：

$$q_n=q\langle\ n=-q_b(x,y,z) \qquad (x,y,z)\lfloor\ s$$ （式 7.1- 6）

或 $$q_n=q\langle\ n=-q_b(x,y,z,t) \qquad (x,y,z)\lfloor\ s$$ （式 7.1- 7）

式中：

q—边界面上沿法线方向的单位面积流入量；

n—边界外法线的单位矢量。

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

第三类边界条件：已知边界水头和水头的法向导数的组合，即：

$$\frac{fh}{fn}+\lambda(x,y,z)h=f(x,y,z) \qquad (x,y,z)\lfloor\ s$$ （式 7.1- 8）

式中：

λ—交换系数；

f—已知函数；

第三类边界条件称为 Cauchy 条件。

2）污染物运移方程

本次评价中对污染物的运移主要考虑对流、离散等机制。

（1）运移方程

污染物在三维地下水水流系统中的运移方程如下：

$$\frac{f\left(\theta C^k\right)}{ft}=\frac{f}{fx_i}\left(\theta D_{ij}\frac{fC^k}{fx_j}\right)-\frac{f}{fx_i}\left(\theta v_i C^k\right)+q_s \qquad （式 7.1-9）$$

式中：

θ—地下介质的孔隙度，无量纲；

C^k—核素 k 的溶解浓度，g/m^3；

t—时间，s；

x_i、x_j—分别为沿坐标轴 x 轴和 y 轴的距离，m；

D_{ij}—水动力弥散系数张量，m^2/s；

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

q_s—单位体积含水层源和汇的体积流量；

C_s^k—源汇流中物质 k 的浓度，g/m^3。

（2）弥散

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

$$D_{xx}=\alpha_L\frac{v_x^2}{|v|}+\alpha_T\frac{v_y^2}{|v|}+\alpha_T\frac{v_z^2}{|v|}+D^* \qquad （式 7.1-10）$$

$$D_{yy}=\alpha_L\frac{v_y^2}{|v|}+\alpha_T\frac{v_x^2}{|v|}+\alpha_T\frac{v_z^2}{|v|}+D^* \qquad （式 7.1-11）$$

$$D_{zz}=\alpha_L\frac{v_z^2}{|v|}+\alpha_T\frac{v_x^2}{|v|}+\alpha_T\frac{v_y^2}{|v|}+D^* \qquad （式 7.1-12）$$

$$D_{xy}=D_{yx}=\left(\alpha_L-\alpha_T\right)\frac{v_x v_y}{|v|} \qquad （式 7.1-13）$$

$$D_{xz} = D_{zx} = \left(\alpha_L - \alpha_T\right)\frac{v_x v_z}{|v|} \qquad (式 7.1-14)$$

$$D_{yz} = D_{zy} = \left(\alpha_L - \alpha_T\right)\frac{v_y v_z}{|v|} \qquad (式 7.1-15)$$

式中：

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

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

α_L—纵向弥散度，m；

α_T—横向弥散度，m；

D^*—有效分子扩散系数，m^2/s；

v_x、v_y、v_z—流速矢量 x、y、z 轴的分量，m/s；

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

7.1.3 数值模型

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

1）模拟软件介绍

本研究不仅要对地下水流场进行模拟刻画以研究地浸开采对区域地下水水位的影响，还需要进行溶质运移模拟研究，基于以上目的，选取适用的数值模拟软件 GMS，主要应用 GMS 中的 MODFLOW 模块建立地下水流场预测，应用 MT3DMS 模块进行溶质运移预测。GMS 各模块主要功能见表 7.1-2。

表 7.1-2 GMS 各模块功能一览表

序号	模块名称	模块功能
1	MODFLOW	美国地质调查局于 20 世纪 80 年代开发出的专门用于孔隙介质中地下水流动的三维有限差分数值模拟软件，是世界上使用最广泛的三维地下水水流模型，它是一种应用基于网络的有限差分方法来描述地下水流运动规律的计算机程序。通过把研究区在区间和时间上的离散，建立研究区每个网络的水均衡方程式，所有网络方程连接成为一组大型的线性方程组，迭代求解方程组可以得到每个网络的水头值。MODFLOW 可以模拟水井、河流、潜流、排泄、湖泊、蒸散和人工补给对非均质和复杂边界条件的水流系统的影响。

序号	模块名称	模块功能
2	MT3D	模拟地下水中单相溶解组分对流、弥散、源/汇和化学反应的三维溶质运移模型，能够有效处理各种边界条件和外部源汇项。化学反应主要是一些比较简单的单组分反应，包括平衡和非平衡状态的线性和非线性吸附作用、一阶不可逆反应（如放射性衰变）和可逆的动态反应等。模拟计算时，MT3D 需和 MODFLOW 一起使用。
3	MODPATH	是确定给定时间内稳定或非稳定流中质点运移路径的三维质点示踪模型。和 MODFLOW 一起使用，根据 MODFLOW 计算的流场，在指定各质点的位置后，MODPATH 可进行正向示踪和反向示踪，计算三维水流路径，从而成为水井截获区和井位警戒研究理想工具。
4	MAP	是快速建立概念模型及相应数值模型的工具。即以 TIFF、JPEG、DXF 等栅格图文件作为底图，在图上确定点、线、多边形的空间位置，直接分配边界条件及参数。点位置用于确定井的抽水数据或污染源点源；线可以确定河流、排泄等模型边界；多边形可以确定面数据，如湖、不同补给区或水力传导系数区。通过 MAP 建立概念模型后，GMS 可自动建立模拟网络，并将参数分配到相应的网络，从而实现对概念模型编辑、运行的目的。
5	Grid	用来建立三维计算网络，其中 3D Grid 模块的使用范围最为广泛，MODFLOW、RT3D、MODPATH 和 UTCHEM 等模块都要用到。
6	Scatter Points	是为模型插入散点的模块，可以根据需要将二维或三维散点嵌入 Mesh 和 Grid 中。

2）模拟区剖分

本次预测将模拟区域离散成正交网格，为了更加精确地刻画核素在井场附近的运移情况，在网格剖分的过程中对井场区域进行了加密，加密网格的大小为 5×5m，外围非加密网格的大小为 10×10m。本模型一共剖分 95930 个网格。网格剖分情况见图 7.1-3。

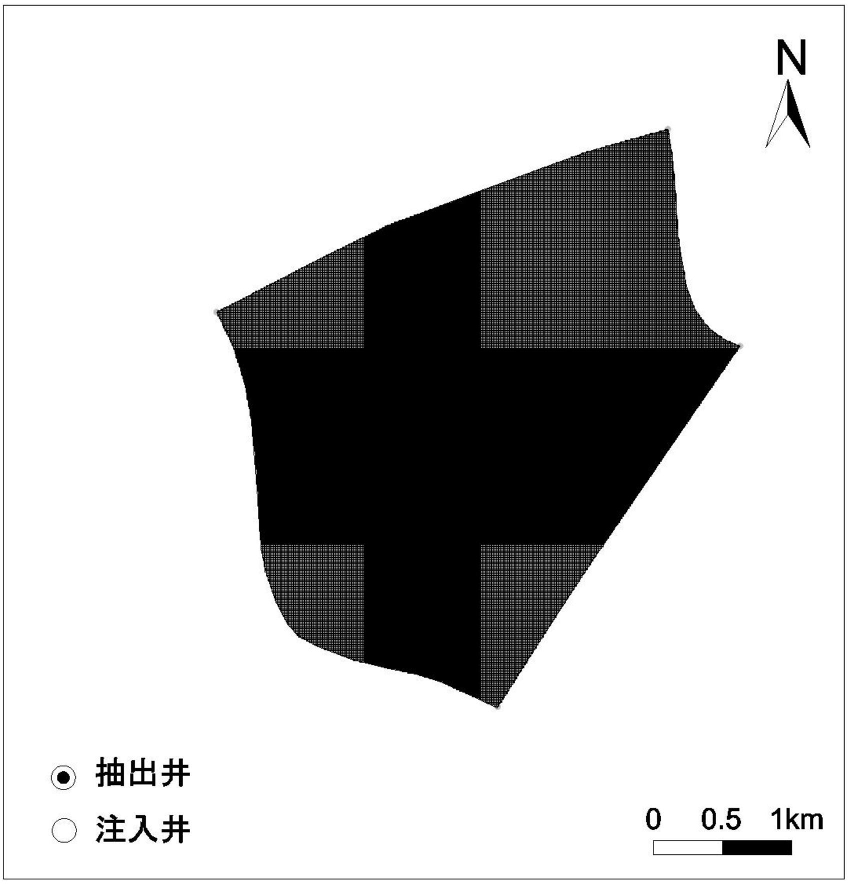


图 7.1-3 模型网格剖分图

3）评价因子

评价因子按照放射性核素、非放射性污染物进行分类确定预测因子。其中，根据原地浸出采铀工程特点，放射性核素选取特征核素 $U_{天然}$，其浓度取设计目标值 75mg/L；非放射性污染物根据海力锦试验平稳阶段的浸出液监测数据（表 7.1-3）确定，通过将非放射因子监测结果与《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）Ⅲ类标准进行对比，取超过水质标准倍数较大的因子作为预测因子，最终确定非放射性预测因子为 As 和 Mo。各源项浓度见表 7.1-3。

表 7.1-3 浸出液样品监测结果

项目	pH	Na^+	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	NO_2^-	F^-	As	Hg	Cr^{6+}
单位		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L
监测值	7.7	2350	386	202	8.17	5.93	18.1	1.10	0.08	ND
标准值	6.5~8.5	200	250	250	20	1	1	0.01	1	50
超标倍数	0.47	11.75	1.54	0.81	0.41	5.93	18.12	110.12	0.08	0

项目	Zn	Cu	Pb	Cd	Fe	Mn	Mo	氨氮	COD_{Mn}	
单位	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	mg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	/
监测值	8.62	10.8	2.81	0.87	0.04	72.1	1.49	ND	ND	
标准值	1000	1000	10	5	0.3	100	0.07	0.5	3	
超标倍数	0.01	0.01	0.28	0.17	0.13	0.72	21.24	0	0	

4）评价时间

根据本项目排产计划，地下水模拟预测时长保守考虑为单个采区的最长生产年限，即 8a。

7.1.4 预测结果及评价

1）流场预测结果及分析

以设计的生产井流量为依据，应用软件模拟计算得到的生产过程中含矿含水层等水位线见图 7.1-4。从等水位线图中可知，从采区外部向内部延伸，水位线呈持续下降趋势，形成了地下水降落漏斗。

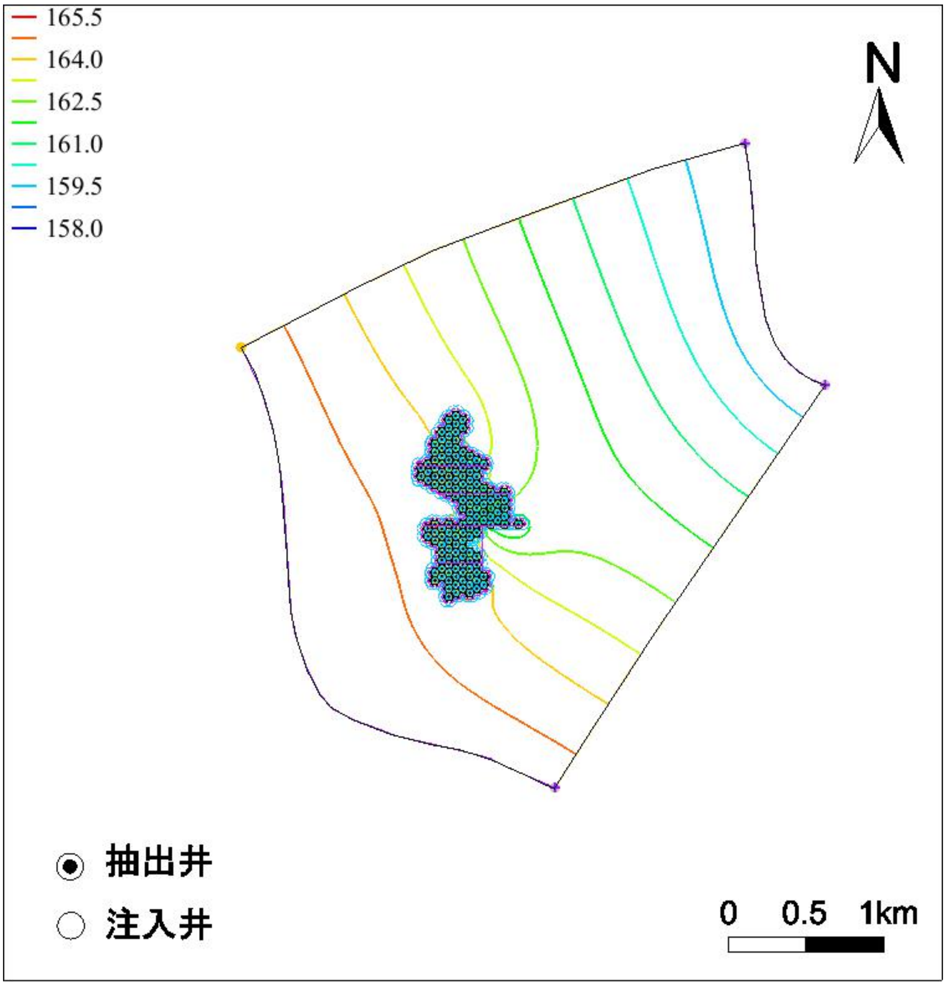


图 7.1-4 采区等水位线示意图

2）溶质运移结果分析

在地下水流场的基础上，对运行期地下水中污染物迁移模拟进行了预测，预测结果如下：

（1）U 天然

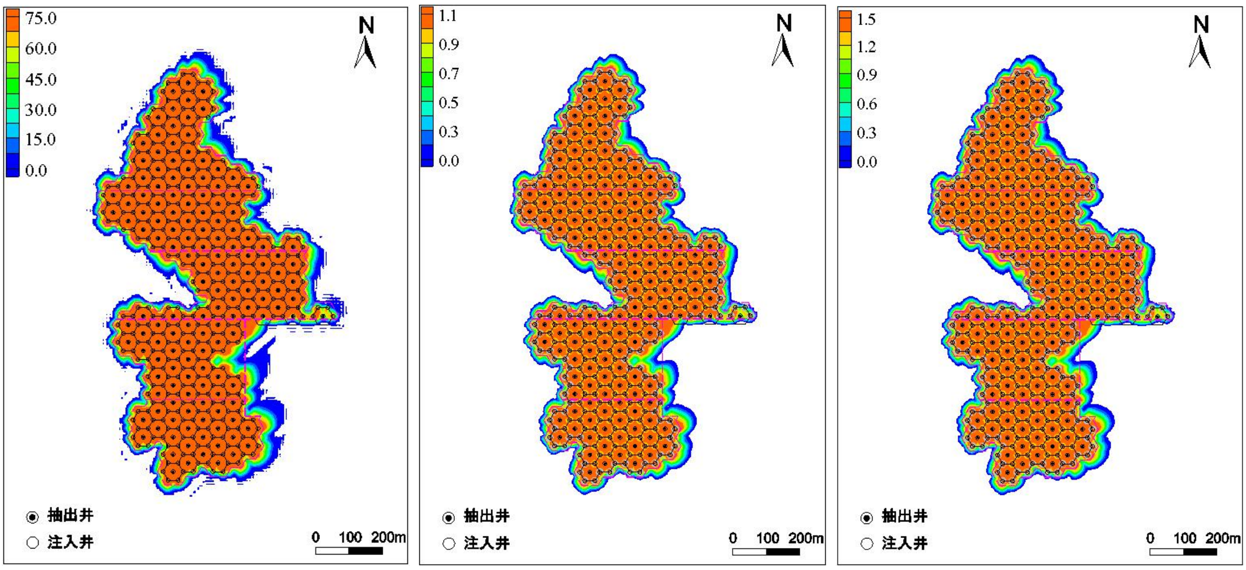
以 0mg/L 为边界浓度，绘制了单个采区生产期末含矿含水层的 U 天然浓度分布图，见图 7.1-5（a）。由图可知，U 天然在含矿含水层向下游、侧向及上游的运移距离分别为 107m、85m 和 75m。

（2）As

以 0mg/L（As 背景值已超过地下水Ⅲ类标准）为边界浓度，绘制了单个采区生产期末含矿含水层的 As 浓度分布图，见图 7.1-5（b）。由图可知，As 在含矿含水层向下游、侧向及上游的运移距离分别为 75m、43m 和 32m。

（3）Mo

以 0.014mg/L（Ⅲ类标准值 0.07mg/L-最大本底值 0.056mg/L）为边界浓度，绘制了单个采区生产期末含矿含水层的 Mo 浓度分布图，见图 7.1-5（c）。由图可知，Mo 在含矿含水层向下游、侧向及上游的运移距离分别为 63m、41m 和 30m。



（a）U 天然　　　（b）As　　　（c）Mo

图 7.1-5 单个采区生产期末各污染物在含矿含水层中的浓度分布图

综上所述，单个采区生产期末时，U 天然、As 及 Mo 在地下水水流方向向下游的迁移距离分别为 107m、75m 和 63m，侧向最大迁移距离分别为

85m、43m 和 41m，上游最大迁移距离分别为 75m、32m 和 30m；由于本项目含矿含水层埋深较大，且含矿含水层的顶底板均相对稳定，含矿含水层中地下水越流至其他含水层的可能性很小，对其他层地下水环境的影响不大，也不会对公众造成附加照射剂量。

7.2 潜水含水层地下水影响

本项目可能对潜水含水层产生影响的地表设施主要为蒸发池。为了防止蒸发池废水渗透而污染地下水，蒸发池池底、池壁做防渗漏处理，蒸发池的底部从下到上依次为钠基膨润土防水毯、HDPE 土工膜、长丝无纺土工布、HDPE 土工膜、长丝无纺土工布。蒸发池中废水在生产期间下渗距离的计算方法如下：

$$X = Ks \leftrightarrow \frac{(h+L)}{L} \leftrightarrow \qquad \text{（式 7.2-1）}$$

$$Ks = \frac{M_1 + M_2}{M_1 / K_1 + M_2 / K_2} \qquad \text{（式 7.2-2）}$$

式中：

X——蒸发池废水在蒸发池底部防渗层的垂直入渗距离，cm；

K_s——防渗结构等效渗透系数，cm/s；

h——蒸发池中废水水深，保守取有效深度 1.0m；

L——防渗结构等效渗透厚度，即 0.008m；

M_1——双层 HDPE 土工膜的厚度，取 0.003m；

M_2——钠基膨润土防水毯的厚度，取 0.005m；

K_1——双层 HDPE 土工膜渗透系数，取 $1×10^{-12}$cm/s；

K_2——钠基膨润土防水毯渗透系数，取 $5×10^{-11}$cm/s；

t——废水下渗时长，取运行年限 15a，即 $4.73×10^{8}$s。

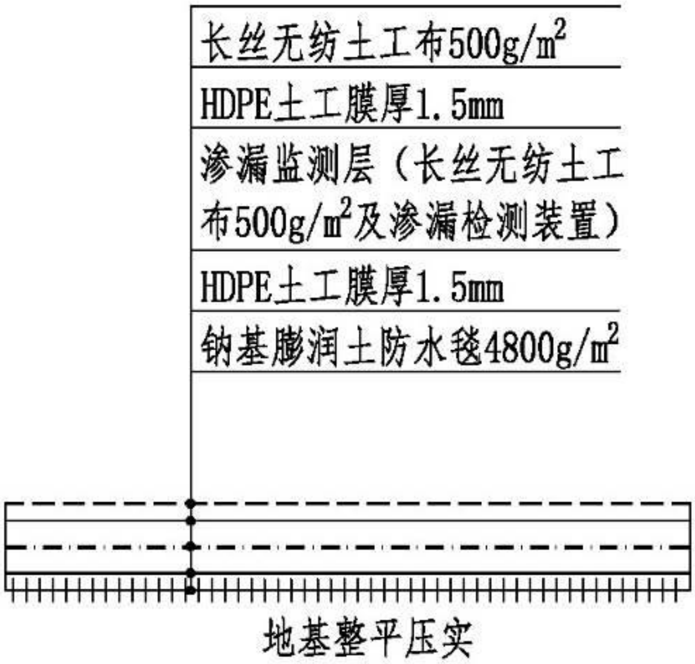


图 7.2-1 蒸发池防渗结构示意图

通过计算可知：蒸发池复合防渗结构的等效渗透系数 K_s 为 2.58×10^{-12}m/a，蒸发池中废水在运行期内垂直入渗的距离约为 1.54×10^{-3}m，小于本项目防渗层厚度 0.008m。因此，在运行期蒸发池溶液不会穿透蒸发池底部人工防渗层，也不会进入地下水。

HDPE 土工膜使用寿命可长达上百年，强度高，断裂拉伸强度可达 28Mpa 以上，抗戳穿力强，耐低温，冷脆温度-60℃以下，在项目所在地最低气温之下。此外，本项目蒸发池四周均匀设置了地下水监测井，定期对监测井中的地下水进行取样监测。通过以上多重防御系统，在正常工况下，蒸发池对地下水产生污染的可能非常小。

此外，在发生蒸发池泄漏事故时，根据土壤环境影响评价结果，蒸发池废水不会穿透包气带进入地下水，不会对地下水环境造成影响。

7.3 上、下层含水层地下水影响分析

本项目地浸钻井施工过程中采取了严格的质量保证，仅在含矿段设计安装滤水管，并将滤水管以上环状间隙全段水泥封堵。在施工完毕后，将通过物探检测等手段，保证井管的完整性和水泥封堵的可靠性。因此，地浸抽注活动中浸出液不会通过井管进入上、下层含水层。含矿含水层顶、底板隔水

性能良好，切断了含矿含水层与上、下层含水层之间的水力联系，生产过程中浸出液不会通过隔水层越流对上、下层含水层产生影响。此外，本项目在矿床上、下层含水层布置了监测井，一旦监测数据异常，可及时停止附近生产井的运行，对破损的生产井进行修复或全孔封闭。其次，通过数据异常的监测井对流散至上、下层的浸出液进行抽水回收，直至该监测井数据回归正常水平。

综上所述，本项目在施工期和生产井对上、下层含水层均采取了可行有效的污染防范措施，不会对上、下层含水层产生明显影响。

8 运行期非放射性环境影响

8.1 大气环境影响分析

本项目运行期产生的非放射性大气污染物主要是浸出液处理厂房产生的少量 HCl 以及盐酸库产生的 HCl 废气。盐酸库放置 3 个卧式盐酸贮罐，其中 1 台为事故备用罐。

浸出液处理厂房中各罐体及管线密闭性较好，且管线上设置流量计，装置设备管线连接处采用密封垫片，确保了其中的盐酸处于密闭、可控状态，HCl 气体排放量很小，可忽略不计；因此，本项目仅进行盐酸库 HCl 气体环境影响分析。盐酸库 HCl 气体主要来源于盐酸贮罐的呼吸排放，排放位置为盐酸贮罐的呼吸口。源项及排放参数见表 8.1-1。

表 8.1-1 盐酸罐 HCl 废气源项参数

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（℃）
盐酸贮罐	HCl	8.12×10^{-4}	60	4.074	0.1	7.6

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），本项目大气环境影响评价为二级，采用 AERSCREEN 估算模式对 HCl 废气排放造成的环境影响进行预测和评价。估算模型参数见表 8.1-2。其中，温度参数取自通辽气象站近二十年气象统计数据。

表 8.1-2 估算模型参数表

参数		取值
城市/农村选项	城市/农村	农村
	人口数（城市选项时）	—
最高环境温度		38.9℃
最低环境温度		-31.6℃
土地利用类型		耕地
区域湿度条件		平均
最低风速		0.5m/s
是否考虑地形	考虑地形	是
	地形数据分辨率（m）	90
是否考虑海岸线熏烟	考虑海岸线熏烟	否
	海岸线距离（km）	—
	海岸线方向（°）	—

经 ARESCREEN 大气估算模式计算，结果见表 8.1-3 和表 8.1-4。由结果可知，HCl 的最大落地浓度为 4.40μg/m^3，可满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）周界外浓度最高点限值要求，对周围环境影响较小；距离盐酸库最近居民点刘家（约 600m）处贡献值为 0.20μg/m^3。根据本项目环境质量调查结果，项目周围敏感点的 HCl 浓度未检出，叠加现状值后的预测值仍远低于《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D 中 50μg/m^3 的标准。

综上所述，本项目生产运行期间 HCl 废气排放对周边空气环境影响较小，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D 其他污染物空气质量浓度参考限值要求。

表 8.1-3 大气环境影响预测结果

污染源名称	污染物	Ci（μg /m^3）	Coi（μg /m^3）	Pi（%）	距离（m）
盐酸库盐酸储罐	HCl	4.40	50	8.78	13

表 8.1-4 不同距离处 HCl 浓度贡献值

序号	距离，m	HCl 浓度，μg/m^3	占标率，%
1	**12**	**4.40**	**8.78**
2	100	0.95	1.90
3	200	0.48	0.96
4	300	0.32	0.64
5	400	0.25	0.50
6	500	0.22	0.44
7	**600（刘家）**	**0.20**	**0.40**
8	1000	0.14	0.28
9	2000	0.08	0.16
10	2500	0.07	0.14

8.2 水环境影响分析

本项目运行期非放射性废水主要为水冶厂生活污水，其主要污染物为氨氮、BOD_5 等，总排水量约为 26m^3/d。

本项目在水冶厂配备一套地埋式生活污水处理设施。在非霜冻期，活污水经污水处理设施处理，BOD_5、氨氮等满足《城市污水再生利用 城市杂用

水水质》（GB/T18920-2020）相关标准后回用于场地绿化和道路降尘。在霜冻期，定期外运至污水处理厂统一处理，废水不外排。因此，本项目生活污水均进行了妥善处理，不会对项目周边水环境产生明显影响。

8.3 土壤环境影响分析

8.3.1 预测情景

参照《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）中土壤环境影响识别相关要求及内容，本项目土壤环境影响类型为污染性影响，可能对土壤环境产生影响的设施主要为蒸发池。本项目为了防止蒸发池废水渗透而污染土壤，在底部采用双层 HDPE 土工膜防渗结构，从下到上依次为钠基膨润土防水毯、HDPE 土工膜、长丝无纺土工布、HDPE 土工膜、长丝无纺土工布，正常工况下不会发生废水泄漏；在蒸发池泄漏事故下，蒸发池废水通过防渗结构破损部分垂直下渗，预测其对土壤环境造成的影响。

8.3.2 预测源强

1）泄漏量

假定蒸发池防渗层破损，废水通过破损处泄漏进入土壤环境造成污染。废水泄漏量计算公式如下：

$$Q = K \leftrightarrow I \leftrightarrow A \qquad （式 8.3-1）$$

式中：

Q—污染物泄漏量，m^3/d；

K—垂向，参照项目附近双环渗水试验成果，为 $3.06\times10^{-4}cm/s$，即 0.26m/d；

I—垂向水力梯度，$I=（h+L）/L$；h 为池内水位，取有效深度 1.0m，L 为渗流路径长度，通常取包气带厚度，为 8.36m。计算得到 I 为 1.12；

A—泄漏面积，为防渗面积的 1%。单个蒸发池面积 2925，则 1%为 $29.25m^2$。

综上，通过计算得出蒸发池因防渗层破损发生非正常状况泄漏，泄漏量为 $8.51m^3/d$。

2）预测因子及预测因子

根据地浸采铀工艺废水特点，放射性因子选取特征核素 U$_{天然}$，其平均浓度为 3.29mg/L。针对非放射性因子的选取，类比海力锦试验浸出液监测数据（见表 7.1-3），浸出液中含量较高的因子包括 As 和 Mo 等。其中，As 在《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中具有第二类用地污染风险筛选值的标准要求，因此非放射性评价因子选取 As，其浓度为 1.10mg/L。

8.3.3 预测模型

本次事故工况入渗土壤污染预测方法采用《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）附录 E 中推荐的预测方法二，即一维非饱和溶质运移模型预测方法。

1）土壤水流运动模型-*Richards* 方程

包气带水流运动模型为一维垂向饱和－非饱和土壤水中水分运动方程，如下：

$$\frac{\partial\theta(h)}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left[K(h)\left(\frac{\partial h}{\partial z}+1\right)\right]-s \qquad \text{（式 8.3-2）}$$

式中：

θ（*h*）—土壤体积含水率；

K（*h*）—垂直方向的水力传导度，cm/d；

h—压力水头，cm；

z—垂直方向坐标，cm；

t—时间，d；

s—源汇项，cm^3·d。

2）土壤溶质运移模型

根据多孔介质溶质运移理论，土壤溶质运移选取一维非饱和溶质运移的数学模型为：

$$\frac{\partial(\theta c)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho s)}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left(\theta D\frac{\partial c}{\partial z}\right)-\frac{\partial}{\partial z}(cq)-Asc \qquad \text{（式 8.3-3）}$$

式中：

c—土壤水中污染物浓度，mg/L；

s—土壤吸附态污染物浓度，mg/mg；

ρ—土壤容重，mg/cm^3；

θ—土壤体积含水率；

D—土壤水动力弥散系数，cm^2/d；

q—垂直渗流速率，cm/d；

Asc—化学反应项，mg/（cm^3·d）。

8.3.4 预测软件

HYDRUS 可用于模拟水、热、溶质运动在二维和三维非饱和带介质的软件，它可以进行 Richards 非饱和带水流方程及对流—弥散方程的数值计算。一般认为，水在包气带中运移符合活塞流模式。污染物的弥散、吸附和降解作用所产生的侧向迁移距离远远小于垂向迁移距离。本次评价利用 HYDRUS 软件建立垂向一维模型模拟污染物在包气带中的垂向运移情况。

8.3.5 预测参数

土壤水力特征参数的确定是研究土壤水分运移的基础，本项目包气带土壤水分特征参数中厚度（H）、渗透系数（K_s）等来自地勘资料，其余部分参考 HYDRUS 软件中 UNSODA 数据库经验值，具体见表 8.3-1。此外，出于保守考虑，不考虑地层对污染物的迁移阻滞作用。

表 8.3-1 土壤水分特征曲线参数一览表

土层类型	H（m）	θ_r	θ_s	α(1/cm)	n	K_s(cm/d)	l	ρ	θ
第四系沙壤土层	8.36	0.065	0.41	0.075	1.89	26	0.5	1.75g/cm^3	0.287

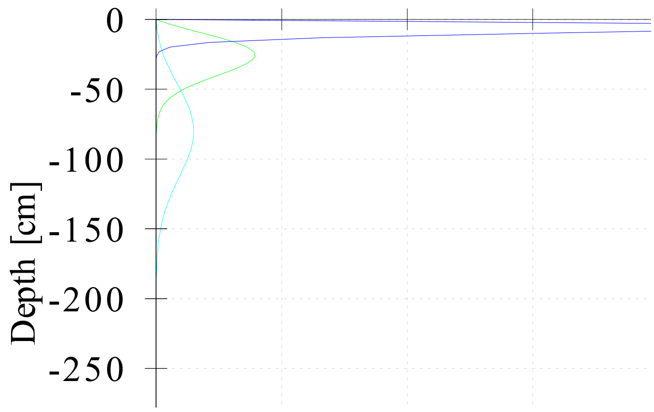
8.3.6 预测结果及评价

将以上参数代入模型计算，时间节点选取 100d、1000d 和 4380d（运行期末），预测各时间节点下各污染物入渗深度。具体预测结果如下：

1）U$_{天然}$

蒸发池泄漏后 U$_{天然}$在土壤中迁移预测结果见图 8.3-1。由模拟结果可知，污染物发生泄漏后，U$_{天然}$随时间不断向土壤深部迁移，100d、730d 及 1825d 迁移深度依次为 23cm、66cm 和 152cm，未穿透包气带进入地下水。U

天然最大贡献浓度分别为 0.051mg/kg、0.008mg/kg 和 0.003mg/kg，远低于土壤中 U 天然本底范围（0.51~1.08）mg/kg，对土壤环境影响较小。

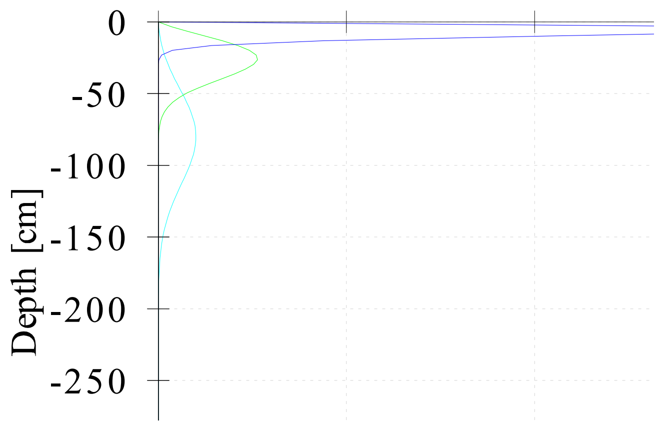


T0：初始；T1：100d；T2：1000d；T3：4380d

图 8.3-1 U 天然模拟预测结果

2）As

蒸发池泄漏后 As 在土壤中迁移预测结果见图 8.3-2。由模拟结果可知，污染物发生泄漏后，As 随时间不断向土壤深部迁移，100d、730d 及 1825d 迁移深度依次为 23cm、66cm 和 152cm，未穿透包气带进入地下水。As 最大贡献浓度分别为 0.017mg/kg、0.0025mg/kg 和 0.0015mg/kg，远低于蒸发池处土壤中 As 本底范围（2.45~4.46）mg/kg，对土壤环境影响较小。



T0：初始；T1：100d；T2：1000d；T3：4380d

图 8.3-2 As 模拟预测结果

综上所述，本项目发生蒸发池泄漏后，对项目周边土壤环境产生一定程

度的影响，但影响程度和影响范围十分有限，且未穿透包气带进入地下水，不会对区域地下水环境产生影响。

8.4 固体废物环境影响分析

本项目非放射性固体废物为钻井泥浆、危险废物（废机油和废机油桶）、实验室废物和生活垃圾。运行期钻井泥浆产生总量约 14424m^3，其 U$_{天然}$活度浓度为（17.7~19.2）Bq/kg，远低于《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）天然放射性核素免管浓度值 1Bq/g，最终填埋后顶部铺设表层土，按原始地形地貌平整场地，最后恢复植被；废机油尽量回收利用，仍有剩余时暂存于钱Ⅱ地浸工程危险废物暂存间，定期按订购协议返还供货单位或交由具备危险废物处置资质单位处置；实验室废物产生量约 0.05t/a，经清洗后作为一般固体废物处置；本项目运行期生活垃圾产生量约为 19.6t/a，生活垃圾集中存放指定地点，由环卫部门定期运输处理。由于产生量不大，且采取了可行有效的处理措施，对周边环境不会产生明显影响。

8.5 声环境影响分析

1）预测模式

本项目利用三捷环境工程咨询有限公司开发的 BREEZE NOISE 软件进行运行期噪声环境影响预测，该软件以《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2021）中的相关模式要求编制，适用于噪声领域的各个级别的评价。本次评价采用工业噪声预测计算模式，考虑点源几何发散衰减和地面反射。

运行期噪声设备主要为离心风机、空压机、泵等，主要集中在水冶厂房内，均属于室内声源，部分噪声较小的轴流风机安装在屋顶或墙内。本项目各种设备均选用低噪声环保设备，对离心风机、泵类及空压机等均采取了有效的隔声、减振措施。本项目各类风机噪声≤85dB（A），空压机噪声≤90dB（A），泵类设备噪声≤80dB（A），噪声预测参数见表 8.5-1。

表 8.5-1 运行期噪声预测参数一览表

<table>
<tr><th rowspan="2">序号</th><th rowspan="2">声源名称</th><th rowspan="2">数量</th><th colspan="3">相对位置，m</th><th>声源源强</th><th rowspan="2">声源类型</th></tr>
<tr><th>X</th><th>Y</th><th>Z</th><th>声功率级 dB(A)</th></tr>
<tr><td>1</td><td>轴流风机</td><td>6</td><td>7.5</td><td>30</td><td>0.3</td><td>85</td><td>室内声源</td></tr>
<tr><td>2</td><td>离心风机</td><td>5</td><td>87</td><td>40</td><td>12</td><td>65</td><td>室外声源</td></tr>
<tr><td>2</td><td>泵类</td><td>13</td><td>60</td><td>25</td><td>0.1</td><td>80</td><td>室内声源</td></tr>
<tr><td>3</td><td>空压机</td><td>1</td><td>7.5</td><td>23.4</td><td>0.1</td><td>90</td><td>室内声源</td></tr>
</table>

2）预测结果

经预测，本项目运行期厂界噪声见表 8.5-2，等声级线分布情况见图 8.5-1。由预测结果可以看出，运行期噪声源在厂界处的贡献值为（7.7~37.6）dB（A），满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准。

本项目周边 200m 的评价范围内无居民点，最近居民点为刘家，距离 600m，该处贡献值为 0dB（A）。因此，运行期不会对该居民点处的声环境产生影响。

表 8.5-2 运行期厂界噪声贡献值　　　　单位：dB（A）

<table>
<tr><th rowspan="2">预测结果</th><th colspan="4">厂界噪声</th></tr>
<tr><th>东</th><th>西</th><th>南</th><th>北</th></tr>
<tr><td>贡献值</td><td>18.6~25.7</td><td>25.7~37.6</td><td>7.7~31.0</td><td>7.7~18.6</td></tr>
<tr><td>执行标准</td><td colspan="4">《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）
昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）</td></tr>
<tr><td>达标情况</td><td>达标</td><td>达标</td><td>达标</td><td>达标</td></tr>
</table>

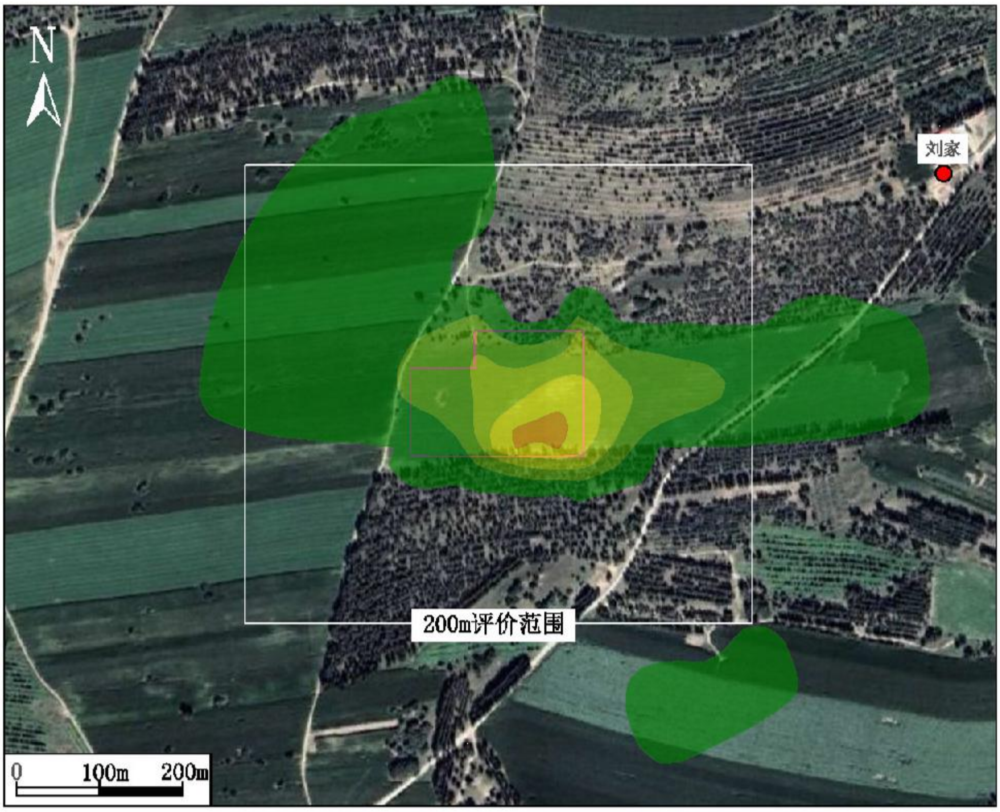


图 8.5-1 运行期等声级线图（dB（A））

9 事故环境影响评价

9.1 事故的环境影响

9.1.1 事故识别

本项目放射性气态流出物主要来自集液罐、浸出液处理厂房和蒸发池中氡气的排放，排放量较小，且浸出液处理厂房中各设备、管线均处于密闭状态，气态流出物处于可控状态，不会发生较大的事故。因此，在事故情况下，本项目仅考虑液态流出物的影响。

根据地浸采铀工程特点及当地环境条件，确定液态流出物的事故排放可能存在以下几种情况：

1）含矿含水层内非控制性抽注失衡，导致含矿含水层浸出剂流散；

2）事故性停止生产，导致含矿含水层浸出剂流散；

3）事故性跑、冒、滴、漏，造成放射性液体流散；

4）井场管道断裂，造成放射性液体流散；

5）浸出剂进入上下含水层，导致上下层含水层污染；

6）蒸发池破裂，造成放射性核素流散至土壤或潜水含水层。

9.1.2 事故环境影响分析

9.1.2.1非控制性抽注失衡

正常运行工况下，地浸采铀采用抽液量大于注液量的负不平衡来控制或避免地下浸出液的流散。由于生产控制的波动性，项目运行中短暂的抽注失衡是存在的，可能发生少量的浸出液由于抽注不平衡而流散到井场外，非控制性抽注失衡已作为生产期的正常排放进行了评价。

另外，本项目抽、注液管道均设有流量和压力的自动检测和报警装置，一旦出现泄漏，可及时发现并修复，其影响要小于正常生产时的影响，因此，此类事故完全可以在短时间内得到控制，对周围地下水环境影响较小。

9.1.2.2事故性停产

由于意外事故发生，造成非计划性生产停止，这将会造成含矿含水层内浸出剂向溶浸范围之外流散。

本项目正常生产过程中，每年的生产期为350d，一年中有15d的停产检修期，但是该停产检修期仅是个别钻井的检修和注入井的洗井等时间的累加值，整个井场为全年运行，因此已作为生产期的正常排放进行了评价，且本项目采用抽大于注手段，使地下水在采区范围内形成降落漏斗。在停产检修期，井场内的浸出液首先恢复降落漏斗，然后才向下游迁移，由于钻井的检修和注入井洗井时间较短，短暂停产对地下水的影响较小。因此，本次评价不再进行事故性生产停产情况的影响分析。

9.1.2.3事故性跑、冒、滴、漏

浸出液处理厂房内可能发生的事故为出现冒槽或管道的跑、冒、滴、漏等，本项目浸出液处理厂房内的各类储池、储罐、管道均设有液位、压力或流量自动检测、报警与连锁控制系统，一旦发生冒槽或管道的跑、冒、滴、漏等情况可及时发现并得到有效控制。此外，厂房内设置2个事故坑，尺寸均为11m×5.7m×4.5m（各包括2个DN4500的树脂转运罐），材质为砼衬防腐材料。同时，厂房内地面设置地沟，地沟尽头连接地坑，地坑内设有提升泵，事故工况下，可将漏失的液体经沟槽在厂房内收集后，通过泵提升至事故坑。因此在事故性的冒槽或跑、冒、滴、漏情况下，浸出液对外环境的影响很小。

9.1.2.4井场地埋式管道断裂

井场管道断裂一般分为两种情况，一种情况为冰冻冻裂管道，一种情况为受压断裂和破坏断裂。

1）冰冻影响

本项目所在地区每年有4～5个月的冰冻期，冰冻可能造成井场管道断裂和“跑液”事故。但是本项目开采的含矿含水层埋藏较深，浸出液水温可达15℃，且各类输送管道埋深位于最大冻土深度以下，所以冰冻期不会因冰冻造成地下管道破裂。

2）受压断裂和破坏断裂

本项目井下管道安装在钻孔中，孔内的管材采用聚四氯乙烯材质，孔壁与管壁之间用水泥砂浆充填。钻孔特定的设计结构使钻孔管道不存在被破坏的可能。另外，本项目各管道均采用具有足够抗压能力的材质，不会因受压

而断裂。

本项目设有自动化控制系统，在井场管线的进口和出口处装有压力变送器和电动调节阀，可以远程实时监控管线流量和压力情况，一旦因意外原因造成管道泄漏，将会自动触发报警装置，可及时远程控制关停管线。

综上所述，井场地埋式管道断裂的可能性较小，即使管道断裂，其影响相对来说也是比较小的。

9.1.2.5上下层含水层污染事故

本项目地浸钻井施工过程中采取了严格的质量保证，仅在含矿段设计安装滤水管，并将滤水管以上环状间隙全段水泥封堵，在施工完毕后，将通过物探检测等手段，保证井管的完整性和水泥封堵的可靠性。因此，一般情况下不存在由于钻井密封不良造成浸出剂泄漏事故发生。

在生产过程中，若发生上下层监测井数据异常，首先确定与含矿含水层发生水力联系的区域，检查各生产井的水位、流量和压力等参数数据及变化情况，若发现某生产井的生产参数存在异常波动，如某水位明显变化、注液量显著增加、注液压力明显降低等，则提示该生产井可能发生井管破裂，应立即停止该井及附近生产井的抽注活动，并及时进行井管检修或全孔封闭，隔离其与上含水层之间的水力联系；其次，通过数据异常的监测井对流散至上层的浸出液进行抽水回收，直至该监测井数据回归正常水平。

9.1.2.6蒸发池泄漏事故

由于蒸发池池底土工膜破损，可能造成蒸发池内吸附尾液发生少量的泄漏，蒸发池内废水下渗可能对地下水环境造成污染。本项目蒸发池双层防渗膜之间设有渗漏检测装置，一旦发生渗漏可及时检测发现，对于发生泄漏的蒸发池，首先将其中的液体泵至其他蒸发池暂存，然后对泄漏点进行修补，对泄漏产生的池底污染土壤进行清挖、回填新土，然后重新敷设土工膜，经鉴定无渗漏后恢复蒸发池的使用。

9.1.3 最大可信事故

蒸发池是地浸采铀工程的重要构筑物，根据事故情景分析可知，若蒸发池池底土工膜断裂，可能造成蒸发池内吸附尾液发生泄漏，废水下渗可能对土壤环境或地下水环境造成污染。综合考虑，本次事故环境影响评价将蒸发

池泄漏作为最大可信事故。

根据土壤环境影响评价，蒸发池泄漏发生后，对项目周边土壤环境产生一定程度的影响，但影响程度和影响范围十分有限，且未穿透包气带进入地下水，不会对区域地下水环境产生明显影响，也不会对公众造成附加照射剂量。

9.2 环境风险评价

9.2.1 环境风险识别

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盐酸和柴油。

1）柴油库环境风险

柴油属于易燃、易爆物质，泄漏到环境中遇明火、高热易燃烧爆炸。因此，柴油储存过程中若发生泄漏，造成油蒸汽逸散，存在火灾爆炸事故的可能。本项目埋地布置 2 台卧式油罐，均为双层罐结构，油罐内罐和外罐之间具有贯通间歇孔隙，一旦内罐破损，将由外罐接收泄漏的柴油。同时，罐体配备液位、压力检测及柴油罐渗漏检测报警装置，可对内外罐间隙空间进行实时监控，一旦内罐发生泄漏，感应器可以检测到并发出警报，信号立即传至中央控制室。因此，本项目不会出现柴油泄漏释放到环境的情况。

2）盐酸库环境风险

本项目露天布置 3 台（2 用 1 备）卧式盐酸贮罐，盐酸具有一定的腐蚀性，人体接触容易引起眼、口、鼻等灼烧，其一旦泄漏，挥发的酸雾会对周围大气环境造成影响。本次风险评价对盐酸泄漏进行风险预测与评价。

9.2.2 盐酸贮罐泄漏事故预测与评价

9.2.2.1 事故景象分析

本项目卧式盐酸贮罐为玻璃钢材质，容积为 $70m^3$，在盐酸贮罐区周围做一个整体围堰，围堰尺寸为 18m×13m×1m。本次评价按单个盐酸贮罐发生泄漏计算，根据 HJ169-2018 附录 E，泄漏模式为常压单包容储罐泄漏，泄漏孔径为 10mm，泄漏频率为 1×10^{-4}/a，泄漏时间为 10min。盐酸在常压下是液体，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。假设盐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盐酸罐基础所占面积，即 $S_{有}=S_{围堰}-S_{基础}=18\times13-3\times3\times10.43=140.13m^2$。然后，采用以下公式可计算出具有挥发性的盐酸的挥发量。

$$Q=a\times p\times M/(R\times T_0)\times u^{(2-n)/(2+n)}\times r^{(4+n)/(2+n)} \quad （式 9.2-1）$$

式中：

Q—质量蒸发速度，kg/s；

M—摩尔质量，kg/mol，盐酸取 0.03646；

a，n—大气稳定度系数，根据导则采用最不利稳定度 F，见表 9.2-1；

p—液体表面蒸气压，Pa；根据《环境统计手册》（四川科学技术出版社，1985 年），取 519Pa；

R—气体常数；33.6J/mol·k；

T_0—环境温度，根据导则采用最不利气象条件 25℃，即 298.15k；

u—风速，根据导则采用最不利气象条件 1.5m/s；

r—液池半径，m，等效半径为 6.68m。

表 9.2- 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盐酸挥发量为 0.0142kg/s。

9.2.2.2 事故影响评价

假设一旦发现泄漏，将迅速采取堵漏、导液等应急措施，将液体导入事故罐或事故池中。根据导则泄漏时间设定为 10min，蒸发时间设定为 30min，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 9.2-2，预测分析见表 9.2-3。

表 9.2- 2 盐酸贮罐泄漏事故时下风向地面空气中 HCl 的最大浓度（mg/m^3）

距离（m）	最大浓度	距离（m）	最大浓度
10	1790.00	300	13.31
20	620.13	400	8.30
30	362.58	500	5.73
40	255.97	**600**	**4.23**
50	194.51	700	3.28
60	153.81	800	2.62
70	125.03	900	2.15
80	103.82	1000	1.81
100	75.17	2000	1.33
200	25.69	3000	0.00

表 9.2- 3 盐酸泄漏事故不利气象条件（F 稳定度）下的预测后果分析

因子	项目	结果
HCl	最近敏感点（600m）最大浓度（mg/m^3）	4.23
	毒性终点浓度-1（mg/m^3）	150
	毒性终点浓度-1 影响距离（m）	61
	毒性终点浓度-2（mg/m^3）	33
	毒性终点浓度-2 影响距离（m）	171
	最大落地浓度（mg/m^3）	1790.00
	最大落地浓度出现距离（m）	10

由计算数据可以看出，在最不利气象条件下，储罐泄漏后的最大落地浓度出现在下风向 10m 处，最大落地浓度为 1790mg/m^3；毒性终点浓度-1 影响距离为 61m，毒性终点浓度-2 影响距离为 171m，该范围内均无居民点；最近居民点刘家处最大浓度为 4.23mg/m^3，低于大气毒性终点浓度 1 和 2。

在发生盐酸泄漏事故，首先要采取堵漏、导液等应急措施，尽量控制液体的外泄量，操作人员必须佩戴防毒面具，防护服等；由于有围堰的阻挡，及时将泄漏液体收集后，盐酸雾即停止外排，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，本项目在盐酸库区周围设置整体围堰，围堰尺寸为18m×13m×1m，内部设置3台（2用1备）DN3000×10430卧式盐酸贮罐，除去储罐基础及罐体所占空间外，围堰内的有效容积为140.13m^3，完全满足一个盐酸贮罐（70m^3）泄漏溶液贮存量。围堰内侧壁及地面均按照规范做防渗、防腐处理；同时，围堰内设置应急泵及管道等收集设施，一旦发生盐酸贮罐泄漏事故，可立即启动应急泵，将泄漏的盐酸及时回收至备用罐中。因此，事故情景下，盐酸泄漏不会对地下水环境产生影响。

9.2.3 环境风险防范措施及应急措施

9.2.3.1环境风险防范措施

1）厂内贮足必要的石灰、片碱等碱性药剂，以备酸性物质泄漏时的应急处理之需。

2）本项目盐酸库区设置水冲洗装置，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。

3）盐酸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。

4）危险品储运采用槽车或桶装运输，经常检查阀门，防止泄漏。

5）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。

6）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。

9.2.3.2环境风险应急措施

制定应急预案的目的是在发生突发环境事件的紧急情况下，为组织和个人提供安全指引，使组织和个人对突发事故具有快速反应和应变处理能力，以最大限度地降低事故造成的财产损失和人员伤亡。

针对本项目风险源，提出以下应急要求：

1）成立应急指挥小组，负责污染事故的指挥和处理，明确小组成员及相应的责任，建立应急人员联系单并公布；

2）为了使突发事故发生后能有条不紊地处理事故，在工程投产之前就应制定好事故应急计划和方案，制定应急疏散路线；

3）一旦发生突发事故，应及时发出警报，并在救援小组的领导下，紧急隔离危险物品，切断电源，疏散人群，抢救受伤人员；

4）制定环境风险应急培训计划，明确公司应急预案的演习和训练内容、范围和频次；规定应急状态终止程序，事故现场善后处理和恢复措施；

5）建立应急档案和专门报告制度；

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，促使其增强安全防范意识，掌握预防和处置事故的技能，杜绝违规操作。

10 环境保护措施及其可行性论证

10.1 施工期环境保护措施及其可行性论证

10.1.1施工期环境保护措施

10.1.1.1施工期大气污染防治措施

本项目在施工期的大气污染包括施工扬尘和少量的燃油废气。其中，施工扬尘防治措施包括洒水抑尘、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；燃油废气防治措施包括选择使用工况良好的机械，加强日常维护及检修，采用节能环保型柴油动力设备，选择高品质的燃料等。

10.1.1.2施工期水污染防治措施

施工期施工废水和生活污水污染物种类简单，含量较低。项目施工废水主要为设备清洗水，该部分废水集中收集，经沉淀后用于场地洒水降尘，不外排。

施工期钻探施工人员配备寝车，其生活污水在寝车收集后外运处理。其余施工人员租住周边民宅，其生活污水依托民宅处理，制定施工环境保护管理制度，加强生活污水管理。

10.1.1.3施工期固体废物污染防治措施

施工期固体废物包括钻井泥浆、危险废物、建筑垃圾和生活垃圾等。

1）钻井泥浆

钻井施工过程中，大部分泥浆经过除砂后回用于钻井，产生的大颗粒岩屑运至泥浆坑进行集中处理；单个钻井施工完成后，产生的剩余钻井泥浆经脱水后滤液运至新钻井机台配置钻井液，岩屑和泥饼运至泥浆坑进行集中处理。泥浆坑在开挖前剥离表土，并对表土层进行单独剥离并单独堆存，待钻井施工结束后覆土掩埋，在顶部铺设剥离的表层土，并翻松土层，按原始地形地貌平整场地。最后进行植被恢复工作，选择的复垦植被与周边环境相协调。

2）危险废物

施工过程中可能会产生少量废机油，由施工单位设专用桶收集，用于钻机设备传动、润滑等，尽量回收利用，废机油仍有剩余时，交由具备危险废物处置资质的单位处置。

3）建筑垃圾

本项目施工期建筑垃圾在指定的建筑垃圾堆存处暂存，最终统一送建筑垃圾处理场。

4）生活垃圾

施工人员部分租用周边民宅，部分配备寝车，租用民宅的施工人员产生的生活垃圾依托民宅周边环卫设施进行处理，配备寝车的施工人员产生的生活垃圾集中收集堆放，定期外运处理。

10.1.1.4施工期噪声污染防治措施

施工期降噪措施包括：选择低噪设备，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，另加强管理，尽量避免夜间施工。

10.1.1.5施工期生态恢复措施

1）永久基本农田恢复措施

本项目施工周期均较短，施工周期尽量避开耕作期。本项目钻井、管线均为移动式施工，在施工过程中严格控制施工占地面积。对于施工临时占地区域，施工完毕进行场地平整，根据土层堆放顺序采用分层回填，将前期剥离的表土均匀覆盖在表面，覆土厚度满足农业生产要求。

2）其他生态措施

（1）施工期加强施工管理，对各种施工活动严格控制在施工区域内，尽可能地不破坏原有的地表植被和土壤，并将临时占地面积控制在最低限度。对施工人员进行生态保护意识教育，严禁对周围植被进行随意破坏。

（2）对管沟开挖产生的土方，采取加覆盖层的方式防止风蚀或水蚀造成的土壤流失；在管道铺设完毕后，对管沟及时回填，压实土壤，恢复地表植被。

（3）对于项目使用中的大型机械，安装必要的减振降噪设施，减小噪声的源强。运输车辆选择合理的运输路线及运输时段，减少对居民生活及动物活动的影响。

（4）合理安排植被恢复计划，采取针对性的地貌和植被恢复措施，优先选择当地物种作为植被恢复的备选植物，并在植被恢复工作结束后，应该定期检查恢复效果。

10.1.2施工期环境保护措施可行性分析

10.1.2.1施工期大气污染防治措施可行性分析

在施工期井场建设、地表工程场地平整、建设以及蒸发池开挖等建设时可能产生局部扬尘。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。根据项目周边的钱Ⅳ地浸采铀工程施工期监测数据，在采取相同环保措施后，施工场界四周TSP浓度为（153~885）$\mu g/m^3$，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值1000$\mu g/m^3$的要求。因此，施工期大气污染防治措施是可行的。

10.1.2.2施工期水污染防治措施可行性分析

本项目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，施工废水经处理后，可完全回用于洒水降尘；钻探施工人员生活污水在寝车收集后外运处理，其余施工人员日常生活产生的生活污水均收集至民宅旱厕内，定期由居民清掏并用于农肥，同当地居民产生的生活污水一同处理，上述措施可避免生活污水随意排入外环境，在以往施工时具有良好的经验。因此，施工期地表水污染防治措施是可行的。

10.1.2.3施工期固体废物污染防治措施可行性分析

1）钻井泥浆

本项目钻井泥浆采取统一收集、集中处理的方式。其中，钻井过程中钻井泥浆循环利用，最终剩余的少部分岩屑和泥饼运至泥浆坑集中处置。该处理方式是铀矿勘探、铀矿生产钻井施工常用的处理方法，通过沉淀、除砂等实现了钻井过程中泥浆的循环利用，减少了废泥浆的排放量。因此，钻井泥

浆的处理方式是可行的。

2）危险废物

本项目施工期废机油产生量较少，由施工单位设专用桶收集，尽量回收利用于钻机设备传动、润滑等。废机油仍有剩余时，与废机油桶一起交由具备危险废物处置资质的单位处置。同时，施工单位严格落实危险废物分类、收集、暂存、转移和处置管理等措施，建设单位履行监督管理责任，确保产生的废机油不会流入周围环境中，其处理措施是可行的。

3）建筑垃圾

在施工过程中，建筑垃圾在指定的建筑垃圾堆存处暂存，堆存过程中及时苫盖，避免雨淋，卸运过程中适当洒水以减少扬尘。施工结束后及时进行清运，建筑垃圾最终统一送至建筑垃圾处理场，其处理措施是可行的。

4）生活垃圾

本项目施工场地设置生活垃圾收集箱，对产生的各类生活垃圾按照相关要求收集后，定期外运处理，其处理措施是可行的。

本项目施工期加强固体废物管理，专人收集、定点堆放。各固体废物处置去向合理，处置措施可行。

10.1.2.4施工期噪声污染防治措施可行性分析

建筑施工通常分为四个阶段，即土方阶段、基础阶段、结构阶段和装修阶段，每一阶段所采用的施工机械不同，对外界环境造成的噪声污染水平也不同。根据项目周边的钱Ⅳ地浸采铀工程施工期监测数据，在采取相同环保措施后，其施工场界四周昼间噪声值为（64.7~69.3）dB（A），夜间噪声值为（48.1~54.3）dB（A），满足《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）要求；距离最近的居民点处昼间噪声值为（55.2~58.9）dB（A），夜间噪声值为（46.6~48.2）dB（A），满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类声环境标准要求。由此可见，施工期噪声防治措施是可行的。

10.1.2.5施工期生态恢复措施可行性分析

本项目施工期较短，项目施工过程中严格控制施工占地面积，针对永久基本农田，施工周期尽量避开耕作期，并将耕作层土壤剥离分层堆放遮盖，施工结束后分层回填并及时复垦恢复原种植条件。同时，项目施工期使用的

大型机械安装必要的减震降噪设施，减少施工噪声和振动对动物栖息地的影响。此外，本项目合理安排施工进度，提高施工效率，缩短施工时间，减少水土流失发生的可能。因此，施工期生态恢复措施是可行的。

10.2 运行期环境保护措施及其可行性论证

10.2.1运行期环境保护措施

10.2.1.1运行期大气污染防治措施

本项目浸出液处理厂房生产过程中产生少量的氡及其子体、HCl气体，采取全面通风措施后，由高出周围50m内最高建筑物屋脊3m的排气筒排至大气扩散稀释。另外，盐酸库产生HCl气体，主要靠大气稀释排放；蒸发池及集液罐排放的^{222}Rn，主要靠大气稀释排放。

10.2.1.2运行期水污染防治措施

1）工艺废水、实验废水

本项目生产过程中工艺废水主要包括转型尾液、反渗透浓水、沉淀母液及冲洗废水，分析实验室在化学分析实验过程中会产生少量实验废水，工艺废水和实验废水的总产生量为26600m^3/a，全部输送至蒸发池蒸发处理。本项目蒸发池蒸发面积为23400m^2，年实际蒸发量约为27155.2m^3/a，可全部蒸发掉本项目产生的废水。另外，蒸发池池底及边坡底部铺设防渗层，并设置渗漏检测装置；蒸发池四周共布设6个潜水含水层监测井。

2）流散浸出液

为了避免浸出液在含矿含水层中的逸散，本项目在生产过程中应严格控制抽注液的区域平衡，抽大于注的比例不小于0.3%，其中边界抽注单元的抽液量不小于注液量0.5%，以便使抽出井和注入井之间形成规则的水位降落漏斗；设置监测井，随时发现可能的水平扩散和垂直泄漏，从而减少地下水污染。

3）洗井废水

洗井废水采用移动式环保洗井工作站处理，处理后的澄清液回收至集液罐。

4）生活污水

本项目在水冶厂区设置一套地埋式一体化污水处理设施，非霜冻期生活污水经处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中绿化、道路清扫标准，用于场地绿化和道路降尘。霜冻期定期外运处理，不外排。

10.2.1.3运行期固体废物污染防治措施

1）浸出液处理残渣、洗井废渣

浸出液过滤工序产生的少量浸出液处理残渣和环保洗孔工作站处理洗井废水时产生的少量洗井废渣，装桶收集后首先进行晾晒，然后再封盖密闭暂存于固体废物库，待退役时一并处理。

2）废旧设备及零配件

废旧管道、阀门、水泵等放射性固体废物经擦拭去污后，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$\alpha \leq 0.8Bq/cm^2$、$\beta \leq 0.08Bq/cm^2$时，按照普通工业废物处置。对于表面α、β放射性水平高于GB23727规定的，全部运送至固体废物库暂存，待暂存的放射性废旧设备达到一定量后，统一送至审管部门认可的废旧金属处理中心处理。

3）危险废物

废机油尽量回收利用，仍有剩余时装桶暂存于钱Ⅱ地浸工程危险废物暂存间，定期交由具备危险废物处置资质单位处置。

4）实验室废物

本项目中心化验室产生的废旧试剂瓶较少，按实验室管理要求进行清洗后，作为一般固体废物处置。

5）钻井泥浆

本项目运行期开展备采区生产井的施工，钻井泥浆处理措施与施工期一致，最终运至泥浆坑集中填埋，泥浆坑顶部铺设表层土，按原始地形地貌平整场地，最后恢复植被。

6）生活垃圾

本项目生活垃圾产生量约为0.056t/d，生活垃圾指定地点集中存放，定期外运处理。

10.2.1.4运行期噪声污染防治措施

本项目噪声源主要为水冶厂的泵类、风机等，单机噪声源强均≤90dB（A）。本项目在选取设备时尽量选用低噪声的设备。噪声较大的设备安装在室内，采取墙体隔声的措施来降低噪声。空压机、风机等均采取隔声、减振措施。

10.2.1.5运行期其他环保措施

1）防止跑冒滴漏的措施

（1）生产区地面全部水泥硬化，地表各种钢筋混凝土池体内部均内衬玻璃钢防腐蚀面层，可起到有效地防渗漏作用。

（2）潜水泵提升浸出液的过程中，平缓无剧烈搅动，浸出液的传输均在封闭系统内进行，避免了氡气的释放及浸出液的泄漏。

（3）管道、阀门及仪表全部选用高质量、易连接的产品，在管道安装完成后进行压力试验，确保管道无泄漏。

（4）生产线采用密闭设备和管线，抽液管道、注液管道等均设有流量和压力的自动检测和报警装置，确保物料始终处于安全控制中，并在装置设备管线连接处采用密封垫片，有效地减少了物料的跑冒滴漏；蒸发池底敷设防渗层，可有效防止蒸发池的渗漏。并在底部设置检漏装置，及时发现可能发生的渗漏。

（5）本项目全面考虑自动化控制，设置DCS系统，水冶主工艺实现自动计量、监测、报警和连锁控制，减小了跑冒滴漏发生的可能。

（6）抽注液管管道采用填埋方式铺设，埋深在当地冻土层以下，防止管道冻裂。

2）防止钻井泄漏的措施

为了防止浸出剂和浸出液抽注过程中泄漏对其他含水层地下水产生影响，本项目采取了如下措施：

（1）本项目抽注液管直接与井下潜水泵连接，抽注液在抽注液管中流动，除非发生抽注液管破裂，否则不会发生浸出液泄漏；由于抽注液管流量均在自动化系统的监控下，一旦发生管道破裂，可及时发现、补救。

（2）抽注液管位于钻井套管内，套管与套管接口处用管箍连接，为封

闭结构，是防止抽注液管泄漏后浸出液进入其他含水层的另一道防御。

（3）套管与抽注液孔之间的孔隙采用水泥进行密封，凝固后的水泥的渗透系数很小，也可对浸出液实现阻隔。

通过以上多重防御系统，抽注液孔在运行过程中对其他含水层地下水产生污染的可能性非常小。

3）井场施工环保措施

（1）认真检查每根抽注液孔管的质量状况，确定每个井管连接丝扣处有密封圈及密封胶。

（2）严格执行设计工艺，确保钻孔止水层位于含矿含水层上隔水底板内。

（3）生产井施工过程中严禁揭露下隔水板底板泥岩层。

（4）钻井注浆完毕后采用物探温度测井技术，来确定止水层稳定状况及水泥浆固孔质量。

（5）钻井施工完毕将钻孔注满水后，采用物探电流测井来检测井管质量。

4）管线施工环保措施

（1）地面管网的注液总管、注液主管和原液总管施工采用地下敷设；井口采用砼井封闭，对井场的各种仪表、阀门集中控制，以便于日常的管理。

（2）管道、阀门及仪表全部选用高质量、易连接、耐腐蚀的产品，并在管网安装完成后进行压力试验，防止发生溶液的跑、冒、滴、漏等现象。

（3）钻井的井管连接处加密封圈或密封胶带，以增强井管的密封性。

5）蒸发池土工膜施工环保措施

本项目蒸发池土工膜是重要的环保措施，在施工时应按照标准要求施工：

（1）按照施工组织设计制定施工方案，按要求选购优质的土工膜材料。

（2）清除场内妨碍土工膜安全的各种杂物。

（3）施工前对土工膜进行检验，经检验质量不合格或不符合设计要求

的，不得投入使用。

（4）土工膜的运输和贮存应符合相关规定要求。

（5）土工膜支持层应平整光滑，基底应密实均匀。

（6）土工膜室外施工宜选择无雨、无雪天气进行。

（7）土工膜铺设过程中应进行搭接宽度和焊缝的质量控制。

（8）施工中保护土工膜不受破坏，车辆不得直接在土工膜上碾压。

10.2.2运行期环境保护措施可行性论证

10.2.2.1运行期大气污染防治措施可行性论证

1）气载流出物

放射性废气中，浸出液处理厂房生产过程中产生的氡气采取全面通风措施，由排气筒排至大气扩散稀释；集液罐和蒸发池运行过程释放氡，经大气稀释扩散；根据正常生产工况下的辐射环境影响预测与评价，所有气载源项所致最大公众剂量远低于本项目公众照射剂量约束值。因此，上述各项气态放射性污染物处理措施是可行的。

2）非放射性废气

非放射性废气中，浸出液处理厂房内酸化工序中盐酸全部密闭在罐体和管线中，且为保持盐酸管道的密闭性，管线上设流量计，确保物料始终处于安全控制中，且装置设备管线连接处采用密封垫片，以减少 HCl 的无组织排放，总体来看厂房中的 HCl 气体排放量较小，可忽略不计。

盐酸库 HCl 气体主要来源于盐酸库储罐的呼吸排放和物料装卸过程中的少量泄漏。储罐呼吸排放是由于温度和大气压力变化引起蒸汽的膨胀和收缩而产生的废气，是非人为干扰的自然排放方式。根据预测结果来看，在厂界处的贡献值均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）周界外浓度最高点限值要求，且对周边居民点空气中 HCl 的贡献值较小，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D 其他污染物空气质量浓度参考限值的要求，可见对环境空气质量影响较小。

因此，上述非放射性废气的处理措施是可行的。

10.2.2.2运行期水污染防治措施可行性论证

1）工艺废水处理措施可行性分析

（1）蒸发池蒸发量可行性分析

项目所在地的多年气象统计数据，平均蒸发量为1814mm，平均降水量为327mm。在进行大面积水体水面蒸发量计算时需要考虑折算系数，通辽地区水文站测得多年蒸发折算系数为0.82，本项目新建蒸发池净蒸发面积为23400m^2。据此计算蒸发池年实际蒸发水量计算公式如下：

$$E=(e\leftrightarrow\alpha-r)\leftrightarrow s\leftrightarrow t \quad \text{（式 10.2-1）}$$

式中：

E——年蒸发量，m^3/a；

e——年均蒸发量，取1814mm；

α——折算系数，取0.82；

r——降水量，取327mm；

s——蒸发池净蒸发面积，取23400m^2；

t——时间，a。

经过计算可知，本项目蒸发池年实际蒸发量约为27155m^3/a，运送至蒸发池的废水量共计26600m^3/a，因此，蒸发池可全部蒸发掉本项目产生的废水。综合以上分析可知，本项目新建蒸发池可以满足工艺废水蒸发处理的要求。

（2）蒸发池防渗可行性

为防止蒸发池内的放射性废水渗入地下污染地下水，在蒸发池底及边坡铺设双层HDPE土工膜，每层膜厚1.5mm，渗透系数小于10^{-12}cm/s；土土工膜四周固定在锚固槽中，并对池壁进行护砌，土工膜的使用寿命可达100a，远大于本项目生产期。正常情况下，蒸发池设置的防渗措施可有效防止生产期间蒸发池中废水的下渗。

（3）蒸发池检漏及处置可行性

本项目蒸发池设置了渗漏检测装置，通过定期检测检漏设施两端的电导率可及时发现蒸发池是否发生渗透。此外，在蒸发池四周共布设6个地下水监测井，定期对监测井中的地下水进行取样监测，一旦发现监测数据异常，及时对蒸发池防渗层进行检测，若单个蒸发池泄漏，可及时将蒸发池中的废

水泵至其他蒸发池，及时对泄漏的蒸发池进行处理。

本次评价通过蒸发池月蒸发量和废水月产生量的关系，对单个蒸发池泄漏后处置的可行性进行分析：

①地区月均蒸发量和降水量

本地区气象部门统计的月均蒸发量和降水量见表 10.2-1。

表 10.2- 1 项目所在地月均蒸发量和降水量（mm）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸发量	34.0	71.6	97.7	209.5	279.3	261.8	244.4	226.9	221.7	130.9	78.5	43.6
降水量	1.8	0.5	4.3	15.6	19.8	66.4	70.5	84.8	19.1	15.9	7.9	2.4

②月均蒸发量和废水产生量

根据通辽地区月均蒸发量和降水量，利用蒸发废水量计算公式，计算可得到本项目新建蒸发池月蒸发废水量见表 10.2-2，同时将蒸发池废水月接收量列于表中，蒸发池废水月排入量与月蒸发废水量之差即为蒸发池中的剩余废水量，可根据剩余废水量估算蒸发池容积的使用情况。

从表中可见，所有蒸发池中剩余总水量最大值为 5400m³，出现在每年的三月份。本项目 8 座蒸发池有效容积为 28080m³，保守考虑某个蒸发池泄漏发生在池内剩余水量最大的 3 月份，此时将其池内废水量通过潜水泵输送至其他 7 个蒸发池，其他 7 个蒸发池有效容量约 24570m³，有足够的容量容纳所有蒸发池中遗留的 5400m³ 废水量，可为泄漏蒸发池的维修提供时间上和空间上的保障。

表 10.2- 2 蒸发池月蒸发废水量和废水产生量（m³）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸发废水量	610	1362	1774	3655	4896	3470	3040	2369	3807	2140	1321	780
废水产生量	2217	2217	2217	2217	2217	2217	2217	2217	2217	2217	2217	2217
剩余水量（第 1a）	1607	2462	2905	1467	0	0	0	0	0	77	973	2410
剩余水量（第 2a）	4016	4871	5314	3876	1197	-55	0	0	0	77	973	2410
……	4016	4871	5314	3876	1197	-55	0	0	0	77	973	2410
剩余水量（第 15a）	4016	4871	5314	3876	1197	-55	0	0	0	77	973	2410

（4）蒸发池运行管理措施

蒸发池是本项目重要的环境保护措施，在运行过程中拟采取如下管理措施保障蒸发池的正常运行：

①蒸发池只接收工艺废水，严禁排入其他杂物和生活污水等；

②蒸发池采用一次建成、分批投入运行的生产方式。在前期井场未达产时，根据生产达产和废水排放情况分批次投入运行蒸发池，单个蒸发池投入运行后，保证蒸发池中长期有水。若发现蒸发池中废水不足，可及时将厂区的回用水或清水补充至蒸发池，确保蒸发池不干涸；

③在雨水汛期或融雪期间，对蒸发池四周排水沟进行定期巡查和检修，保证排水沟畅通，避免雨水（雪水）进入蒸发池；

④蒸发池四周竖立安全警示标语牌；

⑤蒸发池四周配有围堤并定期维护，防止人畜坠入，引起安全事故；

⑥每日不定期对蒸发池进行巡检，发现异常及时上报处理；

⑦井场停产后，蒸发池及时进行退役治理，减小污染；

⑧定期维护蒸发池检漏设施，一旦发生泄漏报警，应立即查明原因，及时用潜水泵将泄漏的蒸发池中的废水抽至其他蒸发池，废水抽干后对泄漏蒸发池进行维修，泄漏点修复后重新启用蒸发池。

2）流散浸出液防治措施可行性分析

（1）防护措施可行性分析

在生产过程中，为了避免浸出液在含矿含水层中的逸散，需保持抽液量大于注液量，在含矿含水层形成降落漏斗，保证井场中心相较于外围含水层处于低水头的状态，维持一个总体上流向井场中心的流场，使浸出液始终流向抽出井，从而形成第一道防御。

本项目整体抽大于注的比例不小于 0.3%，边界抽大于注比例不小于 0.5%。在集控室根据所控制的生产井数量配置相应数量的流量计，对每一眼生产井的流量进行计量、记录。设施运行时，根据流量计有效控制抽注液量及抽注比例。根据地下水数值模拟情况来看，从采区外部向内部延伸，水位线呈持续下降趋势，形成了降落漏斗。

另外，本项目在井场外围和矿床上下含水层中设置了监测井，根据《铀

矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）和本次评价地下水环境影响预测结果布设地下水监测井，布设方案为：

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），含矿含水层应在采区四周边界井之外 50m~150m 范围内布置地下水监测井，其下游监测井还应至少延伸至 300m。根据地下水环境影响评价预测结果，确定含矿含水层地下水监测井的布设原则为：距采区边界上游 100m、两侧 120m、下游 130m 布设一圈监测井，并在下游 300m 处设一个含矿含水层监测井。

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），采区含矿含水层上部含水层应布置相应的地下水监测井，下部含水层根据所在区域的地质与水文地质情况酌情布置。根据本项目工程分析，钻井施工过程中会穿透上含水层。因此，在每个采区内部上含水层各布置 1 个监测井。钻井不会穿过含矿含水层延伸至下含水层，布设 1 个下含水层监测井。

综上所述，本项目首采区设置监测井 19 个，含矿含水层 13 个，上含水层 5 个，下含水层 1 个。

本项目定期对监测井中的地下水进行监测，掌握地下水水质变化动态，一旦发现监测井浓度异常，及时调整抽注液平衡。若含矿含水层监测井浓度异常升高，通过增大边界生产井处的抽液量来实现溶浸范围的控制，若上下含水层监测井浓度异常，通过停止注液井或减少注液量来实现溶浸范围的控制。

通过以上多重防御系统，可有效控制浸出液的流散。设置抽大于注比例和设置监测井是国内外地浸采铀矿山控制浸出液流散的最有效的常规措施。由此可见，该防治措施是可行的。

（2）同区域项目可行性分析

本项目所在区域内现有正在运行的海力锦地浸试验，该试验与本工程开采层位一致，水文地质条件一致。试验区共设置了 3 个监测井，根据试验竣工环境保护验收监测结果，含矿含水层监测井地下水中 $U_{天然}$ 含量为（352~644）μg/L，^{226}Ra 含量为（577~6780）mBq/L，^{210}Po 含量为（2.98~134）mBq/L，^{210}Pb 含量为（2.36~79.1）mBq/L，均与环境本底水平

一致，说明地下水环境影响范围稳定可控。此外，上层含水层监测井地下水中 $U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Po 和 ^{210}Pb 也均与环境本底水平一致，说明地浸试验未对上含水层地下水产生影响。本项目与海力锦地浸采铀试验的矿体层位一致，水文地质条件一致，且二者采取了相同的溶浸液控制措施。因此，类比海力锦试验监测数据可知，本项目的浸出液流散控制措施和控制效果是可行的。

3）洗井废水处理措施可行性分析

洗井废水采用移动式环保洗井工作站处理，该洗井工作站是专门用于收集、处理洗井废水的环保设备，经多个地浸矿山验证，其作为洗井废水处理措施是可行的。

4）生活污水处理措施可行性分析

本项目在水冶厂设置一套地埋式一体化污水处理设施，处理工艺为MBR法，处理规模为 $3m^3/h$，生活污水经处理后用于场地绿化和道路降尘。

10.2.2.3运行期固体废物污染防治措施可行性论证

1）浸出液处理残渣和洗井废渣

本项目生产过程中浸出液过滤过程中产生少量的残渣，环保洗孔工作站处理洗井废水时产生少量的废渣，产生量共约为 0.43t/a，运行期总产生量为 6.45t。在装桶收集后首先进行晾晒，然后再封盖密闭暂存于固体废物库。浸出液处理残渣和洗井废渣产生量较小，远小于本项目固体废物库的剩余贮存量，且可确保残渣不流入周围环境中，因此该处理处置方法是可行的。

2）废旧管道、设备处理措施可行性分析

本项目在运行期设备维修过程中，一定量的废旧管道、阀门、水泵、过滤器等放射性固体废物，根据同类工程运行经验，产生量约 $10m^3/a$，本项目生产期 15a，合计约 $150m^3$。本项目固体废物库长×宽×高为 24m×12m×5.4m。经计算，固体废物库的占地面积为 $288m^2$，废物堆放高度保守取 2m，可贮存 $576m^3$ 固体废物，完全可以满足本项目产生放射性固体废物的存放。固体废物库作了防渗处理，防止污染物下渗污染土壤及地下水；固体废物库设置工业电视监控系统，可及时发现事故隐患，避免环境风险事故发生，措施可行。

3）钻井泥浆处理措施可行性分析

本项目运行期开展备采区生产井的施工，钻井泥浆处理措施与施工期一致，详见 10.1.2.3 节，处置方法是可行的。

4）危险废物处理措施可行性分析

废机油尽量回收利用，仍有剩余时暂存于钱Ⅱ地浸工程危险废物暂存间，定期按订购协议返还供货单位或交由具备危险废物处置资质单位处置。

5）实验室废物处理措施可行性分析

根据《国家危险废物名录》（2025 年版），HW49 其他废物 900-047-49 废物代码中明确说明不包括“按实验室管理要求进行清洗后的废弃的烧杯、量器、漏斗等实验室用品”以及“按实验室管理要求进行清洗后的试剂包装物、容器”，中心化验室产生的废旧试剂瓶较少，按实验室管理要求进行清洗后，作为一般固体废物处置。

6）生活垃圾处理措施可行性分析

本项目产生的生活垃圾集中堆存，定期由垃圾处理车外运处理。

上述固体废物处置去向明确，处理措施可行，不会对周围环境产生明显不利影响。

10.2.2.4运行期噪声污染防治措施可行性论证

噪声的污染控制措施包括室内隔声，隔声罩隔声，加装消声器、减震器，距离衰减等措施，各种措施适应不同的噪声源。根据项目周边的钱Ⅳ地浸采铀工程竣工环保验收监测数据，在采取相同环保措施后，其厂界昼间噪声等效 A 声级为（55~57）dB（A），夜间噪声等效 A 声级为（45~47）dB（A），均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类的要求；距离最近的居民点处声环境等效连续 A 声级昼间在（54~55）dB（A）之间，夜间在（44~45）dB（A）之间，均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。由此可见，运行期噪声防治措施是可行的。

11 环境影响经济损益分析

11.1 环境影响经济损益分析

1）正面影响分析

随着国民经济的迅速发展，国家对能源的需求不断增加，这就要求加快我国能源的发展，尤其是高效、环保能源的发展。众所周知，核能是目前国内外公认的清洁能源，因此核电的发展必将促进国家大气环境质量的提高，有利于节约国家资源，有利于国家生态环境的改善。

铀矿冶行业的天然铀产品，是核电发展不可或缺的原料，中核集团提出了实施铀矿大基地战略，建设资源节约型和环境友好型绿色铀矿山。通过本项目的实施，通辽盆地将建成我国第三座集约绿色智能高效的千吨级铀矿大基地，持续提升我国天然铀产能规模与实际产量。本工程的建设不仅可保证天然铀供给，保障核电业的发展，同时也会带动当地相关产业的发展，对支持国民经济可持续发展和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。

除此之外，本项目采用原地浸出采铀方法，与常规采矿方法比较，有较好的环境优势，主要表现在：

（1）不产生废石、尾渣：地浸采铀工艺从根本上区别于常规铀矿开采工艺，不产生废石，且尾渣产生量较少，从而避免了废石、尾渣堆积地表而影响环境。

（2）工艺废水产生量少：地浸采铀技术浸出液处理采用吸附、淋洗、酸化、沉淀工艺流程，其产生的吸附尾液可大部分返回地浸，仅少量排入蒸发池自然蒸发。

（3）排氡量少：常规采铀方法的矿井通风排氡量及废石堆、尾矿（渣）库的氡析出量都较高，而地浸采铀抽出的浸出液溶解的氡气量和蒸发池废水释放的氡气量远小于同等规模常规开采矿山。

（4）不破坏当地的自然景观：地浸采铀地表设施简单，只有生产井、监测井和输液管道，同时废物排放量少，因此对当地的自然生态影响较小。

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）本项目各工序采用了密闭设备和管线，并在装置设备管线连接处采用密封垫片以及管线上设置了流量计，抑制了废气的无组织排放。

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 0.0127Bq/m^3，与周边居民点 ^{222}Rn 浓度现状监测值（7.10 ~ 8.61）Bq/m^3 相比，贡献率很小，对周围居民点公众剂量值最大为 2.72×10^{-4}mSv/a，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）本项目通过科学设置生产井、严格施工确保质量、采用整体 0.3%、外围 0.5%的抽大于注比例以及设置监测井等措施，实现溶浸范围的控制。

（3）蒸发池采用双层土工膜防渗结构，可有效防止蒸发池的渗漏，避免地下水环境受到污染。

（4）本项目各液体储池以及管道均设自动检测、报警装置，自动化水平较高，一旦出现泄漏，可及时发现并修复。

（5）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。

（6）厂区的绿化也可起到降低污染，美化环境的作用。

11.2 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 11.2-1。

表 11.2-1 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	施工期废气	施工围挡、洒水抑尘	0.5
	氡及非放废气	厂房通风系统	202.56
废水	工艺废水	蒸发池（包括监测井）	828.96
	事故废水	事故坑	0.5
	洗井废水	洗井设施	利旧
	生活污水	生活污水处理设施	20
地下水	流散浸出液	监测井（首采区）	760.9
固废	建筑垃圾、生活垃圾	分类收集、处理、外运	15
	钻井泥浆	泥浆坑	50
	废旧设备及零配件	固体废物库	100
噪声	风机、泵类	选用低噪声设备、减振等	50
生态	生态破坏	土地复垦、植被恢复	116.17
环境风险	集液罐和盐酸罐泄漏	围堰	142.19
监测设备	监测	辐射及环境监测设备	29.6
合 计			2316.38

本项目建设投资 54257.98 万元，其中环保投资 2316.38 万元，占工程建设总投资的 4.27%；其中项目用于废水污染治理和浸出剂扩散的费用占环保投资的 59.52%。由此可见，本项目环保投资主要集中于防止水体污染，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。

11.3 小结

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。

12 环境管理及监测计划

12.1 环境管理

建设项目环境管理是指工程在施工期、运行期执行和遵守国家、省、市有关环境保护法律、法规、政策和标准，对建设项目的运行实行有效监控，及时掌握和了解污染治理与控制措施的执行效果，以及周围地区环境质量的变化，及时调整工程运行方式和环境保护措施，并接受地方环境主管部门的环境监督，最终达到保护环境的目的，取得更好的综合环境效益。

12.1.1 环境管理机构

本项目的环境管理主要集中在施工期以及运行期阶段。

本项目施工期为3a，施工期环境管理可实行分级管理制度，中核通辽铀业有限责任公司总体负责本项目的辐射防护和环境保护管理与监测工作，安全环保处为公司专门的环境保护和辐射防护管理机构，配有专职安全环保管理人员，负责对本项目进行定期的检查和监督，保证各项环保设施的正常运行。

本项目运行期由建设单位负责具体的环境管理和监测工作，我国实行环境保护法人负责制，法人对矿山及周围的环保问题负责。另外，本项目设置专门的环境保护和辐射防护管理机构，配有专职安全环保管理人员负责本项目的环境管理和辐射防护监测任务，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。

12.1.2 环境管理机构的职责

1）贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》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、提出项目的施工期和运行期的环境保护计划和污染防治计划以及全厂环境保护工作的长远规划。

3）制定全厂环境管理规章制度以及各种污染物排放控制指标。

4）在工程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）做好污染物达标排放，维护环保设施正常运转，协同市、县生态环境局解答和处理公众提出的环境保护方面的意见和问题。

6）组织开展全矿职工的辐射防护教育和工作人员的技术培训，不断提高辐射防护工作人员的素质和全矿职工的自我保护意识。

7）领导并组织全矿的辐射环境监测工作，建立源项监测档案，定期向核工业集团公司和环保部门上报监测报表。

8）与政府生态环境主管机构密切配合，接受检查和指导。

12.1.3环境管理计划

1）施工期的环境管理

（1）项目施工前应认真编制施工组织计划，做到文明施工。

（2）将环保要求体现在工程施工承包合同中，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，要有行之有效的处理措施，并建议建设单位将此项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行情况，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，若发现严重影响及污染环境情况，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）运行期的环境管理

（1）运行期应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，随时掌握厂区周围环境质量的变化趋势。

（2）明确环境监测的职责，建立健全的各项规章制度；根据国家辐射环境标准，对矿山重点污染源和污染物开展日常监测，尤其要重视对地下水

的监测，避免对地下水环境造成污染，并将监测数据编制表格和报表，定期上报有关主管部门，建立监测档案。

（3）严格落实合理的地下水修复方案，并在地下水修复期间观察地下水治理的稳定状态，检查地下水治理效果。

12.2 监测计划

12.2.1 监测目的

监测的目的主要是为了及早发现和获取可能发生的污染征兆，防止对环境产生不利影响，为采取相应的环境保护措施提供必要的依据；同时，监测数据为生产运行阶段的环境现状评价提供参考资料；与本底数据进行对照，可以分析工程投产后对当地环境的影响。

12.2.2 监测计划

1）施工期监测计划

本项目施工期环境监测主要包括大气、噪声、地下水等常规介质的监测。其中，开展监测井地下水监测的目的是更准确地掌握本区域地下水环境本底值，保留矿山运行前监测井的本底数据，为项目运行期日常监管提供对比数据。本项目监测计划见表 12.2-1。

表 12.2-1 施工期环境监测方案

<table>
<tr><th>监测对象</th><th colspan="2">监测位置</th><th>监测频次</th><th>监测项目</th></tr>
<tr><td rowspan="2">空气</td><td colspan="2">施工场界四周</td><td rowspan="2">1 次/季度（施工时）</td><td rowspan="2">TSP、NO_x、SO_2</td></tr>
<tr><td colspan="2">刘家</td></tr>
<tr><td rowspan="2">噪声</td><td colspan="2">施工场界四周</td><td rowspan="2">1 次/季度（施工时）</td><td rowspan="2">昼夜等效连续 A 声级</td></tr>
<tr><td colspan="2">刘家</td></tr>
<tr><td>陆地γ</td><td colspan="2">钻井施工区域</td><td>施工前和
场地恢复后各 1 次</td><td>γ辐射剂量率</td></tr>
<tr><td>钻井泥浆</td><td colspan="2">每个采区各取 1 个代表性钻井（混合样）</td><td>填埋前监测 1 次</td><td>$U_{天然}$、^{226}Ra</td></tr>
<tr><td rowspan="4">地下水</td><td rowspan="2">生产井</td><td rowspan="2">每个采区选择 5 个代表性生产井</td><td>施工结束后，开展第一次地下水取样监测。</td><td>$U_{天然}$、pH、As、Mo</td></tr>
<tr><td>投产前，开展第二次地下水取样监测，与第一次至少间隔 1 个月。</td><td>$U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po、pH、Na^+、Cl^-、SO_4^{2-}、氨氮、NO_3^-、NO_2^-、As、Hg、Cr^{6+}、Zn、Cu、Pb、Cd、Fe、Mn、Mo、总溶解性固体、总硬度、F^-、COD_{Mn}</td></tr>
<tr><td rowspan="2">监测井</td><td>所有</td><td>施工结束后，开展第一次地下水取样监测。</td><td>$U_{天然}$、pH、As、Mo</td></tr>
<tr><td>①选择代表性含矿含水层监测井；
②所有上、下层含水层监测井。</td><td>投产前，开展第二次地下水取样监测，与第一次至少间隔 1 个月。</td><td>$U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po、pH、Na^+、Cl^-、SO_4^{2-}、氨氮、NO_3^-、NO_2^-、As、Hg、Cr^{6+}、Zn、Cu、Pb、Cd、Fe、Mn、Mo、总溶解性固体、总硬度、F^-、COD_{Mn}</td></tr>
</table>

2）流出物（污染物）监测

根据设施的性质、规模及运行情况，流出物（污染物）的监测包括气载流出物和噪声。监测计划详见表 12.2-2。

表 12.2-2 流出物（污染物）的监测计划

<table>
<tr><th>序号</th><th>监测内容</th><th>监测点位</th><th>监测项目</th><th>监测频次</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">气载流出物</td><td>浸出液处理厂房排气筒</td><td rowspan="2">^{222}Rn及其子体浓度</td><td rowspan="2">1次/季</td></tr>
<tr><td>集液罐排气孔</td></tr>
<tr><td>2</td><td>噪声</td><td>水冶厂界四周</td><td>昼夜等效连续A声级</td><td>1次/年</td></tr>
</table>

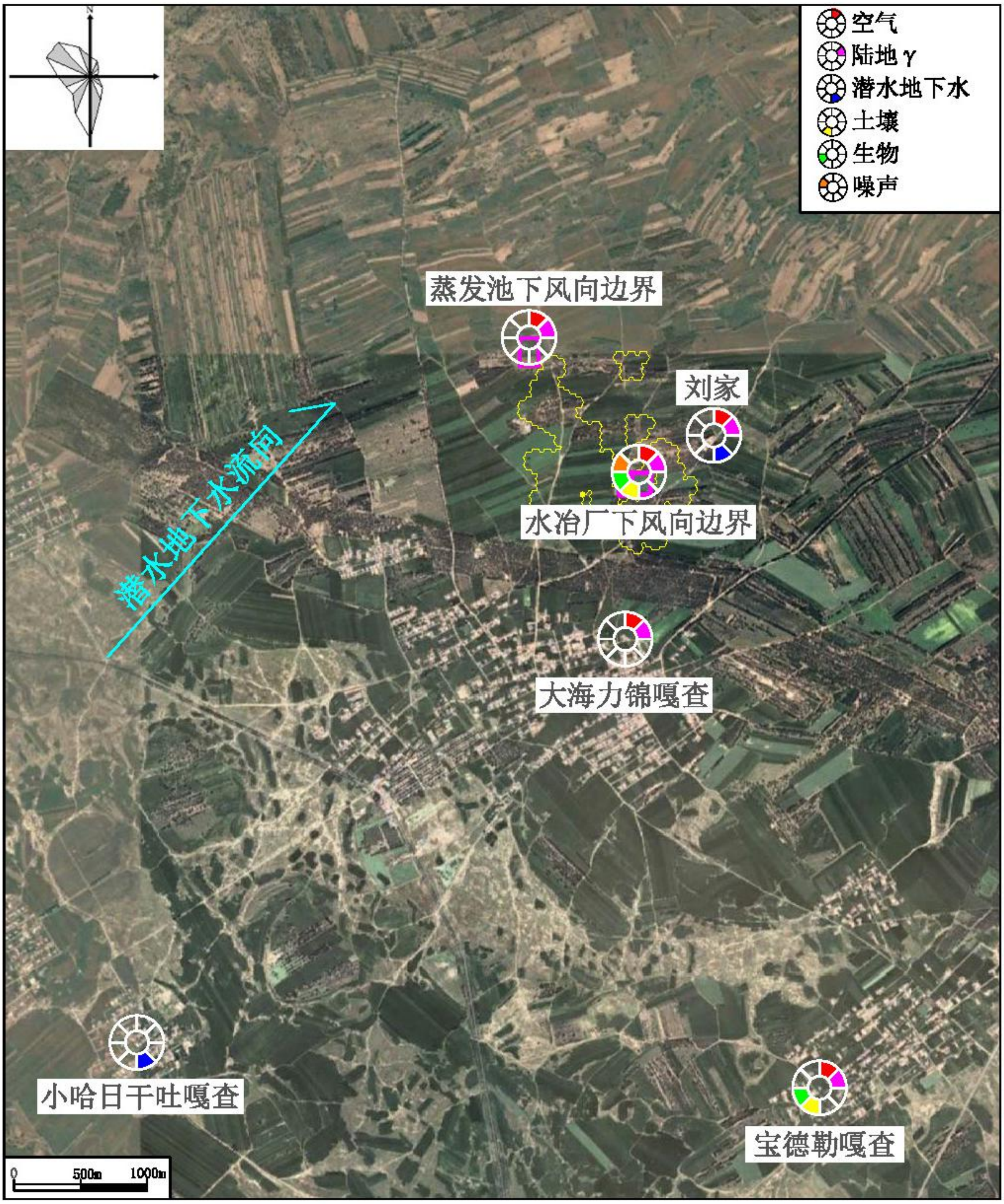
3）常规环境监测

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

本项目常规环境监测包括大气、地下水、土壤、生物等介质的监测，常规环境监测计划详见表 12.2-3，常规环境监测布点图见图 12.2-1。

表 12.2-3 常规环境监测方案

序号	监测介质	监测点位	测量分析项目	监测频次
1	空气	①厂区边界：水冶厂下风向、蒸发池下风向； ②居民点：刘家、大海力锦嘎查； ③对照点：宝德勒嘎查。	^{222}Rn及其子体	1 次/季
		①水冶厂下风向边界； ②居民点：刘家； ③对照点：宝德勒嘎查。	HCl 气体	1 次/季
2	贯穿辐射剂量率	同氡气监测点位。	γ辐射剂量率	1 次/半年
3	地下水	①居民点：刘家。 ②对照点：宝德勒嘎查。	$U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po、总α、总β、As、Mo、pH	1 次/半年
		①采区含矿含水层监测井； ②采区含矿含水层上层监测井； ③采区含矿含水层下层监测井； ④蒸发池监测井。	$U_{天然}$、As、Mo、pH	1 次/季
			^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po	1 次/半年
4	土壤	①居民点：刘家； ②对照点：宝德勒嘎查。	$U_{天然}$、^{226}Ra、As	1 次/半年
5	生物	①居民点：刘家农作物； ②对照点：宝德勒嘎查农作物。	$U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po	植物生长期监测 1 次



注：由于含矿含水层及上层含水层地下水监测井数量较多，因此在图中未标注地下水监测井，其点位详见采区平面布置图。

图 12.2-1 常规环境监测布点图

4）事故监测

事故应急监测项目、监测点位、监测频度，根据事故发生的性质、时间、地点、可能污染范围等因素，及时进行有关项目追踪监测，取得事故现场监测数据和有关资料，并进行事故评价，并将结果汇报上级部门。

12.3 采样及测量方法

12.3.1 采样

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 4 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）用以分析氡、氡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 氡、氡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、氡和氡子体样品采样，采样头应尽量放置在房间中央，离地板 1.5m 处。

2）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）土壤和生物

（1）应采集次表面土壤样，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辐射剂量率和氡析出率同样适用。

（2）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平行样长期保存。

（3）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。

12.3.2 测量方法及仪器设备

监测方法应优先选用国家标准监测方法，监测方法及仪器设备见表 12.3-1。

表 12.3- 1 主要监测方法依据

监测介质	监测项目	监测方法依据	监测仪器	检出限
空气	^{222}Rn	《环境空气中氡的测量方法》HJ 1212-2021	电子氡气检测仪	3.7Bq/m^3
	^{222}Rn子体	《铀矿山空气中氡及氡子体测定方法》EJ 378-1989	氡/钍子体个人剂量仪	10.2nJ/m^3
	TSP	《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》HJ1263-2022	滤膜半自动称重系统	7μg/m^3
	二氧化硫	《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》HJ 482-2009	分光光度计	0.004mg/m^3
	氮氧化物	《环境空气 氮氧化物(一氧化氮和二氧化氮)的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法》HJ 479-2009	分光光度计	0.003mg/m^3
	氯化氢	《环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法》HJ 549-2016	离子色谱仪	0.02mg/m^3
γ剂量率	γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021	x-γ剂量率仪	10nGy/h
地下水	$U_{天然}$	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 》HJ700-2014	电感耦合等离子质谱仪	0.04μg/L
	^{226}Ra	《水中镭-226 的分析测定》GB/T11214-1989	全自动镭氡分析仪	2mBq/L
	^{210}Po	《水中钋-210 的分析方法》HJ813-2016	四通道 ALPHA 谱仪	1mBq/L
	^{210}Pb	《水中铅-210 的分析方法 冠醚树脂分离-β计数器法》 HJ1323-2023	二路低本底α、β测量仪	2mBq/L
	总α	《水质 总α放射性的测定 厚源法》HJ898-2017		0.005Bq/L
	总β	《水质 总β放射性的测定 厚源法》HJ899-2017		0.01Bq/L
	CO_3^{2-}	《水和废水监测分析方法》（第四版）3.1.12（1）-2002	滴定管	5mg/L
	HCO_3^-			5mg/L
	SO_4^{2-}	《水质 无机阴离子（F^-、Cl^-、NO_2^-、Br^-、NO_3^-、PO_4^{3-}、SO_3^{2-}、SO_4^{2-}）的测定 离子色谱法》HJ84-2016	离子色谱仪	0.018mg/L
	Cl^-			0.007mg/L
	F^-			0.006mg/L
	NO_3^-			0.016mg/L
	NO_2^-			0.016mg/L
	K^+	《水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》HJ776-2015	电感耦合等离子发射光谱仪	0.07mg/L
	Na^+			0.03mg/L
	Ca^{2+}			0.02mg/L
	Mg^{2+}			0.02mg/L
	Fe			0.01mg/L
	Cu	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱	电感耦合等离子	0.08μg/L

	Pb			0.09μg/L
	Cd			0.05μg/L
	Mn			0.12μg/L
	Mo			0.06μg/L
	Zn			0.67μg/L
	As	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ694-2014	原子荧光光度计	0.3μg/L
	Hg			0.04μg/L
	Cr^{6+}	《水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB/T 7467-1987	可见分光光度计	4μg/L
	TDS	《水质 全盐量的测定 重量法》HJ/T51-1999	电子天平	10mg/L
	COD_{Mn}	《水质 高锰酸盐指数的测定》GB/T 11892-1989	滴定管	0.5mg/L
	总硬度	《水质 钙和镁总量的测定 EDTA 滴定法》GB/T 7477-1987	滴定管	5mg/L
	氨氮	《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》HJ535-2009	分光光度计	0.025mg/L
	pH	《水质 pH 值的测定 电极法》 HJ1147-2020	pH 计	0~14
土壤	$U_{天然}$	《硅酸盐岩石化学分析方法第 30 部分：44 个元素量测定》GB/T14506.30-2010	电感耦合等离子体质谱仪	0.003μg/g
	^{226}Ra	《岩石样品 ^{226}Ra 的测定 射气法》GB/T13073-2010	全自动镭氡分析仪	5Bq/kg
	As	《土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法》GB/T22105-2008	原子荧光光度计	0.01mg/kg
生物	$U_{天然}$	《环境样品中微量铀的分析方法》HJ840-2017	微量铀分析仪	0.1μg/kg
	^{226}Ra	《食品安全国家标准 食品中放射性物质镭-226和镭-228 的测定》GB14883.6-2016	镭氡分析仪	10mBq/kg
	^{210}Pb	《环境及生物样品中放射性核素的γ能谱分析方法》GB/T 16145-2022	高纯锗γ能谱仪	10mBq/kg
	^{210}Po	《食品安全国家标准 食品中放射性物质钋-210 的测定》GB14883.5-2016	二路低本底α、β测量仪	5mBq/kg
噪声	噪声	《声环境质量标准 第 6 部分 环境噪声监测要求》GB3096-2008	多功能声级计	23dB

注：鉴于国家生态环境标准体系中，同一监测指标可能存在多种监测标准方法。本表中仅列出典型方法供参考，若存在本表中未列举的国家监测方法，同样可作为有效监测方法。

12.4 监测机构及设备配置

中核通辽铀业有限责任公司总体负责本项目的辐射防护和环境保护管理与监测工作，安全环保处为公司专门的环境保护和辐射防护管理机构，配有专职安全环保管理人员，负责对本项目进行定期的检查和监督，保证环保设施的运行正常。

中核通辽铀业有限责任公司分析检测中心具有“中国合格评定国家认可委员会（CNAS）”资质认可，其可承担能力认可范围涵盖的监测项目，能力认可范围未涵盖的监测项目外委第三方有监测资质单位进行监测。

12.5 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，监测过程中严格执行《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），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、具有代表性，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；为提高分析结果的可靠性，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。

12.6 环境保护“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 12.6-1。

表 12.6-1 环境保护“三同时”验收一览表

<table>
<tr><th>类别</th><th colspan="2">防治对象</th><th>防治措施</th><th>数量</th><th>要求及效果</th><th>验收标准</th></tr>
<tr><td rowspan="2">大气污染防治</td><td>浸出液处理厂房</td><td>氡气、酸雾</td><td>全面通风系统</td><td>1套</td><td rowspan="2">/</td><td rowspan="2">/</td></tr>
<tr><td>集液罐</td><td>氡气</td><td>排气孔</td><td>2个</td></tr>
<tr><td rowspan="4">水污染防治</td><td>流散浸出剂</td><td>$U_{天然}$、As等</td><td>监测井</td><td>39个</td><td colspan="2">首采区监测井 19 个，备采区监测井 20 个。</td></tr>
<tr><td>工艺废水
实验废水</td><td>$U_{天然}$、As等</td><td>蒸发池</td><td>8座</td><td colspan="2">蒸发面积 23400m^2，池深 1.5m，防渗结构由下至上依次为钠基膨润土防水毯、HDPE 土工膜、长丝无纺土工布、HDPE 土工膜、长丝无纺土工布，两层膜之间铺设渗漏检测装置。</td></tr>
<tr><td>洗井废水</td><td>$U_{天然}$、As等</td><td>洗井设施</td><td>1套</td><td colspan="2">移动式空压机、储液罐、货车等</td></tr>
<tr><td>生活废水</td><td>氨氮、BOD_5等</td><td>污水处理设施</td><td>1套</td><td colspan="2">污水处理设施</td></tr>
<tr><td rowspan="4">固体废弃物污染防治</td><td colspan="2">钻井泥浆</td><td>泥浆坑</td><td>/</td><td>钻井过程中泥浆循环利用，最终填埋。</td><td>植被恢复</td></tr>
<tr><td colspan="2">浸出液处理残渣、洗井废渣</td><td rowspan="2">固体废物库</td><td rowspan="2">1座</td><td colspan="2" rowspan="2">建设固体废物库，满足浸出液处理残渣、洗井废渣、废旧设备及零配件等暂存需求。</td></tr>
<tr><td colspan="2">废旧设备及零配件</td></tr>
<tr><td colspan="2">生活垃圾</td><td>统一清运</td><td>/</td><td>定期外运处理</td><td>/</td></tr>
<tr><td>噪声污染防治</td><td colspan="2">空压机、泵等设备噪声</td><td>减振、墙体隔声，距离衰减等</td><td>/</td><td>昼间≤60dB（A），夜间≤50dB（A）</td><td>GB12348-2008
2类标准</td></tr>
<tr><td rowspan="5">事故/风险防范</td><td colspan="2">浸出液处理厂房</td><td>事故坑</td><td>2个</td><td colspan="2">尺寸为 11m × 5.7m × 4.5m（其内含两个 DN4500 的树脂转运罐），砼衬防腐材料。</td></tr>
<tr><td colspan="2">集液罐区</td><td rowspan="2">围堰</td><td>1个</td><td colspan="2">尺寸为 27m×14m×1.5m，内侧壁及地面做防渗、防腐处理。</td></tr>
<tr><td colspan="2">盐酸库区</td><td>1个</td><td colspan="2">尺寸为 18m×13m×1.0m，内侧壁及地面做防渗、防腐处理。</td></tr>
<tr><td colspan="2">柴油库区</td><td>围栏</td><td>1个</td><td colspan="2">四周设 1.2m 高栏杆</td></tr>
<tr><td colspan="2">蒸发池</td><td>地下水监测井</td><td>6个</td><td colspan="2">监测井布置完成</td></tr>
<tr><td>其他环保措施</td><td colspan="2">抽、注液管道泄漏</td><td>设流量和压力自动检测、报警装置</td><td>/</td><td colspan="2">设施安装完毕，运行正常。</td></tr>
</table>

类别	防治对象	防治措施	数量	要求及效果	验收标准
	集液罐	液位自动检测、报警装置	/	设施安装完毕，运行正常。	
	生态	生态恢复及绿化	/	完成生态恢复及绿化	

13 退役治理与长期监护

13.1 退役治理

13.1.1 设计阶段便于退役的方案

1）在设计中，根据矿区地形、地势，形成井场、水冶厂、公共辅助三大模块，并将模块划分为不同的功能区块，各功能区按照工艺操作划分为不同单元，实现总体布局模块化，做到功能区分合理，便于将来的退役治理。

2）设计中围绕水冶主厂房，将生产性质相同、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。

3）根据地形特点，采用平坡式竖向布置形式，尽可能利用地形高差实现物料自流运输的原则，减少环境污染。

4）设计选用抗震、抗压、高强度钢骨架复合管，管与管壁之间的环状间隙及钻孔底部采用防渗、抗震的混凝土填充与密封，使矿层段与其上、下的所有含水层隔绝；钻井施工过程中，严禁揭露含矿含水层的隔水底板；设计整体抽液量大于注液量 0.3%，边界抽大于注比例不小于 0.5%，使溶浸范围内形成降落漏斗等措施严格控制溶浸范围。

5）设计中从防渗、产品质量选择、密闭管线以及全面自动化控制等方面采取了多种有效的防止跑冒滴漏措施，可减少退役时清污范围。

13.1.2 运行期便于退役的措施

13.1.2.1组织管理措施

本项目在运行期设置专职安全环保管理人员负责全厂的环境管理、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）组织全厂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。

通过建立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。

13.1.2.2生产管理措施

1）加强对集液管道、抽液管道、各类管道接口和阀门以及蒸发池的检查，防止发生液体泄漏，污染周边环境。

2）生产期严格控制抽注液的区域平衡，整体抽大于注的比例不小于0.3%，边界抽大于注比例不小于 0.5%，保障溶浸范围内形成降落漏斗，从而控制溶浸范围。

3）定期对监测井中的地下水进行抽样监测，并对水中的元素及化学成分变化情况进行分析，掌握地下水水质变化动态，并根据分析情况实时调整抽注液的平衡，实现溶浸范围的控制，从而缩小退役治理范围。

4）生产期工艺废水、洗井废水等收集处理后，回用于生产或排入蒸发池自然蒸发，减少对周围土地的污染，缩小退役治理范围。

5）生产过程中产生的废旧管道、污染设备等废旧金属，经简单去污后暂存于固体废物库，储存的废物达到一定量后，统一送至审管部门认可的废旧金属处理中心处理。

6）生产过程中实行严格管理，控制放射性废物的流失和扩散，尽量减少表面污染，减少退役时的清污工作量。

13.1.3 退役治理源项及目标

13.1.3.1源项调查

1）源项调查的原则

（1）根据《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB23726-2009）、《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》（GB14586-1993）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）调查对象

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，该项目调查对象主要包括：地浸井场钻井和地下水、工业场地、蒸发池、污染建（构）筑物、污染设备和管线等。

4）各源项调查初步方案

（1）钻井

调查内容——数量、类型、孔深、孔径、孔口坐标、抽液量以及完损情况等现状。

（2）地浸井场地下水

①调查内容——污染面积，污染水平。

②监测项目——$U_{天然}$、^{226}Ra、pH、As、Mo 等。

③监测布点——生产井和监测井。

（3）工业场地、蒸发池等。

①调查内容——数量、位置及范围、污染面积、污染深度；被污染场地受污染原因；污染道路的结构型式及其各结构层厚度、长度、宽度等。

②监测项目——贯穿辐射剂量率、$U_{天然}$含量、^{226}Ra 含量、下层污染土中垂直铀镭分布情况等。

③监测布点

贯穿辐射剂量率：工业场地及其他受污染的场地等按照 10m×10m 网格布点，每个设施（或场地）不少于 5 个监测点位，根据设施具体情况可适度调整网格布置。

$U_{天然}$、^{226}Ra 含量：工业场地可按 20m×20m 网格布点，（根据现场地形情况可适当调整网格布置）、每个场地或设施不少于 5 个；取样深度为每隔 20cm 取一个样，一般取至 80cm 深并进行分析，另外留存一定深度的土壤样，以备补充确定满足本底+180Bq/kg 的污染深度。

（4）污染建构筑物

①调查内容——建筑类型、原始功能、外形尺寸、层数、基底面积、建筑面积、墙体（地面、屋顶）厚度及退役去向等。

②监测项目——贯穿辐射剂量率、α、β表面污染水平等。

③监测布点——每个独立建构（筑）物α、β表面污染水平不少于 5 个测点。

（5）被污染设备、器材、管线

①调查内容——名称、规格型号、来源、数量、单件重量、管线长度及退役去向等。

②监测项目——α、β表面污染水平等。

③监测布点——每个被污染设施α、β表面污染水平不少于 3 个测点。

（6）其他：贯穿辐射剂量率监测范围应比源项边界外延 30m~50m。

13.1.3.2退役治理源项

铀矿山属放射性矿山，具有其特殊性，根据本项目的开采方式、工艺特点以及本次建设内容，初步确定本项目的退役治理源项如下：

1）钻井：包括抽出井、注入井和监测井。

2）地浸井场地下水：地浸井场及外围核素迁移范围。

3）污染设备管线：包括污染集控室、污染设备和管线等。

3）污染工业场地：水冶厂。

4）蒸发池：8 座蒸发池。

5）污染建构筑物：水冶厂房、井场集控室等。

6）污染设备管线：各类污染设备和污染管线。

13.1.3.3退役管理目标值

退役管理目标值主要根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）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）规定，对于退役治理后的公众照射的剂量约束值为0.1mSv/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），本项目工业场地、蒸发池、污染建（构）筑物等设施经退役治理与环境整治后，场址表面 ^{222}Rn 析出率不大于 $0.74Bq/m^2\cdot s$。

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），本期退役治理土地去污后，任何平均 $100m^2$ 范围内土层中 ^{226}Ra 的比活度扣除当地本底值后不超过0.18Bq/g。

4）地下水修复目标值

本项目地浸井场地下水修复后，地下水水质达到地下水修复相关标准要求。

5）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），本项目中无利用价值的金属设备、管线等经去污处理后，其α、β放射性表面污染水平分别降低至 $0.08Bq/cm^2$ 和 $0.8Bq/cm^2$ 时，可作为普通物品（食品工业除外）使用。

对于去污治理后，仍不能满足上述限值时，统一送核安全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 $\leq 4Bq/cm^2$、β表面污染水平 $\leq 40Bq/cm^2$。

13.1.3.4退役治理深度

本项目各设施的退役治理深度由退役时国家相关标准或主管部门批复确

定，见表 13.1-1。

表 13.1-1 各设施的退役治理深度

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">源项</td><td colspan="2">退役治理目标及深度</td></tr>
<tr><td>主要方法</td><td>退役深度</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地浸井场</td><td>钻井</td><td>有效封堵，切断与地下地浸井场的连通。</td><td rowspan="2">严禁随意打开和破坏，地浸井场无限制开放使用。</td></tr>
<tr><td>地下水</td><td>地下水修复。</td></tr>
<tr><td colspan="2">工业场地</td><td>全部清挖至废物集中堆放场所集中处置。</td><td>无限制开放使用。</td></tr>
<tr><td colspan="2">蒸发池</td><td>全部清挖至废物集中堆放场所集中处置。</td><td>清挖后无限制开放使用。</td></tr>
<tr><td colspan="2">污染建构筑物</td><td>去污后拆除，放射性废物运至废物集中堆放场所集中处置，一般建筑垃圾运至建筑垃圾处理场。</td><td>原址与工业场地退役深度相同。</td></tr>
<tr><td colspan="2">污染设备、管线</td><td>非金属设备拆除、解体后运至废物集中堆放场所集中处置；金属材质设备管线经拆除、解体、去污处理，满足 GB23727 中表面放射性水平限值后解控处理；去污后无法满足解控标准，则送至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心。</td><td>污染设备管线或材料处于可控状态。</td></tr>
</table>

13.1.4退役治理方案及可行性分析

13.1.4.1退役治理方案

1）地下水的治理

地下水治理主要为地下水的修复，指采用合适的物理、化学以及生物等方法，使地下水环境得到恢复或接近原有水平。

（1）地下水退役治理的准备工作

在生产期间，本项目将同步开展地下水修复的前期研究工作，定期整理分析相关生产参数，针对临近终采采区开展地下水源项调查研究等工作，确定终采采区地下水中污染物种类、浓度及污染空间分布特征，为地下水退役治理提供资料支撑。同时，跟进国内外地浸采铀地下水修复的相关研究进展，积极开展相关室内试验研究，探寻适合海力锦铀矿的地下水修复技术。在开展退役治理前，将根据生产期间累积的相关资料及科研成果，并调研届时国内外地浸采铀地下水修复科研试验成果及类似工程实践，在技术上可行、经济上合理的条件下，综合比选抽出地表治理、地下原位治理、自然净

化、微生物治理修复等可能采取的措施，确定适合本项目且经济可行的地下水治理技术方案。

（2）地下水退役治理方案

本项目采用“边生产边退役，分批次退役”方式开展退役治理，对资源枯竭的终采区，立即对其进行退役治理。由于修复过程中需要对含矿层进行抽注循环及注入还原剂，会改变局部的地下水氧化还原环境。为避免退役采区抽注施工对生产采区的地浸生产产生影响，在终采采区与生产采区之间需保留一定范围的过渡采区，待其附近的备采区生产结束后再对其进行退役治理。

对于回采率达不到设计标准，或因影响周边采区或其他矿段采区的地浸生产，而不能立即退役的采区，仍维持其采取抽大于注和地下水监测措施，控制浸出液迁移扩散范围。待其满足退役治理条件时，及时开展退役治理。

2）井场钻井的封闭

拆除各井孔上的设备，对钻井进行清理，最后用混凝土注浆由下往上进行全孔封堵。地浸井场地下水修复完成和钻井封闭后，达到无限制开放使用深度。

3）受污染工业场地退役治理

源项调查后确定受污染的工业场地采取完全挖除、迁移和集中方案，将污染物运至废物集中堆放场所集中处置，清挖后覆土、植被，恢复生态环境，实施后达到无限制开放使用深度。

4）蒸发池的治理

本项目蒸发池膜上未设置回填土保护层，无蒸发池废渣产生。在退役治理期间，蒸发池拆除仅会产生少量的放射性废物，送至废物集中堆放场所堆存。最终，废物集中堆放场所原地覆盖治理，植被恢复。

5）污染建构筑物治理

采取去污后整体拆除方案，先进行建构筑物去污，放射性废物运至废物集中堆放场所集中处置，然后对地上建筑拆除以及对地面及基础进行拆除，拆除后作为一般建筑垃圾运至垃圾处理场。

6）污染设备管线治理

非金属材质设备管线拆除、分解后，运至废物集中堆放场所集中处置；金属材质设备管线或材料，拆除破解去污后，运至核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心进行熔炼回收金属。治理后的污染设备管线或材料，均达到可控状态，防止污染设备流失、造成二次污染。

13.1.4.2退役治理方案可行性

1）地下水治理方案可行性

根据国内外类似工程的实践，本项目采用的地下水修复技术在国内 381 矿床已得到成功验证，相关技术正在进行进一步攻关，可满足退役治理的要求。

2）其他治理方案可行性

本项目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广泛采用，并有多个厂矿已经竣工验收，取得了丰富的经验。按目前采用的退役治理方法和退役要求进行各种源项的治理，能够达到退役治理要求。

13.1.5 退役治理效果综述

退役治理工程实施后，各类治理源项均得到了程度不同的处置与治理，从而使工程所在区域的环境质量得到较大程度的改善，也使当地居民因未治理的放射性污染区域而引起的社会不稳定因素得以解决：

从国内外对原地浸出采铀场地及设施的治理经验来看，井场的地下水经过治理后，能够较大程度地降低对周围地下水环境的影响，满足相关环保要求；经过封堵处理的井孔与地表隔离，外界物质不会进入地下水层；项目实施后地浸井场将达到无限制开放使用深度。

污染工业场地、蒸发池（除废物集中堆放场所占地区域）治理后，恢复植被逐渐融入周边环境，项目实施后原址均将达到无限制开放使用深度。

废物集中堆放场所进行覆盖治理，治理后氡析出率<0.74Bq/（$m^2 \cdot s$），满足管理限值要求，并通过在覆土表面种草植树，生态逐渐得以恢复。

污染建构筑物彻底拆除清除后，原址恢复植被，治理后将达到无限制开放使用深度。

非金属材质污染设备管线或材料，经拆除分解后运至废物集中堆放场所

集中处置；金属材质污染设备管线或材料等运往核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理中心熔炼回收金属；污染设备管线或材料处于可控状态。

13.2 长期监护

13.2.1 监护对象及目的

本项目退役治理工程应按照《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727）和《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》（GB14586）相关要求，以废物最小化和集中化为原则，通过工程技术手段尽可能减少放射性固体废物的产生量，对于最终产生的少量放射性固体废物争取在区域尺度上集中堆存和处置。若在退役设计中，经论证确实需就地建设废物集中堆放场所，则其为有限制开放使用场所，需进行长期监护。

由于有限制开放使用的设施仍存有铀的衰变产物，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和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。

13.2.2 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通辽铀业有限责任公司。应配备3~4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。

13.2.3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。

巡视监护是定期对废物集中堆放场所的稳定性、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。

辐射安全监测是对废物集中堆放场所设施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。

13.2.3.1 巡视监护方案

1）监护内容

（1）对废物集中堆放场所截排洪沟完好性进行检查，发现工程遭到局部破坏时及时对其进行清除和修复，对排洪设施及时进行清淤。

（2）对覆盖层及其植被进行维护和保养，同时设置警示标志，防止人误入破坏植被。

2）巡视监护频率

每月至少巡视 2 次，在暴雨（设施所处地区 24 小时内降水量超过 50mm）、地震（地震烈度达到 5 度以上）后，应及时去现场巡查。

13.2.3.2 辐射监测方案

1）日常巡视监测

日常巡视过程中不定期巡视，主要对废物集中堆放场所的γ辐射剂量率监测，重点对其开裂受损、风蚀、雨蚀较明显、覆盖层厚度减少的部位进行监测，其他无明显变化的部位可根据具体情况进行抽测。

主要通过监护人员携带 X-γ剂量率仪进行不定期监测，每个监护设施的监测点位数不少于 5 个。

2）定期监测

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

按照《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB23726-2009）中的监测频次规

定："竣工验收后前 2 年监测频次为 1 次/a，以后每年降低监测频次"，因此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。

14 结论与建议

14.1 结论

14.1.1项目基本情况

本项目为中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程，建成后可进一步提高中核通辽铀业有限责任公司的天然铀生产能力，促进内蒙古天然铀生产大基地建设。本项目符合国家、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。

本项目属于铀矿采冶行业，最终产品为“111”，服务年限为18a。项目建设内容主要包括井场、水冶厂和厂外工程。本项目建设投资54257.98万元，其中环保投资2316.38万元，占工程总投资的4.27%。

14.1.2环境质量状况

1）环境空气

（1）氡浓度：项目所在地及周边居民点的氡浓度与建矿前本底相当；

（2）TSP、SO_2和NO_x浓度：项目所在地及周边居民点的TSP、SO_2和NO_x浓度监测结果均满足GB3095-2026中（过度阶段）二级标准限值要求，HCl满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录D要求。

2）γ辐射剂量率：项目所在地及周边居民点的γ辐射剂量率与建矿前本底相当。

3）地表氡析出率：拟建场址地表氡析出率为（0.00722～0.00795）$Bq/m^2 \cdot s$。

4）地下水环境：潜水层及含矿层地下水中放射性核素浓度位于本底水平，非放射性指标总体满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中Ⅲ类标准，个别因子背景值较高。

5）土壤环境：项目所在地及周边居民点土壤放射性核素含量处于区域本底水平；项目及周边土壤中各项非放监测指标均低于GB15618-2018或GB36600-2018中相关标准要求。

6）生物样品：项目所在地及周边居民点生物样品与对照点处于同一水平。

7）声环境：项目所在地及周边居民点环境噪声值满足 GB3096-2008 中 2 类声环境功能区噪声标准。

14.1.3工程分析

11.1.1.1井场

本项目为原地浸出采铀工艺，采用 CO_2+O_2 的中性浸出技术，井型以七点型布置为主，井距为 30m。井场工艺流程为：吸附尾液→加入二氧化碳→集控室混氧→浸出剂在含矿含水层的注入→浸出液提升及地表输送。

本项目井场区共布置 11 个分采区，设置钻井 1138 个。其中，抽出井 304 个，注入井 795 个，监测井 39 个。其中，首采区布置 5 个分采区，钻井 537 个，其中抽出井 147 个，注入井 371 个，监测井 19 个。整体抽液量大于注液量的 0.3%，边界抽大于注比例不小于 0.5%

11.1.1.2水冶厂

本项目水冶厂的水冶工艺流程为：浸出液→过滤→吸附→淋洗→酸化→沉淀、沉降→过滤、洗涤→“111”产品。

11.1.1.3运行期污染物的产生及处理

1）废气

（1）集液罐废气：集液罐氡气年排放量为 2.12×10^{11}Bq/a，通过排气孔集中释放至大气扩散稀释。

（2）浸出液处理厂房：浸出液处理厂房氡气年释放量为 1.18×10^{10}Bq，采取全面通风措施后，由高出周围 50m 内最高建筑物屋脊 3m 的排气筒排至大气扩散稀释。

（3）蒸发池废气：蒸发池废液蒸发时，其中溶解的氡气随之挥发，析出一定量的氡气，释放量为 4.43×10^{10}Bq。

2）废水

（1）工艺废水和实验废水：本项目现有水冶厂生产过程中产生的工艺废水主要包括转型尾液、反渗透浓水、沉淀母液及冲洗废水，排入蒸发池处理。分析实验室在化学分析实验过程中会产生少量废水，也排入蒸发池处

理。因此，本项目排入蒸发池的废水量合计为 26600m^3/a，本项目设置 8 座蒸发池，蒸发面积 23400m^2，年实际蒸发量约为 27155.2m^3/a，可全部蒸发掉本项目产生的废水。

（2）流散浸出液：本项目在生产过程应严格控制抽注液的区域平衡，抽大于注的比例不小于 0.3%，边界抽大于注比例不小于 0.5%，以便使抽出井和注入井之间形成规则的水位降落漏斗；设置监测井，随时发现可能的水平泄漏和垂直泄漏，从而避免浸出液在含矿含水层中的逸散。

（3）洗井废水：采用移动式环保洗孔工作站处理，处理后的澄清液回注含矿含水层。

（4）生活污水：本项目非放射性废水主要为水冶厂的生活污水，总废水量为 26m^3/d。在非霜冻期，经处理后回用于场地绿化和道路降尘，在霜冻期，定期外运处理。

3）固体废物

（1）钻井泥浆：本项目备采区钻井施工过程均会产生一定量的钻井泥浆，钻井泥浆采取循环利用、填埋处理的方式。钻井泥浆产生量约为 14424m^3，施工结束后置于泥浆坑内，然后覆土植草，恢复地貌。

（2）浸出液处理残渣、洗井废渣：浸出液处理残渣和洗井废渣产生总量约 0.43t/a，在装桶收集后首先进行晾晒，然后再封盖密闭暂存于固体废物库。

（3）废旧管道、设备：经简单去污后暂存于固体废物库，暂存的放射性废旧设备达到一定量后，统一送至审管部门认可的废旧金属处理中心处理。

（4）实验室废物：本化验室废旧试剂瓶产生量较少，按实验室管理要求进行清洗后，作为一般固体废物处置。

（5）危险废物：本项目废机油尽量回收利用，仍有剩余时暂存于钱Ⅱ地浸工程危险废物暂存间，定期按订购协议返还供货单位或交由具备危险废物处置资质单位处置。

（6）生活垃圾：生活垃圾定期由垃圾处理车外运处理。

4）噪声

本项目运行期噪声主要为水冶厂内的风机、泵类及空压机，在采取有效的隔声、减振措施后，水冶厂厂界可以达到 GB12348-2008 中 2 类标准要求。

14.1.4施工期环境影响

施工期产生的污染物主要是施工扬尘、燃油废气、生活污水、施工废水、钻井泥浆、危险废物、建筑垃圾、废旧设备及零配件、生活垃圾以及施工噪声。

施工扬尘采用洒水、围挡等抑尘措施；燃油废气通过选择工况良好的机械和节能环保型设备、选择高品质燃料和加强日常维护等措施；生活污水在寝车收集后外运处理；施工废水用于场地洒水抑尘；钻井泥浆循环利用，最终剩余部分覆土掩埋、恢复植被，废机油和废机油桶交由专业化公司处置，建筑垃圾统一送至建筑垃圾处理场；生活垃圾在寝车垃圾箱收集后定期外运处理；施工噪声采用低噪声设备、减振、隔声等降噪措施；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。

14.1.5辐射环境影响评价

本项目对公众产生照射的主要途径为生产设施释放的 ^{222}Rn 对周围公众产生的吸入内照射，对本项目设施的公众剂量分别进行了评价。

生产期气态源项所致评价区域最大个人有效剂量为 5.65×10^{-4}mSv/a，出现在 N 方位，0～1km 子区内，该子区为无人子区。在有人居住的子区内，最大个人有效剂量为 2.72×10^{-4}mSv/a，出现在 ENE 方位，0～1km 的子区，远小于本项目剂量约束值。20km 范围内的集体剂量为 2.78×10^{-4} 人·Sv/a。

本项目生产期气态源项所致的个人有效剂量较小，均低于相应的个人剂量约束值，且本项目周围人烟稀少，集体有效剂量也较小。因此，本项目气态流出物对环境的影响在可接受范围之内。

14.1.6地下水环境影响评价

在采区生产期末第8a时，$U_{天然}$、As及Mo在地下水水流方向下游的迁移距离分别为107m、75m和63m；由于本项目含矿含水层埋深较大，且含矿含水层的顶底板均相对稳定，含矿含水层中地下水越流至其他含水层的可能性很小，不会对公众造成附加照射剂量。

蒸发池采用双层人工膜防渗结构，废水在运行期内垂直入渗的距离约为3.67×10^{-4}m，远小于本项目防渗层。因此，在运行期蒸发池溶液不会穿透蒸发池底部人工防渗层，也不会进入地下水。

14.1.7非放射性环境影响评价

1）大气

盐酸库无组织排放HCl气体的最大落地浓度满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）周界外浓度最高点限值要求，对周围环境影响较小。且对周边居民点空气中HCl的贡献值较小，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录D其他污染物空气质量浓度参考限值的要求，可见对厂区周围居民点的环境空气质量影响较小。

2）水环境

在非霜冻期，生活污水经处理后回用于场地绿化和道路降尘。在霜冻期，生活污水定期外运处理，均不外排。因此，不会对项目周边的水环境产生影响。

3）噪声

本项目噪声源强小，经采取降噪措施后，厂界可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类区标准。

4）土壤

本项目为了防止蒸发池废水渗透而污染土壤，在底部采用双层HDPE土工膜防渗结构，正常工况下不会发生废水泄漏，不会对土壤环境造成影响。泄漏事件下，对项目周边土壤环境产生一定程度的影响，但影响程度和影响范围十分有限，且废水未穿透包气带进入地下水，不会对区域地下水环境产生影响。

5）固体废物

各类固体废物均得到了有效处置，不会对环境产生明显的影响。

14.1.8 事故环境影响分析

运行工况下可能造成的辐射影响事故为非控制性抽注失衡、事故性停产、跑冒滴漏、管道断裂、上下含水层污染、蒸发池泄漏等，但事故工况下对环境的影响较小。

盐酸储罐泄漏后环境影响预测结果表明：在最不利气象条件下，毒性终点浓度-1 影响距离为 51m，毒性终点浓度-2 影响距离为 147m，该范围内均无居民点；最近居民点刘家处最大浓度为 3.34mg/m^3，低于毒性终点浓度-1 和毒性终点浓度-2，环境影响可以接受。

总体来看，本项目发生的环境事故在可接受范围内，且项目生产中均会采取相应的事故预防措施，确保生产安全稳定运行。因此，在确保事故防范措施和应急措施全部落实的情况下，从事故风险评价的角度分析，本项目是可行的

14.1.9 公众参与结论

中核通辽铀业有限责任公司在本报告编制期间，共开展两次公众参与。由公众参与结果可知，当地公众对本项目的建设是持积极态度的，对于制定的环境保护措施，当地公众给予了充分的肯定。

14.1.10 环境管理与监测计划

本项目环境管理为中核通辽铀业有限责任公司的管理机构，实行环境保护法人负责制，且本项目设置专门的环境保护和辐射防护管理机构，配有专职安全环保管理人员负责环境管理和辐射防护监测任务，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、规模及运行情况，制定了流出物监测计划和常规环境监测计划，由中核通辽铀业有限责任公司环境保护和辐射防护管理机构负责，并配置了部分监测设备，对本单位无监测能力的项目，委托具有相应资质的单位进行监测。

14.1.11 总结论

综上所述，本项目符合国家产业政策和集团公司规划，生产过程中产生

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。项目生产过程中对地下水、大气、声环境、生态环境的影响可接受，公众受照剂量满足剂量约束值的要求，项目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。

14.2 建议

1）按照制定的施工期监测计划，开展施工期的地下水水质监测工作，以便更准确地把握区域地下水本底范围。

2）按照设计要求，实施监测井的施工，在生产过程中，确保抽大于注并定期对监测井进行取样监测，发现地下水异常立即采取相应措施。

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、生态环境部推荐使用的 AERMOD 模型，该模型为基于新一代边界层理论的高斯扩散模型。

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：

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

式中：

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

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

$$c_s\{x_r,y_r,z\} = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}u\sigma_{zs}}F_y \wedge \prod_{m=-\times}^{\times}[\exp(-\frac{(z-h_{es}-2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2})+\exp(-\frac{(z+h_{es}+2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2})]$$

式中：

z_{ieff}—有效机械混合层高度；

h_{es}—烟羽高度（烟囱高度加烟气抬升高度）；

F_y—横向分布函数（有迂回）。

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

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

当 $z_r \geq z_{ieff}$ 时，不考虑有效反射面。

3）污染物扩散过程中的衰减作用

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

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

$$或 \quad D = 1 \qquad (\psi = 0)$$

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

式中：

ψ—污染物的衰减系数；

$T_{1/2}$—污染物的半衰期，s。

4）面源计算模式

对于面源，AERMOD 采用数值积分的处理方法，计算公式如下：

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

式中：

Q_A—面源释放率，$g/m^2 \cdot s$；

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。

二、剂量估算模式

本项目照射途径主要为空气吸入内照射，计算考虑的放射性核素主要为 ^{222}Rn。

1）公众个人剂量

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

式中：

C_{Rn}—^{222}Rn 浓度，Bq/m^3；

T —受照时间，h，全年取 8760h；

DF_{Rn}—^{222}Rn 及其子体剂量转换因子，取 $2.44\times10^{-6}mSv/Bq\cdot h\cdot m^{-3}$。

2）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：

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

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 1

环 评 委 托 书

中核第四研究设计工程有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，现委托贵单位承担《中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程环境影响报告书》的编制工作，请根据国家法律法规要求尽快开展工作。

特此委托。

中核通辽铀业有限责任公司

2025 年 8 月 8 日

附件 2

科尔沁左翼中旗自然资源局

左自然资便字〔2025〕299 号

关于内蒙古通辽市科尔沁左翼中旗海力锦铀矿床采矿权新立范围是否占用生态红线的回复函

中核通辽铀业有限责任公司:

你单位《关于申请出具内蒙古通辽市科尔沁左翼中旗海力锦铀矿床采矿权新立核查意见的函》已收悉。拟新立矿权范围面积为 6.808 平方公里。经核查，该范围未在 2022 年 10 月国家下发的生态保护红线范围内。

科左中旗自然资源局

2025 年 6 月 5 日

通辽市生态环境局科尔沁左翼中旗分局

附件 3

通辽市生态环境局科左中旗分局关于确认“中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程”环境影响评价执行标准的函

中核通辽铀业有限责任公司:

你公司《关于确认“中核通辽铀业有限责任公司海力锦铀矿床地浸采铀工程”环境影响评价执行标准的申请函》收悉。经审核，对项目环境影响评价执行标准确认如下:

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 2 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、废气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中新污染源二级标准；

2、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2类标准。

三、辐射环境标准

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）；

3、《铀矿冶放射性废物辐射环境管理技术规定》（GB14585-2024）。

通辽市生态环境局科尔沁左翼中旗分局

2025年12月2日

附件 4

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

报告编号：2025-1021

客户名称：中核第四研究设计工程有限公司

项目名称：通辽铀业海力锦铀矿床地浸采铀工程环境质量现状监测

客户地址：石家庄市体育南大街 261 号

监测参数：$U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po、^{222}Rn 等

监测/取样日期：2025-05-19～2025-05-22

报告页数：11 页

中心主任（签章）：王玉学印

报告签发人：

签发日期：2025 年 8 月 1 日

说　　明

1、结果报告无“分析测试中心公章”和“分析测试报告专用章”无效；

2、结果报告无“报告签发人”签字无效；

3、结果报告不能随意改动，未经审核批准而更改的报告无效；

4、监测报告仅对监测时段所采集、委托的样品或现场监测的数据负责；

5、未经本中心书面批准，不得部分复制报告；

6、若对报告有异议，应于收到报告之日起 15 日之内向我中心提出；

7、结果报告副本和原始记录在本中心保存六年。

检测机构名称：核工业东北分析测试中心

检测机构地址：辽宁省沈阳市沈北新区孝信街 12 号

邮编：110135

业务电话：024-89759525，13019387686

投诉电话：13019387686

传真：024-89759560

E-mail:13019387686@163.com

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

监测项目：环境空气中氡(^{222}Rn)、氡(^{222}Rn)子体、TSP、SO_2、NO_x、HCl　　报告编号：2025-1021

监测日期：2025-05-19～2025-05-21　　监测依据：HJ1212-2021；EJ378-1989；HJ1263-2022；HJ482-2009；HJ 479-2009；HJ 549-2016

气象参数：阴-多云；12～21℃；西北风，0.9～3.6 m/s；97.3～98.7kPa

序号	监测编号	监测点位	氡(^{222}Rn)			氡(^{222}Rn)子体			TSP*			SO_2*			NO_x*			HCl*		
			第一天	第二天	第三天	第一天	第二天	第三天	第一天	第二天	第三天	第一天	第二天	第三天	第一天	第二天	第三天	第一天	第二天	第三天
			Bq/m³	Bq/m³	Bq/m³	nJ/m³	nJ/m³	nJ/m³	μg/m³	μg/m³	μg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
1	HLJ-DQ-01	拟建井场	7.45	7.37	7.54	17.3	20.4	18.4	124	110	125	0.010	0.011	0.012	0.008	0.010	0.009	<0.02	<0.02	<0.02
2	HLJ-DQ-02	拟建水闸	7.35	7.45	7.10	18.4	19.4	18.4	124	116	118	0.011	0.012	0.011	0.010	0.008	0.010	<0.02	<0.02	<0.02
3	HLJ-DQ-03	刘家	8.41	8.61	8.13	21.4	23.5	21.4	131	110	117	0.010	0.011	0.013	0.008	0.011	0.008	<0.02	<0.02	<0.02
4	HLJ-DQ-04	大海力锦嘎查	8.32	8.07	8.54	19.4	22.4	20.4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5	HLJ-DQ-05	宝德勒嘎查	8.50	8.38	8.62	21.4	20.4	22.4	129	117	124	0.012	0.012	0.012	0.010	0.009	0.009	<0.02	<0.02	<0.02

备注：TSP、SO_2、NO_x、HCl 由辽宁通正检测有限公司监测（监测日期：2025-05-20~2025-05-22），CMA 证书号 16060014A079。

编制：魏知飞　　　　校核：[illegible]

核工业东北分析测试中心
监 测 报 告

监测项目：环境氡析出率　报告编号：2025-1021
监测日期：2025-05-19~2025-05-21　监测依据：EJ/T979-1995

序号	监测编号	监测地点	氡（^{222}Rn）析出率		
			第一天	第二天	第三天
			Bq/(m^2·S)	Bq/(m^2·S)	Bq/(m^2·S)
1	HLJ-DX-01	拟建井场	7.95E-03	7.37E-03	7.54E-03
2	HLJ-DX-02	拟建水冶厂	7.85E-03	7.22E-03	7.87E-03

编制：　　校核：

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

监测项目：环境γ辐射剂量率　报告编号：2025-1021
监测日期：2025-05-19～2025-05-20　监测依据：HJ1157-2021

序号	监测编号	监测地点	环境 γ 辐射剂量率*
			nGy/h
1	HLJ-γ1	拟建水冶厂	33±4
2	HLJ-γ2	拟建井场	31±3
3	HLJ-γ3	刘家	37±3
4	HLJ-γ4	大海力锦嘎查	44±3
5	HLJ-γ5	宝德勒嘎查（对照点）	49±2

*备注：监测数据已经扣除宇宙射线的响应。

编制：魏红玉　　校核：何明

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

监测项目：环境噪声　报告编号：2025-1021
监测日期：2025-05-19～2025-05-20　监测依据：GB3096-2008
气象参数：阴-多云；15～19℃；西北风，1.3～2.7 m/s；97.3～98.6kPa

序号	监测编号	监测地点	第一天		第二天	
			L_d	L_n	L_d	L_n
			dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	HLJ-ZS-1	拟建水冶厂	46	40	45	39
2	HLJ-ZS-2	大海力锦嘎查	48	42	49	41

编制：魏am　校核：

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

样品名称：地下水　原样状态：液　样品包装：桶　样品数量：7　检测类别：委托　报告编号：2025-1021

取样日期：2025-05-20~2025-05-21　检测日期：2025-05-20 ~2025-07-30

检测依据：HJ700-2014；GB/T11214-1989；HJ813-2016；HJ1323-2023；HJ898-2017；HJ899-2017；HJ776-2015；《水和废水监测分析方法》（第四版）3.1.12（1）-2002；HJ84-2016；HJ535-2009；HJ694-2014；GB/T 7467-1987；GB/T 11892-1989；GB 7477-1987；HJ/T51-1999；HJ1147-2020

序号	样品名称	监测编号	采样地点	$U_{天然}$	^{226}Ra	^{210}Po	^{210}Pb	总 α	总 β	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	CO_3^{2-}
				μg/L	mBq/L	mBq/L	mBq/L	Bq/L	Bq/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	潜水含水层地下水	DXS-1	刘家	20.1	6.96	< 1	2.2	0.487	0.205	1.34	22.5	77.9	42.6	<5
2	潜水含水层地下水	DXS-2	包楞海力锦嘎查	0.08	9.16	< 1	4.1	0.033	0.052	2.19	185	79.3	65.9	<5
3	潜水含水层地下水	DXS-3	小额伦索克嘎查	3.91	5.83	3.9	6.0	0.112	0.135	0.74	141	118	51.6	<5
4	潜水含水层地下水	DXS-4	宝日罕吐嘎查	2.76	5.27	1.4	3.7	0.081	0.112	1.06	86.6	53.2	35.1	<5
5	潜水含水层地下水	DXS-5	小哈日干吐嘎查（对照点）	0.25	58.5	1.3	2.2	0.102	0.133	1.40	209	104	51.4	<5
6	含矿含水层地下水	G1（东）	SW1	1075	3593	20.1	24.5	32.5	7.60	5.35	690	22.4	22.7	116
7	含矿含水层地下水	G2（北）	SW2	721	7349	55.2	63.2	26.7	9.18	7.25	1097	12.3	19.1	144

编制：魏 [signature]　　　　校核：[signature]

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

样品名称：地下水 原样状态：液 样品包装：桶 样品数量：7 检测类别：委托 报告编号：2025-1021

取样日期：2025-05-20～2025-05-21 检测日期：2025-05-20 ～2025-07-30

检测依据：HJ700-2014；GB/T11214-1989；HJ813-2016；HJ1323-2023；HJ898-2017；HJ899-2017；HJ776-2015；《水和废水监测分析方法》（第四版）3.1.12（1）-2002； HJ84-2016；HJ535-2009； HJ694-2014；GB/T 7467-1987；GB/T 11892-1989；GB 7477-1987；HJ/T51-1999；HJ1147-2020

序号	样品名称	监测编号	采样地点	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	NO_2^-	F^-	As	Hg	Cr^{6+}	Zn	Cu
				mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
1	潜水含水层地下水	DXS-1	刘家	390	24.8	40.8	19.7	0.204	1.68	3.7	0.79	<4	3.12	1.48
2	潜水含水层地下水	DXS-2	包楞海力锦嘎查	890	111	0.799	0.474	0.145	1.05	0.4	0.27	<4	<0.67	0.79
3	潜水含水层地下水	DXS-3	小额伦索克嘎查	356	229	195	5.30	0.246	1.31	17.2	0.28	<4	16.6	1.06
4	潜水含水层地下水	DXS-4	宝日罕吐嘎查	408	73.5	22.9	0.400	1.16	1.04	1.2	0.33	<4	5.08	0.30
5	潜水含水层地下水	DXS-5	小哈日干吐嘎查（对照点）	675	213	75.4	1.32	1.58	0.650	<0.3	0.48	<4	1.04	0.47
6	含矿含水层地下水	G1（东）	SW1	1572	106	12.5	2.48	1.57	5.37	13.4	0.86	<4	25.8	1.86
7	含矿含水层地下水	G2（北）	SW2	2472	135	16.6	1.24	3.23	8.43	22.7	0.79	<4	6.79	2.78

编制：鲍红艺、 校核：[illegible]

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

样品名称：地下水　原样状态：液　样品包装：桶　样品数量：7　检测类别：委托　报告编号：2025-1021
取样日期：2025-05-20～2025-05-21　检测日期：2025-05-20 ～2025-07-30
检测依据：HJ700-2014；GB/T11214-1989；HJ813-2016；HJ1323-2023；HJ898-2017；HJ899-2017；HJ776-2015；《水和废水监测分析方法》（第四版）3.1.12（1）-2002；HJ84-2016；HJ535-2009；HJ694-2014；GB/T 7467-1987；GB/T 11892-1989；GB 7477-1987；HJ/T51-1999；HJ1147-2020

序号	样品名称	监测编号	采样地点	Pb	Cd	Fe	Mn	Mo	TDS	氨氮	总硬度	COD_{Mn}	pH
				μg/L	μg/L	mg/L	μg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
1	潜水含水层地下水	DXS-1	刘家	0.62	<0.05	0.10	16.7	6.99	433	0.231	368	0.83	7.6
2	潜水含水层地下水	DXS-2	包楞海力锦嘎查	<0.09	<0.05	0.28	247	0.09	902	0.177	466	1.12	7.6
3	潜水含水层地下水	DXS-3	小额伦索克嘎查	<0.09	<0.05	0.12	515	7.18	937	0.081	514	0.69	7.7
4	潜水含水层地下水	DXS-4	宝日罕吐嘎查	0.13	<0.05	0.05	99.6	2.39	486	0.208	276	0.48	7.8
5	潜水含水层地下水	DXS-5	小哈日干吐嘎查（对照点）	<0.09	<0.05	0.16	206	0.65	1009	0.448	475	0.79	7.6
6	含矿含水层地下水	G1（东）	SW1	<0.09	0.06	0.03	3.74	28.2	1784	0.339	150	0.92	8.2
7	含矿含水层地下水	G2（北）	SW2	1.30	0.06	0.03	4.23	32.8	2715	0.357	110	0.90	8.4

编制：　　　　　　　　校核：

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

样品名称：土壤　原样状态：固　样品包装：袋　样品数量：12　检测类别：委托　报告编号：2025-1021

取样日期：2025-05-19~2025-05-22　检测日期：2025-05-23 ~2025-06-23

检测依据：GB/T14506.30-2010；GB/T13073-2010；GB/T22105-2008；HJ491-2019；HJ1082-2019；HJ962-2018

序号	样品名称	样品编号	采样地点	样品描述	$U_{天然}$	^{226}Ra	Cd	As	Hg	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr	Cr（Ⅵ）	pH
					mg/kg	Bq/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
1	表层土壤	BCTR-1	大海力锦嘎查	表层土	1.01	20.4	0.081	4.87	0.00798	13.2	16.1	27.4	13.2	27	＜0.5	8.77
2	表层土壤	BCTR-2	拟建水冶厂	表层土	0.70	9.76	0.062	3.31	0.00672	6.51	14.6	13.2	8.31	18	＜0.5	7.31
3	表层土壤	BCTR-3	宝德勒嘎查	表层土	0.97	11.4	0.058	5.44	0.00956	11.6	15.8	23.3	13.0	28	＜0.5	8.79
4	柱状土壤	ZZTR-1	拟建浸出液处理厂房	0~0.5m	0.84	9.80	0.067	3.19	0.00550	7.80	16.5	17.3	9.24	22	＜0.5	8.33
5		ZZTR-2		0.5~1.5m	0.78	10.9	0.79	3.55	0.00330	8.03	15.0	15.3	10.5	23	＜0.5	8.47
6		ZZTR-3		1.5~3.0m	0.56	9.31	0.65	2.14	＜0.002	5.88	13.8	10.9	6.83	12	＜0.5	8.57
7	柱状土壤	ZZTR-4	拟建井场管线处	0~0.5m	0.73	8.08	0.025	3.10	0.00418	6.13	14.7	12.3	7.15	18	＜0.5	8.21
8		ZZTR-5		0.5~1.5m	0.65	6.65	0.45	3.41	0.00316	7.33	14.3	13.7	9.31	21	＜0.5	8.32
9		ZZTR-6		1.5~3.0m	0.82	8.75	1.22	3.25	0.00322	7.30	13.9	12.7	8.16	16	＜0.5	8.65
10	柱状土壤	ZZTR-7	拟建蒸发池处	0~0.5m	1.00	10.7	0.026	4.38	0.00812	9.07	15.2	16.9	11.0	26	＜0.5	8.39
11		ZZTR-8		0.5~1.5m	0.80	9.53	1.83	4.33	0.00625	9.70	14.9	16.7	11.6	25	＜0.5	8.40
12		ZZTR-9		1.5~3.0m	0.51	9.64	0.96	2.15	0.00228	5.93	12.9	10.9	7.05	16	＜0.5	8.78

编制：魏红飞　　校核：明川

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

样品名称：玉米 原样状态：固 样品包装：袋 样品数量：3 检测类别：委托 报告编号：2025-1021

取样日期：2025-05-19~2025-05-20 检测日期：2025-05-23 ~2025-07-01

检测依据：HJ840-2017（$U_{天然}$）；GB14883.6-2016（^{226}Ra）；GB/T 16145-2022（^{210}Pb）；GB14883.5-2016（^{210}Po）

序号	样品名称	样品编号	采样地点	$U_{天然}$	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po
				μg/kg（干）	Bq/kg（干）	Bq/kg（干）	Bq/kg（干）
1	玉米	YM-01	大海力锦嘎查	2.35	0.083	0.15	0.49
2	玉米	YM-02	拟建水冶厂	2.24	0.078	0.11	0.30
3	玉米	YM-03	宝德勒嘎查	2.29	0.093	0.18	0.39

以下空白

编制：魏松岳 校核：

附件 5

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

报告编号：2025-1087

客户名称：中核第四研究设计工程有限公司

项目名称：通辽铀业海力锦铀矿床地浸采铀工程环境质量现状监测

客户地址：石家庄市体育南大街 261 号

监测参数：$U_{天然}$、^{226}Ra、^{210}Pb、^{210}Po、^{222}Rn 等

监测/取样日期：2025-08-30～2025-09-02

报告页数：10 页

中心主任（签章）：王玉 学印

报告签发人：于国平　　签 发 日 期：2025 年 10 月 16 日

说　　明

1、结果报告无“分析测试中心公章”和“分析测试报告专用章”无效；

2、结果报告无“报告签发人”签字无效；

3、结果报告不能随意改动，未经审核批准而更改的报告无效；

4、监测报告仅对监测时段所采集、委托的样品或现场监测的数据负责；

5、未经本中心书面批准，不得部分复制报告；

6、若对报告有异议，应于收到报告之日起 15 日之内向我中心提出；

7、结果报告副本和原始记录在本中心保存六年。

检测机构名称：核工业东北分析测试中心

检测机构地址：辽宁省沈阳市沈北新区孝信街 12 号

邮编：110135

业务电话：024-89759525，13019387686

投诉电话：13019387686

传真：024-89759560

E-mail: 13019387686@163.com

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

监测项目：环境空气中氡(^{222}Rn)、氡(^{222}Rn)子体、TSP、SO_2、NO_x、HCl　　报告编号：2025-1087

监测日期：2025-08-30～2025-09-02　　监测依据：HJ1212-2021；EJ378-1989；HJ1263-2022；HJ482-2009；HJ 479-2009；HJ 549-2016

气象参数：多云；21～26℃；西南风，0.6～2.1 m/s；99.1～99.6kPa

序号	监测编号	监测地点	氡(^{222}Rn)			氡(^{222}Rn)子体			TSP*			SO_2*			NO_x*			HCl*		
			第一天	第二天	第三天	第一天	第二天	第三天	第一天	第二天	第三天	第一天	第二天	第三天	第一天	第二天	第三天	第一天	第二天	第三天
			Bq/m^3	Bq/m^3	Bq/m^3	nJ/m^3	nJ/m^3	nJ/m^3	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3
1	HLJ-DQ-01	拟建井场	7.74	7.49	7.58	19.4	21.4	17.3	116	129	125	0.011	0.010	0.010	0.008	0.009	0.007	<0.02	<0.02	<0.02
2	HLJ-DQ-02	拟建水治厂	7.59	7.66	7.46	17.3	18.4	17.3	118	127	126	0.012	0.011	0.012	0.010	0.010	0.008	<0.02	<0.02	<0.02
3	HLJ-DQ-03	刘家	8.18	8.55	8.25	22.4	20.4	22.4	122	131	129	0.014	0.012	0.014	0.007	0.007	0.007	<0.02	<0.02	<0.02
4	HLJ-DQ-04	大海力锦嘎查	8.20	7.95	8.28	18.4	21.4	21.4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5	HLJ-DQ-05	宝德勒嘎查	8.32	8.54	8.49	19.4	22.4	20.4	117	127	127	0.010	0.014	0.013	0.009	0.011	0.007	<0.02	<0.02	<0.02

备注：TSP、SO_2、NO_x、HCl 由辽宁通正检测有限公司监测（监测日期：2025-09-15~2025-09-17），CMA 证书号 16060014A079。

编制：魏义方　　　　校核：

核工业东北分析测试中心
监 测 报 告

监测项目：环境氡析出率　报告编号：2025-1087
监测日期：2025-08-30～2025-09-01　监测依据：EJ/T979-1995

序号	监测编号	监测地点	氡（^{222}Rn）析出率		
			第一天	第二天	第三天
			Bq/(m^2·S)	Bq/(m^2·S)	Bq/(m^2·S)
1	HLJ-DX-01	拟建井场	7.42E-03	7.29E-03	7.72E-03
2	HLJ-DX-02	拟建水冶厂	7.44E-03	7.82E-03	7.35E-03

编制：魏泓飞　　校核：[illegible]

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

监测项目：环境γ辐射剂量率　报告编号：2025-1087
监测日期：2025-08-30　监测依据：HJ1157-2021

序号	监测编号	监测地点	环境 γ辐射剂量率* nGy/h
1	HLJ-γ1	拟建水冶厂	34±3
2	HLJ-γ2	拟建井场	34±4
3	HLJ-γ3	刘家	37±4
4	HLJ-γ4	大海力锦嘎查	43±3
5	HLJ-γ5	宝德勒嘎查（对照点)	45±3

*备注：监测数据已经扣除宇宙射线的响应。

编制：魏心天　校核：[signature]

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

监测项目：环境噪声　　报告编号：2025-1087
监测日期：2025-08-30～2025-08-31　　监测依据：GB3096-2008
气象参数：多云；18～25℃；西南风，1.0～1.6 m/s；98.8～99.4kPa

序号	监测编号	监测地点	第一天		第二天	
			L_d	L_n	L_d	L_n
			dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	HLJ-ZS-1	拟建水冶厂	45	42	46	41
2	HLJ-ZS-2	大海力锦嘎查	52	45	54	46

编制：魏以志　　校核：[illegible]

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

样品名称：地下水　原样状态：液　样品包装：桶　样品数量：7　检测类别：委托　报告编号：2025-1087

取样日期：2025-08-30～2025-09-01　检测日期：2025-09-04 ～2025-10-10

检测依据：HJ700-2014；GB/T11214-1989；HJ813-2016；HJ1323-2023；HJ898-2017；HJ899-2017；HJ776-2015；《水和废水监测分析方法》（第四版）3.1.12（1）-2002；HJ84-2016；HJ535-2009；HJ694-2014；GB/T 7467-1987；GB/T 11892-1989；GB 7477-1987；HJ/T51-2024；HJ1147-2020

序号	样品名称	监测编号	采样地点	$U_{天然}$	^{226}Ra	^{210}Po	^{210}Pb	总 α	总 β	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	CO_3^{2-}
				μg/L	mBq/L	mBq/L	mBq/L	Bq/L	Bq/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	潜水含水层地下水	DXS-1	刘家	19.5	6.87	<1	2.1	0.496	0.212	1.28	22.2	77.2	42.7	<5
2	潜水含水层地下水	DXS-2	包楞海力锦嘎查	0.18	8.15	<1	3.5	0.036	0.058	2.12	193	66.8	60.8	<5
3	潜水含水层地下水	DXS-3	小额伦索克嘎查	4.99	6.12	7.1	4.7	0.129	0.137	0.55	108	138	56.8	<5
4	潜水含水层地下水	DXS-4	宝日罕吐嘎查	2.52	9.99	1.0	2.8	0.085	0.118	0.65	87.7	53.6	30.7	<5
5	潜水含水层地下水	DXS-5	小哈日干吐嘎查（对照点）	0.15	43.4	<1	3.0	0.042	0.141	1.61	171	74.8	51.1	<5
6	含矿含水层地下水	G1（东）	SW1	1085	3606	20.2	24.1	32.7	7.67	5.39	688	22.4	22.5	117
7	含矿含水层地下水	G2（北）	SW2	716	7381	55.5	62.6	26.9	9.16	7.27	1088	12.3	19.0	144

编制：魏以志.　　校核：

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

样品名称：地下水　原样状态：液　样品包装：桶　样品数量：7　检测类别：委托　报告编号：2025-1087

取样日期：2025-08-30～2025-09-02　检测日期：2025-09-04 ～2025-10-10

检测依据：HJ700-2014；GB/T11214-1989；HJ813-2016；HJ1323-2023；HJ898-2017；HJ899-2017；HJ776-2015；《水和废水监测分析方法》（第四版）3.1.12（1）-2002； HJ84-2016；HJ535-2009； HJ694-2014；GB/T 7467-1987；GB/T 11892-1989；GB 7477-1987；HJ/T51-2024；HJ1147-2020

序号	样品名称	监测编号	采样地点	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	NO_2^-	F^-	As	Hg	Cr^{6+}	Zn	Cu
				mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
1	潜水含水层地下水	DXS-1	刘家	390	24.4	42.5	20.5	0.211	1.71	3.9	0.82	<4	3.00	1.51
2	潜水含水层地下水	DXS-2	包楞海力锦嘎查	905	64.2	1.50	0.536	<0.016	1.50	0.3	0.81	<4	3.16	0.98
3	潜水含水层地下水	DXS-3	小额伦索克嘎查	385	210	172	14.2	<0.016	1.42	14.5	0.81	<4	3.98	1.82
4	潜水含水层地下水	DXS-4	宝日罕吐嘎查	408	69.2	15.6	0.662	0.690	1.07	1.3	0.93	<4	3.46	0.81
5	潜水含水层地下水	DXS-5	小哈日干吐嘎查（对照点）	683	118	39.2	0.861	2.62	1.27	1.1	0.88	<4	3.77	1.36
6	含矿含水层地下水	G1（东）	SW1	1561	106	12.2	2.60	1.62	5.30	14.0	0.84	<4	25.0	1.93
7	含矿含水层地下水	G2（北）	SW2	2458	136	17.0	1.20	3.11	8.22	21.9	0.77	<4	6.62	2.79

编制：魏弘昊　　　　校核：[illegible]

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

样品名称：地下水　原样状态：液　样品包装：桶　样品数量：7　检测类别：委托　报告编号：2025-1087
取样日期：2025-08-30～2025-09-02　检测日期：2025-09-04 ～2025-10-10
检测依据：HJ700-2014；GB/T11214-1989；HJ813-2016；HJ1323-2023；HJ898-2017；HJ899-2017；HJ776-2015；《水和废水监测分析方法》（第四版）3.1.12（1）-2002；HJ84-2016；HJ535-2009；HJ694-2014；GB/T 7467-1987；GB/T 11892-1989；GB 7477-1987；HJ/T51-2024；HJ1147-2020

序号	样品名称	监测编号	采样地点	Pb	Cd	Fe	Mn	Mo	TDS	氨氮	总硬度	COD_{Mn}	pH
				μg/L	μg/L	mg/L	μg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
1	潜水含水层地下水	DXS-1	刘家	0.50	＜0.05	0.11	17.2	7.27	431	0.233	370	0.80	7.7
2	潜水含水层地下水	DXS-2	包楞海力锦嘎查	0.33	＜0.05	0.12	196	0.07	852	0.201	415	1.40	7.6
3	潜水含水层地下水	DXS-3	小额伦索克嘎查	0.88	＜0.05	0.09	647	7.09	912	0.101	576	0.87	7.6
4	潜水含水层地下水	DXS-4	宝日罕吐嘎查	0.65	＜0.05	0.09	126	1.17	467	0.187	262	0.47	7.7
5	潜水含水层地下水	DXS-5	小哈日干吐嘎查（对照点）	0.05	＜0.05	0.12	150	0.25	806	0.286	399	1.31	7.6
6	含矿含水层地下水	G1（东）	SW1	＜0.09	0.05	0.03	3.91	28.7	1785	0.329	148	0.94	8.3
7	含矿含水层地下水	G2（北）	SW2	1.27	0.06	0.04	4.37	31.4	2697	0.354	109	0.94	8.4

编制：魏知与　　校核：[illegible]

核工业东北分析测试中心

监 测 报 告

样品名称：土壤　原样状态：固　样品包装：袋　样品数量：12　检测类别：委托　报告编号：2025-1087

取样日期：2025-08-30～2025-09-02　检测日期：2025-09-04 ～2025-10-15

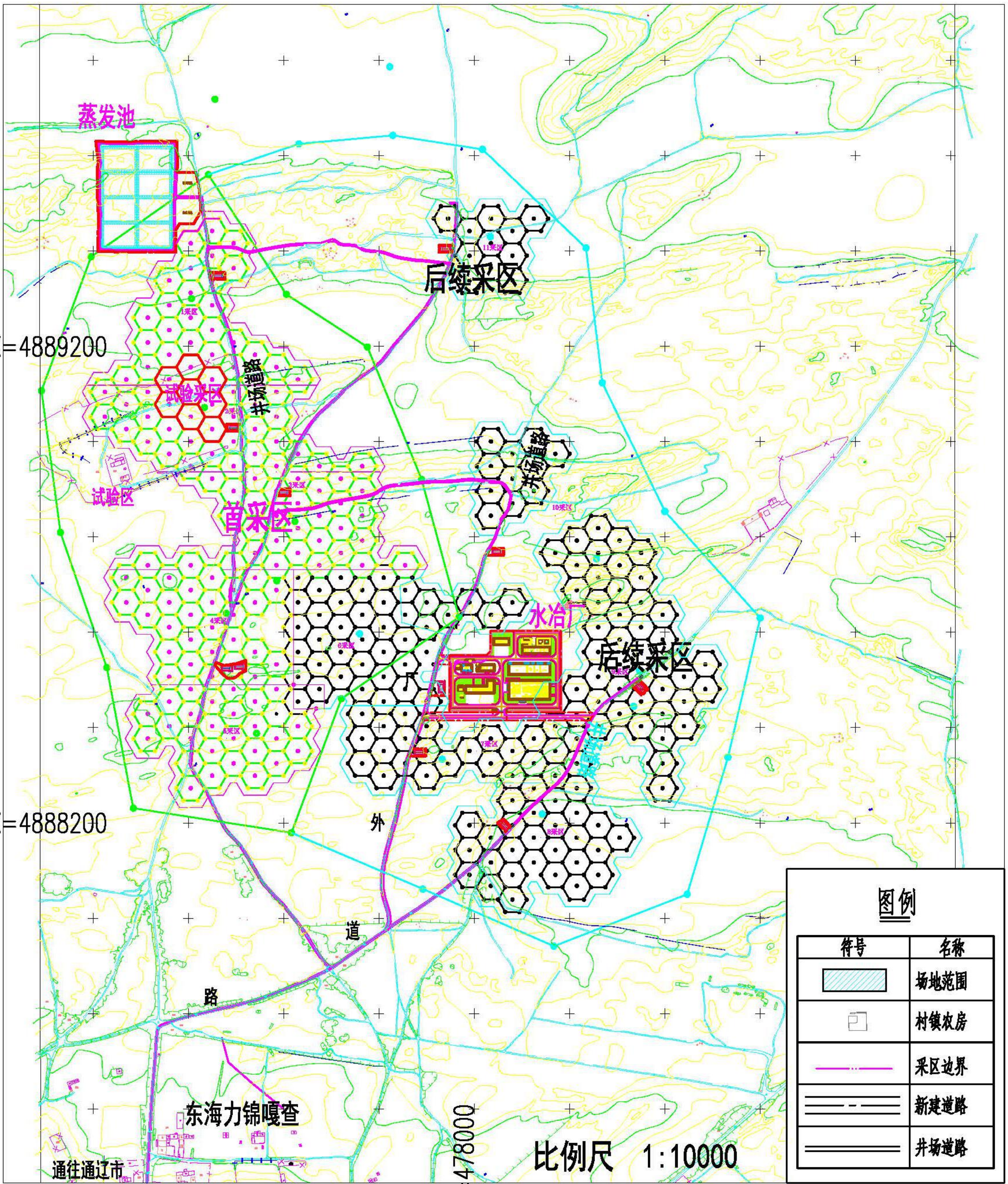
检测依据：GB/T14506.30-2010；GB/T13073-2010；GB/T22105-2008；HJ491-2019；HJ1082-2019；HJ962-2018

序号	样品名称	样品编号	采样地点	样品描述	U 天然	^{226}Ra	Cd	As	Hg	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr	Cr（Ⅵ）	pH
					mg/kg	Bq/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
1	表层土壤	BCTR-1	大海力锦嘎查	表层土	1.07	19.1	0.073	5.32	0.00865	12.6	16.0	22.8	9.24	27	＜0.5	8.82
2	表层土壤	BCTR-2	拟建水冶厂	表层土	0.81	9.24	0.058	3.41	0.00640	6.84	17.3	20.9	8.20	18	＜0.5	7.30
3	表层土壤	BCTR-3	宝德勒嘎查	表层土	1.36	10.3	0.059	5.36	0.00931	12.3	21.2	66.6	18.8	27	＜0.5	8.58
4	柱状土壤	ZZTR-1	拟建浸出液处理厂房	0~0.5m	0.87	10.1	0.073	3.22	0.00503	8.18	17.6	30.2	12.7	20	＜0.5	8.41
5		ZZTR-2		0.5~1.5m	0.81	11.8	0.805	3.31	0.00330	7.66	16.8	24.5	10.7	22	＜0.5	8.38
6		ZZTR-3		1.5~3.0m	0.71	8.87	0.661	2.32	0.00235	5.86	16.5	24.2	10.3	11	＜0.5	8.60
7	柱状土壤	ZZTR-4	拟建井场管线处	0~0.5m	0.82	7.74	0.026	3.12	0.00385	5.53	17.1	24.9	10.6	18	＜0.5	8.31
8		ZZTR-5		0.5~1.5m	0.77	7.08	0.421	3.10	0.00312	7.62	16.5	22.7	11.8	22	＜0.5	8.33
9		ZZTR-6		1.5~3.0m	0.88	8.41	1.127	3.30	0.00298	7.46	17.4	23.9	9.92	17	＜0.5	8.67
10	柱状土壤	ZZTR-7	拟建蒸发池处	0~0.5m	1.08	11.3	0.028	4.20	0.00884	8.99	16.2	25.6	11.2	24	＜0.5	8.48
11		ZZTR-8		0.5~1.5m	0.89	9.51	2.007	4.46	0.00590	9.81	16.7	26.1	10.8	24	＜0.5	8.46
12		ZZTR-9		1.5~3.0m	0.73	10.2	1.027	2.04	0.00250	5.68	15.7	22.2	9.45	16	＜0.5	8.65

以下空白

编制：魏云飞　　　　校核：[illegible]

附图 1 总平面布置图

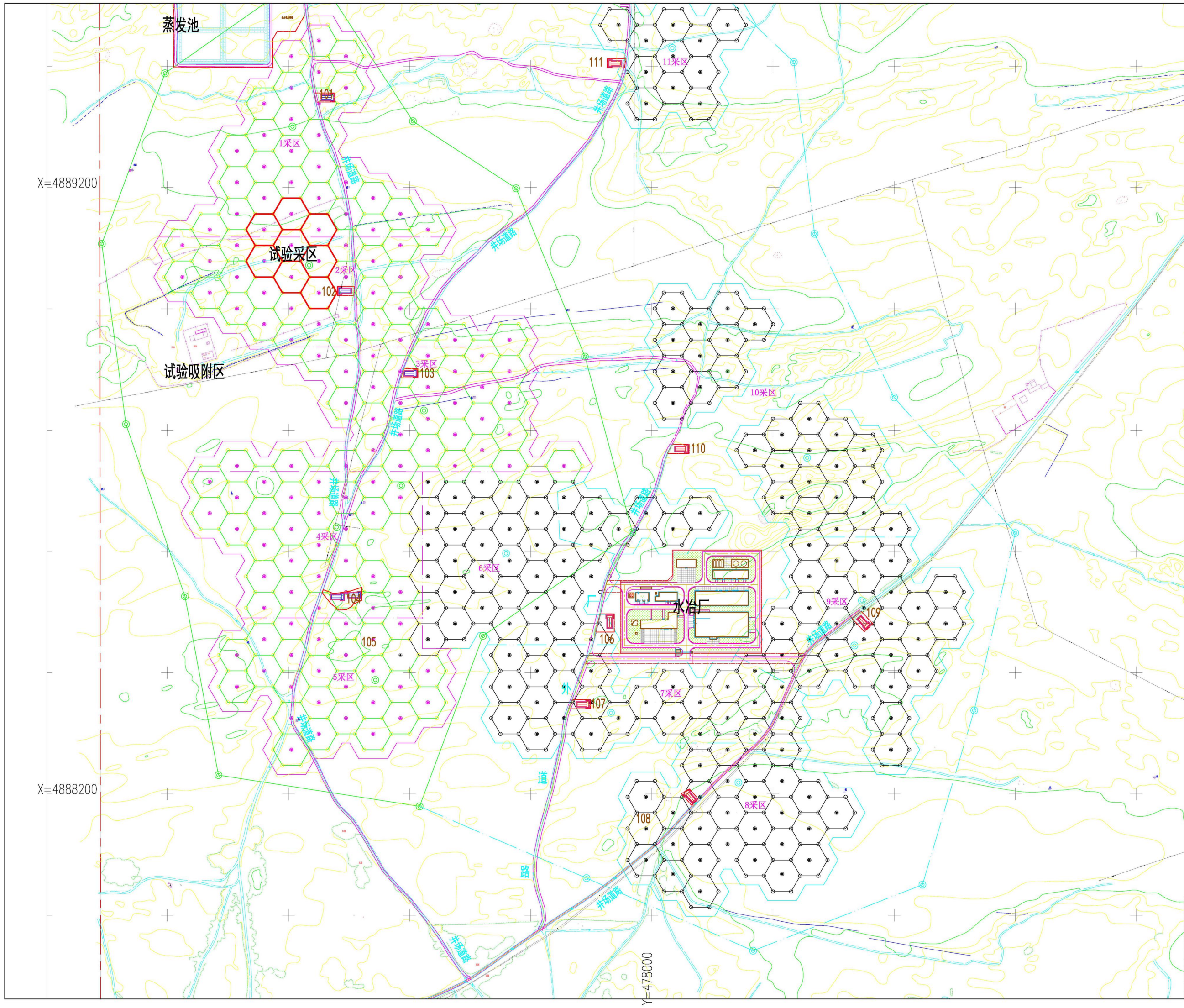


附注:

1、本图采用2000国家大地坐标系，中央子午线123°,1985国家高程基准，等高距1米。

2、图中所注尺寸均以米计，坡度均以百分计。

附图 2 井场钻井布置图



比例尺 1:2000

井场建构筑物一览表

序号	代号	项目名称	备注
1	101	1采区集控室	首采区
2	102	2采区集控室	首采区
3	103	3采区集控室	首采区
4	104	4采区集控室	首采区
5	105	5采区集控室	首采区
6	106	6采区集控室	后续采区
7	107	7采区集控室	后续采区
8	108	8采区集控室	后续采区
9	109	9采区集控室	后续采区
10	110	10采区集控室	后续采区
11	111	11采区集控室	后续采区

图例

符号	名称
N	新建建构筑物
	厂外道路
	井场道路
	原有道路
	首采区抽注单元
	后续采区抽注单元
	采区边界

附注：

1、本图采用2000国家大地坐标系，中央子午线123°,1985国家高程基准，等高距1米。

2、图中所注尺寸均以米计，坡度均以百分计。

A	
版次	升版原因

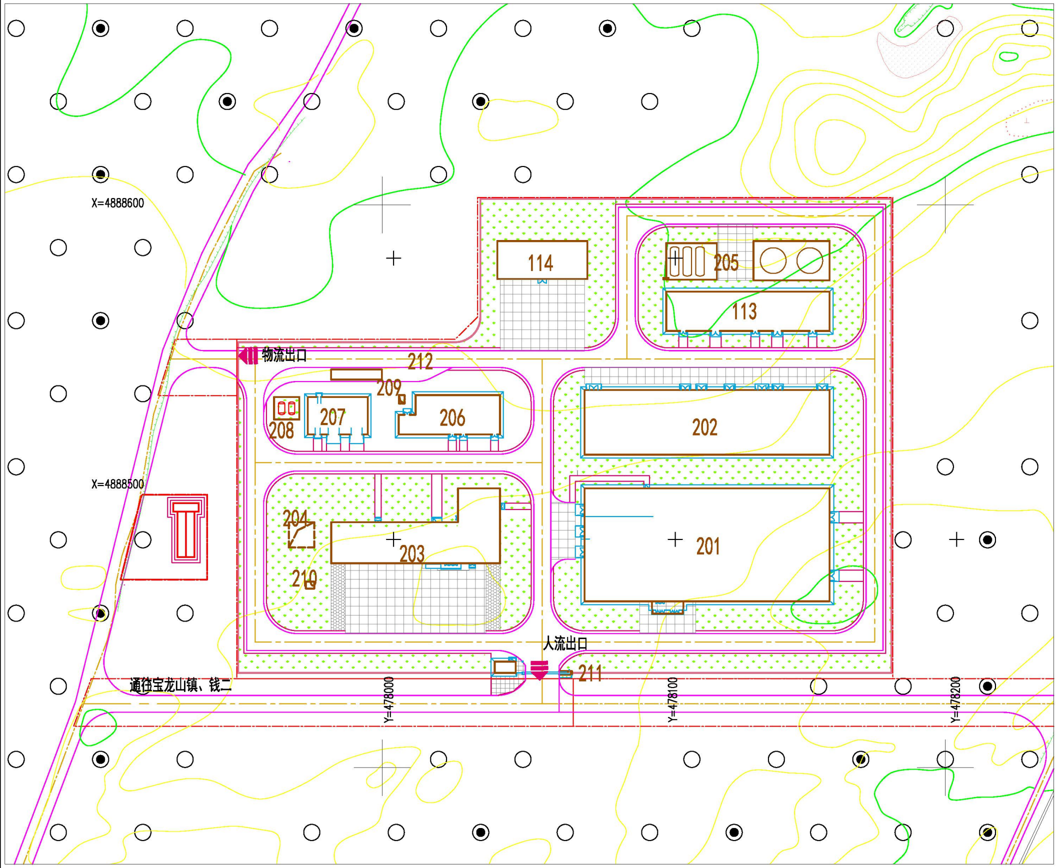
中核第四研究设计工程有限公司

中核通辽铀业有限责任公司 海力锦铀矿床地浸采铀工程

井场总平面布置图

附图 3 水冶厂总平面布置图

比例尺 1:1000



建构筑物一览表

序号	代号	项目名称	备注
一	井场		
1	113	集配液设施	
2	114	气体站	
二	水冶厂		
1	201	浸出液处理厂房	
2	202	生产辅助设施(一)	
3	203	综合楼	
4	204	消防水池	
5	205	盐酸库	
6	206	生产辅助设施(二)	
7	207	柴油发电机房	
8	208	柴油库	
9	209	污水调节池	
10	210	水源井井室	
11	211	水冶厂值班室	
12	212	汽车衡	

图例

符号	名称
N	新建建构筑物
	地下水池
	铺砌场地
	原有道路
	围墙及大门
	新建道路
	绿化
	抽、注液钻孔

附注:

1、本图采用2000国家大地坐标系，中央子午线123°,1985国家高程基准，等高距1米。
2、图中所注尺寸均以米计，坡度均以百分计。

A	
版次	升版原因

职务	署名	签名及日期
总工程师		
项目负责人	周更强	4.15
审定	吴冬	吴冬 4.15
专业负责人	于坤	于坤 4.15
审核	张春茂	4.15
校核	汪嘉吾	汪嘉吾 4.15
设计	于坤	于坤 4.15
制图	于坤	

CNNC 中核第四研究设计工程有限公司
工程设计资质证书（甲级）：A113001385
工程设计资质证书（乙级）：A213001382
工程咨询单位甲级资信证书：甲032024011445
工程咨询单位乙级资信证书：乙032024010305
城乡规划编制资质证书：冀自资规乙字22130032

中核通辽铀业有限责任公司
海力锦铀矿床地浸采铀工程

子项名称		案卷号		图号	
		874-00-8		4	
图名	水冶厂总平面布置图1	专业	总图运输	比例	
		设计阶段		项目申请报告	
		设计年份		2025年	