

纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究

环境 影响 报告 表

核工业北京化工冶金研究院

2021 年 11 月

纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究

环境影响报告表

核工业北京化工冶金研究院



纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究

环境影响报告表



核工业北京化工冶金研究院

法人代表：邢拥国

通讯地址：北京通州城区九棵树 145 号

邮政编码：101149

打印编号: 1634623680000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	6e34rg		
建设项目名称	纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究		
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	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	核工业北京化工冶金研究院		
统一社会信用代码	12100000400777679W		
法定代表人 (签章)	邢拥国		
主要负责人 (签字)	霍建党		
直接负责的主管人员 (签字)	江国平		
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
谢占军	2016035130350000003510130352	BH018156	谢占军
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李梦姣	第6、11、12章	BH018175	李梦姣
张云涛	第7、8章	BH018149	张云涛
谢占军	第1、2、4章	BH018156	谢占军
葛佳亮	第3、5、9、10、13章	BH018159	葛佳亮

1 建设项目基本情况

项目名称	纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究				
建设单位	核工业北京化工冶金研究院				
法人代表	邢拥国	联系人	霍建党		
通讯地址	北京通州城区九棵树 145 号				
联系电话	010-51674437	传 真	—	邮政编码	101149
建设地点	内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗				
立项审批部门	国防科工局	批准文号	中铀发(2021)408 号		
建设性质	新建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/>	行业类别及代码	M7320 工程和技术研究和试验发展		
占地面积(平方米)	15494 (含临时占地 14614)	绿化面积(平方米)	14614		
总投资(万元)	4655	环保投资(万元)	208.75		
环保投资占总投资比例	4.48%	预期投产日期	2022 年		

1.1 建设单位概况

核工业北京化工冶金研究院（以下简称“核化冶院”）位于北京通州城区九棵树 145 号，隶属于中国核工业集团有限公司（以下简称“中核集团”），是军品科研能力结构调整之后保留的重点军工科研院所，是我国唯一从事核燃料循环前端铀矿采冶和天然铀加工技术研究的研究院，也是我国铀矿冶生产唯一的技术支持单位和人才培养基地。

根据原国防科工委科工计(2003)105 号文件以及《关于印发国家核定的军品科研重点专业的通知》(中核计发(2003)138 号)，在经过军品科研生产能力调整后，国家核定核化冶院保留的科研重点专业类别为矿冶技术，核定的保军科研任务范围为铀矿选冶技术研究，产品纯化技术研究，铀矿采冶及地浸、堆浸法采铀技术研究。核化冶院作为军用核材料和核燃料循环科研生产能力建设的核心单位之一，主要任务是铀矿采冶技术研究、铀纯化转化技术研究，先后承担了国防科工局、总装备部下达的多项重大科研和生产任务，为我国核事业的发展作出了突出贡献。核化冶院具备良好的试验研究平台，科研队伍结构合理，经验丰富，创新能力强，十三五期间为蒙其古尔地浸采铀工程、通辽钱家店地浸采铀工程、巴彦乌拉地浸采铀工程等天然铀产能项目提供了先进适用的技术和人才支持。

1.2 项目由来及必要性

鄂尔多斯盆地是我国第二大内陆沉积盆地，蕴藏着丰富的铀矿、煤炭、石油、天然气等矿产资源，是我国罕见的能源矿产“聚宝盆”。2000年以来，该盆地先后发现并落实了大营、纳岭沟、巴音青格利等一批大型、特大型砂岩铀矿床，为我国天然铀生产实现数千吨产能规模提升提供了资源保障。目前，鄂尔多斯盆地发现的大型特大型砂岩铀矿中，只有纳岭沟铀矿床达到了详查阶段。而纳岭沟铀矿床区域内铀煤资源重叠共生，是制约鄂尔多斯整个区域铀煤资源开发的全局性、根本性问题。虽然2012-2016年在纳岭沟开展了地浸采铀试验，确定了CO₂+O₂地浸采铀技术路线，但如何采取切实可行的技术手段与工程措施实现铀矿床的快速、高效大规模开发，是铀煤共同开采亟待解决的重要技术问题。因此，开展纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究，旨在解决多种资源协调开采的体制机制缺失的问题，加快塔然高勒地区铀煤叠置区铀矿快速开采，突破现有地浸开采技术（开拓机制、浸出效率、装备水平）的瓶颈，以满足大规模快速开发铀资源的需要。本研究项目对开发鄂尔多斯盆地铀资源，增强我国天然铀保障能力，保障国家能源安全，解决铀煤共采潜在的环境风险，满足国家资源综合回收的要求以及后疫情时代国际天然铀生产形势改变的要求具有重要意义。

2020年12月8日，国防科工局以科工二司〔2020〕1189号文对本项目进行了批复。根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》及《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，本项目需开展环境影响评价并编制环境影响报告表。核化冶院委托中核第四研究设计工程有限公司承担该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，委托有资质部门开展了环境质量现状监测，于2021年11月完成了报告表的编制工作，现提交生态环境部审查。

1.3 工程概况

1.3.1 工程概况

项目名称：纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究。

建设性质：新建。

建设单位：核工业北京化工冶金研究院。

服务年限：研究周期为4年。

建设地点：内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗。

项目投资：本项目总投资4655万元，其中环保投资208.75万元。

1.3.2 工程内容

本项目为纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究，主要研究内容如下：

- 1) 铀煤协调开采机制研究；
- 2) 新型成井工艺与井场快速开拓技术研究；
- 3) 浸采效率提升技术研究；
- 4) 铀水冶装备集成技术研究；
- 5) 叠置区铀矿现场试验研究。

本项目为纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究，研究目的为针对鄂尔多斯盆地铀煤叠置区铀矿资源开发所面临的问题，以纳岭沟特大型砂岩铀矿床为研究对象，通过成井工艺、井场开拓、浸采方式等方面的革新，开发铀矿高效地浸采冶技术，完成现场扩大试验。本项目建设内容包括试验井场及蒸发池。

试验井场：根据本项目研究需要，拟在条件试验阶段布置生产井 13 个，在扩大试验阶段布置生产井 24 个，共计 37 个，工程量共约 15910m，占地面积约 14614m²。本项目布置监测井 5 个，工程量约 2070m。在试验井场外围布置水力帷幕试验井 5 个，工程量约 2150m。此外，本项目按照生产井的位置和数量布设井场管网，负责浸出液及浸出剂的输送。

蒸发池：本项目拟建设蒸发池 1 座，尺寸为 40m×22m。

1.3 与项目有关的原有污染情况及主要环境问题

1.3.1 本项目与原有工业试验依托关系

1) 依托关系分析

经建设单位与中核内蒙古矿业有限公司协商决定，本项目现场试验部分设施依托纳岭沟现有扩大试验，具体依托工程如下：

本项目试验井场通过管线将浸出液输送至现有扩大试验的抽液总管，与现有扩大试验浸出液一同输送至现有水冶厂内进行后续吸附、淋洗和沉淀等提铀处理。处理后的吸附尾液通过注液总管输送至现有集控室，再通过集控室分配至各注入井。抽大于注部分的吸附尾液及水冶工艺废水与现有扩大试验产生的废水一同进入蒸发池。考虑到后续现有蒸发池蒸发处理能力不足，本项目新建 1 座蒸发池。因此，本项目依托工程主要为现有扩大试验的水冶厂及蒸发池。

现有水冶厂的浸出液处理能力为 4700m³/d，考虑到后续现有扩大试验井场浸出液铀浓度及浸出液量逐年降低的情况，本试验运行期间，将根据现有扩大试验运行情况来调整其抽液量，使总抽液量不大于现有水冶厂的处理能力。

此外，本项目辅助生产仓储设施，如产品库、机修材料库等依托于现有扩大试验。本

项目新增劳动定员 2 人，生活起居依托于现有扩大试验生活区。

本项目试验井场位于纳岭沟现有扩大试验井场西北方向约 30m 处，蒸发池位于纳岭沟现有扩大试验蒸发池东南方向约 5m 处，依托关系位置见图 1.3-1。

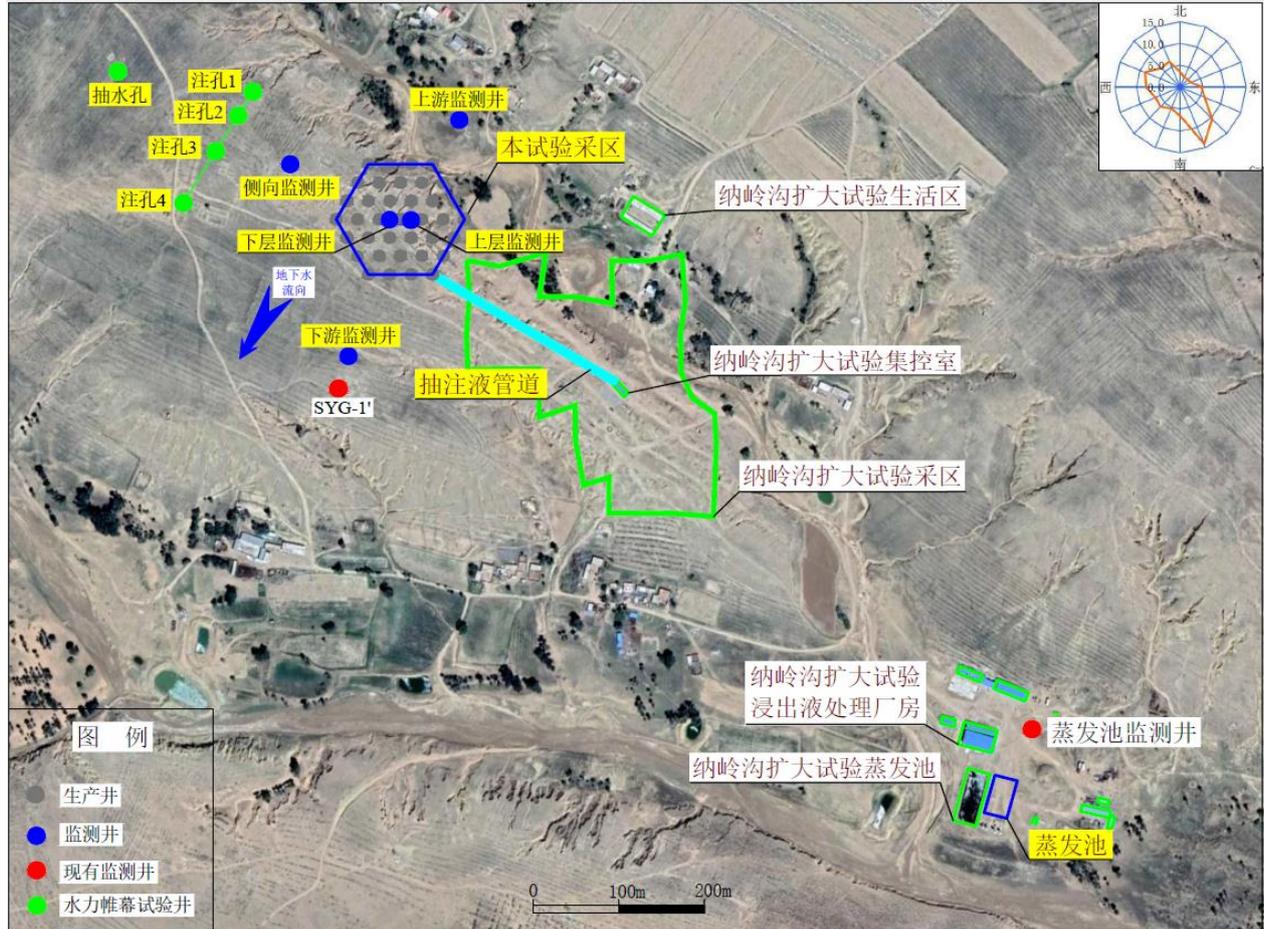


图 1.3-1 本项目与纳岭沟扩大试验位置关系图

2) 依托工程现状

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。

纳岭沟扩大试验项目主要设备设施和建（构）筑物包括井场设施、水冶厂、生产辅助设施、生活区等，该扩大试验具体内容及本项目依托关系见表 1.3-1。扩大试验自运行至今

生产状况良好，环保设施运行正常。

表 1.3-1 纳岭沟现有扩大试验主要设施现状及本项目依托关系表

类别	项目	主要设施现状	本项目依托关系
井场	试验采区	主要包括生产孔、监测孔及输液管线，抽注比例 0.3%。	不依托 本项目新建抽注管线，与现有扩大试验抽注总管对接。
	集控室（含配电室）	建筑面积 90m ² ，单层轻钢结构，塑钢门窗、混凝土地面。	依托
	辅助设施	包括空压机、洗井槽罐、巡视车等	依托
水冶厂	浸出液处理厂房	建筑面积 912m ² ，单层轻钢框排架结构，钢筋砼独立柱基础，彩钢保温板屋面，塑钢门窗，混凝土地面和外维护墙。内含事故池、污水沟及反渗透装置处理等环保设施。	依托 本项目试验井场浸出液与现有扩大试验浸出液一同输送至现有水冶厂内进行后续吸附、淋洗和沉淀等提铀处理。
	蒸发池	建筑面积 1500m ² ，夯土式结构，长 60m，宽 25m，深 2.0m，池壁坡度 1:1。底部及侧壁做土工膜防渗处理，四周设截洪排水沟。迎风面设挡沙墙。压实土垫层下安装渗漏检测装置以便及时发现渗漏。	部分依托 考虑到现有蒸发池能力不足，本项目新建 1 座蒸发池，夯土式结构，长 40m，宽 22m，深 2.0m。本项目废水与现有扩大试验废水一同进入蒸发池蒸发处理。
生产辅助设施	机修材料库	建筑面积 48m ² ，单层轻钢结构，独立柱基础。	依托
	产品库	建筑面积 195m ² ，彩钢结构，砖砼基础。	依托
	中心化验室	建筑面积 40m ² ，彩钢结构，砖砼基础。	依托
	变配电室	井场、水冶厂各 1 间，单间建筑面积 80m ² ，共 160m ² ，单层轻钢结构，砖基础。	依托
	固体废物库	建筑面积 70m ² ，彩钢结构，砖砼基础。	依托
	气体站	包括氧气站和二氧化碳站，建筑面积分别为 175.19m ² 和 305.51m ² ，混凝土结构。	依托
生活区	包括宿舍、淋浴室和食堂等。	完全依托 本项目新增试验人员 2 人，生活起居依托现有生活区。	

1.3.2 原有污染情况及主要环境问题

1) 纳岭沟扩大试验“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 1.3-2。

表 1.3-2 纳岭沟现有扩大试验“三废”处理措施表

类型		产生、处理及排放情况
废气		地浸产生的废气主要为氦气，其处理措施为： ①水冶厂房通过窗户、门和排风机进行通风换气，氦气排入大气稀释扩散。 ②蒸发池中废水释放的氦气通过大气扩散稀释。
废水	地表废水	①浸出工艺吸附尾液循环利用，转型废水、反冲废水及沉淀母液等工艺废水通过反渗透装置处理，淡水回用绿化，浓缩水和其它废水排入蒸发池自然蒸发，不外排废水。 ②生产期间职工生活污水经化粪池处理后作为绿化滴灌用水，不外排。
	地下水	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。 ②采取抽液量大于注液量 0.3%，控制浸出剂范围。
固废		①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。 ②生产期间职工生活垃圾统一收集处理。

2) 纳岭沟扩大试验环境监测情况

根据 2020 年的纳岭沟扩大试验流出物和环境监测年报，扩大试验井场、水冶厂及附近居民点环境 γ 辐射剂量率、 ^{222}Rn 浓度、氦子体浓度的监测值均处于当地环境本底水平；井场内土壤、牧草各监测因子满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）和《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB14882-1994）的要求；含矿层地下水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度为（0.21~1.42） $\mu\text{g/L}$ ， ^{226}Ra 浓度为（0.011~0.0879） Bq/L ；井场周边民井地下水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度为（0.48~4.66） $\mu\text{g/L}$ ， ^{226}Ra 浓度为（0.0061~0.0190） Bq/L 。各地下水监测井特征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。

1.5 评价等级与评价范围

1.5.1 辐射环境

本项目辐射环境评价范围为：以浸出液处理厂房为中心，半径 20km 的地域范围。

子区划分方法为以浸出液处理厂房为圆心，1km、2km、3km、5km、10km、20km 为半径画 6 个同心圆，再与圆心角 22.5° 的 16 个方位相交划分为扇形区，共 96 个评价子区。

评价范围内的子区划分见图 3.9-2。

1.5.2 非放射性环境

1) 非放射性大气环境影响评价等级与评价范围

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

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

式中:

P_i —第 i 个污染物的最大地面浓度占标率, %;

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

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

本项目产生的 HCl 执行《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018) 中附表 D.1—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 的下风向浓度, 源项及估算结果见表 1.4-2。

表 1.4-2 估算模式参数一览表

名称	污染物	源强 (kg/a)	排气量 (m^3/h)	排放高度 (m)	出口内径 (m)
盐酸储罐	HCl	2.26	10	3.1	0.063

经计算, 本项目 HCl 最大占标率 P_{\max} 为 0.53%。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三级, 不需设置大气环境影响评价范围。

2) 地表水环境影响评价等级与评价范围

本项目产生的废水不外排, 根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018), 地表水评价等级为三级 B, 可不进行地表水环境影响预测, 进行简单分析。

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)中附录 A—地下水环境影响评价行业分类表中没有对该行业的地下水环境影响评价项目类别进行分类。参照附录 A 中行业类别“H 有色金属中第 48 项(冶炼)”,其对应的地下水环境影响评价项目类别为“I 类”。本项目不涉及集中式水源地,有零星分散式水源地,属于较敏感区域。参照 HJ 610-2016 中表 2 评价工作等级分级表,本项目地下水评价等级确定为一级。根据试验所在区域水文地质条件划定评价范围:以试验井场为中心,在地下水下游方向西南侧延伸 2km,上游及两侧延伸 1km,评价总面积 7.21km²。

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》(HJ 2.4-2009)原则,确定声环境影响评价工作等级为二级,评价范围为厂界外 200m 的范围。

5) 环境风险评价等级与范围

本项目涉及的主要危险物质为盐酸(36%),参照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)附录 B、C、D 中盐酸(37%)相关参数,本项目所涉及的危险物质临界量、危险物质及工艺系统危险性分级见下表 1.4-3,行业及生产工艺、危险物质及工艺系统危险性分级见表 1.4-4;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 1.4-5。

表 1.4-3 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 值划分
盐酸(工业级)	7.5 (≥37%)	12	1.6	1≤Q<10

表 1.4-4 危险物质的临界量、危险物质及工艺系统危险性等级判断

行业	评估依据	M 分值	M 划分	P 划分
有色冶炼	危险物质贮存罐区(盐酸罐)	5/套(罐区)	5<M≤10, M4	P4

表 1.4-5 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	P4	I	简要分析
地表水	/		/	/
地下水	E3		I	简要分析

综上,环境风险评价等级确定为简单分析。

6) 生态评价等级与范围

本项目占地区域不含特殊生态敏感区和重要生态敏感区,总占地面积 15494m²(含临时占地 14614m²),占地面积≤2km²,根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011),生态评价为三级,评价范围为本项目占地区域。

1.5 产业政策与“三线一单”相符性

1.5.1 产业政策相符性分析

本项目属于地浸采铀工业性试验，对照《产业结构调整指导目录（2019年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号），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。

1.5.2 “三线一单”相符性分析

1) 生态保护红线符合性

本项目位于内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗境内，经建设单位与达拉特旗自然资源局核实（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、风景名胜區、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15494m²，其中大部分为临时占地（14614m²），施工完毕后恢复地表原始地貌形态，占用土地资源较少；本项目生产用电、用水依托于纳岭沟现有扩大试验，现有扩大试验从塔然高勒变电站引入了10kV架空线路，并在井场设置630kVA变压器，水冶厂设置1000kVA变压器。本项目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。扩大试验设有生活水源井和生产水源井各一个，单井抽水量均为6m³/d，可满足本项目生产生活用水需求。本项目新增劳动定员2人，试验人员的生活起居依托于现有扩大试验生活区，水、电资源使用量较少。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《2020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。本项目施工期废气达标排放，运行期不涉及非放射性废气排放；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；不涉及重大危险源。总体而言，本项目“三废”排放对周围环境影响很小，运行后可维持区域的环境质量等级，不会出现环境质量降级。因此，本项目的建设符合环境质量底线要求。

4) 负面清单符合性

本项目位于内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗，未被列入《内蒙古自治区国家重点生

态功能区产业准入负面清单》（试行）（内政发[2018]11 号文），符合环境功能区负面清单控制要求。

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

2 编制依据

法规 标准	<p>1) 法规</p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》2015年1月1日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003年10月1日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》2018年12月29日；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》2017年10月1日；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》2021年1月1日。</p> <p>2) 标准规范</p> <p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(2) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)；</p> <p>(3) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)；</p> <p>(4) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009)；</p> <p>(5) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011)；</p> <p>(6) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T 169-2018)；</p> <p>(7) 《环境影响评价技术导则 铀矿冶》(HJ 1015.1-2019)；</p> <p>(8) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(9) 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB 23727-2020)；</p> <p>(10) 《铀矿冶辐射环境监测规定》(GB 23726-2009)；</p> <p>(11) 《地浸采铀环境保护技术规定》(EJ/T 1007-2018)；</p> <p>(12) 《铀、钍矿冶放射性废物安全管理技术规定》(GB 14585-1993)；</p> <p>(13) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)；</p> <p>(14) 《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)；</p> <p>(15) 《声环境质量标准》(GB 3096-2008)；</p> <p>(16) 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618-2018)；</p> <p>(17) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)；</p> <p>(18) 《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)；</p> <p>(19) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)；</p> <p>(20) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)；</p> <p>(21) 《产业结构调整指导目录(2019年本)》(中华人民共和国国家发展和</p>
----------	--

	<p>改革委员会令第 29 号)；</p> <p>(22) 《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)。</p>
<p>相关文件</p>	<p>1) 《纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究任务书》，核工业北京化工冶金研究院，2020 年 4 月；</p> <p>2) 《内蒙古鄂尔多斯市塔然高勒地区铀矿勘查成果报告》，核工业二〇八大队，2020 年 10 月；</p> <p>3) 《内蒙古达拉特旗纳岭沟铀矿床(N21~N88 线)详查地质报告》，核工业二〇八大队，2013 年 10 月；</p> <p>4) 《鄂尔多斯纳岭沟铀矿床地浸采铀现场扩大试验规模环境影响报告书》，核工业北京化工冶金研究院，2015 年 9 月；</p> <p>5) 《纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究项目环境质量现状监测》(2021HYYFX-01561)(氡及其子体、氡析出率及噪声部分)，核工业北京化工冶金研究院，2021 年 5 月；</p> <p>6) 《纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究项目环境质量现状监测》(2021-061)，核工业二〇八大队分析测试中心，2021 年 5 月；</p> <p>7) 《纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究项目环境质量现状监测》(2021-120)，核工业二〇八大队分析测试中心，2021 年 8 月；</p> <p>8) 环境影响评价委托书。</p>

3 建设项目所在地自然环境社会环境简况

3.1 地理位置

本项目位于内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗境内，靠近杭锦旗一侧，地理坐标为：东经 109°12'28"~109°20'12"，北纬 39°56'43"~40°01'3"。项目试验区东南距鄂尔多斯市约 58km，东北距达拉特旗约 75km，西南距杭锦旗约 47km。试验区北部有京兰铁路、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 3.1-1。



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 3.1-1 评价区交通位置图

3.2 区域地形地貌

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。北部为黄河冲击平原，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”字型，平面上沟谷呈树枝状分布。评价区地形地貌见图

3.2-1, 根据区域地形高程数据形成的三维地形图见图 3.2-2。



图 3.2-1 评价区地形地貌图

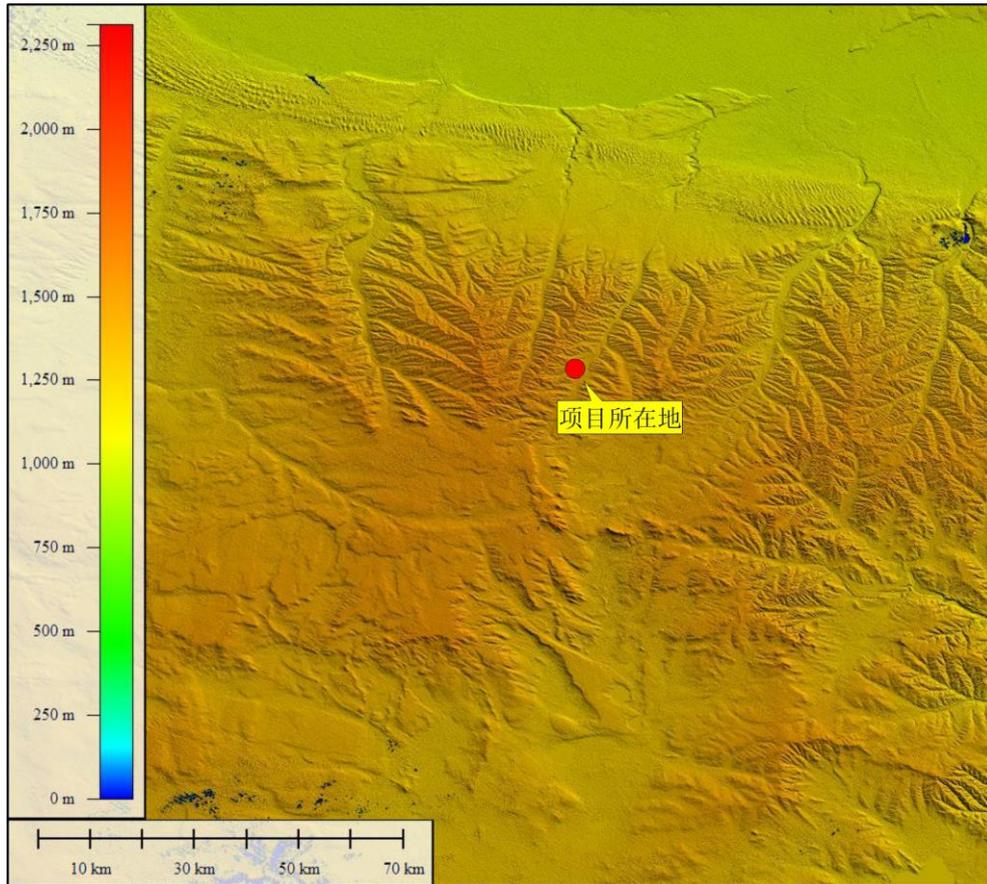


图 3.2-2 评价区三维地形图

3.3 气候气象

1) 区域气候特征

本项目试验区属典型的高原大陆性气候，冬季严寒，夏季酷热，年平均气温 5.3℃~8.7℃，平均月最低气温为-10℃~-12℃，全年气温日差为 11℃~15℃，年差为 45℃~50℃。区内降雨量小，蒸发量大，多年平均降雨量为 279.4mm，多年平均蒸发量为 2486mm。区内年多年平均风速为 2.9m/s，春、冬季多风，且常出现扬沙天气和沙尘暴天气，经近几年退耕还草还林和禁牧还草，扬沙天气得到了较大改善。

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 2020 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，与试验区距离约 28.5km，地形和气象特征与试验区基本一致。地面气象参数为逐时数据，包括观测时间、风向、风速和温度等。

本次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°，与试验区距离约 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 2020 年每日 8 时、20 时两次。

根据杭锦旗气象站 2020 年逐时气象数据，试验区所在地区全年温度、风速月平均变化情况见表 3.3-1 和图 3.3-1、图 3.3-2，全年各风向风频见表 3.3-2，各季和全年风向玫瑰图见图 3.3-3。由表 3.3-1 和表 3.3-2 可知，评价区域年平均温度为 7.4℃，年平均风速为 4.4m/s，主导风向为 SE~S，年静风频率为 0.7%。

表 3.3-1 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)	-9.8	-6.8	1.8	11.6	14.5	20.5
风速 (m/s)	3.5	3.9	4.6	5.0	5.4	4.5
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
温度 (°C)	22.1	19.8	16.1	7.7	-0.1	-8.1
风速 (m/s)	4.1	3.8	4.4	4.3	5.0	4.5

表 3.3-2 全年各风向风频

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率 (%)	3.5	2.3	2.3	2.6	4.9	5.9	10.3	14.2
风向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率 (%)	6.6	5.2	6.3	6.1	7.8	8.8	6.1	6.4

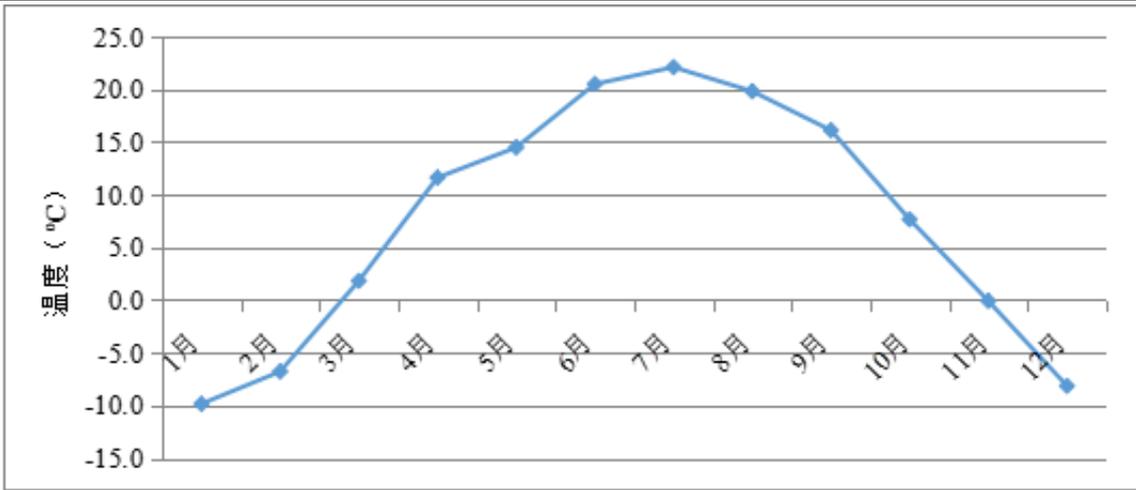


图 3.3-1 各月温度变化图

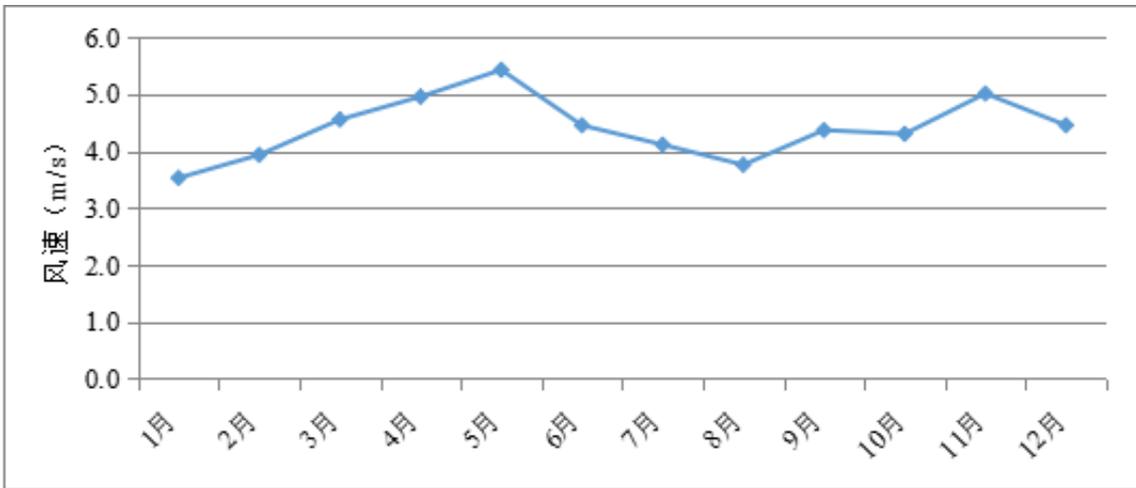


图 3.3-2 各月平均风速图

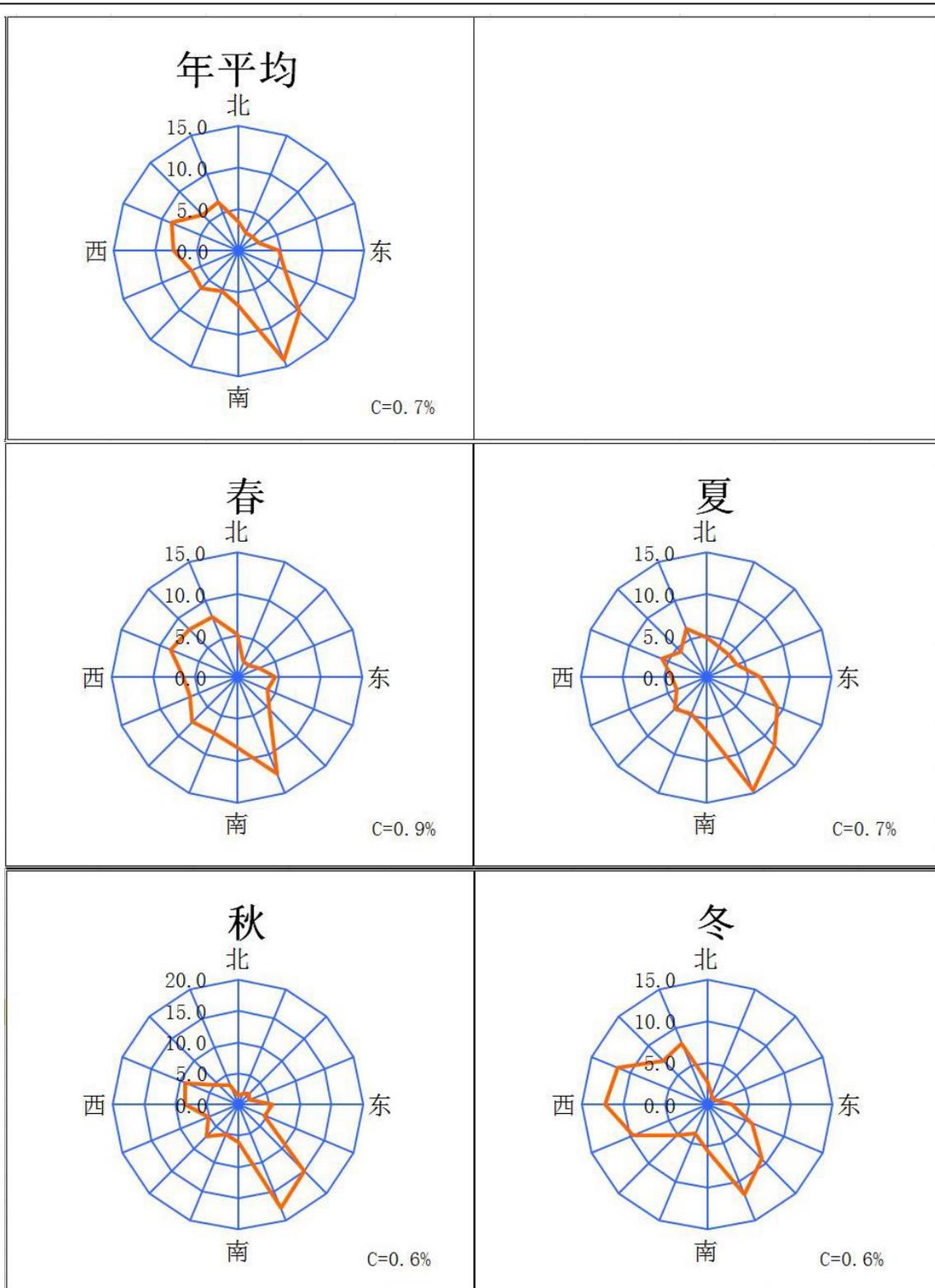


图 3.3-3 全年和各季风向玫瑰图

3.4 地表水系

本项目 20km 范围内的季节性河川为布日卡斯太沟、黑赖沟。其中，布日卡斯太沟位于矿区以西，全长 73.8km，流域面积为 545.9km²，平均流量为 0.17m³/s，年径流总量为 545

万 m^3 ，最大洪峰流量为 4300 立方米/秒。黑赖沟位于矿区以东，全长 89.2km，流域面积为 943.8 km^2 ，平均流量为 0.45 m^3/s ，年径流总量为 1416 万 m^3 ，最大洪峰流量为 2000 m^3/s 。

评价区内地表水系不发育，仅有干谷和季节性沼泽洼地分布。恩格尔河距评价区约 150km，常年性有水的淖尔距评价区约 100km。地表水系图见图 3.4-1。

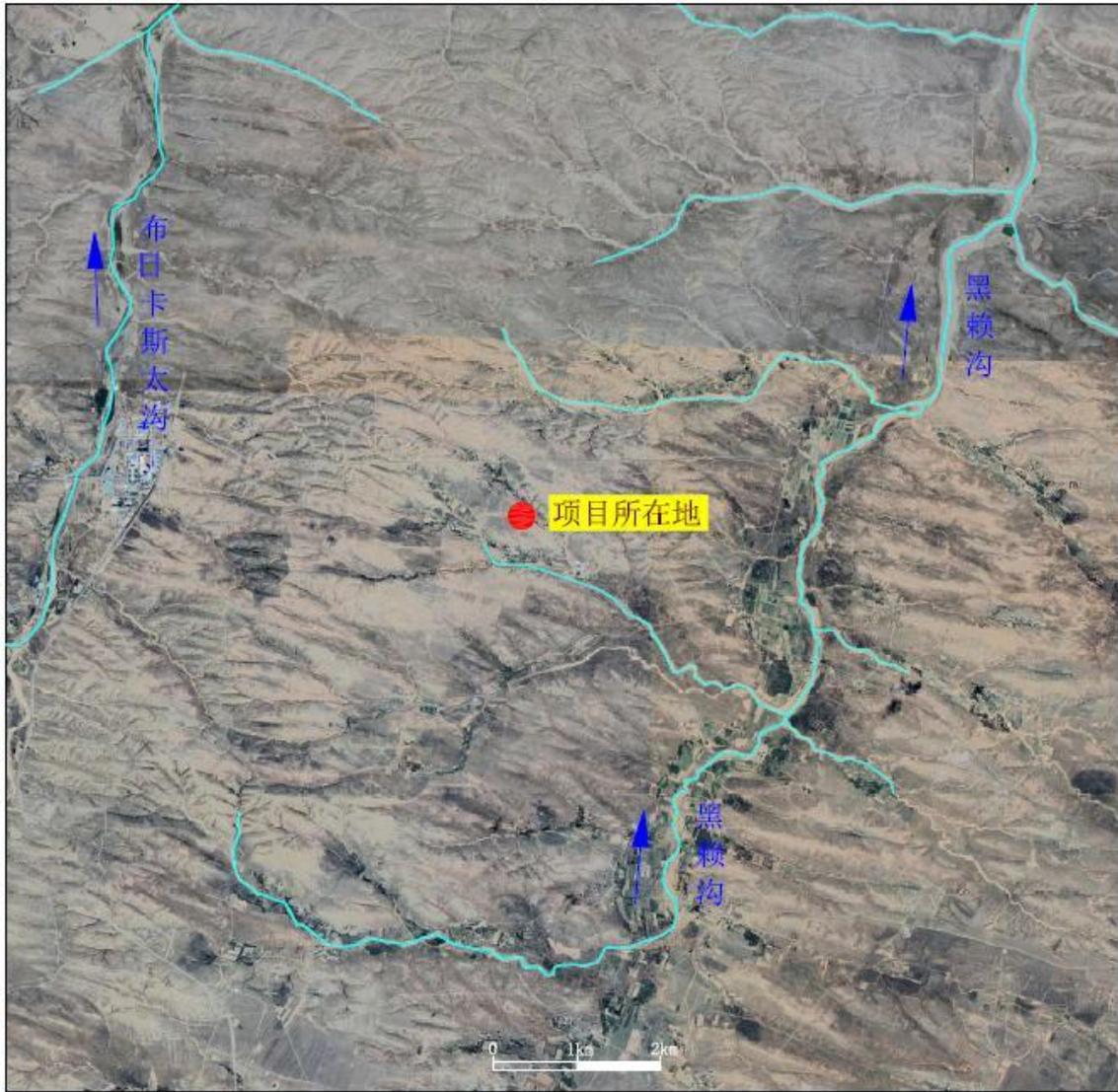


图 3.4-1 评价区周边地表水系图

3.5 地质

1) 地层特征

评价区地层由浅到深依次为第四系 (Q)、下白垩统 (K_1)、中侏罗统直罗组 (J_{2z}) 和延安组 (J_{2y})，其中直罗组下段 (J_{2z}^1) 是主要赋铀层位。

(1) 第四系 (Q)

第四系 (Q) 按成因可分为冲洪积物 (Q_4^{al+pl})、残坡积物 (Q_{3-4}) 和风积沙 (Q_4^{col})。冲洪积物 (Q_4^{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（ Q_{3-4} ）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（ Q_4^{col} ）广泛分布于区内，岩性以风积粉细砂为主，见半月状砂丘，厚度一般小于20m。

（2）下白垩统（ K_1 ）

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。

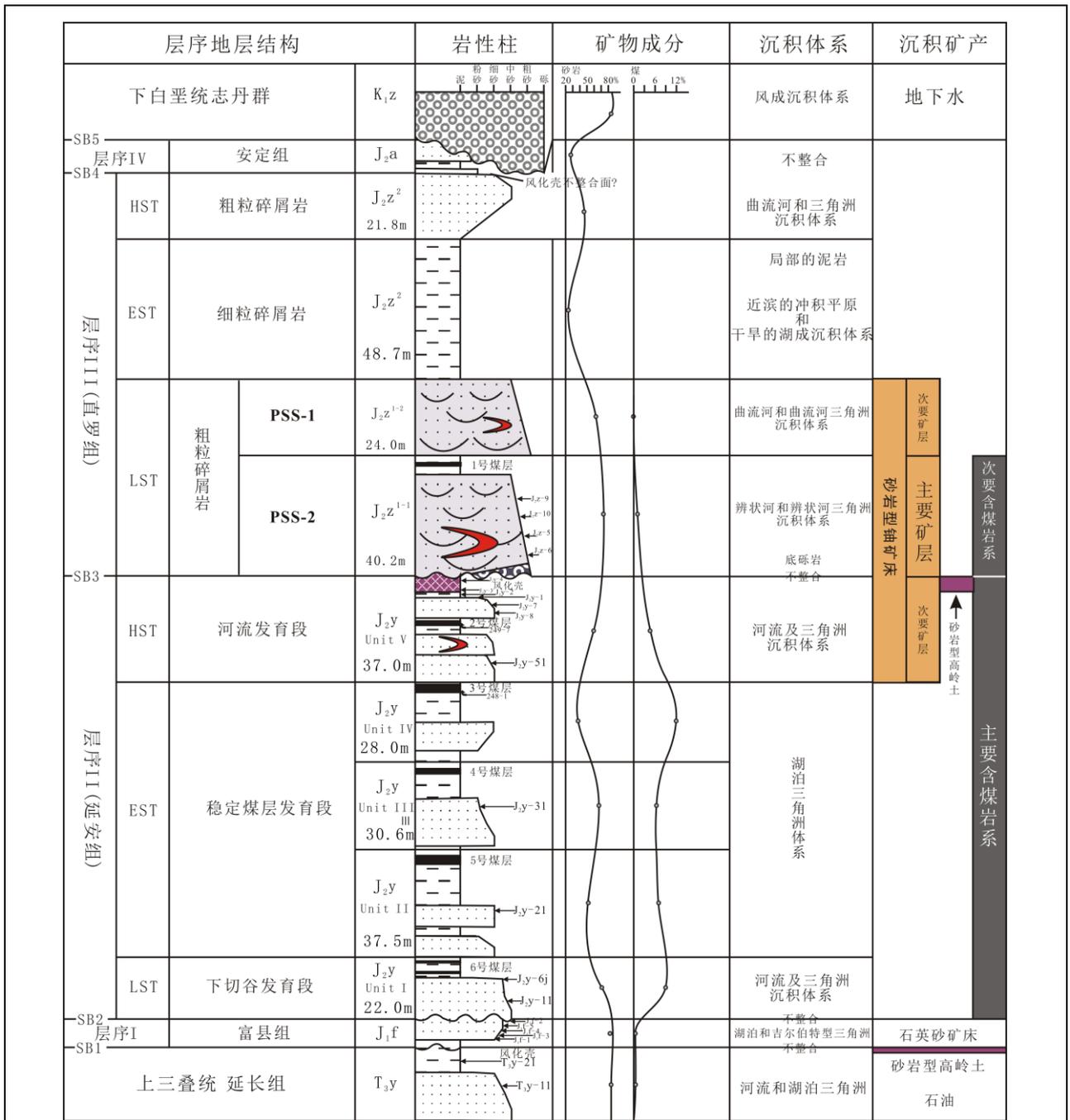


图 3.5-1 纳岭沟铀矿床侏罗纪地层结构图

(2) 矿体特征

纳岭沟铀矿床共 5 个工业铀矿层，分别为 I、I₁、I₂、II、III 号矿层。

I 号矿层为主矿体，主矿体顶板埋深为 342.75m~438.85m，平均 396.40m。走向上矿体顶板埋深由北东向南西逐渐增大，倾向上矿体顶板埋深由北西向南东逐渐减小。底板埋深为 348.45m~441.55m，平均 401.95m，特征与顶板埋深基本一致。主矿体厚度为 1.10m~9.30m，平均 3.68m。矿体厚度变化较大，且不具备明显的分布规律。

其它矿体顶板埋深为 345.45m~423.25m，底板埋深为 352.95m~428.65m，整体上具有

和I号矿体相似的变化规律，即从北东向南西，矿体顶、底板埋深和标高逐渐增大。其它矿体厚度为 0.80m~6.40m，平均 2.52m。

3.6 水文地质

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(K₁)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，水文地质图见图 3.6-1，水文地质剖面见图 3.6-2。

(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(Q₄)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，地下水位埋深 1.00m~8.50m。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 1.20m~16.35m。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一定的水力联系。

(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。

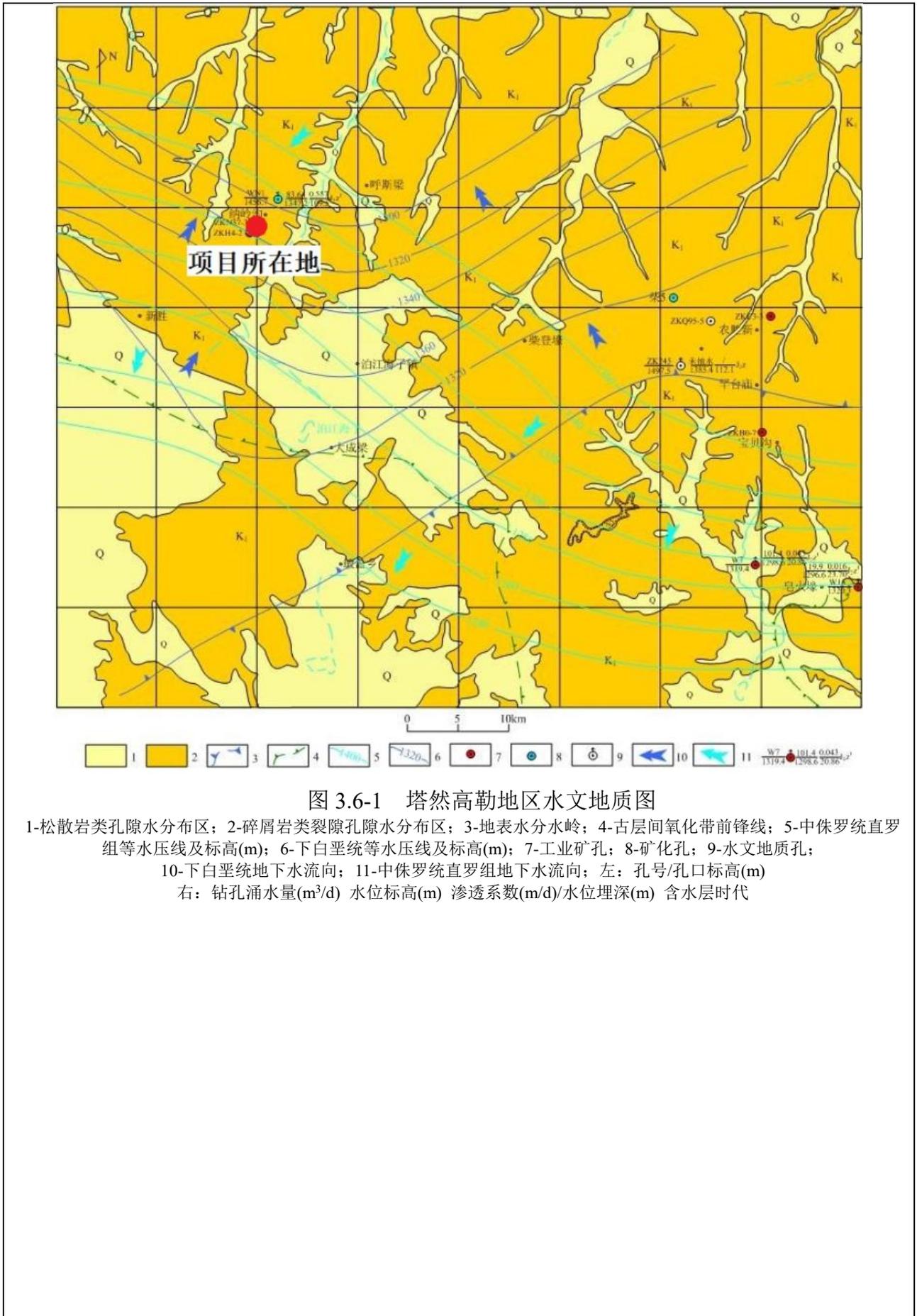


图 3.6-1 塔然高勒地区水文地质图

- 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-古层间氧化带前锋线；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

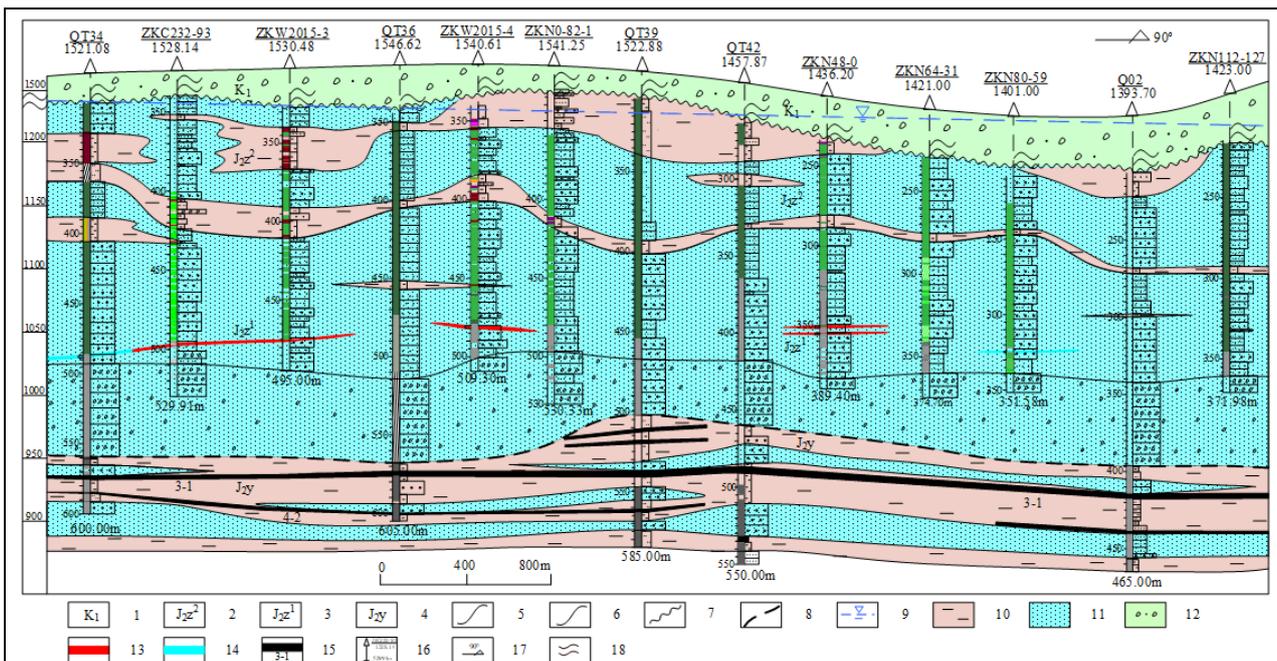


图 3.6-2 塔然高勒地区吴家渠—纳岭沟—库计沟地段横 95 号水文地质剖面图

- 1-下白垩统；2-直罗组上段；3-直罗组下段；4-延安组；5-岩性分界线；6-地层分界线；7-角度不整合界线；
 8-平行不整合界线；9-推测直罗组地下水水压线；10-隔水层或局部隔水层；11-含水层；
 12-下白垩统含（透）水层；13-工业铀矿体；14-铀矿化体；15-煤层及编号；
 16-钻孔位置、孔号、孔口标高和孔深(m)；17-剖面线方向；18-地层缩略符号

2) 含矿含水层特征

①岩性

含矿含水层为直罗组下段 (J_{2z}^1) 含水层，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。

②厚度

含矿含水层厚度为 80.2m~161.8m，平均为 124.1m，含水层厚度大、变化小、稳定性较好。含矿含水层顶面埋深为 187.7m~374.6m，总体表现出由北东向南西逐渐增大的特征。

③水力性质

含矿含水层赋存地下水类型为孔隙承压水，其埋深大、富水性中等、渗透性较差。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迳流，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。

④隔水层特征

含矿含水层隔水顶板以直罗组下段顶部的泥岩、粉砂岩为主，其厚度一般为 5.0m~46.0m，平均为 20.4m，厚度变化小，稳定性较及连续性好，能有效阻止与上覆含水层发生水力联系。隔水顶板厚度等值线见图 3.6-3。

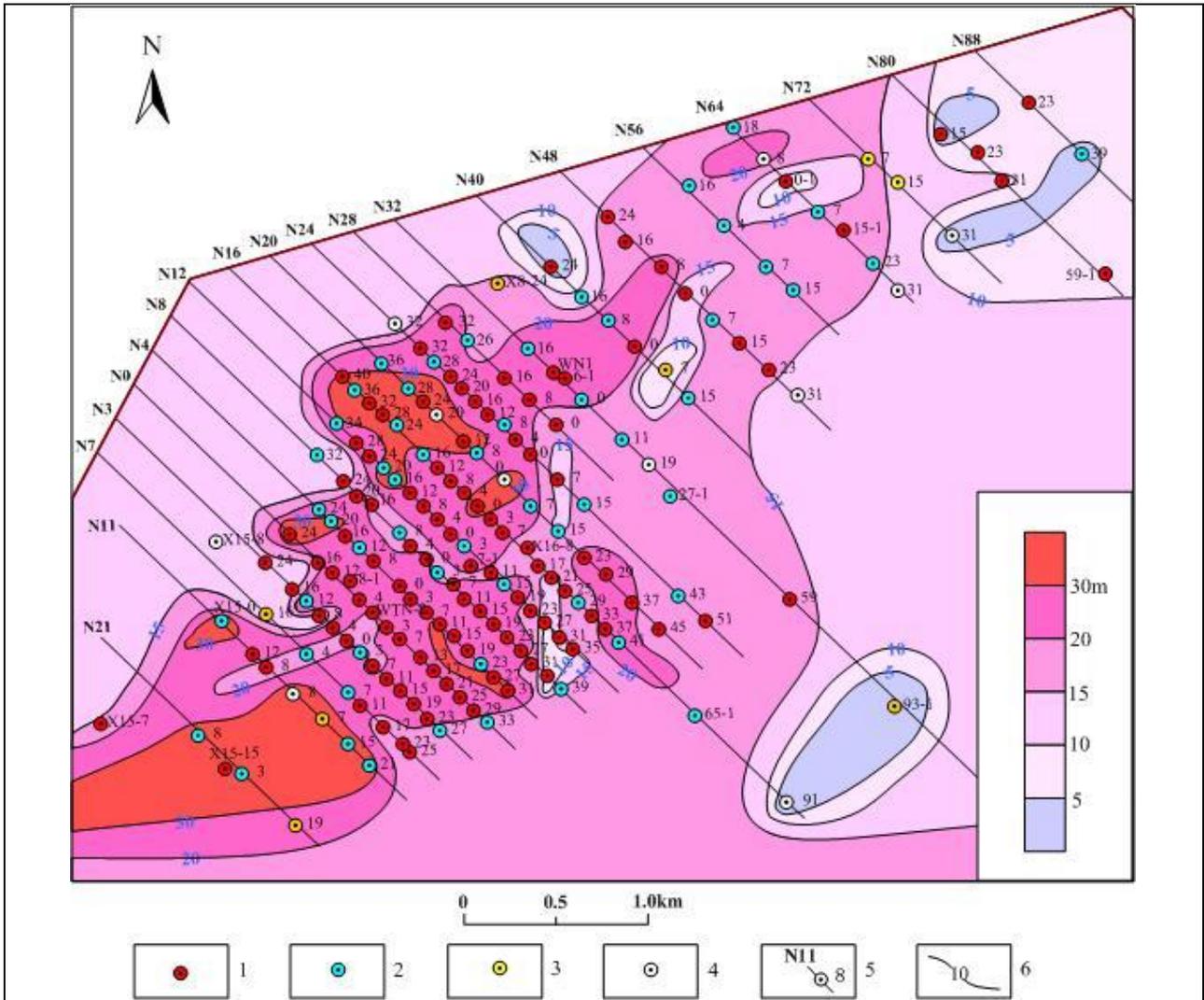


图 3.6-3 纳岭沟铀矿床含矿含水层隔水顶板厚度等值线图

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)

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未揭穿直罗组含水层，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。

⑤地下水水化学特征

由于含矿含水层地下水埋深大、补给条件差、水交替缓慢，导致地下水中矿化度、pH、 Cl^- 、 Na^+ 等含量相对较高，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。含矿含水层地下水中铀含量为 $0.23\mu\text{g/L}\sim 6.42\mu\text{g/L}$ ，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。

3.7 土地和水体利用

达拉特旗总面积为 8188km^2 。其中，农耕地面积为 888km^2 ，占总土地面积 10.85%；园地面积 3.7km^2 ，占总土地面积 0.04%；林地面积 708km^2 ，占总土地面积 8.65%；草地面积 3742km^2 ，占总土地面积 45.7%；居民用地面积 134.7km^2 ，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以草地、林地和荒地为主，不涉及基本农田。

达拉特旗水资源充沛，地下水、地表水、过境黄河水年可利用总量 4.5 亿 m³，全旗人均占有量约 1640m³，每亩耕地平均占有量约 338m³。评价中心半径 5km 范围内地表水系不发育，仅有干谷和季节性沼泽洼地分布。达拉特旗地下水年可开采量为 3.15 亿 m³，日可开采量为 89.29 万 m³。根据现场查勘，评价中心半径 5km 范围内无集中式饮用水源地及集中式工农业生产用水，仅有分散式饮用水源，居民生活用水均为自家井水，井深为 15m~25m，取水层位为第四系潜水含水层，取水量较少。

3.8 生态环境概况

1) 生态环境状况

本项目所在区域主要生态景观类型有草原景观、人工林景观及人工建筑景观；主要植被为干草原植被类型，由多年生草本植物组成。主要植物有小叶锦鸡儿、本氏针茅、冷蒿、糙隐子草、沙生棘豆、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。由于雨量较少，水蚀轻微，水蚀模数约 500t/(km² a)，水土侵蚀类型主要为风蚀，属于鄂尔多斯高原风蚀区中的河东沙地极强度风蚀区，主要环境问题为水土流失、土地沙化和植被退化。

评价区 5km 范围内植被分布以典型草原和荒漠草原为主，植被多样性较差，仅有沙生及旱生植物分布，稀疏低矮，覆盖率低。评价区内居民养殖动物以羊和鸡为主，无珍稀动植物资源。

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，距离评价区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，可发展为我国重要的硝化工生产基地；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。

3) 生态红线

经建设单位与达拉特旗自然资源局核实，本项目未在生态保护红线内，评价区域附近无自然保护区、风景名胜区等需要特别保护的区域。

3.9 社会环境简况

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 2020 年国民经济和社会发展统计公报》，2020 年全旗完成地区生产总值 319.7 亿元。其中，第一产业 44.87 亿元，所占比重为 14.0%；第二产业 138.43 亿元，所占比重为 43.3%，第三产业 136.4 亿元，所占比重为 42.7%。

2) 人口

根据《达拉特旗 2020 年国民经济和社会发展统计公报》，2020 年全市户籍总人口为 372034 万人。其中，少数民族 19362 人，占全旗人口的比重为 5.2%。全旗总面积 8188km²，人口密度为 45.44 人/km²。

本次评价以浸出液处理厂房为评价中心，评价中心 5km 范围内总人口为 2017 人，平均人口密度 25.68 人/km²。评价中心 20km 范围内总人口 14482 人，平均人口密度 11.52 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 范围内人口数据来源于建设单位实地调查，5~20km 范围各子区内人口数据来自《中国县域统计年鉴（县市卷）-2018》。评价中心 5km 范围内居民点情况见图 3.9-1 和表 3.9-1，20km 范围评价子区划分和子区人口分布见图 3.9-2。

表 3.9-1 评价中心 5km 范围内居民点

序号	居民点	方位	距评价中心距离 (km)	人口数 (人)
1	吕家梁	N	4.8	160
2	老愣	NE	3.0	221
3	点不池沟	NE	3.3	135
4	掌盖塔	ENE	1.5	147
5	油房梁	E	3.6	105
6	补录梁村	ESE	1.9	210
7	刘家圪堵	ESE	3.6	148
8	补龙梁	SSE	3.5	198
9	王家圪堵	SSW	4.5	138
10	河洛图	WSW	3.5	140
11	纳岭沟	WNW	0.4	263
12	赵家渠	NNW	4.3	152
合计				2017

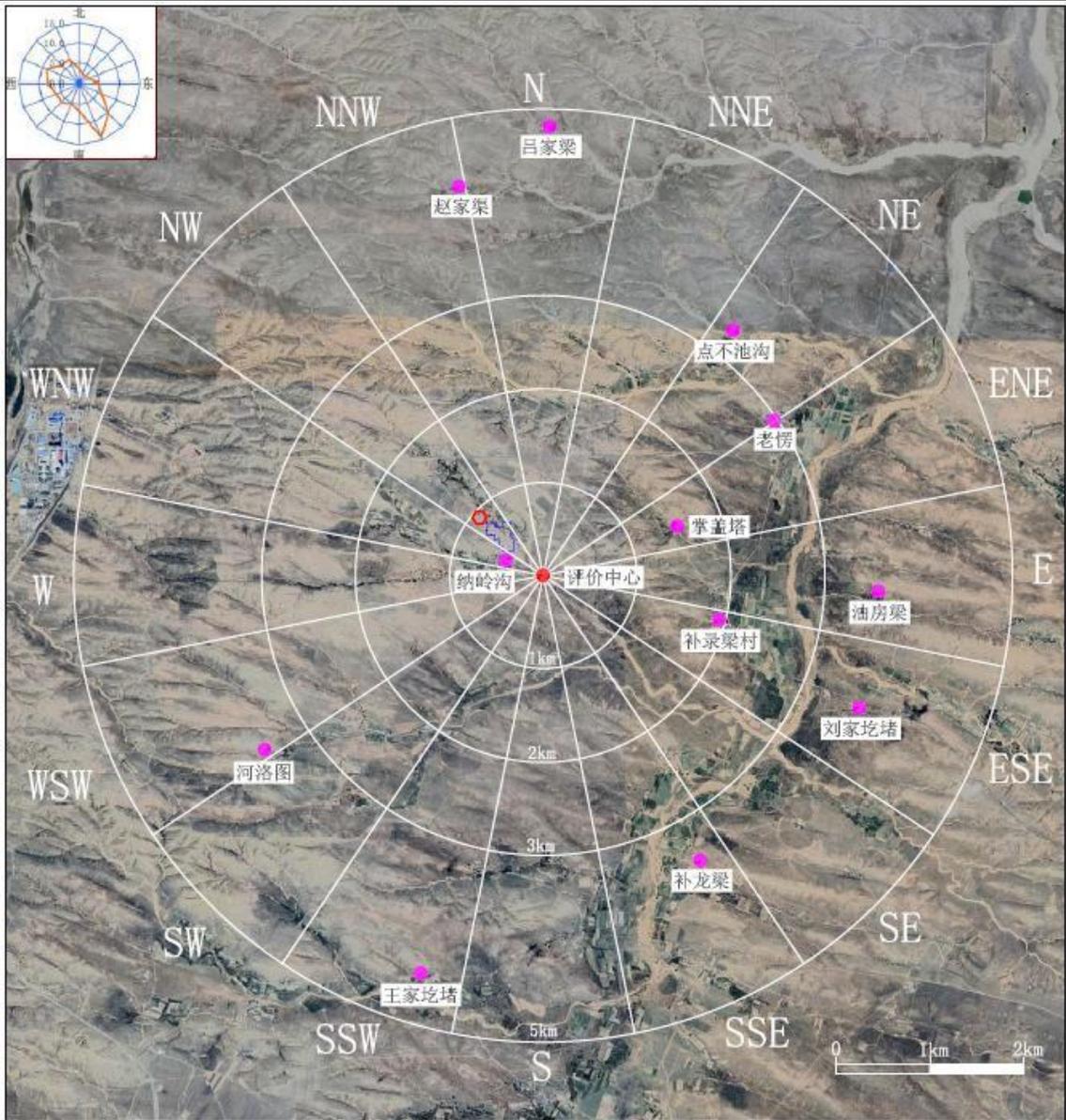


图 3.9-1 评价中心 5km 范围内居民点分布图

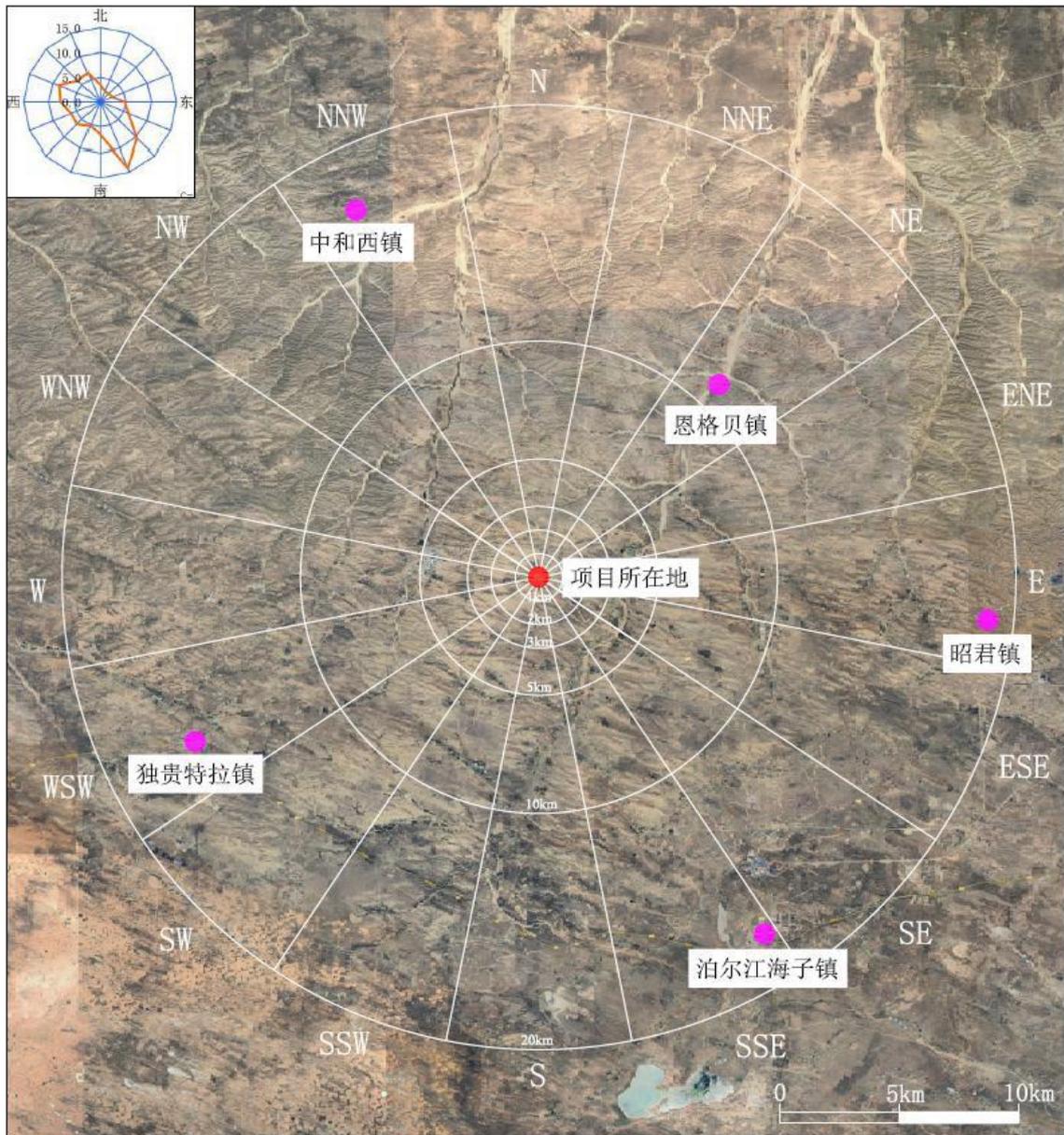


图 3.9-2 评价中心半径 20km 评价子区分布图

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 3.9-2。2021 年和 2023 年人口分布情况见表 3.9-3 和表 3.9-4。评价范围内人口的年龄结构为婴儿 1%、幼儿 8%、少年 16%、成人 79%。

表 3.9-2 评价范围内人口自然增加率

年份	2022	2023
出生率，‰	9.97	9.73
死亡率，‰	7.35	7.51
人口增长率，‰	2.62	2.22

表 3.9-2 评价中心 20km 范围内人口分布 (2020 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	3	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	0	0
1~2	婴儿	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	22	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	44	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	80	0	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2~3	婴儿	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3~5	婴儿	2	0	1	0	1	1	0	2	0	1	0	1	0	0	0	2
	幼儿	13	0	11	0	8	12	0	16	0	11	0	11	0	0	0	12
	少年	19	0	16	0	13	18	0	24	0	17	0	17	0	0	0	18
	成人	126	0	107	0	83	117	0	156	0	109	0	111	0	0	0	120
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	49	21	21
	少年	39	33	51	43	53	50	26	23	32	26	23	64	111	74	32	31
	成人	254	220	338	282	350	327	173	148	208	173	148	419	733	489	211	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	72	53	39	23	22	45	56	89	49	62	40
	成人	105	225	406	423	393	476	346	260	148	147	293	366	586	326	409	263

表 3.9-3 评价中心 20km 范围内人口分布（2026 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	3	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	0	0
1~2	婴儿	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	22	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	44	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	80	0	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2~3	婴儿	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3~5	婴儿	2	0	1	0	1	1	0	2	0	1	0	1	0	0	0	2
	幼儿	13	0	11	0	8	12	0	16	0	11	0	11	0	0	0	12
	少年	19	0	16	0	13	18	0	24	0	17	0	17	0	0	0	18
	成人	126	0	108	0	83	117	0	157	0	109	0	111	0	0	0	120
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	43	74	50	21	21
	少年	39	34	51	43	53	50	26	23	32	26	23	64	112	74	32	31
	成人	254	221	339	282	350	328	173	149	208	173	149	420	735	490	212	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	60	33	42	27
	少年	16	34	62	64	60	73	53	40	23	22	45	56	89	50	62	40
	成人	105	226	407	423	394	478	347	260	149	147	294	367	588	326	410	263

4 评价适用标准

表 4-1 本项目执行环境质量标准信息表						
环境 质量 标准	类别	标准名称	执行标准	项目名称及标准值		
		环境 空气	《环境空气质量标准》	GB 3095-2012 二级	TSP	24 小时平均 0.3mg/m ³
	地下水 环境	《地下水质量标准》	总体执行 GB/T 14848-2017 中 III 类标准，个别因子背景值较高。	pH	6.5~8.5	
				Na ⁺	200mg/L	
				Cl ⁻	250mg/L	
				SO ₄ ²⁻	250mg/L	
				NO ₃ ⁻	20.00mg/L	
				As	0.01mg/L	
				Hg	0.001mg/L	
				Cr ⁶⁺	0.05mg/L	
				Zn	1.00mg/L	
				Cu	1.00mg/L	
				Pb	0.01mg/L	
				Cd	0.005mg/L	
				Mn	0.10mg/L	
				Mo	0.07mg/L	
		总溶解性 固体		1000mg/L		
				COD _{Mn}	3.0mg/L	
	土壤 环境	《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》	GB 15618-2018 土壤污染风险 筛选值	pH	>7.5	
				As	25mg/kg	
				Cd	0.6mg/kg	
				Hg	3.4mg/kg	
				Pb	170mg/kg	
				Cr	250mg/kg	
				Zn	300mg/kg	
				Ni	190mg/kg	
		Cu	100mg/kg			
		《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》	GB 36600-2018 第二类用地 土壤污染风险 筛选值	As	60mg/kg	
				Cd	65mg/kg	
				Cr ⁶⁺	5.7mg/kg	
				Cu	18000mg/kg	
				Pb	800mg/kg	
	Hg			38mg/kg		
			Ni	900mg/kg		
	声环境	《声环境质量标准》	GB 3096-2008 2 类	Leq(A)	昼	60dB(A)
					夜	50dB(A)

表 4-2 本项目执行污染物排放标准信息表

类别	标准名称	执行标准	项目名称及标准值		
废气	《大气污染物综合排放标准》	GB16297-1996 新污染源二级	颗粒物	最高排放浓度	120mg/m ³
				周界外浓度最高点	1.0mg/m ³
			HCl	周界外浓度最高点	0.2mg/m ³
噪声	《建筑施工场界环境噪声排放标准》	GB12523-2011	Leq(A)	昼	70dB(A)
				夜	55dB(A)
	《工业企业厂界环境噪声排放标准》	GB12348-2008 中 2 类标准	Leq(A)	昼	60dB(A)
				夜	50dB(A)

辐射控制指标

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。本项目处于试验阶段，规模较小，结合本次气态流出物所致公众剂量预测结果，确定本项目和纳岭沟扩大试验叠加后所致的公众平均年有效剂量管理目标值为 0.1mSv/a。

根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），纳岭沟地浸采铀矿山 ²²²Rn 的归一化排放量不超过 7×10¹²Bq/100t(U)。

5 环境质量状况

5.1 监测目的

为了解和掌握评价区域环境质量现状，留下项目试验前的环境背景资料，以便试验开展后，为制定常规环境监测方案和评价在正常运行和事故排放时的放射性物质浓度以及环境影响提供比对依据，从而开展了此次环境质量现状调查与评价。

5.2 监测方案

5.2.1 监测内容

本项目监测由核工业北京化工冶金研究院分析测试研究中心和核工业二〇八大队分析测试中心联合开展，共开展两次，监测时间分别为2021年5月和2021年8月。核工业北京化工冶金研究院分析测试研究中心和核工业二〇八大队分析测试中心都是具有计量认证合格证的环境监测机构，CMA证书编号分别为[160021183086]和[160021181393]，有效期分别至2022年9月8日和2022年3月7日。因此，所出具的监测报告是有效的。本项目监测布点图见图5.2-1，监测方案见表5.2-1。

表 5.2-1 监测方案

环境介质	监测项目	监测位置	点位数量(个)	监测频次及要求
空气	氡及其子体	①试验区内部布置1个监测点位； ②居民1、居民2、居民4各布置1个监测点； ③对照点：补龙梁。	5	每日1次，连续监测3天。其中，居民1、居民2为每日24h，连续监测3天。
	TSP	①居民1、居民2各布置1个监测点。	2	连续监测3天，每天1次。记录监测时气象状况。
	氡析出率	①试验区内部布置1个监测点位； ②拟建蒸发池布置1个监测点位。	2	每日1次，连续监测3天。
	γ 辐射空气吸收剂量率	①试验区内部、拟建蒸发池各布置1个监测点位； ②居民1、居民2、居民4各布置1个监测点； ③对照点：补龙梁。	6	监测1次。
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^- 、	①潜水含水层：居民1、居民2、居民3、居民5、郝家、点不池沟、河洛图（对照点）各布设1个监测点； ②含矿含水层：WN2、WN3、SYG-1'、SYG-3各布设1个监测点位。	潜水层：7 含矿层：4	监测1次。

	Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、NO ₃ ⁻ 、As、Hg、Cr ⁶⁺ 、Zn、Cu、Pb、Cd、Mn、Mo、总溶解性固体、COD _{Mn}			
土壤	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、pH、As、Cd、Hg、Pb、Cr、Cr ⁶⁺ 、Zn、Ni、Cu	①试验区内部、拟建蒸发池、管线沿线土壤各布置1个监测点位； ②居民2布置1个监测点； ③对照点：补龙梁。	5	每个监测点位取1个混合样。
生物	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po	①试验区内部布置1个监测点位； ②居民2布置1个监测点； ③对照点：补龙梁。	3	牧草
噪声	等效声级 L _{Aeq}	①试验区边界布置1个监测点位； ②居民2布置1个监测点位。	2	每日昼夜各1次，连续监测2天。

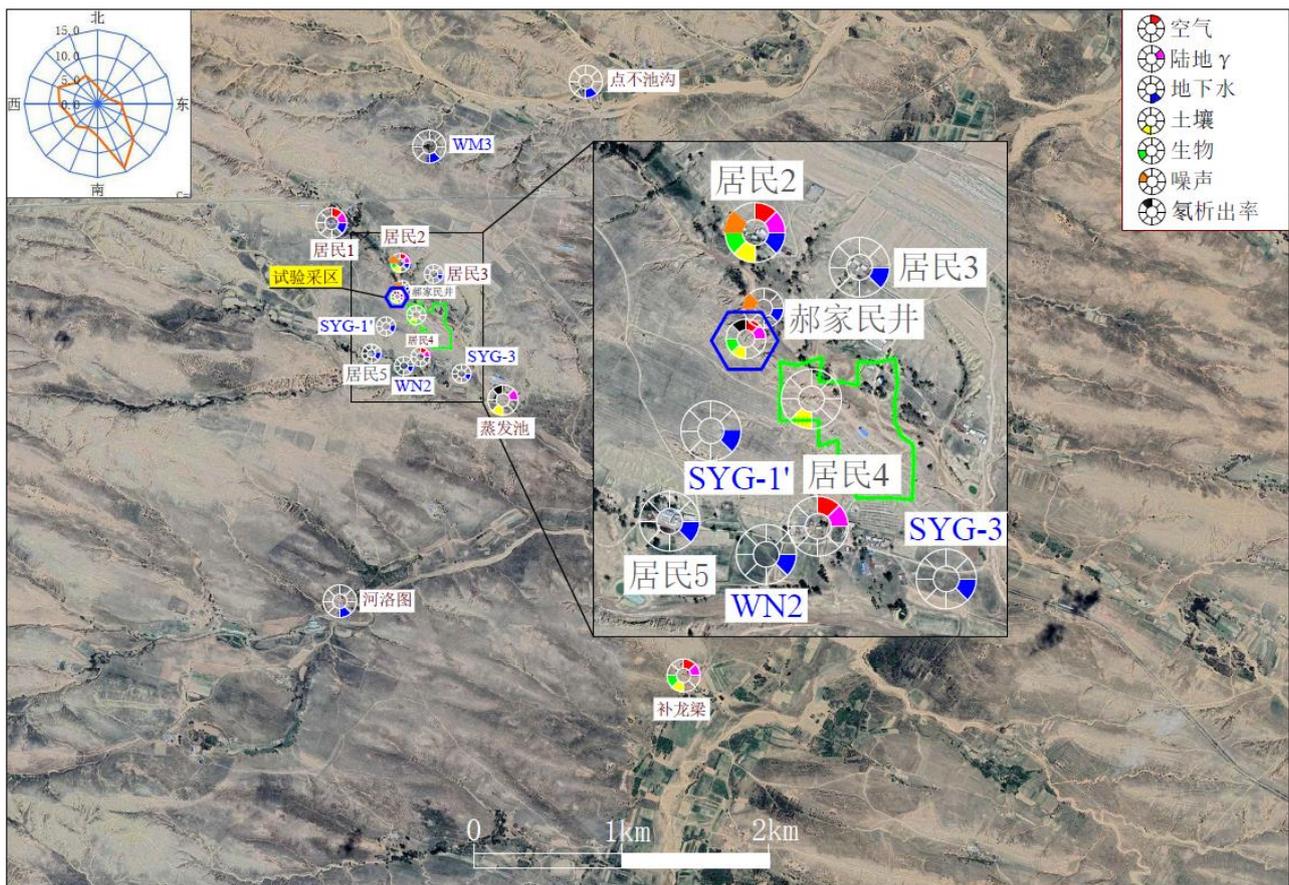


图 5.2-1 监测布点图

5.2.2 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 5.2-2。

表 5.2-2 监测方法、仪器及检出限

监测项目		监测方法依据	监测仪器	仪器型号	检出限
空气	氡浓度	GB/T 14582-1993	测氡仪 活性炭吸附测氡仪	RAD7 HD-2003	3.7Bq/m ³
	氡子体	EJ 378-1989	氡及子体测量仪	RPM-FF01	10nJ/m ³
	TSP	GB/T 15432-1995	环境空气综合采样器	崂应 2050 型	0.001mg/m ³
氡析出率		EJ/T 979-1995 GB 50325-2010	测氡仪 集氡罩	RAD7	5×10 ⁻⁵ Bq/(m ² ·s)
γ 剂量率		HJ 1157-2021	X-γ 剂量率仪	HD-2005	10nGy/h
地下水	U _{天然}	HJ 840 (3) -2017	微量铀分析仪	HD-3025	0.02μg/L
	²²⁶ Ra	GB/T 11214-1989	全自动镭氡分析仪	HD2012	0.002Bq/L
	²¹⁰ Pb	EJ/T 859-94	低本底 α、β 测量仪	HD-2011	0.001Bq/L
	²¹⁰ Po	HJ 813-2016			0.001Bq/L
	pH	DZ/T 0064.5-1993	酸度计	PHS-3C	0~14pH
	K ⁺	DZ/T 0064.27-1993	原子吸收分光光度计	GGX-800	0.05mg/L
	Na ⁺				0.4mg/L
	Ca ²⁺	DZ/T 0064.13-1993	滴定管	50ml	4.0mg/L
	Mg ²⁺	DZ/T 0064.14-1993			3.0mg/L
	CO ₃ ²⁻	DZ/T 0064.49-1993			5mg/L
	HCO ₃ ⁻	DZ/T 0064.49-1993			5mg/L
	Cl ⁻	DZ/T 0064.50-1993			3mg/L
	SO ₄ ²⁻	DZ/T 0064.64-1993			10mg/L
	COD _{Mn}	DZ/T 0064.68-1993			0.40mg/L
	Cr ⁶⁺	GB 7467-87			可见分光光度计
	NO ₃ ⁻	HJ 84-2016	离子色谱仪	CIC-D100	0.016mg/L
	As	HJ 694-2014	原子荧光分析仪	AFS-2100	0.3ug/L
	Hg				0.04ug/L
	Zn	HJ 700-2014	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350 X	0.67ug/L
	Cu				0.08ug/L
Pb	0.09ug/L				
Cd	0.05ug/L				
Mn	0.12ug/L				
Mo	0.06ug/L				
总溶解性固体	DZ/T 0064.9-1993	电子天平	ESJ120-4	1mg/L	
土壤	U _{天然}	GB/T 11743-2013	高纯锗多道 γ 能谱仪	GMX50P4-83	1Bq/kg
	²²⁶ Ra				1Bq/kg
	pH	NY/T 1121.2-2006	酸度计	PHS-3C	0~14pH
	As	GB/T 22105.2-2008	原子荧光分析仪	AFS-2100	0.01mg/kg
	Hg	GB/T 22105.1-2008			0.002mg/kg

	Cd	GB/T 14506.30-2010	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350 X	0.02μg/g
	Pb				0.1μg/g
	Cr				2mg/kg
	Zn				2.0μg/g
	Ni				1.0μg/g
	Cu				0.2μg/g
	Cr ⁶⁺	HJ 1082-2019	原子吸收分光光度计	GGX-800	0.5mg/kg
生物	U _{天然}	GB/T 11713-2015	高纯锗多道γ能谱仪	GMX50P4-83	1Bq/kg
	²²⁶ Ra				1Bq/kg
	²¹⁰ Pb				1Bq/kg
	²¹⁰ Po	《岩石矿物分析》 (第四版)地质出版社 2011 年 ²¹⁰ Po 的测定 总α计数法 66.5	低本底α、β测量仪	HD-2011	1Bq/kg
噪声	GB 3096-2008	多功能声级计	AWA6228 ⁺	20dB (A)	

5.3 调查结果与分析

5.3.1 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

本项目所在地及周边居民点 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果如表 5.3-1 所示。由该表可知，γ 辐射空气吸收剂量率范围值为 (87.6~130.9) nGy/h。其中，蒸发池、试验采区内部和居民点 4（距离现有扩大试验采区最近的居民点）的 γ 辐射空气吸收剂量率略高于对照点补龙梁，但整体均与现有扩大试验近三年监测年报结果和鄂尔多斯市地区处于同一水平。

表 5.3-1 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位	监测结果 (nGy/h)	
		第一次	第二次
1	居民 1	94.1	102.7
2	居民 2	87.6	96.3
3	蒸发池边	117.8	119.0
4	试验区内部	130.9	127.9
5	居民 4	124.9	121.5
6	补龙梁 (对照点)	91.8	110.2
2018 年~2020 年监测年报数据		69.8~174.33	
《中国环境天然放射性水平》(2015) 伊盟		66.6~154.1	

注：监测数据未扣除宇宙射线。

5.3.2 环境空气监测结果

1) TSP 浓度监测结果

本项目周边居民点空气中 TSP 浓度监测结果见表 5.3-2。由表可知，居民点空气中 TSP 浓度范围值为（28.89~70.31） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境空气质量准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求。

表 5.3-2 空气中 TSP 浓度监测结果

监测点	监测结果（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	
	第一次	第二次
居民 1	28.89~48.70	46.68~51.67
居民 2	31.93~70.31	52.51~62.55
GB3095-2012 标准限值	300	

2) 氡及氡子体浓度监测结果

本项目所在地及周边居民点空气中氡及氡子体浓度监测结果见表 5.3-3。由表可知，氡浓度范围值为（9.7~19.7） Bq/m^3 ，氡子体浓度范围值为（11~18） nJ/m^3 。其中，试验区内部氡及氡子体浓度均略高于对照点补龙梁，但整体均与现有扩大试验近三年监测年报结果和全国处于同一水平。

表 5.3-3 空气中氡及氡子体浓度监测结果

序号	监测地点	氡浓度均值（ Bq/m^3 ）		氡子体浓度均值（ nJ/m^3 ）	
		第一次	第二次	第一次	第二次
1	试验区内部	16.2	19.7	12	18
2	居民 1	10.5	14.1	13	13
3	居民 2	11.3	13.6	11	16
4	居民 4	9.7	11.2	14	13
5	补龙梁（对照点）	8.4	10.0	11	12
2018 年~2020 年监测年报数据		7.0~27.3		10~28	
《中国环境天然放射性水平》（2015） 全国		3.3~40.8		15.4~114.0	

5.3.3 氡析出率监测结果

本项目地表氡析出率监测结果见表 5.3-4。由表可知，地表氡析出率范围值为（0.0059~0.0200） $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，与纳岭沟试验本底处于同一水平。

表 5.3-4 氡析出率监测结果

监测点位	氡析出率 Bq/ (m ² ·s)	
	第一次	第二次
试验区内部	0.0140	0.0082
拟建蒸发池	0.0200	0.0059
建矿前本底*	0.003~0.058	

注：*包括纳岭沟条件试验环评阶段本底和扩大试验环评阶段本底数据。

5.3.4 地下水环境监测结果

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 5.3-5。由表可知，潜水含水层地下水中 U_{天然}浓度为 (0.36~6.81) μg/L，²²⁶Ra 浓度为 (0.0015~0.0612) Bq/L，与纳岭沟试验本底及近三年年报监测结果处于同一水平，且在内蒙古自治区地下水本底范围内。²¹⁰Po 浓度为 (0.0016~0.0137) Bq/L，²¹⁰Pb 浓度为 (0.0014~0.0463) Bq/L。

表 5.3-5 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	居民 1	2.77	2.75	0.0219	0.0198	0.00451	0.0016	0.0463	0.0407
2	居民 2	3.28	4.64	0.0224	0.0183	0.00598	0.0016	0.0014	0.0068
3	居民 3	3.85	3.34	0.0426	0.0289	0.00341	0.0022	0.0193	0.0170
4	居民 5	2.84	6.81	0.0171	0.0213	0.00460	0.0064	0.0224	0.0251
5	郝家	0.36	3.40	0.0182	0.0440	0.01370	0.0026	0.0403	0.0384
6	点不池沟	0.92	1.43	0.0612	0.0015	0.00180	0.0023	0.0056	0.0132
7	河洛图 (对照点)	1.38	3.11	0.0208	0.0172	0.00250	0.0022	0.0080	0.0328
2018 年~2020 年监测年报数据		0.35~10.8		0.004~0.10		0.00194~0.0911		0.005~0.1497	
建矿前本底*		0.387~11.4		0.008~0.292		—		—	
《中国环境天然放射性水平》内蒙古		0.38~101.6		0.00155~0.2039		—		—	

注：*包括纳岭沟条件试验环评阶段本底、扩大试验环评阶段本底和地质勘查阶段本底数据。

(2) 含矿含水层

本项目含矿含水层地下水监测结果见表 5.3-6。由表可知，含矿含水层地下水中 U_{天然}浓度范围为 (0.06~0.81) μg/L，²²⁶Ra 浓度范围为 (0.0121~0.0949) Bq/L，与纳岭沟试验本底及近三年年报监测结果基本处于同一水平。²¹⁰Po 浓度范围为 (0.0019~0.0541) Bq/L，²¹⁰Pb 浓

度范围为（0.0040~0.0780）Bq/L。

表 5.3-6 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 (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	WN2	0.13	0.16	0.0166	0.0121	0.0050	0.0085	0.0088	0.0270
2	WN3	0.06	0.07	0.0161	0.0142	0.0019	0.0021	0.0407	0.0372
3	SYG-1'	0.33	0.16	0.0254	0.0232	0.0037	0.0541	0.0040	0.0780
4	SYG-3	0.81	0.11	0.0949	0.0165	0.0109	0.0151	0.0174	0.0645
2018年~2020年监测年报数据		0.02~19.59		0.007~0.10		0.003~0.0948		0.005~0.1457	
建矿前本底*		0.20~31.6		0.01~0.12		—		—	

注：*包括纳岭沟条件试验环评阶段本底、扩大试验环评阶段本底和地质勘查阶段本底数据。

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核素监测结果见表 5.3-7。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 Cl⁻、NO₃⁻和总溶解性固体。由纳岭沟铀矿床在详查时期以及纳岭沟试验环评期间开展的本底调查可知，该区域潜水含水层地下水水化学类型多为 HCO₃⁻·Cl-Na 型水或 HCO₃⁻·SO₄²⁻·Cl-Na 型水，本次监测的 Cl⁻、NO₃⁻和总溶解性固体基本处于区域本底水平范围内。

表 5.3-7 居民点地下水非放射性指标分析结果

监测项目	监测次数	居民 1	居民 2	居民 3	居民 5	郝家	点不池沟	河洛图	建矿前本底*	标准值
pH	第一次	7.69	7.67	7.89	7.65	8.07	7.92	7.80	7.1~8.8	6.5~8.5
	第二次	7.26	7.65	7.78	8.01	8.00	8.00	7.83		
Cl ⁻ (mg/L)	第一次	201.4	221.2	203.2	322.6	213.4	134.7	209.9	51.1~515	250
	第二次	325.4	202.4	203.8	257.4	198.9	202.1	185.0		
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	第一次	49.6	51.5	97.6	86.5	81.5	97.2	54.9	63.9~117	250
	第二次	108.7	98.0	69.5	99.9	70.3	50.0	78.0		
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	第一次	21.9	23.0	18.4	23.6	25.3	12.7	24.8	—	—
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	31.9		
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	351.5	451.1	361.4	463.9	361.4	296.9	319.8	—	—
	第二次	467.9	448.1	403.0	356.2	391.9	434.1	389.5		
K ⁺	第一次	1.78	2.16	2.22	2.32	1.66	1.21	2.16	1.29~2.77	—

(mg/L)	第二次	3.58	4.03	4.15	3.46	3.86	3.44	3.35		
Na ⁺ (mg/L)	第一次	53.1	62.1	52.0	61.7	110.9	38.0	86.1	58.9~92.69	200
	第二次	64.4	56.4	49.6	111.4	49.6	45.4	65.6		
Ca ²⁺ (mg/L)	第一次	25.7	26.5	27.3	39.2	10.5	21.2	21.2	45.48~65.71	—
	第二次	24.4	24.0	21.1	31.2	21.0	18.4	20.1		
Mg ²⁺ (mg/L)	第一次	8.70	8.10	16.9	21.3	4.70	10.3	8.50	8.65~37.25	—
	第二次	41.4	32.0	29.8	64.4	30.2	24.3	28.2		
Cr ⁶⁺ (μg/L)	第一次	ND	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	50
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
NO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	51.1	25.1	53.3	87.7	5.96	20.4	72.9	1.92~69.9	20.0
	第二次	13.1	13.0	43.5	101.2	44.8	1.81	77.6		
Cu (μg/L)	第一次	1.8	1.4	0.9	1.4	1.3	0.6	1.2	0.439~1.16	1000
	第二次	6.0	5.0	4.0	6.0	4.0	4.0	5.0		
Pb (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.145~0.248	10
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Zn (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.226~0.59	1000
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Mn (μg/L)	第一次	0.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.096~1.21	100
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	10	ND		
Mo (μg/L)	第一次	2.3	1.4	0.8	10	10	0.6	0.7	—	70
	第二次	1	1	1	1	1	1	1		
Cd (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~1.16	5
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
As (μg/L)	第一次	2	5	3	4	6	3	4	1.25~2.54	10
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Hg (μg/L)	第一次	0.114	0.180	0.170	0.334	0.205	0.230	0.244	—	1
	第二次	0.23	0.23	ND	ND	0.29	0.17	<0.16		
总溶解性固体 (mg/L)	第一次	904.9	1048.6	967.4	1294.8	988.7	761.4	887.5	259~2960	1000
	第二次	813.0	721.1	677.0	1145.2	880.3	780.0	592.2		
COD _{Mn} (mg/L)	第一次	0.60	1.64	1.12	1.78	0.68	0.62	0.99	—	3.0
	第二次	1.60	1.60	1.54	2.56	1.28	1.92	2.05		

注：*包括纳岭沟条件试验环评阶段本底、扩大试验环评阶段本底及地质勘查阶段本底数据。

(2) 含矿含水层

本项目含矿含水层地下水非放射性核素监测结果见表 5.3-8。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》（GB14848-2017）中Ⅲ类标准，个别因子背景值较高，包括 pH、Cl⁻、Na⁺和总溶解性固体。由纳岭沟铀矿床在详查时期、纳岭沟试验环评期间及地质勘查期间开展的本底调查可知，该区域含矿含水层地下水水化学类型为 Cl·SO₄-Na、Cl·HCO₃-Na 或 Cl-Na 型水，本次监测的 pH、Cl⁻、Na⁺和总溶解性固体基本处于区域本底水平范围内。

表 5.3-8 含矿含水层地下水非放射性核素含量监测结果

监测项目	监测次数	WN2	WN3	SYG-1'	SYG-3	建矿前本底*	标准值
pH	第一次	11.19	10.82	11.05	11.30	7.64~13.30	6.5~8.5
	第二次	10.82	11.11	10.96	10.98		
Cl ⁻ (mg/L)	第一次	492.4	420.1	642.4	716.4	42.54~645.19	250
	第二次	585.3	361.9	602.7	516.5		
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	第一次	106.8	169.4	128.3	96.8	86.45~420.26	250
	第二次	154.1	76.5	109.1	163.7		
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	第一次	267.9	181.5	129.6	354.3	—	—
	第二次	443.0	231.6	278.8	ND		
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	16.4	68.5	83.7	ND	64.07~1250.91	—
	第二次	ND	ND	ND	ND		
K ⁺ (mg/L)	第一次	2.73	2.65	2.72	2.67	262.2~533.2	—
	第二次	7.82	11.0	13.6	9.31		
Na ⁺ (mg/L)	第一次	268.2	252.5	292.0	301.1	262.2~533.2	200
	第二次	257.0	192.8	258.1	215.2		
Ca ²⁺ (mg/L)	第一次	3.30	2.70	30.8	23.6	11.02~206.41	—
	第二次	4.7	4.9	24.1	5.9		
Mg ²⁺ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	0~29.18	—
	第二次	3.0	1.5	25.3	3.5		
Cr ⁶⁺ (mg/L)	第一次	ND	0.005	ND	ND	ND	0.05
	第二次	ND	ND	ND	ND		
NO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND~6.5	20.0
	第二次	1.33	ND	0.285	0.116		
Cu (μg/L)	第一次	44.8	4.4	6.6	6.8	ND	1000
	第二次	17	12	18	19		
Pb (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND~13.1	10
	第二次	ND	ND	ND	ND		

Zn ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	1000
	第二次	ND	ND	ND	ND		
Mn ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	100
	第二次	ND	ND	ND	10		
Mo ($\mu\text{g/L}$)	第一次	15.9	9.0	8.6	17.6	—	70
	第二次	17.0	17.0	12.0	11.0		
Cd ($\mu\text{g/L}$)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	5
	第二次	ND	ND	ND	ND		
As ($\mu\text{g/L}$)	第一次	5	5	5	4	ND~3.72	10
	第二次	ND	ND	ND	ND		
Hg ($\mu\text{g/L}$)	第一次	0.259	0.282	0.319	0.294	ND	1
	第二次	ND	ND	0.38	ND		
总溶解性固体 (mg/L)	第一次	1442.5	1320.1	1501.9	1949.9	1104.0~1887.3	1000
	第二次	1095.2	720.1	1320.0	880.1		
COD _{Mn} (mg/L)	第一次	0.94	1.13	2.42	2.09	—	3.0
	第二次	1.79	1.60	2.56	1.79		

注：*包括纳岭沟条件试验环评阶段本底、扩大试验环评阶段本底及地质勘查阶段本底数据。

5.3.5 土壤环境质量

本项目周边土壤中 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 监测结果见表 5.3-9，非放射性因子监测结果见表 5.3-10。由表可知，土壤中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为（12.00~35.07）Bq/kg， ^{226}Ra 范围值为（6.09~22.51）Bq/kg，均与纳岭沟试验本底处于同一水平，且在鄂尔多斯市地区本底范围内。

本项目试验采区内部、管线沿线及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，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。

表 5.3-9 土壤放射性核素含量监测结果

序号	采样地点	U _{天然} (Bq/kg)		²²⁶ Ra (Bq/kg)	
		第一次	第二次	第一次	第二次
1	居民 2	14.91	27.47	22.51	11.10
2	拟建蒸发池	23.20	35.07	11.40	9.39
3	管线沿线土壤	19.20	12.00	6.09	6.63
4	试验采区内部	27.42	25.69	11.72	12.67
5	补龙梁 (对照点)	17.79	29.51	9.03	22.44
建矿前本底*		10~39		6.47~26.00	
《中国环境天然放射性水平》		9.96~50.78		10.31~35.31	

注：*包括纳岭沟条件试验环评阶段本底和扩大试验环评阶段本底数据。

表 5.3-10 土壤非放射性监测结果

监测项目	监测次数	居民 2	管线沿线	采区内部	补龙梁 (对照点)	农用地标准	拟建蒸发池	建设用地标准	建矿前本底*
pH	第一次	8.37	8.12	8.55	8.21	>7.5	8.81	—	8.59~9.54
	第二次	8.44	8.73	8.42	8.56		8.64		
As (mg/kg)	第一次	6.37	6.99	5.61	6.36	25	6.11	60	
	第二次	8.43	4.15	7.21	6.89		7.06		
Hg (mg/kg)	第一次	0.085	0.192	0.051	0.082	3.4	0.060	38	
	第二次	ND	ND	ND	ND		ND		
Cd (mg/kg)	第一次	0.061	0.060	0.061	0.060	0.6	0.059	65	0.035~0.128
	第二次	0.064	0.072	0.058	0.056		0.056		
Cu (mg/kg)	第一次	12.6	11.0	12.6	12.7	100	13.5	18000	9.4~15.8
	第二次	12.3	11.2	12.3	12.7		11.4		
Pb (mg/kg)	第一次	25.5	25.0	25.0	24.3	170	24.3	800	14.5~17.4
	第二次	17.1	16.2	16.9	16.9		18.3		
Cr (mg/kg)	第一次	50.6	39.8	51.9	55.4	250	—	—	44.1~102
	第二次	26.2	17.7	23.9	47.3		—		
Cr ⁶⁺ (mg/kg)	第一次	—	—	—	—	—	ND	5.7	—
	第二次	—	—	—	—		ND		
Zn (mg/kg)	第一次	32.3	32.3	32.3	31.3	300	31.5	—	21.0~42.0
	第二次	32.5	29.6	32.5	33.6		30.7		
Ni (mg/kg)	第一次	21.0	13.4	20.5	13.9	190	17.6	900	10.8~19.6
	第二次	17.5	10.3	13.4	14.2		13.4		

注：*包括纳岭沟条件试验环评阶段本底和扩大试验环评阶段本底数据。

5.3.6 生物样品

本次生物样品均为牧草，监测结果见表 5.3-11。牧草中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为（1.554~3.512）Bq/kg， ^{226}Ra 范围值为（1.894~6.431）Bq/kg， ^{210}Po 范围值为（2.00~2.59）Bq/kg， ^{210}Pb 范围值为（10.1~37.4）Bq/kg，均满足《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB14882-94）的限值要求。

表 5.3-11 陆生生物放射性核素含量监测结果

样品名称	$U_{\text{天然}}$ (Bq/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
试验采区内部	3.224	3.512	6.431	3.332	2.25	2.00	37.4	30.2
居民 2	2.549	2.213	2.887	2.006	2.13	2.00	10.1	10.9
补龙梁（对照点）	1.897	1.554	2.037	1.894	2.59	2.30	12.5	21.5
建矿前本底*	1.0~1.3		0.4~0.43		—		—	
限值标准	18.45		11		5.3		—	

注：*包括纳岭沟条件试验环评阶段本底数据和扩大试验环评阶段本底数据。

5.3.7 声环境质量

试验采区周边声环境监测结果见表 5.3-12。由表可知，昼间声级范围值在（40~42）dB（A）之间，夜间声级范围值为（38~39）dB（A），均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

表 5.3-12 声环境监测结果

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
试验采区边界	40	42	38	39
居民 2	42	41	39	38
GB3096-2008 标准限值	60		50	

5.4 小结

根据现状监测结果，环境现状调查结论如下：

1) γ 辐射空气吸收剂量率

本项目所在地及周边居民点的 γ 辐射空气吸收剂量率在（87.6~130.9）nGy/h 之间，略高于对照点补龙梁，但与近三年监测年报结果和鄂尔多斯市地区的本底处于同一水平。

2) 空气环境

(1) TSP

本项目周边居民点空气中 TSP 浓度范围值为 (28.89~70.31) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准限值要求。

(2) 氡及氡子体

本项目所在地及周边居民点空气中氡浓度范围值为 (9.7~19.7) Bq/m^3 , 氡子体浓度范围值为 (11~18) nJ/m^3 , 均略高于对照点补龙梁, 但与近三年监测年报结果和全国处于同一水平。

3) 氡析出率

本项目地表氡析出率范围值为 (0.006~0.020) $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 与建矿前本底处于同一水平。

4) 地下水

本项目潜水含水层和含矿含水层地下水中的 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 与建矿前本底及近三年监测年报结果处于同一水平, 且在内蒙古自治区地下水本底范围内。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》(GB14848-2017) 中 III 类标准, 个别因子 (Cl^- 、硝酸盐及总溶解性固体) 背景值较高。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》(GB14848-2017) 中 III 类标准, 个别因子 (pH 、 Cl^- 、 Na^+ 及总溶解性固体) 背景值较高。

5) 土壤

试验采区周边土壤中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为 (12.00~35.07) Bq/kg , ^{226}Ra 范围值为 (6.091~22.51) Bq/kg , 均与建矿前本底处于同一水平, 且在鄂尔多斯市地区本底范围内; 土壤中非放监测指标均满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB15618-2018) 或《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB36600-2018) 标准要求。

6) 生物

本次生物样品均为牧草, 牧草中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为 (1.554~3.512) Bq/kg , ^{226}Ra 范围值为 (1.894~6.431) Bq/kg , ^{210}Po 范围值为 (2.00~2.59) Bq/kg , ^{210}Pb 范围值为 (10.1~37.4) Bq/kg , 均满足《食品中放射性物质限制浓度标准》(GB14882-94) 的限值要求。

7) 声环境

试验采区周围昼间声级范围值为 (40~42) $\text{dB}(\text{A})$, 夜间声级范围值为 (38~39) $\text{dB}(\text{A})$, 均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准要求。

5.6 主要环境保护目标

根据本项目工程性质和周围环境特征，确定大气环境保护目标为试验周围居住区的大气环境；水环境保护对象为试验采区周围居民饮用水含水层及含矿含水层地下水；声环境保护对象为厂界外 200m 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 5.3-13。

表 5.3-13 环境保护目标一览表

要素	保护目标	方位	距离 (km)	性质	人口	保护目标
大气环境	吕家梁	N	4.8	居民点	159	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级。
	老愣	NE	3.0		221	
	点不池沟	NE	3.3		136	
	掌盖塔	ENE	1.5		148	
	油房梁	E	3.6		105	
	补录梁村	ESE	1.9		210	
	刘家圪堵	ESE	3.6		148	
	补龙梁	SSE	3.5		198	
	王家圪堵	SSW	4.5		138	
	河洛图	WSW	3.5		262	
	纳岭沟	WNW	0.4		140	
赵家渠	NNW	4.3	152			
水环境	含矿含水层及上、下含水层地下水				地下水环境总体执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准，个别因子背景值较高。	
声环境	试验采区边界外 200m 范围内				《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类。	
生态环境	本项目占地区域				防止生态环境破坏、水土流失等。	
辐射环境	20km 评价范围				本项目与现有扩大试验叠加的公众平均年有效剂量管理目标值为 0.1mSv/a	

6 建设项目工程分析

6.1 项目组成及内容

本项目为纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究项目，研究目标为针对鄂尔多斯盆地铀煤叠置区铀矿资源开发所面临的问题，以纳岭沟特大型砂岩铀矿床为研究对象，通过成井工艺、井场开拓、浸采方式等方面的研究，开发铀矿高效地浸采冶技术，完成现场扩大试验。根据研究目标主要分为以下五个研究专题，见表 6.1-1

表 6.1-1 本项目研究内容一览表

专题	专题名称	研究内容	现场工程内容
一	铀煤协调开采机制研究	塔然高勒矿区地下水放射性核素迁移扩散研究	现场抽注水试验
		铀煤协调开采水力帷幕控制技术预研究	
		铀矿终采后对煤矿开采的影响预研究	
二	新型成井工艺与井场快速开拓技术研究	高效钻井工艺技术研究	钻孔施工
		裸眼洞穴完井技术研究	
		可降解护壁型钻井液技术研究	
		井场高效开拓技术研究	
三	浸采效率提升技术研究	强抽强注快浸技术研究	现场加压试验
		氧气高效利用研究	
		二氧化碳高效利用研究	
		新型氧化剂浸铀可行性研究	
四	铀水冶装备集成技术研究	模块化提铀系统设计研究	—
		卫星厂装备自控技术研究	
		模块化提铀示范工程	
五	叠置区铀矿现场试验研究	试验区位置选择	现场条件试验
		现场条件试验	
		现场扩大试验	现场扩大试验
		技术经济评价	

专题一：该专题为铀煤协调开采机制研究，重点研究铀煤协调开发相互影响。通过建立地下水数值模型设计水力帷幕方案，并进行现场抽、注水试验验证。现场工程包括：在研究区施工 5 个水文地质钻孔（包括 1 个抽水井和 4 个不等间距的注水井），孔内均安装水位自动监测仪，研究不同水力帷幕注水方案的水位控制效果。该部分内容实施时间短，且抽出和回注的是原始清洁地下水，对地下水环境产生的影响较小。因此，该专题对周围环境的影响发生在施工期的钻孔施工过程。

专题二：该专题为新型成井工艺与井场快速开拓技术研究，重点围绕缩短钻井周期、

提高效益开展研究。其中，现场工程包括快速钻进技术现场试验、裸眼洞穴完井现场试验等。该现场研究内容主要以试验井场钻孔施工为基础，对周围环境的影响主要发生在施工期的钻孔施工过程。

专题三：该专题为为浸采效率提升技术研究，主要从 CO₂+O₂ 浸出剂的高效利用着手，实现铀的快速浸出；其中，现场工程为现场加压试验研究。该研究在现场施工一组耐压钻孔，开展现场加压试验研究，探索提高注液压力，对抽液量、铀浓度和铀浸出率的影响。该部分试验钻孔利用扩大试验钻孔，在扩大试验前开展相关研究。

专题四：该专题为铀水冶装备集成技术研究，通过地浸采铀铀提取系统研制，实现水冶厂模块化、少人化，提高水冶技术装备水平。该研究内容均采用计算机系统构建，不涉及现场工程。因此，本项目不对该部分进行环境影响评价。

专题五：该专题为叠置区铀矿现场试验研究，是对上述 4 个专题的研究进行验证和优化，为最终提供可靠的技术路线和工艺参数提供支撑。该专题现场工程包括现场条件试验及现场扩大试验，是本次评价的重点。

除以上现场研究内容外，本项目室内试验均在核工业北京化工冶金研究院实验室内进行，本报告不再对该部分室内试验进行环境影响评价。

6.2 工程内容

本项目建设内容主要包括试验井场及蒸发池，建设内容见表 6.2-1。

表 6.2-1 试验建设内容一览表

类别	项目	建设内容
井场	钻孔工程	试验井场布置在纳岭沟扩大试验井场西北方向约 30m 处，井型为 7 边型，井间距为 25m。本项目共布置生产井 37 个（抽注钻孔的结构相同，可交换使用），监测井 5 个，水力帷幕试验井 5 个。
	井场综合管线	井场综合管线由集液系统和注液系统组成，集液系统由集液主管和抽液支管组成，集液主管与纳岭沟扩大试验集液总管对接，负责整个井场浸出液的输送；注液系统由注液主管、注液支管等组成，注液主管与纳岭沟扩大试验注液总管道对接，负责整个厂区浸出剂的输送；井场综合管线为地表布置。
水冶厂	蒸发池	蒸发池位于纳岭沟扩大试验蒸发池东南方向约 5m 处，尺寸为长 40m、宽 22m、深 2m，池壁坡度为 1:1；四周设截洪排水沟，迎风面设置挡沙墙；底部及侧壁设有防渗层，压实土垫层下面安装渗漏检测装置以便及时发现渗漏。

6.3 工艺流程

6.3.1 井场施工工艺

1) 钻井工艺

本项目专题二“新型成井工艺与井场快速开拓技术研究”从钻井提速和完井优化两方面进行钻井工艺改进，采用新型钻井工艺实现快速钻井，拟裸眼施工至目的层后测井确定矿层位置，对矿层位置以上部位下入套管，套管外侧注浆固井，待区域内所有钻孔测井结果出来后，统筹研究铀矿层层位，再利用裸眼洞穴完井技术开启浸出剂渗流位置。这样既节约了沉砂管和过滤管，又省去了投砾和构筑人工隔水层的工序，可快速成井，后期沉砂较高时进行洗井。

在钻井工程阶段，本项目拟使用 SPS1000、TSJ1500 或者 RC-5 型号的钻机和 NB350、TBW850、BW1200/7 或 3NB350 型号的泥浆泵。为了提高钻井速度，本项目使用 $\Phi 89$ 的钻杆配合 $\Phi 127$ 的钻铤，逆向注浆过程中使用 $\Phi 60$ 钻杆充当注浆管。在成建井阶段，本项目拟使用 XY-6B 型立轴式岩心钻机和 NBB-390/15 型号的泥浆泵，并使用 $\Phi 60$ 钻杆配合 $\Phi 117$ 割刀，反向投砾时使用 $\Phi 40$ 投砾管。套管结构拟采用以下两套方案：①抽、注井采用 $\Phi 148 \times 10 \text{mm}$ UPVC 井管一径到底；②采用复合套管结构：在 0-350m，下 $\Phi 190 \times 13 \text{mm}$ UPVC 井管。在 350-500m，下 $\Phi 148 \times 10 \text{mm}$ UPVC 井管，在两种井管变径处采用空心尼龙变径连接，上下均为管箍连接。本项目钻孔成井示意图见图 6.3-2。

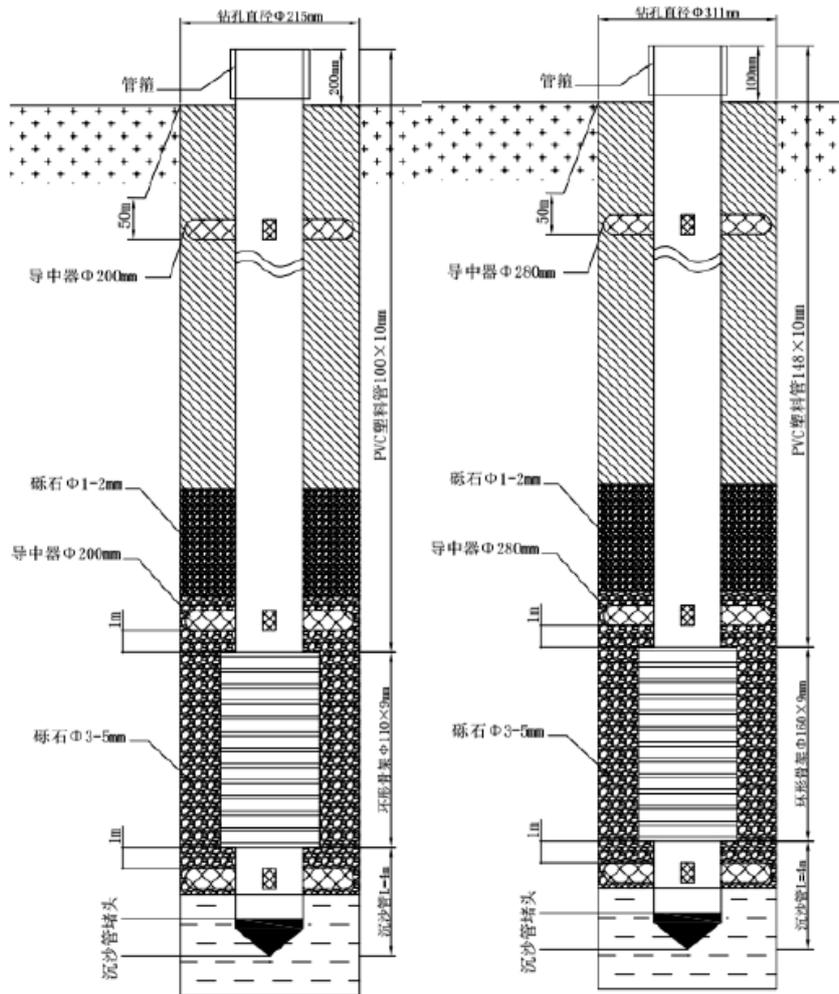


图 6.3-2 地浸采铀钻孔（注入井、抽出井）成井示意图

2) 井场管网布置

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

(1) 集液系统

本项目抽液主管与现有集控室抽液总管对接。在浸出过程中，各抽出井采用单孔独立方式计量流量，由潜水泵将浸出液提升至抽液支管，各抽液支管汇集于抽液主管后接入现有集控室抽液总管。

(2) 注液系统

本项目井场注液主管与现有集控室注液总管对接。从现有集控室中流出的含 O_2 和 CO_2 的浸出剂由集控室注液总管分流进入本项目采区注液主管，经分配后由注液支管进入注入井，各注入井流量采用单孔独立方式计量。

(3) 管网布置方式

本项目管网为地表布置方式，管线具体参数见表 6.3-2。

表 6.3-2 井场管网参数

序号	管道名称	材质	规格	长度 (m)	备注
1	抽液管	PE	Φ63*8mm	2000	井内提升管
			Φ50*5mm	2500	地表支管
		PE	DN300, PN1.0	300	地表主管
2	注液管	PE	Φ40*4.5mm	5000	地表支管+井内
		钢塑管	DN300, PN1.6	300	地表主管

6.3.2 井场浸出工艺

本项目采用 CO₂+O₂ 的中性浸出工艺，该工艺是在地下水加入 CO₂ 和 O₂ 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车间，经过吸附、淋洗和沉淀等过程加工成“111”产品。

本项目井场工艺流程主要包括浸出剂输送及注入、浸出液提升及输送两部分，浸出剂的配置、浸出液的提铀处理等部分依托纳岭沟扩大试验，井场浸出工艺流程见图 6.3-4。

1) 浸出剂输送及注入：从现有集控室中流出含 O₂ 和 CO₂ 的浸出剂由集控室注液总管分流进入本项目采区注液主管，经分配后由注液支管通过注入井进入地下含矿层。

2) 浸出液提升及输送：各抽出井的浸出液经潜水泵提升至孔口，通过各抽液支管汇集于抽液主管后接入现有集控室抽液总管，并通过现有抽液管道输送至纳岭沟扩大试验水冶厂进行浸出液提铀处理。

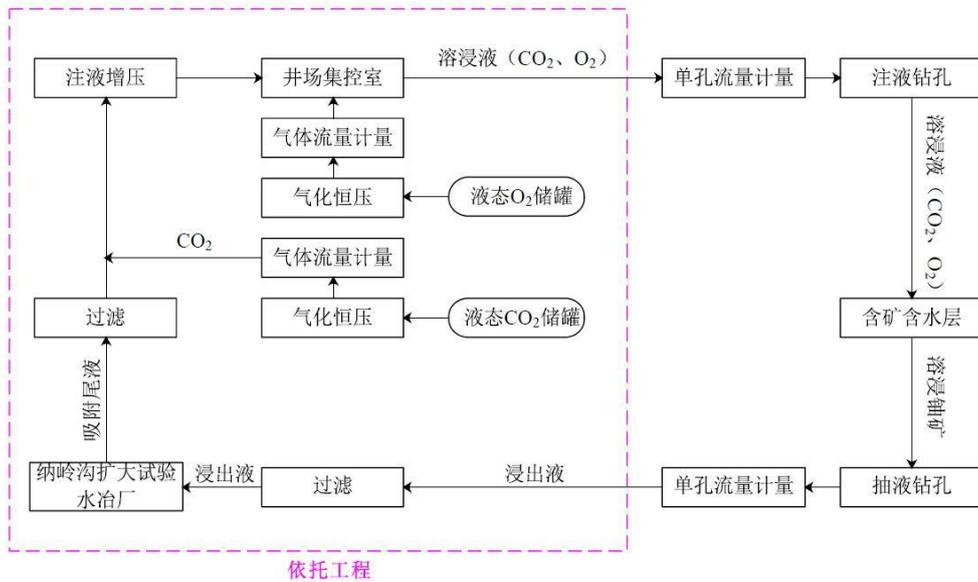


图 6.3-4 井场工艺流程图

6.3.3 浸出液处理工艺

本项目浸出液处理部分依托于纳岭沟扩大试验水冶厂，其水冶工艺流程为浸出液→澄清→过滤→离子交换吸附→淋洗→酸化→沉淀→压滤等工序得到“111”产品，其水冶工艺流程见图 6.3-5。

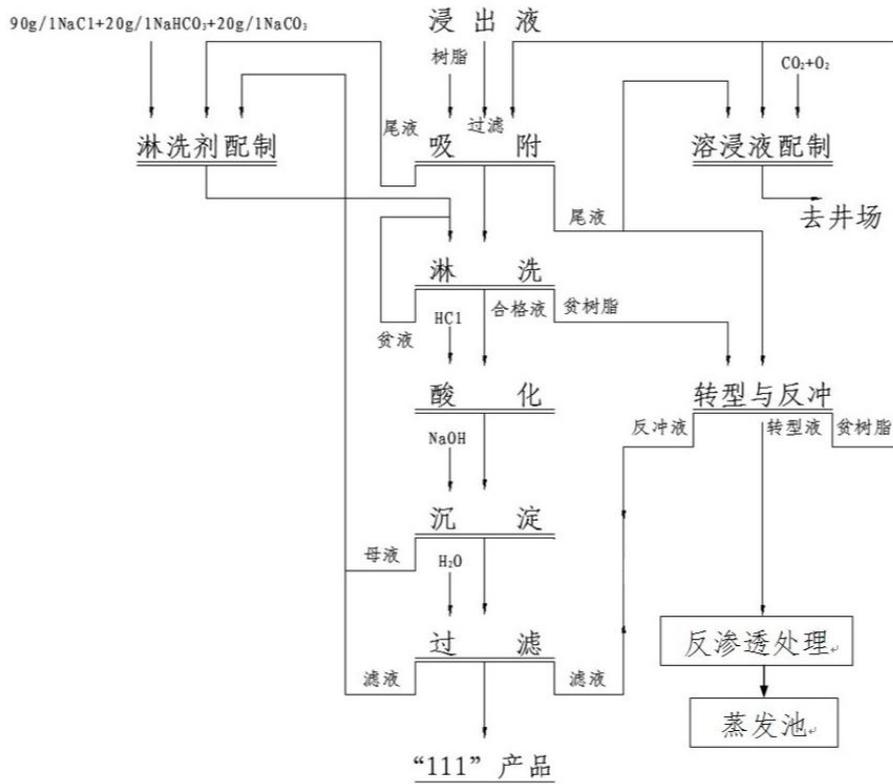


图 6.3-5 浸出液处理工艺流程图

6.4 总平面布置

1) 总图布置原则

(1) 充分利用自然地形,做到功能区分合理,满足工艺、运输、安全、环保、卫生的要求。

(2) 尽量减少交叉和污染,减少土石方工程量。

(3) 综合考虑矿区交通运输、环境保护及土地利用等外部条件。

2) 总平面布置方案

(1) 试验井场

本项目试验井场位于纳岭沟扩大试验井场西北方向约 150m,布置生产井 37 个;试验井场下游、西北侧向及上游各布置 1 个含矿层监测井,并在下游利用 1 个现有含矿层监测井(SYG-1'),其距离井场边界分别为 100m、80m、60m 和 130m。此外,试验采区内部布置上、下层含水层监测井各 1 个;试验井场外围布置水力帷幕试验井 5 个。

(2) 蒸发池

本项目蒸发池位于纳岭沟扩大试验蒸发池东南方向约 5m 处,尺寸为长 40m、宽 22m、深 2m。

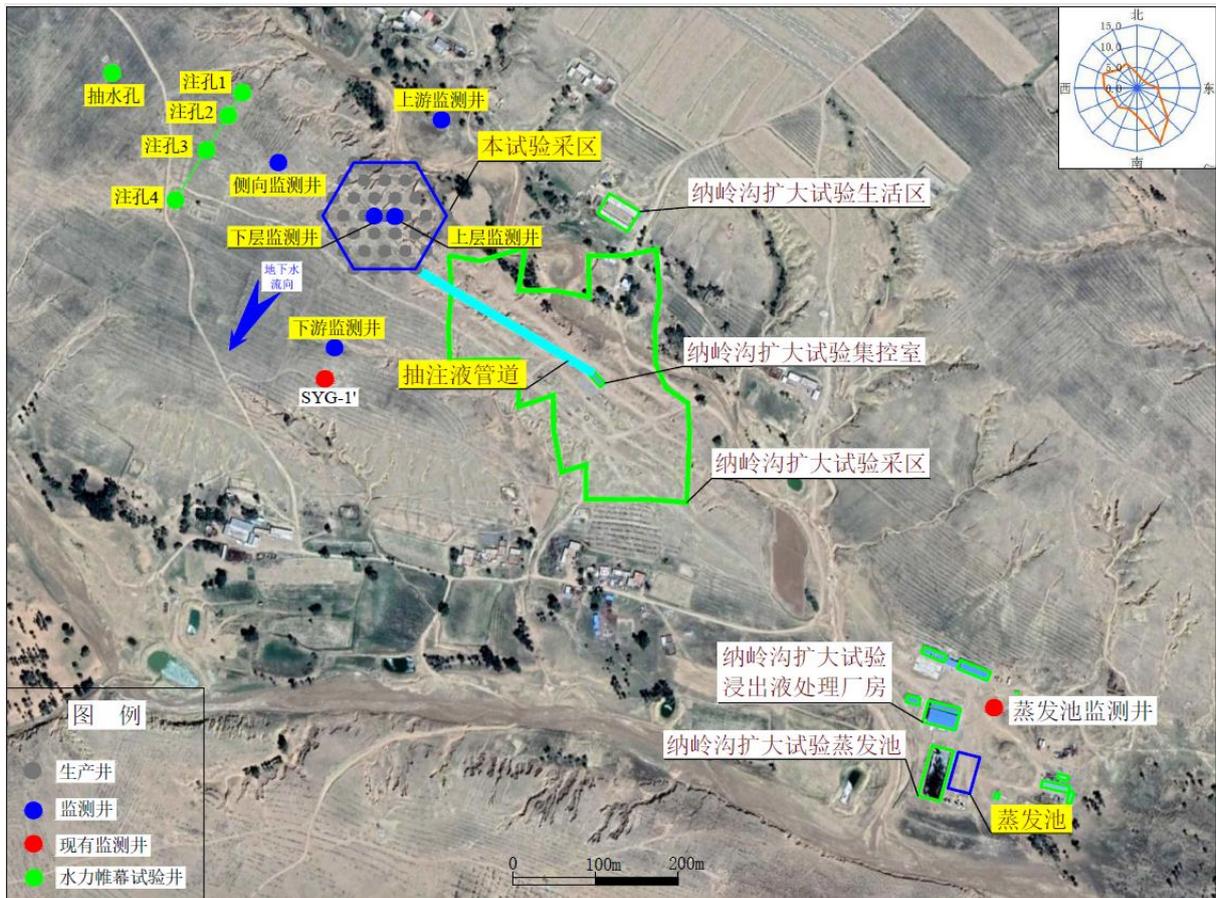


图 6.4-1 总平面布置图

6.5 主要设备材料

本项目主要设备材料见表 6.5-1。

表 6.5-1 主要设备材料一览表

序号	设备/材料名称	规格型号	单位	数量	备注
1	抽出井	Φ148×10mm	个	37	抽注钻孔 可转换
2	注入井		个		
3	监测井		个	5	
4	水力帷幕试验井		个	5	
5	不锈钢潜水泵	流量：≥10m ³ /h，扬程： ≥50m，功率：≤4kw，材 质：316L	台	13	
6	抽液主管	DN300，PN1.0 钢塑管	m	300	
7	抽液支管	Φ50*5.0mm PE	m	2500	
8	井内提升管	Φ63*8.0mm PE	m	2000	
9	注液主管	DN300，PN1.6 钢塑管	m	300	
10	注液支管+潜水泵提升管	Φ40*4.5mmPE	m	5000	

6.6 主要原辅材料来源及用量

本项目现场试验所需要的主要原、辅材料是二氧化碳和氧气。计划二氧化碳消耗量约为 400t，氧气消耗量约为 400t。原辅材料储存均利用纳岭沟扩大试验化工原料库，其来源与纳岭沟扩大试验为同一来源。

6.7 污染物的产生及治理

6.7.1 施工期

6.7.1.1 废气

施工期产生的大气污染物主要为扬尘。在施工期场地平整、蒸发池开挖以及场地恢复时可能产生局部扬尘。在施工过程中，要合理安排施工计划，在施工场地采用围挡等抑尘措施。施工车辆运行过程中，保持合理车速，减少道路扬尘。

6.7.1.2 废水

施工期产生的废水主要为施工废水和生活污水。

1) 施工废水

施工废水主要为设备冲洗废水，水中污染物主要为悬浮物、泥沙等，产生量较少，用于场地洒水抑尘。

2) 生活污水

施工期生活污水主要为施工人员产生的生活杂用水及盥洗废水，主要污染物包括

COD、NH₃-N 等。施工期同时施工人数最多为 40 人，生活用水按 20L/人天计算，排污系数取 0.80，则施工期生活污水最大产生总量为 0.64m³/d。钻探施工人员配备寝车，并配有简易旱厕，生活污水在寝车收集后外运处理。

6.7.1.3 固体废物

施工期固体废物主要为钻孔施工时产生的钻井泥浆和废弃岩芯以及施工人员的生活垃圾。

1) 钻井泥浆

施工期产生的钻井泥浆主要为钻进过程中产生的泥浆，平均单个钻孔产生钻井泥浆量约 10m³，则本项目所有钻孔（47 个）产生的钻井泥浆总量约 470m³，其 U_{天然} 含量按照含矿层平均品位估算为 4.9mg/kg。

钻井施工过程中，钻井泥浆循环利用。在每个钻井机台设置沉淀池、循环池及废渣池，各池体均做 HDPE 膜防渗、防溢处理，并在施工区机台至池体之间设置泥浆循环槽，流道平整，保障泥浆不外溢。泥浆首先经循环槽进入泥浆沉淀池，在泥浆沉淀池内经旋流除砂机分选除砂，将上部含小颗粒岩屑的泥浆排入泥浆循环池回用于钻探，下部大颗粒岩屑经振动脱水后排入废渣池。施工结束后，最终产生的钻井泥浆部分回用于 MTC 固井，剩余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，滤液运至新钻井机台配置钻井液。施工结束后对泥浆坑进行覆土掩埋。

2) 废弃岩芯

本项目钻孔施工过程中生产井（37 个）需要提取岩芯，分为矿段岩芯和非矿段岩芯。其中，矿段部分岩全部芯取样、外送分析。非矿段岩芯由岩芯箱暂存，平均单个钻孔产生废弃岩芯产生量约 0.05m³，总量约为 1.85m³，废弃岩芯属于自然地层介质，施工结束后置于泥浆坑内，最终覆土掩埋处理。

3) 生活垃圾

施工期会产生少量生活垃圾，按照每人 0.5kg/d 计算，最大同时施工人数 40 人，则最大产生量约 20kg/d。本项目施工场地寝车设置生活垃圾收集箱，对产生的各类生活垃圾按照相关要求进行分类收集存放，定期外运处理。

6.7.1.4 噪声

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，主要设备及声功率见表 6.7-1。

表 6.7-1 主要设备声功率表

序号	设备	型号	声功率 dB (A)
1	钻机	RC-5、SPS1000、TSJ1500、XY-6B	<90
2	柴油发电机	6135AN—1	<100
3	泥浆泵	NB350、NBB390/15、3NB350、 TBW850、BW1200/7	<90

施工期采用以下方法降低施工噪声的产生：

1) 在施工机械的选择上，选择低噪设备；

2) 对于噪声较高的设备，如钻井机、发电机等，采取加装减震设备或隔音罩的方法对噪声进行阻隔；

3) 加强对设备的检查和维护，减小由于设备部件之间的不正常碰撞产生的噪声。

采取以上措施后，可使噪声源强减小。此外，传播过程中空气和地面吸收效应可使噪声衰减，且周围居民点稀少，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，施工期噪声不会对试验所在区域周围的居民产生明显影响。

6.7.2 试验运行期

6.7.2.1 废气

1) 含放射性核素的气载流出物

本项目试验运行期含放射性核素的气载流出物主要来自浸出液处理厂房和蒸发池

(1) 浸出液处理厂房废气

本项目浸出液处理厂房废气主要为吸附区、淋洗区、沉淀区等生产区产生的氡及其子体，通过厂房排风机排至大气扩散稀释。经实测，浸出液处理厂房内氡浓度为 68.8~113.0Bq/m³，保守取 113.0Bq/m³，浸出液处理厂房总排风量为 40000m³/h，则浸出液处理厂房氡气释放量为 3.6×10¹⁰Bq/a。

(2) 蒸发池废气

蒸发池废液蒸发时，其中溶解的氡气随之挥发，析出一定量的氡气。根据同类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 0.035~0.060Bq/m²·s，保守取 0.060Bq/m²·s，本项目蒸发池面积为 880m²，则释放的 ²²²Rn 量为 1.7×10⁹Bq/a。

2) HCL 气体

本项目试验运行期非放射性气态污染物为 HCl 气体。主要来源于盐酸储罐的呼吸排放和盐酸装卸过程中的少量泄露。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。

本项目盐酸储罐为常规固定卧式储罐，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，估算式分别见公式 6.7-1 和 6.7-2。

固定顶罐呼吸排放量：

$$LB = 0.191 \times M \left(\frac{P}{100910 - P} \right)^{0.68} \times D^{1.73} \times H^{0.51} \times \Delta T^{0.45} \times FP \times C \times KC \quad (6.7-1)$$

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，本项目为 36.5；

P—在大量液体状态下的蒸汽压力，本项目为 1000Pa；

D—罐的直径，为 2.6m；

H—平均蒸气空间高度，0.6m；

ΔT —一天之内的平均温度差，13℃；

FP—涂层因子，无量纲，根据油漆状况取值在 1~1.5 之间；本项目取 1.25；

C—用于小直径罐的调节因子，无量纲；直径在 0~9m 之间的罐体，

$C = 1 - 0.0123(D - 9)^2$ ，罐径大于 9m 的 $C = 1$ 。经计算本项目为 0.496；

KC—产品因子，石油原油 *KC* 取 0.65，其它有机液体取 1.0。

工作损失排放量：

工作损失无组织排放量=*LW*×投入量÷相对密度，其中 *LW* 计算公式如下：

$$LW = 4.188 \times 10^{-7} \times M \times P \times KN \times KC \quad (6.7-2)$$

式中：*LW*—固定顶罐的工作损失，kg/m³ 投入量；

M—储罐内蒸气的分子量，本项目为 36.5；

P—在大量液体状态下的蒸汽压力，本项目为 1000Pa；

KC—产品因子，石油原油 *KC* 取 0.65，其它有机液体取 1.0；

KN—周转因子，无量纲，取值按年周转次数 *K* 确定： $K \leq 36$ ， $KN = 1$ ； $36 < K \leq 220$ ，

$KN = 11.467 \times K^{-0.7026}$ ； $K > 220$ ， $KN = 0.26$ 。本项目周转次数为 3 次，故 $KN = 1$ 。

表 6.7-2 盐酸储罐呼吸排放估算参数

参数	M	P (Pa)	D (m)	H (m)	ΔT (°C)	FP
取值	36.5	1000	26	0.6	13	1.25
参数	C	KC	周转次数 (次)	KN	投入量 (t/a)	密度 (g/m ³)
取值	0.496	1	3	1	90	1.16

经计算，盐酸储罐呼吸排放量为 1.07kg/a，工作损失排放量为 1.19kg/a，两种方式排放量合计为 2.26kg/a。

6.7.2.2 废水

1) 放射性废水

试验运行期放射性废水包括工艺废水、洗井废水和流散浸出液。

(1) 工艺废水

本项目浸出液抽液总管与现有扩大试验抽液总管对接，一同进入现有水冶厂。因此，本试验产生的工艺废水类型及最终去向与现有扩大试验一致。工艺废水主要为转型废水、反冲废水及沉淀母液。类比现有扩大试验工艺废水产生量，本试验运行期间，本项目和现有扩大试验产生的工艺废水总量为 16.86m³/d。其中，转型废水 13.82m³/d，反冲废水 1.87m³/d，沉淀母液 1.17m³/d。转型废水经反渗透处理后淡水（约 70%，9.67m³/d）用作绿化灌溉，浓水（约 30%，4.15m³/d）排入蒸发池，反冲废水和沉淀母液直接排入蒸发池。因此，本项目与现有扩大试验排入蒸发池的工艺废水总量为 2372.70m³/a。现有工艺废水反渗透处理装置处理能力为 40m³/h，可满足本项目工艺废水处理要求。

(2) 洗井废水

试验运行过程中，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，需要对钻孔采取机械洗井工作，会产生一定的洗井废水。孔口堵塞现象主要发生在注入井，单孔洗井频率平均为 1 次/年，洗井废水产生量约 15m³/孔，则本项目洗井废水年产生量约 375m³/a，洗井废水在洗孔槽收集后输送至蒸发池自然蒸发处理。

纳岭沟现有 1 座蒸发池，总蒸发面积为 1500m²。年实际蒸发水量计算公式见式 6.7-3：

$$E = (e \times \alpha - r) \times s \times t \quad (6.7-3)$$

式中：

E——年实际蒸发量，m³/a；

e——年均蒸发量，该地年均蒸发量为 2486mm；

α ——折算系数，取 0.8；

r——年均降水量，该地年均降水量为 279.4mm；

s——蒸发池净蒸发面积，取 1500m²；

t——时间，a。

经过计算可知，现有蒸发池年实际蒸发量约为 2564.10m³/a。本项目运行期间，本试验和扩大试验工艺废水总产生量 2372.70m³/a，本项目洗井废水产生量 375m³/a，现有扩大试验洗井废水产生量 750m³/a，需排入蒸发池的总废水量 3497.70m³/a。由此可见，现有蒸发

池无法满足本项目与现有扩大试验工艺废水和洗井废水的处理需求。因此，本项目新建 1 座蒸发池，其蒸发面积为 880m²，经计算年实际蒸发量约为 1504.27m³，新建蒸发池和现有蒸发池年实际蒸发量合计 4068.37m³，可满足本项目和扩大试验的废水处理要求。

(3) 流散浸出液

在地浸试验正常运行过程中，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，浸出液及浸出剂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。浸出液成分类比现有扩大试验浸出液监测结果，见表 6.7-3。

表 6.7-3 纳岭沟扩大试验浸出液样品监测结果

监测项目	pH	U(mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	CO ₃ ²⁻ (mg/L)
浓度	7.27	10.052	471.8	103.7	2676.4	ND
监测项目	NO ₃ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Mn (mg/L)	Hg (mg/L)
浓度	ND	0.05	0.03	0.009	1.64	ND

为了避免流散浸出液在含矿含水层中的逸散，在试验运行期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为 0.3%，边界抽大于注比例大于 0.5%，保障区域地下水由注入井向抽出井流动；

②在井场外围和矿床上、下层含水层中设置监测井。其中，含矿层布置 5 个：下游监测井距离采区边界分别为 100m (G3) 和 130m (采用现有监测井 SYG-1')；西北侧游监测井距离采区边界距离为 80m (G2)，东南侧游紧邻纳岭沟扩大试验采区，不再布置监测井；上游监测井距离采区边界 60m (G1)。上、下层含水层监测井各 1 个 (G4、G5)：布置在采区内部。

在采取了以上有效措施后，浸出液的流散可得到有效控制。

2) 非放射性废水

试验运行期产生的非放射性废水主要为试验人员的生活污水，主要污染物为 COD、NH₃-N 等。试验运行期新增试验人员 2 人，生活用水按 20L/人天计算，排污系数取 0.80，则试验运行期生活污水最大产生总量为 0.032m³/d。试验人员生活污水经纳岭沟扩大试验生活区化粪池处理后作为绿化滴灌用水。

6.7.2.3 固体废物

1) 放射性固体废物

放射性固体废物主要为蒸发池残渣和废旧管道及设备。

(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三部分组成，一是土工膜以上的蒸发池构筑物，主要为 30cm 厚的回填土，蒸发池底面积为 880m²，则回填土量为 264m³；二是浸出液处理残渣，试验过程中浸出液过滤工序会产生少量浸出液处理残渣，产生量约 0.25m³/a；三是洗井残渣，洗井时会产生少量洗井残渣，产生量约 0.002m³/a。浸出液处理残渣和洗井残渣中 U_{天然} 含量与含矿段品位相当，统一运至蒸发池堆存，待退役时与蒸发池构筑物一并处理。

(2) 废旧管道及设备

本项目试验过程中，设备检修会产生废旧管道及设备。由于试验运行期较短，废旧管道及设备产生量较少，存放于纳岭沟扩大试验固体废物库暂存，待退役时统一处置。

2) 非放射性固体废物

试验运行期非放射性固体废物主要为试验人员产生的生活垃圾。新增试验人员 2 人，生活垃圾最大产生量约 1kg/d，由纳岭沟扩大试验生活区收集统一处理。

6.7.2.4 噪声

试验运行期噪声源主要为井场抽出井中的潜水泵，其单机噪声一般小于 80dB (A)。本项目各种设备均选用低噪声环保设备，并采取有效的隔声、减震措施，并经过距离衰减后，在厂界可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 2 类标准，即昼间≤60dB (A)，夜间≤50dB (A)。

6.8 归一化排放量相符性分析

经计算，综合考虑本项目和纳岭沟扩大试验的影响，放射性流出物 ²²²Rn 归一化排放量为 1.35×10¹¹Bq/100t(U)，可以满足根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB 23727-2020)，地浸采铀矿山 ²²²Rn 归一化排放量不超过 7×10¹²Bq/100t(U)。因此，本项目满足该标准的限值要求。

7 项目主要污染物产生及预计排放情况

内容 类型	排放源（编号）		污染物名称	处理前产生浓度 及产生量	排放浓度及排放量
	废气	施工期	施工场地	颗粒物 TSP	最大落地浓度： <1.0mg/m ³
运行期		浸出液处理厂房	²²² Rn	3.6×10 ¹⁰ Bq/a	厂房换气通风
		蒸发池	²²² Rn	1.7×10 ⁹ Bq/a	扩散稀释
		盐酸储罐	HCl 气体	2.26kg/a	罐口处稀释扩散
废水	施工期	施工废水	悬浮物、泥沙 等	少量	场地洒水抑尘
		生活污水	COD、NH ₃ -N	0.64m ³ /d	寝车集中收集外运
	运行期	工艺废水	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra 等	2372.70m ³ /a	蒸发池蒸发处理
		流散浸出液	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra 等	—	抽注比例控制、监测井 监控
		洗井废水	悬浮物、泥沙 等	375m ³ /d	蒸发池蒸发处理
		生活污水	COD、NH ₃ -N	0.032m ³ /d	纳岭沟扩大试验化粪池
固体废物	施工期	钻井泥浆	—	470m ³	置于泥浆坑内，最终覆 土掩埋处理
		废弃岩芯	—	1.85m ³	
		施工人员	生活垃圾	20kg/d	寝车集中收集外运
	运行期	蒸发池残渣	—	264m ³	暂存于蒸发池，待退役 时统一处置
		浸出液处理残渣	—	0.25m ³	
		洗井残渣	—	0.002m ³	
		废旧设备及零配件	—	少量	纳岭沟扩大试验 固体废物库
	试验人员	生活垃圾	1kg/d	纳岭沟扩大试验生活区	
噪声	施工期	钻机、发电机组、 泥浆泵等	设备运行时产生的噪声值<100dB（A）		
	运行期	潜水泵	设备运行时产生的噪声值<80dB（A）		
<p>主要生态影响(不够时可附另页)</p> <p>项目现场试验进行少量的土地平整及土方开挖，不会造成当地气候、水文、地形地貌、土壤、植被野生动植物、水生生态系统的破坏，也不会导致水土流失和土地荒漠化。因此，项目的建设不会对当地生态环境造成明显影响，且试验结束后影响即会消失。</p>					

8 环境影响分析

8.1 施工期环境影响分析

8.1.1 大气环境影响分析

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，影响范围为施工场界 200m 之内，以下风向 100m 内影响较明显。针对施工扬尘，本项目拟采取的环保措施有：

1) 尽量减少开挖过程中土方裸露时间，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；

2) 运输车辆对车厢进行密闭，保持合理车速，减少施工车辆飘洒扬尘。

通过采取以上措施，施工扬尘对周边空气环境影响较小，扬尘产生量满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）限值要求。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。

8.1.2 地表水环境影响分析

本项目废水不外排，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），地表水评价等级为三级 B，可不进行地表水环境影响预测。

施工期生产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，钻探施工人员配备寝车，并配有简易旱厕，生活污水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。

8.1.3 地下水环境影响分析

在生产井施工过程中以膨润土为护壁剂，膨润土主要成分为蒙脱石，不含有害矿物组分，对地下水环境无害。膨润土遇水后具有吸附性、膨胀性和造浆性，钻探过程中可以快速在孔壁表面形成致密坚硬、隔水性能强、薄而润的保护膜，实现钻孔护壁堵漏。在生产井钻孔结束后，将过滤器和沉沙管安装至设计矿层段，采用逆向水泥注浆进行固井封孔，注浆完毕后采用物探温度测井和物探电流测井技术，来确定止水层稳定状况及水泥浆固孔质量，可有效切断地下各含水层之间在孔内产生水力联系，预防可能产生的水质污染。因此，施工期基本不会对上含水层居民饮用水地下水水质产生影响。

8.1.4 固体废物环境影响分析

1) 钻井泥浆

施工期产生的钻井泥浆主要为钻进过程中产生的泥浆，平均单个钻孔产生钻井泥浆量约 10m^3 ，则钻井泥浆总量约 470m^3 ，其 $U_{\text{天然}}$ 含量按照含矿层平均品位估算为 4.9mg/kg 。

钻井泥浆采取统一收集、集中处理的方式。钻孔机台设置泥浆循环槽、沉淀池、泥浆循环池及泥浆坑，各池体及坑体均做 HDPE 膜防渗、防溢处理。泥浆从钻孔涌出通过泥浆循环槽进入沉淀池中的除砂机，将含岩屑量少的泥浆分选出来排入泥浆循环池回用于钻探，含岩屑量较多的泥浆经振动脱水后岩屑排入泥浆坑，泥浆坑最终覆土掩埋，基本不会对环境产生影响。

2) 废弃岩芯

钻孔施工过程中平均单个钻孔产生废弃岩芯产生量约 0.05m^3 ，总量约为 1.85m^3 ，矿段部分岩全部芯取样、外送分析，非矿段废弃岩芯由岩芯箱暂存，施工结束后置于泥浆坑掩埋处理，废弃岩芯属于自然地层介质，基本不会对环境产生影响。

3) 生活垃圾

施工期会产生少量生活垃圾，产生量约 20kg/d 。本项目施工场地寝车设置生活垃圾收集箱，对产生的各类生活垃圾按照相关要求进行分类收集存放，定期外运处理，不会对周围环境产生明显影响。

8.1.5 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。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》（HJ 2.4-2009）原则，确定声环境影响评价工作等级为二级，确定声环境影响评价范围为厂界外 200m。

1) 预测模式

本次评价利用三捷环境工程咨询有限公司开发的 BREEZE NOISE 软件进行噪声环境影响预测，该软件以《环境影响评价技术导则声环境》（HJ 2.4-2009）中的相关模式要求编制，适用于噪声领域的各个级别的评价。本次评价采用工业噪声预测计算模式，考虑点源几何发散衰减和地面反射，预测情景为距离居民点最近的 4 个钻孔同时施工。在施工机械的选择上，选择低噪设备。对于噪声较高的设备，如钻井机、发电机等，采取加装减震设备或隔音罩的方法对噪声进行阻隔，并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等降噪措施后，钻机、柴油发电机及泥浆泵源强均小于 $90\text{dB}(\text{A})$ ，保守取源强为 $90\text{dB}(\text{A})$ ，声源高度为 1m ，声场类型为半自由声场。

2) 预测结果

施工噪声影响等值线分布情况见图 8.1-2。可以看出，施工期噪声源在施工场界处的贡献值较低，场界处最大噪声贡献值为 $52.5\text{dB}(\text{A})$ ，满足《建筑施工场界噪声排放标准值》（GB12523-2011）的相关标准要求。本项目施工对距离最近的居民点 2 的噪声贡献值为

23.5dB(A)。根据监测结果，居民点2的昼间噪声范围值为42dB（A），夜间噪声值为39dB（A），叠加本项目贡献值后，居民点2的等效声级为昼间42.1dB（A），夜间39.1dB（A），满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的2类标准要求，因此施工噪声不会对周边居民点产生明显影响。



图 8.1-2 施工期噪声影响声级图

8.1.6 生态环境影响分析

本项目占地类型主要为荒地，影响区域属一般区域，不含特殊生态敏感区和重要生态敏感区，总占地面积 15494m²（含临时占地 14614m²），占地面积≤2km²，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011），生态评价为三级，评价范围为本项目占地区域。

1) 占地影响分析

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 8.1-3。可以看出，本项目占地影响主要体现为施工期间钻孔施工的临时占地，总临时占地面积为 14614m²。施工结束后地表设施为蒸发池，永久占地面积仅为 880m²。由于钻探施工期较短，同时占地范围内植被稀疏，以草地植被为主，生物量较低，因此只要在施工各个时段严格管理临时用地，并且在各钻孔施工结束后，及时对临时占地区域恢复草原植被，并做好生态恢复和环境保护工作，施工对生态系统的影响是有限的、局部的。

表 8.1-3 项目占地情况表

序号	用地名称	用地类型	占地面积 km ²	占地百分比, %	占地类型
1	井场	临时用地	14614	94.32%	荒地
2	蒸发池	永久用地	880	5.68%	荒地
总计		—	15494	100%	—

2) 对植物资源的影响分析

本项目土地占用会不同程度的破坏地表植被, 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。本项目在钻探设备的搬迁和车辆运输, 严禁在林地或草地上随意新开路面, 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。因此, 基本不会对区域内的净生产力和生物量产生影响。

3) 对动物资源的影响分析

本项目周边野生动物数量较少, 无珍稀动植物资源。本项目施工期时间较短, 主要为小范围内的钻探施工和蒸发池小范围的表土开挖, 对于野生动物的栖息地来说不会产生大的影响。本项目周边动物主要为牧民养殖的鸡、牛和羊, 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。

4) 水土流失的影响分析

本项目为地浸采铀试验, 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, 蒸发池的建设面积较小, 因此施工过程中不会大面积的破坏地表原始状态, 区内水土流失强度不会发生明显的变化。在施工期开挖前先剥离表土, 并对表土层单独堆存, 表面压实苫盖, 待植被恢复时使用。对开挖产生的土方, 采取加覆盖层的方式防止风蚀或水蚀造成的土壤流失。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。采取上述措施后, 本项目建设对周围环境水土流失方面不会产生较大的影响。

5) 生态敏感区的影响分析

经建设单位于达拉特旗自然资源局核实, 本项目未在生态保护红线内。此外, 评价区域附近无自然保护区、风景名胜区等需要特别保护的区域。

8.2 试验运行期环境影响分析

8.2.1 大气环境影响分析

8.2.1.1 放射性气载流出物影响分析

1) 源项

由于本项目浸出液处理依托于纳岭沟扩大试验, 因此本次大气辐射环境影响分析包含

本项目以及纳岭沟扩大试验。根据地浸工艺的特点，本项目及纳岭沟扩大试验的主要放射性气体源项、核素释放量及排放参数见表 8.2-1。

表 8.2-1 本项目主要放射性气体源项及排放参数一览表

源项	排放点名称	释放量 (Bq/a)	排放量 (m ³ /h)	出口内径 (m)	排放高度 (m)	尺寸 (m)	源项 类型
²²² Rn	浸出液处理厂房	3.6×10 ¹⁰	40000	0.6	4.5	—	点源
	扩大试验蒸发池	2.84×10 ⁹	—	—	—	25*60	面源
	本项目蒸发池	1.67×10 ⁹	—	—	—	22*40	面源

2) 辐射评价基本参数设置

(1) 评价方法

本次辐射环境影响评价的基本评价指标是以浸出液处理厂房作为评价中心的周围居民最大个人有效剂量当量和半径 20km 范围内的集体有效剂量。评价方法是以模型计算为主，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。

(2) 评价中心

评价中心为浸出液处理厂房。

(3) 评价子区及年龄组设置

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

(4) 评价年份

本次辐射环境影响评价代表年份选取试验采区运行的第 1 年，按工程进度计划为 2023 年。

(5) 评价计算模式及参数

本项目气载放射性流出物辐射环境影响预测采用中核第四研究设计工程有限公司开发的 UAIR-FINE 软件，该软件基于最新大气边界层理论和剂量估算方法创建，内置的大气扩散模型为《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018) 推荐的大气预测模式之一、美国 EPA 开发的法规扩散模式 AERMOD，剂量计算模式根据 IAEA 和 ICRP 最新剂量模式和参数创建，具体模式与参数详见附录一。

3) 计算结果与分析

(1) 居民点氡浓度和公众个人剂量

试验运行期气态源项释放的 ^{222}Rn 所致 5km 范围内各居民点 ^{222}Rn 浓度分布情况如表 8.2-2 所示。由表可知，本项目对周边居民点氡浓度和个人剂量的贡献值较低。本项目各居民点地面空气中 ^{222}Rn 浓度最大贡献值出现在纳岭沟，其 ^{222}Rn 浓度贡献值为 $5.22 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ ；气态源项对周围各居民点中影响最大的是位于评价中心 WNW 方位、0~1km 处的纳岭沟，公众最大个人剂量为 $1.11 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，小于本项目设定的剂量管理目标值。

表 8.2-2 气态源项所致 5km 范围内各居民点 ^{222}Rn 浓度和个人剂量

保护目标	方位	距离 (km)	^{222}Rn 浓度 (Bq/m^3)	公众个人剂量 (mSv/a)
吕家梁	N	4.8	1.30E-04	2.78E-06
老愣	NE	3.0	2.30E-04	4.92E-06
点不池沟	NE	3.3	2.20E-04	4.70E-06
掌盖塔	ENE	1.5	4.90E-04	1.05E-05
油房梁	E	3.6	1.20E-04	2.56E-06
补录梁村	ESE	1.9	2.70E-04	5.77E-06
刘家圪堵	ESE	3.6	1.00E-04	2.14E-06
补龙梁	SSE	3.5	1.00E-04	2.14E-06
王家圪堵	SSW	4.5	4.00E-05	8.55E-07
河洛图	WSW	3.5	6.00E-05	1.28E-06
纳岭沟	WNW	0.4	5.22E-03	1.11E-04
赵家渠	NNW	4.3	1.40E-04	2.99E-06

试验运行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 8.2-3。由该表可知，浸出液处理厂房对纳岭沟的最大个人有效剂量贡献率最大，为 71.80%。

表 8.2-3 各气态源项对纳岭沟的贡献值

排放点	氡浓度, Bq/m^3	个人剂量, mSv/a	份额 (%)
浸出液处理厂房	7.99E-05	7.99E-05	71.80
扩大试验蒸发池	2.18E-05	2.18E-05	19.60
蒸发池	9.62E-06	9.62E-06	8.64
合计	1.11E-04	1.11E-04	100

(2) 评价区域辐射环境影响

本项目放射性气载流出物所致各子区地面空气中核素浓度见表 8.2-4。由表可知，气载

放射性流出物所致有人子区空气中核素最大贡献浓度出现在 WNW 方位 0~1km 处, 该子区空气中 ^{222}Rn 浓度为 $3.27 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ 。无人子区 ^{222}Rn 最大贡献浓度出现在 NNW 方位 0~1km 处, 该子区空气中 ^{222}Rn 浓度为 $3.92 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ 。

表 8.2-4 气载流出物所致各子区地面空气中核素浓度 (Bq/m^3)

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
^{222}Rn	N	2.25E-03	5.38E-04	3.70E-04	1.70E-04	7.80E-05	3.40E-05
	NNE	1.53E-03	6.02E-04	3.40E-04	1.82E-04	7.60E-05	2.60E-05
	NE	2.10E-03	7.14E-04	3.26E-04	1.74E-04	7.80E-05	3.00E-05
	ENE	2.17E-03	6.06E-04	2.52E-04	1.30E-04	5.60E-05	2.00E-05
	E	2.08E-03	4.94E-04	2.08E-04	1.14E-04	5.20E-05	1.80E-05
	ESE	1.85E-03	4.22E-04	1.72E-04	8.80E-05	3.40E-05	1.20E-05
	SE	1.64E-03	3.84E-04	1.64E-04	8.40E-05	2.60E-05	1.00E-05
	SSE	1.40E-03	3.66E-04	1.58E-04	8.20E-05	3.20E-05	1.20E-05
	S	1.11E-03	2.90E-04	1.24E-04	6.80E-05	2.60E-05	1.00E-05
	SSW	8.78E-04	2.66E-04	9.00E-05	4.40E-05	1.80E-05	6.00E-06
	SW	7.25E-04	2.76E-04	1.22E-04	3.20E-05	1.00E-05	4.00E-06
	WSW	7.63E-04	1.82E-04	7.80E-05	2.40E-05	8.00E-06	0.00E+00
	W	2.16E-03	4.02E-04	1.02E-04	3.20E-05	1.80E-05	8.00E-06
	WNW	3.27E-03	6.16E-04	1.72E-04	6.80E-05	5.80E-05	1.60E-05
	NW	3.64E-03	7.10E-04	1.76E-04	7.60E-05	1.00E-04	3.00E-05
NNW	3.92E-03	6.86E-04	3.92E-04	1.08E-04	1.02E-04	5.20E-05	

注：阴影区为无人子区。

试验运行期气态源项所致评价区域内各子区的个人剂量见表 8.2-5, 评价范围内公众个人剂量等值线分布见图 8.2-1。由表可知, 气载放射性流出物所致有人子区内最大个人有效剂量出现在 WNW 方位 0~1km 处, 该子区最大个人有效剂量为 $6.98 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ 。无人子区最大个人有效剂量出现在 NNW 方位 0~1km 处, 该子区最大个人有效剂量为 $8.37 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ 。

表 8.2-5 试验运行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	4.80E-05	1.15E-05	7.91E-06	3.63E-06	1.67E-06	7.27E-07
NNE	3.26E-05	1.29E-05	7.27E-06	3.89E-06	1.62E-06	5.56E-07
NE	4.48E-05	1.53E-05	6.97E-06	3.72E-06	1.67E-06	6.41E-07

ENE	4.64E-05	1.30E-05	5.39E-06	2.78E-06	1.20E-06	4.27E-07
E	4.44E-05	1.06E-05	4.45E-06	2.44E-06	1.11E-06	3.85E-07
ESE	3.95E-05	9.02E-06	3.68E-06	1.88E-06	7.27E-07	2.56E-07
SE	3.51E-05	8.21E-06	3.51E-06	1.80E-06	5.56E-07	2.14E-07
SSE	2.99E-05	7.82E-06	3.38E-06	1.75E-06	6.84E-07	2.56E-07
S	2.37E-05	6.20E-06	2.65E-06	1.45E-06	5.56E-07	2.14E-07
SSW	1.88E-05	5.69E-06	1.92E-06	9.40E-07	3.85E-07	1.28E-07
SW	1.55E-05	5.90E-06	2.61E-06	6.84E-07	2.14E-07	8.55E-08
WSW	1.63E-05	3.89E-06	1.67E-06	5.13E-07	1.71E-07	0.00E+00
W	4.61E-05	8.59E-06	2.18E-06	6.84E-07	3.85E-07	1.71E-07
WNW	6.98E-05	1.32E-05	3.68E-06	1.45E-06	1.24E-06	3.42E-07
NW	7.77E-05	1.52E-05	3.76E-06	1.62E-06	2.14E-06	6.41E-07
NNW	8.37E-05	1.47E-05	8.38E-06	2.31E-06	2.18E-06	1.11E-06

注：阴影区为无人子区。

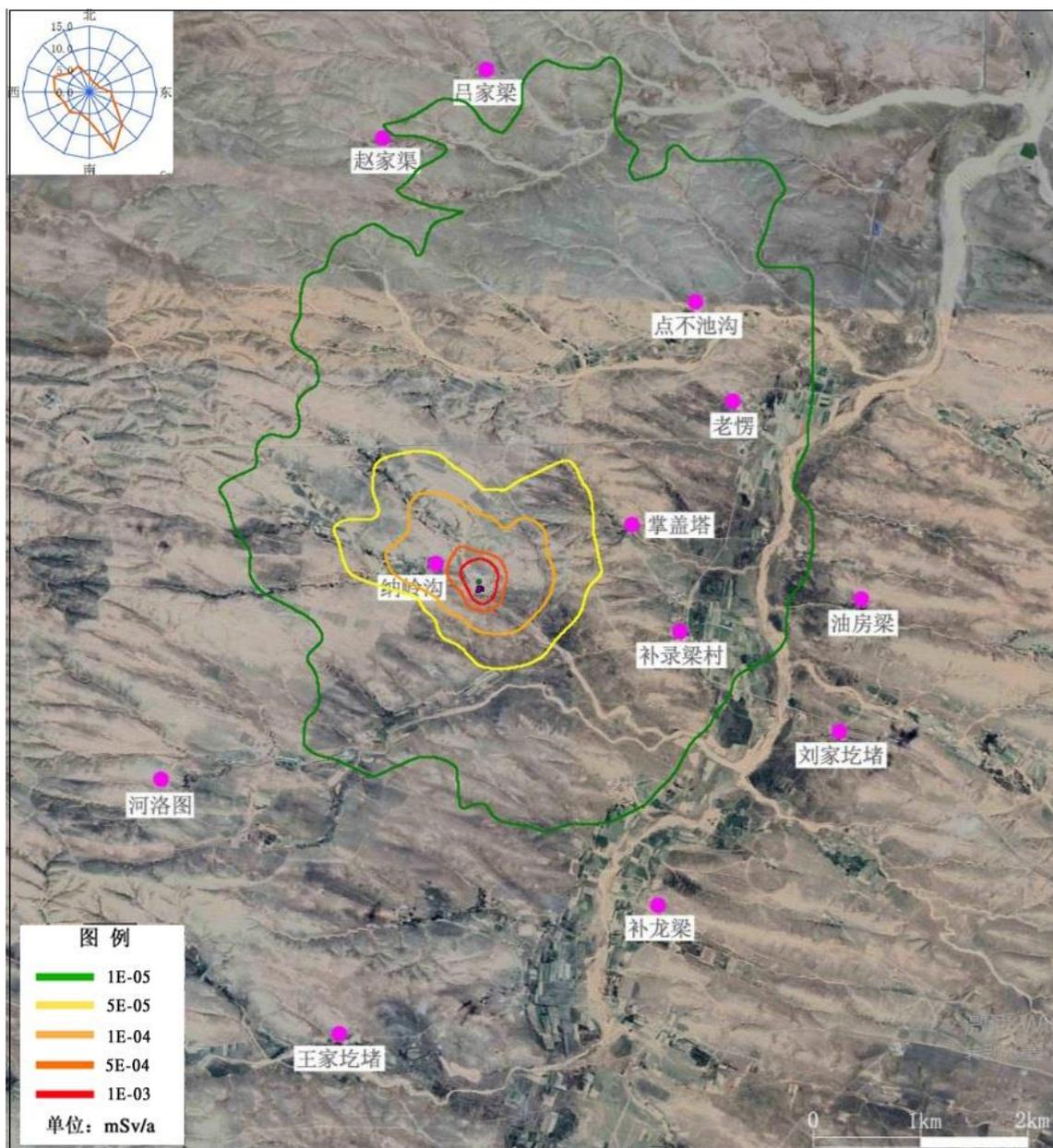


图 8.2-1 试验运行期气态流出物所致的区域个人剂量等值线图（单位：mSv/a）

试验运行期气态源项对评价区域内居民产生的集体剂量见表 8.2-6。由表可知，气态源项对评价区域居民产生的集体剂量为 2.13×10^{-5} 人·Sv/a。

表 8.2-6 试验运行期气态源项所致 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)	9.91E-06	1.20E-05	1.28E-05	1.48E-05	1.94E-05	2.13E-05
份额 (%)	46.6	56.2	60.2	69.5	91.1	100.0

综上所述，试验运行期气态源项主要是浸出液处理厂房及蒸发池释放的 ^{222}Rn ，照射途

径为吸入内照射。试验运行期气态源项所致评价区域最大个人有效剂量为为 $6.98 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，出现在 WNW 方位、0~1km 子区。关键居民点为纳岭沟，最大个人剂量为 $1.11 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，仅占个人剂量约束值 0.1mSv/a 的 0.1%，小于本项目设定的剂量约束值。本项目周围人口稀少，20km 范围内集体有效剂量较小，为 $2.13 \times 10^{-5} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。因此，本项目气态流出物对环境的影响在可接受范围之内。

8.2.1.2 非放射性废气环境影响分析

本项目产生的非放射性大气污染物主要是盐酸储罐排放的 HCl 气体，源项参数见表 8.2-5。

表 8.2-5 盐酸储罐 HCl 废气源项参数和最大落地浓度

名称	污染物	源强 (kg/a)	排气量 (m ³ /h)	排放高度 (m)	出口内径 (m)	最大落地浓度 (μg/m ³)
盐酸储罐	HCl	2.26	10	3.1	0.063	0.26

根据 AERSCREEN 估算结果可知，本项目盐酸储罐 HCl 最大落地浓度为 $0.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，贡献值较低，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。距离盐酸储罐最近居民点处贡献值为 $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）中附录 D 中空气质量浓度参考限值。

8.2.2 地下水环境影响分析

1) 含矿含水层地下水环境影响分析

(1) 地下水影响途径分析

地浸采铀通过注入井将浸出剂注入含矿含水层，然后从抽出井将浸出液抽至地表进行处理以达到回收天然铀的目的。在试验过程中，为了有效的控制溶浸范围，需保持抽液量大于注液量，维持一个总体上流向井场中心的降落漏斗，使地浸溶液始终流向抽出井。但由于地质条件的复杂性、地下水动力及污染物弥散的影响，不可避免的会出现浸出剂少量流散至井场外的情况。因此，本项目对含矿含水层地下水环境产生影响的主要途径为原地浸出井场中浸出剂向矿体浸出范围之外流散污染地下水。

(2) 地下水模拟预测参数设置

本次地下水模拟预测在整理分析纳岭沟铀矿床地勘报告、水文地质试验报告的基础上，结合本项目试验方案，建立试验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，完成地浸井场地下水流场和溶质运移场的模拟预测。

①模型范围的确定

本模型建模范围为试验井场及其周边地区，根据《水文地质概念模型概化导则》，由于研究区所在的完整水文地质单元范围很大，自然边界距离研究区较远，因此人为圈定研究范围。结合地浸采铀试验地下水影响范围及区域水文地质条件，确定本模型的模拟范围为：以试验井场为中心，在地下水下游方向西南侧延伸 2km，上游及两侧延伸 1km，模拟总面积 7.21km²。

②边界条件的概化

侧向边界：目标含水层在研究区内无自然边界，垂直于地下水流向概化为通用水头边界，平行于地下水流方向无水流交换概化为零流量边界。

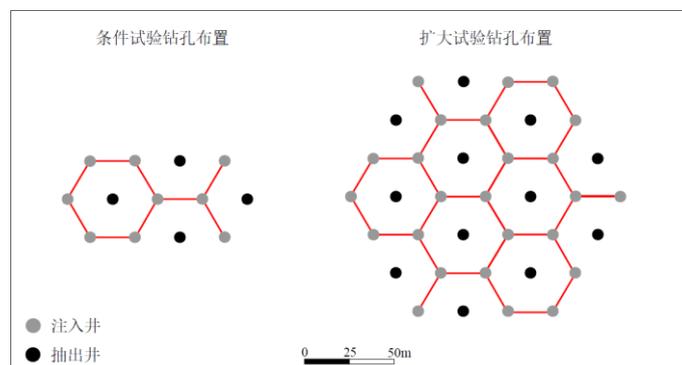
垂向边界：上边界为直罗组下段顶部的泥岩、粉砂岩组成的隔水顶板；下边界为延安组湖相泥岩、粉砂质泥岩等组成的隔水底板。

③含水层结构的概化

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力流场和三维溶质弥散场。

④源汇项概化

本项目开展三种抽注单元变换方案的扩大试验（包括条件试验），各方案生产井分布情况见图 8.2-2。保守考虑，本次评价选取下游注液井较多的方案三进行模拟预测。试验采区共 37 个生产井，井型为 7 边型，井间距为 25m。井场整体抽大于注比例为 0.3%，外围边界处抽大于注比例大于 0.5%



(a) 方案一

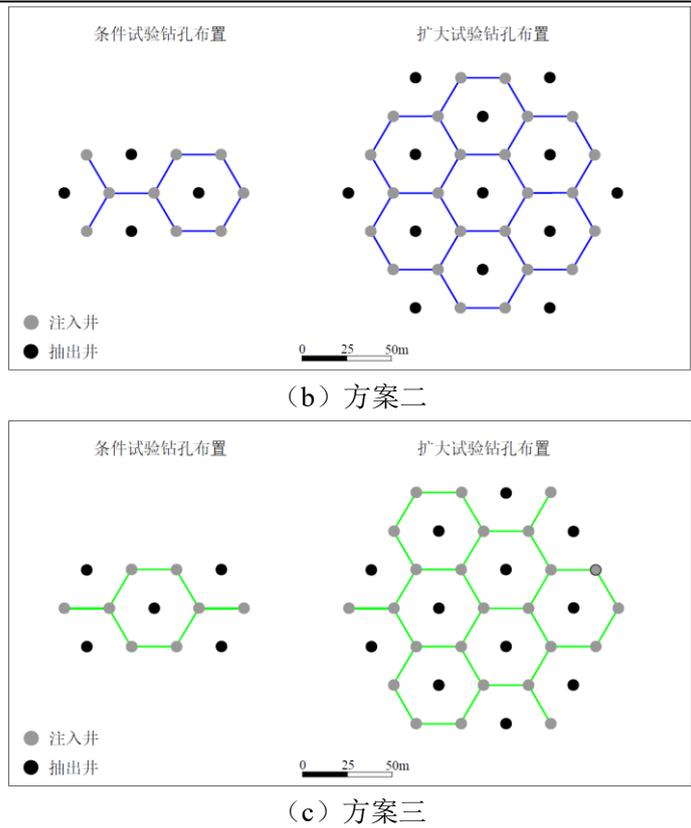


图 8.2-2 钻孔平面布置示意图

⑤模拟区剖分

本次预测将模拟区域离散成正交网格，为了更加精确的刻画核素在井场附近的运移情况，在网格剖分的过程中对试验井场区域进行了加密，加密网格的大小为 $5\text{m}\times 5\text{m}$ ，外围非加密网格的大小为 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 。本模型一共剖分 40854 个网格。网格剖分情况见图 8.2-3。

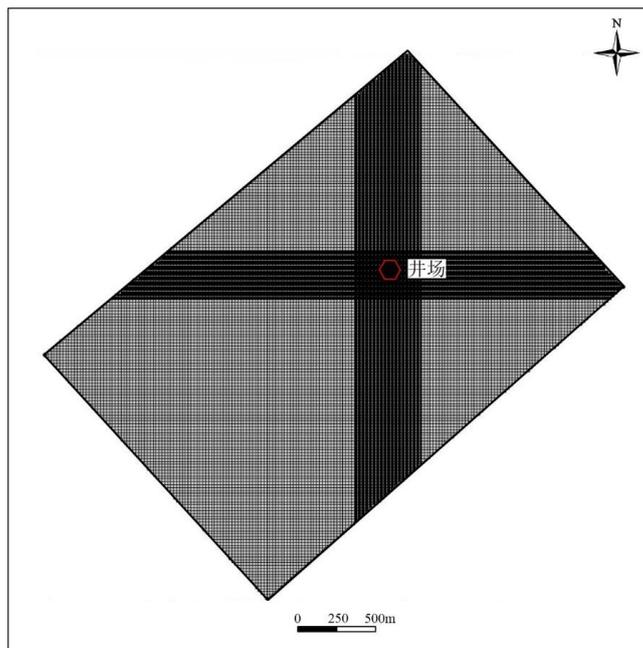


图 8.2-3 模型网格剖分图

⑥顶底板高程

根据收集的模拟区水文地质资料，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数据，并将各含水层顶底板高程数据赋值到数值模型中。

⑦参数选取

根据《内蒙古鄂尔多斯市塔然高勒地区铀矿勘查成果报告》、《内蒙古达拉特旗纳岭沟铀矿床（N21~N88线）详查地质报告》、《鄂尔多斯纳岭沟铀矿床地浸采铀现场扩大试验规模环境影响评价报告书》等资料，本次评价渗透系数保守取最大值为 0.63m/d，孔隙度 0.2，纵向弥散度 10m，横向弥散度 1m。

⑧评价年限

本次评价对试验期间以及结束试验后（纳岭沟地浸工程正式投产前）井场浸出剂对地下水的影响进行预测评价。试验期模拟时间为 3a，结束试验后模拟时间为 5a，试验结束后关停所有注入井及上游抽出井，仅保留最下游一排抽出井持续工作，以控制浸出剂的扩散范围。

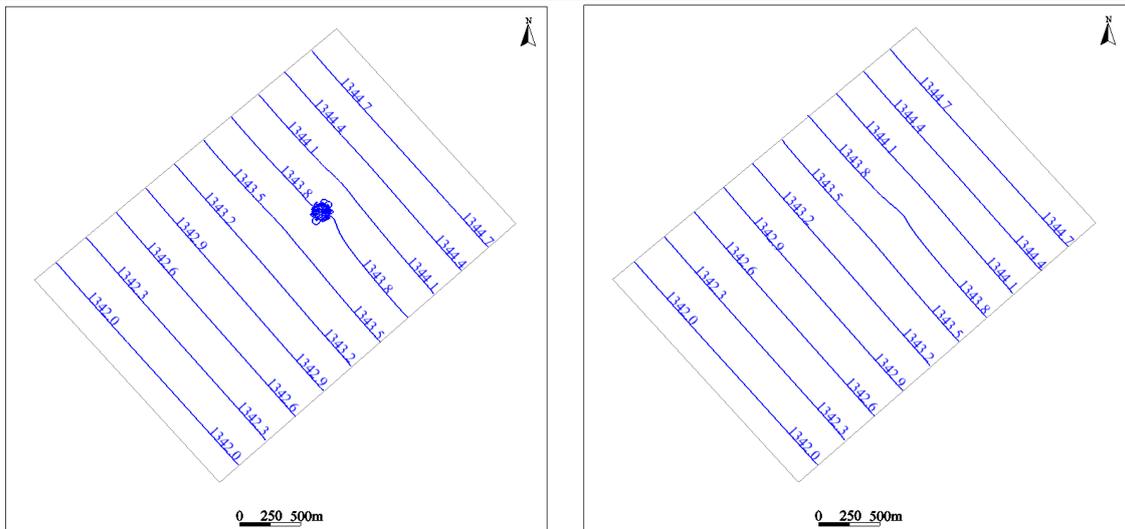
⑨预测因子

根据纳岭沟扩大试验的浸出液监测数据（表 6.7-3），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，放射性核素选取特征核素 $U_{\text{天然}}$ ，其他因子与《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。 $U_{\text{天然}}$ 源项浓度采用试验预期技术指标值 20mg/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。

（3）模拟结果

①流场模拟结果

应用 GMS 软件模拟计算得到试验期及试验结束后含矿含水层的等水位线图（图 8.2-4），由图可知，试验期采区周围可形成一定范围的降落漏斗，附近地下水均流向试验采区，说明现有的抽大于注比例可以有效控制浸出剂扩散。



(a) 试验期第3年

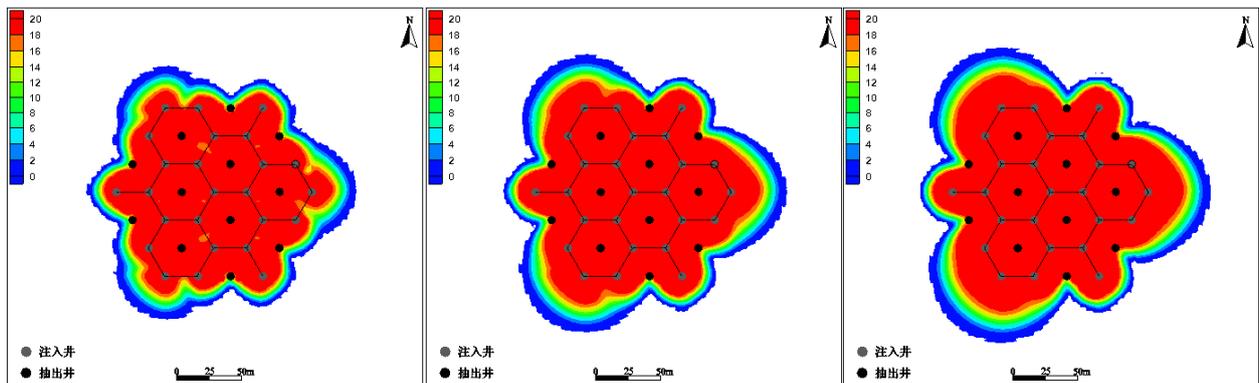
(b) 试验结束后第5年

图 8.2-4 地下水等水位图

② 试验期溶质运移结果分析

对试验期含矿含水层中的污染物迁移模拟进行了预测，得到以下结果：

$U_{\text{天然}}$ ：以 0mg/L 为边界浓度，分别绘制了试验期第 1 年、第 2 年和第 3 年的 $U_{\text{天然}}$ 浓度贡献值分布图（图 8.2-5）。由图可知，试验期第 1 年末，下游的运移距离约 33m ，侧向的运移距离约 30m ，向上游的运移距离约 19m ；试验期第 2 年末，下游的运移距离约 44m ，侧向的运移距离约 39m ，向上游的运移距离约 20m ；试验期第 3 年时，向下游的运移距离约 52m ，侧向的运移距离约 46m ，向上游的运移距离约 23m 。



(a) $T=1a$

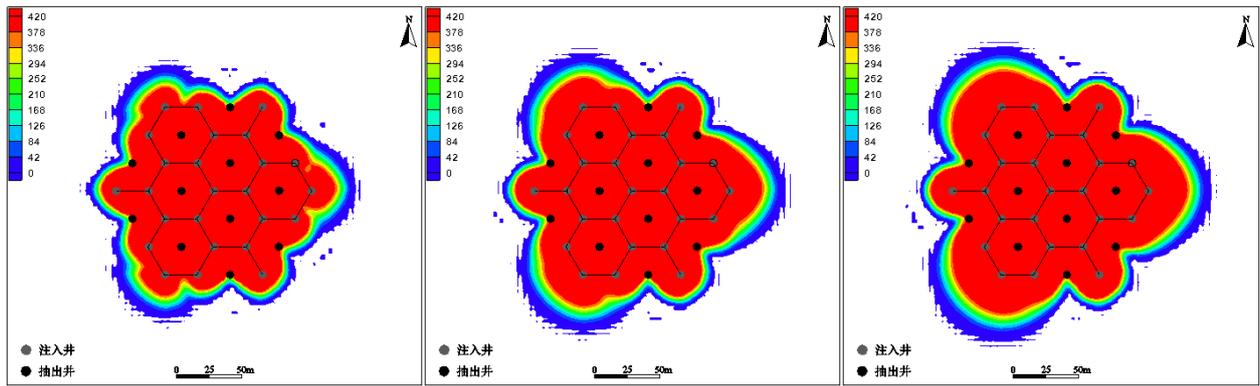
(b) $T=2a$

(c) $T=3a$

图 8.2-5 试验期间 $U_{\text{天然}}$ 在含矿含水层的浓度贡献值分布图

Cl ：以 0mg/L 为边界浓度，分别绘制了试验期第 1 年、第 2 年和第 3 年的 Cl 浓度贡献值分布图（图 8.2-6）。由图可知，试验期第 1 年末，下游的运移距离约 37m ，侧向的运移距离约 34m ，向上游的运移距离约 20m ；试验期第 2 年末，下游的运移距离约 48m ，侧向的运移距离约 43m ，向上游的运移距离约 22m ；试验期第 3 年时，向下游的运移距离约

59m, 侧向的运移距离约 51m, 向上游的运移距离约 24m。



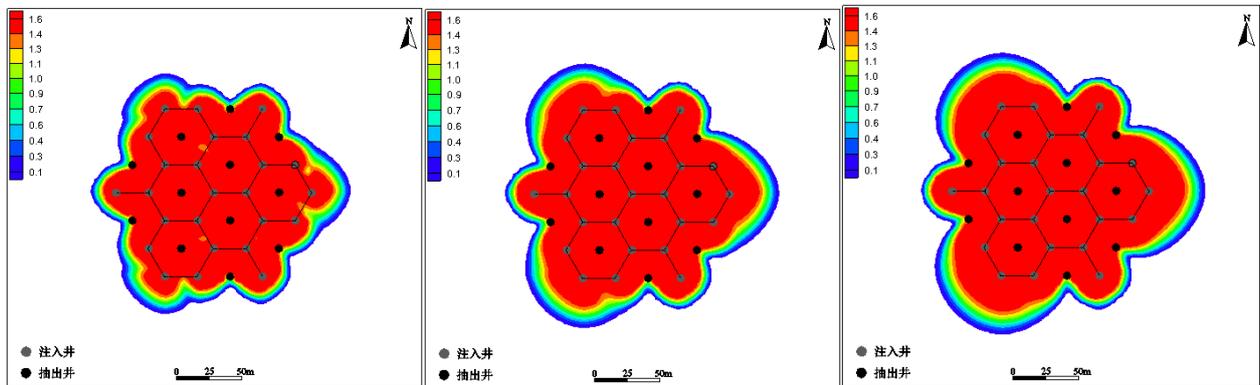
(a) T=1a

(b) T=2a

(c) T=3a

图 8.2-6 试验期间 Cl 在含矿含水层的浓度贡献值分布图

Mn: 以地下水III类标准值 0.1mg/L 为边界浓度, 分别绘制了试验期第 1 年、第 2 年和第 3 年的 Mn 浓度分布图 (图 8.2-7)。由图可知, 试验期第 1 年末, 下游的运移距离约 28m, 侧向的运移距离约 25m, 向上游的运移距离约 16m; 试验期第 2 年末, 下游的运移距离约 38m, 侧向的运移距离约 32m, 向上游的运移距离约 19m; 试验期第 3 年时, 向下游的运移距离约 43m, 侧向的运移距离约 40m, 向上游的运移距离约 21m。



(a) T=1a

(b) T=2a

(c) T=3a

图 8.2-7 试验期间 Mn 在含矿含水层的浓度贡献值分布图

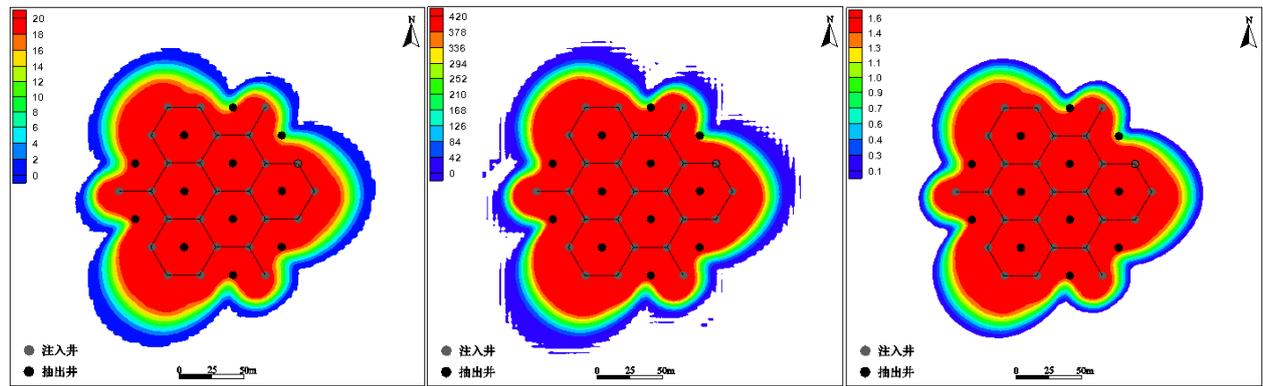
③试验结束后溶质运移结果分析

试验结束后关停所有注入井, 只保留最下游一排抽出井持续工作, 对井场试验结束后含矿含水层中的污染物迁移模拟进行预测。

$U_{\text{天然}}$: 以贡献值 0mg/L 为边界浓度, 绘制了 $U_{\text{天然}}$ 在试验结束后第 5 年的浓度分布图, 见图 8.2-8。由图可知, 试验结束后, $U_{\text{天然}}$ 在含矿含水层中持续运移扩散, 但浓度贡献值逐渐降低。试验结束后第 5 年时, $U_{\text{天然}}$ 累计向下游的运移距离约 61m, 侧向的运移距离约 47m, 向上游的运移距离约 25m。

Cl⁻: 以贡献值 0mg/L 为边界浓度, 绘制 Cl⁻在试验结束后第 5 年的浓度分布图, 见图 8.2-8。由图可知, 试验结束后, Cl⁻在含矿含水层中持续运移扩散, 但浓度贡献值逐渐降低。试验结束后第 5 年时, Cl⁻累计向下游的运移距离约 70m, 侧向的运移距离约 50m, 向上游的运移距离约 31m。

Mn: 以地下水III类标准值 0.1mg/L 为边界浓度, 绘制 Mn 在试验结束后第 5 年的浓度分布图, 见图 8.2-8。由图可知, 试验结束后, Mn 在含矿含水层中持续运移扩散, 但浓度贡献值逐渐降低。试验结束后第 5 年时, Mn 累计向下游的运移距离约 51m, 侧向的运移距离约 40m, 向上游的运移距离约 18m。



(a) U_{天然}

(b) Cl⁻

(c) Mn

图 8.2-8 试验结束 5a 后污染物在含矿含水层的浓度贡献值分布图

综上所述, 本节对特征污染物 U_{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: 在生产期末第 3a 时, U_{天然}、Cl⁻及 Mn 向下游的迁移距离分别为 52m、59m 和 43m; 在试验结束后第 5 年时, U_{天然}、Cl⁻及 Mn 向下游的迁移距离分别为 61m、70m 和 51m。由于本项目含矿含水层埋深较深, 且含矿含水层的顶底板均相对稳定, 含矿含水层中的地下水越流至潜水层或其它承压水层的可能性很小, 对环境的影响不大, 也不会对公众造成附加照射剂量。

2) 上、下层含水层影响分析

分析矿区水文地质条件, 矿区含水层自上而下分别为第四系全新统 (Q₄) 松散冲积含水层、下白垩统 (K₁) 碎屑岩含水层、中侏罗统直罗组上段 (J_{2z}²) 及直罗组下段 (J_{2z}¹) 碎屑岩含水层, 其中直罗组下段含水层为含矿含水层。经走访调查, 周边居民的饮用水取水层位为第四系全新统松散冲积含水层。

(1) 地表设施对上层含水层的影响

本项目可能对上层含水层产生影响的地表设施主要为蒸发池。为了防止蒸发池废水渗透而污染地下水, 蒸发池池底、池壁做防渗漏处理, 蒸发池的底部从下到上依次为土垫层、

布（无纺布）—膜（PVC 防渗膜）两层防渗层及 30cm 厚的回填土组成的人工防渗层。通过以下计算方法得出蒸发池中废水在试验运行期下渗距离：

$$X = K_s \times \frac{(h + L)}{L} \times t \quad (8.2-1)$$

$$K_s = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{M_1 / K_1 + M_2 / K_2 + M_3 / K_3} \quad (8.2-2)$$

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 1.5m；

L——等效渗透厚度，m，取 0.9015m；

M_1 ——下层土垫层厚度，m，取 0.6m；

M_2 ——防渗层厚度，m，取 0.0015m；

M_3 ——上层回填土厚度，m，取 0.3m；

K_1 ——下层土垫层渗透系数，m/a，取 1×10^{-7} cm/s；

K_2 ——防渗层渗透系数，m/a，取 1×10^{-12} cm/s；

K_3 ——上层回填土渗透系数，m/a，取 1×10^{-3} cm/s。

通过计算可知：保守考虑试验运行期为 3a，蒸发池中废水在试验运行期 3a 的时间内垂直入渗的距离约为 0.0015m，穿透复合防渗结构的时间约为 1793a，远大于 3a。因此，在试验运行期蒸发池溶液不会穿透蒸发池底部人工防渗层，也不会进入地下水。此外，本项目在蒸发池压实土垫层下面安装渗漏检测装置以便及时发现渗漏，并在蒸发池下游设置了 1 个潜水地下水监测井，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。

（2）地浸抽注活动对上、下层含水层的影响

根据纳岭沟矿段水文地质条件分析，含矿含水层与上、下层含水层之间的均有分布稳定且连续的隔水层，切断了含矿含水层与上、下层含水层之间的水力联系。因此，含矿含水层中浸出液不会通过隔水层越流对上、下层的各含水层产生影响。

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，地浸生产抽注活动中浸出液不会通过井管进入上层

含水层。

(3) 设置上、下含水层监测井

本项目在试验采区内部布置了上、下含水层监测井各 1 个，一旦监测数据异常，可及时停止附近抽、注井，对破损的生产井进行修复或全孔封闭。

综上所述，本项目施工期和试验运行期对上含水层采取了可行有效的污染防范措施，不会对周围居民饮用水产生明显影响。

3) 非放射性废水环境影响分析

试验运行期产生的非放射性废水主要为试验人员的生活污水，主要污染物包括 COD、NH₃-N 等，最大产生量约 0.032m³/d。试验人员生活污水经生活区化粪池处理后作为绿化滴灌用水，不外排。因此，不会对项目周边水环境产生影响。

8.2.3 固体废物环境影响分析

8.2.3.1 放射性固体废物环境影响分析

1) 蒸发池残渣

蒸发池残渣是放射性废水蒸发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三部分组成，一是土工膜以上的蒸发池构筑物，产生量为 264m³；二是浸出液处理残渣，试验过程中浸出液过滤工序会产生少量浸出液处理残渣，产生量约 0.25m³/a；三是洗井残渣，洗井时会产生少量洗井残渣，产生量约 0.002m³/a。浸出液处理残渣和洗井残渣中 U_{天然}含量与含矿段品位相当，统一运至蒸发池堆存，待退役时与蒸发池构筑物一并处理。

2) 废旧管道及设备

本项目试验过程中，设备检修会产生废旧管道及设备。由于试验运行期较短，废旧管道及设备产生量较少，存放于纳岭沟扩大试验固体废物库暂存，待退役时统一处置。

8.2.3.2 非放射性固体废物环境影响分析

试验运行期非放射性固体废物主要为试验人员产生的生活垃圾。新增试验人员 2 人，生活垃圾最大产生量约 1kg/d，由纳岭沟扩大试验生活区统一收集处理，不会对周边环境产生明显影响。

8.2.4 噪声环境影响分析

试验运行期噪声源主要为井场抽出井的潜水泵，其单机噪声一般小于 80dB (A)。本项目各种设备均选用低噪声环保设备，并采取有效的隔声、减震措施，并经过距离衰减后，在厂界可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中 2 类标准，即昼间≤60dB (A)，夜间≤50dB (A)。

8.2.5 事故环境影响分析

8.2.5.1 事故影响分析

本项目放射性气态流出物主要来自于纳岭沟扩大试验浸出液处理厂房和蒸发池中²²²Rn的排放，²²²Rn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) 非控制性的抽注失衡

试验正常运行下，地浸采铀采用抽液量一般略大于注液量的负不平衡来控制或避免地下浸出液的流散。由于流量控制的波动性，试验过程中短暂的抽注失衡是存在的。首先，本项目抽、注液管道均设有流量检测装置，一旦出现抽注失衡可及时发现。其次，在区域地下水降落漏斗的水力控制下，短暂的抽注失衡不会使得浸出液流散，即使发生少量的浸出液流散到井场外，也可通过及时增大边界处的抽液量收回流散液。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。

2) 事故性停产

试验过程中，除设备维护保养时有计划暂时性停止试验，其余时间并不安排停止试验。由于临时停电、设备故障等事故不可避免还会造成暂时性、非正常停止试验。纳岭沟扩大试验配备应急柴油发电机，可保证应急电力供应。根据试验经验统计，单次因临时停电、设备故障维修等暂时性停止试验时间最长一般不超4h，全年累计停产时间不超过5d。在长期“整体抽大于注比例0.3%，外围抽大于注比例大于0.5%”的试验运行过程中，试验采区地下水已形成地下水降落漏斗。因此，暂时性停止试验，试验采区地下水位处于恢复阶段，试验采区地下水降水漏斗依然存在，抢修时间内基本可以控制浸出剂不向外迁移，对周围地下水环境影响较小。

3) 事故性的跑、冒、滴、漏

本项目浸出液通过抽液管道输送至纳岭沟扩大试验水冶厂进行提铀处理，浸出剂通过注液管道自纳岭沟扩大试验集控室输送至各注入井。在输送液体的过程中可能发生的事故为管道的跑、冒、滴、漏等，本项目在管道上设有流量检测系统，同时配备工作人员定期对相关区域进行巡视。一旦发生管道的跑、冒、滴、漏等情况可及时发现并得到有效控制，漏失的液体集中收集后，排入本项目蒸发池。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。

4) 管道泄露

本项目所在地区每年有 3~4 个月的冰冻期，冰冻可能造成井场管道断裂和“跑液”事故。由于本项目开采的含矿含水层埋藏较深，浸出液水温 14~16°C 左右，试验正常运行，管道水循环输送，且管道采取防冻措施后不会发冰冻造成井场管道断裂。若因供电不及时地表管道发生冻裂、支管管道断裂，试验运行值班人员查看集中控制室，发现流量异常，立即关闭阀门或泵，并进行抢修。试验停泵抢修时间一般在 2~3 个小时，最长不超过 8 个小时，远远小于采区地下水“降水漏斗”恢复的时间，对环境影响微小。

5) 上、下层含水层污染

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泄露事故发生。在试验过程中，若发现某注入井的注液量出现增加，且注液压力明显降低时，则立即停止该生产井的抽注活动，进行钻孔检查并及时进行修复或全孔封闭。此外，在试验采区内部上、下含水层均布置了监测井，一旦监测数据异常，通过停止附近抽、注入井，将破损的生产井进行修复或全孔封闭，对上、下层含水层环境影响较小。

6) 蒸发池泄露事故

由于蒸发池池底防渗膜膜断裂，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潜水环境造成污染。本项目蒸发池防渗膜下设有渗漏检测系统和监测井，一旦发生渗漏可及时检测发现。若蒸发池发生泄漏，首先将其中的吸附尾液输送至纳岭沟扩大试验蒸发池暂存，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，然后重新敷设防渗膜，经鉴定无渗漏后恢复蒸发池的使用，对环境影响微小。

8.2.5.2 风险影响分析

本项目运行期的的环境风险主要为盐酸。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)，本项目盐酸存量较小，仅对环境风险做简要分析。

1) 环境风险分析

在发生事故下，盐酸储罐周边的盐酸浓度较高，会对周围大气环境及人员造成一定影响。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，尽量控制盐酸的外泄量，操作人员必须佩戴防毒面具，防护服等。由于有围堰的阻挡，可及时将泄漏盐酸收集至收集沟后，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。

2) 事故防范及应急措施

盐酸在使用、暂存等过程中，主要采取以下事故防范及应急措施：

(1) 本项目盐酸储罐安装在高 1.8m 的基座上，容易观察和清除酸的渗漏。盐酸储罐安装有导管、液面高度计和信号装置，防止贮酸过满而溢出。

(2) 盐酸罐周边设置围堰，围堰内侧壁及地面均按照规范作防渗、防腐处理，防止污染地下水。

(3) 盐酸储罐外围设置了围堰及收集沟，围堰的有效容积可以容纳一个罐全部泄漏时的容量，围堰内地面和围堰壁采取了相应的防腐蚀及防渗措施。同时水冶厂内贮足了必要的石灰、片碱等碱性药剂，以防盐酸泄露时的应急处理之需。

(4) 盐酸储罐和运输罐车都根据盐酸的理化性质进行了防腐设计，保证本项目在使用年限内的防腐能力满足存储要求。

(5) 盐酸罐附近设置水冲洗装置，并在接触有毒有害物料工作岗位配备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。

(6) 盐酸泄露时，泄漏污染区人员迅速撤离至安全区，并进行隔离和就医，严格限制出入。应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防酸碱工作服，迅速采取相应的科学措施进行及时的堵漏洞操作，避免大量物料泄漏。操作时不要直接接触泄漏物，禁止向泄漏物直接喷水，更不要让水进入包装容器内。少量泄漏时用砂土、干燥石灰或苏打灰混合后覆盖，然后收集运至废物处置场所处置。大量泄漏时收集于围堰内，然后用泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理场所处置；残余的废酸可以用水进行冲洗，冲洗后的废水放入事故池进行中和处理。

3) 环境防范管理措施

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

(2) 定期检查储罐、阀门和管道，防止储罐破裂或阀门泄漏造成酸雾的无组织排放。

(3) 选择具有危险化学品运输资质的单位承运。分装和搬运作业时要注意个体防护，轻装轻卸，防止包装及容器的损坏。运输按规定的路线行驶，雨天不宜运输。

(4) 建立污染事故应急处理组织，负责污染事故的指挥和处理。

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

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

(7) 生产现场设置各种安全标志。按照规范对凡需要迅速发现并引起注意以防发生事故的场所、部位均按要求涂安全色。

9 建设项目拟采用的防治措施及预期治理效果

内容类型	排放源(编号)	污染物名称	防治措施	预期治理效果	
废气	施工期	钻井场地	颗粒物 TSP	洒水抑尘、遮盖土方、避免大风期间施工等。	满足《大气污染物综合排放标准》限值要求。
	运行期	浸出液处理厂房	^{222}Rn	厂房换气通风	满足剂量管理目标值要求。
		蒸发池	^{222}Rn	—	
运行期	盐酸储罐	HCl 气体	采用罐体, 仅在罐口处与外部大气联通	满足《大气污染物综合排放标准》限值要求。	
废水	施工期	施工废水	SS、泥沙等	场地洒水抑尘	得到恰当处置
		生活废水	COD、NH ₃ -N	寝车集中收集外运	
	运行期	工艺废水	U _{天然} 、 ^{226}Ra 等	蒸发池蒸发处理	
		流散浸出液	U _{天然} 、 ^{226}Ra 等	抽注比例控制、监测井监控	
		洗井废水	SS、泥沙等	蒸发池蒸发处理	
		生活污水	COD、NH ₃ -N	纳岭沟扩大试验化粪池	
固体废物	施工期	钻井泥浆	—	置于泥浆坑, 覆土掩埋	得到恰当处置
		废弃岩芯	—	岩芯箱暂存, 覆土掩埋	
		生活垃圾	—	寝车集中收集外运	
	运行期	蒸发池残渣	—	暂存于蒸发池, 待退役时统一处置	
		浸出液处理残渣	—		
		洗井残渣	—		
		废旧设备及配件	—	依托纳岭沟扩大试验固体废物库	
		生活垃圾	—	纳岭沟扩大试验生活区	
噪声	选用低噪声设备, 并采取隔声、减振措施, 噪声排放在施工期满足《建筑施工厂界噪声排放标准》(GB12523-2011), 试验运行期满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中2类标准标准要求。				

生态保护措施及预期效果:

项目现场试验只进行少量的土地平整及土方开挖, 不会造成当地气候、水文、地形地貌、土壤、植被野生动植物、水生生态系统的破坏, 也不会导致水土流失和土地荒漠化。因此, 本项目的建设不会对当地生态环境造成明显影响, 且试验结束后影响即会消失。

10 环境保护设施及环境保护投资一览表

序号	分类	环境保护设施	内容	投资估算 (万元)	备注
一	地下水	监测井	5 个监测井	182.75	
二	噪声	低噪设备、设备维护保养	低噪设备、隔声挡板、设备维护保养	8	
三	废水	蒸发池	废水处置	15	
四	生态恢复	泥浆坑	钻井泥浆处置设施 泥浆坑	2	
五	绿化	场地恢复绿化	场地绿化	1	
合计				208.75	

11 环境管理与监测计划

11.1 环境管理机构

核工业北京化工冶金研究院作为本项目的主管单位，全面负责本项目施工期和运行期的管理、监测和检查等工作。其主要职责包括：

- 1) 合理安排施工计划，确保文明施工；
- 2) 对项目实施过程中存在的环境污染问题予以及时纠正，确保各项环保措施的落实；
- 3) 定期巡视和设备检修，制定环境管理规章制度，开展试验运行期监测工作。

11.2 监测计划

11.2.1 施工期监测计划

本项目施工期环境监测主要包括大气、噪声等常规介质的监测，监测计划见表 11.2-1。

表 11.2-1 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	施工场界四周、郝家	1 次/季度	TSP
噪声	施工场界四周、郝家	1 次/季度	昼夜等效连续 A 声级
地下水	所有试验孔和监测孔	建设单位自行开展第 1 次取样监测	pH、U _{天然} 、Cl ⁻ 、Mn
	①5 个代表性试验孔； ②所有监测孔。	建设单位自行开展第 2 次取样监测，与第 1 次取样间隔至少 1 个月	pH、U _{天然} 、Cl ⁻ 、Mn
	①5 个代表性试验孔（点位同上）； ②所有监测孔。	委托有资质的第三方监测单位开展第 3 次取样监测，与第 2 次取样间隔至少 1 个月	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po 及 pH、Cl ⁻ 、Mn 等非放射性因子全分析

11.2.2 试验运行期环境监测计划

由于本项目试验采区与纳岭沟现有扩大试验采区紧邻，本项目试验运行期环境监测将本项目和现有扩大试验视为整体，共同进行试验运行期环境监测。根据《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB 23726-2009），对本项目与纳岭沟现有扩大试验的试验运行期监测计划进行整合，合并后运行期监测计划如下：

1) 流出物监测

为及时掌握和控制流出物排对环境的影响，对产生放射性流出物的设施、部位实施监测。本项目流出物监测计划详见表 11.2-2。

表 11.2-2 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	1次/季

2) 常规环境监测

本项目运行期常规环境监测计划见表 11.2-3，监测布点图见图 11.2-1。

表 11.2-3 试验运行期常规环境监测计划

序号	介质	监测位置	监测项目	频次
1	大气	①居民：郝家、韩家； ②水冶厂下风向； ③对照点：掌盖塔。	^{222}Rn 及其子体	1次/季
2	γ 辐射剂量率	①居民：郝家、韩家； ②水冶厂下风向； ③对照点：掌盖塔。	γ 辐射空气吸收剂量率	1次/半年
3	地下水	①居民：郝家、韩家； ②对照点：掌盖塔。	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po	1次/半年
		①含矿含水层监测井（G1、G2、G3、SYG-1'、SYG-3）； ②上含水层监测井（G4、SYG-2S）；	$U_{\text{天然}}$ 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、pH	1次/2个月
		③下含水层监测井（G5）； ④蒸发池监测井。	^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、Mn	1次/半年
4	土壤	①郝家附近牧草； ②对照点：掌盖塔附近牧草。	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、Cd、As	1次/半年
5	生物	①郝家附近牧草； ②对照点：掌盖塔附近牧草。	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po	1次/年

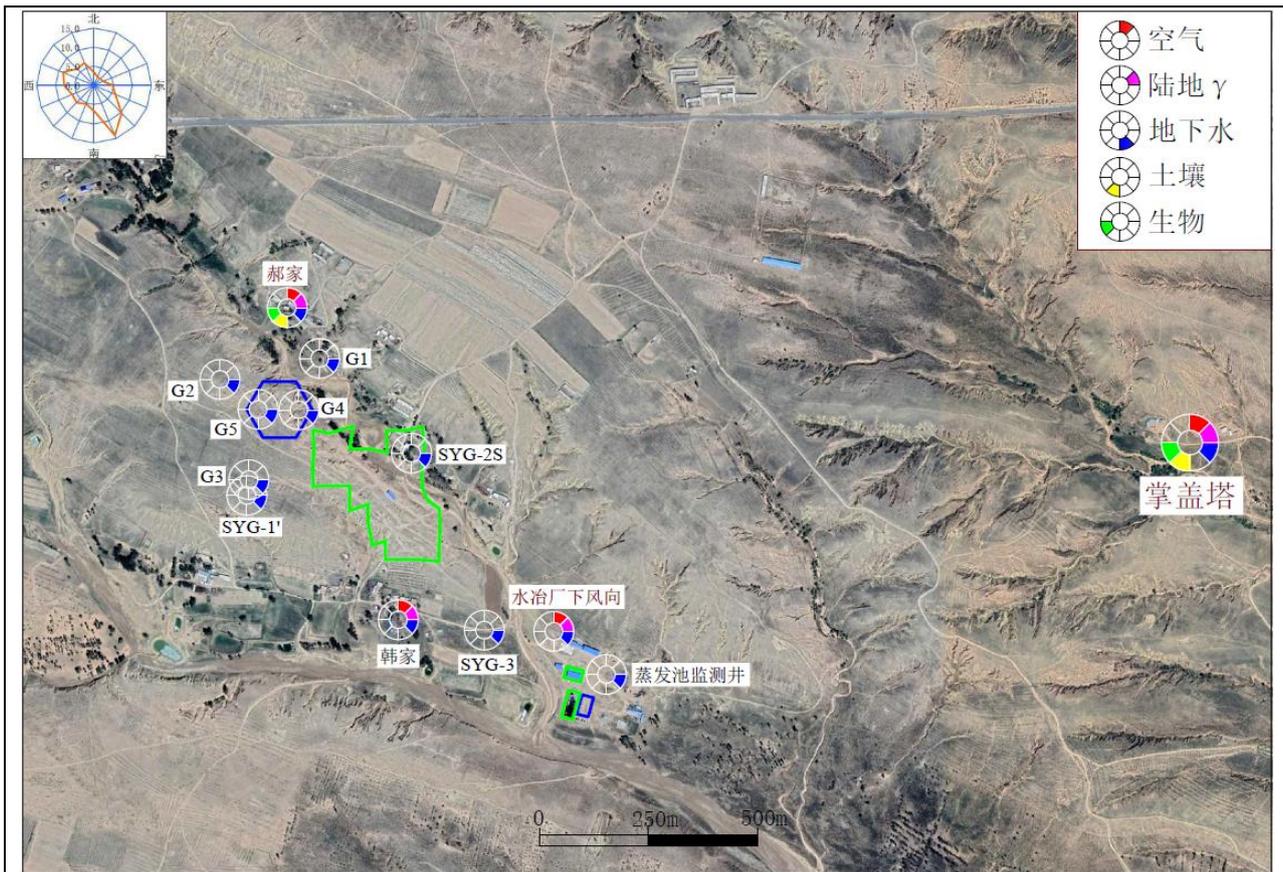


图 11.2-1 常规环境监测布点图

12 退役治理与长期监护

本项目项目的实施，存在试验成功与失败二种情形。若试验成功，需采取以下环保措施：

1) 本项目与纳岭沟扩大试验共同纳入纳岭沟地浸工程。

2) 对于有利用价值的设备直接利用，无利用价值的设备暂存于纳岭沟扩大试验固体废物库中，待纳岭沟地浸工程结束后一并处置。

3) 浸出结束后，试验井场将纳入纳岭沟地浸工程项目的采场退役计划进行地下水修复，使其达到可接受的水平。

如果试验失败，需采取的环保措施为：对采区场地表设施和环境进行全面污染调查，确定其是否受到污染或污染范围及程度，在源项调查期间关停试验井场所有注入井，只保留最下游一排抽出井持续工作，抽出的地下水根据其铀浓度决定其进入浸出液处理厂房处理或是进入蒸发池。根据源项调查的污染情况立即对试验采区进行以下退役治理。

12.1 退役治理

1) 退役目标

根据原地浸出采铀的工艺特点，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。

公众剂量约束值：退役治理后的公众照射的剂量约束值为 0.1mSv/a。

地表 ^{222}Rn 析出率的管理限值：本项目蒸发池等设施经退役治理与环境整治后，所有场址表面 ^{222}Rn 析出率不大于 $0.74\text{Bq}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 。

土壤中 ^{226}Ra 残留量控制值：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 $0.18\text{Bq}/\text{g}$ 。

地下水修复控制值：本项目地浸井场地下水修复后，地下水水质达到国家相关标准要求。

放射性表面污染控制水平：无利用价值的金属设备、管线等经去污处理后，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，其包装容器和运输车辆外 α 表面污染水平 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染水平 $\leq 40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

2) 退役治理方案

退役治理分为地表工程退役治理和地下水修复两个部分。

(1) 地表工程

地表工程退役治理采用拆除、去污、清挖、覆土等方式对污染区域进行治理。井场的

井孔进行封闭，拆除各井孔内的设备，对井孔进行扫孔，最后进行注浆封堵。井场与试验场地治理采用原地覆盖技术，确保达到控制水平。地表设备和管道，分别应用物理、化学去污等方法进行去污治理，遵循相关标准和规范的规定进行处理处置。

(2) 地下水修复

地下水修复是指采用合适的物理、化学以及生物等方法，使地下水环境得到恢复或接近原有水平。若本项目试验失败，意味着该试验矿段铀矿不能进行很好的浸出，则地下水修复工艺应相对简单。偏保守考虑，根据国内外地浸采铀工程的实践，可采用地下水修复方案为：地下水抽出—地下水处理—处理后的清洁水回注修复含水层—还原剂注入—抽注入井交替循环—修复后观察。具体如下：

①将残留的地下浸出液抽出；

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；

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将抽出井改为注入液、将注入井改为抽液运行，进行抽注孔的交替循环；

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。

12.2 长期监护

本项目和纳岭沟地浸工程退役治理后，废物集中堆放场所为有限制开放使用场所，可能带来一定程度的放射性危害，需对其进行长期的监督维护和监测，以便及时对出现的影响安全和环境的隐患和问题进行治理，确保废物集中堆放场所的长期安全稳定。

13 结论与建议

1、结论

1) 项目概况

纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究为原地浸出采铀试验项目，位于内蒙古鄂尔多斯市达拉特旗境内，研究周期为4年。项目总投资4655万元，其中环保投资208.75万元。现场建设内容主要为井场和蒸发池两部分。

2) 工程分析结论

(1) 工艺流程

本项目采用原地浸出采铀工艺，井场工艺流程主要包括浸出剂输送及注入、浸出液提升及输送两部分，浸出剂的配置、浸出液的提铀处理等部分依托于纳岭沟扩大试验。本项目浸出液通过抽液管道输送至纳岭沟扩大试验集控室，与纳岭沟扩大试验的浸出液混合一同输送至现有水冶厂进行水冶提铀处理，其水冶工艺为工艺流程为浸出液→澄清→袋式过滤器过滤→离子交换吸附→淋洗→沉淀→压滤等工序得到“111”产品。

(2) 污染物的产生及处理

废气：本项目含放射性核素的气载流出物主要来自浸出液处理厂房和蒸发池。其中，浸出液处理厂房氡气释放量为 $3.6 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ，通过厂房排风机排至大气扩散稀释；蒸发池释放的 ^{222}Rn 量为 $1.7 \times 10^9 \text{Bq/a}$ 。本项目非放射性废气主要为施工期扬尘和运行期盐酸罐HCl气体。

废水：本项目含放射性核素的液态流出物主要为工艺废水、洗井废水和流散浸出液。工艺废水和洗井废水排入蒸发池进行自然蒸发处理；本项目在生产过程通过严格控制抽注液的区域平衡，抽大于注的比例为0.3%，以便使抽出井和注入井之间形成规则的水位降落漏斗，此外设置监测井，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；非放射性废水主要为施工废水、施工人员和试验人员生活污水，分别通过场地洒水抑尘、寝车集中收集外运和纳岭沟扩大试验生活区化粪池处理。

固体废物：本项目产生的固体废物主要为钻井泥浆、废弃岩心、蒸发池残渣、浸出液处理残渣、洗井残渣、废旧设备及零配件以及施工人员和试验人员生活垃圾。钻井泥浆和废弃岩心置于泥浆坑内覆土掩埋；蒸发池残渣、浸出液处理残渣和洗井残渣暂存于蒸发池，待退役时统一处置；废旧设备及零配件运到纳岭沟扩大试验固体废物库存放；施工人员生活垃圾通过寝车集中收集外运处理；试验人员生活垃圾依托纳岭沟扩大试验生活区收集处理

噪声：本项目运行期噪声源主要为抽出井内的潜水泵，单机噪声源强小于80dB(A)。

对于噪声的防治，各种设备均选用低噪声环保设备，并采取有效的隔声、减震措施。

3) 环境质量现状调查结论

本项目环境质量现状 γ 辐射空气吸收剂量率、空气中氡及其子体、氡析出率、地下水以及土壤中放射性水平与区域本底水平基本相当；生物指标均满足《食品中放射性物质限制浓度标准》(GB14882-94)的限值要求；空气中 TSP 满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准限值要求，土壤非放射性监测因子满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)或《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)要求；声环境满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准要求。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》(GB14848-2017)中III类标准，个别因子(Cl⁻、硝酸盐及总溶解性固体)背景值较高，基本处于区域本底水平范围内。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》(GB14848-2017)中III类标准，个别因子(pH、Cl⁻、Na⁺及总溶解性固体)背景值较高

4) 环境影响分析结论

(1) 施工期环境影响分析

施工期产生的废气、废水、噪声、固体废弃物等对周围环境的影响较小，且施工期的环境影响只是暂时的，随着施工期的结束，影响即会消失。

(2) 试验期环境影响分析

辐射环境影响：综合考虑本项目和纳岭沟扩大试验的影响，对公众产生照射的主要途径为浸出液处理厂房及蒸发池释放的 ²²²Rn，照射途径为吸入内照射。试验运行期气态源项所致评价区域最大个人有效剂量为 $6.98 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，出现在 WNW 方位、0~1km 子区。关键居民点为纳岭沟，最大个人剂量为 $1.11 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，20km 范围内的集体剂量为 $2.13 \times 10^{-5} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。试验运行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管理目标值，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。

地下水环境影响：根据特征污染物 U_{天然}、Cl⁻及 Mn 的溶质运移预测结果，在试验期末第3年时，U_{天然}、Cl⁻及 Mn 向下游的迁移距离分别为 52m、59m 和 43m；在试验结束后第5年时，U_{天然}、Cl⁻及 Mn 向下游的迁移距离分别为 61m、70m 和 51m。本项目含矿含水层埋深较大，含矿含水层的顶底板均相对稳定，含矿含水层中的地下水越流至上、下层含水层的可能性很小，对环境的影响不大，也不会对公众造成附加照射剂量。

放射性固体废物环境影响：本项目试验过程中产生的蒸发池残渣、浸出液处理残渣和洗井残渣暂存于蒸发池，待退役时统一处置。改造及检修过程中产生的废旧设备及零配件

等废物置于纳岭沟扩大试验固体废物库。

声环境影响：本项目厂界噪声值可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中2类标准的要求，不会对周边声环境产生明显影响。

5) 工程可行性结论

本项目对产生的污染物均采取了有效的防治措施，污染物处置措施合理，生态保护措施可行。试验运行过程中对地下水、大气、声环境、生态等环境的影响可以接受；公众受照剂量满足剂量管理目标值的要求。试验成功将会产生经济效益、社会效益和环境效益。试验正常运行情况下，对环境的影响很小，事故情况下环境的影响可以接受。因此，从环境保护角度分析，本项目的实施是可行的。

2、建议

1) 本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) 按照本项目实施方案要求，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：

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

式中：

Q—源强，即污染物单位时间排放量；

\tilde{u} —有效风速；

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

1) 对流条件下 CBL 中的浓度

对于本项目来说，主要考虑地面直接源对下风向浓度的影响，其浓度计算公式为：

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

式中：

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

u—排气筒出口处风速；

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

j=1 或 2，分别代表上升和下沉部分。

2) 稳定条件下 SBL 中的浓度

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

式中：

z_{ieff} —有效机械混合层高度；

h_{es} —烟羽高度（烟囱高度加烟气抬升高度）；

F_y —横向分布函数（有迂回）。

在机械混合层高度之上，湍流一般较弱，因此，烟羽的垂直混合也比较小。

AERMOD 定义了一个有效机械混合层高度 z_{ieff} ，按下式限定烟羽反射的最大高度：

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

当 $z_r \geq z_{ieff}$ 时，不考虑有效反射面。

3) 污染物扩散过程中的衰减作用

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

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

$$\text{或 } D = 1 \quad (\psi = 0)$$

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

式中：

ψ —污染物的衰减系数；

$T_{1/2}$ —污染物的半衰期，s。

4) 面源计算模式

对于面源，AERMOD 采用数值积分的处理方法，计算公式如下：

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

式中：

Q_A —面源释放率， $g/m^2 \cdot s$ ；

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。

预审意见:

公章

经办人:

年 月 日

下一级环境保护行政主管部门审查意见:

公章

经办人:

年 月 日

审批意见:

经办人:

公 章

年 月 日

注 释

一、本报告表应附以下附件、附图：

附件 1 立项批准文件

附件 2 其他与环评有关的行政管理文件

附图 1 项目地理位置图（应反映行政区划、水系、标明排污口位置和地形地貌等）

附图 2 项目平面布置图

二、如果本报告表不能说明项目产生的污染及对环境造成的影响，应进行专项评价。根据建设项目的特点和当地环境特征，应选下列 1--2 项进行专项评价。

1.大气环境影响专项评价

2.水环境影响专项评价（包括地表水和地下水）

3.生态影响专项评价

4.声影响专项评价

5.土壤影响专项评价

6.固体废物影响专项评价

以上专项评价未包括的可另列专项，专项评价按照《环境影响评价技术导则》中的要求进行。

附件

附件 1: 环评委托书;

附件 2: 《达拉特旗自然资源局关于纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究用地范围是否涉及生态保护红线的复函》，达拉特旗自然资源局，2021 年 9 月;

附件 3: 《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》，内蒙古自治区生态环境厅，2021 年 10 月;

附件 4: 《纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究项目环境质量现状监测》（2021HYYFX-01561）（氡及其子体、氡析出率及噪声部分），核工业北京化工冶金研究院，2021 年 5 月;

附件 5: 《纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究项目环境质量现状监测》（2021-061），核工业二〇八大队分析测试中心，2021 年 5 月;

附件 6: 《纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究项目环境质量现状监测》（2021-120），核工业二〇八大队分析测试中心，2021 年 8 月。

环 评 委 托 书

中核第四研究设计工程有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，现委托贵单位承担《纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究》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。

核工业北京化工冶金研究院

2021年4月14日



ᠳᠠᠯᠠᠲᠤ ᠲᠤ ᠲᠤ ᠲᠤ ᠲᠤ ᠲᠤ ᠲᠤ ᠲᠤ ᠲᠤ
达拉特旗自然资源局

达拉特旗自然资源局关于纳岭沟特大型砂岩
铀矿地浸高效开采技术研究用地范围
是否涉及生态保护红线的复函

核工业北京化工冶金研究院：

你单位《关于申请查询“纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术研究”建设范围是否占用生态保护红线的函》的文件已收悉，根据你单位提供的试验区边角点大地 2000 坐标（2000 国家大地坐标系），经我局核实，项目位于达拉特旗恩格贝镇，项目用地范围目前不涉及占用生态保护红线。

该文件不作为项目立项、报批、核准、开工依据。

附件：试验区边角点位对应大地 2000 坐标（2000 国家大地坐标系）

达拉特旗自然资源局

2021 年 9 月 15 日

附件

试验区边角点位对应大地 2000 坐标

点 位	X	Y
1	4428818.76948918	37349871.118916115
2	4428766.85944353	37352527.611160958
3	4430813.2055743	37349910.447273294
4	4430761.28973838	37352566.24311008



染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地污染风险筛选值。

二、污染物排放标准

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

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

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

三、辐射环境执行下列标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

2. 《铀矿冶辐射防护与辐射环境保护规定》（GB23727-2020）；

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

内蒙古自治区生态环境厅
2021年10月26日





检测报告

编号: 2021HYYFX-01561

项目名称: 纳岭沟特大型砂岩铀矿地浸高效开采技术
研究项目环境质量现状监测
委托单位: 中核第四研究设计工程有限公司
检测对象: 空气中氡及子体、土壤表面氡析出率和噪声
检测类别: 委托检测



签发 李 梁
审核 王 明
编制 李 强

中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心



签发日期: 2024 年 6 月 14 日



注意事项

1. 原始记录在本中心只保存六年。
2. 报告无检测专用章无效。
3. 复制报告未重新加盖检测专用章无效。
4. 报告无签发人签字无效。
5. 对报告若有异议，应于收到报告之日起十五日内向本中心提出。
6. 报告仅对委托样品负责。

单位名称：中核化学计量检测中心

核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

单位地址：北京市通州区九棵树 145 号

通讯地址：北京 234 信箱 102 分箱

邮政编码：101149

单位网址：www.fenxilab.com

联系人：孙雪云 龚明明 李梁

电话：(010) 51674576、51674334、51675354

传真：(010) 51674371

编号: 2021HYFFX-01561

中核化学计量检测中心 核工业北京化工冶金研究院分析测试中心

委托单位	中核第四研究设计工程有限公司	点位数量	14			
检测地点	内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗境内纳岭沟	检测日期	2021.5.15-5.21			
检测项目	空气中氡及子体、土壤表面氡析出率和噪声					
点位描述	5个氡浓度、5个氡子体、2个氡析出率和2个噪声。					
检测结果汇总						
检测项目	检测方法	仪器设备/型号	仪器编号	检出下限		
氡浓度	GB/T 14582-1993	RAD7 测氡仪	YQ-HJ-0012	3.7Bq/m ³		
氡析出率	EJ/T979-1995	RAD7 测氡仪+集氡罩	YQ-HJ-0012	5×10 ⁻⁵ Bq/(m ² ·s)		
氡子体	EJ 378-1989	RPM-FF01 氡及子体测量仪	YQ-HJ-0082	10nJ/m ³		
噪声	GB3096-2008	AWA6228*型多功能声级计	YQ-HJ-0020	20dB(A)		
序号	检测项目	检测点位	检测结果			
			噪声 (dB(A))、氡浓度 (Bq/m ³)、 氡析出率 [Bq/(m ² ·s)]、氡子体 (μJ/m ³)			
1	噪声	试验区边界 (上-1 附近)	昼间	40	夜间	38
2		居民 2	昼间	42	夜间	39
3	氡析出率	试验区内部	0.014			
4		拟建蒸发池	0.020			
5	氡浓度	试验区内部	16.2			
6		居民 1	10.5			
7		居民 2	11.3			
8		居民 4	9.7			
9		补龙梁	8.4			
10	氡子体	试验区内部	0.012			
11		居民 1	0.013			
12		居民 2	0.011			
13		居民 4	0.014			
14		补龙梁	0.011			
附加信息: 现场检测布点图见附图 1。						



编号: 2021HYYFX-01561

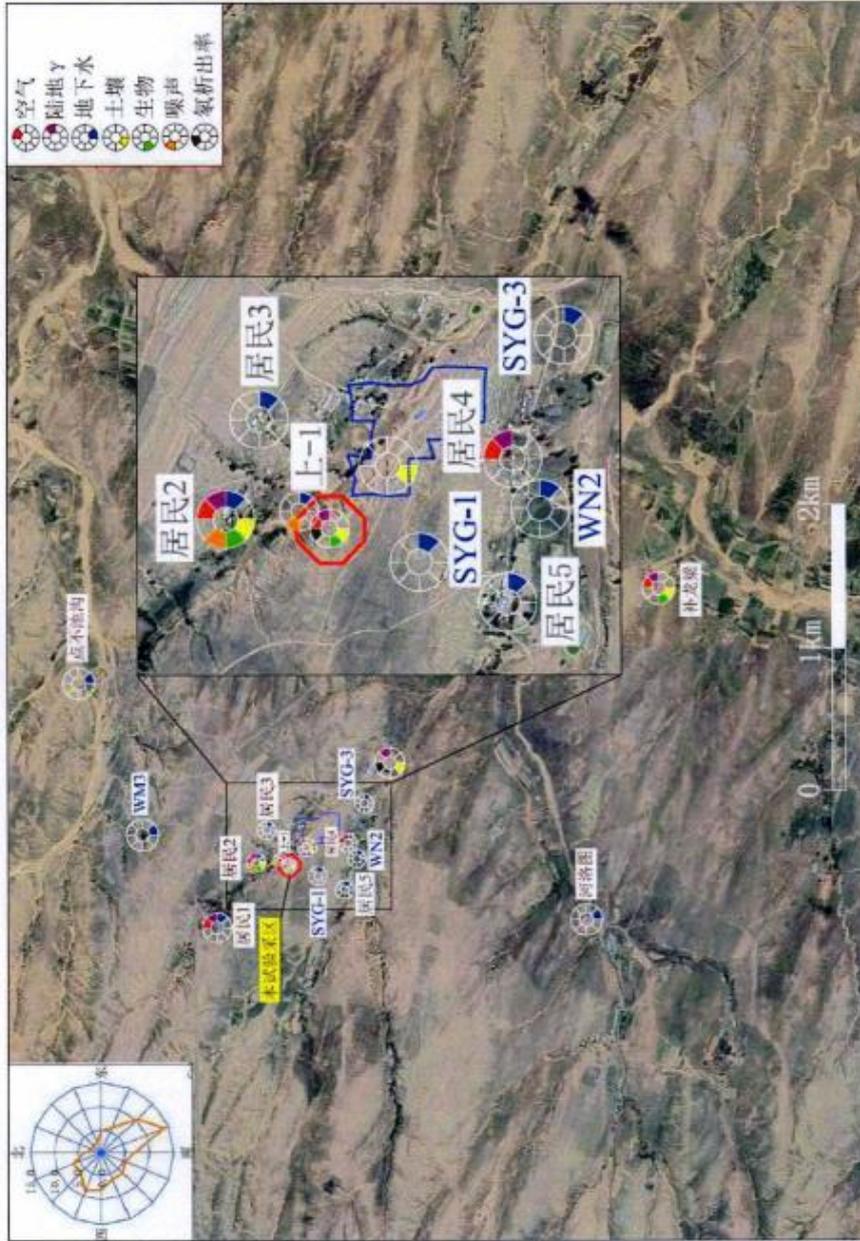


图 1 氧浓度、氧析出率、噪声检测布点图



中国认可
检测
TESTING
CNAS L2743

核工业二〇八大队分析测试中心
(核工业包头地质矿产分析测试中心)
检测报告

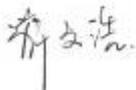
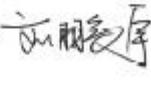
报告编号	2021-061
样品名称	地下水+土壤+现场
送样单位	核工业北京化工冶金研究院
检验类别	委托检验
发出日期	2021-07-09



核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021- 061

样品数量	6	检测日期	2021-05-15
客户地址	北京	客户名称	核工业北京化工冶金研究院
检测类别	现场检验	完成日期	2021-06-08
序号	检测项目	检测依据	
1	γ 剂量率	环境 γ 辐射剂量率测量技术规范 HJ 1157-2021	
2	总悬浮颗粒物	环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法 GB/T15432-1995	
主要检测仪器	名称	型号	编号
	X-γ 剂量率仪	HD-2005	F16161
	环境空气综合采样器	铸应2050型	Q05118508
备注	签发日期: 2021年07月09日		

报告编写人:  报告校核人:  报告批准人: 

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021-061

序号	原始编号	经纬度	统一编号	分析项目		
				γ 剂量率 (nGy/h)		备注
1	居民2	N: 39°59'33.67" E: 109°15'37.67"	2021X-001	87.6		
2	居民1	N: 39°59'46.17" E: 109°15'21.17"	2021X-002	94.1		
3	蒸发池边	N: 39°59'3.24" E: 109°16'5.47"	2021X-003	117.8		
4	实验区内部	N: 39°59'10.96" E: 109°15'58.01"	2021X-004	130.9		
5	居民4	N: 39°59'10.51" E: 109°15'48.72"	2021X-005	124.9		
6	补龙梁	N: 39°58'30.73" E: 109°17'43.55"	2021X-006	91.8		

检测人员: 文林

校核人员: 李杰

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021-061

序号	原始编号	经纬度	统一编号	分析项目		
				总悬浮颗粒浓度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		备注
1	居民1-18	N: 39°59'45.96" E: 109°15'20.80"	2021X-007	30.03		
2	居民1-19	N: 39°59'45.96" E: 109°15'20.80"	2021X-008	28.89		
3	居民1-20	N: 39°59'45.96" E: 109°15'20.80"	2021X-009	48.70		
4	居民2-15	N: 39°59'33.76" E: 109°15'37.43"	2021X-010	70.31		
5	居民2-16	N: 39°59'33.76" E: 109°15'37.43"	2021X-011	54.81		
6	居民2-17	N: 39°59'33.76" E: 109°15'37.43"	2021X-012	31.93		

检测人员: 刘杰

校核人员: 刘杰

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号：2021-061

样品名称	地下水	样品性质	澄清液体																					
样品数量	11	送样日期	2021-06-08																					
客户地址	北京	客户名称	核工业北京化工冶金研究院																					
检测类别	委托检验	完成日期	2021-07-09																					
序号	检测项目	检测依据																						
1	总α	水中总α放射性浓度的测定厚源法 HJ898-2017																						
2	总β	水中总β放射性的测定蒸发法 HJ899-2017																						
3	²²⁶ Ra	水中镭-226的分析测定 GB/T11214-1989																						
4	²¹⁰ Po	水中钋-210的分析方法 电镀制样法 HJ813-2016																						
5	U	环境样品中微量铀的分析方法HJ840（3）-2017																						
6	金属元素	水质 65种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 HJ700-2014																						
7	pH K ⁺ Na ⁺ Ca ²⁺ Mg ²⁺ CO ₃ ²⁻ HCO ₃ ⁻	地下水水质检验方法标准 DZ/T0064-1993																						
8	NO ₃ ⁻	水质无机阴离子的测定 离子色谱法 HJ84-2016																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">名称</th> <th style="width: 30%;">型号</th> <th style="width: 40%;">编号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>低本底α、β测量仪</td> <td>HD-2011</td> <td>120710</td> </tr> <tr> <td>全自动镭钍分析仪</td> <td>HD2012</td> <td>20161108</td> </tr> <tr> <td>离子色谱仪</td> <td>CIC-D100</td> <td>D1020S305</td> </tr> <tr> <td>酸度计</td> <td>PHS-3C</td> <td>600408N0015070023</td> </tr> <tr> <td>微量铀分析仪</td> <td>HD-3025</td> <td>L15060</td> </tr> <tr> <td>电感耦合等离子体质谱仪</td> <td>NexION 350 X</td> <td>85XN6080802</td> </tr> </tbody> </table>				名称	型号	编号	低本底α、β测量仪	HD-2011	120710	全自动镭钍分析仪	HD2012	20161108	离子色谱仪	CIC-D100	D1020S305	酸度计	PHS-3C	600408N0015070023	微量铀分析仪	HD-3025	L15060	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350 X	85XN6080802
名称	型号	编号																						
低本底α、β测量仪	HD-2011	120710																						
全自动镭钍分析仪	HD2012	20161108																						
离子色谱仪	CIC-D100	D1020S305																						
酸度计	PHS-3C	600408N0015070023																						
微量铀分析仪	HD-3025	L15060																						
电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350 X	85XN6080802																						
备注																								
签发日期：2021年07月09日																								

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021-061

序号	原始编号	统一编号	分析项目									
			²²⁶ Ra Bq/L	²¹⁰ Po Bq/L	²¹⁰ Pb Bq/L	U μ g/L	pH	Cl mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	CO ₃ ²⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	
1	居民1	2021S-086	0.0219	0.00451	0.0463	2.77	7.69	201.4	49.6	21.9	351.5	
2	居民2	2021S-087	0.0224	0.00598	0.0014	3.28	7.67	221.2	51.5	23.0	451.1	
3	居民3	2021S-088	0.0426	0.00341	0.0193	3.85	7.89	203.2	97.6	18.4	361.4	
4	居民5	2021S-089	0.0171	0.0046	0.0224	2.84	7.65	322.6	86.5	23.6	463.9	
5	上-1	2021S-090	0.0182	0.0137	0.0403	0.36	8.07	213.4	81.5	25.3	361.4	
6	点不池沟	2021S-091	0.0612	0.0018	0.0056	0.92	7.92	134.7	97.2	12.7	296.9	
7	河洛图	2021S-092	0.0208	0.0025	0.0080	1.38	7.80	209.9	54.9	24.8	319.8	
8	WN2	2021S-093	0.0166	0.0050	0.0088	0.13	11.19	492.4	106.8	267.9	16.4	
9	WN3	2021S-094	0.0161	0.0019	0.0407	0.06	10.82	420.1	169.4	181.5	68.5	
10	SWG-1	2021S-095	0.0254	0.0037	0.0040	0.33	11.05	642.4	128.3	129.6	83.7	
11	SWG-3	2021S-096	0.0949	0.0109	0.0174	0.81	11.30	716.4	96.8	354.3	未检出	

检测人员: 董利超

校核人员: 

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号：2021-061

序号	原始编号	统一编号	分析项目						
			Cu mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	Hg ug/L	Mn mg/L	Mo mg/L	Cd mg/L
1	居民1	2021S-086	0.0018	<0.00036	<0.00268	0.114	0.0007	0.0023	<0.00020
2	居民2	2021S-087	0.0014	<0.00036	<0.00268	0.180	<0.00048	0.0014	<0.00020
3	居民3	2021S-088	0.0009	<0.00036	<0.00268	0.170	<0.00048	0.0008	<0.00020
4	居民5	2021S-089	0.0014	<0.00036	<0.00268	0.334	<0.00048	0.010	<0.00020
5	上-1	2021S-090	0.0013	<0.00036	<0.00268	0.205	<0.00048	0.010	<0.00020
6	点不池沟	2021S-091	0.0006	<0.00036	<0.00268	0.230	<0.00048	0.0006	<0.00020
7	河洛图	2021S-092	0.0012	<0.00036	<0.00268	0.244	<0.00048	0.0007	<0.00020
8	WN2	2021S-093	0.0048	<0.00036	<0.00268	0.259	<0.00048	0.0159	<0.00020
9	WN3	2021S-094	0.0044	<0.00036	<0.00268	0.282	<0.00048	0.0090	<0.00020
10	SYG-1	2021S-095	0.0066	<0.00036	<0.00268	0.319	<0.00048	0.0086	<0.00020
11	SYG-3	2021S-096	0.0068	<0.00036	<0.00268	0.294	<0.00048	0.0176	<0.00020

检测人员：张军 李伟萍

校核人员：张军

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021-061

样品名称	土壤+牧草	样品性质	粉末状固体+牧草
样品数量	5	送样日期	2021-06-08
客户地址	内蒙古	客户名称	核工业北京化工冶金研究院
检测类别	委托检验	完成日期	2021-07-09
序号	检测项目	检测依据	
1	U Ra Po Pb	土壤中放射性核素的能谱分析方法GB/T11743-2013	
2	As Hg	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 GB/T22105-2008	
3	Cu Pb Zn Ni Cr Cd	硅酸盐岩石化学分析方法 第30部分: 44个元素量测定 GB/T14506.30-2010	
4	U Ra Pb(牧草)	高纯锗 γ 能谱分析通用方法 GB/T11713-2015	
5	Po(牧草)	《岩石矿物分析》(第四版)地质出版社2011年 ^{210}Po 的测定 总 α 计数法 66.5	
6	Cr^{6+}	土壤和沉积物 六价铬的测定 碱溶液提取-火焰原子吸收分光光度法 HJ1082-2019	
主要检测仪器	名称	型号	编号
	低本底 α 、 β 测量仪	HD-2011	120710
	高纯锗多道 γ 能谱仪	GMX50P4-83	N13140A
	原子荧光分析仪	AFS-2100	2100/211180
	电感耦合等离子体质谱仪	NEXION 350 X	85XN6080802
	原子吸收分光光度计	GGX-800	8001215113
备注			
签发日期: 2021年07月09日			

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021-061

序号	原始编号	统一编号	分析项目					Ra Bq/kg
			Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Pb mg/kg	U Bq/kg	
1	试验区内部土壤	2021T-058	0.061	51.9	12.6	25.0	27.42	11.72
2	拟建蒸发池	2021T-059	0.059	48.8	13.5	24.3	23.20	11.4
3	管线沿线土壤	2021T-060	0.060	39.8	11.0	25.0	19.20	6.091
4	居民2土壤	2021T-061	0.061	50.6	12.6	25.5	14.91	22.51
5	对照点补龙梁	2021T-062	0.060	55.4	12.7	24.3	17.79	9.032
序号	原始编号	统一编号	分析项目					Cr ⁶⁺ mg/kg
			Zn mg/kg	Ni mg/kg	As mg/kg	Hg mg/kg	pH	
1	试验区内部土壤	2021T-058	32.3	20.5	5.61	0.051	8.55	/
2	拟建蒸发池	2021T-059	31.5	17.6	6.11	0.060	8.81	<2.00
3	管线沿线土壤	2021T-060	32.3	13.4	6.99	0.192	8.12	/
4	居民2土壤	2021T-061	32.3	21.0	6.37	0.085	8.37	/
5	对照点补龙梁	2021T-062	31.3	13.9	6.36	0.082	8.21	/
序号	原始编号	统一编号	分析项目				备注	
			²¹⁰ Po Bq/g	²¹⁰ Pb Bq/g	U Bq/kg	Ra Bq/kg		
1	试验区内部草	2021U-112	0.00225	0.0374	3.224	6.431		
2	居民2草	2021U-113	0.00213	0.0101	2.549	2.887		
3	对照点	2021U-114	0.00259	0.0125	1.897	2.037		

检测人员: 李春 王丽 李俊祥 张 校核人员: 李 云
董红超





中国认可
检测
TESTING
CNAS L2743

核工业二〇八大队分析测试中心
(核工业包头地质矿产分析测试中心)
检测报告

报告编号	2021-120
样品名称	地下水+土壤+现场
送样单位	核工业北京化工冶金研究院
检验类别	委托检验
发出日期	2021-09-30



核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021- 120

样品数量	6	检测日期	2021-08-16
客户地址	北京	客户名称	核工业北京化工冶金研究院
检测类别	现场检验	完成日期	2021-08-22
序号	检测项目	检测依据	
1	γ 剂量率	环境 γ 辐射剂量率测量技术规范 HJ 1157-2021	
2	总悬浮颗粒物	环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法 GB/T15432-1995	
3	氧浓度	环境空气中氧的标准测量方法 GB/T14582-1993	
4	氧析出率	民用建筑工程室内环境污染控制规范 (2013年版) 附录E. GB 50325 2010	
5	环境噪声	声环境质量标准 (附录B 声环境功能区监测方法) GB3096-2008	
主要检测仪器	名称	型号	编号
	X-γ 剂量率仪	HD-2005	F16161
	环境空气综合采样器	崂应2050型	Q05118508
	氧监测仪	RAD7	2649
	活性炭吸附测氧仪	HD-2003	D120344
备注			
签发日期: 2021年09月30日			

报告编写人: 张江波 报告校核人: 刘明厚 报告批准人: 范世杰

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021-120

序号	原始编号	经纬度	分析项目		
			γ 剂量率 (nGy/h)		备注
1	蒸发油东	N: 39°59'3.69" E: 109°16'5.12"	119.0		
2	试验区内部	N: 39°59'9.39" E: 109°16'1.84"	127.9		
3	居民1	N: 39°59'46.50" E: 109°15'20.37"	102.7		
4	居民2	N: 39°59'32.78" E: 109°15'38.63"	96.3		
5	居民4	N: 39°59'10.37" E: 109°15'49.27"	121.5		
6	补龙梁	N: 39°58'31.00" E: 109°17'43.65"	110.2		

检测人员: 文林

校核人员: 作忠

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021-120

序号	原始编号	经纬度	分析项目		
			氡浓度 Bq/m ³	氡子体 nJ/m ³	备注
1	试验区	N: 39°59'3.58" E: 109°16'5.41"	19.7	18.01	
2	居民1	N: 39°59'46.50" E: 109°15'20.37"	14.1	13.32	
3	居民2	N: 39°59'26.01" E: 109°15'48.45"	13.6	15.78	
4	居民4	N: 39°59'10.87" E: 109°15'48.08"	11.2	13.25	
5	补龙梁	N: 39°58'30.77" E: 109°17'43.28"	10.0	11.88	

序号	原始编号	经纬度	分析项目		
			噪声 dB(A)		备注
1	上-1 (昼)	N: 39°59'25.67" E: 109°15'48.03"	41.7		
2	上-1 (夜)	N: 39°59'25.67" E: 109°15'48.03"	39.1		
3	居民2 (昼)	N: 39°59'32.33" E: 109°15'40.00"	41.4		
4	居民2 (夜)	N: 39°59'32.33" E: 109°15'40.00"	38.3		

检测人员: 文林

校核人员: 杨

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号：2021-120

序号	原始编号	经纬度	分析项目		
			总悬浮颗粒浓度 ug/m ³		备注
1	居民1-8.16	N: 39°59'46.50" E: 109°15'20.37"	51.67		
2	居民1-8.17	N: 39°59'46.50" E: 109°15'20.37"	50.84		
3	居民1-8.18	N: 39°59'46.50" E: 109°15'20.37"	46.68		
4	居民2-8.19	N: 39°59'26.01" E: 109°15'48.45"	58.34		
5	居民2-8.20	N: 39°59'26.01" E: 109°15'48.45"	62.55		
6	居民2-8.21	N: 39°59'26.01" E: 109°15'48.45"	52.51		
序号	原始编号	经纬度	分析项目		
			钍析出率 (Bq/m ² *s)		备注
1	试验区	N: 39°59'9.40" E: 109°16'1.83"	0.0082		
2	蒸发池边	N: 39°59'3.70" E: 109°16'5.38"	0.0059		

检测人员：刘东

校核人员：杨

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号：2021-120

样品名称	土壤+牧草	样品性质	粉末状固体+牧草
样品数量	5	送样日期	2021-08-23
客户地址	内蒙古	客户名称	核工业北京化工冶金研究院
检测类别	委托检验	完成日期	2021-09-30
序号	检测项目	检测依据	
1	U Ra Po Pb	土壤中放射性核素的能谱分析方法GB/T11743-2013	
2	As Hg	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 GB/T22105-2008	
3	Cu Pb Zn Ni Cr Cd	硅酸盐岩石化学分析方法 第30部分：44个元素量测定 GB/T14506.30-2010	
4	U Ra Pb(牧草)	高纯锗γ能谱分析通用方法 GB/T11713-2015	
5	Po(牧草)	《岩石矿物分析》(第四版)地质出版社2011年 ²¹⁰ Po的测定 总α计数法 66.5	
6	Cr ⁶⁺	土壤和沉积物 六价铬的测定 碱溶液提取-火焰原子吸收分光光度法 HJ1082-2019	
主要检测仪器	名称	型号	编号
	低本底α、β测量仪	HD-2011	120710
	高纯锗多道γ能谱仪	GMX50P4-83	N13140A
	原子荧光分析仪	AFS-2100	2100/211180
	电感耦合等离子体质谱仪	NEXION 350 X	85XN6080802
	原子吸收分光光度计	GGX-800	8001215113
备注			
签发日期：2021年09月30日			

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021-120

序号	原始编号	统一编号	分析项目					
			Cd ng/kg	Cr ng/kg	Cu ng/kg	Pb ng/kg	U Bq/kg	Ra Bq/kg
1	试验区内部土壤	2021T-662	0.050	23.9	13.3	16.9	25.69	12.67
2	拟建蒸发池	2021T-663	0.056	25.8	11.4	18.3	35.07	9.394
3	管线沿线土壤	2021T-664	0.072	17.7	11.2	16.2	12.00	6.63
4	居民2土壤	2021T-665	0.064	26.9	12.3	17.1	27.47	11.10
5	对照点补龙梁	2021T-666	0.056	47.3	12.7	16.9	29.51	22.44

序号	原始编号	统一编号	分析项目					
			Zn mg/kg	Ni mg/kg	As ng/kg	Hg ng/kg	pH	Cr ⁶⁺ ng/kg
1	试验区内部土壤	2021T-662	32.5	13.4	7.21	<0.008	8.42	/
2	拟建蒸发池	2021T-663	30.7	13.4	7.06	<0.008	8.64	<2.00
3	管线沿线土壤	2021T-664	29.6	10.3	4.15	<0.008	8.73	/
4	居民2土壤	2021T-666	32.5	17.5	8.43	<0.008	8.44	/
5	对照点补龙梁	2021T-666	33.6	14.2	8.89	<0.008	8.56	/

序号	原始编号	统一编号	分析项目					
			²¹⁰ Po Bq/g	²¹⁰ Pb Bq/g	U Bq/kg	Ra Bq/kg		备注
1	试验区内部草	2021U-632	0.0020	0.0302	3.512	3.332		
2	居民2草	2021U-633	0.0020	0.0109	2.213	2.006		
3	对照点补龙梁	2021U-634	0.0023	0.0215	1.554	1.894		

检测人员:

朱修祥 董利进

校核人员:

夏

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号：2021-120

样品名称	地下水	样品性质	澄清液体
样品数量	11	送样日期	2021-08-23
客户地址	北京	客户名称	核工业北京化工冶金研究院
检测类别	委托检验	完成日期	2021-09-30
序号	检测项目	检测依据	
1	总 α	水中总 α 放射性浓度的测定厚源法 HJ898-2017	
2	总 β	水中总 β 放射性的测定蒸发法 HJ899-2017	
3	^{226}Ra	水中镭-226的分析测定 GB/T11214-1989	
4	^{210}Po	水中钋-210的分析方法 电镀制样法 HJ813-2016	
5	U	环境样品中微量铀的分析方法 HJ840(3)-2017	
6	金属元素	水质 65种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 HJ700-2014	
7	pH K^+ Na^+ Ca^{2+} Mg^{2+} CO_3^{2-} HCO_3^- SO_4^{2-} Cl^-	地下水水质检验方法标准 DZ/T0064-1993	
8	NO_3^-	水质无机阴离子的测定 离子色谱法 HJ84-2016	
主要检测仪器			
	名称	型号	编号
	低本底 α 、 β 测量仪	HD-2011	120710
	全自动镭氡分析仪	HD2012	20161108
	离子色谱仪	CIC-D100	D1020S305
	酸度计	PHS-3C	600408N0015070023
	微量铀分析仪	HD-3025	L15060
	电感耦合等离子体质谱仪	NexION 350 X	85XN6080802
备注			
签发日期：2021年09月30日			

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021-120

序号	原始编号	统一编号	分析项目									
			^{226}Ra Bq/L	^{210}Po Bq/L	^{210}Pb Bq/L	U $\mu\text{g/L}$	pH	Cl mg/L	SO_4^{2-} mg/L	CO_3^{2-} mg/L	HCO_3^- mg/L	
1	居民1	2021S-171	0.0198	0.0016	0.0407	2.75	7.26	325.4	108.7	未检出	467.9	
2	居民2	2021S-172	0.0183	0.0016	0.0068	4.64	7.65	202.4	98.0	未检出	448.1	
3	居民3	2021S-173	0.0289	0.0022	0.0170	3.34	7.78	203.8	69.5	未检出	403.0	
4	居民5	2021S-174	0.0213	0.0064	0.0251	6.81	8.01	257.4	99.9	未检出	356.2	
5	上-1	2021S-175	0.0440	0.0026	0.0384	3.40	8.00	198.9	70.3	未检出	391.9	
6	点不池沟	2021S-176	0.0015	0.0023	0.0132	1.43	8.00	202.1	50.0	未检出	434.1	
7	河洛图	2021S-177	0.0172	0.0022	0.0328	3.11	7.83	185.0	78.0	31.9	389.5	
8	WN2	2021S-178	0.0121	0.0085	0.0270	0.15	10.82	585.3	154.1	443.0	未检出	
9	WN3	2021S-179	0.0142	0.0021	0.0372	0.07	11.11	361.9	76.5	231.6	未检出	
10	SWG-1	2021S-180	0.0232	0.0541	0.0780	0.15	10.96	602.7	109.1	278.8	未检出	
11	SWG-3	2021S-181	0.0165	0.0151	0.0645	0.11	10.98	516.5	153.7	未检出	未检出	

检测人员:  李利超

审核人员:  李利超

核工业二〇八大队分析测试中心 检测报告

报告编号: 2021-120

序号	原始编号	统一编号	分析项目									
			K ⁺ mg/L	Na ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	As mg/L	硝酸盐 mg/L	总溶解性固体 mg/L	CO ₂ mg/L	
1	居民1	2021S-171	3.58	64.4	24.4	41.4	<0.004	<0.0012	13.1	813.0	1.60	
2	居民2	2021S-172	4.03	56.4	24.0	32.0	<0.004	<0.0012	13.0	721.1	1.60	
3	居民3	2021S-173	4.15	49.5	21.1	29.8	<0.004	<0.0012	43.5	677.0	1.54	
4	居民5	2021S-174	3.46	111.4	31.2	64.4	<0.004	<0.0012	101.2	1145.2	2.56	
5	上-1	2021S-175	3.86	49.6	21.0	30.2	<0.004	<0.0012	44.8	880.3	1.28	
6	点不池湾	2021S-176	3.44	45.4	18.4	24.3	<0.004	<0.0012	1.81	780.0	1.92	
7	河洛图	2021S-177	3.38	65.6	20.1	28.2	<0.004	<0.0012	77.6	592.2	2.25	
8	WN2	2021S-178	7.82	257.0	4.7	3.0	<0.004	<0.0012	1.33	1095.2	1.79	
9	WN3	2021S-179	11.0	192.8	4.9	1.5	<0.004	<0.0012	<0.064	720.1	1.60	
10	SW-1	2021S-180	13.6	258.1	2.1	25.3	<0.004	<0.0012	0.285	1320.0	2.56	
11	SW-3	2021S-181	9.31	215.2	5.9	3.5	<0.004	<0.0012	0.115	880.1	1.79	

检测人员: 程香 王琳琳 李琳琳 王明 校核人员: 李强
 李强 董利强



核工业二〇八大队分析测试中心
检测报告

报告编号: 2021-120

序号	原始编号	统一编号	分析项目							
			Cu mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	Hg ug/L	Mn mg/L	Mo mg/L	Cd mg/L	
1	居民1	2021S-171	0.0060	<0.00036	<0.00268	0.23	<0.00048	0.001	<0.00020	
2	居民2	2021S-172	0.0030	<0.00036	<0.00268	0.23	<0.00048	0.001	<0.00020	
3	居民3	2021S-173	0.0040	<0.00036	<0.00268	<0.16	<0.00048	0.001	<0.00020	
4	居民5	2021S-174	0.0060	<0.00036	<0.00268	<0.16	<0.00048	0.001	<0.00020	
5	上-1	2021S-175	0.0040	<0.00036	<0.00268	0.29	<0.00048	0.001	<0.00020	
6	点不洼沟	2021S-176	0.0040	<0.00036	<0.00268	0.17	0.01	0.001	<0.00020	
7	河洛图	2021S-177	0.0050	<0.00036	<0.00268	<0.16	<0.00048	0.001	<0.00020	
8	WN2	2021S-178	0.0170	<0.00036	<0.00268	<0.16	<0.00048	0.017	<0.00020	
9	WN3	2021S-179	0.0120	<0.00036	<0.00268	<0.16	<0.00048	0.017	<0.00020	
10	SW-1	2021S-180	0.0180	<0.00036	<0.00268	2.38	<0.00048	0.012	<0.00020	
11	SW-3	2021S-181	0.0190	<0.00036	<0.00268	<0.16	0.01	0.011	<0.00020	

检测人员: 李俊峰

校核人员: [Signature]