

密 级	——
版 次	A
本册编号	

中核内蒙古矿业有限公司
内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀
二期（芒来矿段）工程
环境影响报告书

中核内蒙古矿业有限公司
二〇二三年三月



中核内蒙古矿业有限公司
内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀
二期（芒来矿段）工程
环境影响报告书

中核内蒙古矿业有限公司



中核内蒙古矿业有限公司
内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀
二期（芒来矿段）工程
环境影响报告书

中核内蒙古矿业有限公司

法人代表：阳奕汉

通讯地址：内蒙古自治区呼和浩特市西蒙奈伦广场7号楼A座

邮政编码：010000



编制单位和编制人员情况表

项目编号	auc5al		
建设项目名称	中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期(芒来矿段)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)	中核内蒙古矿业有限公司		
统一社会信用代码	91150100075581380W		
法定代表人(签章)	阳奕汉		
主要负责人(签字)	阳奕汉		
直接负责的主管人员(签字)	赵海军		
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
曹风波	11351343510130222	BH018161	曹风波
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
尹冉	第5、8章	BH059857	尹冉
陈帅瑶	第4、6、12章	BH018169	陈帅瑶
曹风波	第1、13、14章	BH018161	曹风波
葛佳亮	第2、3、7、9、10、11、12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，是无可替代的国家战略资源，天然铀的储备和生产是我国国防安全与发展核电的基本保障。因此，天然铀的持续稳定生产既是国防建设的需要，也是我国能源结构调整的需要。

“十三五”期间，中核集团提出了实施铀矿大基地战略，形成了以北方砂岩铀矿大基地为主体、南方硬岩铀矿为补充的产能布局结构，考虑到部分在役矿山资源枯竭加剧或即将进入减产期等生产现状，天然铀产能与核工业规划目标存在一定缺口。

中核内蒙古矿业有限公司（以下简称“中核内蒙古矿业”）成立于 2013 年 8 月，总部位于呼和浩特市赛罕区，是中国核工业集团有限公司所属的全资子公司，主要承担着内蒙古中西部铀资源开发任务。目前，中核内蒙古矿业在锡林郭勒盟设有苏尼特左旗分公司，负责巴彦乌拉铀矿床地浸采铀工程建设和运行。2017 年至今，苏尼特左旗分公司通过在巴彦乌拉铀矿床进行的多年原地浸出采铀的工业生产实践，逐步形成并完善了巴彦乌拉铀矿床的地浸采铀硫酸浸出工艺体系，为芒来矿段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。

本项目为中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）工程，通过在芒来矿段建设原地浸出采铀所需的生产及其配套设施，形成 XXXt/a 的天然铀生产能力，从而填补国内铀矿需求和现有产能之间的缺口，为我国国防和核电发展提供保障。

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，中核内蒙古矿业委托中核第四研究设计工程有限公司承担本项目的环评工作。接受委托后，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，于 2023 年 3 月完成了报告书的编制工作，现提交生态环境部审查。

本报告书环境监测工作由核工业东北分析测试中心负责，中核内蒙古矿业有限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

1 概述	1
1.1 项目基本情况.....	1
1.2 主要建设内容及规划.....	1
1.3 编制依据.....	2
1.4 评价范围.....	4
1.5 评价因子.....	8
1.6 评价控制指标.....	9
1.7 主要环境保护目标.....	12
1.8 本项目与巴彦乌拉原地浸出采铀工程的关系.....	12
2 评价区域环境概况	14
2.1 地理位置.....	14
2.2 地形地貌.....	14
2.3 地质.....	16
2.4 水文.....	21
2.5 气候与气象.....	25
2.6 土地和水体利用.....	27
2.7 生态和资源开发利用.....	28
2.8 产业政策与“三线一单”符合性.....	29
2.9 社会环境.....	34
3 工程分析	39
3.1 工程概况.....	39
3.2 项目地质资源及开采规划.....	40
3.3 项目主要建设内容.....	41
3.4 总平面布置.....	43
3.5 工艺流程.....	45
3.6 主要技术方案.....	54

3.7 主要设施	58
3.8 生产辅助设施	58
3.9 公用工程	60
3.10 主要原辅材料来源、消耗	62
3.11 运行期污染物产生及处理	63
3.12 废物最小化	72
4 环境质量状况	74
4.1 本底数据	74
4.2 监测目的	74
4.3 监测方案	74
4.4 调查结果与分析	81
5 施工期环境影响	91
5.1 环境影响因素	91
5.2 环境影响分析	92
6 辐射环境影响预测与评价	101
6.1 排放源项	101
6.2 环境影响途径	101
6.3 辐射评价基本参数设置	101
6.4 估算结果与分析	102
6.5 公众辐射环境影响评价	105
7 地下水环境影响评价	107
7.1 井场地下水环境影响评价	107
7.2 蒸发池地下水环境影响分析	117
8 运行期非放射性环境影响分析	119
8.1 大气环境影响分析	119
8.2 水环境影响分析	120

8.3 固体废物环境影响分析.....	120
8.4 声环境影响分析.....	121
9 事故环境影响分析.....	123
9.1 事故的环境影响.....	123
9.2 环境风险评价.....	129
10 环境保护措施及其可行性论证.....	134
10.1 施工期环境保护措施及其可行性论证.....	134
10.2 运行期环境保护措施及其可行性论证.....	137
11 环境影响经济损益分析.....	149
11.1 环境影响经济损益分析.....	149
11.2 环境保护投资分析.....	150
12 环境管理及监测计划.....	152
12.1 环境管理.....	152
12.2 监测计划.....	154
12.3 采样及测量方法.....	156
12.4 监测机构及设备配置.....	158
12.5 监测质量保证.....	158
12.6 环境保护“三同时”验收一览表.....	160
13 退役治理与长期监护.....	162
13.1 退役治理.....	162
13.2 长期监护.....	170
14 结论与建议.....	172
14.1 结论.....	172
14.2 建议.....	178

附件：

附件 1：环评委托书；

附件 2：《关于“中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）工程”建设范围是否占用生态保护红线的复函》，苏尼特左旗自然资源局，2023 年 3 月 20 日；

附件 3：《内蒙古自治区生态环境厅关于巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）工程环境影响评价执行标准的复函》，内蒙古自治区生态环境厅，2023 年 3 月 30 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：首采区井场总平面布置图；

附图 4：水冶厂总平面布置图；

附图 5：倒班宿舍区总平面布置图。

1 概述

1.1 项目基本情况

1) 项目名称：中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）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：中核内蒙古矿业有限公司。

4) 生产规模：本项目共布置 65 个分采区，设置钻孔 4548 个。其中，抽出井 1938 个，注入井 2400 个，监测井 145 个；首采区布置 12 个采区，设置钻孔 917 个，其中抽出井 410 个，注入井 480 个，监测井 25 个。井场年浸出液抽出量为 1720.43 万 m³/a，年产“111”铀金属量为 XXt/a。

5) 服务年限：15a，其中建设期 3a，达产期 1 年，正常生产期 9a，减产期 2a。

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：内蒙古自治区锡林郭勒盟苏尼特左旗赛罕高毕苏木境内。

8) 项目投资：本项目建设投资 49997.37 万元，其中环保投资 3005.80 万元，环保投资占建设投资的 6.01%。

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四部分组成，即井场、水冶厂、倒班宿舍区和厂外工程。具体如下：

1) 井场：包括井场钻孔（含生产井和监测井）、集配液设施、井场集控室、硫酸库和综合管网等，全部新建。

2) 水冶厂：包括吸附淋洗厂房（含空压机房）、萃取沉淀厂房、分析测试中心、化工原料库（含试剂配制）、产品库、固体废物库、生产资料库、机修间、消防泵房、供水设施间、污水处理设施、辅助设施（工程车库、供

热站、配电室等）、淋浴室及洗衣房、柴油发电机房（含柴油库）、35kV 变电站、称量站、蒸发池、水冶厂值班室和水源井等，全部新建。

3) 倒班宿舍区：包括职工宿舍、综合设施（含办公、食堂等）、辅助设施（含配电室、供热站等）、车库、消防设施、污水处理设施、值班室和水源井等，全部新建。

4) 厂外工程：包括厂外道路、供电线路和通信线路等。

1.2.2 总体规划

按照设计规模，本项目水冶厂、倒班宿舍区、厂外工程均为一次性建设；另外，根据矿体的赋存情况以及项目设计规模，井场划分为首采区和备采区分批建设，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) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003 年 10 月 1 日；
- 3) 《中华人民共和国环境影响评价法》2018 年 12 月 29 日；
- 4) 《中华人民共和国草原法》2021 年 4 月 29 日；
- 5) 《建设项目环境保护管理条例》2017 年 10 月 1 日；
- 6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》2021 年 1 月 1 日；
- 7) 《环境影响评价公众参与办法》2019 年 1 月 1 日；
- 8) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》（国家发改委会令 49 号），2021 年 12 月 30 日；
- 9) 《内蒙古自治区“十四五”生态环境保护规划》2021 年 9 月；
- 10) 《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）；
- 11) 《锡林郭勒盟“十四五”生态环境保护规划》2021 年 11 月；

- 12) 《锡林郭勒盟生态环境准入清单》2021年10月；
- 13) 《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）；
- 14) 《锡林郭勒盟行政公署关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（锡署发〔2021〕117号）；
- 15) 《国家危险废物名录（2021年版）》2021年1月1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) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
- 8) 《环境影响评价技术导则 铀矿冶》（HJ 1015.1-2019）；
- 9) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 10) 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB 23727-2020）；
- 11) 《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB 23726-2009）；
- 12) 《核工业铀矿冶工程设计规范》（GB 50521-2009）；
- 13) 《地浸采铀环境保护技术规定》（EJ/T 1007-2018）；
- 14) 《铀、钍矿冶放射性废物安全管理技术规定》（GB 14585-1993）；
- 15) 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）；
- 16) 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- 17) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；
- 18) 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- 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) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- 22) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）；
- 23) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- 24) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- 25) 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）。

1.3.2 相关文件

- 1) 国防科工局《关于中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）工程的批复》，科工计（XXX）XXX号；
- 2) 《中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）工程项目申请报告》，中核第四研究设计工程有限公司，2023年3月；
- 3) 《内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉铀矿床芒来地段勘探地质报告》，核工业二〇八大队，2022年8月；
- 4) 《中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）工程环境质量现状监测报告》，核工业东北分析测试中心，2023年3月；
- 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气载流出物集液罐为中心，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) 非放射性大气环境影响评价等级与评价范围

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）规定，评价等级由项目中主要污染物的最大占标率 P_i ，即第*i*个污染物的地面浓度达标准限

值 10% 时所对应的最远距离 $D_{10\%}$ 进行等级划分。其中， P_i 定义为：

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

式中：

P_i —第 i 个污染物的最大地面浓度占标率，%；

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

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

本项目产生的非放射性污染物主要为硫酸库无组织排放产生的硫酸雾，执行《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附表 D.1 中其他污染物空气质量参考限值，即硫酸雾环境空气质量标准为 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

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	$P_{\max} \geq 10\%$
二级	$1\% \leq P_{\max} < 10\%$
三级	$P_{\max} < 1\%$

采用导则推荐的 AERSCREEN 估算模式，估算硫酸雾的下风向轴线浓度，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 ($^{\circ}\text{C}$)
硫酸库硫酸储罐	硫酸雾	0.028	60	6	0.1	2.8

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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C_{0i} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P_i (%)	距离 (m)
硫酸库硫酸储罐	硫酸雾	12.03	300	4.01	44

由上表可以看出，下风向硫酸雾最大占标率 P_{\max} 为 4.01%，在 1%~10% 之间。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。本次非放射性大气环境影响评价范围确定为：以硫酸储罐为中心，边长 5km 的评价范围。

2) 地表水环境影响评价等级与评价范围

本项目生产过程中产生的废水主要包括工艺废水、洗井废水和生活污水。

其中，工艺废水不外排，全部排入蒸发池；洗井废水采用移动式环保洗孔工作站处理后回收至集液罐；生活污水经处理后回用于厂区绿化、抑尘。因此，本项目废水不外排，不会对项目周边地表水产生不良影响。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

《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，且项目周边无分散式地下水水源地，故本项目属不敏感区域。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。

根据项目所在区域的水文地质条件划定评价范围：①潜水含水层地下水评价范围以蒸发池为中心，在垂直地下水流向的上游及下游分别延伸 0.5km 和 1km，平行于地下水流向的两侧方向各延伸 0.5km，总面积为 2.76km²；②含矿含水层地下水评价范围为以井场为中心，在垂直地下水流向的上游方向（东北侧）延伸 1.5km、下游方向（西南侧）延伸 3km，平行地下水流向方向各延伸 1.5km，总面积 20.28km²。

4) 声环境影响评价等级与范围

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

5) 环境风险评价等级与范围

本项目涉及的主要危险物质为工业硫酸、柴油等，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）附录 B、C、D，本项目所涉及的危险物质的临界量、危险物质及工艺系统危险性分级见表 1.4-4，行业及生产工艺、危险物质及工艺系统危险性分级见表 1.4-5；各环境要素的环境敏感程度（E）分级见表 1.4-6，各环境要素的环境风险潜势划分及评价工作等级的确定见表 1.4-7。

表 1.4-4 危险物质的临界量、危险物质及工艺系统危险性分级相关参数

项目	临界量 (t)	最大存量 (t)	物质总量与临界量比值 Q	Q 划分
硫酸	10	4500	450.008	Q \geq 100
柴油	2500	20		

表 1.4-5 危险物质的临界量、危险物质及工艺系统危险性等级判断

行业	评估依据	M 分值	M 划分	P 划分
有色冶炼	危险物质贮存罐区（硫酸储罐）	5/套（罐区）	M3	P2
有色冶炼	危险物质贮存罐区（柴油库）	5/套（罐区）		

表 1.4-6 各环境要素环境敏感程度分级

要素	环境敏感性	分级
大气	周边 5km 范围内居住区、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公等机构人口总数小于 1 万人；且周边 500m 范围内人口总数小于 500 人。	E3
地表水	该项目废水大部分循环利用，剩余部分排入蒸发池，不在周围地表水环境设排污口；项目周围 10km 范围内无地表水体，事故情况下废水不会进入地表水体。	/
地下水	该地不在集中式饮用水水源地准保护区及补给径流区，分散式饮用水水源地或特殊地下水资源保护区及以外的分布区等敏感区范围内，地下水功能按照不敏感 G3 考虑；根据该地地勘资料，该地包气带厚度大于 1m， $1.0\times 10^{-6}\text{cm/s}\leq K\leq 1.0\times 10^{-4}\text{cm/s}$ ，且分布连续、稳定，包气带防污性能属于 D2 级，地下水环境敏感程度为 E3。	E3

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

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

综上所述，本项目大气风险评价等级为二级，评价范围为建设项目边界外 5km 范围；地下水风险评价等级为二级，根据本项目区域水文地质条件，评价范围为 2.76km²。

6) 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），本项目不涉及国家公园、自然保护区、自然公园、生态保护红线等生态敏感区，总占地面积 0.25km²<20km²，且不属于其 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

影 响 阶 段		自 然 环 境					社 会 环 境						
		大气环境	地表水环境	地下水环境	声环境	辐射环境	生态环境	农业发展	工业发展	交通	就业	公众健康	社会经济
施 工 期	场地清理	-1			-1		-1				+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 营 期	废气排放	-1				-1						-1	
	固体废物处置			-1		-1							
	设备噪声				-1								
	井场生产			-2		-1					+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。

从上表可以看出，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；运营期主要是生产过程中的废气、固废、噪声和生产对辐射、大气、地下水环境及声环境的影响；而项目的建设及投产，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

时期	评价内容	评价因子
施工期	大气污染源	扬尘：TSP；机械废气：TSP、SO ₂ 、NO _x
	废水污染源	施工废水：SS；生活污水：氨氮、BOD ₅ 等

时期	评价内容		评价因子
	固废污染源		钻井泥浆、废机油、建筑垃圾和生活垃圾
	噪声污染源		Leq (A)
	生态评价		生态完整性、水土流失
运行期	大气污染源	放射性污染物	^{222}Rn 及其子体
		非放射性污染物	硫酸雾
	废水污染源	放射性污染物	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra
		非放射性污染物	浸出液： SO_4^{2-} 、Mn；生活污水：氨氮、 BOD_5 等
	固废污染源	放射性污染物	钻井泥浆、浸出液处理残渣、洗井废渣、蒸发池残渣、废旧设备及零配件
		非放射性污染物	实验室废物、生活垃圾
	噪声污染源		Leq (A)
	风险源		硫酸库、柴油库

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

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 0.1mSv/a。

2) 事故工况下公众剂量控制值

根据原地浸出采铀工程特点，事故工况主要为蒸发池泄漏事故，根据事故工况下地下水环境影响预测结果，在其地下水影响范围内潜水层无使用途径，也没有地下水出露点，因此不会直接对公众产生辐射剂量。因此，本项目不再确定事故工况下的公众剂量控制值。

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 $7 \times 10^{12} \text{Bq}/100\text{t}(\text{U})$ 。

1.6.3 非放射性环境质量和排放标准

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 3095-2012）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) 施工期场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）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》（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 300 μ /m ³	《环境空气质量标准》 （GB 3095-2012）中二级标准
		SO ₂	1h 平均浓度 0.50mg/m ³	
		NO _x	1h 平均浓度 0.25mg/m ³	
		硫酸	1h 平均浓度 0.3mg/m ³	《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/T 14848-2017）III 类标准。
		Na ⁺	200mg/L	
		Cl ⁻	250mg/L	
		SO ₄ ²⁻	250mg/L	
		F ⁻	1mg/L	
		As	0.01mg/L	
Hg		0.001mg/L		
Cr ⁶⁺		0.05mg/L		
Zn	1.0mg/L			

类别	污染物名称	标准值	标准来源	
	Cu	1.0mg/L		
	Pb	0.01mg/L		
	Cd	0.005mg/L		
	Mn	0.1mg/L		
	Mo	0.07mg/L		
	Fe	0.3mg/L		
	硝酸盐	20mg/L		
	亚硝酸盐	1mg/L		
	氨氮	0.5mg/L		
	总硬度	450 mg/L		
	TDS	1000mg/L		
	COD _{Mn}	3mg/L		
	总 α	0.5Bq/L		
	总 β	1.0Bq/L		
	土壤	As		60mg/kg
Cd		65mg/kg		
Hg		38mg/kg		
Pb		800mg/kg		
Ni		900mg/kg		
Cu		18000mg/kg		
Cr ⁶⁺		5.7 mg/kg		
pH		6.5~7.5	>7.5	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)》(GB 15618-2018)中的土壤污染风险筛选值的标准要求。
As		30mg/kg	25mg/kg	
Cd		0.3mg/kg	0.6mg/kg	
Hg	2.4mg/kg	3.4mg/kg		
Pb	120mg/kg	170mg/kg		
Cr	200mg/kg	250mg/kg		
Zn	250mg/kg	300mg/kg		
Ni	100mg/kg	190mg/kg		
Cu	100mg/kg	100mg/kg		
噪声	昼间	60dB (A)	《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 2类	
	夜间	50dB (A)		
排放标准	废气	颗粒物	1.0mg/m ³	《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
		二氧化硫	0.40mg/m ³	
		氮氧化物	0.12mg/m ³	
		硫酸雾	1.2mg/m ³	
	生活污水	NH ₃ -N	8mg/L	《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020) 绿化、道路清扫等用水标准限值
		BOD ₅	10mg/L	

类别	污染物名称		标准值	标准来源	
	水				
	噪声	施工期	昼间	70dB (A)	《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB 12523-2011)
			夜间	55dB (A)	
		运行期	昼间	60dB (A)	《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB12348-2008) 中 2 类
夜间			50dB (A)		

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项目周围 5km 范围内居住区的大气环境；水环境保护目标为项目区域及周围潜水层地下水、含矿含水层及其上下含水层地下水；生态环境保护目标为项目建设占地区域；辐射环境保护目标为项目周围 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	牧民 1	NNE	4.2	居住区	3	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级。
	牧民 2	E	3.7		3	
	牧民 3	ESE	3.9		3	
	牧民 4	SSE	3.9		4	
	牧民 5	SSW	2.5		3	
	巴彦图古日格嘎查	NNW	3.9		5	
水环境	矿区周围潜水层地下水、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。
声环境	/					《声环境质量标准》 (GB3096-2008) 2 类
生态环境	建设项目占地区域					防止生态环境破坏、水土流失等。
辐射环境	20km 评价范围					本项目确定的公众剂量约束值。

1.8 本项目与巴彦乌拉原地浸出采铀工程的关系

巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀工程（以下简称“巴彦乌拉地浸工程”）隶属于中核内蒙古矿业有限公司，位于内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗巴彦乌

拉苏木境内，与本项目相距 35km，具体位置图见图 1.8-1。

巴彦乌拉地浸工程于 2014 年 12 月取得国防科工局立项批复（科工计〔2014〕1625 号），2015 年 2 月取得原环境保护部环评批复（环审〔2015〕33 号），2017 年 8 月 21 日取得了原环境保护部环境保护竣工验收批复（环验〔2017〕35 号），至今一直处于运行状态，生产状况良好，环保设施运行正常。巴彦乌拉地浸工程现有设备设施和建（构）筑物包含井场（生产井、监测井、井场综合管线、集控室、集液罐及泵房、配液池及泵房、硫酸供应站等）、水冶厂（浸出液处理综合厂房、蒸发池）、辅助生产及仓储设施（化工原料库、产品库、固体废物库、机修车间、中心化验室、备品备件库等）和生活区等。

本项目为内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）工程，在巴彦乌拉铀矿床（芒来矿段）新建井场、水冶厂、倒班宿舍区和厂外工程，不依托巴彦乌拉地浸工程的设施。本项目与巴彦乌拉地浸工程由中核内蒙古矿业有限公司苏尼特左旗分公司统一管理运行。

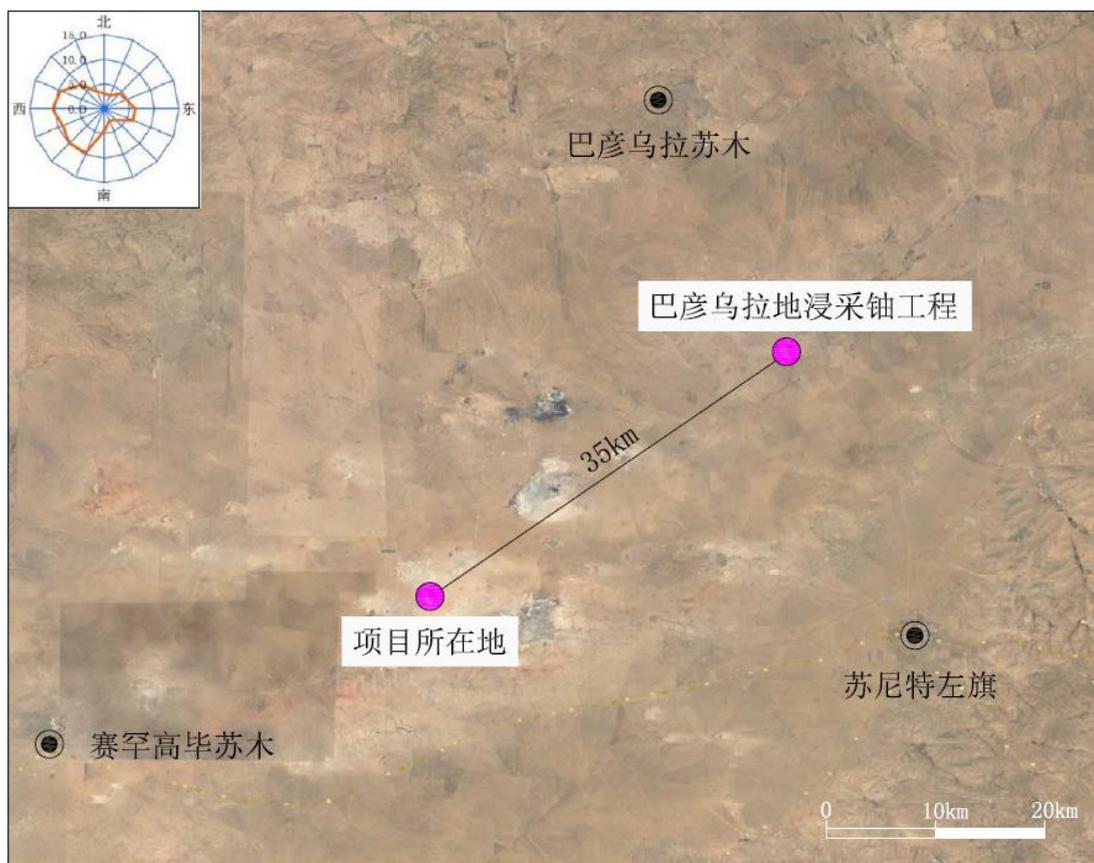


图 1.8-1 本项目与巴彦乌拉地浸工程的位置示意图

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锡林郭勒盟苏尼特左旗赛罕高毕苏木境内，距离苏尼特左旗约 70km，距离二连浩特市约 210km。本项目所在地北部有京兰铁路、110 国道，东部有包神铁路、210 国道，109 国道横贯东西，各旗县和乡镇之间均有二、三级公路和简易公路相通，村与村之间有便道相连，交通十分便利。项目地理位置及交通情况见图 2.1-1。



图 2.1-1 地理位置图

2.2 地形地貌

苏尼特左旗境内地貌 90%以上为草原，其余为丘陵、沙地和湖盆低地。矿区内地势较高，海拔 1040~1255m 之间，构成北东向的梯形洼地。

本项目地处蒙古高原中北部，位于二连盆地马尼特坳陷西部的塔北次级凹陷西缘，海拔标高 1000m 上下。区内地势比较平坦，起伏不大，局部分布有碟状和带状洼地，总体具有南北高中间低，北高南低的特征。由于近年来本区干旱少雨，原有草原已大面积沙漠化，在地表不同程度地覆盖厚度不大

的风积砂。评价区地形地貌见图 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 矿区典型地形地貌

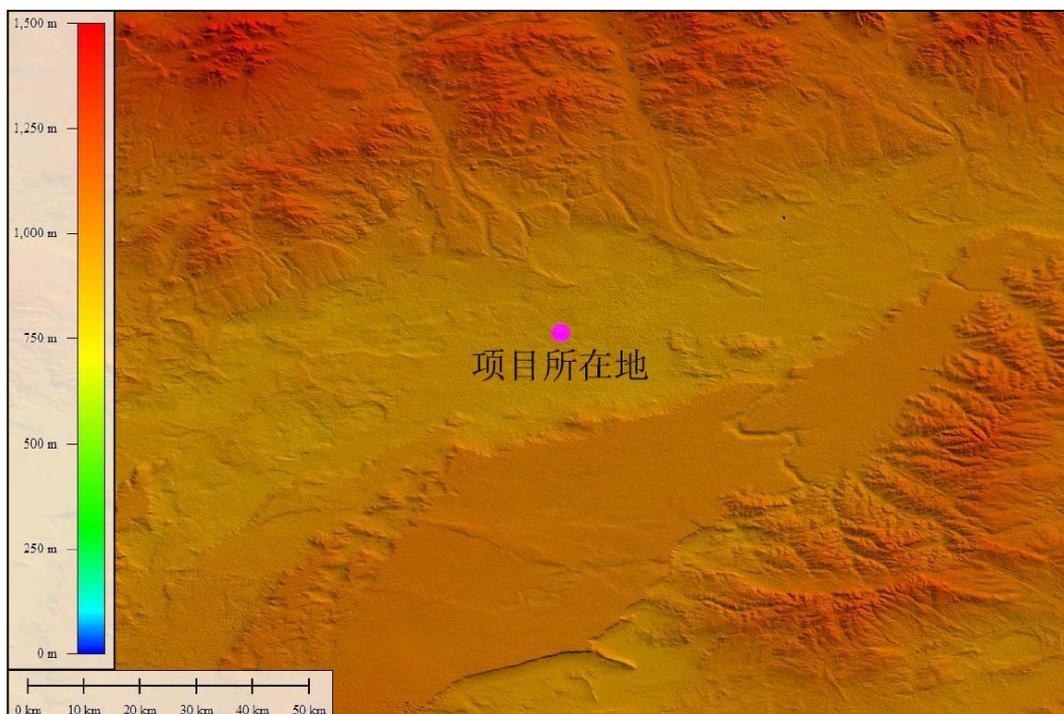


图 2.2-2 本项目所在地地形图

2.3 地质

2.3.1 区域地质

2.3.1.1 地质构造

本项目位于二连盆地马尼特拗陷西部的塔北次级凹陷西缘。马尼特拗陷基底主要由古元古界和古生界地层组成，其中古元古界岩性为石英岩、板岩、大理岩等；早古生界主要为一套受到中等—浅变质作用的海相碎屑岩、碳酸盐岩夹中基性火山岩建造，晚古生界由一套受到浅变质作用浅海相、海陆交互碎屑岩、碳酸盐岩及海相火山岩、局部为陆相火山岩组成。

根据地表及剖面特征显示，本项目铀矿床具有河谷型底板“两侧高中间低”的特征。矿床地层分布稳定，地质构造稳定性好，断裂构造不发育，无岩浆岩侵入，无切穿含矿含水层隔水顶、底板的断裂及地裂缝等不良环境地质现象。

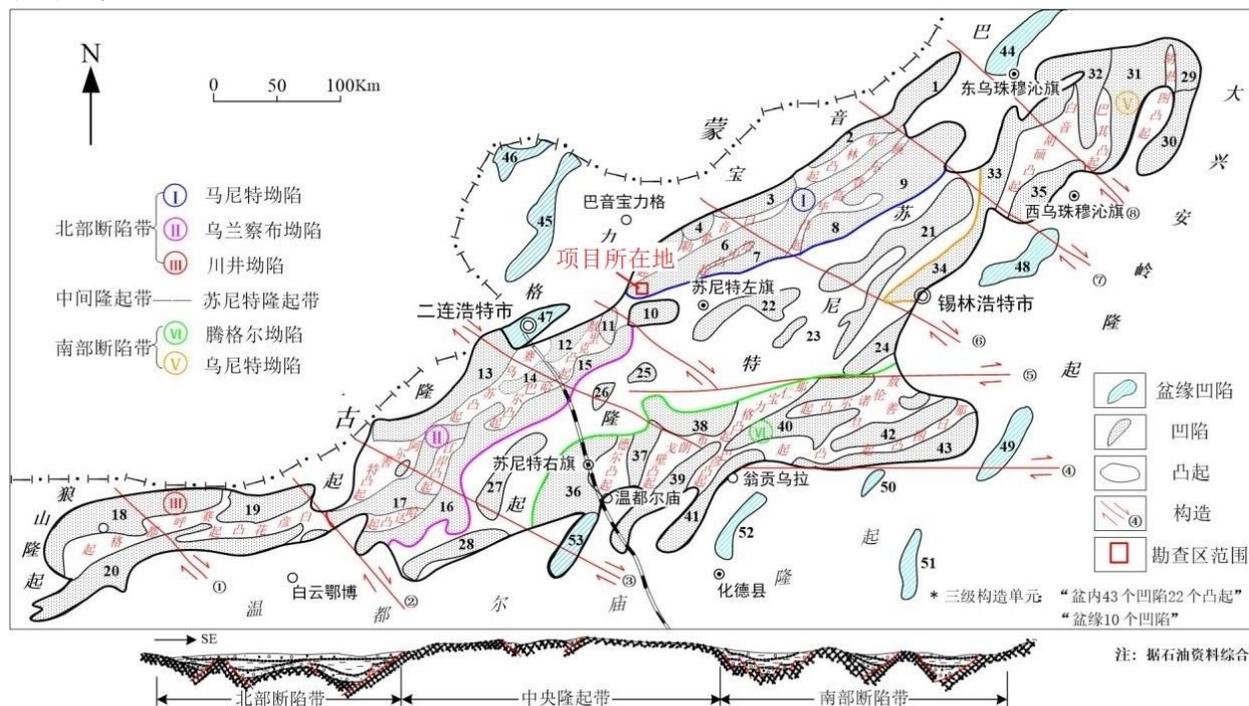


图 2.3-1 二连盆地构造分区略图

2.3.1.2 地层划分

根据钻探揭露，本项目铀矿床地层划分自上而下为第四系（Q）、古近系伊尔丁曼哈组（E_{2y}）、下白垩统赛汉组上段（K_{1s}²）、下白垩统赛汉组下段（K_{1s}¹），地层柱状图见图 2.3-2，具体地层划分如下所示：

1) 第四系 (Q)

第四系以冲积、风积砂土为主，覆盖较薄，为松散堆积层。

2) 古近系伊尔丁曼哈组 (E_{2y})

古近系伊尔丁曼哈组由土黄色、褐红色、浅灰绿色、浅灰色泥岩、含砂泥岩与浅黄色、灰白色砂岩组成，常见钙质结核、铁锰质斑点。

3) 下白垩统赛汉组上段 (K_{1s}²)

下白垩统赛汉组上段由一套半干旱—半湿润环境下沉积的以砂岩为主的粗碎屑岩建造，为芒来矿段的主要含矿层。赛汉组上段主要由长石砂岩、岩屑长石砂岩，少量长石岩屑砂岩组成，从下往上划分三个小层序，分别为 Ps1、Ps2、Ps3，其中 Ps1 和 Ps2 是铀矿化的主要赋矿层位。具体特征如下：

Ps1: 位于赛汉组上段底部，与下部隐伏隆起、赛汉组下段呈突变接触。河道砂体粒度下粗上细，岩性主要以灰色、深灰色、绿灰色、黄色含砾粗砂岩、中砂岩、砂/泥质砾岩为主，砂体发育稳定且连续。

Ps2: 位于赛汉组上段中部，为砂体最为发育层序。岩性主要以黄色、浅黄色、浅灰色、灰白色砂质砾岩、含砾粗砂岩、中砂岩、细砂岩为主，砂体连续、稳定，规模大，固结程度低，疏松。顶部为浅灰色粉砂岩、泥岩。

Ps3: 赛汉组上段上部，岩性主要以褐红色、浅褐色、浅灰色、土黄色泥岩、含砂砾泥岩、粉砂岩和含砾细砂岩为主，泥岩多具塑性和粘性。厚度较厚，粒度偏细，分布稳定连续，构成含矿含水层的稳定隔水顶板。

4) 下白垩统赛汉组下段 (K_{1s}¹)

勘查阶段钻孔只揭露到顶部的灰色、灰绿色、深灰色泥岩、含砂泥岩，泥岩层分布广泛且稳定，构成含矿含水层隔水底板。

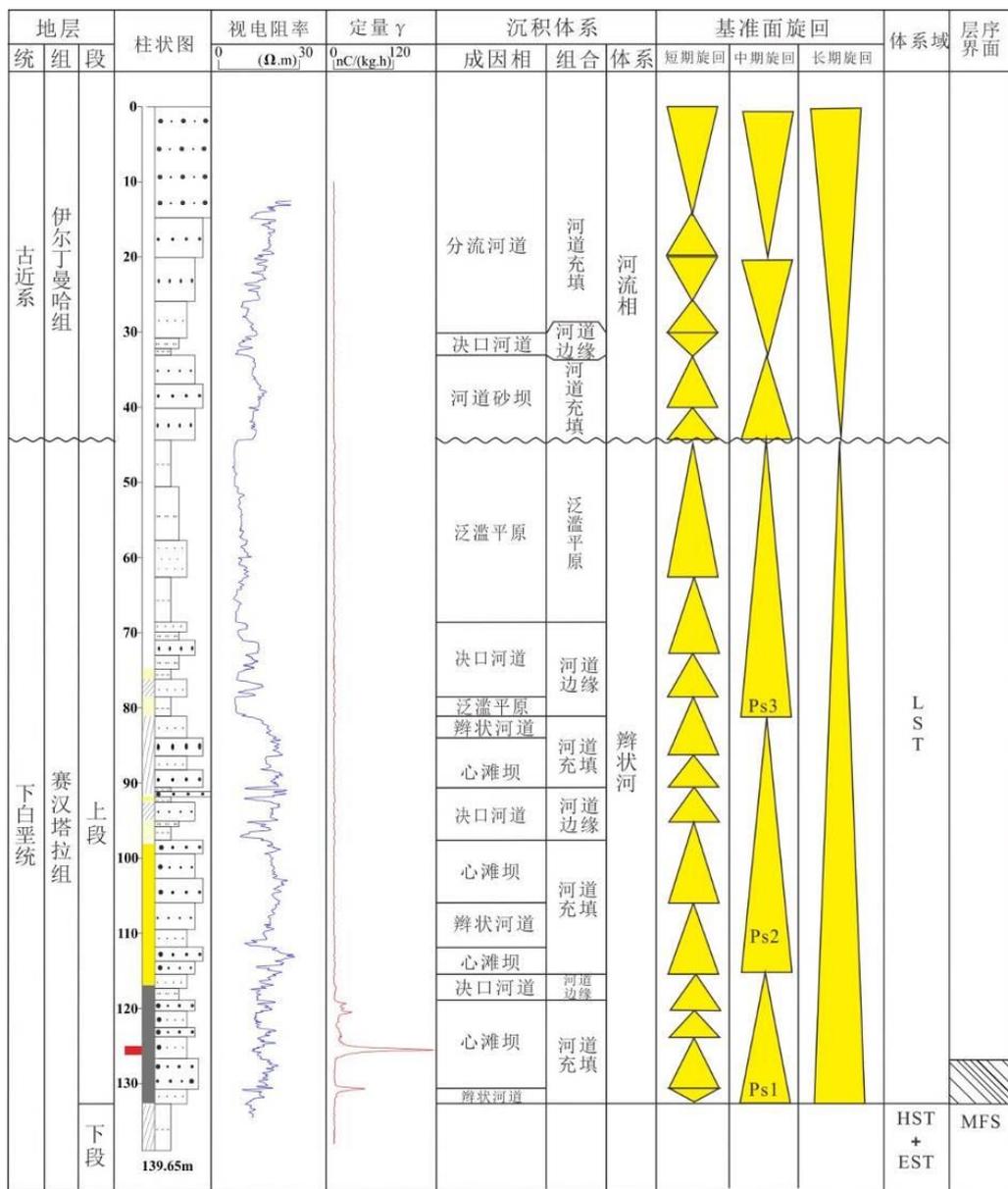


图 2.3-2 区域地层柱状图

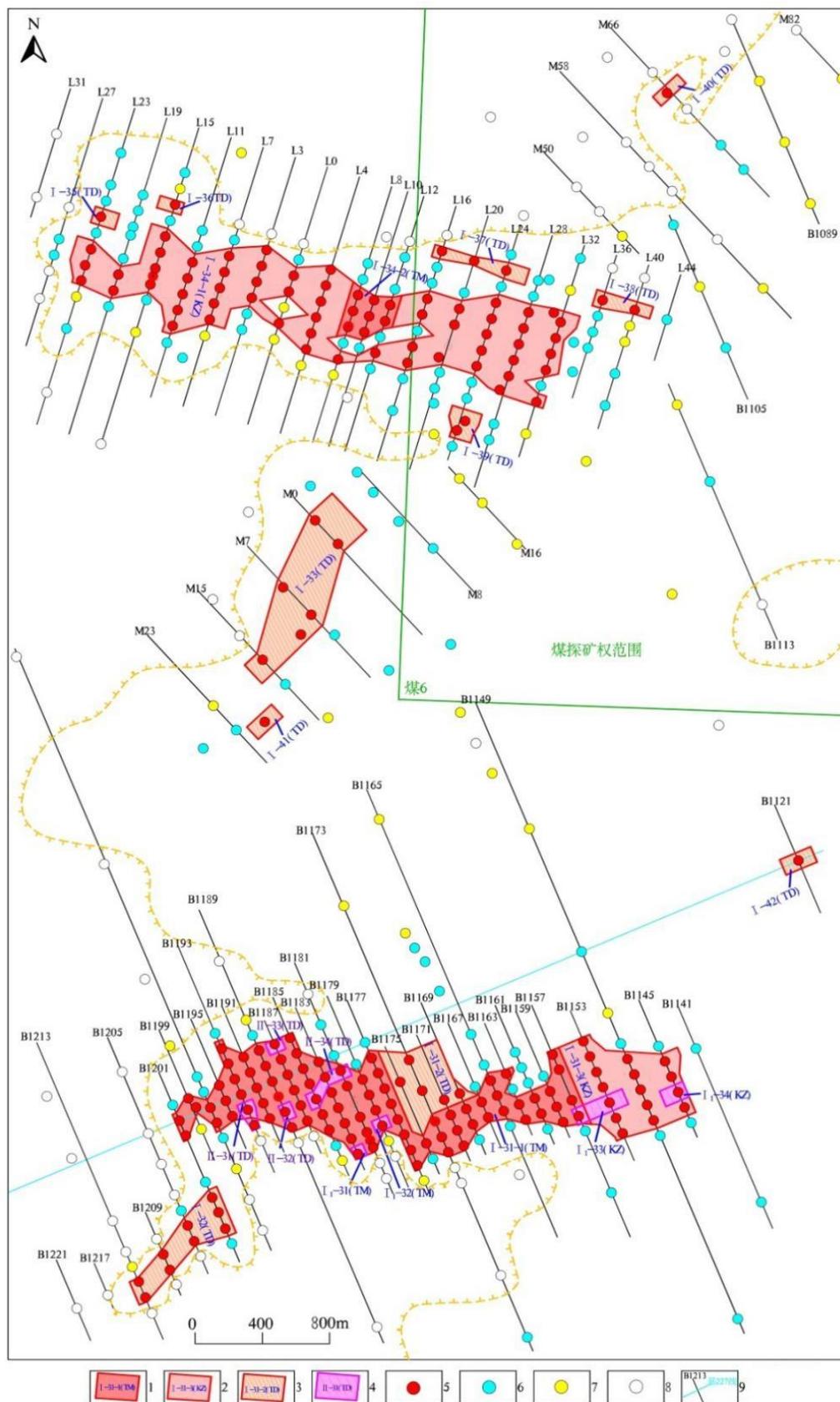
2.3.2 矿床地质

1) 矿体分布特征

本项目铀矿体产于下白垩统赛汉组上段 (K_1s^2) 古河谷砂体中, 受层间氧化带界面和赛汉组上段底板形态控制, 于含水层中氧化界面下部近底板的还原性砂体中产出, 发育两个工业矿层, 分别为I、II号矿层。

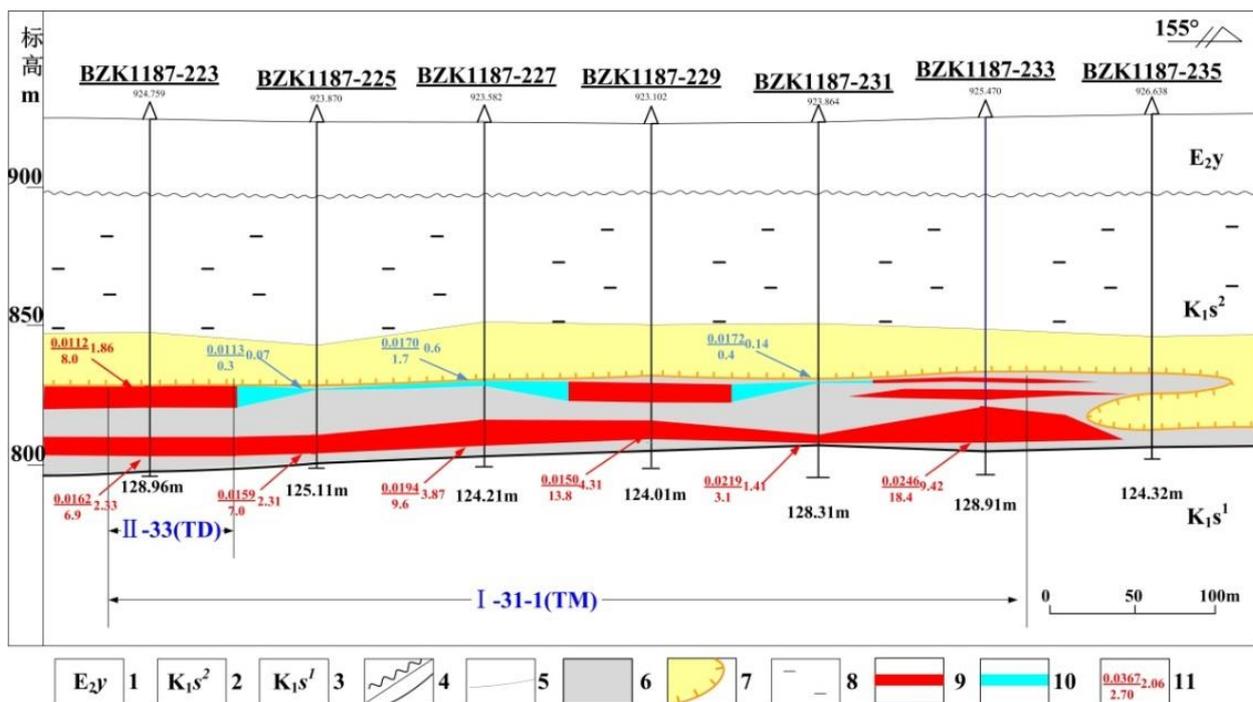
I号矿层为矿床主要含矿层, 其产于赛汉组上段辫状河河道砂体的底部, 呈板状, 矿体连续好。总体呈东西向展布, 分为南部、中部和北部矿体; II号矿层产于赛汉组上段辫状河河道砂体的下部, 矿层呈板状, 连续性较好。

矿床平面投影示意图见图 2.3-3, 地质剖面图见图 2.3-4。



1-工业矿孔；2-矿化孔；3-异常孔；4-无矿孔；5-控制的工业矿体（I号矿层）；6-推断的工业矿体（I号矿层）；7-控制的工业矿体（II号矿层）；8-块段编号；9-勘探线及编号

图 2.3-3 芒来矿段I、II号矿层（体）平面投影示意图



1-伊尔丁曼哈组；2-赛汉组上段；3-赛汉组下段；4-地层角度不整合/整合接触界线；5-岩性界线；6-灰色砂体；7-氧化砂体及氧化带前锋线；8-泥岩层；9-铀矿体；10-矿化体；11-矿体品位/厚度/平米铀量

图 2.3-4 芒来矿段 B1193 线地质剖面图

2) 主要矿体特征

本项目主矿层为I号矿层，矿体规模较大。其中南部I-31、北部I-34 及中部I-33 矿体为主要矿体，矿体规模大，连续性好。特征描述如下：

(1) 南部I-31 矿体

矿体整体呈近东西向展布，矿化连续性好，由北西向南东缓倾斜。矿体长约 3030m，宽约 130m~750m，平均厚度 8.28m。矿体顶面平均埋深 101.73m，底面平均埋深 112.66m，顶面标高平均 821.76m，底面标高平均 810.83m，埋深较浅。

(2) 北部I-34 矿体

矿体整体呈近东西向展布，矿化规模大且连续性好，由北西向南东缓倾斜。矿体长约 3000m，宽约 200m~570m，平均厚度 4.96m。矿体顶面埋深平均 120.78m，底面埋深平均 127.40m，顶面标高平均 807.89m，底面标高平均 801.26m，埋深较浅。

3) 中部I-33 矿体

矿体整体呈近南北向展布，矿化较连续，由北东向南西缓倾斜。矿体长约 1100m，宽约 150m~380m，平均厚度 5.38m。矿体顶面埋深平均 140.91m，底面埋深平均 148.19m，顶面标高平均 779.37m，底面标高平均 772.10m，埋深较浅。

2.4 水文

2.4.1 地表水

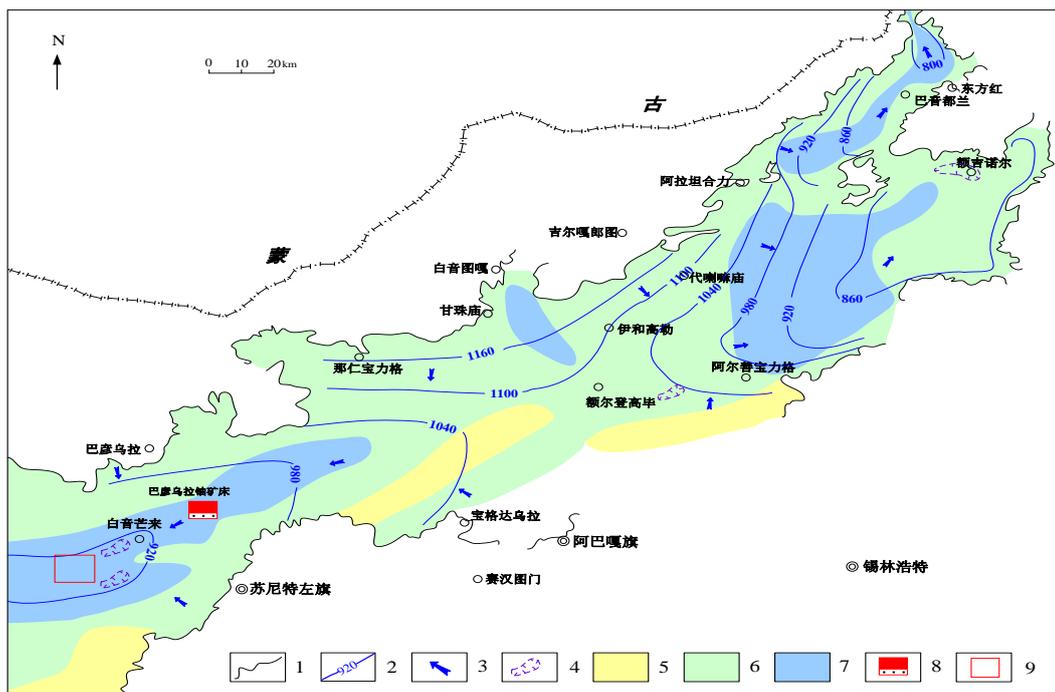
苏尼特左旗境内地表水系不发达，仅在南部有一条常年性河流-恩格尔河，距离本项目约125km。根据《苏尼特左旗志》，恩格尔河全旗境内径流长度 65km，径流量 $0.45\sim 0.55\text{m}^3/\text{s}$ ，流域面积 1239.46km^2 ，径流形成库尔查干淖尔，水域面积0.96万亩。此外，境内还零星分布着常年性有水的淖尔11个，湖泊面积 15.75km^2 ，总蓄水量可达 1450万m^3 。

本项目评价范围内无大规模长久性地表水体及地下水露头，仅有干谷和季节性沼泽洼地分布，洼地平时无水，仅在融雪及降雨季节有暂时积水，时间不长即自行干涸。

2.4.2 地下水

2.4.2.1 区域水文地质

二连盆地归属于二连自流水盆地一级水文地质单元。根据基底构造分区和现代地下水的补给、径流、排泄等特征，二连盆地可划分为五个次级水文地质单元，即川井自流水坳陷、乌兰察布自流水坳陷、马尼特自流水坳陷、乌尼特自流水坳陷和腾格尔自流水坳陷。每个自流水坳陷均具完整的补给、径流、排泄系统。其中马尼特坳陷大致以中部甘珠庙—阿巴旗一线为界划分为西部自流水区和东部自流水区。本项目位于马尼特坳陷自流水坳陷西部自流水区，水文地质分区图见图 2.4-1。



1-蚀源区边界；2-地下水等水位线及标高（m）；3-地下水流向；4-自流水区；5-涌水量 $<30\text{m}^3/\text{d}$ ；
6-涌水量 $30\text{-}100\text{m}^3/\text{d}$ ；7-涌水量 $>100\text{m}^3/\text{d}$ ；8-巴彦乌拉铀矿床；9-项目所在地

图 2.4-1 马尼特坳陷水文地质图

2.4.2.2 矿床水文地质

1) 矿区地下水类型

矿床范围内含水层较为单一，主要为碎屑岩类含水层，根据含水岩石的时代、埋藏条件、水力特征等不同自上而下可进一步划分出古近系始新统伊尔丁曼哈组碎屑岩含水层、下白垩统赛汉组碎屑岩含水层。

2) 含水层划分

(1) 伊尔丁曼哈组碎屑岩含水层 (E_{2y})

伊尔丁曼哈组碎屑岩含水层局部被第四系覆盖，南西部厚度相对较薄，为 $20\text{m}\sim 75\text{m}$ ，向北东方向逐渐增厚，为 $60\text{m}\sim 100\text{m}$ ，局部可达 170m 。该含水层主要为一套河流、洪泛沉积的砂岩、砂质砾岩、泥质砂砾岩、含砂砾泥岩、泥岩等，赋存孔隙潜水和承压水。在矿床范围内，含水层岩性由砂岩、砂质砾岩组成，一般有 $1\sim 3$ 层较为连续，单层厚度较薄，多小于 10m ，局部可达 20m ，水位埋深 $13\text{m}\sim 20\text{m}$ ，单孔涌水量一般小于 $100\text{m}^3/\text{d}$ 。

(2) 赛汉组碎屑岩含水层 (K_{1s})

赛汉组碎屑岩含水层埋藏于伊尔丁曼哈组之下，由赛汉组上段 (K_{1s}^2) 和

赛汉组下段（ K_1s^1 ）组成，总厚度一般 $>100m$ ，主要赋存孔隙承压水。

赛汉组上段总厚度一般 $30m\sim 200m$ ，主要由辫状河沉积的砂岩、砂质砾岩夹泥岩、粉砂质泥岩组成，总厚度 $20m\sim 160m$ ，分布稳定连续，构成含矿含水层（体），水位埋深 $3m\sim 70m$ ，承压水头 $2m\sim 93m$ ，富水性、渗透性好。

赛汉组上段顶部由洪泛沉积含砂砾泥岩、泥岩夹砂岩、砂质砾岩、泥质砂岩薄层或透镜体组成，总厚度一般 $10m\sim 60m$ ，分布稳定连续，构成含矿含水层的稳定隔水顶板；赛汉组下段为湖沼沉积的泥岩、粉砂质泥岩夹褐煤，分布稳定，构成含矿含水层的稳定隔水底板。

3) 地下水补给、迳流、排泄

矿区内基岩裂隙水、松散岩类孔隙水主要接受大气降水、凝结水的补给，顺地势从高向低径流，除部分被蒸发和人工开采排泄外，主要补给坳陷区碎屑岩孔隙水中；碎屑岩孔隙水除接受坳陷周边基岩裂隙水、第四系孔隙水的补给外，还有接受出露区大气降水、局部玄武岩孔洞裂隙水的补给，在坳陷内径流、排泄。

本项目位于马尼特坳陷自流水坳陷西部自流水区，区域地下水流向为从南北两侧向坳陷内径流，至中部萨如勒塔拉至芒来矿区一带，地下水流向转为从北东向南西径流，最终以顶托越流的形式排泄于南西部的准达来—巴润达来一带。

4) 含矿含水层特征

(1) 岩性特征

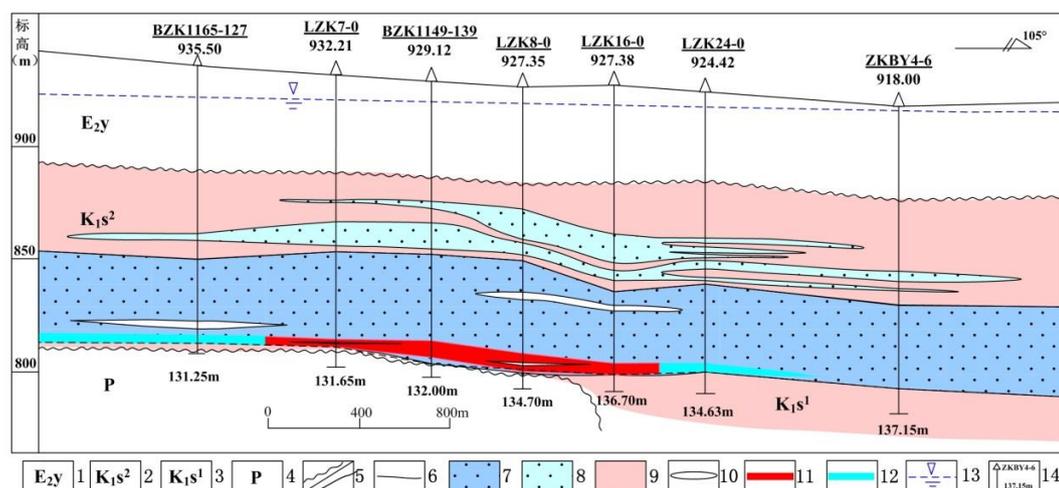
含矿含水层由赛汉组上段（ K_1s^2 ）辫状河砂体组成，其岩性为砂质砾岩、中一粗砂岩、细砂岩组成，砂质砾岩、中一粗砂岩占有比例较多，细砂岩占有比例较小。分选性以中等—较好为主、局部较差，颗粒形状呈次棱角状—次圆状，结构疏松，填隙物以粘土矿物为主。

(2) 厚度特征

含矿含水层厚度一般 $20m\sim 60m$ ，平均 $44.82m$ 。矿体主要位于含矿含水层厚度在 $25m\sim 55m$ 的区域内，矿体分布范围内北部含水层厚度变化较大，南部含水层矿体厚度变化较小，剖面上含矿含水层总体为一层，呈层状，纵向、横向上厚度变化不大，分布稳定、连续。

(3) 产状特征

含矿含水层分布十分稳定、连续，横向上总体为北西、南东向中部缓倾斜，纵向上为南西、北东向中部缓倾斜的特征，矿体分布范围内呈近水平状。平面上矿体位于含矿含水层的北-中部，剖面上主要位于含矿含水层的底部，水文地质剖面图见图 2.4-2。



1-伊尔丁曼哈组；2-赛汉组上段；3-赛汉组下段；4-二叠系；5-地层角度/平行不整合界线；6-岩性界线；7-含矿含水层；8-薄层或透镜状含水层；9-隔水层；10-局部或透镜状隔层；11-铀矿体；12-铀矿化体；13-推测含矿含水层水压线；14-钻孔编号及深度

图 2.4-2 水文地质剖面示意图

(4) 水文地质参数

本项目含矿含水层具有地下水水位埋深小、承压水头较强、涌水量较大、矿层渗透性较强、导水能力和连通性均较好等特征。据水文地质孔抽水试验资料，含矿含水层水位埋深 4.50m~13.12m，承压水头 66.88m~88.97m，涌水量 204.00 m³/d~395.79m³/d，单位涌水量 0.086L/s m~0.22L/s m，矿层渗透系数 0.91m/d~3.27m/d，导水系数 26.95 m²/d~165.70m²/d。

(5) 水化学特征

芒来南矿段含矿含水层水化学类型为 HCO₃ Cl-Na、HCO₃-Na 型水，pH 值 6.66~7.70，近中性，水温 8.5℃，矿化度 2.01g/L~2.73g/L，水中铀含量 1.51×10⁻⁶ g/L~17.30×10⁻⁶ g/L。北矿段含矿含水层水化学类型为 Cl HCO₃-Na 型水，pH 值 6.49~8.50，近中性偏弱碱性，水温 8℃~9℃，矿化度 3.35 g/L~3.91g/L；水中铀含量 0.57×10⁻⁶ g/L~4.48×10⁻⁶ g/L。

4) 含矿含水层顶、底板特征

(1) 隔水顶板特征

含矿含水层隔水顶板主要由赛汉组上段上部的绿灰色、红色泥岩、含砂砾泥岩、粉砂质泥岩等组成，并夹有浅灰、浅黄色砂岩、砂质砾岩及含泥砂岩含水层薄层或透镜体，主要为辫状河沉积体系末期的泛滥平原沉积。总厚度 10.7m~80.69m，平均 44.27m。矿体分布范围内厚度 30~40m，分布均连续、稳定，隔水性能良好。

(2) 隔水底板特征

含矿含水层隔水底板由赛汉组下段湖沼相沉积的绿灰色、灰色、深灰色泥岩、含粉砂泥岩组成，据周边其他勘察资料，厚度可达 400m 以上，铀矿钻孔未揭穿，揭遇厚度一般 5m~15m，分布连续、稳定，隔水性能良好，局部直接揭遇到二叠纪或侏罗世花岗岩基底。

2.5 气候与气象

2.5.1 区域气候特征

项目所在区域以干旱、半干旱大陆性气候为主。根据苏尼特左旗近 20 年气象统计资料，该地年平均气温 2.8℃，多年最低温度为-39℃，多年最高温度为 42℃。年平均降水量为 185.2mm。年平均相对湿度 52.1%，年平均蒸发量 2449.6mm。该地的年平均风速为 4.0m/s，风频最大的风向为西风和西南风。

2.5.2 气象数据统计

本次预测的地面气象数据采用距离最近的苏尼特左旗气象站逐时气象数据。该站站点编号 53195，地理坐标为东经 113.63°，北纬 43.87°，为一般站，与本项目距离为 46.7km，地形和气象特征与试验区基本一致。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。

本次预测采用的高空气象数据采用中尺度气象模拟软件 WRF 模拟得到，模拟区域中心的地理坐标为东经 113.85°、北纬 43.90°，与本项目距离约 61.3km。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。

根据苏尼特左旗气象站逐时气象数据，项目所在地区全年温度、风速月平均变化情况见表 2.5-1、图 2.5-1、图 2.5-2，全年各风向风频见表 2.5-2，各

季和全年风向玫瑰图见图 2.5-3。由表 2.5-1 和表 2.5-2 可知，评价区域年平均温度为 5.1℃，年平均风速为 3.4m/s，风向以 SW~W 为主，年静风频率为 3.1%。

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 (°C)	-15.2	-15.1	-2.4	8.6	15.0	21.1
风速 (m/s)	3.9	3.1	4.4	4.1	4.3	3.5
月份	7月	8月	9月	10月	11月	12月
温度 (°C)	23.9	19.9	18.9	5.7	-4.4	-14.7
风速 (m/s)	3.2	3.0	2.7	3.3	3.1	2.4

表 2.5-2 全年各风向风频

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率 (%)	3.1	2.9	4.4	4.7	6.2	6.2	3.3	2.7	4.4
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	/
频率 (%)	9.6	9.9	9.1	10.4	9.6	6.7	3.8	3.1	

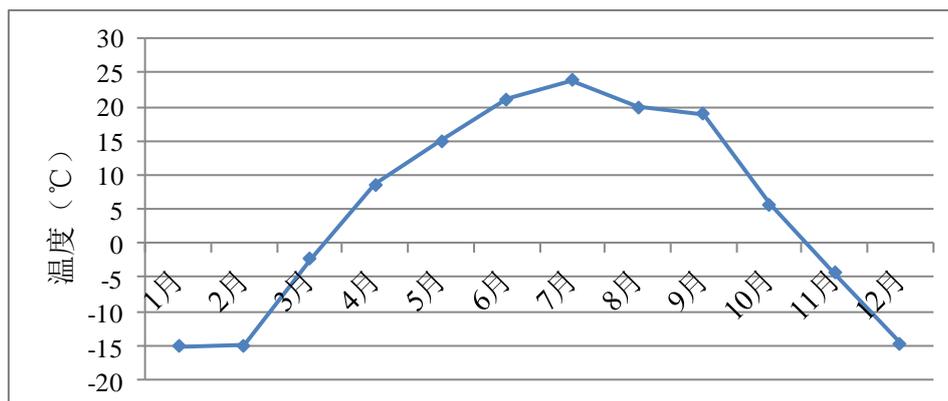


图 2.5-1 各月温度变化图

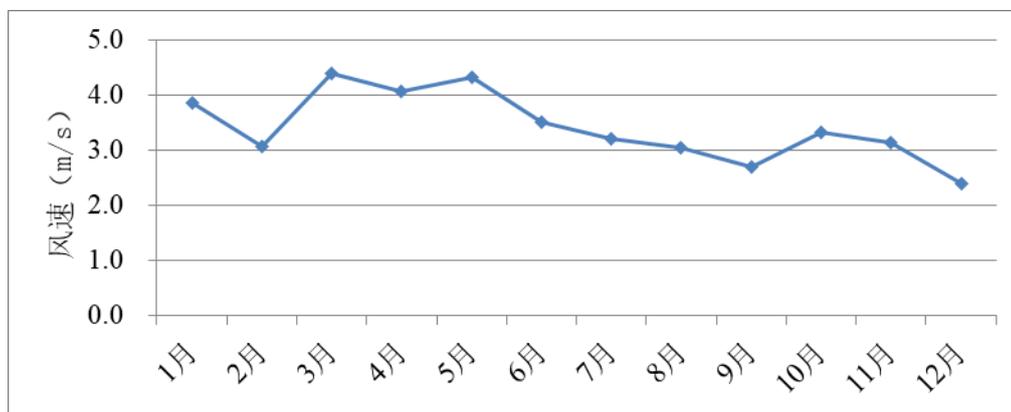


图 2.5-2 各月平均风速图

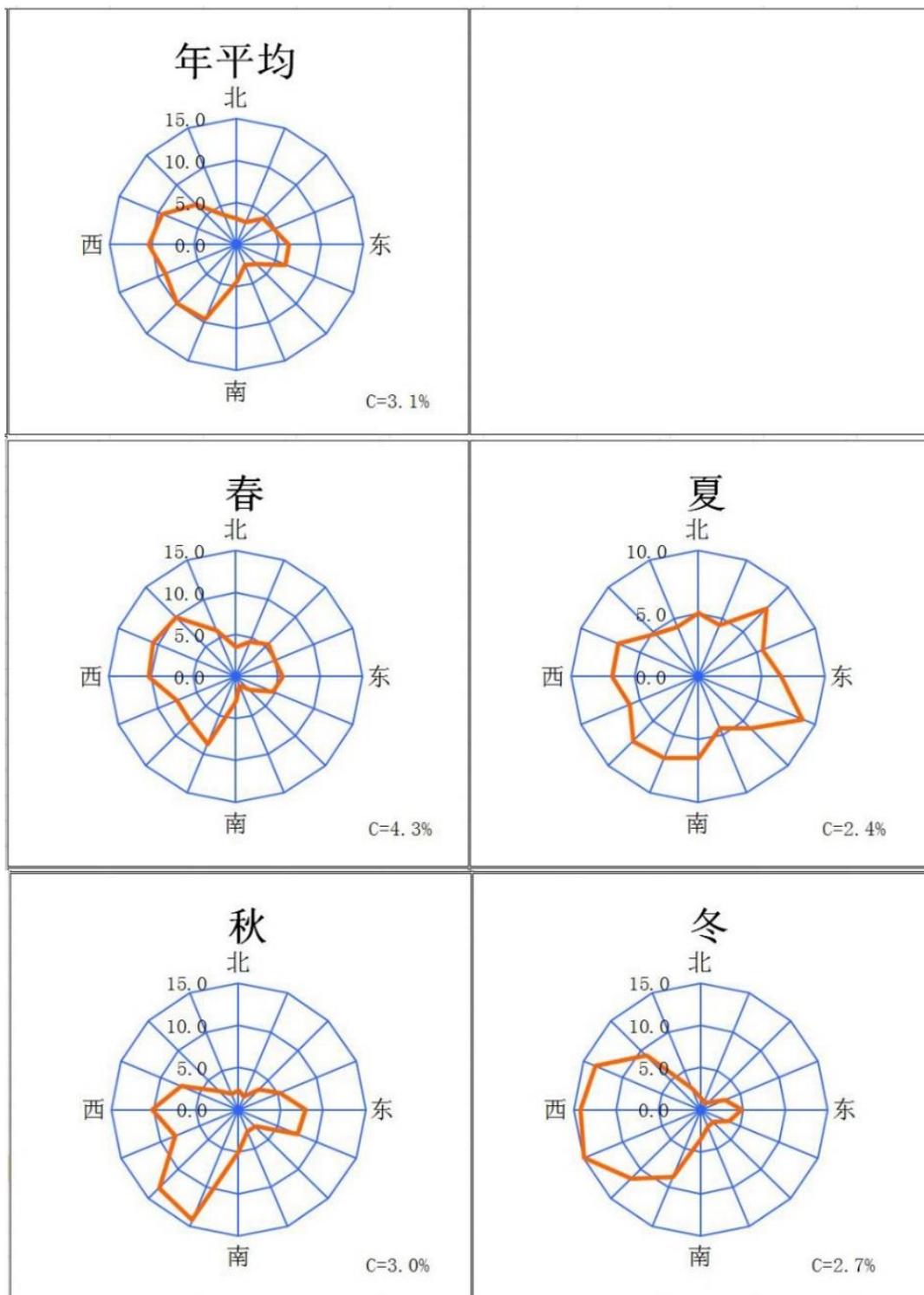


图 2.5-3 全年和各季风向玫瑰图

2.6 土地和水体利用

2.6.1 土地利用

苏尼特左旗总土地面积为 34251.7km²。其中，牧草地面积为 33795.0km²，

林地面积为 110.3km²，耕地面积仅 2.5km²，村地、交通用地、水域及工矿用地面积分别为 11.0km²、24.0km²、171.2km² 及 0.3km²；其它土地面积为 137.5km²，主要为盐碱地、沙地等。

本项目周边 5km 范围内土地利用类型以草地为主，此外分布少量农村宅基地和农村道路，不涉及基本农田和基本草原。

2.6.2 水体利用

苏尼特左旗处于半干旱、干旱荒漠草原地区，且属于内陆河流域区，水资源可开采总量欠丰富。苏尼特左旗水资源总量为 35979 万 m³，其中地下水资源量为 34244 万 m³，富水区主要位于塔木钦塔拉古河道，年可开采量为 2714 万 m³；恩格尔河是境内唯一一条常年性河流，位于旗东南部，境内长度为 65km，年径流量 14000 万 m³，现建有库容量为 1200 万 m³ 水库，年可供水量为 351 万 m³。

根据现场查勘，评价中心半径 5km 范围内无地表水和地下水集中式饮用水源地及集中式工农业生产用水，居民生活用水均为自家井水，井深约 20m~50m，取水层位为伊尔丁曼哈组碎屑岩含水层，取水量较少。

2.7 生态和资源开发利用

2.7.1 生态环境状况

苏尼特左旗处于我国北方草原带的典型草原与荒漠草原过渡地带，草场面积占 90%以上，大部分为荒漠草原和半荒漠草原型，地表植被共有草原植被、荒漠植被和低湿植被三大类型，其中草原是主要植被类型。地表植被多为草木科、大百合科植物为主的牧草，如多节植物蒿、碱葱、沙葱、冰草等；区内野生动物主要有狐狸、旱獭等兽类和苍鹭、凤头等禽类。稳固性差。区域内土壤类型有栗钙土、棕钙土、风沙土、灰色草甸土等，有机质含量低。棕钙土为区内主要土壤类型，各种土壤类型分布地带性差异明显。

通过现场走访调查，评价区内植被类型以荒漠草原植被为主，地表植被多为牧草，多样性较差，覆盖度较低。评价区常见的野生动物主要有蒙古兔、田鼠、沙蜥等，居民养殖动物以羊和鸡为主，无珍稀动植物资源。

2.7.2 资源开发利用状况

苏尼特左旗以畜牧业为主体经济，畜牧业资源丰富。牲畜品种包括苏尼特羊、苏尼特山羊、苏尼特驼、蒙古牛、蒙古马等在内的地方优良品种；苏尼特左旗矿产资源丰富，截至 2020 年底，已发现矿产 35 种和矿产地 46 处，有煤炭（褐煤和烟煤）、铀等能源矿产和金、银、铜、钼、铅、锌等金属矿产和非金属矿产；全旗各类矿山共 32 家，其中能源矿山 2 家，金属矿山 7 家，非金属矿山 13 家，建筑用砂石矿山 5 家；全旗矿业从业人员 480 人，矿业产值达 3.6 亿，矿业产值占全旗工业产值的 36%。

本项目评价范围内无其他矿产资源开发利用企业。

2.7.3 生态敏感区

经建设单位与苏尼特左旗自然资源局核实，本项目评价范围不在生态红线范围内，且不涉及水源保护区、永久基本农田、各类自然保护地、国家地质公园等限制禁止勘查开采区范围内，详见附件 2。

2.8 产业政策与“三线一单”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（2019 年本）》及《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》（国家发改委令 49 号），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 “三线一单”相符性分析

1) 与《锡林郭勒盟行政公署关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》符合性分析

锡林郭勒盟实施生态环境分区管控，共划定环境管控单元 154 个，包括优先保护单元、重点管控单元、一般管控单元三类。根据本项目占地与锡林郭勒盟环境管控单元叠图（图 2.8-1），本项目所在环境管控单元类别分别为：重点管控单元（苏尼特左旗采矿用地），环境管控单元编码为 ZH15252320005，和优先保护单元（苏尼特左旗一般生态空间-防风固沙），环境管控单元编码

为 ZH15252310007。对比《锡林郭勒盟生态环境准入清单》（2021 年 10 月）中要求，本项目与其相符性分析见 2.8-1。



图 2.8-1 锡林郭勒盟环境管控单元图

表 2.8-1 本项目与所属管控单元符合性分析

名称	管控要求		项目情况	相符性
苏尼特左旗 采矿用地	空间布局约束	1.执行锡林郭勒盟总体准入要求中第十七条关于自然保护区、饮用水源保护区等区域内矿产资源开发活动准入及退出的要求。	1.本项目占地不涉及自然保护区、饮用水源保护区等区域。	符合
		2.非经国务院授权的有关主管部门同意，不得在以下地区开采矿产资源：（1）港口、机场、国防工程建设设施圈定地区以内；（2）重要工业区、大型水利工程设施、城镇市政工程设施附近一定距离以内；（3）铁路、重要公路两侧一定距离以内；（4）重要河流、堤坝两侧一定距离以内；（5）国家划定的自然保护区、重要风景名胜区，国家重点保护的不能移动的历史文物和名胜古迹所在地；（6）国家规定不得开采矿产资源的其他地区。	2.本项目占地不涉及（1）~（6）范围内区域。	
		3.禁止建设不符合国家产业结构调整指导目录中的采选项目。	3.本项目属于国家产业结构调整指导目录中鼓励类项目。	
		4.禁止在城区和国省干线公路、二级公路可视范围内（或 2 公里以上）及河道两侧等水土流失重点防控区进行采矿、选矿活动。	4.本项目占地远离城区、国省干线公路、二级公路及河道两侧等水土流失重点防控区。	
	污染物排放管控	1.严防矿产资源开发污染土壤。矿产资源开发活动集中的区域，执行重点污染物排放限值要求。	1.本项目为地浸采铀工程项目，对土壤环境影响较小；项目所在地不属于矿产资源开发活动集中的区域。	符合
		2.矿产资源勘查以及采选过程中排土场、露天采场、尾矿库、矿区专用道路、矿山工业场地、沉陷区、矸石场、矿山污染场地等的生态环境保护与治理恢复工作须满足《矿山生态环境保护与恢复治理技术规范（试行）》（HJ651-2013）要求。	2.本项目井场、水冶厂等工业场地严格按照 GB14586-1993 和 HJ651-2013 相关要求要求进行退役治理和生态环境恢复工作	

		3.落实边开采、边保护、边复垦的要求，使新建、在建矿山损毁土地得到全面复垦。	3.本项目贯彻“边生产、边治理”原则，将退役治理和环境整治纳入了日常生产管理，各分采区终采后将及时开展退役，修复地下水。	
	环境风险管控	1.制定环境风险应急预案，成立应急组织机构，配备必要的应急设施和应急物资，定期开展环境风险应急演练。	1.本项目制定《突发环境事件应急预案》等，成立应急组织机构，配备事故池、围堰等应急设施和防护服、防护眼镜等应急物资，并将定期开展环境风险应急演练。	符合
		2.全面整治历史遗留尾矿库，完善覆膜、压土、排洪、堤坝加固等隐患治理和闭库措施。有重点监管尾矿库的企业要开展环境风险评估，完善污染治理设施，储备应急物资。加强对矿产资源开发利用活动的辐射安全监管，有关企业每年要对本矿区土壤进行辐射环境监测。	2.不涉及。	符合
	资源利用效率要求	矿山“三率”水平达到国内同行业先进水平，矿山“三率”水平达标率达85%以上，尾矿排放重金属残留水平进一步降低。	本项目开采回采率95%，选矿回收率93%，不涉及共伴生矿产综合利用率，也不涉及尾矿排放。	符合
苏尼特左旗一般生态空间-防风固沙	空间布局约束	执行锡林郭勒盟总体准入要求中第十三条关于生态区位重要的沙化土地空间布局约束的准入要求。	本项目不涉及林地采伐和挖砍固沙植物，占地不涉及沙化土地封禁保护区，不属于高耗水工业，满足沙化土地空间布局约束准入要求。	符合

2) “三线一单”符合性分析

(1) 生态保护红线符合性

本项目位于内蒙古自治区锡林郭勒盟苏尼特左旗境内，经建设单位与苏尼特左旗自然资源局核实，本项目不在生态保护红线内。此外，本项目也不涉及自然保护区、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、基本农田保护区和其他需要特别保护的区域，符合生态保护红线的要求。

(2) 资源利用上线符合性

本项目建设运行过程中，主要资源消耗有水、土地、能源（电能）。项目占地面积约 0.25km²，占用土地资源较少；本项目在厂区内设置一座 35kV 全户内变电站，不涉及使用高耗电设备，供电总功率可满足本项目负荷要求；项目设置独立水源和供水设施，分别在水冶厂和倒班宿舍区内采用管井取地下水作为水源，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。

(3) 环境质量底线符合性

根据《2021 年内蒙古自治区生态环境状况公报》，锡林郭勒盟属于环境空气质量达标区；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。

(4) 负面清单符合性

本项目位于内蒙古自治区锡林郭勒盟苏尼特左旗，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“苏尼特左旗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，满足国家“三线一单”要求，在采取评价提出的污染控制措施及生态恢复措施后，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《苏尼特左旗 2021 年国民经济和社会发展统计公报》，2021 年苏尼特左旗地区生产总值 39.33 亿元，比上年增长 7.8%。其中，第一产业增加值 8.89 亿元，增长 5.0%；第二产业增加值 19.14 亿元，增长 10.5%；第三产业增加值 11.30 亿元，增长 7.6%。第一、二、三产业比例为 22.6:48.7:27.7，对增长的贡献率分别为 18.1%、45.9%和 36.0%。人均地区生产总值达 116178 元，增长 7.0%。

2.9.2 人口分布

根据《苏尼特左旗 2021 年国民经济和社会发展统计公报》，全旗总人口为 3.41 万人。其中，城镇人口 1.92 万人，占 56.31%，牧区人口 1.49 万人，占 43.69%。全旗总面积 34224.2km²，人口密度为 1.00 人/km²。

1) 5km 范围内人口分布

根据 2023 年实地调查，评价中心（集液罐）5km 范围内人口稀少且居住分散，总人口为 21 人，平均人口密度 0.27 人/km²。评价中心 5km 范围内居民点分布情况见表 2.9-1，居民点分布图见图 2.9-1。

表 2.9-1 评价中心 5km 方位内居民点分布人口

居民点	方位	距离, km	人口数
牧民 1	NNE	4.2	3
牧民 2	E	3.7	3
牧民 3	ESE	3.9	3
牧民 4	SSE	3.9	4
牧民 5	SSW	2.5	3
巴彦图古日格嘎查	NNW	3.9	5

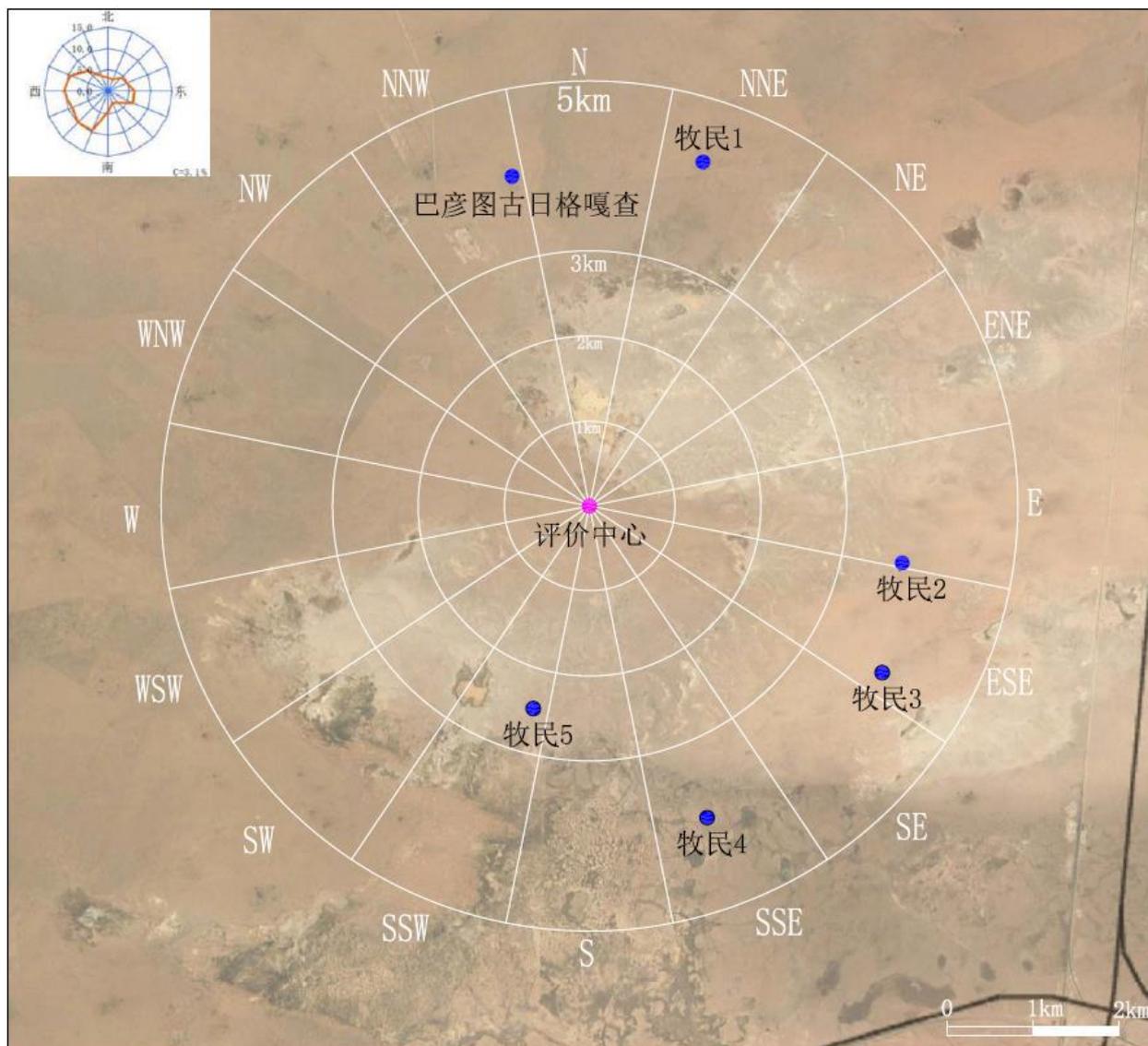


图 2.9-1 评价中心 5km 范围内居民点分布

2) 20km 范围内人口分布

评价中心 20km 范围内总人口 186 人，平均人口密度 0.15 人/km²；根据 2023 年实地调查，并结合第七次人口普查，评价区域内各年龄组的人口比例约为：婴儿（≤1 岁）1%，幼儿（1~7 岁）6%，少年（7~17 岁）13%，成人（> 17 岁）80%；2017 年~2021 年《苏尼特左旗国民经济和社会发展统计公报》中人口自然增长率数据如表 2.9-2 所示，本项目取近 5 年人口自然增长率均值 3.1‰作为预测参数。评价中心 20km 范围内各子区人口统计情况见表 2.9-3（2023 年）、表 2.9-4（2027 年）和图 2.9-2。

表 2.9-2 苏尼特左旗 2017~2021 年人口自然增长率

年份	2017	2018	2019	2020	2021
人口自然增长率（‰）	4.1	5.2	2.5	1.0	2.8

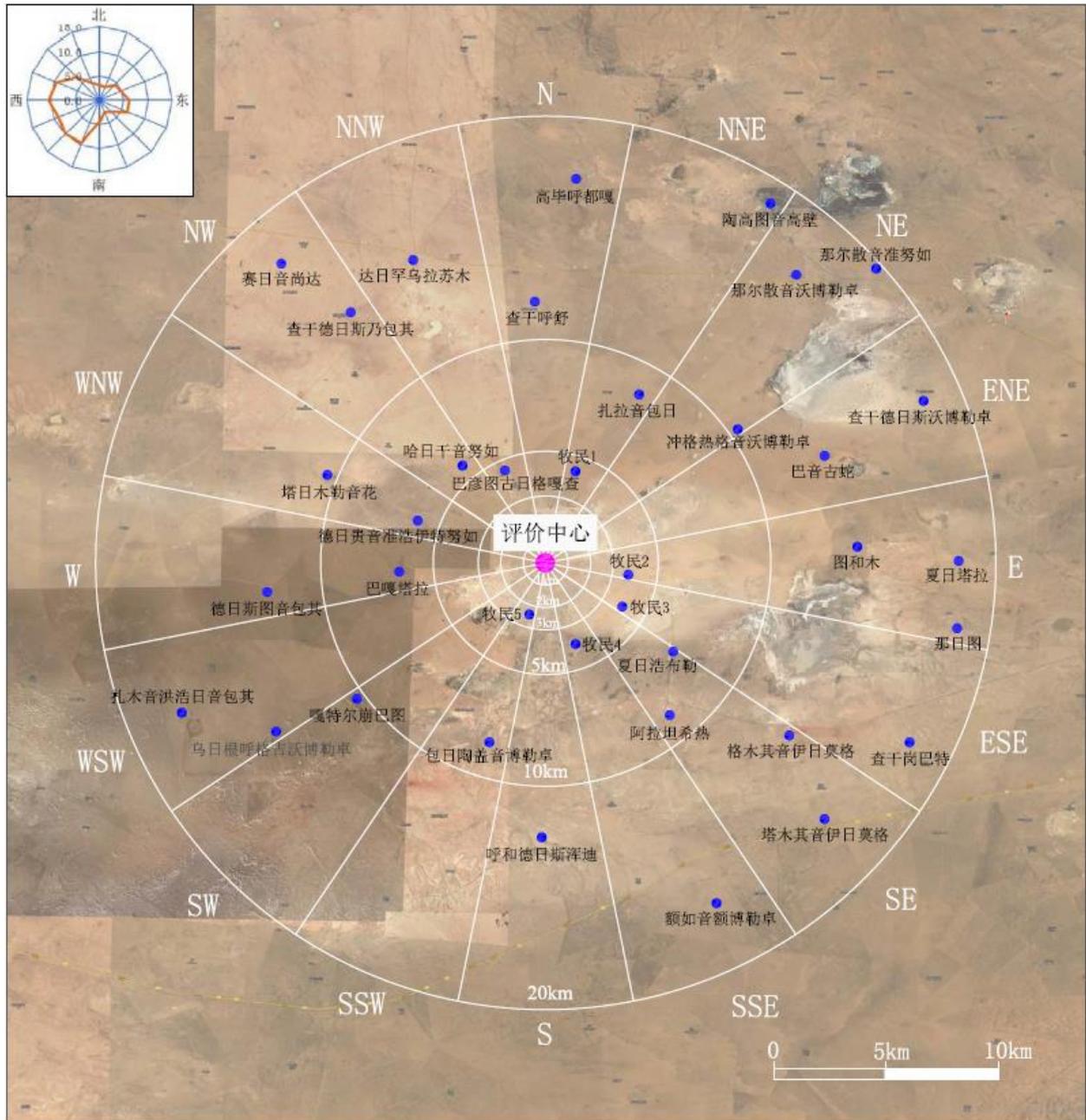


图 2.9-2 评价中心 20km 评价子区分布图

表 2.9-3 评价中心 20km 范围内各子区人口（2023 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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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
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	1	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3~5km	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	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	成人	0	2	0	0	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4
5~10km	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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	2	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	2	2	2	0
	成人	0	3	0	0	0	0	6	0	0	3	0	0	3	3	3	0
10~20km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	1	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	少年	3	3	6	3	5	2	3	2	2	0	2	3	2	2	3	2
	成人	6	6	12	6	9	3	6	3	3	0	3	6	3	3	6	3

表 2.9-4 评价中心 20km 范围内各子区人口（2027 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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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
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	1	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
3~5km	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	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	成人	0	2	0	0	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4
5~10km	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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	2	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	2	2	2	0
	成人	0	3	0	0	0	0	6	0	0	3	0	0	3	3	3	0
10~20km	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	1	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	少年	3	3	6	3	5	2	3	2	2	0	2	3	2	2	3	2
	成人	6	6	13	6	10	3	6	3	3	0	3	6	3	3	6	3

3 工程分析

3.1 工程概况

3.1.1 项目名称

中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）工程。

3.1.2 建设单位

中核内蒙古矿业有限公司。

3.1.3 建设地点

内蒙古自治区锡林郭勒盟苏尼特左旗赛罕高毕苏木。

3.1.4 建设内容

本项目建设内容包括井场、水冶厂、倒班宿舍区和厂外工程，建设内容见表 3.1-1。

表 3.1-1 本项目建设内容一览表

序号	子项	建设内容
1	井场	包括井场钻孔（含生产钻孔和监测井）、集配液设施、井场集控室、硫酸库、综合管网等，全部新建。
2	水冶厂	主要包括吸附淋洗厂房（含空压机房）、萃取沉淀厂房、分析测试中心、化工原料库（含试剂配制）、产品库、固体废物库、生产资料库、机修间、消防泵房、供水设施间、污水处理设施、辅助设施（工程车库、供热站、配电室等）、淋浴室及洗衣房、柴油发电机房（含柴油库）、35kV 变电站、称量站、蒸发池、水冶厂值班室、水源井等，全部新建。
3	倒班宿舍区	包括职工宿舍、综合设施（含办公、食堂等）、辅助设施（含配电室、供热站等）、车库、消防设施、污水处理设施、值班室、水源井等，全部新建。
4	厂外工程	包括厂外道路、供电线路、通信线路等。

3.1.5 开采方式

本项目为原地浸出采铀工程，采用 H_2SO_4 浸出工艺，井型为五点型。

3.1.6 生产规模

井场年浸出液抽出量为 1720.43 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 15a，其中项目建设期 3a，达产期 1a，正常生产期 9a，减产期 2a。

3.2 项目地质资源及开采规划

3.2.1 地质资源

2010 年核工业二〇八大队在芒来地区首次发现砂岩型工业矿孔，自此拉开了巴彦乌拉铀矿床芒来矿段勘查工作的序幕；2011~2013 年，核工业二〇八大队于芒来地区投入钻探工作量 3016.20m，施工钻孔 22 个，新发现泥岩型工业矿孔 1 个、矿化孔 2 个；2013~2015 年，核工业二〇八大队投入钻探工作量 6538.43m，施工钻孔 50 个，提交了芒来矿产地；2016~2018 年，核工业二〇八大队投入钻探工作量 25429.07m，施工钻孔 172 个，新发现工业矿孔 36 个，落实芒来为中型铀矿床；2019~2021 年，核工业二〇八大队对芒来 B1221~B1089 线开展详查工作，共投入钻探工作量 25977.91m，施工钻孔 200 个（包括 2 个物探参数孔、3 个水文地质孔），基本查明了铀矿床 B1221~B1089 线矿体产出特征，提交了《内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉铀矿床芒来地段勘查地质报告》（2021 年 12 月）；2022 年 4 月~2022 年 8 月，核工业二〇八大队对芒来矿段 B1221~B1089 线开展补充勘探工作，共投入钻探工作量 10673.46m，施工钻孔 86 个，查明了铀矿床 B1221~B1089 线矿体产出特征，并于 2022 年 11 月提交了《内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉铀矿床芒来地段勘探地质报告》。

对 B1221~B1089 线开展的详查表明：芒来矿段铀矿床主要含矿层为下白垩统赛汉组上段（ K_1s^2 ），含矿层砂体总体呈南西—北东向展布，厚度变化较小，规模较大。主矿层矿体厚度变化较稳定，多呈板状展布，矿化连续性较好。

3.2.2 开采规划

本项目开采范围为 B1221~B1089 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。

3.3 项目主要建设内容

本项目建设内容主要包括井场、水冶厂、倒班宿舍区和厂外工程，具体内容见表 3.3-1。

表 3.3-1 本项目建设内容一览表

类别	项目	建设内容
井场	钻孔工程	本项目布置 65 个分采区，设置钻孔 4548 个。其中，抽出井 1938 个，注入井 2400 个，监测井 145 个。 其中，首采区布置 12 个分采区，设置钻孔 917 个，其中抽出井 410 个，注入井 480 个，监测井 25 个。
	集控室	集控室采用装配式、可移动箱体的结构形式，由 2 个工艺箱体和 1 个供电及自控箱体组成，工艺箱体长×宽×高为 16.5m×3m×3m。每座集控室最大满足 38 组抽注单元的管道、仪表以及配套的变压器、变频器、控制柜、在线取样分析系统等。工艺箱体配备了集注液管道跑冒滴漏的液体收集及输送设备。
	集配液罐区	集配液罐区露天布置，长×宽×高为 76m×15m×1.5m。集液罐区布置 3 台 DN10000×3000 集液罐，配液罐区布置 3 台 DN10000×3000 的集液罐，材质均为 316L 不锈钢，罐体上部设自然常压排气孔，排气孔内径 0.5m，并分别设置长×宽×高为 38m×15m×1.5m 的事故围堰，围堰内壁及底部均做防腐、防渗处理。
	集配液泵房及过滤间	集配液泵房与过滤间合建，长×宽×高为 76m×12m×6.0m，其中集配液泵房长×宽为 48m×12m，过滤间长×宽为 12m×12m。集液泵房内布置 5 台集液泵，配液泵房布置 5 台配液泵，过滤间布置 2 条过滤生产线，每条线布置 4 台过滤器。
	硫酸库	硫酸库露天布置，长×宽为 52m×23m。库区布置 10 台 DN8000×6000 的立式硫酸储罐（9 用 1 备），单台容积 300m ³ ，材质为碳钢，罐体上部设自然常压排气孔，排气孔内径 0.1m，并设置长×宽×高为 52m×23m×1.0m 的事故围堰，围堰内壁及底部均做防腐、防渗处理。
	井场综合管线	井场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	吸附淋洗厂房	厂房长×宽×高为 102.9m×52m×12.5m，2 层，一层高 7.8m，二层高 4.7m。主要布置吸附塔区、淋洗塔区、贮罐区、试剂配制区，同时布置生产配套的空压机房、配电室、通风机房、厂房控制室、厂房分

类别	项目	建设内容
		析室等
	萃取沉淀厂房	厂房长×宽×高为 67.5m×40m×17.0m，厂房局部三层，一层高 6.0m，二层高 6.5m，局部三层高 4.5m。主要布置有机试剂库、有机试剂贮存区、贮罐区、萃取、反萃、产品过滤区，同时布置产品暂存区、配电室、通风机房等。
	分析测试中心	长×宽为 52.8m×12.5m，两层，单层层高 4.0m，主要包括井场、工艺、产品等分析实验室，负责生产中取样检测、分析、辐射防护等。
	化工原料库	长×宽为 54m×18m，单层，层高 4.5m，主要用于贮存生产中需要的氢氧化钠、碳酸钠、碳酸氢钠等化工原料。
	产品库	长×宽为 42m×18m，主要贮存产品和包装桶。
	生产资料库	长×宽为 30m×12m，单层，层高 4.5m，主要存放生产资料和劳保用品等。
	固体废物库	长×宽为 24m×18m，单层，层高 4.5m，设顶棚和 2m 高围墙。主要存放废旧设备及零配件等。
	发电机房及柴油库	柴油库和发电机房合建，发电机房长×宽×高为 31.5m×14m×6.6m；柴油库长×宽为 9m×8m，布置 2 台卧式双层油罐，油罐区四周设 1m 高围堰，围堰上设 1.2m 高栏杆。
	生活污水处理设施	设置一套地埋式一体化污水处理设施，该套设施包括污水处理间、污水调节池和地埋式污水处理设备。
	生产辅助设施	包括机修间、变电站、工程车库、供热站（电锅炉房）、配电室、消防设施、潜水泵井室、淋浴室、洗衣房、值班室等。
	蒸发池	新建 8 座蒸发池，单座蒸发池底净尺寸为 90m×78m，净蒸发面积 56000m ² ，蒸发池有效池深 1.2m，采用梯形断面。蒸发池四周设置围堤。 池底及边坡铺设钠基膨润土垫及 HDPE 土工膜进行防渗，土工膜上部铺设 0.5m 厚回填土作为保护层，池壁利用混凝土砖进行护砌，蒸发池设置渗漏在线检测装置，周围均匀布设地下水监测井 5 个。
	倒班宿舍区	包括职工宿舍、综合设施（含办公、食堂等）、辅助设施（含配电室、供热站等）、车库、消防设施、污水处理设施、值班室、水源井等。 倒班宿舍区设置一套地埋式一体化污水处理设施，该套设施包括污水处理间、污水调节池和地埋式污水处理设备；倒班宿舍区设置一套模块式强热型空气源热泵机组（4 台）以及 1 台额定供热量为 240kW 的电阻式真空热水锅炉（备用锅炉）。
	厂外工程	主要包括厂外道路、35kV 供电线路和通信线路等

3.4 总平面布置

3.4.1 布置原则

1) 本项目由井场、水冶厂和倒班宿舍区三大模块组成，在三大模块的基础上，充分利用自然地形，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，满足工艺、运输、安全、环保、卫生、消防及绿化的要求。

2) 本项目水冶厂围绕生产厂房，将生产性质相同、功能相近，工艺联系密切的设施（如化工原料库、产品库、空压机房等）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，从而做到功能单元集成化。

3) 根据地形特点，利用地形高差实现物料自流运输的原则，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，将倒班宿舍区布置在水冶厂上风向。

3.4.2 总平面布置方案

1) 井场总平面布置

井场按各设施的功能划分为地浸采铀钻孔区和集配液区两个分区。其中，地浸采铀钻孔区主要包括生产钻孔、监测井和集控室，集配液区包括集配液罐及泵房等设施。本项目首采区长 1600m、宽 850m，自西向东展布。根据首采区地浸采铀工艺特点要求，每个采区设置一个移动式集控室。集配液区布置在水冶厂内，与每个集控室通过主管道连接，井场浸出液通过集控室输送至集液罐，再通过集液泵输送至吸附淋洗厂房。

2) 水冶厂总平面布置

水冶厂位于芒来铀矿体质心西南侧，首采区西北侧 700m，倒班宿舍区东侧（下风向）1200m 处。该选址靠近首采区的中心部位，附近 300m 内无村庄及其它常住人口，地势较高且平缓，未压占矿区和基本草原，有草原道路通达巴彦图古日格嘎查，交通较为便利。

水冶厂区南北长 270m，东西长 260m，其中南侧为主入口，西北侧为物

流出入口，其功能分区及总平面布置方案如下：

（1）厂前区：淋浴室及更衣间、分析测试中心布置在厂区主出入口的东西两侧，以中间的广场为厂前区的焦点，与两侧绿地相结合，组成厂前区；厂前区位于生产区上风向，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：位于厂前区的北侧。其中吸附淋洗厂房和萃取沉淀厂房体量最大，布置在此区的中心位置；集配液设施和化工原料库布置在其北侧，便于液体和化工原料的输送；机修间和生产资料库布置在厂区中心位置，便于日常管理和维护。

（3）辅助区：位于生产区的北侧。将硫酸库、固体废物库等库房布置在生产区东北侧，利于日常运输和装卸；将 35kV 变电站、电锅炉房和发电机房布置在厂区的西北侧，靠近来电方向，对外交通联系较为便利。

（4）蒸发区：蒸发池布置在厂区侧，满足蒸发废水的需要。

3) 倒班宿舍区总平面布置

倒班宿舍区主要建筑为职工宿舍、综合设施、生活区配电、电锅炉房、污水处理设置、水泵房等建筑，将前三个建筑布置在生活区的西、东、北三面，围合成一个封闭的院落组团，集中了工作、生活、娱乐等功能，使工作环境便利，生活环境安静；生活区南侧的主要场地布置了绿地，为员工提供了日常运动的场所；生活污水处理设施布置在生活区东北侧，对生活区的影响较小；水泵房布置在生活区西北侧，为生活区安全、稳定的供水提供了保障。

本项目总平面布置见附图 1，井场钻孔布置图见附图 2，首采区钻孔布置图见附图 3，水冶厂总平面布置图见附图 4，倒班宿舍区总平面布置图见附图 5。

3.5 工艺流程

3.5.1 井场工艺

3.5.1.1 浸出原理

本项目浸出工艺为酸法浸出，溶浸剂为 H_2SO_4 。硫酸浸出时，随着地下水在水力梯度作用下的运移，改变矿层的地球化学环境，使 pH 值变化，随着 pH 值的变化，铀从沉淀态变为溶解态，生成硫酸铀酰，进而将形成的浸出液通过抽出井提升至地表并输送至水冶厂。

3.5.1.2 工艺流程

本项目井场工艺流程主要包括：浸出剂配制及输送、集控室注液分配、浸出剂在含矿含水层的注入、浸出液提升和地表输送等。

1) 浸出剂配制及输送

来自水冶厂的吸附尾液首先泵送至配液池中，按配液浓度要求加入硫酸，通过泵增压后经注液总管道输送至井场各分采区集控室。

2) 集控室注液分配

浸出剂输送至集控室后，通过集控室内注液分配器把吸附尾液按抽注平衡的原则分配至各个注液井支管。

3) 浸出剂在含矿含水层的注入

从集控室输出的浸出剂在注液增压泵的作用下通过注液支管和注液钻孔注入到地下含矿含水层中，对含矿含水层中的矿石进行溶浸，并在抽大于注形成的降落漏斗水动力条件下由注液井向抽液井渗透，在渗透过程中逐渐溶浸矿石中的铀，生成硫酸铀酰，最终形成浸出液。

4) 浸出液提升及地表输送

浸出液通过潜水泵从矿层沿着抽液支管提升至地表，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，经集液泵输送至吸附淋洗厂房处理。处理后的大部分吸附尾液自流至配液罐循环使用，部分外排入蒸发池。

本项目井场工艺流程见图 3.5-1。

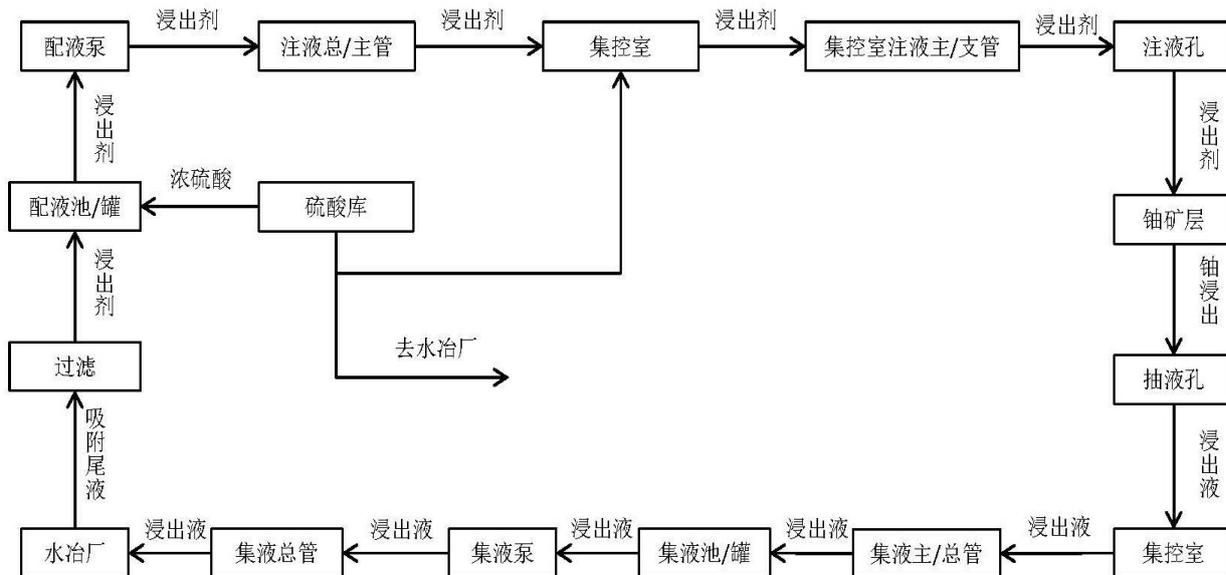


图 3.5-1 井场工艺流程图

3.5.1.3 主要技术指标

井场主要技术指标见表 3.5-1。

表 3.5-1 井场主要技术指标

序号	指标名称	单位	指标	备注
1	矿层厚度	m	5.44	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	5.0	/
4	平均单孔注液量	m ³ /h	4.26	/
5	抽出井数量	个	410	首采区
6	注入井数量	个	480	首采区
7	抽注井数量比例	/	1:1.17	/
8	监测井数量	个	25	首采区
9	井场浸出液量	万 m ³ /a	1720.43	/

3.5.1.4 主要设备材料

井场（首采区）主要设备见表 3.5-2。

表 3.5-2 井场（首采区）主要设备、材料表

序号	设备名称	规格型号	数量	单位	备注
一	井场专用设备				
1	资源动态管理系统	/	1	套	/
2	潜水泵提升装置	非标	2	台	/

序号	设备名称	规格型号	数量	单位	备注
3	潜水泵	扬程>80m, 流量>5m ³ /h	410	台	316L 不锈钢
4	移动式螺杆空气压缩机	8m ³ /min, 1.25MPa	2	套	/
5	活塞式洗井车	/	2	台	/
6	废液回收车	/	2	套	具有废水多级沉降、回注功能
二	集配液设施	/			
1	集液泵	Q=(700~840) m ³ /h, H=75~67.5m, P=200kW	5	台	化工离心泵, 316L, 变频电机
2	配液泵	Q=(700~840) m ³ /h, H=75~67.5m, P=200kW	5	台	化工离心泵, 316L, 变频电机
3	集液罐	DN10000×3000	3	个	316L 不锈钢
4	配液罐	DN10000×3000	3	个	316L 不锈钢
5	快开式袋式过滤器	24 袋, 1.0MPa	8	台	吸附尾液过滤, 316L 不锈钢
6	电动悬挂单梁起重机	Q=2t, S=12m, H=6m	2	台	/
7	潜污泵	Q=8m ³ /h H=10 ~ 22m , P=1.1kW	3	台	316L
8	污水坑	1000×1000×1500mm	3	个	砼衬防腐材料
三	硫酸库				
1	硫酸贮罐	DN8000×6000	10	台	碳钢
2	氟塑料化工离心泵	Q=8.8 ~ 12.5m ³ /h H=33 ~ 32m	3	台	配液和水冶厂输送
3	氟塑料化工离心泵	Q=8.8 ~ 12.5m ³ /h H=82 ~ 80m	2	台	井场集控室输送
4	氟塑料化工离心泵	Q=100 ~ 130m ³ /h H=50 ~ 42m	2	台	卸车和事故

3.5.2 浸出液处理工艺

3.5.2.1 工艺流程

本项目浸出液处理采用的主工艺流程为“浸出液→吸附→淋洗→萃取→酸洗→反萃取→沉淀→过滤→“111”产品”，工艺流程图见图 3.5-2。

1) 吸附

来自井场的浸出液，通过集液泵加压后，进入密实固定床吸附塔，3 塔串联吸附，浸出液自上而下与塔内树脂层接触吸附铀，吸附尾液由塔底部排出。吸附产生的吸附尾液，部分用于淋洗剂的配制和贫树脂（解毒后）的反冲洗，98.47%的吸附尾液直接返回配液罐。吸附塔饱和树脂经压缩空气压送至淋洗

塔。

2) 淋洗、解毒、反冲工序

采用吸附尾液和浓硫酸配制淋洗剂，淋洗剂由泵送入 3 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，进入淋洗合格贮罐贮存。

采用氢氧化钠和生产水配制解毒剂，解毒剂从塔底进入，解毒尾液从顶部排出并排至蒸发池，解毒过程采用循环解毒的方式，循环周期 12h。

经解毒后的贫树脂，采用生产水、吸附尾液（3BV~5BV）进行反冲洗，反冲废水排至蒸发池。反冲洗完成后，再通过压缩空气将解毒后的贫树脂压送至吸附塔，贫树脂循环使用。

3) 萃取、洗涤、反萃取

淋洗合格液自流进入混合澄清器进行萃取，萃取剂为 5%P204+10%TBP+磺化煤油。萃取后产生的萃余水进入有机相回收池，经过澄清回收有机相后进入萃余水缓冲槽，经泵送至配液罐，再经配液泵输送返回井场，回收的有机相同萃取得到的饱和有机相送入饱和有机相缓冲槽，再通过泵输送有机相高位槽。

饱和有机相自有机相高位槽自流进入混合澄清器洗涤，洗涤剂采用浓硫酸和生产水配制，洗涤后的饱和有机相自流至反萃取槽。洗涤废水经有机相回收池回收有机相后进入酸洗废水贮槽，经泵送至蒸发池。

洗涤后的饱和有机相进入混合澄清器进行反萃取，反萃取剂采用碳酸钠、碳酸氢钠和沉淀母液配制。反萃得到的反萃合格液进入反萃合格液贮槽，贫有机相进入贫有机相缓冲槽，再通过泵返回贫有机相高位槽，重新进入萃取工序。

4) 沉淀、过滤等工序

反萃合格液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，其中 75%返回配制反萃取剂，其余进入蒸发池。

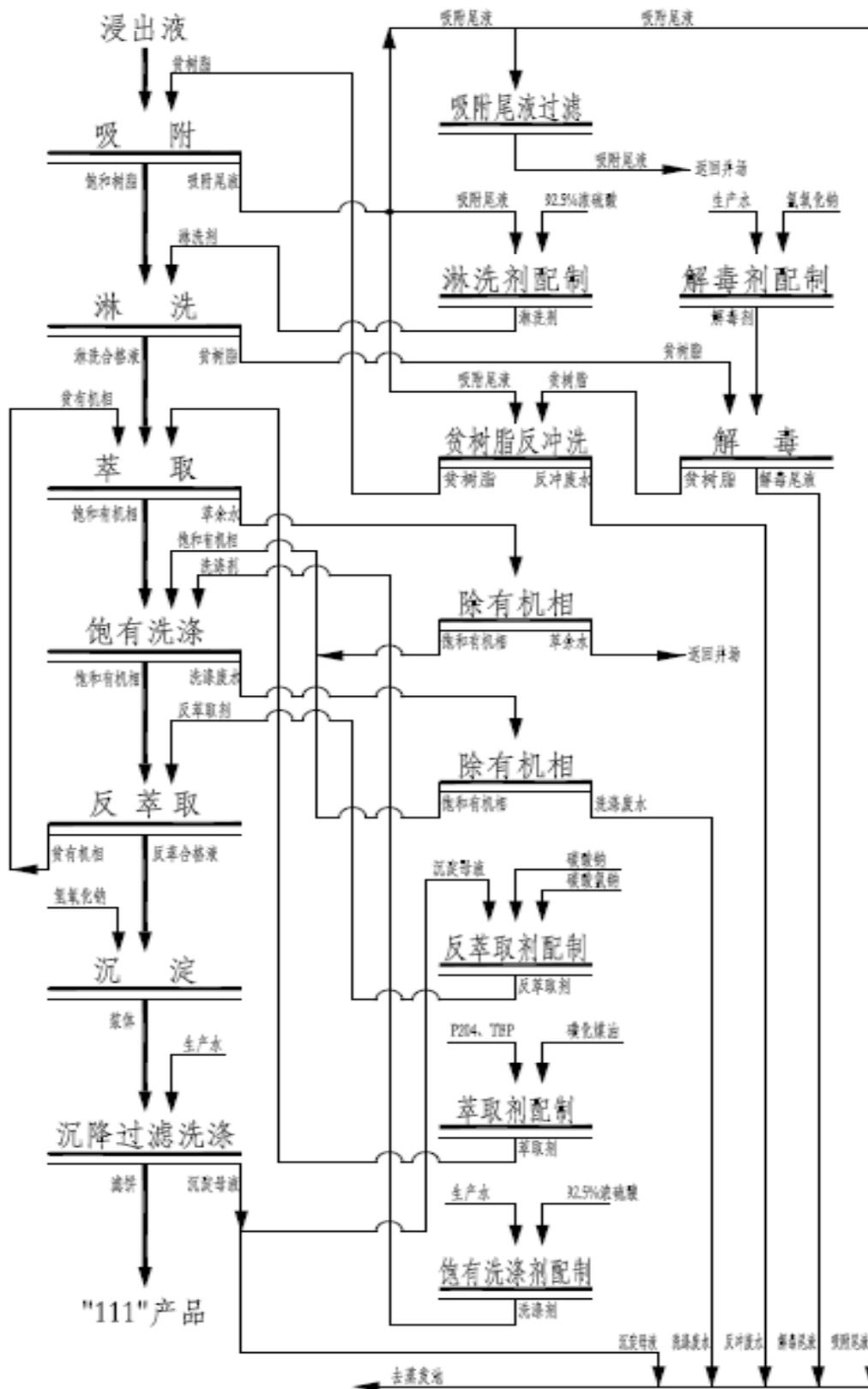


图 3.5-2 浸出液处理工艺流程图

3.5.2.2 主要技术指标

本项目浸出液处理工艺的主要技术指标见表 3.5-3。

表 3.5-3 浸出液处理主要工艺参数

序号	工序/参数	参数值
一	吸附	
1	浸出液 pH 值	1.5~2.5
2	吸附操作方式	密实固动床，三塔串联吸附
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	25mg/L
5	树脂吸附容量	9mg/mL 湿 R
6	吸附空塔速度	25m/h
7	单塔树脂床层高度	4 m
8	吸附尾液铀浓度	≤0.5mg/L
二	淋洗	
1	单塔树脂床层高度	4 m
2	淋洗操作方式	三塔串联淋洗
3	淋洗剂组成	120g/LH ₂ SO ₄
4	淋洗空塔速度	0.8m/h
5	淋洗体积	4.0Vr
6	淋洗合格液体积	4.0Vr
7	淋洗合格液铀浓度	1.5g/L
8	树脂残余容量	0.3mg/mL 湿 R
三	萃取	
1	萃取剂	5%P204+10%TBP+85%磺化煤油
2	萃取流比（A/O）	2~3
3	接触时间	3min
4	接触相比（O/A）	1~1.5:1
5	萃取级数	8
6	萃余相 U 浓度	<10mg/L
7	负载有机相 U 浓度	>4g/L

序号	工序/参数	参数值
8	萃余水去向	回收有机相后返回井场
四	饱和有机相洗涤	
1	饱和洗涤剂	10g/LH ₂ SO ₄
2	饱和洗涤流比（O/A）	4
3	接触时间	5min
4	接触相比（O/A）	1~1.5: 1
5	洗涤级数	2
6	洗水去向	回收有机相后去蒸发池
五	反萃取	
1	反萃剂	100g/LNa ₂ CO ₃ +20g/LNaHCO ₃
2	反萃流比	7~10:1
3	接触时间	5min
4	接触相比（O/A）	1~1.5:1
5	反萃级数	3
6	合格液铀浓度	>40g/L
7	反萃取剂配制物料来源	沉淀母液+Na ₂ CO ₃ +NaHCO ₃
六	解毒	
1	解毒剂	（60~70）g/L NaOH
2	解毒频次	次/10个循环
3	解毒体积	~1BV
4	解毒尾液去向	蒸发池
5	解毒剂配制物料来源	生产水+片碱
6	洗水	生产水、吸附尾液
7	洗涤体积	3~5BV
8	洗涤废水去向	蒸发池
七	沉淀、过滤	
1	沉淀方式	循环沉淀
2	沉淀剂	固体氢氧化钠
3	沉淀温度	常温

序号	工序/参数	参数值
4	沉淀剂用量	1.2t/tU
5	沉淀反应时间	45min~60min
6	沉淀终点 pH	13.5
7	老化时间	48h
8	洗水用量	1~2 倍滤饼重量

3.5.2.3 主要工艺设备

本项目浸出液处理工艺主要设备表见表 3.5-4。

表 3.5-4 浸出液处理工艺主要设备表

序号	设备名称	指标或规格要求	数量	单位	备注
一	吸附淋洗厂房				
1	吸附塔	DN4200×9000	24	台	316L
2	淋洗塔	DN4200×9000	24	台	钢衬 PO
3	淋洗剂配制槽	DN3600×4500	3	台	钢衬 PO
4	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34~24m	2	台	氟塑料合金
5	淋洗剂贮罐	DN3600×8700	7	台	钢衬 PO
6	离心泵	Q=8.8~12.5m ³ /h H=52~50m	5	台	氟塑料合金
7	淋洗合格液贮罐	DN3600×8700	7	台	钢衬 PO
8	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34-24m	2	台	氟塑料合金
9	解毒剂贮罐	DN3600×8700	3	台	钢衬 PO
10	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34~24m	2	台	氟塑料合金
11	解毒尾液贮罐	DN3600×8700	1	台	钢衬 PO
12	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34~24m	5	台	氟塑料合金
13	吸附尾液贮罐	DN3600×8700	1	台	钢衬 PO
14	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=52-42m	3	台	氟塑料合金
15	事故槽	DN3600×4500	2	台	钢衬 PO
16	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34~24m	2	台	氟塑料合金
17	隔膜泵	Q=16~20m ³ /h H=30m	2	台	304 不锈钢
18	潜污泵	Q=8m ³ /h H=10~22m	4	台	316L

序号	设备名称	指标或规格要求	数量	单位	备注
二	萃取沉淀厂房				
1	萃取混合澄清器	7200×5400×1600mm	5	台	PVC+有机玻璃
2	反萃取混合澄清器	6600×5600×1800mm	1	台	PVC+有机玻璃
3	沉淀搅拌罐	DN3000×3000	4	台	钢衬 PO
4	耐腐蚀耐磨料浆泵	Q=30m ³ /h H=25m	2	台	超高分子量聚乙烯
5	沉降分离罐	DN3200 (DN2400)	4	台	钢衬 PO
6	耐腐蚀耐磨料浆泵	Q=30m ³ /h H=60m	4	台	超高分子量聚乙烯
7	缓冲槽	DN3000×2500	1	台	钢衬 PO
8	耐腐蚀耐磨料浆泵	Q=10~15m ³ /h H=30~25m	2	台	超高分子量聚乙烯
9	厢式隔膜压滤机	F=120m ²	2	台	含控制柜
10	有机试剂配制槽	DN2000×2000	2	台	钢衬 PO
11	氟塑料化工离心泵	Q=25~32m ³ /h H=32~27.5m	2	台	氟塑料合金
12	贫有机相槽	DN3000×3000	2	台	钢衬 PO
13	氟塑料化工离心泵	Q=25~32m ³ /h H=32~27.5m	2	台	氟塑料合金
14	饱和有机相槽	DN3000×3000	2	台	钢衬 PO
15	氟塑料化工离心泵	Q=25~32m ³ /h H=32~27.5m	2	台	氟塑料合金
16	反萃取剂贮槽	DN3600×4500	6	台	钢衬 PO
17	离心泵	Q=35~50m ³ /h H=33~32m	2	台	氟塑料合金
18	沉淀母液贮槽	DN3000×3000	1	台	钢衬 PO
19	离心泵	Q=35-50m ³ /h H=33-32m	2	台	氟塑料合金
20	酸洗水贮槽	DN3600×4000	4	台	钢衬 PO
21	离心泵	Q=35~50m ³ /h H=33~32m	2	台	氟塑料合金
22	酸洗废水贮槽	DN3600×3000	1	台	钢衬 PO
23	离心泵	Q=35~50m ³ /h H=33~32m	2	台	氟塑料合金
24	反萃合格液贮槽	DN3000×3000	2	台	钢衬 PO
25	离心泵	Q=35~50m ³ /h H=33~32m	2	台	氟塑料合金
26	事故槽	DN3600×4000	2	台	钢衬 PO
27	离心泵	Q=35~50m ³ /h H=33~32m	2	台	氟塑料合金

序号	设备名称	指标或规格要求	数量	单位	备注
28	酸洗水配制槽	DN3600×3000	2	台	钢衬 PO
29	离心泵	Q=35~50m ³ /h H=33~32m	2	台	氟塑料合金
30	贫有高位槽	DN2000×2000	2	台	钢衬 PO
31	饱有高位槽	DN2000×2000	2	台	钢衬 PO
32	淋洗合格液高位槽	DN2000×2000	2	台	钢衬 PO
33	反萃取剂高位槽	DN2000×2000	2	台	钢衬 PO
34	酸洗水高位槽	DN2000×2000	2	台	钢衬 PO
35	有机相回收池	3500×5000×3500mm	6	台	钢衬 PO
36	氟塑料化工离心泵	Q=25~32m ³ /h H=32~27.5m	4	台	氟塑料合金
37	氟塑料化工离心泵	Q=3.5~6.5m ³ /h H=33~30m	2	台	氟塑料合金
38	电动葫芦	Q=2t H=10m	2	台	
39	潜污泵	Q=8m ³ /h H=10~22m	3	台	316L

3.6 主要技术方案

3.6.1 钻孔工程

1) 钻孔布置

本项目主要采用五点型井型，井距 27m。抽液单元钻孔平面布置示意图 3.6-1。

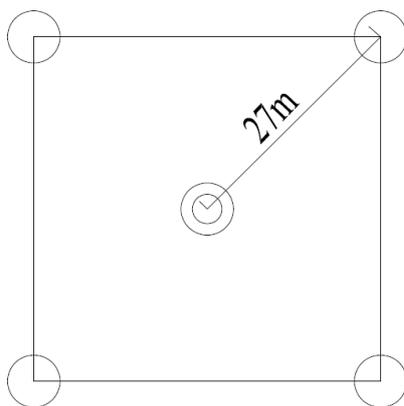


图 3.6-1 抽液单元钻孔平面布置图

2) 钻孔工程量

本项目共设置生产采区 65 个，其中首采区布置 12 个分采区；本项目共

布置生产钻孔 4548 个，其中抽出井 1938 个，注入井 2400 个，布置监测井 145 个。其中，首采区共布置钻孔 917 个，其中抽出井 410 个，注入井 480 个，监测井 25 个。

首采区内部上层含水层布置 12 个监测井，采区含矿含水层外围距边缘注入井 50m~150m 处，布置监测井 12 个，含矿含水层下游 300m 布置监测井 1 个。

3) 钻孔结构

本项目采用“数字建井”工艺，通过构建精准的三维地质模型和水文地质模拟，在流场定量优化的基础之上开展全采区过滤器长度和位置优化的技术。“数字建井”技术可以提高过滤器安放位置的精确性，优化浸出液渗流场，减少全周期浸出剂的消耗量，是一种理念先进、技术可靠的地浸井场开拓新技术。“数字建井”工艺分成三个独立的工艺过程：钻井工程、成建井设计和成建井施工三个步骤。

(1) 钻井工程

钻井工程阶段，采用大功率钻机完成裸眼孔钻进，下套管和注水泥三个工序。在裸眼钻进阶段，井下管柱为 $\phi 269$ 三牙轮钻头+钻铤+钻杆；完成裸眼孔钻进后，根据测井结果和施工设计下 PVC 套管到指定深度；利用 $\phi 60$ 钻杆充当注浆管，采用滑套式逆向注浆装置完成注浆作业。

(2) 成建井设计

对钻井工程阶段收集的大量单井测井数据进行精细解释，利用专业数值模拟软件建立井场三维地质模型和三维水文流场模型，以浸出量、有效浸染范围等指标定量优化过滤器长度、位置等关键成井信息，在全采区尺度下开展过滤器位置和长度等关键信息优化，指导现场实施。

(3) 成建井工程

根据数值模拟设计的切割位置，采用 $\phi 114$ 切割器+钻杆完成切割作业，后用扩孔器清理切割段井壁；切割完成后，利用 $\phi 40$ 投砾管下放内置过滤器和反向投砾装置到切割位置，利用小功率泵完成投砾作业，所投砾石为人造砾石；完成投砾作业后，视情况决定是否需要需要进行拉活塞洗井作业，将空压机风管插入目前的钻孔中，进行空压机洗孔作业。

3.6.2 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) 总管和主管

本项目井场北侧 6 个分采区共用一根 DN500 注液总管和一根 DN600 抽液总管，南侧 6 个分采区共用一根 DN500 注液总管和一根 DN600 抽液总管；连接各采区集控室的注液主管选用 DN250，抽液主管选用 DN300。注液总管和主管均采用钢骨架复合管，耐压等级 1.6MPa。抽液总管和主管均采用钢骨架复合管，耐压等级 1.0MPa；井场总管和主管采用埋地敷设。

2) 支管

浸出液从各抽孔经集液支管汇集到抽液集控室，然后进抽液主管道。潜水泵升液管采用 $\Phi 63 \times 8 \text{mm}$ 加强 PE 管，地表集液支管采用 $\Phi 50 \times 4.6 \text{mm}$ PE 管；注液支管采用从集控室分散到各注液孔的集中控制方式，注液支管采用 $\Phi 50 \times 4.6 \text{mm}$ 的 PE 管；集液管道采用钢骨架复合管，耐压等级 1.6MPa；注液支管采用钢骨架复合管，耐压等级 1.0MPa；井场地表支管均采用埋地敷设。

3.6.3 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，一方面为了最大限度的实现浸出液抽出至地表进入生产工序，而一方面也是减少地下水环境影响的重要举措，本项目地浸生产中对于溶浸范围的控制主要采取以下措施：

1) 科学设置生产钻孔

依据矿体形态和抽注液量平衡合理布置抽注液钻孔，充分发挥抽注液钻孔的抽注液能力，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，同时定期进行监测井水质监测，监测井水质一旦出现异常，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

在钻孔施工过程中，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，确保钻孔井身无泄漏。

4) 设置监测井

本项目共设置监测井 145 个。其中，首采区设置监测井 25 个，含矿含水层 13 个，上层含水层 12 个。后续采区监测井的设置数量为生产钻孔的 2~10%，设置范围包括井场外围及上下含水层等区域。通过定期观测地下水水位、pH、 $U_{\text{天然}}$ 、 SO_4^{2-} 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置图见附图 5，点位布置原则如下：

(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 150m），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；

(2) 上含水层：每个独立采区内部上含水层各布置不少于 1 个监测井，共布置 12 个上含水层监测井；

(3) 下含水层：由于开采过程中，生产钻孔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，且含矿含水层与下含水层有稳定连续的隔水底板，因此不再布置下层含水层监测井。

3.7 主要设施

1) 集配液罐

本项目集液罐和配液罐均选用耐硫酸腐蚀、应用效果良好的 316L 不锈钢材质，各设置 3 台，单台设备规格 DN10000×3000。集液罐区和配液罐区紧邻布置，各设置围堰，围堰尺寸均为长 38m，宽 15m，高 1.5m，内壁及地面均进行防腐防渗处理。

2) 吸附淋洗厂房

吸附淋洗厂房生产类别为丁类，新建，厂房长×宽为 102.0m×52.0m，2 层，一楼层高 7.8m，二楼层高 4.7m。厂房内主要布置吸附塔区、淋洗塔区、贮罐区、试剂配制，同时布置生产配套的空压机房、配电室、通风机房、厂房控制室、厂房分析室等。

3) 萃取沉淀厂房

萃取沉淀厂房生产类别为丙类，新建，厂房长×宽为 67.5m×40.0m，厂房局部三层，一楼层高 6.0m，二楼层高 6.5m，局部三层，层高 4.5m。厂房内主要布置有机试剂库、有机试剂贮存区、贮罐区、萃取、反萃、产品过滤区，同时布置产品暂存区、配电室、通风机房等。

4) 蒸发池

本项目新建 8 座蒸发池，单座蒸发池底净尺寸为 90m×78m，净蒸发面积共计为 56000m²，蒸发池有效池深 1.2m，采用梯形断面，同时为避免地面雨水进入蒸发池，在蒸发池周围修建围堤。池底及边坡铺设钠基膨润土垫及 HDPE 土工膜进行防渗，土工膜上部铺设 0.5m 厚回填土作为保护层，池壁利用混凝土砖进行护砌，蒸发池设置渗漏在线检测装置，周围均匀布设地下水监测井 5 个。

3.8 生产辅助设施

本项目的生产辅助及仓储设施主要包括分析测试中心、化工原料库、产品库、生产资料库、固体废物库、柴油库、机修间等。

1) 分析测试中心

分析测试中心生产类别为戊类，长×宽为 52.8m×12.5m，两层，单层梁底

高 4.0m，主要包括井场、工艺、产品等分析实验室，负责生产中取样检测、分析、辐射防护等。

2) 化工原料库

化工原料库生产类别为丁类，长×宽为 54m×18m，单层，层净高 4.5m，主要用于贮存生产中需要的氢氧化钠、碳酸钠、碳酸氢钠等化工原料。化工原料库布置碳酸钠、碳酸氢钠溶液配制的配制罐、拆包机及配套输送泵等。

3) 产品库

产品库生产类别为丁类，长×宽为 42m×18m，主要贮存产品和包装桶。

4) 生产资料库

生产资料库生产类别为丁类，长×宽为 30m×12m，单层，层净高 4.5m，主要存放生产资料和劳保用品等。

5) 固体废物库

固体废物库生产类别为丁类，长×宽为 24m×18m，单层，层净高 4.5m，设顶棚和 2m 高围墙，主要存放废旧设备及零配件等。

6) 硫酸库

硫酸库生产类别为戊类，露天布置在水冶厂区，罐区占地长×宽为 52m×23m，周围设置 1m 高的事故围堰，围堰内侧及地面均做防腐防渗处理。主要贮存井场浸出、水冶生产过程中使用的工业硫酸（质量分数为 92.5%）。硫酸库设置 10 台 DN8000×6000 立式储罐，9 用 1 备，单台容积 300m³，材质为碳钢。同时配备罐车卸车、浓硫酸输送泵。

7) 柴油库

柴油库生产类别为丙 A 类，属于柴油发电机房建设内容的一部分，布置在柴油发电机房附近，主要贮存柴油发电机运行所需的柴油。柴油罐采用卧式双层罐，共 2 台，单台容积 12.5m³。柴油罐区占地 9m×8m，罐区四周设 1m 高围堰，围堰上设 1.2m 高栏杆。

8) 机修间

机修间长×宽×高为 24m×12m×4.5m，布置在水冶厂区。

3.9 公用工程

3.9.1 给排水设施

1) 给水设施

(1) 供水水源

本项目用水主要为生产生活用水，包括淋浴用水、洗衣用水、工艺生产用水等，日用水量 $132.48\text{m}^3/\text{d}$ ，其中倒班宿舍区用水量 $19.36\text{m}^3/\text{d}$ ，水冶厂用水量 $113.12\text{m}^3/\text{h}$ 。

本项目水冶厂和倒班宿舍区相距较远，各自独立设置水源和供水设施，分别在水冶厂和倒班宿舍区内采用管井取地下水作为水源。

(2) 给水系统

水冶厂和倒班宿舍区水源井均设置潜水泵，将水源井中地下水加压送至中间水箱，经变频供水设备加压供生产、生活用水和消防水池补水。消防用水采用临时高压消防供水系统，发生火灾时启动消防泵加压灭火。

2) 排水设施

(1) 雨水

本项目排水系统为雨污分流制，雨水沿道路边沟自然排放至厂区外。

(2) 污水

①放射性排水

放射性排水主要为工艺生产废水，废水量为 $275.30\text{m}^3/\text{d}$ ，排至蒸发池自然蒸发处理。

②非放射性排水

非放射性排水主要为水冶厂和倒班宿舍区的生活污水，污水总量约 $34.10\text{m}^3/\text{d}$ ，其中水冶厂生活污水量 $21.62\text{m}^3/\text{d}$ ，倒班宿舍区生活污水量 $12.48\text{m}^3/\text{d}$ 。因生产区和倒班宿舍区距离较远，分别进行收集和处理，经生活污水处理设施处理后回用于场地绿化和道路降尘。

3.9.2 供热通风工程

1) 供热工程

本项目因地处严寒地区，且无外部冷热源接入，拟在生产区和倒班宿舍

区分别设置能源站。

其中，水冶厂总热负荷约为 3800kW，设 1 套模块式强热型空气源热泵机组（40 台）以及 1 台额定供热量为 1.4MW 的电阻式热水锅炉（备用锅炉），为生产区建筑提供 55/45℃的热水用于建筑采暖及厂房送风加热。强热型空气源热泵机组运行温度范围-30℃~48℃，单台机组额定制热量 154.6 kW（7℃），-12℃时制热量为 101.4 kW。

倒班宿舍区总热负荷约为 170kW，设 1 套模块式强热型空气源热泵机组（4 台）以及 1 台额定供热量为 240kW 的电阻式真空热水锅炉（备用锅炉），为倒班宿舍区建筑提供 50/40℃的采暖热水。强热型空气源热泵机组运行温度范围-30℃~48℃，单台机组额定制热量 98 kW（7℃），-12℃时制热量为 63.5 kW。

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至厂房内；对产生余热、余湿的封闭场所，采用局部通风；吸附淋洗厂房和萃取沉淀厂房内设全面通风系统，废气采取通风措施后，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。

3.9.3 供配电工程

1) 电源

根据地浸生产的特点，集液泵、配液泵、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。

本项目拟从芒来煤矿 35kV 变电站 35kV 线路侧引接，架线距离约 20km。另外，本项目设一柴油发电机房，内设 2×2000kW 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

本项目拟在厂区设置一座 35kV 变电站，内设一台 8000kVA 35/10kV 变压器，10kV 采用单母线接线，采用放射、树干等方式向厂区内各设施供电。

3.9.4 自动化监测与控制工程

本项目采用 DCS 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，完成对主要工艺过程的检测。在吸附淋洗厂房的控制室设置 DCS 系统主站，在其他子项设 DCS 系统分站或远程检测仪表，在倒班宿舍区的综合设施设置中心控制室，达到现场无人值守，通过远程控制操作、视频监视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，同时信号远处至呼和浩特中心控制室，实现工艺过程远程监视等功能。

3.9.5 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

厂内道路采用沥青混凝土路面、立道牙，采用棋盘型布置方式，道路面宽度为 6m，道路转弯半径不小于 12m。

从达日罕乌拉苏木沿现状道路的路径，经倒班宿舍区修建至水冶厂的厂外道路，总长度约 16km。修建的场外道路采用四级技术标准：路基宽 8.0m，路面宽 6.0m，路面型式采用沥青路面。在穿过公路边沟处修筑涵洞，两侧修筑边沟。

3) 主要运输及称量设备

本项目新增运输及称量设备主要为现场指挥车 1 辆、现场巡视车 2 辆、中型客车 1 辆、生活保障车 1 辆、装载车 1 辆、产品车 2 辆、地中衡 1 台。

3.9.6 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 20346m²。

3.10 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硫酸、碳酸氢钠、碳酸钠、氢氧化钠、树脂、P204、TBP、磺化煤油等。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 3.10-1。

表 3.10-1 主要原辅材料消耗表

序号	名称	规格	单位	年用量
1	硫酸	92.5%	t/a	123696
2	碳酸氢钠	固体	t/a	193.00
3	碳酸钠	固体	t/a	964.00
4	氢氧化钠	固体	t/a	591.00
5	树脂	201×7 强碱性阴离子树脂	t/a	20.00
6	P204+TBP	萃取剂	t/a	12.00
7	磺化煤油	萃取剂	t/a	8.00

3.11 运行期污染物产生及处理

3.11.1 放射性污染物

1) 气载流出物

本项目气载流出物主要来自集液罐、吸附淋洗厂房、萃取沉淀厂房和蒸发池。

(1) 集液罐废气

集液罐用于收集和暂存浸出液，浸出液自抽出井抽出时，挟带和溶解了一定量的 ^{222}Rn 气体，经管道集中于集液罐时， ^{222}Rn 通过集液罐排气孔集中释放至大气扩散稀释。

本项目年产“111”铀金属量与通辽钱IV地浸采铀工程相同，浸出液抽液量为 1720.43 万 m^3/a ，区域地下水中 ^{222}Rn 浓度为 2020Bq/L，均与钱IV地浸工程（抽液量 1619.43 万 m^3/a 、地下水 ^{222}Rn 浓度 2028Bq/L）处于同一水平。根据钱IV地浸工程集液罐排气孔 ^{222}Rn 浓度监测结果，其 ^{222}Rn 浓度扣除本底值后为 (30.7~38.2) kBq/m^3 。保守考虑，取 ^{222}Rn 浓度 38.2 kBq/m^3 ，排气孔流量为 0.57 m^3/s ，则生产过程中集液罐 ^{222}Rn 排放量为 $6.58 \times 10^{11}\text{Bq}/\text{a}$ 。

(2) 吸附淋洗厂房废气

本项目吸附淋洗厂房内吸附塔区、淋洗塔区、试剂配制区等生产区在生产过程中会产生氦气，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。

根据巴彦乌拉地浸工程近三年流出物和环境监测报告，水冶厂吸附淋洗

间排气筒处氡浓度扣除本底值后为 25.9~44.9Bq/m³，保守取 44.9Bq/m³，本项目吸附淋洗厂房生产区全面通风量为 340000m³/h，则吸附淋洗厂房氡气释放量约为 1.34×10¹¹Bq/a。

（3）萃取沉淀厂房废气

本项目萃取沉淀厂房内萃取、反萃、产品过滤等生产区产生的氡气，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。

根据巴彦乌拉地浸工程近三年流出物和环境监测报告，水冶厂萃取沉淀间排气筒内氡浓度扣除本底值后为 20.9~37.5Bq/m³，保守取 37.5Bq/m³，本项目萃取沉淀厂房生产区全面通风量为 274000m³/h，则萃取沉淀厂房氡气释放量约为 1.17×10¹⁰Bq/a。

（4）蒸发池废气

蒸发池废液蒸发时，其中溶解的 ²²²Rn 随之挥发，析出一定量的 ²²²Rn，生产期间，蒸发池中 ²²²Rn 释放主要来自生产废水蒸发时水中吸附的 ²²²Rn 的释放。

根据生态环境部核基地项目，七三九厂蒸发池水面氡析出率为 0.036~0.059Bq/m² s，保守取 0.059Bq/m² s，本项目蒸发池面积为 56000m²，则蒸发池释放的 ²²²Rn 量为 1.04×10¹¹Bq/a。

2) 液态流出物

本项目液态流出物主要为工艺废水、流散浸出液和洗井废水。

（1）工艺废水

本项目工艺废水主要包括吸附尾液、反冲废水、洗涤废水、解毒尾液和沉淀母液，产生量为 275.30m³/d，U_{天然}浓度约 0.5mg/L，该废水不外排，全部排入蒸发池处理，水平衡图见图 3-11-1。

吸附尾液：本项目大部分吸附尾液 48401.21m³/d（约 98.47%）经过滤后直接返回配液罐配置浸出剂，部分吸附尾液约 538.75m³/d 用于淋洗剂配置，部分吸附尾液约 22.56m³/d 回用于贫树脂反冲洗，其余部分约 191.47m³/d 直接排入蒸发池。

解毒尾液：本项目对贫树脂进行解毒工序中产生解毒尾液，产生量为

4.51m³/d，排入蒸发池处理。

反冲废水：本项目少部分吸附尾液回用于贫树脂反冲洗，在反冲洗过程中产生反冲废水，产生量约 22.56m³/d，排入蒸发池处理。

洗涤废水：本项目饱和有洗涤工序会产生洗涤废水，洗涤废水经有机相回收池进行有机相回收，产生的饱和有机相重新进入饱和有洗涤工序，剩余的洗涤废水约 48.22m³/d 排入蒸发池处理。

沉淀母液：本项目在沉降过滤工序会产生沉淀母液，产生量为 34.17m³/d，其中，25.63m³/d 回用配置反萃取剂，剩余 8.54m³/d 排入蒸发池处理。

本项目新建 8 座蒸发池，单座蒸发池底净尺寸为 90m×78m，实际净蒸发面积 56000m²，有效池深 1.2m，留有一定裕度，防止溶液外溢，蒸发池周围修建围堤。蒸发池底及边坡铺设钠基膨润土垫及 HDPE 土工膜（膜厚 1.5mm，双面加糙）进行防渗，土工膜上部铺设 0.5m 厚回填土作为保护层，池壁利用混凝土砖进行护砌。此外，蒸发池设置渗漏检测装置，并在周围设有地下水监测井。

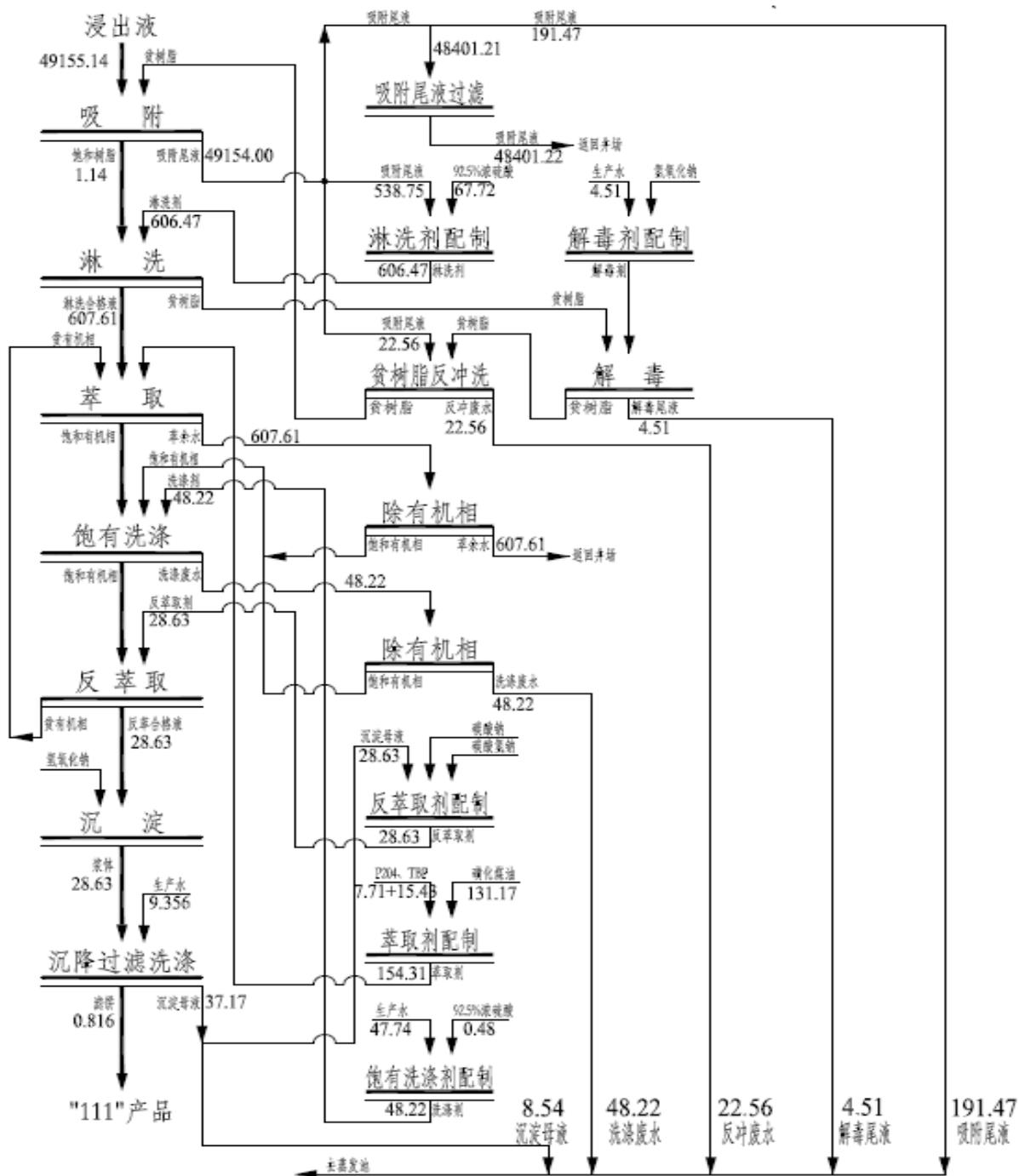


图 3.11-1 水冶工艺水平衡图（单位： m^3/d ）

(2) 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，不可避免的会出现部分浸出剂流散至井场外。类比巴彦乌拉地浸工程浸出液监测结果，见表 3.11-1。

表 3.11-1 巴彦乌拉地浸工程浸出液样品监测结果

监测项目	pH	U (mg/L)	²²⁶ Ra (Bq/L)	Fe ³⁺ (mg/L)	Mn (mg/L)	As (mg/L)
浓度	1.34	13.95	0.66	78.77	31.5	2.12
监测项目	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Mo (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	/
浓度	528.84	738.45	2.01	20760	597.21	

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。

②加大含矿含水层地质勘查，增强地质条件的熟悉程度，可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层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的控制。

(3) 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。

本项目洗井废水采用移动式环保洗孔工作站处理，该洗孔工作站是专门用于收集、处理洗井废水的环保设备，从其工作原理来看，该设备起到了收集、储存、运输、澄清等功能，澄清液回收至集液罐，废渣排入蒸发池处理。

(4) 实验废水

本项目设有分析测试中心，负责水冶厂及井场的日常化学分析工作，化学分析实验及试剂瓶冲洗等过程会产生少量废水，产生量约 2.5m³/d，经收集后排入蒸发池处理。

3) 含放射性核素的固体废物

本项目产生的含放射性核素的固体废物主要是蒸发池残渣、钻井泥浆、废旧设备及零配件等。

(1) 蒸发池残渣

蒸发池残渣是蒸发池蒸发放射性废水后遗留在池底的固体废物，其中放射性核素来源主要为废水中核素残留、浸出液处理残渣和洗井废渣。蒸发池放射性残渣由两部分组成。一是土工膜以上的蒸发池构筑物，主要为 50cm 厚的回填土，蒸发池底面积为 56000m²，则回填土量为 28000m³，残渣比重按 1.5t/m³ 计，计算得到残渣质量约为 42000t；二是浸出液处理残渣和洗井废渣，产生量约为 0.9t/a，合计为 9.9t。因此，蒸发池残渣总产生量为 42009.9t。

蒸发池残渣中 $U_{\text{天然}}$ 总活度计算如下：

① 废水蒸发所致蒸发池底残渣比活度

根据蒸发池蒸发的水量及蒸发池结构，估算了生产结束后由于放射性废水蒸发遗留的 $U_{\text{天然}}$ 的总活度，计算方法如下：

$$Q = W \times C_w \times 25.2 \times 1000 \quad (3.11-1)$$

式中：

Q ：生产期间放射性废水蒸发遗留的 $U_{\text{天然}}$ 总活度，Bq；

W ：生产期间蒸发总水量，m³，本项目为 $(275.30+2.5) \times 350 \times 12 = 1166760\text{m}^3$ ；

C_w ：蒸发废水中 $U_{\text{天然}}$ 的浓度，mg/L，取吸附尾液浓度 0.5mg/L；

25.2：1mg $U_{\text{天然}}$ 对应的活度，Bq/1mg $U_{\text{天然}}$ ；

计算可知，本项目蒸发池放射性废水蒸发遗留的 $U_{\text{天然}}$ 的总活度为 $1.47 \times 10^{10}\text{Bq}$ 。

② 浸出液处理残渣和洗井废渣

浸出液及吸附尾液过滤工序会产生少量浸出液处理残渣，机械洗井过程中会产生少量洗井废渣，浸出液处理残渣和洗井废渣产生量共约 9.9t，其 $U_{\text{天然}}$ 比活度约为 3705Bq/kg，则 $U_{\text{天然}}$ 总活度为 $3.67 \times 10^7\text{Bq}$ 。为满足浸出液处理残渣和洗井废渣的暂存要求，本项目选取 1 座蒸发池隔离部分区域，在处理蒸发池废水的同时，用于暂存浸出液处理残渣和洗井残渣。

综上所述，生产结束后蒸发池中 $U_{\text{天然}}$ 放射性总活度为 $1.47 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，放射性固废废物量约为 42009.9t。

③残渣比活度

根据上述分析得到的生产结束后蒸发池残渣质量和残渣总活度，计算可得到蒸发池残渣中 $U_{\text{天然}}$ 质量浓度约为 $13.9 \text{mg} (U_{\text{天然}}) / \text{kg} (\text{土壤})$ ，相当于铀矿冶行业表外废石中的铀含量水平，其退役治理可按照铀矿冶行业常规放射性固废开展，如集中挖除统一填埋或分别就地掩埋等。

（2）钻井泥浆

本项目备采区生产井的施工过程中会产生一定量的钻井泥浆，处置措施与施工期处置措施相同，详见 5.2.3 节。

钻井泥浆经处理后产生的固体废物包括岩屑和泥饼，产生量约为 21059.8m^3 ，统一运至泥饼池进行集中处理，然后覆土植草，恢复地貌。类比同矿层的巴彦乌拉地浸工程生产井施工过程中钻井泥浆监测数据，其 $U_{\text{天然}}$ 含量为 19.3mg/kg 。

（3）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管道、阀门、水泵、过滤器等放射性固体废物，产生量约 4t/a 。对于产生的废旧设备及零配件等，经简单去污后暂存于固体废物库，待退役时去污解控或运至审管部门认可的废旧金属处理中心处理。

3.11.2 非放射性污染物

1) 非放射性废气

（1）厂房废气

本项目吸附淋洗厂房中淋洗工序、萃取压滤厂房中洗涤工序会产生少量硫酸雾，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。

其中，淋洗、洗涤等工序用的硫酸全部密闭在罐体和管线中，且为保持管道的密闭性，管线上设流量计，确保物料始终处于安全控制中。并在装置设备管线连接处采用密封垫片，以减少酸雾的无组织排放。总体来看，厂房中的硫酸雾排放量较小，可忽略不计。

（2）硫酸库废气

本项目硫酸库设置 10 个硫酸储罐（9 用 1 备），型号为 DN8000×6000 立式储罐，罐区硫酸雾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。

①呼吸排放量

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。估算公式见公式 3-2。

$$LB = 0.191 \times M \left(\frac{P}{100910 - P} \right)^{0.68} \times D^{1.73} \times H^{0.51} \times \Delta T^{0.45} \times FP \times C \times KC \quad (3.11-2)$$

式中： LB —固定顶罐的呼吸排放量，kg/a；

M —储罐内蒸气的分子量，98g/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），保守取 50.54Pa；

D —罐的直径，8m；

H —平均蒸气空间高度，0.6m；

ΔT —一天之内的平均温度差，13°C；

FP —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 0.9877；

KC —产品因子，石油原油 KC 取 0.65，其它有机液体取 1.0。

经计算，9 个硫酸储罐总呼吸排放量为 105.79kg/a，即 0.012kg/h。

②工作损失排放量

工作损失排放量为硫酸液体补充过程中，液面逐渐升高，一定量的酸雾从呼吸阀排出，估算公式见公式 3-3。

$$LW = 4.188 \times 10^{-7} \times M \times P \times KN \times KC \times Q \div \rho \quad (3.11-3)$$

式中： LW —工作损失排放量，kg/a；

M —储罐内蒸气的分子量，98g/mol；

P —在大量液体状态下，真实的蒸汽压力，50.54Pa；

KC —产品因子，石油原油 KC 取 0.65，其它有机液体取 1.0；

KN —周转因子，无量纲，取值按年周转次数 K 确定： $K \leq 36$ ， $KN=1$ ； $36 < K \leq 220$ ， $KN=11.467 \times K^{-0.7026}$ ； $K > 220$ ， $KN=0.26$ ；本项目 K 为 27， KN 取 1；

Q —物料投入量，123696t/a；

ρ —物料相对密度，1.84g/cm³；

经计算，硫酸储罐总呼吸排放量为 139.45kg/a，即 0.016kg/h。因此，两种方式硫酸雾无组织排放量合计为 0.028kg/h。具体参数见表 3.11-2。

表 3.11-2 硫酸储罐呼吸排放估算参数

参数	M	P	D	H	ΔT	FP	C	KC	周转次数	KN	投入量	密度
单位	g/mol	Pa	m	m	°C	/	/	/	次	/	t/a	g/cm ³
取值	98	50.54	8	0.6	13	1.25	0.9877	1	27	0.53	123696	1.84

③排气量

本项目向储罐补充硫酸时补充速率约 60m³/h。在硫酸液体补充过程中，硫酸储罐内的气体经呼吸阀排出，其排气量与液体补充速率一致，为 60m³/h。

2) 非放射性废水

本项目非放射性废水主要为水冶厂和倒班宿舍区的生活污水，污水总量约 34.10m³/d，其中水冶厂污水量 21.62m³/d，倒班宿舍区污水量 12.48m³/d。废水中的主要污染物为氨氮及 BOD₅ 等。

因水冶厂和倒班宿舍区距离较远，本项目拟在水冶厂区和倒班宿舍区各设置一套地埋式一体化污水处理设施，采用 MBR（膜生物反应器）工艺，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、道路清扫等标准，用于场地绿化和道路降尘。

3) 非放射性固体废物

本项目非放射性固体废物包括实验室废物和生活垃圾。

(1) 实验室废物

本项目分析测试中心会产生少量的废旧试剂瓶，产生量约 0.2t/a。根据《国家危险废物名录》（2021 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。

（2）生活垃圾

生活垃圾由工作人员日常生活产生，本项目劳动定员 80 人，按每人 0.8kg/d 定额估算，则生活垃圾产生量约为 23.4t/a，生活垃圾集中存放指定地点，定期由垃圾处理车外运处理。

4) 噪声

本项目噪声源主要为井场和水冶厂的潜水泵、离心泵、风机等，单机噪声源强均 $\leq 100\text{dB}(\text{A})$ 。

对于噪声的防治，各种设备均选用低噪声环保设备，对风机、水泵及空压机等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 $\leq 60\text{dB}(\text{A})$ ，夜间 $\leq 50\text{dB}(\text{A})$ 。

3.11.3 归一化排放量符合性分析

经计算，本项目放射性流出物 ^{222}Rn 归一化排放量为 $2.23 \times 10^{11}\text{Bq}/100\text{t}(\text{U})$ ，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 $7 \times 10^{12}\text{Bq}/100\text{t}(\text{U})$ 的限值要求。

3.12 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) 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，有效地减小了物料的跑冒滴漏，抑制了废气的无组织排放。

2) 本项目工艺废水大部分循环利用，其中，大部分吸附尾液经处理后返回配置浸出剂回用于地浸生产。

3) 通过科学设置生产钻孔、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。

4) 水冶厂内生产区及灌区地面全部水泥硬化，集配液罐和硫酸库区均设围堰，地表各种钢筋混凝土池体内部均内衬玻璃钢防腐蚀面层，防止料液泄漏入渗地下水。

5) 蒸发池采用土工膜+粘土的复合防渗结构，并在底部设置检漏装置，可有效防止蒸发池的渗漏入渗地下水。

6) 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

根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015年），内蒙古自治区及锡林郭勒盟地区的天然放射性本底值见表4.1-1和表4.1-2。

表4.1-1 环境天然贯穿辐射剂量率监测结果

序号	区域	室外剂量率(nGy/h)	
		范围	均值
1	锡林郭勒盟地区	25.2~113.0	54.3
2	内蒙古自治区	9.6~186.2	54.5

表4.1-2 地区水体、土壤及底泥天然放射性本底值

项目		U	²²⁶ Ra
地表水	内蒙古自治区河流	0.06~13.35μg/L	<0.94~77.40mBq/L
地下水	锡林郭勒盟地区	10.4~101.6μg/L	0~178mBq/L
土壤	锡林郭勒盟地区	0.37~3.22mg/kg	8.33~42.87Bq/kg

另外，根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015年），全国室外氡平均浓度变化范围为3.3~40.8Bq/m³。

4.2 监测目的

环境现状监测的目的是为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2022年12月，第二次监测时间为2023年3月。核工业东北分析测试中心具有计量认证合格证的环境监测机构，CMA证书编号为180021121425，有效期至2024年5月8日，所出具的监测报告是有效的。

本次环境监测的介质主要有环境空气、地下水、土壤、生物、声环境。

监测内容主要包括：

- 1) 空气：氡气、TSP、硫酸雾；
- 2) 氡析出率；
- 3) γ 辐射空气吸收剂量率；
- 4) 地下水： $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{230}Th 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、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： $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、pH、As、Cd、Hg、Pb、Cr、 Cr^{6+} 、Zn、Ni、Cu；
- 6) 生物： $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po ；
- 7) 声环境：等效声级 L_{Aeq} ；

本项目周边环境质量监测方案见表 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

环境介质	监测项目	监测位置	点位数量 (个)	监测频次及要求
空气	氡气	①首采区井场、拟建水冶厂各布置 1 个； ②居民点：牧民 1、牧民 2； ③对照点：哈让贵音准。	5	连续监测 3 天，牧民 1、牧民 2 每日 24h，其余点位每日 1 次；记录监测时气象状况。
	TSP、硫酸雾	①首采区井场、拟建水冶厂各布置 1 个； ②居民点：牧民 2； ③对照点：哈让贵音准。	4	连续监测 3 天，TSP 取 24h 平均值。其余取 1h 平均值。
	氡析出率	①首采区井场、拟建水冶厂、拟建蒸发池各布置 1 个。	3	连续监测 3 天，每日 1 次。

环境介质	监测项目	监测位置	点位数量 (个)	监测频次及要求
	γ 辐射空气吸收剂量率	①首采区井场、拟建水冶厂、拟建蒸发池、备采区井场 1、备采区井场 2 各布置 1 个； ②居民点：牧民 1、牧民 2； ③对照点：哈让贵音准。	8	监测 1 次
地下水	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{230}Th 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、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}	①潜水含水层：牧民 1（对照点）、牧民 2、牧民 5、巴彦图古日格嘎查、哈让贵音准各布设 1 个； ②含矿含水层：勘探水文孔 CSZK1、CSZK2、CSZK3、CSZK4 各布设 1 个。	潜水层：5 含矿层：4	监测 1 次
土壤	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、pH、As、Cd、Hg、Pb、Cr、 Cr^{6+} 、Zn、Ni、Cu	①首采区井场、备采区井场 1、备采区井场 2、拟建蒸发池、拟建水冶厂、输运管线附近各布置 1 个； ②居民点：牧民 2 附近； ③对照点：哈让贵音准。	8	每个监测点位取 1 个混合样。
生物	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po	①首采区井场； ②居民点：牧民 2 附近； ③对照点：哈让贵音准。	3	牧草
噪声	等效声级 L_{Aeq}	①拟建水冶厂边界处布置 1 个； ②牧民 2 布置 1 个。	2	连续监测 2 天，每日昼夜各 1 次。

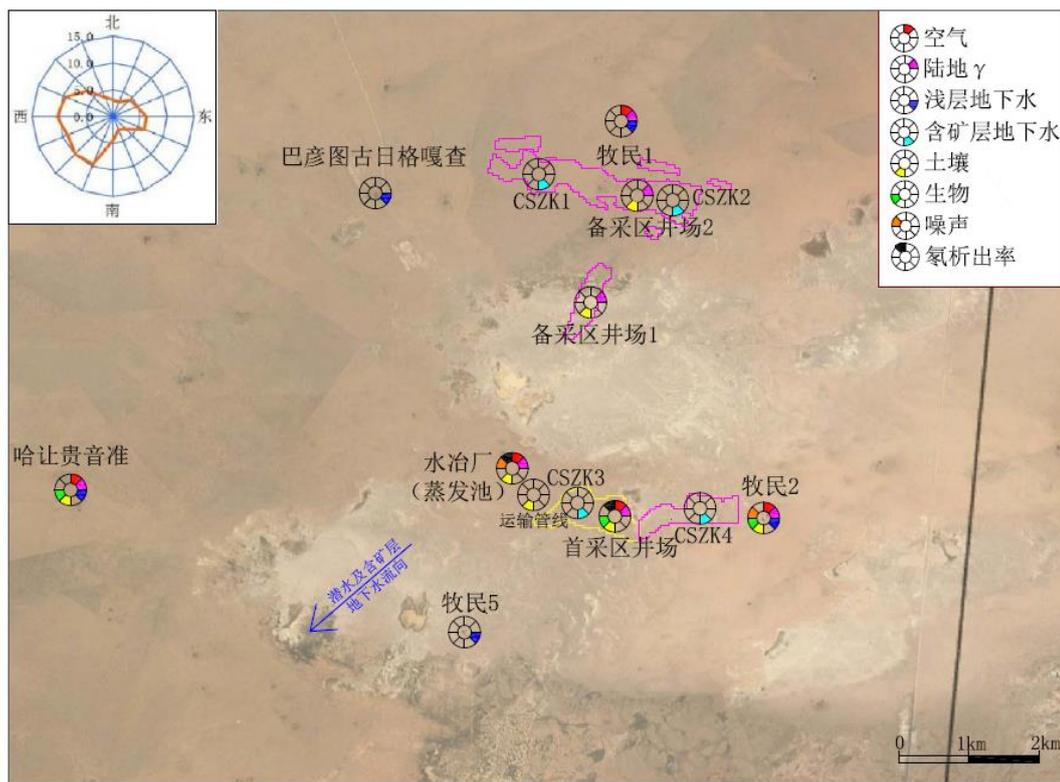


图 4.3-1 监测布点图

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，包括采用记录、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	$3.7\text{Bq}/\text{m}^3$
	$\text{U}_{\text{天然}}$	《环境样品中微量铀的分析方法》HJ840-2017	微量铀分析仪	$0.02\text{ng}/\text{m}^3$
	TSP	《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》HJ1263-2022	电子天平	$7\mu\text{g}/\text{m}^3$
	硫酸雾	《固定污染源废气 硫酸雾的测定 离子色谱法》HJ544-2016	离子色谱仪	$0.005\text{mg}/\text{m}^3$
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	$0.001\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{S})$
陆地 γ	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	$10\text{nGy}/\text{h}$
水质	$\text{U}_{\text{天然}}$	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》 HJ700-2014	电感耦合等离子体质谱仪	$0.04\mu\text{g}/\text{L}$
	$\text{Th}_{\text{天然}}$			$0.05\mu\text{g}/\text{L}$
	^{230}Th	《放射性核素的 α 能谱分析方法》GB/T16141-1995	α 能谱仪	$10\text{mBq}/\text{L}$
	^{226}Ra	《水中镭-226 的分析测定》GB/T11214-1989	镭氡分析仪	$2\text{mBq}/\text{L}$
	^{210}Po	《水中钋-210 的分析方法》HJ813-2016	α 能谱仪	$1\text{mBq}/\text{L}$
	^{210}Pb	《水中铅-210 的分析方法》EJ/T859-1994	二路低本底 α 、 β 测量仪	$1\text{mBq}/\text{L}$
	CO_3^{2-}	《地下水水质检验方法 滴定法测定碳酸根、重碳酸根、氢氧根》DZ/T0064.49-2021	滴定管	$5\text{mg}/\text{L}$
	HCO_3^-			$5\text{mg}/\text{L}$
	Cl^-	《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	$0.007\text{mg}/\text{L}$
	SO_4^{2-}			$0.018\text{mg}/\text{L}$
	F^-			$0.006\text{mg}/\text{L}$
	NO_3^-			$0.016\text{mg}/\text{L}$
	NO_2^-			$0.016\text{mg}/\text{L}$
PO_4^{3-}	$0.051\text{mg}/\text{L}$			

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
水质	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
	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
	Hg	《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	0.04μg/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
	As			0.12μg/L
	Mn			0.12μg/L
	Mo			0.06μg/L
	Zn			0.67μg/L
	氨氮	《水质 氨氮的测定 水杨酸分光光度法》HJ536-2009	分光光度计	0.025mg/L
	总硬度	《地下水水质检验方法 乙二胺四乙酸二钠滴定法测定硬度》DZ/T0064.15-2021	滴定管	5mg/L
	TDS	《地下水水质检验方法 溶解性固体总量的测定》DZ/T0064.9-2021	电子天平	5mg/L
	高锰酸盐	《水质 高锰酸盐指数的测定》GB/T 11892-1989	滴定管	0.5mg/L
	Fe ²⁺	《地下水水质分析方法 第 23 部分：铁量的测定二氮杂菲分光光度法》DZ/T 0064.23-2021	分光光度计	0.04mg/L
	Fe ³⁺			0.04mg/L
pH	《水质 pH 值的测定 玻璃电极法》GB/T6920-1986	酸度计	/	

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
土壤	^{226}Ra	《岩石样品 ^{226}Ra 的测定 射气法》GB/T13073-2010	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	2ng/g
	As			0.01 $\mu\text{g/g}$
	Cr	《土壤质量 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法》HJ491-2009	原子吸收分光光度计	5 $\mu\text{g/g}$
	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	0.5 $\mu\text{g/g}$
	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	0.003 $\mu\text{g/g}$
	Cd			0.02 $\mu\text{g/g}$
	Pb			0.1 $\mu\text{g/g}$
	Cu			0.2 $\mu\text{g/g}$
	Ni			1 $\mu\text{g/g}$
Zn	2 $\mu\text{g/g}$			
pH	《土壤 pH 值的测定 电位法》HJ962-2018	酸度计	/	
生物	$\text{U}_{\text{天然}}$	《环境样品中微量铀的分析方法》HJ840-2017	微量铀分析仪	0.1 $\mu\text{g/kg}$
	^{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	《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》GB/T16145-2020	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	α 能谱仪	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

4.4.1.1 氡浓度

本项目环境空气中氡浓度监测结果分别见表 4.4-1。由表可知，项目所在地及周边居民点的氡浓度监测结果为（8.22~10.20）Bq/m³，与对照点（哈让贵音准）氡浓度相当，且处于全国水平范围内。

表 4.4-1 氡浓度监测结果

序号	监测地点	氡浓度（Bq/m ³ ）	
		第一次	第二次
1	首采区井场	9.70~10.20	9.69~10.0
2	拟建水冶厂	8.22~8.92	8.57~8.93
3	牧民 1	8.41~9.24	8.73~9.26
4	牧民 2	8.32~9.13	8.46~9.29
5	哈让贵音准（对照点）	8.42~8.93	8.52~8.90
《中国环境天然放射性水平》（2015）全国		3.3~40.6	

4.4.1.2 TSP 浓度

本项目环境空气中 TSP 浓度监测结果见表 4.4-2。由表可知，项目所在地及周边居民点的 TSP 日均浓度范围值为（83~111）μg/m³，监测结果均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求。

表 4.4-2 空气中 TSP 浓度监测结果 单位：μg/m³

序号	监测点	监测结果	
		第一次	第二次
1	首采区井场	85~109	89~90
2	拟建水冶厂	83~92	87~91
3	牧民 2	98~111	103~111
4	哈让贵音准（对照点）	100~105	104~108
GB3095-2012 二级标准		300	

4.4.1.3 硫酸雾浓度

本项目环境空气中硫酸雾浓度监测结果见表 4.4-3。由表可知，项目所在地及周边居民点的硫酸雾均为未检出，监测结果均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求。

表 4.4-3 空气中硫酸雾浓度监测结果 单位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

序号	监测点	监测结果	
		第一次	第二次
1	首采区井场	ND	ND
2	拟建水冶厂	ND	ND
3	牧民 2	ND	ND
4	哈让贵音准（对照点）	ND	ND
HJ 2.2-2018 附录 D 相关限值		300	

4.4.2 γ 辐射空气吸收剂量率

本项目 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果见表 4.4-4。由表可知，项目所在地及周边居民点 γ 辐射空气吸收剂量率范围值为（50~75）nGy/h，与对照点（哈让贵音准）及锡林郭勒盟地区（25.2~113.0）nGy/h 处于同一水平。

表 4.4-4 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	监测地点	监测结果（nGy/h）	
		第一次	第二次
1	首采区井场	56	60
2	拟建水冶厂	67	75
3	牧民 1	57	53
4	牧民 2	50	74
5	拟建蒸发池	70	75
6	备采区井场 1	65	58
7	备采区井场 2	60	60
8	哈让贵音准（对照点）	48	68
《中国环境天然放射性水平》（2015 年）锡盟		25.2~113.0	

注：监测结果已扣除宇宙射线。

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 4.4-5。由该表可知，地表氡析出率为（0.0092~0.0162）Bq/m² s。

表 4.4-5 氡析出率监测结果 单位：Bq/m² s

序号	监测地点	²²² Rn 析出率	
		第一次	第二次
1	首采区井场	0.0125~0.0145	0.0152~0.0162
2	拟建水冶厂	0.0098~0.0108	0.0121~0.0137
3	拟建蒸发池	0.0092~0.0097	0.0107~0.0114

4.4.4 地下水环境

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 4.4-6。由表可知，潜水含水层地下水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度范围为（12.18~45.65） $\mu\text{g/L}$ ，处于锡林郭勒盟地区地下水本底范围； ^{226}Ra 浓度范围为（14.50~223.43） mBq/L ，其中牧民 2 处地下水中 ^{226}Ra 浓度略高于区域本底，其他监测点位 ^{226}Ra 浓度处于区域本底范围内； ^{210}Po 浓度范围为（3.05~27.66） mBq/L ， ^{210}Pb 浓度范围为（13.84~38.47） mBq/L 。

表 4.4-6 潜水含水层地下水放射性核素含量监测结果

监测点位	监测次数	$U_{\text{天然}}$ ($\mu\text{g/L}$)	^{226}Ra (mBq/L)	^{210}Po (mBq/L)	^{210}Pb (mBq/L)
牧民 2	第一次	41.71	188.71	25.85	27.80
	第二次	45.65	223.43	27.66	38.47
牧民 5	第一次	17.86	84.55	3.05	35.37
	第二次	19.04	82.16	11.02	28.47
巴彦图古 日格嘎查	第一次	12.18	37.35	15.66	25.11
	第二次	12.97	34.62	17.74	26.15
哈让贵音 准	第一次	37.94	14.50	7.85	14.77
	第二次	38.24	16.68	4.65	13.84
牧民 1 (对照点)	第一次	22.20	28.34	8.66	18.69
	第二次	25.51	30.02	9.65	20.60
《中国环境天然放射性水平》（2015 年）锡盟		10.40~101.6	2~178	/	/

(2) 含矿含水层

本项目含矿含水层地下水监测结果见表 4.4-7。由表可知，含矿含水层地下水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度范围为（3.21~22.04） $\mu\text{g/L}$ ，与勘探阶段监测结果基本处于同一水平。 ^{226}Ra 浓度范围为（122~793） mBq/L ， ^{210}Po 浓度范围为（13.62~371.98） mBq/L ， ^{210}Pb 浓度范围为（46.12~582.85） mBq/L 。

表 4.4-7 含矿含水层地下水放射性核素含量监测结果

监测点位	监测次数	U _{天然} (μg/L)	²²⁶ Ra (mBq/L)	²¹⁰ Po (mBq/L)	²¹⁰ Pb (mBq/L)
CSZK1	第一次	6.16	777	193.39	385.47
	第二次	7.75	785	371.98	582.85
CSZK1	第一次	3.21	587	39.28	130.21
	第二次	3.75	620	20.56	57.22
CSZK1	第一次	20.75	122	13.62	46.12
	第二次	22.04	126	31.60	77.85
CSZK1	第一次	9.56	661	93.03	424.91
	第二次	10.12	793	81.82	361.02
勘探阶段数据		0.57~17.30	/	/	/

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 4.4-8。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/T 14848-2017）中Ⅲ类标准，个别因子背景值较高。其中，pH 满足Ⅳ类标准，Na⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、F⁻、NO₃⁻、As、Mn、总溶解性固体和总硬度满足Ⅴ类标准。

表 4.4-8 居民点地下水非放射性指标分析结果

监测项目	监测次数	牧民 2	牧民 5	巴彦图古	哈让贵音准	牧民 1 (对照点)	标准
pH	第一次	7.62	6.41	8.16	8.68	7.16	6.5~8.5
	第二次	7.30	7.32	8.27	8.69	7.25	
K ⁺ (mg/L)	第一次	23.40	14.37	6.43	2.54	20.99	/
	第二次	23.29	20.93	6.01	2.55	22.80	
Na ⁺ (mg/L)	第一次	1985	1550	590	470	981	200
	第二次	2051	1863	616	472	1003	
Ca ²⁺ (mg/L)	第一次	72.86	340	10.01	7.16	133	/
	第二次	75.01	350	10.37	7.24	127	
Mg ²⁺ (mg/L)	第一次	37.68	219	6.01	4.92	84.99	/
	第二次	38.63	245	5.32	5.05	82.65	
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	47.94	ND	/
	第二次	ND	ND	ND	51.35	ND	

HCO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	1381	994	757	693	1010	/
	第二次	1281	879	756	667	1037	
Cl ⁻ (mg/L)	第一次	1994	2370	332	140	1046	250
	第二次	2133	3132	350	149	1034	
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	第一次	722	976	234	201	554	250
	第二次	713	1020	228	212	548	
F ⁻ (mg/L)	第一次	0.39	0.46	2.38	1.85	0.42	1
	第二次	0.88	0.38	2.58	2.02	0.40	
NO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	12.9	ND	29.21	4.73	3.13	20
	第二次	8.13	0.39	30.46	5.19	3.43	
NO ₂ ⁻ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	1
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	
As (μg/L)	第一次	13.54	32.42	50.00	77.48	11.61	10
	第二次	11.43	27.96	48.44	79.22	12.26	
Hg (μg/L)	第一次	0.11	ND	0.17	ND	0.10	1
	第二次	0.10	0.18	0.20	ND	0.12	
Cr ⁶⁺ (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	50
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	
Zn (μg/L)	第一次	4.99	7.08	13.94	4.03	1.05	1000
	第二次	9.53	7.39	11.37	4.00	0.91	
Cu (μg/L)	第一次	9.09	6.21	3.51	1.91	2.99	1000
	第二次	6.42	4.09	3.58	1.83	3.28	
Pb (μg/L)	第一次	0.26	0.09	0.13	ND	0.30	10
	第二次	0.16	ND	0.12	ND	0.23	
Cd (μg/L)	第一次	0.26	0.06	ND	ND	ND	5
	第二次	0.11	ND	ND	ND	ND	
Mn (mg/L)	第一次	0.013	2.514	0.003	0.007	0.631	0.1
	第二次	0.033	2.226	0.003	0.007	0.589	
Mo (μg/L)	第一次	7.66	2.70	13.52	5.93	20.57	70
	第二次	8.97	3.88	13.62	5.80	21.22	
Fe (mg/L)	第一次	ND	ND	0.068	ND	0.015	0.3
	第二次	0.014	ND	0.072	0.024	0.012	
氨氮 (mg/L)	第一次	0.093	0.095	ND	ND	0.052	0.5
	第二次	0.051	0.139	ND	ND	0.060	

总溶解性固体 (mg/L)	第一次	5581	6028	1601	1233	3330	1000
	第二次	5684	7075	1626	1220	3340	
总硬度 (mg/L)	第一次	337	1755	50	38	684	450
	第二次	347	1887	48	10	659	
COD _{Mn} (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	1.05	3
	第二次	ND	0.57	ND	ND	1.18	

(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 4.4-9。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/T 14848-2017）中 III 类标准，个别因子背景值较高。其中，pH、As、Mn、氨氮满足 IV 类标准，Na⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、Fe、NO₃⁻、总溶解性固体和总硬度满足 V 类标准。根据地勘报告，该区域含矿含水层地下水水化学类型为 Cl HCO₃-Na 或 HCO₃-Na 型水，本次监测的 SO₄²⁻和总溶解性固体处于区域本底水平范围内。

表 4.4-9 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	CSZK1	CSZK2	CSZK3	CSZK4	勘探阶段数据	标准
pH	第一次	6.93	7.00	8.85	7.40	/	6.5~8.5
	第二次	7.01	7.45	9.54	7.33		
K ⁺ (mg/L)	第一次	18.95	13.34	52.83	8.40	/	/
	第二次	19.93	14.45	58.24	9.29		
Na ⁺ (mg/L)	第一次	1050	840	350	284	/	200
	第二次	930	864	348	296		
Ca ²⁺ (mg/L)	第一次	130	146	13.63	143	/	/
	第二次	119	155	6.76	139		
Mg ²⁺ (mg/L)	第一次	97.65	95.75	22.11	61.45	/	/
	第二次	98.00	98.17	20.96	62.76		
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	第一次	ND	ND	61.46	ND	/	/
	第二次	ND	ND	148.43	ND		
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	1000	1180	381	980	/	/
	第二次	1143	1262	362	961		
Cl ⁻ (mg/L)	第一次	1200	854	214	193	/	250
	第二次	894	830	223	229		
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	第一次	549	456	169	140	111.43~ 1169.07	250
	第二次	533	457	176	139		

F ⁻ (mg/L)	第一次	0.12	0.21	2.03	0.19	/	1
	第二次	0.17	0.14	3.88	0.21		
NO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	2.92	0.91	65.70	0.04	/	20
	第二次	2.20	0.21	64.04	0.22		
NO ₂ ⁻ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	/	1
	第二次	ND	ND	ND	ND		
As (μg/L)	第一次	15.63	12.58	16.35	20.42	/	10
	第二次	36.18	17.87	15.04	14.35		
Hg (μg/L)	第一次	0.11	0.09	0.12	0.13	/	1
	第二次	0.19	0.18	0.18	0.18		
Cr ⁶⁺ (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	/	50
	第二次	ND	ND	ND	ND		
Zn (μg/L)	第一次	44.39	39.40	18.70	13.01	/	1000
	第二次	21.36	14.01	13.15	8.00		
Cu (μg/L)	第一次	4.42	3.72	6.54	1.31	/	1000
	第二次	1.90	1.96	2.49	0.73		
Pb (μg/L)	第一次	0.21	0.14	0.49	0.19	/	10
	第二次	0.09	0.13	0.58	0.10		
Cd (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	/	5
	第二次	ND	ND	ND	ND		
Mn (mg/L)	第一次	0.59	1.30	0.003	1.08	/	0.1
	第二次	0.52	1.03	0.002	1.14		
Mo (μg/L)	第一次	3.59	2.01	24.50	0.71	/	70
	第二次	4.44	4.19	28.80	1.71		
Fe (mg/L)	第一次	1.37	14.84	0.12	4.17	/	0.3
	第二次	1.15	8.32	0.09	3.85		
氨氮 (mg/L)	第一次	1.08	0.67	0.03	0.37	/	0.5
	第二次	0.41	0.57	0.17	0.31		
总溶解性固体 (mg/L)	第一次	3582	3026	1087	1335	2010~ 3910	1000
	第二次	3168	3053	1081	1356		
总硬度 (mg/L)	第一次	728	761	125	613	/	450
	第二次	701	738	98	608		
COD _{Mn} (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	/	3
	第二次	ND	ND	ND	ND		

4.4.5 土壤环境

1) 放射性核素

本项目土壤中 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 监测结果见表 4.4-10。由表可知，项目所在地及周边居民点土壤中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为（1.21~3.60）mg/kg， ^{226}Ra 范围值为（24.56~43.58）Bq/kg，均对照点（哈让贵音准）及锡林郭勒盟地区本底均处于同一水平。

表 4.4-10 土壤放射性核素含量监测结果

序号	采样地点	$U_{\text{天然}}$ (mg/kg)		^{226}Ra (Bq/kg)	
		第一次	第二次	第一次	第二次
1	首采区井场	2.26	2.43	24.56	25.64
2	拟建水冶厂	1.87	2.03	36.74	37.23
3	牧民 2	1.42	1.54	29.46	30.65
4	拟建蒸发池	2.56	2.58	39.41	41.96
5	备采区井场 1	3.28	3.60	41.20	43.58
6	备采区井场 2	1.21	1.21	28.78	26.61
7	运输管线	2.62	2.82	35.95	32.25
8	哈让贵音准（对照点）	3.49	3.30	41.30	42.87
《中国环境天然放射性水平》 (2015 年) 锡盟		0.37~3.22		8.33~42.87	

2) 非放射性因子

本项目土壤中非放射性因子监测结果见表 4-11 和表 4-12。由表可知，项目周围居民点、井场及管线处土壤中非放射性因子监测结果均满足《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、蒸发池处土壤中非放射性因子监测结果均满足《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。

表 4.4-11 土壤非放射性因子含量监测结果（农用地）

监测项目	监测次数	牧民 2	首采区井场	备采区井场 1	备采区井场 2	运输管线	哈让贵音准	农用地标准
pH	第一次	9.25	9.85	10.13	8.43	10.11	8.41	>7.5
	第二次	9.14	9.71	10.12	8.45	9.83	8.49	
As	第一次	1.95	9.64	10.99	8.37	6.36	5.41	25

(mg/kg)	第二次	1.79	10.21	10.09	8.50	5.81	5.29	
Hg (µg/kg)	第一次	24.61	24.8	43.87	24.11	19.99	24.93	3400
	第二次	24.23	26.66	47.80	22.74	19.06	26.05	
Cd (mg/kg)	第一次	0.042	0.200	0.091	0.048	0.086	0.054	0.6
	第二次	0.040	0.120	0.089	0.052	0.092	0.051	
Cu (mg/kg)	第一次	6.85	12.22	16.36	9.10	17.06	10.17	100
	第二次	9.27	12.68	8.01	9.23	16.03	8.10	
Pb (mg/kg)	第一次	12.84	15.66	14.97	14.14	17.38	14.60	170
	第二次	13.95	13.85	17.56	16.30	19.24	11.69	
Cr (mg/kg)	第一次	13.02	36.19	39.56	23.30	43.73	19.71	250
	第二次	15.90	27.21	41.93	22.46	38.49	14.55	
Zn (mg/kg)	第一次	34.48	42.22	51.04	29.29	50.15	32.93	300
	第二次	35.34	43.75	54.09	29.64	50.20	34.04	
Ni (mg/kg)	第一次	6.23	12.64	15.44	7.46	15.71	8.60	190
	第二次	6.97	11.65	6.15	6.57	18.41	5.25	

表 4.4-12 土壤非放射性因子含量监测结果（建设用地）

监测项目	监测次数	拟建水冶厂	拟建蒸发池	建设用地标准
pH	第一次	8.59	8.59	/
	第二次	8.87	8.88	
As (mg/kg)	第一次	2.41	4.80	60
	第二次	2.23	5.13	
Hg (µg/kg)	第一次	55.52	31.74	38000
	第二次	60.23	31.55	
Cd (mg/kg)	第一次	0.071	0.071	65
	第二次	0.076	0.068	
Cu (mg/kg)	第一次	7.72	8.78	18000
	第二次	7.23	6.97	
Pb (mg/kg)	第一次	14.36	14.40	800
	第二次	13.28	14.49	
Cr (mg/kg)	第一次	ND	ND	5.7
	第二次	13.79	14.61	
Zn (mg/kg)	第一次	5.74	5.54	900
	第二次	32.39	32.06	
Ni (mg/kg)	第一次	35.09	30.48	/
	第二次	5.07	4.56	

4.4.6 生物

本次生物样品均为牧草，监测结果见表 4.4-13。项目所在地及周边居民点牧草中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为 (1.57~1.91) $\mu\text{g}/\text{kg}$ ， ^{226}Ra 范围值为 (0.087~0.100) Bq/kg ， ^{210}Pb 范围值为 (0.11~0.16) Bq/kg ， ^{210}Po 范围值为 (0.11~0.15) Bq/kg ，均与对照点（哈让贵音准）处于同一水平。

表 4.4-13 陆生生物放射性核素含量监测结果

采样地点	次数	$U_{\text{天然}}$ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	^{226}Ra (Bq/kg)	^{210}Pb (Bq/kg)	^{210}Po (Bq/kg)
首采区井场	第一次	1.91	0.091	0.14	0.11
	第二次	1.76	0.100	0.13	0.11
牧民 2	第一次	1.62	0.087	0.11	0.13
	第二次	1.57	0.093	0.12	0.15
哈让贵音准 (对照点)	第一次	2.01	0.130	0.16	0.15
	第二次	1.89	0.130	0.14	0.16

4.4.7 声环境

本项目环境噪声监测结果见表 4.4-14。由表可知，项目所在地及周边居民点昼间声级范围值在 (37~42) dB (A) 之间，夜间声级范围值为 (33~38) dB (A)，均满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 中 2 类标准要求。

表 4.4-14 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	37	39~41	33~34	34~37
2	牧民 2	37~38	41~42	33~35	36~38
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

施工期大气污染物主要为施工扬尘和机械废气。

1) 施工扬尘

在整个项目的建设阶段，要进行平整土地、挖土填方、新建（构）筑物等工程，在各项工程的施工过程中，都存在着扬尘的污染。施工场地的扬尘主要包括汽车行驶及其他机械运行时的扬尘、挖填方扬尘、堆料场的起风扬尘及装卸水泥、砂石料等作业扬尘。

2) 机械废气

本项目钻井施工以柴油发电机为动力，其运行时会产生燃油废气；此外，其他机械设备在施工过程中会排放烟气或汽车尾气，其中主要污染物为 SO_2 、 NO_x 和颗粒物。

5.1.2 地表水环境影响因素

施工期的废水排放主要来自施工废水和施工人员的生活污水。

1) 施工废水

施工废水主要为设备清洗和水泥养护排水，排放量较小，主要污染因子为悬浮物、泥沙等，用于施工场地的洒水抑尘。

2) 生活污水

施工期作业人员产生的生活杂用水以及洗漱废水，主要污染物包括氨氮、 BOD_5 ，本项目施工期劳动定员约为 100 人，人均用水量为 $20\text{L}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，排污系数取 0.80，则生活污水产生量约为 $1.6\text{m}^3/\text{d}$ 。

5.1.3 固体废物环境影响因素

施工期固体废物主要为钻孔施工时产生的钻井泥浆、废机油、建筑施工废物和建筑垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。

1) 钻井泥浆

本项目钻孔的施工过程均中会产生一定量的钻井泥浆，钻井泥浆经处理

后产生的固体废物包括岩屑和泥饼，产生量约为 5318.6m³，U_{天然}含量为 19.3mg/kg。

2) 废机油

钻机等施工机械运转过程中会产生少量的废机油，根据《国家危险废物名录》（2021 年版），废机油属于危险废物，其废物类别 HW08。本项目废机油产生量较少，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。

3) 建筑垃圾

项目厂房建设产生的建筑施工废物送至指定的建筑垃圾堆存处，最终统一送建筑垃圾处理场。

4) 生活垃圾

施工期施工人员产生的生活垃圾按每人 0.8kg/d 定额估算，施工期最大同时施工人数为 100 人，生活垃圾产生量合计为 80kg/d。

5.1.4 声环境影响因素

本项目施工期噪声主要来源于钻井机、柴油发电机、泥浆泵、挖掘机、搅拌机、除砂机以及施工车辆等在运行、作业过程中产生的各种噪声。各设备产生的单台最大噪声值不超过 100dB（A）。

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，此外施工过程中涉及土地平整及土方开挖，可能会带来一定的水土流失。

5.2 环境影响分析

5.2.1 大气环境影响分析

1) 施工扬尘

本项目施工期在进行井场建设、场地平整和蒸发池开挖过程中会产生一定量的施工扬尘。随着距离的增加，TSP 浓度迅速减小，其影响范围一般在仅在下风向 150m 范围内，在 200m 处基本能够恢复到背景值。由于施工扬尘粒径较大，飘移距离短，采取洒水、抑尘、苫盖等控制措施后，影响范围有

限。随着施工期的结束，影响将会消失。

针对施工扬尘，本项目拟采取的环保措施有：

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

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

（3）施工现场采用洒水、围挡等措施降低扬尘的产生；

（4）在施工初期合理规划设备、材料等运输路线，尽量利用现有路网；运料车辆在运料顶部加盖篷布，不得装载过满，以防洒落在地，形成二次扬尘；运输车辆路过村庄等人群密集区时，速度保持在 20km/h 以下；

通过采取以上措施，施工扬尘对周边空气环境影响较小，厂界可以满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。此外，由于施工区地形开阔，空气流通、扩散条件好，且施工场地周边居民点较少，因此施工期扬尘对环境的影响较小。

2) 机械废气

本项目单台柴油发电机 SO_2 、 NO_x 和颗粒物的排放浓度分别约 $235\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $151\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $42\text{mg}/\text{m}^3$ ，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要求。

针对机械燃油废气，本项目拟采取的环保措施有：

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

（2）采用节能环保型柴油动力设备，选择高品质的燃料，以降低机械排放烟气中有害成分的含量。

采取以上措施后，燃油废气对周围环境产生的影响较小。

5.2.2 地表水环境影响分析

施工期废水包括施工废水和生活污水。施工废水主要为设备冲洗废水，产生量较少，用于场地洒水抑尘；生活污水主要为施工期作业人员产生的生活杂用水及盥洗废水，钻探施工人员部分租住周边民宅，剩余部分配备寝车，

生活污水依托民宅处理或在寝车收集后外运处理。因此，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

钻井泥浆采取统一收集、集中处理的方式。钻井施工过程中，钻井泥浆循环利用，钻井机台设置沉淀槽、泥浆槽及废渣槽，首先泥浆从钻孔涌出进入沉淀槽中的除砂机（除砂机上部为旋流器，下部为振动筛），泥浆经旋流器分选，上部含岩屑量少的泥浆排入泥浆槽回用于钻井，下部含岩屑量较多的泥浆进入振动筛，经振动脱水后岩屑排入废渣槽，然后运至泥饼池进行集中处理，泥浆进入泥浆槽回用于钻井。

钻井施工完成后，最终产生的钻井泥浆及洗井废水再经上述工艺处理后，岩屑运至泥饼池进行集中处理，泥浆槽中的泥浆部分加入特定原料后转化为固井液回用于固井，剩余泥浆运至井场统一设置的压滤设施，经压滤脱水后，泥饼运至泥饼池进行集中处理，滤液运至新钻井机台配置钻井液。

钻井泥浆处理工艺流程见图 5.2-1。

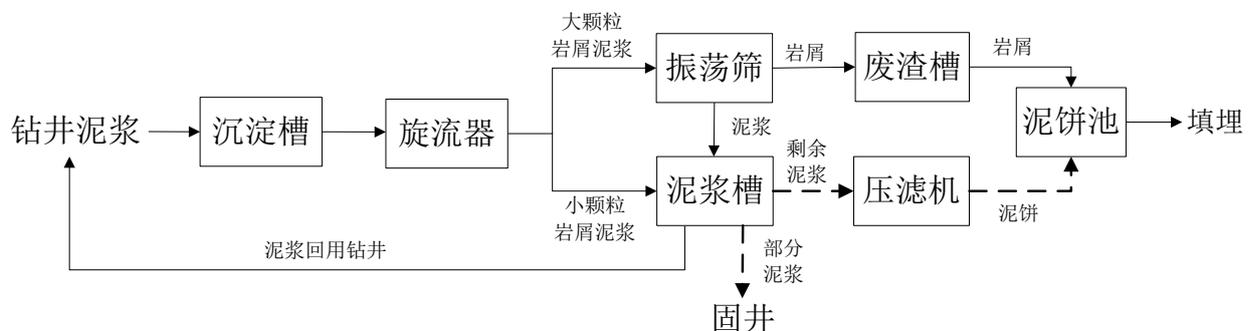


图 5.2-1 钻井泥浆处理工艺流程图

综上，本项目钻井泥浆处理过程中产生的固体废物包括岩屑和泥饼，全部钻井泥浆固体废物运至泥饼池集中处理。泥饼池在开挖前剥离表土，并对表土层进行单独剥离并单独堆存，待植被恢复时使用；在泥饼池底部及四周铺设 HDPE 防渗膜防止土壤及地下水污染；待钻孔施工结束后，将泥浆饼置于泥饼池内，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。

2) 废机油

本项目在施工过程中可能会产生少量废机油，根据《国家危险废物名录》（2021年版），废机油属于危险废物，其废物类别 HW08。根据危险废物的减量化、资源化和无害化原则，施工单位应积极采取以下防治措施：

（1）为避免油污散落地表，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。

（2）收集的旧机油尽量回收利用于钻机设备传动、润滑等。若废机油仍有剩余时，交由具备危险废物处置资质的单位处置。

（3）在施工场地内设置废机油暂存区，该区域远离施工人员活动场地，并设置警示标志和指示牌。废机油暂存区四周设置围堰，底部铺设防渗膜，且日常安全巡视检查，保障废机油专用桶及底部防渗膜完好无破损。

（4）严格落实危险废物分类、收集、暂存、转移和处置管理措施，制定并采取有效防范、应急措施，避免环境污染；建立危险废物管理台账，并根据危险废物产生、贮存、利用、处置等环节的动态流向，如实更新各环节的危险废物管理台账。

同时，建设单位应履行监督管理、定期检查施工单位各项危险废物防范措施落实情况等责任。

3) 建筑、生活垃圾

本项目厂房建设产生的建筑施工废物送至指定的建筑垃圾堆存处，最终统一送建筑垃圾处理场；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进行分类收集存放，定期外运处理，不会对周围环境产生明显影响。

5.2.4 声环境影响分析

施工期主要噪声为钻孔施工噪声，因此对该情形进行声环境影响预测分析。本项目施工期考虑钻机、柴油发电机、泥浆泵、除砂机和搅拌机 5 台设备同时运行，各种设备均选用低噪声环保设备，并采取有效的隔声、减震措施，降噪后源强 65~90dB（A）。各设备源强见表 5.2-1，声场类型为半自由声场。

本项目所处区域为声环境 2 类功能区，根据《环境影响评价技术导则 声

环境》（HJ2.4-2021）原则，确定声环境影响评价工作等级为二级，评价范围为场界外 200m。

表 5.2-1 主要设备声功率表

序号	设备	源强 dB (A)	控制措施	降噪后源强 dB (A)
1	钻机	95	基础减震	90
2	柴油发电机	95	自带消音装置、减振	85
3	泥浆泵	90	基础减震	85
4	除砂机	90	基础减震	85
5	搅拌机	65	/	65

1) 预测模式

本次评价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》（HJ 2.4-2021）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。

2) 预测结果

本项目施工井场周围噪声贡献值见表 5.2-2。施工噪声影响等值线分布情况见图 5.2-2。

表 5.2-2 距离施工井场周围噪声贡献值一览表

序号	距离	噪声贡献值, dB (A)
1	50m	47.16
2	100m	39.20
3	150m	35.04
4	200m	32.29

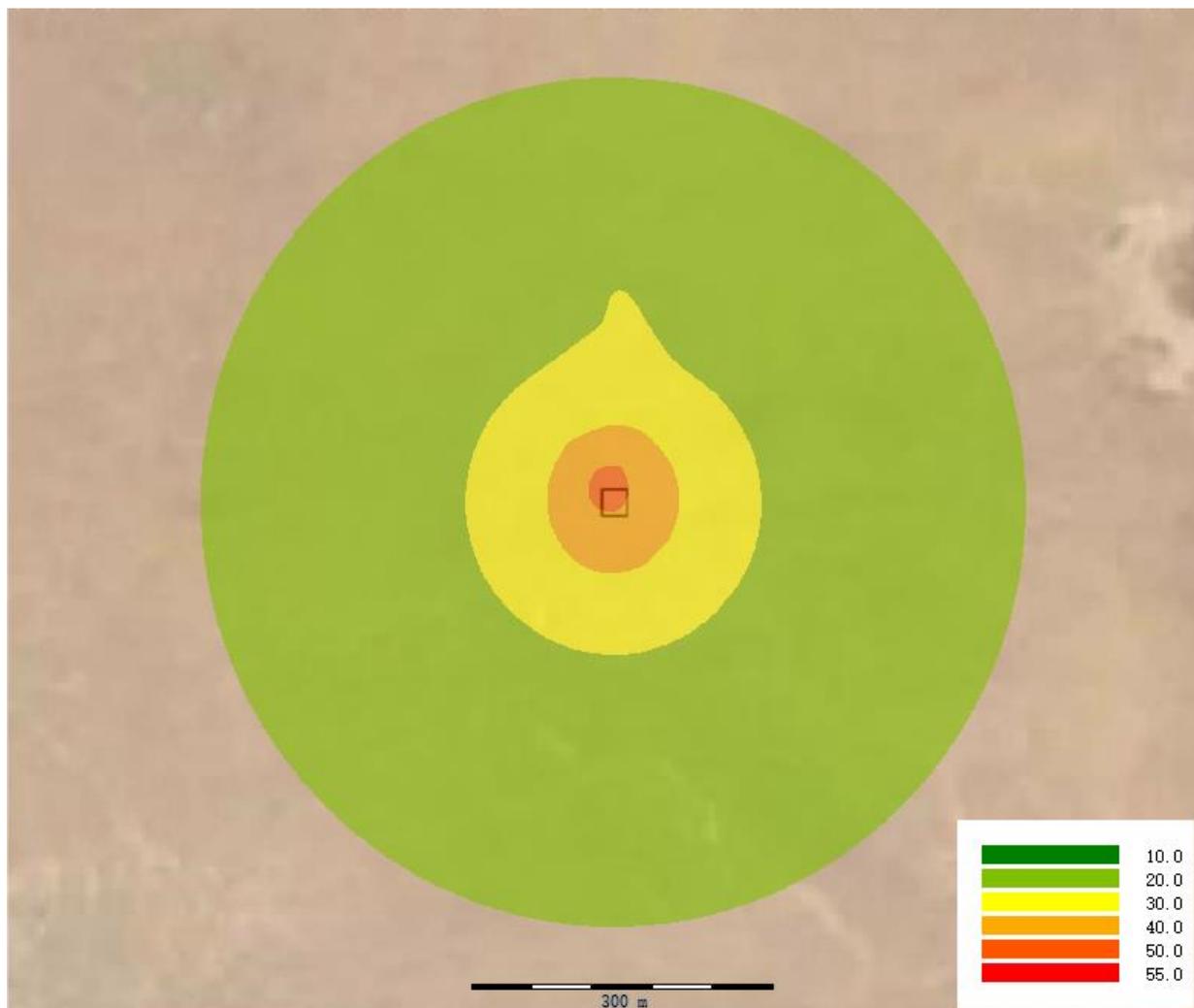


图 5.2-2 本项目施工期噪声预测贡献值等值线图

根据预测结果，噪声贡献值随着距离明显衰减，距离井场钻井机 200m 处噪声贡献值为 32.29dB(A)，噪声贡献值可以满足昼间 ≤ 70 dB(A)，夜间 ≤ 55 dB(A)的要求，因此施工噪声不会对周边居民点产生明显影响。

3) 噪声防治措施

- (1) 在施工机械的选择上，选择低噪设备；
- (2) 对于噪声较高的设备，如钻井机、打桩机、搅拌机等，采取加装减震设备或隔音罩的方法对噪声进行阻隔；
- (3) 加强对设备的检查和维护，减小由于设备部件之间的不正常碰撞产生的噪声；
- (4) 加强施工组织和施工管理。

采取以上措施后，可使噪声源强大大减小。此外，传播过程中空气和地

面吸收效应可使噪声衰减。且施工期噪声影响是暂时的，施工期结束后相应噪声影响将会消失；本项目周围居民点稀少，距离较远。因此，施工期噪声不会对项目所在区域内的居民产生明显的影响。

5.2.5 生态环境影响分析

5.2.5.1 占地影响分析

根据地浸采铀工程特点，项目的生态影响主要来自对土地的占用，以及由此带来的相关生态系统的破坏。因此，本项目的生态影响评价重点是对工程的占地情况进行分析，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。

本项目施工占地主要体现为井场、水冶厂、生活区以及厂外道路等。结合现场踏勘，对本项目的占地情况进行了统计，相关统计结果见表 5.2-3。

表 5.2-3 项目占地情况表

序号	用地名称	占地面积 hm^2	占地百分比, %	占地类型
1	井场	0.4548	1.83	草地
2	水冶厂	7.98	32.20	草地
3	蒸发池	7.32	29.53	草地
4	倒班宿舍区	1.03	4.16	草地
5	厂外道路	8	32.28	草地
总计		24.7848	100.00	/

注：占地不涉及基本草原。

由上表可以看出，项目占地面积较小，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，钻孔的施工期较短，在钻孔施工结束后，根据草原保护相关要求，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。

5.2.5.2 水土流失影响分析

本项目为地浸采铀工程，对区域水土流失状况的影响主要发生在施工期。由于井场内抽出、注入井的施工不会大面积的开挖表土，水冶厂、蒸发池的建设面积较小，因此施工过程中不会大面积的破坏地表原始状态，区内水土

流失强度不会发生明显的变化。

在施工期采取分层开挖、分层堆放、分层回填的方式，在开挖前先剥离表土，依次将开挖土层向上堆存，最后对土层进行加布遮盖，防止风蚀或水蚀造成的土壤流失；在施工完毕后，及时回填，压实土壤，不产生地表弃土，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。

此外，施工期加强管理，严格控制人员和机械的活动区域，严禁对周围植被进行随意破坏。

5.2.5.3 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，同时影响区域自然体系的生产力。本项目在施工设备的搬迁和车辆运输，严禁在林地或耕地上随意新开路面，尽量在原有便道上行驶。钻探施工开挖结束后，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。

5.2.5.4 对动物资源的影响分析

本项目周边野生动物数量较少，无珍稀动植物资源。野生动物为啮齿类动物、爬行动物等一般常见物种，工程影响区域外有大面积适宜的生境，野生动物会迁徙栖息地，且施工结束后随着沿线绿化、临时占地的恢复，可一定程度上恢复野生动物的栖息地。因此工程的建设不会对野生动物的数量和种群多样性造成较大影响。

本项目周边动物主要为村民养殖的鸡、羊等，施工期与周边居民沟通，尽量使养殖动物远离施工场地，产生的噪声和振动对于地面动物活动的影响是有限的。

5.2.5.5 生态恢复措施及方案

为了使工程开发导致的生态环境破坏程度得到有效地控制，植被有效地

恢复，项目建设期、运行期及退役期应采取相应的生态修复措施，使资源开发与区域生态建设和环境保护协调发展的目的。本项目的生态恢复主要通过退役治理和生态复垦来完成。

1) 生态恢复方案

本项目退役时，需进行生态恢复的重点为井场、水冶厂及蒸发池。生态恢复前先测定氡析出率，对不满足管理限值要求的区域，应进行表土清挖，并对区域进行覆土和植被复种，使氡析出率达到管理限值要求。覆土植被应当选择当地的优势植物进行栽种，防止水土流失，改善生态环境。

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，并在表面种植当地草本植物，恢复地表植被。

(3) 对于项目使用中的大型机械，安装必要的减震降噪设施，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) 在施工期开挖前先剥离表土，并对表土层单独堆存，表面压实苫盖，待植被恢复时使用。施工结束后，根据土层顺序采用分层回填，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。

(5) 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。

6 辐射环境影响预测与评价

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、吸附淋洗厂房、萃取沉淀厂房和蒸发池，各气态流出物源强见表 6.1-1。从表中可见，集液罐氡释放量最大，蒸发池释放量最小。本项目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	6.58E+11
2	吸附淋洗厂房	1.34E+11
3	萃取沉淀厂房	9.00E+10
4	蒸发池	1.04E+11

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	0.5	3	—	点源
2	吸附淋洗厂房	0	-70	1.25	20	—	点源
3	萃取沉淀厂房	-130	-70	1.25	20	—	点源
4	蒸发池	135	-100	—	—	133.54	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、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。本评价年份选取正常生产期第一年，即 2027 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牧民 1，其 ^{222}Rn 浓度贡献值为 $1.41 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^3$ ，公众最大个人剂量为 $3.00 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ 。

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

居民点	^{222}Rn 浓度, Bq/m^3	公众个人剂量, mSv/a
巴彦图古日格嘎查	6.49E-03	1.39E-04
牧民 1	1.41E-02	3.00E-04
牧民 2	1.07E-02	2.29E-04
牧民 3	1.33E-02	2.83E-04
牧民 4	5.72E-03	1.22E-04
牧民 5	9.37E-03	2.00E-04

2) 个人剂量

本项目生产期各污染源项释放的²²²Rn对牧民1个人有效剂量的贡献见表6.4-2。由该表可知，集液罐对牧民1的最大个人有效剂量贡献率最大，为72.65%。

表 6.4-2 各气态源项对牧民 1 的贡献值

排放点	氡浓度, Bq/m ³	个人剂量, mSv/a	份额 (%)
集液罐	1.02E-02	2.18E-04	72.65
吸附淋洗厂房	8.23E-04	1.75E-05	5.84
萃取沉淀厂房	4.82E-04	1.03E-05	3.42
蒸发池	2.55E-03	5.43E-05	18.10
合计	1.41E-02	3.00E-04	100

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释放的²²²Rn所致各子区²²²Rn浓度分布情况见表6.4-3。

由该表可知，气态源项对周边各子区²²²Rn贡献值最大值出现在NNE方位、0~1km子区，²²²Rn贡献值为 $2.73 \times 10^{-1} \text{Bq/m}^3$ ，该子区为无人子区；在有人子区内，²²²Rn贡献值最大值出现在NNE方位、3~5km子区，²²²Rn贡献值为 $1.41 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^3$

表 6.4-3 生产期气态源项所致各子区²²²Rn浓度 (Bq/m³)

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	1.63E-01	3.81E-02	1.89E-02	9.08E-03	3.03E-03	8.54E-04
NNE	2.73E-01	6.62E-02	2.78E-02	1.41E-02	5.17E-03	1.68E-03
NE	2.46E-01	5.61E-02	2.41E-02	1.16E-02	4.54E-03	1.55E-03
ENE	1.98E-01	4.28E-02	1.96E-02	9.75E-03	3.67E-03	1.26E-03
E	1.99E-01	4.22E-02	2.11E-02	1.02E-02	4.06E-03	1.23E-03
ESE	2.38E-01	5.40E-02	2.49E-02	1.33E-02	4.55E-03	1.05E-03
SE	1.99E-01	4.72E-02	2.18E-02	1.09E-02	4.13E-03	6.18E-04
SSE	1.06E-01	2.53E-02	1.32E-02	5.72E-03	1.73E-03	1.28E-04
S	8.72E-02	2.16E-02	1.12E-02	5.17E-03	1.45E-03	7.20E-05

SSW	9.51E-02	2.17E-02	9.37E-03	5.06E-03	1.82E-03	3.40E-04
SW	1.10E-01	2.61E-02	1.15E-02	6.01E-03	2.23E-03	6.62E-04
WSW	1.46E-01	3.40E-02	1.56E-02	7.79E-03	2.99E-03	9.98E-04
W	2.66E-01	7.05E-02	3.06E-02	1.53E-02	5.97E-03	1.83E-03
WNW	2.48E-01	5.99E-02	2.58E-02	1.27E-02	4.67E-03	1.41E-03
NW	1.63E-01	4.05E-02	1.82E-02	8.57E-03	2.96E-03	9.54E-04
NNW	1.36E-01	3.51E-02	1.54E-02	6.49E-03	2.21E-03	5.36E-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 $5.83 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，出现在 NNE 位，0~1km 子区内，该子区为无人子区。在有人子区内，最大个人有效剂量为 $3.00 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，出现在 NNE 方位，3~5km 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	3.49E-03	8.13E-04	4.04E-04	1.94E-04	6.47E-05	1.83E-05
NNE	5.83E-03	1.41E-03	5.94E-04	3.00E-04	1.11E-04	3.60E-05
NE	5.25E-03	1.20E-03	5.15E-04	2.48E-04	9.70E-05	3.31E-05
ENE	4.24E-03	9.14E-04	4.20E-04	2.08E-04	7.85E-05	2.69E-05
E	4.26E-03	9.02E-04	4.51E-04	2.29E-04	8.69E-05	2.63E-05
ESE	5.09E-03	1.16E-03	5.32E-04	2.83E-04	9.72E-05	2.25E-05
SE	4.25E-03	1.01E-03	4.65E-04	2.32E-04	8.82E-05	1.32E-05
SSE	2.27E-03	5.42E-04	2.83E-04	1.22E-04	3.69E-05	2.74E-06
S	1.86E-03	4.61E-04	2.40E-04	1.11E-04	3.10E-05	1.54E-06
SSW	2.03E-03	4.64E-04	2.00E-04	1.08E-04	3.89E-05	7.27E-06
SW	2.36E-03	5.58E-04	2.45E-04	1.28E-04	4.76E-05	1.41E-05
WSW	3.13E-03	7.27E-04	3.32E-04	1.66E-04	6.40E-05	2.13E-05
W	5.69E-03	1.51E-03	6.54E-04	3.28E-04	1.28E-04	3.90E-05
WNW	5.31E-03	1.28E-03	5.52E-04	2.71E-04	9.99E-05	3.01E-05
NW	3.49E-03	8.67E-04	3.88E-04	1.83E-04	6.32E-05	2.04E-05
NNW	2.90E-03	7.49E-04	3.29E-04	1.39E-04	4.72E-05	1.15E-05

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 1.04×10^{-5} 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)	0	0	6.00E-07	4.24E-06	7.33E-06	1.04E-05
份额 (%)	0	0	5.76	40.67	70.28	100

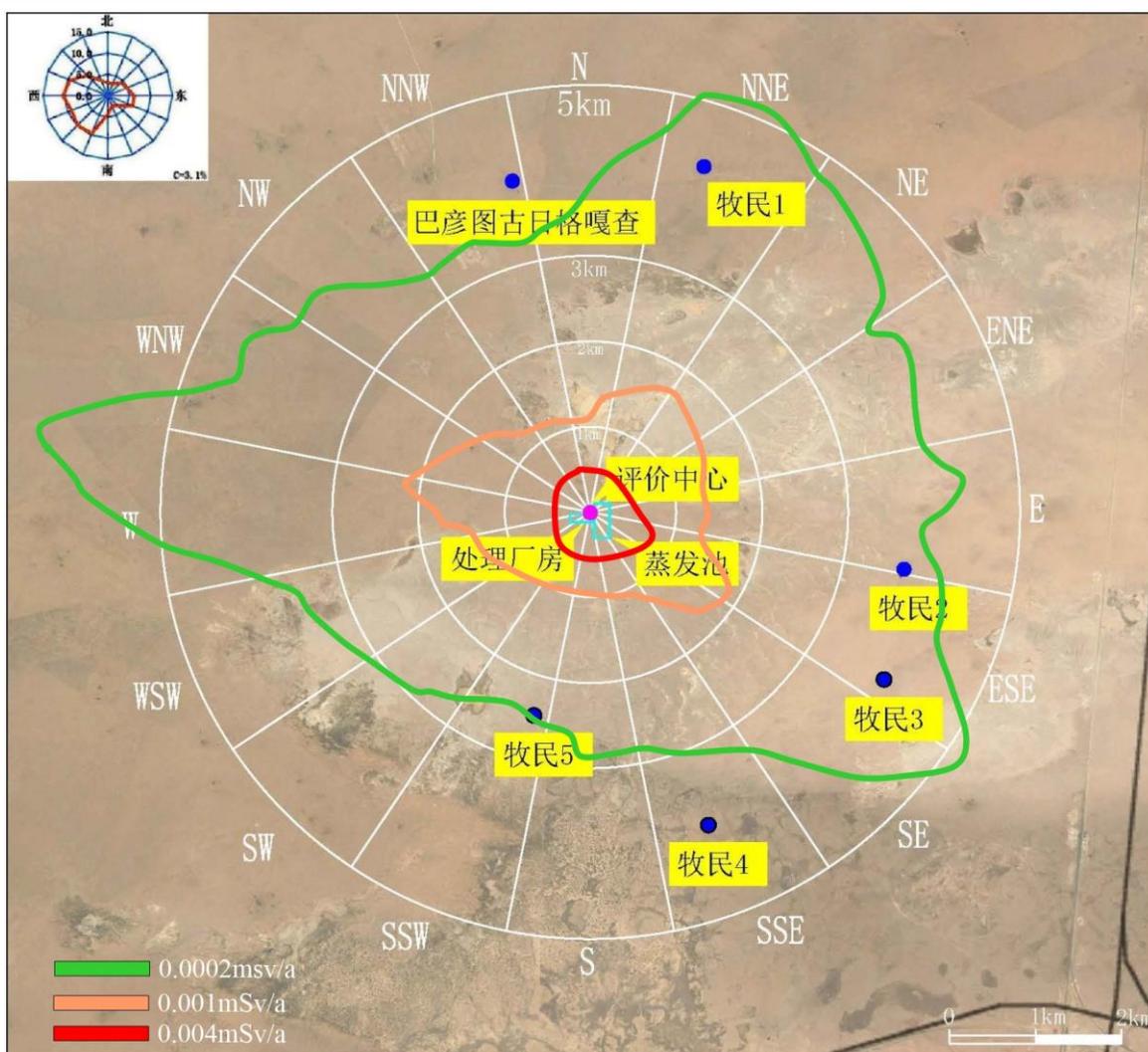


图 6.4-1 生产期气态流出物所致的区域个人剂量等值线图（单位：mSv/a）

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、吸附淋洗厂房、萃取沉淀厂房和蒸发池释放的 ^{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

$3.00 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，出现在 NNE 方位、3~5km 子区，关键居民点为牧民 1。最大个人剂量占个人剂量约束值 0.1mSv/a 的 0.30%，小于本项目设定的剂量约束值。20km 范围内的集体剂量为 1.04×10^{-5} 人 Sv/a。

7 地下水环境影响评价

本项目对地下水环境产生影响的主要途径有：①地浸井场在生产运行过程中，浸出剂向矿体浸出范围之外流散污染含矿含水层地下水；②蒸发池渗漏污染浅层地下水。

7.1 井场地下水环境影响评价

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，不可避免的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

7.1.1.1 模型范围的确定

本模型建模范围为本项目井场及其周边地区，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，自然边界距离评价中心较远，因此结合地浸工程地下水影响范围及区域水文地质条件，采用自定义法确定本模型的模拟范围为：以井场为中心，在地下水下游方向西南侧延伸 3000m、上游方向东北侧延伸 1500m 概化为通用水头边界，平行地下水流向方向各延伸 1500m 概化为零流量边界，模拟总面积 20.28km²。

7.1.1.2 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：上边界为赛汉组上段上部泥岩、含砂砾泥岩、粉砂质泥岩组成的隔水顶板；下边界为赛汉组下段湖沼相沉积泥岩、含粉砂泥岩组成的隔水底板。

7.1.1.3 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赛汉组上段，含矿含水层顶、底板均为稳定连续展布的泥岩或泥质粉砂岩，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，本次模拟层位赛汉组上段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。

7.1.1.4 源汇项处理

本项目源汇项为评价区内的生产井，包括抽出井和注入井，将其赋值到概念模型中，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%，作为本模拟的主要源汇项。本次地下水环境影响预测选取首采区作为模拟采区，其生产井布置情况见图 7.1-1。

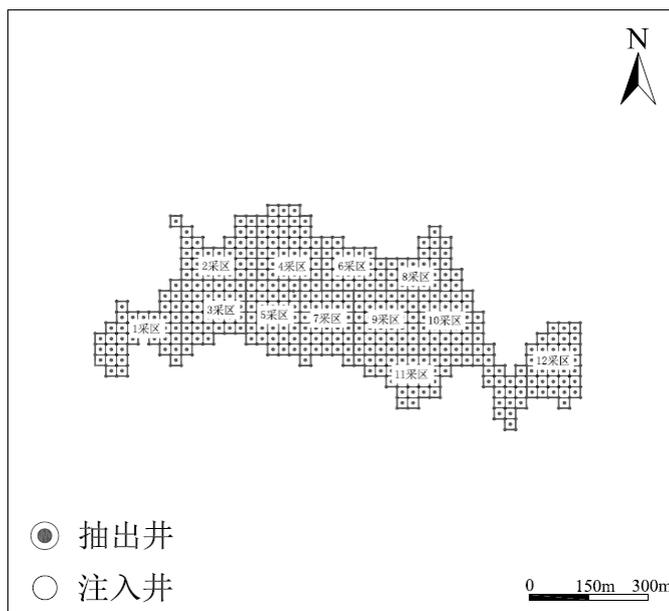


图 7.1-1 模拟采区生产井布置图

7.1.1.5 水文地质参数

本模型水文地质参数主要来自《内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉铀矿床芒来地段勘探地质报告》等地勘资料，部分参数（孔隙度、弥散度）选取了经验值。为了保证计算的保守性，在参数选取过程中，采取了选用有利于地下水中核素迁移扩散的参数原则，进行计算。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	3.27
2	有效孔隙度, %	25
3	纵向弥散度, m	10
4	横向弥散度, m	1

7.1.2 数学模型

7.1.2.1 地下水水流模型

1) 水流控制方程

地下水运动基本微分方程：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - \omega = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (7.1-1)$$

式中，

K_{xx} —— x 方向的渗透系数，m/s；

K_{yy} —— y 方向的渗透系数，m/s；

K_{zz} —— z 方向的渗透系数，m/s；

h ——水头，m；

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

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

2) 边界条件

(1) 第一类边界条件

已知水头边界条件，在边界的所有点上水头是给定的，对于三维情况有：

$$H(x, y, z) = H_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in s \quad (7.1-2)$$

$$H(x, y, z, t) = H_0(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in s \quad (7.1-3)$$

式中：

s ——三维区域的边界曲面。

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

(2) 第二类边界条件

已知通量的边界条件，即垂直于边界面的流量是给定的。表示为：

$$q_n = q \cdot n = -q_b(x, y, z) \quad (x, y, z) \in s \quad (7.1-4)$$

$$\text{或 } q_n = q \cdot n = -q_b(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in s \quad (7.1-5)$$

式中：

q ——边界面上沿法线方向的单位面积流入量；

n ——边界外法线的单位矢量。

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

(3) 第三类边界条件

已知边界水头和水头的法向导数的组合，即：

$$\frac{\partial h}{\partial n} + \lambda(x, y, z)h = f(x, y, z) \quad (x, y, z) \in s \quad (7.1-6)$$

式中：

λ ——交换系数；

f ——已知函数；

第三类边界条件称为 Cauchy 条件。

7.1.2.2 污染物运移方程

本次评价中对于污染物的运移主要考虑对流、离散等机制。

1) 运移方程

污染物在三维地下水水流系统中的运移方程如下：

$$\frac{\partial(\theta C^k)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\theta D_{ij} \frac{\partial C^k}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C^k) + q_s C_s^k + \sum R_n \quad (7.1-7)$$

式中：

θ ——地下介质的孔隙度，无量纲；

C^k ——核素 k 的溶解浓度，g/m³；

t ——时间，s；

x_i, x_j ——分别为沿坐标轴 x 轴和 y 轴的距离，m；

D_{ij} ——水动力弥散系数张量，m²/s；

v_i ——渗流或线性孔隙水流速度，与单位流量或达西流量 q_i 有关，

$v_i = q_i / \theta$ ，m/s；

q_s ——单位体积含水层源和汇的体积流量；

C_s^k ——源汇流中物质 k 的浓度，g/m³；

$\sum R_n$ ——化学反应项，g/m。

其中：

$$\sum R_n = -\rho_b \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} - \lambda_1 \theta C^k - \lambda_2 \rho_b \bar{C}^k \quad (7.1-8)$$

式中： ρ_b ——地下介质的体积密度；

\bar{C}^k ——地下固相吸附物质 k 的浓度；

λ_1 ——溶解项的第一反应速率；

λ_2 ——吸附项（固）的第一反应速率；

2) 弥散

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

$$D_{xx} = \alpha_L \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_y^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_z^2}{|v|} + D^* \quad (7.1-9)$$

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

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

$$D_{xy} = D_{yx} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_x v_y}{|v|} \quad (7.1-12)$$

$$D_{xz} = D_{zx} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_x v_z}{|v|} \quad (7.1-13)$$

$$D_{yz} = D_{zy} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_y v_z}{|v|} \quad (7.1-14)$$

式中： D_{xx} 、 D_{yy} 、 D_{zz} ——弥散系数张量的主分量， m^2/s ；
 D_{xy} 、 D_{xz} 、 D_{yx} 、 D_{yz} 、 D_{zx} 、 D_{zy} ——弥散系数张量的交叉项， m^2/s ；
 α_L ——纵向弥散度， m ；
 α_T ——横向弥散度， m ；
 D^* ——有效分子扩散系数， m^2/s ；
 v_x 、 v_y 、 v_z ——流速矢量 x 、 y 、 z 轴的分量， m/s ；
 $|v|$ ——流速矢量的绝对值， m/s ； $|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ 。

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。

7.1.3.1 模拟软件介绍

本研究不仅要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 年代开发出的一套专门用于孔隙介质中地下水流动的三维有限差分数值模拟软件，是世界上使用最广泛的三维地下水水流模型，它是一种应用基于网络的有限差分方法来描述地下水流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。
2	MT3D	模拟地下水中单项溶解组分对流、弥散、源/汇和化学反应的三维溶质运移模型，能够有效处理各种边界条件和外部源汇项。化学反应主要是一些比较简单的单组分反应，包括平衡和非平衡状态的线性和非线性吸附作用、一阶不可逆反应（如放射性衰变）和可逆的动态反应等。模拟计算时，MT3D 需和 MODFLOW 一起使用。

序号	模块名称	模块功能
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转入 Mesh 和 Grid 中。

7.1.3.2 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 10×10m，外围非加密网格的大小为 20×20m。本模型一共剖分 104700 个网格。网格剖分情况见图 7.1-2。

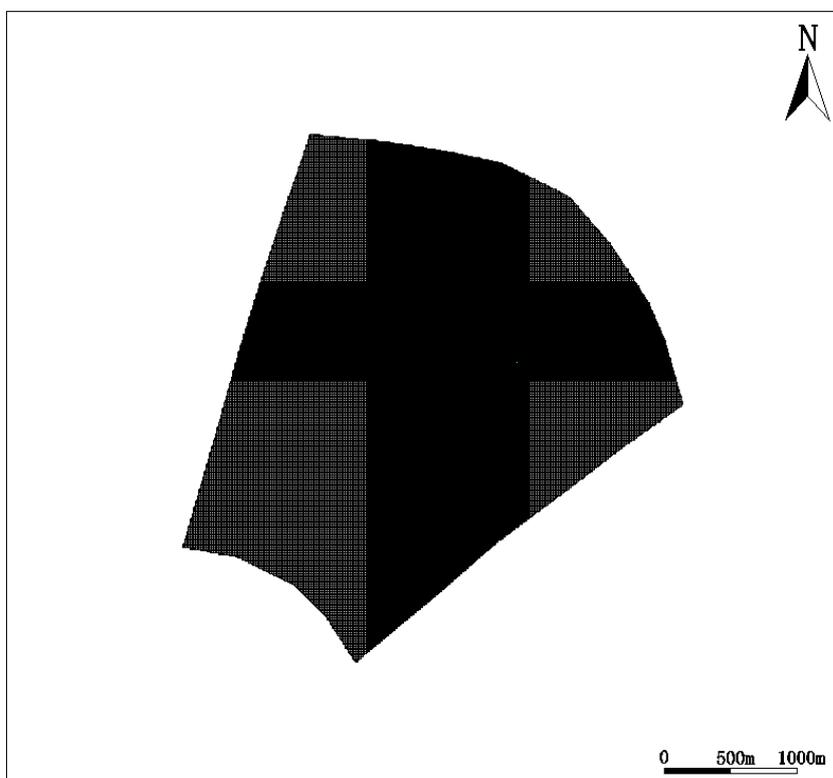


图 7.1-2 模型网格剖分图

7.1.3.3 评价年限和评价因子

本次评价生产期间井场浸出剂对地下水的影响进行预测评价，生产期间即生产服务年限 12a。

根据巴彦乌拉地浸工程的浸出液监测数据（表 3.11-1），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，根据地浸原地浸出采铀工程特点，放射性核素选取特征核素 $U_{\text{天然}}$ ；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 SO_4^{2-} 和 Mn 。 $U_{\text{天然}}$ 源项浓度采用本项目预期技术指标值 25mg/L， SO_4^{2-} 和 Mn 源项浓度采用巴彦乌拉地浸工程的浸出液监测数据，分别为 20760mg/L 和 31.5mg/L。

7.1.4 地下水模拟预测及评价

7.1.4.1 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 7.1-3。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。

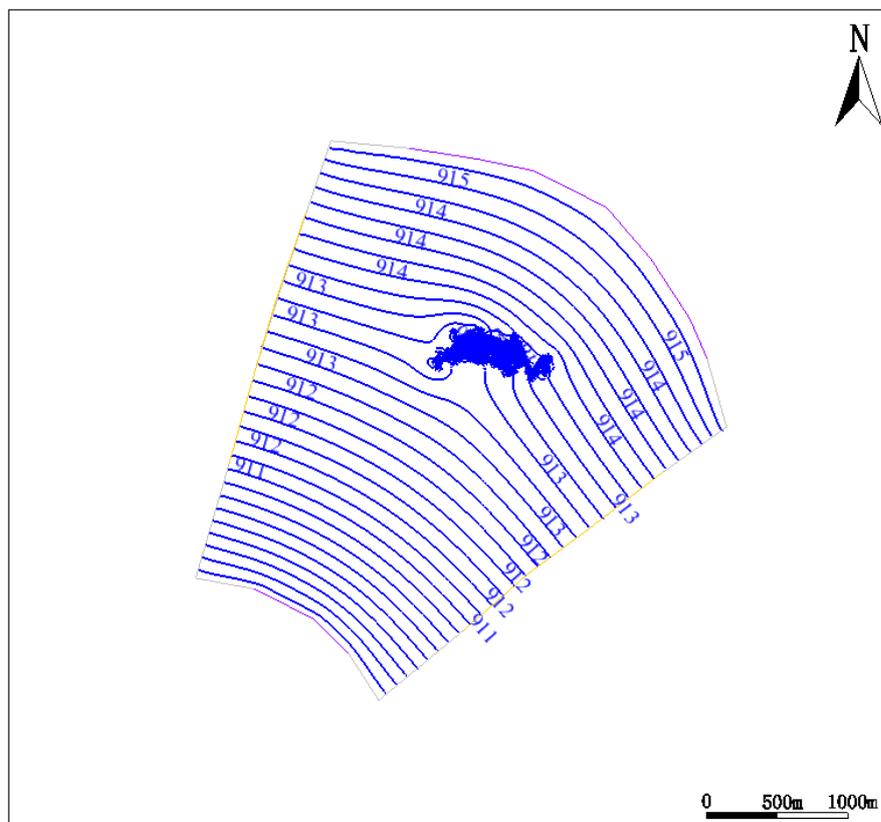


图 7.1-3 采区等水位线示意图

7.1.4.2 溶质运移结果分析

1) $U_{\text{天然}}$

本次评价对井场生产期含矿含水层中的 $U_{\text{天然}}$ 的迁移扩散进行了模拟预测，分别绘制了第 1a、第 5a 和生产期末第 12a 的 $U_{\text{天然}}$ 浓度分布图，浓度分布晕见图 7.1-4。

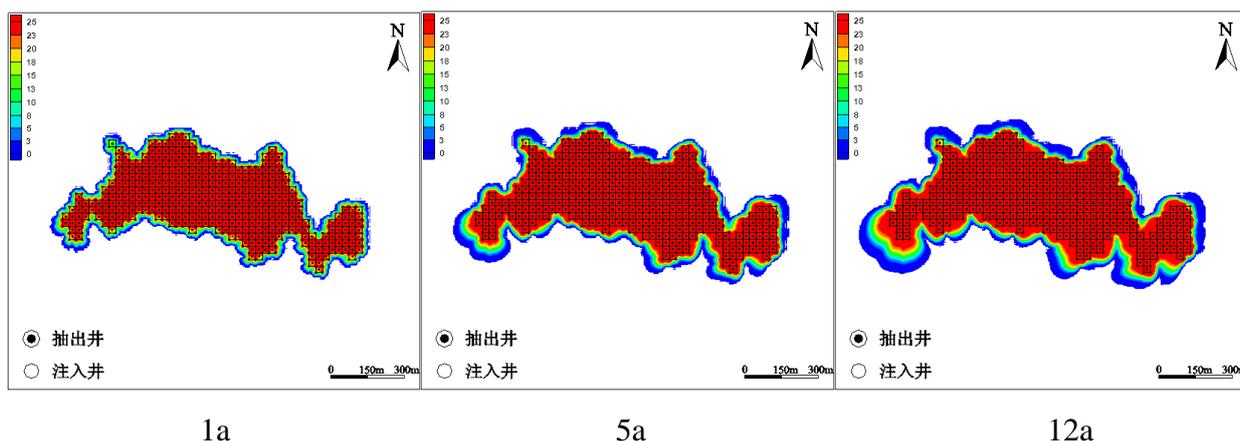


图 7.1-4 $U_{\text{天然}}$ 在含矿含水层中的浓度分布图

由图 7.1-4 可知，随着生产进行，污染晕逐渐向井场外围扩散，在下游迁移相对较远。从浓度分布图中可知：

(1) 第 1a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移约 29m，向上游迁移 21m，侧向迁移 25m（以本项目贡献值 0mg/L 为边界浓度）；

(2) 第 5a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移约 79m，向上游迁移 45m，侧向迁移 57m；

(3) 生产期末第 12a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移 136m，向上游迁移 65m，侧向迁移 72m。

2) SO_4^{2-}

本次评价对井场生产期含矿含水层中的 SO_4^{2-} 的迁移扩散进行了模拟预测，分别绘制了第 1a、第 5a 和第 12a 的 SO_4^{2-} 浓度分布图，见图 7.1-5。

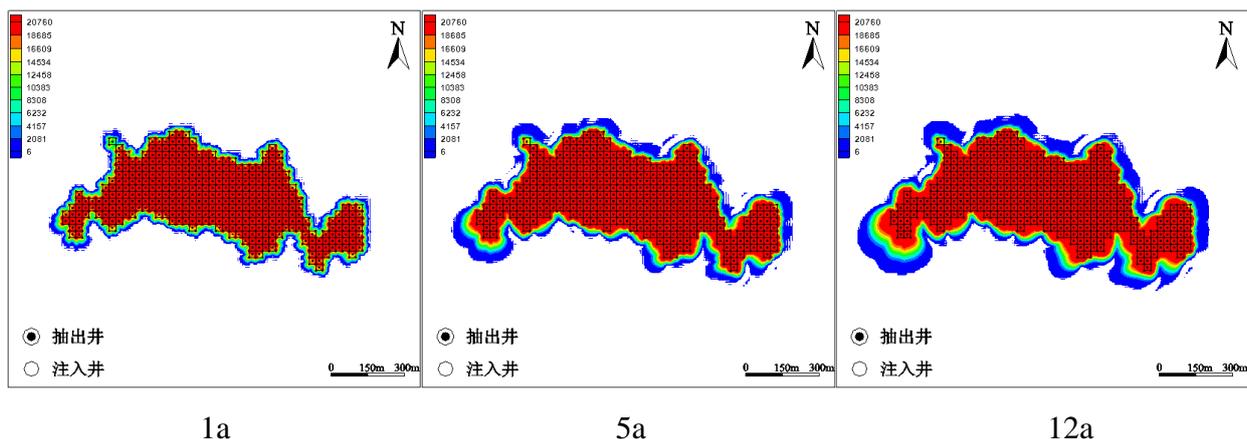


图 7.1-5 SO_4^{2-} 在含矿含水层中的浓度分布图

由图 7.1-5 可知，随着生产的进行，污染晕逐渐向井场周围扩散，在井场下游迁移相对较快，从浓度分布图中可知：

- (1) 第 1a 时， SO_4^{2-} 向下游迁移约 42m，向上游迁移 25m，侧向迁移 28m（以本项目贡献值 0mg/L 为边界浓度）；
- (2) 第 5a 时， SO_4^{2-} 向下游迁移约 99m，向上游迁移 59m，侧向迁移 76m；
- (3) 生产期末第 12a 时， SO_4^{2-} 向下游迁移 145m，向上游迁移 79m，侧向迁移 98m。

3) Mn

本次评价对井场生产期含矿含水层中的 Mn 的迁移扩散进行了模拟预测，分别绘制了第 1a、第 5a 和第 12a 的 Mn 浓度分布图，见图 7.1-6。

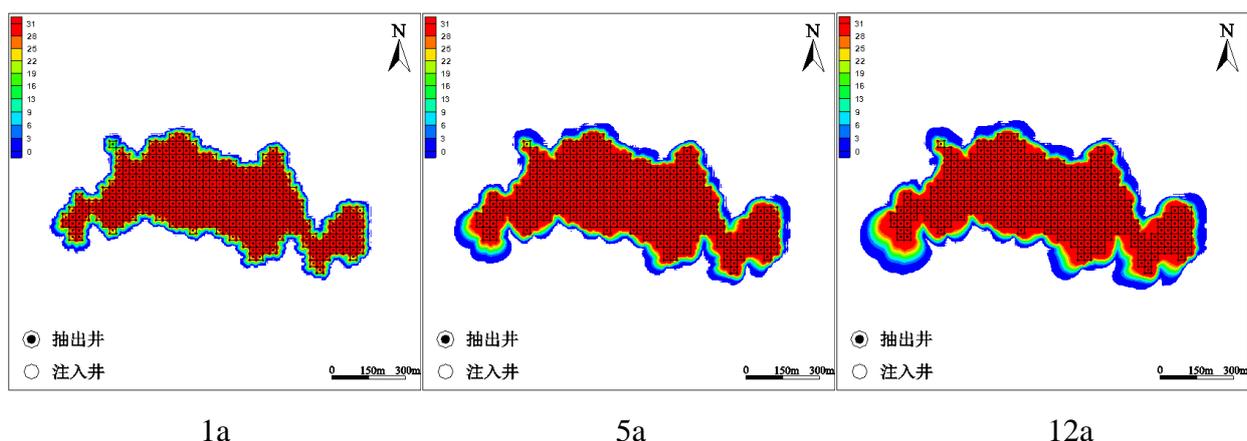


图 7.1-6 Mn 在含矿含水层中的浓度分布图

由图 7.1-6 可知，随着生产的进行，污染晕逐渐向井场周围扩散，在井场下游迁移相对较快。从浓度分布图中可知：

(1) 第 1a 时, Mn 向下游迁移约 32m, 向上游迁移 23m, 侧向迁移 27m (以本项目贡献值 0mg/L 为边界浓度);

(2) 第 5a 时, Mn 向下游迁移约 85m, 向上游迁移 49m, 侧向迁移 64m;

(4) 生产期末第 12a 时, Mn 向下游迁移了 140m, 向上游迁移了 70m, 侧向迁移了 83m。

综上所述, 本节对特征污染物 $U_{\text{天然}}$ 、 SO_4^{2-} 及 Mn 不同时间阶段在含矿含水层中迁移扩散预测的结果表明: 以本项目贡献值 0mg/L 为边界浓度, 在生产期末第 12a 时, $U_{\text{天然}}$ 、 SO_4^{2-} 及 Mn 在地下水水流方向向下游的迁移距离分别为 136m、145m 和 140m; 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潜水层或其他承压水层的可能性很小, 对环境的影响不大, 也不会对公众造成附加照射剂量。

7.2 蒸发池地下水环境影响分析

为了防止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垫及 HDPE 土工膜、50cm 厚的回填土组成的人工防渗层。蒸发池中废水在生产期间下渗距离的计算方法如下:

$$X = K_s \times \frac{(h + L)}{L} \times t \quad (7.1-15)$$

$$K_s = \frac{M_1 + M_2}{M_1 / K_1 + M_2 / K_2} \quad (7.1-16)$$

式中:

X——蒸发池废水在蒸发池底部防渗层的垂直入渗距离, m;

K_s ——等效渗透系数, m/a;

h——蒸发池中废水水深, m, 保守取 1.2m;

L——等效渗透厚度, m, 取 0.5015m;

M_1 ——下层钠基膨润土垫及 HDPE 土工膜的厚度, m, 取 0.0015m;

M_2 ——上层回填土的厚度, m, 取 0.5m;

K_1 ——下层钠基膨润土垫及 HDPE 土工膜渗透系数, m/a, 取 1×10^{-12} cm/s;

K_2 ——上层回填土渗透系数，m/a，取 $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ；

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 $3.34 \times 10^{-11} \text{cm/s}$ ，蒸发池中废水在生产期 12a 的时间内垂直入渗的距离约为 0.0043m，穿透复合防渗结构的时间约为 4756a，远大于 12a 的生产期限。因此，在生产期间，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°C 以下，在项目所在地最低气温之下。施工过程中，采用复合土工膜的施工工艺，可有效地实现对土工膜的保护。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，蒸发池对地下水产生污染的可能非常小。

8 运行期非放射性环境影响分析

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水冶厂房以及硫酸库产生的硫酸雾。水冶厂房中管线密闭性较好，装置设备管线连接处采用密封垫片，确保了其中的硫酸处于密闭、可控状态，浸出液处理厂房硫酸雾排放量很小，可忽略不计。因此，本项目仅进行硫酸库硫酸雾气体环境影响分析。

硫酸储罐硫酸雾源项参数见表 8.1-1，经 ARESSCREEN 大气估算模式计算，结果如表 8.1-2 和表 8.1-3 所示。由估算结果可知，硫酸雾的最大落地浓度为 $12.04\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，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。

根据估算结果，距离工业场地最近敏感点牧民 5（约 2500m）处贡献值为 $1.56\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。根据本项目环境质量调查结果，项目周围敏感点的硫酸雾浓度未检出，叠加现状值后的预测值为 $1.56\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D 中不高于 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的标准。

表 8.1-1 硫酸雾废气源项参数

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 ($^{\circ}\text{C}$)
硫酸库硫酸储罐	硫酸雾	0.028	60	6	0.1	2.8

表 8.1-2 拟建项目大气环境影响估算结果

污染源名称	污染物	C_i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C_{oi} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P_i (%)	距离 (m)
硫酸库硫酸储罐	硫酸雾	12.04	300	4.01	44

表 8.1-3 不同距离处硫酸雾浓度贡献值

序号	距离, m	硫酸雾浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	占标率, %
1	44	12.04	4.01
2	100	10.61	3.54
3	300	6.48	2.16
4	500	4.69	1.56
5	700	3.83	1.28
6	1000	3.21	1.07

序号	距离, m	硫酸雾浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	占标率, %
7	2000	1.95	0.65
8	2500	1.56	0.52
9	3000	1.28	0.43
10	5000	0.70	0.23

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及倒班宿舍区的生活污水，其主要污染物为氨氮、 BOD_5 等，总排水量约为 $34.10\text{m}^3/\text{d}$ 。其中，水冶厂生活污水主要为职工生活污水、淋浴废水以及未预见排水，污水总量约 $21.62\text{m}^3/\text{d}$ 。倒班宿舍区排水主要为职工生活污水以及未预见排水，污水总量为 $12.48\text{m}^3/\text{d}$ 。

本项目在水冶厂区及生活区各配备一套地理式生活污水处理设施，生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，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 固体废物环境影响分析

本项目运行期非放射性固体废物主要为实验室废物和生活垃圾。

1) 实验室废物

本项目分析测试中心负责水冶厂及井场的日常化学分析工作，会产生少量废旧试剂瓶，产生量约 $0.2\text{t}/\text{a}$ 。根据《国家危险废物名录》（2021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”，本化实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。

2) 生活垃圾

本项目劳动定员 80 人，按每人 $0.8\text{kg}/\text{d}$ 定额估算，则生活垃圾产生量约为 $23.4\text{t}/\text{a}$ ，生活垃圾集中存放指定地点，定期由垃圾处理车外运处理。

综上所述，本项目固体废物产生量不大，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。

8.4 声环境影响分析

本项目生产期噪声设备主要为各种风机、空压机、泵等，主要集中在吸附淋洗厂房和萃取沉淀厂房内，均属于室内声源。本项目各种设备均选用低噪声环保设备，对风机、泵类及空压机等均采取了有效的隔声、减振措施，如泵类配置减震基座、工艺使用噪声设备均室内布置，风机旋转部分配置隔声罩等。

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

1) 预测模式

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

2) 噪声源强

本项目主要噪声设备源强见表 8.4-1。

表 8.4-1 本项目主要设备噪声源强

序号	位置	设备名称	台数	源强 dB (A)
1	吸附淋洗厂房	离心泵	20	80
2		风机	10	90
3	萃取沉淀厂房	耐腐蚀耐磨料浆泵	5	80
4		离心泵	20	80
5		风机	10	90

3) 预测结果分析

本项目设施噪声预测贡献值见表 8.4-2，噪声等值线见图 8.4-1。由该表可知，本项目厂界噪声贡献值在（15.56~32.27）dB（A）之间，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准，即昼间≤55dB（A），夜间≤45dB（A），对距离最近的居民点牧民 5（距离水冶厂约 2500m）处噪声贡献值为 0dB（A），叠加环境背景值后昼间环境噪声为 38.3dB(A)，夜间环境噪声为 35.1dB(A)，均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类

标准要求。

表 8.4-2 本项目厂界及牧民 5 噪声贡献值 dB (A)

预测结果	东厂界	南厂界	西厂界	北厂界	牧民 5	
					昼间	夜间
贡献值	32.27	19.57	18.57	15.56	0	0
现状值	昼间 41、夜间 37				42	38
预测值	/				42	38
执行标准	《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB12348-2008) 2 类 昼间 60dB (A)，夜间 50dB (A)				《声环境质量标准》(GB3096-2008) 昼间 60dB (A)，夜间 50dB (A)	
达标情况	达标	达标	达标	达标	达标	

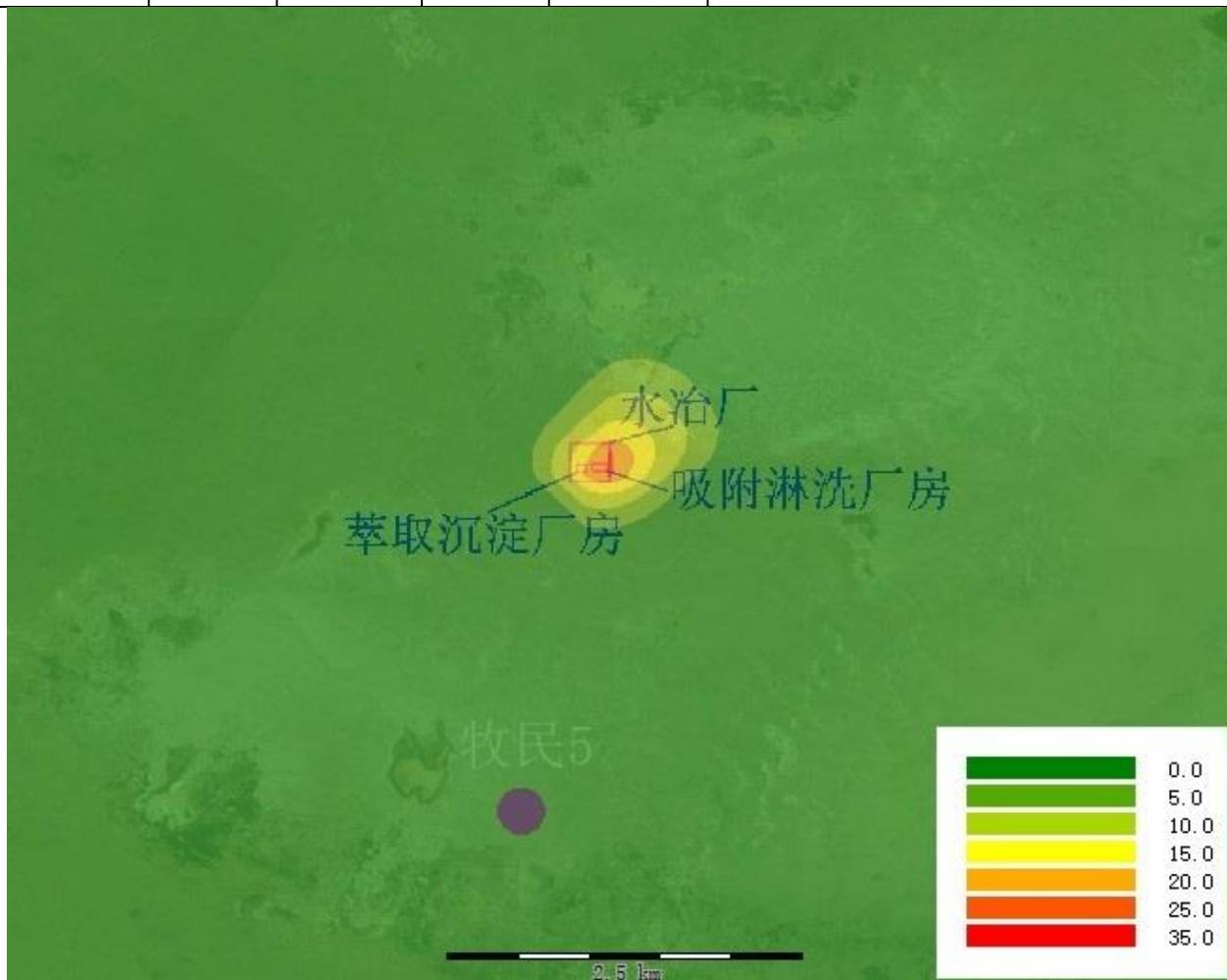


图 8.4-1 本项目运行期噪声预测贡献值等值线图

9 事故环境影响分析

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水冶厂房和蒸发池中 ^{222}Rn 的排放， ^{222}Rn 的排放量较小，且水冶厂房中各设备、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) 上、下层含水层污染，导致浸出剂进入上层含水层；
- 6) 蒸发池破裂，造成放射性核素流散至土壤或浅层地下水。

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远小于正常性停产的影响。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

水冶厂房可能发生的事故为出现冒槽或管道的跑、冒、滴、漏等，本项目水冶厂房内的各类储池、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。本项目吸附淋洗和萃取沉淀厂房分别设置 2 个应急事故槽，材质均为钢衬 PO，尺寸为 DN3600×4500 和 DN3600×4000。厂房地面设置地沟，地沟尽头槽内设有提升泵，事故工况下，可将漏失的液体经沟槽在厂房内收集后，通过泵提升至应急事故槽内。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

本项目所在地区冰冻期较长，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 8℃~9℃，且各类输送总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，孔内的管材采用增强聚乙烯材质，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，对于承受压力较小的提升管、集液支管和注液支管等采用具有足够强度的 PE 管，对于承受较大压力的总管和主管采用高强度的钢骨架聚

乙烯塑料复合管。因此，各管道具有足够的抗压能力，不会因受压而断裂。

在正常生产时均定期检查各类管道，即使因意外原因造成管道泄漏，也可及时发现与更换，泄漏液不会泄漏至周边环境。另外，发生泄漏后，井场自控中心也会很快检测到，并进行联锁控制，采取相应的处理措施。

综上所述，井场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

本项目地浸钻孔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孔密封不良造成浸出剂泄漏事故发生。此外，本项目所在区域含矿含水层隔水底板连续、稳定分布，地勘钻孔均未揭穿，浸出液不会穿过含矿含水层延伸至下层含水层。

在生产过程中，若发生上层监测井数据异常，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。本项目蒸发池防渗膜下设有渗漏检测系统，一旦发生渗漏可及时检测发现，对于发生泄漏的蒸发池，首先将其中的废水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，废水下渗可能对地下水环境造成污染，虽然发生渗漏后可及时通过检测发现并进行漏点修补，但泄漏一旦发生地下水较难修复。因此，本次事故环境影响评价将蒸发池泄漏作为最大可信事故，对其泄漏导致的地下水环境影响进行预测与评价。

9.1.4 蒸发池泄漏事故地下水预测及评价

9.1.4.1 水文地质概念模型

1) 模型范围及边界条件

根据蒸发池所在区域水文地质条件，潜水含水层与承压含水层之间隔水层稳定且连续，蒸发池泄漏基本不会对承压含水层产生影响，因此本次模拟的目标层位为伊尔丁曼哈组碎屑岩潜水含水层。根据厂区水文地质条件及地下水流动特征，将距离蒸发池上游 500m、下游 1000m 处边界概化为通用水头边界；模型两侧平行于地下水流向方向 500m 概化为零流量边界。模型总面积 2.76km²。

2) 模型主要参数

本次模拟预测的水文地质参数主要来自水文地质试验，部分参数（孔隙度、弥散度、入渗系数等）选取了《水文地质手册（第二版）》（中国地质调查局，2012.09）中的经验值，详见表 9.1-1。源项参数 $U_{\text{天然}}$ 浓度采用吸附尾液中铀浓度，约 0.5mg/L。

表 9.1-1 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	0.43
2	孔隙度, %	20
3	年平均降雨量(mm/a)	185.2
4	降雨入渗系数	0.05
5	纵向弥散度, m	10
6	横向弥散度, m	1
7	$U_{\text{天然}}$ 浓度, mg/L	0.5

3) 评价年限和评价因子

本次评价分别对蒸发池泄漏 12a（水冶厂服务期）及 100a 后的蒸发池对地下水的影响进行预测评价，评价因子为 $U_{\text{天然}}$ 。

4) 预测源强

事故工况下，假定蒸发池土工膜断裂，防渗层被破坏，废水通过裂缝泄漏进入地下造成污染。废水泄漏计算如下式所示：

$$Q = K \times I \times A \quad (9.1-1)$$

式中：

Q — 污染物泄漏量（ m^3/d ）；

K — 垂向渗透系数，根据渗水试验，取 $0.065\text{m}/\text{d}$ ；

I — 垂向水力坡度，此处取 1；

A — 防渗失效面积，一般情况下，取总防渗面积的 1%~1%，保守取 1%，即 560m^2 。

综上，通过计算得出蒸发池防渗层破损发生造成的泄漏量为 $36.4\text{m}^3/\text{d}$ 。

9.1.4.2 数学模型

本次模拟预测采用的模拟软件及水流、溶质运移数学模型同含矿含水层地下水环境影响评价，详见章节“7.1.2 数值模拟”。

9.1.4.3 数值模型

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蒸发池附近的运移情况，在网格剖分的过程中对蒸发池区域进行了加密，加密网格的大小为 $5\text{m} \times 5\text{m}$ ，外围非加密网格的大小为 $10 \times 10\text{m}$ 。本模型一共剖分 46183 个网格。网格剖分情况见图 9.1-1。

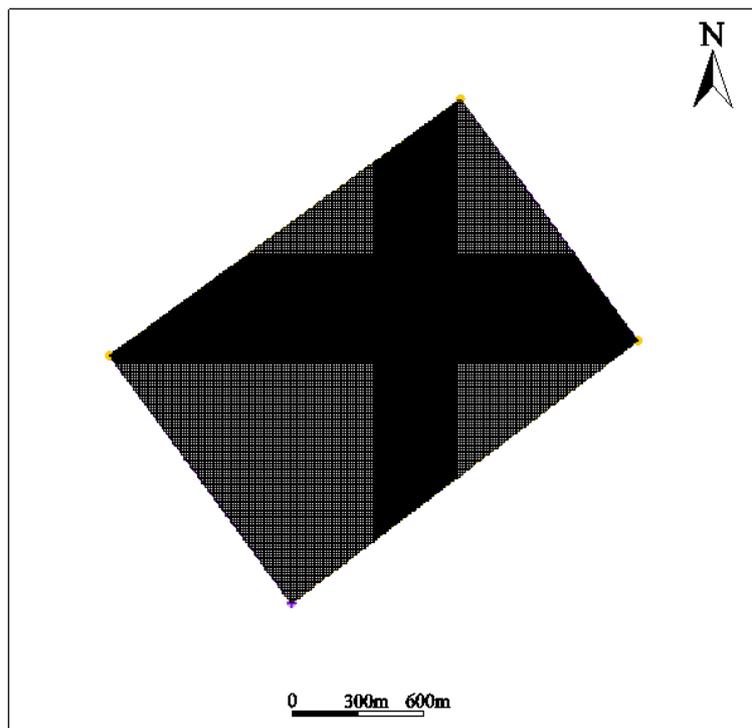
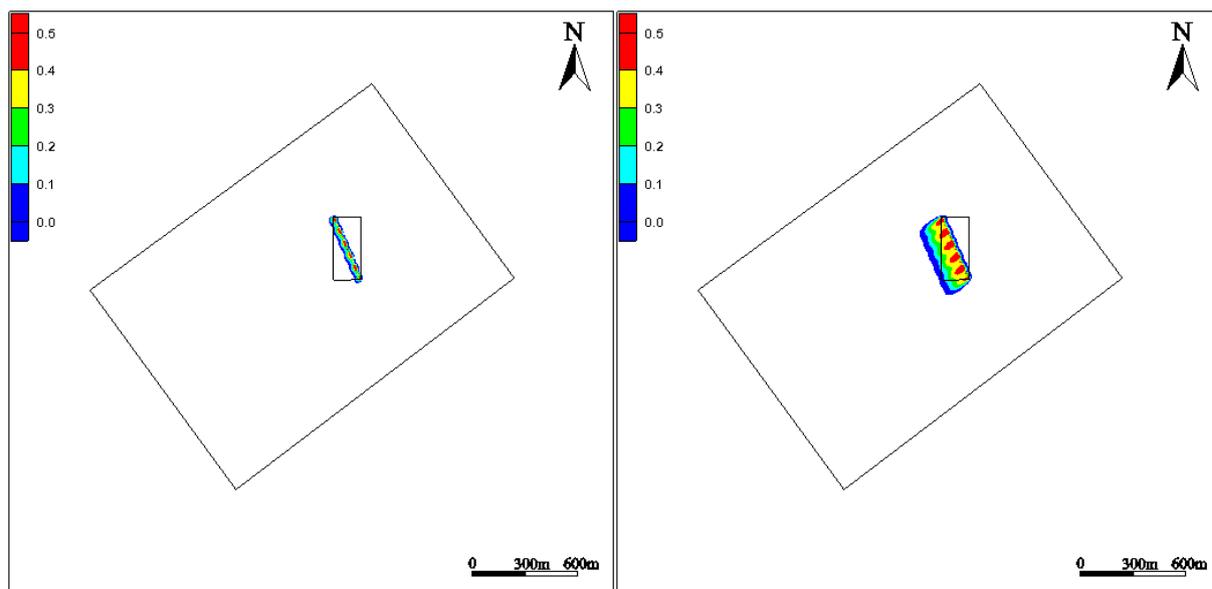


图 9.1-1 模型剖分情况

9.1.4.4 预测结果分析

本次评价对生产期由于蒸发池泄漏所致区域浅层地下水中 $U_{\text{天然}}$ 的迁移扩散进行了模拟预测，根据模拟结果，分别绘制了第 12a（生产期末）和第 100a 的 $U_{\text{天然}}$ 浓度分布图，浓度分布晕见图 9.1-2。



a. 12a

b. 100a

图 9.1-2 蒸发池泄漏事故下 $U_{\text{天然}}$ 浓度分布图

由图 9.1-2 可知，随着泄漏时间的延长，污染晕逐渐向蒸发池周围扩散，在蒸发池下游迁移相对较快。从浓度分布图中可知：

1) 第 12a 时（生产期末），以本项目贡献值 0mg/L 为边界浓度， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移了 35m，侧向迁移了 11m，上游迁移了 9m；

2) 第 100a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移了 160m，侧向迁移了 18m，上游迁移了 14m。

在地下水影响范围内不存在集中式和分散式地下水饮用水源等地下水环境敏感点。此外，在蒸发池周围设置了潜水含水层监测井，定期对监测井中的地下水进行取样监测。因此，蒸发池泄漏事故对周围环境和人员造成的影响是可以接受的。

9.2 环境风险评价

9.2.1 硫酸储罐泄漏事故预测与评价

9.2.1.1 事故景象分析

本项目建有露天硫酸库布置硫酸储罐，其一旦泄漏，挥发的酸雾会对周围大气环境造成影响。本次风险评价对硫酸泄漏进行风险预测与评价。

本项目共布置 10 台（9 用 1 备）DN8000×6000 立式硫酸贮罐，硫酸罐区周围设置整体围堰，尺寸为 52m×23m×1m。考虑到多个储罐同时发生泄漏的可能性极小，本次评价按一个罐发生泄漏计算，按照 $1 \times 10^{-4}/a$ 的常压单包容储罐泄漏孔径 10mm 的泄漏模式假设，按照泄漏时间 10min 考虑。硫酸在常压下是液体，常温储存，在发生泄漏事故时不会发生闪蒸及热量蒸发，因此，重点考虑事故泄漏后的质量蒸发。假设硫酸储罐泄漏后将整个围堰铺满，则围堰有效蒸发面积为围堰内面积减去硫酸储罐基础所占面积，即 $S_{\text{有}} = S_{\text{围堰}} - S_{\text{基础}} = 52 \times 23 - \pi \times 4^2 \times 10 = 693\text{m}^2$ 。经计算，液池半径为 14.86m。

采用以下公式可计算出具有挥发性的硫酸的挥发量。

$$Q_3 = a \times p \times M / (R \times T_0) \times u^{(2-n)/(2+n)} \times r^{(4+n)/(2+n)} \quad (9.2-1)$$

式中：

Q_3 —质量蒸发速度，kg/s；

M —摩尔质量，取 0.098kg/mol；

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；最不利气象条件 25℃时取 17.29Pa；
 R—气体常数；8.314J/mol k；
 T₀—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，取 14.86m。

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硫酸挥发量为 0.002kg/s。

9.2.1.2 事故影响评价

本次事故评价大气扩散模式采用国家环保部推荐的环境风险评价多烟团模型。假设一旦发现泄漏，将迅速采取堵漏、导液等应急措施，将液体导入事故罐或事故池中。根据导则泄漏时间设定为 10min，蒸发时间设定为 30min，预测泄漏后 10min、20min 和 30min 时下风向地面空气中硫酸的一次浓度，气象参数根据导则选取最不利气象条件：F 稳定度，1.5m/s 风速，温度 25℃，相对湿度 50%。预测结果及分析见表 9.2-2 和表 9.2-3。

表 9.2-2 硫酸储罐泄漏事故时下风向地面空气中硫酸的一次浓度 (mg/m³)

距离 (m)	10min	20min	30min	距离 (m)	10min	20min	30min
	F	F	F		F	F	F
20	141.80	141.80	141.80	500	0.00	1.90	1.90
50	38.94	38.94	38.94	600	0.00	1.44	1.44
100	17.91	17.91	17.91	700	0.00	1.12	1.13
150	10.72	10.72	10.72	800	0.00	0.52	0.91
200	7.27	7.27	7.27	900	0.00	0.04	0.76
250	5.32	5.32	5.32	1000	0.00	0.00	0.64
300	4.09	4.09	4.09	2000	0.00	0.00	0.00
350	3.24	3.26	3.26	3000	0.00	0.00	0.00
400	1.57	2.67	2.67	4000	0.00	0.00	0.00
450	0.15	2.24	2.24	5000	0.00	0.00	0.00

表 9.2-3 硫酸储罐泄漏事故不利气象条件（F 稳定度）下的预测结果分析

序号	项目	F 稳定度结果
1	最大落地浓度 (mg/m^3)	738.04
2	最大落地浓度出现距离 (m)	6.6
3	毒性终点浓度-1 (mg/m^3)	160
4	毒性终点浓度-1 影响距离 (m)	14.5
5	毒性终点浓度-2 (mg/m^3)	8.7
6	毒性终点浓度-2 影响距离 (m)	175.4
7	最近居民点 (2500m) 最大浓度 (mg/m^3)	0.18 (77min)

由计算数据可以看出，在最不利气象条件下，硫酸储罐泄漏后最大落地浓度为 $738.04\text{mg}/\text{m}^3$ ，出现在下风向 6.6m 处；毒性终点浓度-1 的影响范围为 14.5m，毒性终点浓度-2 的范围为 175.4m，该范围内均无居民点；最近居民点处在泄漏 77 分后达到最大浓度 $0.18\text{mg}/\text{m}^3$ ，远小于毒性终点浓度-1 和毒性终点浓度-2，影响属于可接受水平。

在发生事故下，硫酸库区围堰边界处的硫酸浓度较高，会对人体造成一定影响，因此，一旦发生硫酸泄漏事故，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，硫酸雾即停止外排，再通过大气稀释扩散，其产生的影响将会在短时间内得到消散，对周围环境和人员造成的影响是可以接受的。

此外，硫酸库周围设置整体围堰，围堰尺寸为 $52\text{m}\times 23\text{m}\times 1\text{m}$ ，围堰容积 1196m^3 ，扣除硫酸罐基础所占面积后，有效容积为 693m^3 ，可以满足单台硫酸储罐 (300m^3) 的泄漏量，且围堰内侧壁及地面均按照规范作防渗、防腐处理，防止污染地下水，不会对周围地下水环境造成明显影响。

9.2.2 柴油库环境风险分析

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。此外，若柴油泄漏进入地下水环境，将会对周围地下水环境造成污染。

本项目柴油罐设置液位、压力检测及柴油罐渗漏检测报警装置，信号远传至中央控制室。柴油罐如发生泄漏，可以在短时间对泄漏的柴油进行处理，不会出现柴油泄漏释放的油蒸汽长时间在空气中扩散的情况，杜绝发生火灾爆炸事故的可能。

另外，柴油库周围设置整体围堰，围堰尺寸为 $9\text{m}\times 8\text{m}\times 1\text{m}$ ，围堰容积 72m^3 ，扣除柴油罐基础所占面积后，有效容积为 57.5m^3 ，可以满足单台油罐（ 12.5m^3 ）的泄漏量，且围堰内侧壁及地面均按照规范作防渗、防腐处理，柴油渗入地下水的概率很小，不会对周围地下水环境造成明显影响。

9.2.3 事故防范及应急措施

9.2.3.1 事故防范措施

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

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

3) 硫酸储罐和柴油罐均设置液位报警，柴油库设置压力检测及柴油罐渗漏检测报警装置，通过巡视及监控系统可及时发现泄漏，并进行及时处理。

4) 硫酸库区和柴油库区设置水冲洗装置；在接触有毒有害物料工作岗位配有专用的个人防护设施，如空气呼吸器、过滤式防毒面具、化学防护服、安全眼镜、防护手套等。

5) 硫酸库区和柴油库区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。

9.2.3.2 环境防范管理措施

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

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

3) 危险品储运采用槽车或桶装运输，经常检查阀门，防止泄漏。

4) 中核内蒙古矿业有限公司制定了《中核内蒙古矿业有限公司突发环境事件应急预案》，建立了应急组织体系、应急响应程序、硫酸库和柴油库突发环境事件现场处置措施，配备相应的应急物资，并定期进行演练。

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

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

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机械废气。其中，施工扬尘防治措施包括洒水抑尘、围挡、施工场地保持清洁并进行覆盖、避免大风作业、及时清运垃圾等对策，同时包括提高管理水平，加强现场施工管理等；机械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

施工期生产废水和生活污水污染物种类简单，含量较低。项目生产废水主要为设备清洗和水泥养护排水，由于施工区域蒸发量很大，其产生量极少，基本可全部蒸发；施工期作业人员产生的生活杂用水及洗漱废水依托于租用的民宅处理；部分钻探区配备施工人员寝车，并配有简易旱厕，生活污水在寝车收集后外运处理。

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、废机油、建筑垃圾以及施工人员生活垃圾等。

钻井泥浆经压滤设施处理后运至泥饼池进行集中处理；泥饼池在开挖前剥离表土，并对表土层进行单独剥离并单独堆存，待植被恢复时使用；在泥饼池底部及四周铺设 HDPE 防渗膜防止土壤及地下水污染；待钻孔施工结束后，将泥浆饼置于泥饼池内，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。

废机油产生量较少，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。

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在集中收集堆放，定期外运至环卫部门处理。

10.1.1.4 施工期噪声污染防治措施

本项目施工期噪声主要来源于钻井机、柴油发电机、泥浆泵、挖掘机、搅拌机、除砂机以及施工车辆等在运行、作业过程中产生的各种噪声。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，采取加装减震设备或隔音罩的方法降噪。

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。内蒙古某地施工现场的扬尘实际监测结果见下表 10.1-1。

表 10.1-1 施工现场扬尘监测结果 单位： mg/m^3

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

由上表可知，建筑施工扬尘的影响范围主要集中在工地下风向 150m 范围内，150m 范围外影响较小；施工现场采取场地洒水措施，可以明显地降低施工场地周围环境空气的粉尘浓度，通过洒水降尘，散料覆盖、围挡、加强管理，厂界可以满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。

柴油发电机等设备在采取相关措施后， SO_2 、 NO_x 和颗粒物的排放浓度均满足《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要求。

以上施工期大气污染防治措施均已在多个施工场地中得到广泛应用，其措施是可行的。

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可全部蒸发，作业人员生活污水依托于民宅处理和寝车处理，均不外排，其处理措施是可行的。

10.1.2.3 施工期固体废物污染防治措施可行性分析

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，最终产生的泥浆部分回用于固井，剩余泥浆经压滤脱水后，运至泥饼池集中处置。该处理方式是油田钻井泥浆的常规处理方法，在钱 IV 块铀矿床地浸采铀工程中首次引至铀矿冶行业并得到了成功应用，处理后的岩屑泥饼含水率小于 50%，可进行填埋处置。此方法可大大减少钻井泥浆处置量，从而减小对环境的影响。因此，钻井泥浆采取统一收集、集中处理的方式是可行的。

本项目废机油产生量较少，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，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。

建筑垃圾送建筑垃圾填埋场或一般固体废物填埋场，生活垃圾送环卫处集中处理。施工期固体废物加强管理，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

施工期主要噪声为钻孔施工噪声，在考虑钻机、柴油发电机、泥浆泵、除砂机和搅拌机 5 台设备同时运行情况下，距离井场钻井机 200m 处噪声贡献值为 32.29dB(A)，可以满足昼间 ≤ 70 dB(A)，夜间 ≤ 55 dB(A)的要求，且施工场地距离周围敏感点较远，施工噪声基本不会对周围敏感点产生明显影响，因此施工期噪声防治措施是可行的。

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

本项目吸附淋洗厂房和萃取沉淀厂房生产过程中产生少量的氢气和硫酸雾，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，硫酸库产生硫酸，主要靠大气稀释排放。

运行期蒸发池废液蒸发产生的 ^{222}Rn 以及集液罐排气孔排放的 ^{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

本项目生产过程中工艺废水主要包括吸附尾液、反冲废水、洗涤废水、解毒尾液和沉淀母液，产生量为 $96355\text{m}^3/\text{a}$ ，全部输送至蒸发池蒸发处理。本项目蒸发池蒸发面积为 56000m^2 ，年实际蒸发量约为 $99370.88\text{m}^3/\text{a}$ ，可全部蒸发掉本项目产生的废水。另外，蒸发池四周设置围堤，避免地面雨水进入蒸发池；蒸发池池底及边坡底部铺设防渗层，防渗层底部设置渗漏在线检测装置；蒸发池周围设有潜水含水层监测井。

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孔工作站处理，处理后的澄清液回收至集液罐，废渣运至蒸发池。

4) 实验废水

本项目分析测试中心实验废水产生量约 $2.5\text{m}^3/\text{d}$ ，经收集后排入蒸发池处理。

5) 生活污水

本项目在水冶厂区和倒班宿舍区各设置一套地埋式一体化污水处理设施，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。

10.2.1.3 运行期固体废物污染防治措施

1) 蒸发池残渣

蒸发池残渣是蒸发池蒸发放射性废水后遗留在池底的固体废物，其中放射性核素来源主要为废水中核素残留、浸出液处理残渣和洗井废渣，均暂存于蒸发池中， $U_{\text{天然}}$ 活度为 13.9mg/kg，最终集中挖除统一填埋或分别就地掩埋等。

2) 钻井泥浆

本项目运行期开展备采区生产孔的施工，钻井泥浆处理措施与施工期一致，详见 10.1.1.3 节。

3) 废旧设备及零配件

废旧管道、阀门、水泵、过滤器等放射性固体废物，经简单去污后暂存于固体废物库，待退役时去污解控或运至审管部门认可的废旧金属处理中心处理。

4) 实验室废物

本项目分析测试中心会产生少量的废旧试剂瓶，产生量约 0.2t/a，按实验室管理要求进行清洗后，作为一般固体废物处置。

5) 生活垃圾

本项目工作人员日常生活产生的生活垃圾约 23.4t/a，定期由垃圾处理车外运处理。

10.2.1.4 运行期噪声污染防治措施

本项目噪声源主要为井场和水冶厂的潜水泵、离心泵、风机等，单机噪声源强均 $\leq 100\text{dB}(\text{A})$ 。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面，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，有效地减小了物料的跑冒滴漏；蒸发池底敷设防渗层及检漏装置，可有效防止蒸发池的渗漏。

(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，裸露处采用外保温处理，防止管道冻裂。

2) 防止钻孔泄漏的措施

本项目抽注液孔的平均深度达 116m，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) 抽注液管选用优质的 PE 管，PE 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) 抽注液管位于钻孔套管内，套管材质为 PVC，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

生污染的可能非常小。

3) 井场施工环保措施

- (1) 井场钻孔施工的过程中，钻井泥浆采取统一收集、集中处理的方式。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 生产钻孔施工过程中严禁揭露下隔水板底板泥岩层。
- (5) 钻孔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。
- (6) 钻孔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) 钻孔的井管连接丝扣由锥形改为方形扣连接，连接处加密封胶或密封胶带，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) 土工膜的运输和贮存应符合相关规定要求。
 - (3) 施工期清除场内妨碍土工膜安全的各种杂物。
 - (4) 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。
 - (5) 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。
 - (6) 土工膜铺设过程中应进行搭接宽度和焊缝的质量控制。
 - (7) 土工膜支持层应平整光滑，基底应密实均匀。
 - (8) 土工膜室外施工宜在气温 5℃以上、风力 4 级以下并无雨、无雪天气进行。

6) 蒸发池防洪措施

为避免地面雨水进入蒸发池，本项目蒸发池四周设置围堤，围堤采用挖方土压实筑成，堤顶高出地面不小于 0.5m。

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) 放射性废气

放射性废气中，吸附淋洗厂房和萃取压滤厂房生产过程中产生的氦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氦，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为 $3.00 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，远低于本项目公众照射剂量约束值 0.1mSv/a 。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

吸附淋洗厂房、萃取压滤厂房中使用的硫酸和萃取剂均密闭在罐体和管线中，且为保持工艺管道的密闭性，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，以减少硫酸雾的无组织排放，总体来看厂房中的硫酸雾排放量较小，可忽略不计。

硫酸库酸雾主要来源于硫酸储罐的呼吸排放和物料装卸过程中的工作损失。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硫酸的贡献值较小，叠加监测值后的预测值满足《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) 工艺废水和实验废水处理措施可行性分析

(1) 蒸发池蒸发量可行性分析

项目所在地的近年来的平均蒸发量为 2449.6mm，平均降水量为 185.2mm。在进行大面积水体水面蒸发量计算时需要考虑折算系数，苏尼特左旗地区大面积水面蒸发与陆面效蒸发皿的折算系数为 0.8，本项目新建蒸发池净蒸发面

积为 78000m²。据此计算蒸发池年实际蒸发水量计算公式如下：

$$E = (e \times \alpha - r) \times s \quad (10.2-1)$$

式中：

E ——年蒸发量，m³/a；

e ——年均蒸发量，取 2449.6mm；

α ——折算系数，取 0.8；

r ——降水量，取 185.2mm；

s ——蒸发池净蒸发面积，取 56000m²。

经过计算可知，本项目蒸发池年实际蒸发量约为 99370.88m³/a，运送至蒸发池的废水量共计 97671m³/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钠基膨润土垫及 HDPE 土工膜，膜厚 1.5mm，双面加糙，渗透系数小于 10⁻¹²cm/s；土工膜上部铺设 0.5m 厚的回填土作为保护层，池壁利用粘土砖进行护砌，土工膜四周固定在锚固槽中，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。防渗结构示意图见图 10.2-1。

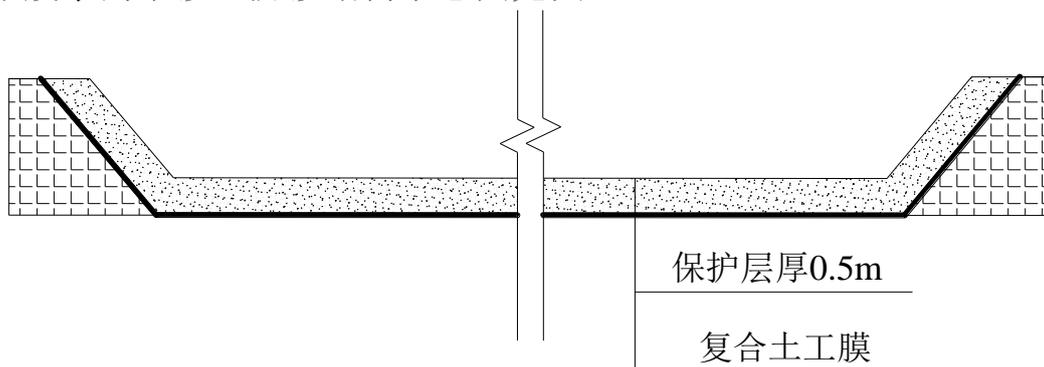


图 10.2-1 蒸发池防渗结构示意图

(3) 蒸发池检漏及处置可行性

本项目蒸发池设置了渗漏在线检测装置，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，在蒸发池周围布设地下水监测井，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。

（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蒸发池只接受工艺废水和少量放射性固体废物（浸出液过滤残渣等），严禁排入其他杂物和生活废水等；

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，可及时将厂区和生活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蒸发池四周设置围堤并定期维护，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层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置地下水监测井，布置方案为：

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，具体详见“7 地下水环境影响评价”章节。地下水特征污染物在含矿含水层中的迁移距离为：下游最大迁移距离为 136m，上游最大迁移距离为 65m，侧向最大迁移距离 72m。因此，确定含矿含水层地下水监测井的布置原则为：距采区边界上游 100m、两侧 120m、下游 150m 布设一圈监测井，并在下游 300m 处设一个含矿含水层监测井，首采区在含矿含水层外围共布置 13 个监测井。

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，钻孔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。钻孔不会穿过含矿含水层延伸至下含水层，分散布设 1 个下含水层监测井。以首采区为例，首采区含 12 个采区，每个采区布置 1 个上含水层监测井，共布置 12 个。

由于本项目所在区域含矿含水层隔水底板连续、稳定分布，地勘钻孔均未揭穿。本项目生产钻孔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。因此，本项目生产过程中不会对下层含水层产生影响，不再布置下层含水层监测井。

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，若上含水层监测井浓度异常，通过停止注液井或减小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

本项目为巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）工程，本项目附近现有正在运行的巴彦乌拉地浸工程。本项目与巴彦乌拉地浸工程开采层位一致，水文地质条件基本一致，自巴彦乌拉地浸工程运行以来，中核内蒙古矿业持续对井场周围含矿层及井场内上含水层中的监测井进行了监测。巴彦乌拉地浸工程 C1~C7 采区监测井分布图见图 10.2-2。下面选取各含矿层及上层监测井对其浸出液流散控制效果进行分析，各监测孔地下水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度随时间变化趋势见图 10.2-3 和 10.2-4。

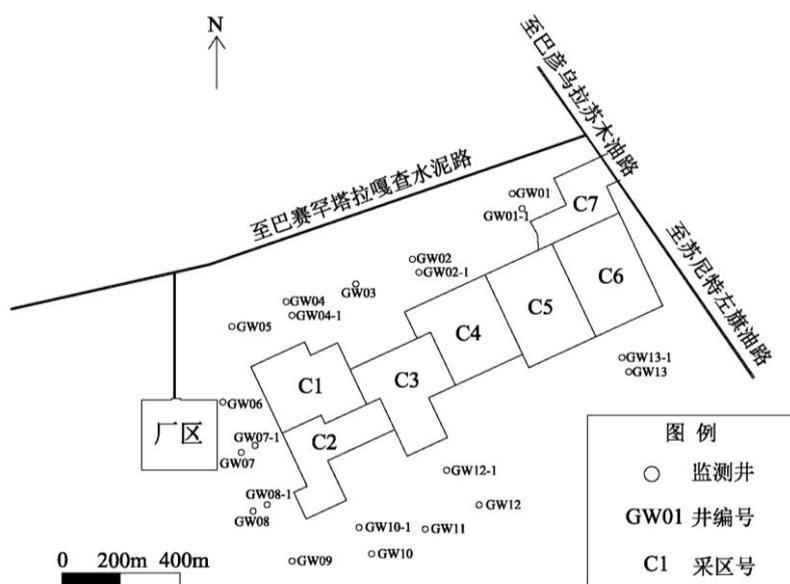


图 10.2-2 巴彦乌拉地浸工程 C1~C7 采区监测井分布图

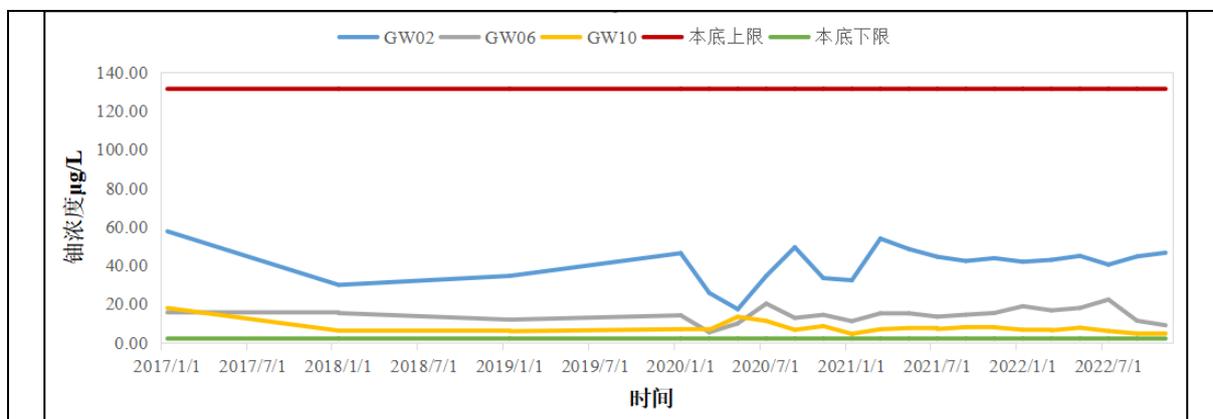


图 10.2-3 含矿层代表性监测井 $U_{\text{天然}}$ 监测数据

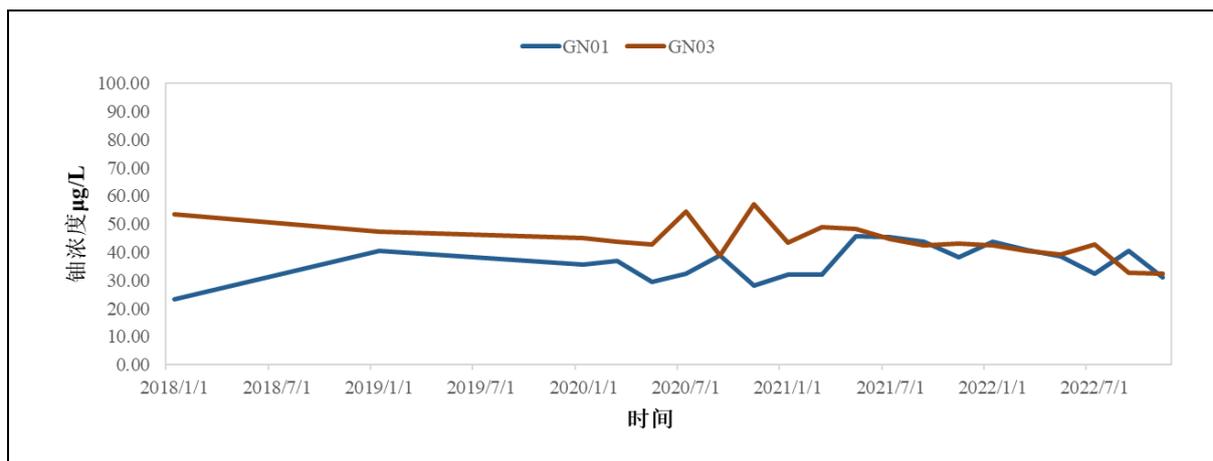


图 10.2-4 上层监测井 U_{天然} 监测数据

由图可知：巴彦乌拉地浸工程含矿层监测井中 U_{天然} 浓度基本平稳，处于本底水平范围内，说明巴彦乌拉地浸工程的地下水环境影响范围稳定可控；上含水层监测井中 U_{天然} 浓度起伏波动变化较小，说明巴彦乌拉地浸工程未对上含水层地下水产生影响。本项目与巴彦乌拉地浸工程的矿体层位一致，水文地质条件相似，且二者采取的抽大于注比例及其他溶浸液控制措施一致。因此，类比巴彦乌拉地浸工程数据可知，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孔工作站处理，该洗孔工作站是专门用于收集、处理洗井废水的环保设备，由气液分离装置、过滤装置、集液装置、排污装置、提升装置等系统组成。主要包括货车（载重 12t）、储液罐（容量 8m³）、洗孔孔口装置等。其工作原理是在钻孔洗孔过程中，将洗孔孔口装置安装在井口，该装置与井口连接并保证井口封闭，只保留 3~5 个出口用塑料管与储液罐相连，洗孔时，洗孔废水全部进入储液罐用货车拉至集液罐区，然后澄清，澄清液回收至集液罐进行处理，废渣倒入蒸发池集中处理。钻孔洗孔抽液能力为（5~8）m³/h，洗孔车能保证 1 小时以上的洗孔废水储存能力，钻孔洗孔采用间歇式洗孔，一般连续洗孔 30~50 分钟需要停止 1 小时以上，因此单套设备能同时满足 1~2 孔的洗井要求。

4) 生活污水处理措施可行性分析

本项目在水冶厂区和倒班宿舍区各设置一套地埋式一体化污水处理设

施，处理工艺为 MBR 工艺。该技术已广泛应用于工业生活污水处理，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。处理后的生活污水中 BOD₅、NH₃-N 等指标可以满足《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。生活污水处理工艺流程详见图 10.2-5。

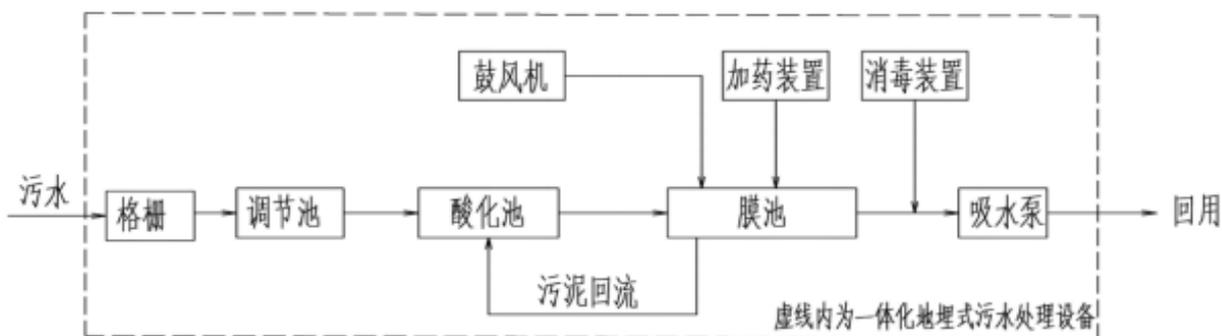


图 10.2-5 生活污水处理工艺流程图

10.2.2.3 运行期固体废物污染防治措施可行性论证

1) 蒸发池残渣、浸出液处理残渣、洗井废渣处理措施可行性分析

蒸发池的废水蒸发后的残渣、浸出液处理残渣、洗井废渣均暂存于蒸发池中，其中放射性核素来源主要为废水中核素残留、浸出液处理残渣和洗井废渣。根据 3.11.1.3 蒸发池残渣量及残渣放射性水平分析，生产结束后蒸发池中 $U_{\text{天然}}$ 放射性总活度为 $4.37 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，放射性固废废物量约为 42009.9t， $U_{\text{天然}}$ 约为 $13.9 \text{mg} (U_{\text{天然}}) / \text{kg} (\text{土壤})$ ，相当于铀矿冶行业表外废石中的铀含量水平，其退役治理可按照铀矿冶行业常规放射性固废开展，如集中挖除统一填埋或分别就地掩埋等。

总体来看，蒸发池残渣的处置方式是可行的。

2) 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孔的施工，钻井泥浆处理措施与施工期一致，详见 10.1.2.3 节。

3) 废旧管道、设备处理措施可行性分析

本项目生产运行期间产生的废旧管道、设备暂存于固体废物库内，确保处于受控状态，不流失至外环境。项目终产后，放射性金属固体废物去污治

理或运至审管部门认可的废旧金属处理中心处理，处理处置措施可行。

4) 实验室废物处理措施可行性分析

根据《国家危险废物名录》（2021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，可作为一般固体废物处置。

5) 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和处置，堆放点进行防渗处理，并有专人进行收集，定期由垃圾处理车外运处理。

本项目固体废物的处理方式不会对周围大气及水体产生不利影响，处置去向明确，因此处理措施可行。

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；本项目空压机、通风机、各种水泵等均安装于室内，并采取必要的隔声、减振措施；通过采取上述降噪措施和距离衰减，根据预测结果，厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准限值（昼间 60dB（A），夜间 50dB（A））。

另外，距离本项目噪声源最近的居民点为牧民 5，噪声源项为水冶厂房的通风机和空压机等，两者之间距离约 2500m。根据预测结果，该居民点基本不受噪声影响，环境噪声可以满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类区昼间 $\leq 60\text{dB}(\text{A})$ 、夜间 $\leq 50\text{dB}(\text{A})$ 的标准限值要求。

由此可见，运行期噪声防治措施是可行的。

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。本项目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，与常规采矿方法比较，有较好的环境优势，主要表现在：

（1）尾渣产生量少：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、萃取、沉淀工艺流程，其产生的吸附尾液可大部分返回地浸，减少了废水排放量。

（3）排氦量少：常规采铀方法的矿井通风排氦量及废石堆、尾矿库的氦析出量都较高，而地浸采铀抽出的溶浸液溶解的氦气量和蒸发池内残渣地表释放的氦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，只有抽注钻孔和输液管道，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，有效的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 $1.41 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^3$ ，与周边居民点 ^{222}Rn 浓度现状监测值（ $8.22 \sim 10.20$ ） Bq/m^3 相比，贡献率较小，对周围居民点公众剂量值最大为 $3.00 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，占剂量约束值 0.1mSv/a 的0.30%。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钻孔、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）蒸发池采用土工膜+粘土的复合防渗结构，并在底部设置检漏装置，可有效防止蒸发池的渗漏，经预测废水穿透复合防渗结构的时间约为4756a，远大于本项目12a的生产期限。

（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的降低污染，美化环境的作用。

11.2 环境保护投资分析

本项目的环保设施主要由以下几部分组成：

- 1) 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。

本项目环保投资具体见表 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	工作场所氡及非放废气	厂房通风系统	484.02
废水	工艺废水	蒸发池	953.65
	洗井废水	洗井设施	110.00
	事故废水	事故槽	57.36
		围堰	38.74
	生活污水	生活污水处理设施	134.80
地下水	浸出剂扩散	监测井	908.88
固废	生活垃圾	分类收集、处理，外运生活垃圾填埋场	8.00
	钻井泥浆	泥浆压滤设施、泥饼池	64.00
	废旧设备及零配件	固体废物库	69.22
噪声	风机、泵类	选用低噪声设备，减振，加装消声器等	50.00
生态	绿化	植树种草	51.75
环境 风险	硫酸储罐、柴油罐泄漏	围堰	37.83
监测 设备			
合计			3005.80

本项目建设投资 49997.37 万元，其中环保投资共计 3005.80 万元，占建设投资的 6.01%。其中用于废气治理的费用占环保投资的 16.10%，用于废水污染治理的费用占环保投资的 73.31%。由此可见，该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，本项目的环保投资及其比例较为合理。

综上所述，本项目环境效益显著，环保投资合理，从环境角度来说本项目是可行的。

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，中核内蒙古矿业有限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。

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，法人为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营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法情况，了解施工过程中设备、物料堆置、临时工棚搭建、便道及施工方法对生态造成的影响，若发现严重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，监测计划见表 12.2-1。

表 12.2-1 施工期环境监测方案

监测对象	监测位置		监测频次	监测项目
空气	厂界四周、牧民 1		1 次/季度	TSP
噪声	厂界四周、牧民 1		1 次/季度	昼夜等效连续 A 声级
地下水	监测井	所有	工程投产前，委托有资质的第三方单位开展 1 次地下水取样监测	$U_{\text{天然}}$ 、pH、 SO_4^{2-} 、Mn；
		选择上游、下游及两侧方向代表性监测井	工程投产前，委托有资质的第三方同时开展 1 次地下水其他水质因子监测	^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 及非放射性因子水样全分析。

2) 流出物监测

根据设施的性质、规模及运行情况，在产生放射性流出物的设施、部位实施监测，以便及时掌握和控制气、液态流出物的排放量和对环境的影响。流出物的监测包括气载流出物、液态流出物等的监测。监测计划详见表 12.2-2。

表 12.2-2 流出物的监测计划

序号	监测内容	监测点位	监测项目	监测频次
1	气载流出物	吸附淋洗厂房排气筒	^{222}Rn 及其子体浓度	1次/季
2		萃取沉淀厂房排气筒		
3		集液罐排气孔		

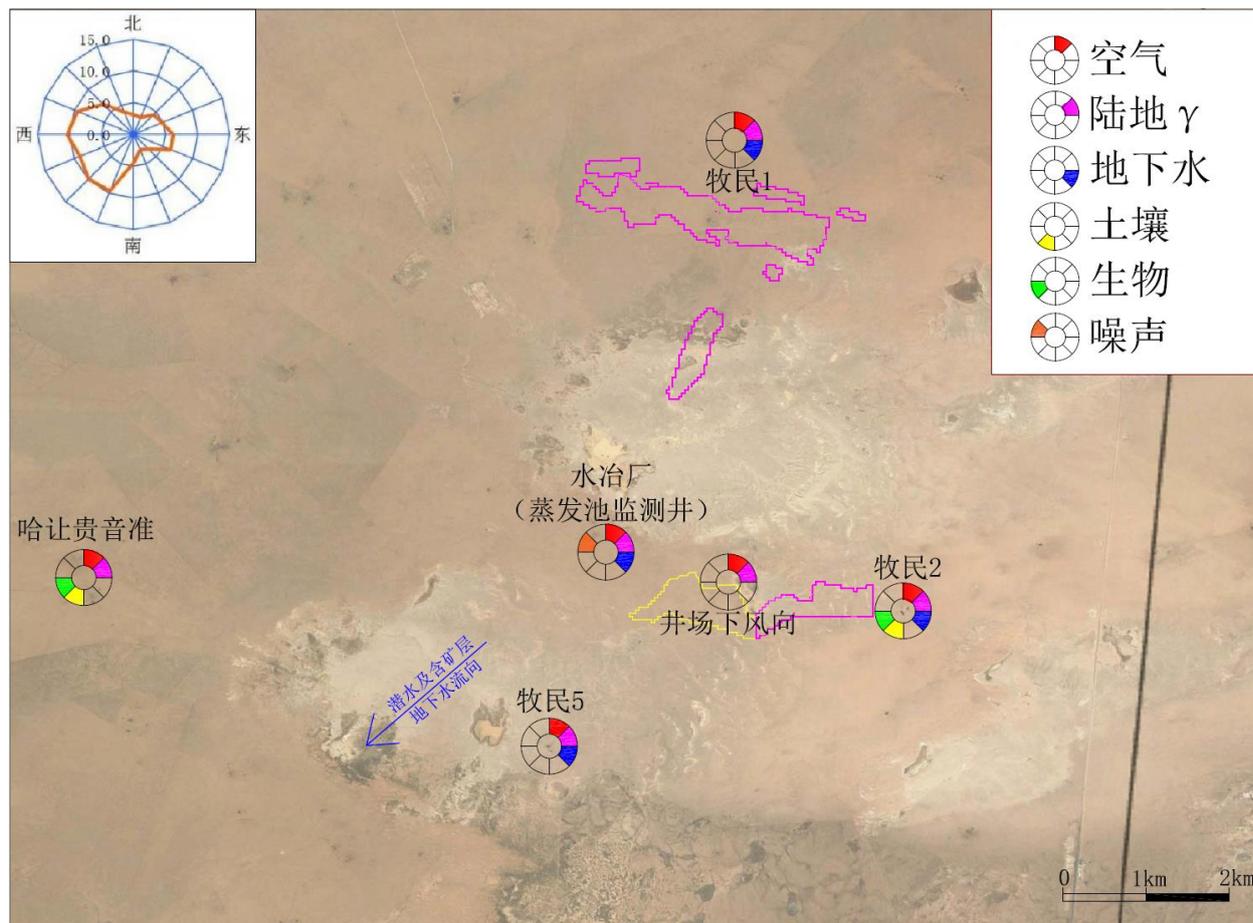
3) 常规环境监测

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 常规环境监测计划

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、井场下风向各一个； ②居民点：牧民 1、牧民 2、牧民 5； ③对照点：哈让贵音准。	^{222}Rn 及其子体	1 次/季
2	贯穿辐射剂量率	同空气监测点位。	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/半年
3	地下水	①居民点：牧民 2、牧民 5。 ②对照点：牧民 1。	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、总 α 、总 β	1 次/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蒸发池监测井。	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 SO_4^{2-} 、Mn、pH	1 次/半年
4	土壤	①居民点土壤：牧民 1、牧民 2、牧民 5； ②对照点土壤：哈让贵音准。	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、Cd、As	1 次/半年
5	生物	①居民点牧草：牧民 1、牧民 2、牧民 5； ②对照点农作物或牧草：哈让贵音准。	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po	植物生长期监测 1 次
6	噪声	水冶厂界四周。		1 次/半年



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) 用以分析氦、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 氦、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、氦和氡子体样品采样，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，采样深度为 1m，按 0~15cm、15~60cm 分层采取。

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

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

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

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

监测项目		监测方法	仪器设备	检出限
空气	氦气浓度	《环境空气中氦的测量方法》HJ 1212-2021	RAD7 α 能谱氦气检测仪	0.1pCi/L
	氡子体浓度	《环境空气中氦的测量方法》HJ 1212-2021	KF608 智能氡子体测量仪	10nJ/m ³
γ 辐射空气吸收剂量率		《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》GB/T14583-1993	BH3103B 便携式 X- γ 剂量率仪	1.0nGy/h
地	U _{天然}	《环境样品中微量铀的分	MUA 激光荧光铀分析仪	0.1 μ g/L

监测项目		监测方法	仪器设备	检出限
下水		析方法》HJ 840-2017	HD3025 微量铀分析仪	2ng/L
	^{226}Ra	《水中镭-226 的分析测定》 GB/T 11214-1989	PC2100 镭氡分析仪	0.37m Bq/L
	^{210}Po	《水中钋-210 的分析方法》 HJ813-2016	BH1324D α 能谱仪	0.1mBq/L
	^{210}Pb	《水中铅-210 的分析方法》 EJ/T859-1994	BH1216 α/β 测量仪	1mBq/L
	pH	《水质 pH 值的测定 电极法》HJ1147-2020	PHS-25 酸度计	/
			PHS 酸度计	/
	总 α	《水中总 α 放射性浓度的测定厚源法》EJ/T 1075-1998	BH1216 α/β 测量仪	2.0mBq/L
	总 β	《水中总 β 放射性测定 蒸发法》EJ/T 900-1994	BH1216 α/β 测量仪	5.0mBq/L
Mn	《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	0.12 $\mu\text{g/L}$	
土壤	$\text{U}_{\text{天然}}$	《环境样品中微量铀的分析方法》HJ840-2017	MUA 微量铀分析仪	0.10 $\mu\text{g/g}$
	^{226}Ra	《样品中 ^{226}Ra 的测定》 GB/T13073-2010	PC2100 镭氡分析仪	5.0 Bq/kg
生物	$\text{U}_{\text{天然}}$	《环境样品中微量铀的分析方法》HJ840-2017	MUA 激光荧光铀分析仪	0.10 $\mu\text{g/kg}$ (鲜)
	^{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	PC2100 镭氡分析仪	0.01 Bq/kg (鲜)

12.4 监测机构及设备配置

中核内蒙古矿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。日常环境监测工作由本单位分析检测中心或委托具有相应资质的单位承担。

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

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

6) 监测计划和采取的质量保证措施应有书面执行程序，并经审核批准后

才能实施。文件的格式、术语应具备后人可读性；文件内容应包括从监测方案到结论各部分的详尽描述；并建立文档备份、呈交、保存制度。

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

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

类别	防治对象		防治措施	数量	要求及效果	验收标准
大气污染防治	吸附淋洗厂房	氨气、酸雾	全面通风系统	1套	/	/
	萃取沉淀厂房			1套		
	集液罐	氨气	排气孔	3个		
水污染防治	流散浸出剂	U _{天然} 、SO ₄ ²⁻ 等	监测井	25个	监测井布置完成	
	工艺废水	U _{天然} 、SO ₄ ²⁻ 等	蒸发池	8座	蒸发面积 56000m ² ,有效池深 1.2m,池底 1.5mmHDPE 土工膜、膜上 50cm 厚回填土的防渗措施,膜下铺设渗漏在线检测装置。	
	洗井废水	U _{天然} 、SO ₄ ²⁻ 等	洗井设施	2套	移动式螺杆空气压缩机和活塞式洗井车	
	生活废水	氨氮、BOD ₅ 等	污水处理设施	2套	埋地式水处理设备和污水调节池	GB/T18920-2020 表 1 标准
固体废物污染防治	钻井泥浆		泥饼池	—	集中处理,钻井过程中泥浆循环利用	
	蒸发池残渣		蒸发池	8座	暂存至蒸发池、不外排	
	废旧设备及零配件		固体废物库	1座	暂存	
	生活垃圾		统一清运	—	定期外运处理	—
噪声污染防治	空压机、泵等设备噪声		减振、墙体隔声,距离衰减等	—	昼间≤60dB(A),夜间≤50dB(A)	GB12348-2008 2类标准
事故/风险防范	吸附淋洗厂房	事故槽		2个	DN3600×4500,钢衬 PO 材质	
	萃取沉淀厂房			2个	DN3600×4000,钢衬 PO 材质	
	集液罐区	围堰		1个	尺寸均为 38m×15m×1.5m,内侧壁及地面作防渗、防腐处理。	
	配液罐区			1个		
	硫酸库储罐区			1个	尺寸为 52m×23m×1.0m,内侧壁及地面作防渗、防腐处理。	
	柴油库罐区			1个	尺寸为 9m×8m×1.0m,内侧壁及地面作防渗防腐处理,围堰上设 1.2m 高栏杆。	
蒸发池	地下水监测井		5个	监测井布置完成		
其他环保措施	抽、注液管道泄漏		设流量和压力自动检测、报警装置	—	设施安装完毕,运行正常。	
	集配液罐		液位自动检测、报警装置	—	设施安装完毕,运行正常。	

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、倒班宿舍区三大模块，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，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；钻孔施工过程中，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

运行期由建设单位组建专门的安防机构，设置专职安全环保管理人员负责全矿的环境管理、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) 组织全矿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法，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，待退役时统一处理。

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》（GB14586-93）以及《铀矿冶设施退役治理源项调查技术规范》等标准规范开展源项调查工作。

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

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

(4) 调查应考虑时效性，应在源项已确定处于最终状态的情况下进行源

项调查。

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

2) 源项调查方法

（1）根据源项调查内容，确定各类源项的具体调查方法。

（2）由有资质的单位采用国家规定的标准测量方法进行测量监测。

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

3) 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：地浸井场钻孔和地下水、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）钻孔

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——pH、 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 SO_4^{2-} 、Mn 等。

③监测布点——生产钻孔和监测井。

（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；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、 $U_{\text{天然}}$ 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。

$U_{\text{天然}}$ 、 ^{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 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) 钻孔：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) 污染工业场地 1 处：水冶厂（含集配液区），合计约 15.30hm²。
- 4) 蒸发池 8 座：总占地面积约 7.32hm²。
- 5) 污染建构筑物：约 28 座，占地面积约 19127m²，建筑垃圾约 3450m³。
- 6) 污染设备管线：污染设备约 500 台，污染管线约 210000m。

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 $0.74\text{Bq/m}^2 \text{ s}$ 。

3) 土壤中 ^{226}Ra 残留量控制值

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），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) 地下水修复控制值

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，其表面 α 、 β 放射性水平分别降低至 0.08Bq/cm^2 和 0.8Bq/cm^2 时，经防护部门监测许可后，可在一般工业中使用（食品工业除外）。

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

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

源项		退役治理目标及深度	
		主要方法	退役深度
地浸井场	钻孔	有效封堵，切断与地下地浸井场的连通。	严禁随意打开和破坏，地浸井场无限制开放使用。
	地下水	地下水修复，采用抽出处理法。	
工业场地（1处）		全部清挖至废物集中堆放场所集中处置。	无限制开放使用
蒸发池（8座）		全部清挖至废物集中堆放场所集中处置。	废物集中堆放场所有限制开放使用，其他区域无限制开放使用。
污染构筑物		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填埋场处理。	原址与工业场地退役深度相同。
污染设备、管线		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。	污染设备管线或材料处于可控状态。

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) 地下水的治理方案

地下水治理主要为地下水的修复，根据国内外类似工程的实践，本矿床地下水修复拟采用“地下水抽出一地表处理—处理后的清洁水回灌—抽注入井交替抽注—还原剂注入—修复后观察”的修复方案。

具体如下：

(1) 将残留的地下浸出液抽出，抽出水用来配置浸出剂，注入新的井场或排入蒸发池蒸发，抽出水的体积约为 2 个孔隙体积；

(2) 抽出的地下水经地表处理后，重新注入井场，以加速地下水修复，抽出水的体积约为 6 个孔隙体积；

(3) 根据需要，添加适当还原试剂，使含矿含水层的水文地球化学环境由氧化环境变成还原环境；

(4) 将抽出井改为注液运行，将注入井改为抽液运行，进行抽注孔的交替循环，约需 2 个孔隙体积的水；

(5) 地下水修复后，进行不少于一年的地下水水质稳定性监测，在确保地下水水质修复稳定后，填实封闭所有钻孔。

本项目终采后采用“边生产边退役，分批次退役”方式开展退役治理。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。

2) 井场钻孔的封闭：拆除各井孔上的设备，对钻孔进行清理，最后用水玻璃、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孔封闭后，达到无限制开放使用深度。

3) 工业场地退役治理：采取完全挖除、迁移和集中方案，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) 蒸发池的治理与废渣处置：建设初期即对该蒸发池池底及池壁进行防渗处理。生产期间和终产期，各部位产生和堆存的沉渣及蒸干残渣，随时挖运至蒸发池集中堆存。在终产后的退役期间，首先将部分蒸发池底泥清挖并集中到某一蒸发池内，释放一定范围的土地资源用于新建废物集中堆放场所。待废物集中堆放场所建成后，将蒸发池全部底泥残渣以及本工程其他设施退役产生的放射性污染物，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。经退役治理后，本工程仅有废物集中堆放场所为有限限制开放使用，原蒸发池的其他占地区域达到无限制开放使用深度。

5) 污染构筑物治理：采取去污后整体拆除方案，先进行构筑物去污，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填埋场处理。

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。

以上列为有限限制开放使用的场所或设施，退役治理后不得盗掘废物，不

得随意变动、削弱或破坏有关的退役整治设施（如覆盖层、截排洪沟等损毁活动），不得用于与食物链有关的生产活动，不得长时间居留（如建房居住等），并按照国家有关规定及要求要求进行长期监护。

13.1.4.2 退役治理方案可行性

1) 地下水治理方案可行性

目前，我国在云南 381 矿床酸性地浸采铀试验基地开展地浸地下水修复工程，其采用了抽出处理+原位还原修复技术，根据其地下水取样点监测数据，地下水中铀含量下降明显，最大下降幅度为 82%，达到或接近控制值水平，其实践成果有助于我国地浸地下水修复技术的突破；此外，当前在内蒙古钱 II 块铀矿床以及新疆 512 铀矿床正在开展地浸地下水修复试验研究，其研究成果可为本项目地下水修复奠定基础。

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地改善，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 $<0.74\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，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。

污染构筑物彻底拆除清除后，原址恢复重建，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。

13.1.6 退役治理经费

本项目退役治理资金来源为中央预算内军工核设施退役及放射性废物专项资金。

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竣工验收后，废物集中堆放场所为有限制开放使用。由于有限制开放使用的设施仍存有大量铀的衰变产物，一旦受到自然因素或人为因素影响易于扩散，可能带来一定程度的放射性危害，因此在其退役治理后，必须对其进行长期的监督维护和监测，以便及时对出现的影响安全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内蒙古矿业有限公司。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，应立即去现场巡查。

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 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

巴彦乌拉铀矿床芒来矿段位于内蒙古自治区锡林郭勒盟苏尼特左旗赛罕高毕苏木境内，是中核内蒙古矿业有限公司在内蒙古锡林郭勒盟新开发的矿点之一，属可地浸砂岩铀矿，该铀矿床的建设，对于我国天然铀生产能力的提高是十分必要的。

本项目属于铀矿采冶行业，最终产品为“111”，服务年限为 15a；项目建设内容主要包括井场、水冶厂、倒班宿舍区及场外工程；项目首采区布置 12 个采区，设置钻孔 917 个，其中抽出井 410 个，注入井 480 个，监测井 25 个。井场年浸出液抽出量为 1720.43 万 m^3/a ，年产“111”铀金属量为 XXt/a ；项目总投资 49997.37 万元，其中环保投资 3005.80 万元，环保投资占工程总投资的 6.01%。

14.1.2 环境质量状况

根据本项目现状监测结果，区域环境现状调查结论如下：

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对照点相当，且处于全国水平范围内；

(2) TSP 浓度：项目所在地及周边居民点的 TSP 日均浓度监测结果均满足 GB3095-2012 中二级标准限值要求；

(3) 硫酸雾浓度：项目所在地及周边居民点的硫酸雾浓度均未检出，满足 HJ 2.2-2018 附录 D 限值要求。

2) γ 辐射空气吸收剂量率：项目所在地及周边居民点的 γ 辐射空气吸收剂量率与对照点及锡林郭勒盟地区处于同一水平。

3) 地表氡析出率：拟建场址地表氡析出率为 $(0.0092\sim 0.0162) \text{ Bq/m}^2 \text{ s}$ 。

4) 地下水环境：项目周边居民点潜水含水层地下水中放射性核素浓度与区域本底基本处于同一水平；矿区含矿含水层地下水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度为

(3.21~22.04) $\mu\text{g/L}$ 、 ^{226}Ra 浓度为(122~793) mBq/L 、 ^{210}Po 浓度为(13.62~371.98) mBq/L 、 ^{210}Pb 浓度为(46.12~582.85) mBq/L 。

地下水中非放射性因子总体满足 GB/T 14848-2017 中 III 类标准，个别因子背景值较高。潜水含水层 pH 满足 IV 类标准， Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 F^- 、 NO_3^- 、As、Mn、总溶解性固体和总硬度满足 V 类标准；含矿含水层 pH、As、Mn、氨氮满足 IV 类标准， Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、Fe、 NO_3^- 、总溶解性固体和总硬度满足 V 类标准。

5) 土壤环境：项目所在地及周边居民点土壤中 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 含量处于区域本底水平；项目拟建场址土壤中各项非放监测指标均低于 GB36600-2018 中的第二类用地污染风险筛选值的标准要求；项目周边土壤中各项非放监测指标均低于 GB15618-2018 中的土壤污染风险筛选值的标准要求。

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

14.1.3.1 井场

本项目为原地浸出采铀工艺，采用 H_2SO_4 浸出工艺，井型以五点型布置为主，井距为 27m。井场工艺流程主要包括浸出剂配制及输送、集控室注液分配、浸出剂在含矿含水层的注入、浸出液提升及地表输送等几部分。

本项目井场区共布置 65 个分采区，设置钻孔 4548 个。其中，抽出井 1938 个，注入井 2400 个，监测井 145 个。其中，首采段布置 12 个分采区，钻孔 917 个，其中抽出井 410 个，注入井 480 个，监测井 25 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%。

14.1.3.2 水冶厂

本项目水冶工艺流程为浸出液→吸附→淋洗→萃取→酸洗→反萃取→沉淀→过滤→“111”产品。

14.1.3.3 运行期污染物的产生及处理

1) 废气

(1) 集液罐废气：集液罐释放的放射性废气为氦气，年排放量为 $6.58 \times$

10^{11}Bq/a ，通过排气孔集中释放至大气扩散稀释。

(2) 吸附淋洗厂房废气：浸出液处理厂房产生的放射性废气为氡气，年释放量为 $1.34 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，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) 萃取沉淀厂房废气：浸出液处理厂房产生的放射性废气为氡气，年释放量为 $9.00 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，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。

(4) 蒸发池废气：本项目蒸发池废液蒸发时，其中溶解的 ^{222}Rn 随之挥发，析出一定量的 ^{222}Rn ， ^{222}Rn 释放量为 $1.04 \times 10^{11}\text{Bq}$ 。

(4) 硫酸库废气：硫酸库酸雾主要来源于硫酸储罐的呼吸排放和物料装卸过程中的少量泄漏，废气排放量为 0.028kg/h 。

2) 废水

(1) 放射性废水：本项目生产过程中产生的工艺废水主要包括吸附尾液、反冲废水、洗涤废水、解毒尾液和沉淀母液，产生量为 $275.30\text{m}^3/\text{d}$ ，年产生量 $96355\text{m}^3/\text{a}$ ，全部输送至蒸发池蒸发处理。本项目设 8 座蒸发池，蒸发面积 56000m^2 ，年实际蒸发量约为 $99370.88\text{m}^3/\text{a}$ ，设置了防渗措施及检渗设施，满足放射性废水的处理要求。

(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，处理后的澄清液回收至集液罐，废渣倒入蒸发池。

(4) 生活污水：本项目非放射性废水主要为水冶厂及现场办公及倒班宿舍区的生活污水，总废水量为 $34.10\text{m}^3/\text{d}$ 。生活污水经地理式一体化污水处理设施处理后达到 GB/T18920-2020 中绿化、道路清扫标准，用于场地绿化和道路降尘。

3) 固体废物

(1) 钻井泥浆：本项目在生产孔施工过程中会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。钻井泥浆处理后产生的固体废物包括岩屑和泥饼，产生量约为 21059.8m³，统一运至泥饼池进行集中处理，然后覆土植草，恢复地貌。

（2）蒸发池回填土残渣、浸出液处理残渣、洗井废渣：蒸发池的废水蒸发后的回填土残渣、浸出液处理残渣、洗井废渣均暂存于蒸发池中，废渣量约 42009.9t，U_{天然}浓度约为 13.9mg/kg，最终集中挖除统一填埋或就地掩埋等。

（3）废旧管道、设备：经简单去污后暂存于固体废物库，待退役时去污解控或运至审管部门认可的废旧金属处理中心处理。

（4）生活垃圾：年产生量约为 23.4t/a，定期由垃圾处理车外运处理。

4) 噪声

本项目噪声源主要为井场和水冶厂的空压机、潜水泵、离心泵、风机等，单机噪声源强均≤100dB（A）。经处理后在厂界可以达标 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、生活污水、施工废水、施工噪声以及钻井泥浆、废机油、建筑废物和生活垃圾。

施工扬尘采用洒水、围挡等抑尘措施；施工期使临时防渗旱厕，并设置简易防渗化粪池，生活污水经化粪池处理后全部外运处理；施工噪声采用低噪声设备、减震、隔声等降噪措施；废机油尽量回用，建筑废物送至指定的建筑垃圾处理场，生活垃圾集中堆放在指定地点；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。

在钻井施工过程中，泥浆经过除砂后回用于钻井，产生的岩屑运至泥饼池进行集中处理；钻井施工完成后，最终产生的钻井泥浆经除砂后部分回用于固井，剩余泥浆运至井场统一设置的压滤设施，经压滤脱水后，滤液运至新钻机台配置钻井液，泥饼运至泥饼池进行集中处理。

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

14.1.5 公众辐射环境影响评价

本项目对公众产生照射的主要途径为生产设施释放的²²²Rn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 $3.00 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，出现在NNE方位、3~5km子区，关键居民点为牧民1，最大个人剂量占个人剂量约束值 0.1mSv/a 的0.30%。20km范围内的集体剂量为 $1.04 \times 10^{-5} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

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，且本项目周围人口稀少，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

分别对原地浸出井场和蒸发池地下水环境影响进行了分析。

1) 运行期井场地下水环境影响评价

在生产期末第12时， $U_{\text{天然}}$ 、 SO_4^{2-} 及Mn在地下水水流方向向下游的迁移距离分别为136m、145m和140m；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潜水层或其他承压水层的可能性很小，不会对公众造成附加照射剂量。

2) 蒸发池地下水环境影响分析

蒸发池采用土工膜+粘土的防渗结构，蒸发池中废水少量穿透复合防渗结构的时间约为4756a，远大于12a的生产期限。因此，在生产期间，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 非放射性大气环境影响评价

1) 大气

水冶厂房产生的硫酸雾较少，可忽略不计；硫酸库无组织排放的硫酸雾最大落地点处贡献值满足GB16297-1996中周界外浓度最高点限值要求，对周边居民点空气中硫酸雾的预测值满足HJ 2.2-2018中附录D的限值要求，可见对周围环境空气质影响较小。

2) 水环境

生活污水经污水处理设施处理， BOD_5 、氨氮等满足GB/T18920-2020中相关标准后回用于场地绿化和道路降尘，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 GB12348-2008 中 2 类区标准。

4) 固体废物

固体废物处理均得到了有效的处置，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、钻孔密封不良、蒸发池泄漏等，但事故工况下对环境的影响较小。

蒸发池在事故工况下，随着泄漏时间的延长，污染晕逐渐向蒸发池周围扩散，在蒸发池下游迁移相对较快。第 12a 时（生产期末）， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移了 35m，侧向迁移了 11m，上游迁移了 9m；第 100a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移了 160m，侧向迁移了 18m，上游迁移了 14m。在该地下水影响范围内不存在集中式和分散式地下水饮用水源等地下水环境敏感点，因此，蒸发池泄漏事故对周围环境和人员造成的影响是可以接受的。

硫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，硫酸储罐泄漏后最大落地浓度出现在下风向 6.6m 处，毒性终点浓度-1 的影响范围为 14.5m，毒性终点浓度-2 的范围为 175.4m，该范围内均无居民点；最近居民点处在泄漏 77 分后达到最大浓度 $0.18\text{mg}/\text{m}^3$ ，远小于毒性终点浓度-1 和毒性终点浓度-2，影响属于可接受水平。

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

中核内蒙古矿业有限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

本项目环境管理中核内蒙古矿业有限公司的管理机构，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，由中核内蒙古矿业有限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，内蒙古巴彦乌拉铀矿床芒来矿段的开发建设符合国家产业政策和集团公司规划，场址选择合理，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 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：

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

式中：

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

u—排气筒出口处风速；

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

j=1 或 2，分别代表上升和下沉部分。

2) 稳定条件下 SBL 中的浓度

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

式中：

z_{ieff} —有效机械混合层高度；

h_{es} —烟羽高度（烟囱高度加烟气抬升高度）；

F_y —横向分布函数（有迂回）。

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

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

当 $z_r \geq z_{ieff}$ 时，不考虑有效反射面。

3) 污染物扩散过程中的衰减作用

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

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

$$\text{或 } D = 1 \quad (\psi = 0)$$

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

式中：

ψ —污染物的衰减系数；

$T_{1/2}$ —污染物的半衰期，s。

4) 面源计算模式

对于面源，AERMOD 采用数值积分的处理方法，计算公式如下：

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

式中：

Q_A —面源释放率， $g/m^2 s$ ；

K —单位转换系数；

D —污染物衰减项；

σ_y —水平扩散系数，m；

σ_z —垂直扩散系数，m；

u_s —排放源高度处的风速，m/s；

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

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

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

式中：

C_{Rn} — ^{222}Rn 浓度， Bq/m^3 ；

T —受照时间，h，全年取 8760h；

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

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：

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

式中：

S —集体剂量， $\text{Sv} \cdot \text{人}/\text{a}$ ；

E_i — i 子区的个人剂量代表值， Sv/a ；

R_i — i 子区的人口数，人。

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《中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期（芒来矿段）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。



苏尼特左旗自然资源局

ᠰᠤᠨᠢᠲᠤ ᠵᠢᠰᠢ ᠵᠢᠰᠢ ᠵᠢᠰᠢ ᠵᠢᠰᠢ ᠵᠢᠰᠢ ᠵᠢᠰᠢ

关于“中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦 乌拉铀矿床原地浸出采铀二期(芒来矿段) 工程”建设范围是否占用生态保护 红线的复函

中核内蒙古矿业有限公司苏尼特左旗分公司：

你单位《关于查询“中核内蒙古矿业有限公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床原地浸出采铀二期(芒来矿段)工程”建设范围是否占用生态保护红线的函》已收悉。

根据你单位提供坐标，经核实：

该项目用地已避让生态保护红线范围。

特此函复。

苏尼特左旗自然资源局

2023年3月20日



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. 废水污染物排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准；

3. 施工期场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中相关要求，运行期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中2类标准。

三、辐射环境执行下列标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

2. 《铀矿冶辐射防护与辐射环境保护规定》（GB23727-2020）；

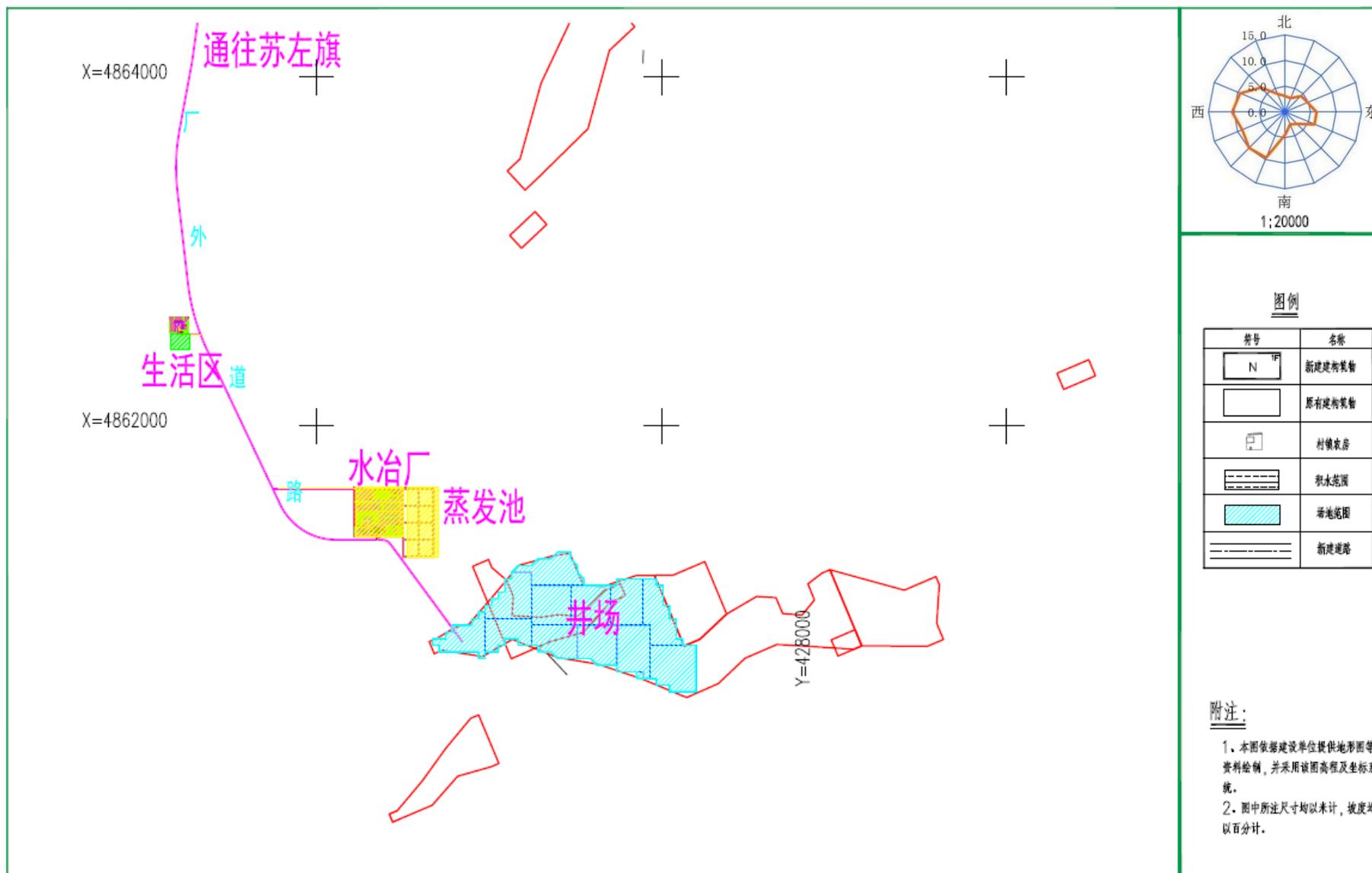
3. 《铀、钍矿冶放射性废物安全管理技术规定》（GB14585-1993）。

内蒙古自治区生态环境厅

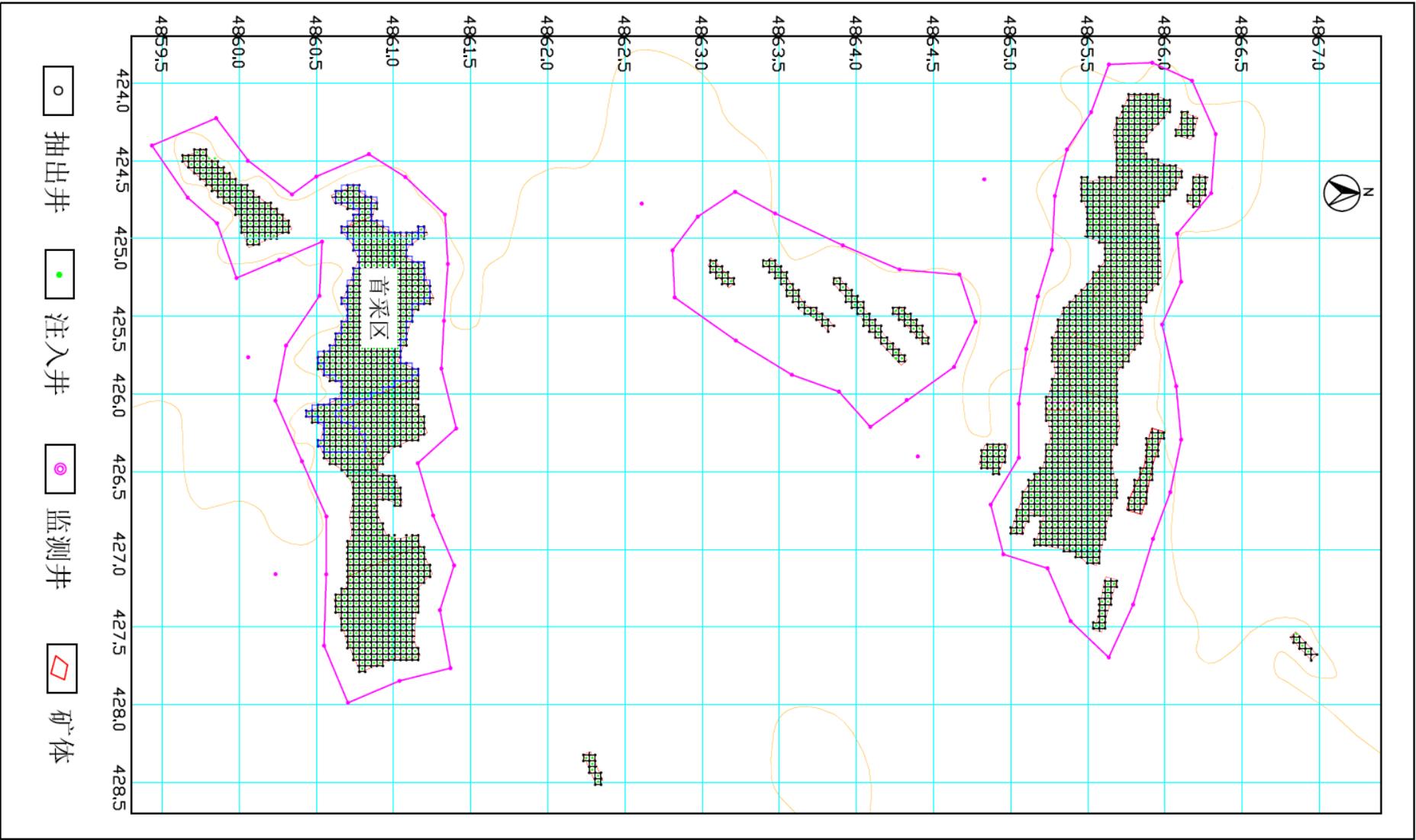
2023年3月30日



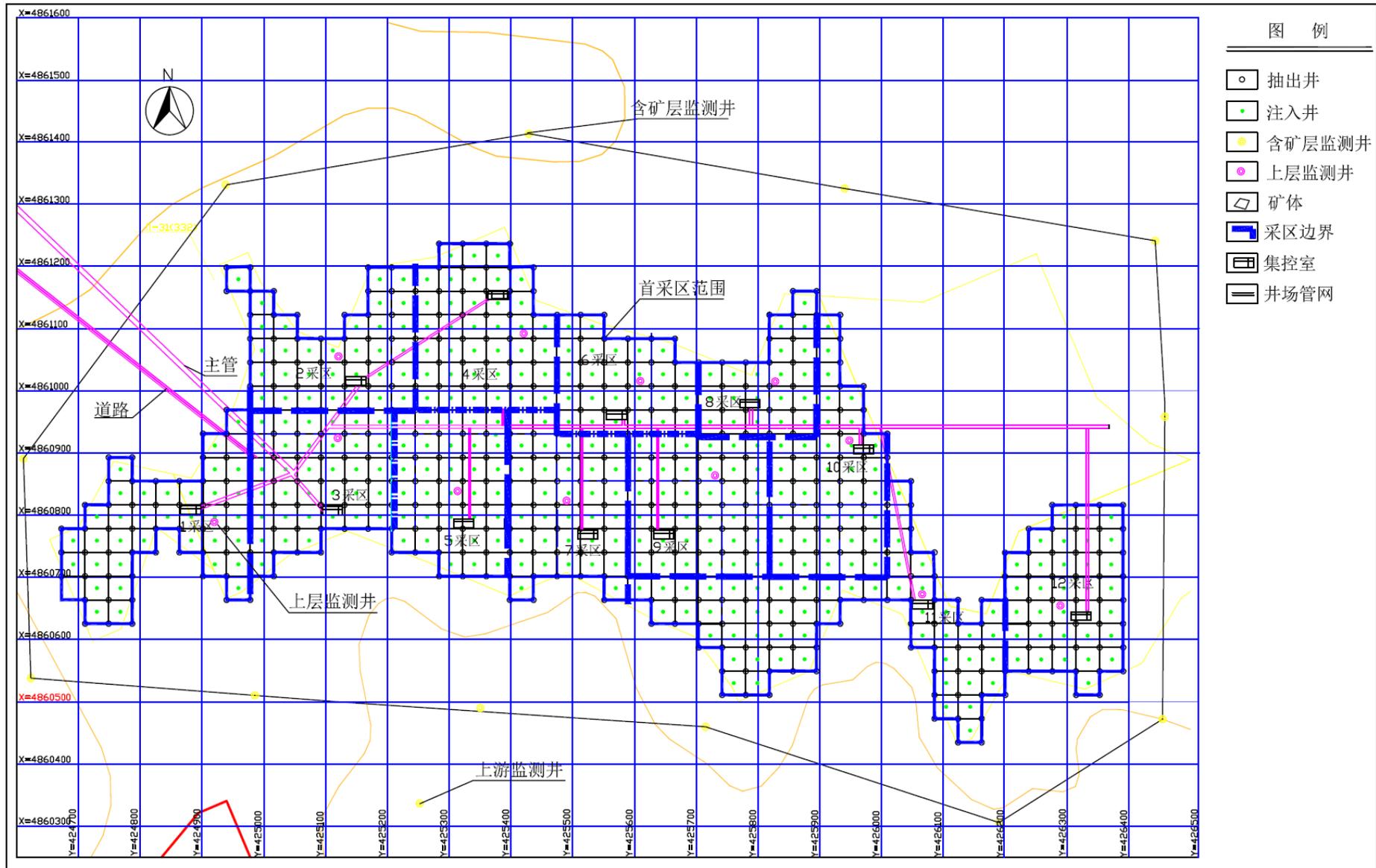
附图1 总平面布置图



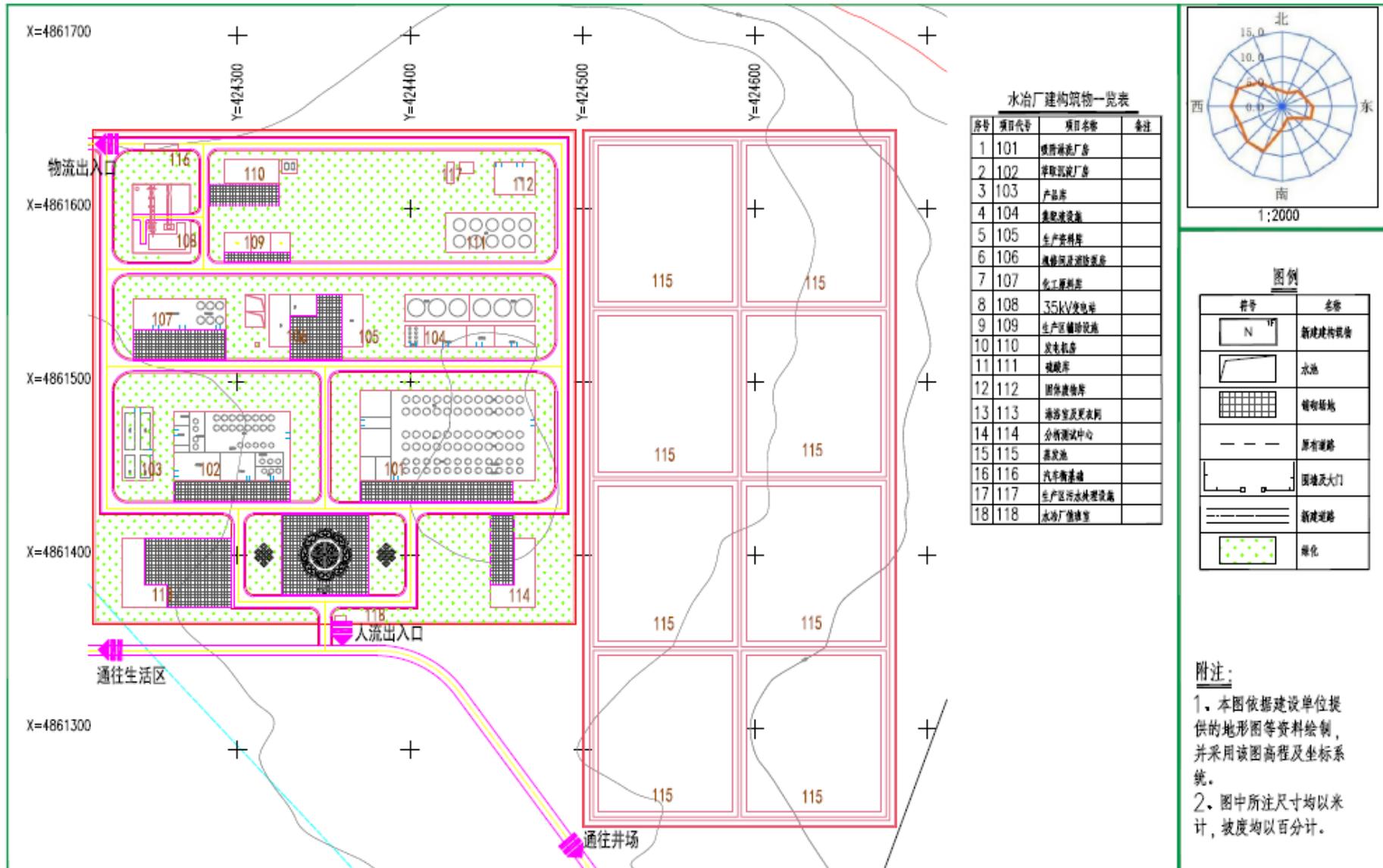
附图2 井场钻孔布置图



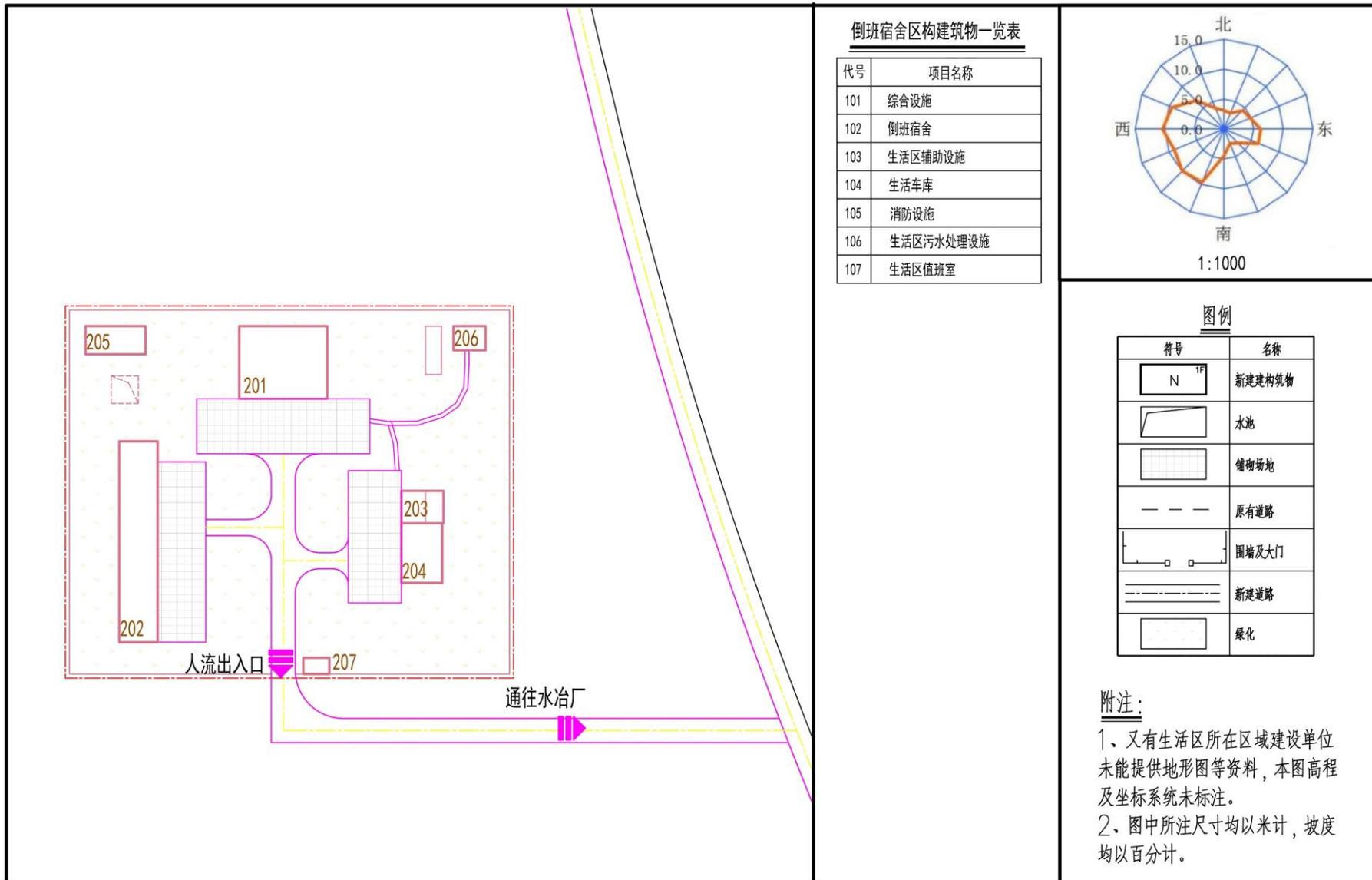
附图3 首采区钻孔布置图



附图 4 水冶厂总平面布置图



附图 5 倒班宿舍区总平面布置图



附注:

- 1、又有生活区所在区域建设单位未能提供地形图等资料, 本图高程及坐标系统未标注。
- 2、图中所注尺寸均以米计, 坡度均以百分计。