

巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验

环境影响报告表

中核内蒙古矿业有限公司

2021年2月



巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验

环境影响报告表



中核内蒙古矿业有限公司

法人代表：阳奕汉

通讯地址：内蒙古自治区呼和浩特市赛罕区敕勒川大街 15 号

邮政编码：010040

编制单位和编制人员情况表

项目编号	8a79n6		
建设项目名称	巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验		
建设项目类别	50_188铀矿开采、冶炼		
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)	中核内蒙古矿业有限公司		
统一社会信用代码	91150100075581380W		
法定代表人 (签章)	阳奕汉		
主要负责人 (签字)	阳奕汉		
直接负责的主管人员 (签字)	王如意		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	中核第四研究设计工程有限公司		
统一社会信用代码	911301001043361316		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
谢占军	2016035130350000003510130352	BH018156	谢占军
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
葛佳亮	表3、表8、表10、表12	BH018159	葛佳亮
田玉斌	表4、表5、表8、表11	BH018157	田玉斌
李梦姣	表2、表6、表7、表9	BH018175	李梦姣
谢占军	表1、表13	BH018156	谢占军

1 建设项目基本情况

项目名称	巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验				
建设单位	中核内蒙古矿业有限公司				
法人代表	阳奕汉	联系人	饶丰		
通讯地址	内蒙古自治区呼和浩特市赛罕区敕勒川大街 15 号				
联系电话	13074797079	传 真	—	邮政编码	010040
建设地点	内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗巴彦乌拉苏木境内				
立项审批部门	中国铀业有限公司	批准文号	中铀发〔2020〕289 号		
建设性质	新建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/>	行业类别及代码	放射性金属矿采选 B-0933		
占地面积(平方米)	17314 (含临时占地 16966m ²)	绿化面积(平方米)	16966		
总投资(万元)	3995	环保投资(万元)	226.6		
环保投资占总投资比例	5.67%	预期投产日期	2021.5.1		

1.1 建设单位概况

中核内蒙古矿业有限公司成立于 2013 年 8 月，总部位于呼和浩特市赛罕区，是中国核工业集团有限公司所属的全资子公司，其前身为中核内蒙古铀矿大基地建设指挥部，主要承担着内蒙古中西部铀资源开发任务。中核内蒙古矿业有限公司主要经营有色金属及非金属矿产资源、铀化学制品的采冶技术研究和技术开发，化工产品的销售等，注册资本金 13100 万元。

近年来，中核内蒙古矿业有限公司认真贯彻中国核工业集团有限公司和中国铀业有限公司关于内蒙古铀矿大基地建设战略部署，加快推进项目建设，公司先后荣获中国核工业集团有限公司业绩突出贡献奖、中国核工业集团有限公司青年文明号、大基地建设突出贡献单位、中国铀业业绩突出贡献奖、中国铀业安全环保先进单位等荣誉称号，多项科研成果获得中国核工业集团有限公司科学技术奖和国防科学技术进步奖。

1.2 工程由来及必要性

天然铀在国民经济中占有重要地位，有鲜明的军、民两用特点。我国是一个有重要影响的核大国，天然铀是核武器研制和储备的基本原料，其重要性是不言而喻的。同时天然铀又是核发电的基本燃料，天然铀的储备和生产是保障我国国防安全与发展核电的基本保

证。天然铀的持续稳定生产既是国防建设的需要，也是国家能源结构调整的需要。

根据中国核工业集团有限公司战略发展规划，将在内蒙古形成以地浸采铀生产为主的天然铀生产大基地。巴彦乌拉铀矿床是内蒙古天然铀生产大基地的重要组成部分，其铀矿冶设施已具备年产××吨产能。为了稳定天然铀产能，巴润矿段将作为巴彦乌拉铀矿床下一步地浸采铀向西南方向延伸的接续矿点。本项目为巴润矿段地浸采铀的前期技术基础研究，旨在探索利用巴彦乌拉铀矿已建成的水冶设施，实现对周边零星铀资源进行回收利用的数字化开采模式，为工业化开发提供设计依据，对二连盆地形成新的地浸采铀产能增长点具有十分重要的意义。

同时，国务院、工业和信息化部分别印发了《国务院关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》和《关于深入推进信息化和工业化融合管理体系的指导意见》，根据中国核工业集团有限公司“十三五”信息化规划，明确了“数字核工业”建设的任务、目标和路径，标志着“数字核工业”建设已全面铺开。本项目在巴彦乌拉铀矿床巴润矿段进行群孔工业试验，除了获取浸出工艺及工艺参数外，将进一步进行数字化技术研究与应用，探索地浸铀矿山数字化运行模式，建立酸法地浸采铀矿山数字化开采技术标准，为同类型矿床的开采提供参考。

2014年3月，中国核工业集团有限公司以中核科发(2014)111号文批复了“龙腾2020”科技创新计划核心能力提升项目，巴润酸法地浸条件试验研究为项目之一，拟建设井场、集控室、浸出液处理厂房、蒸发池、发电机房等，通过条件试验确定合理的地浸工艺路线，为工业生产提供技术依据。核工业北京化工冶金研究院对该项目进行了环境影响评价，并于2015年12月取得原环境保护部“关于巴润铀矿床地浸试验环境影响报告书的批复”（环审〔2015〕254号）。但该试验项目因征地原因终止，仅在现场开展了水文地质试验，未开展地浸采铀条件试验。

本项目为巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验，选择的试验区域包含原条件试验的区域，拟通过群孔工业试验获取浸出工艺及工艺参数，探索利用巴彦乌拉铀矿已建成的水冶设施，实现对周边零星铀资源进行回收利用的数字化开采模式，为工业化开发提供设计依据。其主要建设内容仅为井场、集控室及综合管网，无浸出液处理厂房、蒸发池等设施，占地面积较小，目前建设单位已解决征地问题。

2020年7月，中国铀业有限公司以中铀发〔2020〕289号文“关于巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验研究实施方案的批复”对项目进行了批复。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，该试验项目需开展环境影响评价并编制环境影响报告表。中核内

蒙古矿业有限公司委托中核第四研究设计工程有限公司承担该项目的环评工作。接受委托后，环评小组立即赴现场进行了实地踏勘，收集了项目的工程资料和环境资料，委托有资质部门开展了环境质量现状监测，于2021年2月完成了报告表的编制工作，现提交生态环境部审查。

1.3 工程概况

1) 工程概况

项目名称：巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验。

建设性质：新建。

服务年限：研究周期为6年。

建设单位：中核内蒙古矿业有限公司。

建设地点：内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗巴彦乌拉苏木境内。

项目投资：本项目总投资3995万元，其中环保投资226.6万元。

2) 工程内容

本项目为地浸采铀试验研究项目，主要研究内容如下：

- ①地质、水文地质条件研究；
- ②矿石室内浸出试验与浸出工艺研究；
- ③现场地浸工业性试验；
- ④地浸采铀数字化开采技术研究。

根据试验研究需求，本项目共布置2个试验采区，井间距分为30m和27m两种类型，共计72个抽注单元，2座集控室。试验采区的抽注液总管分别与巴彦乌拉铀矿山井场的抽注液总管对接，试验采区的浸出液与巴彦乌拉地浸工程浸出液一同输送至巴彦乌拉集液池，并在巴彦乌拉水冶厂进行后续提铀处理，处理后的吸附尾液进入注液总管，在管道内配置浸出剂输送至试验采区集控室后再分配至各注液孔。

1.4 与项目有关的原有污染情况及主要环境问题

1) 巴彦乌拉铀矿床现状及与本项目的关系

巴彦乌拉铀矿床地浸工程隶属于中核内蒙矿业有限公司，位于内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗巴彦乌拉苏木境内。巴彦乌拉铀矿床2010年完成前期地质工艺试验，2013年完成地浸采铀条件试验，2014年完成地浸采铀扩大试验。内蒙古巴彦乌拉铀矿床地浸采铀工程于2014年12月取得国防科工局立项批复（科工计〔2014〕1625号），2015年2月取得环境保护部环评批复（环审〔2015〕33号），2015年5月取得国防科工局可研批复（科工二司计〔2015〕428号），2017年3月完成了环境保护竣工验收，2017年8月21日取得了

环境保护部环境保护竣工验收批复（环验〔2017〕35号）。依据中国铀业“十三五”规划，内蒙古铀业有限公司未来将集中建设巴彦乌拉外围地浸采铀工程，建成后二连基地天然铀产能预期将达到 XX tU/a。

巴彦乌拉地浸采铀工程包含井场（生产井、监测井、井场综合管线、集控室、集液池及泵房、配液池及泵房、硫酸供应站等）、水冶厂（浸出液处理综合厂房、蒸发池）、辅助生产及仓储设施（化工原料库、产品库、固体废物库、机修车间、中心化验室、备品备件库等）、生活区、公用工程及总图工程等建设内容。

巴彦乌拉铀矿床是内蒙古天然铀生产大基地的重要组成部分，为了稳定天然铀产能，巴润矿段将作为巴彦乌拉铀矿床下一步地浸采铀向西南方向延伸的接续点。本项目为巴彦乌拉铀矿床巴润矿段开展的前期地浸采铀工业性试验，试验建设内容仅包含井场部分（含钻孔、集控室及综合管网），其浸出液的水冶处理依托巴彦乌拉地浸采铀工程的水冶厂。本试验井场位于巴彦乌拉地浸采铀工程水冶厂西南方向约 5.45km，其与巴彦乌拉地浸采铀工程位置关系见图 1-1。本项目试验井场的抽注液总管与巴彦乌拉地浸采铀工程井场总管对接，浸出液通过抽液管道输送至巴彦乌拉铀矿山集液池，与巴彦乌拉地浸采铀工程浸出液在集液池混合进行提铀处理，处理后的吸附尾液配置为浸出剂通过注液管道输送至试验采区集控室后再分配至各注液孔。

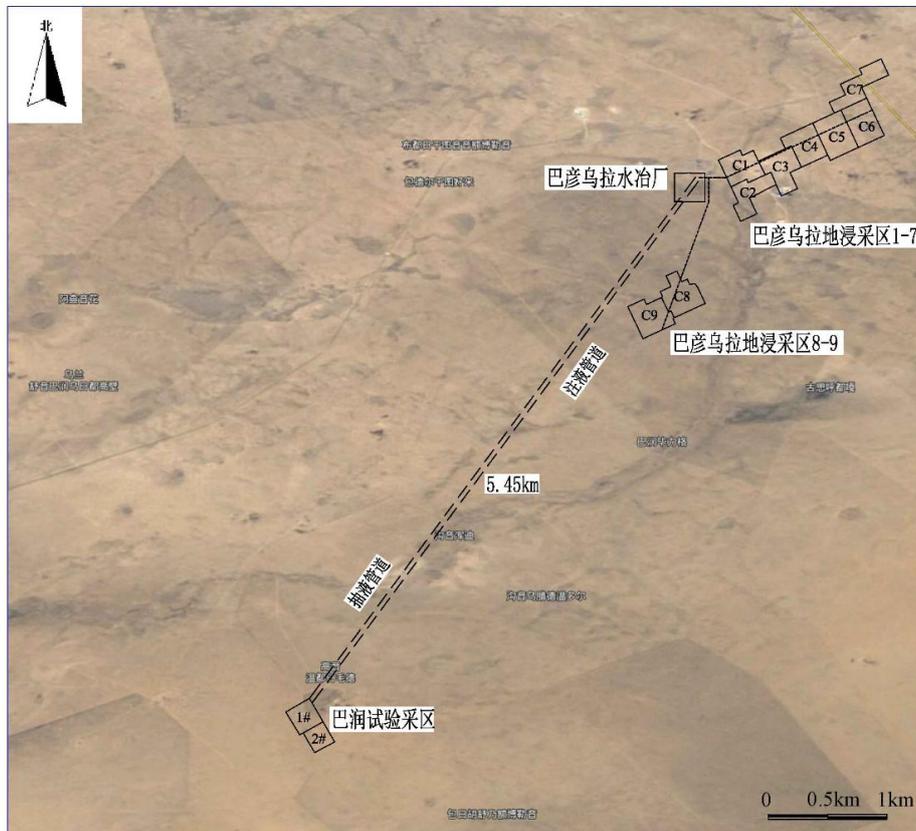


图 1-1 本项目与巴彦乌拉地浸工程位置关系图

除水冶厂外，本项目的辅助生产仓储设施，如化工原料库、产品库、中心化验室、备品备件库等也依托于巴彦乌拉地浸采铀工程。本项目不新增劳动定员，调用巴彦乌拉现有工作人员，试验人员的生活起居仍依托于巴彦乌拉铀矿床生活区。

2) 原有污染情况及主要环境问题

巴润矿段曾于 2015 年开展过水文地质试验，在水文地质试验期间采取了有效地环境保护措施和场地恢复措施，无环境污染情况发生。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) 水文地质钻孔施工过程中产生的废弃泥浆、岩心均埋于泥浆坑，泥浆坑上部回填表层土壤，并已恢复植被；

2) 水文地质试验结束后，钻孔采用水泥全孔封孔，有效的隔断地下水含水层之间的相互导通，确保不会对地下水系统产生干扰；

3) 水文地质试验结束后，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；

4) 水文地质试验结束后，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，本项目不存在原有遗留环境污染问题。

2 编制依据

法规 标准	<p>1) 法规</p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》2015年1月1日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003年10月1日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》2018年12月29日；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》2017年10月1日；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》2021年1月1日。</p> <p>2) 标准规范</p> <p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(2) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)；</p> <p>(3) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)；</p> <p>(4) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009)；</p> <p>(5) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011)；</p> <p>(6) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)；</p> <p>(7) 《环境影响评价技术导则 铀矿冶》(HJ1015.1-2019)；</p> <p>(8) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(9) 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)；</p> <p>(10) 《铀矿冶辐射环境监测规定》(GB23726-2009)；</p> <p>(11) 《地浸采铀环境保护技术规定》(EJ/T1007-2018)；</p> <p>(12) 《铀、钍矿冶放射性废物安全管理技术规定》(GB14585-1993)；</p> <p>(13) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)；</p> <p>(14) 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)；</p> <p>(15) 《声环境质量标准》(GB3096-2008)；</p> <p>(16) 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)；</p> <p>(17) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)；</p> <p>(18) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)；</p> <p>(19) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；</p> <p>(20) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)。</p>
----------	---

相关文件	<ol style="list-style-type: none">1) 《巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀试验研究实施方案》，中核内蒙古矿业有限公司，2020年5月；2) 中国铀业有限公司文件《关于巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀试验研究实施方案的批复》，中铀发〔2020〕289号；3) 《内蒙古自治区生态环境厅关于巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验项目环境影响评价执行标准的复函》，内蒙古自治区生态环境厅，2020年9月11日；4) 《巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验环境质量现状监测》(2020HYYFX-04346)，核工业北京化工冶金研究院，2020年9月；5) 《巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验环境质量现状监测》(2020HYYFX-05590)，核工业北京化工冶金研究院，2020年11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

巴彦乌拉铀矿床巴润矿段位于二连盆地中北部，行政上隶属于内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉苏木管辖，西距二连浩特市 150km，南距满都拉图镇（旗政府所在地）30km，东距锡林郭勒盟 220km。苏尼特左旗地处蒙古高原中北部，位于锡林郭勒大草原西北，东临阿巴嘎旗，西接苏尼特右旗、二连浩特市，南连正镶白旗、正蓝旗，北与蒙古国接壤（距蒙古国国界直线距离约 70km）。

试验区西部有集二线铁路，区内有公路 208 国道和 S111 省道通过，呼和浩特-锡林郭勒公路、锡林郭勒-二连浩特公路横过境内，并有草原便道通往各苏木，交通便利。地理位置见图 3-1。



1-铁路；2-国道及编号；3-省道；4-柏油公路；5-河流；6-机场；7-盟；8-旗；9-苏木；10-巴润矿段。

图 3-1 试验区交通位置图

3.2 区域地形地貌

苏尼特左旗境内地貌类型有高原、低山丘陵、沙地和湖盆低地四大地貌类型。苏尼特左旗 90%以上的面积属于草原，其余为丘陵、沙地和湖盆低地。试验区地处二连盆地的中北部，夹持在巴音宝力格隆起与苏尼特隆起之间，处于乌兰察布坳陷与马尼特坳陷的交接部位。试验区南、北缘地势较高，向试验区内缓缓降低，海拔标高在 1040~1255m 之间，

构成北东向的梯形洼地。试验区地势平坦，地形地貌见图 3-2，根据区域地形高程数据形成的三维地形图见图 3-3。



图 3-2 试验区地形地貌图

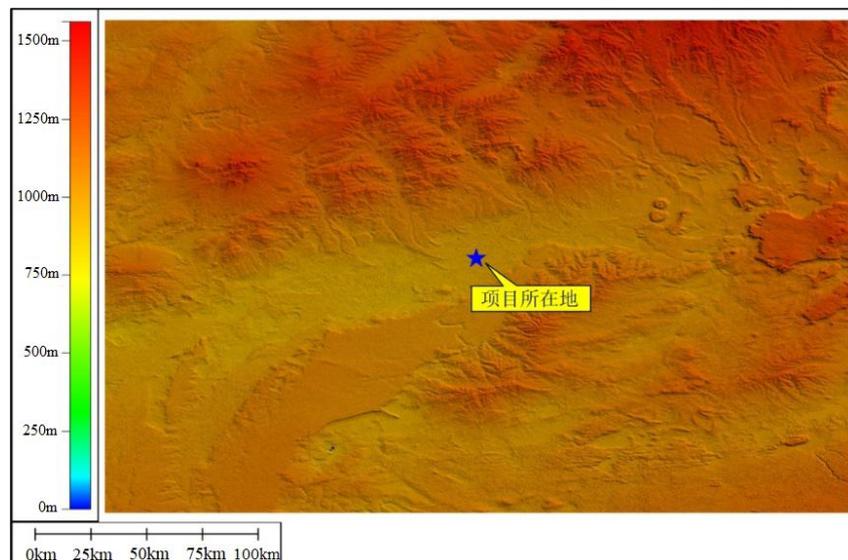


图 3-3 试验区高程图

3.3 气候气象

1) 区域气候特征

试验区域位于内蒙古锡林郭勒盟西北部，属荒漠草原区，以干旱、半干旱大陆性气候为主。该地年平均气温 5.1°C ，极端最低气温出现在一月，其值为 -36.9°C ，极端最高气温出现在七月，其值为 40.1°C 。年平均降水量为 185.2mm ，年最大降水量为 321.7mm （1959 年），最小降水量为 96.3mm ，降水主要集中在 6~9 月份，占全年降水的 76.1% 左右，日最大降水量 97.7mm ，一次连续最大降水量 116.9mm 。年平均相对湿度 52.1%，年平均蒸发量 2449.6mm 。年该地的年平均风速为 3.4m/s ，风频最大的风向为西风和西南风。

2) 气象资料

本次预测的地面气象数据采用距离最近的苏尼特左旗气象站 2019 年逐时气象数据。该

站站点编号 53195，地理坐标为东经 113.63°，北纬 43.87°，为一般站，与巴润矿段距离为 22.6km，地形和气象特征与试验区基本一致。地面气象参数为逐时数据，包括观测时间、风向、风速和温度等。

本次预测采用的高空气象数据采用中尺度气象模拟软件 WRF 模拟得到，模拟区域中心的地理坐标为东经 113.85°、北纬 43.90°，与巴润矿段距离约 34.5km。高空气象要素包括日期、气压、高度、干球温度、露点温度、风向和风速等，模拟时间段为 2019 年每日 8 时、20 时两次。

根据苏尼特左旗气象站 2019 年逐时气象数据，试验区所在地区全年温度、风速月平均变化情况见表 3-1 和图 3-4、图 3-5，全年各风向风频见表 3-2，各季和全年风向玫瑰图见图 3-6。由表 3-1 和表 3-2 可知，评价区域年平均温度为 5.1℃，年平均风速为 3.4m/s，风向以 SW~W 为主，年静风频率为 3.1%。

表 3-1 温度、风速月平均变化值

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
温度 (°C)	-15.2	-15.1	-2.4	8.6	15.0	21.1
风速 (m/s)	3.9	3.1	4.4	4.1	4.3	3.5
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
温度 (°C)	23.9	19.9	18.9	5.7	-4.4	-14.7
风速 (m/s)	3.2	3.0	2.7	3.3	3.1	2.4

表 3-2 全年各风向风频

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

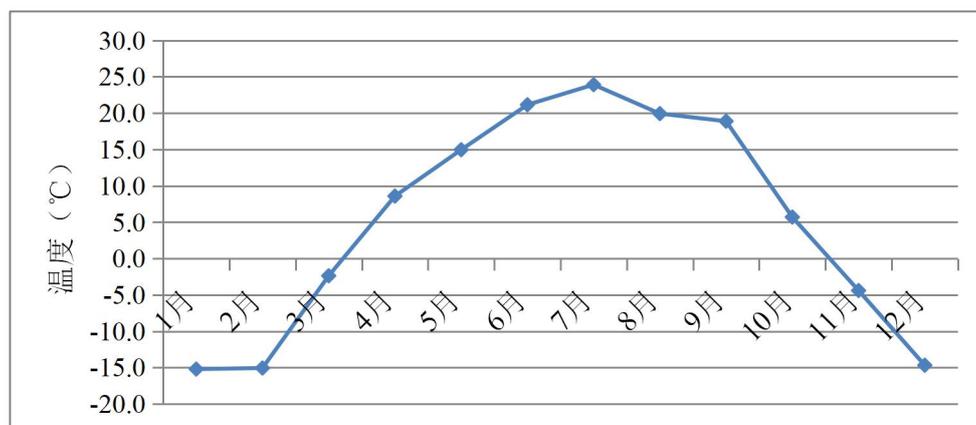


图 3-4 各月温度变化图

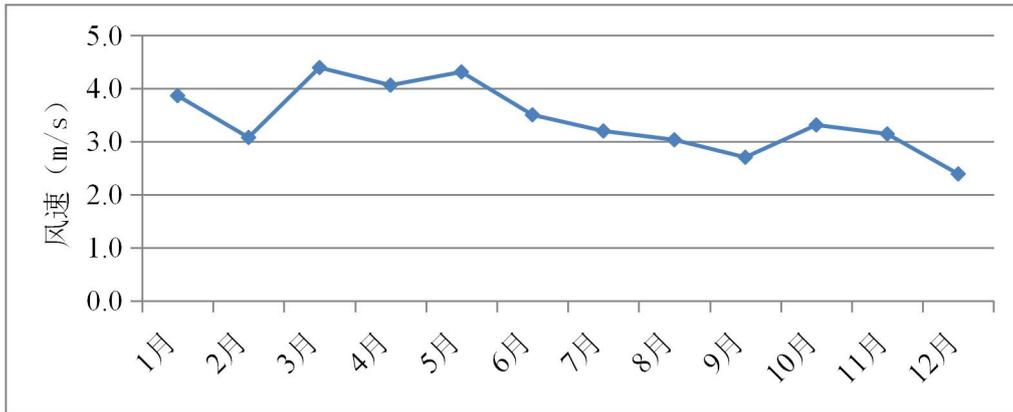


图 3-5 各月平均风速图

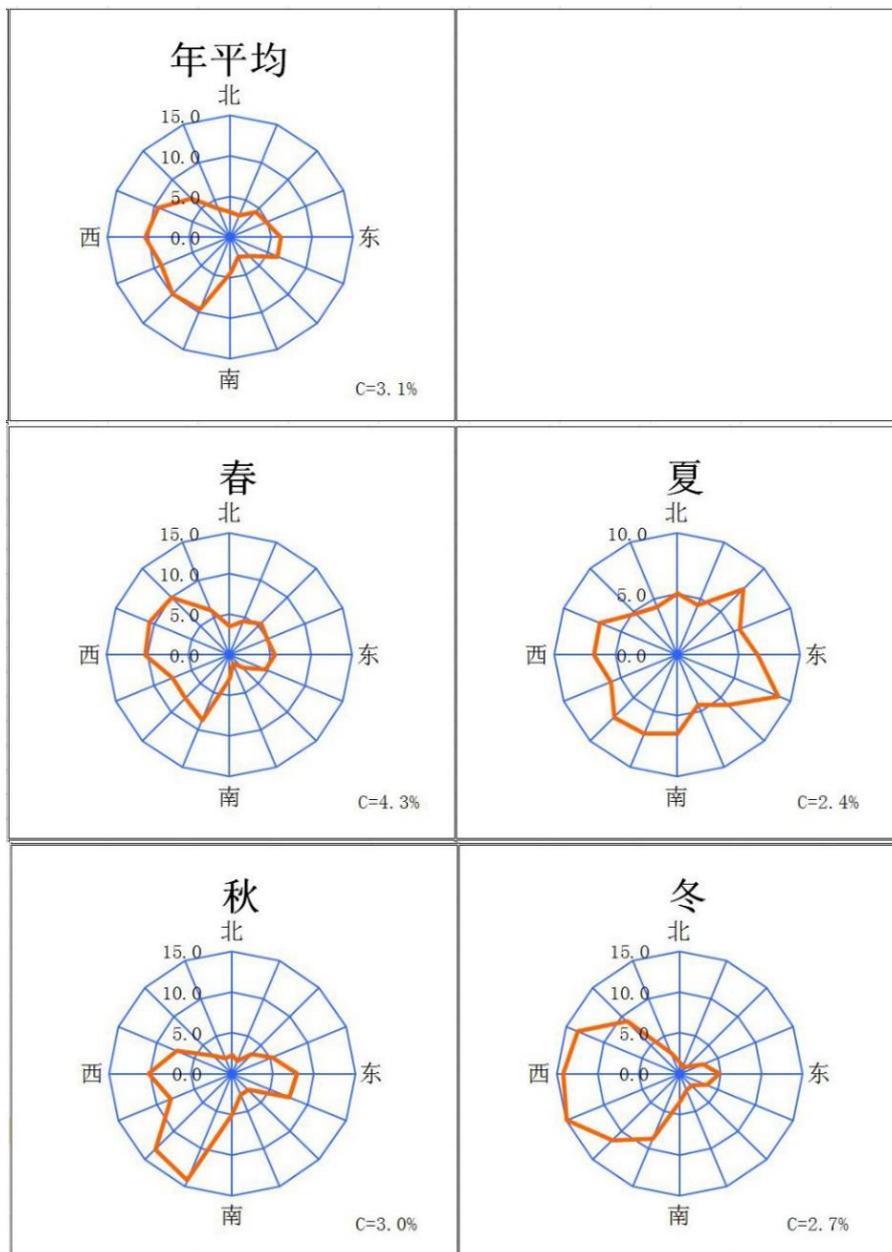


图 3-6 全年和各季风向玫瑰图

3.4 地表水系

境内地表水系不发达，仅在南部地区有一条常年性河流-恩格尔河，根据《苏尼特左旗志》(2003年)，恩格尔河全旗境内径流长度65km，流域面积1240km²，平均流量为15.75m³/s，总蓄水流量为1260万m³。此外，境内有常年性和季节性湖泊24处，其中淡水湖3处，湖泊水面积15.75km²，总蓄水量1450万m³。境内有泉眼55处，有常年涌水的8处，季节性涌水的16处，年涌水量为80万m³。

评价区内地表水系不发育，仅有干谷和季节性沼泽洼地分布。试验区附近无接纳水体。恩格尔河距试验采区150km左右，常年性有水的淖尔距矿床西南侧约100km。

3.5 地质

1) 地层特征

巴润矿段处于巴彦乌拉铀矿床B671-B447线，地表出露地层为古近系伊尔丁曼哈组，且大面积被第四系(Q)覆盖。根据钻孔揭露资料，自下而上揭遇地层有：下白垩统赛汉组下段(K_{1s}¹)、赛汉组上段(K_{1s}²)、古近系伊尔丁曼哈组(E_{2y})、第四系，其中赛汉组上段(K_{1s}²)是巴润矿段的主要赋铀层位，地层分布图见图3-7。

赛汉组下段揭遇到灰色、深灰色泥岩夹灰黑色炭质泥岩、黑色褐煤层，顶部与赛汉组上段接触面附近见到与炭屑共生的黄铁矿结核，以及较稳定的黄铁矿细脉、薄层。泥岩层分布广泛且稳定，构成本区含矿含水层区域性隔水底板。

伊尔丁曼哈组在矿床分布面广，其由褐红色、浅灰绿色、浅灰色泥岩、含砂泥岩与黄色、灰白色砂岩互层组成，常见钙质结核、铁锰质斑点。

赛汉组上段为主要赋铀层位，与上部的伊尔丁曼哈组呈角度不整合接触，与下部的赛汉组下段呈平行不整合接触。上段地层厚度为21.43~105.10m，平均值为65.61m。从走向上看，南西部厚度大，向北东部减小；从倾向上看，中部厚度大，向南北两侧逐渐变小。

赛汉组上段地层顶板标高为863.42~946.64m，平均值为905.03m，呈现出西部顶板标高大于东部，河谷两侧大于河谷中部的规律。从倾向上看，南北两侧底板高、向中部变低，且北部底板较南部高。从走向上看，西部低、东部高。

2) 矿体特征

根据《内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉铀矿床巴润地段(B511~B471线)详查地质报告》，巴润矿段矿体顶板埋深为75.86~108.56m，平均94.64m，总体顶面埋深浅，变化小。矿体底面埋深为90.76~115.66m，平均104.23m，总体埋深浅。矿体沿北东-南西轴线部位底板埋深较大，沿轴线向北西和南东两侧方向矿体底面埋深变浅。巴润矿段矿体厚度为1.50~14.40m，平均6.46m，矿体厚度变化较大。总体上，矿体南东部厚，向北部及西部变薄，

14m 以上厚度的矿体主要分布在南部 I-17 号主矿体，分布面积较大。

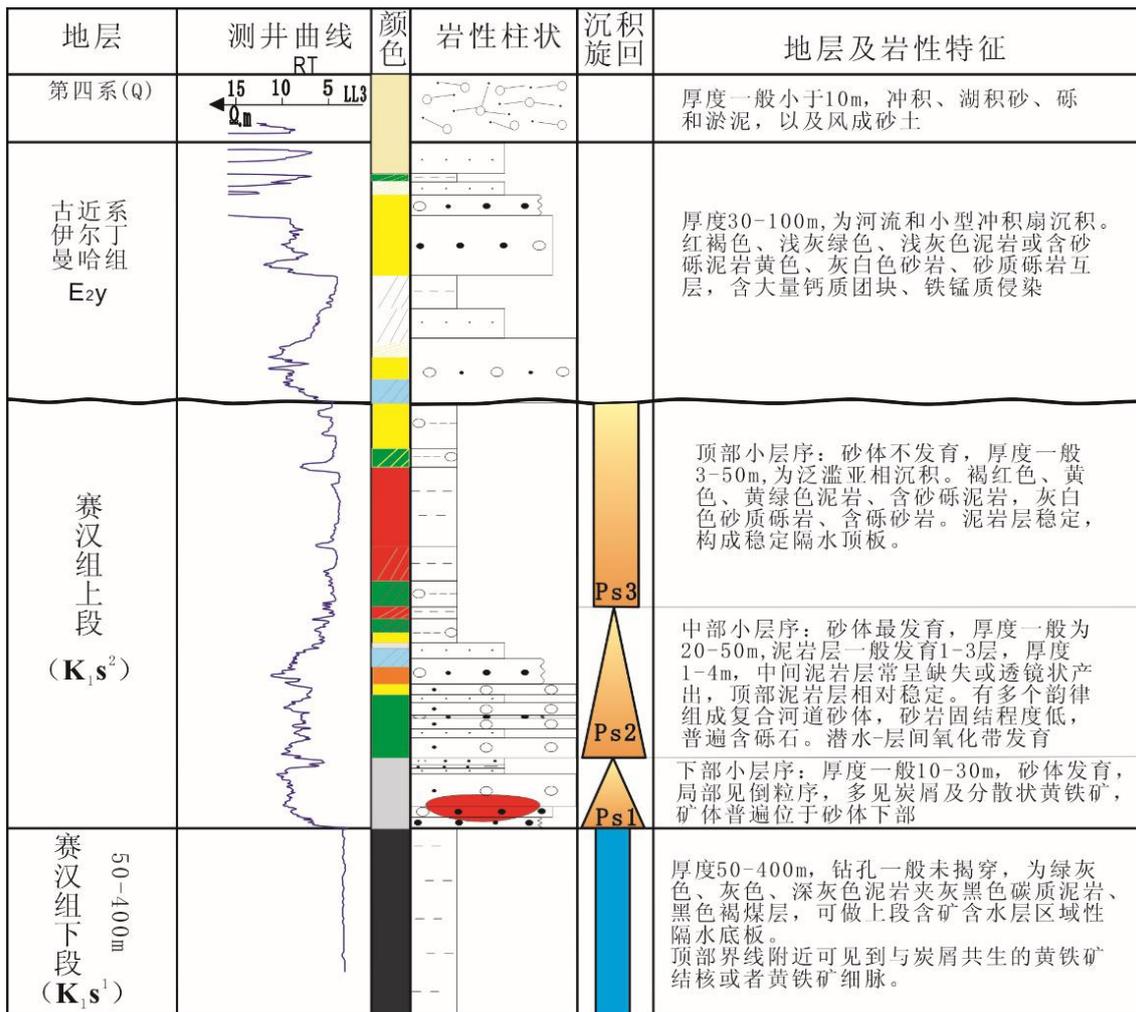


图 3-7 巴润矿段地层分布图

3.6 水文地质

1) 含水层划分

巴润矿段范围内含水岩组单一, 主要为碎屑岩类含水岩组, 根据含水岩石的时代、埋藏条件、水动力特征等不同可进一步划分出古近系始新统伊尔丁曼哈组碎屑岩含水岩亚组、下白垩统赛汉组碎屑岩含水岩亚组。矿区水文地质剖面见图 3-8 (以 B487 号勘探线为例)。

(1) 伊尔丁曼哈组碎屑岩含水岩亚组 (E_{2y})

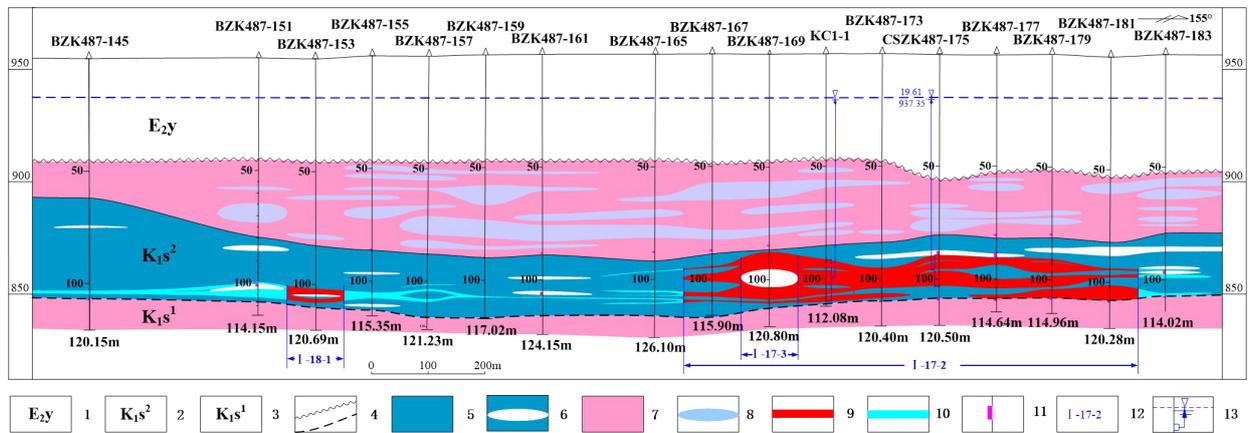
该含水层在矿床范围内均有分布, 局部被第四系覆盖, 南西部厚度相对较薄, 为 20~75m, 向北东方向逐渐增厚, 为 60~100m, 局部可达 170m; 主要为一套河流、洪泛沉积的砂岩、砂质砾岩、泥质砂砾岩、含砂砾泥岩、泥岩等, 赋存孔隙潜水和承压水。其中西部含水层岩性由砂岩、砂质砾岩组成, 一般有 1~3 层较为连续, 单层厚度较薄, 多小于 10m, 局部可达 20m (总厚度可达 40m), 水位埋深 0~20m, 单孔涌水量一般小于 100m³/d; 东部含水层不发育, 砂岩、砂质砾岩分布范围局限, 连续性差, 呈薄层状或透镜状, 且多

含泥质，含水性、富水性较差。

(2) 赛汉组碎屑岩含水岩亚组 (K_{1s})

该含水层在矿床范围内均有分布，埋藏于伊尔丁曼哈组之下，由赛汉组上段 (K_{1s}^2) 和赛汉组下段 (K_{1s}^1) 组成，赋存孔隙承压水。其中，赛汉组上段 (K_{1s}^2) 为含矿含水层。

赛汉组上段下部由辫状河沉积的砂岩、砂质砾岩夹泥岩、粉砂质泥岩组成，其结构疏松，连通性较好，产状平缓—较平缓，分布稳定连续，从白音芒来—巴润—道布—白音塔拉构成长达约 80km、宽 5~12km 北东向展布古河谷砂体，其富水性、渗透性好，总厚度 20~100m，变化规律是横向上从河道两侧向中心增厚，纵向上沿河道中轴线从南西向北东逐渐增厚。该含水层为含矿含水层。

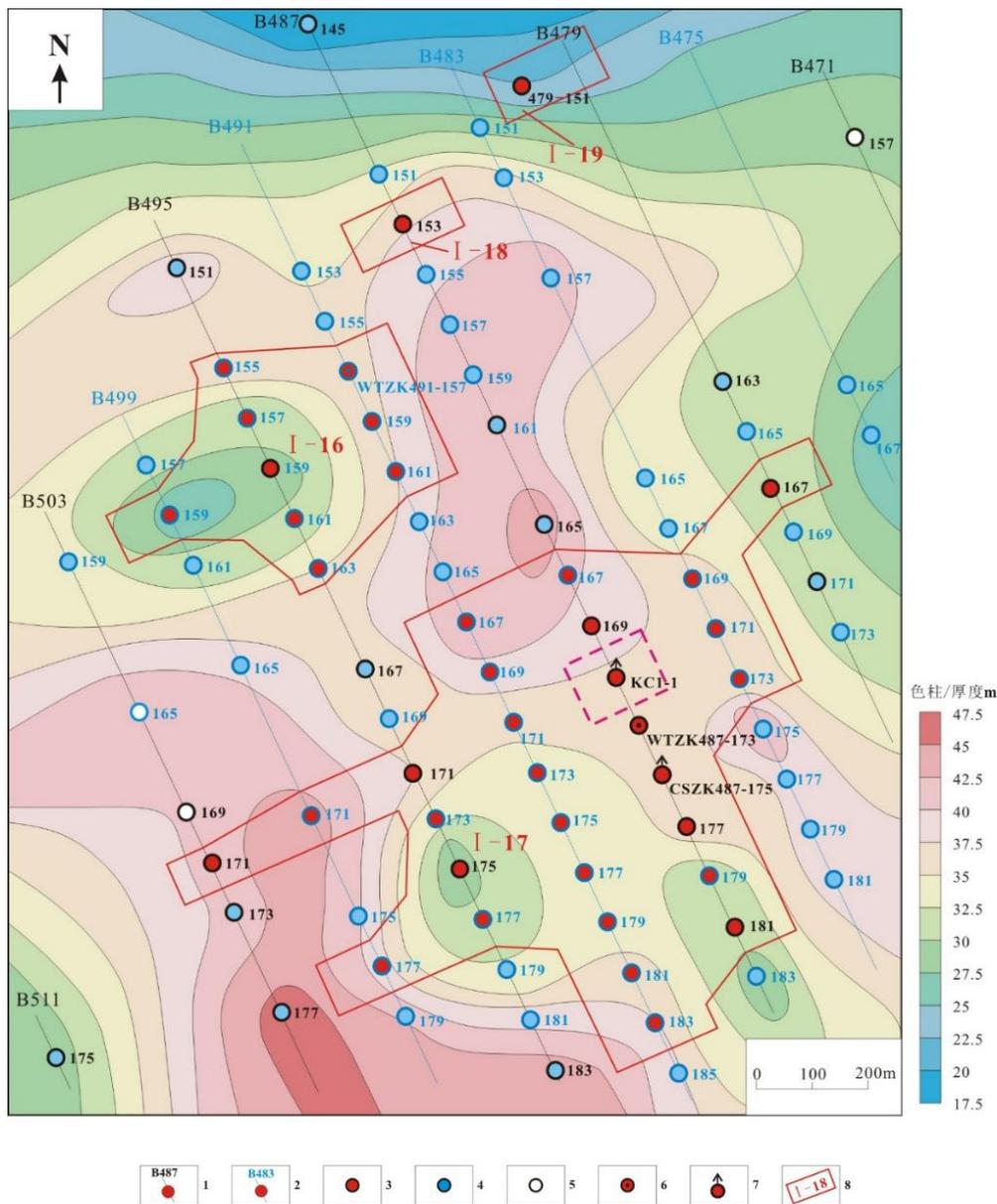


1-伊尔丁曼哈组；2-赛汉组上段；3-赛汉组下段；4-地层角度/平行不整合界线；5-含矿含水层；6-局部或透镜状隔层；7-隔水层；8-薄层状或透镜状含水层；9-轴矿体；10-轴矿化体；11-泥岩铀异常段；12-矿体及块段编号；13-抽水试段位置及含矿含水层承压水水位线

图 3-8 巴润 B487 号勘探线水文地质剖面示意图

赛汉组上段上部为洪泛沉积含砂砾泥岩、泥岩夹砂岩、砂质砾岩、泥质砂岩薄层或透镜体，泥岩段总厚度一般 10~60m，且分布稳定连续，局部夹不稳定砂岩、砂质砾岩层，因厚度较薄或呈透镜状，连通性、富水性差，因此，上部泥岩段构成含矿含水层的稳定隔水顶板，厚度等值线图见图 3-9。

赛汉组下段为湖沼沉积的泥岩、粉砂质泥岩夹褐煤，分布稳定，构成含矿含水层的稳定隔水底板。根据《内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉铀矿床巴润地段 (B511~B471 线) 详查地质报告》，含矿含水层的隔水底板较厚，铀矿钻孔未揭穿，据周边煤田钻孔资料，隔水底板厚度可达 400m 以上。



1-首批勘探线、编号及施工钻孔；2-第二批勘探线、编号及施工钻孔；3-工业铀矿孔；4-铀矿化孔；5-无矿孔；6-物探参数孔；7-水文地质孔；8-铀矿体及编号。

图 3-9 巴润矿段含矿含水层隔水顶板厚度等值线图

2) 含矿含水层特征

据水文地质孔抽水试验资料，含矿含水层水位埋深 16.23~19.67m，承压水头 60.83~92.07m，钻孔涌水量 302.40~445.2m³/d，单位涌水量 1.26~1.85L/s·m，矿层渗透系数 8.94~10.00 m/d，导水系数 221.98~259.00m²/d，影响半径 83.20~87.81m。表明含矿含水层地下水不仅水位埋深小、具较强承压水头，而且涌水量大、矿层渗透性较强、导水能力和连通性均好，具备适宜地浸开采的水文地质参数。

巴润矿段含矿含水层隔水顶板主要由赛汉组上段顶部的绿灰色夹红色泥岩、浅黄色泥

岩、含砂砾泥岩、粉砂质泥岩等组成，属辫状河沉积体系末期的泛滥平原沉积。局部与伊尔丁曼哈组洪泛沉积的红色泥岩、灰绿色泥岩、含砂砾泥岩、粉砂质泥岩等共同组成。厚度一般 5~20 m，最薄 2.50 m，最厚 41.00m，分布连续、稳定，隔水性能良好。

含矿含水层隔水底板由赛汉组下段湖沼相沉积的绿灰色、灰色、深灰色泥岩、含粉砂泥岩组成，据周边煤田孔资料，厚度可达 400 m 以上，但铀矿钻孔未揭穿，揭遇厚度一般 5~10m，分布连续、稳定，隔水性能良好。

含矿含水层地下水主要接受北东邻区地下水的侧向补给，另外还有北西和南东的侧向补给，地下水总体从北东向南西缓慢迳流，水力梯度 0.3‰~1.4‰，迳流速度 0.7~2.9m/a，最终泄于矿区南西部的准达来、巴润达来一带。

3.7 土地和水体利用

苏尼特左旗总土地面积为 34251.7km²。其中，牧草地面积为 33795.0km²，林地面积为 110.3km²，耕地面积仅 2.5km²，村地、交通用地、水域及工矿用地面积分别为 11.0km²、24.0km²、171.2km² 及 0.3km²；其它土地面积为 137.5km²，主要为盐碱地、沙地等。本项目周边 5km 范围内规划土地利用类型以草场和荒地为主，不涉及基本农田。

苏尼特左旗处于半干旱、干旱荒漠草原地区，水资源总量为 35613 万 m³，可利用水资源总水量为 17070 万 m³。境内地表水系不发达，境内仅有一条常年性河流-恩格尔河。根据现场查勘，评价中心半径 5km 范围内无集中式工农业生产用水，有 12 户分散牧民，其生活用水均为自家井水，井深约 50m，取水层位为潜水含水层，每户牧民约 2~7 人，取水量较少。

3.8 生态环境概况

1) 生态环境状况

苏尼特左旗处于我国北方草原带的典型草原与荒漠草原过渡地带，草场面积占 90%以上，大部分为荒漠草原和半荒漠草原型，植被多为草木科、大百合科植物为主的牧草，如多节植物蒿、碱葱、沙葱、冰草等。土壤以轻壤土为主，有机质含量低，稳固性差。试验区属荒漠草原区，草地植被稀少。

2) 资源开发利用状况

苏尼特左旗以畜牧业为主体经济，畜牧业资源丰富。牲畜品种包括苏尼特羊、苏尼特山羊、苏尼特驼、蒙古牛、蒙古马等在内的地方优良品种。矿产资源丰富，目前发现有铁、铜、金、褐煤、石油等二十余种矿物，现已探明的矿种有 10 余种。评价区域 5km 范围内牧民养殖动物主要为羊和牛，植物资源以草原草地为主，无珍稀动植物资源。

3) 生态红线

目前，内蒙古自治区的生态保护红线正处于划定阶段，还未正式出台。经建设单位与苏尼特左旗自然资源局核实，本项目未在生态保护红线内。

评价区域附近无自然保护区、风景名胜区等需要特别保护的区域。

3.9 社会环境简况

1) 社会经济

苏尼特左旗位于内蒙古锡林郭勒盟西北部，锡林郭勒盟经济以畜牧业为主，属国家边远经济比较落后地区。根据《锡林郭勒盟 2019 年国民经济和社会发展统计公报》，2019 年全盟完成地区生产总值 798.59 亿元。其中，第一产业对全盟经济增长的贡献率为 22.7%，第二产业的贡献率为 7.3%，第三产业的贡献率为 70.0%。按常住人口计算，全年人均地区生产总值 75585 元，比上年增长 3.1%。

2) 人口

根据《锡林郭勒盟 2019 年国民经济和社会发展统计公报》，2019 年全盟常住人口为 105.83 万人，辖区面积约 20 万 km²，人口密度为 5.29 人/km²，人口自然增长率为 2.52‰。

本次评价以试验采区作为评价中心，评价中心 5km 范围内总人口为 46 人，人口数据来源于 2020 年现场收集，评价中心 5km 范围内的人口分布见表 3-3，居民点分布情况见图 3-7。

表 3-3 评价中心 5km 范围内居民点

序号	居民点	方位	距评价中心距离 (km)	人口数
1	牧民 1	E	0.40	4
2	牧民 2	N	2.16	4
3	牧民 3	SSE	3.85	6
4	牧民 4	W	3.29	4
5	牧民 5	WSW	4.57	2
6	牧民 6	NNE	3.69	3
7	牧民 7	SSE	4.81	4
8	牧民 8	S	2.40	3
9	牧民 9	SSW	1.17	2
10	牧民 10	WSW	2.70	7
11	牧民 11	NNW	2.10	3
12	牧民 12	NNW	4.65	4
合计				46

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 3-4。2020 年和 2023 年人口分布情况见表 3-5 和表 3-6。评价范围内人口的年龄结构为婴儿 1.0%、幼儿 5.7%、少年 16.2%、成人 77.1%。

评价中心 5km 范围仅有牧民点，无学校和企业等敏感目标。

表 3-4 评价范围内人口自然增加率

年份	2021	2022	2023
出生率，‰	10.21	9.97	9.73
死亡率，‰	7.21	7.35	7.51
人口增长率，‰	3.00	2.62	2.22

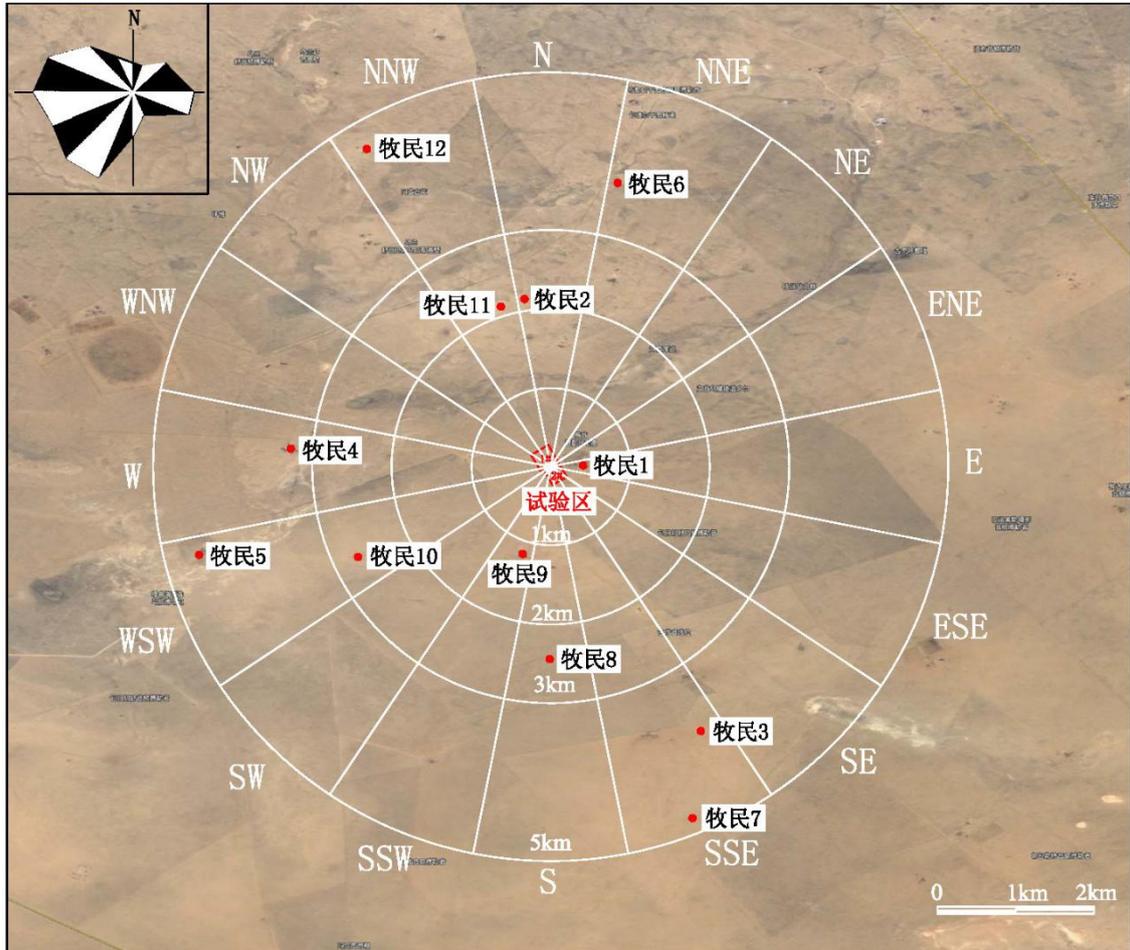


图 3-7 评价中心 5km 范围内居民点分布图

表 3-5 评价中心 20km 范围内人口分布 (2020 年)

距离 (km)	年龄组	方位															
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~1	婴儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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	4	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	2	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	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	7	0	0	0	3
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	3	0	0	0	0	0	10	0	0	0	2	4	0	0	4
5~10	婴儿	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	幼儿	0	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	少年	2	2	6	3	2	2	2	2	0	1	1	2	4	3	2	3
	成人	3	4	13	6	10	12	6	4	3	2	3	5	9	6	7	5
10~20	婴儿	1	1	2	3	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	幼儿	2	3	9	8	1	5	5	6	2	3	4	4	1	0	0	2
	少年	2	4	13	16	2	14	11	10	3	12	8	6	2	1	0	5
	成人	22	26	87	97	14	76	66	90	18	25	19	34	13	3	7	24

表 3-6 评价中心 20km 范围内人口分布（2023 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	4	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	2	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	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	7	0	0	0	3
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	3	0	0	0	0	0	10	0	0	0	2	4	0	0	4
5~10	婴儿	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	幼儿	0	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	少年	2	2	6	3	2	2	2	2	0	1	1	2	4	3	2	3
	成人	3	4	13	6	10	12	6	4	3	2	3	5	9	6	7	5
10~20	婴儿	1	1	2	3	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	幼儿	2	3	9	8	1	5	5	6	2	3	4	4	1	0	0	2
	少年	2	4	13	16	2	14	11	10	3	12	8	6	2	1	0	5
	成人	22	26	88	98	14	76	66	91	18	25	19	35	13	3	7	24

4 评价适用标准

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	
	地下水环境	《地下水质量标准》	GB/T14848-2017 III类	pH	6.5~8.5	
				As	0.01mg/L	
				Zn	1.0mg/L	
				Pb	0.01mg/L	
				Cd	0.005mg/L	
				Cr ⁶⁺	0.05mg/L	
				Fe	0.3mg/L	
				Mn	0.1mg/L	
				Hg	0.001mg/L	
				Cu	1.0mg/L	
				SO ₄ ²⁻	250mg/L	
				Cl ⁻	250mg/L	
				F ⁻	1mg/L	
				TDS	1000mg/L	
				硝酸盐	20mg/L	
	氨氮	0.5mg/L				
COD	3mg/L					
土壤	《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》	GB36600-2018 第二类用地污染 风险筛选值	pH	6.5~7.5		
			As	60mg/kg		
			Cd	65mg/kg		
			Hg	38mg/kg		
			Pb	800mg/kg		
			Cr	250mg/kg		
			Zn	300mg/kg		
			Ni	900mg/kg		
	Cu	18000mg/kg				
	《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》	GB15618-2018 土壤污染风险筛选值	pH	6.5~7.5	>7.5	
			As	30mg/kg	25mg/kg	
			Cd	0.3mg/kg	0.6mg/kg	
			Hg	2.4mg/kg	3.4mg/kg	
			Pb	120mg/kg	170mg/kg	
			Cr	200mg/kg	250mg/kg	
Zn			250mg/kg	300mg/kg		
Ni	100mg/kg	190mg/kg				
Cu	100mg/kg	100mg/kg				
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	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	<p>根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），铀矿冶企业实践所致的公众关键居民组成员所受的年平均剂量约束值不应超过 0.5mSv/a。本项目处于试验阶段，规模较小，结合本项目气态流出物所致公众剂量预测结果，确定本项目实施所致的公众平均年有效剂量管理目标值为 0.01mSv/a。</p> <p>根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），地浸采铀矿山 ²²²Rn 的归一化排放量不超过 7×10¹²Bq/100t(U)。</p>					

5 环境质量状况

5.1 监测目的

为了了解和掌握巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验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

本项目属于新建项目，根据《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB23726-2009），本底调查应不少于一年，监测频次不少于两次。本项目监测由核工业北京化工冶金研究院分析测试研究中心开展，监测时间分别为2020年8月和10月。核工业北京化工冶金研究院分析测试研究中心具有计量认证合格证的环境监测机构，CMA证书编号为[160021183086]，有效期至2022年9月8日，所出具的监测报告是有效的。

本项目监测布点示意图见图5-1，监测方案见表5-1。

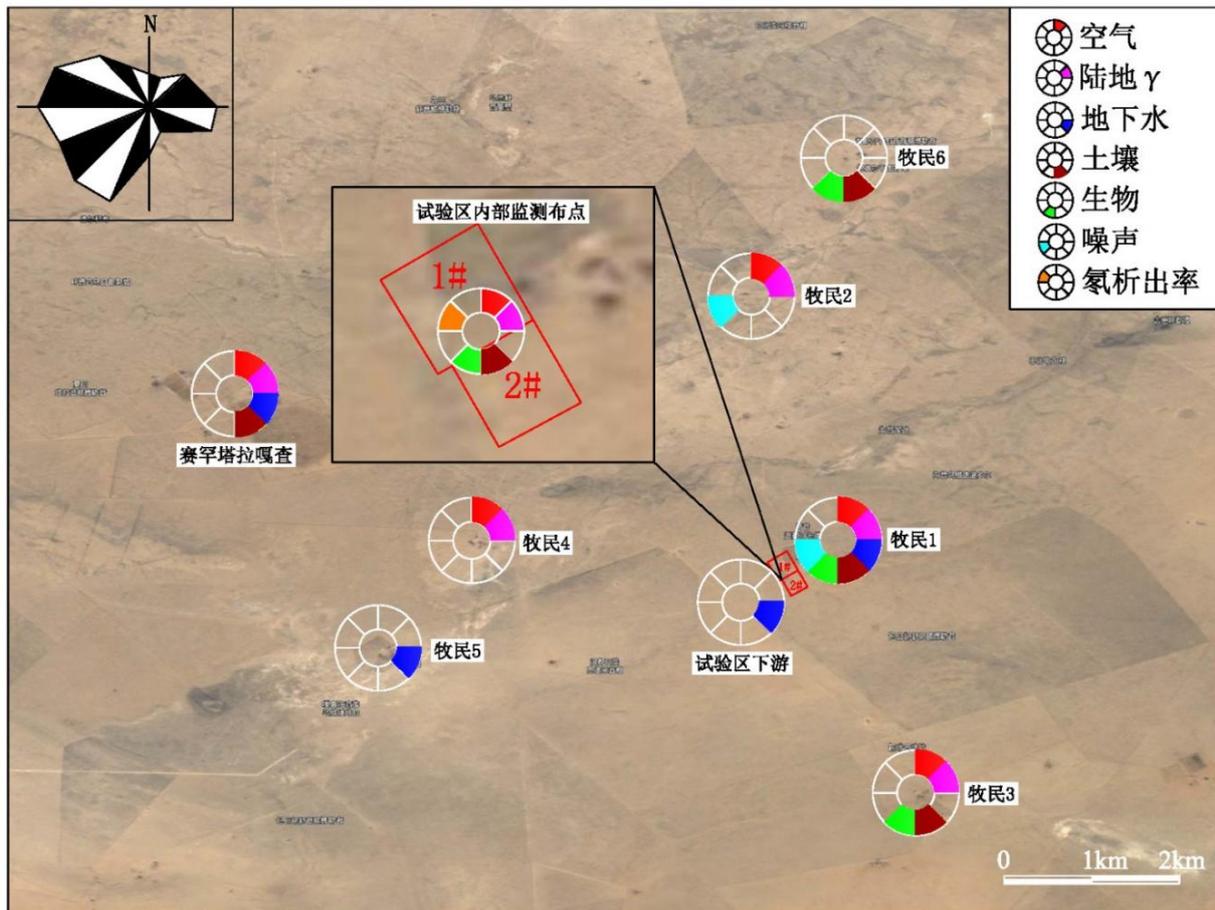


图 5-1 监测布点图

表 5-1 监测方案

环境介质	监测项目	监测位置	点位(个)	监测频次及要求
空气	氡及其子体	①试验区内部 1 个监测点位； ②牧民 1、牧民 2、牧民 3、牧民 4 居民点各 1 个监测点； ③对照点：赛罕塔拉嘎查。	6	每日 1 次，连续监测 3 天。其中，牧民 1、牧民 3 为每日 24h，连续监测 3 天。
	氡析出率	试验区内部 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 1 个监测点位； ②牧民 1、牧民 2、牧民 3、牧民 4 居民点各 1 个监测点； ③对照点：赛罕塔拉嘎查。	6	监测 1 次。
地下水	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 pH、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 氨氮、硝酸盐、As、Hg、 Cr^{6+} 、 Zn、Cu、Pb、Cd、Fe、Mn、 总溶解性固体、氟化物、高锰酸盐指数	①潜水含水层(W-民)：牧民 1、牧民 5 各布设 1 个监测点； ②含矿含水层(W-矿)：试验区下游水文孔 1 个监测点位。 ③对照点：赛罕塔拉嘎查。	4	监测 1 次。
土壤	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、pH、As、Cd、 Hg、Pb、Cr、Zn、Ni、Cu	①试验采区内部 1 个监测点位； ②牧民 1、牧民 3、牧民 6 居民点各 1 个监测点； ③对照点：赛罕塔拉嘎查。	5	每个监测点位取 1 个混合样。
生物	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po	①试验采区内部 1 个监测点位； ②牧民 1、牧民 3、牧民 6 居民点各 1 个监测点。	4	牧草
声环境	等效声级 $L_{\text{eq}}(\text{A})$	牧民 1、牧民 2 各布置 1 个监测点位。	2	每日昼夜各 1 次，连续监测 2 天。

5.2.2 监测方法和测量仪器

为保证测量数据的准确性，测量方法采用国家和核工业领域颁布或推荐的标准测量方法。本项目监测内容和测量分析方法及监测仪器见表 5-2。

表 5-2 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
氡气	GB/T 14582-1993	测氡仪	RAD7	3.7Bq/m ³
氡子体	EJ 378-1989	氡及子体测量仪	RPM-FF01	10 nJ/m ³
氡析出率	EJ/T 979-1995	测氡仪+集氡罩	RAD7	5×10 ⁻⁵ Bq/(m ² ·s)

	γ 剂量率	GB/T 14583-1993	γ 剂量率仪	ERM3421	10 nGy/h
地下水	U _{天然}	HJ700-2014	电感耦合等离子质谱仪	NexION 350X	0.1 μ g/L
	²²⁶ Ra	GB11214-1989	钍钷分析仪	FD125	0.009Bq/L
	²¹⁰ Pb	EJ/T1075-1998	低本底 α 、 β 检测仪	LB6008	6.5mBq/L
	²¹⁰ Po	HJ813-2016	α 能谱仪	Alpha Ensemble	0.74 mBq/L
	pH	GB/T 6920-1986	酸度计	PHS-3E	0~14
	Fe	HJ776-2015	等离子体发射光谱仪	Optima 5300 DV	0.2mg/L
	HCO ₃ ⁻	GB/T5750.5-2006	滴定管	10mL	0.15 g/L
	CO ₃ ²⁻				0.05 g/L
	氨氮	GB/T5750.5-2006	紫外分光光度计	722 型	0.01 mg/L
	Cl ⁻	GB/T5750.5-2006	离子色谱仪	ICS-5000+	0.07 mg/L
	F ⁻				0.04 mg/L
	NO ₃ ⁻				1.0 mg/L
	SO ₄ ²⁻				0.2 mg/L
	Hg	HJ694-2014	原子荧光光度计	AFS-230E	0.1 μ g/L
	As				2.0 μ g/L
	Cr ⁶⁺	GB7467-1987	分光光度计	722G	0.004mg/L
	Pb	HJ700-2014	电感耦合等离子质谱仪	NexION 350X	0.5 μ g/L
	Cu				0.1 μ g/L
	Zn				1.0 μ g/L
	Mn				0.5 μ g/L
Cd	0.05 μ g/L				
TDS	GB/T5750.4-2006	天平	BSA224S	100 mg/L	
高锰酸盐指数	GB/T5750.7-2006	滴定管	10mL	0.5 mg/L	
土壤	U _{天然}	HJ803-2016	电感耦合等离子质谱仪	NexION 350X	0.05 μ g/g
	²²⁶ Ra	GB/T11743-2013	高纯锗 γ 能谱仪	GMX50P4-83	2.0Bq/kg
	pH	NY/T1121.2-2006	酸度计	PHS-3E	0~14
	Hg	GB/T22105.1-2008	原子荧光光度计	AFS-230E	0.002 μ g/g
	As	GB/T22105.2-2008	原子荧光光度计	AFS-230E	0.01 μ g/g
	Cu	HJ803-2016	电感耦合等离子质谱仪	NexION 350X	0.5 μ g/g
	Ni				2 μ g/g
	Pb				2 μ g/g
	Cr				1 μ g/g
Zn	7 μ g/g				
Cd	0.02 μ g/g				
生物	U _{天然}	HJ/T14506.30-2010	电感耦合等离子质谱仪	NexION 350X	0.3ng/g(灰)
	²²⁶ Ra	GB/T16145-1995	高纯锗 γ 能谱仪	GMX50P4-83	0.3 Bq/kg(鲜)
	²¹⁰ Pb	GB/T11713-2015			1.4 Bq/kg(鲜)
	²¹⁰ Po	HJ813-2016	α 能谱仪	AlphaEnsemble	0.3 Bq/kg
噪声	GB3096-2008	多功能声级计	AWA6228+	AWA6228+	

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

γ 辐射空气吸收剂量率监测结果如表 5-3 所示。由该表可知，本项目 γ 辐射空气吸收剂量率范围值为 100~118nGy/h，与锡林郭勒盟地区处于同一水平。

表 5-3 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果 (nGy/h)

序号	监测点位	范围值	
		第一次监测	第二次监测
1	牧民 1	100	101
2	牧民 2	101	101
3	牧民 3	103	100
4	牧民 4	104	102
5	试验区内部	108	110
6	赛罕塔拉嘎查 (对照点)	118	117
监测值汇总		100~118	100~117
《中国环境天然放射性水平》(2015 年)锡盟		66.6~154.1	

注：监测数据未扣除宇宙射线。

5.3.2 氡及氡子体浓度监测结果

空气中氡及氡子体浓度监测结果见表 5-4。由表可知，氡浓度范围值为 9.39~17.5Bq/m³，氡子体浓度范围值为 49.2~72.9nJ/m³，两次监测的氡和氡子体浓度均处于全国水平范围内。

表 5-4 空气中氡及氡子体浓度监测结果

序号	监测地点	氡浓度均值 (Bq/m ³)		氡子体浓度均值 (nJ/m ³)	
		第一次	第二次	第一次	第二次
1	牧民 1	12.2	11.4	61.6	60.1
2	牧民 2	9.48	9.61	50.4	51.9
3	牧民 3	10.7	10.5	56.3	55.1
4	牧民 4	9.84	9.39	53.4	49.2
5	试验区内部	17.5	16.9	72.9	69.4
6	赛罕塔拉嘎查 (对照点)	16.2	15.4	68.0	67.1
监测值汇总		9.48~17.5	9.39~16.9	50.4~72.9	49.2~69.4
《中国环境天然放射性水平》(2015)全国		3.3~40.6		15.4~114.0	

5.3.3 氡析出率

地表氡析出率监测结果见表 5-5。由该表可知，试验区内部地表氡析出率为 0.0761~0.0826 Bq/m²·s，两次监测结果均处于同一水平。

表 5-5 氡析出率监测结果 单位：Bq/m²·s

监测点位	氡析出率 Bq/(m ² ·s)	
	第一次	第二次
试验区内部	0.0761	0.0826

5.3.4 地下水环境质量

1) 放射性指标

(1) 潜水含水层

评价范围内居民点潜水含水层地下水放射性核素监测结果见表 5-6。

表 5-6 潜水含水层地下水放射性核素含量分析结果

监测项目	监测次数	牧民 1	牧民 5	赛罕塔拉嘎查	监测值汇总	《中国环境天然放射性水平》锡盟
U _{天然} (μg/L)	第一次	12.5	19.8	36.9	12.5~36.9	10.40~101.6
	第二次	11.6	19.0	31.8	11.6~31.8	
²²⁶ Ra (Bq/L)	第一次	0.013	<0.009	0.032	<0.009~0.032	0~0.178
	第二次	0.013	0.010	0.026	0.010~0.026	
²¹⁰ Po (mBq/L)	第一次	<0.74	<0.74	13.8	<0.74~13.8	/
	第二次	<0.74	<0.74	3.18	<0.74~3.18	
²¹⁰ Pb (mBq/L)	第一次	<6.5	<6.5	<6.5	<6.5	/
	第二次	<6.5	<6.5	9.86	<6.5~9.86	

由表 5-6 可知，潜水含水层地下水中 U_{天然} 浓度为 11.6~36.9μg/L，²²⁶Ra 最大浓度为 0.032Bq/L，U_{天然} 和 ²²⁶Ra 浓度处于锡林郭勒盟地区地下水本底范围内。²¹⁰Po 最大浓度为 13.8mBq/L，²¹⁰Pb 最大浓度为 9.86mBq/L。

(2) 含矿含水层

由于试验采区仅在采区下游处剩余 1 个含矿含水层监测孔可用于本次监测工作，为进一步说明试验区地下水本底情况，本次评价引用了《巴润铀矿床地浸试验环境影响报告书》中 3 个含矿含水层地下水点位的监测数据，其取样监测时间为 2014 年 7 月。监测数据见表 5-7。

表 5-7 含矿含水层地下水放射性核素含量分析结果

监测项目	监测次数	试验区含矿含水层下游	*含矿含水层 1#	*含矿含水层 2#	*含矿含水层 3#	监测值汇总	《中国环境天然放射性水平》(2015 年) 锡盟
U _{天然} (μg/L)	第一次	52.0	52.1	49.8	50.3	49.8~52.1	10.40~101.6
	第二次	50.5					
²²⁶ Ra (Bq/L)	第一次	0.12	0.15	0.11	0.11	0.11~0.15	0.002~0.178
	第二次	0.14					
²¹⁰ Po (mBq/L)	第一次	25.5	66	94	19	19~94	/
	第二次	30.6					
²¹⁰ Pb (mBq/L)	第一次	13.4	70	<10	70	<10~70	/
	第二次	19.1					

注：*数据来源于《巴润铀矿床地浸试验环境影响报告书》（核工业北京化工冶金研究院，2015）。

由表 5-7 可知，本次含矿含水层地下水放射性核素监测结果与引用的《巴润铀矿床地

浸试验环境影响报告书》中的地下水本底监测数据基本一致，处于同一水平。综合《巴润铀矿床地浸试验环境影响报告书》中的地下水本底监测数据可知，含矿含水层地下水中 $U_{\text{天然}}$ 浓度范围为49.8~52.1 $\mu\text{g/L}$ ， ^{226}Ra 浓度范围为0.11~0.15Bq/L，均处于锡林郭勒盟地区地下水本底范围内。 ^{210}Po 浓度范围为19~94mBq/L， ^{210}Pb 最高浓度为70mBq/L。

2) 非放射性指标

(1) 潜水含水层

评价范围内潜水含水层地下水非放射性核素监测结果见表5-8。由表可知，潜水含水层地下水中非放射性指标总体满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中III类标准，个别因子背景值较高。其中，pH背景值为8.22~8.61， $\text{NH}_3\text{-N}$ 背景值0.61~2.26mg/L、 SO_4^{2-} 背景值237~311mg/L、F⁻背景值0.55~1.78mg/L、Cl⁻背景值262~427mg/L、TDS背景值977~1518mg/L。

(2) 含矿含水层

评价范围内含矿含水层地下水非放射性核素监测结果见表5-9。由表可知，含矿含水层地下水中非放射性指标总体满足《地下水质量标准》(GB14848-2017)中III类标准，个别因子背景值超过地下水III类标准。其中，pH背景值7.53~9.32、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 背景值0.19~0.87mg/L、COD背景值1.31~6.82mg/L、 SO_4^{2-} 背景值168~367mg/L、F⁻背景值0.75~1.42mg/L、Cl⁻背景值368~426mg/L、TDS背景值1247~1634mg/L。

表 5-8 居民点地下水非放射性指标分析结果

监测项目	监测次数	牧民 1	牧民 5	赛罕塔拉嘎查	监测值汇总	标准值
pH	第一次	8.56	8.59	8.32	8.32~8.59	6.5~8.5
	第二次	8.44	8.22	8.61	8.22~8.61	
COD (mg/L)	第一次	1.17	1.28	1.26	1.17~1.28	3
	第二次	1.25	1.36	1.33	1.25~1.36	
NH ₃ -N (mg/L)	第一次	0.95	1.01	2.26	0.95~2.26	0.5
	第二次	1.65	0.61	1.02	0.61~1.65	
Cr ⁶⁺ (μg/L)	第一次	<4	<4	<4	<4	50
	第二次	<4	<4	<4	<4	
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	第一次	311	303	242	242~311	250
	第二次	309	285	237	237~309	
As (μg/L)	第一次	<2.0	<2.0	2.26	<2.0~2.26	10
	第二次	<2.0	3.72	<2.0	<2.0~3.72	
Hg (μg/L)	第一次	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1
	第二次	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Cd (μg/L)	第一次	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	5
	第二次	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Pb (μg/L)	第一次	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	10
	第二次	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
Fe (mg/L)	第一次	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3
	第二次	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	
Cu (μg/L)	第一次	<0.10	0.12	12.6	<0.1~12.6	1000
	第二次	0.486	<0.10	<0.10	<0.1~0.486	
Zn (μg/L)	第一次	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1000
	第二次	3.31	<1.0	<1.0	<1.0~3.31	
Mn (μg/L)	第一次	<0.5	<0.5	5.38	<0.5~5.38	100
	第二次	<0.5	<0.5	6.09	<0.5~6.09	
F ⁻ (mg/L)	第一次	1.30	1.78	1.36	1.30~1.78	1
	第二次	1.44	0.55	1.37	0.55~1.44	
Cl ⁻ (mg/L)	第一次	414	400	262	262~414	250
	第二次	427	376	275	275~427	
NO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	5.29	7.60	4.14	4.14~7.60	20
	第二次	3.42	6.75	4.31	3.42~6.75	
HCO ₃ ⁻ (g/L)	第一次	0.409	0.409	0.701	0.409~0.701	/
	第二次	0.351	0.561	0.643	0.351~0.643	
CO ₃ ²⁻ (g/L)	第一次	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	/
	第二次	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
TDS (mg/L)	第一次	1461	1415	1335	1335~1461	1000
	第二次	1427	1518	977	977~1518	

表 5-9 含矿含水层地下水放射性核素含量分析结果

监测项目	监测次数	试验区下游	*含矿含水层 1#	*含矿含水层 2#	*含矿含水层 3#	监测值汇总	标准值
pH	第一次	9.02	7.55	7.94	7.53	7.53~9.32	6.5~8.5
	第二次	9.32					
COD (mg/L)	第一次	2.62	6.82	1.31	1.35	1.31~6.82	3
	第二次	1.62					
NH ₃ -N (mg/L)	第一次	0.82	0.291	0.221	0.189	0.189~0.87	0.5
	第二次	0.87					
Cr ⁶⁺ (μg/L)	第一次	<4	<4	<4	<4	<4	50
	第二次	<4					
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	第一次	173	300.7	254.6	367.2	168~367.2	250
	第二次	168					
As (μg/L)	第一次	<2.0	2.5	0.4	1.2	<0.4~2.5	10
	第二次	<2.0					
Hg (μg/L)	第一次	<0.1	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	1
	第二次	<0.1					
Cd (μg/L)	第一次	<0.05	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	5
	第二次	<0.05					
Pb (μg/L)	第一次	<0.5	8	9	6	<0.5~9	10
	第二次	<0.5					
Fe (mg/L)	第一次	<0.2	0.06	0.17	0.21	0.06~0.21	0.3
	第二次	<0.2					
Cu (μg/L)	第一次	0.19	<50	<50	<50	<50	1000
	第二次	<0.1					
Zn (μg/L)	第一次	<1.0	<50	<50	<50	<50	1000
	第二次	<1.0					
Mn (μg/L)	第一次	<0.5	20	20	20	<0.5~20	100
	第二次	0.54					
F ⁻ (mg/L)	第一次	0.75	1.12	1.13	1.40	0.75~1.42	1
	第二次	1.01					
Cl ⁻ (mg/L)	第一次	368	424.93	425.61	423.81	368~425.61	250
	第二次	371					
NO ₃ ⁻ (mg/L)	第一次	<1.0	0.03	0.02	0.03	0.02~0.1	20
	第二次	<1.0					
HCO ₃ ⁻ (g/L)	第一次	0.432	/	/	/	0.304~0.432	/
	第二次	0.304					
CO ₃ ²⁻ (g/L)	第一次	0.057	/	/	/	0.057~0.080	/
	第二次	0.080					
TDS (mg/L)	第一次	1259	1632	1572	1623	1247~1634	1000
	第二次	1247					

*注：来源于《巴润铀矿床地浸试验环境影响报告书》（核工业北京化工冶金研究院，2015年）。

5.3.5 土壤环境质量

土壤中 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 监测结果见表 5-10，非放射性因子监测结果见表 5-11。由表可知，土壤中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为 1.30~3.27 $\mu\text{g/g}$ ， ^{226}Ra 范围值为 10.6~22.3Bq/kg，均与锡林郭勒盟地区本底均处于同一水平。各项非放监测指标监测结果均满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的污染风险筛选值标准要求。

表 5-10 土壤放射性核素含量分析结果

序号	采样地点	$U_{\text{天然}}$ ($\mu\text{g/g}$)		^{226}Ra (Bq/kg)	
		第一次	第二次	第一次	第二次
1	牧民 1	2.97	2.29	12.3	12.3
2	牧民 3	1.93	1.72	11.7	10.9
3	牧民 6	1.50	1.50	22.3	20.0
4	试验采区内部	3.27	1.38	10.6	10.9
5	赛罕塔拉嘎查	1.30	1.49	16.0	16.5
监测值汇总		1.30~3.27	1.38~2.29	10.6~22.3	10.9~20.0
《中国环境天然放射性水平》 (2015 年) 锡盟		0.37~3.22		8.33~42.87	

表 5-11 土壤非放射性分析结果

监测项目	监测次数	牧民 1	牧民 3	牧民 6	赛罕塔拉嘎查	监测值汇总	农用地标准值	试验区内部	建设用地标准
pH	第一次	7.03	6.91	7.11	7.86	6.91~7.86	6.5~7.5/ >7.5	7.28	—
	第二次	7.56	8.60	8.00	8.78	7.56~8.78		7.39	
As ($\mu\text{g/g}$)	第一次	4.21	4.45	5.37	8.59	4.21~8.59	30/25	5.04	60
	第二次	4.35	4.40	3.86	6.76	3.86~6.76		4.34	
Hg ($\mu\text{g/g}$)	第一次	0.010	0.010	0.011	0.012	0.010~0.012	2.4/3.4	0.012	38
	第二次	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010		0.010	
Cd ($\mu\text{g/g}$)	第一次	0.08	0.04	0.06	0.07	0.04~0.08	0.3/0.6	0.06	65
	第二次	0.06	0.04	0.06	0.06	0.04~0.06		0.01	
Cu ($\mu\text{g/g}$)	第一次	7.25	7.77	8.30	9.71	7.25~9.71	100/100	8.22	18000
	第二次	6.60	6.94	8.72	10.4	6.60~10.4		9.73	
Pb ($\mu\text{g/g}$)	第一次	14.4	15.2	14.7	16.2	14.4~16.2	120/170	16.3	800
	第二次	14.6	13.7	13.3	15.8	13.3~15.8		14.5	
Cr ($\mu\text{g/g}$)	第一次	14.5	16.6	20.0	20.4	14.5~20.4	200/250	19.2	250
	第二次	16.5	16.2	22.7	24.0	16.2~24.0		16.9	
Zn ($\mu\text{g/g}$)	第一次	22.5	23.4	24.0	31.4	22.5~31.4	250/300	24.6	300
	第二次	23.9	21.0	28.7	41.2	21.0~41.2		29.4	
Ni ($\mu\text{g/g}$)	第一次	8.57	9.63	10.1	11.7	8.57~11.7	100/190	8.35	900
	第二次	8.70	9.22	10.5	13.8	8.70~13.8		9.08	

5.3.6 生物样品

本次生物样品均为牧草,监测结果见表 5-12。牧草中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为 0.05~0.22 $\mu\text{g/g}$, ^{226}Ra 范围值为 2.80~4.51Bq/kg, ^{210}Po 范围值为 4.03~7.67Bq/kg, ^{210}Pb 范围值为 11.0~15.3Bq/kg。

表 5-12 陆生生物放射性核素含量分析结果 (鲜重)

样品名称	$U_{\text{天然}}$ ($\mu\text{g/g}$)		^{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
牧民 1	0.18	0.06	4.51	4.14	5.87	6.81	14.4	14.4
牧民 3	0.16	0.05	4.27	4.38	7.67	5.88	15.1	15.3
牧民 6	0.21	0.05	3.03	3.16	4.83	6.50	11.0	11.4
试验区内部	0.22	0.19	2.85	2.80	6.07	4.03	13.9	13.8
监测值汇总	0.16~0.22	0.05~0.19	2.85~4.51	2.80~4.38	4.83~7.67	4.03~6.81	11.0~15.1	11.4~15.3

5.3.7 声环境质量

本项目周边声环境监测结果见表 5-13。由表可知,昼间声级范围值在 40~42dB (A) 之间,夜间声级范围值为 23~25 dB(A),两次监测均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准要求。

表 5-13 声环境监测结果 Leq[dB (A)]

监测位置	第一次监测		第二次监测	
	监测时间	测量值 (dB(A))	监测时间	测量值 (dB(A))
牧民 1	昼	42	昼	40
	夜	25	夜	23
牧民 2	昼	41	昼	40
	夜	25	夜	24
《声环境质量标准》 (GB3096-2008) 2 类标准		昼	60 dB(A)	
		夜	50 dB(A)	

5.4 小结

根据本项目现状监测结果,环境现状调查结论如下:

1) γ 辐射空气吸收剂量率

试验采区周边环境中的 γ 辐射空气吸收剂量率在 (100~118) nGy/h 之间,与锡盟地区的本底处于同一水平。

2) 氡及氡子体浓度

试验采区周边环境中的氡浓度为 (9.39~17.5) Bq/ m^3 之间,氡子体浓度范围值在 (49.2~72.9) nJ/ m^3 ,与全国基本处于同一水平。

3) 氡析出率

试验采区内部地表氡析出率在 0.0761~0.0826Bq/ ($\text{m}^2\cdot\text{s}$) 之间。

4) 地下水

本项目潜水含水层和含矿含水层地下水中的 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 均处于锡林郭勒盟当地本底范围内。潜水含水层地下水中非放射性指标总体满足《地下水质量标准》（GB14848-2017）中Ⅲ类标准，个别因子（pH、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 SO_4^{2-} 、 F^- 、 Cl^- 及 TDS）背景值较高。含矿含水层地下水中非放射性指标总体满足《地下水质量标准》（GB14848-2017）中Ⅲ类标准，个别因子（pH、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、COD、 SO_4^{2-} 、 F^- 、 Cl^- 及 TDS）背景值较高。

5) 土壤

试验采区周边土壤中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为 1.30~3.27 $\mu\text{g/g}$ ， ^{226}Ra 范围值为 10.6~22.3Bq/kg，均与锡林郭勒盟地区本底均处于同一水平。

土壤中各项非放监测指标均满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）标准要求。

6) 生物

本次生物样品均为牧草，牧草中 $U_{\text{天然}}$ 范围值为 0.05~0.22 $\mu\text{g/g}$ ， ^{226}Ra 范围值为 2.80~4.51Bq/kg， ^{210}Po 范围值为 4.03~7.67Bq/kg， ^{210}Pb 范围值为 11.0~15.3Bq/kg。

7) 声环境

本项目周围昼间和夜间声环境监测结果均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

主要环境保护目标

根据工程性质和周围环境特征，确定本项目大气环境保护目标为项目周围居住区的大气环境；水环境保护对象为井场区域及周围含矿含水层地下水；声环境保护对象为厂界外200m声环境；生态环境保护对象为项目建设占地区域。本项目具体环境保护目标见表5-14。

表 5-14 环境保护目标一览表

要素	保护对象	方位	距离 (km)	性质	人口	保护目标
大气 环境	牧民 1	E	0.40	牧民 点	4	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级。
	牧民 2	N	2.16		4	
	牧民 3	SSE	3.85		6	
	牧民 4	W	3.29		4	
	牧民 5	WSW	4.57		2	
	牧民 6	NNE	3.69		3	
	牧民 7	SSE	4.81		4	
	牧民 8	S	2.40		3	
	牧民 9	SSW	1.17		2	
	牧民 10	WSW	2.70		7	
	牧民 11	NNW	2.10		3	
	牧民 12	NNW	4.65		4	
水 环境	试验采区周围潜水含水层及含矿含水层地下水				地下水环境执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III类标准。	
声 环境	试验采区边界外 200m 范围内				《声环境质量标准》 (GB3096-2008) 2类。	
生态 环境	本项目占地区域				防止生态环境破坏、水土流失等。	
辐射 环境	20km 评价范围				本项目确定的公众平均年有效剂量管理目标值 0.01mSv/a	

6 建设项目工程分析

6.1 项目组成及内容

本项目为巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀试验研究项目，目的为获取井场工艺参数和技术经济指标、探索研究矿山数字化开采技术，主要分为以下四个研究专题，见表 6-1。

表 6-1 本项目研究内容一览表

序号	研究专题	试验内容
1	地质、水文地质条件研究评价	开展现场水文地质试验，测定矿床涌水量、渗透性等参数，对地浸开采方法进行评价。
2	矿石室内浸出试验与浸出工艺研究	开展室内含矿含水层岩矿物学分析与室内浸出试验，了解巴彦乌拉铀矿床巴润矿段矿石的浸出性能、矿石的耗酸情况以及浸出液成分的变化规律和溶浸剂、氧化剂等对浸出的影响，综合考虑矿石性质、地下水水质特征、室内浸出试验结果，研究提出现场浸出试验工艺路线和工艺参数。
3	现场地浸工业性试验	开展现场群孔抽注浸出试验，进一步研究适宜于巴彦乌拉铀矿床巴润矿段开发的的浸出工艺，确定巴润矿段地浸开采技术参数。
4	地浸采铀数字化开采技术研究	依托巴彦乌拉现有矿山自动化能力，研发建设矿山数据中心，实现各系统间的数据共享及同步，确保数据的安全性；研发建设资源开发与储量动态管理平台，实现对铀资源的动态掌握与管理，为资源开发与建模提供基础数据；研发建设生产管理与智能监控平台，实现矿山生产数据数字化、自动化采集、分析、综合集成以及智能监控；研发建设三维管控一体化平台，实现生产、科研、资源、安全环保等信息的共享，科学动态地调度资源，降本增效；综合集成各系统模块，最终形成“一个中心，三个平台”的数字化地浸铀矿山开采模式。

本项目专题二的研究内容均在核工业北京化工冶金研究院实验室内进行，由于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（环审（2006）165号）。因此，本项目不再对室内试验进行环境影响评价。

本项目专题四的研究内容均为采用计算机系统构建地浸采铀矿山数据中心，不涉及现场工程。因此，不对该部分进行环境影响评价。

本项目专题一水文地质试验利用本项目新施工的生产孔进行，并且在现场地浸工业性试验开展前实施。以试验区中心孔（KC1-1）为抽液孔，KC1-1抽液孔周围 KZ1-1、KZ1-2、KZ2-1、KZ2-2 四个注液孔为观测孔开展抽水试验和水位恢复试验。采用定流量进行抽水，抽水量为 12m³/h，时间为 48h，记录抽水过程中的地下水水位，抽出的地下水通过较远距

离（影响半径外）的生产孔回注入含水层，48h后停止抽水，继续记录地下水在天然条件下的水位恢复情况。该部分内容实施时间短，且抽出和回注的是原始清洁地下水，不会对地下水环境产生影响。

综上所述，本次环境影响评价的重点为专题三现场地浸工业性试验。

6.2 工程内容

根据本项目研究需求，本项目现场地浸试验共布置2个试验采区，共计72个抽注单元。其中，抽出井72眼，注入井91眼，监测井9眼。井型布置主要为“五点型”，1#和2#试验区的井间距分为30m和27m两种类型。同时，布设集控室2座，完成井场综合管网铺设。

本项目的地浸浸出液处理部分依托巴彦乌拉水冶厂，试验井场的抽注液总管与巴彦乌拉铀矿山井场总管对接，浸出液通过抽液管道输送至巴彦乌拉铀矿山集液池，与巴彦乌拉地浸采铀工程的浸出液混合进行水冶提铀处理，处理后的吸附尾液配置浸出剂通过注液管道输送至试验采区集控室后再分配至各注液孔。

本试验区不设生活设施，不新增劳动定员，职工住宿、用餐等依托于巴彦乌拉地浸采铀工程的生活区，洗浴在巴彦乌拉地浸采铀工程的水冶厂区洗浴室。

6.3 工艺流程

6.3.1 井场施工工艺

1) 钻孔结构

抽液钻孔采用大口径填砾式结构，裸眼孔径 $\Phi 311\text{mm}$ ，护壁套管和沉砂管为 $\Phi 148 \times 10\text{mmUPVC}$ 管， $\Phi 160 \times 15\text{mmUPVC}$ 管做接箍料方扣联接。过滤器用 $\Phi 160 \times 15\text{mmUPVC}$ 管加工，外套环形骨架。过滤器正对主矿层安装，一般长度8m，沉砂管长度3m，过滤器段充填2-5mm纯净石英质砾石，构筑人工隔塞后，全孔水泥浆封孔，经洗孔成井。

试验采区内部注液钻孔采用大口径填砾式结构，便于浸出过程中抽注液钻孔交换使用，钻孔结构与施工成井工艺与抽液钻孔相同。试验采区边缘注液钻孔采用小口径填砾式结构，成井裸眼孔径 $\Phi 215\text{mm}$ ，井内套管、过滤管、沉砂管同径，材质 $\Phi 100 \times 10\text{mmUPVC}$ 管，用 $\Phi 110 \times 15\text{mmUPVC}$ 管制作接箍，过滤器外套环形骨架，正对主矿层安装，一般长度8m，沉砂管长度3m，过滤器段充填2-5mm纯净石英质砾石，构筑人工隔塞后，全孔水泥浆封孔，经洗孔成井。

观测孔钻孔结构与施工工艺同注液钻孔。

2) 综合管线系统

(1) 抽注循环系统

浸出液由各抽液孔汇聚至集控室，再经过管道泵加压输送至巴彦乌拉水冶厂集液池；溶浸液经过配液泵传输，同时设置管道泵，必要时采用管道泵加压，输送至集控室再分配到各个注液孔。

(2) 注液系统

井场注液总管与巴彦乌拉注液总管对接，采用 DN400 钢塑管，长度 5000m；试验采区注液主管从注液总管铺设至试验采区集控室，采用 DN200 钢塑管。

注液管网采用集中控制方式，集控室至各注液孔孔口的注液支管采用 $\Phi 50 \times 3.7\text{mm}$ 的 PE 管。溶浸液由注液主管道流入后经管道加酸，然后注入试验采区注液钻孔。

注液分配系统采用集中控制方式，溶浸剂由井场注液总管分流进入试验采区注液主管，经分配器分配后再流经注液支管进入注液孔下注。集控室内注液分配器采用 DN200 的 316L 不锈钢管加工制作，注液支管采用 DN40 的 UPVC 管。

(3) 浸出液提升

浸出液采用潜水泵提升，潜水泵与提升管连接采用 316L 材质的快速接头。潜水泵下放位置为自孔口向下 85m 处，提升管采用 $\Phi 63 \times 8\text{mm}$ 的 PE 管。井口采用碳钢 U 型夹板固定提升管，提升管与抽液支管的连接方式为法兰连接，法兰均采用碳钢材质。

(4) 抽液系统

井场抽液总管与巴彦乌拉抽液总管对接，采用 DN400 钢塑管，长度 5000m；试验采区抽液主管从抽液总管铺设至试验采区集控室，采用 DN200 钢塑管。

抽液管网采用集中控制方式，抽液孔孔口至集控室的抽液支管采用 $\Phi 50 \times 3.7\text{mm}$ 的 PE 管。浸出液由各抽液支管道汇集后经抽液主管，汇入水冶厂集液池。

集控室内集液系统采用集中控制方式，溶浸液由井场各抽液支管汇集进入集控室内集液主管，再次经主管汇入集液总管，最终进入厂区集液池，其中集控室内集液主管采用 DN300/DN200 的 UPVC 管，抽液支管采用 DN40 的 UPVC 管。

(5) 管网填埋

抽、注液管网均浅埋于地表以下，管道顶面与地面距离不小于 50cm。

6.3.2 井场浸出工艺

本项目采用原地浸出采铀工艺，溶浸液通过注液管道输送到注液钻孔，注入地下矿层中，溶浸液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水冶厂，即完成了井场矿体的原地浸出过程。

1) 浸出原理

本项目浸出工艺为酸性浸出，溶浸剂为 H_2SO_4 。通过硫酸降低溶液 pH 值并提供硫酸根络合离子，由于四价铀在硫酸溶液中的溶解速度低于六价铀，因此，在酸法浸出过程中需加氧化剂，本项目氧化剂为 H_2O_2 。 H_2O_2 可将矿石中的四价铀氧化为六价铀，从而使六价铀同硫酸根反应生成硫酸铀酰络合离子，铀矿物从固相转入液相的浸出液中，将浸出液抽出地表输送至水冶厂从而浸出矿石中的铀金属。

2) 浸出工艺流程

本项目井场工艺流程主要包括：吸附尾液配液、加入氧化剂、集控室注液分配、注入浸出剂、输送浸出液等五部分，井场浸出工艺流程见图 6-1。

(1) 吸附尾液配液：吸附后的尾液进入注液总管，通过管道加酸配制所需的硫酸浓度。

(2) 加入氧化剂提高浸出剂电位：当浸出液 pH 值降至 2.0 以下，加入氧化剂提高浸出剂的氧化还原电位，以提高浸出性能。

(3) 集控室注液分配：浸出剂通过配液泵增压后流入集控室，再通过集控室注液分配器经过流量计计量后按照抽注平衡的原则分配给井场每个注液孔。

(4) 浸出剂加压注入：从集控室流出的浸出剂在注液增压泵的作用下，通过井场地表管线和注液孔注入地下含矿层。

(5) 浸出液输送：各抽液孔的浸出液经潜水泵提升至孔口，通过抽液地表管道进入集控室，经流量计计量后汇入集控室集液主管，并最终通过抽液管道泵输送至巴彦乌拉铀矿山集液池，进行浸出液提铀处理。

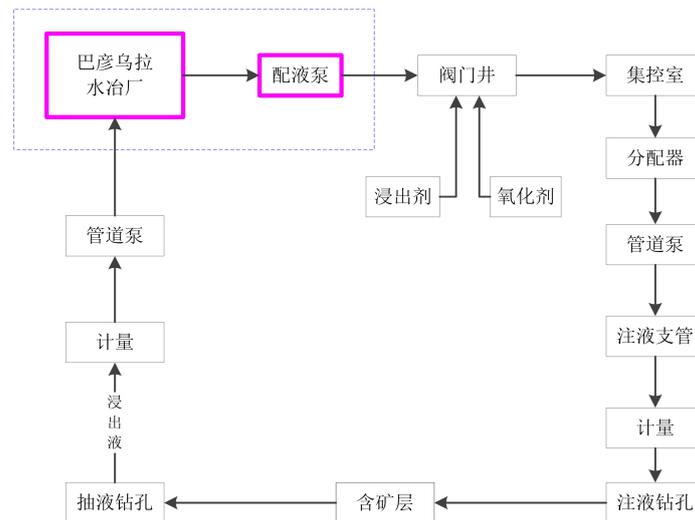


图 6-1 井场工艺流程图

6.3.3 浸出液处理工艺

本项目抽液管道对接巴彦乌拉水冶厂集液池，与巴彦乌拉地浸采铀工程的浸出液混合进行水冶提铀处理，因此，其浸出液处理部分依托于巴彦乌拉水冶厂，其水冶工艺为工艺

流程为浸出液→过滤→吸附→转移脱水→淋洗→萃取→反萃取→沉淀→压滤→“111”产品，其水冶工艺流程图见图 6-2。

本项目浸出液处理部分依托巴彦乌拉水冶厂，根据巴彦乌拉铀矿床生产采区抽、注液钻孔运行情况，同时为避免本试验对巴彦乌拉主矿的生产运行造成影响，根据《研究实施方案》，巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验钻孔单孔抽流量拟控制在 8m³/h 左右，试验采区共计 72 眼抽出井，两个试验采区同时运行时的最大抽液流量为 576m³/h，届时巴彦乌拉铀矿山将通过同比例降低各抽注孔流量的方式，总抽注比例仍控制在 0.3%，抽液总量控制在 900m³/h 以内。

巴彦乌拉水冶厂设计处理年浸出液抽出量为 12355200m³/a（1560m³/h），当巴润矿段地浸采铀工业试验与巴彦乌拉地浸采铀工程同时运行时，总抽液量约为 1472m³/h，小于巴彦乌拉地浸采铀工程的设计处理量。此外，本项目为巴润矿段距离巴彦乌拉矿段仅为 5.45km，巴润试验矿段与巴彦乌拉开采矿体位于同一层位，均属赛汉组上段，其矿床条件、地质条件与水文地质条件相似，二者的浸出液成分也基本一致。因此，巴润矿段工业性试验的开展并不会超过巴彦乌拉水冶厂的处理能力。

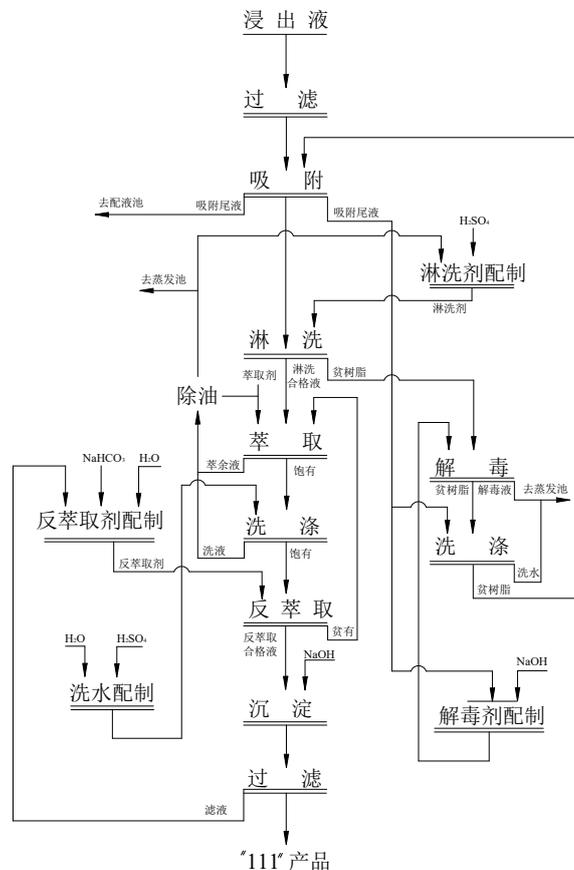


图 6-2 巴彦乌拉水冶厂浸出液处理工艺流程图

6.4 总平面布置

6.4.1 试验井场平面布置

试验井场主要包括生产钻孔、监测孔和集控室三部分。

1) 生产钻孔

根据研究需要，本项目布置两个试验采区，钻孔布置形式采用五点式，共施工生产钻孔 163 个。其中，抽出井 72 个，注入井 91 个。根据研究需要，抽注液钻孔间距选择为 30m 和 27m，开展不同井距浸出效果对比，最终确定一种适合于巴彦乌拉铀矿床巴润矿段的井距。1#试验采区抽注孔间距为 30m，布置 36 个抽注单元，含 36 个抽出井，49 个注入井；2#试验区抽注孔间距 27m，共布置 36 个单元，含 36 个抽出井，42 个注入井。

2) 监测孔

本项目共布置 9 眼监测孔。其中，外围监测孔为 7 个，布置在含矿含水层，用于监测井场溶浸范围。在距试验采区外围各边界外（其中，上游、两侧及下游监测孔距采区边界距离分别为 100m、120m 和 150m）布置 1 个监测孔，共 6 个。在下游延伸至 300m 处再布置 1 个监测孔。上层含水层共布置 2 个监测孔，分别位于两个试验采区内部，用于监测含矿层上部的潜水含水层地下水，深度不超过 65m。

根据《内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉铀矿床巴润地段（B511~B471 线）详查地质报告》，本项目所在区域含矿含水层的隔水底板较厚，铀矿钻孔未揭穿，据周边煤田钻孔资料，隔水底板厚度可达 400m 以上。此外，地浸生产钻孔只施工至含矿含水层，不会穿过含矿含水层延伸至下含水层。因此，本项目试验基本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。

3) 集控室

本项目集控室在每个试验采区靠近中心位置设置 1 间集控室，采用模块化集控室。根据所实现的功能将集控室划分为管道仪表模块、电气自控模块以及集控室载体，根据试验块段抽注单元数不同可提供不同的模块组合方式。

试验井场平面布置图见图 6-3。

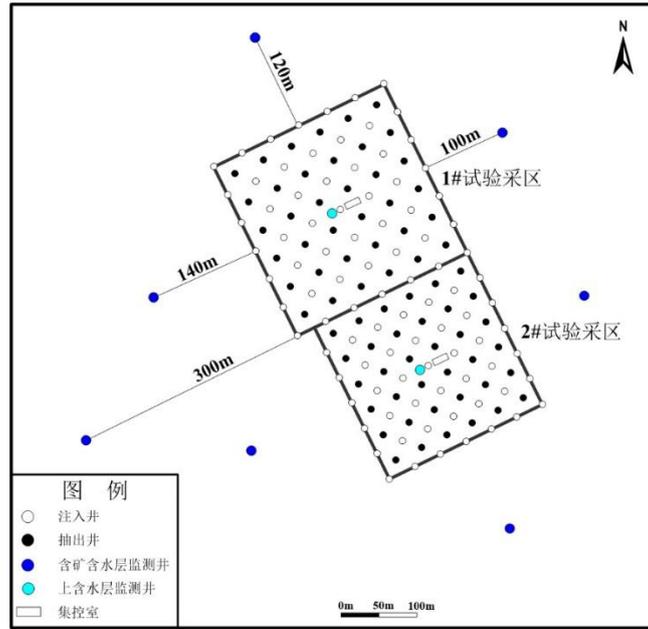


图 6-3 试验井场平面布置图

6.4.2 综合管网平面布置

本项目浸出液处理部分依托巴彦乌拉水冶厂，在试验井场与巴彦乌拉水冶厂之间铺设地理式综合管网，使试验井场的抽注液总管与巴彦乌拉抽矿山井场总管对接。浸出液通过抽液管道输送至巴彦乌拉抽矿山水冶厂进行提铀处理，处理后的吸附尾液配置为浸出剂通过注液管道输送至试验采区集控室后再分配至各注液孔。抽注液管道长度约为 5.45km，见图 6-4。



图 6-4 综合管网布置图

6.5 主要设备材料

本项目主要设备材料见表 6-2。

表 6-2 主要设备材料一览表

序号	设备/材料名称	规格型号	单位	数量	备注
1	井场				
1.1	钻孔工程				
	抽液钻孔	Φ148×10mm	个	72	
	注液钻孔		个	91	
	观测钻孔		个	10	
1.2	井场专用设备				
	不锈钢潜水泵	流量：≥10 m ³ /h，扬程：≥50m， 功率：≤4kw，材质：316L	台	72	
	管道泵	DN200，1MPa	台	4	
1.3	潜水泵电缆				
	井下电缆	3×4 mm ²	m	16240	
	地表电缆	3×6 mm ²	m	27000	
1.4	井场综合管线				
	抽、注液总管	DN400 钢丝网塑料复合管	m	15000	
	抽、注液主管	DN200 钢丝网塑料复合管	m	200	
	抽、注液支管	Φ50×3.7mm PE	m	20000	
	潜水泵提升管	Φ63×8mm 加强 PE	m	6120	
	注液孔口连接装置	非标，尼龙	套	91	
	潜水泵连接装置	316L	套	72	
2	集控室				
	模块化集控室	含工艺管线等	间	2	
3	电气自动化设备				
	变压器	型号：S11-250KVA-10/0.4KV	台	2	
	配电柜	GGD2，一进两出， 800*600*2200	套	3	
	变频器	5.5kw	台	72	
	电磁流量计	DN200，0-400 m ³ /h，衬氟	台	2	
	电磁流量计	DN40，0-20 m ³ /h，衬氟	台	163	
	电磁流量计	DN25，0-5 m ³ /h，衬氟	台	4	
	压力变送器	DN40，0-0.6MPa，衬氟	台	4	
	电动调节阀	DN200，316L	台	4	
	电动调节阀	DN40，316L	台	91	
	电动调节阀	DN25，316L	台	4	
	动力控制柜	800*600*2200	台	2	
	PLC 控制柜	800*600*2200	台	4	
	网络摄像机	红外，防水	台	6	
	Diver 自动水位监测仪	DN401	个	72	

6.6 主要辅助设施

6.6.1 供配电工程

1) 供电系统

由巴彦乌拉铀矿山井场 10kv 延伸接入，沿抽注液总管沟架设 5000m 左右的 10kv 高压导线。

2) 配电系统

集控室内安装 3 台交流低压固定式配电柜（380V），包含 1 台总开关柜和 2 台设备仪表开关柜，在总开关柜内安装 225A 断路器。

井场抽液潜水泵的启停均通过变频器远程控制，变频器至电源柜连接电缆采用 $3 \times 6 + 1 \times 2.5 \text{ mm}^2$ 的有芯电缆，变频器至各抽液孔的地表电缆采用 $3 \times 6 \text{ mm}^2$ 防鼠蚁电缆；潜水泵孔内电缆采用 $3 \times 4 \text{ mm}^2$ 耐酸电缆，地表电缆与孔内电缆采用航空插头连接。

6.6.2 自动化工程与监测工程

每个试验块段均安装自动化控制与监测系统一套。主要设备包括：自动化控制柜、变频器、电磁流量计、压力变送器、电动阀门、液位计等。

1) 自动化系统

试验采区集控室内安装自动化监测与控制系统一套。主要设备包括：自动化控制柜、变频器、电磁流量计、压力变送器、电动阀门、液位计及后台控制系统等的安装与调试。主要实现以下目标：

（1）抽液自动化：抽液主管安装电动调节阀，实现远程关停和开启抽液主管及调节试验采区总抽液流量；潜水泵通过变频器控制，实现远程调节抽液孔流量；抽液支管安装电磁流量计，实现抽液孔流量信息监测；抽液主管安装压力变送器，实现抽液压力信息实时监测。

（2）注液自动化：注液主管安装电动调节阀，实现远程关停、开启注液主管及调节试验采区总注液流量；注液支管安装电动调节阀，实现远程关停、开启注液孔及调节注液孔流量；注液支管安装电磁流量计，注液孔流量信息监测；注液主管安装压力变送器，实现注液压力信息实时监测。

（3）抽液孔动水位监测：试验采区每个抽液孔内均放置动水位监测仪，信号接入试验采区集控室，实时观测钻孔动水位变化情况。

2) 视频监控系统

为实现试验采区无人值守，试验采区视频监控系统用于对集控室及试验采区运行进行实时监控，每个试验采区设置 3 台高清摄像机，其中一台设置在集控室外，另外两台分别

放置在集控室东西两侧。

3) 渗漏监测系统

为及时发现处理井场跑冒滴漏现象，在孔口及阀门井内安装渗漏监测装置，信号接入试验采区集控室，实时监测运行情况。

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、辅材料是硫酸和双氧水。计划硫酸消耗量约为12000t，双氧水消耗量约为1000t，本试验的原辅材料储存均利用巴彦乌拉化工原料库，其来源与巴彦乌拉地浸采铀工程同一来源。

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运行期。其中，施工期产生的大气污染物主要为扬尘和燃油废气，废水主要施工废水和生活污水，固体废物包括钻井泥浆、岩芯以及生活垃圾，以及施工噪声等。试验运行期产生的气载污染物主要为井场区域的氡、废水主要为吸附尾液、流散浸出液和洗井废水，固体废物主要为废旧设备及零配件，以及运行期噪声等。

6.8.1 含放射性核素的污染物

1) 含放射性核素的气载流出物

本项目地浸工业性试验无水冶设施、集液池、蒸发池等相关设施，试验现场仅含井场部分，含放射性核素的气载流出物主要来自抽液钻孔释放的少量的氡。

注液钻孔内注液泵给溶浸液提供向下压力，且溶浸液氡浓度较低。因此，注液孔处基本无氡气释放。地浸采铀浸出液含有一定浓度的氡，在抽液孔孔口处潜水泵与井筒之间有空隙，浸出液在抽液钻孔通过潜水泵将浸出液从地下抽至地表过程中，由于压力释放，将会释放少量的氡。

巴润矿段距离巴彦乌拉矿段仅为5.45km，巴润试验矿段与巴彦乌拉开采矿体位于同一层位，均属赛汉组上段，其矿床条件、地质条件与水文地质条件相似。因此，类比巴彦乌拉钻孔抽液钻孔氡浓度监测结果，其氡浓度范围值为35.8~125Bq/m³，保守取其最大值125Bq/m³。经在巴彦乌拉地浸采铀井场抽液钻孔处现场测量，其孔口处风速小于仪器检出限0.01m/s，保守取风速为0.01m/s。本项目共计72眼抽液孔，抽液孔直径为148mm。经计算，本项目单井²²²Rn的释放量为6.78×10⁵Bq/a，井场区域²²²Rn的释放量共计为4.88×10⁷Bq/a。

本项目浸出液处理部分依托巴彦乌拉水冶厂，浸出液经抽液总管直接进入巴彦乌拉集液池，与巴彦乌拉浸出液混合一同进入巴彦乌拉浸出液处理厂房，产生的吸附尾液也同巴

彦乌拉地浸工程吸附尾液去向一致，即一同排入巴彦乌拉蒸发池进行自然蒸发处理。

巴润试验矿段与巴彦乌拉地浸采铀工程开采矿体位于同一层位，均属赛汉组上段，其矿床条件、地质条件与水文地质条件相似，二者的浸出液成分也基本一致。由于在巴润矿段试验期间，巴彦乌拉地浸采铀工程将降低其抽液量，其二者之和小于巴彦乌拉设计抽液总量。因此，本试验不会增加巴彦乌拉地浸采铀工程气载流出物的释放量。根据《巴彦乌拉铀矿床地浸采铀工程项目 2019 年流出物和环境监测评价报告》，巴彦乌拉地浸采铀工程在生产过程中产生的氡气总排放量为 $3.78 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。

2) 含放射性核素的液态流出物

(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，采用整体抽液量大于注液量不少于 0.3% 的方式，使试验采区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，保证溶浸液不向试验采区外扩散。本项目试验钻孔抽流量控制在 $8 \text{m}^3/\text{h}$ 左右，共 72 眼抽出井，试验采区同时运行时的最大抽液流量为 $576 \text{m}^3/\text{h}$ ，井场日工作 24 小时，年工作 330 日，合计浸出液总量为 $4561920 \text{m}^3/\text{a}$ 。浸出液经吸附后大部分吸附尾液（约 99.7%）直接返回配置浸出剂，剩余吸附尾液为 $13685.76 \text{m}^3/\text{a}$ ，日平均量约为 $41.47 \text{m}^3/\text{d}$ 。

本项目的浸出液经抽液总管进入巴彦乌拉集液池，与巴彦乌拉地浸采铀工程的浸出液混合一同进入巴彦乌拉水冶厂。因此，本试验产生的该部分吸附尾液的最终去向也同巴彦乌拉地浸工程一致，最终将排入巴彦乌拉蒸发池进行自然蒸发处理。

巴彦乌拉地浸采铀工程建设 4 座蒸发池，单个蒸发池池长 100m、宽 60m、深 1.2m，池壁坡度 1:1.5，总容积为 27433m^3 ，总蒸发面积为 24000m^2 ，可满足巴彦乌拉设计抽液总量 $1560 \text{m}^3/\text{h}$ 的废水蒸发需求。本试验与巴彦乌拉地浸工程同时运行时，总抽液量约为 $1472 \text{m}^3/\text{h}$ ，小于设计抽液量。因此，巴彦乌拉蒸发池满足届时的废水蒸发需求。

(2) 流散浸出液

在地浸项目正常的运行过程中，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。

本项目采用酸法地浸采铀工艺，在采铀过程中向矿层注入浸出剂（ $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ ），除铀以外，其他重金属，如 Fe、Mn 等也会溶解至浸出液中。本试验与巴彦乌拉地浸采铀工程的浸出工艺相同，其浸出液成分可类比巴彦乌拉浸出液监测结果，见表 6-3。

表 6-3 巴彦乌拉浸出液样品监测结果

监测项目	pH	U (mg/L)	²²⁶ Ra* (Bq/L)	Fe ³⁺ (mg/L)	Mn* (mg/L)	As* (mg/L)
浓度	1.34	13.95	0.66	78.77	31.5	2.12
监测项目	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Mo (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (g/L)	Cl ⁻ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)
浓度	528.84	738.45	2.01	20.76	597.21	181.34

注：*为单个钻孔浸出液监测数据，其余为浸出液集合样监测数据。

为了避免流散浸出液在含矿含水层中的逸散，在试验运行期采取了如下的技术措施：

①严格控制抽注液的区域平衡，整体抽大于注的比例不小于 0.3%，边界抽大于注比例不小于 0.5%，保障区域地下水由注入井向抽出井流动。

②在井场外围和矿床上层含水层中设置了监测井，随时发现可能的水平扩散和垂直泄漏，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。

在采取了有效的措施后，浸出液的流散可得到有效的控制。

（3）洗井废水

试验运行过程中，钻孔在工作一段时间后由于杂质的累积可能导致注液量明显下降，需要对钻孔采取机械洗井工作，会产生一定的洗井废水。

洗井废水采用移动式环保洗孔工作站处理，该洗孔工作站是专门用于收集、处理洗井废水的环保设备，由气液分离装置、过滤装置、集液装置、排污装置、提升装置等系统组成。其工作原理是在钻孔洗孔过程中，洗井水经过压缩空气的提升后，经排水管由上部进液口进入储水箱内，箱内底部加工有两条横向肋板，用以拦截过滤水中大颗粒泥沙，初步澄清的洗井水经过水箱后部出水口进入袋式过滤器，过滤机械悬浮物进而细颗粒泥沙等杂质，过滤后的澄清洗井水通过与过滤器底部链接的钢丝软管排入就近抽液孔，最终随抽液管道进入巴彦乌拉集液池。储水箱及过滤器内废渣进入蒸发池集中处理。

孔口堵塞现象主要发生在注液孔，单孔洗井频率平均为 1~2 次/年，洗井废水产生量为 10~20m³/孔。钻孔洗孔抽液能力为 5~8m³/h，洗孔车能保证 1 小时以上的洗孔废水储存能力，钻孔洗孔采用间歇式洗孔，一般连续洗孔 30-50 分钟需要停止 1 小时以上，因此单套设备能同时满足 1-2 孔的洗井要求。洗孔时，洗孔废水全部进入储液罐，然后经过滤澄清，澄清液回灌至附近抽出井，洗井残渣倒入蒸发池集中处理。

3) 含放射性核素的固体废物

本项目正常试验期产生的固体废物主要是洗井残渣及在检修过程中产生的潜水泵等废旧设备及零配件。洗井残渣产生量约为 0.1t/a，运至巴彦乌拉地浸工程蒸发池集中处理。根

据同类采区检修经验，废旧设备及零配件等固体废物产生量约 0.72t/a，运到巴彦乌拉地浸采铀工程固体废物库存放。

巴彦乌拉地浸采铀工程固体废物库总建筑面积 659.09m²，可存储 988.6m³ 固体废物，目前固体废物堆存量约 20m³，其年固体废物产生量约 5m³/a，本项目产生的废旧设备及零配件较少，仅 0.72t/a。因此，巴彦乌拉固体废物库完全可以接纳本项目产生的固体废物的需求。

6.8.2 非放射性污染物

1) 废气

(1) 燃油废气

本项目施工期钻孔施工以柴油发电机为动力，本项目施工期预计最多有 5 台燃油发电机同时运行，运行时将产生燃油废气，主要污染物为 SO₂ 和 NO_x。本项目燃油发电机功率为 170kw，发电机耗油率为 0.046kg/kW·h，则单台发电机单位时间耗油量约 7.82kg/h，柴油密度按 0.85kg/L 计，则单台发电机单位时间耗油体积约 9.2L/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 和 NO_x 排放系数分别为 4g/L 和 2.56g/L，故单台燃油发电机 SO₂ 和 NO_x 的排放速率分别为 36.8g/h 和 23.6g/h。单台发电机单位耗油废气产生量约 20m³/kg，耗油量约 7.82kg/h，则单台发电机单位时间排气量约 156.4m³/h，故 SO₂ 和 NO_x 的排放浓度分别为 235mg/m³ 和 151mg/m³。

(2) 扬尘

本项目在施工期场地平整、开挖泥浆坑以及场地恢复时可能产生局部扬尘，将采取合理安排施工计划，避免在大风天气下进行开挖作业，并在施工场地采用洒水、围挡等抑尘措施使得扬尘产生量满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）限值要求。

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。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。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 BOD、COD 和 SS。钻探施工人员配备寝车，施工期同时施工人数最多为 50 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 0.8m³/d，在寝车收集后运至巴彦乌拉生活区统一处理。

本项目安装视频监控系统及渗漏监测系统实时监控，在运行期实现试验采区无人值守，仅需工作人员驾车自巴彦乌拉厂区至试验采区进行日常检查及维护。因此，运行期不会产生生活废水。

3) 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，主要设备及声功率见表 6-4。

表 6-4 主要设备声功率表

序号	设备	型号	声功率/台 dB (A)
1	钻机	XY-5N、HXY-2000、HXY-6B、HXY-1500、XY-6D	<90
2	柴油发电机组	GT170、GT150	<100
3	泥浆泵	NBB250、NBB390	<90

本项目运行期噪声源主要为集控室内的管道泵，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。噪声源强经处理后在厂界可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中 2 类标准，即昼间≤60dB (A)，夜间≤50dB (A)。

4) 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、非矿段废弃岩芯、废机油以及施工人员产生的生活垃圾。

本项目施工期产生的钻井泥浆主要为钻进过程中产生的泥浆，根据本项目施工钻探工程量，估算本项目平均单个钻孔产生钻井泥浆量约为 5.8m³，本项目所有钻孔产生的钻井泥浆总量约为 992m³。类比巴彦乌拉生产井施工过程中钻井泥浆的监测数据，其 U_{天然} 含量约为 19.3mg/kg。钻井泥浆采用循环利用技术，单个钻孔钻进过程中的泥浆循环使用，在每个钻孔机台均设置有沉淀池、泥浆循环池及泥浆坑，各池体及坑体均做 HDPE 膜防渗、防溢处理，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。钻探过程中的泥浆经由循环槽进入泥浆沉淀池，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泥浆坑，施工结束后对泥浆坑进行覆土掩埋并恢复植被。钻井泥浆循环过程见图 6-5。

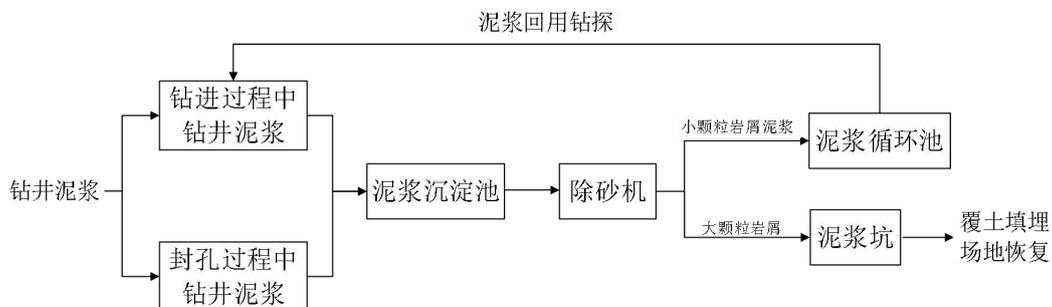


图 6-5 钻井泥浆循环过程图

钻孔施工过程中需要提取岩芯，主要包括非矿段岩芯和矿段岩芯。其中，矿段岩芯取样、全部外送分析。非矿段岩芯由岩芯箱暂存，最终置于泥浆坑进行掩埋处理，非矿段岩芯产生量估算约 115m³。

本项目在施工过程中可能会产生少量废机油，产生量约为 0.001t/孔。根据《国家危险废物名录》（2019 修订稿），废机油属于危险废物，其废物类别 HW08，本项目废机油由专用桶收集，定期交由具备危险废物处置资质的单位处置。

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 50 人，则最大产生量约为 25kg/d。现场施工人员配有寝车，生活垃圾在寝车垃圾箱收集后定期运送至巴彦乌拉生活区统一处理。本项目运行期实现无人值守，不会产生生活垃圾等固体废物。

6.9 归一化排放量相符性分析

经计算，本项目放射性流出物 ²²²Rn 归一化排放量为 $1.22 \times 10^9 \text{Bq}/100\text{t}(\text{U})$ ，根据《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020），地浸采铀矿山 ²²²Rn 归一化排放量不超过 $7 \times 10^{12} \text{Bq}/100\text{t}(\text{U})$ 。因此，本项目满足该标准的限值要求。

7 项目主要污染物产生及预计排放情况

内容 类型	排放源（编号）		污染物名称	处理前产生浓度及产生量	排放浓度及排放量
废气	施工期	柴油发电机	SO ₂	排放量：0.0368kg/h 排放浓度：235mg/m ³	排放量：0.0368kg/h 排放浓度：235mg/m ³
			NO _x	排放量：0.0236kg/h 排放浓度：151mg/m ³	排放量：0.0236kg/h 排放浓度：151mg/m ³
		施工场地	颗粒物 TSP	最大落地浓度： <1.0mg/m ³	洒水抑尘
	运行期	生产孔	²²² Rn	4.88×10 ⁷ Bq/a	稀释扩散
废水	施工期	设备冲洗水	悬浮物、泥沙等	少量	场地自然蒸发
		生活污水	COD、NH ₃ -N	0.8m ³ /d	依托巴彦乌拉现有生活污水处理设施
	运行期	吸附尾液	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、SO ₄ ²⁻ 等	41.47m ³ /d	巴彦乌拉蒸发池
		流散浸出液	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、SO ₄ ²⁻ 等	—	抽注比例控制、监测井监控
		洗井废水	悬浮物、泥沙等	10~20m ³ /孔	移动式环保洗孔工作站
固体废物	施工期	钻井泥浆	—	992m ³	置于泥浆坑内，最终覆土掩埋，恢复植被
		废弃岩心	—	115m ³	置于各场地内的泥浆坑进行掩埋处理
		施工人员	生活垃圾	25kg/d	寝车集中收集外运
		废机油	—	0.001t/孔	专用桶收集，定期交由具备危险废物处置资质的单位处置
	运行期	洗井残渣	—	0.1t/a	巴彦乌拉蒸发池
		废旧设备	—	0.72t/a	巴彦乌拉固体废物库
噪声	施工期	钻机、发电机组、泥浆泵	设备运行时产生的噪声值<90dB（A）		
	运行期	管道泵			
<p>主要生态影响(不够时可附另页)</p> <p>项目现场试验只进行少量的土地平整，土方开挖很少，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，项目的建设不会对当地生态环境造成明显影响，且试验结束后影响即会消失。</p>					

8 环境影响分析

8.1 施工期环境影响分析

8.1.1 大气环境影响分析

1) 燃油废气影响分析

本项目钻孔施工过程中以燃油发电机为动力，非放大气污染物主要为燃油发电机产生的燃油废气，主要污染物为 SO₂ 和 NO_x。采用导则推荐的 AERSCREEN 估算模式，估算 SO₂ 和 NO_x 的下风向轴线浓度，源项及估算结果见表 8-1 和表 8-2。

表 8-1 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, °C
SO ₂	3.0	0.05	156.4	0.0368	180
NO _x				0.0236	

表 8-2 大气环境影响估算结果

污染源名称	污染物	Ci (µg/m ³)	Coi (µg/m ³)	Pi (%)	距离 (m)
柴油发电机	SO ₂	27	500	5.4	25
	NO _x	19	250	7.6	25

由上表可以看出，本项目主要大气污染物最大占标率 P_{max} 为 7.6%。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：以试验采区地为中心，边长 5km 的评价范围。根据导则要求，二级评价不进行进一步预测与评价，仅对污染物排放量进行核算。根据工程分析，本项目单台柴油发电机 SO₂ 和 NO_x 的排放速率分别为 0.0368kg/h 和 0.0236kg/h，排放浓度分别为 235mg/m³ 和 151mg/m³，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）新污染源最高允许排放浓度限值 550mg/m³ 和 240mg/m³ 的要求，对环境的影响程度较小。

本项目施工期预计最多有 5 个钻孔同时施工，为保证施工安全，5 个机台分散布置在两个试验采区。为保守预测柴油发电机同时运行时对周边牧民点的影响，预测情景为 5 台柴油发电机同时运行，其中 3 台位于距离牧民点 1 最近的试验采区边界，剩余 2 台钻机分别位于两个试验采区的中心，见图 8-1。经预测，该情景对距离本试验 400m 处的牧民点 1 的 SO₂ 和 NO_x 贡献值分别为 38.72µg/m³ 和 27.09µg/m³，叠加本底后浓度为 59.72µg/m³ 和 48.09µg/m³ 满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值。

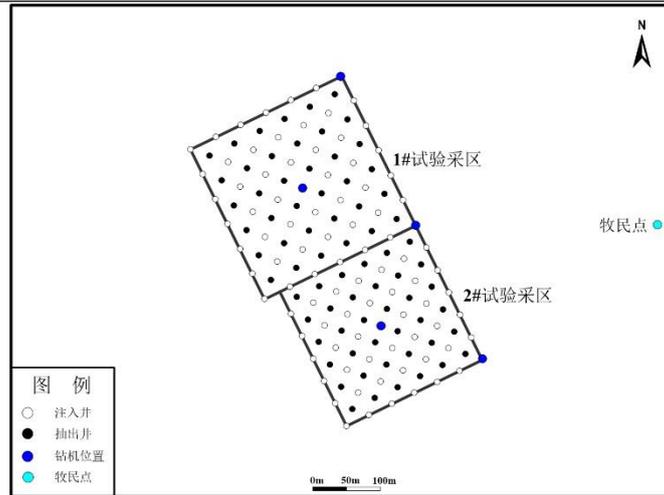


图 8-1 预测钻机布置图

2) 扬尘影响分析

在施工过程中，要合理安排施工计划，避免在大风天气下进行大面积的开挖作业；此外，在施工场地采用洒水、围挡等抑尘措施，扬尘产生量满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）限值要求。

在采取以上措施后，可有效降低大气污染物的排放量。由于施工区所在区域，地形开阔，没有大的人工及自然阻隔物，空气流通、扩散条件好，因此施工期产生的少量扬尘不会对项目周边环境产生明显的影响，周边居民点可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准，对环境的影响较小。

8.1.2 水环境影响分析

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

本项目施工期生产废水主要为设备清洗水，由于施工区域蒸发量很大，其产生量极少，基本可全部蒸发。施工期作业人员产生的生活杂用水及盥洗废水，钻探施工人员配备寝车，并配有简易旱厕，生活污水在寝车收集后外运处理。因此，本项目施工期废水不外排，不会对项目周边的地表水环境产生不良影响。

8.1.3 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》（HJ2.4-2009）原则，确定本项目声环境影响评价工作等级为二级，确定声环境影响评价范围为厂界外 200m。

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》（HJ2.4-2009）中的相关模式要求编

制，适用于噪声领域的各个级别的评价。预测情景为距离牧民点 1 最近的 5 个钻孔同时施工，钻孔布置同大气预测情景。噪声预测参数见表 8-3。

表 8-3 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	100	90	1.0	半自由声场

2) 预测结果

经预测，施工期噪声源在施工场界处的贡献值较低，场界最大噪声贡献值为68.1dB (A)，满足《建筑施工场界噪声排放标准》(GB12523-2011)的相关标准要求。距离本项目施工场界最近的居民点为0.40km处的牧民1，本项目施工对牧民1的噪声贡献值为47.4dB(A)。根据监测结果，牧民1昼间噪声范围值为42dB (A)，夜间噪声值为25dB (A)，叠加本项目贡献值后，牧民1的等效声级为昼间48.5dB (A)，夜间47.4dB (A)。因此，本项目噪声可以满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的2类标准要求，施工噪声不会对周边居民点产生影响。施工噪声影响等值线分布情况见图8-2。

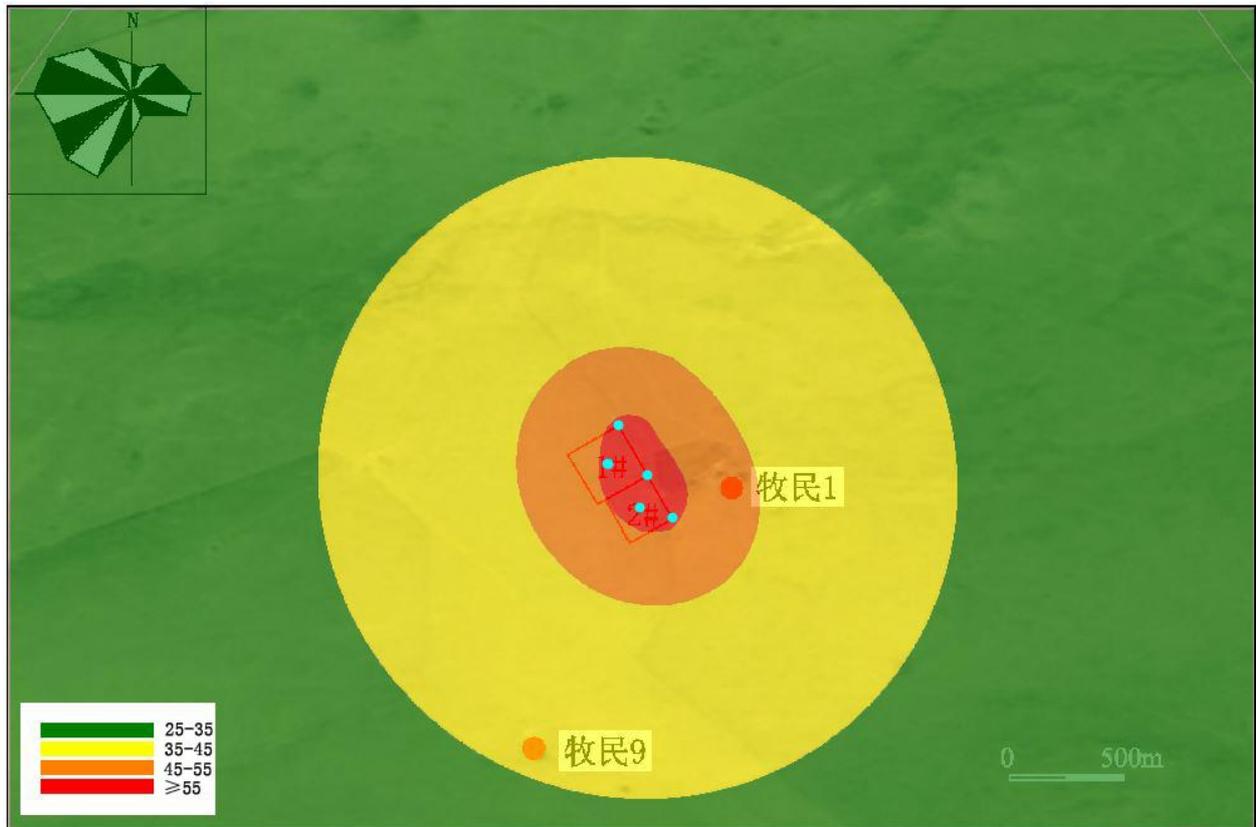


图 8-2 施工期噪声影响声级图

8.1.4 固体废物环境影响分析

1) 钻井泥浆

本项目钻孔施工时产生一定量的钻井泥浆，钻井泥浆采取统一收集、集中处理的方式。

钻孔机台设置泥浆循环槽、沉淀池、泥浆循环池及泥浆坑，各池体及坑体均做 HDPE 膜防渗、防溢处理。泥浆从钻孔涌出通过泥浆循环槽进入沉淀池中的除砂机，将含岩屑量少的泥浆分选出来排入泥浆循环池回用于钻探，含岩屑量较多的泥浆经振动脱水后岩屑排入泥浆坑，泥浆坑最终覆土掩埋恢复植被。

本项目钻井泥浆单孔钻井泥浆量约为 5.8m^3 ，总量约为 992m^3 。类比巴彦乌拉生产井施工过程中钻井泥浆的监测数据，其 $U_{\text{天然}}$ 含量约为 19.3mg/kg 。根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）标准中规定，天然放射性核素免管浓度限值为 1Bq/g 。因此，本项目钻井泥浆放射性水平处于豁免水平，可作一般固体废物处理处置。待钻孔施工结束后，将泥浆饼及废弃岩芯置于泥浆坑内，覆土掩埋，在顶部铺设剥离的表层土，并翻松土层，按原始地形地貌平整场地；最后进行植被恢复工作，选择的复垦植被与周边环境相协调。

2) 钻探岩芯

本项目矿段岩芯先由岩芯箱暂存，全部用于试验研究。非矿段岩芯属于废弃岩芯，产生总量约 115m^3 ，置于泥浆坑进行覆土掩埋处理，废弃岩芯属于自然地层介质，基本不会对环境产生影响。

3) 废机油

本项目在施工过程中可能会产生少量废机油，产生量约为 0.001t/孔 。根据《国家危险废物名录》（2019 修订稿），废机油属于危险废物，其废物类别 HW08，本项目废机油由专用桶收集，定期交由具备危险废物处置资质的单位处置。

4) 生活垃圾

本项目施工场地寝车设置生活垃圾收集箱，对产生的各类生活垃圾按照相关要求进行分类收集后，定期运送至巴彦乌拉生活区统一处理。

8.1.5 生态环境影响分析

本项目占地类型主要为草场和荒地，影响区域属一般区域，不含特殊生态敏感区和重要生态敏感区，本项目总占地面积 17314m^2 （含临时占地 16966m^2 ），占地面积 $\leq 2\text{km}^2$ ，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011），本项目生态评价为三级，评价范围为本项目占地区域。

1) 占地影响分析

本项目占地影响主要体现为施工期间的临时占地，包括钻孔施工、泥浆坑及管道开挖临时占地等，总临时占地面积为 16966m^2 。施工结束后本项目地表设施仅为钻孔及集控室，

永久占地面积仅为 348m²。

由于钻探施工仅在小范围内进行，施工期预计最多有 5 台钻机同时运行，施工期影响持续时间较短，同时占地范围内植被稀疏，以草地植被为主，生物量较低，因此只要在施工各个时段严格管理临时用地，并且在各钻孔施工结束后，及时对临时占地区域恢复草原植被，及时做好生态恢复和环境保护工作，项目施工对生态系统的影响是有限的、局部的。

2) 对植物资源的影响分析

本项目土地占用会不同程度的破坏地表植被，使得地表现有植物资源受到一定的负面影响，同时影响区域自然体系的生产力。本项目在钻探设备的搬迁和车辆运输，严禁在草原上随意新开路面，尽量在原有草原便道上行驶。钻探结束后，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，对于野生动物的栖息地来说不会产生大的影响。本项目周边动物主要为牧民养殖的牛和羊，1km 范围内仅有 1 户牧民，且草场范围大，施工期与周边牧民沟通，尽量使养殖动物远离施工场地，产生的噪声和振动对于地面动物活动的影响有限。

4) 水土流失的影响分析

项目在施工期管道、泥浆坑等开挖会对水土保持造成临时负面影响。在施工期开挖前先剥离表土，并对表土层单独堆存，表面压实苫盖，待植被恢复时使用。对开挖产生的土方，采取加覆盖层的方式防止风蚀或水蚀造成的土壤流失；在管道铺设完毕后，对管沟及时回填，压实土壤，在顶部铺设剥离的表层土，并翻松土层，按原始地形地貌平整场地；最后进行植被恢复工作，选择的复垦植被与周边环境相协调。此外，施工期加强管理，严格控制人员和机械的活动区域，严禁对周围植被进行随意破坏。采取上述措施后，本项目建设对周围环境水土流失方面不会产生较大的影响。

5) 生态敏感区的影响分析

目前，内蒙古自治区的生态保护红线正处于划定阶段，还未正式出台。经建设单位与苏尼特左旗自然资源局核实，本项目未在生态保护红线内。评价区域附近无自然保护区、风景名胜区等需要特别保护的区域。

8.1.6 环境风险影响分析

本项目施工期的环境风险主要是钻探使用柴油发电机。本项目施工现场的柴油储存量小，仅在现场配备 2~3 个油桶，单桶容量 800L，由柴油公司“随用随送”将柴油运送到试验区内。因此，现场柴油最大储存量约 2400L，约 2.0t。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 8-4。

表 8-4 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）	/	2.0	2500	0.0008
项目 Q 值					0.0008

由上表可知，本项目 Q 值为 0.0008<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/T169-2018）中风险评价工作等级划分，本项目的环境风险评价等级确定为简单分析。

本项目柴油密封保存，施工期严格按照安全标准化有关要求施工和管理，在柴油取用过程中规范小心操作，断绝火源，严格执行防火、防爆、防雷击等相应的防火工作，该风险是可控的，可以接受的。柴油在使用、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，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制定突发环境事故发生应急预案，加强职工安全教育，提高安全防范风险意识以及应急响应能力，若发生泄露事故后，立即采取应急补救措施，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，立即采取应急补救措施清挖受污染土壤，并将污染土壤交由有危险废物处置资质单位处理。

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) 源项

本项目放射性废水不外排，无液态源项，因此本项目仅包括气载源项，根据地浸工艺的特点，浸出液中挟带和溶解了一定量的 ^{222}Rn ，在浸出液抽出过程中， ^{222}Rn 会通过抽出井直接排至大气，为点源释放。其中 1#和 2#试验场地各 36 个抽出井，总计 72 个抽出井。气载源项特征参数见表 8-5。

表 8-5 气载源项特征参数

源项名称	源项类型	井口流速 (m/s)	井口直径 (m)	排放高度 (m)	单井氡释放量 (Bq/a)	氡气总释放量 (Bq/a)
抽出井	点源	0.01	0.148	0	6.78×10^5	4.88×10^7

2) 辐射评价基本参数设置

(1) 评价方法

本次辐射环境影响评价的基本评价指标是以试验采区中心作为评价中心的厂区周围居

民最大个人有效剂量当量和半径 20km 范围内的集体有效剂量。评价方法是以模型计算为主，选择放射性核素在环境中迁移和剂量估算模式以及相应计算参数，利用预测软件完成个人有效剂量及集体有效剂量的估算，并对设施所致最大个人剂量进行分析。气载途径剂量采用 UAIR-FINE 程序进行计算。

(2) 评价中心

评价中心为试验采区中心位置。

(3) 评价子区及年龄组设置

本次评价以试验采区中心位置为中心，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。各评价子区的人口均为成人。

(4) 评价年份

本次辐射环境影响评价代表年份选取试验采区运行的第 1 年，本项目建设期共 2 年，按工程进度计划为 2023 年。

(5) 评价计算模式及参数

本项目气载放射性流出物辐射环境影响预测采用中核第四研究设计工程有限公司开发的 UAIR-FINE 软件，该软件基于最新大气边界层理论和剂量估算方法创建，内置的大气扩散模型为《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）推荐的大气预测模式之一、美国 EPA 开发的法规扩散模式 AERMOD，剂量计算模式根据 IAEA 和 ICRP 最新剂量模式和参数创建。

3) 计算结果与分析

(1) 居民点氡浓度和公众个人剂量

本项目生产期气态源项释放的 ^{222}Rn 所致 5km 范围内各居民点 ^{222}Rn 浓度分布情况如表 8-6 所示。由表可知，本项目对周边居民点氡浓度和个人剂量的贡献值较低。本项目气载流出物所致最大个人剂量为 $1.30 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ ，关键居民组为评价中心 E 方位 0.40km 处的牧民 1，关键核素为 ^{222}Rn ，关键途径为吸入内照射。

表 8-6 气态源项所致 5km 范围内各居民点 ²²²Rn 浓度和个人剂量

居民点	方位	距离 (km)	²²² Rn 浓度 (Bq/m ³)	公众个人剂量 (mSv/a)
牧民 1	E	0.40	6.10E-05	1.30E-06
牧民 2	N	2.16	2.39E-06	5.11E-08
牧民 3	SSE	3.85	1.12E-06	2.39E-08
牧民 4	W	3.29	2.85E-06	6.09E-08
牧民 5	WSW	4.57	8.43E-07	1.80E-08
牧民 6	NNE	3.69	1.96E-06	4.18E-08
牧民 7	SSE	4.81	6.15E-07	1.31E-08
牧民 8	S	2.40	1.92E-06	4.09E-08
牧民 9	SSW	1.17	5.56E-06	1.19E-07
牧民 10	WSW	2.70	1.86E-06	3.97E-08
牧民 11	NNW	2.10	2.86E-06	6.11E-08
牧民 12	NNW	4.65	7.84E-07	1.68E-08

本项目运行期气态源项主要是抽出井释放的 ²²²Rn，照射途径为吸入内照射，运行期气态源项所致评价区域最大个人有效剂量为 $1.30 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ ，出现在 E 方位 0.40 km 子区，关键居民点为牧民 1，小于本项目设定的剂量管理目标值，最大个人剂量仅占剂量管理目标值 0.01mSv/a 的 0.03%。20km 范围内的集体剂量为 $8.95 \times 10^{-9} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

(2) 评价区域辐射环境影响

本项目放射性气载流出物所致各子区地面空气中核素浓度见表 8-7。由表可知，气载放射性流出物所致有人子区空气中核素最大贡献浓度出现在 E 方位 0~1km 处，该子区空气中 ²²²Rn 浓度为 $6.10 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$ 。无人子区 ²²²Rn 最大贡献浓度出现在 WNW 方位 0~1km 处，该子区空气中 ²²²Rn 浓度为 $4.84 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$ 。

本项目生产期气态源项所致评价区域内各子区的个人剂量见表 8-8，评价范围内公众个人剂量等值线分布见图 8-2。由表可知，气载放射性流出物所致有人子区内最大个人有效剂量出现在 E 方位 0~1km 处，该子区最大个人有效剂量为 $1.3 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ 。无人子区最大个人有效剂量出现在 WNW 方位 0~1km 处，该子区最大个人有效剂量为 $1.03 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ 。

表 8-7 气载流出物所致各子区地面空气中核素浓度 (Bq/m³)

核素	方位	距离 (km)					
		0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
²²² Rn	N	3.76E-05	6.96E-06	2.39E-06	1.31E-06	4.68E-07	1.12E-07
	NNE	4.83E-05	1.06E-05	4.04E-06	1.96E-06	6.74E-07	2.07E-07
	NE	4.12E-05	8.66E-06	3.39E-06	1.56E-06	5.82E-07	1.86E-07
	ENE	3.65E-05	7.64E-06	2.96E-06	1.35E-06	4.93E-07	1.59E-07
	E	6.10E-05	8.31E-06	3.30E-06	1.52E-06	5.41E-07	1.43E-07
	ESE	4.67E-05	9.56E-06	3.72E-06	1.72E-06	6.26E-07	1.18E-07
	SE	4.28E-05	8.55E-06	3.42E-06	1.61E-06	5.96E-07	1.00E-07
	SSE	2.71E-05	5.10E-06	2.06E-06	6.15E-07	3.60E-07	7.72E-08
	S	2.13E-05	4.35E-06	1.92E-06	8.83E-07	3.26E-07	9.54E-08
	SSW	2.04E-05	5.56E-06	1.58E-06	7.81E-07	2.99E-07	9.12E-08
	SW	2.32E-05	4.87E-06	1.85E-06	8.77E-07	3.41E-07	1.09E-07
	WSW	2.98E-05	5.79E-06	1.86E-06	8.43E-07	4.03E-07	1.28E-07
	W	4.66E-05	1.06E-05	4.00E-06	2.85E-06	7.24E-07	2.16E-07
	WNW	4.84E-05	9.47E-06	3.40E-06	1.64E-06	5.89E-07	1.39E-07
	NW	3.58E-05	6.60E-06	2.44E-06	1.17E-06	4.31E-07	9.36E-08
NNW	2.94E-05	5.79E-06	2.86E-06	7.84E-07	3.80E-07	6.38E-08	

注：阴影区为无人子区。

表 8-8 运行期评价范围各子区公众个人剂量 (mSv/a)

方位	距离 (km)					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	8.03E-07	1.49E-07	5.11E-08	2.80E-08	1.00E-08	2.40E-09
NNE	1.02E-06	2.26E-07	8.64E-08	4.18E-08	1.44E-08	4.42E-09
NE	8.81E-07	1.85E-07	7.24E-08	3.34E-08	1.24E-08	3.98E-09
ENE	7.80E-07	1.63E-07	6.32E-08	2.88E-08	1.05E-08	3.39E-09
E	1.30E-06	1.78E-07	7.06E-08	3.25E-08	1.16E-08	3.05E-09
ESE	9.98E-07	2.04E-07	7.96E-08	3.68E-08	1.34E-08	2.52E-09
SE	9.15E-07	1.83E-07	7.31E-08	3.45E-08	1.27E-08	2.14E-09
SSE	5.80E-07	1.09E-07	4.40E-08	1.31E-08	7.69E-09	1.65E-09
S	4.54E-07	9.30E-08	4.09E-08	1.89E-08	6.97E-09	2.04E-09
SSW	4.36E-07	1.19E-07	3.39E-08	1.67E-08	6.40E-09	1.95E-09
SW	4.96E-07	1.04E-07	3.94E-08	1.87E-08	7.28E-09	2.34E-09
WSW	6.36E-07	1.24E-07	3.97E-08	1.80E-08	8.62E-09	2.73E-09
W	9.95E-07	2.26E-07	8.55E-08	6.09E-08	1.55E-08	4.62E-09
WNW	1.03E-06	2.03E-07	7.26E-08	3.51E-08	1.26E-08	2.97E-09
NW	7.65E-07	1.41E-07	5.20E-08	2.49E-08	9.21E-09	2.00E-09
NNW	6.28E-07	1.24E-07	6.11E-08	1.68E-08	8.12E-09	1.36E-09

注：阴影区为无人子区。

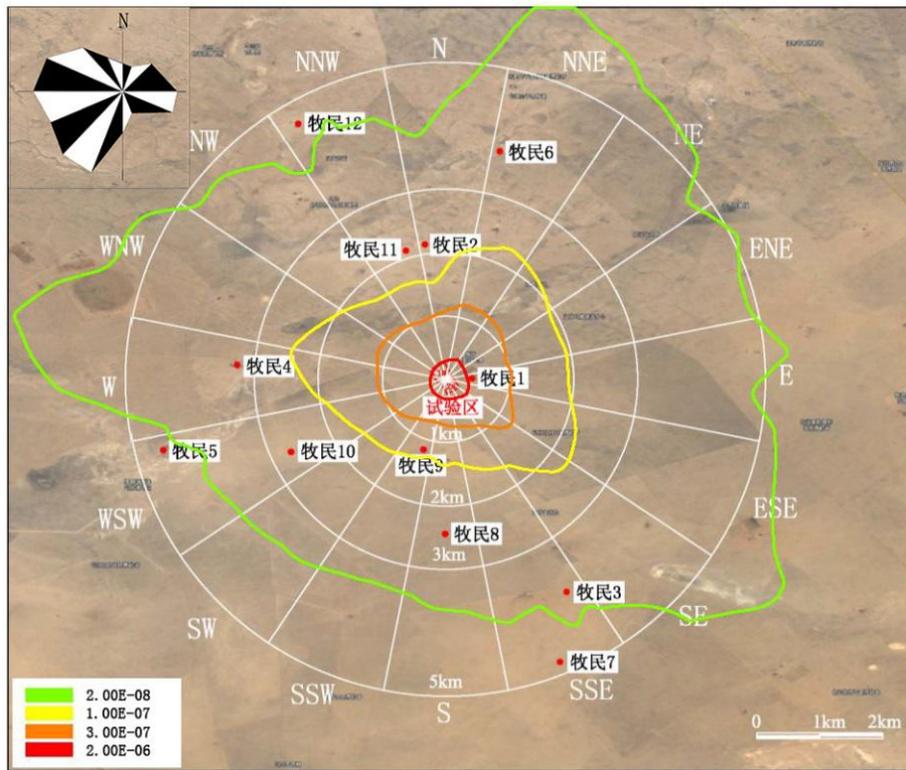


图 8-2 运行期气态流出物所致的区域个人剂量等值线图（单位：mSv/a）

本项目生产期间气态源项对评价区域内居民产生的集体剂量见表 8-9。由表可知，气态源项对评价区域居民产生的集体剂量为 8.95×10^{-9} 人·Sv/a。

表 8-9 生产期气态源项所致 20km 范围内的集体有效剂量

距离 (km)	0~1	0~2	0~3	0~5	0~10	0~20
集体剂量 (人·Sv/a)	3.34E-09	3.51E-09	4.34E-09	4.96E-09	6.73E-09	8.95E-09
份额 (%)	37.3	39.3	48.5	55.4	75.3	100.0

(4) 叠加后的公众个人剂量

本次评价考虑巴彦乌拉铀矿地浸采铀工程所有源项对本项目附近居民点公众个人剂量的叠加影响。根据《中核韶关金宏铀业有限责任公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床地浸采铀工程》（中核第四研究设计工程有限公司，2015 年），叠加后本项目周边居民点个人剂量情况见表 8-10。由表可知，叠加剂量后，本项目周边居民点最大个人剂量为 1.65×10^{-3} mSv/a，关键居民点仍为牧民 1，关键核素为 ^{222}Rn ，关键途径为吸入内照射。牧民 1 个人剂量的主要贡献来源于巴彦乌拉铀矿地浸采铀工程，本项目的贡献值很低。

表 8-10 本项目叠加后 5km 范围内各居民点个人剂量情况

居民点	本项目剂量 (mSv/a)	巴彦乌拉铀矿剂量贡献 (mSv/a)	合计剂量 (mSv/a)
牧民 1	1.30E-06	1.65E-03	1.65E-03
牧民 2	5.11E-08	3.34E-03	3.34E-03
牧民 3	2.39E-08	1.37E-03	1.37E-03
牧民 4	6.09E-08	1.13E-03	1.13E-03
牧民 5	1.80E-08	1.65E-03	1.65E-03
牧民 6	4.18E-08	7.54E-03	7.54E-03
牧民 7	1.31E-08	1.32E-03	1.32E-03
牧民 8	4.09E-08	1.37E-03	1.37E-03
牧民 9	1.19E-07	1.65E-03	1.65E-03
牧民 10	3.97E-08	1.65E-03	1.65E-03
牧民 11	6.11E-08	3.34E-03	3.34E-03
牧民 12	1.68E-08	6.05E-03	6.05E-03

8.2.2 地下水环境影响分析

1) 地下水影响途径分析

地浸采铀是由一组抽、液孔来实现铀的提取的，即通过注入井将溶浸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，为了有效的控制溶浸范围，需保持抽液量大于注液量，维持一个总体上流向井场中心的降落漏斗，使地浸溶液始终流向抽出井。但由于地质条件的复杂性、地下水动力及污染物弥散的影响，不可避免的会出现溶浸液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溶浸液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

《环境影响评价技术导则—地下水环境》(HJ 610-2016)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 47 项(采选)其余类”对应的地下水环境影响评价项目类别为“Ⅲ类”。本项目不涉及集中式水源地，有零星分散式水源地，属于较敏感区域。参照 HJ 610-2016 中表 2 评价工作等级分级表，本项目地下水评价等级确定为三级。根据项目所在区域水文地质条件划定评价范围，地下水评价范围为以试验采区为中心，在地下水下游方向南侧延伸 2km，上游及两侧延伸 1.5km，模拟总面积 11.25km²。

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

本模型建模范围为巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验及其周边地区，根据

《水文地质概念模型概化导则》，由于研究区域所在的完整水文地质单元范围很大，自然边界距离研究区较远，因此人为圈定研究范围。结合地浸采铀工业性试验地下水影响范围及区域水文地质条件，确定本模型的模拟范围为：以试验井场为中心，在地下水上游方向北侧延伸 1500m，下游方向南侧延伸 2000m，平行地下水流向方向东侧延伸 1500m，西侧延伸 1500m，模拟总面积 11.25km²。

（2）边界条件的概化

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

垂向边界：上边界为赛汉组上段顶部泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩等组成的隔水顶板；下边界为赛汉组下段沼湖相泥岩、炭质泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹褐煤组成的隔水底板。

（3）含水层结构的概化

根据地质勘探结果，本项目含矿含水层为赛汉组上段，组成含矿含水层的碎屑物的分选性、磨圆度都较好，碎屑物未胶结或泥质弱胶结，岩心多呈疏松状，渗透性及富水性能均很好。此外，含矿含水层顶、底板均为稳定连续展布的泥岩或泥质粉砂岩，有效地隔断了与上覆含水层的水力联系，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，本次模拟层位为赛汉组含矿含水层，可概化为三维水动力流场和三维溶质弥散场。

（4）源汇项概化

本项目源汇项为研究区域内的生产井，包括 72 个抽出井和 91 个注入井，将其赋值到概念模型中，单孔抽液量为 8m³/h，模拟试验采区整体抽大于注比例为 0.3%，外围边界处抽大于注比例为 0.5%，作为本模拟的主要源汇项。

（5）模拟区剖分

本次预测将模拟区域离散成正交网格，为了更加精确的刻画核素在井场附近的运移情况，在网格剖分的过程中对试验井场区域进行了加密，加密网格的大小为 5m×5m，外围非加密网格的大小为 20m×20m。本模型一共剖分 66068 个网格。网格剖分情况见图 8-3。

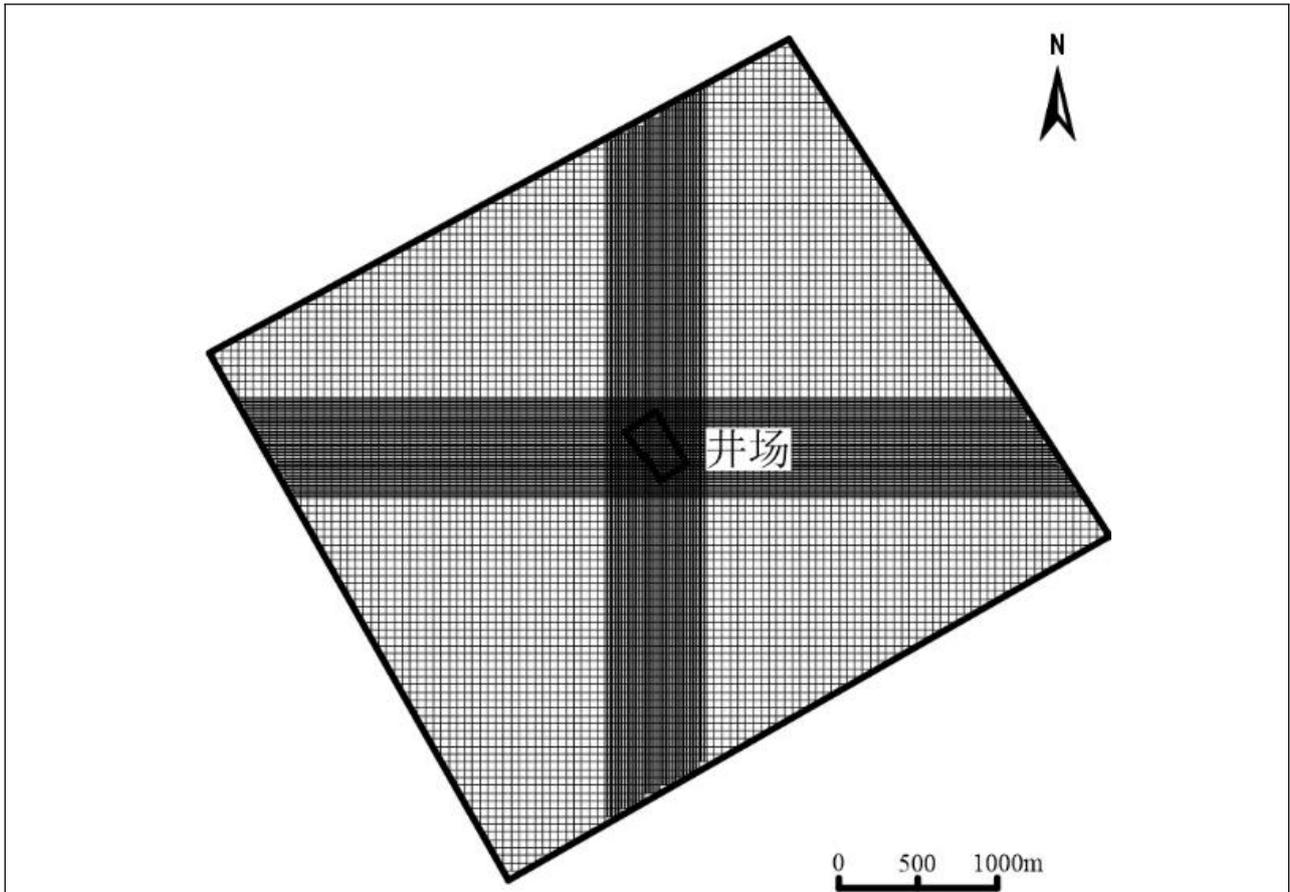


图 8-3 模型网格剖分图

(6) 顶底板高程

根据收集的模拟区水文地质资料，结合模拟区以往地质、水文地质、地形地貌等资料，获取含矿含水层顶底板高程数据，并将各含水层顶底板高程数据赋值到数值模型中。

(7) 参数选取

根据《内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉铀矿床巴润地段（B511~B471 线）详查地质报告》，本次评价渗透系数保守取最大值为 10m/d，孔隙度 0.2，纵向弥散度 10m，横向弥散度 2m。

(8) 评价年限和预测因子

本次评价对试验期间及结束试验后（地浸工程正式投产前）井场溶浸液对地下水的影 响进行预测评价。试验期间即试验服务年限 4a，结束试验后的模拟时间为 5a，试验结束后 关停所有注入井及上游抽出井，仅保留最下游一排的 12 眼抽出井以 3.45m³/d 的抽液量持 续工作，以控制溶浸液的扩散范围。

根据巴彦乌拉地浸出液各水质因子浓度，按照放射性核素、非放射性重金属及非放 射性其他离子进行分类确定预测因子。其中，放射性核素为 U_{天然}，其他因子与《地下水质 量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准进行对比，分别取超过水质标准倍数最大的因子作 为预测因子。非放射性重金属为 Fe，非放射性其他阴阳离子为 SO₄²⁻。U_{天然}源项浓度采用

试验预期技术指标值 15mg/L；SO₄²⁻、Fe 源项浓度采用巴彦乌拉铀矿床采区集合样的实测浓度值，分别为 20760mg/L 和 1623mg/L。

3) 预测结果分析

(1) 流场模拟结果

以试验采区整体抽大于注比例 0.3%，外围边界处抽大于注比例 0.5%为依据，应用 GMS 软件模拟计算得到的试验过程中含矿含水层等水位线见图 8-4。并在地下水流场模拟的基础上，以注入井为粒子释放对象，开展了注入井的粒子追踪模拟，模拟结果见图 8-5。

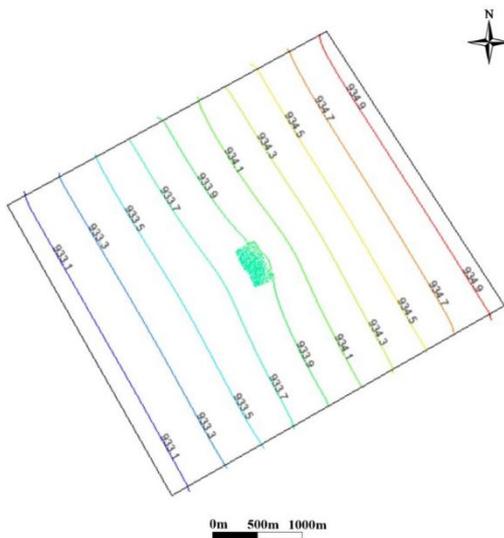


图 8-4 地下水等水位线图

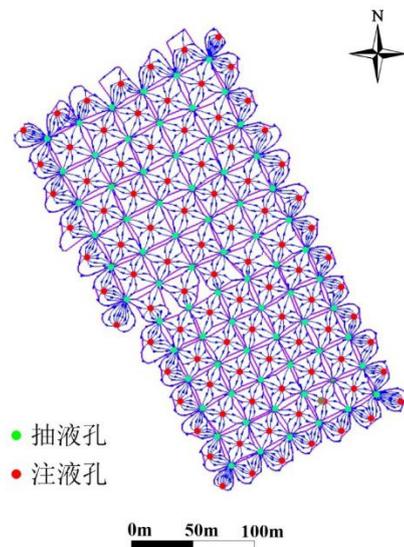
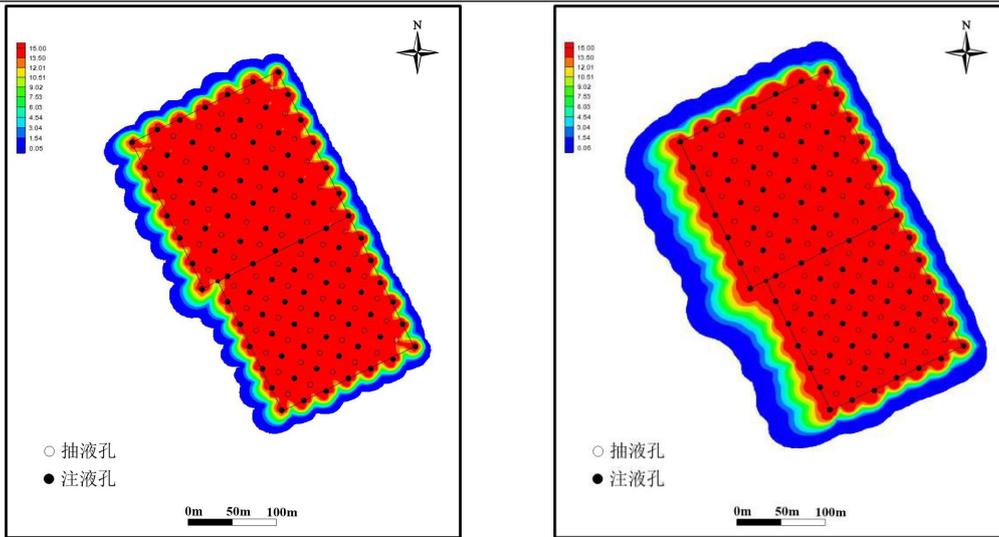


图 8-5 粒子追踪图

由图 8-4 及图 8-5 可知，试验采区周围地下水均流向试验采区，试验采区内注入井释放的粒子均向抽出井方向运移，并形成了梅花形的粒子迁移轨迹，说明现有的抽大于注比例可以有效控制溶浸液扩散。

(2) 试验期溶质运移结果分析

U_{天然}：对井场试验期含矿含水层中的 U_{天然} 迁移模拟进行了预测，以 0.05mg/L 为边界浓度，分别绘制了试验第 1 年和第 4 年的 U_{天然} 浓度分布图见图 8-6。由图可知，试验期末第 4 年时，向下流的运移距离约 104m，侧向的运移距离约 50m，向上游的运移距离约 35m。

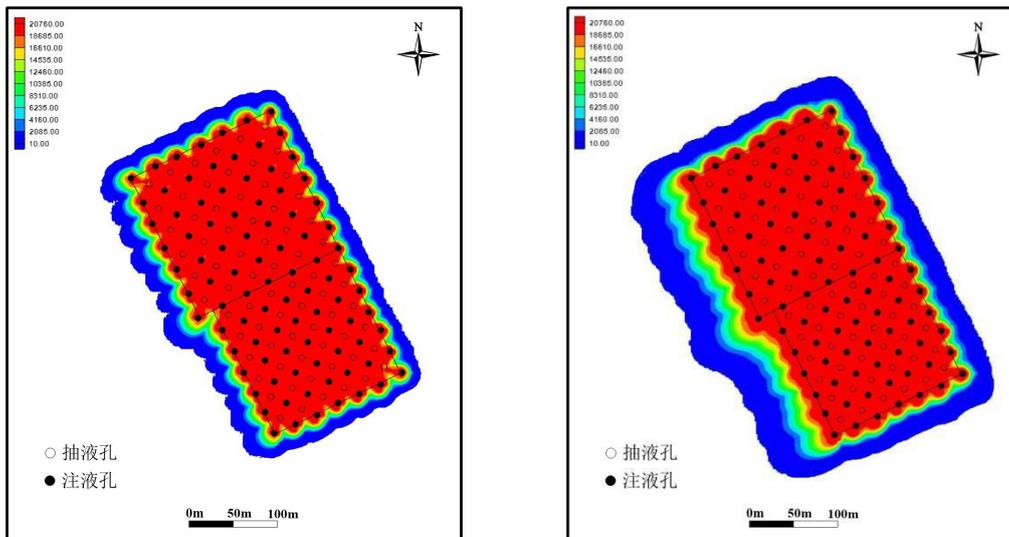


T=1a

T=4a

图 8-6 试验期间 $U_{\text{天然}}$ 在含矿含水层的浓度分布图

SO_4^{2-} : 以 0mg/L 为边界浓度, 绘制了试验第 1 年和第 4 年的 SO_4^{2-} 浓度分布图, 见图 8-7。由图可知, 试验期末第 4 年时, 向下流的运移距离约 120m, 侧向的运移距离约 59m, 向上游的运移距离约 46m。



T=1a

T=4a

图 8-7 试验期间 SO_4^{2-} 在含矿含水层的浓度分布图

Fe: 以 0mg/L 为边界浓度, 分别绘制了试验第 1 年和第 4 年的 Fe 浓度分布图见图 8-8。由图可知: 试验期末第 4 年时, 向下流的运移距离约 110m, 侧向的运移距离约 54m, 向上游的运移距离约 40m。

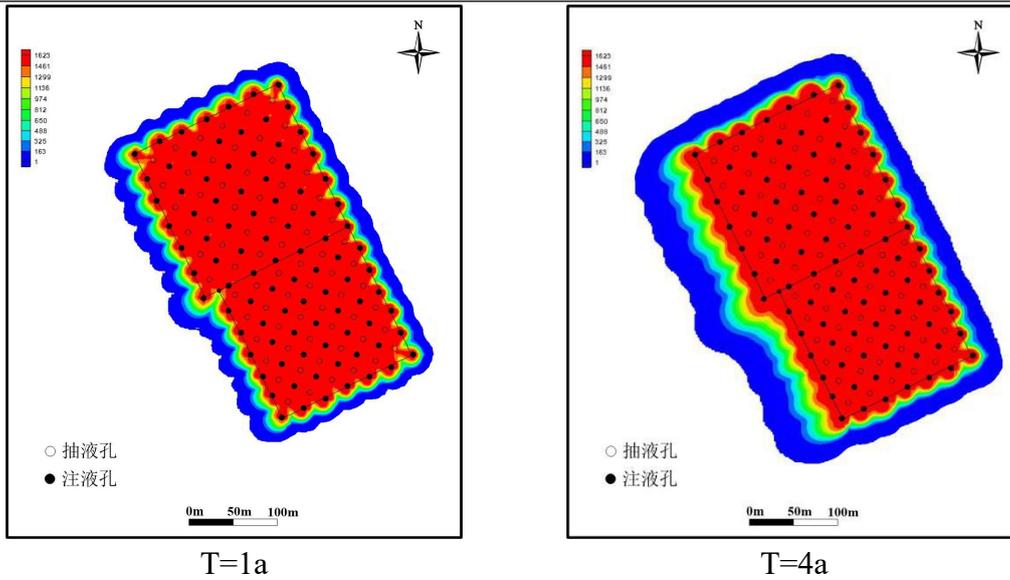


图 8-8 试验期间 Fe 在含矿含水层的浓度分布图

(3) 试验结束后溶质运移结果分析

$U_{\text{天然}}$: 试验结束后关停所有注入井, 只保留最下游一排抽出井持续工作, 总抽水量为 $41.5\text{m}^3/\text{d}$ (试验期总抽液量的 0.3%)。对井场试验结束后含矿含水层中的 $U_{\text{天然}}$ 迁移模拟进行了预测, 以贡献值 $0.05\text{mg}/\text{L}$ 为边界浓度, 绘制了试验结束后第 5 年的 $U_{\text{天然}}$ 浓度分布见图 8-9。由图可知, 试验结束后, $U_{\text{天然}}$ 在含矿含水层的运移扩散速度逐渐变小, 并整体向下游移动, 试验结束后第 5 年时, $U_{\text{天然}}$ 累计共向下游的运移距离约 124m, 侧向的运移距离约 49m, 向上游的运移距离约 32m。

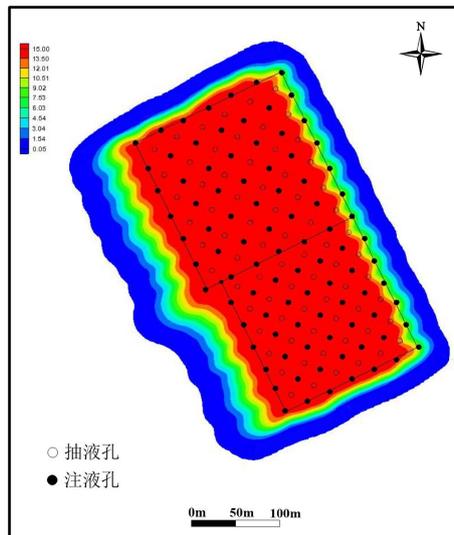


图 8-9 试验结束 5a 后 $U_{\text{天然}}$ 在含矿含水层的浓度分布图

SO_4^{2-} 、Fe: 以贡献值 $0\text{mg}/\text{L}$ 为边界浓度, 分别绘制了 SO_4^{2-} 和 Fe 在试验结束后第 5 年的浓度分布图, 见图 8-10。由图可知, 试验结束后第 5 年时, SO_4^{2-} 累计向下游的运移距离约 147m, 侧向的运移距离约 58m, 向上游的运移距离约 42m。Fe 累计向下游的运移距离

约 131m，侧向的运移距离约 53m，向上游的运移距离约 36m。

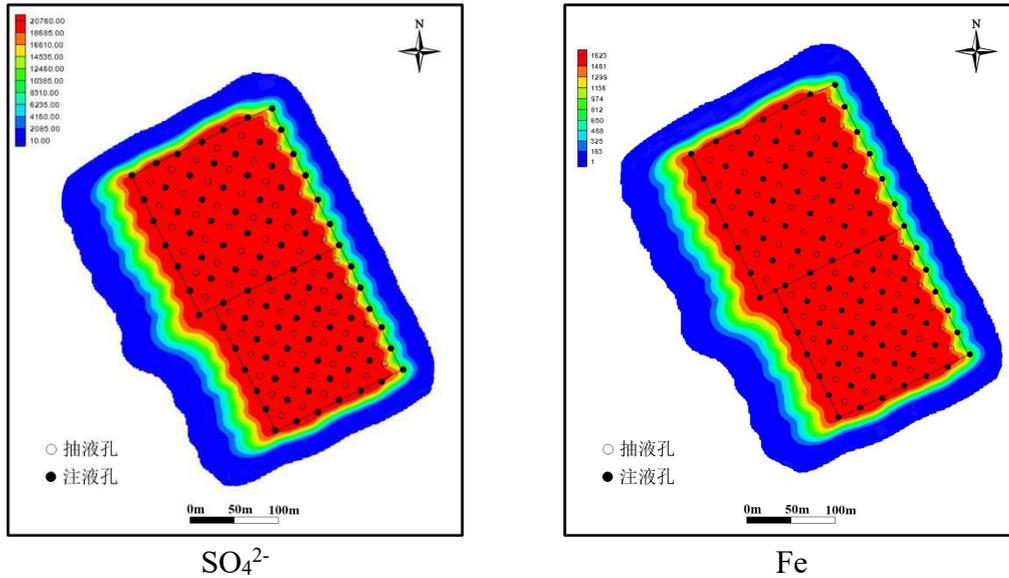


图 8-10 试验结束 5a 后 SO₄²⁻和 Fe 在含矿含水层的浓度分布图

8.2.3 放射性固体废物环境影响分析

本项目正常试验期产生的固体废物主要是洗井残渣及废旧设备及零配件等。洗井残渣产生量约为 0.1t/a，运至巴彦乌拉地浸工程蒸发池集中处理。根据同类采区的检修经验，废旧设备及零配件年废物产生量约 0.72t/a，运到巴彦乌拉地浸采铀工程固体废物库存放。

巴彦乌拉地浸采铀工程固体废物库总建筑面积 659.09m²，可存储 988.6m³固体废物，目前固体废物堆存量约 20m³，其年固体废物产生量约 5m³/a，本项目产生的废旧设备及零配件较少，仅 0.72t/a。因此，巴彦乌拉固体废物库完全可以接纳本项目产生的固体废物的需求。

8.2.4 噪声环境影响分析

本项目运行期噪声源仅为集控室中的卧室增压管道泵，管道泵位于集控室内部，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，即昼间≤60dB（A），夜间≤50dB（A）。

8.2.5 环境风险影响分析

本试验项目气态流出物只有 ²²²Rn，当发生任何事故导致试验停止时，²²²Rn 的排放也随即停止，且本试验项目所在地周边地广人稀。因此，气载流出物基本不存在环境风险。当试验失控、自然灾害、人为事故发生时，液态流出物的排放可能存在以下几种可能事故：

1) 事故性的停止试验

在试验中，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。巴彦乌拉铀

矿山配备应急柴油发电机，可保证应急电力供应。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“抽大于注 0.3%”的试验运行过程中，试验采区地下水已形成地下水降落漏斗。因此，暂时性停止试验，试验采区地下水位处于恢复阶段，试验采区地下水降水漏斗依然存在，抢修时间内基本可以控制溶浸液不向外迁移。

2) 非控制性的抽注失衡

正常运行工况下，地浸采铀采用抽液量一般略大于注液量的负不平衡来控制或避免地下浸出液的流散。由于生产控制的波动性，项目运行中短暂的抽注失衡是存在的。首先，本项目抽、注液管道均设有流量和压力的自动检测装置，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

本项目试验井场的抽注液总管与巴彦乌拉铀矿山井场总管对接，浸出液通过抽液管道输送至巴彦乌拉铀矿山水冶厂进行提铀处理，浸出剂通过注液管道输送至试验采区集控室后再分配至各注液孔。在输送液体的过程中可能发生的事故为管道的跑、冒、滴、漏等，本项目在管道上设有压力和流量自动检测系统，同时配备工作人员定期对相关区域进行巡视。一旦发生管道的跑、冒、滴、漏等情况可及时发现并得到有效控制，漏失的液体集中收集后，排入巴彦乌拉水冶厂蒸发池，因此在事故性的冒槽或跑、冒、滴、漏情况下，浸出液对外环境的影响很小。

4) 管道破裂

本试验所在地每年有 4~5 个月的冰冻期，冻土深度一般近 1.8m，有可能出现冰冻造成井场管道断裂和“跑液”事故。由于含矿含水层距地表深度约 100m 左右，抽出液水温 14~16℃左右，试验正常运行，管道水循环输送，不会发冰冻造成井场管道断裂。此外，本项目的自动化控制系统在抽注液主管安装电动调节阀，可以实现远程关停和开启抽注液主管及调控总抽液流量，可监控管道流量情况，一旦发生破损可及时发现。因此，只有在冰冻期由于意外停电，造成抽注液不能连续进行，有可能使得管网冻裂。为了防止上述事故发生，所有管网均埋于地表以下，抽液和注液主管采用钢塑复合管。集控室周围的管网在地表以下用土填埋，其余地表管线包覆保温层保温；试验配备柴油发电机，以保证电力供应。因此，井场管道断裂风险发生的可能性较小。

5) 上层含水层污染事故

本项目地浸钻孔施工过程中采取了严格的质量保证，仅在含矿段安装滤水管，并将滤水管以上环状间隙全段水泥封堵，在施工完毕后，将通过物探检测等手段，保证井管的完整性和水泥封堵的可靠性。因此，一般情况下不存在由于钻孔密封不良造成泄露事故发生。在生产过程中，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，本项目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，将破损的生产井进行修复或全孔封闭。

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	环保设备、轻质柴油	满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)新污染源限值要求。
		钻探场地	颗粒物	洒水抑尘、遮盖土方、避免大风期间施工等	
	运行期	生产孔	²²² Rn	—	满足剂量管理目标值要求。
废水	施工期	设备冲洗水	悬浮物、泥沙等	场地洒水抑尘、自然蒸发	得到恰当处置
		生活废水	COD、NH ₃ -N	依托巴彦乌拉现有生活污水处理设施	得到恰当处置
	运行期	吸附尾液	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、SO ₄ ²⁻ 等	巴彦乌拉蒸发池	得到恰当处置
		流散浸出液	U _{天然} 、 ²²⁶ Ra、SO ₄ ²⁻ 等	抽注比例控制、监测井监控	得到恰当处置
		洗井废水	悬浮物、泥沙等	移动式环保洗孔工作站	得到恰当处置
固体废物	施工期	钻井泥浆	—	排入泥浆坑，施工结束后覆土掩埋，恢复植被。	得到恰当处置
		废弃岩心	—	施工期岩芯箱暂存，施工结束后至于泥浆坑覆土掩埋	
		废机油	—	专用桶收集，定期交由具备危险废物处置资质的单位处置	
		生活垃圾	—	寝车收集，运送到巴彦乌拉生活区统一处理	
	运行期	洗井残渣	—	巴彦乌拉蒸发池	
		废旧设备、零配件	—	巴彦乌拉固体废物库	
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)、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。				
<p>生态保护措施及预期效果:</p> <p>项目现场试验只进行少量的土地平整，土方开挖量很少，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，项目的建设不会对当地生态环境造成明显影响，且试验结束后影响即会消失。</p>					

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、水位自动 监测仪	9 眼监测孔	201	
二	噪声	低噪设备、设备维 维护保养	低噪设备、隔声挡 板、设备维护保养	8.6	
三	实现无人值守	视频监控设备	视频监控设备	9	
四	废水	移动式环保洗孔工 作站	洗井废水处置	5	
五	生态恢复	泥浆坑	钻井泥浆处置设施 泥浆坑	2	
六	绿化	场地恢复绿化	场地绿化	1	
合计				226.6	

11 环境管理与监测计划

11.1 环境管理机构

中核内蒙古矿业有限公司作为本项目的主管单位，全面负责本项目施工期和试验运行期的管理、监测和检查等工作。其主要职责包括：

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

本项目施工期环境监测主要包括大气、噪声等常规介质的监测，监测计划见表 11-1。

表 11-1 施工期环境监测方案

监测对象	监测项目	监测位置	监测频次
空气	TSP	试验场界四周、牧民 1	1 次/季度
噪声	昼夜等效连续 A 声级		

11.2.2 运行期环境监测计划

本项目试验运行期监测计划见表 11-2，监测布点图见图 11-1。

表 11-2 试验运行期环境监测计划

序号	介质	监测位置	监测项目	频次
1	大气	①牧民 1、牧民 2； ②对照点：赛罕塔拉嘎查	^{222}Rn 及其子体	1 次/季
2	贯穿辐射剂量率	①牧民 1、牧民 2； ②对照点：赛罕塔拉嘎查	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/半年
3	地下水	①牧民 1、牧民 5； ②对照点：赛罕塔拉嘎查	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po	1 次/半年
		试验区外围含矿含水层（7 个）及内部上含水层（2 个）地下水监测井	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、pH、 SO_4^{2-} ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、Fe、Mo、Mn	1 次/2 个月 1 次/半年
4	土壤	①牧民 1、牧民 6； ②对照点：赛罕塔拉嘎查	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、Cd、As	1 次/半年
5	生物	牧民 1 牧草	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po	1 次/年
6	噪声	牧民 1	连续等效声级 LAeq	1 次/半年

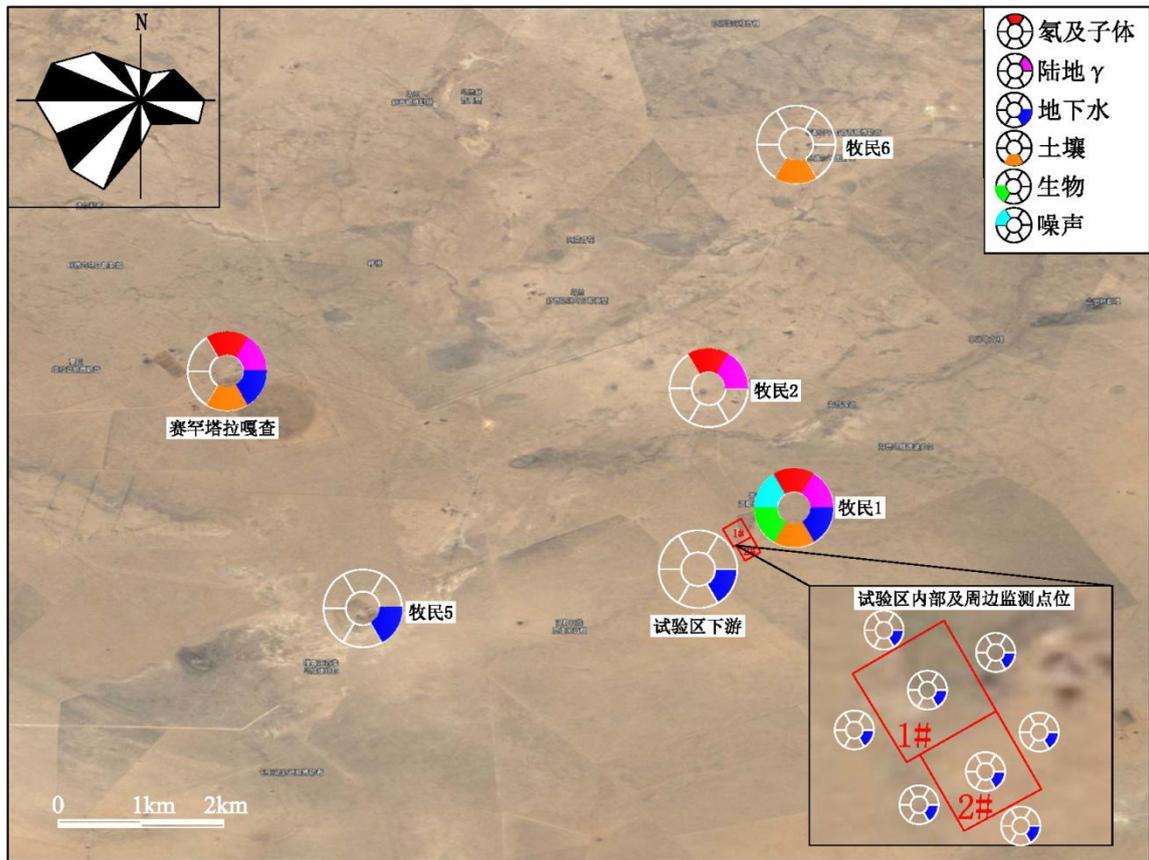


图 11-1 环境监测布点图

12 退役治理与长期监护

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

1) 在地浸工程项目正式投产前，继续保持该试验项目的生产，一方面可充分回收有用金属，另一方面通过井场运行保持抽大于注所形成的向井场中心的降落漏斗，控制浸出液范围避免其向井场外流散。同时保留所有环境保护设施。

2) 在正式投产后，对于试验项目有利用价值的设备直接利用，无利用价值的设备暂存于固体废物库中，待工程结束后一并处置。

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

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

12.1 退役治理

1) 退役目标

根据原地浸出采铀的工艺特点，项目退役分为地表工程退役治理以及地下水修复两个部分。

地表工程中可能受污染地块，根据监测结果，采取挖除或填土覆盖后，达到《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）规定标准要求，进行植被绿化。

本试验项目中，无利用价值的金属设备、管线经去污后，暂时存放在巴彦乌拉地浸采铀工程固体废物库。

地下水的修复目标值根据巴润试验环评地下水取样分析指标，结合《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）和本底情况，通过地下水修复试验进行确定。

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。

地表工程退役治理采用拆除、去污、清挖、覆土植被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，最后用水玻璃、混凝土等注浆封堵。井场与试验场地治理采用原地覆盖技术，种植植被，确保达到控制水平。地表设备和管道，分别进行物理、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。

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，意味着巴润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

本工程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

巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验研究为原地浸出采铀试验项目，位于内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗巴彦乌拉苏木境内，研究周期为6年。项目总投资3995万元，其中环保投资226.6万元。现场建设内容主要为井场。根据研究需求，共布置2个试验采区，共计72个浸采单元（抽注单元）。同时，布设集控室2座，完成井场综合管网铺设。

2) 工程分析结论

(1) 工艺流程

本项目采用原地浸出采铀工艺。

井场工艺流程为：吸附尾液配液→加入氧化剂→集控室注液分配→注入浸出剂→输送浸出液。

本项目地浸浸出液处理部分依托于巴彦乌拉水冶厂，浸出液通过抽液管道输送至巴彦乌拉铀矿山集液池，与巴彦乌拉地浸采铀工程的浸出液混合进行水冶提铀处理，其水冶工艺为工艺流程为浸出液→过滤→吸附→转移脱水→淋洗→萃取→反萃取→沉淀→压滤→“111”产品。

(2) 污染物的产生及处理

废气：本项目地浸工业性试验在试验区无吸附区、集液池、蒸发池等相关设施，仅含井场部分，含放射性核素的气载流出物主要来自抽液钻孔释放的少量的氡。经保守计算，本项目井场区域 ^{222}Rn 的释放量共计为 $4.88\times 10^7\text{Bq/a}$ 。

废水：本项目的浸出液经抽液总管进入巴彦乌拉集液池，与巴彦乌拉地浸采铀工程的浸出液混合一同进入巴彦乌拉水冶厂。因此，本项目产生的该部分吸附尾液也同巴彦乌拉地浸工程的去向一致，将排入巴彦乌拉蒸发池进行自然蒸发处理。

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

本项目注液孔不定期洗井将产生洗井废水，采用移动式环保洗孔工作站处理，处理后的澄清液回罐至附近抽出井，废渣倒入蒸发池。

固体废物：本项目正常试验期产生的固体废物主要是洗井残渣及管道、设备检修产生的零配件。洗井残渣产生量约为0.1t/a，运至巴彦乌拉地浸工程蒸发池集中处理。根据同类采区的检修经验，废旧设备及零配件等年废物产生量约0.72t，运到巴彦乌拉地浸采铀工程

固体废物库存放。

噪声：本项目噪声源主要为集控室内的管道泵，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。噪声源强经处理后在厂界可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准，即昼间 ≤ 60 dB（A），夜间 ≤ 50 dB（A）。

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；声环境满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

本项目潜水含水层和含矿含水层地下水中的 $U_{\text{天然}}$ 和 ^{226}Ra 均处于锡林郭勒盟当地本底范围内。潜水含水层地下水中非放射性指标总体满足《地下水质量标准》（GB14848-2017）中 III 类标准，个别因子（pH、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 SO_4^{2-} 、 F^- 、 Cl^- 及 TDS）背景值较高。含矿含水层地下水中非放射性指标总体满足《地下水质量标准》（GB14848-2017）中 III 类标准，个别因子（pH、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、COD、 SO_4^{2-} 、 F^- 、 Cl^- 及 TDS）背景值较高。

4) 环境影响分析结论

（1）施工期环境影响分析

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

（2）试验期环境影响分析

辐射环境影响：本项目对公众产生照射的主要途径为抽出井释放的 ^{222}Rn 对周围公众产生的吸入内照射，运行期气态源项所致评价区域最大个人有效剂量为 $1.30 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ ，出现在 E 方位、0~1km 子区，关键居民点为牧民 1，最大个人剂量占个人剂量约束值 0.01mSv/a 的 0.03%。20km 范围内的集体剂量为 $8.95 \times 10^{-9} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。本项目运行期气态源项所致的个人有效剂量较小，均低于相应的个人剂量管理目标值，且本项目周围人口稀少，集体有效剂量也较小。因此，本项目气态流出物对环境的影响在可接受范围之内。

地下水环境影响：根据特征污染物 $U_{\text{天然}}$ 、 SO_4^{2-} 及 Fe 的溶质运移预测结果，在试验期末第 4 年时， $U_{\text{天然}}$ 、 SO_4^{2-} 及 Fe 向下流的运移距离分别为 104m、120m 和 110m。试验结束后第 5 年时， $U_{\text{天然}}$ 、 SO_4^{2-} 及 Fe 累计向下流的累积迁移距离分别为 124m、147m 和 131m。本项目含矿含水层埋深较大，含矿含水层的顶底板均相对稳定，含矿含水层中的地下水越流至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。

(3) 放射性固体废物环境影响

根本项目产生的废旧设备及零配件等废物运到巴彦乌拉地浸采铀工程固体废物库存放。待退役时一并处理，不会对环境产生明显影响。

(4) 声环境影响

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

5) 工程可行性结论

本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

1) 项目建设应严格执行工程基本建设程序和“三同时”制度，环保设施做到与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

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

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

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：《关于巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验研究实施方案的批复》，
中国铀业有限公司，中铀发〔2020〕289；

附件 3：《内蒙古自治区生态环境厅关于巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验
项目环境影响评价执行标准的复函》，内蒙古自治区生态环境厅，2020 年 9
月 11 日；

附件 4：《巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验环境质量现状监测》
(2020HYFFX-04346)，核工业北京化工冶金研究院，2020 年 9 月；

附件 5：《巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验环境质量现状监测》
(2020HYFFX-05590)，核工业北京化工冶金研究院，2020 年 11 月。

附件

1

环评委托书

中核第四研究设计工程有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，现委托贵单位承担《巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验研究项目环境影响报告表》的编制工作，请根据国家法律法规要求尽快开展工作。

特此委托。

中核内蒙古矿业有限公司

2020年12月6日



中国铀业有限公司文件

中铀发〔2020〕289 号

关于巴彦乌拉铀矿床巴润矿段 地浸采铀工业性试验研究实施方案的批复

中核内蒙古矿业有限公司：

你公司上报的《关于开展巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸采铀工业性试验研究》（中核蒙矿发〔2020〕102 号）收悉。经研究，同意你公司按程序开展研究，现将有关事项批复如下：

一、研究目标

在前期化冶院室内试验的基础上进一步验证地浸开采方法，开展巴润矿段地浸采铀扩大试验，明确矿床浸出工艺；依托巴彦

乌拉铀矿山现有自动化生产系统，开展巴润矿床数字化开采技术研究，形成“一个中心，三个平台”的地浸铀矿山数字化开采模式，为工业化开发提供设计依据。

二、研究内容及实施方案

（一）地质、水文地质条件和室内浸出研究

选取有代表性区域开展现场矿床水文地质试验，明确矿层化学组成，测定矿床涌水量、渗透性等参数，对地浸开采方法进行评价；开展新区域含矿含水层室内浸出试验，全面了解巴彦乌拉铀矿床巴润矿段矿石浸出性能、耗酸情况，提出工业试验工艺路线和工艺参数。

（二）现场地浸工业性试验研究

并开展现场群孔抽注浸出试验，研究适宜于巴彦乌拉铀矿床巴润矿段开发的的浸出工艺，确定巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸工业开采技术参数。初步计划在试验区域内布置两个不同井型、井距的采区。1#试验区钻孔布置采用五点型，抽、注孔间距设计为 30m，布置 36 个抽注液单元；2#试验区钻孔布置采用五点型，抽、注孔间距 27m，布置 36 个单元。共需施工抽液钻孔 72 个，工程量约 7920m；注液钻孔 91 个，工程量约 10010m。

（三）数字化开采技术研究

依托巴彦乌拉现有矿山自动化能力，研发并建设矿山数据中心，实现各系统间的数据共享及同步；研发并建设资源开发与储量动态管理平台，实现对铀资源的动态掌握；研发并建设生产管理与智能监控平台，实现矿山生产数据自动化采集、分析和综合集成；研发并建设三维管控一体化平台，实现生产、科研、资源、安全环保等信息共享，科学动态的调度资源；综合集成各系统模块，形成“一个中心，三个平台”的数字化地浸铀矿山开采模式。

（四）经济效益评价

综合考虑整体工艺技术应用过程中发生的原材料、施工、仪器设备购置、运行维护、动力消耗、环境保护等成本，结合成果转化效益，测算投入与产出值，对技术经济性进行客观评价。

三、主要成果及技术指标

（一）预期技术指标

试验期间浸出液平均铀浓度 $\geq 15\text{mg/L}$ ；试验期间单孔平均抽液量 $\geq 8\text{m}^3/\text{h}$ ；采区实现无人值守。

（二）预期成果

形成巴彦乌拉铀矿床巴润矿段地浸开采工艺方法，建立酸法地浸采铀矿山数字化开采技术标准，申请发明专利 1-2 项。

四、研究周期及重要节点

本项目计划研究周期为 2020 年 6 月-2026 年 5 月，为期 6

年，具体安排如下：

2020 年完成矿床地质、水文地质、勘探情况等基础资料收集，分析矿床开采条件；完成机械及自动化设备调研、选型；开展试验环境评价工作。

2021 年完成试验钻孔施工、现场水文地质试验、含矿含水层岩矿物学分析与室内浸出试验，提出现场浸出试验工艺路线和工艺参数。

2022 年完成井场综合管线安装、集控室建设及室内工艺及自动化安装、采区酸化方式研究，提出适合于巴润矿床的酸化方式及工艺参数。

2024 年完成现场工业性浸出试验，获得适合于巴润矿床地浸工艺的浸出剂配方，抽注液流量，井型、井距等参数。

2025 年完成酸法地浸采铀数字化开采技术研究，形成“一个中心，三个平台”的矿山开采模式。

2026 年完成项目成果总结，形成技术报告等。

五、研究经费及承担单位

项目研究经费为 3995 万元，由中核内蒙古矿业有限公司自筹；项目承担单位为中核内蒙古矿业有限公司。

请你单位按照相关规定开展钻孔施工招标和材料采购，严格项目预算管理和资金控制，加强项目廉洁风险管理；请确保项目

安全施工、标准化施工，按规定处置废弃物，并尽快研究制定安全环保保障方案，明确责任内容，于本批复下达后报中国铀业安防环保部审查；根据中国铀业总经理办公会要求，在项目实施过程中，你单位要加强高水平协同创新，集中优质研究资源开展创新联合攻关，切实解决实际生产问题，确保高质量完成研究工作和成果及时转化应用。

附件： 项目经费概算表



抄送：中国铀业领导、安防环保部、经营管理部、资源勘查部、财务
与资本运营部

中国铀业有限公司综合办公室

2020年7月1日印发

附件:

项目经费概算表

序号	成本项目	价款 (万元)	计价标准及说明
1	专用费	3480	钻孔工程: 1120 万元, 钻孔安装: 120 万元, 采区布线: 1300 万元, 集控室建设: 60 万元, 配电工程: 150 万元, 监控工程: 150 万元, 潜水泵、流量计、调节阀等试验设备购置: 580 万元
2	试验费	400	试验材料消耗 12000t 硫酸: 240 万元, 1000t 双氧水: 160 万元
3	外协费	110	技术服务: 50 万元, 室内试验: 30 万元, 环境监测及评价验收: 30 万元
4	事务费	5	差旅费及其他: 5 万元
	合计	3995	

染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）土壤污染风险筛选值标准，建设用地执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地污染风险筛选值。

二、污染物排放标准

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

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

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

三、辐射环境执行下列标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

2. 《铀矿冶辐射防护与辐射环境保护规定》（GB23727-2020）；

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

内蒙古自治区生态环境厅

2020年9月11日

