

塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸
关键技术研究
环 境 影 响 报 告 表

核工业北京化工冶金研究院
2023 年 8 月

塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸
关键技术研究
环 境 影 响 报 告 表



核工业北京化工冶金研究院

塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸
关键技术研究
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：北京通州区城区九棵树 145 号

邮政编码：101149



打印编号: 1689844502000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	506gm1		
建设项目名称	塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究		
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	12100000400777679 W		
法定代表人 (签章)	邢拥国		
主要负责人 (签字)	邢拥国		
直接负责的主管人员 (签字)	李宏星		
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	911301001043361315		
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
谢占军	第1、2、12、13章	BH018156	谢占军
陈帅瑶	第3、4、5、6、7、8、9、10、11	BH018169	陈帅瑶

1 建设项目基本情况

项目名称	塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究				
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	李宏星	
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	内蒙古自治区阿拉善右旗塔木素苏木				
立项审批部门	国防科工局		批准文号	科工二司（2022）1006 号	
建设性质	新建 ☒ 扩建 ☐ 改建 ☐ 技改 ☐		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）	5300 （含临时占地）		绿化面积 （平方米）	5000	
总投资 （万元）	2900		环保投资 （万元）	220	
环保投资占总 投资比例	7.59%		预期投产 日期	2024 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”）位于北京通州区城区九棵树 145 号，隶属于中国核工业集团有限公司（以下简称“中核集团”），是核燃料循环前端唯一从事天然铀化学、化工研究的多学科综合性开发研究机构，其研究领域涉及铀矿开采（含原地爆破浸出和常规开采）、铀矿水冶（含地浸、堆浸）、铀纯化、铀转化、相关材料研究、相关仪器设备开发、矿物加工工程、化学工艺、辐射防护、检测技术、在线监测与自动控制等，并从事相关的学历教育。

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

目前，国内天然铀生产主要依靠地浸采铀技术，然而我国砂岩型铀资源的赋矿岩层渗透性普遍较低。以塔木素为代表的砂岩铀矿床赋矿岩层具有“低渗透、强胶结”的特征，渗透性偏低且变化幅度大、矿石密度大且孔隙度低，造成地浸开采难度大，严重阻碍了此

类资源的经济开发利用。因此，亟需解决低渗透强胶结砂岩铀矿层改造、渗流场重构、浸采与抽注调控等关键技术难题，开展塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层地浸改造关键技术研究，着力攻关低渗透强胶结砂岩铀矿地浸规模化开采的技术瓶颈，是当前天然铀资源开发亟待解决的迫切难题之一，对于盘活我国众多低渗透砂岩型铀资源具有重要的现实意义，对提升我国铀资源地浸开采理论与技术水平具有重要的指导意义，对提升我国铀资源的自给率具有重要的战略意义。

2022 年 12 月，国防科工局通过《国防科工局关于科研项目塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究的立项批复》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。核工业北京化工冶金研究院委托中核第四研究设计工程有限公司承担本项目的环境影响评价工作。接受委托后，环境影响评价小组赴现场进行了实地踏勘，收集了项目的工程资料和环境资料，委托有资质单位开展了环境质量现状监测，最终于 2023 年 8 月完成了环境影响报告表的编制工作，现提交生态环境部审查。

1.3 项目概况

1.3.1 项目概况

项目名称：塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究。

建设性质：新建。

研究周期：研究周期为 4 年（建设期 1 年，运行期 3 年）。

建设单位：核工业北京化工冶金研究院。

建设地点：内蒙古自治区阿拉善右旗塔木素苏木。

项目投资：本项目总投资 2900 万元，其中环保投资 220 万元。

1.3.2 项目内容

本项目为塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究项目，研究目的是以塔木素砂岩铀矿床为研究对象，通过开展低渗透强胶结砂岩铀矿渗流场、含矿层改造技术、压浸注液与控制技术等研究，掌握低渗透强胶结砂岩铀矿层改造、致裂缝网监测和压浸注液等关键技术。本项目研究内容具体见表 1.3-1。

表 1.3-1 本项目内容一览表

序号	专题名称	子题内容	研究内容
一	低渗透强胶结砂岩铀矿渗流场特征研究	三维地质结构模型研究	建立铀矿床三维地质结构模型，掌握低渗透铀矿石压裂前后孔隙-裂隙发育特征，进而将其加入到渗流场模型，获取较为真实的地下水渗流场模型。主要为模型的建立，不涉及现场建设及试验。
		微观孔隙-裂隙发育特征研究	
		孔隙-裂隙共存条件下渗流场特征研究	
二	低渗透强胶结砂岩铀矿层改造关键技术研究	低渗透强胶结砂岩铀矿层改造可行性研究	对塔木素铀矿层改造可行性进行研究，进而开展微压裂试验对其孔隙度等进行改造，研究适合改造条件下塔木素铀矿层钻成井技术，并对其改造效果进行评价。现场建设内容为试验钻孔施工。
		基于矿层改造条件下钻成井重构技术研究	
		低渗透强胶结砂岩铀矿层增渗改造技术研究	
		低渗透强胶结砂岩地层改造效果评价	
三	压浸注液与控制技术研究	压裂条件下井网优化布置	针对低渗透铀矿层的压浸注液技术、高矿化度浸出工艺以及高矿化度浸出液处理技术展开研究，获取适合塔木素铀矿床的开采技术。主要是在核化冶院内开展室内试验研究，不涉及现场建设内容。
		压浸注液技术研究	
		低渗透、高矿化度条件下浸出工艺技术研究	
		高矿化度条件下浸出液处理技术研究	
四	低渗透强胶结砂岩铀矿地浸评价与条件试验研究	条件试验	开展地浸采铀现场条件试验，在试验区地浸可行性评价基础上，对上述三个专题研究内容进行验证和优化。
		初步技术可行性评价	

1.3.3 建设内容

本项目建设内容主要为现场条件试验，分为试验井场和吸附区两部分，具体建设内容见表 1.3-2。

表 1.3-2 项目建设内容概况

类别	建设内容
试验井场	试验单元 1 组，包括试验井 5 个（抽出井 1 个，注入井 4 个）
	监测井 3 个
	集控室 1 座
吸附区	浸出液吸附厂房、集液罐、配液罐
	气体站、MVR 蒸发装置、树脂暂存间、结晶盐储物间、固体废物库
	事故池、发电机间、配电柜、配电箱、供暖间、值班室、消防设施等辅助设施

1.3.4 依托工程

本项目依托工程现状及依托关系分析具体如下：

1) 依托关系分析

本项目在试验期间产生的饱和树脂暂存树脂暂存间，待试验结束后统一运至内蒙古纳岭沟铀矿床原地浸出采铀工程（以下简称“纳岭沟采铀工程”）浸出液处理厂房进行后续处理；本项目试验期产生的少量废旧设备及零配件暂存于固体废物库，待试验结束后统一运输至纳岭沟采铀工程固体废物库。因此，本项目的依托工程主要为纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房和固体废物库。

2) 依托工程概况

本项目位于内蒙古自治区阿拉善右旗塔木素苏木境内，纳岭沟采铀工程位于内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗恩格贝镇，由中核内蒙古矿业有限公司建设，建设期3年，该工程于2023年7月取得了生态环境部环评批复（环审〔2023〕79号），本项目与纳岭沟采铀工程均为 CO_2+O_2 的中性浸出工艺。

纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房淋洗（转型）工序为单淋洗塔间歇操作，设计年处理饱和树脂量约13100 m^3 ，在间隙时间可处理本项目树脂；纳岭沟采铀工程固体废物库可贮存864 m^3 固体废物，主要用于暂存检修产生的废旧管道、阀门、水泵、过滤器等放射性固体废物。

本项目试验期4年，待试验结束时，纳岭沟工程已建设完毕，可以依托其浸出液处理厂房和固体废物库等相关设施。

3) 接受能力分析

（1）浸出液处理厂房接受能力分析

本项目条件试验规模较小，试验运行期饱和树脂年产生量约10 m^3 ，试验结束后统一运往纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房，共计30 m^3 左右，远小于纳岭沟采铀工程的饱和树脂剩余处理能力。因此，本项目条件试验饱和树脂依托纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房进行后续处理是完全可行的。

（2）固体废物库接受能力分析

纳岭沟采铀工程固体废物库可贮存864 m^3 固体废物，该工程生产期约产生120 m^3 固体废物。由于本项目试验期较短，规模较小，废旧设备及零配件产生量较少，试验期固体废物库总容量不到1 m^3 ，依托纳岭沟采铀工程固体废物库暂存是完全可行的。

此外,核工业北京化工冶金研究院与中核内蒙古矿业有限公司商定并签订相关协议(附件 5),明确本项目现场条件试验的部分设施依托纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房,且本项目现场条件试验结束后将移交中核内蒙古矿业有限公司管理,负责退役治理、长期监护等工作。

1.4 与项目有关的原有污染情况及主要环境问题

塔木素铀矿床仅开展过铀矿勘探,勘探期间采取了有效的环境保护措施和场地恢复措施,无环境污染情况发生。勘探钻孔施工完毕后,进行了合理有效地废物处理及场地恢复。其采取的主要措施如下:

(1)施工过程中产生的废弃泥浆、岩芯均埋于泥浆坑,泥浆坑上部回填表层土壤,并恢复植被。

(2)施工过程中,水文地质钻孔下护壁套管及过滤器,勘探结束后,勘探钻孔采用水泥全孔封孔,可有效切断地下各含水层之间在孔内产生水力联系,隔断地下水含水层之间的相互导通,预防可能产生的水质污染。

(3)勘探结束后,拆除了现场施工设备、物资和临时设施,清除各类杂物及垃圾等固体废物。并对施工现场进行清理,对开挖的泥浆坑、沉淀池等池进行回填掩埋,按原始地形地貌平整场地,对施工场地进行植被恢复。

综上所述,塔木素铀矿床不存在原有遗留环境污染问题。

1.5 评价等级与评价范围

1.5.1 辐射环境

本项目辐射环境影响评价范围设置为以吸附区集液罐为中心,半径 20km 的地域范围。

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施工期柴油发电机产生的燃油废气,主要为 SO_2 、 NO_x 和烟尘。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:

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

式中:

P_i —第 i 个污染物的最大地面浓度占标率，%；

C_i —采用估算模式计算出的第 i 个污染物的最大 1h 地面空气质量浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

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 SO_2 、 NO_x 和 TSP 执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中 1h 平均质量浓度的二级浓度限值。评价工作等级按表 1.5-1 的分级判据进行划分。

表 1.5-1 大气评价工作等级划分判据

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

采用导则推荐的 AERSCREEN 估算模式，估算 SO_2 、 NO_x 和 TSP 的下风向浓度，源项及估算参数见表 1.5-2，估算结果见 1.5-3。

表 1.5-2 估算模式参数一览表

污染物	排放高度 (m)	排气筒直径 (m)	排放流量 (m^3/h)	排放速率 (kg/h)	出口温度 ($^{\circ}\text{C}$)
SO_2	3.0	0.05	136	0.032	180
NO_x				0.020	
颗粒物				0.0057	

表 1.5-3 大气环境影响估算结果

污染源名称	污染物	C_i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C_{0i} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P_i (%)	距离 (m)
柴油发电机	SO_2	25.7	500	5.1	21
	NO_x	16.4	250	6.6	21
	TSP	4.6	900	5.1	21

经计算，本项目主要大气污染物最大占标率 $P_{\max}$ 为 6.6%。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），本项目非放射性大气环境影响评价工作等级为二级，评价范围确定为：以施工钻孔为中心，边长 5km 的矩形区域。

2) 地表水环境影响评价等级与评价范围

本试验产生的废水不外排，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（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，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，项目周边有零星分散式水源地，分散式水源地的较敏感区距离计算如下式所示：

$$L = \alpha \times K \times I \times T / n_e \quad (1.5-2)$$

式中：

L —下游迁移距离，m；

α —变化系数，取 2；

K —渗透系数，根据抽水试验，潜水含水层渗透系数为 0.636~0.700m/d，保守取 0.700m/d；

I —水力坡度，根据区域水文地质条件，潜水含水层水力坡度保守取 1%；

T —质点迁移参数，取值不小于 5000d，保守取 5000d；

n_e —有效孔隙度，根据区域水文地质条件，潜水含水层有效孔隙度取 0.25。

根据上式计算，本项目周边分散水源地 280m 范围内为较敏感区，本项目距离周边居民点的最近距离约 8km，因此属不敏感区域。参照 HJ 610-2016 中表 2 评价工作等级分级表，本项目地下水评价等级确定为二级。

根据《水文地质概念模型概化导则》，由于评价区所在的含矿层完整水文地质单元范围很大，自然边界距离研究区较远，结合地浸采铀工程地下水影响范围，本次评价采用自定义法确定评价范围：以试验井场为中心，向地下水下游延伸 1km，上游及两侧延伸 0.5km，模拟总面积 1.96km²。

4）声环境影响评价等级与范围

本项目所处区域为声环境 2 类功能区，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）原则，确定本项目声环境影响评价工作等级为二级，确定本项目施工期和运行期声环境影响评价范围为各施工钻孔及吸附区外 200m。

5）环境风险评价等级与范围

本项目涉及的主要危险物质为钻孔施工钻探柴油发电机使用的柴油，施工期现场柴油最大储存量约 1200L，约 1.0t。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）及附录 B，项目涉及风险物质使用量及临界量见表 1.5-4。

表 1.5-4 本项目 Q 值确定表

序号	危险物质名称	CAS 号	最大存在总量 q_n/t	临界量 Q_n/t	危险物质 Q 值
1	油类物质（柴油）	/	1.0	2500	0.0004
项目 Q 值					0.0004

由上表可知，本项目 Q 值为 $0.0004 < 1$ ，项目环境风险潜势为 I。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/169-2018），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

本项目占地面积约 $5300m^2$ （含临时占地约 $5000m^2$ ），根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目相关内容不属于其 6.1.2 条中“a)~f)”内容，因此确定生态评价等级为三级，评价范围为本项目占地区域。

1.6 产业政策与“三线一单”相符性

1.6.1 产业政策相符性分析

本项目为地浸采铀试验，对照《产业结构调整指导目录（2021 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 49 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。

1.6.2 “三线一单”相符性分析

根据《阿拉善盟行政公署关于“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（阿署发〔2021〕101 号），全盟共划定环境管控单元 85 个，包括优先保护单元 41 个，重点管控单元 40 个，一般管控单元 4 个，见图 1.6-1。

优先保护单元共 41 个，面积占比为 66.13%，主要包括生态保护红线、自然保护地、集中式饮用水水源保护区等生态功能重要区和生态环境敏感区。该区域以生态环境保护优先为原则，依法禁止或限制大规模、高强度的工业开发和城镇建设，严守生态环境底线，确保生态环境功能不降低。

重点管控单元共 40 个，面积占比为 25.36%，主要包括工业园区、城市、矿区等开发强度高、污染排放量大、环境问题相对集中的区域，以及生态需水补给区等。该区域应不断提升资源利用效率，有针对性地加强污染物排放控制和环境风险防控，解决生态环境质量不达标、生态环境风险高等问题。

一般管控单元共 4 个，面积占比为 8.51%，优先保护单元、重点管控单元之外为一般

管控单元。该区域主要落实生态环境保护基本要求。

本项目位于阿拉善盟阿拉善右旗，根据项目占地与阿拉善盟环境管控单元叠图（图 1.6-1），本项目位于阿拉善盟的重点管控单元，根据《阿拉善盟生态环境准入清单》（阿拉善盟生态环境局，2021 年 11 月），本项目所属重点管控单元编号为 ZH1529222005，名称为“阿拉善右旗塔木素布拉格苏木采矿用地”，该区域应不断提升资源利用效率，有针对性地加强污染物排放控制和环境风险防控，解决生态环境质量不达标、生态环境风险高等问题，其具体管控要求及本项目相符性分析见表 1.6-1。

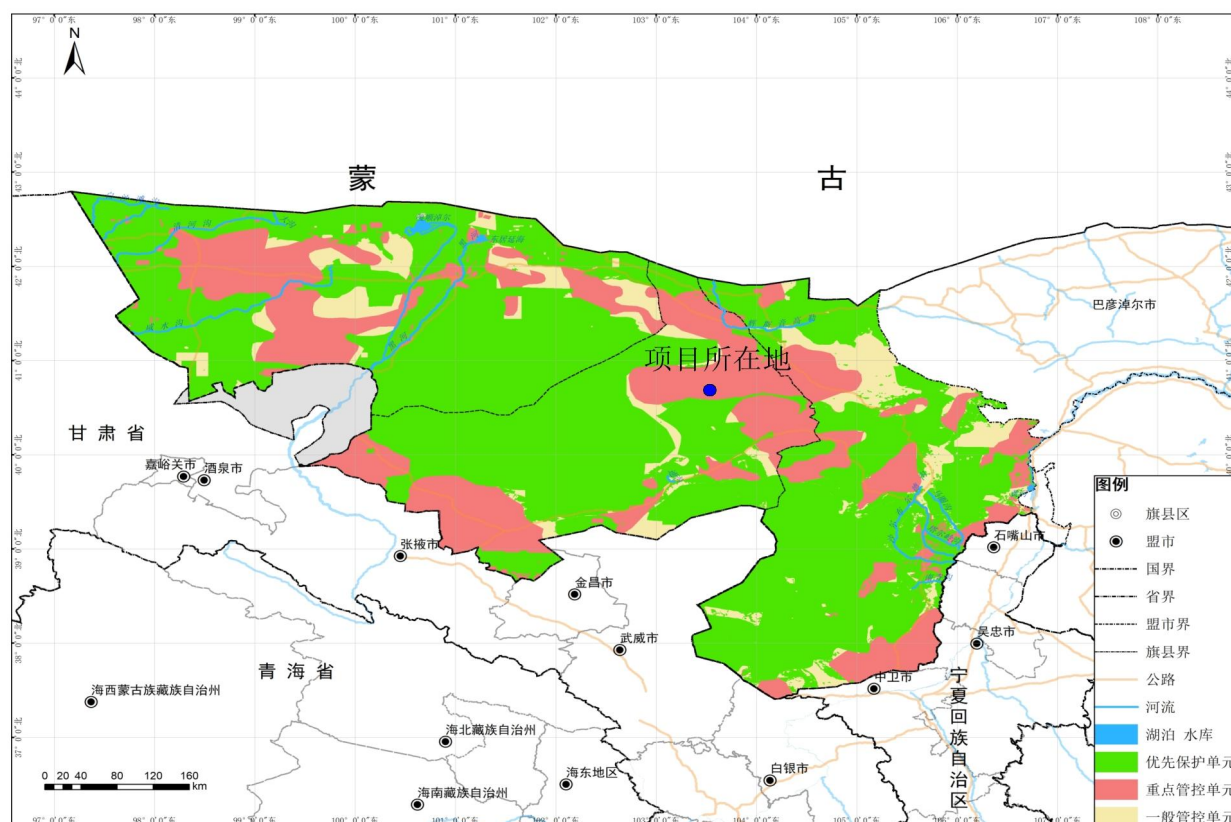


表 1.6-1 本项目与阿拉善右旗生态环境分区管控要求的相符性分析一览表

管控要求		项目情况	
空间布局约束	1) 禁止新建、扩建《产业结构调整指导目录(2021 年本)》明确淘汰类项目。	本项目属于鼓励类“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；	符合
	2) 非经国务院授权的有关主管部门同意，不得在以下地区开采矿产资源：(1) 国防工程建设设施固定地区以内；(2) 重要工业区、城镇市政工程施工设施附近一定距离以内；(3) 铁路、重要公路两侧一定距离以内；(4) 重要河流、堤坝两侧一定距离以内；(5) 国家重点保护的不能移动的历史文物和名胜古迹所在地；(6) 国家规定不得开采矿产资源的其他地区。	本项目所在地周边无管控要求中 6 种地区，符合要求。	符合
	3) 严格控制草原上新建矿产资源开发项目。落实最严格的草原生态环境保护制度，在草原生态红线内严禁乱采滥挖、新上矿产资源开发项目，其他草原除经依法依规批准的保障国家能源战略安全项目外，不得新上矿产资源开发项目。新上矿产资源开发项目在开展前期工作时，应征求林业和草原行政主管部门意见，把先预审、再立项、后建设的源头把控原则落到实处，严格执行国家林草《草原征占用审核审批管理规范》《内蒙古自治区草原征占用审核审批管理规定》等草原征占用审核审批管理制度。矿产资源在勘查时确需临时占用草原的，由旗县级以上人民政府林业和草原行政主管部门依据确定的权限分级审批。在临时占用的草原上不得修建永久性建筑物、构筑物，使用期限不得超过两年，占用期届满后，使用草原的单位应恢复草原植被并及时退还。依据《国家林和草原局草原征占用审核审批管理规范》与《内蒙古自治区草原征占用审核审批管理规定》“除国务院有关部门、自治区人民政府及其有关部门批准同意的基础设施、公共事业、民生建设项目和国防、外交建设项目外，不得占用基本草原。”	本项目严格按照管控要求实施，不在生态红线范围内，占用期届满后，及时恢复草原植被；本项目属于试验项目；本项目严格落实林业和草原相关政策，办理相关手续，符合要求。	符合
	4) 严格规范草原上已建矿产资源开发项目。对依法批准的草原上已建和在建矿产资排开发项目，要严格执行矿产资源开发和草原生态保护法律法规和政策，不得在依法确定的矿区范围外平面增扩面积，不得未经批准由井工开采变为露天开采，严格控制排渣场排土场、煤矸石堆场、场区道路占用草原面积。对申请接续用地占用草原的，要按照矿山地质环境保护与土地复垦方案要求，对原有矿山用地进行相应治理后，方可申请使用草原，资源枯竭服务期满后退出并恢复植被。	本项目为试验项目，不涉及相关内容，符合要求。	符合

	5) 临近生态保护红线的矿产资源开采活动, 应采取有效措施, 避免产生不利影响。	本项目最近保护区为 8km 处的塔木素梭梭林保护区, 距离较远, 符合生态保护红线要求。	符合
污 染 物 排 放 管 控	1) 矿产资源勘查以及采选过程中排土场、露天采场、尾矿库、矿区专用道路、矿山工业场地、沉陷区、矸石场、矿山污染场地等的生态环境保护与治理恢复工作须满足《矿山生态环境保护与治理恢复技术规范(试行)》(HJ651-2013) 要求。	本项目严格按照 (HJ651-2013) 相关要求 进行生态环境保护与治理恢复工作, 符合要求。	符合
	2) 落实边开采、边保护、边复垦的要求, 使新建、在建矿山损毁土地得到全面复垦。	本项目将退役治理和环境整治纳入了日常生产管理, 符合要求。	符合
	3) 矿山进行资源整合和技术改造, 生产工艺、设备水平、清洁生产水平必须提升至国内先进水平。	本项目生产工艺和设备水平均为国内先进水平, 符合要求。	符合
环 境 风 险 管 控	1) 制定环境风险应急预案, 成立应急组织机构, 配备必要的应急设施和应急物资, 定期开展环境风险应急演练。	本项目试验规模较小, 配备事故池、围堰等应急设施, 符合要求。	符合
	2) 全面整治历史遗留尾矿库, 完善覆膜、压土、排洪、堤坝加固等隐患治理和闭库措施。有重点监管尾矿库的企业要开展环境风险评估, 完善污染治理设施, 储备应急物资。加强对矿产资源开发利用活动的辐射安全监管, 有关企业每年要对本矿区土壤进行辐射环境监测。	本项目为地浸采铀试验项目, 不涉及尾矿库, 符合要求。	符合
资 源 利 用 效 率 要 求	1) 矿山“三率”水平达到国内同行业先进水平, 矿山“三率”水平达标率达 85%以上, 尾矿排放重金属残留水平进一步降低。	本项目为试验项目, 不涉及相关要求, 符合要求。	符合
	2) 新建、改建、扩建的高耗水工业项目、禁止擅自使用地下水。食品、制药等项目取用地下水, 须经有管理权的水行政主管部门批准。	本项目不属于高耗水工业项目, 符合要求。	符合

本项目条件试验在实施过程中采取了有效的污染防治措施、环境风险防控措施以及生态保护措施, 严格落实各项生态环境保护要求, 可以满足重点管控单元的要求。

本项目具体“三线一单”相符性分析如下:

1) 生态保护红线符合性

本项目占地范围内不涉及自然保护区、风景名胜区、国家级森林公园、地质公园、湿地公园、饮用水源保护区、基本农田保护区和其他需要特别保护的区域, 不在生态保护红线内, 项目最近保护区为 8km 处的塔木素梭梭林自然保护区, 距离较远, 满足生态保护红

线控制要求。本项目周边生态保护红线见图 1.6-2。

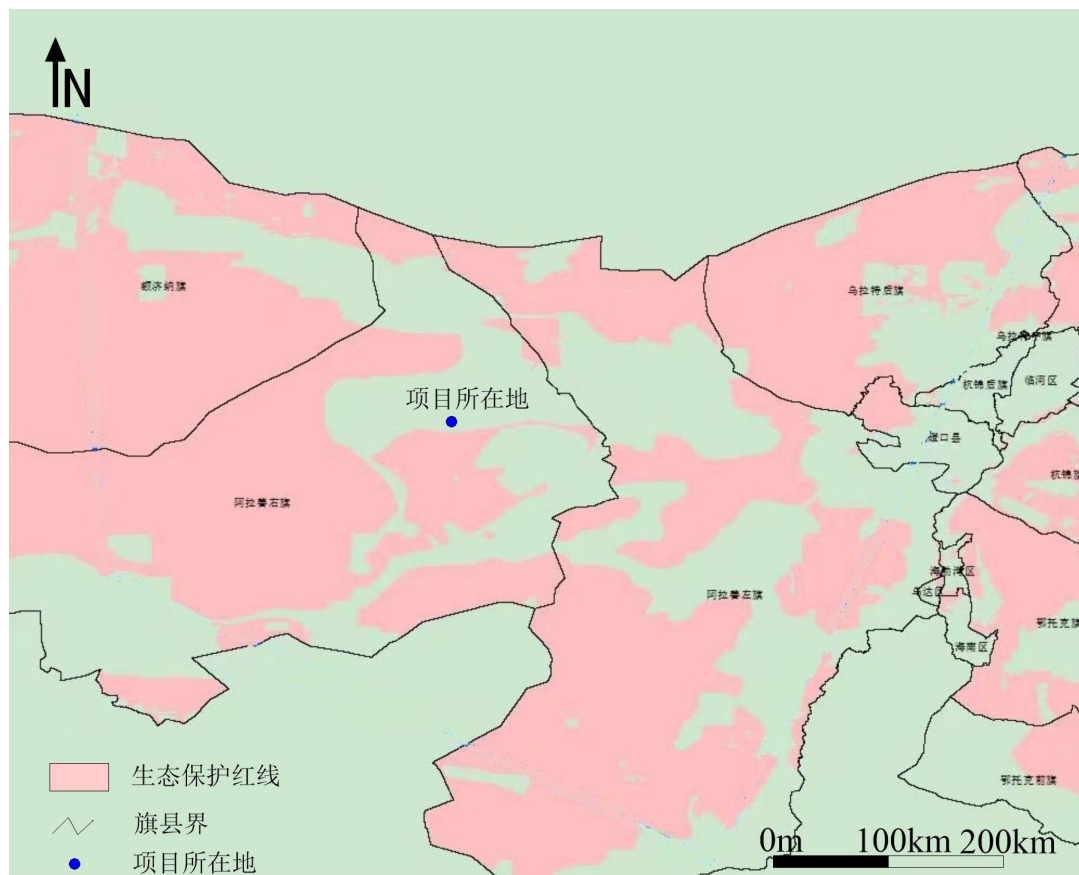


图 1.6-2 本项目与生态保护红线相对位置

2) 资源利用上线符合性

本项目建设运行过程中，主要资源消耗有土地、能源（电能）和水。本项目占地面积约 5300m²，且大部分为施工临时占地，施工完毕后立即恢复地表原始地貌形态，占用土地资源较少；本项目附近有 380V 高压输电线和变压器；本项目试验期不产生用水，试验人员的生活起居均依托于塔木素苏木，水资源使用量较少。因此本项目水、电、土地资源使用符合资源配置要求，总体符合资源利用上线的要求。

3) 环境质量底线符合性

根据《2021 年内蒙古自治区生态环境状况公报》，阿拉善盟 2021 年 SO₂ 年均浓度 6μg/m³，NO₂ 年均浓度 8μg/m³，PM_{2.5} 年均浓度 20μg/m³，PM₁₀ 年均浓度 42μg/m³，CO 第 95 百分位 24h 平均浓度为 0.6mg/m³，O₃ 第 90 百分位最大 8 小时平均浓度为 150μg/m³。由此可知，本项目所在区域大气基本污染物浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准要求，为空气达标区。

本项目所在区域环境空气质量属于二类功能区，地下水属于Ⅴ类功能区，声环境属于 2

类功能区。本项目施工期、试验运行期废气达标排放；废水不外排，对周边水环境影响较小；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；本项目不涉及重大危险源，“三废”排放对周围环境影响很小，试验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。总体而言，本项目的建设符合环境质量底线要求。

4) 负面清单符合性

本项目位于内蒙古自治区阿拉善盟阿拉善右旗，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），符合环境功能区负面清单控制要求。

综上所述，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	1) 法规 (1) 《中华人民共和国环境保护法》2015 年 1 月 1 日； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》2018 年 12 月 29 日； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003 年 10 月 1 日； (4) 《建设项目环境保护管理条例》2017 年 10 月 1 日； (5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》2021 年 1 月 1 日； (6) 《国家危险废物名录（2021年版）》2021年1月1日； (7) 《产业结构调整指导目录（2021 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 49 号）2021 年 1 月 1 日； (8) 《危险废物转移管理办法》（生态环境部 公安部 交通运输部 部令 第 23 号）2022 年 1 月 1 日； (9) 《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）； (10) 《内蒙古自治区草原管理条例》2005 年 1 月 1 日； (11) 《内蒙古自治区草原管理条例实施细则》2006 年 5 月 1 日； (12) 《内蒙古自治区人民政府关于印发<内蒙古自治区主体功能区规划>的通知》（内政发〔2012〕85 号，2012 年 7 月 27 日）； (13) 《阿拉善盟行政公署关于“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（阿署发〔2021〕101 号）； (14) 《阿拉善盟生态环境准入清单》（阿拉善盟生态环境局，2021 年 11 月）。 2) 标准规范 (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； (2) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）； (3) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）； (4) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）； (5) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）； (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）； (7) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
----------	---

- | | |
|--|--|
| | <p>(8) 《环境影响评价技术导则 铀矿冶》 (HJ 1015.1-2019) ;</p> <p>(9) 《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》 (HJ 1259-2022) ;</p> <p>(10) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB 18871-2002) ;</p> <p>(11) 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》 (GB 23727-2020) ;</p> <p>(12) 《铀矿冶辐射环境监测规定》 (GB 23726-2009) ;</p> <p>(13) 《铀、钍矿冶放射性废物安全管理技术规定》 (GB 14585-1993) ;</p> <p>(14) 《环境空气质量标准》 (GB 3095-2012) ;</p> <p>(15) 《地下水质量标准》 (GB/T 14848-2017) ;</p> <p>(16) 《声环境质量标准》 (GB 3096-2008) ;</p> <p>(17) 《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>(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) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》 (GB 18599-2020) ;</p> <p>(22) 《危险废物贮存污染控制标准》 (GB 18597-2023) 。</p> |
|--|--|

相关文件	1) 《塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究项目建议书》，核工业北京化工冶金研究院，2022 年 9 月； 2) 《国防科工局关于科研项目塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究的立项批复)》，科工二司〔2022〕1006 号，2022 年 12 月； 3) 《内蒙古阿拉善右旗塔木素铀矿床 H23-H104 线普查》，核工业二〇八大队，2019 年 2 月； 4) 《塔木素砂岩铀矿床地浸试验研究环境质量现状监测》，核工业北京化工冶金研究院分析测试中心，2022 年 9 月； 5) 《塔木素砂岩铀矿床地浸试验研究环境质量现状监测》，核工业北京化工冶金研究院分析测试中心，2023 年 3 月； 6) 《环境影响评价委托书》。
-------------	--

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阿拉善右旗塔木素苏木境内，距离阿拉善盟首府巴彦浩特约 330km，东连阿左旗，西邻额济纳旗，北界蒙古国，距周边最近的国道 307 国道约 110km，项目所在地周边有国道、省道、乡道，其与村通公路组成了可通达各市、旗、镇之间的庞大交通网络，交通较为便利，地理位置见图 3.1-1。

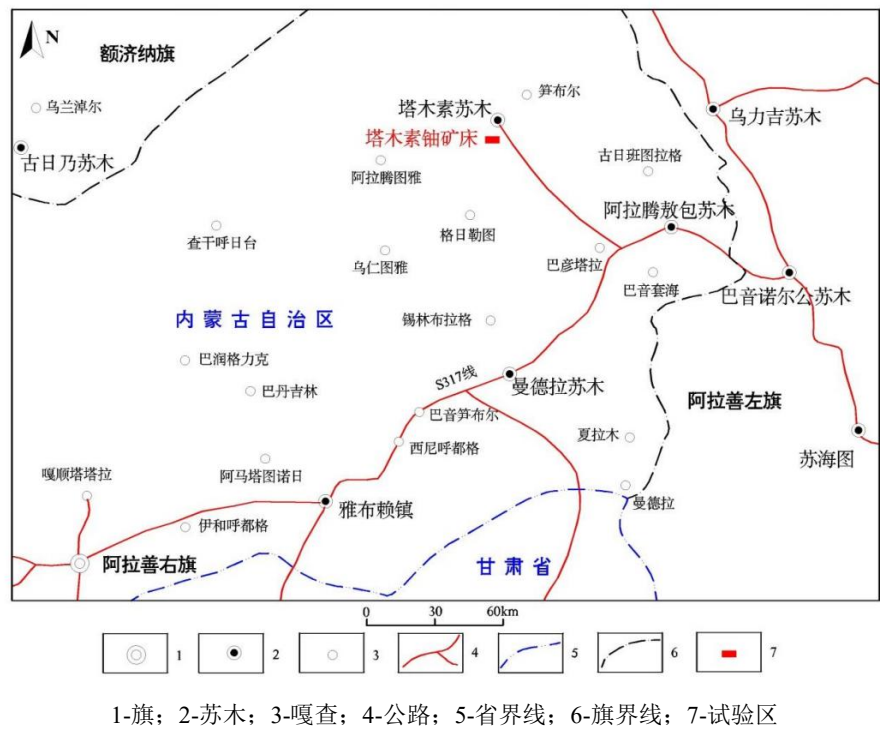


图 3.1-1 地理位置图

3.2 区域地形地貌

本项目所在区域位于内蒙古鄂尔多斯高原西部，处于巴丹吉林沙漠的东部边缘。地势总体北西高、南东低。一般海拔标高 1270~1330m，相对高差约 60m。地表大多被第四系沙土及沙丘覆盖，沙丘相对高度 10~20m。本项目所在区域地形地貌见图 3.2-1。

3.3 气候气象

本项目所在区域属中温带大陆性气候，冬长夏短，四季分明，日照充足，昼夜温差大，寒冷期长，无霜期短，气候干燥，蒸发量大。近 20 年来平均气温 9.7℃，极端最高日气温 41.2℃，极端最低气温约-28.2℃；降雨量少而集中，多集中在夏天，年平均降雨量 124.0mm，极端降雨量为 163.6mm；气候干燥，蒸发量大，年平均蒸发量 2521.1mm；年平均相对湿度 36.3%；年日照时数在 3200 小时以上；每年 10 月至次年 6 月多为西南风，7 月至 9 月多为

东北风，多年平均风速 3.2m/s。



图 3.2-1 评价区地形地貌图

3.4 地表水系

阿拉善右旗地表水资源总量 1.6 亿 m^3 ，主要分布在巴丹吉林沙漠的湖泊中，总水量 13755 万 m^3 （其中咸水 13028 万 m^3 ，淡水 727 万 m^3 ），占地表水的 86.3%，地表无径流。本项目所在区域 5km 内地表无天然水体。

3.5 地质

3.5.1 地层特征

塔木素所在区域位于巴音戈壁盆地，其地层自下而上主要由二叠系、侏罗系、白垩系和第四系组成，铀矿床主要含矿层为下白垩统。塔木素地区下白垩统地层由下至上分别为巴音戈壁组、乌兰苏海组，巴音戈壁组分为巴音戈壁组上段和巴音戈壁组下段，其中巴音戈壁组上段为主要含矿层。

表 3.5-1 鄂尔多斯盆地北部地质地层特征表

界	系	统	群组	段	代号	厚度 (m)	岩性特征
新生界	第四系	/	/	/	Q	0~10	湖沼沉积的土黄色粘土、淤泥、食盐、芒硝及风成沙。
中生界	白垩系	上统	乌兰苏海组	/	K _{2w}	0~200	主要出露于南部。上部为砖红色、杂色泥质粉砂岩、泥岩、钙质砂岩、含砾砂岩，夹泥砂质灰岩和石膏层，产脊椎动物化石，在鄂下塔塔、可可陶勒海地区见玄武岩；下部为砖红色、褐红色泥质含砾砂岩、砂质砾岩、砾岩等。
		下统	巴音戈壁组	上段	K _{1b} ²	>911	主要出露于北部。下部主要为灰色泥岩、灰绿色、红色含砾粉砂岩；中部以灰色、黄色、红色砂岩沉积为主；上部一般直接出露地表，岩性主要为灰色泥岩、灰绿色、红色含砾粉砂岩，多见灰白色泥灰岩。
				下段	K _{1b} ¹	>400	出露于盆地的边部。总体以红色、褐红色、紫红色、桔红色、灰白色砾岩、砂砾岩、泥质砂砾岩、砂岩，夹薄层红色、紫红色粉砂岩和泥岩。
	侏罗系	中统	/	/	J ₂	>110	砂岩、砾岩夹薄层粉砂岩。
		中下统	/	/	J ₁₋₂	>1000	下部砾岩、砂岩、粉砂岩夹煤线；上部火山角砾岩、流纹岩、英安质晶屑岩晶粗凝灰岩、粉砂岩凝灰岩。
古生界	二叠系	上统	/	/	P ₂	/	下部为褐黄、灰、褐灰色含钙质砾岩、砂砾岩、砾状灰岩、钙质硬砂岩、砂质灰岩夹流纹质英安质熔岩、凝灰岩、粗面岩和玄武安山岩。上部为浅灰、灰绿色含黄铁矿长石砂岩、粉砂岩及少量砂质灰岩等。
		下统			P ₁		碎屑岩及碳酸盐岩等。
	石炭系	上统	阿木山组	/	C _{2a}	/	上段以灰色白云石大理岩、安山岩、流纹质凝灰熔岩为主。下段以灰白色、黄褐色砾岩、砂岩、千枚岩、碳酸盐岩为主；中段为灰绿、灰紫色英安流纹质凝灰岩、凝灰质细粉砂岩、凝灰熔岩、流纹岩、安山岩、蚀变玄武岩夹砂岩、片岩、千板岩、板岩等。

3.5.2 矿体地质特征

下白垩统地层巴音戈壁组上段自上而下分为三个岩段，塔木素铀矿床的铀矿体主要赋存于第二岩段。巴音戈壁组上段的砂岩型铀矿化受层间氧化带控制，平面上，大量铀矿（化）体集中发育于氧化砂体厚度中等偏薄的区域，主要集中分布在层间氧化带分带中的过渡带

中。剖面上，铀矿化主要产于氧化砂岩与灰色砂岩和灰色泥岩相邻部位，盆缘一侧铀矿体多赋存于砂岩中，近湖缘一侧铀矿体赋存于泥岩与砂岩中。砂岩型铀矿化的形成与红色和黄色两种氧化作用有关。就整个矿带而言，均一性好且宽而厚的砂体通常遭受严重的层间氧化作用，但是在由宽而厚的砂体向薄而窄的砂体过渡部位，正好是层间氧化带前锋线的空间定位区域，也是砂岩型铀矿化向泥岩型铀矿化转变的有利地段。

根据岩矿分析结果，巴音戈壁组上段砂岩主要有三种类型，即长石砂岩、岩屑长石砂岩以及长石石英砂岩，其中以长石砂岩为主（占 85.5%），其次为岩屑长石砂岩（占 9.9%），少量的长石石英砂岩（占 4.6%）。巴音戈壁组上段砂岩以长石砂岩为主，反映出碎屑近缘沉积的特点，同时可见长石砂岩的投影区相对集中，比较接近长石石英砂岩区域，侧面说明了矿床范围内巴音戈壁组上段沉积环境较为稳定，砂体的连续性比较好，具有较理想的铀成矿空间。

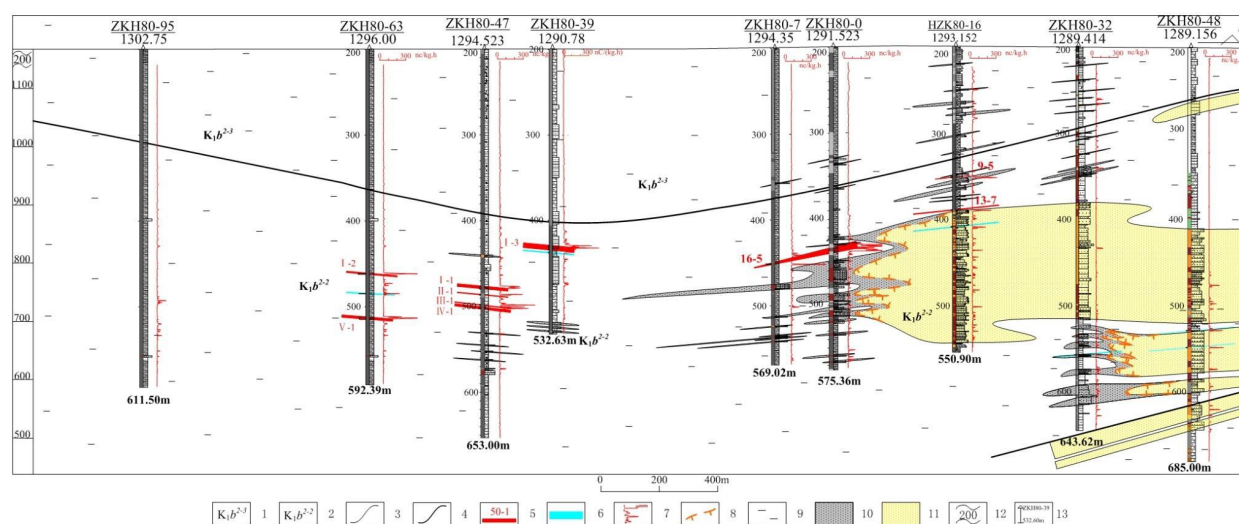


图 3.5-1 H80 号勘探线地质剖面示意图

1-巴音戈壁组上段第三岩段编号；2-巴音戈壁组上段第二岩段编号 3-地层界线；4-岩性界线；5-铀矿体及块段编号；6-铀矿化体；7-伽马测井曲线；8-氧化带前锋线；9-灰色泥岩；10-灰色砂岩；11-黄色、褐色砂岩；12-地层省略（m）；13-钻孔编号及孔深（m）

3.6 水文地质

3.6.1 区域水文地质

本项目属于巴音戈壁盆地，该盆地地处中蒙交界，盆地所处大地构造背景复杂，位于四大板块构造的结合部位，分别与塔里木板块、哈萨克斯坦板块、西伯利亚板块和华北板块相毗邻，是古生代时期陆～陆碰撞的结合部位。这种多板块的结合部位构造活动差异明显，构造运动的非均匀性极易导致其上覆盖层中形成隆起和坳陷（凹陷）相间出现的局面。

本项目所在区域盖层主体为白垩系，区内找矿目的层是下白垩统巴音戈壁组上段。白

垭系地下水分布于坳陷北东部至西部的沉降带内，可划为高平原碎屑岩类裂隙孔隙水亚区及西部局部地区的沙漠松散岩类孔隙水亚区。水文地质条件受益地岩相控制，地下水的径流条件、渗透性、富水性、水质等反映出相应的、有规律性的变化。工作区周缘分布着碎屑岩类裂隙孔隙水，具有完整的补给、迳流、排泄系统，由多个次级的水文地质自流水凹陷组成，自流水凹陷制约着铀成矿的具体条件，本项目地下水流向自东北向西南。本项目所在区域水文地质图见图 3.6-1。

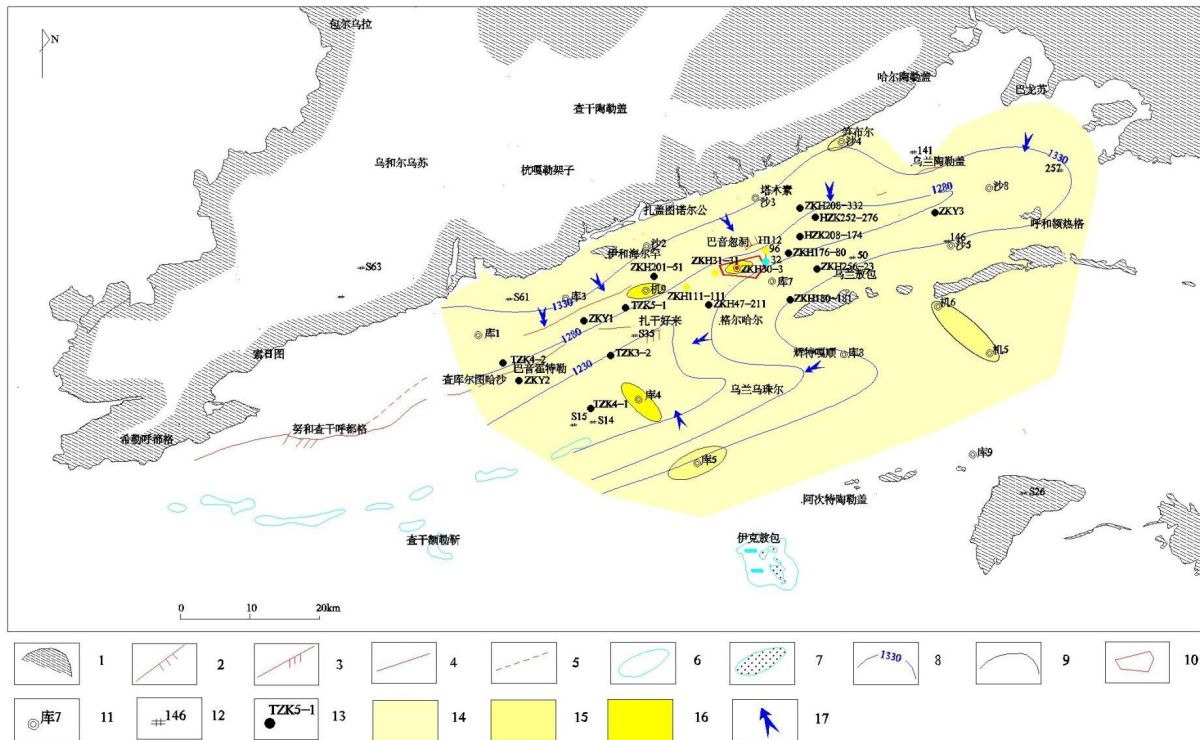


图 3.6-1 本项目所在区域水文地质图

1-岩体出露区；2-压性断裂；3-压扭性断裂；4-性质不明断裂；5-推测断层；6-盐渍化、硬盐壳；7-地表水体；8-地下水等水位线及标高(m)；9-富水性分区界线；10-塔木素铀矿床；11-水文孔；12-水井；13-施工钻孔；14-涌水量小于 24m³/d；15-涌水量 24-120m³/d；16-涌水量 120-1200m³/d；17-地下水流向；

3.6.2 矿床水文地质

1) 地下水类型及含水层分布

塔木素铀矿床赋存的地下水类型主第四系松散岩类孔隙水和碎屑岩类裂隙孔隙水，水文地质剖面图见图 3.6-2，各含水层的详细特征如下：

(1) 第四系松散岩类孔隙水

该类地下水主要分布在矿床浅部，赋存于第四系含水岩组中，主要为风成沙、冲洪积和湖积沉积物，潜水层地下水埋深约 20m，单井涌水量一般 45~75m³/d。本项目第四系松散岩类孔隙水与含矿含水层之间有很厚的隔水层，故矿床开采对其影响较小。

(2) 碎屑岩类裂隙孔隙水

碎屑岩类孔隙裂隙水分布在下白垩统巴音戈壁含水岩组中，该含水岩组主要由下白垩统巴音戈壁组下段 (K_1b^1) 和上段 (K_1b^2) 组成。

下白垩统巴音戈壁组上段含水岩组在区内均有分布，其潜水区主要位于巴音盆地边缘部位，在矿区过渡为承压水，岩性以含砾砂岩、砂砾岩和粉砂岩为主，夹薄层泥岩、粉砂岩、细砂岩。在矿区具有稳定的隔水顶底板，是矿床主要的赋存层位。

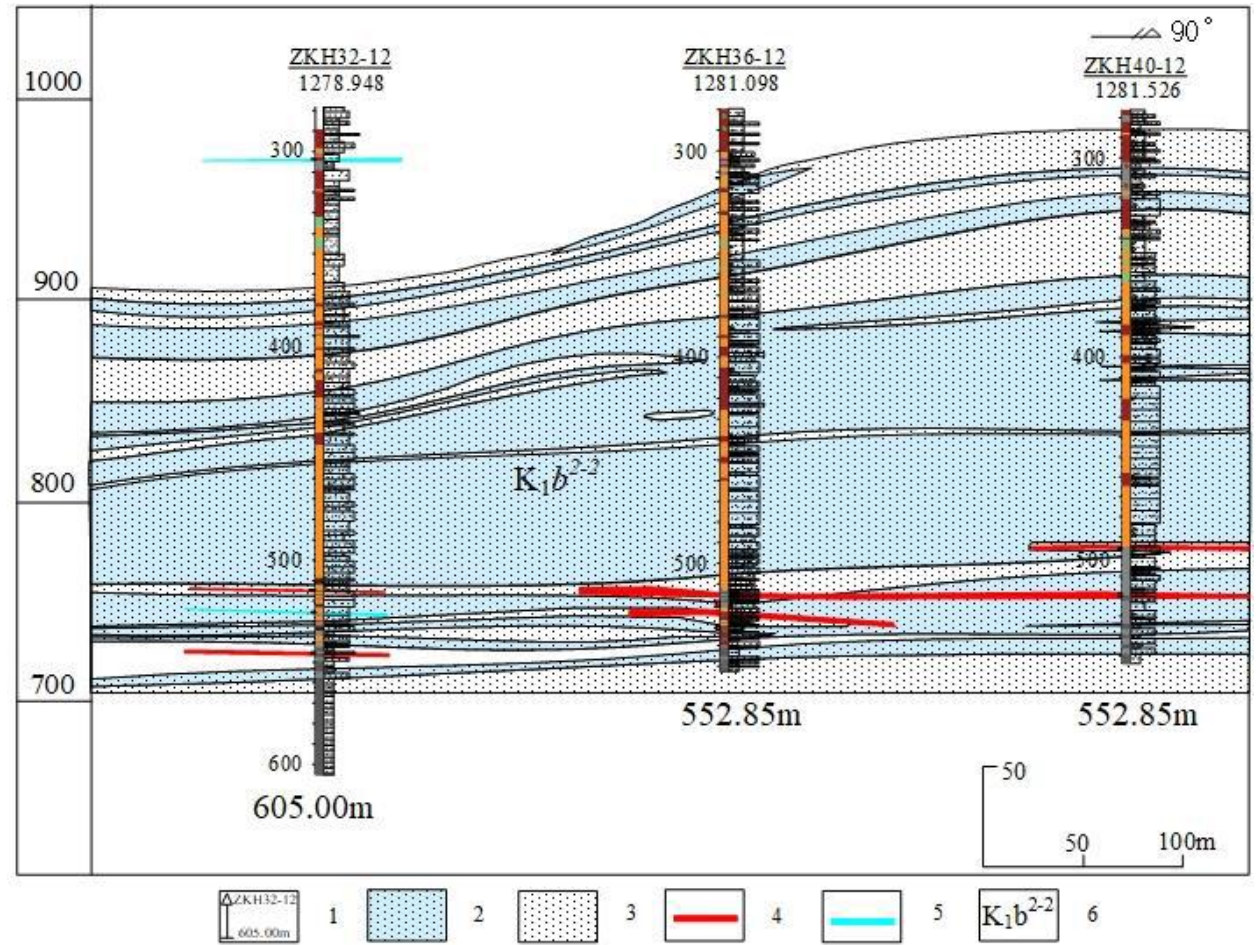


图 3.6-2 塔木素铀矿床 H12 号线水文剖面示意图

1-钻孔编号及孔深；2-砂岩隔水层；3-含水层；4-工业铀矿体；5-铀矿化体；6-巴音戈壁组上段第二岩段

2) 含矿含水层特征

塔木素铀矿床含矿含水层为下白垩统巴音戈壁组上段含水岩组(K_1b^2)，在垂向上，巴音戈壁组上段分为下、中、上三个岩石地层结构 ($K_1b^{2-1} \sim K_1b^{2-3}$)，与地层岩性段相对应，含水岩组自下而上分为三层：下层、中层和上层。

(1) 巴音戈壁组上段含水岩组下层（第一岩性段）

含水岩组下层与第一岩段 (K_1b^{2-1}) 相对应，位于矿床底部，形态多以扁舌状和透镜体

为主，分布不稳定，连续性差，且埋深较大，一般为 600~660m，与地层产状变化一致，从北向南逐渐加深。本层含水层岩性以灰色中砂岩与粗砂岩为主，砂岩碎屑物含量一般较高，成分以石英和长石为主，结构致密，分选较差，碳酸盐含量I级为主。

(2) 巴音戈壁组上段含水岩组中层（第二岩性段）

含水岩组中层与第二岩性段（ K_1b^{2-2} ）对应，是矿床的主要赋矿层位，同时也是含水层发育最广，厚度最大的层位，埋深约 287.50~483.44m。本层含水层岩性以褐黄色、褐红色和灰色粗砂岩和中砂岩为主，含少量的砂质砾，含水层富水性整体较差，局部较好，渗透性中等。含水层厚度一般为 70~120m，平均厚度为 108.55m。

(3) 巴音戈壁组上段含水岩组上层（第三岩性段）

含水岩组上层与第二岩性段（ K_1b^{2-3} ）对应，位于中层与上覆第四系风成沙之间，含水层分布不稳定，连续性差，埋深 35.10~307.50m。本层含水层岩性以含砾中砂岩与粗砂岩为主，成分以石英和长石为主，结构致密，分选较差，碳酸盐含量I级为主。含水层厚度较薄，约为 1.20~37.00m，平均为 9.86m。

3) 隔水层特征

(1) 隔水底板特征

隔水底板由巴音戈壁组上段下层和中层底部的深灰色、灰色泥岩、粉砂质泥岩等组成，该层埋藏深，所有钻孔均未完全揭穿，最薄为 3m，最厚可达 165m，连续性好，分布稳定，隔水性能良好，隔水底板厚度等值线图见图 3.6-3。隔水底板顶界埋深一般 580~620m，其变化规律是从矿床北部向南部逐渐变浅，纵向上中部较深，东部和西部由较浅。含矿含水层隔水底板顶界标高一般 640~670m，最高 733m，最低 625m，平均 656.17m，其变化规律是由北向南逐渐升高，纵向上中部较低，东西部升高。

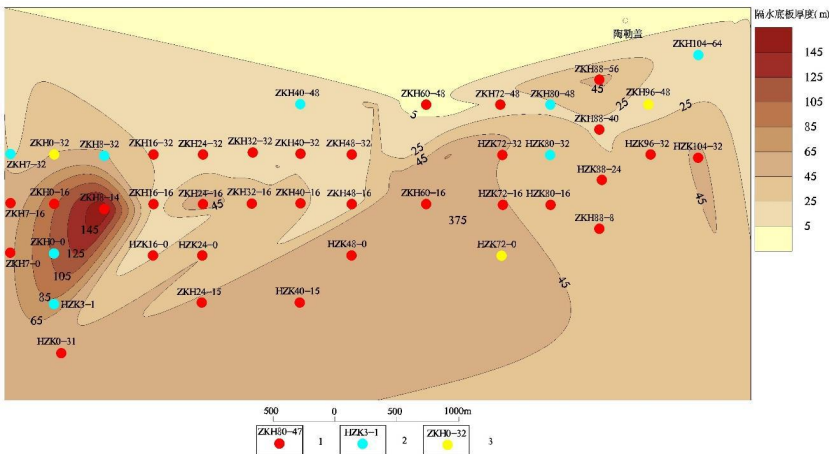


图 3.6-3 巴音戈壁组上段含水岩组中层隔水底板厚度等值线图

1-工业铀矿孔及编号；2-铀矿化孔及编号；3-铀异常孔及编号

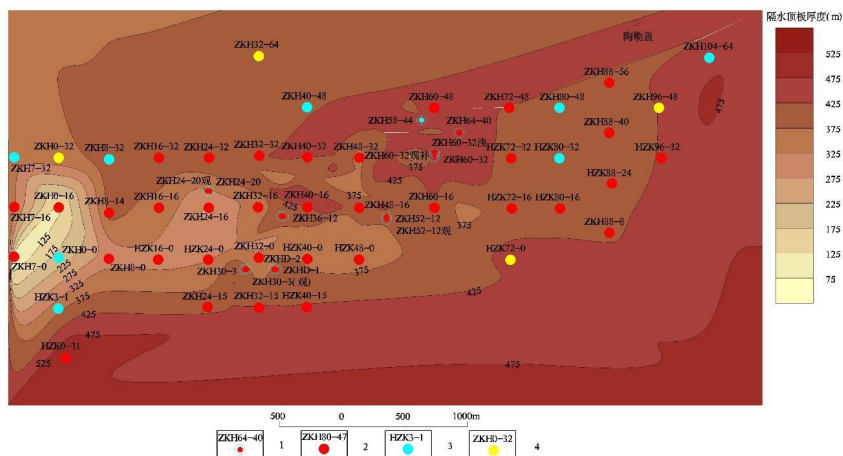


图 3.6-4 巴音戈壁组上段含水岩组中层隔水顶板厚度等值线图

1-水文地质孔及编号；2-工业铀矿孔及编号；3-铀矿化孔及编号；4-铀异常孔及编号

(2) 隔水顶板特征

隔水顶板由巴音戈壁组上段上层和中层顶部的深灰色、灰色泥岩、褐红色粉砂岩、钙质砂岩等组成，厚度一般 350~410m，最薄 110.50m，最厚 527.40m，平均 393.16m，变化规律是由北西南南东逐渐变厚，分布连续稳定，隔水性能良好，隔水顶板厚度等值线图见图 3.6-4。隔水顶板底界埋深 330~385m，最浅 302m，最深 507m，平均 389.15m。底界标高一般 850~930m，最低 810.50m，最高 1060m，平均 926.40m，其变化规律为北部浅南部深，东部较西部略浅。

4) 水力性质

巴音戈壁组上段含水岩组是一个相对独立、完整的地下水循环系统。含水岩组在矿床范围内存在良好的区域性隔水顶、底板，有效地隔断了其与上、下部各含水层间的水力联系。含矿含水层的渗透系数 0.112~0.644m/d，属于中等透水性。矿床各地区富水性不均匀，单位涌水量为 0.016~0.548L/m.s，属于弱富水性~局部中等富水性。该含水岩组埋藏一般较深，一般为 287.50~483.44m，地下水水位埋深为 7.80~13.45m，地下水的承压水头较高，承压性强。

5) 水化学特征

含矿含水层地下水循环条件差，其矿化度普遍偏高，矿化度为 32.27~47.48g/L，平均 38.15g/L。矿床地下水化学类型为 Cl-Na 型水，水中阴离子以 Cl⁻为主，其次为 SO₄²⁻，阳离子以 Na⁺为主。矿床地下水 pH 值 7.79~8.29，呈弱碱性。地下水水温 18~22℃。地下水自由氧浓度一般为 1~3mg/L，Eh 值为 -26.63~+59.77mv，表明塔木素铀矿床为氧化还原过渡

环境。

3.7 土地和水体利用

1) 土地利用

阿拉善右旗总土地面积 73883km²。其中，耕地面积 44.33km²，占比为 0.06%；林地面积 6496km²，占比为 8.79%；草地面积 27384km²，占比为 37.06%；城镇及工矿用地面积 82.57km²，占总土地面积 0.11%；水域面积 29.22km²，占总土地面积 0.04%。本项目占地类型为草地，周边 5km 范围内土地类型以荒地、草地为主，不涉及基本草原。

2) 水体利用

阿拉善右旗水资源总量 3.9 亿 m³，其中地表水 1.6 亿 m³，主要分布在巴丹吉林沙漠的湖泊中，总水量 13755m³（其中咸水 13028m³，淡水 727m³），占地表水的 86.3%；地下水 2.3 亿 m³，可供开采储量 9503 万 m³。地表无径流，山区有少量泉水和巴丹吉林沙漠中的湖泊水，总储量约 32417.4m³/年，其中，巴丹吉林湖泊水有 13755 万 m³。

本项目周边 5km 范围内无集中式饮用水源地及集中式工农业生产用水，最近居民点 8km 处塔木素苏木，居民生活用水均为自家井水，取水层位为潜水含水层，取水量较少。

3.8 生态环境概况

1) 动植物资源

本项目周边生态系统结构单一，栖息的野生动物较为稀少，评价范围及附近区域主要的野生动物为沙蜥、黄鼬等，其他动物很少见。区内植被主要有荒漠残林草原植被和灌木草原植被两种，荒漠残林草原植被主要为梭梭、红柳等；灌木草原植被覆盖度小，植被组成群落以旱生、超旱生、盐生和沙生的灌木、半灌木和小灌木占优势的稀疏植被群落为主。

2) 资源开发利用状况

阿拉善右旗境内蕴藏着丰富的矿产资源，已发现有 45 种矿产中，开采的主要有煤、盐、硝、冰洲石、锰、铁等，除此之外其石墨、萤石、铁、大理石、石灰石等储量丰富，品位高，具有较高的开采价值。项目所在地塔木素苏木已发现的矿产资源有金、镍、铀、硅石等十多种。

3) 生态敏感区

本项目项目周边最近生态敏感区为塔木素梭梭林保护区，位于本项目西南方向，距离约 8km 处，距离较远。具体位置关系示意图如下：



图 3.8-1 塔木素铀矿床与周边保护区位置关系示意图

1-侵入岩；2-前中生代地层；3-塔木素铀矿床；4-塔木素梭梭林自然保护区范围

3.9 社会环境简况

1) 社会经济

根据《阿拉善右旗 2021 年国民经济和社会发展统计公报》，2021 年阿拉善右旗完成地区生产总值 22.17 亿元，同比增长 2.2%。其中第一产业完成 3.58 亿元，同比增长 5.5%；第二产业完成 8.89 亿元，下降 4.5%；第三产业完成 9.7 亿元，同比增长 6.8%。第一、第二、第三次产业增加值比重为 16:40:44。

2) 人口

根据《阿拉善右旗第七次全国人口普查公报》，2020 年全旗常住人口为 22647 人。其中，汉族 16380 人，占全旗人口的比重为 72.33%，蒙古族人口为 5932，占全旗人口的比重为 26.19%，其他少数民族人口为 335，占全旗人口的比重为 1.48%。全旗总面积 72556km²，人口密度为 0.31 人/km²。根据 2022 年实际调查，本项目评价中心（集液罐）半径 5km 范围内无人居住，距离评价中心最近的居民点为 N 方向 8km 处的塔木素苏木，总人口为 202 人。

根据 2022 年实地走访、调查，本项目评价中心半径 20km 范围内总人口 486 人，平均人口密度 0.39 人/km²，涉及阿拉善右旗的塔木素苏木、胡数其和布勒呼木得勒，评价中心 20km 范围内居民点情况见图 3.9-1 和表 3.9-1。

由阿拉善右旗第七次人口普查数据，再结合实地调查资料修正，评价区内各年龄组在总人口中的比例分别为：婴儿组（≤1 岁）0.7%，幼儿组（1-7 岁）6.3%，少年组（7-17 岁）

9.2%，成人组（>17 岁）83.8%。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。2022 年和 2024 年人口分布情况见表 3.9-3 和表 3.9-4。

表 3.9-1 评价中心 20km 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	塔木素	N	8.0	202
2	胡数其	N	10.5	206
3	布勒呼木得勒	W	12.6	78
合计				486

表 3.9-2 评价范围内人口自然增加率

年份	2023	2024
出生率，‰	9.73	9.51
死亡率，‰	7.51	7.68
人口增长率，‰	2.22	1.83

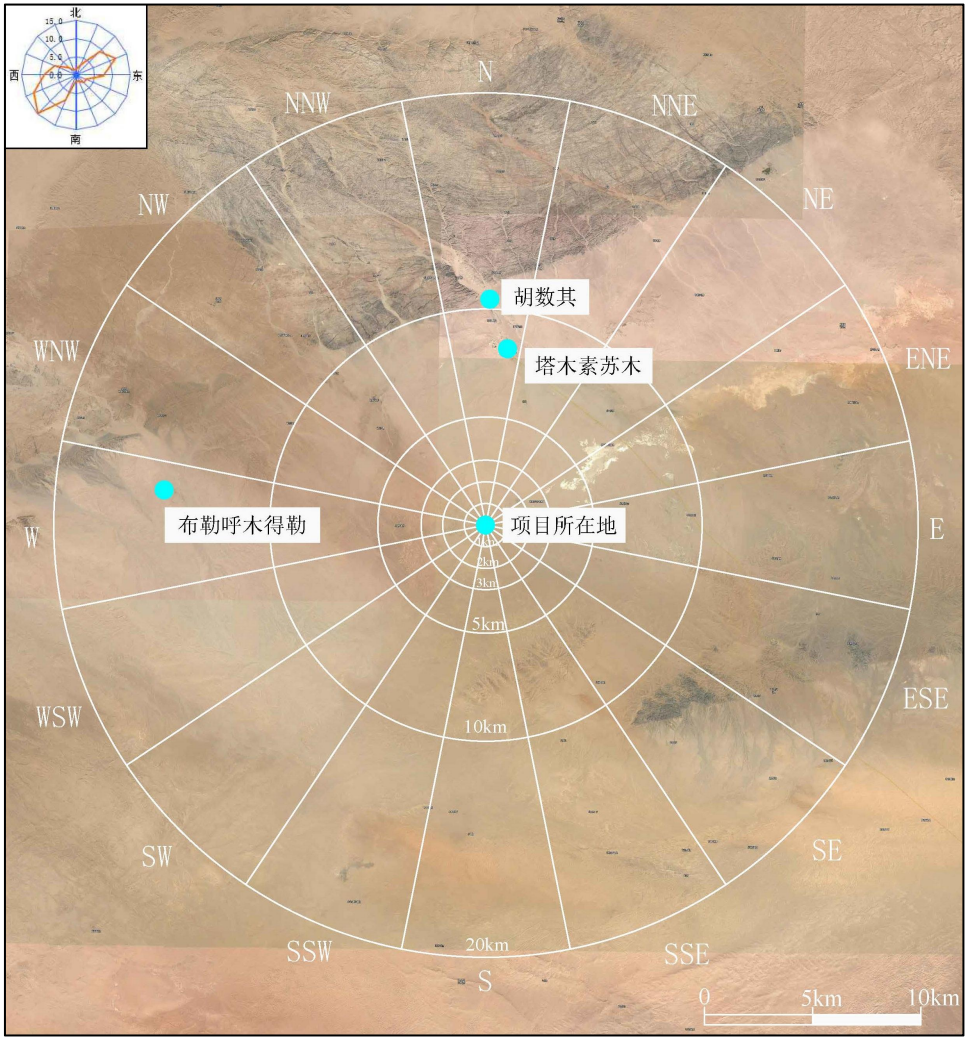


图 3.9-1 评价中心 20km 范围内居民点分布图

表 3.9-3 本项目评价中心 20km 范围内人口分布（2022 年）

距离 (km)	年龄组	方位															
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~1	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2~3	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3~5	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5~10	婴儿	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10~20	婴儿	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	幼儿	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
	少年	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
	成人	173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0

表 3.9-4 本项目评价中心 20km 范围内人口分布（2024 年）

距离 (km)	年龄组	方位															
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~1	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2~3	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3~5	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5~10	婴儿	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	幼儿	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10~20	婴儿	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	幼儿	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
	少年	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
	成人	174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0

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》	(GB3095-2012) 二级	SO ₂	1 小时平均 0.5mg/m ³
				NO _x	1 小时平均 0.25mg/m ³
				TSP	24 小时平均 0.3mg/m ³
	地下水	《地下水质量 标准》	GB/T14848-2017) V类 标准	pH	pH<5.5 或 pH>9.0
				Na ⁺	>400mg/L
				Cl ⁻	>350mg/L
				SO ₄ ²⁻	>350mg/L
				NH ₄ -N	>1.50mg/L
				NO ₃ ⁻	>30.0mg/L
				NO ₂ ⁻	>4.80mg/L
				As	>50μg/L
				Hg	>2μg/L
				Cr ⁶⁺	>0.1mg/L
				Zn	>5.00mg/L
				Fe	>2.0mg/L
				Cu	>1.5mg/L
				Pb	>0.10mg/L
				Cd	>0.01mg/L
				Mn	>1.50mg/L
				Mo	>0.15mg/L
				总硬度	>650mg/L
				总溶解 性固体	>2000mg/L
				COD _{Mn}	>10.0mg/L
				F ⁻	>2.0mg/L
	土壤	《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
	声环境	《声环境质量 标准》	(GB3096-2008) 2 类	Leq(A)	昼 60dB(A)
					夜 50dB(A)

污 染 物 排 放 标 准	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	SO ₂	最高排放浓度	550mg/m ³
					周界外 浓度最高点	0.4mg/m ³
				NO _x	最高排放浓度	240mg/m ³
					周界外 浓度最高点	0.12mg/m ³
				颗粒物	最高排放浓度	120mg/m ³
					周界外 浓度最高点	1.0mg/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，确定本项目的公众平均年有效剂量管理目标值为 0.01mSv/a。					

5 环境质量状况

5.1 监测目的

为了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中心开展，共开展两次，监测时间分别为 2022 年 9 月和 2023 年 3 月。核工业北京化工冶金研究院分析测试中心是具有计量认证合格证的环境监测机构，CMA 证书编号为[220021181393]，有效期至 2028 年 2 月 24 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对照点：塔木素苏木。	2	每日 1 次，连续监测 3 天。塔木素苏木为每日 24h，连续监测 3 天。
	TSP、SO ₂ 、NO _x	塔木素苏木布置 1 个监测点。	1	连续监测 3 天，取 24h 平均值。
	氡析出率	试验区内部布置 1 个监测点位。	1	每日 1 次，连续监测 3 天。
	γ辐射空气吸收剂量率	①试验区内部布置 1 个监测点位； ②对照点：塔木素苏木。	2	监测 1 次。
地下水	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po、 pH、K ⁺ 、Na ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、 CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、 氨氮、NO ₃ ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、As、 Hg、Cr ⁶⁺ 、Zn、Cu、Pb、 Cd、Fe、Mn、Mo、总溶解性固体、总硬度、F ⁻ 、	①潜水含水层：塔木素苏木布置 1 个监测点； ②含矿含水层 5 个监测点位： ZKH36-12、ZKH52-12、 ZKH24-20、ZKH60-32、ZKH30-3。	潜水层：1 含矿层：5	监测 1 次。

	COD _{Mn} 、总α、总β			
土壤	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、pH、As、Cd、Hg、Pb、Cr、Zn、Ni、Cu、Cr ⁶⁺	①试验区内部土壤布置 1 个监测点位； ②对照点：塔木素苏木。	2	每个监测点位取 1 个混合样。
生物	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po	①试验区内部牧草布置 1 个监测点位； ②对照点：塔木素苏木。	2	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塔木素苏木布置 1 个监测点位。	2	每日昼夜各 1 次，连续监测 2 天。

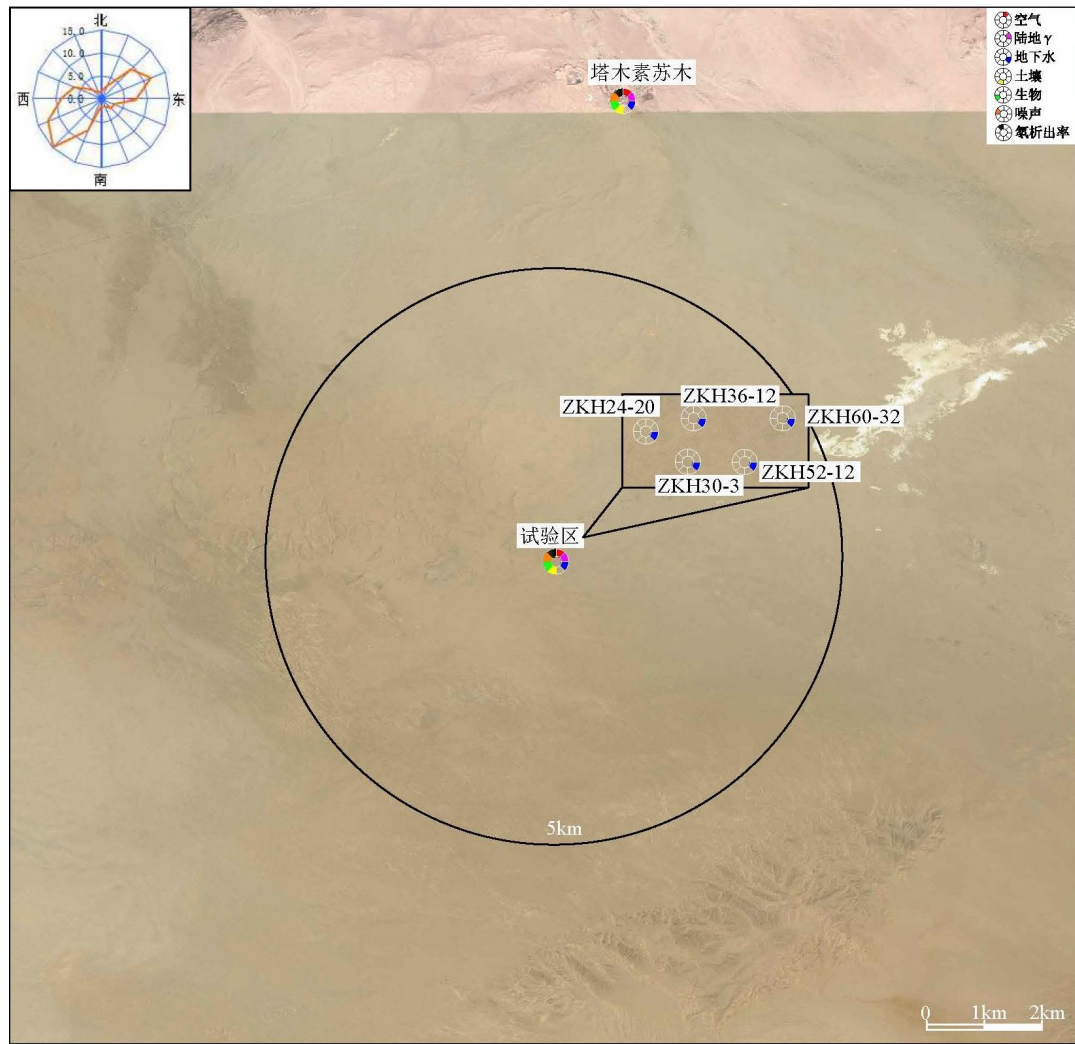


图 5.2-1 监测布点图

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	HJ 1212-2021	测氡仪	RAD7	5Bq/m ³
	氡子体	EJ 378-1989	氡子体测量仪	PRM-FF01	10nJ/m ³
	TSP	HJ 1263-2022	环境空气综合采样器	崂应 2050	0.01mg/m ³
氡析出率		EJ/T 979-1995	测氡仪	RAD7	0.004 Bq/(m ² ·s)
γ剂量率		HJ 1157-2021	γ辐射剂量率仪	FH40G+FHZ672E-10	10 nGy/h
地下水	U _{天然}	HJ 700-2014	质谱仪	NexION 350X	1.0 μg/L
	²²⁶ Ra	GB 11214-1989	氡钍分析仪	FD125/057	0.006Bq/L
	²¹⁰ Pb	EJ/T 859-1994	低本底α/β测量仪	LB6008	0.017Bq/L
	²¹⁰ Po	HJ 813-2016	α能谱仪	Alpha Ensemble	0.5mBq/L
	总α	EJ/T 1075-1998	低本底α/β测量仪	LB6008	0.02 Bq/L
	总β	EJ/T 900-1994	低本底α/β测量仪	LB6008	0.06 Bq/L
	pH	GB/T 6920-1986	pH 酸度计	pHs-3E	0.01
	K ⁺	HJ 776-2015	电感耦合等离子体发射光谱仪	ICAP 7400 Duo	0.1 mg/L
	Na ⁺	HJ 776-2015			0.03 mg/L
	Ca ²⁺	HJ 776-2015			0.02 mg/L
	Mg ²⁺	HJ 776-2015			0.02 mg/L
	CO ₃ ²⁻	JS/FX/8.2-04/N/2004	滴定管	FX10-02	0.05 g/L
	HCO ₃ ⁻	JS/FX/8.2-04/N/2004	滴定管	FX10-02	0.05 g/L
	Cl ⁻	GB/T 5750.5-2006	离子色谱仪	ICS-5000	2.5 mg/L
	SO ₄ ²⁻	GB/T 5750.5-2006	离子色谱仪	ICS-5000	2.5 mg/L
	COD _{Mn}	GB/T 5750.7-2006	滴定管	FX10-18	0.5 mg/L
	NH ₄ -N	GB/T 5750.5-2006	分光光度计	722G	0.025 mg/L
	NO ₃ ⁻	GB/T 5750.5-2006	离子色谱仪	ICS-5000	10 mg/L
	NO ₂ ⁻	GB/T 5750.5-2006	离子色谱仪	ICS-5000	10 mg/L
	Cr ⁶⁺	GB 7467-1987	分光光度计	722G	0.004 mg/L
	As	HJ 694-2014	原子荧光光谱仪	AFS-230E	2 μg/L
	Hg	HJ 694-2014	原子荧光光谱仪	AFS-230E	0.2 μg/L
	Zn	HJ 776-2015	电感耦合等离子体发射光谱仪	ICAP 7400 Duo	0.5 mg/L
	Cu	HJ 776-2015			0.5 mg/L
	Pb	HJ 700-2014	质谱仪	NexION 350X	5 μg/L
	Cd	HJ 700-2014	质谱仪	NexION 350X	1 μg/L
	Fe	HJ 776-2015	电感耦合等离子体发射光谱仪	ICAP 7400 Duo	0.5 mg/L
	Mn	HJ 776-2015			0.5 μg/L
	Mo	HJ 700-2014	质谱仪	NexION 350X	1 μg/L
	F ⁻	GB/T 5750.5-2006	离子色谱仪	ICS-5000	10 mg/L
	总硬度	GB/T 5750.4-2006 (7.1)	滴定管	FX10-18	4mg/L

	总溶解性固体	GB/T 5750.4-2006 (8.1)	滴定管	FX10-18	1mg/L
土壤	U _{天然}	GB/T 14506.30-2010	质谱仪	NexION 350X	0.25 mg/kg
	²²⁶ Ra	GB/T 11743-2013	高纯锗多道γ能谱仪	GMX50P4-83	0.2 Bq/kg
	pH	HJ 962-2018	pH 酸度计	pHs-3E	0.01
	As	GB/T 22105.2-2008	原子荧光光谱仪	AFS-230E	0.1 mg/kg
	Hg	GB/T 22105.1-2008	原子荧光光谱仪	AFS-230E	0.01 mg/kg
	Cd	GB/T 14506.30-2010	质谱仪	NexION 350X	0.01 mg/kg
	Pb				0.1 mg/kg
	Cr				0.05 mg/kg
	Zn				0.1 mg/kg
	Ni				0.1 mg/kg
	Cu				0.1 mg/kg
	Cr ⁶⁺	HJ 1082-2019	原子吸收仪	Z-2010	0.025mg/kg
生物	U _{天然}	GB/T 14506.30-2010	质谱仪	NexION 350X	0.03mg/kg 鲜
	²²⁶ Ra	GB/T 16145-2020	高纯锗多道γ能谱仪	GMX50P4-83	0.1 Bq/kg 鲜
	²¹⁰ Pb				0.5 Bq/kg 鲜
	²¹⁰ Po	HJ 813-2016	α能谱仪	Alpha Ensemble	0.2 Bq/kg 鲜
噪声		GB 3096-2008	多功能声级计+ 声校准器	AWA6228+ AWA6021A	35dB(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

本项目试验区及周边居民点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（84.2~95.1）nGy/h，与阿拉善盟地区本底基本处于同一水平。

表 5.3-1 γ辐射空气吸收剂量率监测结果

监测点位	监测结果（nGy/h）	
	第一次	第二次
试验区	86.0~94.9	85.7~95.1
塔木素苏木（对照点）	86.3~94.3	84.2~91.4
《中国环境天然放射性水平》 （2015 年）阿拉善盟	25.7~83.2	

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、NO_x 和 SO₂ 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（18.7~25.2） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， NO_x 浓度范围值为（21.3~29.0） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， SO_2 浓度范围值为（9.0~19.0） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，监测结果均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求。

表 5.3-2 空气中 TSP、 NO_x 和 SO_2 浓度监测结果

监测地点	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		NO_x 浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		SO_2 浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	第一次	第二次	第一次	第二次	第一次	第二次
塔木素苏木	19.6~23.9	18.7~25.2	21.3~28.6	23.0~29.0	9.0~19.0	10.0~13.0
GB3095-2012 标准限值	300		250		500	

2) 氡及氡子体浓度监测结果

本项目试验区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（6.54~22.50） Bq/m^3 ，氡子体浓度范围值为（12.65~45.40） nJ/m^3 ，均与全国本底处于同一水平。

表 5.3-3 空气中氡及氡子体浓度监测结果

监测地点	氡浓度 (Bq/m^3)		氡子体浓度 (nJ/m^3)	
	第一次	第二次	第一次	第二次
试验区	11.40~20.40	9.48~22.50	24.10~45.40	12.65~13.46
塔木素苏木（对照点）	9.60~10.80	6.54~14.10	26.20~36.70	13.48~19.94
《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（0.0520~0.0964） $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。

表 5.3-4 氡析出率监测结果

监测点位	氡析出率 $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	
	第一次	第二次
试验区	0.0520~0.0868	0.0865~0.0964

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 $U_{\text{天然}}$ 浓度为 (21.0~22.3) $\mu\text{g/L}$ ， ^{226}Ra 浓度为 (ND~17.0) mBq/L ，均处于内蒙古自治区地下水本底范围内。 ^{210}Po 浓度为 (ND~1.37) mBq/L ， ^{210}Pb 浓度为 (ND~6.07) mBq/L ，总 α 浓度范围为 (0.33~0.41) Bq/L ，总 β 浓度范围为 (0.41~0.49) Bq/L ，符合《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) 中 V 类标准。

表 5.3-5 潜水含水层地下水放射性核素含量监测结果

监测项目	监测次数	塔木素苏木	《中国环境天然放射性水平》内蒙古	标准值
$U_{\text{天然}}$ ($\mu\text{g/L}$)	第一次	21	0.38~101.6	/
	第二次	22.3		
^{226}Ra (Bq/L)	第一次	17	1.55~203.9	/
	第二次	ND		
^{210}Po (Bq/L)	第一次	1.37	/	/
	第二次	ND		
^{210}Pb (Bq/L)	第一次	ND	/	/
	第二次	6.07		
总 α (Bq/L)	第一次	0.41	/	>0.5
	第二次	0.33		
总 β (Bq/L)	第一次	0.49	/	>1.0
	第二次	0.41		

(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 $U_{\text{天然}}$ 浓度范围为 (ND~18.4) $\mu\text{g/L}$ ， ^{226}Ra 浓度范围为 (0.47~6.57) Bq/L ， ^{210}Po 浓度范围为 (1.59~6.30) mBq/L ， ^{210}Pb 浓度范围为 (ND~34.3) mBq/L ；总 α 浓度范围为 (0.23~0.43) Bq/L ，总 β 浓度范围为 (0.43~0.89) Bq/L ，符合《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) 中 V 类标准。

表 5.3-6 含矿含水层地下水放射性核素含量监测结果

监测项目	监测次数	ZKH36-12	ZKH52-12	ZKH24-20	ZKH60-32	ZKH30-3	标准值
------	------	----------	----------	----------	----------	---------	-----

U _{天然} (μg/L)	第一次	15.0	ND	ND	14.0	17.6	/
	第二次	13.8	1.4	ND	11.1	18.4	
²²⁶ Ra(Bq/L)	第一次	6.57	0.47	1.91	0.5	1.4	/
	第二次	2.16	0.5	1.62	0.96	1.6	
²¹⁰ Po(Bq/L)	第一次	2.54	5.18	6.3	3	2.58	/
	第二次	1.59	4.85	4.37	3.99	3.81	
²¹⁰ Pb(Bq/L)	第一次	ND	21.8	ND	22.3	ND	/
	第二次	7.67	34.3	ND	ND	31	
总α (Bq/L)	第一次	0.32	0.24	0.31	0.38	0.27	>0.5
	第二次	0.29	0.35	0.23	0.43	0.31	
总β (Bq/L)	第一次	0.59	0.44	0.78	0.45	0.68	>1.0
	第二次	0.43	0.81	0.64	0.77	0.89	

2) 非放射性指标

本项目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符合《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中V类标准。根据地勘报告，项目处于沙漠地区，潜水含水层易受蒸发浓缩作用影响，地下水化学类型多为 Cl-Na 型水，水中矿化度较高，与本次潜水含水层地下水监测结果趋于一致；含矿含水层地下水中非放射性指标符合《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中 V 类标准。根据地勘报告，项目所在区域的含矿含水层地下水受地下水补给条件较差，交替强度较弱等条件的制约，地下水中阳离子主要为 Na⁺，阴离子主要为 Cl⁻，地下水类型主要为 Cl-Na 型水，地下水矿化度为 32.29g/L~47.48g/L，pH 值 7.79~8.29，为弱碱性水，与本次含矿含水层地下水监测结果趋于一致。

表 5.3-7 地下水非放射性核素含量监测结果

监测项目	监测次数	潜水含水层	含矿含水层	标准值
------	------	-------	-------	-----

		塔木素苏木	ZKH36-12	ZKH52-12	ZKH24-20	ZKH60-32	ZKH30-3	
pH	第一次	8.01	7.85	8.24	8.24	7.89	7.89	pH<5.5 或 pH>9.0
	第二次	8.23	7.88	8.19	8.27	8.27	8.05	
Cl ⁻ (g/L)	第一次	0.17	13.00	14.90	6.40	2.56	24.80	>0.35
	第二次	0.18	13.30	14.50	6.20	5.41	22.90	
SO ₄ ²⁻ (g/L)	第一次	0.20	7.13	6.77	4.68	3.16	9.55	>0.35
	第二次	0.20	7.49	6.31	4.53	3.27	7.72	
CO ₃ ²⁻ (g/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	0.03	ND	—
	第二次	ND	ND	ND	0.06	0.06	ND	
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	228	284	114	148	364	111	—
	第二次	214	278	85	116	358	104	
K ⁺ (mg/L)	第一次	9.28	34.20	47.50	25.60	11.50	59.40	—
	第二次	7.92	31.30	48.40	19.40	13.20	52.60	
Na ⁺ (g/L)	第一次	0.168	14.50	11.10	5.12	1.94	16.40	>0.4
	第二次	0.280	11.80	12.70	5.44	4.66	18.90	
Ca ²⁺ (g/L)	第一次	0.052	0.752	0.257	0.550	0.455	0.864	—
	第二次	0.070	0.906	0.370	0.549	0.594	0.496	
Mg ²⁺ (g/L)	第一次	0.018	0.348	0.102	0.261	0.258	0.425	—
	第二次	0.024	0.360	0.0947	0.243	0.144	0.424	
Cr ⁶⁺ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	>0.1
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
NH ₄ -N (mg/L)	第一次	ND	0.26	0.27	ND	ND	0.31	>1.50
	第二次	ND	0.16	0.25	ND	ND	0.28	
NO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	11.9	ND	ND	ND	ND	ND	>30.0
	第二次	11.1	ND	ND	ND	ND	ND	
NO ₂ ⁻ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	>4.80
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Cu (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	>1500
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Pb (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	>100
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

Zn (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	>5000
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Fe (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	>2.0
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Mn (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	>1.50
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Mo (μg/L)	第一次	5.35	58.0	4.7	20.0	47.5	42.0	>150
	第二次	8.30	55.0	5.6	19.1	20.2	60.0	
Cd (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	>10
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
As (μg/L)	第一次	ND	2.3	ND	ND	ND	6.7	>500
	第二次	ND	2.6	ND	ND	ND	7.4	
Hg (μg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	>2
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
F ⁻ (mg/L)	第一次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	>2.0
	第二次	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
总硬度 (g/L)	第一次	0.102	4.030	0.788	1.680	1.420	1.980	>0.65
	第二次	0.242	3.090	0.779	2.190	0.974	1.990	
总溶解性 固体 (g/L)	第一次	0.614	15.90	16.80	10.60	7.40	24.90	>2
	第二次	0.624	14.60	17.90	11.20	7.80	24.80	
COD _{Mn} (mg/L)	第一次	0.56	11.12	20.80	6.95	8.33	35.20	>10.0
	第二次	0.68	12.20	20.20	10.20	6.81	46.40	

5.3.5 土壤环境质量

本项目试验区及周边土壤中 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 监测结果见表 5.3-8, 非放射性因子监测结果见表 5.3-9。由表可知, 土壤中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为 $(0.77\sim 1.04)\text{mg/kg}$, ^{226}Ra 范围值为 $(16.2\sim 25.6)\text{Bq/kg}$, 均与阿拉善盟地区本底处于同一水平; 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)》(GB 15618-2018)中的污染风险筛选值标准。

表 5.3-8 土壤放射性核素含量分析结果

序号	采样地点	U _{天然} (mg/kg)		²²⁶ Ra (Bq/kg)	
		第一次	第二次	第一次	第二次
1	试验区	0.77	0.86	25.6	22.9
2	塔木素苏木（对照点）	0.96	1.04	23.5	16.2
《中国环境天然放射性水平》 (2015 年) 阿拉善盟		0.64~2.40		14.17~39.59	

表 5.3-9 土壤非放射性监测结果

监测项目	监测次数	塔木素苏木	试验区	标准值
pH	第一次	8.27	8.54	>7.5
	第二次	8.18	8.37	
As (mg/kg)	第一次	8.65	14.7	25
	第二次	7.37	12.1	
Hg (mg/kg)	第一次	ND	ND	3.4
	第二次	ND	ND	
Cd (mg/kg)	第一次	0.15	0.20	0.6
	第二次	0.13	0.19	
Cu (mg/kg)	第一次	17.0	26.3	100
	第二次	16.6	17.6	
Pb (mg/kg)	第一次	17.4	19.6	170
	第二次	14.0	14.6	
Cr (mg/kg)	第一次	110.0	135	250
	第二次	118.0	127	
Zn (mg/kg)	第一次	50.0	77.9	300
	第二次	54.8	52.5	
Ni (mg/kg)	第一次	27.9	36.3	190
	第二次	30.1	31.7	

5.3.6 生物样品

本次生物样品均为牧草，监测结果见表 5.3-10。牧草中 U_{天然} 范围值为 (80~93) ug/kg，²²⁶Ra 范围值为 (1.48~2.07) Bq/kg，²¹⁰Po 范围值为 (1.76~3.23) Bq/kg，²¹⁰Pb 范围值为 (0.42~0.71) Bq/kg。其中，U_{天然}、²²⁶Ra 和 ²¹⁰Po 均满足《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB 14882-94）中的要求。

表 5.3-10 陆生生物放射性核素含量监测结果（鲜重）

样品名称	U _{天然} (ug/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
试验区	90	80	1.48	2.05	3.23	3.05	0.71	0.51
塔木素苏木 (对照点)	93	80	2.07	1.76	2.23	1.76	0.60	0.42
(GB 14882-94) 标准 限值	190		14		6.4		/	

5.3.7 声环境质量

本项目试验区及周边居民点声环境监测结果见表 5.3-11。由表可知，昼间声级范围值在（40~43）dB（A）之间，夜间声级范围值为（36~39）dB（A），均满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类标准要求。

表 5.3-11 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
试验区	40	40	36	38
塔木素苏木（对照点）	43	41	39	37
GB 3096-2008 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（84.2~95.1）nGy/h 之间，与阿拉善盟地区的本底基本处于同一水平。

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（18.7~25.2） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，NO_x 浓度范围值为（21.3~29.0） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，SO₂ 浓度范围值为（9.0~19.0） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，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（6.54~22.50）Bq/m³，氡子体浓度范围值为（12.65~45.40）nJ/m³，与全国处于同一水平。

3) 氡析出率

本项目地表氡析出率范围值为 (0.0520~0.0964) Bq/(m²·s)。

4) 地下水

本项目潜水含水层地下水中的 U_{天然} 和 ²²⁶Ra 均处于内蒙古自治区区域本底范围内，²¹⁰Po 浓度为 (ND~1.37) mBq/L，²¹⁰Pb 浓度为 (ND~6.07) mBq/L，总α浓度范围为 (0.33~0.41) Bq/L，总β浓度范围为 (0.41~0.49) Bq/L；非放射性指标符合《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) 中V类标准。

含矿含水层地下水中 U_{天然} 浓度范围为 (ND~18.4) μg/L，²²⁶Ra 浓度范围为 (0.47~6.57) mBq/L，²¹⁰Po 浓度范围为 (1.59~6.30) mBq/L，²¹⁰Pb 浓度范围为 (ND~34.3) mBq/L，总α浓度范围为 (0.23~0.43) Bq/L，总β浓度范围为 (0.43~0.89) Bq/L；非放射性指标符合《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) 中V类标准。

5) 土壤

本项目试验区及周边土壤中 U_{天然} 范围值为 (0.77~1.04) mg/kg，²²⁶Ra 范围值为 (16.2~25.6) Bq/kg，均与阿拉善盟地区本底均处于同一水平；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) 中污染风险筛选值标准。

6) 生物

本次生物样品均为牧草，牧草中 U_{天然} 范围值为 (80~93) ug/kg，²²⁶Ra 范围值为 (1.48~2.07) Bq/kg，²¹⁰Po 范围值为 (1.76~3.23) Bq/kg，²¹⁰Pb 范围值为 (0.42~0.71) Bq/kg。

7) 声环境

本项目试验区及周边居民点昼间声级范围值为 (40~43) dB(A)，夜间声级范围值为 (36~39) dB(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

根据项目性质和周围环境特征，确定本项目各要素保护对象，大气环境保护对象主要为周围居民点，由于本项目评价区 5km 范围内无居民点，故不存在大气环境保护对象；水环境保护对象为潜水含水层、含矿含水层及上、下层地下水；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 5.6-1。

表 5.6-1 环境保护目标一览表

要素	保护对象	保护目标
水环境	周围潜水含水层、含矿含水层及其上下含水层地下水	《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）V类标准。
声环境	试验区外 200m 范围	《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 评价范围内公众	本项目确定的公众剂量约束值。

6 建设项目工程分析

6.1 项目组成及内容

本项目为塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究，研究目标为：通过开展低渗透强胶结砂岩铀矿渗流场、含矿层改造技术、压浸注液与控制技术等研究，掌握低渗透强胶结砂岩铀矿层改造、致裂缝网监测和压浸注液等关键技术；初步形成一套低渗透砂岩铀矿地浸采铀工艺技术体系，进一步提升我国地浸采铀理论与技术水平，实现低渗透胶结砂岩铀矿资源的经济性开发，盘活以塔木素为代表的低渗透砂岩型铀资源，为后续开采提供决策依据和技术支撑。根据研究目标主要分为以下四个研究专题，具体研究内容见表 6.1-1。

表 6.1-1 本项目研究内容一览表

序号	专题名称	研究内容分析
一	低渗透强胶结砂岩铀矿渗流研究	三维地质结构模型研究 综合研究地质资料，建立矿层三维精细地质模型及属性模型。 微观孔隙-裂隙发育特征研究 通过对塔木素铀矿床的孔隙、裂隙进行识别，全面掌握低渗透砂岩铀矿石压裂前后的孔隙-裂隙微观发育特征。 孔隙-裂隙共存条件下渗流场特征研究 重新构建孔隙-裂隙共存条件下的渗流场模型，获取真实可靠的地下水渗流场模型，指导井网优化布置和压浸注液与控制研究。
二	低渗透强胶结砂岩铀矿层改造技术研究	低渗透强胶结砂岩铀矿层改造可行性研究 测定含矿含水层低渗砂岩的力学参数，建立可综合考虑砂岩铀矿层物性参数和应力场特征等因素的含矿层改造可行性方法。 基于矿层改造条件下钻成井重构技术研究 开展基于矿层改造条件下的高强度耐腐蚀套管性能研究；确定适宜低渗透砂岩型铀矿含矿层改造条件的新型钻井施工工艺。 低渗透强胶结砂岩铀矿层增渗改造技术研究 考察高能气体致裂技术和水力微压裂技术在地浸采铀领域的应用可行性，优选其一在试验区开展现场微压裂试验。 低渗透强胶结砂岩地层改造效果评价 评价压裂前后岩石渗透性能变化特征，为地浸采铀低渗透地层改造效果建立可靠的综合评价体系。
三	压浸注液与浸出控制技术研究	压裂条件下井网优化布置 从井型布置、井网方位、井网密度三个方面合理设计适宜低渗透强胶结砂岩铀矿床地浸采铀的井网布置方式。 压浸注液技术研究 探索压浸技术可行性，利用气液混合相与压力变化关系，达到强化注入和提高浸出液中铀的浓度。 低渗透、高矿化度条件下浸出工艺技术研究 针对性地开展工艺矿物学研究，掌握矿物的组分特征，获取最佳浸出

		条件及工艺流程；研究二氧化碳与白云石、方解石的化学反应学研究，确定反应的碳酸氢根转化关系及 pH 变化。 高矿化度条件下浸出液处理技术研究 开展高矿化度条件下浸出液处理试验研究，实现高矿化度、高氯离子浓度条件下树脂对铀的高效吸附。
四	低渗透胶结砂岩铀矿地浸评价与条件试验研究	条件试验 在塔木素铀矿床现场开展 CO₂+O₂ 中性地浸采铀条件试验，初步形成一套低渗透砂岩铀矿地浸采铀现场试验平台。 初步技术可行性评价 初步评价地浸采铀试验区的浸出性能和技术可行性。

专题一：该专题为低渗透强胶结砂岩铀矿渗流场特征研究，为室内数值模拟研究工作，不涉及试验现场工程。

专题二：该专题为低渗透结砂岩铀矿层改造技术研究，该专题部分钻孔实施矿层改造技术研究和钻成井重构技术研究，实施过程主要为施工期环境影响，是本次评价的内容。

专题三：该专题为压浸注液与浸出控制技术研究，均为室内试验理论等研究，不涉及试验及现场工程。

专题四：该专题为现场条件试验研究，在塔木素铀矿床开展地浸采铀条件试验研究，主要包括压裂增渗试验、压浸注液现场试验及浸出条件试验等，是本次评价的内容。

除以上现场研究内容外，本项目室内试验研究均在核工业北京化工冶金研究院实验室内进行。核化冶院为专门从事铀矿采冶技术研究的单位，在核化冶院进行的铀矿采冶科研项目均涵盖在军工基础能力建设项目中，且已经履行了环境影响评价手续。该环评批复为“关于核工业北京化工冶金研究院军工基础能力建设环境影响报告书的批复”（环审（2006）165号，原国家环境保护总局，2006.4.11）。因此，本报告不再对该部分室内试验进行环境影响评价。

综上所述，专题二和专题四现场建设内容分别为试验钻孔施工和现场条件试验，是本次环境影响评价的内容。

6.2 建设内容

根据研究内容，本项目建设内容主要包括现场试验井场及吸附区，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
试验井场	试验井	试验单元 1 组，包括试验井 5 个，其中抽出井 1 个，注入井 4 个，抽注井间距为 30m，采用“五点型”井型，单孔井深约 580m，总工程量约 2900m。抽出井的单孔抽液量约 5m ³ /h。
	监测井	布置监测井 3 个。分别位于侧向、下游，以及采区内上含水层各一个，单孔井深约 580m，总工程量约 1740m。
吸附区	浸出液吸附厂房	浸出液吸附厂房为彩钢结构，长 24.6m，宽 8.0m，高 8.0m，占地面积 196.8m²。厂房内中部为吸附区和废水处理区，废水处理区包含 MVR 蒸发装置和 10m³ 缓冲罐(用于吸附尾液的暂存)，东部为值班室、结晶盐储物间和树脂暂存间，西部为吸附区。 厂房地面做防渗处理，吸附工序区串联布置吸附塔 2 个，并配备事故沟槽、事故池等应急设施。事故沟槽、事故池等底部及内侧均做防渗处理。 在吸附厂房北侧布置集液罐、配液罐（均为 24m³），并配备围堰；缓冲罐、集液罐、配液罐、围堰均做防渗处理。
	集控室	本项目采用模块化集控室，布置在吸附厂房西侧，长 8.0m，宽 3.2m，占地面积 25.6m ² 。
	气体站	气体站露天布置，包含液氧储罐（10m ³ ）和液态二氧化碳储罐（10m ³ ）。
	井场管网	在条件试验井场和吸附区之间铺设抽液管线和注液管线，抽液管线负责浸出液的输送，注液管线负责浸出剂的输送。
	辅助设施	彩钢结构，由发电机间、配电室、供暖间、固体废物库组成，总占地面积 75m ² 。

6.3 工艺流程

6.3.1 井场施工工艺

项目采用原地浸出采铀工艺，针对塔木素铀矿床矿体低渗透强胶结等特点，为了实现矿体经济开采，减少钻孔投入，采用基于矿层改造条件下的新型钻成井工艺技术，具体施工工艺和钻孔结构根据本项目专题二中基于矿层改造条件下的钻成井技术研究所确定的适宜增渗措施的新型钻孔结构及成井技术，具体如下：

1) 基于矿层改造条件下钻成井重构技术研究

(1) 高强度耐腐蚀套管性能研究

通过对套管结构及力学性能参数、套管组合及匹配性等研究，开展基于矿层改造条件下的高强度耐腐蚀套管性能研究，以满足地浸钻孔射孔工艺要求，满足生产运行过程中增渗改造、高压注液工艺要求。

（2）基于矿层改造条件下的裸井施工工艺

①一开钻进：采用常规 215.9mm 或其他规格钻头由地表裸眼钻进至矿层段上部设计深度。

②下套管：采用本项目研制的高强度耐腐蚀套管，套管间同样采用高强度耐腐蚀管箍连接。

③逆向注浆固井：采用逆向注浆工艺对一开井段进行全孔固井，水泥采用高强度固井水泥。预先配置好的水泥浆被泥浆泵通过接头、注浆管、注浆器注入，水泥浆逐渐由套管底端开口进入井壁与套管之间的环空，向上填注在套管和孔壁周围，实现逆向注浆。

④二开成井：待水泥浆完全凝固后，采用“钻头-扩径器”复合钻进工具，对矿层段进行钻进，钻井流体采用清水。取心时使用 $\Phi 113\text{mm}$ 或其他规格的取心钻头进行取心钻进，待取心结束后再下入扩径器进行对矿层段设计位置进行扩径。

2）基于矿层改造条件下渗流通道开启

渗流通道的开启方式采用聚能射孔成井工艺，这是一种在射孔过程中将射孔弹穿透套管、水泥环和地层的成井工艺技术，这种方式将含矿层段打开，可满足增渗改造、高压注液的要求。

3）含矿层改造工艺研究

采用高压注液的方式提高含矿层地层压力，精细调控注水压力、注水量、调控井间流压等方式建立有效的井间驱动模型，扩大注水波及面积，促使浸出剂从注入井向抽出井均匀有效运移，能够进入低渗透区域岩石中，探索出适宜地浸采铀的低成本、高效的含矿层改造技术工艺流程，最终提高低渗透砂岩铀矿床浸采效率。

6.3.2 井场浸出工艺

本项目采用原地浸出采铀工艺，浸出工艺为中性浸出，浸出剂为 $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ 。浸出剂通过注液管线输送到注液钻孔，注入地下矿层中，浸出剂在液压驱动下沿矿层渗流，选择性地氧化和溶解矿石中的铀，形成含铀溶液即浸出液，浸出液再汇集到抽液钻孔，由提升设备抽出至地表并输送至地表吸附设施，即完成了井场矿体的原地浸出过程。井场工艺流程主要包括：浸出液输送、吸附、注液增压、注液分配、浸出剂注入含矿含水层等环节，井场浸出工艺流程见图 6.3-1。

1) 浸出液输送：各抽液钻孔的浸出液经潜水泵提升至地表，通过抽液支管进入集控室，经电磁流量计计量后，汇集至集控室集液总管，利用潜水泵余压送集液罐，通过集液泵输

送至吸附系统。

2) 吸附：吸附系统采用两塔串联吸附，浸出液经吸附工序后得到吸附尾液。

3) 注液增压：吸附尾液经注液泵房的注液泵加压后进入集控室。

4) 注液分配：通过集控室内注液分配器把吸附尾液按抽注平衡的原则分配给井场的每个注入井。

5) 浸出剂注入含矿含水层：从集控室中流出的浸出剂，通过井场地表管线和注液钻孔注入地下含矿含水层。

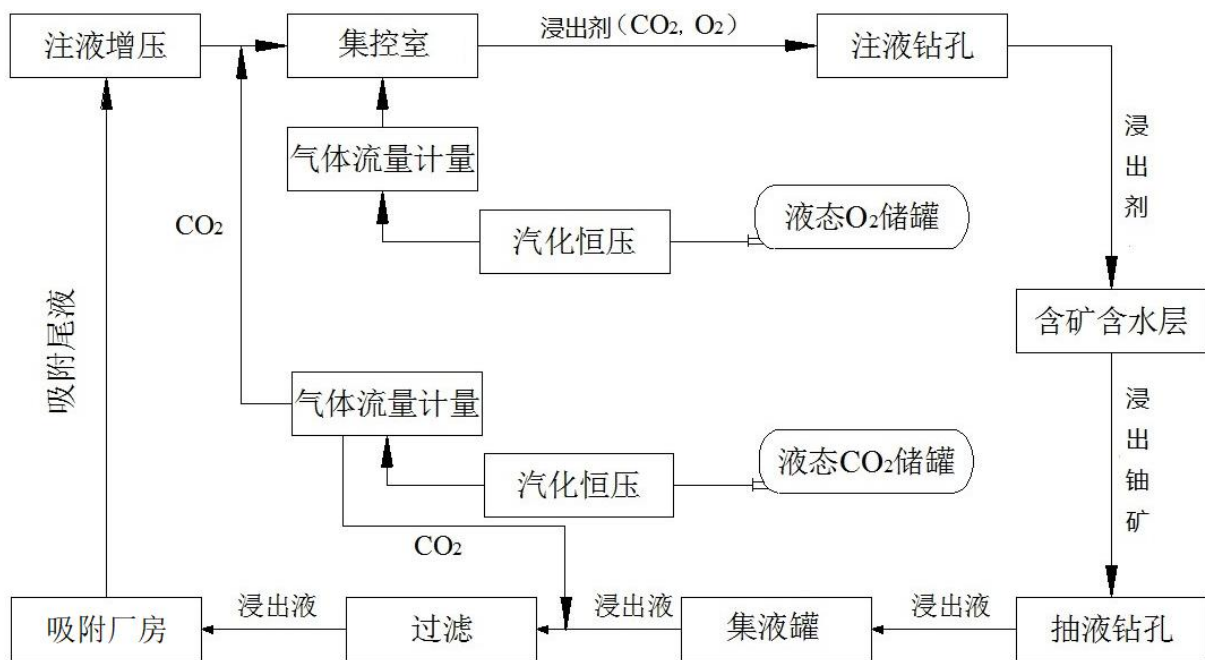


图 6.3-1 井场工艺流程图

6.3.3 浸出液处理工艺

本项目浸出液在浸出液吸附厂房进行吸附，饱和树脂运往纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房进行后续淋洗和沉淀等工序，试验期饱和树脂年产生量约 10m³，待试验结束后统一运往纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房，共计 30m³ 左右。浸出液吸附处理工艺流程：井场浸出液→管道泵→浸出液过滤器→离子交换吸附→配液罐→井场注入井。

6.4 总平面布置

本项目总平面布置图见 6.4-1。

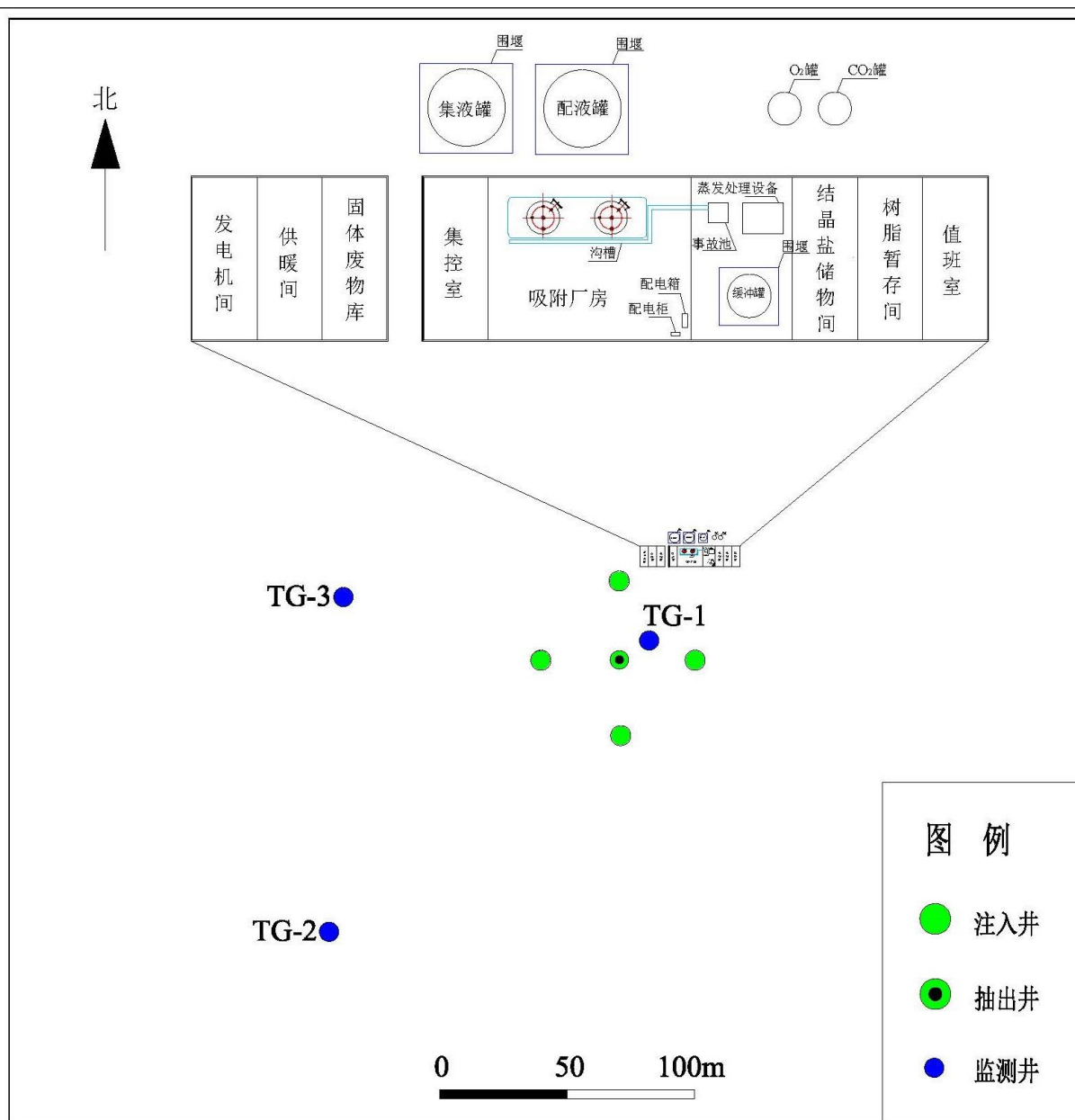


图 6.4-1 项目平面布置示意图

1) 试验井场

(1) 试验井

本试验的钻孔布置主要采用“五点型”井型，抽注钻孔间距为 30m。试验钻孔 5 个，包括抽出井 1 个，注入井 4 个。

(2) 监测井

本项目布置监测井 3 个：试验井场含矿层侧向 90m 和下游 110m 各布置监测井 1 个，上层含水层布置监测井 1 个。

2) 吸附区

吸附区位于试验井场东北方向约 25m 处，主要包括浸出液吸附厂房、集控室、气体站及辅助设施。厂房内西部为集控室，中部为吸附区和废水处理区；东部为辅助设施，辅助设施由配电箱、配电柜、事故池、结晶盐储物间、树脂暂存间、值班室组成；气体站露天布置于吸附区北部。

3) 井场管网

分为液体管线和气体管线，在条件试验采区和吸附厂房之间铺设抽液管线和注液管线，在吸附区气体罐、吸附厂房和集控室之间铺设气体供应管线。

4) 饱和树脂运输道路

饱和树脂运输道路起点为本项目条件试验吸附区，终点为纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房，全程运输距离约 750km，运输路线见图 6.1-1，运输工具设有防撒漏措施，全程做好覆盖、遮蔽等，出发前对所载货物的堆放情况、固定装置等进行检查，确保位置到位并做好记录，随车人员随时注意承载货物途中状况，及时发现隐患进行处置。

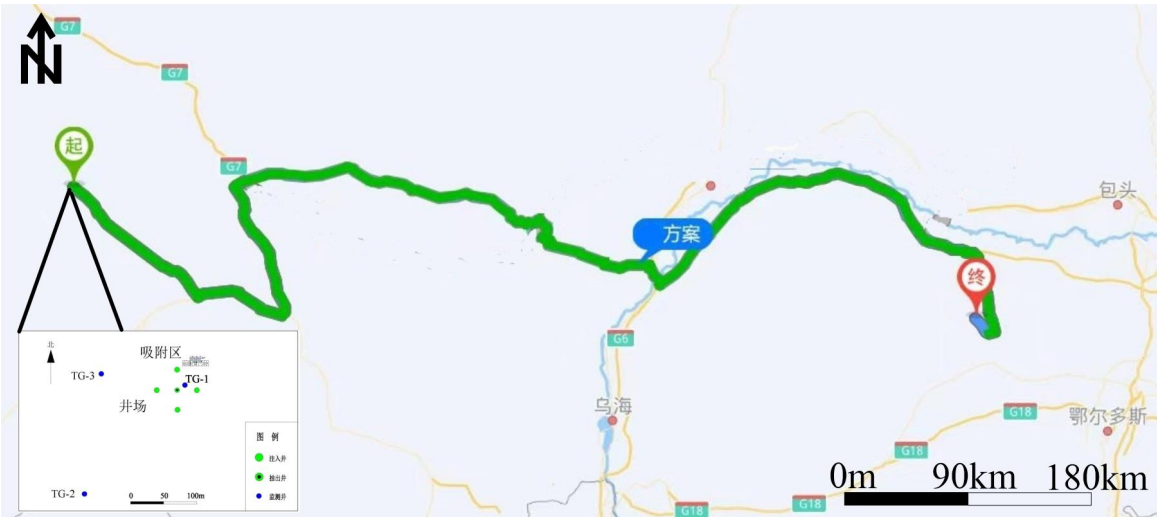


图 6.4-1 运输路线图

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
一	井场	—		
1	抽出井	Φ152×12mm	个	1
2	注入井		个	4
3	监测井	Φ104×12mm	个	3

4	不锈钢潜水泵	H=200m, P=7.5kw	台	1
5	抽液管道	φ40×4.0mmPE 管	m	1000
6	注液管道	φ40×4.0mmPE 管	m	3000
7	潜水提升管	φ40×4.0mmPE 管	m	500
二	集控室	—		
1	注液泵	Q=20m³/h; H=200m;	套	4
2	电磁流量计	功率: 5.5kw	台	5
三	浸出液吸附厂房	—		
1	吸附塔	钢衬 PO, DN1600*5000	个	2
2	袋式过滤器	Q=15m³/h; 304SS; 3 用 3 备	个	6
3	隔膜泵	5.5kw	台	1
4	缓冲罐	10m³	个	1
5	配液罐	24m³	个	1
6	集液罐	24m³	个	1
四	氧气站	—		
1	低温液氧储罐	CFL-20/0.8 型 10m³/0.8MPa	台	1
2	低温液体泵	BPO-300-600,380V,7.5kW	台	1
3	空温汽化器	400m³/h, 2.0MPa	台	1
4	缓冲罐	Q345R, 5m³/2.5MPa	台	1
五	二氧化碳气站	—		
1	二氧化碳储罐	07-2022-7 10m³	台	1
2	空温汽化器	SY200	台	1
3	缓冲罐	Q345R, 5m³/2.5MPa	台	1
六	其他	—		
1	树脂转运车	20m³	辆	1
2	柴油发电机	P=250kW	台	1
3	空气能供暖机组	P=30kw	台	1
七	蒸发处理设备	—		
1	MVR 蒸发装置	24kW 380v	套	1

6.6 主要辅助设施

1) 供电工程

本项目试验区依托周边已有 10KV 供电线路, 可满足本项目试验用电需求。

2) 供水工程

本项目试验运行过程中不涉及生产用水，生活起居依托于塔木素苏木。

6.7 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、辅材料是树脂、二氧化碳、氧气和柴油，总消耗量分别约 10t、300t、200t 和 1t，外购于阿拉善左旗等周边城市。

6.8 污染物产生及治理

本项目污染物产生阶段包括施工期和试验期。其中，施工期产生的大气污染物主要为施工扬尘和燃油废气，废水主要施工废水和生活污水，固体废物包括钻井泥浆、废机油以及生活垃圾，噪声主要为施工噪声；试验期产生的气载污染物主要为集液罐及浸出液吸附厂房产生的氨，废水主要为吸附尾液、流散浸出液和生活污水，固体废物主要为浸出液过滤残渣、废旧设备及零配件、MVR 结晶盐和生活垃圾，噪声主要为设备运行噪声。

6.8.1 施工期

6.8.1.1 废气

施工期产生的大气污染物主要为扬尘和燃油废气。

1) 扬尘

在施工期井场建设、场地平整时可能产生局部扬尘。施工扬尘的多少及影响程度的大小与施工场地条件、管理水平、机械化程度和天气条件等诸多因素有关。内蒙古某地施工现场的扬尘实际监测结果见下表 6.8-1，可以看出建筑施工扬尘的影响范围主要集中在工地下风向 150m 范围内，150m 范围外影响较小。

表 6.8-1 施工现场扬尘监测结果 单位：mg/m³

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

本项目在施工过程中通过合理安排施工计划，施工场地采用洒水、围挡等抑尘措施，运输过程中采取密闭及保持合理车速等措施，减少施工扬尘对周围环境空气质量的影响。

2) 燃油废气

施工期钻孔施工以柴油发电机为动力，运行时将产生燃油废气，主要污染物为 SO₂、NO_x 和颗粒物。施工期预计最多有 1 台燃油发电机运行，燃油发电机功率为 110kw，单位时间耗油体积约 8L/h，柴油密度按 0.85kg/L 计，则单台发电机单位时间耗油量约 6.8kg/h。根据《环境影响评价工程师执业资格登记培训教材（社会区域）》，每升柴油的 SO₂、NO_x

和颗粒物的排放系数分别为 4g/L、2.56g/L 和 0.714g/L，故单台燃油发电机 SO₂、NO_x 和颗粒物的排放速率分别为 32g/h、20.48g/h 和 5.712g/h。单台发电机单位耗油废气产生量约 20m³/kg，耗油量约 6.8kg/h，则单台发电机单位时间排气量约 136m³/h，故 SO₂、NO_x 和颗粒物的排放浓度分别为 235mg/m³、151mg/m³ 和 42mg/m³。

在施工期采取以下措施减少燃油废气排放：

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

(2) 选择高品质的燃料，以降低机械排放烟气中有害成分的含量。

6.8.1.2 废水

本项目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生活杂用水及盥洗废水，主要污染物包括 BOD₅、COD 和 SS。施工期同时施工人数最多为 10 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 0.16m³/d。钻探施工人员配备寝车，生活污水在寝车收集后外运塔木素苏木集中处理。

6.8.1.3 固体废物

本项目施工期固体废物主要为钻孔施工时产生的钻井泥浆、废机油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 5m³，总量保守估算约为 40m³，据检测数据记录，其 U_{天然} 含量按照含矿层平均品位估算约 6mg/kg。此外，在施工过程中，在含矿层提取岩芯供化冶院室内实验使用，非矿段不取岩芯，因此不产生废弃岩芯。

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沉淀池，在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，剩余钻井泥浆与废渣池内的大颗粒岩屑一同运至泥浆坑集中处理，对泥浆坑及各类池体进行覆土掩埋，并恢复原始地貌。

2) 废机油

本项目在施工过程中使用的钻机、泥浆泵等机械设备在正常运转过程中几乎不产生废机油，仅在设备维修保养过程中可能会产生少量废机油。该废机油仍然具有使用价值，可用于钻机设备传动、润滑等。因此，产生的废机油尽量回收利用，仍有剩余时，交由具备危险废物处置资质的单位处置，并做好台账登记管理，严格按照危险废物转移联单制度要求存档。

根据《国家危险废物名录》（2021年版），废机油属于危险废物中废矿物油（HW08），其废物代码为 900-249-08。本项目废机油产生量较少，约为 1kg/孔，总量约为 8kg。根据危险废物的减量化和资源化原则，由施工单位设专用桶收集，尽可能利用用于钻机设备传动、润滑等资源化再利用过程，若废机油仍有剩余时，由施工单位交由具备危险废物处置资质的单位处置。同时，建设单位应履行监督管理、定期检查施工单位各项危险废物防范措施落实情况等责任。

3) 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 10 人，最大产生量约 5kg/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。

6.8.1.4 噪声

本项目施工期噪声主要来源于钻机、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、声功率及控制措施见表 6.8-2。

表 6.8-2 主要设备声功率表

序号	设备	控制措施	声功率 dB (A)
1	钻机	基础减振	<90
2	柴油发电机	自带消音装置、减振	<85
3	泥浆泵	基础减振	<65

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。

在采取以上措施后,各噪声源强均小于 90dB(A)。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,且在传播过程中空气和地面吸收效应可使噪声衰减,项目周围居民点稀少,不会对项目周围居民产生明显影响。

6.8.2 运行期

6.8.2.1 废气

本项目气载流出物主要为吸附区的集液罐和浸出液吸附厂房产生的氡及其子体。

1) 集液罐

集液罐用于收集和暂存浸出液,浸出液自抽出井抽出时,挟带和溶解了一定量的 ^{222}Rn ,经管道集中于集液罐时, ^{222}Rn 通过集液罐排气孔自由释放于大气。

类比通辽钱 IV 地浸采铀工程集液罐排气孔 ^{222}Rn 浓度监测结果,其 ^{222}Rn 浓度为 (30.7~38.2) kBq/m^3 ,保守考虑, ^{222}Rn 浓度取 38.2 kBq/m^3 。根据本项目浸出液抽出量,排气孔流量为 $1.39 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$,本项目生产过程中集液罐 ^{222}Rn 量排放为 $1.68 \times 10^9 \text{ Bq/a}$ 。

2) 厂房废气

本项目浸出液吸附厂房在试验过程中会产生一定量的 ^{222}Rn ,通过厂房整体通风排入大气稀释扩散。本项目浸出液吸附厂房总排风量为 $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。类比纳岭沟扩大试验浸出液处理厂房内氡浓度为 68.8~113.0 Bq/m^3 ,保守取 113.0 Bq/m^3 ,年工作日保守取 365d,则浸出液吸附厂房氡气释放量约为 $1.48 \times 10^9 \text{ Bq/a}$ 。

6.8.2.2 废水

1) 放射性废水

试验运行期放射性废水包括吸附尾液和流散浸出液。

(1) 吸附尾液

为了保证试验采区周边的地下水环境不受污染,本项目采用抽液量大于注液量 0.5%的方式,使试验单元内含矿含水层的承压水头低于试验采区周边,形成一个降落漏斗,保证浸出剂不向试验采区外扩散。经计算,本项目吸附尾液产生量约 $0.60 \text{ m}^3/\text{d}$,吸附尾液采用 MVR 蒸发装置处理,处理后的淡水用于抑尘、绿化。

MVR 蒸发装置处理工艺

为了实现废水的回收利用和废物最小化，本项目对吸附尾液进行 MVR 蒸发装置处理。本项目吸附尾液产生量为 $0.60\text{m}^3/\text{d}$ ，MVR 蒸发装置处理规模为 $2\text{m}^3/\text{d}$ 。

MVR 蒸发装置处理工艺主要包括预处理及进水、预热、强制循环蒸发结晶、蒸汽压缩、离心出盐五个流程，整个处理工艺流程中无气体排出。

a. 预处理及进料流程

废水进入缓冲罐，经过进水泵输送到冷凝水预热器预热，然后进入强制循环换热器，当蒸发结晶器液位达到设计液位时，启动强制循环泵。

b. 预热流程

开机预热：开启生蒸汽阀门，向强制循环换热器壳程通入生蒸汽给废水加热，当废水温度达到设定的蒸发温度时，开启蒸汽压缩机，系统开始进入蒸发状态，压缩机电流升高并负载，切断生蒸汽阀门。

蒸发过程中预热：常温的废水经过进水泵，首先进入冷凝水预热器和 90°C 的高温冷凝水换热，废水温度由 25°C 预热到 55°C 以上后进入强制循环换热器。

c. 强制循环蒸发结晶流程

受热废水进入蒸发结晶器后，沿着结晶器内的切线减速上升的过程也是消除过热度（即过饱和度）的过程，在这个过程中细小的晶体被溶化，颗粒大的晶体逐步长大，当废水由过饱和变为饱和，部分结晶颗粒析出，析出的晶体在强制循环系统进行循环、沉降、生长，蒸发结晶器内料液的过饱和度完全用于晶体的生长，在集盐腿收集的盐浆自流排入离心机进行固液分离。

d. 蒸汽压缩流程

蒸发结晶器蒸发出的二次蒸汽进入蒸汽压缩机，经压缩做功后蒸汽压力和温度得以提升，二次蒸汽由低位能的蒸汽转化为高位能的蒸汽，二次蒸汽的压力由 0.07MPa 升高至 $0.10\sim 0.14\text{MPa}$ ，温度由 90°C 升高至 $100\sim 110^\circ\text{C}$ （饱和温度），再进入强制循环换热器给废水加热，整个蒸发过程由压缩机建立起一个完整的热能循环。

e. 离心出盐流程

过饱和溶液通过重力自流入离心机，离心出 MVR 结晶盐。母液自流排入缓冲罐，一路返回 MVR 继续蒸发。

MVR 蒸发装置处理工艺图 6.8-1。

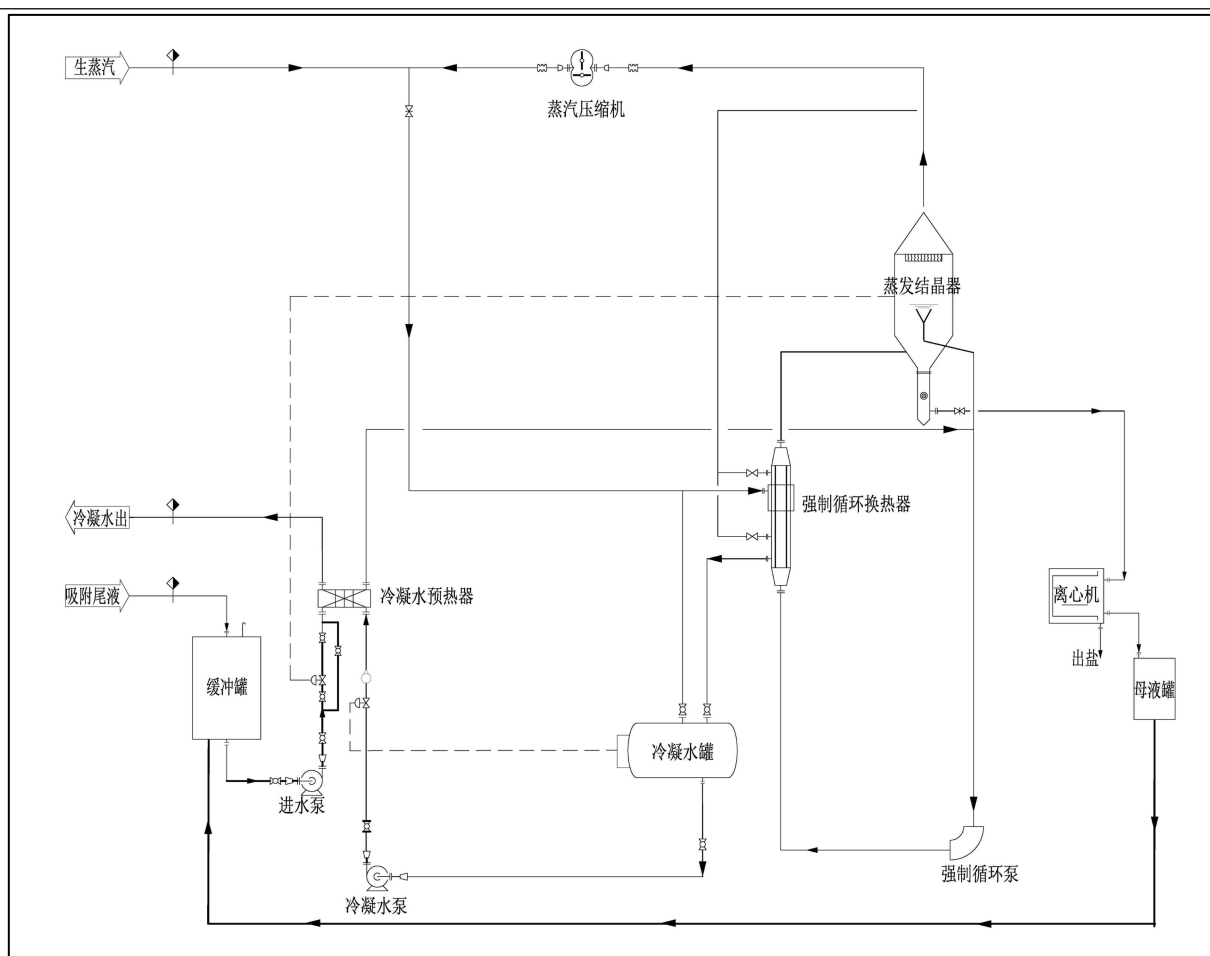


图 6.8-1 MVR 蒸发装置处理工艺流程图

MVR 蒸发装置处理可行性分析

MVR 蒸发装置是利用蒸发系统自身产生的二次蒸汽及其能量，将低品位的蒸汽经压缩机的机械做功提升为高品位的蒸汽热源。在该系统中，预热阶段的热源由生蒸汽提供，直至物料开始蒸发产生蒸汽。物料经过加热产生的二次蒸汽，通过压缩机压缩成为高温高压的蒸汽，作为加热的热源，蒸发腔内的物料经加热不断蒸发，而经过压缩机的高温高压蒸汽通过与物料不断的换热，冷却变成冷凝水，即处理后的水。压缩机作为整个系统的热源，实现了电能向热能的转换，避免了整个系统对外界生蒸汽的依赖与摄取。系统稳定运行后不需要外加热源，有效利用了物料蒸发产生的二次蒸汽能量，与传统的多效蒸发相比，节能效果相当显著。MVR 蒸发装置被广泛应用于化工、制药、造纸、污水处理、海水淡化等行业。

在铀矿冶行业，中核第四研究设计工程有限公司在钱家店地浸采铀工程中，采用 MVR 蒸发装置处理技术处理采铀工艺废水，其处理后废水及 MVR 结晶盐检测结果见表 6.8-3 和表 6.8-4。

表 6.8-3 废水处理前后检测结果

序号	检测项目	检测结果	
		处理前	处理后
1	pH	9.56	6.65
2	电导率	>20000	94
3	Cl ⁻	11740	<5
4	SO ₄ ²⁻	3168	39
5	HCO ₃ ⁻	2598	38

表 6.8-4 MVR 结晶盐监测检测结果

序号	检测项目	单位	检测结果
1	U	mg/g	0.11
2	总 α 放射性	Bq/g	1.84
3	总 β 放射性	Bq/g	1.65

从表中数据可见，废水中各种污染物的处理效率均可达 90%以上，现场实践证明：MVR 蒸发装置处理采铀吸附尾液效果良好，设备稳定性较好，出水水质稳定，水处理效果较好，且本项目产生的淡水用于抑尘、绿化，MVR 结晶盐存放于结晶盐储物间，因此该技术用于处理本项目吸附尾液是可行的。

MVR 蒸发装置处理适用性分析

本项目周边已有 10KV 供电线路，可满足 MVR 蒸发装置用电需求；本项目试验规模较小，产生的吸附尾液也较少，MVR 蒸发装置可以满足其废水处理量；本项目所处区域沙尘较多，区内易起沙尘暴，如果采用蒸发池处理废水，沙尘极易进入蒸发池，从而影响蒸发池的使用，后期每年维护也是一笔费用，增加研究成本。综合考虑，MVR 蒸发装置是适合本项目的。

(2) 流散浸出液

在地浸项目正常运行过程中，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，浸出剂及浸出液在含矿含水层中由注入井向抽出井流动，一般不会发生向井场外流散的现象。但由于地质条件的复杂性和地下水动力的影响，不可避免的会出现部分浸出剂流散至井场外。

为了避免流散浸出液在含矿含水层中的逸散，在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，设置抽大于注的比例为 0.5%，以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含水层中设置了监测井，综合考虑地浸相关标准规定以及本次地下水环境影响预测结果，含矿含水层地下水监测井的布设原则为：在距采区外围各边界

外含矿含水层（其中，侧向 90m、下游 110m）各布置 1 个监测井，并在试验采区内上层含水层布置监测井 1 个，共布置监测井 3 个。定期对监测井中的地下水进行监测，将监测数据与本底值比较，掌握地下水水质变化动态，并实时调整抽注液的平衡，实现溶浸范围的控制。在采取了上述有效的措施后，浸出液的流散可得到有效的控制。

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，即生活杂用水及盥洗废水，主要污染物为 BOD、COD 和 SS。本项目运行期试验人员生活起居均在塔木素苏木，生活废水依托当地民宅。

6.8.2.6 固体废物

1) 放射性固体废物

本项目试验运行期产生的放射性固体废物主要是浸出液吸附残渣、MVR 结晶盐、废旧设备及零配件等。

(1) 浸出液吸附残渣

浸出液吸附过程中过滤工序会产生少量残渣，产生量约 $0.001\text{m}^3/\text{a}$ ，残渣中 $U_{\text{天然}}$ 含量与含矿段品位相当，装桶收集至固体废物库，待试验结束后运至纳岭沟采铀工程蒸发池堆存。

(2) 废旧设备及零配件

试验过程中，设备检修会产生一定量的废旧管道、阀门、水泵、过滤器等废旧设备及零配件，由于试验运行期较短，规模较小，废旧设备及零配件产生量较少，暂存于固体废物库，待试验结束后运至纳岭沟采铀工程固体废物库堆存。

(3) MVR 结晶盐

MVR 蒸发装置处理吸附尾液会产生少量结晶盐，产生量约 $0.01\text{m}^3/\text{a}$ ，采用专用桶收集后暂存于结晶盐储物间，待试验结束运至纳岭沟采铀工程固体废物库集中处理。

2) 非放射性固体废物

试验期非放射性固体废物主要为试验人员产生的生活垃圾。本项目新增试验人员 3 人，生活垃圾产生量约 $1.5\text{kg}/\text{d}$ 。条件试验人员生活垃圾依托塔木素苏木民宅处理。

6.8.2.7 噪声

本项目噪声源主要为吸附设施、风机及增压管线泵等，单机噪声源强均小于 $90\text{dB}(\text{A})$ 。

对于噪声的防治，各种设备均选用低噪声环保设备，对风机、水泵及空压机等均采取了有效的隔声、减震措施，在厂界可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准，即昼间 $\leq 60\text{dB}(\text{A})$ ，夜间 $\leq 50\text{dB}(\text{A})$ 。

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	柴油发电机	SO ₂	排放量：0.032kg/h 排放浓度：235mg/m ³	排放量：0.032kg/h 排放浓度：235mg/m ³
			NO _x	排放量：0.020kg/h 排放浓度：151mg/m ³	排放量：0.020kg/h 排放浓度：151mg/m ³
			颗粒物	排放量：0.0057kg/h 排放浓度：42mg/m ³	排放量：0.0057kg/h 排放浓度：42mg/m ³
		施工场地	颗粒物 TSP	最大落地浓度： <1.0mg/m ³	场地洒水抑尘
	运行期	集液罐	²²² Rn	1.61×10 ⁹ Bq/a	稀释扩散
		浸出液吸附厂房	²²² Rn	1.42×10 ⁹ Bq/a	厂房换气通风
废水	施工期	施工废水	SS、泥沙等	少量	场地洒水抑尘
		生活污水	COD、NH ₄ -N	0.16m ³ /d	寝车收集外运处理
	运行期	吸附尾液	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra 等	131.4m ³ /a	MVR 蒸发装置处理
		流散浸出液	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra 等	—	抽注比例控制、 监测井监控
		生活污水	COD、NH ₄ -N	—	依托当地民宅
固体废物	施工期	钻井泥浆	—	40m ³	循环利用、最终置于泥浆 坑、覆土掩埋
		废机油	—	0.008t	交由具备危险废物处置 资质的单位处置
		施工人员	生活垃圾	5kg/d	寝车收集外运处理
	运行期	浸出液吸附残渣	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra 等	0.001m ³ /a	纳岭沟采铀工程蒸发池
		废旧设备及零配件		少量	纳岭沟采铀工程 固体废物库
		MVR 结晶盐	U _{天然} 等	0.01m ³ /a	纳岭沟采铀工程 固体废物库
		试验人员	生活垃圾	1.5kg/d	依托当地民宅
噪声	施工期	钻机、发电机等	设备运行时产生的噪声值<90dB（A）		
	运行期	风机、增压泵等			

主要生态影响(不够时可附另页)

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。

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、场地平整过程中会产生一定量的施工扬尘，影响范围主要集中在工地下风向 150m 范围内，150m 范围外影响较小。针对施工扬尘，本项目拟采取的环保措施有：

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

(2) 施工现场采用洒水、围挡等措施降低扬尘的产生；

(3) 运输车辆对车厢进行密闭，并保持合理车速，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，厂界可以满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。此外，由于施工区地形开阔，空气流通、扩散条件好，且施工场地周边居民点较少，因此施工期扬尘对环境的影响较小。

2) 燃油废气影响分析

根据工程分析，本项目单台柴油发电机 SO_2 、 NO_x 和颗粒物的排放速率分别为 $0.032\text{kg}/\text{h}$ 、 $0.020\text{kg}/\text{h}$ 和 $0.0057\text{kg}/\text{h}$ ，排放浓度分别为 $235\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $151\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $42\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）新污染源最高允许排放浓度限值 $550\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $240\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $120\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。

采用 AERSCREEN 估算模式对施工期废气排放的环境影响进行估算，根据估算结果，本项目施工期柴油发电机排放的 SO_2 、 NO_x 和颗粒物的最大落地浓度均出现在 21m 处，最大落地浓度分别为 $25.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $16.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $4.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最大落地浓度占标率分别为 5.1%、6.6%及 5.1%。本次评价范围内无居民点，距离项目最近居民点为 8km 处塔木素苏木，该处贡献值为 $0\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，由此可以看出，施工期柴油发电机排放的废气对周边环境的影响较小。

表 8.1-1 施工期柴油发电机废气环境影响估算

污染源名称	污染物	$C_i (\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$C_{oi} (\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$P_i (\%)$	距离 (m)
柴油发电机	SO_2	25.7	500	5.1	21
	NO_x	16.4	250	6.6	21
	颗粒物	4.6	900	5.1	21

8.1.2 水环境影响分析

1) 地下水环境影响分析

本项目在生产孔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。在生产孔钻孔结束后，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，施工期基本不会对潜水含水层及上含水层地下水水质产生影响。

2) 地表水环境影响分析

施工期生产废水包括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，产生量较少，用于场地洒水抑尘。

(2) 生活污水

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，产生量约 $0.16\text{m}^3/\text{d}$ 。本项目钻探施工人员配备寝车，生活污水在寝车收集后外运处理。

因此，本试验施工期废水不外排，不会对项目周边的地表水环境产生不良影响。

8.1.3 固体废物环境影响分析

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

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，泥浆产生总量约 40m^3 ，其 $U_{\text{天然}}$ 含量按照含矿层平均品位估算为 6mg/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，并在井场内固定区域设置泥浆坑，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) 废机油

本项目在施工过程中可能会产生少量废机油，约 8kg 。根据《国家危险废物名录》（2021

年版），废机油属于危险废物，其废物类别 HW08。根据危险废物的减量化、资源化和无害化原则，施工单位应积极采取以下防治措施：

（1）为避免油污散落地表，机械维修过程中在底部铺设高强度塑料布承接油污，并在操作完成后由废机油专用桶收集；

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

（3）在施工场地内设置废机油临时贮存场地，该场地按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求规范化建设，该场地选址满足“三线一单”生态分区管控要求，不占用基本农田、自然保护区等生态敏感区域，并按相关在四周设置围堰、围栏、危险废物标识牌，禁止无关人员接近。废机油暂存区底部设置防渗措施，其防渗性能至少等效于 1m 厚粘土层（渗透系数 $\leq 10^{-7}\text{cm/s}$ ）或 2mm 厚高密度聚乙烯膜（渗透系数 $\leq 10^{-10}\text{cm/s}$ ），且日常安全巡视检查，保障废机油专用桶及底部防渗膜完好无破损。

（4）严格按照《危险废物转移管理办法》（2022 年 1 月 1 日）、《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ 2025-2012）及《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》（HJ 1259-2022）中相关要求，落实危险废物分类、收集、暂存、转移和处置管理措施，制定并采取有效防范、应急措施，避免环境污染。建立危险废物管理台账，并根据危险废物产生、贮存、利用、处置等环节的动态流向，如实更新各环节的危险废物管理台账。

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

3）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 10 人，最大产生量约 5kg/d。本项目施工场地宿舍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

1）预测模式

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

本项目利用三捷环境工程咨询有限公司开发的 BREEZE NOISE 软件进行噪声环境影

响预测，该软件以《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）中的相关模式要求编制，适用于噪声领域的各个级别的评价。本次评价采用工业噪声预测计算模式，考虑点源几何发散衰减和地面反射，预测情景为钻孔施工时对施工场界噪声的影响。采取有效的降噪措施后，噪声预测参数见表 8.1-1。

表 8.1-1 噪声预测参数

源强 dB (A)			声源高度 (m)	声场种类
钻机	柴油发电机	泥浆泵		
90	85	65	1.0	半自由声场

2) 预测结果

经预测，本项目施工期噪声见表8.1-2，施工噪声影响等值线分布情况见图8.1-1。由预测结果可以看出，噪声贡献值随着距施工井场距离增大而明显衰减，施工期噪声源在施工场地10m处的贡献值为48.66dB (A)，满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的相关标准要求。本项目施工钻孔距离最近居民点约8km，远大于本项目噪声评价范围（200m），不会对周边居民点产生影响。

表 8.1-2 施工场界噪声贡献值

单位：dB (A)

序号	距离	噪声贡献值，dB (A)
1	10m	48.66
2	20m	39.00
3	30m	32.53
4	50m	26.75
5	100m	22.28
6	200m	16.56

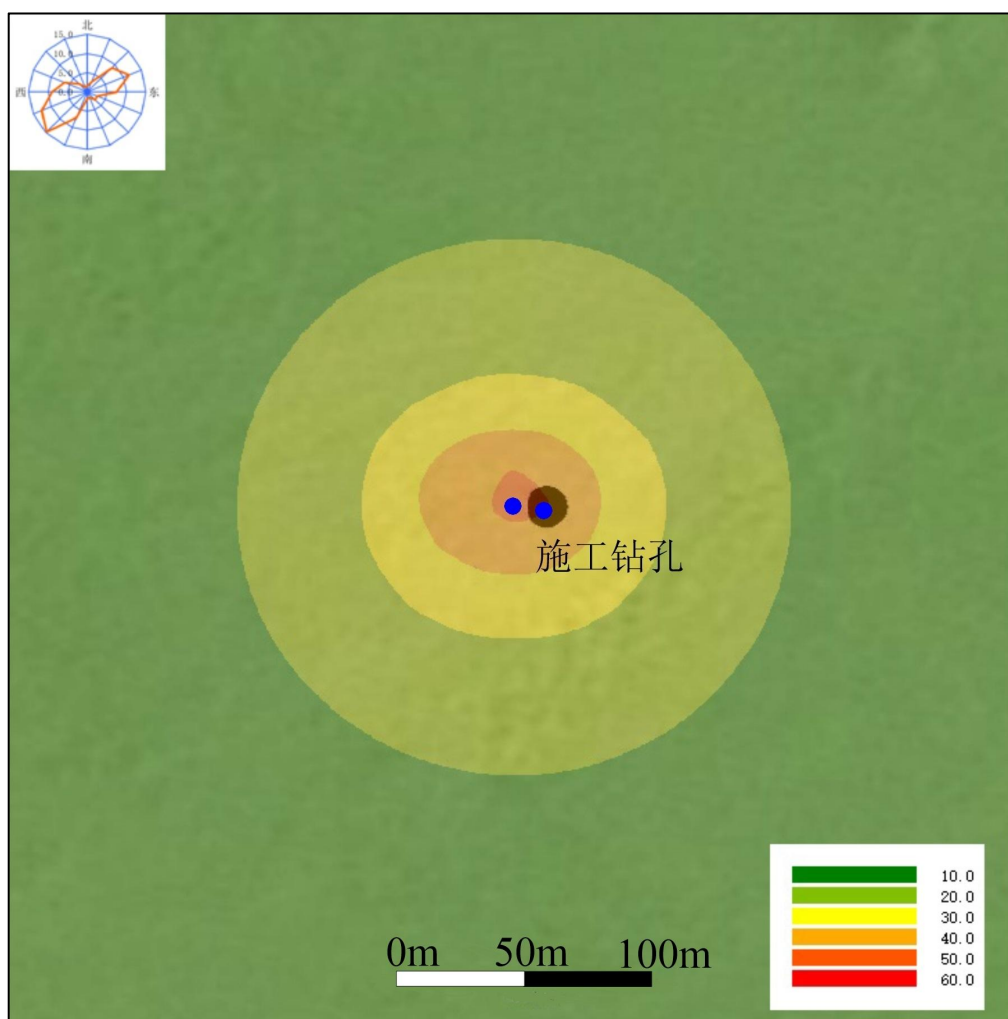


图 8.1-1 施工期噪声等值线图（dB（A））

8.1.6 生态环境影响分析

本项目占地面积约 5300m²，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目相关内容不属于其 6.1.2 条中“a)~f)”内容，确定生态评价为三级，评价范围为本项目占地区域。

1) 占地影响分析

本项目占地面积总计为 5300m²，其中试验井场占地面积为 5000m²（临时占地），吸附区占地面积为 308m²（永久占地），占地类均为草地。由于本项目施工期较短，在施工各个时段会严格管理临时用地，并且在各施工结束后，及时对临时占地区域恢复植被，并做好生态恢复和环境保护工作，对生态系统的影响是有限的、局部的。

2) 对植物资源的影响分析

本项目土地占用会不同程度的破坏地表植被，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。本项目在施工设备的搬迁和车辆运输，严禁在草

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场地平整，对于野生动物的栖息地来说不会产生大的影响。

4) 水土流失的影响分析

本项目对区域水土流失状况的影响主要发生在施工期，由于本项目占地面积较小，施工期不会大面积开挖表土，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。本项目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，待恢复原始地貌时使用。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，不会对水土流失方面产生较大的影响。

6) 生态敏感区的影响分析

本项目未在生态保护红线内，项目周边最近生态敏感区为塔木素梭梭林保护区，距离约 8km。塔木素梭梭林保护区保护对象为天然梭梭林。本项目占地面积较小，且与自然保护区距离较远，不会对保护区造成影响。

8.2 运行期环境影响分析

8.2.1 大气辐射环境影响分析

1) 评价方法及参数

本次大气辐射环境影响预测采用 IAEA No19 号报告推荐的估算模式，对评价中心周边主要居民点的公众剂量进行预测，估算模式的计算公式及参数详见附录 1。计算过程中，根据阿拉善右旗近二十年气象统计数据，年均代表性风速为 3.2m/s。根据 ICRP 第 65 号出版物和 UNSCEAR2008 报告，氡气剂量转换因子取 $2.44 \times 10^{-9} \text{Sv}/(\text{Bq} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{h})$ 。基于保守原则，气载源项按源强最大时考虑，气载放射性源项参数见表 8.2-1。

表 8.2-1 气态放射性源项参数

源项	排放点名称	氡释放量 (Bq/a)	排放高度 (m)	源项类型
^{222}Rn	集液罐	1.61×10^9	3.5	点源
	浸出液吸附厂房	1.42×10^9	8	点源

本次评价以集液罐为中心，以 20km 为半径，按照 1km、2km、3km、5km、10km、20km 划分同心圆，再将这些同心圆划分成 22.5°扇形段，以正北 N 向左右各划分 11.25°为起始段，

共 96 个评价子区；各评价子区人口数按年龄划分为四个组：婴儿组（≤1 岁），幼儿组（1-7 岁），少年组（7-17 岁），成人组（>17 岁）；评价代表年份选取试验采区运行的第 1 年，即 2024 年。

2) 结果分析

(1) 居民点氡浓度和公众个人剂量

本项目周边 5km 内无居民点，距离评价中心最近的居民点为 N 方位 8km 处的塔木素苏木，试验期间气态源项释放的 ^{222}Rn 所致塔木素苏木居民点 ^{222}Rn 浓度及个人剂量表 8.2-2 所示。由表可以看出，该处的 ^{222}Rn 浓度贡献值为 $1.09\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$ ，造成的公众个人剂量为 $2.33\times 10^{-7}\text{mSv/a}$ ，小于本项目设定的公众剂量约束值。

(2) 评价区域辐射环境影响

氡浓度

本项目周边 5km 范围内无居民点，只有 N 方位 8.0km 处、10.3km 处和 W 方位 15.2km 有居民点，试验期间气态源项释放的 ^{222}Rn 所致各子区 ^{222}Rn 浓度分布情况见表 8.2-2。由该表可知，气态源项对周边各子区 ^{222}Rn 贡献值最大值出现在 0~1km 各方位子区， ^{222}Rn 贡献值为 $9.96\times 10^{-4}\text{Bq/m}^3$ ，均为无人子区；在有人子区内， ^{222}Rn 贡献值最大值出现在 N 方位的 5~10km 子区， ^{222}Rn 贡献值为 $1.09\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$ 。

8.2-2 试验期间气态源项所致各子区 ^{222}Rn 浓度（ Bq/m^3 ）

方位	距离（km）					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
无人子区	9.96E-04	1.55E-04	6.74E-05	3.20E-05	1.20E-05	4.15E-06
N	9.96E-04	1.55E-04	6.74E-05	3.20E-05	1.09E-05	6.67E-06
W	9.96E-04	1.55E-04	6.74E-05	3.20E-05	1.20E-05	4.25E-06

注：表中阴影子区为无人子区。

个人剂量

本项目试验期间气态源项所致评价区域内各子区的个人剂量见表 8.2-3，由该表可知，评价范围内各子区内最大个人有效剂量为 $2.13\times 10^{-5}\text{mSv/a}$ ，出现在 0~1km 各方位子区内，该子区为无人子区。在有人子区内，最大个人有效剂量为 $2.33\times 10^{-7}\text{mSv/a}$ ，出现在 N 方位的 5~10km 子区。

表 8.2-3 试验期间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
无人子区	2.13E-05	3.30E-06	1.44E-06	6.84E-07	2.57E-07	8.86E-08
N	2.13E-05	3.30E-06	1.44E-06	6.84E-07	2.33E-07	1.43E-07
W	2.13E-05	3.30E-06	1.44E-06	6.84E-07	2.57E-07	9.09E-08

注：表中阴影子区为无人子区。

综上所述，试验运行期气态源项主要是集液罐和浸出液吸附厂房释放的 ^{222}Rn ，照射途径为吸入内照射。 ^{222}Rn 释放所致评价区域空气中核素最大贡献浓度出现在 0~1km 各方位子区处，空气中 ^{222}Rn 浓度为 $9.96 \times 10^{-4} \text{Bq/m}^3$ ，该子区为无人子区；评价区域最大个人有效剂量出现在 0~1km 各方位子区处，最大个人有效剂量为 $2.13 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，该子区为无人子区。最大个人剂量为 $2.13 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，仅占剂量约束值 0.01mSv/a 的 0.213%。本项目周围 5km 内无居民点，距离评价中心最近的居民点为 8km 处的塔木素苏木，试验期间气态源项释放的 ^{222}Rn 所致塔木素苏木浓度贡献值为 $1.09 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$ ，造成的公众个人剂量为 $2.33 \times 10^{-7} \text{mSv/a}$ ，小于本项目设定的公众剂量约束值。因此，本项目气态流出物对环境的影响在可接受范围之内。

8.2.2 地下水环境影响分析

8.2.2.1 含矿含水层地下水环境影响分析

1) 地下水影响途径分析

地浸采铀是通过注入井将浸出剂溶液注入含矿含水层，然后从抽出井将浸出液抽至地表进行处理达到回收天然铀的目的。在生产过程中，为了有效控制溶浸范围，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试验采区地勘报告、水文地质试验报告的基础上，结合井场试验方案，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，最终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

本模型建模范围为条件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，因此采用自定义法确定研究范围。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，向地下水下游（东北方向）延伸 1km，上游（西南方向）及两侧延伸 0.5km，模拟总面积 1.96km²。

（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，平行于地下水流动方向无水流交换概化为零流量边界。

垂向边界：模型垂向上边界为巴音戈壁组上段上层和中层顶部的深灰色、灰色泥岩、褐红色粉砂岩、钙质砂岩等组成的隔水顶板；下边界为巴音戈壁组上段下层和中层底部的深灰色、灰色泥岩、粉砂质泥岩等组成隔水底板。

（3）含水层结构的概化

根据地质勘探结果，塔木素矿床含矿含水层为下白垩统巴音戈壁组上段含水岩组中层，含水层岩性以褐黄色、褐红色和灰色粗砂岩和中砂岩为主，含少量的砂质砾岩和细砂岩。此外，含矿含水层顶、底板均为稳定连续展布的泥岩，其水平层理发育，隔水性能良好，有效地隔断了与上覆含水层的水力联系，因此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，本次地下水模拟层位为下白垩统巴音戈壁组上段含水岩组中层，可概化为三维水力流场和三维溶质弥散场。

（4）源汇项概化

本项目源汇项主要为试验井场的试验井，试验布置 1 组试验单元，包括试验井 5 个，其中抽出井 4 个，注入井 1 个，抽注井间距为 30m，单孔抽液量为 5.0m³/h，模拟试验采区整体抽大于注比例为 0.5%，作为本模拟的主要源汇项。

（5）模拟区剖分

本次预测将模拟区离散成正交网格，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 2.5m×2.5m，外围非加密网格的大小为 10m×10m。本模型一共剖分 55867 个网格。网格剖分情况见图 8.2-1。

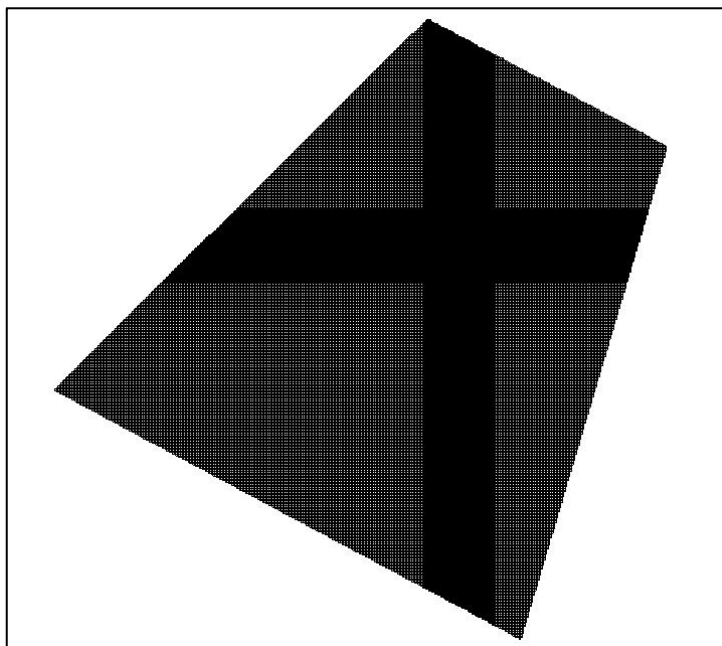


图 8.2-1 模型网格剖分图

（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

根据塔木素铀矿床含矿含水层地勘报告，塔木素铀矿床含矿含水层渗透系数范围为 0.112~0.644m/d，本次试验会对矿层进行压裂增渗改造，提高其渗透性，参照已有试验结果，取渗透系数 1.25m/d。此外，含矿含水层有效孔隙度为 0.2，纵向弥散度为 10m，横向弥散度为 1m。

（8）评价年限

本次评价对试验期间井场浸出液对地下水的影响进行预测评价，模拟时间为试验期 3a。

（9）预测因子

本次预测 $U_{\text{天然}}$ 源项浓度采用试验预期技术指标值 15mg/L，Cl 和 Mn 源项浓度采用塔木素铀矿床室内实验监测数据，分别为 471.8mg/L 和 1.64mg/L。

表 8.2-8 浸出液样品监测结果

项目	Cl(mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Mn (mg/L)
浓度	471.8	103.7	1.64
项目	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Cu (mg/L)
浓度	ND	ND	0.03

3) 预测结果分析

(1) 流场模拟结果

应用 GMS 软件模拟计算得到试验期末含矿含水层的等水位线图（图 8.2-2），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。

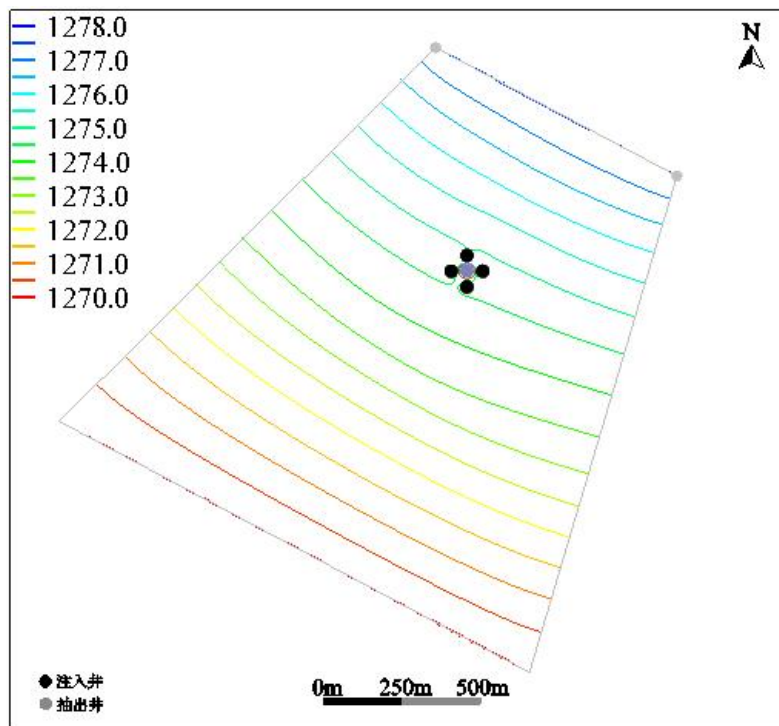


图 8.2-2 地下水等水位图

(2) 溶质运移结果分析

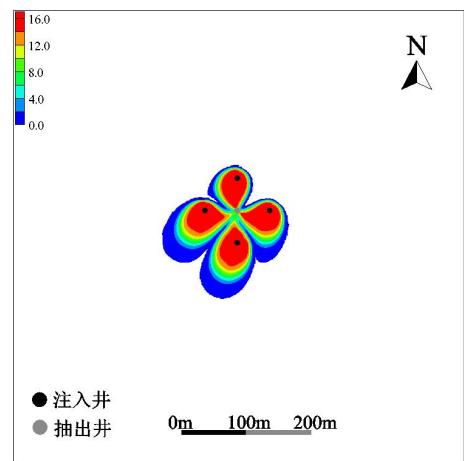
在地下水流场的基础上，对试验期地下水中污染物迁移模拟进行了预测，预测结果如下：

U_{天然}：以 0mg/L 为边界浓度，绘制了试验运行期末含矿含水层的 U_{天然} 浓度分布图，见图 8.2-3（a）。由图可知，试验运行期末，U_{天然} 在含矿含水层向下游、侧向及上游的运移距离分别为 82m、55m 和 19m。

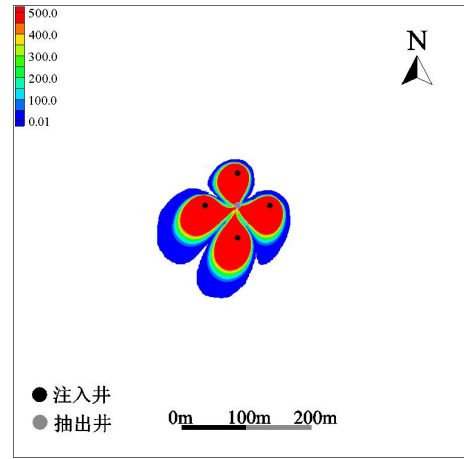
Cl⁻：以 0mg/L 为边界浓度，绘制了试验运行期末含矿含水层的 Cl⁻ 浓度分布图，见图 8.2-3（b）。由图可知试验运行期末，Cl⁻ 在含矿含水层向下游、侧向及上游的运移距离分别为 92m、70m 和 24m。

Mn：以 0mg/L 为边界浓度，绘制了试验运行期末含矿含水层的 Mn 浓度分布图，见图 8.2-3（c）。由图可知试验运行期末，Mn 在含矿含水层向下游、侧向及上游的运移距离分

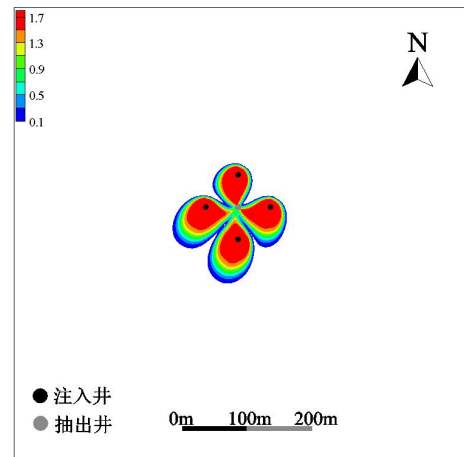
别为 70m、42m 和 16m。



(a) $U_{\text{天然}}$



(b) Cl^-



(c) Mn

图 8.2-3 试验期末各污染物在含矿含水层的浓度分布图

综上所述，在试验期末第 3a 时，含矿含水层中特征污染物 $U_{\text{天然}}$ 、 Cl^- 和 Mn 向下游最大迁移距离分别为 82m、92m 和 70m，侧向最大迁移距离分别为 55m、70m 和 42m，上游最大迁移距离分别为 19m、24m 和 16m。此外，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。

8.2.2.2 潜水含水层地下水影响分析

本项目周围 5km 范围内无居民，无集中式水源地。本项目可能对潜水含水层产生影响的地表设施主要为抽注管道、废水中转罐及集配液罐等导致的跑、冒、滴、漏。本项目各类储罐设有液位检测报警系统，管道设有流量自动检测系统，同时试验人员定期对相关区域进行巡视，一旦发生罐体冒槽或管道的跑、冒、滴、漏等情况可及时发现并得到有效控制。

此外，本项目浸出液吸附厂房地面做防渗处理，各类储罐及吸附塔配备了围堰、事故池等设施。若发生泄漏事故，漏失的液体会收集至围堰或事故池，最终泵至集液罐或吸附塔中。综上所述，本项目对潜水含水层的各种可能的污染途径均采取了可行有效的污染防治措施，不会对潜水含水层产生明显影响。

8.2.2.3 上、下层含水层地下水影响分析

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、下层含水层。含矿含水层顶、底板隔水性能良好，切断了含矿含水层与上、下层含水层之间的水力联系，试验过程中浸出液不会通过隔水层越流对上、下层含水层产生影响。

此外，本项目在矿床上层含水层布置了监测井，一旦监测数据异常，可及时停止附近试验井运行，对破损的试验井进行修复或全孔封闭。本项目所在区域含矿含水层隔水底连续、稳定分布，且试验钻孔只施工至含矿含水层，不会穿过含矿含水层延伸至下含水层。因此，试验过程中不会对下层含水层产生影响，在下层含水层不再布置监测孔。

综上所述，本项目在施工期和运行期对上、下层含水层均采取了可行有效的污染防治措施，不会对上、下层含水层产生明显影响。

8.2.3 地表水环境影响分析

试验运行期产生的废水有吸附尾液和生活污水，均不外排，不会对项目周边的地表水环境产生不良影响。

8.2.4 固体废物环境影响分析

8.2.4.1 放射性固体废物环境影响分析

本项目运行期产生的放射性固体废物主要为浸出液吸附残渣、废旧设备及零配件和 MVR 结晶盐。

1) 浸出液吸附残渣

浸出液吸附过程中过滤工序会产生少量残渣，产生量约 $0.001\text{m}^3/\text{a}$ ，残渣中 $U_{\text{天然}}$ 含量与含矿段品位相当，统一收集后运至纳岭沟采铀工程蒸发池堆存。

2) MVR 结晶盐

MVR 蒸发装置处理吸附尾液会产生少量结晶，产生量约 $0.01\text{m}^3/\text{d}$ ，采用专用桶收集后暂存于结晶盐储物间，待试验结束运至纳岭沟采铀工程固体废物库集中处理。

3) 废旧设备及零配件

试验过程中，设备检修会产生一定量的废旧管道、阀门、水泵、过滤器等废旧设备及零配件，由于试验运行期较短，规模较小，废旧设备及零配件产生量较少，存放于固体废物库，待试验结束后运至纳岭沟采铀工程固体废物库暂存。纳岭沟采铀工程固体废物库可贮存 864m^3 固体废物，该工程生产期约产生 120m^3 固体废物。由于本项目试验期较短，规模较小，废旧设备及零配件产生量较少，试验期固体废物库总容量不到 1m^3 ，依托纳岭沟采铀工程固体废物库暂存是完全可行的。

8.2.3.2 非放射性固体废物环境影响分析

本项目运行期试验人员生活起居均在塔木素苏木，生活垃圾依托于当地民宅，不会对周边环境产生明显影响。

8.2.4 噪声环境影响分析

1) 预测模式

本项目利用三捷环境工程咨询有限公司开发的 BREEZE NOISE 软件进行运行期噪声环境影响预测，该软件以《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2021）中的相关模式要求编制，适用于噪声领域的各个级别的评价。本次评价采用工业噪声预测计算模式，考虑点源几何发散衰减和地面反射。运行期主要噪声源为吸附区内浸出液吸附厂房的吸附设施、风机及井场集控室中的增压管线泵，噪声预测参数见表 8.2-3。

表 8.2-3 噪声预测参数

设备	源强 dB (A)	声源高度 (m)	声场种类
吸附设施	80	1.0	半自由声场
风机	90	7.0	半自由声场
增压管线泵	90	1.0	半自由声场

2) 预测结果

经预测，本项目运行期厂界噪声见表8.2-10，噪声影响等值线分布情况见图8.2-6。由预测结果可以看出，运行期噪声源在厂界处的贡献值为（31.42~35.04）dB（A），满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中2类标准。本项目吸附区最近居民点为塔木素苏木（距离约8km），远大于声环境评价范围（周边200m），不会对周边居民点产生影响。

表 8.2-4 运行期厂界噪声贡献值

单位：dB（A）

预测结果	厂界噪声			
	东	西	南	北
贡献值	29.31	31.42	35.04	32.83
执行标准	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008） 昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）			
达标情况	达标	达标	达标	达标

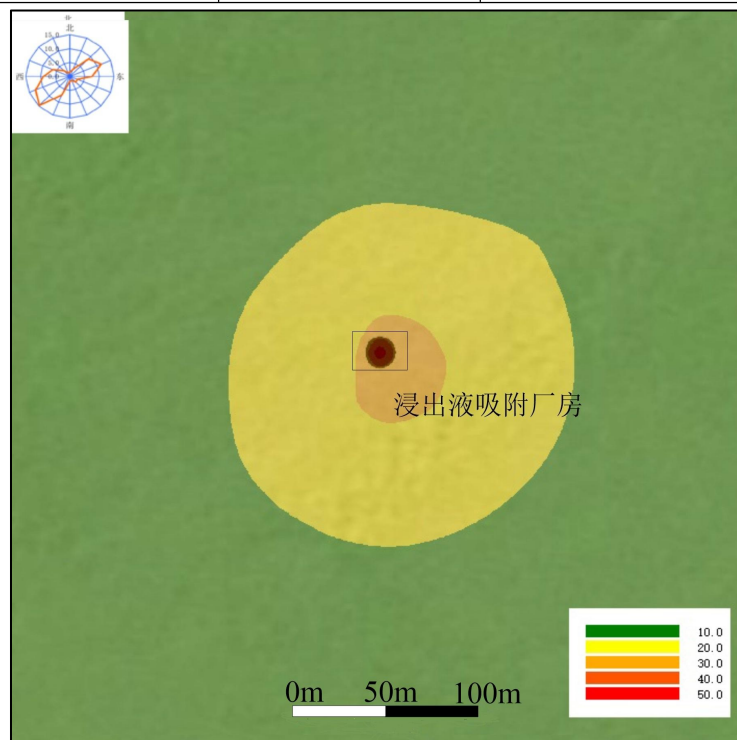


图 8.2-4 运行期噪声等值线图（dB（A））

8.2.5 事故环境影响分析

本项目放射性气态流出物主要来自于浸出液吸附厂房和集液罐中 ^{222}Rn 的排放， ^{222}Rn 的排放量较小，且吸附厂房中各设备、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。

根据地浸采铀试验的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) 事故性的停止试验

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。根据生产经验统计，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。在长期的抽大于注试验运行过程中，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头依然存在，抢修时间内基本可以控制浸出液不向外迁移。

2) 非控制性的抽注失衡

试验过程中，采用抽液量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。由于生产控制的波动性，试验中可能发生短暂的抽注失衡。首先，本项目抽、注液管道均设有流量自动检测装置，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。

3) 事故性的跑、冒、滴、漏

试验过程中，浸出液吸附厂房内可能发生的事故为出现冒槽或管道的跑、冒、滴、漏等。本项目试验过程中定期对相关区域进行巡视，浸出液吸附厂房内的各类储池、储罐、管道均设有液位、压力或流量自动检测、报警系统，一旦发生冒槽或管道的跑、冒、滴、漏等情况可及时发现并得到有效控制，漏失的液体经设置的地沟收集至事故收集池，最终返回至集液罐中。因此，在事故性冒槽或跑、冒、滴、漏情况下，对周围环境的影响很小。

4) 上、下层含水层污染事故

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，则立即停止该生产孔的抽注活动，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

部上含水层布置监测井，一旦监测数据异常，通过停止附近抽、注入井，将破损的试验井进行修复或全孔封闭。

5) 饱和树脂运输事故

本项目饱和树脂需通过道路运输运至纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房，在饱和树脂运输过程中若出现泄漏的情况，可能对环境造成一定的影响。本项目饱和树脂在试验结束后统一运送纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房，仅运送一次；树脂转运车采用常压卧式储罐，罐体材质为碳钢，罐内涂刷橡胶防腐层，储罐的进、出口管道均设置阀门密封措施；定期对运输车辆及储罐进行检修维护，保证其可正常使用；在运输前必须进行必要的车辆安全检车，确定储罐固定完好，储罐阀门密封性完好；在运输过程中应保持合理车速，平稳行驶，并定期检查车上储罐状况，但不要将车停留在人口密集处。采取以上措施后，运输过程中出现泄漏的可能性较小。如果发生交通事故致使意外泄漏时，将立即启动应急措施，将泄漏的饱和树脂及泥土统一收集，运至纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房，将混合泥土的饱和树脂通过振运筛清洗，去除泥砂，可以再次利用，污染的泥土采用专用桶收集，密封后暂存于纳岭沟采铀工程固体废物库。

2) 环境风险评价

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），本项目生产过程中涉及的主要危险物质为柴油。由 1.5.2 小节中 5) 可知，本项目环境风险评价工作等级为简单分析。

本项目施工期使用的柴油密封保存，施工期严格按照安全标准化有关要求施工和管理，在使用、暂存等过程中，主要采取以下措施保证安全：

- 1) 柴油在指定区域密闭储存，储存区远离施工人员经常活动的场地。
- 2) 在油桶储存区设置围堰和备用桶，围堰有效容积为 4m³，可满足泄露液体的收集要求，底部铺设防渗膜。
- 3) 柴油取用过程中严格规范操作，避免跑冒滴漏，小心操作，断绝火源，严格执行防火、防爆、防雷击等各项要求。
- 4) 加强日常管理及安全巡视检查，保证油桶、防渗膜完好无破损。
- 5) 提高安全防范风险意识以及应急响应能力，若发生柴油泄露事故，应立即采取堵漏应急措施，及时收集泄漏柴油。若有柴油泄露至土壤，立即清挖受污染土壤，并将污染土壤交由有危险废物处置资质单位处理。

综上所述，该风险是可控的，可以接受的。

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	柴油发电机	SO ₂ 、NO _x 、 颗粒物	环保设备、轻质柴油	满足《大气污 染物综合排 放标准》限 值要求。
		施工场地	颗粒物 TSP	洒水抑尘、遮盖土方等	
	运行期	集液罐	²²² Rn	罐口处稀释扩散	满足公众剂量约 束值要求。
		浸出液吸附厂房	²²² Rn	厂房换气通风	
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 ₄ -N	寝车集中收集外运处理	
	运行期	吸附尾液	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra 等	MVR 蒸发装置处理	
		流散浸出液	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra 等	抽注比例控制、监测井监控	
		生活污水	COD、NH ₄ -N	试验人员居住塔木素苏木， 生活污水依托当地民宅	
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
		废机油	—	交由具备危险废物处置资 质的单位处置	
		生活垃圾	—	寝车集中收集外运处理	
	运行期	浸出液吸附残渣	—	纳岭沟采铀工程 固体废物库	
		MVR 结晶盐	—		
		废旧设备 及零配件	—		
		生活垃圾	—	试验人员居住塔木素苏木， 生活垃圾依托当地民宅	
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）要求，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	地下水监测	150	
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	6	
三	废水	MVR 蒸发装置	吸附尾液处理	40	
四	固体废物	泥浆池	钻井泥浆处置	4	
		废机油处置	废机油专用桶及外运处置	2	
		废旧设备、管线运输	废旧设备、管线运输至纳岭沟采铀工程固体废物库	3	
五	生态恢复	绿化、复垦	钻孔施工场地及管线铺设后，恢复原始地形	15	
合计				220	

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建设单位，全面负责本项目条件试验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) 对项目施工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，并定期开展监测工作。

11.2 监测计划

11.2.1 施工期监测计划

本项目条件试验施工期环境监测主要包括大气、噪声、地下水等常规介质的监测，监测计划见表 11.2-1。

表 11.2-1 施工期环境监测方案

序号	介质	监测位置	监测频次	监测项目
1	空气	施工场界四周	1 次/季度	TSP
2	陆地 γ 辐射	施工场界四周	1 次/季度	γ 辐射空气吸收剂量率
3	噪声	施工场界四周	1 次/施工时	昼夜等效连续 A 声级
4	地下水	试验井	建设单位开展 1 次地下水取样监测	$U_{\text{天然}}$ 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、pH
			建设单位开展第 2 次地下水取样监测，与第一次至少间隔 1 个月	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、pH 等非放射性因子全分析。
		监测井	委托有资质第三方单位开展 1 次地下水取样监测	$U_{\text{天然}}$ 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、pH
			委托有资质的第三方同时开展 1 次地下水其他水质因子监测	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、pH 等非放射性因子全分析。

11.2.2 运行期监测计划

根据《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB 23726-2009）要求，本项目条件试验的监测计划如下：

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	浸出液吸附厂房排风口	^{222}Rn 及其子体	1次/季度
2	气载流出物	集液罐排气孔	^{222}Rn 及其子体	1次/季度

2) 常规环境监测

本项目运行期环境监测计划见表 11.2-2，常规环境监测布点图见图 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	吸附区最大风频下风向边界处	^{222}Rn 及其子体	1 次/季度
2	γ 辐射剂量率	吸附区最大风频下风向边界处	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/半年
3	地下水	①含矿含水层监测井； ②上含水层监测井。	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、pH	1 次/季度
			^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、Mn	1 次/半年
4	土壤	试验井场	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、Cd、As	1 次/半年
5	生物	试验井场	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po	1 次/年

注：1、本项目周边 5km 无居民点；

2、每年监测点位应为同一固定点位。

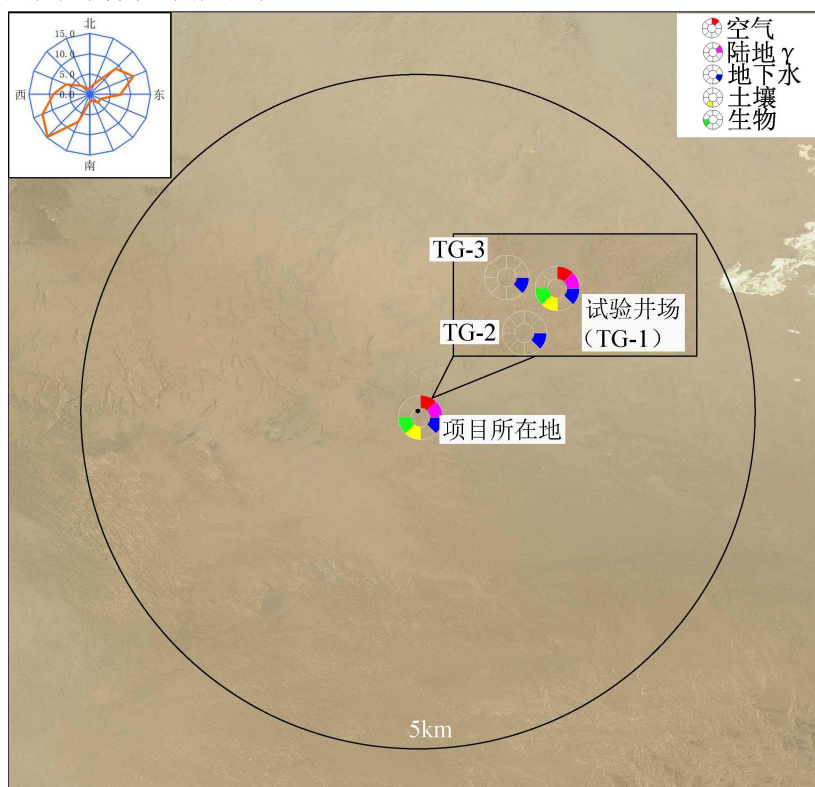


图 11.2-1 常规环境监测布点图

11.3 测量方法及仪器设备

本项目运行期流出物及环境监测工作由核化冶院承担，并配置专门的辐射监测设备。本项流出物和环境监测方法见表 11.3-1。核化冶院具有 CMA 资质，可满足本项目流出物及环境监测工作。

表 11.3-1 流出物和环境监测方法和依据

监测项目		监测方法
空气	氡气浓度	HJ1212-2021
	氡子体浓度	GB/T14582-1993
	TSP	HJ1263-2022
	硫酸雾	HJ544-2016
	氮氧化物	HJ 479-2009
	二氧化硫	HJ 482-2009
贯穿辐射剂量率		HJ1157-2021
地下水	U _{天然}	HJ700-2014
	²²⁶ Ra	GB/T11214-1989
	²¹⁰ Po	HJ813-2016
	²¹⁰ Pb	EJ/T859-1994
	pH	GB/T6920-1986
	Cl ⁻	HJ 84-2016
	氨氮	HJ536-2009
	SO ₄ ²⁻	HJ84-2016
土壤	U _{天然}	GB/T14506.30-2010
	²²⁶ Ra	GB/T13073-2010
陆生生物	U _{天然}	HJ840-2017
	²²⁶ Ra	GB14883.6-2016
	²¹⁰ Po	GB/T16145-2020
	²¹⁰ Pb	GB14883.5-2016

11.4 监测质量保证

环境监测质量保证是环境监测计划的必不可少的重要组成部分，为了保证监测数据准确可靠，监测过程严格执行《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001），以保证获得的测量结果和评价结论使当时的和以后的主管部门和使用部门确信是正确的。

针对本项目特点，在监测过程中应注意：

1) 人员

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

2) 采样的质量控制

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

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

3) 样品的分析测试

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

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

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

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

采集的样品要有一部分长期保留，以便随时抽检；监测结果要永久保存。

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

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

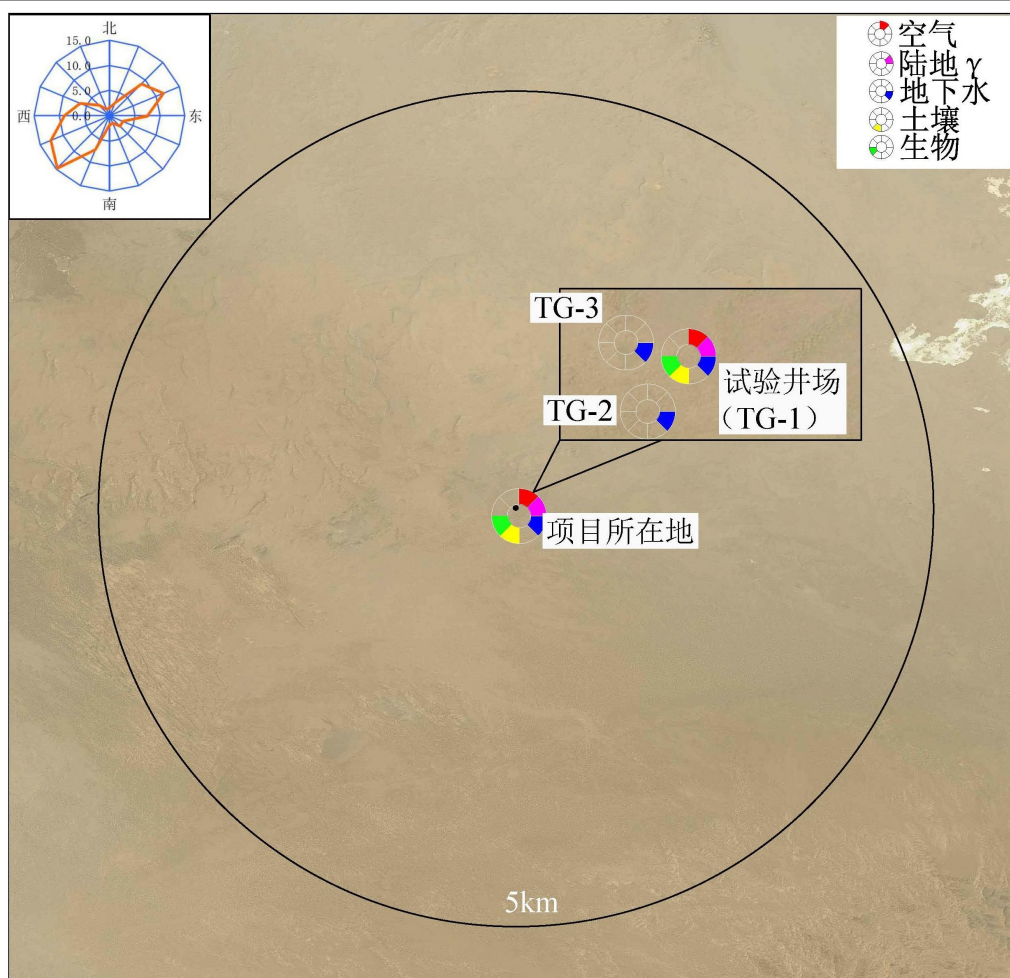


图 11.2-1 常规环境监测布点图

12 退役治理与长期监护

本项目的实施，存在试验成功与失败二种情形。

1) 如果试验成功，需采取以下环保措施：

(1) 本项目条件试验成功后将由中核内蒙古矿业有限公司开展后续的扩大试验或工业试验，并负责退役治理及长期监护等工作；

(2) 在扩大试验或工业试验前的可行性研究阶段及施工阶段，应继续保持该条件试验点的运行，一方面可充分回收有用金属，另一方面通过井场运行来控制浸出液迁移扩散范围，同时应保留所有环境保护设施；

(3) 在扩大试验或工业试验开始后，本项目条件试验将会被纳入其中。条件试验的大部分设施及设备不需要拆除，少量需要拆除的设施及设备应尽量用于扩大试验或工业试验的设施建设，无法利用的设施及设备暂存于固体废物库；

(4) 条件试验井场浸出结束后将纳入扩大试验或工业试验的井场退役计划，对退役采场进行地下水修复。

2) 如果试验失败，需采取以下环保措施：

如果试验失败，核工业北京化工冶金研究院应立即对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，并在源项调查期间和正式退役治理前，继续采取抽大于注的措施，以控制浸出液迁移扩散范围，根据源项调查的污染情况立即进行退役治理。

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。

土壤中 ^{226}Ra 残留量控制值：根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），本期退役治理土地去污后，任何平均 100m^2 范围内土层中 ^{226}Ra 的比活度扣除当地本底值后不超过 0.18Bq/g 。

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。

设备、管线在运输过程中，根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），其包装容器和运输车辆外 α 表面污染水平 $\leq 4\text{Bq/cm}^2$ 、 β 表面污染水平 $\leq 40\text{Bq/cm}^2$ 。

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

本项目的地表设施退役不涉及有限制开放的内容，井场地下水环境修复达到修复目标。因此，不需要对其进行长期监护。

13 结论与建议

1、结论

1) 项目概况

塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究为原地浸出采铀试验研究项目，位于内蒙古自治区阿拉善右旗塔木素苏木，研究周期为 4 年。项目总投资 2900 万元，其中环保投资 220 万元。现场建设内容主要为塔木素铀矿床地浸采铀现场条件试验。

2) 工程分析结论

(1) 工艺流程

本项目条件试验采用原地浸出采铀工艺，浸出液在新建吸附厂房进行吸附，饱和树脂运送到纳岭沟采铀工程浸出液处理厂房进行后续处理，产生的废水进行 MVR 蒸发装置处理。本项目采用基于矿层改造条件下的新型钻成井工艺技术，井场钻孔设计可同时满足勘探及采冶需求；井场工艺流程主要包括：浸出液输送→吸附→注液增压→注液分配→浸出剂注入含矿含水层等环节；浸出液吸附处理工艺流程主要包括：井场浸出液→管道泵→浸出液过滤器→离子交换吸附→配液罐→井场注入井等环节。

(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集液罐和浸出液吸附厂房，经保守计算，集液罐和吸附厂房 ^{222}Rn 的释放量分别为 $1.61\times 10^9\text{Bq/a}$ 和 $1.42\times 10^9\text{Bq/a}$ 。集液罐释放的氢气在罐口处稀释扩散，浸出液吸附厂房主要通过厂房整体通风后排入大气稀释扩散；本项目非放射性废气主要为施工扬尘和施工期柴油发电机产生的燃油废气。

废水：本项目含放射性核素的液态流出物主要为吸附尾液和流散浸出液。吸附尾液进行 MVR 蒸发装置处理，处理后的废水用于抑尘、绿化；流散浸出液通过在生产过程通过严格控制抽注液的区域平衡，抽大于注的比例不小于 0.5%，以便使抽出井和注入井之间形成规则的水位降落漏斗。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和集中收集后外运处理。

固体废物：本项目产生的固体废物主要为钻井泥浆、浸出液吸附残渣、废旧设备及零配件、MVR 结晶盐、废机油以及施工人员和试验人员的生活垃圾。钻井泥浆和废弃岩芯置于泥浆坑内覆土掩埋；浸出液吸附残渣运至纳岭沟采铀工程蒸发池集中处理；废旧设备及零配、MVR 结晶盐存放于纳岭沟采铀工程固体废物库暂存，待退役时统一处置；废机油通过专用桶收集后定期交由具备危险废物处置资质的单位处置；施工人员生活垃圾通过

寝车集中收集外运处理；试验人员生活垃圾在集中收集后外运处理。

噪声：本项目噪声源主要为风机、水泵及空压机等，单机噪声源强均小于 90dB（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；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）；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符合《地下水质量标准》（GB14848-2017）中Ⅴ类标准；含矿含水层地下水中非放射性指标符合《地下水质量标准》（GB14848-2017）中Ⅴ类标准。

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：本项目周围 5km 内无居民点，距离评价中心最近的居民点为 8km 处的塔木素苏木，试验期间气态源项释放的 ^{222}Rn 所致塔木素苏木浓度贡献值为 $2.95 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^3$ ，造成的公众个人剂量为 $2.00 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ ，小于本项目设定的公众剂量约束值。

地下水环境影响：在试验期末第 3a 时，含矿含水层中特征污染物 $\text{U}_{\text{天然}}$ 、Cl 和 Mn 向下游最大迁移距离分别为 82m、92m 和 70m，侧向最大迁移距离分别为 55m、70m 和 42m，上游最大迁移距离分别为 19m、24m 和 16m。此外，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。

放射性固体废物环境影响：本项目试验过程中产生的浸出液吸附残渣统一运至纳岭沟采铀工程蒸发池堆存，废旧设备及零配、MVR 结晶盐存放于纳岭沟采铀工程固体废物库暂存，待退役时统一处置。

声环境影响：本项目运行期噪声源位于室内，在采取各种减震降噪措施，并经过房屋

阻隔和距离衰减后，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，且吸附厂房周边居民点分布较少，不会对周边声环境产生明显影响。

5) 项目可行性结论

本试验项目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。试验项目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。项目试验成功将会产生经济效益、社会效益和环境效益。项目正常运行情况下，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

鉴于铀矿资源特殊性，本报告制定了运行期地下水监测计划，建议建设单位严格按照监测计划实施。

附录 1 估算模式计算公式及参数

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：

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

式中：

Q—源强，即污染物单位时间排放量；

$\tilde{u}$ —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：

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

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：

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

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/m²·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：《内蒙古自治区生态环境厅关于塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究环境影响评价执行标准的复函》；

附件 3：《塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究环境质量现状监测》，核工业北京化工冶金研究院分析测试中心，2022 年 9 月；

附件 4：《塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究环境质量现状监测》，核工业北京化工冶金研究院分析测试中心，2023 年 3 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》和中华人民共和国国务院令第 253 号《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，现委托贵单位承担《塔木素低渗透强胶结砂岩铀矿层改造地浸关键技术研究》项目的环境影响评价工作，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

2023 年 7 月 15 日



中国认可
国际互认
检测
TESTING
CNAS L1606

检测报告

(编号: 2022HYYFX-02846)

项目名称: 塔木素铀矿地浸试验研究环境

质量现状监测

委托单位: 中核第四研究设计工程有限公司

检测类别: 委托检测

签发 吴子龙

审核 王明

编制 王博

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

检测专用章

签发日期: 2022年10月17日

中核化学
计量检测中心
TESTING
CNAS 11000



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

邮政编码：101149

联系人： 龚明明 李 梁

电话：（010）51674334 、51674270

项 目 名 称	塔木素铀矿地浸试验研究环境质量现状监测	
检 测 地 点	北京市通州区九棵树 145 号 101 楼和实验现场及周边	
检 测 内 容	水中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po、pH、K ⁺ 、Na ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、氨氮、NO ₃ ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、As、Hg、Cr ⁶⁺ 、Zn、Cu、Pb、Cd、Fe、Mn、Mo、总溶解性固体、总硬度、F ⁻ 、COD _{Mn} 、总α、总β；固体样品中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、pH、As、Cd、Hg、Pb、Cr、Zn、Ni、Cu、Cr ⁶⁺ ；生物样品中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po；空气中氡及氡子体；土壤表面氡析出率；环境γ辐射空气吸收剂量率。	
样 品 名 称	水样、固体、生物和空气	
采 样 日 期	采样日期 2022-08-05~2022-08-22	
样品分析日期	2022-08-25~2022-10-15	
检 测 仪 器	仪器名称	仪器编号
	GMX50P4-83 高纯锗多道γ能谱仪	YQ-HJ-0133
	LB6008 低本底α、β测量仪	YQ-HJ-0135
	NexION 350X 质谱仪	YQ-SP-0115
	FD-125/FH463B 氦钍分析仪	YQ-HJ-0134
	Alpha Ensemble α谱仪	YQ-HJ-0129
	ICS-5000 离子色谱仪	YQ-HJ-0114
	ICAP 7400 Duo 电感耦合等离子体发射光谱仪	YQ-SP-0026
	Z-2010 原子吸收分光光度计	YQ-SP-0116
	FH40G+FHZ672E-10 便携式γ辐射剂量率仪	YQ-HJ-0002
	RAD7 测氡仪	YQ-HJ-0013
	PRM-FF01 氡子体测量仪	YQ-HJ-0082
	pHs-3E pH 酸度计	YQ-KY-0010
	AFS-230E 原子荧光光谱仪	YQ-KY-0091
	分光光度计	YQ-KY-0092
	AWA6228+多功能声级计	YQ-HJ-0020
	AWA6021A 声校准器	YQ-HJ-0021
监 测 项 目	监测方法标准	
水中总硬度	生活饮用水标准检验方法 感官性状和物理指标 7.1 乙二胺四乙酸二钠滴定法 (GB/T 5750.4-2006) (7.1)	
固体中 As	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 2 部分 土壤中总砷的测定 (GB/T 22105.2-2008)	
固体中 Hg	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 1 部分 土壤中总汞的测定 (GB/T 22105.1-2008)	

编号:2022HYFFX-02846

水中 As 和 Hg	水质汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 (HJ 694-2014)
固体中 U、Cd、Pb、Cr、Zn、Ni、Cu	《硅酸盐岩石化学分析方法 第 30 部分: 44 个元素量测定》(GB/T 14506.30-2010)
固体中 pH	土壤 pH 值测定 电位法 (HJ 962-2018)
固体中 Cr^{6+}	土壤和沉积物 六价铬的测定 碱溶液提取-火焰原子吸收分光光度法 (HJ 1082-2019)
生物中 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb	《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T 16145-2020)
生物中 ^{210}Po	《水中钋-210 的分析方法》(HJ 813-2016)
水中 pH	《水质 pH 值的测定 玻璃电极法》(GB/T 6920-1986)
水中 U、Cd、Pb、Mo	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子质谱法》(HJ 700-2014)
水中 HCO_3^- 和 CO_3^{2-}	铀工艺过程溶液中 OH^- 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 的测定 (JS/FX/8.2-04/N/2004)
水中 F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^-	生活饮用水标准检验方法 无机非金属指标 (GB/T 5750.5-2006)
水中 K、Na、Ca、Mg、Zn、Cu、Fe、Mn	水质 32 种元素的测定电感耦合等离子体发射光谱法 (HJ 776-2015)
水中 Cr^{6+}	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 (GB7467-1987)
水中 COD	生活饮用水标准检验方法 有机物综合指标 (GB/T 5750.7-2006)
水中氨-氮	生活饮用水标准检验方法 水杨酸盐分光光度法 (GB/T 5750.5-2006)
固体中 ^{226}Ra	《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T 11743-2013)
水中溶解性固体	生活饮用水标准检验方法 感官性状和物理指标 (GB/T 5750.4-2006) (8.1)
水中 ^{226}Ra	《水中镭-226 的分析测定》(GB 11214-1989)
水中 ^{210}Pb	《水中铅-210 的分析方法》(EJ/T 859-1994)
水和生物中 ^{210}Po	《水中钋-210 的分析方法》(HJ 813-2016)
总 α	《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》(EJ/T 1075-1998)
气溶胶中 ^{210}Pb	《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(WS/T 184-2017)
总 β	《水中总 β 放射性的测定方法 蒸发法》(EJ/T 900-1994)
γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)
空气中氨浓度	《环境空气中氨的测量方法》(HJ 1212-2021)
空气中氡子体	《铀矿山空气中氨及氡子体测定方法》(EJ 378-1989)
土壤表面氨析出率	《表面氨析出率测定 积累法》(EJ/T 979-1995)
噪声	《声环境质量标准》(GB 3096-2008)

检测结果:								
表 1 水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	检测结果						
		U ($\mu\text{g/L}$)	^{226}Ra (Bq/L)	^{210}Pb (mBq/L)	^{210}Po (mBq/L)	pH	K^+ (mg/L)	Na^+ (g/L)
1	塔木素苏木	21.0	0.017	<LLD	1.37	8.01	9.28	0.168
2	ZKH36-12	15.0	6.57	<LLD	2.54	7.85	34.20	14.50
3	ZKH52-12	<LLD	0.47	21.8	5.18	8.24	47.50	11.10
4	ZKH24-20	<LLD	1.91	<LLD	6.30	8.24	25.60	5.12
5	ZKH60-32	14.0	0.50	22.3	3.00	7.89	11.50	1.94
6	ZKH30-3	17.6	1.40	<LLD	2.58	7.89	59.40	16.4
备注: 水中 U 检出限 LLD 为 $1\mu\text{g/L}$; 水中 ^{210}Pb 探测下限分别为 17mBq/L 。								
续表 1 水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	检测结果						
		Ca^{2+} (g/L)	Mg^{2+} (g/L)	CO_3^{2-} (g/L)	HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (g/L)	SO_4^{2-} (g/L)	F^- (mg/L)
1	塔木素苏木	0.052	0.018	<LLD	228	0.17	0.20	<LLD
2	ZKH36-12	0.752	0.348	<LLD	284	13.0	7.13	<LLD
3	ZKH52-12	0.257	0.102	<LLD	114	14.9	6.77	<LLD
4	ZKH24-20	0.550	0.261	<LLD	148	6.40	4.68	<LLD
5	ZKH60-32	0.455	0.258	0.03	364	2.56	3.16	<LLD
6	ZKH30-3	0.864	0.425	<LLD	111	24.8	9.55	<LLD
备注: 水样中 CO_3^{2-} 的探测下限为 0.01g/L ; 水中 F 检出限 LLD 分别为 10mg/L 。								
续表 1 水样中放射性核素或元素检测结果								
序号	样品编号	检测结果						
		NO_3^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	As ($\mu\text{g/L}$)	Hg ($\mu\text{g/L}$)	Cr^{6+} (mg/L)	Zn (mg/L)	Cu (mg/L)
1	塔木素苏木	11.9	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD

编号:2022HYFYX-02846

2	ZKH36-12	<LLD	<LLD	2.3	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD
3	ZKH52-12	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD
4	ZKH24-20	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD
5	ZKH60-32	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD
6	ZKH30-3	<LLD	<LLD	6.7	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD

备注：水中 NO₃⁻、NO₂⁻、As、Hg、Zn、Cu、Cr⁶⁺检出限 LLD 分别为 10mg/L、10mg/L、2μg/L、0.2μg/L、0.5mg/L、0.5mg/L、0.004mg/L。

续表 1 水样中放射性核素或元素检测结果

序号	样品编号	检测结果						
		Pb (μg/L)	Cd (μg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (μg/L)	氨氮 (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)
1	塔木素苏木	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	5.35	<LLD	0.56
2	ZKH36-12	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	58.0	0.26	11.12
3	ZKH52-12	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	4.7	0.27	20.80
4	ZKH24-20	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	20.0	<LLD	6.95
5	ZKH60-32	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	47.5	<LLD	8.33
6	ZKH30-3	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	42.0	0.31	35.20

备注：水中 Pb、Cd、Fe、Mn、氨氮的检出限 LLD 分别为 5μg/L、1μg/L、0.5mg/L、0.5mg/L、0.025mg/L。

续表 1 水样中放射性核素或元素检测结果

序号	样品编号	检测结果			
		总溶解性固体 (g/L)	总硬度 (g/L)	总α (Bq/L)	总β (Bq/L)
1	塔木素苏木	0.614	0.102	0.41	0.49
2	ZKH36-12	15.90	4.03	0.32	0.59
3	ZKH52-12	16.80	0.788	0.24	0.44
4	ZKH24-20	10.60	1.68	0.31	0.78
5	ZKH60-32	7.40	1.42	0.38	0.45
6	ZKH30-3	24.90	1.98	0.27	0.68

备注：水中总α和总β探测下限分别为 0.02Bq/L 和 0.06Bq/L。

表 2 固体样品检测结果

序号	样品编号	检测结果						
		U _{天然} (mg/kg)	²²⁶ Ra (Bq/kg)	pH	As (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
1	试验区	0.77	25.6	8.54	14.7	<LLD	0.20	19.6
2	塔木素苏木	0.96	23.5	8.27	8.65	<LLD	0.15	17.4

备注：土壤中 As、Hg、Cd、Pb、pH、U 的检出限 LLD 分别为 0.1mg/kg、0.01mg/kg、0.01mg/kg、0.1mg/kg、0.01、0.1mg/kg；固体中 ²²⁶Ra 探测下限分别为 1.0Bq/kg。

续表 2 固体样品检测结果

序号	样品编号	检测结果				
		Cr (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr ⁶⁺ (mg/kg)
1	试验区	135	77.9	36.3	26.3	<LLD
2	塔木素苏木	110	50.0	27.9	17.0	<LLD

备注：土壤中 Cr⁶⁺、Cr、Zn、Ni、Cu 的检出限 LLD 分别为 0.25mg/kg、0.05mg/kg、0.1mg/kg、0.1mg/kg、0.1mg/kg。

表 3 生物样品检测结果

序号	样品编号	检测结果			
		U (mg/kg 鲜)	²²⁶ Ra (Bq/kg 鲜)	²¹⁰ Pb (Bq/kg 鲜)	²¹⁰ Po (Bq/kg 鲜)
1	试验区	0.090	1.48	0.71	3.23
2	塔木素苏木	0.093	2.07	0.60	2.23

备注：生物中 U 的检出限为 0.03mg/kg 鲜；²²⁶Ra、²¹⁰Pb、²¹⁰Po 的探测下限分别为 0.1Bq/kg 鲜、0.5Bq/kg 鲜、0.2Bq/kg 鲜。

表 4 空气中氡浓度及氡子体检测结果

序号	样品编号	检测结果	
		氡浓度 (Bq/m ³)	氡子体(nJ/m ³)
1	试验区 (8 月 15 日)	24.0	45.4
2	试验区 (8 月 16 日)	11.4	24.1
3	塔木素苏木 (8 月 15 日)	9.60	26.2
4	塔木素苏木 (8 月 16 日)	10.8	36.7

备注：空气中氡浓度和氡子体的探测下限分别为 5Bq/m³ 和 10nJ/m³。

表 5 土壤表面氡析出率测量结果

序号	样品编号	检测结果
		氡析出率 [Bq/(m ² ·s)]
1	试验区土壤 (8 月 17 号)	0.0868
2	试验区土壤 (8 月 18 号)	0.0520
3	试验区土壤 (8 月 19 号)	0.0601

备注：土壤表面氡析出率探测下限为 0.005Bq/(m²·s) 。

表 6 环境 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果

序号	样品编号	检测结果
		环境 γ 辐射空气吸收剂量率*(nGy/h)
1	试验区观中心	90.3
2	试验区观北侧	94.2
3	试验区东侧	86.0
4	试验区南侧	88.6
5	试验区西侧	94.9
6	塔木素苏木中心	89.3
7	塔木素苏木北侧	94.3

编号:2022HYAFX-02846

8	塔木素苏木东侧	90.7
9	塔木素苏木南侧	86.3
10	塔木素苏木西侧	92.5
备注: *---检测结果含仪器对宇宙射线的响应值。环境 γ 辐射空气吸收剂量率探测下限为 10nGy/h。		

表 7 噪声检测结果			
序号	样品编号	检测结果 (dB(A))	
		昼间	夜间
1	试验区	40	36
2	塔木素苏木	43	39

-----以下无正文-----



中国认可
国际互认
检测
TESTING
CNAS L1606

检测报告

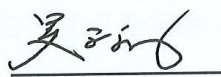
(编号: 2022HYYFX-03516)

项目名称: 塔木素铀矿地浸试验研究环境
质量现状监测

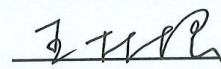
委托单位: 中核第四研究设计工程有限公司

检测类别: 委托检测

签发



审核



编制



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

检测专用章

签发日期: 2023年04月30日

中核化学
计量检测
中心
TESTING
CNAS LABOR



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： 龚明明 李 梁

电话：（010）51674334 、 51674270

编号:2022HYFX-03516

项 目 名 称	塔木素铀矿地浸试验研究环境质量现状监测	
检 测 地 点	北京市通州区九棵树 145 号 101 楼和实验现场及周边	
检 测 内 容	水中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po、pH、K ⁺ 、Na ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、氨氮、NO ₃ ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、As、Hg、Cr ⁶⁺ 、Zn、Cu、Pb、Cd、Fe、Mn、Mo、总溶解性固体、总硬度、F ⁻ 、COD _{Mn} 、总α、总β；固体样品中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、pH、As、Cd、Hg、Pb、Cr、Zn、Ni、Cu、Cr ⁶⁺ ；生物样品中 U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po；空气中氡及氡子体；土壤表面氡析出率；环境γ辐射空气吸收剂量率。	
样 品 名 称	水样、固体、生物和空气	
采 样 日 期	现场监测日期 2022.11.2-11.7；采样日期 2022-10-20~2022-11-08；2023-04-05~2023-04-10	
样品分析日期	2022-11-11~2022-12-15；2023-04-15~2023-04-30	
检 测 仪 器	仪器名称	仪器编号
	GMX50P4-83 高纯锗多道γ能谱仪	YQ-HJ-0133
	LB6008 低本底α、β测量仪	YQ-HJ-0135
	NexION 350X 质谱仪	YQ-SP-0115
	FD-125/FH463B 氦钍分析仪	YQ-HJ-0134
	Alpha Ensemble α谱仪	YQ-HJ-0129
	ICS-5000 离子色谱仪	YQ-HJ-0114
	ICAP 7400 Duo 电感耦合等离子体发射光谱仪	YQ-SP-0026
	Z-2010 原子吸收分光光度计	YQ-SP-0116
	FH40G+FHZ672E-10 便携式γ辐射剂量率仪	YQ-HJ-0002
	RAD7 测氡仪	YQ-HJ-0013
	PRM-FF01 氡子体测量仪	YQ-HJ-0082
	pHs-3E pH 酸度计	YQ-KY-0010
	AFS-230E 原子荧光光谱仪	YQ-KY-0091
	分光光度计	YQ-KY-0092
	AWA6228+多功能声级计	YQ-HJ-0020
	AWA6021A 声校准器	YQ-HJ-0021
监 测 项 目	监测方法标准	
水中总硬度	生活饮用水标准检验方法 感官性状和物理指标 7.1 乙二胺四乙酸二钠滴定法 (GB/T 5750.4-2006) (7.1)	
固体中 As	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 2 部分 土壤中总砷的测定 (GB/T 22105.2-2008)	
固体中 Hg	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 1 部分 土壤中总汞的测定 (GB/T 22105.1-2008)	

编号:2022HYFYX-03516

水中 As 和 Hg	水质汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 (HJ 694-2014)
固体中 U、Cd、Pb、Cr、Zn、Ni、Cu	《硅酸盐岩石化学分析方法 第 30 部分: 44 个元素量测定》(GB/T 14506.30-2010)
固体中 pH	土壤 pH 值测定 电位法 (HJ 962-2018)
固体中 Cr^{6+}	土壤和沉积物 六价铬的测定 碱溶液提取-火焰原子吸收分光光度法 (HJ 1082-2019)
生物中 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb	《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T 16145-2020)
生物中 ^{210}Po	《水中钋-210 的分析方法》(HJ 813-2016)
水中 pH	《水质 pH 值的测定 玻璃电极法》(GB/T 6920-1986)
水中 U、Cd、Pb、Mo	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子质谱法》(HJ 700-2014)
水中 HCO_3^- 和 CO_3^{2-}	铀工艺过程溶液中 OH^- 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 的测定 (JS/FX/8.2-04/N/2004)
水中 F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^-	生活饮用水标准检验方法 无机非金属指标 (GB/T 5750.5-2006)
水中 K、Na、Ca、Mg、Zn、Cu、Fe、Mn	水质 32 种元素的测定电感耦合等离子体发射光谱法 (HJ 776-2015)
水中 Cr^{6+}	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 (GB7467-1987)
水中 COD	生活饮用水标准检验方法 有机物综合指标 (GB/T 5750.7-2006)
水中氨-氮	生活饮用水标准检验方法 水杨酸盐分光光度法 (GB/T 5750.5-2006)
固体中 ^{226}Ra	《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T 11743-2013)
水中溶解性固体	生活饮用水标准检验方法 感官性状和物理指标 (GB/T 5750.4-2006) (8.1)
水中 ^{226}Ra	《水中镭-226 的分析测定》(GB 11214-1989)
水中 ^{210}Pb	《水中铅-210 的分析方法》(EJ/T 859-1994)
水和生物中 ^{210}Po	《水中钋-210 的分析方法》(HJ 813-2016)
总 α	《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》(EJ/T 1075-1998)
气溶胶中 ^{210}Pb	《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(WS/T 184-2017)
总 β	《水中总 β 放射性的测定方法 蒸发法》(EJ/T 900-1994)
γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)
空气中氨浓度	《环境空气中氨的测量方法》(HJ 1212-2021)
空气中氡子体	《铀矿山空气中氨及氡子体测定方法》(EJ 378-1989)
土壤表面氨析出率	《表面氨析出率测定 积累法》(EJ/T 979-1995)
噪声	《声环境质量标准》(GB 3096-2008)

检测结果:

表 1 水样中放射性核素或元素检测结果

序号	样品编号	检测结果						
		U ($\mu\text{g/L}$)	^{226}Ra (Bq/L)	^{210}Pb (mBq/L)	^{210}Po (mBq/L)	pH	K^+ (mg/L)	Na^+ (g/L)
1	塔木素苏木	22.3	<LLD	6.07	<LLD	8.23	7.92	0.280
2	ZKH36-12	13.8	2.16	7.67	<LLD	7.88	31.30	11.80
3	ZKH52-12	1.4	0.50	34.3	4.85	8.19	48.40	12.70
4	ZKH24-20	<LLD	1.62	<LLD	4.37	8.27	19.40	5.44
5	ZKH60-32	11.1	0.96	<LLD	3.99	8.27	13.20	4.66
6	ZKH30-3	18.4	1.60	31.1	3.81	8.05	52.60	18.90

备注: 水中 U、pH、K、Na 检出限 LLD 为 $1\mu\text{g/L}$ 、0.01、0.1mg/L、0.03mg/L; 水中 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 ^{226}Ra 探测下限分别为 1.7mBq/L、0.85mBq/L、9mBq/L。

续表 1 水样中放射性核素或元素检测结果

序号	样品编号	检测结果						
		Ca^{2+} (g/L)	Mg^{2+} (g/L)	CO_3^{2-} (g/L)	HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (g/L)	SO_4^{2-} (g/L)	F^- (mg/L)
1	塔木素苏木	0.070	0.024	<LLD	214	0.18	0.20	<LLD
2	ZKH36-12	0.906	0.360	<LLD	278	13.30	7.49	<LLD
3	ZKH52-12	0.370	0.0947	<LLD	85.0	14.50	6.31	<LLD
4	ZKH24-20	0.549	0.243	0.06	116	6.20	4.53	<LLD
5	ZKH60-32	0.594	0.144	0.06	358	5.41	3.27	<LLD
6	ZKH30-3	0.496	0.424	<LLD	104	22.90	7.72	<LLD

备注: 水样中 CO_3^{2-} 的探测下限为 0.01g/L; 水中 F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、Ca、Mg 检出限 LLD 分别为 10mg/L、2.5mg/L、2.5mg/L、0.02mg/L、0.02mg/L。

续表 1 水样中放射性核素或元素检测结果

序号	样品编号	检测结果						
		NO_3^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	As ($\mu\text{g/L}$)	Hg ($\mu\text{g/L}$)	Cr^{6+} (mg/L)	Zn (mg/L)	Cu (mg/L)

编号:2022HYFXX-03516

1	塔木素苏木	11.1	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD
2	ZKH36-12	<LLD	<LLD	2.6	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD
3	ZKH52-12	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD
4	ZKH24-20	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD
5	ZKH60-32	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD
6	ZKH30-3	<LLD	<LLD	7.4	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD

备注：水中 NO₃⁻、NO₂⁻、As、Hg、Zn、Cu、Cr⁶⁺检出限 LLD 分别为 10mg/L、10mg/L、2μg/L、0.2μg/L、1mg/L、1mg/L、0.004mg/L。

续表 1 水样中放射性核素或元素检测结果

序号	样品编号	检测结果						
		Pb (μg/L)	Cd (μg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (μg/L)	氨氮 (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)
1	居民点 4	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	8.30	<LLD	0.68
2	ZKH36-12 观	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	55.0	0.16	12.20
3	ZKH52-12 观	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	5.6	0.25	20.20
4	ZKH24-20 观	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	19.1	<LLD	10.20
5	ZKH60-32 观	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	20.2	<LLD	6.81
6	ZKH30-3 观	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	60.0	0.28	46.40

备注：水中 Pb、Cd、Fe、Mn、COD、氨氮、Mo 的检出限 LLD 分别为 5μg/L、1μg/L、1mg/L、1mg/L、0.5mg/L、0.016mg/L、1μg/L。

续表 1 水样中放射性核素或元素检测结果

序号	样品编号	检测结果			
		总溶解性固体 (g/L)	总硬度 (g/L)	总α (Bq/L)	总β (Bq/L)
1	塔木素苏木	0.624	0.242	0.33	0.41
2	ZKH36-12	14.60	3.09	0.29	0.43
3	ZKH52-12	17.90	0.779	0.35	0.81
4	ZKH24-20	11.20	2.19	0.23	0.64

编号:2022HYFYX-03516

5	ZKH60-32	7.80	0.974	0.43	0.77
6	ZKH30-3	24.80	1.99	0.31	0.89
备注：水中总α和总β探测下限分别为 0.02Bq/L 和 0.06Bq/L					

表 2 固体样品检测结果								
序号	样品编号	检测结果						
		U _{天然} (mg/kg)	²²⁶ Ra (Bq/kg)	pH	As (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
1	试验区	0.86	22.9	8.37	12.1	<LLD	0.19	14.6
2	塔木素苏木	1.04	16.2	8.18	7.37	<LLD	0.13	14.0
备注：土壤中 As、Hg、Cd、Pb、pH、U 的检出限 LLD 分别为 0.1mg/kg、0.01mg/kg、0.01mg/kg、0.1mg/kg、0.01、0.1mg/kg；固体中 ²²⁶ Ra 探测下限分别为 1.0Bq/kg。								
续表 2 固体样品检测结果								
序号	样品编号	检测结果						
		Cr (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr ⁶⁺ (mg/kg)		
1	试验区	127	52.5	31.7	17.6	<LLD		
2	塔木素苏木	118	54.8	30.1	16.6	<LLD		
备注：土壤中 Cr ⁶⁺ 、Cr、Zn、Ni、Cu 的检出限 LLD 分别为 0.25mg/kg、0.05mg/kg、0.1mg/kg、0.1mg/kg、0.1mg/kg。								

表 3 生物样品检测结果					
序号	样品编号	检测结果			
		U (mg/kg 鲜)	²²⁶ Ra (Bq/kg 鲜)	²¹⁰ Pb (Bq/kg 鲜)	²¹⁰ Po (Bq/kg 鲜)
1	试验区	0.080	2.05	0.51	3.05
2	塔木素苏木	0.080	1.76	0.42	1.76
备注：生物中 U 的检出限为 0.03mg/kg 鲜； ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po 的探测下限分别为 0.1Bq/kg 鲜、0.5Bq/kg 鲜、0.2Bq/kg 鲜。					

表 4 空气中氡浓度及氡子体检测结果

序号	样品编号	检测结果	
		氡浓度 (Bq/m ³)	氡子体(nJ/m ³)
1	试验区 (11月2日)	22.5	12.65
2	试验区 (11月3日)	9.48	13.46
3	塔木素苏木 (11月2日)	6.54	13.48
4	塔木素苏木 (11月3日)	14.1	19.94
备注: 空气中氡浓度和氡子体的探测下限分别为 5Bq/m ³ 和 10nJ/m ³ 。			

表 5 土壤表面氡析出率测量结果

序号	样品编号	检测结果
		氡析出率 [Bq/(m ² ·s)]
1	试验区土壤 (11月5号)	0.0865
2	试验区土壤 (11月6号)	0.0964
3	试验区土壤 (11月7号)	0.0890
备注: 土壤表面氡析出率探测下限为 0.005Bq/(m ² ·s) 。		

表 6 环境γ辐射空气吸收剂量率测量结果

序号	样品编号	检测结果
		环境γ辐射空气吸收剂量率*(nGy/h)
1	试验区观中心	92.7
2	试验区观北侧	92.4
3	试验区东侧	85.7
4	试验区南侧	89.8
5	试验区西侧	95.1
6	塔木素苏木中心	87.2
7	塔木素苏木北侧	91.4

编号:2022HYYFX-03516

8	塔木素苏木东侧	91.1
9	塔木素苏木南侧	84.2
10	塔木素苏木西侧	90.7
备注: *---检测结果含仪器对宇宙射线的响应值。环境γ辐射空气吸收剂量率探测下限为 10nGy/h。		

表 7 噪声检测结果			
序号	样品编号	检测结果 (dB(A))	
		昼间	夜间
1	试验区	40	38
2	塔木素苏木	41	37

-----以下无正文-----