

密 级	——
版 次	A
本册编号	

中核内蒙古矿业有限公司
内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程
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
内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程
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
内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程
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



打印编号: 1676010916000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	k1c3iu		
建设项目名称	中核内蒙古矿业有限公司内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程		
建设项目类别	55--169铀矿开采、冶炼; 其他方式提铀		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	中核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
曹风波	第1、3、14章	BH018161	曹风波
尹冉	第2、5章	BH059857	尹冉
李梦姣	第7、10、13章	BH018175	李梦姣
葛佳亮	第4、9、11章	BH018159	葛佳亮

陈帅瑶	第6、8、12章	BH018169	陈帅瑶
-----	----------	----------	-----

前 言

核工业是国家安全的重要基石，是我国建设社会主义现代化强国的战略支撑，而天然铀是核工业最重要的基础原料，是核工业发展的物质基础，是无可替代的国家紧缺战略资源。对此，国防科工局提出了“天然铀资源的储备和生产是核军工发展的基石，直接关系到我国国防安全与经济发展，始终要确保军用天然铀供应的绝对安全，切实要打造核军工发展的基石”要求；同时天然铀也是核电的基本燃料。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。

2019年4月，国防科工局下达《国防科工局关于中国核工业集团有限公司天然铀产能布局调整方案的批复》（科工二司〔2019〕431号），国内天然铀开发重点建设新疆伊犁、内蒙古鄂尔多斯和内蒙古通辽3个千吨级绿色铀矿大基地。

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；在鄂尔多斯市设有纳岭沟项目部，负责纳岭沟铀矿床开采试验。

纳岭沟铀矿床是鄂尔多斯铀矿大基地的主要资源。从2012年，纳岭沟铀矿床先后经过条件试验、6组扩大试验、30组规模工业试验，逐步形成并完善了地浸采铀工艺体系，证明了纳岭沟铀矿床可采用 CO_2+O_2 地浸采铀工艺，可实现安全、经济的开采。

本项目为纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程，建成后可使中核内蒙古矿业在鄂尔多斯建成我国首批千吨级铀矿山之一，进一步提高我国天然铀生产能力，同时初步构建第四代铀矿采冶技术体系，建成单线千吨级数字铀矿山科技示范工程，进一步填补天然铀产能缺口，为我国国防和核电发展提供保障。

2023年XX月，国防科工局以科工计〔XXXX〕XXX号文“国防科工局关于内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程项目建议书的批复”对该项目进行了批复。

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境影响评价工作。接受委托后，环境影响评价小组赴现场进行了实地踏勘，收集了项目的工程资料和环境资料，委托有资质单位开展了环境质量监测，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二〇八大队分析测试中心负责，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.....	5
1.5	评价因子.....	8
1.6	评价控制指标.....	10
1.7	主要环境保护目标.....	13
2	评价区域环境概况	15
2.1	地理位置.....	15
2.2	地形地貌.....	15
2.3	地质.....	17
2.4	水文.....	19
2.5	气候与气象.....	24
2.6	土地和水体利用.....	27
2.7	生态和资源开发利用.....	29
2.8	产业政策与“三线一单”符合性.....	31
2.9	社会环境.....	36
3	工程分析	42
3.1	工程概况.....	42
3.2	项目前期试验情况.....	43
3.3	项目地质资源及开采规划.....	45
3.4	项目主要建设内容.....	50
3.5	总平面布置.....	52
3.6	工艺流程.....	54
3.7	主要技术方案.....	63
3.8	主要设施.....	68
3.9	生产辅助及仓储设施.....	69
3.10	公用工程.....	70

3.11	主要原辅材料来源、消耗	73
3.12	运行期污染物产生及处理	74
3.13	废物最小化	82
4	环境质量状况	84
4.1	本底数据	84
4.2	监测目的	85
4.3	监测方案	85
4.4	调查结果与分析	91
4.5	小结	100
5	施工期环境影响	102
5.1	环境影响因素	102
5.2	环境影响分析	103
6	辐射环境影响预测与评价	111
6.1	排放源项	111
6.2	环境影响途径	111
6.3	辐射评价基本参数设置	111
6.4	估算结果与分析	112
6.5	公众辐射环境影响评价	116
7	地下水环境影响评价	117
7.1	井场地下水环境影响评价	117
7.2	蒸发池地下水环境影响分析	128
8	运行期非放射性环境影响分析	130
8.1	大气环境影响分析	130
8.2	水环境影响分析	131
8.3	固体废物环境影响分析	131
8.4	声环境影响分析	132
9	事故环境影响分析	134
9.1	事故的环境影响	134

9.2	环境风险评价	140
9.3	小结	144
10	环境保护措施及其可行性论证	146
10.1	施工期环境保护措施及其可行性论证	146
10.2	运行期环境保护措施及其可行性论证	149
11	环境影响经济损益分析	162
11.1	环境影响经济损益分析	162
11.2	环境保护投资分析	163
11.3	小结	164
12	环境管理及监测计划	165
12.1	环境管理	165
12.2	监测计划	167
12.3	采样及测量方法	169
12.4	监测机构及设备配置	171
12.5	监测质量保证	172
12.6	环境保护“三同时”验收一览表	173
13	退役治理与长期监护	175
13.1	退役治理	175
13.2	长期监护	183
14	结论与建议	186
14.1	结论	186
14.2	建议	192

附件：

附件 1：环评委托书；

附件 2：《鄂尔多斯市自然资源局关于达拉特旗纳岭沟铀矿探矿权新立申请核查意见的报告》，鄂尔多斯市自然资源局，2022 年 12 月；

附件 3：《关于纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究环境影响评价执行标准的复函》，内蒙古自治区生态环境厅，2021 年 10 月；

附件 4：《内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程环境质量现状监测》，核工业二〇八大队分析测试中心，2022 年 5 月；

附件 5：《内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程环境质量现状监测》，核工业二〇八大队分析测试中心，2022 年 8 月。

附图：

附图 1：总平面布置图；

附图 2：首采区钻孔布置图；

附图 3：井场钻孔布置图。

附图 4：水冶厂总平面布置图；

附图 5：生活区总平面布置图；

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纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程。

2) 建设性质：新建项目，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、服务年限及工作制度

生产规模：本项目布置 63 个分采区，设置钻孔 8604 个（抽出井 2298 个，注入井 6134 个，监测井 172 个）。其中，首采区布置 18 个分采区，设置钻孔 1675 个（抽出井 498 个，注入井 1134 个，监测井 43 个）。井场年浸出液抽出量为 3508.77 万 m³/a，年产“111”铀金属量为 XXt/a；

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 8a，减产期 3a；

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。

5) 建设地点：内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗。

6) 项目投资：本项目总建设投资 155612.85 万元，其中环保投资 6071.03 万元，占工程总投资的 3.90%。

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五部分组成，即井场、水冶厂、现场办公及倒班宿舍区、厂外工程和远程控制中心。

1) 井场：主要包括井场钻孔（含生产井和监测井）、集配液设施、井场集控室、井场气体站、井场综合管网等。

2) 水冶厂：主要包括浸出液处理厂房（含化工原料库、产品库、空压机房等）、分析测试中心、试剂集中配制设施、盐酸库、双氧水库、生产区辅助设施（含固体废物库、生产资料库、机修间、消防泵房、供水设施间、生产

辅助设施变电所、生活污水处理设施、工程车库等)、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、水冶厂值班室等。

3) 现场办公及倒班宿舍区: 主要包括宿舍楼(含办公)、职工食堂及活动中心、综合服务设施(含消防泵房、污水处理等)、车库、变电所、空气源泵室、值班室等。

4) 厂外工程: 主要包括厂外道路、35kV 供电线路和通信线路等。

5) 远程控制中心(呼和浩特)。

1.2.2 总体规划

按照设计规模, 本项目水冶厂、现场办公及倒班宿舍区、厂外工程、远程控制中心均为一次性建设; 另外, 根据矿体的赋存情况以及项目设计规模, 井场划分为首采段和备采段分批建设, 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) 《中华人民共和国土地管理法》2020 年 1 月 1 日;
- 6) 《中华人民共和国土地管理法实施条例》2021 年 9 月 1 日;
- 7) 《建设项目环境保护管理条例》2017 年 10 月 1 日;
- 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》2021 年 1 月 1 日;
- 9) 《环境影响评价公众参与办法》2019 年 1 月 1 日;
- 10) 《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), 2021 年 12 月 30 日;
- 11) 《内蒙古自治区“十四五”生态环境保护规划》2021 年 9 月;
- 12) 《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)；

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)2020年12月29日；

14)《鄂尔多斯市“十四五”生态环境保护规划》2022年1月；

15)《鄂尔多斯市生态环境准入清单》(鄂环函〔2021〕95号)；

16)《鄂尔多斯市人民政府关于鄂尔多斯“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》(鄂府发〔2021〕218号)2021年9月17日；

17)《基本农田保护条例》2011年1月8日；

18)《自然资源部、农业农村部关于加强和改进永久基本农田保护工作的通知》(自然资规〔2019〕1号)；

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

20)《内蒙古自治区环境保护条例》2018年12月6日；

21)《内蒙古自治区草原管理条例》2005年1月1日；

22)《内蒙古自治区草原管理实施细则》2010年11月26日；

23)《内蒙古自治区水土保持条例》2018年7月26日；

24)《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》(HJ169-2018)；

8)《环境影响评价技术导则 铀矿冶》(HJ1015.1-2019)；

9)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；

10)《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)；

11)《铀矿冶辐射环境监测规定》(GB23726-2009)；

12)《核工业铀矿冶工程设计规范》(GB50521-2009)；

- 13) 《地浸采铀环境保护技术规定》(EJ/T1007-2018);
- 14) 《铀、钍矿冶放射性废物安全管理技术规定》(GB14585-1993);
- 15) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- 16) 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002);
- 17) 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017);
- 18) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- 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) 国防科工局关于内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程的批复, 科工计(XX)XX号;
- 2) 《内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程项目申请报告》, 中核第四研究设计工程有限公司, 2022年12月;
- 3) 《内蒙古鄂尔多斯市纳岭沟铀矿床(N37~N88线)铀矿详查地质报告》, 核工业二〇八大队, 2015年12月;
- 4) 《内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程环境质量现状监测》(2022-038), 核工业二〇八大队分析测试中心, 2022年5月;
- 5) 《内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程环境质量现状监测》(2022-192), 核工业二〇八大队分析测试中心, 2022年8月。
- 6) 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池为中心，半径 20km 的地域范围。子区划分方法为以集液池为圆心，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_0 —该污染物的环境空气质量标准， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

本项目非放射性污染物主要为盐酸库产生的 HCl 气体，执行《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018) 中附表 D.1 中其他污染物空气质量参考限值，即 HCl 环境空气质量标准为 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

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 HCl 的下风向轴线浓度，源项及估算结果见表 1.4-2 和表 1.4-3。

表 1.4-2 估算模式参数一览表

名称	污染物	源强 (kg/h)	排气量 (m ³ /h)	排放高度 (m)	出口内径 (m)	温度 (°C)
盐酸库 盐酸储罐	HCl	0.0053	60	3.5	0.09	7.4

表 1.4-3 拟建项目大气环境影响估算结果

污染源名称	污染物	C _i (μg/m ³)	C ₀ (μg/m ³)	P _i (%)	距离 (m)
盐酸库 盐酸储罐	HCl	4.41	50	8.82	26

由上表可知，本项目大气污染物 HCl 最大占标率 P_{\max} 为 8.82%。根据导则判定标准，本项目非放射性大气环境影响评价工作等级为二级，评价范围为以盐酸储罐为中心，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。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井工作站处理后回收至集液池；生活污水经污水处理设施处理后用于场地降尘和绿化。因此，本项目废水不排入地表水体，不会对项目周边地表水环境产生不良影响。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，项目周边存在居民点零星分散式水源地，属于较敏感区域。参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》(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一级。

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 1km 和 2km，平行于地下水流向的两侧方向各延伸 1km，总面积为 8.27km²；②含矿

含水层地下水评价范围为以井场为中心，北至铀矿床北部的煤层隐伏露头线，南至塔然高勒煤矿区南边界外延 10km 处，西至塔然高勒煤矿区西边界，东扩展至塔然高勒煤矿区东边界，东西长 35.7km，南北宽 30.9km，模拟面积约 1025km²。

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包括盐酸、柴油等。其中，盐酸浓度为 30%，最大储存量为 292t，折算为浓度为 37%的盐酸最大储存量为 237t。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018) 附录 B、C、D，本项目所涉及的危险物质的临界量、危险物质及工艺系统危险性分级见下表 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
盐酸(工业级)	7.5 (≥37%)	237	31.61	10≤Q<100
柴油	2500	33.6		

表 1.4-5 危险物质的临界量 (M)、危险物质及工艺系统危险性等级 (P) 判断

行业	评估依据	M 分值	M 划分	P 划分
有色冶炼	危险物质贮存罐区 (盐酸罐)	5/套 (罐区)	M3	P3
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

环境要素	环境敏感性	分级
大气	周边 5km 范围内居住区、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公等机构人口总数小于 1 万人；且周边 500m 范围内人口总数小于 500 人。	E3
地表水	本项目周边无收纳水体，事故情况下危险物质不会进入地表水体。	/
地下水	该地不涉及集中式饮用水水源准保护区及补给径流区，特殊地下水资源保护区及以外的分布区等敏感区范围内，但项目附近有零星分散式水源地分布。因此，地下水功能按照较敏感 G2 考虑；根据该地地勘资料，该地包气带厚度远大于 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 E2。	E2

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	P3	II	三级
地表水	/		/	/
地下水	E2		III	二级

综上所述，本项目大气风险评价等级为三级，评价范围为建设项目边界外 3km 范围；地下水风险评价等级为二级，根据本项目区域水文地质条件，评价范围为 8.27km²。

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、世界自然遗产、重要生境、自然公园、生态保护红线等生态敏感区，总占地面积 < 20km²，不属于其 6.1.2 条中“a) ~f)”内容，因此确定生态评价为三级，评价范围为本项目占地区域。

1.5 评价因子

1.5.1 环境影响因素识别

为明确本项目建设可能对自然环境、生态环境、社会环境和公众健康产生的影响，根据项目工程特点、规模和污染物排放规律，结合评价区域的环境特征，进行项目对环境的影响识别，结果见表 1.5-1。

表 1.5-1 本项目环境影响要素识别

阶段	影响	自然环境					社会环境						
		大气环境	地表水环境	地下水环境	声环境	辐射环境	生态环境	农业发展	工业发展	交通	就业	公众健康	社会经济
施工期	场地清理	-1			-1		-1				+1		
	建筑施工	-1			-2				+1		+1		+2
	材料运输	-1			-1					+1	+1		
	钻井施工	-1		-1	-2		-1				+1		
运行期	废气排放	-1				-1						-1	
	废水处理					-1							
	固体废物处置			-1		-1							
	设备噪声				-1								
	井场生产			-2							+1		
	产品生产								+2		+2		+2

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

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、噪声和生产对辐射环境、大气环境、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		TSP
	废水污染源		生活污水氨氮、BOD ₅ 等
	固废污染源		钻井泥浆、废机油、建筑垃圾和生活垃圾等
	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	HCl
	废水污染源	放射性污染物	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra
		非放射性污染物	浸出液 Cl、Mn 等； 生活污水氨氮、BOD ₅ 等
	固废污染源	放射性污染物	浸出液处理残渣、洗井废渣、蒸发池残渣以及 废旧管道、设备
		非放射性污染物	生活垃圾、钻井泥浆、废机油等
	噪声污染源		Leq (A)
	风险源		盐酸库、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》(GB23727-2020), 铀矿冶企业实践所致的公众关键居民组成员所受的年平均剂量约束值不应超过 0.5mSv/a。考虑到原地浸出采铀项目的特点, 结合本项目气态流出物所致公众剂量预测结果, 本项目公众剂量约束值确定为 0.3mSv/a。

2) 事故工况下公众剂量约束值

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, 在其潜水层地下水影响范围内无使用途径, 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约束值。

1.6.2 归一化排放量限值

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020), 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

经与内蒙古自治区生态环境厅确认，本项目沿用《内蒙古自治区生态环境厅关于纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究环境影响评价执行标准的复函》（2021.10.26）要求，执行的非放射性环境质量和排放标准如下：

1) 本项目执行的非放射性环境标准如下：

- (1) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；
- (2) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准；
- (3) 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准；
- (4) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）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）（GB15618-2018）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）》（GB36600-2018）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》（GB16297-1996）中新污染源二级标准；
- (2) 生活污水执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中绿化、道路清扫标准；
- (3) 施工期场界噪声执行《建筑施工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。

本项目非放射性评价采用的标准值见表 1.6-1。

表 1.6-1 本项目非放射性评价采用的标准值

类别	污染物名称	标准值		标准来源	
环境质量标准	大气	TSP	日平均 300 μ /m ³		《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准
		HCl	一次浓度: 0.05mg/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/T14848-2017) III 类标准
		As	0.01mg/L		
		Zn	1.0mg/L		
		Pb	0.01mg/L		
		Cd	0.005mg/L		
		Cr ⁶⁺	0.05mg/L		
		Mn	0.1mg/L		
		Hg	0.001mg/L		
		Cu	1.0mg/L		
		Ni	0.02mg/L		
		Mo	0.07mg/L		
		SO ₄ ²⁻	250mg/L		
		Cl ⁻	250mg/L		
		F ⁻	1mg/L		
		TDS	1000mg/L		
		总硬度	450 mg/L		
		硝酸盐	20mg/L		
		亚硝酸盐	1mg/L		
	氨氮	0.5mg/L			
	COD	3mg/L			
	土壤	pH	6.5~7.5		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) 中的第二类用地污染风险筛选值的标准要求。
		As	60mg/kg		
		Cd	65mg/kg		
		Hg	38mg/kg		
		Pb	800mg/kg		
Cr ⁶⁺		5.7mg/kg			
Ni		900mg/kg			
Cu		18000mg/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)》(GB15618-2018) 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			

类别	污染物名称		标准值		标准来源	
		Cr	200mg/kg	250mg/kg	《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类	
		Zn	250mg/kg	300mg/kg		
		Ni	100mg/kg	190mg/kg		
		Cu	100mg/kg	100mg/kg		
	噪声	昼间	60dB (A)			
		夜间	50dB (A)			
排放标准	废气	HCl	无组织排放监控浓度值 0.20 mg/m ³		《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中新污染源二级标准	
	生活污水	NH ₃ -N	8mg/L		《城市污水生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)绿化、道路清扫等用水标准限值	
		BOD ₅	10mg/L			
	噪声	施工期	昼间	70dB (A)		《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)
			夜间	55dB (A)		
		运行期	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

根据工程性质和周围环境特征，确定本次环境评价的大气环境保护目标为项目周围 5km 范围内居民区的大气环境；水环境保护对象为厂址区域及周围潜水层地下水、含矿含水层地下水以及含矿层上下含水层地下水；声环境保护对象为厂界外 200m 范围内的声环境；生态环境保护对象为项目建设占地区域。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	保护目标
大气环境	纳岭沟	WNW~NW	0.54	居住点	80	《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级,《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020) 公众剂量约束值。
	河洛图	SSW~WSW	1.02		104	
	点不池沟	N~NNE	1.36		142	
	掌盖塔	ENE	1.31		156	
	吴家湾	SSE~S	2.24		129	
	李家湾	NE~ENE	2.63		225	
	补录梁村	E~ESE	1.82		229	
	赵家渠	NNW~N	4.21		145	
	库计沟	WNW~W	4.22		15	
	油房梁	E	3.48		102	
	吕家塔	ESE~SE	4.10		204	
王家圪堵	SSW	3.51	123			
水环境	矿区及周围潜水层地下水、含矿含水层地下水以及含矿层上下含水层地下水。					《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准
声环境	厂界外 200m。					《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 0.3mSv/a。

注：表内距离为居民点与评价中心最近点处的距离。

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鄂尔多斯市达拉特旗，靠近杭锦旗一侧，地理坐标为：东经 $109^{\circ}12'28''\sim 109^{\circ}20'12''$ ，北纬 $39^{\circ}56'43''\sim 40^{\circ}01'3''$ 。矿区东南距鄂尔多斯市约 58km，东北距达拉特旗城区约 75km，西南距杭锦旗城区约 47km。矿区北部有京兰铁路、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，地理位置见图 2.1-1。



1-铁路、高速公路；2-国道、省道及柏油路；3-河流；4-湖泊；5-省界；6-市、区（旗）；7-评价区。

图 2.1-1 评价区地理位置图

2.2 地形地貌

达拉特旗地形总体趋势为南高北低，海拔标高为 1000m~1600m。南部属鄂尔多斯台地北端，地貌以高原丘陵地貌为主，地势起伏较大。中部为库布齐沙漠带，属沙漠地貌，水土流失严重。北部为黄河冲积平原，属平原地貌，地势平坦。

评价区位于鄂尔多斯台地北端，地形总体趋势为西高东低、南高北低，海拔标高为 1300m~1600m。评价区属于典型的高原丘陵地貌，区内沟谷纵横交错，自西向东地形切割逐渐增强，切割坡面陡峻多呈“V”字形，平面上沟谷呈树枝状分布。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 评价区地形地貌图

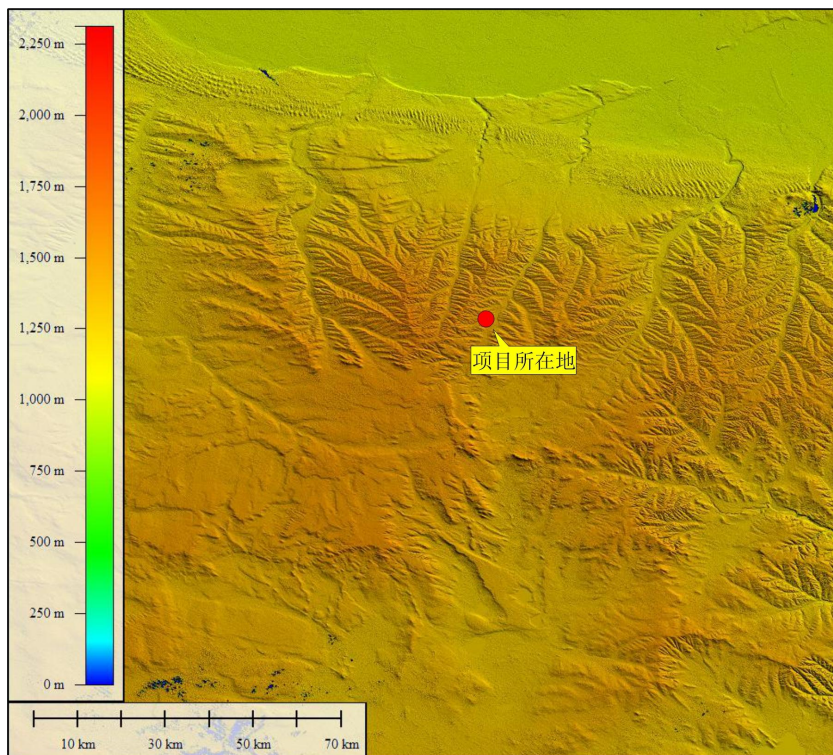


图 2.2-2 评价区三维地形图

2.3 地质

2.3.1 区域地质

本项目所属的鄂尔多斯盆地位于华北地台的西部，是一个多旋回叠合型盆地，是中国现存的最为稳定、完整的构造单元。中生代发育成为大型内陆拗陷盆地，面积大约 25 万平方公里，大体相当于晚中生代的沉积范围。

鄂尔多斯盆地现今的构造面貌，经过古生代 SN 向挤压应力场变化与中生代应力场的转化，从挤压、褶皱、变质到断裂及岩浆活动而不断发展形成。总的来说，属于稳定的克拉通内的鄂尔多斯盆地，其周边活动性强，褶皱、断裂形迹密集，岩浆活动频繁；盆内则较稳定，以隆起、拗陷、宽缓褶皱为主要形式。而中生代的印支—燕山运动和新生代的喜马拉雅运动，则使盆地周边构造活动强烈加剧，高山崛起，山前断陷盆地形成，盆内刚性块体发生断裂、倾斜、抬升和陷落。

鄂尔多斯盆地古构造面貌不尽相同，但其基底总体表现为 NE 翘起，向 SW 倾斜的构造轮廓，西部和南部始终保持较陡的斜坡，分别向 W 和 SW 倾斜。鄂尔多斯盆地内部则相对平缓，就盆地北东部而言，具有总体向 SW 倾斜的构造格局。

2.3.2 矿床地质

纳岭沟铀矿床钻孔揭到的层位由浅到深依次为第四系（Q）、下白垩统（K₁）、中侏罗统直罗组（J_{2z}）和延安组（J_{2y}）。其中，中侏罗统直罗组（J_{2z}）是铀矿体主要发育层位。根据直罗组沉积时期古气候的变化、岩性发育特点和物性参数特征，将其分为上段（J_{2z}²）和下段（J_{2z}¹），铀矿体主要赋存于直罗组下段（J_{2z}¹）。

（1）第四系（Q）

第四系（Q）按成因可分为冲洪积物（Q₄^{al+pl}）、残坡积物（Q₃₋₄）和风积沙（Q₄^{col}）。冲洪积物（Q₄^{al+pl}）分布于区内各枝状沟谷的沟底，由砾石、冲洪积砂及粘土混杂堆积而成，厚度一般小于10m；残坡积物（Q₃₋₄）广泛分布于区内山梁坡脚地带，由砂、砾石组成，厚度一般小于10m；风积沙（Q₄^{col}）广泛分布于区内，岩性以风积粉细砂为主，见半月状沙丘，厚度一般小于20m。

（2）下白垩统（K₁）

下白垩统 (K_1) 在各沟谷的两侧广泛出露。岩性下部以灰绿、浅红色砾岩为主, 上部为深红色泥岩、砂质泥岩夹细砂岩, 具有大型斜层理和交错层理。地层厚度总体呈北厚南薄的变化趋势, 厚度 120.18m~446.56m, 平均 286.26m。与下伏侏罗系中统 (J_2z) 呈角度不整合接触。

(3) 直罗组 (J_2z)

直罗组 (J_2z) 下部岩性为浅黄、青灰色中、粗砂岩、浅灰色砂砾岩, 局部夹粉砂岩、砂质泥岩及薄煤层。上部岩性主要为紫红色、杂色砂质泥岩、泥岩与灰绿、黄绿色粉砂岩互层。地层厚度 151.85m~349.73m, 平均 254.30m。根据直罗组沉积时期古气候的变化和岩性发育特点, 直罗组 (J_2z) 可分为上段 (J_2z^2) 和下段 (J_2z^1)。

①直罗组下段 (J_2z^1)

根据直罗组下段 (J_2z^1) 在沉积过程中不同阶段的沉积特点及其岩性—岩相特征, 又可分为上亚段 (J_2z^{1-2}) 和下亚段 (J_2z^{1-1})。

下亚段 (J_2z^{1-1}) 为沉积早期在潮湿气候环境下的砂质辫状河沉积体系, 岩性为浅灰色、灰色、绿色、灰绿色中粗粒、中粒、中细粒砂岩。下部含大量煤屑, 夹有泥岩, 顶部为浅绿色、灰色泥岩。直罗组下段下亚段 (J_2z^{1-1}) 砂体平均厚度约 47.95m, 总体呈北厚南薄的趋势。

上亚段 (J_2z^{1-2}) 为沉积中期在潮湿气候环境下的一套曲河流—三角洲沉积体系, 岩性为绿色、浅绿色、浅灰色细砂岩、中细砂岩、中粗砂岩、泥岩、粉砂岩。直罗组下段上亚段 (J_2z^{1-2}) 砂体平均厚度约 41.38m, 总体呈北厚南薄的趋势。

②直罗组上段 (J_2z^2)

直罗组上段 (J_2z^2) 岩性以绿色砂岩与褐红色泥岩、粉砂岩互层为主。含水层由 2~5 个含水亚层组成, 含水亚层厚度多在 3.0m~80.0m 之间, 呈透镜体或薄层状展布。

(4) 延安组 (J_2y)

延安组 (J_2y) 为一套在还原环境下沉积的河流—湖相地层, 由灰白色中粒至细粒砂岩、深灰色粉砂岩、泥岩、泥灰岩、油页岩及煤层等组成, 地层厚度为 72.95m~208.94m, 平均 133.85m。

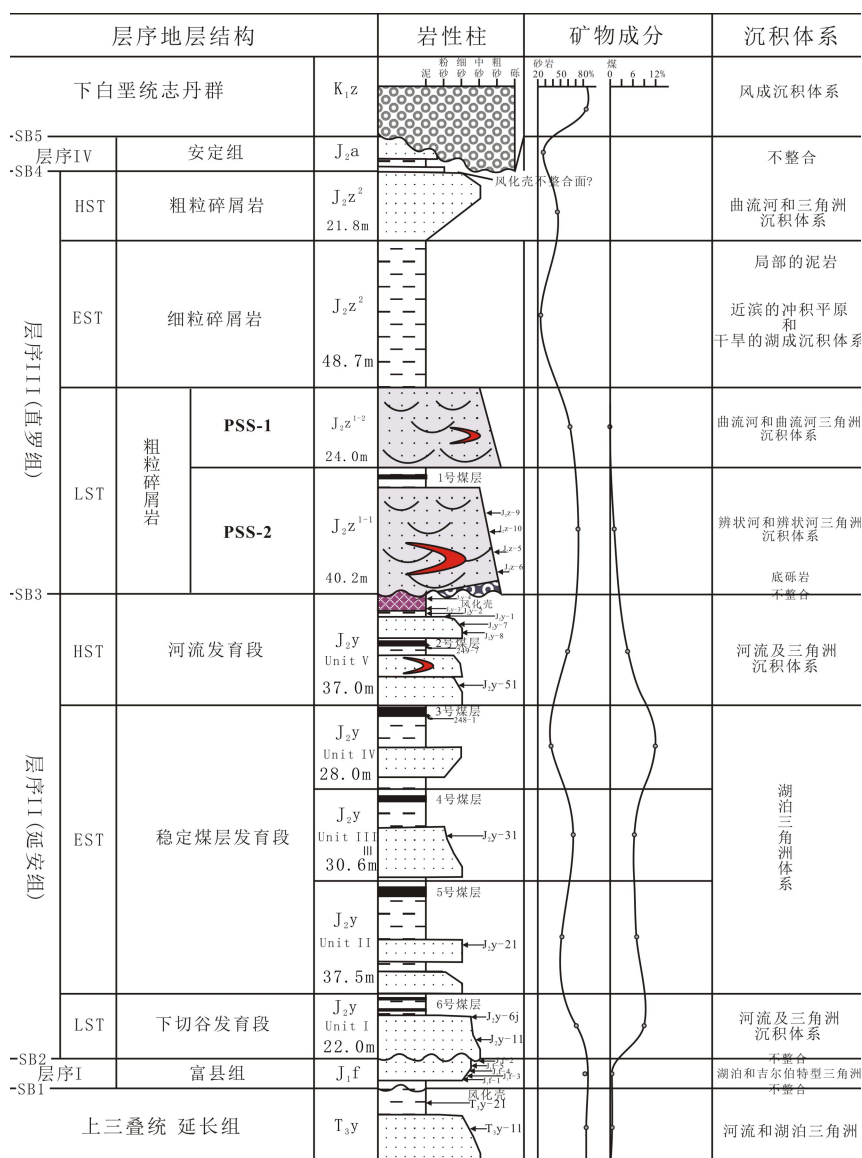


图 2.3-1 鄂尔多斯盆地东北部侏罗纪地层结构图

2.3.3 地质风险

根据《内蒙古达拉特旗纳岭沟铀矿床（N21~N88 线）详查地质报告》，根据“中国地震烈度区划图”划分，本区地震烈度小于VI度，属弱震区。据调查，本区历史上从未发生过较大的破坏性地震，区内亦无泥石流、滑坡及塌陷等不良地质灾害现象发生，矿床及周边地质环境稳定性较好。

2.4 水文

2.4.1 地表水

达拉特旗属于黄河流域达拉特段，地处黄河“几”字湾内，境内有季节性河流十条，季节性河川由西向东依次为毛布拉格孔兑、布日卡斯太沟、黑赖沟、西柳沟、罕台川、壕庆河、哈什拉川、母花沟、东柳沟、呼斯太河，

均为黄河一级支流，总流域面积 5663 万 km^2 ，年平均径流量 15686.1 万 m^3 。

评价区内无常年性地表水体，在评价区东部西部各有一条沟谷，矿区以东为黑赖沟，距矿区约 3.4km。矿区以西为布日卡斯太沟，距离矿区约 5.4km，二者均为季节性沟谷，枯水季节干涸无水，丰雨季节降雨后可形成短暂性的溪流，两条沟内溪流均自南向北汇入矿区北部约 50km 处的黄河。

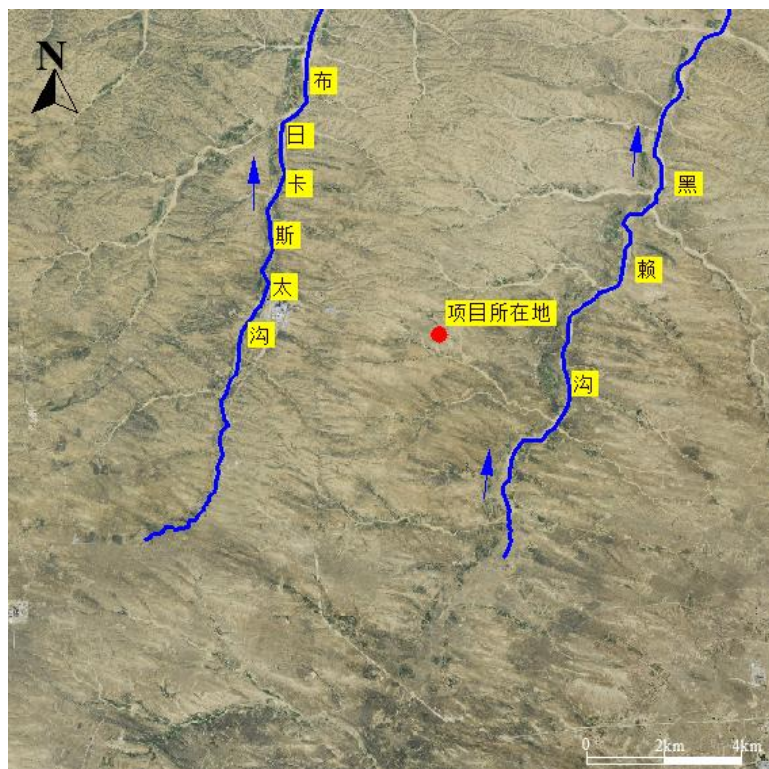


图 2.4-1 评价区周边地表水系图

2.4.2 地下水

2.4.2.1 地下水类型及含水层分布

区内赋存的地下水类型主要有第四系(Q)松散岩类孔隙潜水、白垩统(K_1)碎屑岩类孔隙潜水和中侏罗统直罗组(J_{2z})碎屑岩类承压水，水文地质见图 2.4-2，水文地质剖面见图 2.4-3。

(1) 第四系(Q)松散岩类孔隙潜水

主要分布于区内的沟谷中，含水层为第四系全新统(Q_4)松散冲积物。含水层岩性下部以砂砾石为主，上部多为中细砂夹粉砂质粘土。含水层厚度为 1.50m~7.50m，流向为南西向北东。该含水层主要接受大气降水垂向入渗补给，受地表分水岭和溶滤作用的影响，地下水径流通畅，水交替强烈，形成

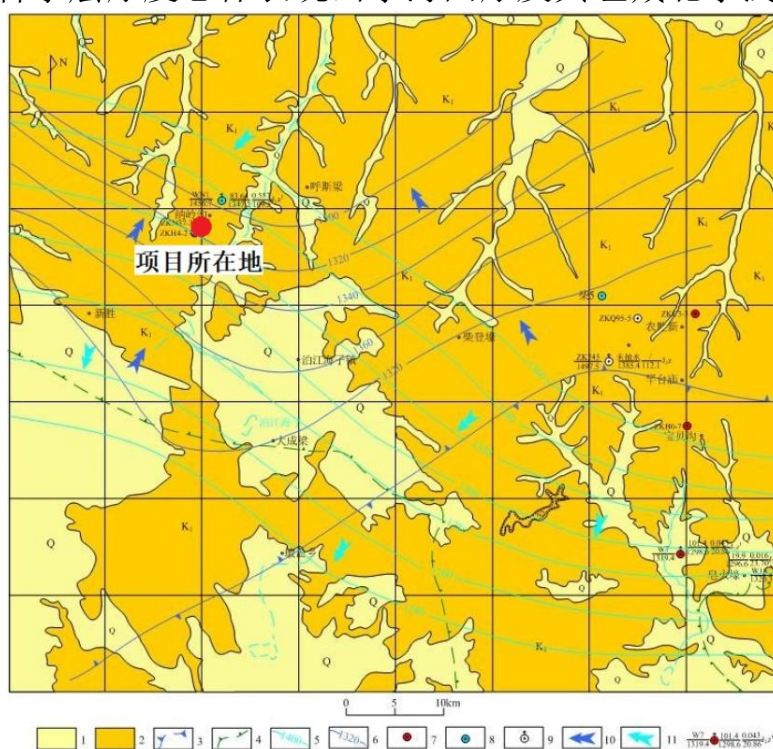
HCO₃-Na、HCO₃-Ca·Mg 型水为主的大陆溶滤潜水。在汇水洼地，受蒸发浓缩作用影响，形成矿化度大于 1g/L 的 HCO₃·Cl-Na 型水或 HCO₃·SO₄·Cl-Na 型水。

(2) 白垩统 (K₁) 碎屑岩类孔隙潜水

下白垩统 (K₁) 碎屑岩类含水层在区内广泛出露，含水层岩性以各种粒级的砂岩、砂砾岩和砾岩为主，夹有粉砂岩、泥岩。含水层厚度的空间变化特征表现为由北东向南西逐渐增大，地下水位埋深为 15m~20m。该潜水地下水类型为 HCO₃-Ca·Mg·Na 及 HCO₃-Ca·Na 型水，含水层富水性弱，由于顶部没有较好的隔水层，与上部第四系潜水具有水力联系，地下水流向为自东北向西南。

(3) 中侏罗统直罗组 (J_{2z}) 碎屑岩类承压水

该含水岩组下伏于下白垩统含水岩组之下，分布稳定，地下水类型为承压水，依据地层结构、沉积特征将直罗组 (J_{2z}) 含水岩组划分为直罗组上段 (J_{2z}²) 含水层和直罗组下段 (J_{2z}¹) 含水层，其中直罗组下段含水层是铀矿体赋存层位。含水层厚度总体表现出东薄西厚及其埋藏北东浅、南西深特征。



1-松散岩类孔隙水分布区; 2-碎屑岩类裂隙孔隙水分布区; 3-地表水分水岭; 4-古层间氧化带前缘线; 5-中侏罗统直罗组等水压线及标高(m); 6-下白垩统等水压线及标高(m); 7-工业矿孔; 8-矿化孔; 9-水文地质孔; 10-下白垩统地下水流向; 11-中侏罗统直罗组地下水流向; 左: 孔号/孔口标高(m) 右: 钻孔涌水量(m³/d) 水位标高(m) 渗透系数(m/d)/水位埋深(m) 含水层时代

图 2.4-2 评价区区域水文地质图

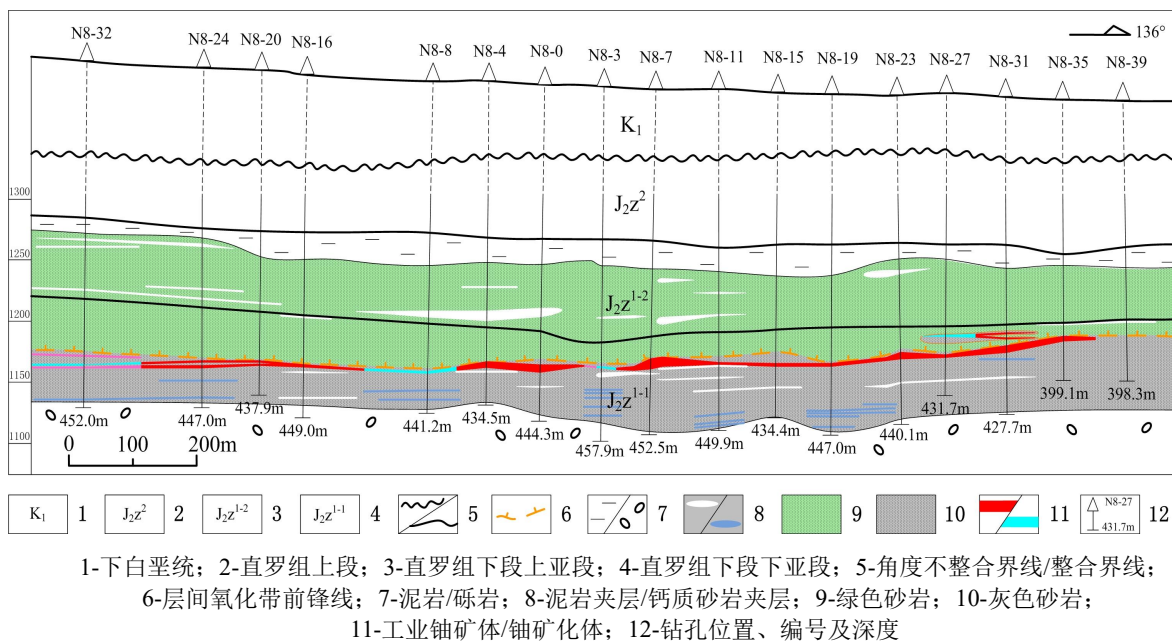


图 2.4-3 评价区水文地质剖面图

2.4.2.2 含矿含水层特征

本项目主要含矿含水层为直罗组，其中直罗组下段（ J_{2z}^1 ）为主要含矿段，直罗组下段进一步细分为上、下亚段，铀矿体主要存在于下亚段，由于上、下亚段之间泥岩不发育，所以上、下亚段为统一含水体。本节重点描述直罗组下段（ J_{2z}^1 ）含水层为含矿含水层。

岩性：主要由河流相的绿色、灰色中砂岩、中粗砂岩、粗砂岩构成，夹泥岩、粉砂岩薄层，结构疏松，以泥质胶结为主，固结程度低，分选性中等，次棱角状，富水性及渗透性较好。

厚度：含矿含水层厚度与砂体厚度空间展布相一致，呈北西—南东向展布，含矿含水层厚度的空间变化由中心向两侧逐渐变薄，厚度一般大于110.0m，最小厚度80.2m，最大厚度161.8m，平均厚度124.1m。含矿含水层顶面埋深187.7~374.6m，底面埋深319.8~517.2m，受地质构造影响，总体表现出由北东向南西逐渐增大特征。

水力性质：含矿含水层地下水类型为孔隙承压水，埋深大。根据水文地质孔资料，含矿含水层地下水总体从北东向南西缓慢径流，地下水位埋深为109.45m~153.41m，承压水头高度为169.55m~252.46m，涌水量为83.64m³/d~123.18m³/d，渗透系数为0.44m/d~0.63m/d，导水系数17.34~

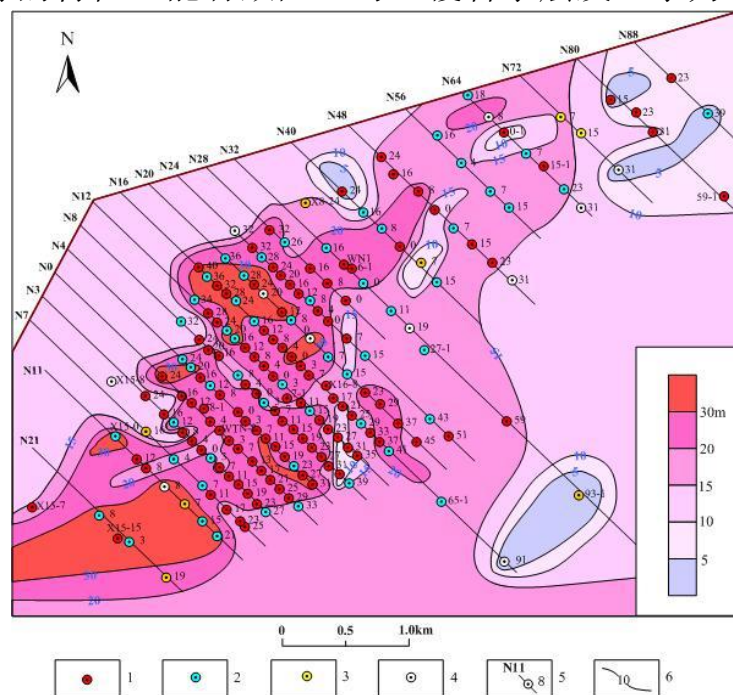
72.55m/d。

2.4.2.3 隔水层特征

1) 含矿含水层隔水顶板特征

含矿含水层顶面（顶板底面）等值线大致呈北西、南东向展布，总体北东高，南西低，由北东向南西方向倾斜，含水层顶面等值线疏密比较均匀，在 N21~N24 勘探线之间标高等值线存在较大起伏（最大起伏达 30m），含水层顶面具有波状起伏的特点。

隔水顶板以直罗组下段顶部的同组洪泛泥岩、粉砂岩为主，其厚度一般为 5.0~46.0m，平均为 20.4m，厚度变异系数为 38.87%，厚度变化小，稳定性较好。顶板厚度在矿床东部及西部较薄，呈零星分布；顶板厚度在矿床中间较厚，一般大于 15.0m，最大厚度 46.0m。综上所述，隔水顶板总体具有稳定性及连续性好的特征，能有效阻止与上覆含水层发生水力联系。



1-工业矿孔；2-铀矿化孔；3-铀异常孔；4-无矿孔；5-勘探线、钻孔及编号；6-等值线及标量(m)

图 2.4-4 纳岭沟铀矿床含矿含水层隔水顶板厚度等值线图

2) 隔水底板特征

含矿含水层隔水底板为延安组湖相泥岩、粉砂岩。矿床内绝大部分钻孔至含矿含水层下部砂砾岩即终孔，仅有个别钻孔揭露到延安组，据煤田钻孔资料，隔水底板厚度一般大于 5.0m，稳定性好，具有良好的隔水性能。

2.4.2.4 地下水补径排特征

该类地下水直接接受东胜—杭锦旗地区东部和北部该含水岩组出露区大气降水的垂直渗入补给，以及通过第四系松散含水层补给。盆内该含水岩组主要间接的接受上覆下白垩统含水层的补给。区内由于直罗组隔水层相对稳定，上覆下白垩统含水层对下伏直罗组含水层的补给作用小，但是，局部也有隔水性差的地段上覆下白垩统含水层的补给作用强，使直罗组地下水富水性较好。盆地内，中侏罗统地下水运动的控制因素主要受河流相砂体的展布和地层产状控制。

东胜—杭锦旗地区中侏罗统地下水总体流向从北东、北向南西、南径流，由于该地层倾角较小，含水层埋藏大，地下水的补给、排泄条件较差，径流缓慢，水动力相对较弱。

2.4.2.5 地下水水化学特征

含矿含水层地下水埋深大、补给条件差、水交替缓慢，矿化度相对较高，水中 Cl^- 含量偏高，根据前期扩大试验监测数据显示，最高可达 515mg/L ，水质相对较差。据纳岭沟铀矿床水文地质孔抽水取样和定深取样分析结果可以看出，含矿含水层地下水水化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4\text{-Na}$ 、 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{-Na}$ 和 Cl-Na 型水。根据水化学特征分析，该铀矿床水文地球化学环境处于半开启的氧化还原过渡环境。

2.5 气候与气象

2.5.1 区域气候特征

本项目属典型的高原大陆性气候，总的气候特征为冬季漫长寒冷，夏季温和短促，春季干旱少雨多风，秋季凉爽，四季温差大，日照充足，无霜期较短。年平均气温为 5.6°C ，7 月份气温最高，平均为 24.1°C ，1 月份气温最低平均为 -10.6°C ，近 20 年极端最高气温为 39.8°C ，极端最低温度为 -30.3°C 。年日照时间平均 3193h 。区内降雨量较小，年平均降水为 279.4mm ，年极端最低降水量为 141.9mm ，年极端最高降水量为 506.4mm 。年平均水面蒸发量 2486mm 。区内风向随季节变化，主导风向为东南风，年多年平均风速为 2.9m/s ，近 20 年最大风速为 20.4m/s 。

2.5.2 气象资料

本次评价的地面气象数据采用距离最近的杭锦旗气象站 2022 年逐时气象数据。该站站点编号 53533，地理坐标为东经 108.71°，北纬 39.81°，为一般站，与评价区距离约 28.5km，地形和气象特征与评价区基本一致。地面气象参数为逐时数据，包括观测时间、风向、风速和温度等。

本次评价采用的高空气象数据采用中尺度气象模拟软件 WRF 模拟得到，模拟区域中心的地理坐标为东经 108.66°、北纬 39.88°，与评价区距离约 29.1km。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 2022 年每日 8 时、20 时两次。

根据杭锦旗气象站 2022 年逐时气象数据，评价区所在地区全年温度、风速月平均变化情况见表 2.5-1 和图 2.5-1、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 7.7°C，年平均风速为 4.4m/s，主导风向为 SE~S，年静风频率为 1.7%。

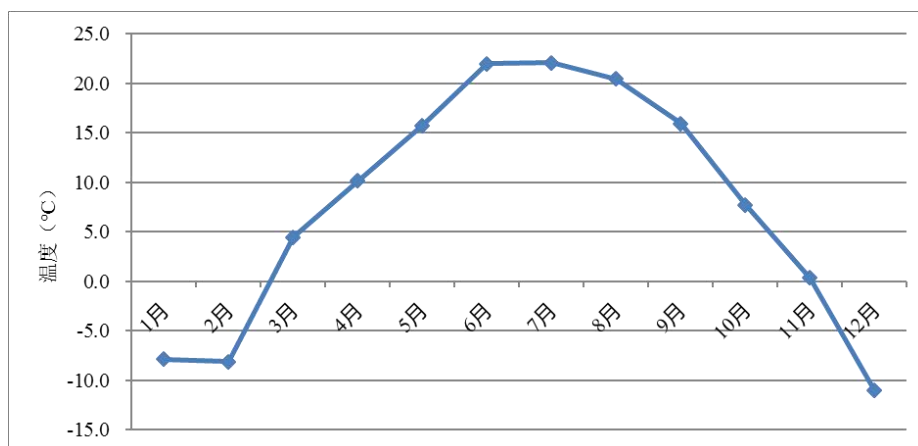


图 2.5-1 各月温度变化图

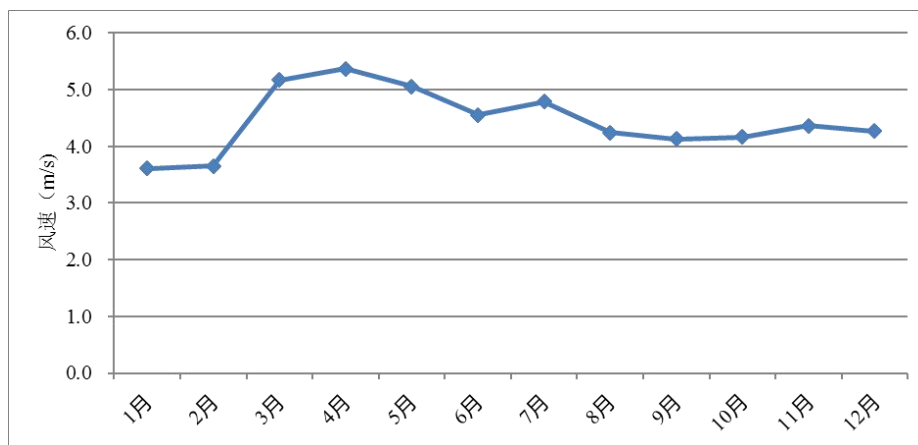


图 2.5-2 各月平均风速图

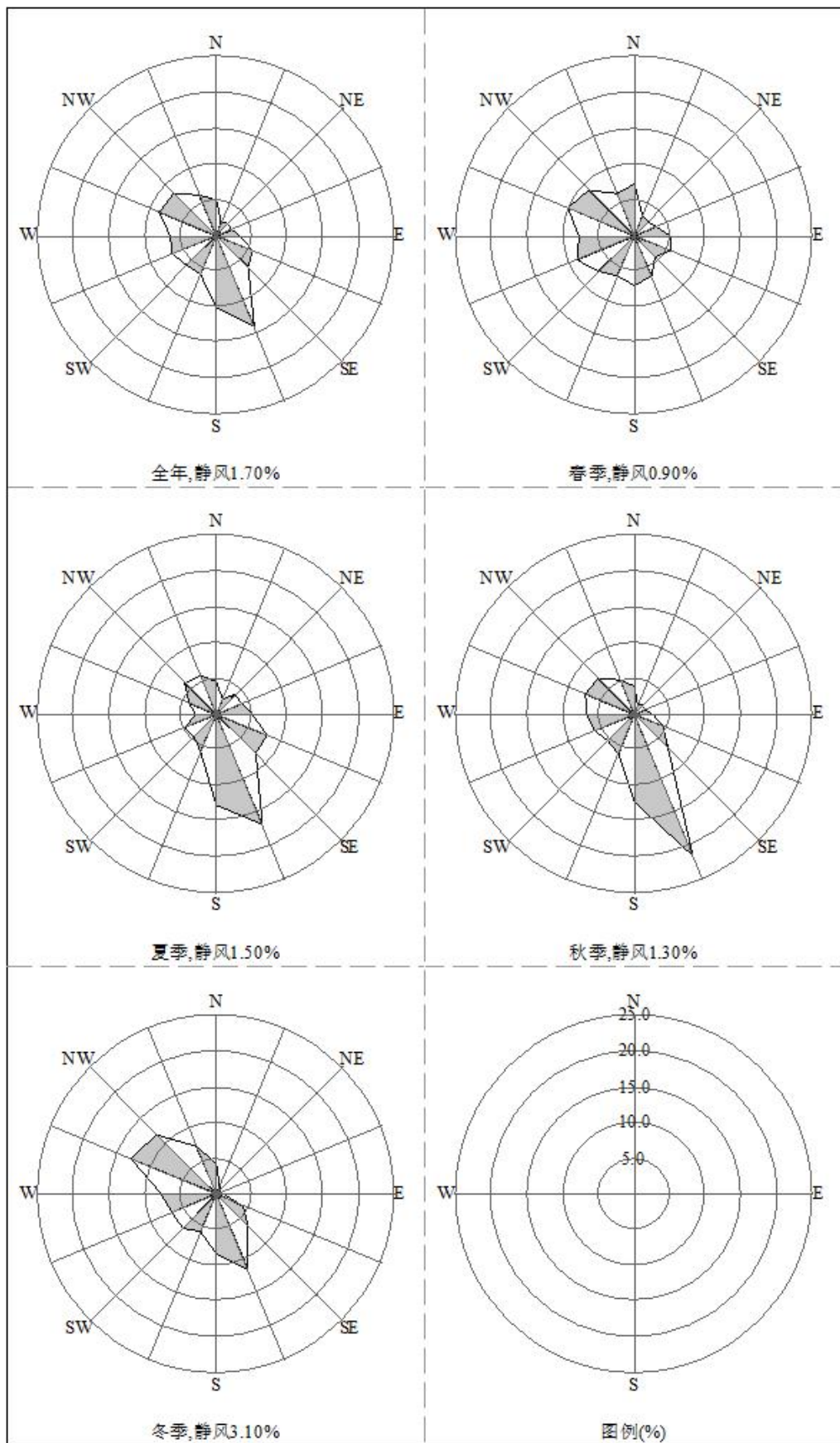


图 2.5-3 全年和各季风向玫瑰图

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)	-7.9	-8.1	4.4	10.2	15.7	22.0
风速(m/s)	3.6	3.6	5.2	5.4	5.1	4.6
月份	7月	8月	9月	10月	11月	12月
温度(°C)	22.1	20.4	15.9	7.7	0.4	-11.0
风速(m/s)	4.8	4.2	4.1	4.2	4.4	4.3

表 2.5-2 全年各风向风频

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率(%)	5.0	2.0	2.3	2.3	3.4	5.4	6.2	13.8
风向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率(%)	10.0	5.9	5.8	6.6	6.3	8.6	8.4	6.2

2.6 土地和水体利用

2.6.1 土地利用

达拉特旗总土地面积为 8188km²。其中，农耕地面积为 888km²，占总土地面积 10.85%；园地面积 3.7km²，占总土地面积 0.04%；林地面积 708km²，占总土地面积 8.65%；草地面积 3742km²，占总土地面积 45.7%；居民用地面积 134.7km²，占总土地面积 1.64%；水域面积 432km²，占总土地面积 27.84%。

本项目周边 5km 范围内土地利用类型主要为耕地、草地、林地和荒地。耕地主要为旱地，主要分布于沙丘间滩地、台地、低缓丘陵。以坡耕地和平地耕地为主，种植的主要作物有小麦、玉米、蚕豆、绿豆、小豆、黄豆、糜、谷等，此外还种植有少量的蔬菜、瓜果和药用植物。本项目周边草地以荒漠草原为主，沙生及早生植物分布广泛，稀疏低矮，覆盖率低，具体类型有低湿地草地和沙质半灌木草地。

本项目建设单位针对纳岭沟铀矿床采矿权范围（矿体外边界连线，约 18.06km²）向当地自然资源局申请了土地利用核查。根据鄂尔多斯市自然资源局《鄂尔多斯市自然资源局关于达拉特旗纳岭沟铀矿探矿权新立申请核查意见的报告》（鄂自然资字〔2022〕1287号），“申区块范围不涉及水源地保护区、拟划定生态保护红线、城镇规划区。不在各类自然保护地、国家地质公园等限制禁止开采区范围内；申请区块范围内涉及基本农田，铀资源属于国家战略性矿产，申请人需严格落实《自然资源部农业农村部关于加强和改进永久

基本农田保护工作的通知》（〔2019〕1号）要求落实基本农田保护措施。”

经建设单位与鄂尔多斯市自然资源局核实，本项目水冶厂、蒸发池等永久占地土地利用类型不涉及基本农田、基本草原和公益林，井场施工时的临时占地中涉及基本农田。经统计，纳岭沟铀矿区采矿权范围内共有基本农田 1.03km²。其中，与铀矿体交叉面积为 0.43km²，见图 2.6-1。

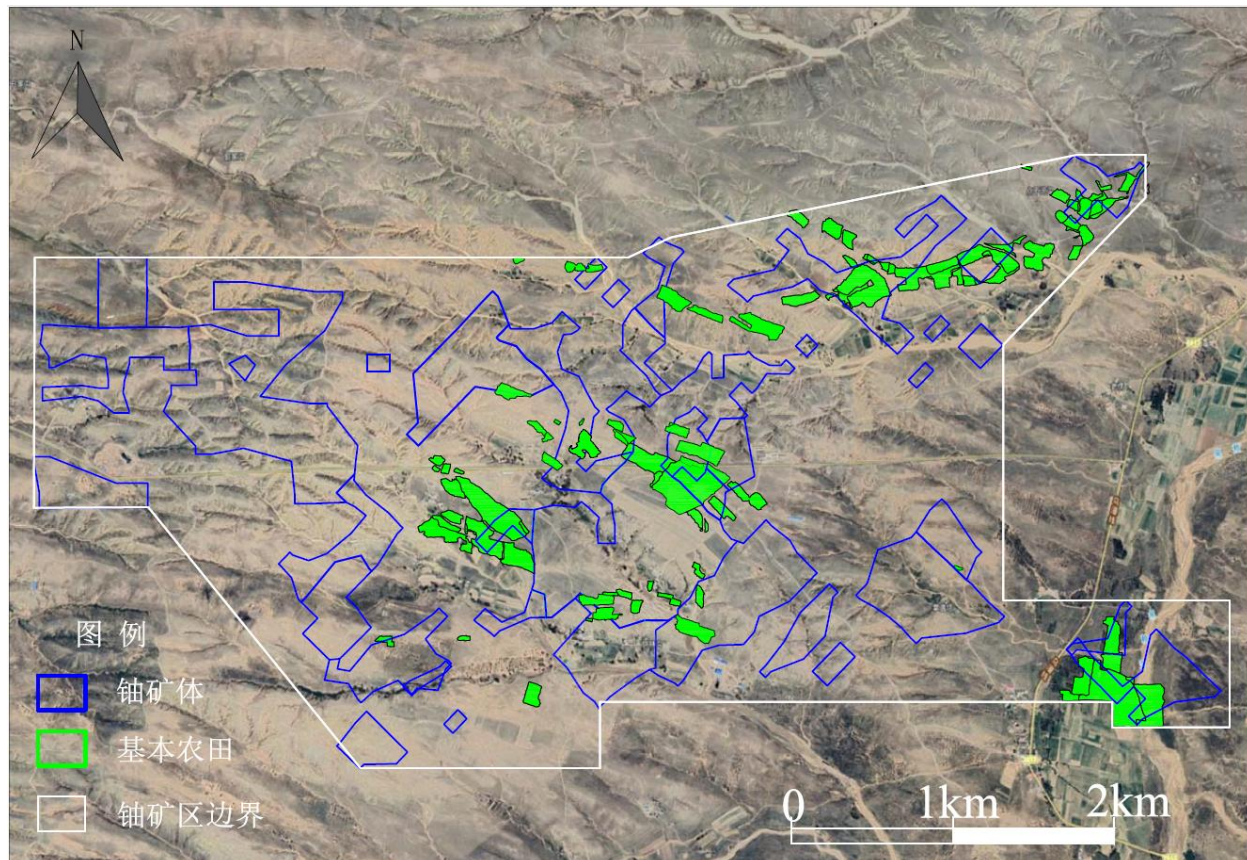


图 2.6-1 纳岭沟铀矿采矿权范围内基本农田分布图

2.6.2 水体利用

达拉特旗地处黄河“几”字湾内，属于富水区，境内水源主要分为地表水、地下水和黄河水。根据《内蒙古自治区水资源及其开发利用调查评价》结果，全旗地表水资源量为 16622 万 m³，其中可利用量 1164 万 m³，为储备工业后备水源，达拉特旗通过新建水库的方式对上流河川的地面径流进行拦蓄，年蓄水量 1212 万 m³；地下水资源量为 28544 万 m³，其中可利用量为 20759 万 m³，全旗的地下水分布不均匀，中部和沿黄河地区水量较丰富；黄河水年过境约 240 亿 m³。

根据现场查勘，评价中心半径 5km 范围内地表水系不发育，仅有干谷分

布，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，仅有分散式地下水饮用水源，居民生活用水均为自家井水，取水层位为潜水含水层，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

本项目所在区域主要为干草原植被类型，由多年生草本植物组成。主要植物有沙蒿、小叶锦鸡儿、本氏针茅、糙隐子草、沙生棘豆和猪毛菜等。农作物有小麦、玉米等，树木有人工栽培杨树、榆树等乔木。土壤以栗钙土、棕钙土、风沙土等为主。区域内耕地比例相对较少，整个生态系统抗逆一般，生态环境质量也相对较为中等水平。

通过现场走访调查，评价区 5km 范围内植被多样性较差，仅有沙生及早生植物分布，稀疏低矮，覆盖率低。评价区常见的野生动物主要有蒙古兔、田鼠、仓鼠、布谷鸟、燕子、猫头鹰、沙鸡、麻雀等，内居民养殖动物以羊和鸡为主，无珍稀动植物资源。

本项目评价区域内无珍稀动植物及自然保护区、风景名胜区等需要特别保护的区域。

2.7.2 资源开发利用状况

达旗境内资源丰富，煤炭、砷硝、石英砂、陶土、天然碱、泥炭等矿产资源品种多、储量大、品位高、易开发。煤炭探明储量 48 亿 t，远景储量 100 亿 t，距离本项目最近的塔然高勒煤矿可采储量约 13.4 亿 t；芒硝探明储量 70 亿 t，居世界首位，现处于试采阶段；石英砂储量 4720 万 t，埋藏浅，易开采、品质好；陶土储量 1700 万 t，大部分为裸露矿体，易开采，是陶土工业基础原料和冶金工业辅助原料；泥炭储量 168t，此外石灰石、油页岩、大理石、高岭土、白粉球、沙金等矿藏储量也十分可观。

纳岭沟铀矿床位于塔然高勒煤矿井田范围内，煤矿采矿区面积约 227km²，纳岭沟铀矿矿体外边界连线面积 18.06km²，平面位置关系示意图见图 2.7-1。再垂向上，纳岭沟铀矿床主要赋存于直罗组下段的下亚段，煤矿位于其下部的延安组，主采层位为 3 号煤层，铀、煤产出关系表现为“上铀下煤”特点，垂向位置关系见图 2.7-2。

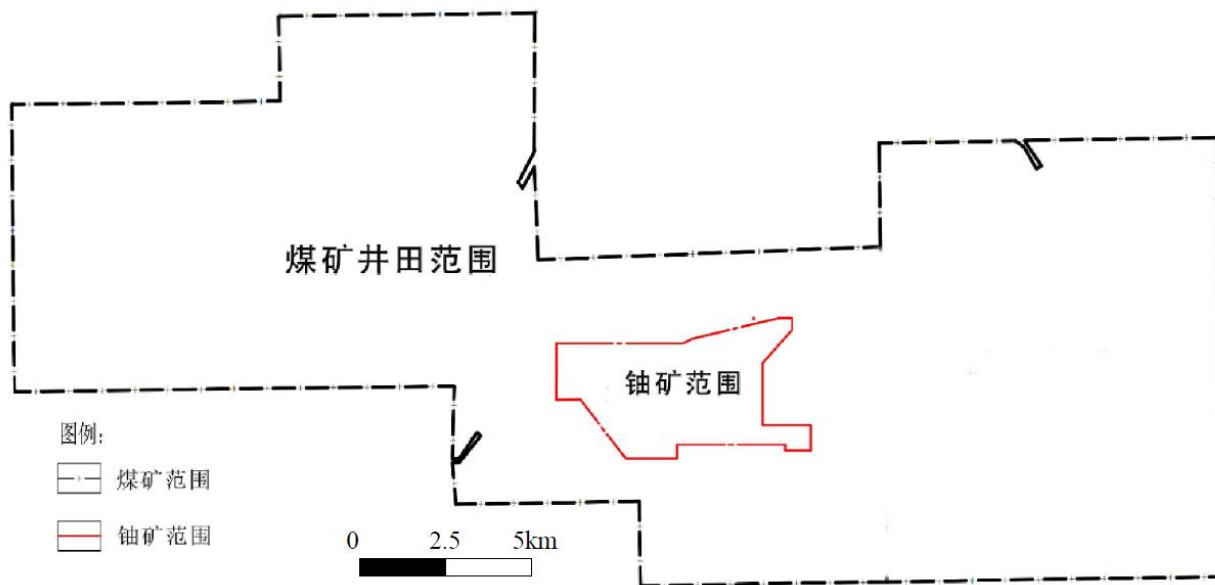


图 2.7-1 铀矿与煤矿平面位置关系示意图

层序地层结构		岩性柱	矿物成分	沉积体系	沉积矿产
下白垩统志丹群		K ₁ z	新细中粗碎屑岩	风成沉积体系	地下水
SB5	层序IV 安定组	J ₂ a	粗碎屑岩	不整合	
SB4	HST 粗粒碎屑岩	J ₂ z ² 20-30m	风化壳 不整合面?	曲流河和三角洲沉积体系	
	EST 细粒碎屑岩	J ₂ z ² 70-110m		局部的泥岩 近滨的冲积平原和干旱的湖成沉积体系	
	LST 粗粒碎屑岩	PSS-1	J ₂ z ¹⁻² 60-85m		曲流河和曲流河三角洲沉积体系
PSS-2		J ₂ z ¹⁻¹ 80-145m		辫状河和辫状河三角洲沉积体系	
SB3	HST 河流发育段	J ₂ y Unit V 20-38m	2号煤层	河流及三角洲沉积体系	次要煤岩系
	EST 稳定煤层发育段	J ₂ y Unit IV 25-40m	3号煤层	湖泊三角洲体系	主要含煤岩系
		J ₂ y Unit III 20-35m	4号煤层		
		J ₂ y Unit II 30-45m	5号煤层		
LST 下切谷发育段	J ₂ y Unit I 40m	6号煤层	河流及三角洲沉积体系	次要产铀层位	
SB2	层序I 富县组	J ₁ f	风化壳	不整合 湖泊和吉尔伯特型三角洲 不整合	石英砂矿床
SB1	上三叠统 延长组	T ₃ y		河流和湖泊三角洲	砂岩型高岭土 石油

图 2.7-2 塔然高勒矿区煤矿与铀矿垂直位置关系图

为避免铀煤开采相互影响，自 2013 年起，中核集团与国家能源集团开展了多项铀煤协调开采技术研究，并组织有关院士专家进行了多次研究论证（详见 3.3.2 节），意见逐步趋于一致：在铀煤叠置区“先铀后煤”、非叠置区煤矿与铀矿区在空间上拉开距离，在时间上错开影响，使煤矿开采疏放水对铀矿开采影响在可接受的范围之内，实现铀煤协调开采。双方于 2022 年 11 月签署了《关于内蒙古塔然高勒井田煤铀安全共采互不影响和权益保护协议》，约定了双方的开发区域及开发时序，共同推进塔然高勒井田铀煤资源协同开采合理利用。

2.7.3 生态红线

经建设单位与鄂尔多斯市自然资源局核实，本项目矿区范围“不涉及水源保护区、拟划定生态保护红线、城镇规划区、不在各类自然保护地、国家地质公园等限制禁止开采范围内”，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 “三单一线”相符性分析

1) 与《鄂尔多斯“三线一单”生态环境分区管控方案》相符性分析

鄂尔多斯市人民政府于 2021 年 9 月 17 日发布《鄂尔多斯市人民政府关于“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（鄂府发〔2021〕218 号）。鄂尔多斯对“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）实施生态环境分区管控，鄂尔多斯共划定环境管控单元 163 个，包括优先保护单元、重点管控单元、一般管控单元三类。

优先保护单元：共 69 个，面积占比为 62.63%，主要包括生态保护红线、自然保护地、集中式饮用水水源保护区等生态功能重要区和生态环境敏感区。该区域以生态环境保护优先为原则，依法禁止或限制大规模、高强度的工业

开发和城镇建设，确保生态环境功能不降低。

重点管控单元：共 87 个，面积占比为 30.74%，主要包括工业园区、城市、矿区等开发强度高、污染排放量大、环境问题相对集中的区域，以及生态需水补给区等。该区域应不断提升资源利用效率，有针对性地加强污染物排放控制和环境风险防控，解决生态环境质量不达标、生态环境风险高等问题。

一般管控单元：共 7 个，面积占比为 6.63%，优先保护单元、重点管控单元之外为一般管控单元。该区域主要落实生态环境保护基本要求。

根据项目占地与鄂尔多斯市环境管控单元叠图（图 2.8-1），本项目位于鄂尔多斯市管控单元的重点管控单元。根据重点管控单元要求，该区域应不断提升资源利用效率，有针对性地加强污染物排放控制和环境风险防控，解决生态质量不达标、生态环境风险高等问题。本项目对废气、废水、固废、噪声等均提出相应的防治措施，对环境风险采取风险防控措施，符合重点管控单元要求。

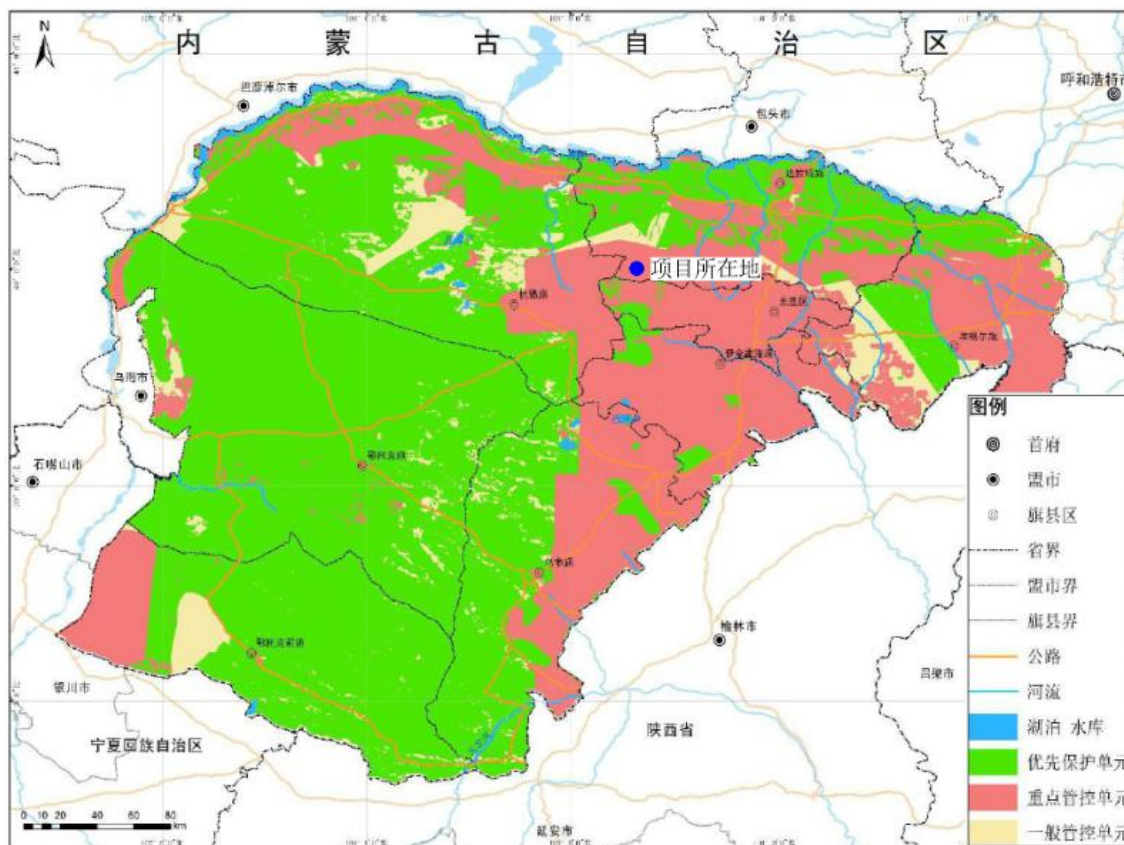


图 2.8-1 鄂尔多斯市环境管控单元图

2) 与《鄂尔多斯市生态环境准入清单》相符性分析

根据《鄂尔多斯市生态环境准入清单》（鄂环函〔2021〕95号），该清单对各管控单元提出了具体的管控要求。本项目属于塔然高勒矿区重点管控单元，该单元管控要求主要是针对煤矿开采制定了其在空间布局约束、污染物排放管控、环境风险防控以及资源利用效率方面的相关管控要求。本项目为属于铀矿采冶项目，针对具体管控要求和本项目特点，相符性分析见表 2.8-1。

表 2.8-1 本项目与所属管控单元符合性分析

管控要求		项目情况	
空间布局约束	1) 非经国务院授权的有关主管部门同意,不得在《中华人民共和国矿产资源法(修正)》中所列的6种地区开采矿产资源;2) 禁止新建、扩建《产业结构调整指导目录(2019年本)》明确淘汰类项目;严格执行《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)中采矿业管控要求;3) 严格控制草原上新建矿产资源开发项目。新上矿产资源开发项目在开展前期工作时,应征求林业和草原行政主管部门意见,严格执行国家林草局草原征占用审核审批管理制度,把先预审、再立项、后建设的源头把控原则落到实处;4) 严格规范草原上已建矿产资源开发项目。对依法批准的草原上已建和在建矿产资源开发项目,不得在依法确定的矿区范围外平面增扩面积,不得未经批准由井工开采变为露天开采,严格控制排渣场、排土场、煤矸石堆场、场区道路占用草原面积;5) 执行《内蒙古自治区矿产资源总体规划(2016~2020)》中最低开采规模相关要求。	本项目非淘汰类项目和产业准入负面清单项目,落实草原相关要求	符合
污染物排放管控	1) 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治理恢复技术规范(试行)》(HJ651-2013)要求。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;2) 生产矿山年度占用土地面积与年度治理面积基本达到平衡,“三废”排放符合环保指标要求;3) 煤矿地面运煤系统、运输设备、煤炭贮存场所应当全封闭。鼓励有条件的露天矿山采用密闭式皮带运输系统,煤炭企业应当负责矿权范围内和排矸场等着火点灭火工作;提高煤矸石、矿井水的综合利用;4) 对新建硫份大于1.5%的煤矿,应配套建设煤炭洗选设施;对现有硫份大于2%的煤矿,应补建配套煤炭洗选设施。	本项目严格执行污染物排放、铀矿冶退役等相关标准	符合
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;2) 加强采矿引起的滑坡、塌陷等次生地质灾害的防范和治理,及时回填废弃巷道和采空区,要充分利用采矿疏干排出的地下水,最大限度的维持矿区生态平衡。	落实环境风险管控要求	符合
资源利用效率要求	1) 原煤入选率不低于75%;煤矸石综合利用率应达到75%以上;矿井水、疏干水应采用洁净化、资源化技术和工艺进行合理处置,处置率达到100%;2) 煤矿采区回采率、原煤入选率、煤矸石与共伴生矿产资源综合利用率等三项指标符合自然资源部发布的《煤炭资源合理开发利用“三率”指标要求(试行)》。	本项目不涉及相关要求	符合

3) “三线一单”符合性分析

(1) 生态保护红线符合性

经建设单位与鄂尔多斯市自然资源局核实（见附件2），本项目未在生态保护红线内。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 1.41km²，其中大部分为临时占地（1.19km²），施工完毕后恢复地表原始地貌形态，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，分别在水冶厂和现场办公及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》，鄂尔多斯市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很小，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），符合环境功能区负面清单控制要求。

综上分析，本项目符合国家及地方产业政策和环保政策的相关要求，满足国家“三线一单”要求，在采取评价提出的污染控制措施及生态恢复措施后，满足所在重点管控单元的管控要求。

2.9 社会环境

2.9.1 社会经济

达拉特旗位于内蒙古鄂尔多斯市北部，属半农半牧地区，畜牧业以养鸡、牛、羊为主，农作物以小麦、玉米等为主。根据《达拉特旗 2021 年国民经济和社会发展统计公报》，2021 年全旗完成地区生产总值 410.95 亿元。其中，第一产业 49.76 亿元，所占比重为 12.1%；第二产业 218.05 亿元，所占比重为 53.1%，第三产业 143.14 亿元，所占比重为 34.8%。

2.9.2 人口

根据《达拉特旗 2021 年国民经济和社会发展统计公报》，2021 年全市户籍总人口为 371941 人。其中，少数民族 19509 人，占全旗人口的比重为 5.2%。全旗总面积 8188km²，人口密度为 45.43 人/km²。

本次评价以集液池为评价中心，评价中心 5km 范围内总人口为 1749 人，平均人口密度 22.27 人/km²。评价中心 20km 范围内总人口 14214 人，平均人口密度 11.31 人/km²，涉及达拉特旗的恩格贝镇、中和西镇及昭君镇、东胜区的泊尔江海子镇和杭锦旗的独贵特拉镇。评价中心 5km 范围内人口数据来自建设单位实地调查，5~20km 范围各子区内人口数据由中国县域统计年鉴获取。评价中心 5km 范围内居民点情况见图 2.9-1 和表 2.9-1，20km 范围评价子区划分和子区人口分布见图 2.9-3。

本项目铀矿体范围内分布有居民点，本次评价对纳岭沟铀矿床采矿权范围内的常住居民点进行了逐户调查，居民点分布图见图 2.9-2，人口统计见表 2.9-2。经现场调查，纳岭沟铀矿床采矿权范围内共有常住居民 29 户，共计 186 人。其中，矿体范围内常住居民 17 户，108 人。

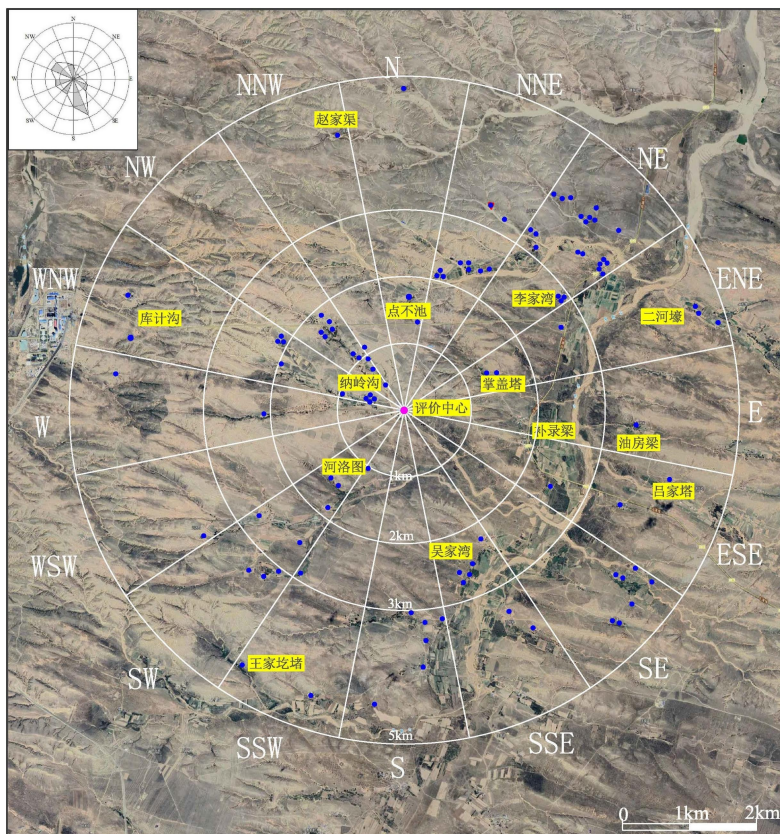


图 2.9-1 评价中心 5km 范围内居民点分布图

表 2.9-1 评价中心 5km 范围内居民点

序号	居民点	方位	距评价中心距离 (km)	常人口数 (人)
1	纳岭沟	WNW~NW	0.46	150
2	河洛图	SSW~WSW	1.02	104
3	点不池沟	N~NNE	1.36	142
4	掌盖塔	ENE	1.22	156
5	吴家湾	SSE~S	2.24	129
6	李家湾	NE~ENE	2.63	225
7	补录梁村	E~ESE	1.82	229
8	赵家渠	NNW~N	4.21	145
9	库计沟	WNW~W	4.22	15
10	油房梁	E	3.48	102
11	吕家塔	ESE~SE	4.10	204
12	王家圪堵	SSW	3.51	123
13	二河壕	ENE	4.81	25
合计				1749

注：表内距离为居民点与评价中心最近点处的距离。

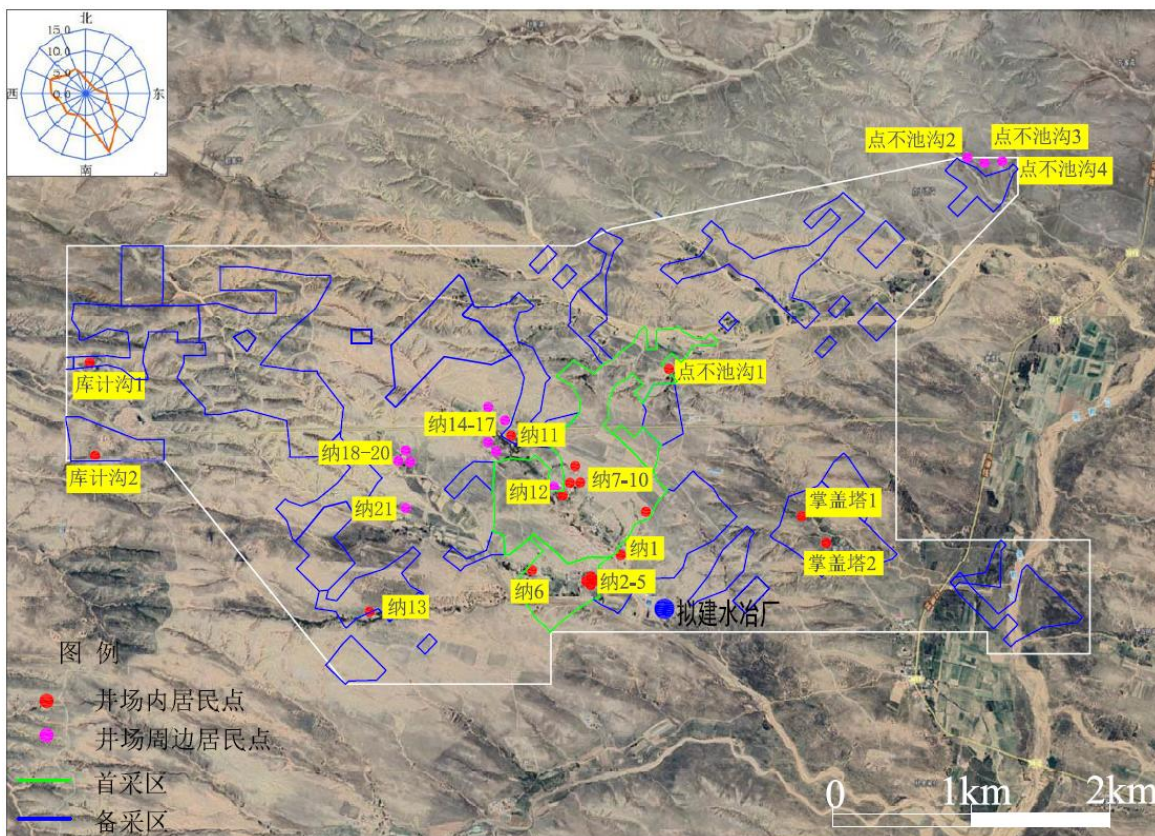


图 2.9-2 纳岭沟铀矿床井场内及周边居民点（户）分布图

表 2.9-2 纳岭沟铀矿床井场及周边居民点（户）人口统计表

序	居民点	距离	人口数	备注	序	居民点	距离	人口数	备
1	纳 1	0.46	7	矿体内部	1	纳 13	1.17	2	矿体周围
2	纳 2	0.48	3		2	纳 14	1.75	3	
3	纳 3	0.50	4		3	纳 15	1.61	11	
4	纳 4	0.51	7		4	纳 16	1.93	6	
5	纳 5	0.53	10		5	纳 17	1.71	9	
6	纳 6	0.96	19		6	纳 18	2.05	6	
7	纳 7	1.13	5		7	纳 19	2.16	4	
8	纳 8	0.97	3		8	纳 20	2.17	5	
9	纳 9	0.80	7		9	纳 21	1.98	14	
10	纳 10	1.04	3		10	点不池沟 2	3.96	4	
11	纳 11	1.65	11		11	点不池沟 3	3.99	5	
12	纳 12	2.08	11		12	点不池沟 4	4.06	9	
13	库计沟 1	4.51	7						
14	库计沟 2	4.25	2						
15	掌盖塔 1	1.22	2						
16	掌盖塔 2	1.31	3						
17	点不池沟 1	1.71	4						
合计			108		合计			78	

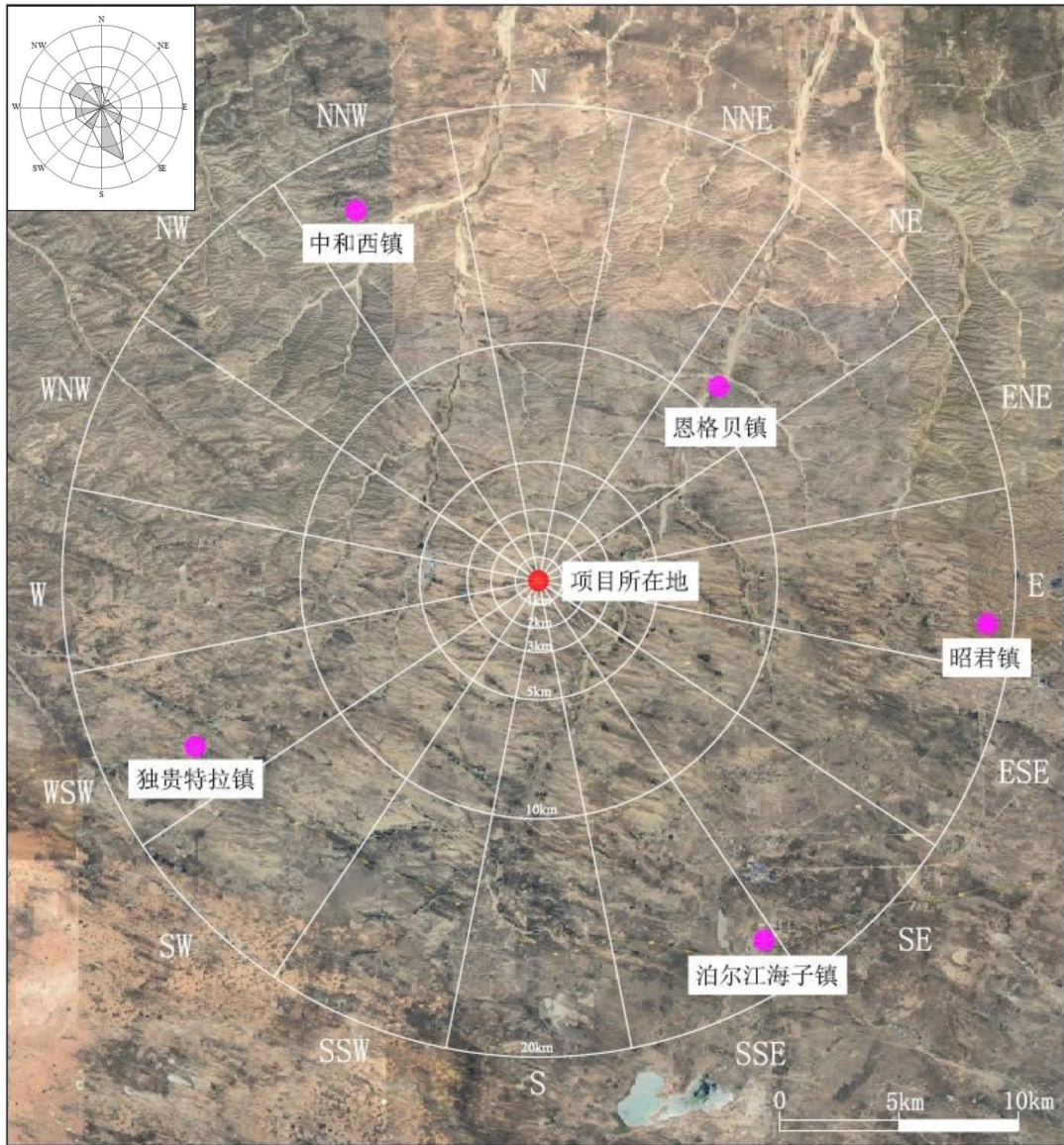


图 2.9-3 评价中心半径 20km 评价子区分布图

根据《迈向小康社会的中国人口（内蒙古卷）》（中国统计出版社，2015年），在考虑放开二孩政策的条件下，保守考虑采用高出生率和低死亡率计算评价范围内的人口自然增长率，20km 范围内人口自然增长率见表 2.9-3。2022 年和 2027 年（达产期第一年）人口分布情况见表 2.9-4 和表 2.9-5。评价范围内人口的年龄结构为婴儿 1%、幼儿 8%、少年 12%、成人 79%。

表 2.9-3 评价范围内人口自然增加率

年份	2023	2024	2025	2026	2027
出生率，‰	9.73	9.51	9.31	9.12	8.97
死亡率，‰	7.51	7.68	7.85	8.03	8.18
人口增长	2.22	1.83	1.46	1.09	0.79

表 2.9-4 评价中心 20km 范围内人口分布（2022 年）

距离 (km)	年龄组	方位															
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~1	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	2	2	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	25	0
1~2	婴儿	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	1	0	0	13	7	7	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0
	少年	4	0	0	20	11	11	0	0	0	1	4	0	0	0	8	0
	成人	15	0	0	122	81	81	0	0	0	9	24	0	0	0	44	2
2~3	婴儿	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	8	1	0	0	2	0	4	0	0	1	0	0	1	0	0
	少年	0	12	3	1	0	5	0	7	0	1	2	0	2	2	0	0
	成人	0	61	26	9	0	22	0	39	0	9	17	0	0	27	0	0
3~5	婴儿	0	0	3	0	1	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	1
	幼儿	2	1	12	1	8	8	6	1	4	9	2	0	0	0	0	7
	少年	7	5	25	4	12	15	12	3	9	17	5	0	1	2	0	15
	成人	36	34	145	20	81	80	81	16	45	95	23	4	5	7	0	77
5~10	婴儿	3	3	4	4	4	4	2	2	3	2	2	5	9	6	3	3
	幼儿	26	22	34	29	35	33	18	15	21	18	15	42	74	50	21	21
	少年	39	33	51	43	53	50	26	23	32	26	23	64	111	74	32	31
	成人	253	221	339	281	351	327	173	148	207	173	148	419	732	489	211	202
10~20	婴儿	1	3	5	5	5	6	4	3	2	2	4	5	7	4	5	3
	幼儿	11	23	41	43	40	48	35	26	15	15	30	37	59	33	41	27
	少年	16	34	62	64	60	72	53	39	23	22	45	56	89	49	62	40
	成人	105	225	405	423	393	477	346	261	148	147	292	366	587	326	410	262

表 2.9-5 评价中心 20km 范围内人口分布（2027 年）

距离 (km)	年龄组	方位															
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~1	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	2	2	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	25	0
1~2	婴儿	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	1	0	0	13	7	7	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0
	少年	4	0	0	20	11	11	0	0	0	1	4	0	0	0	8	0
	成人	15	0	0	123	82	82	0	0	0	9	24	0	0	0	44	2
2~3	婴儿	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	8	1	0	0	2	0	4	0	0	1	0	0	1	0	0
	少年	0	12	3	1	0	5	0	7	0	1	2	0	2	2	0	0
	成人	0	61	26	9	0	22	0	39	0	9	17	0	0	27	0	0
3~5	婴儿	0	0	3	0	1	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	1
	幼儿	2	1	12	1	8	8	6	1	4	9	2	0	0	0	0	7
	少年	7	5	25	4	12	15	12	3	9	17	5	0	1	2	0	15
	成人	36	34	146	20	82	81	82	16	45	96	23	4	5	7	0	78
5~10	婴儿	3	3	4	4	4	4	2	2	3	2	2	5	9	6	3	3
	幼儿	26	22	34	29	35	33	18	15	21	18	15	42	75	50	21	21
	少年	39	33	51	43	53	50	26	23	32	26	23	64	112	75	32	31
	成人	255	223	343	283	356	330	174	149	209	174	149	422	738	494	213	203
10~20	婴儿	1	3	5	5	5	6	4	3	2	2	4	5	7	4	5	3
	幼儿	11	23	41	43	40	48	35	26	15	15	30	37	59	33	41	27
	少年	16	34	62	64	60	73	53	39	23	22	45	56	90	49	62	40
	成人	106	227	410	427	397	482	350	263	149	149	295	370	592	328	414	264

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纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程。

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

内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗。

3.1.4 建设内容

本项目建设内容包括井场、水冶厂、现场办公及倒班宿舍区、厂外工程和远程控制中心，各子项主要建设内容见表 3.1-1。

表 3.1-1 项目建设内容一览表

序号	子项	建设内容
1	井场	主要包括地浸井（含生产井和监测井）、集配液设施、井场集控室、井场气体站、井场综合管网等。
2	水冶厂	主要包括浸出液处理厂房（同时含化工原料库、产品库、空压机房等）、分析测试中心、试剂集中配制设施、盐酸库、双氧水库、生产区辅助设施（含固体废物库、生产资料库、机修间、消防泵房、供水设施间、生产辅助设施变电所、生活污水处理设施、工程车库等）、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、水冶厂值班室等。
3	现场办公及倒班宿舍区	主要包括宿舍楼（含办公）、职工食堂及活动中心、综合服务设施（含消防泵房、污水处理等）、现场办公及倒班宿舍区车库（含车库、变电所、空气源泵室等）、现场办公及倒班宿舍区值班室等。
4	厂外工程	主要包括厂外道路、35kV 供电线路和通信线路等。
5	远程控制中心	主要包括呼和浩特远程控制中心。

3.1.5 开采方式

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

3.1.6 生产规模

井场年浸出液抽出量为 3508.77 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 8a，减产期 3a。

3.2 项目前期试验情况

3.2.1 试验基本情况

纳岭沟铀矿床至今开展过纳岭沟铀矿床地浸采铀试验项目和纳岭沟铀矿床地浸采铀现场扩大试验项目。纳岭沟铀矿床地浸采铀试验项目于 2012 年 9 月 28 日取得了原国家环境保护部环评批复（环审〔2012〕269 号），2013 年 12 月开始开展试验。由于纳岭沟铀矿床属特大型铀矿床，条件试验项目取得的工艺技术参数需进一步优化，2015 年启动了纳岭沟铀矿床地浸采铀现场扩大试验项目。扩大试验项目于 2015 年 11 月 18 日取得原国家环境保护部环评批复（环审〔2015〕245 号），2015 年 12 月开始建设，2016 年 3 月完成了项目的建设。与此同时，原条件试验并入扩大试验项目，2016 年 4 月至今扩大试验项目一直处于运行状态。

3.2.2 “三废”治理情况

纳岭沟扩大试验运行期间，中核内蒙古矿业有限公司严格执行各项安全环保制度，目前安全环保设施运行状况良好，至今未发生过环境纠纷、环境污染事故（件）和异常情况。其采取的三废处理措施见表 3.2-1。

表 3.2-1 纳岭沟扩大试验“三废”处理措施表

类型	产生、处理及排放情况
废气	<p>地浸产生的废气主要为氡气，其产生、处理及排放情况如下：</p> <p>①浸出液处理厂房氡气主要为吸附区、淋洗区、沉淀区等生产区产生。浸出液处理厂房采取全流程全闭路循环系统减少氡释放，通过通风换气排入大气稀释扩散。</p> <p>②蒸发池中废水蒸发过程中会释放氡气，氡释放氡量约 $2.05 \times 10^9 \text{Bq/a}$，通过大气扩散稀释。</p>
废水	<p>废水主要为工艺废水、洗井废水和生活污水，其产生、处理及排放情况如下：</p> <p>①浸出工艺吸附尾液循环利用，工艺废水排入蒸发池自然蒸发，不外排。</p> <p>②洗井过程会产生洗井废水，单孔产生量约 $15 \text{m}^3/\text{a}$。根据蒸发池容量，部分洗井废水通过注入井回用，部分洗井废水在洗井槽收集后输送至蒸发池自然蒸发处理。</p> <p>③生产期间职工生活污水产生量约 $2 \text{m}^3/\text{d}$，经化粪池处理后作为绿化滴灌用水，不外排。</p>
固废	<p>固体废物主要为钻井泥浆、蒸发池残渣和生活垃圾，其产生、处理及排放情况如下：</p> <p>①钻井泥浆主要为钻进过程中产生的泥浆，单孔产生量约 10m^3，泥浆中 $U_{\text{天然}}$ 含量按照含矿层平均品位估算为 7.74mg/kg。钻井施工过程中，小颗粒岩屑的泥浆循环利用，大颗粒岩屑经振动脱水后排入废渣池。施工结束后，剩余的钻井泥浆部分回用于 MTC 固井，部分经压滤脱水成泥饼，泥饼与废渣池内的大颗粒岩屑一同运至泥浆坑集中处理。</p> <p>②生产过程每年产生的蒸发池残渣暂存于蒸发池，待停产时进行植被治理或退役治理。</p> <p>③生产期间职工生活垃圾产生量约 8.25t/a，统一收集后外运处理。</p>
地下水	<p>地下水污染防治措施为：</p> <p>①在含矿含水层和上含水层共布置 7 个监测井，并加强监测。</p> <p>②采取抽液量大于注液量 0.3%，控制浸出剂范围。</p>

3.2.3 环境监测情况

对纳岭沟扩大试验 2019~2021 年年报数据进行整理汇总，具体见表 3.2-2。由该表可知，近三年期间纳岭沟扩大试验 γ 辐射空气吸收剂量率、 ^{222}Rn 浓度、氡子体浓度的监测值整体处于同一水平；井场内土壤、牧草各监测因子与对照点位于同一水平；地下水中各监测因子变化趋势总体平稳，未发生明显变化，说明矿区地下溶浸范围受控。

表 3.2-2 2019~2021 年纳岭沟环境监测年报数据汇总表

监测项目		2019 年		2020 年		2021 年				
γ辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		84.70~174.33		86.00~174.33		94.50~213.92				
氡浓度 (Bq/m ³)		9~26.3		10.6~14.6		8.2~26.4				
氡子体 (nJ/m ³)		10~25		10~18		10~16				
地下水	监测项目	潜水层	含矿层	潜水层	含矿层	潜水层	含矿层			
	U _{天然} (μg/L)	0.35~7.65	0.02~3.57	0.47~5.43	0.18~1.80	0.42~4.0	0.10~1.80			
	²²⁶ Ra (mBq/L)	ND~89	ND~80	6.1~87.9	11.0~77.1	32.4~92.2	30.8~142			
	²¹⁰ Po (mBq/L)	2~73	ND~22	3.1~74.7	3.4~26.1	1.6~7.1	1.9~6.9			
	²¹⁰ Pb (mBq/L)	ND~66	ND~44	9.2~42.3	15.5~68.0	13.3~30.7	8.8~43.2			
	Cl ⁻ (mg/L)	49~497	101~314	57~559	136~542	56.4~209.2	150~550			
	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	57~254	21~178	46~490	54~436	46.5~111.8	22~366			
	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	—	—	32~96	32~65	—	—			
	Cr ⁶⁺ (μg/L)	1.10~2.08	1.45~2.46	—	0.18~1.80	—	—			
	NO ₃ ⁻ (mg/L)	ND~52.60	ND							
	Cu (μg/L)	ND~2.6	0.2~3.4							
	Pb (μg/L)	ND~13.80	0.17~7.72							
	Zn (μg/L)	ND~14.8	4.1~15.3							
	Mn (μg/L)	ND~12.7	1.77~19.6							
	Cd (μg/L)	ND	ND							
As (μg/L)	ND~4.16	ND~2.52								
Hg (μg/L)	ND~0.13	0.1~0.11								
土壤	²³⁸ U (Bq/kg)	12.3~19.2			—			7.85~17.55		
	²²⁶ Ra (Bq/kg)	11.8~30.0			—			16.24~26.22		
	Cr (mg/kg)	153~363			—			—		
	Cd (mg/kg)	0.012~0.150			—			0.01~0.06		
	Pb (mg/kg)	10.5~14.2			—			—		
	As (mg/kg)	1.37~9.82			—			4.11~6.66		
	Hg (mg/kg)	ND~0.0150		—		—				

3.3 项目地质资源及开采规划

3.3.1 地质资源

1) 地质勘查概况

2005年核工业二〇八大队在纳岭沟地区发现第一个工业铀矿孔，拉开了纳岭沟铀矿床铀矿勘查工作的序幕，随后在此开展了铀矿评价、勘查、科研等一系列工作。

2009~2011年，开展了纳岭沟铀矿床预查工作，初步控制了纳岭沟铀矿床（N105~N88线）矿体数量、规模及空间产出特征；2012~2013年，开展了纳岭沟铀矿床（N21~N88线）普查、详查工作，累计施工地质孔206个，水文地质孔3个，物探参数孔6个，累计完成钻探工作量101149.38m。2013年10月，核工业二〇八大队提交《内蒙古达拉特旗纳岭沟铀矿床（N21~N88线）详查地质报告》；2014~2015年，继续开展了纳岭沟铀矿床详查区（N37~N88线）的详查工作，累计施工钻孔97个（组），其中铀矿地质孔93个，水文孔2组（1抽1观），物探参数孔2个，完成钻探工作量47147.19m。2015年12月，核工业二〇八大队提交《内蒙古鄂尔多斯市纳岭沟铀矿床（N37~N88线）铀矿详查地质报告》。

对纳岭沟铀矿床N37~N88线开展的详查表明：矿床主要赋矿层位为直罗组下段下亚段辫状河砂体，河道砂体发育稳定，规模较大，主矿体厚度变化较稳定，品位分布较均匀，形态多呈板状或透镜状，矿体连续性较好；矿床主矿带长约6100m，宽100m~3200m，面积约5.8km²，厚度变化系数52.24%，品位变化系数75.64%；另外，基本查明了矿床含矿含水层岩石胶结程度、孔隙度、渗透性、富水性及其变化情况；基本查明了地下水水头高度、涌水量、地下水化学成分等因素。

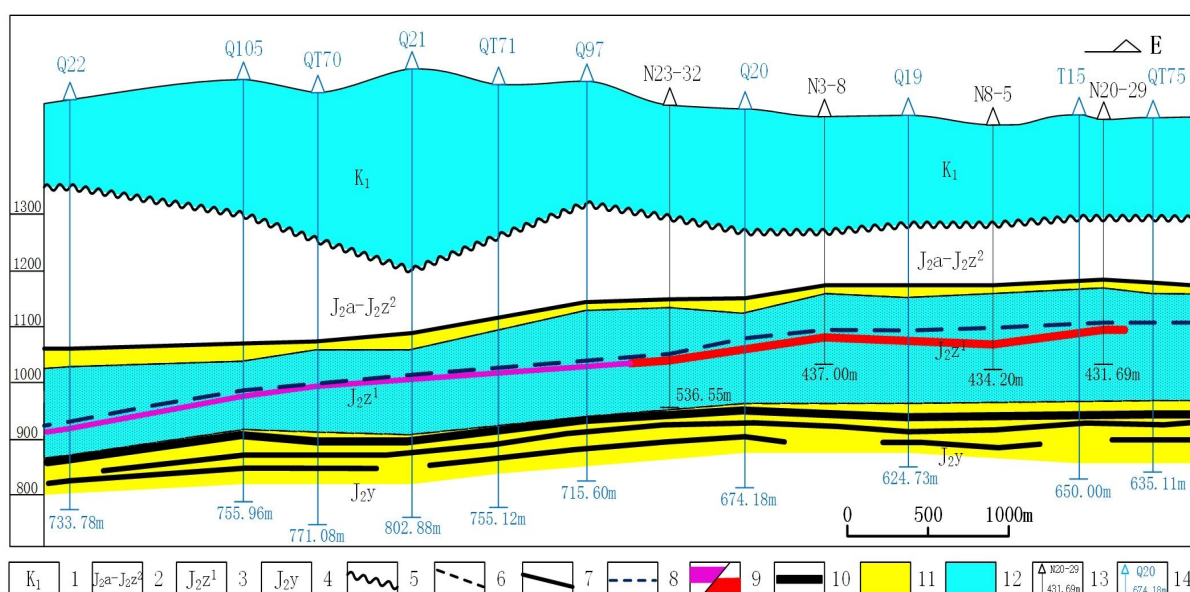
3.3.2 开采规划

1) 铀煤协调开采背景

(1) 铀煤同采制约因素

纳岭沟铀矿床位于塔然高勒煤矿井田范围内，铀、煤产出关系表现为“上铀下煤”特点（位置关系见2.7.2节）。通过分析铀煤资源开采工艺，塔然高勒矿区煤矿采用全部垮落式开采工艺，在生产过程中，须对煤矿上层充水含水层采取疏放水措施，生产结束后煤层顶板垮落。而纳岭沟铀矿床是适于原地浸出工艺开采的砂岩型铀矿，其开采需维持一定的承压水头和稳定的隔水顶底板。纳岭沟铀矿床含矿含水层正是塔然高勒煤矿开采放水降压的目标层

(见图 3.3-1)，因此煤矿开采放水必将导致铀矿含矿含水层水位的持续下降，影响铀矿的正常开采。



1-下白垩统；2-安定组-直罗组上段；3-直罗组下段；4-延安组；5-角度不整合界线；6-平行不整合界线；7-整合界线；8-神华集团划定含水层顶界；9-煤田测井伽玛增高异常体/铀矿体；10-煤层；11-隔水层；12-含水层；13-铀矿勘查钻孔 14-煤田钻孔。

图 3.3-1 水文地质剖面示意图

(2) 铀煤协调开采相关研究

2013 年 7 月，塔然高勒煤矿开展放水试验，纳岭沟铀矿区发现其地下水监测孔水位持续缓慢下降，铀煤开采制约问题逐渐显现。自此至今，由中国能源集团（原神华集团）和中核集团联合开展多项科学研究。

2014 年神华集团与中核集团联合开展了《塔然高勒井田煤铀协调开采试验试采技术方案研究》，针对塔然高勒井田内赋存铀、煤两种资源情况，开展了大量前期研究工作，为进一步实现铀煤协同开发及合理利用奠定了基础，项目研究结论为塔然高勒地区铀煤叠置区内不具备铀、煤同时开采的基本条件，应先铀后煤。

2015 年，在中国工程院重点咨询项目《鄂尔多斯盆地矿产资源协调开发战略研究》中，对鄂尔多斯盆地矿铀矿开采对煤炭开采的影响及铀煤协调开采已开展了研究，为铀煤综合利用指明方向。结论表明：煤铀叠置区不具备煤铀同时开采的基本条件，先铀后煤。非叠置区，煤矿开采面与铀矿区在空

间上错开，使煤矿开采疏放水对铀矿地浸开采及环境影响在可接受的范围之内，实现铀煤协调开采。如拉开煤矿开采面与铀矿区之间的距离，仍不能达到煤铀同时开采的要求，再辅助以工程措施，实现铀煤协调开采。

2016年至2019年期间，中核集团和国家能源集团签订了多项战略合作协议。在内蒙古自治区鄂尔多斯市塔然高勒地区开展铀矿资源调查工作，投入钻探工作量12万米，摸清了内蒙古鄂尔多斯市塔然高勒矿区铀矿资源家底及其与煤炭资源的空间产出关系。

2020年，中国铀业联合国家能源集团杭锦能源开展了科研项目《塔然高勒矿区铀煤协调开发界线研究》，由中国矿业大学（北京）、国家能源集团杭锦能源、中核内蒙古矿业有限公司、核工业二〇八大队和中核矿业科技集团有限公司共同参研，通过综合研究与分析，圈定铀矿可经济开采区域，厘定塔然高勒矿区铀煤开采相互影响因素，确定了煤矿开采对铀矿区地下水水位的影响程度。结果表明：本着铀煤协调开发避免相互影响的原则，从时间和空间两方面出发，提出铀煤开采期的相互避让方案，确定了非叠置区塔然高勒煤矿和纳岭沟铀矿的首采区域及开发时序。

2022年，中核集团和国家能源集团签订了《关于内蒙古塔然高勒井田煤铀安全共采互不影响和权益保护协议》，协议中对铀煤双方的开采范围、开采时序、开采/退役计划等进行了详细约定。双方协商同意根据中国工程院等研究机构针对塔然高勒井田煤铀协同开采课题取得的研究成果，煤铀重叠区按照“先铀后煤”顺序开采；煤铀非重叠区，双方保持一定的安全可采距离（煤矿首采区由原有设计的东一盘区向北移至西四盘区，自北向南开采，首采工作面距铀矿区约10km，图3.3-2），铀矿根据各矿体受煤矿影响时间的先后顺序，加速开采受煤矿影响较早的铀矿体，在受煤矿影响之前将其开采完毕。目前铀煤双方按照2025年12月底煤矿、铀矿同时投产的目标推进各自工作。

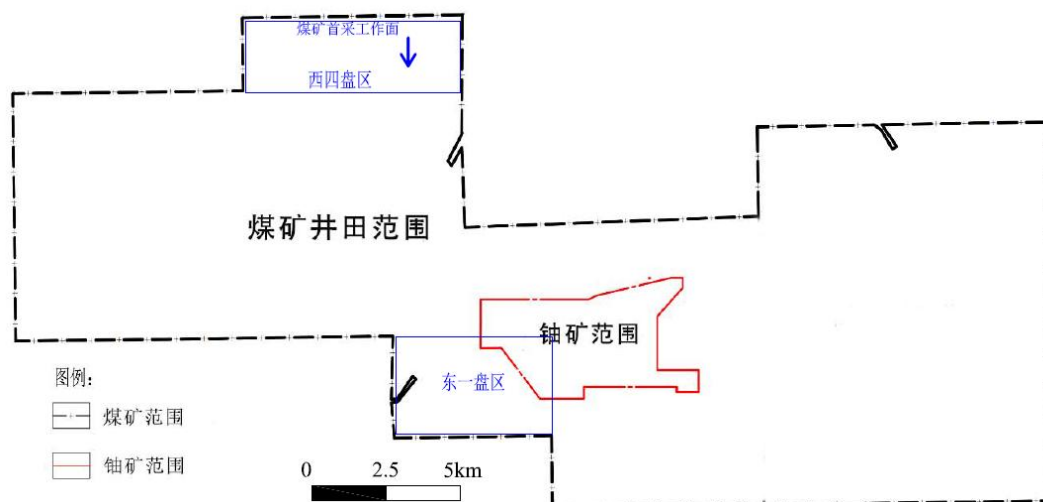


图 3.3-2 煤矿盘区分布图

2) 开采规划

本项目开采范围为纳岭沟铀矿床 N37~N88 号勘探线控制的铀矿块区域，根据矿体的赋存情况，本项目首采矿体埋藏浅、勘探程度高的铀资源，而且综合考虑开采受煤矿开采影响早的区域范围内的资源。因此，首采段开拓 I-1-1~I-1-5、I-1-7、I-1-8、I-2-1 块段；主矿体西部 I-9-1、I-10-1、I-22、I-23 块段作为第二批开发块段，主矿体东部的 I-1-6、I-3-1、I-4-1、I-6-1、I-7-1、I-8-1、I-12-1 块段作为第三批开发。本项目开采总体规划见图 3.3-3。

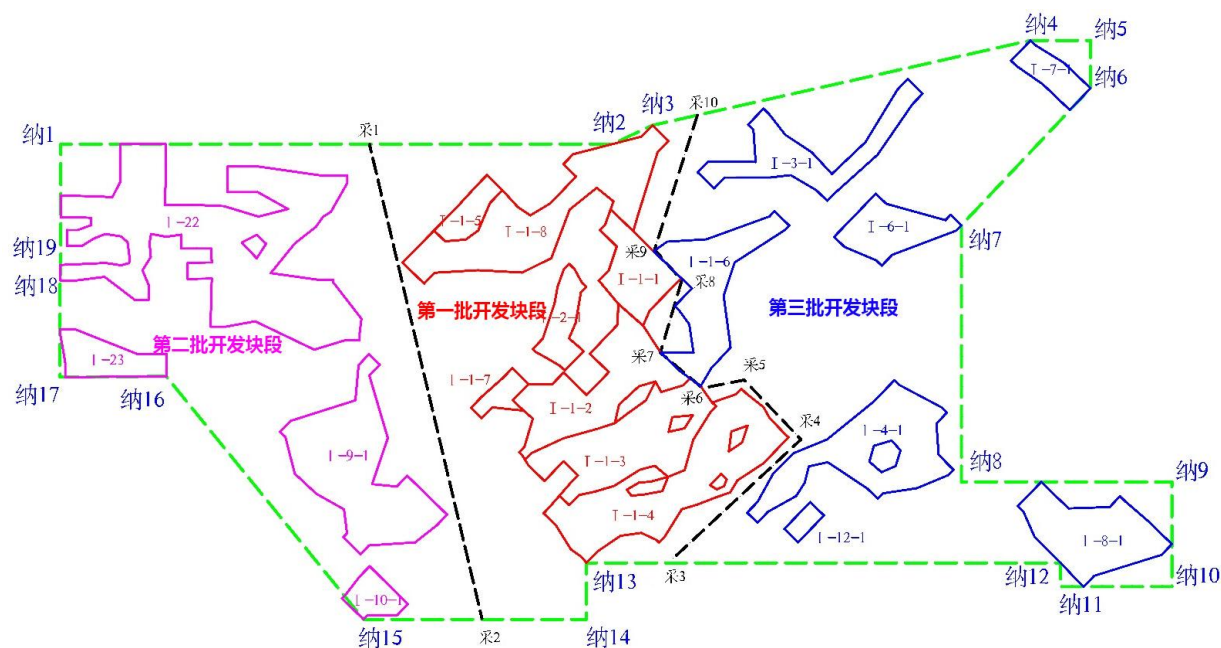


图 3.3-3 矿块开采总体规划图

3.4 项目主要建设内容

本项目为原地浸出采铀工程，建设内容主要包括井场、水冶厂、现场办公及倒班宿舍区、厂外工程和远程控制中心。本项目主要建设内容见表 3.4-1。

表 3.4-1 本项目建设内容一览表

类别	项目	建设内容
井场	钻孔工程	本项目布置 63 个分采区，设置钻孔 8604 个。其中，抽出井 2298 个，注入井 6134 个，监测井 172 个。 其中，首采区布置 18 个分采区，设置生产钻孔 1675 个，其中抽出井 498 个，注入井 1134 个，监测井 43 个。
	集控室	集控室采用装配式、可移动箱体的结构形式，由 3 个箱体组成，单个集控室由 2 个工艺箱体和 1 个供电及自控箱体组成。其中，工艺箱体 16.5m×3m×3m，供电及自控箱体长×宽×高 16.5m×3m×3m。每座集控室布置 30 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。
	集配液池	集液池为 58m×24m×3m 的地上钢筋混凝土池，配液池为 52m×24m×3m 的地上钢筋混凝土池，集配液池底板及壁板均为 300mm 厚，池内表面衬环氧玻璃钢，池外表面刷防水砂浆，集配液池池顶设置封闭顶棚，集液池和配液池下游各布设 1 个地下水监测井。
	泵房	集配液泵房长×宽为 58m×15m，单层，层高 7.5m。集液泵房内布置 8 台集液泵，单台设备流量 950~1640m ³ /h，扬程 123~98m，功率 630kW，5 用 3 备；配液泵房布置 9 台配液泵，单台设备流量 800~1310m ³ /h，扬程 103~78m，功率 450kW，6 用 3 备。泵类设备电机均采用变频电机，通过变频器控制泵的流量和扬程。
	气体站	井场气体站露天布置，共建设 2 个。其中，布置在水冶厂区的井场气体站长×宽为 66m×16m，周边设围栏，站内布置 5 台液态氧气贮罐（50m ³ /台）和配套气化、缓冲、调稳压等配套设备以及 5 台液态二氧化碳贮罐（50m ³ /台）和配套气化、复热、缓冲、调稳压等配套设备；布置在现场办公及倒班宿舍区北侧的井场气体站长×宽为 35m×11m，周边设围栏，站内布置 3 台液态氧气贮罐和配套气化、缓冲、调稳压等配套设备。
	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。 此外，在管道横跨深沟的位置设置管道桁架，共设置 2 座管道桁架，每座管道桁架附近同时设置事故贮池。事故贮池为 9.9m×9.9m×3.5m 的地下钢筋混凝土池，容积为 343m ³ ，底板及壁板均为 300mm 厚，池内表面衬环氧玻璃钢，池外表面刷防水砂浆。
	过滤间	包括浸出液过滤区和尾液过滤区。浸出液过滤区长 59m，宽 42m，

类别	项目	建设内容
		单层，高 7.5m；尾液过滤区长 25m，宽 42m，单层，高 7.5m。
水冶厂	浸出液处理厂房	厂房长 186m，宽 68m，主要布置吸附塔区、淋洗塔区、贮罐区、酸化区、试剂配制、产品过滤包装区，同时布置空压机房、化工原料库、产品库、配电室、通风机房、控制室等。其中吸附塔区厂房高 19.0m，产品过滤包装区厂房高 17.0m，其余区域厂房高 12.5m，并根据操作要求，设操作平台。
	试剂集中配制设施	包含试剂配制间和室外贮池（含泵房），主要用于生产中氯化钠、碳酸氢钠、碳酸钠、氢氧化钠溶液的配制。试剂配制间长 54m，宽 27m，单层，层高 6m，布置氯化钠、碳酸氢钠、碳酸钠、氢氧化钠的配制槽；室外贮池（含泵房）设顶棚，其中碳酸氢钠贮池 25m×27m×3m、碳酸钠贮池 25m×17m×3m、氯化钠贮池 25m×10m×3m。
	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	与浸出液处理厂房合建，其长×宽为 90m×18m，主要用于贮存生产中需要的碳酸氢钠、氯化钠、氢氧化钠、碳酸钠等化工原料。
	产品库	与浸出液处理厂房合建，其长×宽为 72m×18m，主要贮存产品和包装桶。
	固体废物库	长×宽为 36m×12m，单层，层高 4.5m，主要存放废旧滤布、更换的管件管道等。固体废物库设顶棚和 2m 高围墙。
	盐酸库	露天布置，长 27.5m，宽 13m，四周设 1m 高围堰。盐酸库内设 5 个容积 70m ³ 的卧式贮罐和配套卸酸设备，其中 1 台为事故备用罐。
	双氧水库	双氧水罐区长 15m，宽 13m，设 1.0m 高围堰，上方设顶棚，净高为 5.5m，设 3 个容积 20m ³ 的卧式贮罐，其中 1 台为事故备用罐；双氧水罐区和泵房分开布置，双氧水泵房长 7m，宽 4.5m，净高为 3m，泵房内布置双氧水卸料和输送泵。
	柴油库	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。柴油罐采用双层罐，埋地布置 2 台卧式油罐，油罐区地表设围堰。
	能源站	设 8 套低温（-12℃）时制热量为 500kW 的螺杆式超低环温空气源热泵模块机组以及 1 台额定供热量为 1.4MW 的电极式热水锅炉，主要为生产区建筑冬季提供 45/40℃ 的采暖热媒和冬季热风加热用热。
	生活污水处理设施	水冶厂区建设生活污水处理设施，设置一套地理式一体化污水处理设施，处理规模为 15m ³ /d，处理工艺为 A/O 法，该套设施包括调节池、厌氧酸化池、好氧池和沉淀池。
	生产辅助设施	包括生产资料库、机修间、变电所、消防泵房及供水设施、淋浴室、洗衣房、工程车库等。
蒸发池	新建 5 座蒸发池，净蒸发面积 78000m ² ，蒸发池深 1.8m，有效池深 1.3m，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	

类别	项目	建设内容
		发池设置渗漏在线检测装置，四周均匀布设地下水监测井。
	现场办公及倒班宿舍区	<p>主要包括宿舍楼（含办公）、职工食堂及活动中心、综合服务设施（含消防泵房、污水处理等）、现场办公及倒班宿舍区车库（含车库、变电所、空气源泵室等）、现场办公及倒班宿舍区值班室等。</p> <p>现场办公及倒班宿舍区建设生活污水处理设施，设置一套地埋式一体化污水处理设施，处理规模为 45m³/d，处理工艺为 A/O 法，该套设施包括调节池、厌氧酸化池、好氧池和沉淀池。</p> <p>空气源泵室设 2 套低温（-12℃）时制热量为 141.5kW、制冷量为 132.2kW 的风冷热泵模块机组，主要为现场办公及倒班宿舍区建筑冬季提供 45/40℃ 的热媒、夏季提供 7/12℃ 的冷媒。</p>
	厂外工程	主要包括修建现场办公及倒班宿舍区—井场—水冶厂厂外道路、总长度 1.65km；此外，还包括 35kV 供电线路和通信线路等。
	远程控制中心	建设呼和浩特远程控制中心，其具备数据分析、视频监控、远程操控的功能，可远程实现对纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程的管理。

3.5 总平面布置

3.5.1 布置原则

1) 本项目由井场、水冶厂、现场办公及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) 本项目围绕水冶主厂房（浸出液处理厂房），将生产性质相同、功能相近，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，采用平坡式竖向布置形式，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。

3.5.2 总平面布置方案

根据总平面布置原则，将井场选择在矿体的位置，井场集控室等设施根据矿床开采顺序、管线短捷、不压矿、交通便捷等原则布置在矿床首采范围外适当位置；将水冶厂选择在纳岭沟工业试验项目工业场地附近，将现场办

公及倒班宿舍区选择在水冶厂北侧 1.3km 处。

1) 井场总平面布置

本项目首采区长约 2700m、宽 2000m，根据首采区地浸采铀工艺特点要求，设置 18 个采区，每个采区设置一个集控室，通过集控室，将浸出液输送到相关设施。集配液设施等组成集配液区，布置在水冶厂内。

首采区井场平均海拔高程在+1450m~+1500m 之间，利用泵将浸出液输送至集液池，再统一输送至水冶厂。

2) 水冶厂总平面布置

水冶厂位于纳岭沟工业试验项目工业场地处，厂区西侧为水冶厂主入口，西北侧为物流出入口，两入口通过水冶厂进厂道路连接，其功能分区及总平面布置方案如下：

(1) 厂前区：分析测试中心布置在厂区主出入口的南侧，以前面的小绿地为焦点，与前部广场相结合，组成厂前区。绿地种植灌木和花卉，可作为进门后停车、简单休憩的场所；将淋浴室及洗衣房布置在分析测试中心南侧，兼起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，其中浸出液处理厂房体量最大，布置在此区北部的中心位置，集配液设施布置在其南侧，便于液体的输送。将生产资料库、机修间、固体废物库、变电所等集成为生产辅助设施，将其围合布置成一处院落，既利于使用，又美观整齐，将气体站、盐酸库、双氧水库等布置在厂区的东侧，便于装卸和日常联系使用。将 35kV 变电站布置在厂区的西北侧，靠近负荷中心，对外交通联系也较为便利。

(3) 蒸发区：将蒸发池布置在厂区东南，满足蒸发废水的需要。

3) 现场办公及倒班宿舍区总平面布置

现场办公及倒班宿舍区主要建筑为宿舍楼、职工食堂及活动中心、综合服务设施、车库等建筑，通过将前两个主要建筑布置在现场办公及倒班宿舍区的中心，作为一个半围合的组团，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。现场办公及倒班宿舍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；车库和现场办公及倒班宿舍区综合服务设施布置在现场办公及倒班宿舍区北侧，为现场办公及倒班宿舍区车辆提供安全、稳定的停靠场所，为辅助设施提供空间。

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

3.6 工艺流程

3.6.1 井场工艺

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

3.6.1.1 浸出原理

1) 浸出反应方程式

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

3.6.1.2 工艺流程

本项目井场工艺流程如下：

1) 来自配液池的吸附尾液通过配液泵输送、经过滤后返回井场各集控室，经集控室注液泵加压后，进入集控室各注液支管。

2) 来自气体站的二氧化碳气体经计量后注入配液泵出口的注液总管内。溶于吸附尾液中的二氧化碳气体与水结合生成碳酸，使水中的 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 浓度增高，有利于碳酸铀酰的形成，二氧化碳气体的不断加入可以补充地下水系统中 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 的消耗；同时可以调节 pH 值，避免地下水中钙镁等离子的化学沉淀，导致含矿含水层堵塞。

3) 氧气在各采区集控室中的各注液支管上加注，各支管上的注氧量经计

量后注入采区各个注液孔内，形成浸出剂。浸出剂中的溶解氧把矿石中的四价铀氧化成六价铀；六价铀同地下水中碳酸氢根反应生成碳酸铀酰络合离子并在溶液中稳定存在，形成浸出液。

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

本项目井场工艺流程见图 3.6-1。

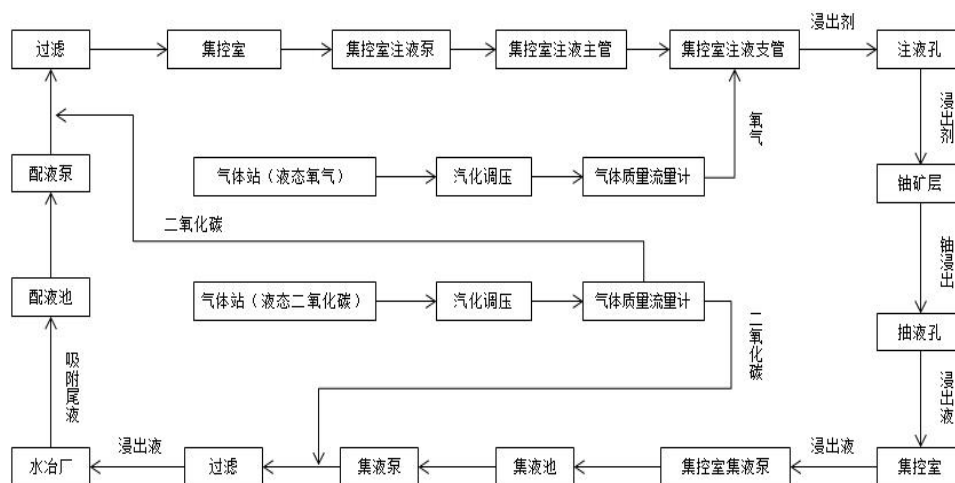


图 3.6-1 井场工艺流程图

3.6.1.3 主要技术指标

井场主要技术经济指标见表 3.6-1。

表 3.6-1 井场主要技术经济指标

序号	指标名称	单位	指标	备注
1	矿层厚度	m	3.51	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	8.4	
4	平均单孔注液量	m ³ /h	3.7	
5	抽出井数量	个	498	首采区
6	注入井数量	个	1134	首采区
7	抽注井数量比例		1:2.28	
8	监测井数量	个	43	首采区
9	井场浸出液量	万 m ³ /a	3508.77	

3.6.1.4 主要设备材料

井场（首采段）主要设备见表 3.6-2。

表 3.6-2 井场（首采段）主要设备表

序号	名称	规格型号	数量	单位	备注
一	井场专用设备				
1	提泵车		5	台	
2	废液回收车		5	台	
3	潜水泵	扬程 350m, 流量 8~10m ³ /h, 共 498 台	1	套	498 台
4	中压活塞式空气压缩机		6	套	
二	井场集控室				共 18 个
1	注液加压泵	Q=240~250m ³ /h, H=132~130m	23	台	5 台备用
2	集液加压泵	Q=240~250m ³ /h, H=72~70m	23	台	5 台备用
3	潜水泵	Q=8~10m ³ /h, H=25~20m	36	台	
三	集配液设施				
1	集液泵	Q=950~1640m ³ /h, H=123~98m	8	台	
2	配液泵	Q=800~1310m ³ /h, H=103~78m	9	台	
3	自清洗过滤器	DN720, 1.0MPa	24	台	
4	自动反冲洗浅层介质（砂） 过滤器	DN2200, 1.6MPa	60	台	
5	自吸泵	Q=120~180m ³ /h H=86~80m	6	台	
6	高效浓密机	DN9000	2	台	
7	耐腐蚀耐磨料浆泵	Q=50~60m ³ /h H=60~50m	4	台	
8	自吸泵	Q=50~60m ³ /h H=38~35m	2	台	
9	电动悬挂单梁起重机	Q=5t	2	台	
10	液下泵	Q=8~10m ³ /h H=22m	3	台	
四	井场气体站				共 2 个
(一)	井场气体站 1				水冶厂区
1	液氧贮罐	50m ³ /0.8MPa	5	套	
2	液氧升压汽化减压稳压装 置, 主要包含:		1	套	
	低温液体泵	2000L/h-3.0	5	台	
	空温式汽化器	KQQ-3000/3.0	5	台	
	减压装置		15	台	
3	液态二氧化碳贮罐	50m ³ /2.4MPa	5	套	

序号	名称	规格型号	数量	单位	备注
4	液态二氧化碳汽化减压稳压复热装置，主要包含：		1	套	
	水浴式储罐增压器		3	台	
	空温式汽化器（CO ₂ ）		3	台	
	水浴式电加热汽化器		1	台	
	减压稳压装置（CO ₂ ）		1	台	水冶厂
	减压稳压装置（CO ₂ ）		1	台	井场
5	氧气贮罐	20m ³ /3.0MPa	1	套	
6	二氧化碳贮罐	20m ³ /3.0MPa	1	套	
(二)	井场气体站 2				井场附近
1	液氧贮罐	50m ³ /0.8MPa	3	套	
2	液氧升压汽化减压稳压装置，主要包含：		1	套	
	低温液体泵	2000L/h-3.0	3	台	
	空温式汽化器	KQQ-3000/3.0	2	台	
	减压装置		3	台	
3	氧气贮罐	20m ³ /3.0MPa	1	套	

3.6.2 浸出液处理工艺

3.6.2.1 工艺流程

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

1) 吸附工序

来自井场的浸出液，通过集液泵加压、自动反冲洗浅层砂滤器过滤后，进入密实移动床吸附塔，自下而上与塔内树脂层接触吸附铀，吸附尾液由吸附塔顶部溢流液塔盘排出。部分吸附尾液用于过滤器反冲、树脂反冲和配制转型剂，约 99.7% 的吸附尾液经过滤后直接返回配液池。吸附塔饱和树脂自流进入饱和树脂压送罐，经吸附尾液（1BV）反冲洗后再经压缩空气压送至淋洗塔；反冲废水排至蒸发池。

2) 淋洗、转型、解毒工序

采用沉淀母液、氯化钠、碳酸钠和碳酸氢钠配制淋洗剂。淋洗剂由泵直接送入 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。

淋洗后的贫树脂首先通入压缩空气排出淋洗塔内的淋洗液，然后贫树脂用转型剂进行转型，转型液送入蒸发池。转型剂采用碳酸氢钠、吸附尾液配制。

根据生产需要定期对淋洗后的贫树脂进行解毒。解毒剂采用双氧水、盐酸和生产水配制，浸泡解毒周期 12h，解毒液排至蒸发池；采用吸附尾液（1.5BV）将树脂间残存的解毒剂反冲洗，贫树脂再经转型后，通过贫树脂压送罐，再压送至吸附塔顶树脂缓冲罐，贫树脂循环使用；反冲废水排至蒸发池。

3) 酸化、沉淀、过滤等工序

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

沉淀母液、压滤浆体产生的滤液等送入沉淀母液贮罐，80%返回配制淋洗剂，其余进入蒸发池。

本项目浸出液处理工艺流程见图 3.6-2。

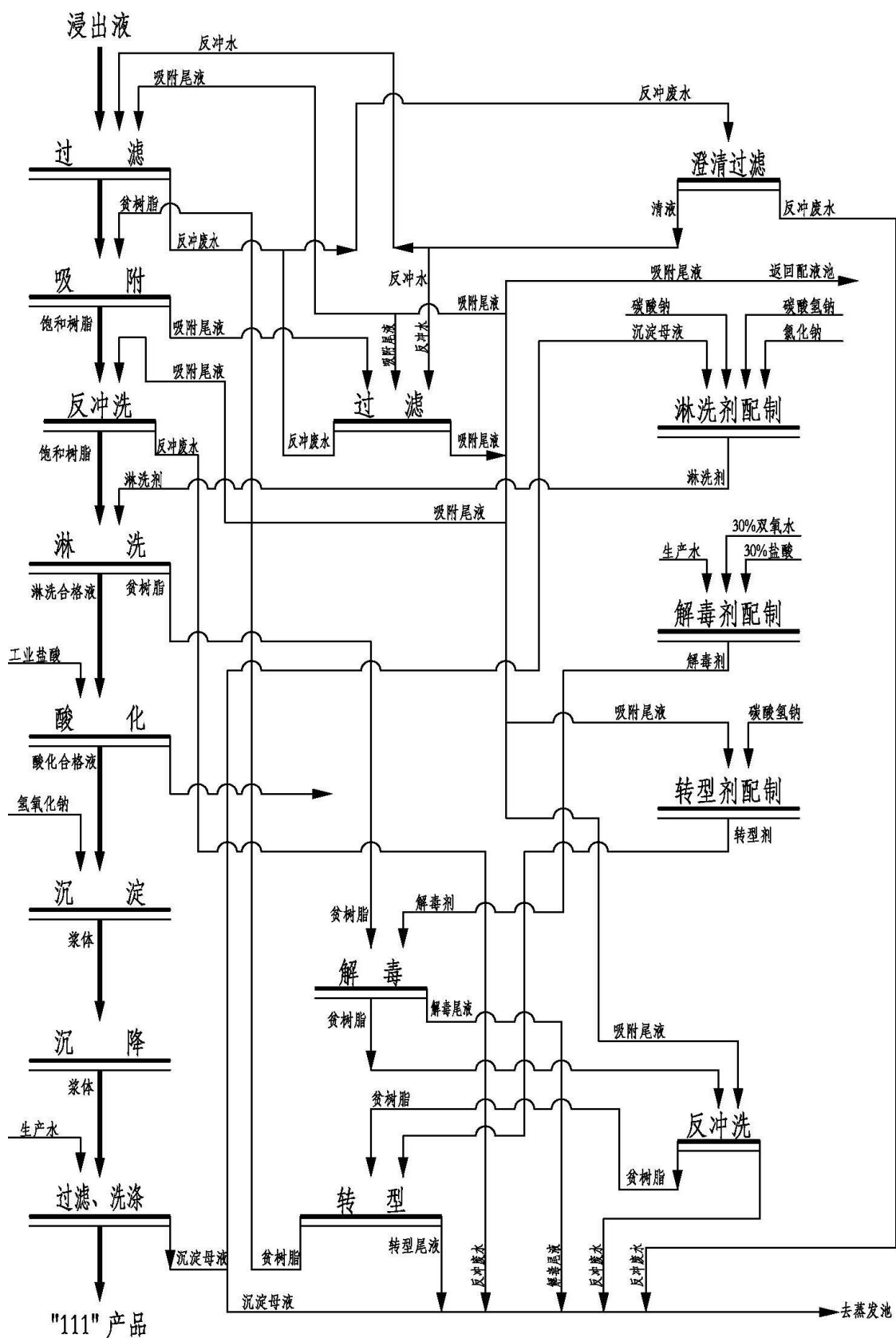


图 3.6-2 浸出液处理工艺流程图

3.6.2.2 主要工艺参数

本项目浸出液处理的主要工艺参数见表 3.6-3。

表 3.6-3 浸出液处理的主要工艺参数

序号	工序/参数	参数值	备注
一	吸附		
1	浸出液 pH 值	6.5~6.8	
2	吸附操作方式	密实移动床	
3	树脂型号	201×7 强碱性阴离子交换树脂	
4	浸出液平均铀浓度	***mg/L	
5	树脂吸附容量	(80~90) mg/mL 湿 R	
6	吸附空塔速度	~30m/h	
7	尾液铀浓度	≤0.5mg/L	
8	树脂反冲水体积	(1~1.5) Vr	在树脂压送罐中反冲
9	树脂反冲水组成	吸附尾液	
二	淋洗		
1	单塔树脂床层高度	4 m	
2	淋洗总体积	8Vr	
3	淋洗操作方式	三塔串联淋洗	
4	淋洗剂组成	(80~90) g/LNaCl+20g/LNaCO ₃ +20g/LNaHCO ₃	
5	淋洗剂 pH 值	9.5~10.0	
6	淋洗空塔速度	(0.5~1.0) m/h	
7	淋洗合格液体积	(2.5~3.0) Vr	
8	淋洗合格液铀浓度	***g/L	
9	树脂残余容量	<1 mg/mL 湿 R	
三	转型		
1	转型剂用量	2.5Vr	
2	转型剂组成	35g/LNaHCO ₃	
3	转型空塔线速度	(0.5~1.0) m/h	

序号	工序/参数	参数值	备注
4	转型剂配制	吸附尾液	
四	解毒		
1	解毒剂用量	0.5Vr	
2	解毒剂组成	水与工业双氧水体积比=100: 2, 加盐酸调节 pH 至 2.0	
3	浸泡时间	≥12h	
五	反冲		
1	反冲水用量	1.5Vr	
2	反冲水组成	吸附尾液	
3	反冲空塔线速度	(8~10) m/h	
六	合格液酸化		
1	合格液酸化终点 pH 值	~4.5	
2	工业盐酸消耗量	5 t/t U	
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	
4	沉淀剂用量	1.0 t/t U	
5	沉淀反应时间	90min	
6	沉淀终点 pH	13	
7	老化时间	24h	
8	洗水用量	1 倍滤饼重量	
9	产品含水率	≤30%	
10	产品铀含量	***	
11	金属总回收率	***	

3.6.2.3 主要工艺设备

本项目浸出液处理主要工艺设备见表 3.6-4。

表 3.6-4 浸出液处理主要工艺设备

序号	设备名称	主要技术（性能）指标或规格要求	数量	单位	备注
1	吸附塔	DN3000×17000	40	台	密实移动床，溢流液塔盘区配套密封装置
2	淋洗转型塔	DN3600×9000	30	台	固定床
3	淋洗剂贮罐	DN3600×8700	6	台	
4	离心泵	Q=8.8~12.5m ³ /h H=52~50m	6	台	变频电机
5	转型剂贮罐	DN3600×8700	6	台	
6	离心泵	Q=8.8~12.5m ³ /h H=52~50m	6	台	变频电机
7	盐酸计量罐	DN1000×1500	1	台	解药用
8	双氧水计量罐	DN1000×1500	1	台	解药用
9	解毒剂配制罐	DN3600×4500	2	台	变频电机，防爆电机
10	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34~24m	2	台	防爆电机
11	解毒剂贮罐	DN3600×8700	2	台	
12	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34~24m	2	台	
13	解毒尾液贮罐	DN3600×8700	2	台	
14	耐腐蚀耐磨料浆泵	Q=90~100m ³ /h H=36~40m	2	台	
15	淋洗合格液贮罐	DN3600×8700	10	台	
16	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34-24m	2	台	
17	沉淀母液贮罐	DN3600×8700	4	台	
18	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34~24m	3	台	
19	吸附尾液贮罐	DN3600×8700	2	台	
20	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=52-42m	3	台	变频电机
21	盐酸计量罐	DN1000×1500	2	台	酸化用
22	合格液酸化罐	DN3600×4500	14	台	变频电机
23	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34~24m	2	台	

序号	设备名称	主要技术（性能）指标或规格要求	数量	单位	备注
24	沉淀搅拌罐	DN3600×4500	6	台	变频电机
25	耐腐蚀耐磨料浆泵	Q=80~100m ³ /h H=50~40m	4	台	
26	缓冲槽	DN2500×2500	1	台	
27	耐腐蚀耐磨料浆泵	Q=40~45m ³ /h H=32~35m	2	台	
28	转型尾液贮罐	DN3600×8700	2	台	
29	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34~24m	3	台	
30	饱和树脂转运罐	DN3000×1500	5	台	
31	贫树脂转运罐	DN3000×1500	5	台	
32	事故槽	DN3600×4500	2	台	
33	离心泵	Q=70~130m ³ /h H=34~24m	4	台	
34	树脂暂存槽	DN3600×4500	1	台	事故树脂贮罐
35	隔膜泵	Q=16~20m ³ /h H=30m	2	台	
36	电动葫芦	Q=2t H=12.5m	2	台	
37	剪叉式高空作业平台		1	台	
38	厢式隔膜压滤机	F=150m ²	4	台	
39	沉降分离罐	DN3600（DN2800）	12	台	
40	耐腐蚀耐磨料浆泵	Q=50~60m ³ /h H=60~50m	6	台	
41	液下泵	Q=8~10m ³ /h H=22m	4	台	
42	分析设备, 主要包含:		1	套	
	通风柜	1200×750×2350mm	1	台	
	中央实验台	2400×1500×800mm	1	台	附双龙头洗涤盆
	100g 电子天平	0.1g	1	台	
	500g 电子天平	0.1g	1	台	
	分光光度计		1	台	

3.7 主要技术方案

3.7.1 钻孔工程

1) 钻孔布置

本工程为原地浸出采铀工程，矿体浸出是通过按一定间距排列、布置的钻孔来实现的。钻孔既是溶液进出矿层、实现铀原地浸出的通道，也是监测和控制浸出状态的必要途径，同时还具有探矿和开拓矿体的作用。直接参与浸出作业的工艺钻孔有两类，即抽出井和注入井。在项目基建期，首先进行首采段中各分采区生产钻孔的施工，钻孔施工完毕后开始正式投入生产。在首采段正常生产的同时，为了保持后续生产的持续开展，每年继续施工一定数量的生产钻孔，并根据采区生产能力和生产钻孔浸出液的浓度水平，不断地停产一批生产钻孔，同时投入备采段的部分生产钻孔，如此循环，直至整个开采范围内的矿体开发完毕。

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

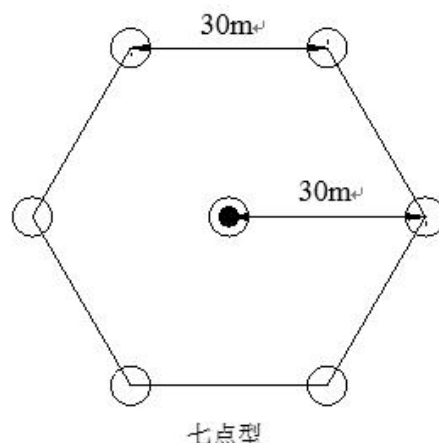


图 3.7-1 抽液单元钻孔平面布置图

2) 钻孔工程量

本项目布置 63 个分采区，其中首采区布置 18 个分采区，备采区布置 45 个分采区。本项目共布置生产钻孔 8604 个。其中，抽出井 2298 个，注入井 6134 个，监测井 172 个。其中，首采区共布置钻孔 1675 个，其中抽出井 498 个，注入井 1134 个，监测井 43 个。

生产钻孔和含矿含水层监测井的平均孔深均为 410m，上含水层监测井平均孔深 285m，下含水层监测井的平均孔深为 500m。

3) 钻孔结构

结合矿床的现场地质及水文地质条件，纳岭沟铀矿床采用“数字建井”工艺。“数字建井”技术是指构建精准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，进行空压机洗井作业。

3.7.2 井场管网布置

1) 井场工艺管网

为便于生产管理，把一定数量的抽出井和注入井组成一个采区，进行集中计量和控制。井场注液总管、集液总管，管径根据采区数量（兼顾后续开拓采区）进行管径选择，主要型号以 DN400、DN500、DN600 为主。集液主管流量约 $250\text{m}^3/\text{h}$ ，管径按照 DN250 设计。井场管网均选用钢骨架聚乙烯塑

料复合管，耐压等级根据采区位置选型，分为 PN10、PN16 两种压力等级，管道、管件等均采用电熔连接。

井场首采区共布置 18 个采区，结合本阶段采区布置以及后期生产中新采区的开拓，其溶液将并入集注液系统，综合考虑本项目共设置 6 条注液总管和 6 条集液总管。

由于区内地形特殊，沟谷纵横交错，在进行管道布置时，考虑少跨深沟、少设桁架，集注液总管和主管主要集中布置在南北向深沟的东侧。

C2、C6、C7、C8、C9、C10、C11、C12 等 8 个采区位于南北向深沟的西侧，共设有两条 DN600 注液管和两条 DN600 集液管需设置桁架跨越南北向深沟，桁架长度约 30m，宽度约 5m。C9、C10、C11、C12 等采区位于东西向深沟的南侧，设有一条 DN600 注液管和一条 DN600 集液管需设置桁架跨越东西向深沟，桁架长度约 50m，宽度约 3m。

2) 管道桁架和事故贮池

管道横跨深沟的位置设置管道桁架，目前共设置 2 座管道桁架，其中一座管道桁架长度约 30m，宽度约 5m；一座长度约 50m，宽度约 3m；每座管道桁架附近同时设置事故贮池，用于事故放空使用。单座事故贮池为 9.9m×9.9m×3.5m 的地下钢筋混凝土池，容积为 343m³，底板及壁板均为 0.3mm 厚，池内表面衬环氧玻璃钢防渗，池外表面刷防水砂浆。

3.7.3 溶浸范围的控制

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

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

1) 科学设置生产钻孔

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，同时持续进行监测井监测工作，保持监测井水质维持在正常水平，一旦出现异常，及时通过调节区域井孔抽大于注水平来实现浸出液的控制。

3) 严格施工，确保质量

在钻孔施工过程中，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 172 个。其中，首采区设置监测井 43 个，含矿含水层 22 个，上含水层 18 个，下含水层 3 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、 $U_{\text{天然}}$ 、Cl 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 90m，侧向 120m，下游 150m)，围绕采区边界一周布置 21 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 18 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，因此采区内部下含水层分散布置 3 个监测井。

3.8 主要设施

1) 集液池

集液池规格为 58m×24m×3.0m（深），地上布置，内设置分隔，各分隔串联运行，集液池池顶设置封闭顶棚，顶棚上部设有自然常压排气孔，排气孔内径为 0.5m。

2) 浸出液处理厂房

浸出液处理厂房生产类别为丁类，新建，厂房长×宽为 186.0m×68.0m。厂房内主要布置吸附塔区、淋洗塔区、贮罐区、酸化区、试剂配制、产品过滤包装区，同时布置空压机房、化工原料库、产品库、配电室、通风机房、厂房控制室等。

其中，吸附塔区厂房高 19.0m，产品过滤包装区厂房高 17.0m，其余区域厂房高 12.5m。吸附塔区设标高 7.500m、12.500m、16.000m 平面；产品过滤包装区设标高 5.5m、9.0m、12.5m 平面；化工原料库、空压机房区、贮罐区、淋洗塔区设标高 7.500m 平面；其余区域根据操作要求，设操作平台。

3) 蒸发池

本项目新建 5 座蒸发池，净蒸发面积 78000m²。蒸发池深 1.8m，有效池深 1.3m，采用梯形断面，边坡 1 : 1.5，池间距 2m，并在蒸发池周围修建围堤，堤顶高出地面不小于 0.5m。

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，护砌厚度 115mm，土工膜四周应固定在粘土锚固槽中。蒸发

池通过分配管道和阀门控制进入蒸发池废水量，蒸发池之间设连通管。

蒸发池西侧迎风面设置挡沙墙，挡风墙采用砖砌结构，墙高 2.5m，长约 200m。此外，蒸发池设置渗漏检测装置，并在四周各布设 1 个地下水监测井。

3.9 生产辅助及仓储设施

本项目的生产辅助及仓储设施主要包括试剂集中配制设施、分析检测中心、化工原料库、产品库、生产资料库、固体废物库、盐酸库、双氧水库、柴油库等。

1) 试剂集中配制设施：生产类别为戊类，新建，包含试剂配制间和室外贮池（含泵房），主要用于生产中氯化钠、碳酸氢钠、碳酸钠、氢氧化钠溶液的配制。试剂配制间长 54m，宽 27m，单层，层高 6m，标高-3.200m 平面布置氯化钠、碳酸氢钠、碳酸钠、氢氧化钠的配制槽；室外贮池（含泵房）为地上布置，并设顶棚，其中碳酸氢钠贮池 25m×27m×3m、碳酸钠贮池 25m×17m×3m、氯化钠贮池 25m×10m×3m。

2) 分析检测中心：生产类别为戊类，新建，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。

3) 化工原料库：生产类别为丁类，与浸出液处理厂房合建，其长×宽为 90m×18m，主要用于贮存生产中需要的碳酸氢钠、氯化钠、氢氧化钠、碳酸钠等化工原料。

4) 产品库：生产类别为戊类，与浸出液处理厂房合建，其长×宽为 72m×18m，主要贮存产品和包装桶。

5) 生产资料库：生产类别为戊类，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。

6) 固体废物库：生产类别为戊类，长×宽为 36m×12m，单层，层净高 4.5m，主要存放废旧滤布、更换的管件管道等。固体废物库设顶棚和 2m 高围墙。

7) 盐酸库：生产类别戊类，露天布置，长 27.5m，宽 13m，四周设 1m 高围堰。盐酸库内设 5 个容积约 70m³ 的卧式贮罐和配套卸酸设备，其中 1 台为事故备用罐。

8) 双氧水库：生产类别为甲类，双氧水罐区长 15m，宽 13m，设 1.0m 高围堰，上方设顶棚，净高为 5.5m，设 3 个容积约 20m³ 的卧式贮罐，其中 1 台为事故备用罐；双氧水罐区和泵房分开布置，双氧水泵房长 7m，宽 4.5m，净高为 3m，泵房内布置双氧水卸料和输送泵。

9) 柴油库：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，生产类别为丙 A 类，主要贮存柴油发电机运行所需的柴油。柴油罐采用双层罐，埋地布置 2 台卧式油罐，油罐区地表设围堰；自吸式油泵布置在柴油发电机房的储油间。

3.10 公用工程

3.10.1 给排水设施

1) 给水设施

(1) 供水水源

本项目用水主要为工艺生产用水、职工生活用水、职工食堂用水、淋浴用水、洗衣房用水以及未预见水量。最高日用水量约 85.95m³/d，其中水冶厂用水量 39.75m³/d，现场办公及倒班宿舍区用水量 46.20m³/d。

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

(2) 给水系统

水冶厂及现场办公及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，经气压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

本项目排水系统为雨污分流制，生活污水、生产废水和雨水各自独立排放。

(1) 雨水

水冶厂、现场办公及倒班宿舍区分别设置雨水管网，雨水经雨水口收集至雨水管网后排至厂区外。

(2) 放射性排水

放射性排水主要为工艺生产废水，废水量为 $398.44\text{m}^3/\text{d}$ ，经收集后排入蒸发池，自然蒸发。

(3) 非放射性排水

非放射性排水主要为水冶厂及现场办公及倒班宿舍区的生活污水，污水总量约 $54.14\text{m}^3/\text{d}$ ，其中水冶厂污水量 $12.56\text{m}^3/\text{d}$ ，现场办公及倒班宿舍区污水量 $41.58\text{m}^3/\text{d}$ 。因生产区、现场办公及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。

3.10.2 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，需自建能源站，经综合考虑国家大气污染防治政策、结合本项目总图布局及不同区域冷、热需求特点，拟在生产区和现场办公及倒班宿舍区分别设置能源站。

其中，水冶厂总热负荷约为 3564.5kW ，设 8 套低温 (-12°C) 时制热量为 500kW 的螺杆式超低环温空气源热泵模块机组以及 1 台额定供热量为 1.4MW 的电极式热水锅炉，主要为水冶厂建筑冬季提供 $45/40^\circ\text{C}$ 的采暖热媒和冬季热风加热用热。

现场办公及倒班宿舍区总热负荷约为 276kW ，总冷负荷约为 221.5kW 。设 2 套低温 (-12°C) 时制热量为 141.5kW 、制冷量为 132.2kW 的风冷热泵模块机组，主要为现场办公及倒班宿舍区建筑冬季提供 $45/40^\circ\text{C}$ 的热媒、夏季提供 $7/12^\circ\text{C}$ 的冷媒。

2) 通风工程

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

对产生腐蚀性气体、余热、余湿的封闭场所，当不能采用局部通风，或采用局部通风后达不到卫生标准要求时，设全面通风系统，浸出液处理厂房总排风量为 $487600\text{m}^3/\text{h}$ ；采取通风措施后，由高出周围 50m 内最高建筑物屋脊 3m 的排气筒排至大气扩散稀释，其余厂房一般直排室外大气扩散。

3.10.3 供配电工程

1) 电源

根据地浸生产的特点，集液泵、配液泵和井场抽液泵，浸出液处理厂房内空压机、照明、供热装置等以及生产和生活水源、生产辅助设施内的电锅炉及配套用电设备，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。

本项目拟从塔然高勒煤矿 110kV 变电站的不同 35kV 母线段引接两回 35kV 线路，每回架线距离约 13km。另外，本项目设一柴油发电机房，内设 2 × 1280kW 10kV 柴油发电机组，作为本项目的应急电源，应急电源与工作电源采取防止并列运行措施。

2) 供电系统

本项目在厂区内设置一座 35kV 全户内变电站，35kV 采用单母线分段接线，内设两台 16000kVA 35/10kV 变压器，10kV 采用单母线分段接线，采用放射、树干等方式向厂区内各设施供电。

3.10.4 自动化监测与控制工程

本项目设置电话通信系统、数据网络系统、有线电视系统、安全防范系统、网络化电视监控系统、火灾自动报警系统。此外，本项目全面考虑自动化控制，设置 DCS 系统，以自动化、信息化、网络化、智能化为基础，实现作业自动化、信息数字化、数据集成化、传输网络化、管控智能化、决策科学化。在生产现场以少人化为原则，全面提高自动化、数字化、智能化建设水平，本项目在位于呼和浩特市的中核内蒙古矿业总部设置远程控制中心，现场只需留有应急处理和维修保障人员。呼和浩特市的远程控制中心具备数据分析、视频监控、远程操控的功能，可远程实现对纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程的管理；从而打破传统地浸铀矿山运行模式，打造以人为本的新型绿色智能化矿山，创建新型铀地浸矿山模式。项目建成后，水冶主工艺实现自动计量、监测、报警和联锁控制。

3.10.5 总图运输工程

1) 运输方式

本项目原辅材料运输方式采用汽车运输。

2) 运输道路

厂内道路采用中（细）粒式沥青混凝土路面结构：中（细）粒式沥青混凝土面层厚 5cm、路拱横坡 2%，石灰粉粉煤灰碎砾石基层厚 20cm，立道牙，采用棋盘型布置方式，主干道路面宽度为 6m、次干道路面宽度为 4m，道路转弯半径不小于 9m。

厂外道路采用四级道路标准，路面型式采用中（细）粒式沥青混凝土面层厚 5cm、石灰粉粉煤灰碎砾石基层厚 25cm，级配碎石底基层厚 15cm，天然砂砾垫层厚 15cm。厂外道路长约 1.65km。

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、铲车 1 辆、产品车 2 辆、地中衡 1 台。

3.10.6 绿化

为美化环境、减轻污染、改善局部环境质量，项目新增绿化面积约 25650m²。

3.11 主要原辅材料来源、消耗

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

本项目主要原辅材料及工艺动力消耗分别见表 3.11-1。

表 3.11-1 主要原辅材料消耗表

序号	名称	规格	单位	年用量
1	盐酸（工业级）	30%	t/a	5330
2	氢氧化钠	99%	t/a	200
3	碳酸氢钠	99%	t/a	2683
4	液态氧	—	t/a	12000
5	液态二氧化碳	—	t/a	8000
6	树脂	D261	t/a	50
7	氯化钠	96%	t/a	5292

3.12 运行期污染物产生及处理

3.12.1 含放射性核素的污染物

3.12.1.1 气载流出物

本项目气载流出物主要来自集液池、浸出液处理厂房和蒸发池。

1) 集液池

集液池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，经管道集中于集液池时， ^{222}Rn 气体通过集液池排气孔自由释放于大气。

根据通辽钱 II 块地浸采铀工程集液池（封闭结构）排气孔 ^{222}Rn 浓度监测结果，其 ^{222}Rn 浓度为 $27964\sim 69358\text{Bq/m}^3$ ，保守考虑， ^{222}Rn 浓度取 69358Bq/m^3 。根据本项目浸出液抽出量，排气孔流量为 $1.11\text{m}^3/\text{s}$ ，本项目生产过程中集液池 ^{222}Rn 量排放为 $2.43\times 10^{12}\text{Bq/a}$ 。

2) 浸出液处理厂房

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

经实测，纳岭沟扩大试验浸出液处理厂房内氡浓度为 $68.8\sim 113.0\text{Bq/m}^3$ ，保守取 113.0Bq/m^3 ，本项目浸出液处理厂房总排风量为 $487600\text{m}^3/\text{h}$ ，则浸出液处理厂房氡气释放量约为 $4.83\times 10^{11}\text{Bq/a}$ 。

3) 蒸发池

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 ，生产期间，蒸发池中 ^{222}Rn 释放主要来自生产废水蒸发时水中吸附的 ^{222}Rn 的释放。

类比通辽钱 II 块地浸采铀工程蒸发池氡析出率监测结果，蒸发池水面氡析出率为 $0.035\sim 0.060\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$ ，保守取 $0.060\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$ ，本项目蒸发池蒸发面积为 78000m^2 ，则本项目蒸发池释放的 ^{222}Rn 量为 $1.48\times 10^{11}\text{Bq/a}$ 。

3.12.1.2 液态流出物

1) 工艺废水

本项目工艺废水主要包括反冲废水、解毒尾液、转型尾液和沉淀母液，产生量为 398.44m³/d（详见图 3.12-1），该废水不外排，全部排入蒸发池处理。

（1）反冲废水

本项目大部分吸附尾液 99906.18m³/d（约 99.7%）经过滤后返回配液池配置浸出剂，剩余吸附尾液回用于转型剂配置、过滤器反冲洗和树脂反冲洗，在反冲洗过程中产生反冲废水。其中，过滤器反冲废水产生量 158.74m³/d，饱和树脂反冲废水产生量约 37.44m³/d，贫树脂反冲废水产生量约 56.15m³/d，合计 252.33m³/d，均排入蒸发池。

（2）解毒尾液、转型尾液

本项目对贫树脂进行解毒工序中产生解毒尾液，产生量为 18.72m³/d，解毒后的贫树脂经反冲洗后进行树脂转型，该工序产生转型尾液 93.59m³/d，解毒尾液和转型尾液均排入蒸发池。

（3）沉淀母液

本项目在沉降、压滤工序会产生沉淀母液，产生量为 101.62m³/d，其中，81.42m³/d 回用配置淋洗剂，剩余 33.80m³/d 排入蒸发池。

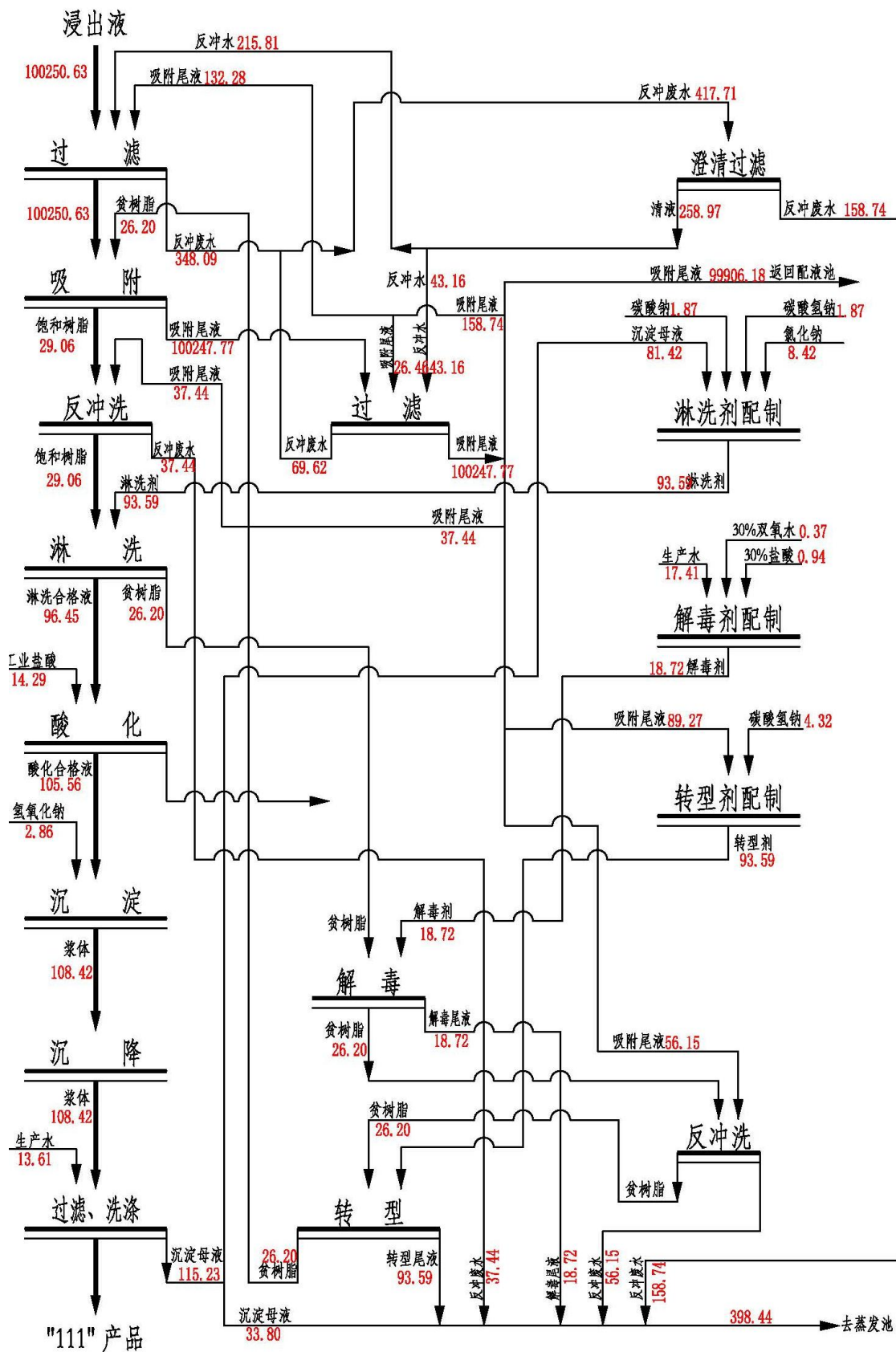


图 3.12-1 本项目物料平衡图 (t/d)

本项目新建 5 座蒸发池,净蒸发面积 78000m²,净深 1.8m,有效池深 1.3m,留有 0.5m 裕度,防止溶液外溢,蒸发池周围修建围堤,堤顶高出地面不小于 0.5m。

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,护砌厚度 115mm。此外,蒸发池西侧迎风面设置挡沙墙,挡风墙采用砖砌结构,墙高 2.5m,长约 200m。此外,蒸发池设置渗漏检测装置,并在四周各布设 1 个地下水监测井。

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。

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

在采取了有效的措施后,浸出液的流散可得到有效的控制。

3) 洗井废水

生产过程中,钻孔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,因此需要对钻孔采取反复的机械洗井工作,会产生一定的洗井废水。

洗井废水采用移动式环保洗井工作站处理,该洗井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）、洗井孔口装置等。其工作原理是在钻孔洗井过程中，将洗井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，洗井时，洗井废水全部进入储液罐用货车拉至集液池，然后澄清，澄清液回收至集液池进行处理，废渣倒入蒸发池集中处理。钻孔洗井抽液能力为 5~8m³/h，洗井车能保证 1 小时以上的洗井废水储存能力，钻孔洗井采用间歇式洗井，一般连续洗井 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) 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，化学分析实验过程会产生少量废水，产生量约 3m³/d，经收集后排入蒸发池，自然蒸发。

3.12.1.3 含放射性核素的固体废物

本项目运行期产生的含放射性核素的固体废物主要是蒸发池残渣、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，蒸发池池底面积为 78000m²，则回填土量为 39000m³，残渣比重按 1.5t/m³ 计，计算得到残渣质量约为 58500t；二是浸出液处理残渣和洗井废渣，产生量约为 1.5t/a，生产期合计渣量为 18t。

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，估算了生产结束后蒸发池中残渣的 $U_{\text{天然}}$ 的总活度，计算方法如下：

$$Q = W \times C_w \times 25.2 \times 1000 \quad (\text{式 3.12-1})$$

式中：

Q ——生产期间遗留在蒸发池底的 $U_{\text{天然}}$ 总活度, Bq;

W ——生产期间蒸发的总水量, m^3 , 本项目为 $398.44 \times 350 \times 15 = 209180m^3$;

C_w ——蒸发废水中 $U_{\text{天然}}$ 的浓度, mg/L, 取 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, 本项目蒸发池生产结束后残渣中 $U_{\text{天然}}$ 的总活度为 $2.63 \times 10^{10}Bq$ 。

(2) 浸出液处理残渣和洗井废渣

浸出液处理残渣和洗井废渣产生量为 18t, 将其送至指定蒸发池内集中堆放。其 $U_{\text{天然}}$ 比活度按照纳岭沟含矿层平均品位计算, 浸出液处理残渣和洗井废渣产生的 $U_{\text{天然}}$ 总活度为 4.13×10^8Bq 。

综上所述, 生产结束后蒸发池中 $U_{\text{天然}}$ 放射性总活度为 $2.67 \times 10^{10}Bq$, 放射性固废废物量约为 58518t。

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 $U_{\text{天然}}$ 的比活度为 456Bq/kg, 换算为质量浓度, 约为 18mg ($U_{\text{天然}}$)/kg (土壤), 相当于铀矿冶行业表外废石中的铀含量水平, 可见放射性水平并不高, 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等。

2) 钻井泥浆

本项目运行期备采区生产井的施工过程中会产生一定量的钻井泥浆, 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, 平均单个钻孔产生钻井泥浆量约 $10m^3$, 则本项目运行期备采区钻孔 (6929 个) 产生的钻井泥浆总量约 $69290m^3$, 其 $U_{\text{天然}}$ 含量按照含矿层平均品位估算为 7.74mg/kg, 统一运至泥饼池进行集中处理, 然后覆土植草, 恢复地貌。

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, 分析测试中心会产生少量的废旧试剂瓶, 产生量合计约 4t/a。对于产生的废旧管道、阀门、水泵、过滤器等, 经简单去污后暂存于固体废物贮存库, 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；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极少，按实验室管理要求进行清洗后，作为一般固体废物处置。

3.12.2 非放射性污染物

3.12.2.1 非放射性废气

本项目浸出液处理厂房在酸化、沉淀工序以及盐酸库会产生 HCl 气体。

其中，酸化、沉淀工序盐酸全部密闭在罐体和管线中，且为保持盐酸管道的密闭性，管线上设流量计，确保物料始终处于安全控制中。另外，装置设备管线连接处采用密封垫片，以减少 HCl 的无组织排放。总体来看，厂房中的 HCl 气体排放量较小。

盐酸库 HCl 气体主要来源于盐酸库储罐的呼吸排放和物料装卸过程中的少量泄漏。储罐呼吸排放是由于温度和大气压力变化引起蒸汽的膨胀和收缩而产生的废气，是非人为干扰的自然排放方式。

本项目盐酸库放置的盐酸储罐为常规固定顶罐，罐区 HCl 的排放采用固定顶罐呼吸排放量算法，其排放量包括固定顶罐的呼吸排放量和工作损失的排放量两部分，估算公式分别见公式 3.12-2、3.12-3 和 3.12-4。

1) 固定顶罐呼吸排放量

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

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；

P—在大量液体状态下，真实的蒸汽压力，Pa；

D—罐的直径，m；

H—平均蒸气空间高度，m；

ΔT —一天之内的平均温度差， $^{\circ}\text{C}$ ；

FP—涂层因子，无量纲，根据油漆状况取值在 1~1.5 之间；

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 $C=1$ ；

KC —产品因子，石油原油 KC 取 0.65，其他有机液体取 1.0。

2) 工作损失排放量

$$LW = 4.188 \times 10^{-7} \times M \times P \times KN \times KC \quad (\text{式 3.12-3})$$

式中： LW —固定顶罐的工作损失， kg/m^3 投入量；

M —储罐内蒸气的分子量；

P —在大量液体状态下，真实的蒸汽压力，Pa；

KC —产品因子，取 1.0；

KN —周转因子，无量纲，取值按年倒罐次数 K 确定： $K \leq 36$ ， $KN=1$ ； $36 < K \leq 220$ ， $KN=11.467 \times K^{-0.7026}$ ； $K > 220$ ， $KN=0.26$ 。

$$\text{工作损失无组织排放量} = LW \times \text{投入量} \div \text{相对密度} \quad (\text{式 3.12-4})$$

本项目使用规格为 70m^3 的盐酸储罐 5 台（4 用 1 备），常温常压储存。经计算，4 个盐酸储罐总呼吸排放量 0.0011kg/h ；工作损失排放量为 0.0042kg/h ；两种方式排放量合计为 0.0053kg/h 。具体参数见表 3.12-1。

表 3.12-1 盐酸储罐呼吸排放估算参数

参数	M	P	D	H	ΔT	FP	C	KC	倒罐次数	KN	投入量 t/a	密度 g/cm^3
取值	36.5	1000	3	0.3	13	1.25	0.5572	1	20×4	0.53	5330	1.16

3) 排气量

本项目单个盐酸储罐容量为 70m^3 ，运行期盐酸储罐的最低液位不低于 0.2m ，储存量不高于储罐容积的 90%，当向储罐补充盐酸时补充速率为 $60\text{m}^3/\text{h}$ 。在盐酸液体补充过程中，盐酸罐内的气体经排气孔排出，其排气量与液体补充速率一致，为 $60\text{m}^3/\text{h}$ 。

3.12.2.2 非放射性废水

本项目非放射性废水主要为水冶厂及现场办公及倒班宿舍区的生活污水，污水总量约 $54.14\text{m}^3/\text{d}$ ，其中水冶厂污水量 $12.56\text{m}^3/\text{d}$ ，现场办公及倒班宿舍区污水量 $41.58\text{m}^3/\text{d}$ 。废水中的主要污染物为氨氮及 BOD_5 等。

因水冶厂、现场办公及倒班宿舍区距离较远，本项目拟在水冶厂区和现场办公及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 A/O 法，该套设施包括调节池、厌氧酸化池、好氧池和沉淀池。首先，调节池内设置提升泵，将污水提升到厌氧酸化池，于池内厌氧酸化处理 3h 以上，然后自流到好氧池，然后利用离心式潜水泵曝气设备作好氧处理，曝气时间大于 4.5h，污水最终自流到沉淀池。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。

3.12.2.3 非放射性固体废物

本项目非放射性固体废物为工作人员日常生活产生的生活垃圾。本项目劳动定员 150 人，按每人 0.8kg/d 定额估算，则生活垃圾产生量约为 42t/a，生活垃圾集中存放指定地点，由环卫部门定期运输处理。

3.12.2.4 噪声

本项目噪声源主要为水冶厂的泵类、风机等，单机噪声源强均 $\leq 100\text{dB}$ （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 $\leq 60\text{dB}$ （A），夜间 $\leq 50\text{dB}$ （A）。

3.12.3 归一化排放量相符性分析

经计算，本项目放射性流出物 ^{222}Rn 归一化排放量为 $3.06 \times 10^{11}\text{Bq}/100\text{t}(\text{U})$ ，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。

3.13 废物最小化

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

1) 采用了先进的 $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ 中性浸出工艺，对非铀物质的浸出率极小，因此工艺本身对于地下水的干扰和影响程度较小。

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

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

4) 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。

5) 生产区及灌区地面全部水泥硬化，盐酸库区四周设导流沟和1m高围堰，地表各种钢筋混凝土池体内部均内衬玻璃钢防腐面，防止料液泄漏入渗地下水。

6) 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。

7) 加强生产管理、设备管理和安全操作，预防污染。

4 环境质量状况

4.1 本底数据

4.1.1 区域天然放射性本底

根据《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护总局，2015年），鄂尔多斯及内蒙古自治区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	鄂尔多斯	29.3~59.6	43.2
2	内蒙古自治区地区	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	全内蒙古自治区河流	0.06~13.35 μg/L	<0.94~77.40 mBq/L
地下水	内蒙古自治区地区	0.38~101.6 μg/L	1.55~203.9 mBq/L
土壤、底泥	内蒙古自治区地区	4.50~87.26 Bq/kg	7.00~88.32 Bq/kg

另外，根据《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，2015年），全国室外氡平均浓度变化范围为 3.3~40.8Bq/m³，氡子体浓度范围为 1.5~11.4nJ/m³。

4.1.2 建矿前本底

根据《鄂尔多斯纳岭沟铀矿床地浸采铀试验环境影响报告书》（2012年8月），纳岭沟矿床建矿前γ辐射空气吸收剂量率、氡浓度及土壤的本底监测数据见表 4.1-3，地下水建矿前本底详见 4.4 节表 4.4-5。

表 4.1-3 建矿前本底数据汇总表

序号	监测项目		范围值
1	γ辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		72.2~123.9
2	空气	氡浓度 (Bq/m ³)	19.8~31.6
3	土壤	²³⁸ U (mg/kg)	0.832~2.890
		²²⁶ Ra (Bq/kg)	6.47~17.60

4.2 监测目的

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

4.3 监测方案

4.3.1 监测内容

本项目监测由核工业二〇八大队分析测试中心进行，共计开展了两次监测。第一次监测时间为2022年5月12日~5月14日，第二次监测时间为2022年8月25日~8月27日。核工业二〇八大队分析测试中心具有“检验检测机构资质认定证书”，其CMA证书编号为220021181393，有效期至2028年2月24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：氡及其氡子体浓度、TSP、HCl；
- 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 、 ^{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、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} ；

本项目周边环境监测方案见表4.3-1，监测布点图见图4.3-1。

表 4.3-1 纳岭沟周边环境监测方案

介质	监测项目	监测位置	监测频次及要求
空气	氡及其子体	①井场、拟建场址各布置 1 个监测点位； ②贺家、韩家、余家、纳岭沟 1#、纳岭沟 2#、掌盖塔、补录梁、点不池沟、库计沟三社各布置 1 个监测点； ③对照点：郭家渠。	连续监测 3 天，每天 1 次。 其中，贺家和韩家为每日 24h，连续监测 3 天。
	TSP	①井场、拟建场址处各布置 1 个监测点位； ②贺家、韩家各布置 1 个监测点。	连续监测 3 天，每天 1 次。
氡析出率		首采区井场、拟建场址布置 1 个监测点位。	连续监测 3 天，每天 1 次。
γ辐射空气吸收剂量率		同氡监测点位。	监测 1 次
地下水	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po、pH、K ⁺ 、Na ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、HCO ₃ ⁻ 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、氨氮、NO ₃ ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、As、Hg、Cr ⁶⁺ 、Zn、Cu、Pb、Cd、Mn、Mo、总溶解性固体、总硬度、F ⁻ 、COD _{Mn}	①潜水含水层：贺家、李家、余家、韩家、补录梁、点不池沟、河洛图（对照点）各布设 1 个监测点； ②含矿含水层：WN1、WN2、WN3、HKZ4、HKZ5 各布设 1 个监测点位。	监测 1 次
土壤	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、pH、As、Cd、Hg、Pb、Cr、Cr ⁶⁺ 、Zn、Ni、Cu	①井场、拟建场址各布置 1 个监测点位； ②贺家布置 1 个监测点； ③对照点：郭家渠。	每个监测点取 1 个混合样。
生物	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po	①井场布置 1 个监测点位； ②贺家布置 1 个监测点； ③对照点：郭家渠。	牧草
噪声	等效声级 L _{Aeq}	①拟建场址处布置 1 个监测点位； ②贺家布置 1 个监测点位。	连续监测 2 天，每日昼夜各 1 次。

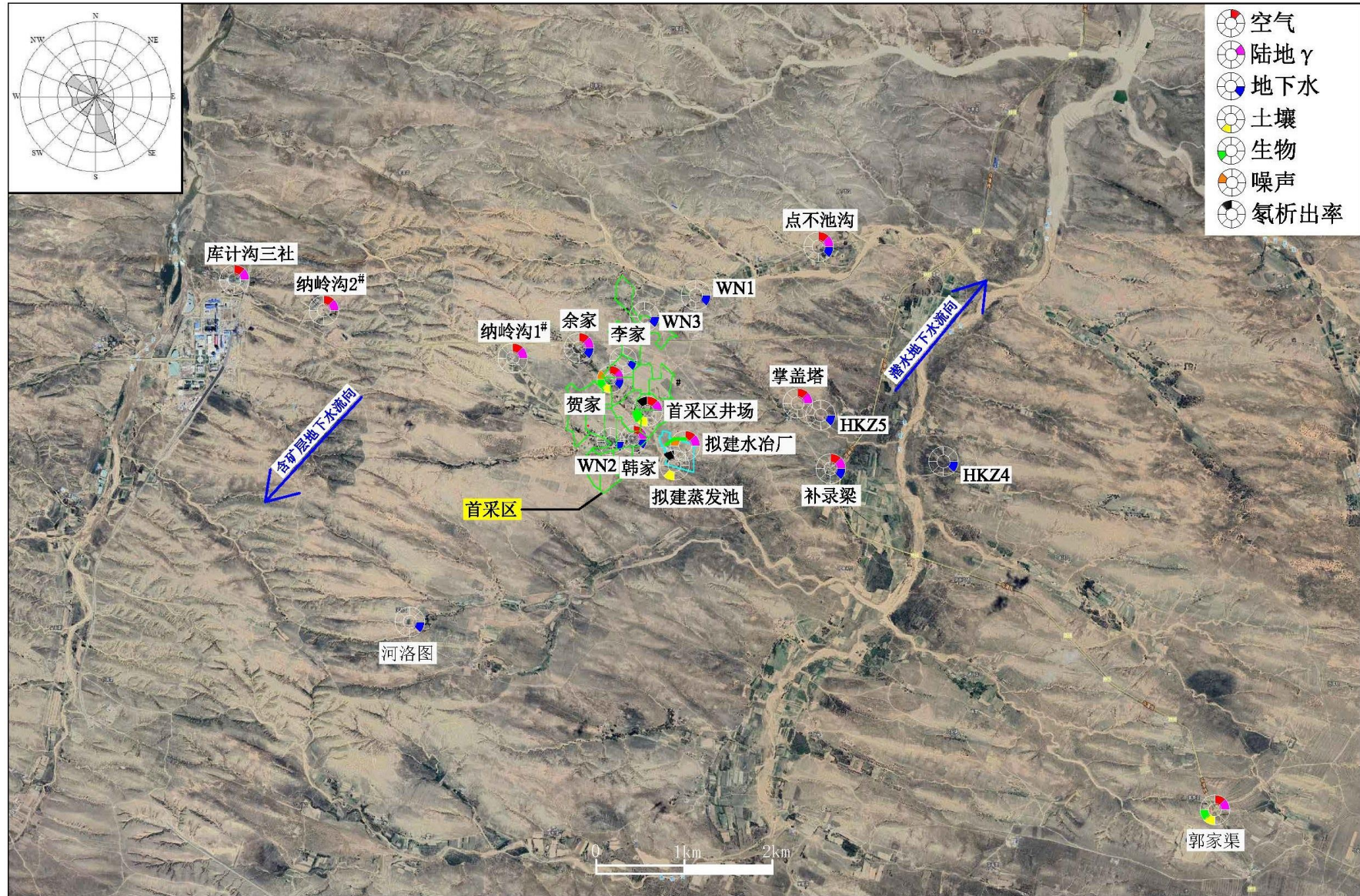


图4.3-1 现状监测布点图

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 4.3-2。

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、核查核对比分析记录、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

监测对象	监测项目	分析方法	监测分析仪器	检测下限	监测标准名称
环境空气	²²² Rn 及子体	双滤膜法及三段法	RAD7	²²² Rn : 3.30 Bq/m ³ 子体: 10nJ/m ³	HJ 1212-2021 《环境空气中氡的测量方法》
			ERS-RDM-2S/CV		
	TSP	重量法	ESJ120-4 电子天平	1.0 ug/m ³	GB/T15432-1995 环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法
环境贯穿辐射	γ辐射剂量率	直读	HD-2005 x-γ剂量率仪	10nGy/h	HJ 1157—2021 环境 γ 辐射剂量率测量技术规范
氡析出率		积累直读	RAD7+集氡罩	0.001Bq/m ² •S	GB 50325-2010 附录 E.
水质	U _{天然}	质谱法	电感耦合等离子体质谱仪	0.04ug/L	HJ 700-2014 水质 65 中元素的测定 电感耦合等离子质谱法
	²²⁶ Ra	射气法	HD-2012 镭氡分析仪	2m Bq/L	GB/T11214-1989 水中镭-226 的分析测定
	²¹⁰ Po	α能谱法	PAB-6000 低本底测量仪	1mBq/L	HJ813-2016 水中钋-210 的分析方法
	²¹⁰ Pb	β计数法	PAB-6000 低本底测量仪	10mBq/L	EJ/T859-1994 水中铅-210 的分析方法
	pH	玻璃电极法	PHS-3C 酸度计	/	DZ/T0064.5-2021 地下水水质检验方法标准
	As	原子荧光法	RGF-7800 原子荧光光度计	0.3ug/L	HJ 694-2014 水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法
	Zn	质谱法	NexION 2000 电感耦合等离子体质谱仪	0.10ug/L	HJ700-2014 水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子质谱法
	Pb	质谱法		0.05ug/L	
	Cd	质谱法		0.005ug/L	
	Mn	质谱法		0.01ug/L	
	Cu	质谱法		0.08ug/L	
	Mo	质谱法		0.001ug/L	
	Hg	原子荧光法	RGF-7800 原子荧光光度计	0.04ug/L	HJ694-2014 水质 汞、砷、硒、锑和铋的测定 原子荧光法
	Cr ⁶⁺	分光光度法	VIS-723N 可见分光光度计	4ug/L	GB/T 7467-1987 水质六价格的测定 二苯碳酰二肼分光光度法
HCO ₃ ⁻	容量法	滴定管	5mg/L	国家环境保护总局（2002）第四本 增补版《水和废水监测分析方法》第三篇，第一章，十二（一）碱度（总碱度、重碳酸盐和碳酸盐）的测定	

续表 4.3-2 环境监测方法和测量仪器

监测对象	监测项目	分析方法	监测分析仪器	检测下限	监测标准名称
水质	SO ₄ ²⁻	离子色谱法	CIC-D100 离子色谱仪	0.018mg/L	HJ84-2016 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
	Cl ⁻	离子色谱法		0.007mg/L	
	硝酸盐	离子色谱法		0.016mg/L	
	亚硝酸盐	离子色谱法		0.001mg/L	
	F ⁻	离子电极法	PXSJ-216F 离子计	0.006mg/L	GB/T 7484-1987 水质 氟化物的测定 离子选择电极法
	TDS	称量法	BS124S 电子天平	/	GB/T 5750.4-2006 8.1 生活饮用水标准检验方法 感
	总硬度	容量法	滴定管	1.0mg/L	GB/T 7477-1987 水质 钙和镁总量的测定 EDTA 滴定法
	氨氮	分光光度法	7UV-1201 紫外-分光光度计	0.016mg/L	HJ536-2009 水质 氨氮的测定 水杨酸分光光度法
	COD	容量法	滴定管	0.4mg/L	DZ/T0064.68-2021 地下水水质检验方法 酸性高锰酸钾法
土壤	U _{天然}	质谱法	NexION 2000 电感耦合等离子体质谱仪	0.003 ug/g	GB/T 14506.30-2010 硅酸盐岩石分析方法 第 30 部分: 44 个元素量测定
	²²⁶ Ra	能谱法	GEM-50-83 高纯锗伽马能谱仪	5.47 Bq/kg	GB/T 11743-2013 土壤中放射性核素 γ 能谱分析方法
	pH	玻璃电极法	PHS-25 酸度计	/	NV/T1121.2-2006 土壤 pH 值的测定
	As	原子荧光法	RGF-7800 原子荧光光度计	0.01mg/kg	HJ680-2013 土壤和沉积物 汞、砷、硒、铋、锑的测定
	Cd	质谱法	NexION 2000 电感耦合等离子体质谱仪	0.02ug/g	GB/T14506.30-2010 硅酸盐岩石化学分析方法 第 30 部分: 44 个元素量测定
	Hg	原子荧光法	RGF-7800 原子荧光光度计	2ng/g	HJ680-2013 土壤和沉积物 汞、砷、硒、铋、锑的测定
	Pb	质谱法	NexION 2000 电感耦合等离子体质谱仪	0.1ug/g	GB/T14506.30-2010 硅酸盐岩石化学分析方法第 30 部分: 44 个元素量测定
	Cr	质谱法		2ug/g	
	Zn	质谱法		2ug/g	
	Ni	质谱法		1ug/g	
Cu	质谱法	0.2ug/g			
生物	U _{天然}	质谱法	NexION 2000 电感耦合等离子体质谱仪	0.003 ug/g	GB/T 14506.30-2010 硅酸盐岩石分析方法 第 30 部分: 44 个元素量测定
	²²⁶ Ra	射气法	PC2100 镭氡分析仪	9.0*10 ⁻⁹ Bq/g	GB/T13073-2010 岩石样品 ²²⁶ Ra 的测定 射气法 (参考)
噪声	噪声	直读法	AWA6228+声级计	/	GB3096-2008 声环境质量标准 第 6 部分 环境噪声监测要求

4.4 调查结果与分析

4.4.1 环境空气

1) 氡及氡子体浓度

本项目环境空气中氡及氡子体浓度监测结果见表 4.4-1。

表 4.4-1 氡及氡子体浓度监测结果

序号	监测地点	氡浓度 (Bq/m ³)		氡子体浓度 (nJ/m ³)	
		第一次	第二次	第一次	第二次
1	井场	15.7~16.3	14.6~16.3	13~18	11~14
2	拟建水冶厂	17.7~18.9	16.8~17.3	11~16	10~13
3	贺家	11.1~12.7	10.1~10.6	12~18	10~18
4	余家	13.4~13.7	11.9~13.2	9~14	15~16
5	韩家	11.0~11.7	10.8~11.7	11~16	10~13
6	纳岭沟 1 [#]	11.9~14.6	12.1~12.5	13~17	9~16
7	纳岭沟 2 [#]	12.5~12.9	12.9~13.5	15~15	11~14
8	掌盖塔	11.8~12.8	12.3~13.1	9~17	11~17
9	补录梁	10.0~13.9	12.7~13.4	16~18	12~18
10	点不池沟	11.3~13.2	11.9~12.6	17~18	12~15
11	库计沟三社	11.8~13.4	9.5~10.6	12~17	9~13
12	郭家渠 (对照点)	12.1~12.7	12.4~13.1	11~17	10~18
建矿前本底数据		19.8~31.6		—	

由该表可知，项目所在位置及周边居民点的氡浓度为 9.5~18.9Bq/m³、氡子体为 9~18nJ/m³，与建矿前本底处于同一水平。

2) TSP、HCl 浓度

本项目周边环境空气中 TSP、HCL 浓度监测结果见表 4.4-2。由该表可知，项目场址及周边居民点的 TSP 浓度范围值为 19.86~65.04μg/m³，满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准限值要求；项目场址及周边居民点空气中 HCl 均低于检出限，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018) 中附录 D 要求。

表 4.4-2 空气中 TSP、HCl 浓度监测结果 单位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

监测点	TSP		HCl	
	第一次	第二次	第一次	第二次
井场	24.29~53.67	29.49~65.04	ND	ND
拟建水冶厂	27.35~50.68	37.52~60.57	ND	ND
贺家	23.45~31.42	19.86~62.19	ND	ND
韩家	32.93~53.04	43.55~63.68	ND	ND
《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 中二级标准	300		/	
《环境影响评价技术导则 大气 环境》(HJ 2.2-2018) 中附录 D	/		50	

4.4.2 天然贯穿辐射剂量率水平

本项目天然贯穿辐射剂量率监测结果见表 4.4-3。

表 4.4-3 天然贯穿辐射剂量率监测结果

编号	监测地点	监测结果 (nGy/h)	
		第一次	第二次
1	井场	105.8	104.2
2	拟建水冶厂	121.6	116.7
3	贺家	82.7	97.5
4	余家	98.7	91.7
5	韩家	111.4	116.7
6	纳岭沟 1#	94.2	100.0
7	纳岭沟 2#	101.7	111.7
8	掌盖塔	87.8	95.8
9	补录梁	89.4	101.7
10	点不池沟	86.9	99.2
11	库计沟三社	92.3	103.3
12	郭家渠 (对照点)	91.4	100.8
建矿前本底数据		72.2~130.9	

由表可知, 本项目所在地及周边居民点天然贯穿辐射剂量率为 82.7~121.6nGy/h, 整体与建矿前本底数据结果处于同一水平。

4.4.3 氡析出率

本项目拟建场址地表氡析出率监测结果见表 4.4-4。由该表可知, 拟建场

址地表氡析出率为 0.0052~0.0088Bq/m²·s。

表 4.4-4 氡析出率监测结果

单位: Bq/m²·s

序号	监测点位	第一次	第二次
1	井场	0.0079~0.0086	0.0073~0.0088
2	拟建蒸发池	0.0052~0.0055	0.0056~0.0069

4.4.4 地下水环境质量

1) 放射性指标

(1) 潜水含水层

本项目附近居民点潜水含水层地下水放射性核素监测结果见表 4.4-5。由表可知, 潜水含水层地下水中 U_{天然} 浓度为 (2.14~8.75) μg/L, ²²⁶Ra 浓度为 (0.012~0.022) Bq/L, ²¹⁰Po 浓度为 (ND~0.0048) Bq/L, ²¹⁰Pb 浓度为 (ND~0.020) Bq/L, 与建矿前本底数据结果基本处于同一水平。

表 4.4-5 潜水含水层地下水放射性核素含量监测结果

序号	监测点位	U _{天然} (μg/L)		²²⁶ Ra (Bq/L)		²¹⁰ Po (Bq/L)		²¹⁰ Pb (Bq/L)	
		第一次	第二次	第一次	第二次	第一次	第二次	第一次	第二次
1	贺家	6.73	5.79	0.013	0.022	0.0013	0.0021	0.018	ND
2	李家	4.67	4.25	0.021	0.014	0.0048	0.0020	0.015	ND
3	余家	7.15	7.55	0.013	0.014	ND	ND	0.014	ND
4	韩家	2.51	2.14	0.012	0.022	ND	0.0027	0.016	ND
5	补录梁	7.22	8.75	0.019	0.016	0.0034	ND	0.020	ND
6	点不池沟	8.34	7.66	0.012	0.020	0.0014	0.0026	0.010	ND
7	河洛图	6.59	6.80	0.017	0.017	ND	ND	0.012	ND
本底数据		0.30~15.00		ND~0.100		0.002~0.075		ND~0.066	

(2) 含矿含水层

本项目含矿含水层地下水监测结果见表 4.4-6。由表可知, 含矿含水层地下水中 U_{天然} 浓度范围为 (ND~0.179) μg/L, ²²⁶Ra 浓度范围为 (0.010~0.029) Bq/L, ²¹⁰Po 浓度范围为 (ND~0.0086) Bq/L, ²¹⁰Pb 浓度范围为 (ND~0.018) Bq/L, 与建矿前本底数据结果基本处于同一水平。

表 4.4-6 含矿含水层地下水放射性核素含量监测结果

序号	监测点位	U _{天然} (μg/L)		²²⁶ Ra (Bq/L)		²¹⁰ Po (mBq/L)		²¹⁰ Pb (mBq/L)	
		第一次	第二次	第一次	第二次	第一次	第二次	第一次	第二次
1	WN1	0.045	ND	0.017	0.029	0.0011	ND	0.013	ND
2	WN2	0.114	0.120	0.017	0.013	0.0013	ND	0.015	ND
3	WN3	0.131	0.179	0.014	0.029	0.0024	ND	0.018	ND
4	HKZ4	ND	ND	0.017	0.010	0.0074	0.0014	ND	ND
5	HKZ5	ND	ND	0.016	0.026	0.0086	0.0024	ND	ND
本底数据		0.02~31.60		ND~0.120		ND~0.026		ND~0.068	

2) 非放射性指标

(1) 潜水含水层

本项目附近居民点潜水含水层地下水非放射性指标监测结果见表 4.4-7。由表可知，潜水含水层地下水中非放射性指标总体满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 中Ⅲ类标准，个别因子背景值较高，包括 F⁻和 NO₃⁻。

(2) 含矿含水层

本项目含矿含水层地下水非放射性指标监测结果见表 4.4-8。由表可知，含矿含水层地下水中非放射性指标总体满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 中Ⅲ类标准，个别因子背景值较高，包括 pH、Na⁺、Cl⁻、NO₃⁻。

表 4.4-7 居民点地下水非放射性指标分析结果

监测项目	监测次数	贺家	李家	余家	韩家	补录梁	点不池沟	河洛图	本底数据	III类标准
pH	第一次	7.73	7.43	8.21	8.05	7.71	7.98	7.62	7.1~8.8	6.5 ~8.5
	第二次	7.82	7.96	8.36	8.45	7.90	8.03	7.93		
Cl ⁻ (mg/L)	第一次	48.3	95.4	58.5	57.0	65.1	123.0	31.3	9.28~515	250
	第二次	51.2	87.3	53.2	52.0	69.3	107.8	34.7		
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	第一次	82.6	107.0	93.4	60.1	96.6	152.0	50.1	63.9~162	250
	第二次	69.3	98.0	112.1	93.0	93.5	164.5	69.3		
F ⁻ (mg/L)	第一次	0.836	0.586	0.622	0.945	0.560	0.601	1.280	—	1
	第二次	0.840	0.620	0.970	1.300	0.570	0.820	1.380		
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	191	186	330	167	267	165	252	—	—
	第二次	189	211	326	183	224	183	290		
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	—	—
	第二次	ND	ND	ND	7.6	ND	ND	ND		
K ⁺ (mg/L)	第一次	4.59	4.75	5.02	3.52	4.26	6.20	2.49	1.21~4.15	—
	第二次	4.30	3.98	4.03	3.23	3.78	5.30	2.87		
Na ⁺ (mg/L)	第一次	59.2	81.4	96.0	123.0	96.3	168.0	93.6	38.0~111	200
	第二次	61.2	76.3	108.1	92.4	89.0	174.5	98.3		
Ca ²⁺ (mg/L)	第一次	34.8	45.5	51.1	16.3	43.4	28.1	38.8	10.5~65.7	—
	第二次	29.6	42.1	49.6	18.3	31.5	37.1	35.2		
Mg ²⁺ (mg/L)	第一次	35.9	37.3	38.5	9.9	28.4	19.6	22.4	4.7~64.4	—
	第二次	33.7	36.5	37.1	10.2	29.6	21.0	29.3		
Cr ⁶⁺ (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	50
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
NO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	29.91	23.70	18.00	2.62	9.08	16.40	2.39	1.81~77.6	20
	第二次	48.30	34.90	24.20	3.16	8.32	24.10	2.56		
NO ₂ ⁻ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.016	—	1
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		

监测项目	监测次数	贺家	李家	余家	韩家	补录梁	点不池沟	河洛图	本底数据	III类标准
Cu ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~6.0	1000
	第二次	0.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Pb ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.248	10
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Zn ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	1.76	ND	ND	ND	6.61	1.64	ND~0.59	1000
	第二次	ND	1.53	ND	ND	ND	5.32	1.32		
Mn ($\mu\text{g/L}$)	第一次	0.38	2.44	ND	0.25	0.51	0.36	0.84	ND~1.21	100
	第二次	0.14	2.31	ND	0.20	0.16	0.28	0.60		
Mo ($\mu\text{g/L}$)	第一次	0.50	0.46	0.41	0.95	0.64	4.81	1.34	—	70
	第二次	0.51	0.21	0.28	0.40	0.70	3.92	1.21		
Cd ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.028	5
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
As ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	1.65	0.41	1.58	ND	ND~6	10
	第二次	ND	ND	ND	1.48	0.31	1.65	ND		
Hg ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.290	1
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
总溶解性 固体 (mg/L)	第一次	397	478	593	327	508	663	418	259~2960	1000
	第二次	423	431	563	387	457	598	438		
总硬度 (mg/L)	第一次	232	257	314	85	233	161	157	—	450
	第二次	212	251	299	93	221	179	226		
氨氮 (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	—	0.5
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
COD _{Mn} (mg/L)	第一次	1.28	1.60	1.79	1.28	1.60	1.92	1.28	—	3
	第二次	1.09	2.57	1.73	1.58	1.34	1.41	1.09		

表 4.4-8 含矿含水层地下水非放射性指标含量监测结果

监测项目	监测次数	WN1	WN2	WN3	HKZ4	HKZ5	本底数据	III 类标准
pH	第一次	11.60	11.79	9.85	11.30	10.50	7.1~8.8	6.5~8.5
	第二次	11.86	11.84	9.71	11.80	10.70		
Cl ⁻ (mg/L)	第一次	284.7	256.0	123.0	110.0	274.5	141.0~716.4	250
	第二次	335.0	310.0	162.0	121.0	540.9		
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	第一次	49.8	46.1	23.7	127.4	77.7	96.8~420.26	250
	第二次	33.0	29.0	28.3	158.0	53.8		
F ⁻ (mg/L)	第一次	0.44	0.85	0.48	0.56	2.23	—	1
	第二次	0.41	0.79	0.65	0.51	2.53		
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	26.0	16.0	19.0	274.7	ND	—	—
	第二次	17.0	19.0	29.0	218.8	ND		
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	第一次	123	65	118	4	458	—	—
	第二次	89	84	152	6	340		
K ⁺ (mg/L)	第一次	8.12	9.65	4.91	4.47	22.40	2.65~13.60	—
	第二次	12.90	8.69	4.81	3.34	16.30		
Na ⁺ (mg/L)	第一次	236.0	336.0	206.0	118.6	480.8	192.8~533.2	200
	第二次	298.0	251.0	203.0	111.7	595.5		
Ca ²⁺ (mg/L)	第一次	4.6	1.42	2.82	39.10	1.07	2.7~44.09	—
	第二次	5.7	1.04	2.73	34.70	1.09		
Mg ²⁺ (mg/L)	第一次	4.60	0.73	1.20	22.50	0.61	ND~25.3	—
	第二次	6.10	0.90	1.40	24.90	1.59		
Cr ⁶⁺ (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.0005	50
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND		
NO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	0.07	ND	0.04	21.40	1.03	ND~1.330	20
	第二次	ND	ND	ND	17.20	0.71		
NO ₂ ⁻ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	—	1
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND		

监测项目	监测次数	WN1	WN2	WN3	HKZ4	HKZ5	本底数据	III 类标准
Cu ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	0.08	0.13	ND~44.8	1000
	第二次	17.8	16.3	3.7	0.02	0.15		
Pb ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND~13.1	10
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND		
Zn ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	0.040	0.005	ND	1000
	第二次	ND	ND	ND	0.090	ND		
Mn ($\mu\text{g/L}$)	第一次	1.28	5.19	1.02	0.006	ND	ND~10	100
	第二次	ND	ND	ND	0.003	ND		
Mo ($\mu\text{g/L}$)	第一次	6.26	23.60	6.78	0.15	ND	ND~17.6	70
	第二次	13.60	14.90	7.90	0.04	ND		
Cd ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND		
As ($\mu\text{g/L}$)	第一次	1.49	1.71	ND	0.002	1.68	ND~5	10
	第二次	ND	ND	ND	0.001	1.39		
Hg ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	0.048	ND	ND	ND~0.38	1
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND		
总溶解性固体 (mg/L)	第一次	564	708	303	557	853	720.1~1949.9	1000
	第二次	656	659	373	568	973		
总硬度 (mg/L)	第一次	30	8.0	13.3	190.0	5.2	—	450
	第二次	36	6.7	12.2	188.8	9.2		
氨氮 (mg/L)	第一次	0.21	0.32	0.25	ND	0.41	—	0.5
	第二次	0.15	0.38	0.11	ND	0.34		
COD _{Mn} (mg/L)	第一次	1.28	0.64	0.96	2.37	2.78	—	3
	第二次	1.03	0.88	1.22	2.24	1.22		

注：本底数据包括纳岭沟条件试验环评、扩大试验及高效开采试验在环评阶段开展的本底监测数据。

4.4.5 土壤

本项目周边土壤中 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 监测结果见表 4.4-9，非放射性因子监测结果见表 4.4-10。

表 4.4-9 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	井场	1.61	1.65	17	19
2	拟建蒸发池	1.78	1.97	21	19
3	贺家	1.33	1.38	16	20
4	郭家渠 (对照点)	1.81	1.72	16	18
本底数据		0.395~2.099		6.47~64.30	

表 4.4-10 土壤非放射性因子含量监测结果

监测项目	监测次数	贺家	郭家渠 (对照点)	井场	农用地标准	拟建场址	建设用地标准	本底数据
pH	第一次	8.27	7.92	8.70	>7.5	8.25	—	8.59 ~9.54
	第二次	8.22	8.65	8.68		8.52		
As (mg/kg)	第一次	4.73	4.43	5.71	25	5.2	60	—
	第二次	6.46	8.14	4.49		6.32		
Hg (mg/kg)	第一次	0.07	0.06	0.09	3.4	0.05	38	—
	第二次	0.01	0.04	0.02		0.06		
Cd (mg/kg)	第一次	ND	ND	ND	0.6	ND	65	0.039 ~0.128
	第二次	0.06	0.05	0.05		0.05		
Cu (mg/kg)	第一次	12.9	14.2	13.8	100	11.3	18000	9.4 ~15.8
	第二次	11.0	12.8	10.7		13.0		
Pb (mg/kg)	第一次	10.40	9.36	10.70	170	11.20	800	14.5 ~25.5
	第二次	18.60	17.60	17.20		19.20		
Cr (mg/kg)	第一次	29.5	28.1	34.7	250	38.0	—	17.7 ~102.0
	第二次	54.2	44.7	39.5		43.2		
Cr^{6+} (mg/kg)	第一次	ND	ND	ND	—	ND	5.7	—
	第二次	ND	ND	ND		ND		
Zn (mg/kg)	第一次	27.8	20.9	26.3	300	31.4	—	21.0 ~42.0
	第二次	32.0	31.8	31.7		31.7		
Ni (mg/kg)	第一次	13.8	11.5	14.4	190	18.2	900	10.3 ~21.0
	第二次	12.1	15.5	12.5		15.3		

由表可知，土壤中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为(1.33~1.97)mg/kg, ^{226}Ra 范围值为(16~21)

Bq/kg，均与对照点和本底数据处于同一水平。本项目周边居民点土壤中非放监测指标监测结果均满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的污染风险筛选值标准，首采区井场、拟建蒸发池土壤中非放监测指标监测结果均满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地污染风险筛选值的标准要求。

4.4.6 生物

本次生物样品为牧草，监测结果见表 4.4-11。由监测数据可知，井场和最近居民点贺家牧草中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为（0.04~0.10）mg/kg， ^{226}Ra 范围值为（1.81~2.82）Bq/kg， ^{210}Po 范围值为（2.17~3.05）Bq/kg， ^{210}Pb 范围值为（16.06~37.83）Bq/kg，与对照点均位于同一水平。

表 4.4-11 生物放射性核素含量监测结果（鲜重）

样品名称	$U_{\text{天然}}$ (mg/kg)		^{226}Ra (Bq/kg)		^{210}Po (Bq/kg)		^{210}Pb (Bq/kg)	
	第一次	第二次	第一次	第二次	第一次	第二次	第一次	第二次
井场	0.09	0.07	2.30	1.81	2.17	2.62	18.04	24.80
贺家	0.06	0.10	2.68	2.20	2.66	2.43	16.06	20.10
郭家渠（对照点）	0.08	0.04	2.82	2.37	3.05	2.88	37.83	30.70

4.4.7 声环境质量

本项目周边居民点环境噪声监测结果见表 4.4-12。由该表可知，周边居民点环境噪声值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声环境功能区噪声标准。

表 4.4-12 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	48.8	47.2	44.8	44.1
2	贺家	45.6	41.8	40.3	39.3
3	GB3096-2008 标准限值	60		50	

4.5 小结

根据本项目现状监测结果，区域环境现状调查结论如下：

1) 贯穿辐射剂量水平：本项目拟建场址及周边居民点的天然贯穿辐射剂量率处于环境本底水平。

2) 空气中氡及其子体浓度：本项目拟建场址及周边居民点的氡及子体浓度监测值位于环境本底范围内。

3) 空气中 TSP、HCL 浓度：TSP 日均浓度监测结果满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准限值要求，HCl 满足《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018) 中附录 D 要求。

4) 地表氡析出率：拟建场址地表氡析出率为 $0.0052\sim 0.0088\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$ 。

5) 地下水环境质量现状：本项目周边居民点潜水含水层和含矿含水层地下水中放射性核素浓度位于区域本底水平；非放射性指标总体满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 中 III 类标准，个别因子背景值较高。其中，潜水含水层 F^- 、 NO_3^- 背景值较高，含矿含水层 pH、 Na^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- 背景值较高。

6) 土壤环境质量：本项目拟建场址及其周边各监测点土壤中 $\text{U}_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 含量处于区域本底水平；拟建场址土壤中各项非放监测指标均满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB36600-2018) 中的第二类用地污染风险筛选值的标准要求，井场及周边居民点土壤满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB15618-2018) 中的污染风险筛选值标准。

7) 生物样品：本项目拟建场址及周边居民点牧草样品中放射性核素的含量均与对照点位于同一水平。

8) 声环境质量：本项目周边居民点环境噪声值满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类声环境功能区噪声标准。

5 施工期环境影响

5.1 环境影响因素

5.1.1 大气环境影响因素

本项目施工期中大气环境影响因素主要包括施工扬尘和机械废气。

在整个项目的建设阶段，要进行平整土地、钻孔施工、挖土填方、建造构筑物、装修装饰等工程，在各项工程的施工过程中都会产生扬尘，将对施工场地附近的环境空气造成一定的影响。施工场地的扬尘主要包括汽车行驶及其他机械运行时的扬尘、挖土方扬尘、堆料场的起风扬尘及装卸水泥、砂石料等作业扬尘。

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，其他工程机械在施工过程中也会排放烟气。机械排放烟气中主要污染物为SO₂、NO_x。此外，重型施工车辆在施工区域进行运输作业时，会产生汽车尾气。

5.1.2 地表水环境影响因素

本项目的施工期废水主要包括施工废水和作业人员生活废水。

1) 施工废水

施工废水主要为设备清洗和水泥养护排水，主要污染物质为泥沙，用于施工场地的洒水抑尘。

2) 生活废水

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、BOD₅，本项目施工期劳动定员约为200人，人均用水量为20L/人·日，排污系数取0.80，则生活污水产生量约为3.2m³/d。作业人员的生活区主要为租用周边民宅，其生活污水依托于民宅处理，部分钻探区配备施工人员寝车，并配有简易旱厕，其生活污水在寝车收集后外运处理。

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。

本项目钻孔的施工过程均中会产生一定量的钻井泥浆，施工期产生量约为 16750m³，全部钻井泥浆固体废物运至泥饼池集中处理，然后覆土植草，恢复地貌。

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，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。

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 200 人，生活垃圾产生量合计为 160kg/d，生活垃圾集中存放指定地点，对产生的各类生活垃圾按照相关要求统一分类收集，避免垃圾随意丢弃，定期外运处理。

5.1.4 噪声环境影响因素

本项目施工期噪声主要来源于钻井机、柴油发电机、挖掘机、搅拌机、打桩机以及施工车辆等在运行、作业过程中产生的各种噪声。各设备运行时产生的单机噪声源强均小于 100 dB（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，以及由此带来的相关生态系统破坏。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。此外，本项目采区占地区域涉及部分基本农田，施工机械、材料运输、人员踩踏、钻机临时占地等会破坏区域内少量植被，可能会对生态环境产生一定的影响。

5.2 环境影响分析

5.2.1 大气环境影响分析

1) 扬尘影响分析

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) 燃油废气影响分析

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为 $235\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $151\text{mg}/\text{m}^3$ 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。

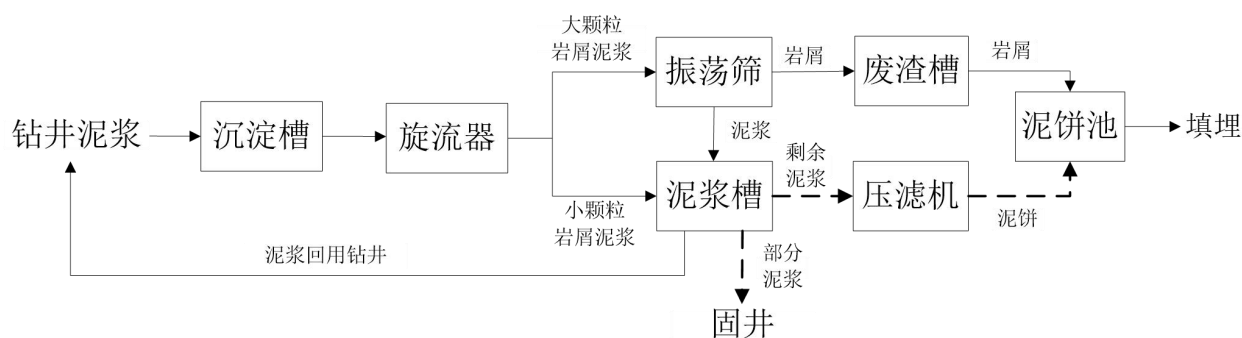


图 5.2-1 钻井泥浆处理工艺流程图

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

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。

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 噪声环境影响分析

施工期噪声主要来源于钻井机、泥浆泵和柴油发电机等在运行、作业过程中产生的各种噪声。施工期采用以下方法降低施工噪声的产生：

(1) 在钻井施工机械的选择上，柴油发电机配备消音装置，在钻机、泥浆泵、除砂器等设备下加衬弹性垫料，在钻井过程中平稳操作，加强设备维护，避免产生非正常的噪声；

(2) 在建筑施工机械的选择上，选择低噪设备，对于噪声较高的设备，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。在钻孔设计和施工时避让居民点，施工场界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。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 5.2-1。

表 5.2-1 项目占地情况表

序号	用地名称	占地面积 hm ²	占地百分比，%
1	井场	0.53	2.30%
2	水冶厂	17.05	74.07%
3	生活区	2.78	12.08%
4	厂外道路	2.66	11.56%
总计		23.02	100%

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 对基本农田影响分析

本项目钻孔施工需临时占用草原和基本农田，农作物以玉米为主，草原植物主要为沙蒿+沙生杂类草沙地植被。从评价区植被与植物资源现状来看，评价区自然植被覆盖度较低，产草量低。评价区内的耕地由于气候干旱，土地贫瘠，农业生产水平低下。

针对临时占用区域，在施工期提出以下生态保护措施：

- 1) 钻孔施工周期应尽量避免耕作期；
- 2) 施工过程中首先将表层耕植土尽可能剥离，就近堆置或装袋存放在合适的地方，并加以养护以保持其肥力，同时加以覆盖；
- 3) 在管线施工过程中，管沟两侧的施工作业带为临时占地，现场施工和开挖土方临时堆存全部在管沟两侧的施工作业带内进行；
- 4) 管线连接处采用电熔焊接，铺设完成后进行试压，采用水或空气对管

道密闭性进行试压，采用水为介质时，缓慢向管线内注水，井下强度试验和严密性试验。采用空气为介质时，通过空压机向管线内注入空气，试验过程用肥皂水反复涂抹连接处逐一检查，保证井场的完整和密闭性。

5) 在设备搬迁和车辆运输时，尽量充分利用现有便道，确需开辟道路时，合理规划路线，选择最短路线，减小对农田和草原的破坏。

6) 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，覆土厚度满足农业生产要求；

7) 施工结束后，恢复地貌，并进行植被恢复。复植的植物选择当地物种，播种后加强后期养护，适当地灌溉、施肥，保证植被更好的恢复。

8) 施工期加强管理，严格控制人员和机械的活动区域，施工人员、施工车辆以及施工设备应按规定的路线行驶、操作，严禁对周围基本农田和草原进行随意破坏。

本项目钻孔施工周期较短，且该部分钻孔施工尽量避开耕作期，施工结束后及时采取复垦措施，对周围基本农田产生的影响较小。

5.2.5.3 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。

在管线施工时采取分层开挖、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。

5.2.5.4 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。

5.2.5.5 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。

5.2.5.6 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、运营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) 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池、浸出液处理厂房和蒸发池。本项目各气态流出物源强见表 6.1-1，各气态源项排放参数见表 6.1-2。

表 6.1-1 本项目放射性废气的排放情况一览表

序号	设施	氡释放量 (Bq/a)
1	集液池	2.43E+12
2	浸出液处理厂房	4.83E+11
3	蒸发池	1.48E+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	集液池	0	0	0.5	4.8	—	点源
2	浸出液处理厂房	-55	100	1.25	22	—	点源
3	蒸发池	210	-150	—	—	157.6	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池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

本次评价选取集液池为评价中心。

6.3.3 评价子区及年龄组设置

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

6.3.4 评价年份

根据地浸生产特点，正常生产期间各源项基本不变。本评价年份选取正常生产期第一年，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纳岭沟，其 ^{222}Rn 浓度贡献值为 $3.05 \times 10^{-1} \text{Bq/m}^3$ ，公众最大个人剂量为 $6.53 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。

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
纳岭沟	3.05E-01	6.53E-03
掌塔盖	8.05E-02	1.72E-03
点不池沟	5.87E-02	1.25E-03
补录梁	4.77E-02	1.02E-03
李家湾	2.23E-02	4.77E-04
赵家渠	1.58E-02	3.37E-04
吴家湾	1.14E-02	2.44E-04
二河壕	1.43E-02	3.05E-04
油房梁	9.61E-03	2.05E-04
吕家塔	7.21E-03	1.54E-04
河洛图	6.75E-03	1.44E-04
库计沟	4.59E-03	9.81E-05
王家圪堵	1.19E-03	2.54E-05

2) 个人剂量

本项目生产期各污染源项释放的 ^{222}Rn 对纳岭沟个人有效剂量的贡献见表 6.4-2。由该表可知, 集液池对纳岭沟的最大个人有效剂量贡献率最大, 为 88.74%。

表 6.4-2 各气态源项对纳岭沟最大个人剂量贡献情况

排放点	氡浓度, Bq/m ³	个人剂量, mSv/a	份额 (%)
浸出液处理厂房	7.90E-03	1.69E-04	2.59
集液池	2.71E-01	5.79E-03	88.74
蒸发池	2.65E-02	5.66E-04	8.68
合计	3.05E-01	6.53E-03	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 ^{222}Rn 所致各子区 ^{222}Rn 浓度分布情况见表 6.4-3。

由该表可知, 气态源项对周边各有人子区 ^{222}Rn 贡献值最大值出现在 NW 方位、0~1km 子区, ^{222}Rn 贡献值为 $3.05 \times 10^{-1} \text{Bq/m}^3$; 对无人子区 ^{222}Rn 贡献值最大值出现在 SE 方位、0~1km 子区, ^{222}Rn 贡献值为 $3.12 \times 10^{-1} \text{Bq/m}^3$ 。

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

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	3.11E-01	5.87E-02	3.24E-02	1.52E-02	5.72E-03	1.94E-03
NNE	2.44E-01	6.41E-02	2.75E-02	1.37E-02	5.33E-03	1.78E-03
NE	2.47E-01	6.06E-02	2.23E-02	1.25E-02	4.75E-03	1.58E-03
ENE	2.84E-01	8.05E-02	3.57E-02	1.43E-02	7.32E-03	2.42E-03
E	2.57E-01	4.77E-02	2.27E-02	9.61E-03	4.23E-03	9.16E-04
ESE	3.08E-01	5.79E-02	1.98E-02	7.21E-03	2.38E-03	8.86E-04
SE	3.12E-01	6.38E-02	1.97E-02	6.38E-03	2.07E-03	9.90E-04
SSE	1.94E-01	3.71E-02	1.14E-02	4.89E-03	1.84E-03	7.64E-04
S	1.13E-01	2.44E-02	9.36E-03	3.71E-03	1.20E-03	5.50E-04
SSW	4.71E-02	9.30E-03	3.30E-03	1.19E-03	5.66E-04	2.48E-04
SW	4.69E-02	6.75E-03	3.80E-03	1.77E-03	7.14E-04	3.00E-04
WSW	6.22E-02	1.34E-02	5.45E-03	2.65E-03	1.08E-03	3.98E-04
W	8.84E-02	1.95E-02	7.80E-03	3.59E-03	1.41E-03	4.38E-04
WNW	1.17E-01	2.78E-02	1.15E-02	4.59E-03	2.06E-03	6.16E-04
NW	3.05E-01	3.16E-02	1.31E-02	6.30E-03	2.28E-03	6.82E-04
NNW	3.09E-01	7.83E-02	3.35E-02	1.58E-02	5.91E-03	1.94E-03

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 $6.67 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，出现在 SE 位，0~1km 子区内，该子区为无人子区。在有人居住的子区内，最大个人有效剂量为 $6.53 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，出现在 NW 方位，0~1km 的子区内。

表 6.4-4 生产期评价范围各子区公众个人剂量 (mSv/a)

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	6.65E-03	1.25E-03	6.92E-04	3.25E-04	1.22E-04	4.15E-05
NNE	5.21E-03	1.37E-03	5.89E-04	2.93E-04	1.14E-04	3.81E-05
NE	5.28E-03	1.29E-03	4.77E-04	2.67E-04	1.02E-04	3.38E-05
ENE	6.07E-03	1.72E-03	7.63E-04	3.05E-04	1.57E-04	5.16E-05
E	5.49E-03	1.02E-03	4.85E-04	2.05E-04	9.04E-05	1.96E-05
ESE	6.59E-03	1.24E-03	4.24E-04	1.54E-04	5.08E-05	1.89E-05
SE	6.67E-03	1.36E-03	4.21E-04	1.36E-04	4.43E-05	2.12E-05
SSE	4.14E-03	7.94E-04	2.44E-04	1.05E-04	3.94E-05	1.63E-05
S	2.41E-03	5.22E-04	2.00E-04	7.93E-05	2.57E-05	1.18E-05
SSW	1.01E-03	1.99E-04	7.05E-05	2.54E-05	1.21E-05	5.30E-06
SW	1.00E-03	1.44E-04	8.11E-05	3.79E-05	1.53E-05	6.41E-06
WSW	1.33E-03	2.87E-04	1.16E-04	5.67E-05	2.31E-05	8.51E-06
W	1.89E-03	4.16E-04	1.67E-04	7.67E-05	3.01E-05	9.36E-06
WNW	2.49E-03	5.95E-04	2.46E-04	9.81E-05	4.41E-05	1.32E-05
NW	6.53E-03	6.75E-04	2.81E-04	1.35E-04	4.88E-05	1.46E-05
NNW	6.60E-03	1.67E-03	7.15E-04	3.37E-04	1.26E-04	4.14E-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 1.65×10^{-3} 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)	2.71E-04	8.41E-04	9.46E-04	1.13E-03	1.50E-03	1.65E-03
份额 (%)	16.44	51.13	57.49	68.51	91.40	100

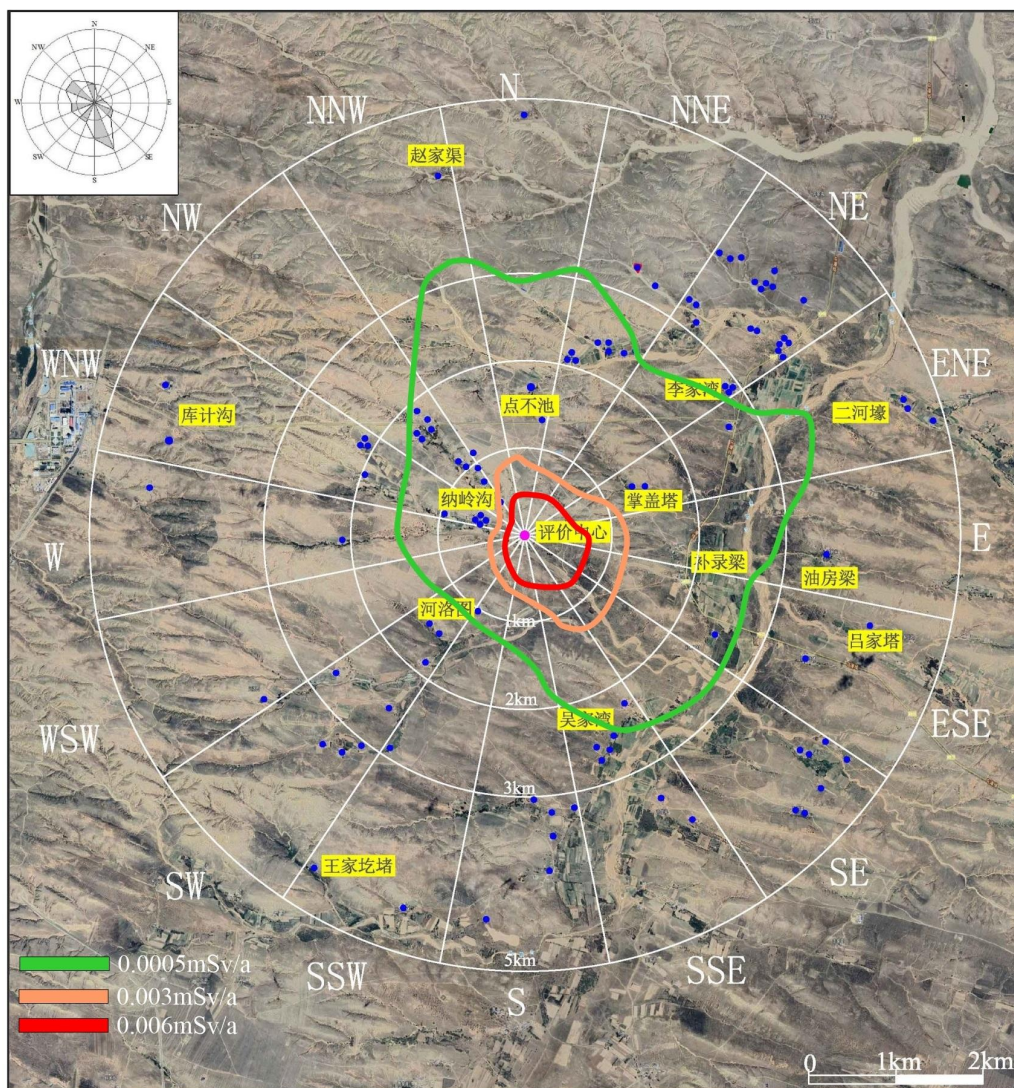


图 6.4-1 生产期气态流出物所致的区域个人剂量等值线图（单位：mSv/a）

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池、蒸发池及浸出液处理厂房释放的²²²Rn，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 $6.53 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，出现在NW方位、0~1km子区，关键居民点为纳岭沟。最大个人剂量占个人剂量约束值 0.3mSv/a 的2.18%，小于本项目设定的剂量约束值。20km范围内的集体剂量为 $1.65 \times 10^{-3} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

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

7 地下水环境影响评价

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

本模型建模范围为纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程及其周边地区，根据《水文地质概念模型概化导则》，并考虑塔然高勒煤矿开采对区域地下水流场的影响，确定本次评价模型范围为：北至铀矿床北部的煤层隐伏露头线，南至塔然高勒煤矿区南边界外延 10km 处，西至塔然高勒煤矿区西边界，东扩展至塔然高勒煤矿区东边界，本项目井场基本位于模拟区的中心位置。模拟范围东西长 35.7km，南北宽 30.9km，模拟面积约 1025km²。

7.1.1.2 边界条件的概化

1) 侧向边界

模拟区北部边界为目标含水层的隐伏露头位置，含矿含水层在该处通过

“天窗”接受上覆含水层的垂向补给，由于上覆白垩系含水层厚度大且水量丰富。因此，该边界设定为定水头边界，为补给边界。

由区域水文地质图可知，在天然条件下，西部边界为补给边界，东部及南部边界为排泄边界。由于煤矿开采排水，研究区地下水流场将发生区域上的改变，煤矿开采面附近四周地下水向开采面漏斗径流排泄，边界的补给排泄性质可能发生变化。因此，本模型的东部、西部及南部边界均概化为通用水头边界，边界端点处的通用水头值设置为当前区域流场在该处的水位标高值，其边界性质是补给边界或是排泄边界取决于煤矿开采后形成的地下水水位差，其导水能力取决于由边界处的渗透系数及水力坡度。

2) 垂向边界

模拟区上边界为直罗组含矿含水层顶板，其上部为侏罗系安定组隔水层，该隔水层厚度大隔水性能稳定，使得目标含水层在模拟区内部与上白垩系含水层水量交换微弱，垂向交换水量可忽略不计；模型区下边界为煤层顶板。

基于含水层之间的水力联系，将本模型概化为水平单层结构的含水层；含水层中地下水的输入、输出随时间变化，为非稳定流；水文地质参数随空间变化，为非均质含水层。因此，模拟区地下水系统的概念模型可概化为非均质、单层结构、非稳定地下水流系统。

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直罗组下段，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，本次模拟层位直罗组下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

源汇项为地浸采铀工程的生产井以及煤矿开采放水。生产井包括抽出井和注入井，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%。为考虑煤矿开采放水对本项目铀矿开采的影响，本次地下水环境影响预测选取距离煤矿开采最近的采区为模拟采区。模拟采区的生产井布置情况见图 7.1-1；模型中将煤矿采空区所在单元设为 DRAIN，以刻画煤矿生产的排水过程，排水标高为所在单元的底板标高。

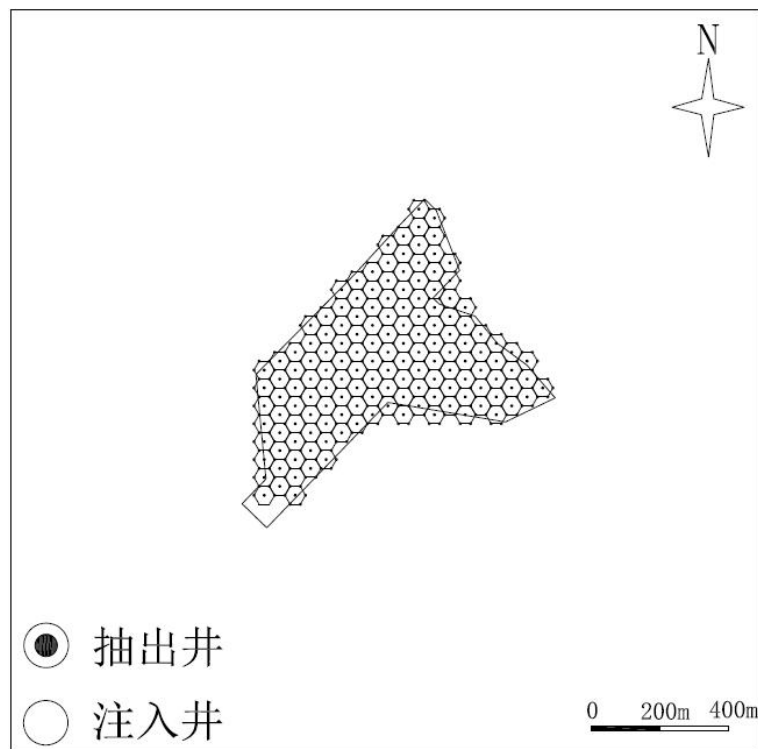


图 7.1-1 模拟采区生产井布置图

7.1.1.5 水文地质参数

本模型水文地质参数主要来自《内蒙古鄂尔多斯市塔然高勒地区铀矿勘查成果报告》和《内蒙古达拉特旗纳岭沟铀矿床（N21~N88 线）详查地质报告》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	0.63
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:

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

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:

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

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

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:

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

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

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：

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

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：

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

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/m^3 ；

t ——时间，s；

x_i 、 x_j ——分别为沿坐标轴 x 轴和 y 轴的距离，m；

D_{ij} ——水动力弥散系数张量， m^2/s ；

v_i ——渗流或线性孔隙水流速度，与单位流量或达西流量 q_i 有关，

$v_i = q_i / \theta$ ， m/s ；

q_s ——单位体积含水层源和汇的体积流量；

C_s^k ——源汇流中物质 k 的浓度， g/m^3 ；

$\sum R_n$ ——化学反应项， g/m 。

其中：

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

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：

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

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

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

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

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

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

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动规律的计算机程序。通过把研究区在区间和时间上的离散，建立研究区每个网络的水均衡方程式，所有网络方程连接成为一组大型的线性方程组，迭代求解方程组可以得到每个网络的水头值。MODFLOW 可以模拟水井、河流、潜流、排泄、湖泊、蒸散和人工补给对非均质和复杂边界条件的水流系统的影响。
2	MT3D	模拟地下水中单项溶解组分对流、弥散、源/汇和化学反应的三维溶质运移模型，能够有效处理各种边界条件和外部源汇项。化学反应主要是一些比较简单的单组分反应，包括平衡和非平衡状态的线性和非线性吸附作用、一阶不可逆反应（如放射性衰变）和可逆的动态反应等。模拟计算时，MT3D 需和 MODFLOW 一起使用。
3	MODPATH	是确定给定时间内稳定或非稳定流中质点运移路径的三维质点示踪模型。和 MODFLOW 一起使用，根据 MODFLOW 计算的流场，在指定各质点的位置后，MODPATH 可进行正向示踪和反向示踪，计算三维水流路径，从而成为水井截获区和井位警戒研究理想工具。
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 $10\times 10\text{m}$ ，外围非加密网格的大小为 $150\times 150\text{m}$ 。本模型一共剖分 94445 个网格。网格剖分情况见图 7.1-2。

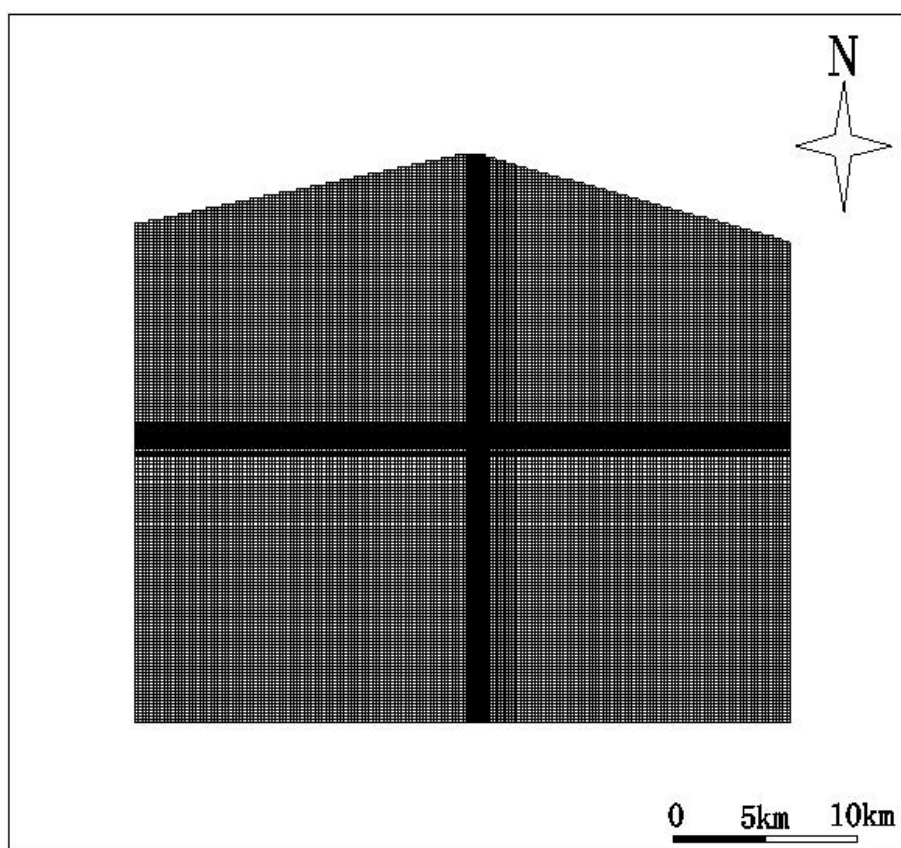


图 7.1-2 模型网格剖分图

7.1.3.3 评价因子

根据纳岭沟扩大试验的浸出液监测数据（表 7.1-3），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/T14848-2017）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，最终确定非放射性污染物为 Cl^- 和 Mn 。 $U_{\text{天然}}$ 源项浓度采用本工程预期技术指标值 30mg/L ， Cl^- 和 Mn 源项浓度采用纳岭沟扩大试验的浸出液监测数据，分别为 471.8mg/L 和 1.64mg/L 。

表 7.1-3 纳岭沟扩大试验浸出液样品监测结果

监测项目	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)
浓度	471.8	103.7	2676.4	ND	ND
监测项目	F ⁻ (mg/L)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Mn (mg/L)	Hg (mg/L)
浓度	0.05	0.03	0.009	1.64	ND

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，煤矿开采改变了区域地下水流向，地下水流向有原有的自东北向西南方向径流改为自西向东径流，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。

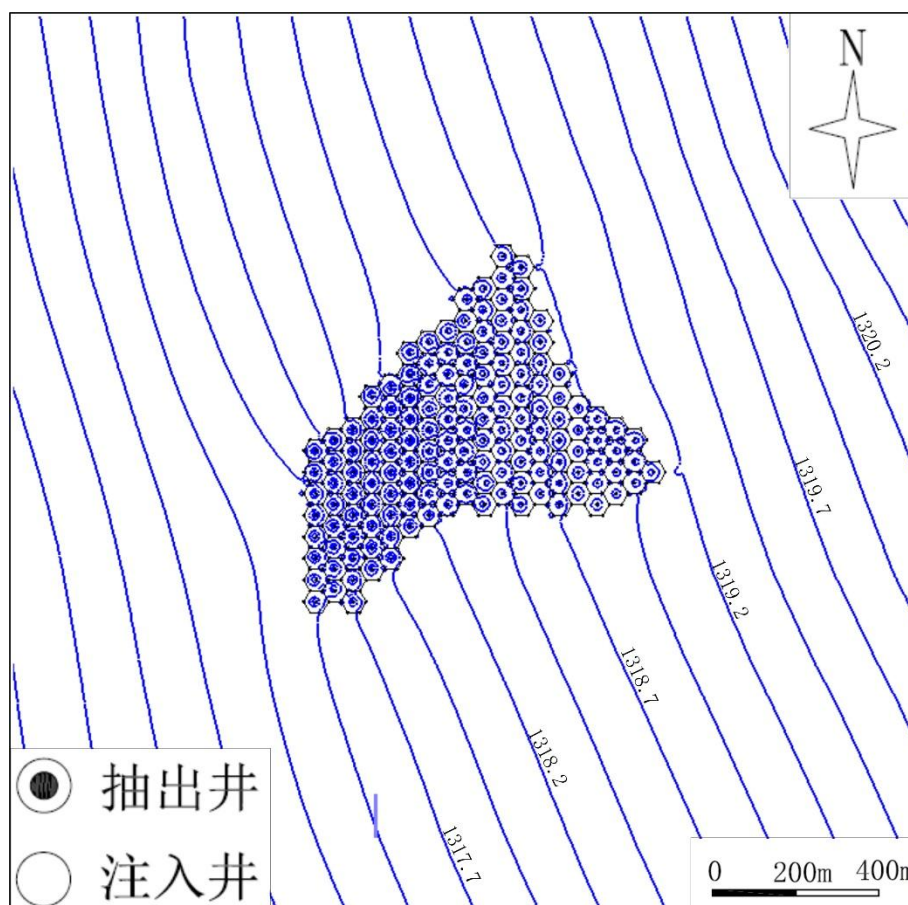


图 7.1-3 采区等水位线示意图

7.1.4.2 溶质运移结果分析

1) U_{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 和第 6a（采区服务年限）的 $U_{\text{天然}}$ 浓度分布图，浓度分布晕见图 7.1-4。

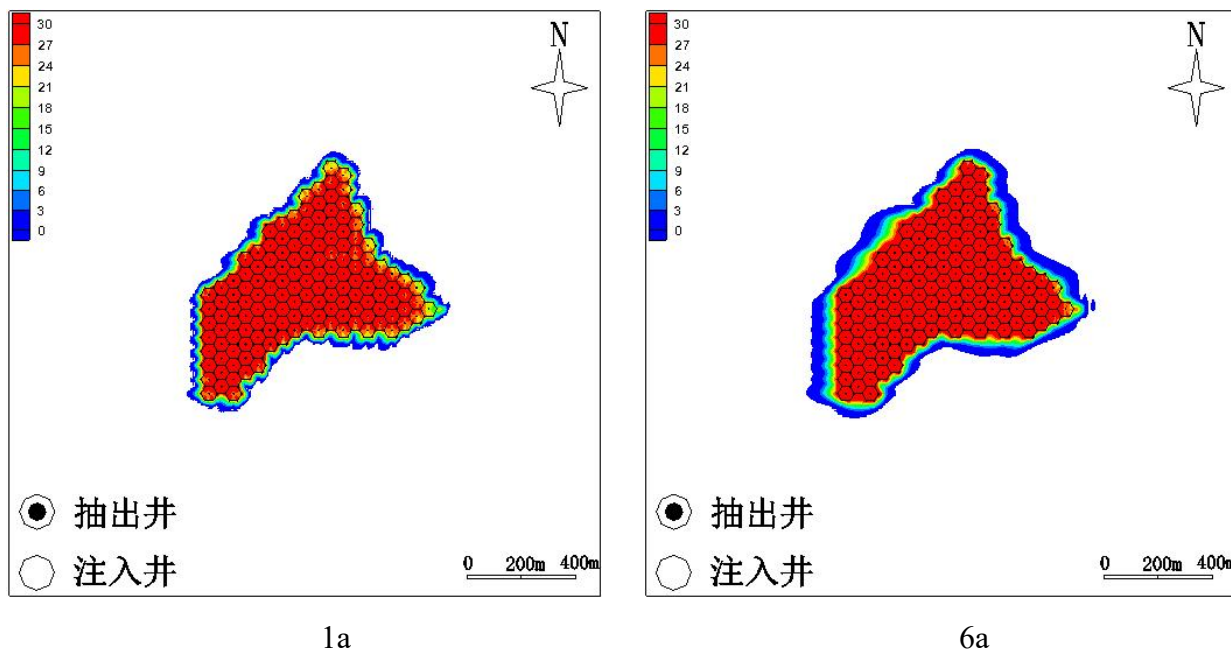


图 7.1-4 $U_{\text{天然}}$ 在含矿含水层中的浓度分布图

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 56m，向上游迁移 30m，侧向迁移 41m；
- (2) 第 6a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移约 127m，向上游迁移 42m，侧向迁移 51m。

2) Cl^-

本次评价对井场生产期含矿含水层中的 Cl^- 的迁移扩散进行了模拟预测，分别绘制了第 1a 和第 6a（采区服务年限）的 Cl^- 浓度分布图，见图 7.1-5。

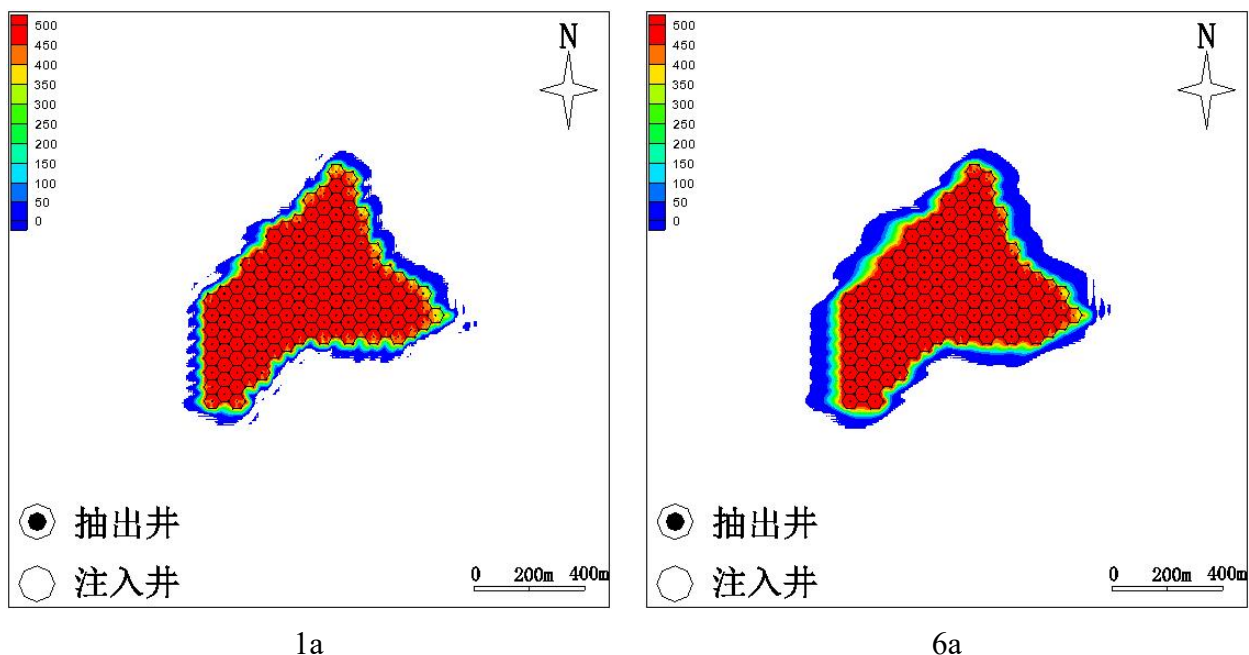


图 7.1-5 Cl⁻在含矿含水层中的浓度分布图

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，Cl⁻向下游迁移约 81m，向上游迁移 49m，侧向迁移 54m；
- (2) 第 6a 时，Cl⁻向下游迁移约 139m，向上游迁移 63m，侧向迁移 79m。

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，预测得到的浓度分布晕见图 7.1-6，以 0mg/L 为边界浓度，分别绘制了第 1a、和第 6a（采区服务年限）的 SO₄²⁻浓度分布图。

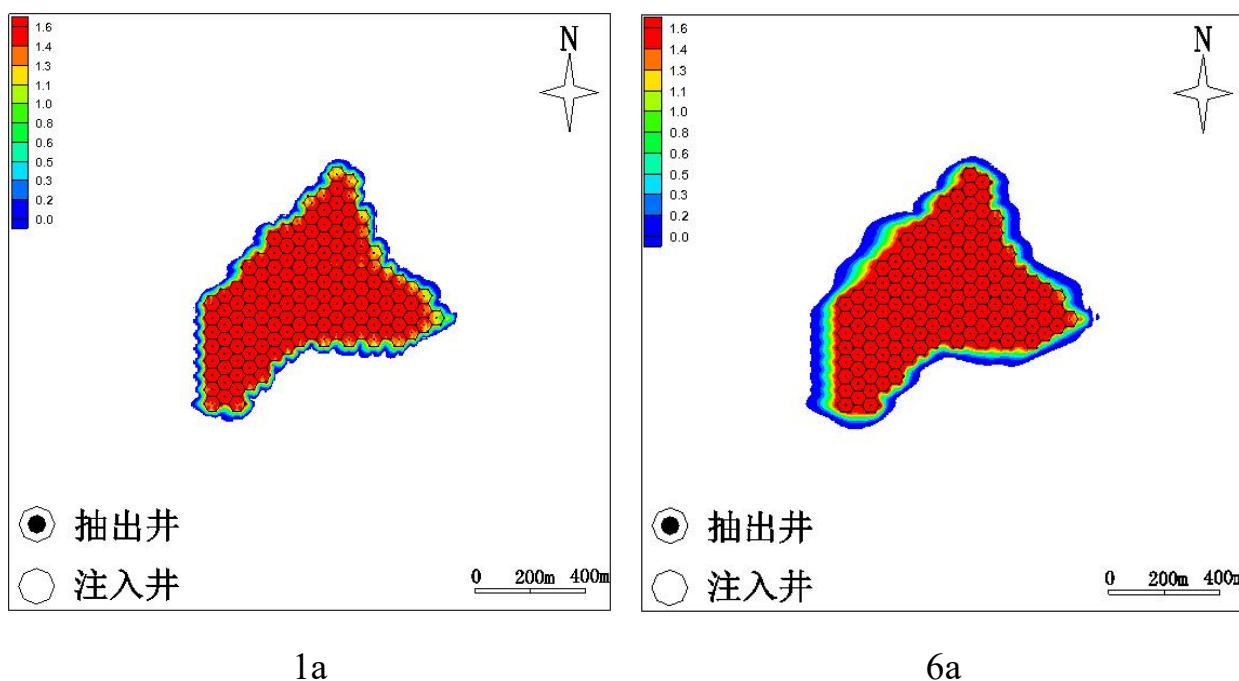


图 7.1-6 Mn 在含矿含水层中的浓度分布图

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 52m，向上游迁移 26m，侧向迁移 36m；
- (2) 第 6a 时，Mn 向下游迁移约 117m，向上游迁移 38m，侧向迁移 45m。

综上所述，本节对特征污染物 $U_{\text{天然}}$ 、Cl⁻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，在采区服务器末第 6a 时， $U_{\text{天然}}$ 、Cl⁻及 Mn 在地下水水流方向向下游的迁移距离分别为 127m、139m 和 117m；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，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：

$$X = K_s \times \frac{(h + L)}{L} \times t \quad (\text{式 7.2-1})$$

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

式中：

X——蒸发池废水在蒸发池底部防渗层的垂直入渗距离，m；

K_s ——等效渗透系数，m/a；

h——蒸发池中废水水深，m，保守取 1.3m；

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 1×10^{-3} 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 1.05×10^{-4} m/a，蒸发池中废水在生产期 12a 的时间内垂直入渗的距离约为 0.0045m，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浸出液处理厂房产生的少量 HCl 以及盐酸库产生的 HCl 废气。盐酸库放置 5 个卧式盐酸储罐，其中 1 台为事故备用罐。

浸出液处理厂房中各罐体及管线密闭性较好，且管线上设置流量计，装置设备管线连接处采用密封垫片，确保了其中的盐酸处于密闭、可控状态，HCl 气体排放量很小，可忽略不计；因此，本项目仅进行盐酸库 HCl 气体环境影响分析。

盐酸库 HCl 气体主要来源于盐酸储罐的呼吸排放，排放位置为盐酸罐的呼吸口。源项及排放参数见表 8.1-1。

表 8.1-1 盐酸罐 HCl 废气源项参数

名称	污染物	源强 (kg/h)	排气量 (m ³ /h)	排放高度 (m)	出口内径 (m)	温度 (°C)
盐酸库 盐酸储罐	HCl	0.0053	60	3.5	0.09	7.4

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)，本项目大气环境影响评价为二级，采用 AERSCREEN 估算模式对 HCl 废气排放造成的环境影响进行预测和评价。

8.1.1 无组织排放厂界分析

根据估算结果，本项目盐酸库无组织排放的 HCl 在水冶厂边界处的浓度见表 8-2。

表 8.1-2 盐酸库 HCl 无组织排放厂界分析

厂界	距离 (m)	贡献值 (μg/m ³)	标准值 (μg/m ³)
东厂界	16	3.04	200
南厂界	154	2.74	
西厂界	323	1.62	
北厂界	67	3.94	

由该表可知，本项目盐酸库无组织排放的 HCl 在东、南、西、北厂界处

的贡献值均小于 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ，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。

8.1.2 大气环境影响分析

根据估算结果，本项目盐酸库无组织排放对最近居民点环境空气中废气影响结果见表 8.1-3。

表 8.1-3 HCl 废气排放环境影响结果分析

设施名称	最近居民点	距离 (m)	贡献值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	标准值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
盐酸库	贺家	400	1.14	50

由该表可知，本项目生产运行期间，HCl 废气排放对周边居民点空气中 HCl 的预测值较小，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D 其他污染物空气质量浓度参考限值要求，可见对厂区周围居民点的环境空气质量影响较小。

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现场办公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 $54.14\text{m}^3/\text{d}$ 。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 $12.56\text{m}^3/\text{d}$ 。现场办公及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 $41.58\text{m}^3/\text{d}$ 。

本项目在水冶厂区及生活区各配备一套地埋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

本项目非放射性固体废物为工作人员日常生活产生的生活垃圾。本项目运行期劳动定员 150 人，按每人 $0.8\text{kg}/\text{d}$ 定额估算，则生活垃圾产生量约为 $42\text{t}/\text{a}$ ，生活垃圾集中存放指定地点，由环卫部门定期运输处理。由于产生量

不大，且采取了可行有效的处理措施，对周边环境不会产生明显影响。

8.4 声环境影响分析

1) 预测方法

本项目生产期噪声设备主要为各种风机、空压机、泵等，主要集中在浸出液处理厂房和集配液处理设施厂房内，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。其中，风机和空压机噪声 $\leq 90\text{dB}(\text{A})$ ，泵类、搅拌设备电机等设备噪 $\leq 80\text{dB}(\text{A})$ 。

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。根据水冶厂具体特征，厂区内除浸出液处理厂房外，还有产品库及固体废物库、办公楼等其他建筑物，其在噪声传播过程中起到反射和屏障的作用。厂区内道路和场地均为坚实地面，在噪声传播过程中起到地面衰减的作用。根据以上内容通过 BREEZE NOISE 软件进行模型构建、噪声源设置和场景设置，进行噪声影响预测和评价。

2) 预测结果分析

本项目噪声预测等值线见图 8.4-1，噪声预测贡献值见表 8.4-1。

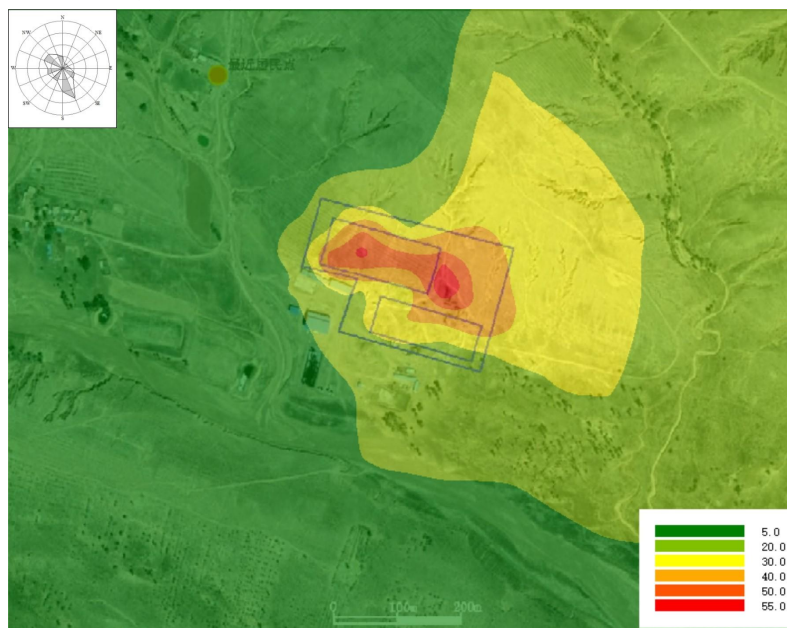


图 8.4-1 本项目运行期噪声预测贡献值等值线图

表 8.4-1 本项目厂界及贺家噪声贡献值 dB (A)

预测结果	东厂界	南厂界	西厂界	北厂界	贺家	
					昼间	夜间
贡献值	40.9	24.6	20.4	24.4	16.8	16.8
现状值	昼间 58.8、夜间 48.8				45.6	40.3
预测值	/				45.6	40.3
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	

由表可知，本项目厂界噪声贡献值在（24.56~33.30）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 ≤ 55 dB（A），夜间 ≤ 45 dB（A）。

水冶厂边界外围 200m 范围内无村庄敏感点，对距离最近的居民点贺家（距离水冶厂约 400m）处噪声贡献值为 16.8dB（A），叠加环境背景值后昼间环境噪声为 45.6dB(A)，夜间环境噪声为 40.3dB(A)，均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

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浸出液处理厂房和蒸发池中 ^{222}Rn 的排放， ^{222}Rn 的排放量较小，且浸出液处理厂房中各设备、管线均处于密闭状态，气态流出物处于可控状态，不会发生较大的事故。因此，在事故情况下，本项目仅考虑液态流出物的影响。

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

- 1) 含矿含水层内非控制性抽注失衡，导致含矿含水层浸出剂流散；
- 2) 事故性停止生产，导致含矿含水层浸出剂流散；
- 3) 事故性跑、冒、滴、漏，造成放射性液体流散；
- 4) 井场管道断裂，造成放射性液体流散；
- 5) 上下层含水层污染，导致浸出剂进入上下含水层；
- 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

浸出液处理厂房内可能发生的事故为出现冒槽或管道的跑、冒、滴、漏等，本项目浸出液处理厂房内的各类储池、储罐、管道均设有液位、压力或流量自动检测、报警与连锁控制系统，一旦发生冒槽或管道的跑、冒、滴、漏等情况可及时发现并得到有效控制。此外，厂房内设置 2 个废水事故应急槽和 1 个树脂事故应急槽，钢衬 PO 材质，槽罐尺寸均为 DN3600×4500，单槽容积约 46m³。厂房内地面设置地沟，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，通过泵提升至事故应急槽内。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。

本项目首采区有 2 处管线需要跨越冲沟，若跨越冲沟处的管线发生泄漏，浸出液会汇集于冲沟内，造成土壤污染；为防止管线泄漏的浸出液排入冲沟，在每处跨冲沟输液管道桁架的下游低洼处设事故池一座，事故池为钢筋混凝土结构，单座事故池容积为 343m³，底板及壁板均为 300mm 厚，池内表面衬环氧玻璃钢，池外表面刷防水砂浆，池内配备 1 台潜水泵，可将漏失的液体收集后，再泵送至集液池。

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

本项目所在地区每年有 4~5 个月的冰冻期，冰冻可能造成井场管道断裂和“跑液”事故。但是本项目开采的含矿含水层埋藏较深，浸出液水温可达 15℃，且各类输送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，孔内的管材采用聚四氯乙烯材质，孔壁与管壁之间用水泥砂浆充填。钻孔特定的设计结构使钻孔管道不存在被破坏的可能。另外，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集液总管、注液总管和注液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，本项目设有管道压力自动检测系统，发生泄漏后，井场自控中心也会很快检测到，并进行连锁控制，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。

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

9.1.2.6 蒸发池泄漏事故

由于蒸发池池底土工膜破损，可能造成蒸发池内吸附尾液发生少量的泄漏，蒸发池内废水下渗可能对地下水环境造成污染。本项目蒸发池防渗膜下

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，首先将其中的液体泵至其他蒸发池暂存，然后对泄漏点进行修补，对泄漏产生的池底污染土壤进行清挖、回填新土，然后重新敷设土工膜，经鉴定无渗漏后恢复蒸发池的使用。

9.1.3 最大可信事故

蒸发池是地浸采铀工程的重要构筑物，根据事故情景分析可知，若蒸发池池底土工膜断裂，可能造成蒸发池内吸附尾液发生泄漏，废水下渗可能对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潜水含水层，包括第四系松散岩类孔隙潜水含水层和白垩系碎屑岩类孔隙潜水含水层。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 1000m、下游 2000m 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 1000m 概化为零流量边界。模型总面积 8.27km²。

2) 模型主要参数

本次模拟预测的水文地质参数主要来自详查地质报告及水文地质试验报告，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）》中的经验值，详见表 9.1-1。源项参数 $U_{\text{天然}}$ 浓度采用排入蒸发池废水的平均铀浓度，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	0.01807
2	孔隙度, %	20
3	年平均降雨量(mm/a)	279.4
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（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：

$$Q = K \times I \times A \quad (9-1)$$

式中：

- Q — 污染物泄漏量 (m^3/d)；
- K — 垂向渗透系数，取 $0.002\text{m}/\text{d}$ ；
- 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 $1\% \sim 1\%$ ，
保守取 1% ，即 780m^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 $1.56\text{m}^3/\text{d}$ 。

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井场地下水
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 5m×5m，外围非加密网格的大小为 10×10m。本模型一共剖分 130372 个网格。网格剖分情况见图 9.1-1。

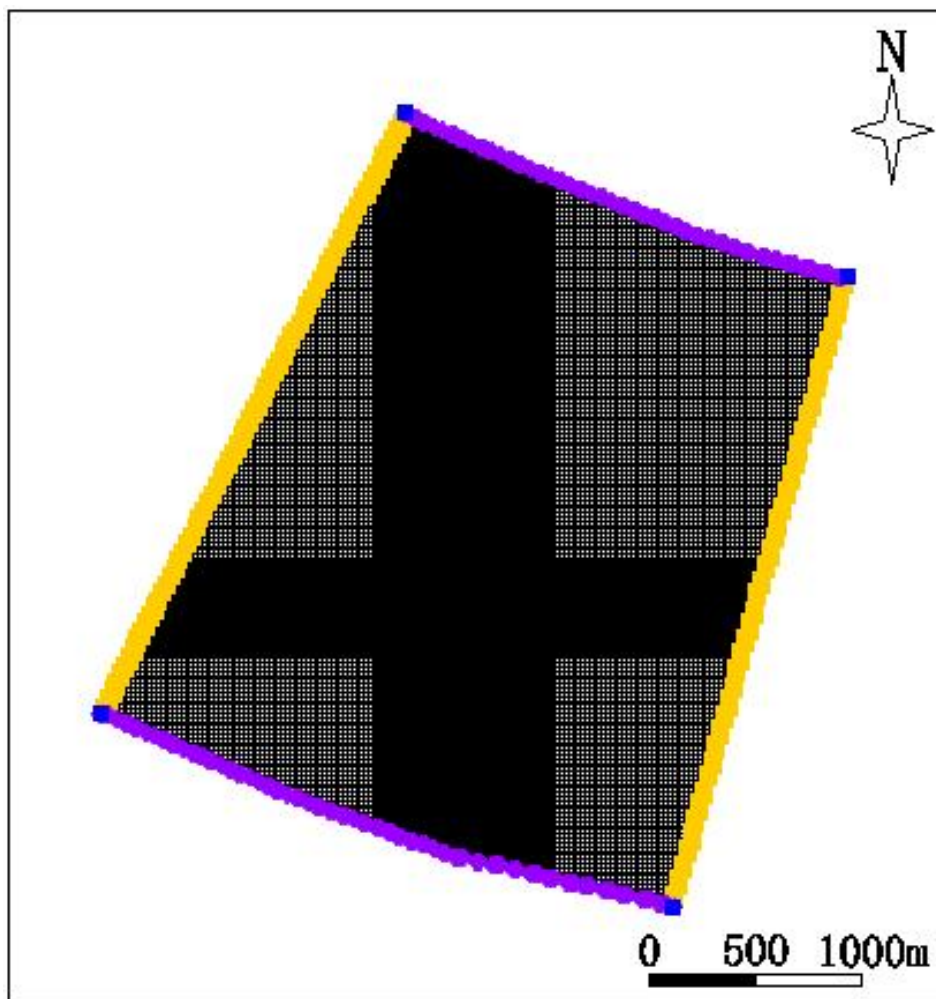
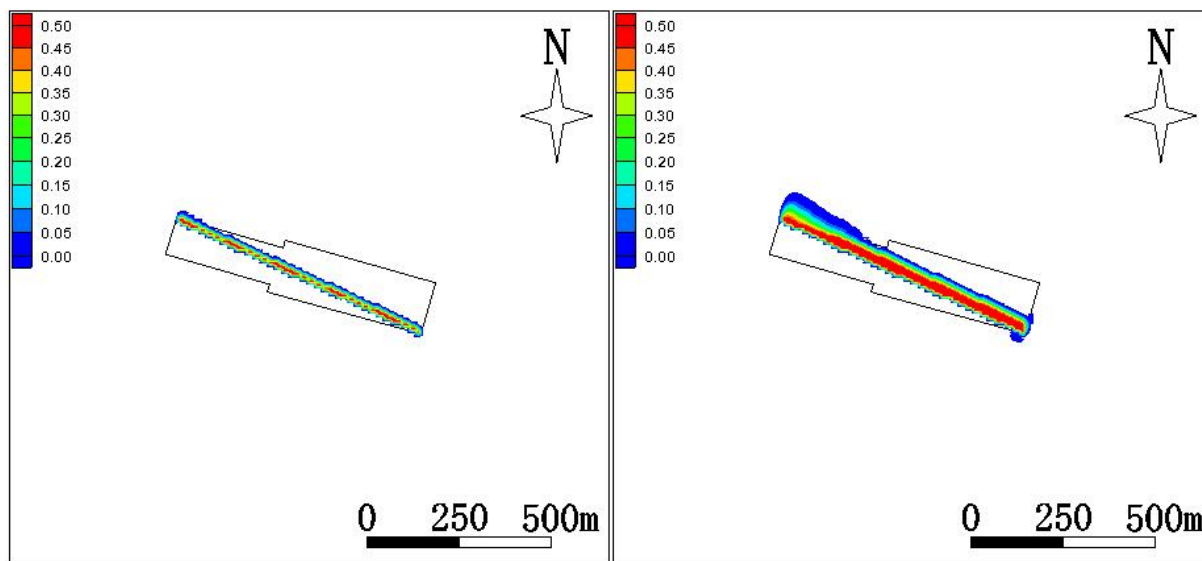


图 9.1-1 模型剖分情况

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 21m，侧向迁移了 19m，上游迁移了 17m；
- 2) 第 100a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移了 77m，侧向迁移了 38m，上游迁移了 26m。

综上所述，项目所在地的潜水含水层渗透性较差，渗透系数较小，地下水影响范围较小，且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。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 环境风险识别

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），本项目生产过程中涉及的主要危险物质为盐酸和柴油。

本项目埋地布置 2 台卧式柴油罐，作为应急电源备用，油罐采用双层罐，罐体配备液位、压力检测和报警装置，对间隙空间进行 24 小时全程监控，时刻保证油罐的安全。柴油罐为双层罐，一旦内罐发生泄露，感应器可以迅速

检测到并发出警报，泄漏的柴油由外罐接收，不会泄漏至外环境中。

本项目露天布置 5 台（4 用 1 备）卧式盐酸贮罐，盐酸具有一定的腐蚀性，人体接触容易引起眼、口、鼻等灼烧，其一旦泄漏，挥发的酸雾会对周围大气环境造成影响。本次风险评价对盐酸泄漏进行风险预测与评价。

9.2.2 盐酸储罐泄漏事故预测与评价

9.2.2.1 事故景象分析

本项目卧式盐酸贮罐为玻璃钢材质，规格为 DN3000×10430，在盐酸储罐区周围做一个整体围堰，围堰尺寸为 27.5m×13m×1.0m。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。盐酸在常压下是液体，常温储存，在发生泄漏事故时不会发生闪蒸及热量蒸发，因此，重点考虑事故泄漏后的质量蒸发。假设盐酸贮罐泄漏后将整个围堰铺满，则围堰有效蒸发面积为围堰内面积减去盐酸罐基础所占面积，如下：

$$S_{有} = S_{围堰} - S_{基础} = 27.5 \times 13 - 5 \times 3 \times 10.43 = 201.05 \text{m}^2$$

采用以下公式可计算出具有挥发性的盐酸的挥发量。

$$Q_3 = a \times p \times M / (R \times T_0) \times u^{(2-n)/(2+n)} \times r^{(4+n)/(2+n)} \quad (9-2)$$

式中：

Q_3 —质量蒸发速度，kg/s；

M —摩尔质量，kg/mol，盐酸取 0.03646；

a, n —大气稳定度系数，根据导则采用最不利稳定度 F，见表 9.2-1；

p —液体表面蒸气压，Pa；根据《环境统计手册》（四川科学技术出版社，1985 年），取 2008.3Pa；

R —气体常数；8.314J/mol·k；

T_0 —环境温度，根据导则采用最不利气象条件 25℃，即 298.15k；

u —风速，根据导则采用最不利气象条件 1.5m/s；

r —液池半径，m，取 8.0m。

表 9.2-1 液池蒸发模式参数

稳定度条件	n	a
稳定 (E, F)	0.3	5.285×10^{-3}

通过计算可知，最不利条件稳定度下的盐酸挥发量为 0.010 kg/s。

9.2.2.2 事故影响评价

本次事故评价大气扩散模式采用国家环保部推荐的环境风险评价多烟团模型。假设一旦发现泄漏，将迅速采取堵漏、导液等应急措施，将液体导入事故罐或事故池中。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 HCl 的一次浓度，气象参数根据导则选取最不利气象条件：F 稳定度，1.5m/s 风速，温度 25℃，相对湿度 50%。预测结果见表 9.2-2，预测分析见表 9.2-3。

表 9.2-2 盐酸储罐泄漏事故时下风向地面空气中 HCl 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
0	0	0	0	250	17.85	17.85	17.85
20	493.9	493.9	493.9	300	13.48	13.48	13.48
40	211.19	211.19	211.19	350	9.13	10.59	10.59
60	131.73	131.73	131.73	400	1.54	8.58	8.58
80	91.18	91.18	91.18	500	0	6.01	6.01
100	67.61	67.61	67.61	600	0	4.48	4.48
120	52.53	52.53	52.53	700	0	3.04	3.49
140	42.2	42.2	42.2	800	0	0.45	2.80
160	34.79	34.79	34.79	900	0	0.01	2.31
180	29.26	29.26	29.26	1000	0	0	1.90
200	25.02	25.02	25.02	3000	0	0	0

表 9.2-3 盐酸泄漏事故不利气象条件 (F 稳定度) 下的预测后果分析

因子	项目	F 稳定度结果
HCl	最近敏感点 (400m) 最大浓度 (mg/m ³)	8.58 (14m34.2s)
	毒性终点浓度-1 (mg/m ³)	150
	毒性终点浓度-1 影响距离 (m)	54.0
	毒性终点浓度-2 (mg/m ³)	33
	毒性终点浓度-2 影响距离 (m)	165.9
	最大落地浓度 (mg/m ³)	4474.69
	最大落地浓度出现距离 (m)	6.2

由计算数据可以看出，在最不利气象条件下，储罐泄漏后的最大落地浓度出现在下风向 6.2m 处，最大落地浓度为 4474.69mg/m³；毒性终点浓度-1

影响距离为 54.0m，毒性终点浓度-2 影响距离为 165.9m，该范围内均无居民点；最近居民点贺家处最大浓度为 8.58mg/m³，低于大气毒性终点浓度 1 和 2，环境影响可以接受。

在发生事故下，盐酸库区围堰边界处的盐酸浓度较高，会对人体造成一定影响，因此，一旦发生盐酸泄漏事故，首先要采取堵漏、导液等应急措施，尽量控制液体的外泄量，操作人员必须佩戴防毒面具，防护服等；由于有围堰的阻挡，及时将泄漏液体收集后，盐酸雾即停止外排，再通过大气稀释扩散，其产生的影响将会在短时间内得到消散，对周围环境和人员造成的影响是可以接受的。

本项目在盐酸库区周围设置整体围堰，围堰尺寸为 27.5m×13m×1.0m，内部设置 5 台（4 用 1 备）DN3000×10430 卧式盐酸储罐，除去储罐基础及罐体所占空间外，围堰内的有效容积为 201.05m³，完全满足一个盐酸储罐（70m³）泄漏溶液贮存量。围堰内侧壁及地面均按照规范作防渗、防腐处理；同时，围堰内设置应急泵及管道等收集设施，一旦发生盐酸储罐泄漏事故，可立即启动应急泵，将泄漏的盐酸及时回收至备用罐中。因此，事故情景下，盐酸泄漏不会对地下水环境产生影响。

9.2.3 环境风险防范措施及应急措施

9.2.3.1 环境风险防范措施

1) 厂内贮足必要的石灰、片碱等碱性药剂，以防酸性物质泄漏时的应急处理之需。

2) 本项目盐酸库区设置水冲洗装置，配有专用的个人防护设施，如空气呼吸器、过滤式防毒面具、化学防护服、安全眼镜、防护手套等。

3) 盐酸库周边设置醒目的安全警示标志、职业危害告知牌、危险源告知牌等。

4) 危险品储运采用槽车或桶装运输，经常检查阀门，防止泄漏。

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

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

9.2.3.2 环境风险应急措施

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

针对本项目风险源，提出以下应急要求：

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

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

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

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

5) 建立应急档案和专门报告制度。

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

9.3 小结

由事故工况下环境影响分析可知，本项目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，第 12a 时（生产期末）， $U_{\text{天然}}$ 向下游迁移了 21m，侧向迁移了 19m，上游迁移了 17m。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。

盐酸储罐泄漏后环境影响预测结果表明：在最不利气象条件下，毒性终点浓度-1 影响距离为 54.0m，毒性终点浓度-2 影响距离为 165.9m，该范围内

均无居民点；最近居民点贺家处最大浓度为 $8.58\text{mg}/\text{m}^3$ ，低于毒性终点浓度-1和毒性终点浓度-2，环境影响可以接受。

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

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烟气，其中，施工扬尘防治措施包括洒水抑尘、围挡、施工场地保持清洁并进行覆盖、避免大风作业、及时清运垃圾等对策，同时包括提高管理水平，加强现场施工管理等，具体措施详见5.2.1节。

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

10.1.1.2 施工期水污染防治措施

施工期施工废水和生活污水污染物种类简单，含量较低。项目施工废水主要为设备清洗和水泥养护排水，用于施工场地洒水抑尘。施工期作业人员产生的生活杂用水及洗漱废水，作业人员的生活区主要为租用周边民宅，其生活污水依托于民宅处理。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

施工期降噪措施包括：选择低噪设备，并及时对其进行保养，从源头上降低声源；对于噪声较高的设备，采取加装减震设备或隔音罩的方法降噪，另加强管理，尽量避免夜间施工。

10.1.2 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，150 m 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。以上施工期工程措施已在多个施工场地中得到广泛应用，其措施是可行的。

10.1.2.2 施工期水污染防治措施可行性分析

本项目施工废水和生活污水污染物种类简单，含量较低，可用于场地洒水抑尘。施工期作业人员的生活区主要为租用周边民宅，其生活污水依托于民宅处理。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，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。

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

建筑施工通常分为四个阶段，即土方阶段、基础阶段、结构阶段和装修阶段，每一阶段所采用的施工机械不同，对外界环境造成的噪声污染水平也不同，各阶段主要高噪声设备污染源及预测结果见表 10.1-2。

由表可知，施工噪声因施工机械不同，影响的范围相差很大，但通常距离 180 m 即可满足 GB12523-2011 标准要求；为进一步降低噪声污染，应选择优质的低噪声设备，并加强保养，对个别的噪声设备较高的设备加装消声器及减震设备等，并加强管理，避免大噪音设备夜间施工，经采取上述措施后，在施工场界处噪声可以满足昼间 $\leq 70\text{dB}(\text{A})$ ，夜间 $\leq 55\text{dB}(\text{A})$ 的要求；且施工场地距最近居民点距离为 400m，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。

表 10.1-2 施工噪声源及不同距离的噪声级 单位：dB (A)

序号	施工阶段	设备名称	预测点距离 (m)					达标距离 (m)	
			5	10	20	50	100	昼间	夜间
1	打桩	冲击式打桩机	100	94	88	80	74	158	禁止 施工
2		冲击式钻井机	90	84	78	70	64	50	
3	结构	混凝土搅拌机	80	74	68	60	52	16	89
4		混凝土输送泵	80	74	68	60	54	16	89
5		混凝土振捣机	86	80	74	66	60	32	178
6	土石方	装载机	85	79	73	65	59	28	158

序号	施工阶段	设备名称	预测点距离 (m)					达标距离 (m)	
			5	10	20	50	100	昼间	夜间
7		挖掘机	84	78	72	64	58	25	141
8		平地机	85	79	73	65	59	28	158
9		推土机	84	78	72	64	58	25	141
10		压路机	80	74	68	60	54	16	89
11	装修	电锯	86	80	74	66	60	32	178
12		空压机	84	78	72	64	58	25	141

10.2 运行期环境保护措施及其可行性论证

10.2.1 运行期环境保护措施

10.2.1.1 运行期大气污染防治措施

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

运行期蒸发池废液蒸发产生的 ^{222}Rn 以及集液池（封闭结构）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反冲废水、解毒液、转型液以及实验废水，产生量为 $140504\text{m}^3/\text{a}$ ，全部输送至蒸发池蒸发处理。本项目蒸发池蒸发面积为 78000m^2 ，年实际蒸发量约为 $143028.6\text{m}^3/\text{a}$ ，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；蒸发池四周各布设 1 个潜水含水层监测井。

2) 流散浸出液

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

3) 洗井废水

洗井废水采用移动式环保洗井工作站处理，处理后的澄清液回收至集液

池，废渣运至蒸发池。

4) 生活污水

本项目在水冶厂区和现场办公及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

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

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， $U_{\text{天然}}$ 含量为 18mg/kg，最终集中挖除统一填埋或分别就地掩埋等。

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，待退役时运至审管部门认可的废旧金属处理中心处理。

本项目非放射性固体废物为工作人员日常生活产生的生活垃圾，定期由垃圾处理车外运交由环卫部门处理。

本项目运行期固体废物污染防治措施具体详见“5.2.3”小节。

10.2.1.4 运行期噪声污染防治措施

本项目噪声源主要为水冶厂的泵类、风机等，单机噪声源强均 $\leq 100\text{dB}$ （A）。本项目在选取设备时尽量选用低噪声的设备。噪声较大的设备安装在室内，采取墙体隔声的措施来降低噪声。空压机、风机等均采取隔声、减振措施。

10.2.1.5 运行期其他环保措施

1) 防止跑冒滴漏的措施

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

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

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

(4) 生产线采用密闭设备和管线，抽液管道、注液管道等均设有流量和压力的自动检测和报警装置，确保物料始终处于安全控制中，并在装置设备管线连接处采用密封垫片，有效地减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 410m，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 PVC 管，PVC 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) 清除场内妨碍土工膜安全的各种杂物。

(3) 施工前对土工膜进行检验，经检验质量不合格或不符合设计要求的，不得投入使用。

(4) 土工膜的运输和贮存应符合相关规定要求。

(5) 土工膜支持层应平整光滑，基底应密实均匀。

(6) 土工膜室外施工宜在气温 5℃ 以上、风力 4 级以下并无雨、无雪天气进行。

(7) 土工膜铺设过程中应进行搭接宽度和焊缝的质量控制。

(8) 施工中保护土工膜不受破坏，车辆不得直接在土工膜上碾压。

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，浸出液处理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；集液池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 $6.53 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，远低于本项目公众照射剂量约束值 0.3mSv/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

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

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

因此，上述非放射性废气的处理措施是可行的。

10.2.2.2 运行期水污染防治措施可行性论证

1) 工艺废水处理措施可行性分析

(1) 蒸发池蒸发量可行性分析

项目所在地的近年来的平均蒸发量为 2486mm，平均降水量为 279.4mm。在进行大面积水体水面蒸发量计算时需要考虑折算系数，鄂尔多斯地区大面积水面蒸发与陆面效蒸发皿的折算系数为 0.85，本项目新建蒸发池净蒸发面积为 78000m^2 。据此计算蒸发池年实际蒸发水量计算公式如下：

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

式中：

E ——年蒸发量， m^3/a ；

e ——年均蒸发量，取 2486mm；

α ——折算系数，取 0.85；

r ——降水量，取 279.4mm；

s——蒸发池净蒸发面积，取 78000m²；

t——时间，a。

经过计算可知，本项目蒸发池年实际蒸发量约为 143028.6m³/a，运送至蒸发池的废水量共计 140504m³/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。

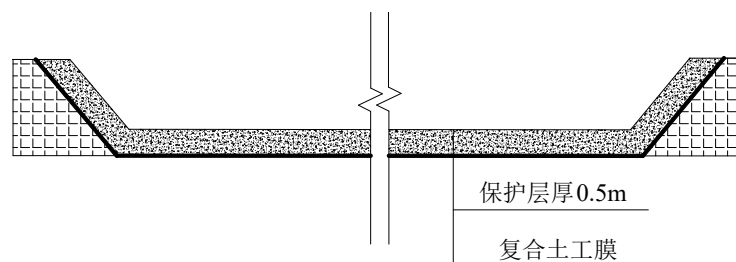


图 10.2-1 蒸发池防渗结构示意图

(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，在蒸发池四周各布设 1 个地下水监测井，定期对监测井中的地下水进行取样监测，一旦发现监测数据异常，及时对蒸发池防渗层进行检测，若单个蒸发池泄漏，可及时将蒸发池中的废水泵至其他蒸发池，及时对泄漏的蒸发池进行处理。

(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：

a) 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；

b) 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；

c) 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；

d) 蒸发池四周竖立安全警示标语牌；

e) 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；

f) 每日不定期对蒸发池进行巡检，发现异常及时上报处理；

g) 井场停产后，蒸发池及时进行退役治理，减小污染；

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

2) 流散浸出液防治措施可行性分析

(1) 防护措施可行性分析

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

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

另外，本项目在井场外围和矿床上下含水层中设置了监测井，根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）和本次评价地下水环境影响预测结果布设地下水监测井，布设方案为：

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），含矿含

水层应在采区四周边界井之外 50 m~150 m 范围内布置地下水监测井，其下游监测井还应至少延伸至 300 m。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 139m，上游最大迁移距离为 63m，侧向最大迁移距离 79m。因此，确定含矿含水层地下水监测井的布设原则为：距采区边界上游 90m、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 21 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 18 个采区，每个采区布置 1 个上含水层监测井，共布置 18 个。下含水层共分散布置 3 个监测井。

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，若上下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

本项目为纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程，该项目所在区域内现有正在运行的纳岭沟铀矿床条件试验及扩大试验，条件试验自 2013 年 12 月开展，扩大试验于 2016 年开展，原条件试验纳入扩大试验，至今一直处于运行状态。该试验与本工程开采层位一致，水文地质条件一致，自试验开展以来，中核内蒙古矿冶有限公司持续对试验采区上游、下游、两侧及上含水层中的监测井进行了监测。试验区附近共有 7 个监测井，分布图见图 10.2-2。下面选取各

方位监测井对其浸出液流散控制效果进行分析，各监测井地下水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度随时间变化趋势见图 10.2-3~10.2-6。

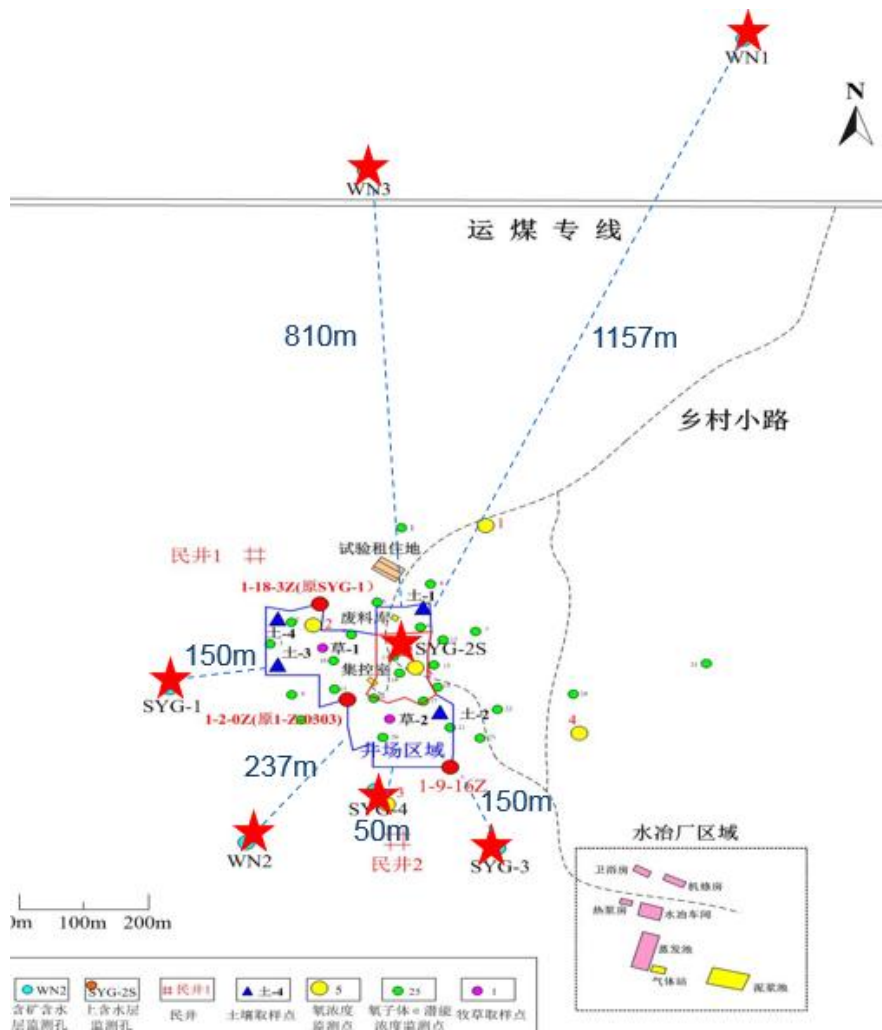


图 10.2-2 扩大试验监测井分布图

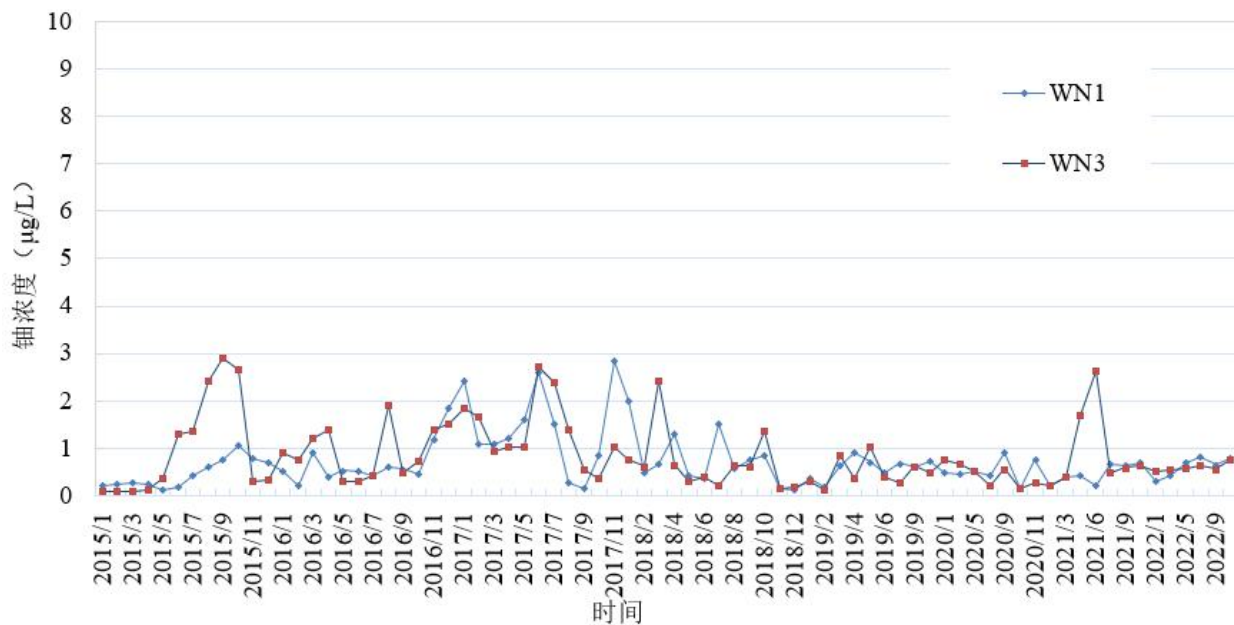


图 10.2-3 上游监测井 U_{天然} 监测数据

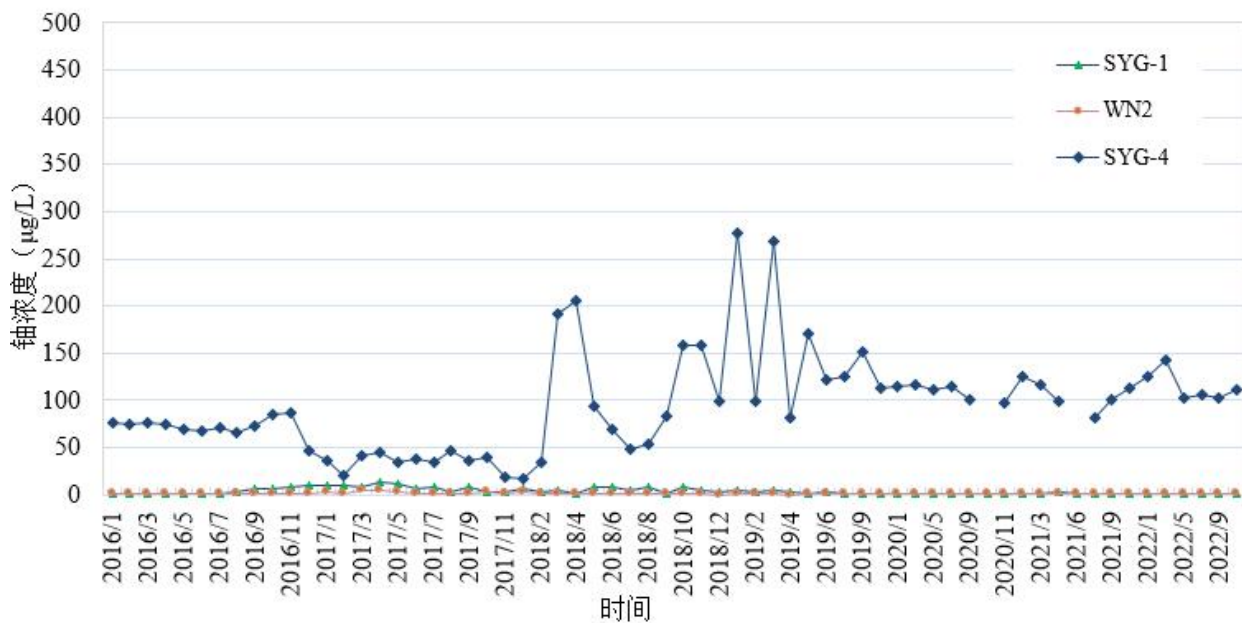


图 10.2-4 下游监测井 U_{天然} 监测数据

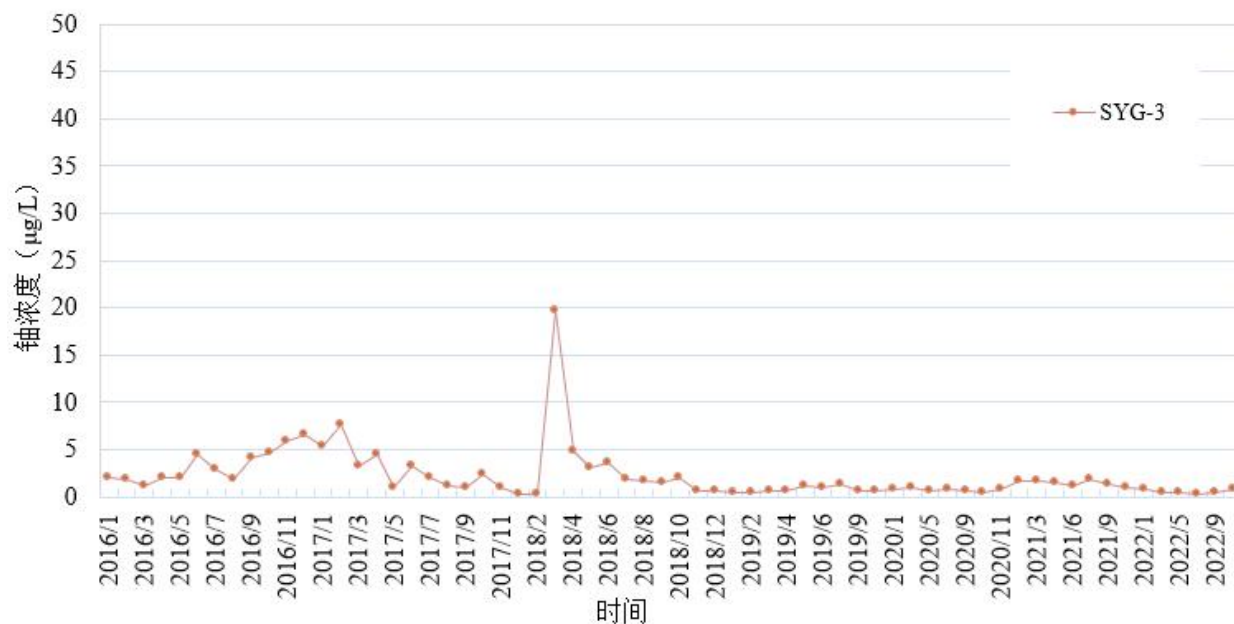


图 10.2-5 侧向监测井 U_{天然} 监测数据

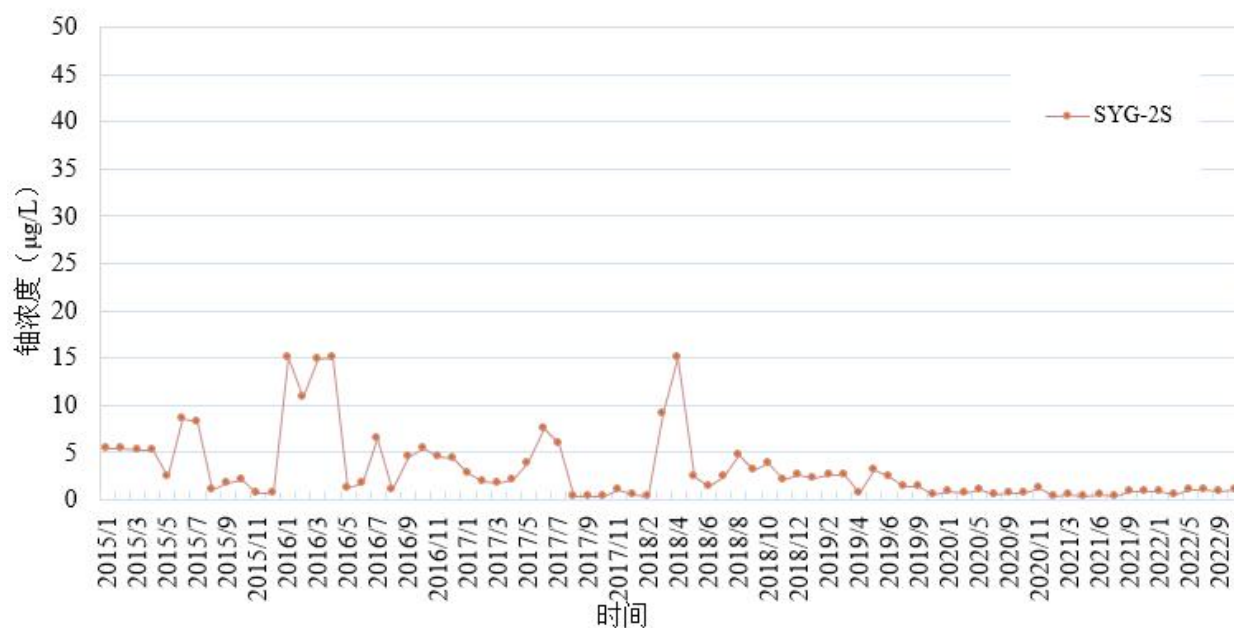


图 10.2-6 上层监测井 U_{天然} 监测数据

由图可知：纳岭沟铀矿扩大试验含矿含水层监测井 SYG-4 位于地下水下游约 50m 处，距离井场较近，随着抽注流量参数的调整，其 U_{天然} 浓度起伏波动变化较大，但总体与本底水平保持一致。除 SYG-4 以外（50m），其余含矿含水层监测井 U_{天然} 浓度基本趋于平稳状态，与本底水平一致，说明纳岭沟铀矿扩大试验的地下水环境影响范围可稳定控制在 150m 以内。纳岭沟扩大试验上含水层监测井，U_{天然} 浓度基本与本底水平一致，说明纳岭沟铀矿扩大试验

未对上含水层地下水产生影响。本项目与扩大试验的矿体层位一致，水文地质条件一致，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，类比扩大试验监测数据可知，纳岭沟地浸采铀工程的浸出液流散控制措施和控制效果是可行的。

3) 洗井废水处理措施可行性分析

洗井废水采用移动式环保洗井工作站处理，该洗井工作站是专门用于收集、处理洗井废水的环保设备，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，澄清液回收至集液池，废渣排入蒸发池处理。

4) 生活污水处理措施可行性分析

本项目在水冶厂区和现场办公及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 A/O 法，该套设施包括调节池、厌氧酸化池、好氧池和沉淀池。首先，调节池内设置提升泵，将污水提升到厌氧酸化池，于池内厌氧酸化处理 3h 以上，然后自流到好氧池，然后利用离心式潜水泵曝气设备作好氧处理，曝气时间大于 4.5h，污水最终自流到沉淀池。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。

10.2.2.3 运行期固体废物污染防治措施可行性论证

1) 钻井泥浆处理措施可行性分析

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

2) 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 $2.67 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，放射性固废废物量约为 58518t， $U_{\text{天然}}$ 的比活度为 456Bq/kg ，换算为质量浓度，约为 $18 \text{mg} (U_{\text{天然}}) / \text{kg} (\text{土壤})$ ，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。

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废旧管道、设备约 4t/a，本项目生产期 12a，合计约 48t，运行期间暂存于固体废物库内，固体废物库有效容积约 1944m³，库容满足要求。固体废物库作了防渗处理，防止污染物下渗污染土壤及地下水；固体废物库设置工业电视监控系统，可及时发现事故隐患，避免环境风险事故发生，措施可行。

项目终产后，放射性金属固体废物去污或运至审管部门认可的废旧金属处理中心处理，处置措施可行。

4) 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，处理方式不会对周围环境产生不利影响，处置去向明确，因此处理措施可行。

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居民贺家，噪声源项为浸出液处理厂房通风机和空压机等，两者之间距离约 400m。根据预测结果，该居民点所受噪声影响很小，环境噪声可以满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类区标准限值要求。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。内蒙古鄂尔多斯砂岩型铀矿属于三个千吨级大基地之一，纳岭沟铀矿床是鄂尔多斯铀矿大基地的主要资源。该工程的建设不仅可保证天然铀供给，保障核电业的发展，同时也会带动当地相关产业的发展，对支持国民经济可持续发展和国家清洁能源政策发展以及生态环境的改善具有极其深远的意义。

除此之外，内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀方法，与常规采矿方法比较，有较好的环境优势，主要表现在：

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

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

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

(4) 不破坏当地的自然景观：地浸采铀地表设施简单，只有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，有效地降低了环境负面影响，主要体现如下：

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

从气载途径剂量估算结果来看，本项目生产期气载放射性流出物所致周边居民点空气中的 ^{222}Rn 贡献浓度最大为 $3.05 \times 10^{-1} \text{Bq/m}^3$ ，与周边居民点 ^{222}Rn 浓度现状监测值 $11.5 \sim 18.5 \text{Bq/m}^3$ 相比，贡献率很小，对周围居民点公众剂量值最大为 $6.53 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，占剂量约束值 0.3mSv/a 的 2.18%，远小于本项目设定的剂量约束值。可见，本项目产生的气载放射性流出物对大气环境的负面影响较小。

(2) 本项目通过科学设置生产钻孔、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降低污染，美化环境的作用。

11.2 环境保护投资分析

本项目环境保护设施主要由以下部分组成：

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

本项目主要环境保护设施投资详见表 11.2-1。

表 11.2-1 本项目环境保护设施投资一览表

类别	污染源	环保设施	投资 (万元)
废气	工作场所氡及非放废气	厂房通风系统	115.14
废水	工艺废水、生活污水、事故废水	蒸发池、事故池、事故槽、废液回收车、生活污水处理设施	2030.61
地下水	浸出剂扩散	监测井（首采区）	939
		监测井（备采区）	2086
固废	生活垃圾	分类收集、处理，外运生活垃圾填埋场	15
	钻井泥浆	泥浆压滤设施、泥饼池	100
噪声	风机、泵类	选用低噪声设备，减振，加装消声器等	50
生态	绿化	植树种草	392.55
环境风险	盐酸和双氧水储罐泄漏	围堰	43
监测设备	监测	辐射及环境监测设备	27.55
合 计			6071.03

本项目建设投资 155612.85 万元，其中环保投资 6071.03 万元，占工程建设总投资的 3.90%；其中项目用于废水污染治理和浸出剂扩散的费用占环保投资的 83.27%。由此可见，本项目环保投资主要集中于防止水体污染，符合该项目污染治理的特点，因此，本项目的环境保护投资及其比例较为合理。

11.3 小结

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

12 环境管理及监测计划

12.1 环境管理

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

12.1.1 环境管理机构

本项目的环境管理主要集中在施工期以及运行期阶段。

本项目施工期为 3a，施工期环境管理可实行分级管理制度，中核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 监测点位、项目及频度

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、贺家		1 次/季度	TSP
噪声	厂界四周		1 次/季度	昼夜等效连续 A 声级
	钻孔施工 200m 范围内居民点		1 次/钻孔施工期间	
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、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、Cl ⁻ 、Mn；
		①含矿含水层上游、下游及两侧方向监测井； ②上层及下层监测井。	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	浸出液处理厂房	^{222}Rn 及其子体浓度	1次/季
2	气载流出物	集液池排气孔	^{222}Rn 及其子体浓度	1次/季

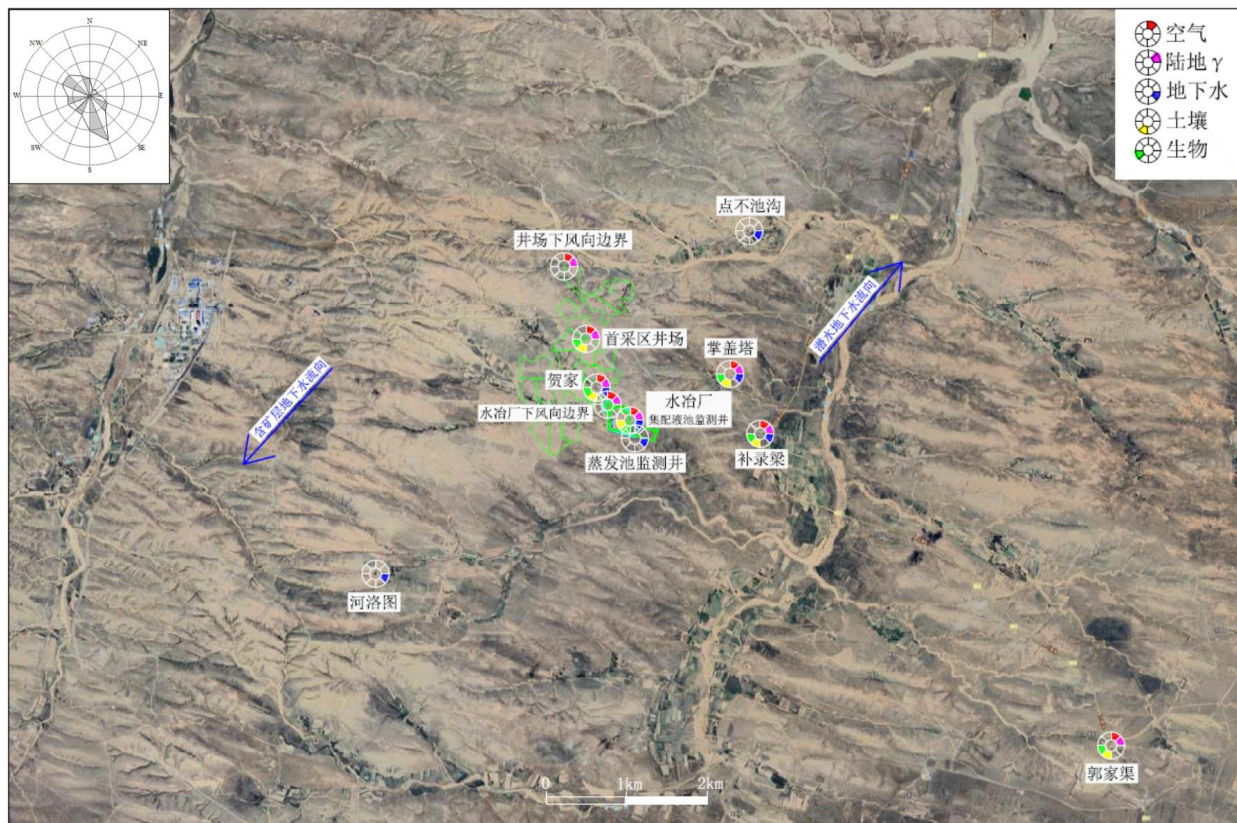
3) 常规环境监测

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：贺家、掌盖塔、补录梁； ③对照点：郭家渠。	^{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：贺家、掌盖塔、补录梁、点不池沟。 ②对照点：河洛图。	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、总 α 、总 β	1次/年
		①含矿含水层监测井； ②采区含矿含水层上层监测井； ③采区含矿含水层下层监测井； ④配、集液池和蒸发池监测井。	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、pH、Mn	1次/半年
4	土壤	①居民点土壤：贺家、掌盖塔、补录梁； ②对照点土壤：郭家渠。	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、Cd、As	1次/半年
5	噪声	厂界四周	昼夜等效连续 A 声级	1次/半年
6	生物	①居民点玉米或牧草：贺家、掌盖塔、补录梁； ②对照点玉米或牧草：郭家渠。	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po	植物生长长期监测 1次



注：由于含矿含水层及上下含水层地下水监测井数量较多，在图中未标注井场外围地下水监测井，其点位详见表 12.2-3。

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

(4) 居民监测点的空气采样，除室外空气样品外还包括一定数量的室内

空气样品，室内空气、氦和氦子体样品采样，采样头应尽量放置在房间中央，离地板 1.5m 处。

2) 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) 在农田的采样点应采集次表面土壤样。采样深度为 1m，按 0~15cm、15~60cm 分层采取。

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

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

(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	氡气浓度	《环境空气中氡的测量方法》HJ 1212-2021	RAD7 α 能谱氡气检测仪	0.1pCi/L
	氡子体浓度	《环境空气中氡的测量方法》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 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2011	BH3103B 便携式 X- γ 剂量率仪	1.0nGy/h
地下水	U _{天然}	《环境样品中微量铀的分析方法》HJ 840-2017	MUA 激光荧光铀分析仪	0.1ug/L
			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
			PHS-25 酸度计	/
	pH	《水质 pH 值的测定 电极法》HJ1147-2020	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	
土壤	U _{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 ug/g
	²²⁶ Ra	《岩石样品 ²²⁶ Ra 的测定》GB/T13073-2010	PC2100 镭氡分析仪	5.0 Bq/kg
噪声	昼夜等效连续 A 声级	《声环境质量标准 第 6 部分 环境噪声监测要求》GB3096-2008	声级计	/
生物	U _{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	0.10ug/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

资质的单位进行监测承担。

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，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	浸出液处理 厂房	氨气、 酸雾	全面通风系统	1 套	—	—
水污染防治	流散浸出剂	U _{天然} 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻	监测井	43 个	监测井布置完成	
	工艺废水、 实验废水	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra 等	蒸发池	5 座	蒸发面积 78000m ² ，有效池深 1.3m，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。	
	生活废水	氨氮、BOD ₅ 等	污水处理设施	2 处	满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》 (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	5 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 中 2 类标准
事故/ 风险防 范	盐酸储罐区		设置围堰	—	置整体围堰，尺寸为 27.5m×13m×1.0m， 内侧壁及地面作防渗、防腐处理。	
	浸出液处理厂房		废水事故槽	2 个	钢衬 PO 材质，尺寸 DN3600×4500	
			树脂事故槽	1 个		
	管道桁架		事故贮池	2 个	地下钢筋混凝土池，尺寸 9.9m×9.9m ×3.5m，池内表面衬环氧玻璃钢，池外 表面刷防水砂浆。	
	集液池		地下水监测井	1 个	监测井布置完成	
	配液池			1 个		
蒸发池		4 个				
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	
	集液池、柴油罐		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、公共辅助三大模块, 并将模块划分为不同的功能区块, 各功能区按照工艺操作划分为不同单元, 实现总体布局模块化, 做到功能区分合理, 便于将来的退役治理。

2) 设计中围绕水冶主厂房, 将生产性质相同、功能相近, 工艺联系密切的设施集成为整体设施, 减少物料运输距离及环境污染风险, 同时降低占地面积, 减少退役时清污范围。

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

4) 设计选用抗震、抗压、高强度钢骨架复合管, 管与管壁之间的环状间隙及钻孔底部采用防渗、抗震的混凝土填充与密封, 使矿层段与其上、下的所有含水层隔绝; 钻孔施工过程中, 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 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、Cl⁻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 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 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 $30\text{m}\sim 50\text{m}$ 。

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 17.05hm^2 。
- 4) 蒸发池 5 座：总占地面积约 8.16hm^2 。
- 5) 污染建构筑物：约 26 座，占地面积约 43223m^2 ，建筑垃圾约 7800m^3 。
- 6) 污染设备管线：污染设备约 510 台，污染管线约 750000m 。

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 $0.74\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$ 。

3) 土壤中 ^{226}Ra 残留量控制值

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020), 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标准要求。

5) 放射性表面污染控制水平

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020), 本项目中无利用价值的金属设备、管线等经去污处理后, 其表面 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（5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
污染建构筑物		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。对资源枯竭的终采区，立即对其进行退役治理。由于修复过程中需要对含矿层进行抽注循环及注入还原剂，会改变局部的地下水氧化还原环境。为避免退役采区抽注施工对生产采区的地浸生产产生影响，在终采采区与生产采区之间需保留一定范围的过渡采区，待其附近的备采区生产结束后再对其进行退役治理。

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。

根据国外经验，一般在采取上述步骤并抽取约 10 个孔隙体积的水后，地下水可得到有效的修复。由于本项目浸出剂为 CO_2+O_2 ，铀以外的元素的浸出程度以及地下水的污染程度较酸性浸出小得多。在生产时，利用氧化剂将矿层中的四价铀氧化成易溶于水的六价铀，实现铀元素的浸出，在地下水修复时，由于加入了还原剂，矿层中的氧化还原状态将发生变化，水化学环境由氧化环境转化为还原环境，绝大多数的六价铀会被再次还原为四价铀，从水相中转入固相，继续停留在矿层中。因此，采取上述地下水修复工作后，地下水中的铀可以得到较好的去除，使水质恢复到接近开采之前的水平。

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

14 结论与建议

14.1 结论

14.1.1 项目基本情况

内蒙古纳岭沟铀矿床位于内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗，是中核内蒙古矿业有限公司在内蒙古鄂尔多斯市新开发的矿点之一，属可地浸砂岩铀矿，该铀矿床的建设，对于内蒙古鄂尔多斯千吨级铀矿大基地的建设和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、现场办公及倒班宿舍区、厂外工程和远程控制中心。本项目建设投资155612.85万元，其中环保投资6071.03万元，占工程建设总投资的3.90%。

14.1.2 环境质量状况

根据本项目现状监测结果，本项目及周边居民点的天然贯穿辐射剂量率、氡及其子体浓度处于环境本底水平；空气中TSP浓度满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求吗，HCl满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录D要求；矿区周边居民点潜水层及含矿层地下水中放射性核素浓度位于本底水平，非放射性指标总体满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中Ⅲ类标准，个别因子背景值较高；拟建场址及其周边土壤放射性核素含量处于区域本底水平，井场及周边居民点土壤满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）污染风险筛选值标准，拟建水冶厂非放监测指标均满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地污染风险筛选值的标准要求；本项目拟建场址及周边居民点牧草样品中放射性核素的含量均与对照点位于同一水平；周边居民点环境噪声值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类声环境功能区噪声标准。

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

本项目井场区共布置 63 个分采区，设置钻孔 8604 个。其中，抽出井 2298 个，注入井 6134 个，监测井 172 个。其中，首采段布置 18 个分采区，钻孔 1675 个，其中抽出井 498 个，注入井 1134 个，监测井 43 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地浸浸出液→过滤→吸附→淋洗→酸化→沉淀、沉降→过滤、洗涤→“111”产品。

14.1.3.3 运行期污染物的产生及处理

1) 废气

(1) 集液池废气：集液池释放的放射性废气为氦气，年排放量为 $2.43 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ 。

(2) 浸出液处理厂房废气：浸出液处理厂房产生的放射性废气为氦气，年释放量为 $7.03 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。

(3) 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 $1.48 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。

(4) 盐酸库废气：盐酸库 HCl 气体主要来源于盐酸库储罐的呼吸排放和物料装卸过程中的少量泄漏，废气排放量为 0.0053kg/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反冲废水、解毒液、转型液以及实验废水，产生量为 $401.44 \text{m}^3/\text{d}$ ，年产生量 $140504 \text{m}^3/\text{a}$ ，全部输送至蒸发池蒸发处理。本项目设 5 座蒸发池，蒸发面积 78000m^2 ，年实际蒸发量约为 $143028.6 \text{m}^3/\text{a}$ ，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：采用移动式环保洗井工作站处理，处理后的澄清液回收至集液池，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 54.14m³/d。生活污水经地理式一体化污水处理设施处理后达到《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。

3) 固体废物

(1) 钻井泥浆：本项目在生产井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 69290m³，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 58518t，U_{天然}浓度约为 18mg/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 42t/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水冶厂的泵类、风机等，单机噪声源强均≤100dB(A)。经处理后在厂界可以达标《工业企业厂界环境噪声排放标准》(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；非矿段岩芯运至泥饼池，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，滤液运至新钻井机台配置钻井液，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 ^{222}Rn 对周围公众产生的吸入内照射，对本项目设施的公众剂量分别进行了评价。

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 $6.53 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，出现在NW方位、0~1km子区，关键居民点为纳岭沟。最大个人剂量占个人剂量约束值 0.3mSv/a 的2.18%，小于本项目设定的剂量约束值。20km范围内的集体剂量为 $1.65 \times 10^{-3} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

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

应用GMS地下水迁移数值模拟软件对生产期间井场地下水环境影响进行了预测评价。以 0mg/L 为边界浓度，至采区服务期末时， $U_{\text{天然}}$ 、Cl⁻及Mn在地下水水流方向向下游的迁移距离分别为127m、139m和117m；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

盐酸库无组织排放的 HCl 在东、南、西、北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，对周围环境影响较小。且对周边居民点空气中 HCl 的贡献值较小，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018) 中附录 D 其他污染物空气质量浓度参考限值的要求，可见对厂区周围居民点的环境空气质量影响较小。

2) 水环境

生活污水经污水处理设施处理，BOD₅、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，不会对项目周边的水环境产生影响。

3) 噪声

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

4) 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。

盐酸储罐泄漏后环境影响预测结果表明：在最不利气象条件下，毒性终点浓度-1 影响距离为 54.0m，毒性终点浓度-2 影响距离为 165.9m，该范围内均无居民点；最近居民点贺家处最大浓度为 8.58mg/m³，低于毒性终点浓度-1 和毒性终点浓度-2，环境影响可以接受。

蒸发池泄漏后环境影响预测结果表明，随着泄漏时间的延长，污染晕逐渐向蒸发池周围扩散，生产期末第 12a 时，以 0mg/L 为界，蒸发池泄漏核素 $U_{\text{天然}}$ 向地下水下游最大迁移距离约为 21m。第 100a 时， $U_{\text{天然}}$ 向下游最大迁移距离为 77m。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。

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，对于制定的辐射环境保护措施，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，内蒙古纳岭沟铀矿床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管理目标值的要求，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) 项目建设应严格执行工程基本建设程序和“三同时”制度，环保设施做到与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

2) 施工过程中严格按照钻井泥浆处理措施实施，并加强钻井泥浆的管理，从而减少对环境的影响。

3) 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。

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

附录一 气态途径辐射环境影响预测模式与参数

一、大气扩散模式

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

AERMOD 中既适用于 CBL 也适用于 SBL 的通用浓度公式为：

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

式中：

Q—源强，即污染物单位时间排放量；

u—有效风速；

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

1) 对流条件下 CBL 中的浓度

对于本项目来说，主要考虑地面直接源对下风向浓度的影响，其浓度计
算公式为：

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

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， $F_y = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_v}} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_v^2}\right)$ ；

j=1 或 2，分别代表上升和下沉部分。

2) 稳定条件下 SBL 中的浓度

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

式中：

z_{ieff} —有效机械混合层高度；

h_{es} —烟羽高度（烟囱高度加烟气抬升高度）；

F_y —横向分布函数（有迂回）。

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

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

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， $g/m^2 \cdot s$ ；

K —单位转换系数；

D —污染物衰减项；

σ_y —水平扩散系数，m；

σ_z —垂直扩散系数，m；

u_s —排放源高度处的风速，m/s；

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

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

二、剂量估算模式

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

1) 公众个人剂量

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

式中：

C_{Rn} — ^{222}Rn 浓度， Bq/m^3 ；

T —受照时间，h，全年取 8760h；

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

2) 公众集体剂量

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》和中华人民共和国国务院令 第 253 号《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，现委托贵单位承担《中核内蒙古矿业有限公司内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程环境影响报告书》的编制工作，请根据国家法律法规要求尽快开展工作。

特此委托。



鄂尔多斯市自然资源局文件

ᠡᠯᠠᠳᠤᠰᠤ ᠰᠢ ᠨᠠᠵᠢᠷᠠᠭᠤᠰᠤ ᠨᠠᠵᠢᠷᠠᠭᠤᠰᠤ ᠨᠠᠵᠢᠷᠠᠭᠤᠰᠤ

鄂自然资字〔2022〕1287号

签发人：马二喜

鄂尔多斯市自然资源局关于达拉特旗 纳岭沟铀矿探矿权新立 申请核查意见的报告

自治区自然资源厅：

根据《国土资源部关于进一步规范矿业权申请资料的通知》（国土资规〔2017〕15号）要求及达拉特旗自然资源局初步核查意见，我局对中核内蒙古矿业有限公司提交的纳岭沟铀矿探矿权新立申请有关情况进行了核查，该申请属自然资源部发证权限，现将核实情况报告如下：

一、纳岭沟铀矿矿床位于达拉特旗恩格贝镇补碌梁村，

— 1 —

申请勘查矿种为铀，申请区块面积 18.06 平方千米，区块坐标通过电子政务系统报送。

二、申请区块范围与神华集团有限责任公司塔然高勒煤矿（采矿许可证号：C1000002012061110126071）、鄂尔多斯盆地北部东胜气田采矿权（采矿许可证号：0200001710013）重叠，中核内蒙古矿业有限公司已与上述矿业权人签订了互不影响和权益保护协议。

三、申请区块范围不涉及国家出资探明的矿产地。

四、矿业权出让收益暂未处置。

五、申请区块范围不涉及水源地保护区、拟划定生态保护红线、城镇规划区。不在各类自然保护地、国家地质公园等限制禁止开采区范围内。

六、申请区块范围涉及基本农田，铀资源属国家战略性矿产，申请人需严格落实《自然资源部农业农村部关于加强和改进永久基本农田保护工作的通知》（〔2019〕1号）要求落实基本农田保护措施。

七、申请区块范围符合矿产资源总体规划和相关产业政策要求。

八、截止目前，尚未发现申请人存在自然资源领域违法违规行。

九、根据《鄂尔多斯市人民政府关于协助核查拟纳入出让备选库区块情况补充说明的函》（鄂府函〔2022〕405号）、《内蒙古自治区自然资源厅关于报送鄂尔多斯市达拉特旗纳岭沟铀矿详查拟纳入出让备选区块补充核查意见的函》

(内自然资函〔2022〕942号), 达拉特旗纳岭沟区块纳入自然资源部拟出让铀矿备选库。根据上述核查情况, 我局同意该探矿权新立申请。上报厅进一步审核。

附件:《达拉特旗自然资源局关于达拉特旗纳岭沟铀矿探矿权新立申请核查意见的报告》(达自然资字〔2022〕1041号)



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。

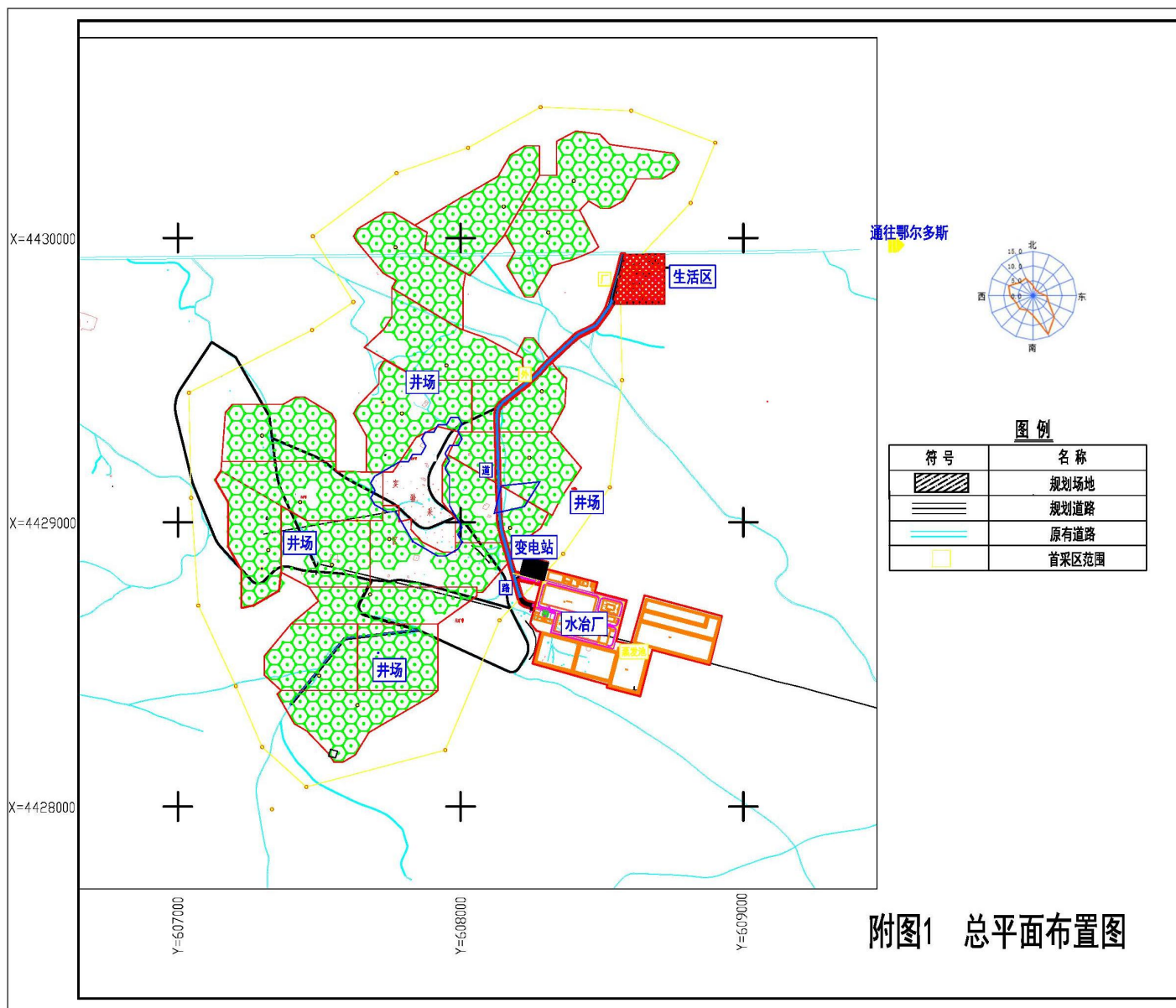
三、辐射环境执行下列标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

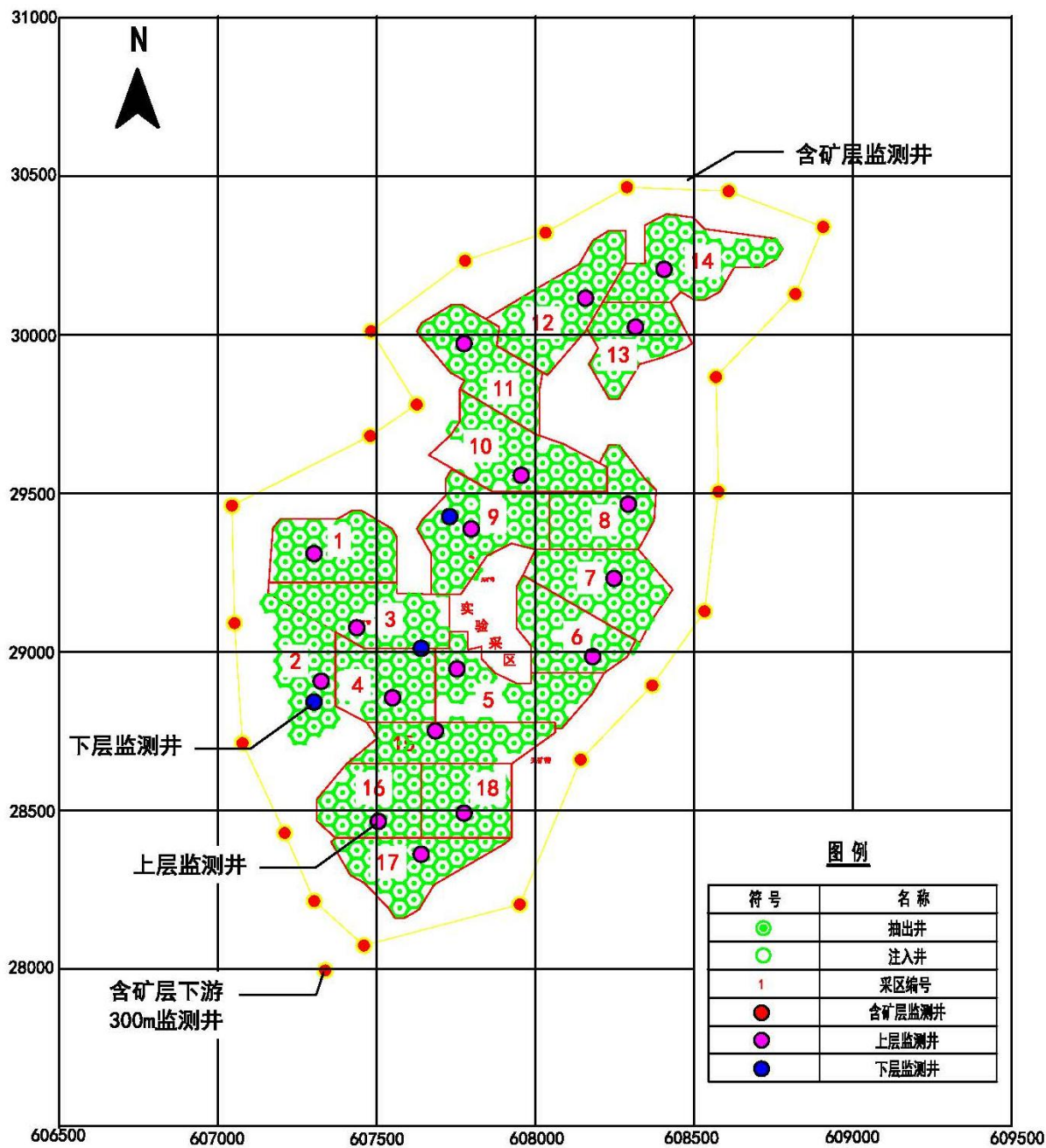
2. 《铀矿冶辐射防护与辐射环境保护规定》（GB23727-2020）；

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

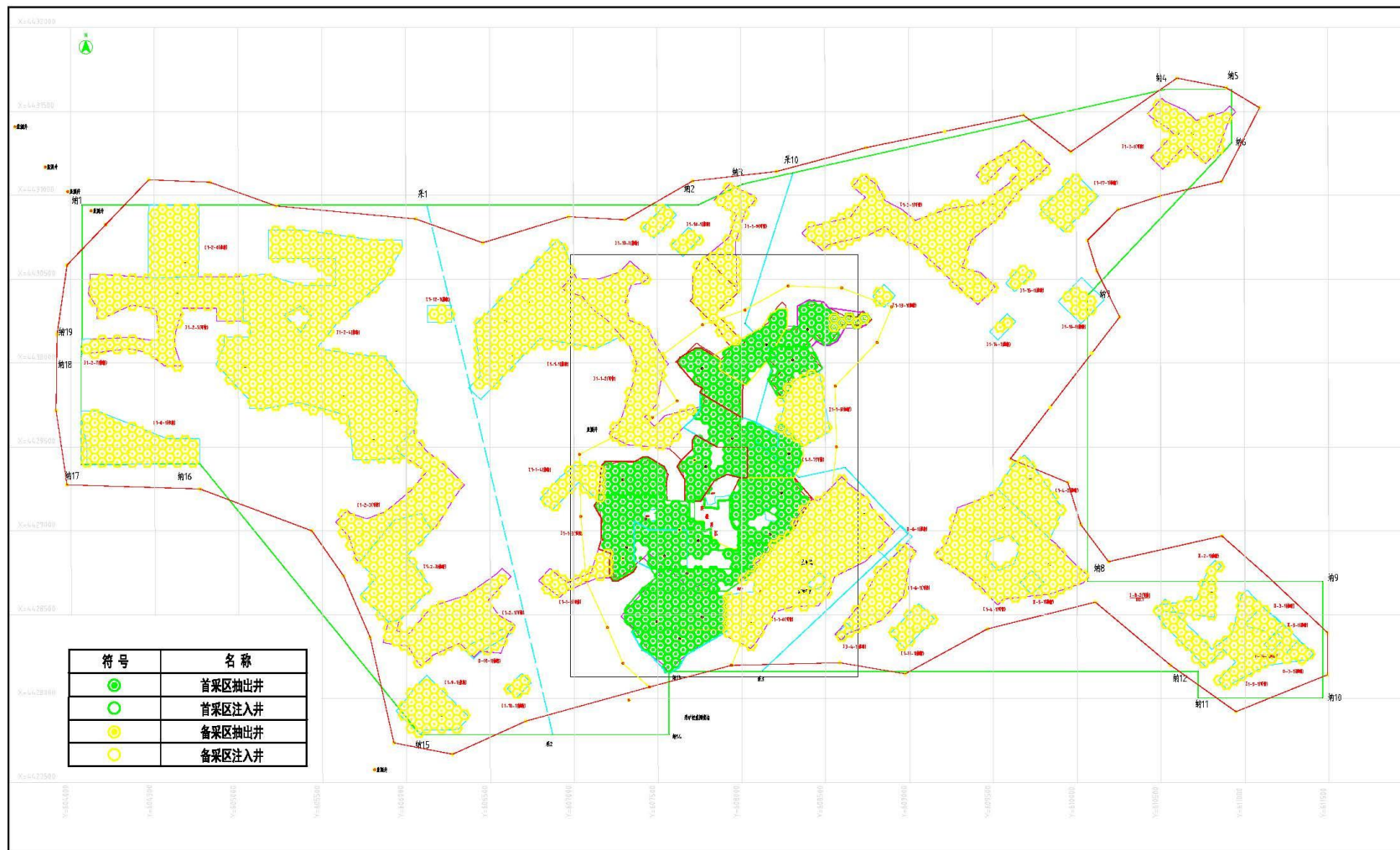




附图1 总平面布置图



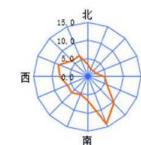
附图2 首采区钻孔布置图



附图3 井场钻孔布置图



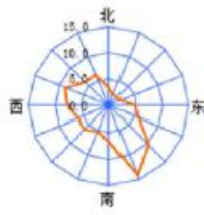
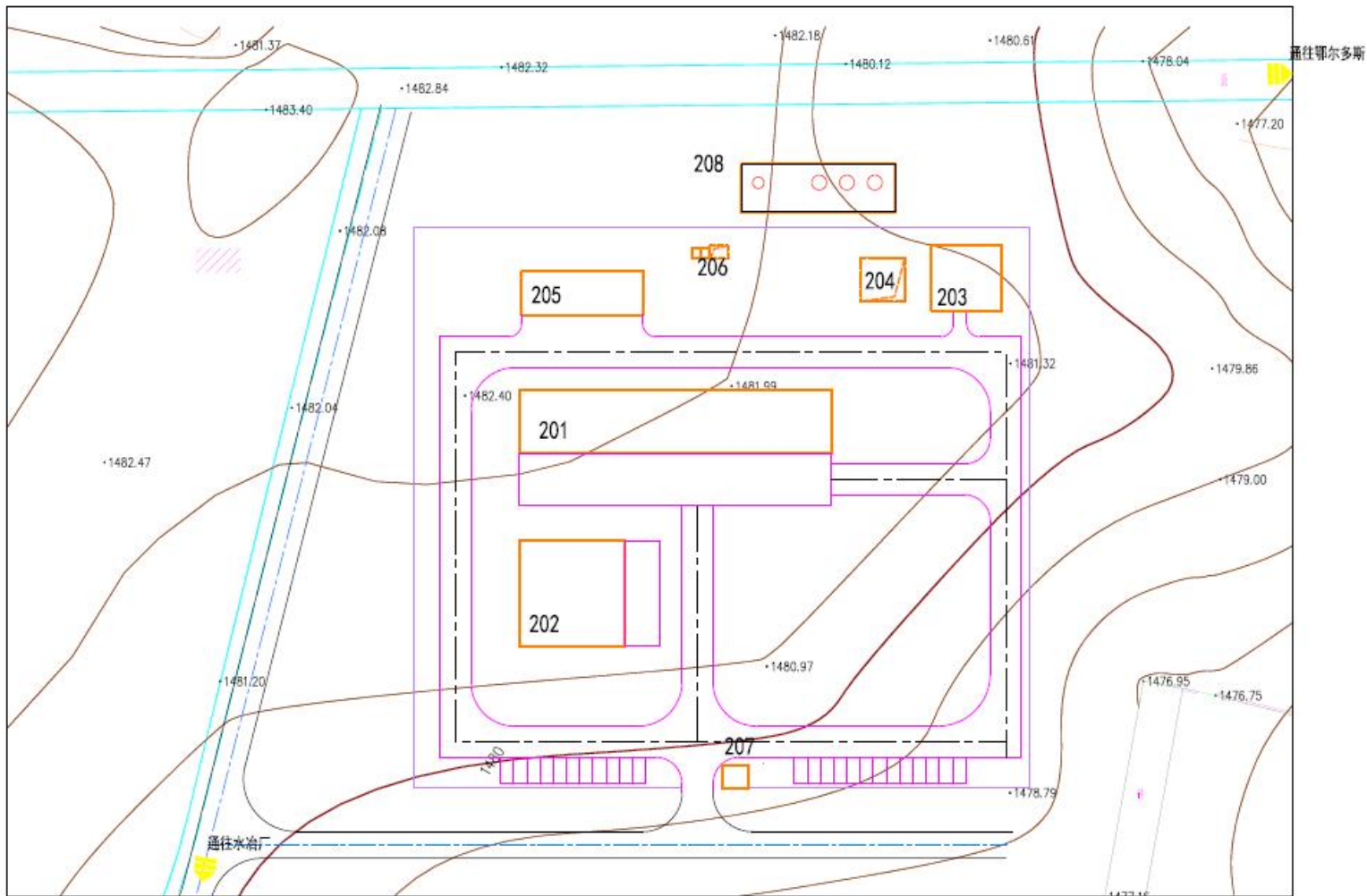
北



建筑物一览表

编号	建筑物名称	备注
101	浸出液处理厂房	新建
102	集配液设施	新建
103	集液池	新建
104	配液池	新建
105	气体站	新建
106	生产辅助设施	新建
107	双氧水库	新建
108	盐酸库	新建
109	分析测试中心	新建
110	消防水池	新建
111	淋浴室及洗衣房	新建
112	水冶厂值班室	新建
113	称量站	新建
114	试剂集中配制设施	新建
115	35kV变电站	新建
116	柴油发电机房	新建
117	柴油储罐区	新建
118	蒸发池	新建

附图4 水冶厂总平面布置图



建筑物一览表

编号	建筑物名称	备注
201	宿舍楼	新建
202	职工食堂及活动中心	新建
203	综合服务设施	新建
204	消防水池	新建
205	生活区车库	新建
206	水源井潜水泵井室	新建
207	生活区值班室	新建
208	井场气体站	新建

附图5 生活区总平面布置图