送审稿

巴润铀矿床地浸试验

环境影响报告书

（公示版）

中核韶关金宏铀业有限责任公司

2015 年 5 月

送审稿

巴润铀矿床地浸试验

环境影响报告书

（公示版）

中核韶关金宏铀业有限责任公司

2015 年 5 月

巴润铀矿床地浸试验

环境影响报告书

中核韶关金宏铀业有限责任公司
法人代表：吴强
通信地址：广东省韶关市韶南大道中 10 号
电　　话：0751-8280658



建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：核工业北京化工冶金研究院
住　　所：北京市通州区九棵树 145 号
法定代表人：郭忠德
证书等级：甲级
证书编号：国环评证甲　字第　1059　　号
有效期：至 2016 年 1 月 16 日
评价范围：环境影响报告书类别 — 甲级：核工业***乙级：输变电及广电通讯***
环境影响报告表类别 — 一般项目环境影响报告表；特殊项目环境影响报告表***

二〇一三年七月二日

项目名称：中核韶关金宏有限责任公司
巴润铀矿床地浸采铀试验

评价机构：核工业北京化工冶金研究院

法人代表：郭忠德

评价文件类型：环境影响报告书

巴润铀矿床地浸试验

环境影响报告书

编制单位：　核工业北京化工冶金研究院

编写组组长：李先杰

编写组成员				
姓名	职称	登记证或岗位证书	编写章节及内容	签名
李先杰	研高	A10590011300	负责、第 10 章	
仇月双	高工	A10590051000	第4、5、13、14 章	
张学礼	高工	A10590091300	第 3 章	
廖文胜	研高	A10590040500	第 12 章	
王高山	高工	A10590011300	第 1、2 章	
邓文辉	研高	A10590021300	第 8、9 章	
张伟	工程师	A10590019	第 7 章	
牛洁	工程师	A10590018	第 11 章	
高洁	工程师	A10590131200	审核、第 6 章	
徐乐昌	研高	A10590031300	审定	

经环境保护部环境影响评价工程师职业资格登记管理办公室审查，李先杰具备从事环境影响评价及相关业务的能力，准予登记。

职业资格证书编号：0004379

登记证编号：A10590011300

有效期限：2012 年 02 月 28 日至 2013 年 02 月 08 日

所在单位：核工业北京化工冶金研究院

登记类别：核工业类环境影响评价

中华人民共和国环境保护部

2012 年 02 月 28日



再 次 登 记 记 录

时间	有效期限	签章
2013.3.20	延至 2016 年 02 月 08 日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	

前　言

“十五”以来，随着铀矿成矿理论和地质认识的提高，地质找矿取得了一系列重大突破，在内蒙古二连盆地相继落实了巴彦乌拉、巴润、赛汉高毕、齐哈格日图等一批初步具备地浸采铀条件的砂岩型铀矿资源。巴彦乌拉铀矿现场酸法试验已经取得了较好的阶段性成果。巴润、赛汉高毕、齐哈格日图矿床与巴彦乌拉矿床处于同一矿带，相隔距离为10~200km，可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。

巴-赛-齐砂岩型铀矿地浸采铀项目受到中核集团公司和地矿事业部领导的高度重视和大力支持。2014 年 3 月，中核集团公司将“二连盆地巴-赛-齐砂岩型铀矿地浸条件试验研究”列入了集团“龙腾 2020”科技创新计划核心能力提升项目“铀矿勘查采冶技术”——《关于下达中核集团“龙腾 2020”科技创新计划核心能力提升项目“铀矿勘查采冶技术”研究任务书的通知》。根据项目组进度安排，先行进行巴润铀矿床地浸试验环境影响评价。巴润铀矿床位于内蒙古自治区中北部，行政上隶属于内蒙古自治区锡林郭勒盟苏尼特左旗管辖。

根据“中华人民共和国环境影响评价法”及“中华人民共和国放射性污染防治法”等有关规定，为预测与减少该试验所造成的环境影响，开展试验需要进行环境影响评价工作。为此，中核韶关金宏铀业有限责任公司委托核工业北京化工冶金研究院编制《巴润铀矿床地浸采铀试验环境影响报告书》（下称环评报告书）。

目　　录

1 总论 1
1.1 项目概况 1
1.2 编制目的 1
1.3 编制依据 2
1.4 采用标准 2
1.5 评价范围 3
1.6 评价内容及重点 4
1.7 剂量控制值与环境评价执行标准 4
1.8 试验区周围敏感点、控制和保护目标 5
2 评价区域环境概况 6
2.1 自然环境 6
2.2 社会环境 13
3 项目工程分析 15
3.1 试验的必要性及目的 16
3.2 试验规模及内容 17
3.3 现场试验方案 19
3.4 工艺设备 22
3.5 总平面布置 22
3.6 原材料消耗与运输 23
3.7 公用工程与辅助设施 23
3.8 节能措施 25
3.9 环境保护 25
3.10 辐射防护措施 36
3.11 劳动安全卫生.....37

4 环境质量现状及评价 38
4.1 环境现状监测 38
4.1.2 监测依据 38
4.3 非放射性现状评价 40
5 源项分析 42
5.1 目的 42
5.2 源项确定原则 42
5.3 污染源和污染物的确定 42
5.4 源项确定 42
6 正常情况下辐射环境影响分析与评价 47
6.1 公众辐射环境影响分析与评价 47
6.2 职业照射辐射环境影响分析与评价 49
6.3 蒸发池的环境影响分析 50
7 地下水环境影响分析与评价 51
7.1 地下水污染预测模型与软件 51
7.2 试验期间地下水环境影响预测与评价 52
7.3 试验结束后地下水环境影响预测与评价 52
8 事故影响分析与环境风险评价 53
8.1 事故风险识别 53
8.2 事故预测分析与环境风险评价 53
8.3 事故应急措施 55
9 非放射性污染影响分析 57
9.1 评价等级和评价范围 57
9.2 大气环境影响分析 58
9.3 水环境影响分析 58
9.4 噪声环境影响分析 58

9.5 固体废物 59
9.6 生态环境影响分析 59
9.7 施工期间环境影响分析 63
10 环境经济损益分析 67
10.1 经济效益分析 67
10.2 环境效益分析 68
10.3 环保投资分析 69
10.4 社会效益分析 69
11 公众参与.....70
11.1 公众参与的目的、作用 70
11.2 公众参与的方式.....70
11.3 公众参与的方案及实施 70
11.4 被调查人员统计与分析 73
12 环境监测和环境管理计划 77
12.1 监测 77
12.2 质量保证 79
12.3 管理内容 81
13 后续环保措施建议 82
13.1 试验成功的环保措施 82
13.2 试验失败的环保措施 82
14 结论和承诺 83
14.1 结论 83
14.2 承诺 86

1 总论

1.1 项目概况

1.1.1 名称

该项目名称为“巴润铀矿床地浸采铀试验”。

1.1.2 地点

本项目位于内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗西北约 35km。

1.1.3 性质

该项目为原地浸出采铀试验项目。为提高铀矿产资源可持续发展能力、提高资源利用效率和减少环境污染而进行的试验项目。

1.1.4 试验规模

该项目采用酸法浸出，设置抽液井 6 眼，注液井 12 眼，单孔抽液量为 12m3/h。观测井 5 个，其中，井场内含矿含水层的上含水层 1 个，在井场范围外含矿含水层上游 500m 和下游 50m、100m 各 1 个，最近村民饮用水 1 个。

1.1.5 项目投资

项目总投资 2237 万元，其中环保投资额 145 万元。

1.1.6 服务年限

该试验项目研究周期为 5 年。

1.2 编制目的

（1）分析、预测和评价“巴润铀矿床地浸采铀试验”对环境可能造成的影响及程度。

（2）从环保角度论证该试验项目的经济技术可行性，估算周围居民所受到的附加剂量，保护环境与周围居民健康。

（3）为上级主管部门提供决策依据。

1.3 编制依据

（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日中华人民共和国主席令第九号）；

（2）《建设项目环境保护管理条例》(1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号)；

（3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（ 2003 年中华人民共和国主席令第 6 号）；

（4）《中华人民共和国环境影响评价法》，2002 中华人民共和国主席令77号；

（5）《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2008；

（6）《二连盆地巴-赛-齐砂岩型铀矿地浸条件试验研究实施方案》， 2014 年 3 月；

（7）内蒙古自治区环境保护厅《关于巴润铀矿床地浸采铀试验环境影响评价执行标准的函》（内环函[2014]278 号）。

1.4 采用标准

1.4.1 评价采用的主要辐射标准、规范

（1）《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》GB18871-2002；

（2）《环境地表γ辐射剂量率测定规范》GB/T14583-1993；

（3）《铀矿冶辐射环境监测规定》GB23726-2009；

（4）《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》GB23727-2009；

（5）《铀矿冶辐射环境影响评价规定》GB23728-2009；

（6）《铀矿冶辐射防护规定》EJ993-2008；

（7）《铀矿冶设施所造成的气态(载)放射性与有毒性源项的确定》EJ/T1090-1998；

（8）《铀矿冶工作人员辐射防护监测规定》EJ614-1991；

（9）《核工业铀矿冶工程设计规范》（GB 50521-2009）。

1.4.2 评价采用的主要非放标准

（1）《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；

（2）《声环境质量标准》GB3096-2008；

（3）《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008；

（4）《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；

（5）《地下水质量标准》GB/T14848-1993；

（6）《锅炉大气污染物排放标准》（GB13721-2014）。

1.4.3 评价采用的主要导则

（1）《环境影响评价技术导则——总则》HJ 2.1-2011；

（2）《环境影响评价技术导则——大气环境》HJ 2.2-2008；

（3）《环境影响评价技术导则——地面水环境》HJ/T2.3-93；

（4）《环境影响评价技术导则——声环境》HJ 2.4-2009；

（5）《环境影响评价技术导则——地下水评价》HJ 610-2011；

（6）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ/T19-2011）；

（7）《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）。

1.5 评价范围

巴润铀矿床位于巴彦乌拉铀矿床的西南部，直线距离约 7km，巴彦乌拉铀矿床地浸试验已于 2013 年 5 月开始“6 抽 12 注”的现场试验。考虑到巴润铀矿床是巴彦乌拉铀矿床向西南方向的接续点，两者相距较近，而且只在巴润铀矿床进行吸附试验，饱和树脂在巴彦乌拉铀矿床进行淋洗、沉淀，因此，本项目以巴彦乌拉地浸采铀集液池为中心，分别以 1、2、3、5、10、20km 为半径画 6 个同心圆，与圆心 22.5^{o} 的扇形相截而成各个子区，共 96 个子区，半径 20km 评价区范围。

根据内照射剂量估算的需要，将各子区划分为三个年龄组，幼儿≤7 岁，少年 7～17 岁，成人≥17 岁。

1.6 评价内容及重点

本次评价的内容包括：工程分析及“三废”措施、环境现状评价和本底调查，辐射环境影响评价、非放射性污染影响分析、地下水环境影响评价、监测计划、质量保证及后续环保措施等。

评价重点：依据试验项目周围环境和项目特点，重点评价工艺产生的放射性物质对大气和地下水的影响。

1.7 剂量控制值与环境评价执行标准

1.7.1 剂量限值

辐射环境执行 GB18871-2002《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》中标准限值的要求，即公众中关键人群组的成员所受到的平均年有效剂量不超过 1mSv；根据 GB23727-2009《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》中“公众照射的剂量控制值取连续 5 年的年平均有效剂量不超过 0.50mSv/a”的要求，在巴彦乌拉铀矿床地浸采铀试验环评报告书中平均个人年有效剂量约束值为 0.1mSv/a。由于本项目为试验项目，和巴彦乌拉相距只有 7km，故本项目以巴彦乌拉集液池为评价中心，本项目和巴彦乌拉地浸采铀试验源项合并所致周围公众受到的平均个人年有效剂量约束值不超过 0.1mSv/a，事故情况下公众的最大个人有效剂量约束值不超过 1.0mSv/次。

根据《铀矿冶辐射防护规定》（EJ993-2008）的有关要求，从业人员职业照射剂量控制值不超过 15mSv/a，根据该项目特点，确定该试验项目从业人员职业照射剂量约束值不超过 5mSv/a。

1.7.2 环境质量执行标准

根据内蒙古自治区环境保护厅关于非放评价标准的要求，该项目环境影响评价执行的环境质量标准如下：

（1）环境空气执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；

（2）地表水环境执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准；

（3）地下水环境总体执行《地下水质量标准》（GB/T14848-93）Ⅲ类标准，氨氮、氟化物、溶解性总固体、高锰酸盐指数执行Ⅳ类标准，氯化物执行Ⅴ类标准；

（4）声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准；

（5）土壤环境执行《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）二级标准。

1.7.3 污染物排放执行标准

根据内蒙古自治区环境保护厅关于非放评价标准的要求，该项目环境影响评价执行的污染物排放标准如下：

（1）废气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GBl6297-1996）新建污染物二级标准；锅炉废气污染物执行《锅炉大气污染物排放标准》（GBl3271-2014）新建锅炉大气污染物排放浓度限值；

（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）厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GBl2348-2008）2 类标准；施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）。

1.8 试验区周围敏感点、控制和保护目标

巴润铀矿所在区域基本上为荒漠草原，到目前为止，周边尚未有著名的考古和历史文物发现。该区域水源缺乏，城镇较少，经济不发达，在短时间内尚难开发利用。评价区域范围内人口稀少。

本项目以巴彦乌拉集液池为评价中心，20km 评价范围内无自然保护区和风景名胜区。根据工程性质和周围环境特征，确定本次环境评价的大气环境保护对象为周围 5km 范围内居民点的大气环境；地下水保护对象为矿区周围地下水；声环境保护对象为厂界外 200m 范围内声环境质量。

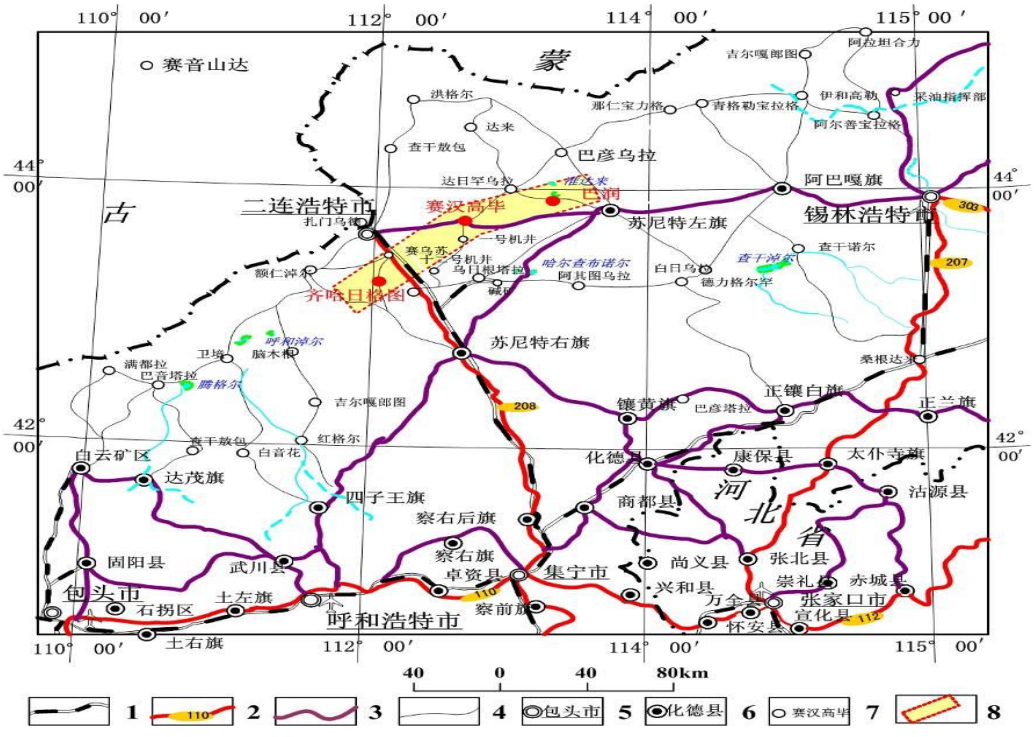
2 评价区域环境概况

2.1 自然环境

2.1.1 地理位置与交通

巴润铀矿床隶属内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗（常称东苏旗）管辖，西距二连浩特市150km，南距满都拉图镇（旗政府所在地）35km，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。它东临阿巴嘎旗，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）。

矿床西南部有“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 6 条公路通往苏木。各旗(县)、苏木(乡)均有沙石路或柏油路通过，各居民点都有草原便道相通，交通日趋方便，地理位置见图 2.1。



1-铁路；2-国道；3-省道；4-便道；5-市；6-旗县；7-苏木；8-研究区

图 2.1　巴彦乌拉铀矿床交通位置图

2.1.2 地形、地貌

苏尼特左旗境内地貌类型有高平原、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。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，属内蒙古高原的一部分。试验区地势平坦。试验区地形地貌见图 2.2。



图 2.2　试验区地形地貌图

2.1.3 地质及水文地质

2.1.3.1 矿床地质概况

巴润矿床位于二连盆地的一个次级构造单元马尼特坳陷内，该坳陷内沉积了一套巨厚的陆相碎屑沉积构造，其沉积盖层中发育的地层主要包括白垩系，古、新近系和第四系。

2.1.3.2 区内地下含水层的组成和分布情况

区内地下含水层(岩系)主要包括白垩系赛汉组和上部古近系碎屑岩类裂隙、孔隙含水层。区内地下含水层主要分布于坳陷中部的古河道砂体的范围内，呈北东向带状展布。

赛汉组（K1bs）含矿含水层由灰色、兰灰色砂岩、砂质砾岩组成，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。在含矿含水层内部，有多层泥岩、粉砂

岩夹层，厚度较小，一般为 3～10m，为局部隔水层或仅为含水层中的一个小的透境体。整体而言，该含水层是一个统一的含水层。含水砂体发育，厚度较大，一般为几十米至上百米。本含水层具承压性，在其上、下均有稳定的隔水顶、底板。

该层上部为古近系伊尔丁曼哈组（E2y）的红色、绿色、黄绿色相间的厚层泥岩、泥质粉砂岩为主，厚度大，一般为 40～100m 以上，稳定性好，是良好的隔水顶板。本组的泥岩、泥质粉砂岩中夹多层砂岩、砂质砾岩薄层，组成了古近系的含水层，但该含水层分布不均，稳定性相对较差。

下部由腾格尔组（K1bt）的厚层灰色、灰黑色巨厚泥岩、炭质泥岩组成，在其内部仅见薄砂岩夹层，多呈透镜体，本组地层可作为上部赛汉组含矿含水层的良好隔水底板。

2.1.3.3 矿床水文地质概况

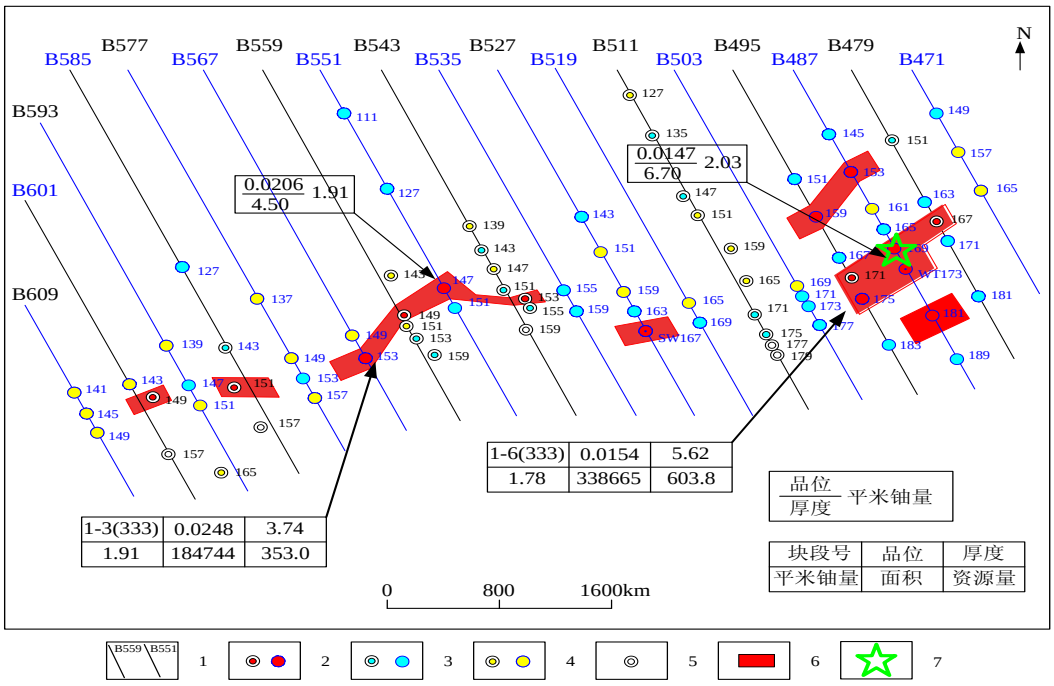
苏尼特左旗地层以第三系、白垩系（K、R、E、N）为主，地质构造中主要凹陷带有苏尼特古河道、反修牧场凹陷（称伊勒门盆地），其中苏尼特古河道是全旗地下水主要富集区，位于旗所在地满都拉图镇北部 25km 处，呈北东—西南走向，属构造剥蚀地形。古河道中心为槽状开阔洼地，洼地两侧为四级平原。古河道总面积 9958.4km^2，其中可开采计算面积 3816.1km^2，地下水资源量 4522.78 万 m^3/a，地下水可开采量 2713.67 万 m^3/a。此外，尚有白音塔拉至塔木钦塔拉盆地、白音淖尔盆地和浑善达克沙地富水区，其中白音塔拉至塔木钦塔拉盆地，静水位埋深 40～60m 左右，矿化度小于 2g/L。浑善达克沙地为沙地潜水，静水位埋深仅 2～4m。

巴润铀矿床含矿含水层赋存于下白垩统赛汉组第三岩性段(k1bs3)，含水砂体主要由灰色、浅灰色、绿灰色砂质砾岩、含砾粗砂岩、中细砂岩及少量含粉砂细砂岩组成，含矿含水层厚度在 20～60m 之间，矿砂厚度比约为 1:10，渗透系数最高达 7.2m/d，矿层大多位于含水层底部，部分围岩样品渗透系数高于岩心样品渗透系数 20%～30%。隔水顶板由赛汉组上段顶部泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩和始新统伊尔丁曼哈组下部湖相、洪泛相泥岩、含砂砾泥岩组成，厚度 5~150m。

隔水底板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，厚度 10~60m。含水层内局部见 1~2 层泥岩、泥质粉砂岩夹层，厚度一般在 2~15m。

2.1.3.4 BZK487-171 试验点概况

巴润铀矿床矿体分布及试验点位置示意图见图 2.3。



1-勘探线及编号；2-工业孔；3-矿化孔；4-异常孔；5-无矿孔；6-矿体；7-试验点位置

图 2.3　巴润矿床矿体分布及试验点位置示意图（据杨建新，2013，有修改）

本项目选取 BZK487-171 作为试验点。

2.1.4 气象

试验地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。草地植被稀少，土壤沙化严重。降水少，年降水量（1961－2005 年）为 135.2～207.3mm，平均 185.2mm；年平均蒸发量高达 2449.6mm。风大，沙尘暴天气（图 2.4）多，年平均风速 3.8m/s。年平均气温 4.9℃，1 月份最低气温-36.9℃，7 月份最高气温 38.2℃。无霜期 148 天，年平均风沙日为 110 天。常见干旱雪灾，十年九旱，三年遇雪灾。冰冻期从每年 10 月至次年 4 月。



图 2.4　试验区沙尘气候

1961－2010 年的 50a 来，该区年平均气温呈波动上升趋势，平均增温率为 0.45℃/10a。50a 来，年降水量呈减少趋势。春季降水量呈增加趋势，夏季降水量呈明显减少趋势，秋季和冬季降水量变化趋势不明显。

2.1.4.2 气象参数

苏尼特左旗气象局气象观测站地理坐标为东经 113°38′，北纬 43°51′，海拔高度为 1036.7m，离评价中心直线距离约 28km。

大气稳定度分类采用 P-T 分类法，由地面风速、云量及太阳高度角确定稳定度类别。该区全年以西北、西北西、北北西方位的风向频率较大，分别为 11.39％、10.02％、9.46％，其次为南风，频率为 8.53％，其它风向频率较小，主导风向为西北西至北北西风（风向频率之和 30.87％）。该区大气稳定度以中性至稳定类(D～F 级)为主，比例分别为 41.63％、20.60％、17.20％，其次为 C 级，强不稳定（A 级）最少，比例仅为 0.84％。

2.1.5 地表水系

境内地表水系主要是指旗南部浑善达克沙地的恩格尔河，属内陆水系，为常年性河流，全旗境内径流长度 65km，径流量 0.45～0.55m^3/s，流域面积 1239.46km^2；径流形成巴润查干淖尔，水域面积 0.96 万亩，距旗所在地满都拉

图镇 120km。此外，境内还零星分布着常年性有水的淖尔 11 个，湖泊面积 15.75km^2，总蓄水量可达 1450 万 m^3。

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。试验区附近无受纳水体。恩格尔河距试验点 150km 左右。试验产生的废水不向地表水系排放。

2.1.6 自然资源

1）畜牧业资源

苏尼特左旗以畜牧业为主体经济，牲畜总头数稳定在 150 万头（只），年出栏 80 余万头（只），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。目前，全旗骆驼总数 20000 峰，其中有草原上少见的珍品—白驼。草原人珍爱白驼，把它视为吉祥物。苏尼特羊是苏尼特草原特有的品种，号称“肉中人参”美誉。改革开放以来，全旗大搞草原基本建设，畜牧业正在向集约化方向发展。

2）矿产资源

苏尼特左旗矿产资源丰富，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。煤层产于下白垩统赛汉组下段（K1bs1）及中下侏罗统，以褐煤为主；石油储层为下白垩统阿尔善组（K1ba）和腾格尔组（K1bt）。境内有朝台盐、宝如勒金盐、麻塔拉盐、达来盐，达布斯图盐等盐池，有塞霍贝尔、本巴图、珠思宝力格、麻塔拉等芒硝。个别矿种储量丰富，品位极高，为苏尼特左旗发展煤电工业、化学工业、建材工业提供了基本原材料。

3）旅游资源

苏尼特左旗旅游资源与名胜古迹有：洪格尔、毛瑞苏特、宝德尔朝鲁岩画群；通古尔生物化石区；查干敖包庙；宝德尔草原奇石林；大明皇帝安营扎寨的玄石坡；恩格尔河生态湿地保护区；盘羊自然保护区等。此外，这里还是恐龙的墓地之一。

4）动植物资源

甘草、麻黄、银柴胡等药用植物达百种以上；名贵藻类植物“发菜”产量多，质量好。报春花、山丹、干厥菜等几十种野生植物，既是野生观赏花卉，又是经

济价值很高的植物资源。这里野生动物颇多，除了珍稀动物天鹅、大鸨、羚羊之外，还有黄羊、狍子、羚羊、旱獭、猞猁、狐狸、狼、灰鹤、鸿雁、苍鹰、野鸭、百灵鸟、野兔、猫子等动物资源。

试验区附近 5km 范围内牧民养殖牛、马和羊，未饲养骆驼；无珍稀动植物资源及自然保护区、风景名胜区等需要特别保护的区域。评价区域内目前尚未发现有其他具有开采价值的矿种。本项目的开展基本不破坏地层结构，对地下水流向和流量影响极小，因此对其他矿种的开采没有影响。

2.1.7 自然灾害

2.1.7.1 地震

按照《中国地震动参数区划图》划分，本区地震烈度为 6 度，为弱震区，在历史上无破坏性地震记载。

2.1.7.2 气象灾害

1）干旱

干旱是该区发生频率最高的主要气候灾害。1953－2005 年的 53 年中，干旱发生频率占 62％，出现连续干旱（如 1961－1966 年，1970－1974 年，1982－1986 年）的几率多，进入 21 世纪为持续干旱少雨期，出现干旱的概率并未因春季降水量的增多而减少，却随着夏季降水量的减少而增多。蒸发量增大，干旱事件也明显增多。

2）暴雨与涝灾

在夏季降水量明显减少，干旱事件不断增加的同时，部分地区的暴雨天气仍然在增多，洪涝灾害也在不断增加。锡林郭勒盟地区进入 21 世纪的 10a 中，竟出现了 21 次局地暴雨、洪涝灾害，为有史以来的极值。如 2004 年 6 月 30 日，锡林郭勒盟出现了全盟性阵性降雨天气过程，苏尼特左旗在 24h 内降雨量达 84.3mm；又如 2009 年 4 月 23 日，苏尼特左旗 11—16 时在 5h 内就有 27mm 的降水，达到大雨，23 日 14 时至 24 日 08 时总降水量达到 39.6mm，苏尼特左旗在 4 月份出现这样的大雨天气，这在有气象记录以来还是首次。

3）大风和风沙

区内冬季多风，平均风速 3 级(15m/s)，冬春季风速最大可达 6 级以上。由于大风将地面沙尘吹起，使空气混浊，出现沙暴，3～5 月出现频率多。

4）寒潮风雪

寒潮风雪是冬春季节的重要灾害性天气，它带来的强降温及伴随而来的风雪天气对各项生产活动和人们日常生活都具有较大的危害。

2.1.8 生态环境状况

苏尼特左旗处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。

尽管近年苏东旗进行了草原建设和保护等生态治理，取得了一定的成效，但远远赶不上草原退化、沙化、荒漠化的速度，没能扭转生态恶化的局面。尤其是1999—2006 年苏东旗连续 8 年遭受严重的干旱，加上风沙侵袭，鼠虫害等自然灾害的综合作用，草原生态严重恶化，退化草场面积由 1985 年的 237.2 万 hm2、占土地总面积的 69.3%迅速增加到 2005 年的 294.93 万 hm2、占土地总面积的86.1%、占可利用草场面积的 93.8%，其中重度退化草场由 1985 年的 5.35 万 hm2，占土地总面积的 1.6 %迅速增加到 2005 年的 84.27 万 hm2，占土地总面积的24.6%，占可利用草场面积的 26.8%。中北部很大一部分草场寸草不生，赤地千里，退化、沙化、砾石化。草场生产力急剧下降，优质牧草种类、数量减少，草场质量降低，生态严重恶化。

试验区的生态环境状况一般。试验区属荒漠草原区，草地植被稀少，土壤沙化严重。

2.2 社会环境

2.2.1 行政区划

巴润铀矿床位于锡林郭勒盟苏尼特左旗巴彦乌拉苏木境内。苏尼特左旗位于内蒙古自治区北部，锡林郭勒盟西北端。2006 年，苏尼特左旗辖 3 个镇、2 个苏

木：满都拉图镇、查干敖包镇、巴彦淖尔镇，赛罕高毕苏木、巴彦乌拉苏木。

2.2.2 社会经济

苏尼特左旗经济以畜牧业为主，属国家边远经济比较落后地区。

2011 全年苏尼特左旗地区生产总值完成 29.3 亿元，同比增长 21.2%，三次产业结构（第一产业、第二产业、第三产业）由 13.8：62.0：24.2 调整为 12.7：65.6：21.7。工业增加值完成 16.6 亿元，增长 27.8%。全社会固定资产投资完成 22 亿元，增长 10.2%。社会消费品零售总额完成 4.2 亿元，增长 18.7%。地方财政总收入完成 2.8 亿元，增长 39.9%。牧民人均纯收入完成 7208 元，增长 21.7%。城镇居民人均可支配收入完成 17677 元，增长 16.7%。各项主要指标均实现了两位数增长，其中：地区生产总值、二产增加值、工业增加值和地方财政总收入的增速位居全盟第一。

苏尼特左旗大力扶持牧民发展林沙产业、奶食品加工业、草原旅游业和民族服饰加工等非牧产业，促进牧民多渠道增收，牧民人均纯收入中非牧收入占 40%以上。

巴彦乌拉苏木草场总面积为 7702km2，边境线长 74.4km。苏木辖 4 个嘎查，牧户共 450 户，牧业总人口 4228 人。苏木是以蒙古族为主体，以牧业为主的边境苏木。全苏木国内生产总值达 2848 万元，牲畜总数达到 246646 头(只)。苏木有 12 个党支部（其中 1 个机关党支部），发展党员人数达到了 248 人，占总人口的 5%。苏木机构有畜牧服务站、司法所、人口与计划生育中心、卫生院、兽医站、邮电所、信用社，一处综合客运站，两个边防连队，三个边防派出所。苏木目前共转移牧户 217 户，671 人，其中输出富余劳动力 504 人，外出就读 128 人，外转养老 39 人。

2.2.3 人口分布及居民饮食结构

2.2.3.1 人口分布

苏尼特左旗是一个以蒙古族为主体，汉族次之，包括满、回、藏、达翰尔、鄂温克、鄂伦春、朝鲜等 10 多个民族的多民族聚居地。全旗总人口 3.2 万人，

其中蒙古族人口占 60.8%，汉族人口占 38.7%，其它少数民族占 0.5%，牧业人口占 56.7%。旗政府所在地满都拉图镇居住着全旗 1/3 的人口。评价区内人口稀少，居民分散，各年龄组的人口比例约为：幼儿 6.7%、少年 16.2%、成人 77.1%。人口出生率、自然增长率分别为 12.07‰和 6.18‰。

2.2.3.2 居民饮食结构及与评价相关的参数

居民食谱指评价区域内食用污染物影响食物的人群的食谱及食物的消费量，包括幼儿、少年、成人三个年龄组的叶菜、谷类、水果、牛肉、羊肉、猪肉、家禽、奶、蛋的消费量及自给份额。其它参数包括有关农作物的参数及与动物产品有关的参数。与农作物有关的参数包括蔬菜、谷物、水果、牧草四种作物的产量、生长期、由收获到消费的时间。与动物产品有关的参数包括牛、羊、猪、家禽四类动物的饲料量、鲜牧草份额、收获到消费的时间、屠宰到消费的时间、动物饲料中粮食份额、动物饲料中蔬菜份额。

3 项目工程分析

3.1 试验的必要性及目的

“十五”以来，随着铀矿成矿理论和地质认识的提高，地质找矿取得了一系列重大突破，在内蒙古二连盆地相继落实了巴彦乌拉、巴润、赛汉高毕、齐哈日格图等一批初步具备地浸采铀条件的砂岩型铀矿资源，铀资源总量达 xxx 吨以上。

巴润、赛汉高毕、齐哈日格图矿床与巴彦乌拉矿床处于同一矿带，相隔距离为 10～200km，可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。赛汉高毕铀矿床已列入内蒙古铀矿大基地“十三五”投产建设项目，因此，加快巴润、赛汉高毕和齐哈日格图（以下简称为巴-赛-齐）砂岩铀矿地浸采铀前期技术基础研究，突破矿床地浸开采的技术难题，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。

根据项目组进度安排，先期进行巴润铀矿床地浸采铀试验。

本试验总体研究目标是：

通过室内试验和现场条件试验、扩大试验，掌握矿石的浸出性能、矿床水文地质特征；解决围岩渗透性高于矿石渗透性而导致的浸出剂和铀浓度稀释严重，部分铀以磷酸盐形式存在而产生的浸出率低等技术难题；获得合理的地浸工艺技术路线，初步评价地浸开采的技术经济可行性，为巴-赛-齐地区下一阶段铀矿地质勘查和地浸采铀试验提供技术依据。

（1）通过室内条件试验，掌握铀矿物的存在形式和结构特征，研究出磷酸盐等难浸铀矿物中铀的有效浸出方法，确定巴润铀矿地浸开采初步工艺技术路线；

（2）通过地下水数值模拟技术研究，掌握含矿层溶液渗流范围的影响和控制因素，为含矿层溶液渗流范围的可预见性和可控性提供理论依据；

（3）在室内试验研究的基础上，通过开展 6 组现场浸出扩大试验，初步评价试验矿床地浸开采工艺技术经济的可行性，为巴-赛-齐铀矿其他矿床地浸采铀现场试验和下一阶段地质勘查提供决策依据和技术支撑。

3.2 试验规模及内容

3.2.1 试验规模

依据所要研究的内容，确定试验规模酸法设置 6 个抽注单元，其中：6 眼抽液井，注液井 12 眼，单孔抽液量为 12m3/h，浸出液中的平均铀浓度 15mg/L。试验周期 5 年。

3.2.2 试验内容

项目下设 2 个专题，专题一：室内浸出试验，研究内容主要包括工艺矿物学研究、矿石浸出工艺研究、浸出液处理工艺研究，重点是确定最佳的浸出剂种类和组分，达到提高铀浸出率、降低试剂消耗的目的；专题二：现场扩大试验，研究内容主要包括水文地质研究、数值模拟技术研究、浸出试验。

3.2.2.1 室内浸出试验

（1）工艺矿物学研究

1）含矿层围岩及矿石性质研究

含矿层及围岩岩性、粒度、矿物组成，化学成分；特征矿物如黄铁矿、碳酸盐、磷酸盐、有机质等在含矿层中的分布及含量；粘土矿物种类及相对含量，矿石的膨胀性、离子交换容量，扫描电镜下矿岩形貌特征研究等。

2）铀的存在形式及赋存状态研究

铀矿物、含铀矿物的种类及赋存状态；铀在各种粒级碎屑中的配分；铀矿物、含铀矿物、吸附态铀所占的比例；四价铀、六价铀所占的比例；浸出尾渣或浸出中间产物。

3）孔渗参数测定

试验钻孔含矿层分层取样，分别测定含矿层、上下围岩孔隙度、渗透系数等特征参数。

（2）浸出工艺研究

1）搅拌浸出试验

在工艺矿物学研究和借鉴巴彦乌拉现有成功经验的基础上，开展自然粒级搅

拌浸出试验，考察不同溶浸剂种类和浓度、不同氧化剂种类和浓度、液固比、压力、浸出时间等因素对铀浸出率的影响。重点研究铀的磷酸盐等难浸铀矿物中铀的有效浸出方法，提高铀的浸出率。选择出最佳搅拌浸出工艺条件，评价矿石中铀的浸出性能，获得浸出率、液固比、试剂消耗量等参数，提出柱浸试验工艺初步方案，分析浸出液组成，研究其对后续工序的影响。

2）柱浸试验

根据搅拌浸出试验提出的浸出工艺初步方案，采用模拟矿层水，开展酸法或碱法柱浸试验、模拟地层压力条件酸法加压浸出和 CO2+O2 加压浸出试验。研究浸出液铀浓度、pH 值、Eh 值、主要杂质元素含量等随时间（液固比）的变化规律；浸出结束时的液固比、平均铀浓度、铀浸出率、单位试剂消耗量等；试验过程中矿柱渗透性的变化及其物理化学机理，防止渗透性恶化的措施。

（3）浸出液处理工艺试验

1）离子交换法提铀工艺试验

离子交换树脂选型静态试验，初步确定适宜的离子交换树脂类型；吸附工艺条件试验，主要考察浸出液铀浓度、pH 值以及有机物等杂质元素对树脂吸附容量的影响；淋洗工艺条件试验，包括淋洗剂体系的选择，淋洗剂浓度及接触时间等因素对载铀树脂淋洗效率的影响试验。提出离子交换法提铀初步工艺流程和技术参数。

2）沉淀工艺试验

根据淋洗合格液铀浓度及杂质元素种类，选取适宜的沉淀体系，考察合格液铀浓度、沉淀剂浓度、沉淀温度等因素对沉淀产品的影响。

该部分试验均在核工业北京化工冶金研究院实验室内进行。

3.2.2.2 现场试验

在室内试验的基础上，对巴润矿床进行现场试验，获取浸出工艺条件与参数，初步评价试验矿床地浸开采的技术经济可行性。

（1）水文地质研究

测定各试验钻孔含矿层地下水原始水位，计算含矿层地下水承压水头值。开

展抽水、注水和水位恢复试验，测定钻孔涌水量与吸水量，计算矿层段的渗透系数、单位涌水量、导水系数、影响半径等参数，获取试验钻孔平均单孔抽注水量数据；开展流量测井试验，对涌水层各岩性分层进行细化分解，掌握各分层的涌水量。分析含矿层地下水水质，研究地下水的补给、迳流、排泄情况。

（2）地下水数值模拟技术研究

根据矿层地质、水文地质及地下水位、水质监测资料，开展现场地下水示踪试验，进行数值模拟研究，预测溶浸液流动方向以及在垂向上的补给关系。摸索矿层上部含水层以及抽注单元外围地下水对矿体的稀释程度，指导调节钻孔抽注液量。

（3）浸出试验

按照室内浸出试验提出的浸出工艺路线和参数，在选定的试验点进行钻孔施工，形成 6 组“4 注 1 抽”的五点型试验单元，进行地浸钻孔结构及施工成井工艺研究，开展浸出试验；评价围岩渗透性大于含矿层渗透性对铀浸出效果的影响，以及浸出剂有效地通过含矿层的效果；获取钻孔抽注液量、浸出液铀浓度、主要杂质元素含量随时间（液固比）的变化规律，初步评价地浸开采的技术经济可行性。

3.3 现场试验方案

3.3.1 试验钻孔布置

试验点选择在 BZK487-171 钻孔附近，试验钻孔平面布置采用“五点型”，孔距 25m。共设计 6 组“五点型”试验单元。包括抽液钻孔 12 个，注液钻孔 6 个，总工程量 10800m2 左右，平均孔深 120m。

2）地下水观测井布置

为了了解和预防地浸采铀试验过程对地下水的影响，根据地下水的走向布设监测井，共布置 5 个，其中，井场内含矿含水层的上含水层 1 个（KG01），用于监测含矿层上部含水层水质；在井场范围外含矿含水层地下水上游 500m 和下游 50m、100m 各布设 1 个，用于观测含矿含水层层水质；最近村民饮用水井 1 个，

用于观测地浸试验对附近饮用水质的影响。

3）钻孔结构、施工工艺

抽、注液钻孔采用相同的大口径填砾式钻孔结构，所有钻孔含矿层全段取心。

观测孔采用填砾式钻孔结构。

4）浸出工艺方案

本次现场试验采用酸法浸出工艺，包括酸化期、氧化考察期和浸出期。

酸化期采用硫酸，至浸出液浓度达到峰值，硫酸由硫酸罐直接流入配液池，由阀门控制。氧化考察期保持配液硫酸浓度，添加双氧水配液，考察期 1 个月。如果氧化剂考察结果表明，添加氧化剂配液对提高浸出液铀浓度有显著影响，则浸出期加入双氧水配液，至浸出液铀浓度下降至 15mg/L。否则，不添加氧化剂配液。浸出结束期（浸出液铀浓度下降至 15 mg/L）后，不加入硫酸和氧化剂，利用浸出液中的余酸进行浸出并回收井场残余的铀资源。

5）工艺流程

从抽液钻孔中抽出的浸出液经集控室计量后用化工泵将浸出液泵入袋式过滤器，过滤后进吸附塔，吸附尾液经化工泵增压后泵入袋式过滤器，经分配器分配后在注液支管中按配液浓度要求加入硫酸和氧化剂，经分配计量后，由注液支管送入孔口自流。

6）浸出液提升与注液和集液系统

浸出液采用潜水泵提升方式，抽液钻孔内潜水泵升液管采用加强 PE 管，通过潜水泵将抽液钻孔内的浸出液直接提升至集控室；抽液地表输送采用普通 PE 管，从集控室将浸出液直接输送至水冶厂离子交换塔中进行吸附铀。

注液输送管采用普通 PE 管，吸附尾液通过硫酸计量泵进行管道加酸，直接输送至集控室；再由集控室输送至注液孔口。

7）溶液计量与控制

溶液计量和控制设施集中在集控室内。

3.3.2 浸出工艺处理

1）浸出液处理工艺

酸法浸出液处理工艺流程一般为：浸出液→机械过滤→吸附→淋洗→沉淀→压滤→“111”产品。淋洗后的树脂进入下一个吸附循环使用，沉淀母液返回配制淋洗剂。

本试验浸出液处理工艺参考通辽钱Ⅳ块地浸采铀工业试验“卫星厂”浸出液处理工艺方案，即浸出液处理工艺主要为吸附工艺，浸出液进塔吸附前先由袋式过滤器进行机械过滤，除去浸出液中悬浮颗粒物，然后采用密实固定床，三塔串联吸附。树脂吸附饱和后，采用空压机将饱和树脂移至树脂转运槽车中，运至中心处理厂（巴彦乌拉水冶厂）进行淋洗、转型等处理，转型后树脂返回“卫星厂”吸附塔等待进行下一次吸附处理。

2）吸附试验

浸出液从塔顶进入，吸附尾液从塔底流出。在吸附过程中，分别对 3 个塔的吸附流出液取样分析 U 浓度，当首塔出口铀浓度等于进口铀浓度的 90%时，“切断”首塔。原第二塔作为首塔，原尾塔为第二塔，与下一个新吸附塔形成三塔串联吸附，继续吸附工序。切断的首塔利用空压机排液，排出的溶液部分返回注液井，多余的吸附尾液进蒸发池。直至将吸附塔排空后，等待淋洗。

3）树脂倒运

首塔树脂饱和后从可装卸树脂功能的吸附塔底部排出，用专门的槽车运往中心处理厂（利用巴彦乌拉水冶厂）进行淋洗。槽车往来于卫星厂与中心处理厂之间，将饱和树脂送到中心厂处理，再将淋洗、转型之后的树脂运回到卫星厂循环使用。树脂转运槽车设计按照美国 Kingsville Dome 铀矿槽车设计。

4）淋洗试验

淋洗工艺采用密实固定床，三塔串联淋洗。淋洗剂为 $NaCl+H_2SO_4$。淋洗剂由塔顶部进入，底部流出。合格液流入合格液槽，贫液流入贫液槽。在淋洗过程中，当出口溶液铀浓度≤200mg/L 时停止淋洗，“切断”首塔。切塔后，利用空压机压空塔内溶液至贫液槽中。

5）沉淀：将合格液泵入沉淀槽中，加入片碱，搅拌沉淀，沉淀终点 pH 值控制在 6.5～7.5。沉淀方法采用浆体循环间歇进行，每次沉淀后老化 20h，澄清，

利用污水泵将槽上部沉淀母液输送至淋洗剂槽中；沉淀浆液保留在沉淀槽中进行下一次循环沉淀，经 10 次以上循环，沉淀槽内累计一定金属量时，将沉淀浆体泵入板框压滤机压滤，得到“111”产品。

3.4 工艺设备

（1）井场工艺设备

井场主要设备材料有潜水泵、变频器、管道泵、离心泵、电磁流量计、空压机、袋式过滤器、计量泵、注液孔口装置、分配器等。

（2）水冶工艺设备

巴润现场浸出试验水冶处理设施所需使用的的主要设备有离子交换塔、氟塑料化工泵、空压机等，由于巴润饱和树脂运至巴彦乌拉进行淋洗，则利用巴彦乌拉主要设备。

3.5 总平面布置

3.5.1 设计原则

1）根据生产特点要求充分利用自然地形，合理布置建构筑物，满足工艺、运输、安全、卫生及消防的要求。

2）根据当地自然条件及辐射防护的要求，合理布置生产区。

3）建构筑物的布置遵循人、物流分开的原则，尽量减少交叉和污染。

4）在满足生产、运输的前提下，总平面布置紧凑合理，同时留有发展余地。

5）方便生活，有利于生产管理。

6）工业场地竖向设计做到尽量减少土石方的开挖，以节省投资。

3.5.2 项目组成

井场、集控室、浸出液吸附厂房、锅炉房及浴室、蒸发池、发电机房、生活区等组成。

3.5.3 总平面具体布置

井场位于生活区正东约 60m，水冶厂区西南约 20m，水冶厂区东南角布置集控室；水冶车间位于生活区东南约 40m，南面新建蒸发池，东面新建锅炉房、淋浴室；生活基地位于厂区西北角。

根据试验地常年主导风向判断，生活基地不在主导风向下风侧，项目总平面布置较为合理。

3.5.4 竖向布置

厂区内地形平坦，地表为第四系部分沙化的草原，所有设施均为平地布置。

3.6 原材料消耗与运输

因地方经济落后，本项目试验所需燃料除外，重要设备和树脂、硫酸、双氧水、氯化钠、氢氧化钠等各种化工原材料，都要从包头、呼和浩特、北京等地采购。。

运输方式:厂外厂内运输方式主要采用汽车运输方式,主要原材料运输外包。

3.7 公用工程与辅助设施

3.7.1 给排水工程

试验给排水设计范围包括供水方式、供水管线、给水和排水。

（1）给水系统

生活用水和锅炉用水从试验点生活区已有自备水源井中抽水。食堂、淋浴、洗衣等生活用水和锅炉用水量为 7.52m^3/d，最大时用水 1.01m^3/h。

（2）排水系统

试验期间，生活污水、试验废水和雨水各自独立排放。现场试验人员产生的生活污水及锅炉排水排入化粪池厌氧处理后，用于周围草地灌溉不外排。巴润矿区放射性排水主要为工艺废水和试验区职工淋浴外排水以及未预见排水，污水总量为 6.88m^3/d。放射性废水收集后排入蒸发池，自然蒸发。

3.7.2 采暖系统

试验生活设施和部分试验设施冬季需要采取供热保暖措施。供暖区域为生活区、水冶车间、澡堂、库房、发电机房、集控室、值班室、室外溶液输送管网，建筑物总面积约 1500m^2，室外溶液输送主管线总长约 2000m。

试验期间拟在水冶厂附近新建一锅炉房，采用燃煤热水锅炉集中供热，新购 HBJ0.175MW 环保节能锅炉 2 台（一用一备），配置高效脱硫湿式水膜除尘器，保暖采用散热片，热水管线采用镀锌管。

采暖锅炉日用煤量 0.5t/d（采暖期 180d/a），年用煤量 90t，燃煤采购来源于山西大同的标准煤，利用烟囱排放烟尘，烟囱底座高度为 0.5m，烟囱高度为 20m，内径为 0.262m。

煤场露天用塑料布遮盖堆放，所需用煤联系当地运输企业送货。

3.7.3 通风系统

由于试验期间，水冶厂处理量较小，在试验过程中产生的放射气溶胶和酸雾等有害气体较少，水冶厂房体积较大，因此采用自然通风方式，利用窗户和门进行通风。

3.7.4 供电

（1）范围

试验供配电范围包括：酸法地浸井场、水冶厂区。

（2）供电

本试验项目拟设 2 台 75kW 柴油发电机组。

3.7.5 土建

1）概述

本工程建筑物及构筑物设计在满足试验生产工艺要求以及服务年限要求的前提下，尽可能利用原有设施，遵循节约从简的原则，设施建设能为后期生产利用，并预留发展余地。

2）建筑物和构筑物设计方案

本项目新建的建筑包括水冶厂房、集控室、锅炉房、蒸发池、淋洗更衣室。

3.7.6 其他

其他设施如：分析化验室、机电维修、食堂、办公等均利用巴彦乌拉铀矿试验基地现有设施。

3.8 节能措施

本项目主要消耗的能源为电能，其次为煤。主要采取了以下节能措施：

（一）电气节能措施

（1）设计中选用节能、低耗的电机和设备。

（2）合理调整供配电系统。

（3）用电设备功率因数补偿装置采用无功功率补偿装置，减少无功损耗。

（4）采用新型节能电气元件和照明光源等，如高效节能光源、声光控自熄灯。

（二）建筑节能措施

（1）人工采光与自然采光相结合，创造良好的光环境。

（2）井场和水冶厂区的主要建筑物朝向采用南北向。

（3）建筑物的体型系数不超过 0.4。

（三）工艺流程节能措施

（1）设备选用高效、节能设备，如箱式压滤机、带式过滤机、喷雾干燥器等。

（2）工艺配置上尽量利用已形成的高差自流，减少物料往返，减少动力消耗。

（3）对水和溶液的利用采用加大循环的办法，降低清水的用量，提高工艺过程水的利用率，减少废水排放，达到节省水资源，减少动力消耗。

3.9 环境保护

3.9.1 污染危害因素

3.9.1.1 放射性污染

（1）废气

① 浸出液由抽出井抽出时，挟带和溶解了一定量的 ^{222}Rn，浸出液进入吸附塔后将 ^{222}Rn 直接排入大气。

② 蒸发池内的残渣也会有 ^{222}Rn 析出。

（2）废水

①巴润铀矿床水冶厂放射性废水

放射性废水主要为水冶工艺废水和其他放射性废水。

水冶工艺废水主要来自于抽大于注（0.3%）产生的多余吸附尾液 6.78m^3/d。

其他放射性废水如树脂装卸用水、地面冲洗水和洗井废水排放量约 0.1t/d，废水中铀浓度≤1mg/L。

因此，放射性废水产生量约为 6.88 m^3/d（2270.4m^3/a），排入巴润水冶厂蒸发池进行蒸发处理，蒸发能力分析见 3.9.2.2（4）节。

②巴润饱和树脂转型、沉淀工艺污水处理

巴润铀矿床地浸采铀工程试验采用“卫星厂”的浸出液处理模式，浸出液首先在“卫星厂”收集和离子交换吸附，然后将饱和吸附树脂采用槽车运至中心厂进行淋洗和沉淀处理，其产生的转型和沉淀工艺污水进入巴彦乌拉中心厂现有污水处理系统。

巴润饱和树脂淋洗后，淋洗液合格液进行沉淀，6.617t/d 的沉淀母液送去配制淋洗液，0.646t/d 的沉淀母液直接排入巴彦乌拉蒸发池。

因此，排入蒸发池（巴润和巴彦乌拉）的放射性废水量为 7.526m^3/d（6.88 m^3/d+0.646 m^3/d）。

（3）固体废弃物

由上可知，巴彦乌拉排入蒸发池的水量中沉淀母液为 213.18m^3/a，天然铀含量≤10mg/L，则含铀量不超过 2.132kg/a；排入巴润蒸发池的废水量为 2270.4 m^3/a，天然铀浓度不超过 0.5mg/L，则含铀量不超过 1.135kg/a。故外排放射性废水中天然铀量不超过 3.267kg/a。钻孔施工中产生的放射性泥浆约为 5t，钻井施工结束

后存放于蒸发池中，泥浆平均品位以 0.0120％计，含天然铀 0.6kg，则 5 年试验期间内，蒸发池内天然铀量为 16.94kg。地浸抽出液中矿化度为 1.45×10^3mg/L，则排入蒸发池的水全部蒸发后产生的废渣量为 1.45×10^3mg/L×2483.58m^3/a=3.60t/a，其中：排入巴润蒸发池的放射性废水量为 2270.4 m^3/a，蒸发后的废渣量为 3.29 t/a；排入巴彦乌拉蒸发池的放射性废水量为 213.18 m^3/a，蒸发后的废渣量为 0.31t/a。

以 5 年试验期计，共产生放射性固体废物约 3.60 t/a×5a+5t=23t，含天然铀总量约为 16.94kg，比活度为 18.76Bq/g。这些放射性固体废物堆积密度按 1.8t/m^3 考虑，则其体积约为 12.8m^3。巴润地下水中 ^{226}Ra 浓度最大为 0.15Bq/L，则巴润蒸发池残渣的 ^{226}Ra 为 0.11Bq/g。

3.9.1.2 非放射性污染

（1）锅炉烟气

本项目在试验区安装 2 台常压热水锅炉（HBJ0.175，一用一备），主要大气污染源是锅炉燃煤时产生的烟气。其主要污染物是烟尘和 SO_2。

本项目采用优质低硫煤，煤中硫份 0.49%，灰分 15%，锅炉燃煤排放的烟气量为 12000Nm^3/t（注：通常烟气排放量为 0.9～1.2 万 Nm^3/t，电厂可取小值，其他小厂可取大值），产生的 SO_2 量为 1000kg/t×0.49%×2×80%=7.84kg/t（注：通常情况下，煤中的可燃性硫占全硫分的 70%～90%，一般取 80%），烟尘量约为 25.5kg/t（注：燃烧 1t 煤通常产生 1.5A～2Akg 烟尘，其中 A%为燃煤灰份，本项目取为 1.7A）。

根据《产排污系数手册》第十册：燃烧 1t 煤产生 NOx2.94kg； 根据《中国燃煤汞含量估算》（王起超，沈文国等，中国环境科学，1999 年第 19 卷第 4 期），全国燃煤平均汞含量为 0.22mg/kg，排入大气的汞占总汞的 74.3%。以此计算 SO_2、烟尘、NOx 产生及 Hg 排放情况见表 3.1。

（2）废水

本项目非放射性废水主要生活污水，由于试验现场的工作人员较少（不足 10 人），产生的污水量为 2t/d，其中 SS 浓度：100mg/L；COD 浓度：300mg/L；

氨氮浓度：40mg/L。

表 3.1　SO_2、烟尘产生情况

位置	耗煤量 t/a	烟气量 Nm^3/a	产生量				排放量				烟囱高度 m
			SO_2		烟尘		SO_2		烟尘		
			产生量 kg/a	浓度 mg/Nm^3	产生量 kg/a	浓度 mg/Nm^3	排放量 kg/a	浓度 mg/Nm^3	排放量 kg/a	浓度 mg/Nm^3	
锅炉	18	2.2×10^5	141.12	641.5	9.18	2086	21.2	96.2	9.18	41.72	20
			产生量				排放量				
			NOx		Hg		NOx		Hg		
			产生量 kg/a	浓度 mg/Nm^3	产生量 g/a	浓度 mg/Nm^3	排放量 kg/a	浓度 mg/Nm^3	排放量 g/a	浓度 mg/Nm^3	
			39.32	178	3.96	0.02	11.8	53.4	1.2	0.01	

（3）噪声

本项目主要噪声设备有各种风机、水泵等。主要噪声一般在 75～80dB（A）。

（4）固体废弃物

非放射性固体废物包括非放射性钻孔泥浆及锅炉炉渣（436kg/a）。

3.9.2 放射性污染防治措施

3.9.2.1 放射性废气污染防治措施

浸出液由抽出井抽出时，挟带和溶解了一定量的 222Rn；浸出液中含有少量的 Ra-226，通过衰变产生少量 Rn-222。因此，在浸出液处理厂房、蒸发池等场所将会释放出含氡、氡子体及放射性气溶胶的放射性废气。浸出液进入吸附塔后将 ^{222}Rn 直接排入大气，在浸出液吸附厂房进行自然通风，使废气排入大气稀释扩散。蒸发池内残渣在试验期间池内保持一定水量，停产时将进行退役治理，可减少 ^{222}Rn 析出。

3.9.2.2 放射性废水污染防治措施

（1）钻孔施工中的放射性废水处理

对于含矿岩芯处的泥浆和污水采用贮罐收集，循环使用。钻孔结束后贮罐泥浆和污水送蒸发池，其量很少，不到 $5m^3$，对蒸发池的影响可忽略不计。

（2）巴彦乌拉中心厂现有污水处理工艺、设施及处理能力分析

中心厂现有工艺产生的污水主要来自抽大于注的多余吸附尾液、沉淀母液等

工艺废水。巴彦乌拉中心厂采取工艺废水循环利用和蒸发池蒸发的综合防治措施。

中心厂现有工艺共产生 10.061m^3/d 的污水进入蒸发池中蒸发，已建有蒸发池一个，蒸发池面积为 2000m^2，水深 1.5m，总容积 2850m^3，有效容积约 2600 m^3。蒸发池迎风面设置挡沙墙，以减少蒸发池落沙量，影响蒸发效果。为了防止废水渗透而污染地下水，蒸发池池底、池壁做防渗漏处理，池底、池壁先进行平整压实后铺一层压实粘土防渗层 60cm 厚，然后铺设两层无纺布夹一层防渗膜作为防渗衬里，防渗膜为厚度不小于 1mm 的高密度聚乙烯（HDPE）土工膜，最后铺一层压实粘土防渗层 30cm 厚，并在上述 60cm 厚的压实粘土防渗层下面安装渗漏检测装置以便及时发现渗漏。即在蒸发池的底部按 10m×10m 网格预埋截面积为 2.5mm^2、间距为 0.5m 的导电铝线，铝线两端均分别从蒸发池的两端出露地表，在出露地表处的铝线外包绝缘材料。然后用微安表定期监测铝线间的电流，当电流超过 5mA，即视为泄漏。在蒸发池周边堆砌围堰（围堰高出地面 0.3～0.5m），防止雨水流入蒸发池。夯实粘土层渗透系数不大于 10-7cm/s，抗压强度大于 0.6MPa。土工膜渗透系数不大于 1×10^{-12}cm/s。

考虑到蒸发池的稳定运行及便于检修，设置为双池式并联。需要检修时，可以运行单池，将检修池废水抽干至另一池，残渣也清理至另一池，然后进行检修工作。

一旦发生池容积不够的情况，可以考虑进行清池工作，在清理时可以运行单池，将清理池废水抽干至另一池，然后进行清理工作。清理出来的残渣需堆放在经防渗漏处理和采取防尘、防洪措施的专门渣场上。

综上所述，蒸发池充分利用了当地气候条件，采用自然蒸发，技术简单，操作非常简便。蒸发池不仅具有足够的容量，而且采用了防渗、防洪、防风沙等措施，既减少或避免了蒸发池对环境的影响，也减少或避免了气候变化对蒸发池的不利影响，同时节省了常规废水处理所不可避免的大量试剂消耗和能耗，而且避免了繁重的人为管理及劳动强度。故本项目采用蒸发池处理放射性废水是切实可行的方案。

巴润矿床产生多余沉淀母液共 213.18m^3/a（0.646 m^3/d），需排放到中心厂蒸发池中蒸发，巴彦乌拉现有工艺向蒸发池排放的污水量为 3320m^3/a，二者合计共向蒸发池排放 3533.18m^3/a 废水，由当地气候特征可知：多年平均蒸发量为 2449.6mm，考虑到当地气象站所用小口径蒸发器测得的蒸发量尚不能代表大水面（如湖泊、水库）的实际蒸发量，故取蒸发折算系数为 0.8，则大水面年平均蒸发量为 2449.6×0.8=1959.7mm，试验区年均净蒸发量为 1959.7mm－185.2mm=1774.5mm，则用于废水蒸发的蒸发池面积为 3533.18m^3//a÷1.6263m/a=1991m^2，小于现有蒸发池的面积（2000m^2），蒸发能力能满足要求。考虑到极端气候及生产的波动，拟建两个面积分别为 1000m^2、池深 1.5m 的蒸发池，池有效容积共计约 2600m^3。考虑冬季寒冷导致蒸发量急剧减少，偏安全考虑，假定有半年时间不能蒸发，则蒸发池至少需要贮存水量 10.707m^3/d×180d/a=1927.26m^3，相当于 2000m^2 蒸发池水深 0.963m。而拟建蒸发池池深为 1.5m，满足深度要求。所以巴彦乌拉总厂的污水处理装置和设施不需扩容，完全满足需要。

（3）巴润水冶厂的废水处理

在巴润现场试验过程中产生的废水主要有树脂装卸用水、地面冲洗水和洗井废水等。废水排放量约为 0.1t/d，废水中铀浓度≤1mg/L。另外由于抽大于注，产生的多余吸附尾液 6.78t/d，所以共产生 6.88t/d 废水排入蒸发池中。矿区属温带大陆性半干旱气候，年平均降雨量 185.2mm，多年平均蒸发量 2449.6mm，因此，利用当地独特的自然气候条件，因地制宜，修建蒸发池蒸发水冶厂排放的全部废水，从而达到降低生产成本和环境保护的目的。

拟新建蒸发池面积 1300m^2，池深 1m。蒸发池在距离井场约 500m 的南面建设，因风沙大，刮风时间长，蒸发池迎风面设置挡沙墙，蒸发池四周建有高为 0.5m 的围堰。蒸发池的挖出土方用作蒸发池的围堰和挡沙墙，起防洪和防沙的作用，防止降水和风沙侵占蒸发池。紧邻蒸发池北侧 5m 范围内修建强化蒸发设施。为了防止废水渗透而污染地下水，蒸发池池底、池壁做防渗漏处理，池底、池壁先进行平整压实后铺一层夯实粘土层 60cm 厚，然后铺设两布（无纺布）一膜（PVC 防渗膜），即在两层耐腐蚀无纺布中间夹一层防渗膜，防渗膜为厚度不

小于 1mm 的高密度聚乙烯土工膜。铺设防渗膜从最底部开始向高位拉伸，折封需贴严，接缝时必须粘实不漏，最后铺一层压实粘土防渗层 30cm 厚，并在上述 60cm 厚压实粘土防渗层下面按网格布置安装渗漏检测装置以便及时发现渗漏。即在蒸发池底部东西和南北向各预埋截面积 2.5mm^2、间距为 0.5m 导电铝线各三条，铝线两端均分别从蒸发池两端出露地表，在出露地表处的铝线外包绝缘材料。然后用微安表定期监测铝线间电流，当电流超过 5mA，即视为泄露。在蒸发池周边修建防洪排水设施，防止雨水流入蒸发池。夯实粘土层渗透系数不大于 10^{-7}cm/s，抗压强度大于 0.6MPa。

根据 2.1.7.2 节可知，虽然苏尼特左旗在 24h 内最大降雨量达 84.3mm，但设计蒸发池围堰高出地面 0.5m，尚留有很大余地。在对蒸发池采取防洪措施后，能够满足防洪要求。

由巴彦乌拉蒸发池蒸发能力核算可知：年净蒸发量为 1774.5mm，则用于废水蒸发的蒸发池面积为 6.88m^3/d×330d/a÷1.7745m/a=1279.5m^2，小于拟建面积 1300m^2。可见，拟建蒸发池的面积能满足要求。考虑冬季寒冷导致蒸发量急剧减少，偏安全考虑，假定有半年时间不能蒸发，则蒸发池至少需要贮存水量 6.88m^3/d×180d/a =1112.4m^3，相当于 1300m^2 蒸发池水深 0.95m。而拟建蒸发池池深为 1m，满足深度要求。

为了加强蒸发池的管理，拟采取如下措施：

1）按设计要求进行施工，对蒸发池进行防渗处理，在防渗层下部安装废水渗漏检测装置，定期检测防渗情况；

2）在蒸发池周围安装防护网，防止无关人员和牲畜进入；

3）制定废水蒸发池泄漏的应急预案；

4）设置蒸发池兼职安全管理人员 1 名，每日定期巡视蒸发池，且还有值班人员昼夜巡视，检查废水输送管道有无泄漏或是否存在废水排向蒸发池外或蒸发池中的废水是否溢出，如发现泄漏或溢出，立即启动应急预案；

5）实施废水持续排放，使蒸发池始终处于有水状态，避免蒸发池产生扬尘。

6）检查人员或参观人员须在蒸发池管理人员的引导下进行检查或参观；

7）在蒸发池附近设置救生设备，以备人员误陷蒸发池内救生之用。

（5）地下水污染预防

1）确保钻孔施工质量

a、严格按《地浸工艺钻孔设计、施工、验收实施细则》设计与施工。在钻孔施工前，认真查阅地质勘探资料、相邻勘探孔或已施工的钻孔资料，掌握含矿含水层、顶底板隔水层位置和厚度，矿体的埋深和厚度等数据；以地质勘探资料和相邻钻孔的资料为基础，以开拓地段钻孔设计要求为依据，考虑地形、地层倾角等因素，编制相应钻孔的施工设计；在钻孔施工过程中，严格执行钻井工作程序、钻井工作质量要求、钻孔安装程序、井管各部件的加工方法和质量要求、钻孔安装的要求、水泥固井程序、水泥固井的质量要求、钻孔洗井程序。

b、在成孔过程中，不仅执行钻孔施工规范，并配备专门的综合测井设备，对成孔过程进行监测，监测的项目有伽玛测井、密度三侧向测井、井斜测井、自然电位测井、电流法测井、井温测井等。根据物探测井的结果资料，除了获取物探技术参数外，可以检查工艺钻孔塑料管安装是否完整及其位置是否准确，检查工艺钻孔在施工过程中投砾和水泥固井是否符合要求等，以评价工艺钻孔建造的工程质量，确保成孔质量。

c、钻孔采用抗震、抗压的（加强）UPVC 管，在 UPVC 管与管壁之间的环状间隙（过滤器部分除外）及钻孔底部采用防渗、抗震的混凝土充填与密封，使矿层段与其上、下的所有含水层隔绝。充填方法为，用泵将水泥从套管的底部压入环状间隙，直到地表。

d、钻孔施工完毕后，进行注压检漏试验，一旦出现渗漏现象，进行再次注浆修补，或者对钻孔进行水泥注浆封孔并重新施工。

e、钻孔的井管之间的连接丝扣采用方形扣连接，连接处加密封胶或密封胶带，以增强井管的密封性与牢固性。

f、在钻孔施工过程中，严禁揭露含矿含水层的隔水底板。为此需按如下方法进行施工：首先根据地质条件确定矿体的上下标高，从而确定钻孔的大致深度；在钻孔施工过程中，同时进行岩性分析和 γ 测井；在 γ 异常点和预计的含矿层位，

降低钻进速度，加密岩性分析与γ测井；在预计矿层底部出现γ显著降低并达到背景水平时终止钻进；钻孔成井过程中，在钻孔底部加封防渗、抗震的混凝土约20～30cm。

2）控制采区溶浸范围，防止溶浸剂流散到采区以外

本项目在酸法地浸采铀时注入至矿层的溶浸剂硫酸，会使地下水中硫酸根增加，pH 值降低，一些重金属溶解。因此，必须将溶浸剂控制在一定的范围之内，做到溶液在含矿含水层中正确运移，使被采矿块的矿石都能与溶液充分接触，既不漏失、又不被大量稀释，尽量减少溶浸“死角”。本项目在地浸开采过程中采取的溶浸范围控制措施是：

a、合理布置抽注液钻孔，充分发挥抽注液钻孔抽注液能力，在抽液、注液管道上安装自动监控和调控的压力计和流量计，在每个注液孔安装调整流量的防腐水表，在每个抽液孔安装缝式流量计和电磁流量计，严格计量每个采区和每个单孔的抽液量和注液量，并根据抽孔的抽液能力调节其周围注孔的分布及注液量，严格控制溶浸剂的流失。

b、控制抽液量大于注液量约 0.3%，在溶浸范围内形成降落漏斗，使浸出剂的流散和外围地下水的稀释降至最小。

c、根据抽孔的分析结果、抽注量、注液压力等信息的分析，及时调整抽注钻孔，改变溶液的流动方向，使矿层中的铀能够充分的浸出，避免溶浸死角。

3）合理布置井场

井场布置从地下水的上游往下游布置，可最大限度地控制地下水污染范围。

4）布置监测孔，监控溶浸范围

为了较好地控制浸出剂和浸出液在矿层范围内运移，防止浸出剂和浸出液的流散，必须对浸出剂和浸出液在地下水中的流散情况进行监控，一旦发现异常，加大抽液量以缩小污染范围。

（6）地下水污染修复

本项目若试验成功，则地下水污染修复纳入矿山整体退役治理计划，若不成功，则立即进行地下水修复。

根据国外地浸矿山地下水治理的经验，结合巴润矿床所处的自然地理环境状况，在单个井场试验结束后即采用抽出—治理—注入的方法进行地下水修复。即地下水修复采用地下水抽除→污染地下水的地表处理→处理后的清洁水再注入修复含水层→需修复的含水层内地下水循环→修复后观察。地表处理方法采用反渗透法。反渗透后的浓缩液送蒸发池蒸发。

地下水修复可分为以下几个步骤。第一步：将残留的地下浸出液抽出 1 个孔体积（1PV），抽出的水用来配置溶浸剂注入新的井场或在蒸发池蒸发；第二步：地下抽注循环约 5PV，抽出的地下水处理后重新注入修复井场以加速地下水修复速度；第三步：根据需要，添加还原试剂抽注 2PV，使含水层由氧化态变成还原态；第四步：进行抽注液孔交替循环 2PV；第五步：进行地下水稳定监测。地下水修复结束后，填实封闭所有钻孔。

由于地浸过程中采取了一系列有效的地下水污染范围控制措施，能够将污染范围控制在有限范围内，且在地浸井场退役时对地下水进行修复，修复至本底水平或标准值，达到原有水质功能。

3.9.2.3 放射性固体废弃物污染防治措施

由 3.9.1.1 可知，钻孔施工中产生的放射性泥浆约为 5t，含天然铀 0.6kg。由于非放射性的钻井泥浆在钻孔施工过程中是循环使用，因而存放于蒸发池中的放射性泥浆量将会很少。钻井结束后，待泥浆池中泥浆水分蒸发后，将放射性泥浆统一运至巴彦乌拉蒸发池，泥浆池填埋、植被绿化。

钻孔施工中产生的放射性泥浆约为 5t，含天然铀 0.6kg。以 5 年试验期计，共产生放射性固体废物约 3.27 t/a×5a+5t=21.35t，含天然铀总量约为 3.752kg，比活度为 4.48Bq/g。这些放射性固体废物堆积密度按 1.8t/m^3 考虑，则其体积约为 11.9m^3。巴润地下水中 ^{226}Ra 浓度最大为 0.15Bq/L，则巴润蒸发池残渣的 ^{226}Ra 为 0.11Bq/g。

3.9.3 非放射性污染防治措施

3.9.3.1 锅炉烟气污染防治措施

为减少锅炉大气污染物的排放量，本项目配置高效脱硫湿式水膜除尘器，除

尘效率 98%，脱硫效率 85%，NOx 去除率 70%，汞的去除率约 70%。锅炉烟气经除尘后由 20m 高的烟囱排放，主要污染物烟尘、SO_2、NOx、Hg 平均排放浓度分别为 41.72mg/Nm^3、96.2mg/Nm^3、53.4 mg/Nm^3、0.01 mg/Nm^3，满足 GB13271-2014《锅炉大气污染物排放标准》新建锅炉排放标准要求（烟尘浓度小于 50mg/Nm^3、SO_2 浓度小于 300mg/Nm^3 、NOx 浓度小于 300mg/Nm^3、汞浓度小于 0.05mg/Nm^3）。

3.9.3.2 非放射性废水污染防治措施

本项目产生的生活污水较少（约 2t/d），生活污水经化粪池厌氧处理后，用于灌溉周围草地。

3.9.3.3 非放射性固体废物污染防治措施

本项目产生的非放射性固体废物包括钻孔施工过程中产生的非放射性钻孔泥浆和锅炉燃烧产生的灰渣。

非放射性钻孔泥浆及污水（360m^3）集中堆积于泥浆池中，后及时恢复植被。

锅炉废渣为非放射性废物，产生量为 436kg/a，以 5 年试验期计，共产生灰渣 2.18t。锅炉废渣用于试验区内铺路。

3.9.3.4 噪声治理措施

选用低噪设备：空压机、风机、水泵等选用低噪设备，采取减震、隔声措施。

3.9.4 跑冒滴漏渗防止措施

1）所有集液池、溶浸剂配置池、浸出液处理车间地面均采用混疑土或钢筋混疑土结构达到防渗防漏目的，其中集液池、溶浸剂配置池等蓄水池采用 SJK480 聚脲防水涂料，双组份 E 环氧底涂进行防腐防渗漏处理以防工艺水泄漏。

2）采用大扬程潜水泵将浸出液由地下抽出，通过抽液管道抽出地面，然后顺主管道流至吸附塔。潜水泵提升浸出液的过程中，比较平缓且没有剧烈搅动，浸出液由抽液管道直接进入主管道，在封闭的管道系统内流动，避免了气体排放、及浸出液泄漏。

3）管道、阀门及仪表全部选用高质量、易连接、耐腐蚀的产品，并在管网安装完成后进行压力试验，抽注液管道采用优质管道，通过管道的进出流量差可

判断其泄露与否。井口采用砼井封闭，对井场的各种仪表、阀门集中控制，以便于日常的管理。

4）对抽注液管道采取防止冻裂措施。对抽注液管道均采取保暖措施（用厚海绵状保温层材料包裹严实）。抽注液管道采用具有柔性的 PE 管，不易引起管道冻裂；试验时管内液体流速较大，不会被冻结；抽液和注液地表输送总管埋于地下 1m 左右土层中。

5）蒸发池的容积留有足够的裕度，一般比正常运行多出 1/3～2/3 的容积，防止溶液的外溢。

6）试验过程中值班人员昼夜巡视，发现跑冒滴漏立即报告，找出原因加以解决。

7）布置地下水监测孔并加强监测。

3.9.5 草地保护措施

在开挖蒸发池过程中。对土层进行分层开挖与存放。表土层单独存放，用作退役后的土地覆盖与草地恢复之用。在圈定的试验区边界外设置铁丝网和电离辐射警告标志，防止无关人员和牲畜进入，保证牧民及牲畜的活动及饮食安全，同时也利于试验区边界外的草地保护。

3.10 辐射防护措施

1）试验区内按工作放射性操作分布，进行分区，将集液泵房（集液池）、浸出液处理厂房设为控制区。为便于生产管理和防止交叉污染，合理布置上、下班人员的人流路线。

2）试验期间，水冶厂房采用自然通风方式，利用窗户和门进行通风。

3）α、β 放射性表面污染的防护：保持工作场所的清洁卫生，降低粉尘浓度，经常清洗设备、地面，注意皮肤、手、工作服的去污。

4）从事放射性工作人员每天工作 8 小时；在放射性作业场所内禁止进食、饮水和吸烟；辐射工作人员饮食前必须洗手、漱口。

5）个人防护：工作人员上班时穿戴个人防护用品，进入含有铀矿尘和氡子

体的工作场所时要配戴高效过滤口罩，防护用品不得带回生活区；下班后淋浴去污、消除体表污染；防护用品定期更换、经常清洗；厂区设有淋浴室等卫生设施。

在正常试验情况下，只要加强管理，严格执行上述防护措施，能有效地减少职业照射和个人照射剂量，使其对人体照射的危害低于行业标准。

3.11 劳动安全卫生

3.11.1 危害因素分析

项目试验过程中存在如下劳动安全及职业健康危害因素：

1）配液池及泵房内会产生少量酸雾气。

2）酸、碱、氧化剂使用造成的烧伤、灼伤。

3）钻进、各泵房、机修车间、发电机房、空压机等岗位噪声。

3.11.2 主要劳动安全卫生措施

1）所有建筑物按照相关规范合理布置厂房，保持安全距离，满足防火和采光通风要求；主建筑物地震烈度按 6 度设防；主厂房按二级耐火等级进行设防；厂区主运输通道宽度不小于 6m，满足安全运输规范。

2）电气设备采用 TN-C-S 接地保护系统；插座回路设置漏电保护断路器；凡应做防雷或过电压保护的电气设备或构筑物均按规程装设；主厂房及其它重要生产场所设应急照明。

3）从事危险化学品操作的人员应穿戴防腐的防护用品，防止烧伤。

4）噪声设备采用降噪隔声设施，以减小车间噪声。

5）机械设备旋转，传动部件外露部分配备安全防护罩，以防人员触及。

6）较高的操作台、楼梯处设安全防护栏，以防人员坠落。

7）对试验流程的重要参数采用自动控制，以减轻劳动强度。

3.11.3 劳动安全卫生机构

本试验项目规模较小，参与现场试验的人员不多，不单独设置劳动安全卫生机构，现场只设兼职劳动安全员，负责本项目劳动安全。

4 环境质量现状及评价

4.1 环境现状监测

4.1.1 监测目的

为项目建设、运行、退役等各阶段的环境影响预测与评价及环境污染防治提供背景数据。

4.1.2 监测依据

（1）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；

（2）《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB 23726-2009）；

（3）《辐射环境监测标准方法汇编》国家环境保护总局辐射环境监测技术中心。

4.1.3 监测布点原则

（1）根据该试验的工艺流程、“三废”来源及去向确定环境监测介质。

（2）根据岩石和矿石的矿物成分及化学成分、采冶过程中所用的化学试剂及可能发生的物理化学变化确定需要监测的污染物。

（3）根据该试验项目可能涉及的范围确定环境监测范围。

4.1.4 监测内容

环境背景调查监测项目如下：

（1）大气监测：^{222}Rn 及其子体、连续 ^{222}Rn。

（2）水体监测：U 天然、^{226}Ra、^{210}Po、^{210}Pb、总 α 、总 β；pH、SO_4^{2-}、F^-、Cl^-、NO_3^-、Fe、Cu、Zn、Mn、Hg、Cd、Cr^{6+}、As、Pb、Ni、Ba、Be、Mo、Co、溶解性总固体、总硬度、氨氮、亚硝酸盐、高锰酸钾指数。

（3）土壤监测：U 天然、^{226}Ra、^{210}Po、^{210}Pb、^{222}Rn 析出率；Fe、Cd、As、Hg、Cr、Cu、Zn、Pb、Ni、pH。

（4）γ 辐射空气吸收剂量率：井场范围内及边界外 200m 范围内。

（5）生物样监测：U 天然、^{226}Ra、^{210}Po、^{210}Pb。

4.1.5 分析方法、仪器、检出下限

在选定监测、测量、分析方法时，凡有国家标准的，一律使用国家标准，没有国家标准的优先选用行业标准。4.2 放射性环境现状评价

2014 年 7 月 24 日～7 月 31 日，核工业北京化工冶金研究院分析测试中心对项目及周边环境现状进行了监测及取样分析。

4.2.1 γ 辐射剂量率

依照 GB/T14583-1993《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》的要求用便携式 X-γ 剂量率仪对巴润矿床井场及周围环境进行了环境贯穿辐射剂量率监测。

从监测结果可以看出，巴润井场内 γ 辐射剂量率范围为 87.6～93.1nGy/h，均值为 90.26nGy/h；井场外 500 米处草地 γ 辐射剂量率为 91.7nGy/h。

据《内蒙古自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究》（李文元，1990）报道，锡盟地区室外（原野）γ 辐射剂量率范围为 25.2～113nGy/h。由此可知，巴润井场及环境 γ 辐射剂量率监测结果处于当地天然本底水平。

4.2.2 空气中 ^{222}Rn 及子体浓度

本次调查使用 RAD7 测氡仪、DHZM-Ⅱ氡子体连续测量仪对井场及周围环境空气中 ^{222}Rn 及子体浓度进行了监测。

井场及附近环境氡浓度为 15.8～23.7Bq/m^3，氡子体浓度为 0.063～0.093μJ/m^3，井场内连续氡及氡子体浓度分别为 25.4 Bq/m^3、0.098μJ/m^3，最近居民点连续氡及氡子体浓度分别为 15.5 Bq/m^3、0.060μJ/m^3。

4.2.3 地下水中放射性核素浓度

试验地附近无地表水体，采集地下水样 5 个进行分析，其中井场含矿含水层地下水 3 个，含矿层上含水层 1 个，及井场最近牧民饮用水井 1 个。

据《内蒙古自治区水体中天然放射性核素浓度调查研究》（杜学林等，1993）报道，锡盟地区农村牧区井水中天然放射性核素的活度浓度：U 为 10.40～

101.6μg/L，均值 35.57μg/L；226Ra 为 2.00～178.0mBq/L，均值 30.58mBq/L。

含矿含水层中 U 活度浓度范围为 49.8～52.1μg/L，与本底值相比，处于正常涨落范围内；含矿含水层中 ^{226}Ra 活度浓度为 0.11～0.15Bq/L，处于本底范围中较高水平。最近居民点牧民井水中 U 活度浓度为 15.9μg/L，^{226}Ra 活度浓度为 0.047Bq/L，处于锡盟地区本底水平范围。

上述结果表明，试验地地下水放射性本底处于当地天然本底水平。

4.2.4 土壤中放射性核素比活度

采集了拟建井场内、外的土壤样品进行分析。据《内蒙古自治区土壤中天然放射性核素含量调查》（张宝忠等，1991）报道，锡盟地区土壤中天然放射性核素的比活度：U 为 4.50～39.59 Bq/kg，均值 20.37Bq/kg；^{226}Ra 为 8.33～42.87Bq/kg，均值 22.38 Bq/kg。

拟建井场内测点土壤中 U 含量为 34.1Bq/kg，井场外测点土壤中 U 含量分别为 33.6Bq/kg、32.7Bq/kg,处于本底范围中较高水平。拟建井场内测点土壤中 ^{226}Ra 比活度为 37.6Bq/kg，井场外测点土壤中 ^{226}Ra 比活度分别为 36.8Bq/kg、36.1Bq/kg,处于本底范围中较高水平。

结果表明，拟建井场内土壤中放射性水平处于当地本底范围内。

4.2.5 土壤氡析出率

项目土壤氡析出率范围为 0.06～0.07Bq/（m^2·s），均值为 0.063Bq/（m^2·s）。

4.2.6 生物样品

采集牧草样品 3 个，其中井场内、最小风频下风向 500m、主导风向下风向 500m 处各 1 个。生物样品中 ^{238}U 比活度范围为 1.27~1.33Bq/kg，生物样品中 ^{226}Ra 比活度范围为 0.98~1.12Bq/kg，^{210}Po 比活度范围为 9.8~10.2Bq/kg，^{210}Pb 比活度范围为 9.92~10.4Bq/kg。

4.3 非放射性现状评价

本项目委托锡林郭勒盟环境保护监测站于 2014 年 8 月 6 日对巴润矿床土壤

样、地下水样中的非放射性项目进行检测。

4.3.1 地下水

本次水环境监测共取了五个水样，巴润矿床井场最近牧民饮用水井 1 个，巴润矿床井场内 4 个，其中含矿层上含水层 1 个，含矿含水层 3 个。

各取样点地下水 pH 值处于 6.5～8.5 之间，偏碱性，符合《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）中规定的Ⅲ类水质要求。非放射性项目溶解性总固体、硫酸盐、氯化物超《地下水质量标准》（GBT 14848-93）Ⅴ类，其中溶解性总固体超Ⅴ类标准下限值约 3 倍，硫酸盐略高于Ⅴ类下限值标准，氯化物略高于Ⅴ类标准下限值。氨氮、亚硝酸盐氮、氟化物、高锰酸盐指数符合《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）中规定的Ⅳ类水质要求，其它指标未超过地下水Ⅲ类标准。

4.3.2 土壤

本项目共在巴润矿床采集了 3 个土壤样品，其中在巴润矿床井场内取了 1 个样品，在井场外取了 2 个样品。

《土壤环境质量标准》（GB 15618-1995）中是以不同 pH 值（＜6.5、6.5～7.5、＞7.5）而分别给出了各项目的二级标准值，且未对 Fe 的标准值作出规定。

巴润矿床及周围土壤符合《土壤环境质量标准》中规定的Ⅱ类土壤要求。监测点土壤中 Fe 含量为 13.03～14.19mg/g。

5 源项分析

5.1 目的

通过源项确定，获得气载污染物、液态流出物和固体废弃物的污染物种类和数量，为剂量估算和环境评价提供依据。

5.2 源项确定原则

源项是进行环境影响评价的重要依据，本工程源项确定与调查工作中，遵循以下原则：

1）由于此项目属试验项目，许多数据尚没有获得，因此源项的确定只能是在工程分析的基础上，对所产生“三废”的工艺或工程进行分析，并与巴彦乌拉原地浸出试验过程中的实测数据进行类比作为工程源项计算的依据，巴润没有实测数据的参照巴彦乌拉原地浸出采铀工业生产实测数据以作为源项计算的依据。

2）对于不能够通过实测、国内类比或实验室确定的源项数据，将参照美国和原苏联地浸的经验数据来确定。

3）以上办法均不能确定的数据，将采用理论计算的方法予以确定。

5.3 污染源和污染物的确定

5.3.1 污染源的确定

1）气态污染源：试验与修复期吸附塔中溶解氡气的释放。

2）液态污染源：主要为蒸发池中的废水和地下浸出液。

3）固体污染源：蒸发池和泥浆池中的废渣、底泥。

5.3.2 污染物的确定

由于酸法地浸重金属及 ^{226}Ra 不易浸出，因此污染物确定为 ^{222}Rn 和天然铀，污染物尚需考虑 SO_4^{2-}、pH、Pb、Zn、Mn。

5.4 源项确定

虽然本次评价内容是针对巴润铀矿床的试验，但巴润矿床和巴彦乌拉矿床试验

基地直线距离只有 7km，为了客观反映污染源对环境的影响，在确定源项分析时应将巴润矿床和巴彦乌拉矿床综合一起考虑。

5.4.1 气态源项

地浸抽出浸出液和修复抽出的地下水均挟带和溶解大量的 ^{222}Rn，通过吸附塔直接排至大气，为点源释放。蒸发池与泥浆池中水份蒸发干后其废渣、底泥表面也有 ^{222}Rn 析出，为面源释放。

5.4.1.1 点源释放氡量

1）正常试验期

（1）巴润铀矿床

参考巴彦乌拉试验数据，地下水中 ^{222}Rn 不超过 2022Bq/L。为偏安全考虑，假定地下水抽出液中的 ^{222}Rn 全部释放到大气中，该试验的年抽液量为 570240m^3，则 ^{222}Rn 释放量为 $570240\times2022\times10^3=1.15\times10^{12}$Bq/a。

（2）巴彦乌拉铀矿床

巴彦乌拉地下水中 ^{222}Rn 不超过 2022Bq/L，假定地下水抽出液中的 ^{222}Rn 全部释放到大气中，该工程的年抽液量为 855360m^3，则 ^{222}Rn 释放量为 $6526080\times2022\times10^3=1.73\times10^{12}$Bq/a。

2）试验终产修复期

（1）巴润铀矿床

修复抽出地下水释放氡量由于修复抽液量大于正常抽出浸出液量，根据 737 地浸试验结果，修复地下水抽液量是抽出浸出液的 1.1 倍，由此得到本工业性试验修复抽出地下水释放氡量为 1.27×10^{12}Bq/a，大于正常生产期。为偏安全考虑，把试验终产修复期的点源释放量用于正常试验期的剂量估算。

（2）巴彦乌拉铀矿床

同理计算得到巴彦乌拉铀矿床修复抽出地下水释放氡量为 1.90×10^{12}Bq/a。

5.4.1.2 面源释放氡量

蒸发池与泥浆池中的废渣、底泥表面的氡析出率采用理论计算确定。固体废渣/底泥表面的氡析出率按下式计算：

$$J = 10^4 R\rho E\sqrt{\lambda D}\tanh(\sqrt{\frac{\lambda}{D}}X) \quad (5.1)$$

式中：J—废渣表面 ^{222}Rn 析出率，$Bq/(m^2 \cdot s)$；

R—废渣中 ^{226}Ra 含量，Bq/g；

ρ—废渣容重，g/cm^3；

E—废渣的射气系数，无量纲；

D—氡-222 在废渣中的扩散系数，cm^2/s；

λ—氡-222 衰变常数，s^{-1}；

X—废渣堆放厚度，cm。

计算氡析出率参数选值见表 5.1。

表 5.1 计算氡析出率参数值

R，Bq/g	ρ，g/cm^3	E	λ，s^{-1}	D，cm^2/s	X，cm
0.11	1.8	0.28	2.1×10^{-6}	1×10^{-3}	0.98

将表 5.1 代入公式 5.1 中，得蒸发池及泥浆池中废渣和底泥表面的氡析出率为 $J=1.14\times10^{-3}Bq/(m^2 \cdot s)$。巴润蒸发池面积与泥浆池合计面积按 1350 m^2 考虑，则最大释放氡量为 $4.85\times10^7Bq/a$。实际上，废渣表面释放的最大氡量会因工艺废水的覆盖而小于 $4.85\times10^7Bq/a$。

巴彦乌拉蒸发池和泥浆池的氡最大释放量为 $2.16\times10^9Bq/a$。

本次评价采用 YEAR30 软件进行剂量估算，为了计算结果的精确性，将面源进行了等效点源的分割，即将面源按照面积大小进行分割并等效为若干直径为 5m 的点源，分割的面积越小，等效点源越多，计算结果越精确，但由于 YEAR30 软件的局限性，一次最多只能计算 20 个源。但在本项目中蒸发池的源项和吸附塔源项相比较小，蒸发池点源的分割数目对计算结果的影响不大。为了方便计算，将巴彦乌拉蒸发池分割成 2 个直径为 5m 的点源，集液池面积较小，只有 $68.5m^2$，直接将集液池简化为 1 个点源，巴润蒸发池分割成 2 个直径为 5m 的点源，出口速度为常年平均风速，4 个吸附塔间距仅 1.8m，故将 4 个吸附塔等效为 1 个直径为 5m 的点源。根据地浸工艺特点，气态源项按试验生产期和试验终产修复期考虑，气态源项排放点参数和气体源项预测结果分别见表 5.2 和 5.3。

表 5.2 气态源项排放点参数

气态源项			排放中心相对位置坐标(km)	出口内径（m）	等效面积（m^2）	出口速度（m/s）
巴彦乌拉	集液池	1	0.000,0.000	4.5	15.9	3.8
	蒸发池	1	0.065,0.040	5	20	3.8
		2	0.065,0.060	5	20	3.8
巴润	吸附塔	1	-3.766,-6.251	0.125	0.0122	3.8
	蒸发池	1	-3.788,-6.291	5	20	3.8
		2	-3.813,-6.291	5	20	3.8

表 5.3　气态源项释放量预测结果

项目	氡-222 释放量（Bq/a）					
	巴润			巴彦乌拉		
	抽液井	修复井	蒸发池	抽液井	修复井	蒸发池
试验生产期	1.15×10^{12}	—	4.85×10^{7}	1.73×10^{12}	—	2.16×10^{9}
修复期	—	1.27×10^{12}	4.85×10^{7}	—	1.90×10^{12}	2.16×10^{9}

5.4.2 液态源项

液态源项为蒸发池，主要由浸出过程产生的多余吸附尾液、多余沉淀母液和树脂装卸用水、地面冲洗水、洗井废水组成，本试验项目共产生 2483.58m^3/a 的废水排入蒸发池，其中排入巴润蒸发池放射性废水为 2270.4m^3/a，排入巴彦乌拉蒸发池放射性废水 213.18m^3/a。由 3.9.1 可知，以 5 年试验周期计，排入蒸发池中天然铀的量不到 16.94kg。蒸发池作防渗处理及设防洪措施，蒸发池中的废水不向外排放。地下水源项为整个地浸开采区的浸出液，根据巴润地浸采铀试验目标，确定浸出液中铀的浓度为 15mg/L。

生活废水主要为食堂、沐浴、洗衣等产生的废水，由于试验期间工作人员不足 15 人，产生的生活污水量约为 4t/d，生活污水中主要污染物为 COD、BOD、SS 等。

5.4.3 固体废弃物

由 3.9.2.2 可知，钻孔施工中产生的放射性泥浆约为 5t，含天然铀 0.6kg。由于非放射性的钻井泥浆在钻孔施工过程中是循环使用，因而存放于蒸发池中的放射性泥浆量将会很少。钻井结束后，待泥浆池中泥浆水分蒸发后，将放射性泥浆统一运至巴彦乌拉蒸发池，泥浆池填埋、植被绿化。

试验期间产生的放射性废物主要为蒸发池废水中沉淀下的废渣以及泥浆池中的少量放射性底泥。由 3.9.1.1 节，5 年试验期巴润矿床蒸发池共产生废渣 23 吨，约为 12.8m^3（废渣比重为 1.8t/m3），蒸发池面积为 1300m^2，偏保守估计，假设所有废渣均在蒸发池中，废渣最终平均厚度为 0.98cm。5 年试验期排入巴彦乌拉蒸发池的废渣共为 1.55 吨，巴彦乌拉蒸发池的面积为 2000m^2，本项目在巴彦乌拉蒸发池中产生的废渣厚度为 0.78cm，和巴彦乌拉地浸采铀试验（16.8cm）相比可忽略不计。由于废渣被水覆盖，且试验终产后巴润和巴彦乌拉蒸发场内废渣统一集中地质处置，故废渣、底泥对环境的影响可得到有效控制。

6 正常情况下辐射环境影响分析与评价

由于该试验未向地表水体排放废水，也未向周边环境排放固体废物，故正常情况下辐射环境影响评价仅考虑气载污染物氡、氡子体对公众的照射，气载污染物氡、氡子体及环境γ辐射剂量率对工作人员的职业照射。

6.1 公众辐射环境影响分析与评价

6.1.1 照射途径、评价指标及模式

6.1.1.1 照射途径

根据该试验的特点，照射途径仅考虑 ^{222}Rn 所致吸入内照射。

6.1.1.2 评价指标

评价指标为关键人群组的年最大个人有效剂量及半径 20km 评价区域内的集体有效剂量。

6.1.1.3 评价方法

考虑当地的气象、水文、地形、人口分布等具体情况，选用平原地区评价模式，进行公众剂量估算。本次评价采用的是核工业三十年辐射环境质量评价所用计算机程序 year30(y3001 的修订版)，其中对参数按 GB18871-2002 进行了修正。

1）地面连续点源（气态源项）释放的浓度分布

吸附塔是常压容器，可基本上把溶解的氡都释放出来，是点源。采用高斯扩散模式，计算公式如下：

$$X(x,y,o)=\frac{Q}{\pi\sigma_y\sigma_z u}\exp(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(6.1)$$

式中：X（x, y, o）——点（x, y, o）处空气的核素浓度，Bq/m^3；

x——下风向离源的距离, m；

y——横截风向的距离，m；

Q——释放速率，Bq/s；

σ y——侧向的扩散参数，m；

σ Z——铅直向的扩散参数，m；

u——有效排放高度的风速，m/s。

2）静风条件下污染物的扩散

在静风条件下不利于污染物的扩散，不过该地区静风频率较低，评价计算中使用了有静风影响的长期扩散因子，见公式(6.2)。对于较长距离的迁移，烟羽扩散将受到混合层的抑制，考虑静风及混合层影响的长期扩散因子，其计算公式为式(6.3)。

$$(\frac{X}{Q})_i = \frac{2.032}{x}\sum_{j=1}^{6}\frac{1}{\sigma_{zj}}(\frac{{}_cP_{ij}}{0.5}+\sum_{j=2}^{6}\frac{{}_wP_{ijk}}{U_{jk}}) \quad (6.2)$$

$$(\frac{X}{Q})_i = \frac{8}{\pi x}\sum_{j=1}^{6}\frac{1}{H_{mj}}(\frac{{}_cP_{ij}}{0.5}+\sum_{j=2}^{6}\frac{{}_wP_{ijk}}{U_{jk}}) \quad (x\geqslant 2xL) \quad (6.3)$$

式中：${}_cP_{ij}$—对应静风时的天气频率；

(X／Q)i—为 i 风向的下风向扇形内的长期扩散因子，s/m^3；

${}_wP_{ijk}$—有风的天气频率，即 i 风向、j 稳定度、k 风速组的频率；

H_{mj} —j 稳定度所对应的混合层高度；

U*jk*—j 稳定度、k 风速组下的平均风速；

σ *zj* —为垂直方向扩散参数，m；

x—为下风向离源的距离，m；

xL——为对应σz＝Hm j /2.15 的下风向距离，m；

3）氡及其子体吸入内照射有效剂量估算

采用氡子体的吸入剂量转换因子，并由空气中氡浓度及其子体的平衡比直接计算氡子体的吸入有效剂量。计算式如下：

$$E_{Rn}=f\times C_{Rn}\times g \quad (6.4)$$

式中：E_{Rn}——吸入氡及其子体所致个人有效剂量，mSv/a；

f——一年中受照时间，8.76×10^3h/a；

C_{Rn}—地面空气氡浓度，Bq/m^3；

g—氡子体吸入剂量转换因子，2.44×10^{-6} mSv/(h.Bq/m^3)，平衡因子 0.4。

4）集体有效剂量

评价范围内的集体有效剂量由下式计算：

$$D_h = \sum_p \sum_a D_{hp}^a \cdot p_p^a \tag{6.5}$$

式中：D_h——为因吸入氡子体的集体有效剂量，人·Sv/a；

D_{hp}^a——为 P 子区内 a 年龄组吸入氡及其子体的平均个人有效剂量，Sv/a；

p_p^a——为 P 子区内 a 年龄组的人口总数，人。

6.1.2 周围居民辐射环境影响预测分析与评价

6.1.2.1 巴润和巴彦乌拉源项合并对周围居民辐射环境影响预测分析与评价

评价半径 20km 范围的集体有效剂量为 1.08×10^{-4} 人.Sv/a；正常试验期间气载途径所致最大地面氡浓度增量仅为 0.383Bq/m^3，出现在集液池中心 ESE 方位 0～1km 子区；考虑到有人子区，最大个人有效剂量为 3.5μSv/a ，出现在集液池中心 ENE 方位 0～1km 子区，远小于个人有效剂量管理限值 0.1mSv/a。在 SWS 方位 5～10km 子区，个人有效剂量分别为 1.63μSv/a，巴润源项单独在此子区内所致个人有效剂量为 1.59μSv/a，占总量的 97.5%。巴润源项单独在评价 20km 范围内的集体有效剂量为 3.91×10^{-5}Sv/a，占总量的 36.2%。

6.1.2.2 巴润试验的辐射环境影响预测分析与评价

1）巴润对周围居民的辐射环境影响预测分析与评价

，巴润试验点 5km 内居民中个人有效剂量最大为 NE 方位 0~1 子区，为 1.59μSv/a ，远小于个人有效剂量管理限值 0.2mSv/a。

2）巴润牧羊人辐射环境影响分析

考虑到牧羊人的流动性，假设牧羊人每天在井场附近停留 2h、每年 180 天。井场附近的氡浓度借用 737 地浸工程，取其平均值 89Bq/m3。由式（6.4）可知，其所受有效剂量为 0.08mSv/a，小于剂量限值 0.1mSv/a。

6.2 职业照射辐射环境影响分析与评价

职业照射剂量由下式确定：

$$E = E_{Rn} + H \tag{6.6}$$

$$H = 0.7D \cdot f \tag{6.7}$$

式中：E——职业照射剂量；

E_{Rn}——吸入氡及其子体所致个人有效剂量，其计算见式（6.5）；

H——γ外照射所致个人有效剂量；

D——环境γ辐射剂量率，Gy/h；

f ——一年中受照时间，2000h/a；

0.7——空气吸收剂量率换算为有效剂量的换算因子，Sv/Gy。

职业照射所致个人有效剂量不超过 1.93 mSv/a，其中吸入氡及其子体所致个人有效剂量和γ外照射所致个人有效剂量分别不超过 1.59 mSv/a 和 0.34mSv/a，未超过职业照射剂量管理限值。

6.3 蒸发池的环境影响分析

蒸发池中的废水主要由抽大于注产生的多余吸附尾液组成，该试验项目试验期为 5 年。由“5.4.2 节”可知，5 年试验期间排入蒸发池的天然铀总量不到 16.94kg。

为了减少降雨、降雪对蒸发池的侵占，在蒸发池周围堆砌土质围堰，一方面用作被挖土的堆积场地，另一方面起到排洪功能，防止雨（雪）水流入蒸发池。因风沙大，刮风时间长，蒸发池迎风面被挖土用作挡沙墙。为了防止废水渗透而污染地下水，蒸发池池底、池壁做防渗漏处理，并安装渗漏检测装置以便及时发现渗漏。这些措施有力地消除了蒸发池对地下水环境的不良影响。在蒸发池改造、扩建和停止使用时不允许蒸发池有水（池中无水时应对池底残渣采取防尘措施），且蒸发池停用后进行覆盖治理，因此，对地下水的影响可忽略不计。

蒸发池中的废渣、底泥表面会有氡析出，据表 5.3 中的预测结果，蒸发池表面在试验生产期及试验终产修复期将释放氡量各为 4.85×10^{7} Bq/a，蒸发池作为气态源项而对大气环境的影响相对较小，其辐射环境影响已与抽液井进行了叠加。

蒸发池中的固体废物主要为蒸发池废水中沉淀下的废渣。根据“5.4.3 节”可知，本工程产生的废渣量总量为 21.35t。蒸发池停用后将进行退役治理，故废渣对环境的影响可得到有效控制。综上所述，蒸发池对环境的影响甚小。

7 地下水环境影响分析与评价

7.1 地下水污染预测模型与软件

7.1.1 模型与软件选择

该报告采用多组分反应迁移模型，所选软件采用美国地质调查局开发的PHREEQC 多组分反应迁移模拟软件。

7.1.2 数学模型

采用一维对流-弥散反应迁移模型，其数学表达式为：

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 C}{\partial \chi^2} - \bar{u}\frac{\partial C}{\partial \chi} - \frac{\rho_b}{\theta}\frac{\partial S}{\partial t}, \quad (7.1)$$

$$D_L = \bar{u}\alpha_L + D^0{}_T, \quad (7.2)$$

式中，C——流体中组分浓度（M/L3）；

S——固体介质中组分含量（M/M）；

t——时间（T）；

x——距离（L）；

ρ b——为含水层的堆积密度（M/L3）

θ ——有效孔隙度（%）；

u——地下水达西速度（L/T）；

DL——纵向水力弥散系数（L2/T）；

α L——纵向弥散度（L）。

D°——分别表示分子扩散系数（L2/T）

τ ——曲率（无量纲）。

采用化学模块分别对每个单元的反应相 ρ b/ θ (∂S/∂t)进行求解，该模块中根据质量-平衡和质量-反应公式计算固体介质（包括矿物表面）与水相溶液间的化学组分形成和配分。

在 PHREEQC 中，采用拆分算符求解连续级的对流、弥散迁移。在每一个时间步，首先采用上游有限差分计算对流迁移，紧接着计算化学反应。采用中心差分计算弥散迁移，然后再计算化学反应。

7.2 试验期间地下水环境影响预测与评价

7.2.1 概念模型

试验区所在含矿含水层底部为泥岩、粉砂质泥岩、碳质泥岩(夹薄褐煤层)隔水层，且钻孔底部为防渗水泥封隔；含矿含水层顶部为泥岩、含砂砾泥岩及泥质粉砂岩组成的隔水层，且钻孔底部为防渗水泥封隔，不会发生垂直越流。故地下水的影响仅考虑含矿含水层中浸出液的水平流散。假定模拟区为均质、各向同性的介质，模拟时间设为 6 年，且按事故停产期时的地下水正常流速条件进行预测。模拟距离取100m，将其划分为 100 个单元，每个单元长度为 1m。纵向弥散度为 1m。正常试验过程中由于抽大于注形成了向采场中心的降落漏斗，地下浸出液一般不会向采场外流散，但由于地质条件的复杂性可能存在浸出液流散至采场外。由于采用抽大于注，人为形成了从采场边缘向中心的水力坡度，即向采场中心的降落漏斗，流散速率不大于地下水的达西流速。根据抽水试验可知，该含矿含水层渗透系数最大为 7.2m/d，水力坡度 0.2%，则达西流速为 5.26m/a。分子扩散系数为零。模型考虑 H、Ca、Mg、Na、K、Cl、SO42-、HCO3-、H2S、Fe、U 等 11 种水相组分，对酸法地浸同时考虑 Pb、Zn、Mn；高岭石、方解石、石膏、黄铁矿与沥青铀矿 5 种矿物。模拟区的两端采用 Cauchy 通量边界条件。

7.2.2 模拟结果

6 年后, U、Mn 峰值浓度向下迁移了 15m,在距离采场下游边界约 60m 接近背景水平。Pb 峰值浓度向下迁移了 15m，在距离采场下游边界约 50m 接近背景水平。Zn、pH、SO_4^{2-}峰值浓度向下迁移了 15m，在距离采场下游边界约 70m 接近背景水平。

7.3 试验结束后地下水环境影响预测与评价

试验结束后，无论试验成功与否，均需进行地下水修复。使地下水修复到可接受的水平，因而其对地下水的影响可忽略不计。

8 事故影响分析与环境风险评价

8.1 事故风险识别

该试验项目气态流出物只有 222Rn，主要来自于地浸采铀过程中抽出液溶解的222Rn。当发生任何事故导致生产停顿时，222Rn 的排放也随即停止，由于该项目不可能发生自然“井喷”的现象，加之工程所在处地广人稀。因此，在事故情况下，本项目可以不考虑气态流出物的影响。

当生产失控、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）意外的非计划性停止生产；

2）非控制性的抽注失衡；

3）事故冒槽、地面管道断裂造成溶浸液、浸出液等各类有害液体泄漏；

4）浸出液处理厂房的跑、冒、滴、漏；

5）蒸发池的渗漏，造成池内液体流散；

6）饱和树脂运输事故；

7）钻孔密封不良。

8.2 事故预测分析与环境风险评价

8.2.1 事故性的停止生产

由于意外的非计划性的停止生产事故，将造成含矿含水层内的放射性物质向溶浸范围之外流散。然而，如“7.2.1 概念模型”中所述，本工程采用抽大于注，人为形成了从采场边缘向中心的水力坡度，即向采场中心的降落漏斗，流散速率不大于地下水的达西流速，偏安全考虑，浸出液流散速率取地下水达西流速，且按 1 年 365 天时间计算，即包括有计划安排的停产期。因此，正常生产试验期间的地下水影响已考虑了正常性停产对含矿含水层的地下水影响。且停产过程中，由于停产前形成的降落漏斗作用，停产过程中的采场内的浸出液首先必须恢复降落漏斗，然后才以地下水达西流速向下游迁移，也就是说，停产期间内的污染羽水动力迁移速度小于地下水达西流速，其对地下水的影响小于正常性停产的影响。如上所述，有计划安排的停产对含矿含水层的地下水影响，

已作为生产试验期的正常排放进行了评价，因而事故停产不再作影响分析。

8.2.2 非控制性的抽注失衡

正常生产试验时，一般采用抽出量略大于注入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，短暂的抽注失衡是存在的。本工程抽注井口安装了流量计，值班人员一旦发现失控，立即调整，非控制性抽注失衡不会超过半小时，其影响小于正常生产的影响，因此非控制性抽注失衡对环境的影响是很小的。

8.2.3 事故性的跑、冒、滴、漏

浸出液处理厂可能发生的事故为出现冒槽或管道的跑、冒、滴、漏等，因为在设计上考虑了各类冒槽浸出液和管道的跑、冒、滴、漏等情况。漏失的液体在厂房内集中收集后，排入尾液蒸发池，因此事故性的冒槽或跑、冒、滴、漏情况下，浸出液向环境的排放较小。

8.2.4 管道断裂

项目所在地每年有 6 个月左右的冰冻期，最大冻土深度为 2.6m，冰冻可能造成井场管道破裂和“跑液”事故。由于含矿含水层距地表深度 100m 左右，抽出液水温 9℃，根据我国新疆地区 737 工程多年的生产实践和原苏联的生产经验均已表明，冰冻期也能正常开展生产试验，采取防冻保暖措施后，可避免冰冻造成管道破裂事故。

井下管道安装在钻孔中，孔内安装用的管材用 PE 管，孔壁与管壁之间用水泥沙浆充填，钻孔特定的设计结构使钻孔内的管道不存在被破坏的可能。

各管道均采用具有抗震、抗压的 PVC 管或加强 PVC 管，不会因受压而断裂。

试验过程每天 24 小时均安排人员值班巡视，一旦管道异常，采取检测、停泵、修补与更换等措施。项目试验时，均定期更换管道，各类管道一旦断裂即可以立即停泵，最大流失量较少，故不再做相应的影响分析。

8.2.5 蒸发池的破裂

蒸发池底部设计考虑了防渗的底部结构，底部结构为先夯实原土层，再铺一层夯实粘土层 60cm，然后铺设两布一膜作为防渗衬里，最后铺一层压实粘土防渗层 30cm 厚，

并在渗透层中安装渗漏检测装置以便及时发现渗漏，一旦出现渗漏将采取修补措施。

正常情况下底部不会出现渗漏，虽然地震可引起蒸发池底裂缝，造成对浅层地下水的影响，但试验区所处范围地震震级小，且设计和施工均采取防震措施、多层防渗层和多种防渗措施。因此，本试验项目在事故工况下，蒸发池泄漏对环境的影响都是比较小的。

8.2.6 饱和树脂运输事故

由于巴润采用卫星厂的模式进行运作，饱和树脂吸附完成后由槽车运至总厂进行淋洗、转型处理。饱和树脂的铀含量为 15mg/ml 湿树脂。运输距离为 10 公里左右，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。首先饱和树脂采用密闭的槽车运输，出现泄漏的可能性较小，此外若意外发生泄漏，可将泄漏的饱和树脂及泥土统一收集后，运至总厂处理，对环境不会造成影响。

8.2.7 钻孔密封不良

由于地浸钻孔施工过程中采取了严格的质量保证，确保钻孔的质量且每个钻孔的运行时间大于 6 年，故一般情况下不存在钻孔密封不良造成溶浸剂或浸出液泄漏而污染上、下含水层的事故发生。然而，尽管如此，也有可能因人为失误引起的施工质量不良造成钻孔密封不严密，使得溶液泄漏污染上、下含水层。在采取 8.3 节描述的相应的事故应急措施后，其对环境的影响可得到及时控制。

8.3 事故应急措施

8.3.1 对非控制性的抽注失衡和钻孔密封不良的防范措施

1）压力预警

当发现一个注液孔的注液量出现增加，并且注液的压力明显降低时，通过连锁控制装置立即停止该孔的注液，进行检查。在正常生产期间采用连续记录单孔的注液量及注液压力。因此通过压力监测资料，会很快发现出现异常的钻孔；

2）水位预警

水位预警采用连续监测纪录和报警。当一个生产的注液孔注液压力较小或无压下注

时，或如出现注液量增加，而水位降低或不变时，就要考虑该注液孔是否出现异常，停止该孔的生产；

观测上部含水层监测孔的水位变化，如果出现明显变化时，就要检查各孔的注液情况。

3）检测措施

对于出现异常的钻孔，就要马上安排测井车对该孔进行电流测井，来确定钻孔井管是否出现破裂及破裂的位置。

每年定期对所有钻孔进行一次检测，来确定每一个钻孔的质量状况。

8.3.2 管道断裂预警

每个钻孔均装有在线流量计，随时记录着各钻孔的流量。当发现流量急剧变化或浸出液的浓度明显下降时，即时分析和查找原因，是否存在管道断裂及蓄水池破裂事故发生。每天 24 小时安排专人进行巡视检查，及早发现事故隐患。

8.3.3 应急补救措施

当出现管道、井管和蒸发池等破裂事故时，立刻采取停产、事故故障排查、检修、堵漏、修补、更换等事故应急补救措施，并通过各种物理手段与仪器检测应急补救效果直至满足规定要求。当出现泄漏时，输液管道采用焊接与更换措施；井管采用再次注浆堵漏或水泥浆密封整个钻孔；蓄水池再涂上 1 层防腐环氧树脂。

建设单位要针对可能发生的事故，制定应急预案，建立有关应急指挥部门。一旦发生事故时，应根据事故启动应急预案，应急指挥部成员立即到位，负责应急救援工作的组织和指挥，迅速控制事态，及时向当地政府和有关部门汇报，进行应急环境监测和事故处理。

9 非放射性污染影响分析

9.1 评价等级和评价范围

9.1.1 评价等级

9.1.1.1 环境空气

根据《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2008），评价工作等级是由最大地面浓度占标率 Pi 及第 i 个污染物的地面浓度达标准限制 10%时所对应的最远距离 D10%确定的。其中：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{0i}} \times 100\%$$

其中：p_i——第 i 个污染物的最大地面浓度占标率，%；

C_i——采用高斯估算模式计算出的第 i 个污染物的最大地面浓度 mg/m^3；

C_{0i}——第 i 类污染物环境空气质量标准，mg/m^3，SO_2 取小时平均浓度，为 0.5mg/m^3；而烟尘（PM_{10}）因无小时平均浓度限值，则取日均浓度的 3 倍值，为 0.45mg/m^3。根据工程分析，本次评价的源强参数如表 9.1。

表 9.1 废气污染源强参数

污染源	排放形式	烟囱底部海拔（m）	烟囱高度(m)	烟囱出口内径(m)	烟气出口温度(℃)	烟气出口速度(m/s)	污染物源强			
							烟尘（PM_{10}）(mg/s)	SO_2 (mg/s)	NOx (mg/s)	Hg (mg/s)
锅炉烟气	点源	1147.5	20	0.262	95	0.012	0.51.	1.17	0.65	0.00007

采用 SCREEN3 单源高斯烟羽模式进行估算，烟尘、SO_2、NOx、Hg 的最大地面浓度占标率 p_i 最大为 0.161%，小于 10%，因此评价等级确定为三级，可以不进行大气环境影响预测工作。

9.1.1.2 声环境

声环境执行 2 类标准，根据声环境影响评价技术导则，该项目建成前后噪声级增加很小且受影响人口变化不大，因此声环境评价等级为三级。

9.1.1.3 水环境

本项目非放废水主要是生活污水，排放量为 4t/d，生活污水经化粪池处理后作为绿

化滴灌用水，不外排。因此仅对排水进行达标分析。

9.1.2 评价范围

1）大气：以厂址为中心，南北长 5km，东西长 5km，共 25km2。

2）声：厂界。

9.2 大气环境影响分析

根据《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2008），本项目评价工作等级为三级，仅作环境影响分析。

由上述估算模式计算结果可以看出：烟尘（PM10）、SO2、NOx、Hg 最大地面落地浓度均未超过《环境空气质量标准》中二级标准限制要求，对环境影响较小。

9.3 水环境影响分析

本项目非放射性废水主要为生活污水，产生量为 4t/d，主要污染物为悬浮颗粒物及有机物，其中：COD400mg/l、BOD5 200mg/l、SS 220mg/l、氨氮 30mg/l。生活污水经化粪池处理后作为绿化浇灌用水，不外排，不会对周围环境造成影响。

9.4 噪声环境影响分析

9.4.1 建设项目噪声源分析

本工程主要噪声设备有各种风机、水泵等。主要噪声设备声级值一般在 75～80dB（A）。噪声对周围环境的影响主要通过三种途径来完成：空气（通过建筑物的孔洞、缝隙传播，如敞开的门窗等）；透射（声波使建筑物的墙、楼板等产生振动后再经墙、楼板辐射）；撞击和机械振动（通过直接撞击建筑物的墙、楼板等产生振动后再辐射）。因此，该项目发出的各种噪声会通过楼板、墙面、门窗、管道等多种途径进行传播，影响周围环境。

9.4.2 噪声环境影响预测模式

1）点声源随传播距离增加引起衰减值公式：

$\triangle L = 10\lg(1/4\pi r^2)$

式中：△L——距离增加产生衰减值，dB(A)；

r——点声源至受声点的距离，m

2）两个声压级相加的通用式：

$$L_{1+2}=10\lg[10^{\frac{L_1}{10}}+10^{\frac{L_2}{10}}]$$

9.4.3 噪声影响预测分析

在不考虑建筑物的隔声，仅考虑距离衰减的情况下，噪声源周围 20m 处噪声可以衰减 37dB(A)；而声源距离矿区边界的最近距离远大于 20m，因此，本项目至厂界处噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准限值要求，即昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)。

9.5 固体废物

本项目产生的非放射性固体废物为锅炉煤渣，废煤灰渣可用于铺路，或集中堆于地表后植被覆盖。不会对周围环境造成影响。

9.6 生态环境影响分析

9.6.1 生态环境现状

9.6.1 1 地形地貌

巴润矿床位于苏尼特左旗境内，地形为西北、东南走向的狭长型，中部巴彦乌拉地区地势地平，海拔 1000m 左右；当地地貌类型简单，可划分为高平原、丘陵、沙地和湖盆低地四大类型，其中高平原和丘陵所占比例分别为 67.8%和 14.0%。

9.6.1.2 土壤

矿床地处中温带半干旱、干旱大陆性气候区，区域内土壤类型主要有栗钙土、综钙土、风沙土、灰色草甸土等，其中，综钙土为区域内主要土壤类型，所占面积比例为 61.9%，各种土壤类型分布地带性分异明显，并与草场植物相吻合。

9.6.1.3 地表植被

地表植被共有草原植被、荒漠植被和低湿植被三大类型，其中，草原植被站植被总面积的 83%，是主要植被类型。矿床所在巴彦乌拉地区属典型草原分布区，代表性植物

群系有小叶锦鸡、克氏针茅、羊草、冷蒿等，巴彦乌拉全区域内共有天然草场面积 431.1 万亩。

区域植物区系中，草本植物约 460 中，占植物总量的 90%左右；灌木近 50 种，约占 10%；乔木仅有一种榆木。

项目评价区域内无珍稀濒危野生植物分布。

9.6.1.4 动物分布

区域内兽类主要有狐狸、旱獭、黄鼠、跳兔、刺猬等；禽类种类繁多，有苍鹭、凤头、鸬鹚、普通燕鸥、鸿雁、凤头麦鸡、灰鹤、石沙燕小鸭等。

项目评价区域内无珍稀濒危野生动物分布。

9.6.1.5 土地利用

评价区域土地利用类型以草场和荒地为主，评价范围内没有基本农田。

9.6.1.6 生态系统评价

评价区域内由于草本和旱生植物在整个植物区系中所起的绝对作用，使得草场生产力水平较低，生态环境较为脆弱。

9.6.2 生态影响分析

9.6.2.1 影响途径

本项目为新建工程，对生态环境的影响主要是由于项目占地及由此引起的地表植被破坏。本项目占地类型主要为草地及荒地。项目新建设施主要为井场、动力辅助区、蒸发池及场外道路等，将永久或临时占用土地，造成局部土地利用格局发生改变、植被破坏及对生态系统完整性的干扰。

9.6.2.2 项目建设对土地利用格局的影响

占用土地是本项目对生态环境影响的主要途径，占地类型以草场地和荒地为主。此外，在项目施工期间，还将占用一定量的临时用地。

项目施工期间，需对地面进行开挖、钻孔、平整等作业，造成建设区域内植被的部分或完全破坏。同时，由于区域内植被覆盖率较低，建设区内存在较大的水土流失风险。施工机械、材料的运输，施工人员的践踏，车辆碾压，废物堆放、掩埋等也会在一定区域内造成地表植被破坏和水土流失。因此，需要做好各个施工阶段的规划，合理安排施

工时间和顺序，在施工的各个阶段做好相应的防护措施，严格管理临时用地，在施工完成时做好生态恢复和环境保护工作，控制水土流失；由于施工范围有限，施工时间较短，在做好各项保护和恢复工作的情况下，可以将项目实施对生态系统的影响降到最低，并得到有效控制。

9.6.2.3 项目建设对动植物的影响

项目所占土地的类型为半干旱、干旱的草原和荒地，草类为区域内主要植被类型，区域内土地较为贫瘠，植被稀疏，植被覆盖率和生物量较低，没有需要重点保护的珍稀植物物种。

项目建设占地、施工期间取土、弃土等均会不同程度的破坏地表植被，使项目区域内的植物资源受到一定程度的不良影响。但是，对项目占地面积和所在区植物种类而言，项目的实施对区域内的地表植被和总体生物量的影响是有限的，可以控制的。项目建成后，在井场空地合理种植本土植物；在井场开采完毕的区域及时进行植被的复种；通过采取以上措施，可以有效的减缓项目实施建设过程对自然系统生物量及生产力的影响。

区内没有大型野生动物，常见的野生动物主要为鸟类、野兔、鼠类和昆虫，没有珍稀濒危野生动物栖息，不涉及对珍稀濒危野生动物的影响问题。

项目开发对于野生动物的影响主要表现为：项目用地占据了野生动物固有的栖息地，缩小了野生动物的生存空间；野生动物可能会受到施工和运营期噪声的惊吓，远离项目所在地周围区域，而去其他地方觅食、繁殖。本项目施工过程、材料运输产生的噪音和人为活动的干扰，也将使分布于生产设施周边、道路两侧的野生动物的生存受到影响，改变其生存地点和范围。但是，项目影响范围相对于区域内可供野生动物的可栖息范围来说，所占比例较小，对于野生动物的栖息和生存影响不大。在项目运行期间，可以通过矿区内植被恢复，提高植被覆盖率，给野生动物提供必要的栖息和生存条件，把项目对野生动物的影响降到最小。

9.6.2.4 项目建设对土壤结构的影响

项目施工期对于土壤结构的影响主要体现在机械的碾压及施工人员的践踏，施工区域内的土壤将被不同程度的压实或开挖；同时表层已经固结成皮土壤层可能由于各种扰动而变成虚土，从而破坏区域内原有的土壤结构，遇风更加容易形成大面积扬尘，造成

地表土壤和土壤养分的流失，不利于植物生长和植被的恢复。因此，在施工期间，要合理规划施工路线，合理安排施工时间，控制施工作业区域，减少施工道路和施工临时占地量，车辆和人员严格按照布置的运输和占地计划开展施工，将项目对土壤的影响降到最低。

9.6.2.5 项目建设对生态系统稳定性和完整性的影响

生态系统的稳定性包括阻抗和恢复，阻抗是生态系统在环境变化或潜在干扰发生时系统反抗或阻止变化的能力，主要通过植被的异质性程度的改变来衡量。恢复是生态系统被改编后返回原来状态的能力，用区域制备生物量的改变来衡量。

异质性是指一个区域里对于一种或者更高级生物组织的存在起决定作用的资源在空间或时间上的变异程度。本项目新增占地量很小；且项目占地主要为新建井场区域，多为施工期临时占地，实际施工结束后相应的生态影响也会结束；另外，根据地浸采铀特点，井场内主要设施为抽、注液孔，其他新建的建构筑物面积很少，对地表植被破坏很小。因此，项目建设不会改变草地和荒地作为区域内主要的生物组织的决定作用，区域异质性程度不会发生明显的改变，对生态系统稳定性的影响很小，在评价区域内是可以接受的。

本项目的建设带来的区域生物量减少很少，项目建成后区域生态系统的生产能力基本不发生变化，生产能力仍处于较高水平，系统受干扰后的恢复能力基本不发生变化，对生态系统稳定性的影响较小。

项目的建设对评价区内的生态系统生产能力、稳定性及土地利用格局会产生一定的影响。但是并没有影响到具有动态控制能力的组分，工程对自然组分的异质性程度影响很小，对区域的稳定性影响不大，对区域生态系统的空间结构及连通性影响很小。项目建设对评价区生态系统完整性的影响是可以接受的。

9.6.2.6 景观影响分析

矿区现状地貌为丘陵地带，植物生长季节主要为草原草甸，景观相对同质，采用钻井开采方式，基建期施工占地和生产期井场等永久占地范围相对较小，对景观的观赏性影响很小。退役治理后，地表建构筑物拆除，可使地貌基本恢复原状。因此，本项目的建设对景观美学的影响可以接受。

9.6.3 生态恢复方案及措施

为了使工程开发导致的生态环境破坏程度得到有效的控制，植被有效的恢复，项目建设期、运营期及退役期应采取相应的生态修复措施，使资源开发与区域生态建设和环境保护协调发展的目的。本项目的生态恢复主要通过退役治理和生态复垦来完成。

9.6.3.1 生态恢复方案

本项目闭井后，需进行生态恢复的重点为井场及蒸发池。生态恢复前先测定氡析出率，对不满足管理限值要求的区域，在覆土实验的基础上进行表土清挖；清挖后，对区域进行覆土和植被复种，使氡析出率达到管理限值要求。覆土植被应当选择当地的优势植物进行栽种，防止水土流失，改善生态环境。

9.6.3.2 其它生态措施

1）对于项目使用中的大型机械，安装必要的减震降噪设施，减小噪声的源强。运输车辆选择合理的运输路线及运输时段，减少对居民生活及动物活动的影响。

2）施工期加强施工管理，对各种施工活动严格控制在施工区域内，尽可能地不破坏原有的地表植被和土壤，并将临时占地面积控制在最低限度。对施工人员进行生态保护意识教育，严禁对周围植被进行随意破坏。

3）资源枯竭井场关停后及时进行退役治理和生态复垦，恢复项目区内的植被和生态环境。

9.6.3.3 生态恢复机构

为了保证各项生态措施的落实，保证各项土地补偿和生态恢复资金及时落实，对各项保障措施的实施及环节进行管理和监督。建设单位还需要建立专门的机构，落实生态恢复实施计划。

9.7 施工期间环境影响分析

9.7.1 施工期大气环境影响分析

9.7.1.1 施工期大气污染物的排放

施工期废气污染源主要包括：

在拟建井场区进行钻井作业使用的钻井柴油机运行时产生的烟气；此外，其他工程

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

井场、蒸发池和生活区的施工建设过程中，将移除地表植被并开挖地表土壤，对区域内土壤进行扰动，导致施工区及周边扬尘增加。此外，建材、渣土在运输过程中也会产生扬尘。

9.7.1.2 大气污染物治理

(1)钻井柴油机及其他机械烟气

为减少由于燃油机械运行产生的烟气，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场的发生，以减少烟气的产生。同时，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。

(2)施工期扬尘

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；运输过程中对车辆进行密闭，减少施工车辆飘洒扬尘对周围环境空气质量的影响；施工车辆运行过程中，保持合理车速，减少道路扬尘。

在采取以上措施后，可以有效地降低大气污染物的排放量。由于施工所在区域，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，施工期产生的燃料燃烧烟气和扬尘不会对周边环境产生明显的影响。

9.7.2 施工期地表水影响分析

9.7.2.1 施工期废水的产生

施工期废水主要包括生产废水和生活废水两个部分。

(1)生产废水

施工期生产废水主要包括钻井废水、设备清洗及水泥养护排水。其中，钻井废水包括机械冷却、冲洗水，钻井废液以及其他钻井废水。施工期各类废水产生情况见表 9.2。

(2)生活废水

施工期生活废水主要来自于施工工作人员产生的生活杂用水及盥洗用水。废水中主要污染物为 COD、BOD 和氨氮，其含量分别为 250mg/L、150mg/L 和 30mg/L。

表 9.2　施工期废水产生情况

废水名称		废水来源	主要污染物
钻井废水	机械冷却排水	柴油机冷却、水刹车排水	悬浮物、COD
	冲洗废水	钻台和钻具等冲洗	泥沙、悬浮物
	钻井液废水	废钻井液、钻井液流失和渗漏	COD
	其他钻井废水	固井作业废水、井口返排水	泥沙、悬浮物
设备清洗和水泥养护排水		车辆设备冲洗、水泥喷洒和养护	泥沙

9.7.2.2 施工期废水的处置

施工期间，施工简易废水收集系统，对施工废水进行处理。根据废水的不同来源和性质，对施工期的生产和生活废水分别进行收集。

(1)生产废水的处理

在施工场地内设置简易的废水收集池，对于含污染物种类较为简单的废水，如设备冲洗、水泥养护排水，在收集沉淀后，重复用于场地喷洒抑尘；设置简易水处理系统，对收集的钻井废水，经混凝沉淀后，上清液继续回用于施工过程。

(2)生活废水的处理

生活废水由于成分较为简单，污染物含量较低；在统一收集后用于泼洒地面抑尘。

此外，对施工期用水量进行控制，保证正常生产和生活的情况下，从源头控制废水的产生；对于喷洒水尽量用处理后的废水代替新鲜水。经过上述处理后，施工场地的废水基本上不会大量外排，加之施工区域蒸发量很大，施工期的各种废水不会对项目周边的地表水环境产生不良影响。

9.7.3 施工期声环境影响分析

9.7.3.1 施工期噪声的产生

施工期噪声主要来源于钻井机、挖掘机、搅拌机、打桩机以及施工车辆等在运行、作业过程中产生的各种噪声。各设备产生的单台最大噪声值不超过 90dBA。

9.7.3.2 施工噪声的防治

（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，如打桩机、搅拌机、钻井机泵等，采取加装减震设备或隔音罩等方法对噪声进行阻隔；

（3）加强对设备的检查和维护，减少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，经过空气的吸收作用及地面效应引起声能衰减，噪声大大降低。同时，由于施工期时间不长，在施工期结束后，相应的噪声影响就会消失，因此，施工期噪声不会对项目所在区域内的居民产生明显的影响。

9.7.4 施工期固体废物环境影响分析

9.7.4.1 固体废物的产生

施工期固体废物根据来源和性质，分为生产废物和生活垃圾。其中，生产废物主要是钻井泥浆和钻井岩屑；生活垃圾主要来源于施工工作人员的日常生活。

9.7.4.2 固体废物的处置

1）施工过程中产生的钻井泥浆和岩屑，做就近掩埋处理；

2）在施工营地内设置垃圾收集处，对产生的各类生活垃圾按照相关要求进行分类收集后，交由环卫部门统一处理。

10 环境经济损益分析

虽然试验的目的是通过试验，获取该矿床有关的技术经济参数，而非生产赢利，但我们仍可以通过类比我国 737 原地浸出工程和工艺本身的先进性来对本试验项目的环境、经济损益进行分析，为本项目的进一步开展，进而转入工业生产阶段提供可借鉴的依据和经验。

10.1 经济效益分析

巴润铀矿床与巴彦乌拉矿床处于同一矿带，相隔直线距离约 7km，这次试验成功后，可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。通过这次试验可解决该矿体地浸开采技术难题，取得各种工艺参数，将成果迅速扩大应用于工业开采中，有助于建成二连铀矿基地。搞好这次试验可为尽快利用已勘探好的资源打下基础，促进砂岩型铀矿床勘探工作。

原地浸出采铀与常规采矿方法比较，有较好的经济效益，主要表现在以下几个方面。

（1）基建投资省，建设周期短。地浸采铀不需要像常规开采那样花很大的投资建立竖井、平巷、提升、运输、磨矿、废石场、水治厂、尾矿池、通风、排水等设计。它的主要基建工程是井场钻孔，浸出液回收铀工厂，废水处理设施等，建设期只需 1 年左右，基建投资节省约 20％～55%。

（2）生产成本低。由于省去了常规开采技术中井下采矿的生产工序，水治厂省去了破碎、磨矿等工序，且易于实现自动化，从而节省了大量劳动力，如常规开采定员需要 500～600 人的工程，地浸开采却只需要 100 多人，二者比较，地浸采铀劳动生产率可提高 4～5 倍，大大降低了生产成本。

（3）充分回收有用资源。该矿床品位低，据统计，矿体平均品位为***%，无特高品位；含矿层渗透系数好，钻孔涌水量大。含矿层含水层厚（约 60.0m）。这些特点决定了该矿床无法采用常规开采，只能采用地浸方法进行开采。采用地浸开采可将该矿床的资源得到充分回收。

4）巴润铀矿床的地浸开采工程试验采用的是“卫星厂”的生产模式，树脂在巴润水冶厂吸附饱和后，利用专用槽车运至巴彦乌拉中心厂进行淋洗、沉淀和转型处理，极大

减少了设备的重复投资，提高了设备的利用率，强化了分工合作。

综上所述，地浸采铀方法是具有竞争力的一种采铀方法，在近年来国际上采用地浸方法生产铀所占比重也越来越大。

10.2 环境效益分析

地浸采铀从根本上改变了常规铀矿开采的现有工艺条件，没有大量废石和废渣堆积地表污染环境，被称为“无废物的采矿方法”。

（1）无尾矿和废石：地浸采铀不需要将矿石开采至地表，不存在废石剥离，免除了矿石和废石在地表的大量堆积。常规方法采铀，生产的废石量是生产矿石量的 0.7～几倍以上，处理多少矿石就会产生多少尾矿。而地浸采铀产生的残渣主要是钻孔施工过程中产生的钻井泥浆经蒸发变干后而成的固体废物和蒸发池内的底泥残渣，其量远小于常规开采所产生的固体废物。

（2）废水量大量减少：常规开采产生大量废水，包括坑道溢出水、尾矿库渗漏水、废石场淋滤水和工艺废水。地浸采铀不存在坑道溢出水、尾矿库渗漏水和废石场淋滤水，本项目的工艺废水主要来源于抽大于注产生的多余的吸附尾液，这些废水封隔在蒸发池蒸发，不向环境排放。本项目排入蒸发池的废水量为 6.826m3/d。绝大部分的吸附尾液（＞99.7%）循环使用不外排。

（3）排氡量减少：常规开采方法，矿井通风排氡量及废石堆，尾矿库的氡析出量都较高，地浸方法采铀，抽出液夹带的氡气量及蒸发池废渣析出的氡量只相当于前者的十分之几。

（4）不破坏当地的自然景观：地浸采铀地表设施简单，只有抽注钻孔和输液管道，加之废物排放量少，无废石场，尾矿库等占地面积较大的设施，因此对当地的自然景观和生态面貌无大的影响。

（5）职业安全卫生及防护条件好：工人不需要井下作业，地表作业劳动强度不大，而且可用自动控制系统代替人工操作，所以工作场所的工业卫生条件和个体防护条件均可大大改善。

10.3 环保投资分析

本项目环保投资 145 万元，投资额最大的环保项目为地下水监测井，占环保总投资额的近 50%，其次为蒸发池，占环保总投资额的 25%，这两项占到了环保总投资额的75%，体现了本项目环境保护的重点，即重在保护试验区周围的地下水。项目环保投资较合理。

10.4 社会效益分析

在目前我国加速发展核电的大形势下，天然铀的需求将越来越大，而我国天然铀的生产与供应已成为核电发展的瓶颈，多方面开发和充分利用回收已探明的铀资源是我国的战略需要。天然铀另一个重要用途是军事上的需求，是各国重要的战略储备物资，均受到各产铀国政府控制。由于其特殊的功能，国际市场上的供求常常受到政治因素的制约。因此，铀产品的供应必须立足国内。

本项目试验成功转入工业生产后，每年可为国家提供急需的“111”产品，缓解目前由于核发电的日益增长而对核原料的需求增长，满足国防建设的需要，完成中国核工业集团公司“十二·五”规划目标。

另外，项目的建设尤其是转入工业生产后可增加当地村民的就业机会和经济收入，带动当地经济的发展。企业运行期间，所需生产资料、生活资料均就近购买，可带动当地工程施工、建材、化工、交通运输、能源等相关行业的发展。因此，该项目的建设对促进当地经济的发展，增加村民的经济收入具有一定的作用。

11 公众参与

11.1 公众参与的目的、作用

公众参与是项目建设单位与评价单位同建设项目所在地公众之间的一种双向交流，通过对项目周围地区的公众调查，了解公众对项目的态度，通过解决公众关注的焦点问题，可使项目进一步完善、合理，从而使建设项目能够最大限度的减少对当地环境的影响，取得当地民众的更多理解和支持。为此，在本次评价中设置了公众参与内容。

11.2 公众参与的方式

为了了解公众对项目的态度，广泛征求项目影响区内有关单位、公众及其他利益相关方的意见，本项目公众参与工作严格按照《环境影响评价公众参与暂行办法》中相关规定执行，主要通过张贴公告、问卷调查、入户介绍以及口头了解等方式，进行了建设项目环境保护相关信息的公示及收集。

11.3 公众参与的方案及实施

本项目公众参与分为两个部分，主要包括信息公示、公众意见收集和反馈。此外，在第二次环评信息公示期间，环评单位和建设单位还进行了实地走访，对矿区周边居民关心的、与铀矿开采有关的问题和疑问进行了解答。

11.3.1 第一次公众参与

环评单位在承接本项目环评工作后，协调建设单位针对项目的建设内容、建设及环评单位情况及联系方式、环评工作程序及工作内容、征求公众意见的主要事项及公众提出意见的主要方式进行了公告。公告张贴时间为 2014 年 7 月 27 日至 2014 年 8 月 10 日，共 15 天。公示内容见表 11.1，张贴情况见图 11.1。

表 11.1 第一次公示内容

巴润铀矿床地浸试验
环境影响评价第一次公示

一、建设项目名称及概要

项目名称：巴润铀矿床地浸试验

项目概况：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，为原地浸出采铀试验项目。本项目的实施为提高铀矿产资源可持续发展能力、提高资源利用效率和减少环境污染而进行的试验项目。

二、建设单位名称和联系方式

建设单位名称：中核韶关金宏铀业有限责任公司

联系电话：0479-2808980

三、环境影响评价机构名称和联系方式

环评机构名称：核工业北京化工冶金研究院

联系电话：010-51674521，传真：010-51674361

电子邮箱：xu_lechang@tom.com

四、环境影响评价工作程序和主要工作内容

（1）环评工作程序

环评机构接受委托后，进行现场踏勘和资料收集，根据项目实施方案，按照环境保护相关法律、法规、标准和环境影响评价导则要求编制环境影响评价文件，同时开展公众参与，征求公众意见，报告编制完成后报环境保护主管部门审批。

（2）主要工作内容

包括建设项目概况、区域环境概况、工程分析、环境质量现状调查与评价、辐射环境影响预测与评价、职业照射剂量分析与评价、非放环境影响评价、公众参与、监测计划、结论与建议等。

五、征求公众意见的主要事项

本次征求公众意见的主要事项包括公众对项目建设的支持与否、对建设内容和产生的环境影响的了解程度、对工程建设的意见和建议等。

六、公众提出意见的主要方式

公众在有关信息公开后，可以通过电话、传真、电子邮件等方式，向建设单位或其委托的环评机构提交意见。

本公告公示期限为 10 个工作日，欢迎公众积极参与本项目的环境影响评价工作，特此公告。

中核韶关金宏铀业有限责任公司

2014 年 7 月 27

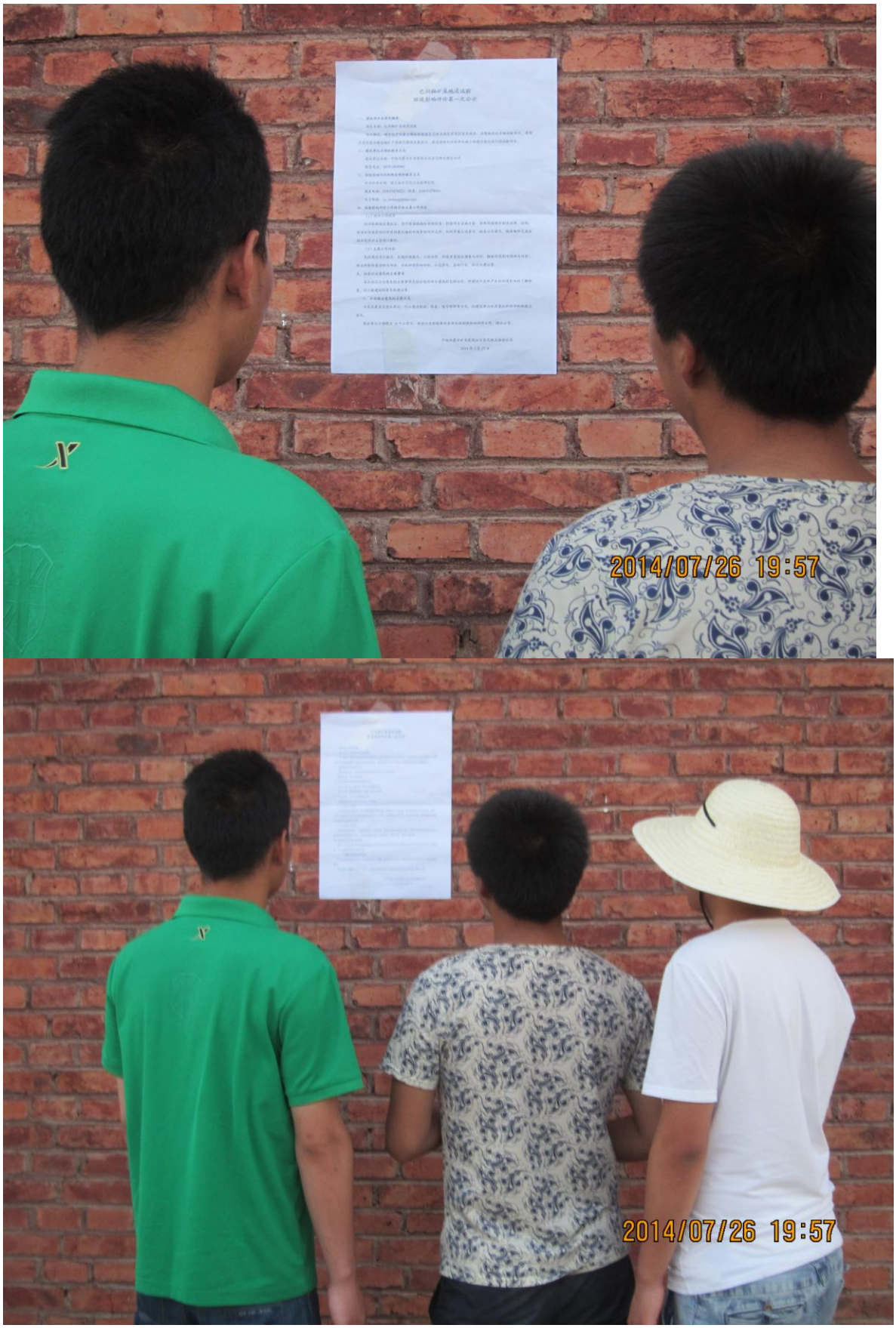


图 11.1　第一次公示

11.3.2 第二次公众参与

第二次公众参与针对当地的经济社会情况及项目特点，采用发放调查问卷的方式进行。在遵守保密条例的前提上，遵循信息公开的原则，向巴润项目周边的居民发放公众参与调查表，使群众在了解本项目主要内容、环境影响、治理措施以及环评结论的基础上，进一步针对本项目的环境保护工作提出意见和建议，以便在试验实施过程中采取相应的措施，满足当地居民对环境保护工作的要求。

11.4 被调查人员统计与分析

11.4.1 调查对象统计

本次问卷调查共发放问卷 29 份，回收 29 份。被调查情况见表 11.2。

表 11.2 公众参与调查对象组成情况一览表

人员构成		人数	比例 %
		29	100
性别	男	17	58.6
	女	12	41.4
民族	蒙	29	100
	回	0	0
	汉	0	0
年龄组成	18 岁以下	1	3.4
	18-36	12	41.4
	37-50	6	20.7
	50 岁以上	10	34.5
文化程度	小学	8	27.6
	初中	13	44.8
	高中（中专）	7	24.1
	大学	1	3.4
	硕士以上	0	0
职业	牧民	23	79.3
	工人	3	10.3
	干部 职员）	2	6.9
	学生	1	3.4
	科技人员（教师）	0	0

公众参与被调查人群代表性分析：

1）从性别上来看，男性 17 人，女性 12 人。由于项目所在地区周围主要为村镇，对项目关心程度上来讲，男性要高于女性，且在家庭中男性基本可以代表全家的意见，故从性别上来讲，男性比例大于女性比例是可以理解的，从性别上来看，被调查人群具有代表性。

2）从年龄组成上来看，18~36 岁 12 人(41.4%)，37~50 岁 6 人(20.7%)，50 岁以上 10 人(34.5%)，年龄组成比例较好，分别包括了青年、中年及老年等各个阶段的人群，这些人对项目有较好的认知能力和理解能力。从年龄组成上来讲，被调查人群具有代表性。

3）从职业上来看，牧民 23 人(79.3%)，工人 3 人(10.3%)，干部 2 人(6.9%)，学生 1 人(3.4%)。牧民是项目建设所在地的常驻居民，是建设项目直接影响的人群的主体，因此参与公众调查以其为主，可以很好的反映项目产生的环境问题对其的影响。

4)从文化程度上来看,高中(中专)7 人(24.1%),初中 13 人(44.8%),小学 8 人(27.6%)。由于本项目影响对象主要集中在乡镇，被调查者以牧民为主，受教育程度高低有别，本项目公众参与调查表简单、易懂，公众参与过程中对本项目又进行了详细的介绍，力争弥补当地农民和工人因教育程度低而造成的参与障碍。因此，从文化程度上来讲，被调查人群具有代表性。

综上所述，本项目的公众参与调查表从性别、年龄组成、职业及文化程度几个方面来讲具有一定的代表性，因此整个公众参与调查表的结果具有可信性，基本可以反映公众对本项目的态度。

11.4.2 调查统计结果

调查人员对项目建设的态度详见表 11.3。

表 11.3 调查统计结果一览表

序号	问题	统计结果
1	您在接受本调查前是否知道该项	（6.9%）是　（93.1%）否
2	您在接受本调查前是否知道放射性相关知识?	（41.4%）是　（58.6%）否
3	您对项目地区目前的环境质量现状是否满意?	（0%）很满意　　（51.7%）满意 （48.3%）不满意　（0%）不确定
4	您认为当地目前环境的主要问题是	（44.8%）空气　（27.6%）水体 （0%）噪声　（27.6%）生态

5	您认为该建设项目的主要环境问题是什么？	（51.7%）废气　（20.7%）废水 （3.4%）固体废物　（0%）噪声　（24.2%）生态
6	您认为该建设项目对当地环境影响如何？	（20.7%）无影响　（27.6%）基本无影响 （51.7%）影响不大　（0%）影响较大
7	您认为本项目的废气治理措施是否可行？	（34.5%）可行　（65.5%）基本可行　（0%）不可行
8	您认为本项目的废水治理措施是否可行？	（34.5%）可行　（65.5%）基本可行　（0%）不可行
9	您认为本项目的固体废物治理措施是否可行？	（34.5%）可行　（65.5%）基本可行　（0%）不可行
10	您对本项目的噪声治理措施是否可行？	（28.5%）可行　（71.5%）基本可行　（0%）不可行
11	您认为已制定的环境影响减缓措施是否满意？	（0%）很满意　（37.9%）满意 （62.1%）基本满意　（0%）不满意
12	您认为该项目对居民生活的影响？	（27.6%）无影响　（44.8%）基本无影响 （27.6%）影响不大　（0%）影响较大
13	您是否赞成该项目的建设？	（82.8%）赞成　（0%）不赞成　（17.2%）不关心

1）调查问题 1：您在接受本调查前是否知道该项目？

93.1%的被调查者表示在接受本调查前不知道该项目，6.9%的被调查者表示知道该项目。由于本项目为新建试验项目，在本次调查前未开展相关现场工作，因此，当地群众对该项目的了解不够，表明了本项目公众调查工作的必要性和代表性。

2）调查问题 2：您在接受本调查前是否知道放射性相关知识？

41.4%的被调查者表示在接受本调查前知道放射性相关知识，58.6%的被调查者不了解放射性相关知识。这与当地群众的知识背景相关，通过环评单位与项目建设单位的讲解，当地群众的放射性知识得到了一定程度的普及。

3）调查问题 3：您对项目所在地区目前的环境质量现状是否满意？

51.7%的被调查者表示对项目所在地的环境质量满意，43.3%的被调查者表示不满意当地环境质量现状。主要是由于当地干旱少雨，生态环境相对较差，人畜饮水困难。

4）调查问题 4：您认为目前当地环境主要问题是什么？

44.8%的被调查者认为当地环境主要问题是空气，27.6%的被调查者表示主要环境问题是水体，27.6%被调查者认为主要环境问题是生态。

5）调查问题 5:您认为该建设项目的主要环境问题是什么？

51.7%的被调查者认为该建设项目的主要环境问题是废气，20.7%的被调查者认为该项目的主要环境问题是废水，3.4%的被调查者认为该项目主要环境问题是固体废物，24.2%的被调查者认为主要问题是生态。

6）调查问题 6：您认为该建设项目对当地环境影响如何？

20.7%的被调查者认为建设项目对当地环境无影响，27.6%的被调查者认为基本无影响，51.7%的被调查者认为影响不大。

（7）调查问题 7~11：您认为本项目的废气、废水、固体废物、噪声治理措施是否可行？您认为已制定的环境影响减缓措施是否满意？

全部受调查的公众均认为项目采取的废气、废水、固体废物、噪声治理措施可行或基本可行，在此基础上，所有的受调查者均对本项目采取的环境影响减缓措施表示满意或基本满意。

8）调查问题 12：您对该项目对居民生活的影响？

27.6%被调查者认为该项目对居民生活无影响，44.8%被调查者认为基本无影响，27.6%被调查者认为影响不大。

9）调查问题 13：您是否赞成该项目建设？

82.8%的被调查者赞成该项目的建设，17.2%的被调查者不关心该项目的建设。

除此之外，公众还建议项目完成后恢复草场。

11.4.3 调查结论

通过本次公众参与调查与分析表明：绝大多数公众认为该项目的建设对当地居民生活的影响较小。对于环境问题，当地群众对空气、水体及生态环境比较关注，这与当地干旱缺水、风沙大、生态脆弱相关。群众对该项目采取的环保措施及环境影响减缓措施基本上也表示肯定。对本项目的建设持肯定态度。在项目建设和运行过程中，只要遵守国家环保相关政策，落实“三同时”制度，保证各项环保措施的严格执行，加强环境保护，可有效减少污染物的排放，把对环境的影响减小到最低。

12 环境监测和环境管理计划

12.1 监测

12.1.1 监测目的

判断和估计工作场所、流出物和环境中辐射、放射性物质及非放射性物质的存在水平及它们对人可能造成的危害，确定流出物的释放特点，指出辐射防护、“三废”处理及其它环保措施尚存在的问题，及时发现事故和隐患，以便采取有力措施，杜绝事故发生，确保该项目对人和环境的影响控制在有关标准和限值之内，并为工业生产不断的改进提供依据和对策。

12.1.2 监测布点原则

1）监测点根据工作场所、流出物、环境事故进行布置；

2)监测点主要布置在释放污染物的部位或污染物浓度变化较大的部位及公众所受附加剂量较大的村庄。

3）根据地下水的流向确定地下水的监测布点。

12.1.3 监测项目确定原则

1）原则上，GB8979-1996 和 GB3838-2002 所要求的且该项目工艺过程中有较大释放量的污染物均作为非放射性监测项目；

2）选择影响较大的放射性核素作为放射性监测项目；

3）选择易于释放或扩散、分析方法简单、分析成本低的污染物作为重点监测项目，其它作为一般监测项目。

根据本项目的特点，监测项目确定如下：

重点监测项目：液态的 pH、SO42-、U，气态的 222Rn 及其子体。

一般监测项目：Cl-、NO3-、F-、Fe、Cu、Zn、Mn、Hg、Cd、Cr、As、Pb、Ni、Ra、环境贯穿辐射剂量率。

12.1.4 监测频率确定原则

1）重点监测项目的监测频率一般不低于一般监测项目的监测频率；

2）监测频率尽可能反映被监测项目的年变化情况；

3）工作场所和流出物监测频率一般高于环境监测频率。

12.1.5 监测计划

12.1.5.1 工作场所监测

(1)地浸场

^{222}Rn 浓度、氡子体α潜能浓度：根据《铀矿冶辐射环境监测规定》GB23726-2009每月监测不少于2次，并记录从业人员作业时间；

环境贯穿辐射剂量率：每季度监测1次。

(2)金属回收车间

^{222}Rn 浓度、氡子体α潜能浓度：每月监测不少于1次，并记录操作人员作业时间；

环境贯穿辐射剂量率：每季监测1次；

水冶厂房气溶胶监测：监测项目为天然铀和总α。频次为每年一次。

每月测量一次浸出液处理厂房的放射性表面污染水平，以便及时发现污染，采取去污措施，寻找和消除污染的原因。

12.1.5.2 流出物监测

浸出液、吸附尾液、沉淀母液、天然蒸发池：pH、天然铀、SO_4^{2-}等液态重点监测项目每月监测1次；Cl^-、NO_3^-、F^-、Fe、Cu、Zn、Mn、Hg、Cd、Cr、As、Pb、Ni、Ra-226、Po-210、Pb-210每半年监测1次，浸出液加测 ^{222}Rn。

12.1.5.3 蒸发残渣监测

对蒸发池中的残渣进行取样监测。

监测项目和频率：U天然、^{226}Ra、Cd、As、Cr、Mn等，每年监测1次。

12.1.5.4 环境监测

1）大气环境

监测点：井场范围内和周边范围4个监测点。

监测项目和频率：^{222}Rn 浓度及其子体α潜能浓度，每季监测1次，每次连续监测3天。

2）地下水环境

监测布点：在井场范围内含矿含水层上含水层布设 1 个监测点，在试验井场含矿含水层上游布设 1 个监测点，试验井场外沿地下水流向布设 2 个监测点，利用井场外民用饮水井作为一个监测点。

监测项目和频率：pH、天然铀、^{226}Ra 、^{210}Po、^{210}Pb、总 α 、总 β 、SO_4^{2-}、Cl^-、NO_3^-、F^-、Fe、Cu、Zn、Mn、Hg、Cd、Cr、As、Pb、Ni 每半年监测 1 次。

3）土壤

监测点：井场范围内 4 个监测点。

监测项目和频率：天然铀、^{226}Ra、$U_{天然}$、Cd、As、Cr、Mn 和 ^{222}Rn 析出率等，每年监测 1 次。

4）牧草

监测点：井场范围内 2 个监测点。

监测项目和频率：天然铀、Ra-226，每年植物生长期监测 1 次。

12.1.5.4 个人剂量监测

所有从事或接触放射性的工作人员必须按照中核集团地矿事业部的有关规定配戴个人剂量计，进行个人剂量监测，监测周期为 1 年 4 次，每次连续 3 个月。

12.1.6 采样及测量方法

1）采样

采用现行的标准技术方法采样。

空气、水体、底泥、土壤、生物等的采样方法详见《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB23726-2009）中有关内容。

2）测量方法与仪器设备

采用国家、核工业规定的监测分析方法。

辐射测量分析仪器设备采用国家、核工业推荐的专用仪器设备，其探测下限应符合规定的要求。

测量分析仪器设备在使用前进行严格调试和校准，确保测量结果的可靠性。

12.2 质量保证

12.2.1 监测的质量保证

分析测试方法采用国家或行业颁布的标准方法和最新版本的监测分析方法，并对分析测试仪器进行定期调整和检定，以确保分析结果的准确性和精密性。

监测样品在布点、采样、包装、保存和运输等各个环节必须遵守有关规定，以保证样品具有的代表性、完整性和可比性。

对试验室分析质量控制及其他仪器监测质量控制采取内部与外部控制相结合。内部控制主要通过对比试验、空白试验、校正曲线及平行样分析等来完成。外部控制通过与监测中心、科研院所检测中心或计量站之间的比对与检定来完成。

试验数据与原始记录不仅应如实可靠，同时应做到记录的格式、内容和术语的统一规范。监测数据及原始记录通过审查后均应归档保存。

所有从事监测的技术人员及分析测试人员应进行学习培训，取得合格后才能上岗。

12.2.2 设计、施工和竣工验收的质量保证

1）试验项目由有资质的设计单位承担，设计单位严格按照铀矿冶工程的设计规范和标准进行设计，并严格贯彻执行全面质量管理体系。

2）试验工程的施工由具有相应施工资质、有一定施工技术和经验的施工队伍严格按照施工规范进行，并接受主管部门、监理部门和地方环保部门的检查、监督和管理。

3）试验工程竣工后，严格按验收程序进行验收。

12.2.3 组织管理的质量保证

1）在质量保证活动中，严格的组织管理是一个重要因素。质量保证的组织机构、人员设置及其职责、权力都有明文规定。

2）执行质量保证计划的组织和人员有足够的权力和才能发现和鉴别质量，推荐和提供解决方法，并核查实施情况。

11.2.4 环境影响评价工作的质量保证

1）评价任务由具有评价资质的环评单位承担。

2）辐射环境影响评价模式采用我国的通用模式。模式计算时，模式中的部分参数选用《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的有关参数，并利用源

项参数，结合实际调查的水文、气象及人口资料，计算污染物在周围环境中的浓度分布及居民剂量，对辐射环境质量进行综合分析和评价，保证评价结果的可靠性。

3）环境影响报告书的编制按照国家环保部门和核工业环境评价、辐射环境的有关标准、规定和文件的要求进行，并严格执行三级审核制度，保障报告书编制的质量。

12.3 管理内容

12.3.1 监测计划实施

为保证监测工作正常有序地进行，现场试验队设置专职环保人员负责环境监测计划的组织领导工作，检查上述监测计划的实施；并依托巴彦乌拉环保组具体负责常规监测，该环保组配备了环境贯穿辐射剂量率测量仪、氡及其子体测量仪、放射性表面水平测量仪等常规的监测与分析仪器，总结分析监测数据，发现问题及时向主管领导汇报，并提出解决办法。

对于一些试验区不具备能力分析的项目（如个人剂量、环境水样中的 U、Ra-226 等）委托有资质的单位进行监测。

监测结果每月上报中核集团公司地矿事业部安防处。

12.3.2 废物管理

对地浸试验产生的所有放射性废物(包括污染的设备、设施)按照有关规定组织有关人员进行集中贮存、统一监管，并制定出最终处置方案，确保不发生放射性废物污染事故。

13 后续环保措施建议

13.1 试验成功的环保措施

为了贯彻执行《放射性污染防治法》，使工程试验与正式投产过程中产生的“三废”能进行有效处置，保证铀矿冶生产的可持续发展，对其产生的“三废”应进行妥善处理：

1）在正式投产前的可行性研究阶段及施工阶段，应继续保持该试验点的生产，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）正式投产后，拆除所有不需保留的污染设施及设备器材并去污用于正式生产的设施建设。清除污染土壤及各种固体废物，集中堆放处置。

3）蒸发池可改用于正式生产时的蒸发池，如果因矿床地质而使正式生产场址发生明显变化，或其它技术经济原因而不能继续使用该蒸发池，应对其残渣进行放射性水平调查，根据其比活度进行处置。若比活度超过清洁监控水平，则应按放射废物进行处置；若不超过清洁监控水平，则按一般废物进行处置和生态修复。

4）试验结束后，将纳入退役计划，尽早进行地下水修复，使其达到可接受的水平。

5）若试验成功，将立即转入正常生产，蒸发池改用于正式生产蒸发池，含矿层钻井泥浆和试验时蒸发池内残渣继续堆积在蒸发池内，等待巴润矿床正式退役时将蒸发池内放射性残渣和巴彦乌拉蒸发池内残渣合并统一进行地质处置，蒸发池填埋后植被、绿化。

13.2 试验失败的环保措施

1）在该试验井场浸出结束后，立即进行地下水修复。对采场地表设施和蒸发池及周边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。根据污染情况进行退役治理，并经环保主管部门进行验收。

2）将蒸发池内少量固体放射性废物运至巴彦乌拉蒸发池中集中堆放，等巴彦乌拉矿床退役后统一进行处置。受污染的设备经拆卸后存放于巴彦乌拉废弃设备厂房，废弃设备厂房具有专人值守，执行严格的出入库登记制度。其中部分具有利用价值的设备重新用于巴彦乌拉的工业生产中，部分设备经去污后达到解控指标后作为一般性生产使用，可回收利用的受污的报废的废旧钢铁待积累一定数量后统一送到核工业 710 厂处置。

14 结论和承诺

14.1 结论

14.1.1 概述

巴润、赛汉高毕、齐哈日格图矿床与巴彦乌拉矿床处于同一矿带，相隔距离为 10～200km，可作为巴彦乌拉下一步地浸采铀向西南方向延伸的接续点。巴-赛-齐砂岩型铀矿地浸采铀项目受到集团公司和地矿事业部领导的高度重视和大力支持。根据项目组进度安排，先行进行巴润铀矿床地浸试验环境影响评价。

14.1.2 试验概况

本项目通过试验获取试验段块的地质、水文地质参数，同时，钻取矿芯样品开展室内试验，研究矿石的浸出性能，确定浸出工艺。

在选定的 BZK487-171 钻孔附近，采用“五点型”布设试验钻孔，共设计 6 组“五点型”试验单元，其中：注液钻孔 12 个，抽液钻孔 6 个，单孔抽液量 12 m^3/h，浸出液平均铀浓度 15mg/L， 开展现场抽注浸出和浸出液吸附处理联动试验，初步评价该矿床地浸开采的可行性。

浸出液在巴润进行树脂吸附，铀饱和树脂通过密封的槽车运至巴彦乌拉中心厂进行淋洗、转型，转型后的贫树脂运至巴润再进行饱和吸附。通过本次试验，检验“卫星厂”的运作模式的可行性。

项目总投资 2237 万元，其中环保投资额 145 万元。

14.1.3 工程布局合理性结论

本试验项目地处荒漠草原区，人口稀少，为了减少对生态植被的破坏，合理利用自然地形，工程通过优化设计和合理布局，使占地面积较小。

试验区常年主导风向为西北、西北西、北北西，厂区布局充分考虑了风向对污染物扩散的影响，将水冶厂、职工宿舍和办公区建在试验井场的上风向，选址布局合理。

14.1.4 “三废”治理措施结论

该试验采取如下环境保护措施，确保污染程度和污染范围减少到最小：

（1）水冶厂房通过窗户和门进行自然通风换气，废气排入大气稀释扩散。

（2)钻井施工时修建泥浆池储存钻井泥浆，钻井结束后将放射性泥浆运至蒸发池中，泥浆池统一进行填埋、绿化；修建蒸发池储存试验期间抽大于注的吸附尾液和水冶厂车间的冲洗废水。蒸发池采取必要的防渗措施及设置渗漏监测装置。

（3）浸出工艺吸附尾液循环利用，循环利用率达到 99%以上，水冶工艺废水和其它废水排入蒸发池自然蒸发，不外排废水。

（4）放射性固体废物残渣存放于蒸发池中，终产时将对将蒸发池内残渣和巴彦乌拉蒸发池残渣合并处理，蒸发池进行填埋、植被治理。

（5）对地浸钻孔、溶浸剂配制罐、水冶厂地面、化验室地面等采取跑冒滴漏渗防止措施。

（6）采取溶浸剂范围控制措施包括根据抽液能力调节注孔分布及注液量、抽液量大于注液量约 0.3%，根据抽孔的分析结果、抽注量、注液压力等信息的分析，及时调整抽注钻孔，布设监测井，监控溶浸范围。

（7）布置合理的地下水监测孔并加强监测。

14.1.5 环境现状评价结论

从监测结果可以看出，巴润井场内γ辐射剂量率范围为 87.6～93.1nGy/h，均值为 90.26nGy/h；井场外 500 米处草地γ辐射剂量率为 91.7nGy/h。巴润井场及环境γ辐射剂量率监测结果处于当地天然本底水平。矿区与其周围居民区室外氡浓度及氡气子体α浓度基本处于同一水平，均在国家环保局于 80 年代组织的全国 20 个城市调查的氡浓度为（3.3～40.8）Bq/m^3。含矿含水层中 U、^{226}Ra 活度与本底值相比，处于正常涨落范围内；最近居民点牧民井水中 U、^{226}Ra 处于锡盟地区本底水平范围。拟建井场内测点土壤中 U、^{226}Ra 处于本底范围中较高水平。土壤氡析出率范围为 0.06～0.07Bq/（m^2·s），均值为 0.063Bq/（m^2·s）。

各取样点地下水 pH 值处于 6.5～8.5 之间，偏碱性，符合《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）中规定的Ⅲ类水质要求。非放射性项目溶解性总固体、硫酸盐、氯化物超《地下水质量标准》（GBT 14848-93）Ⅴ类，其中溶解性总固体超Ⅴ类标准下限值约 3 倍，硫酸盐略高于Ⅴ类下限值标准，氯化物略高于Ⅴ类标准下限值。氨氮、亚硝酸盐氮、氟

化物、高锰酸盐指数符合《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）中规定的Ⅳ类水质要求，其它指标未超过地下水Ⅲ类标准。巴润矿床及周围土壤符合《土壤环境质量标准》中规定的Ⅱ类土壤要求。

14.1.6 辐射环境影响预测结论

1）正常生产时的辐射环境影响

^{222}Rn 及其子体是该试验导致公众照射的主要照射途径，巴润和巴彦乌拉合并源项气态污染源累计叠加计算，评价半径 20km 范围的集体有效剂量仅为 1.08×10^{-4} 人.Sv/a。正常生产期间气载途径所致最大地面氡浓度增量仅为 0.383Bq/m^3，出现在集液池中心 ESE 方位 0～1km 子区；考虑到有人子区，最大个人有效剂量为 3.6μSv/a ，出现在集液池中心 ENE 方位 0～1km 子区，远小于个人有效剂量管理限值 0.1mSv/a。在 SWS 方位 5～10km 子区，个人有效剂量分别为 1.63μSv/a，巴润源项（以巴彦乌拉集液池为评价中心）单独在此子区内所致个人有效剂量为 1.59μSv/a，占总量的 97.5%，在评价 20km 范围内的集体有效剂量为 3.91×10^{-5}Sv/a，占总量的 36.2%。

2）事故情况下的辐射环境影响

该项目通过采取措施，事故发生几率较小，每次事故产生的剂量均小于正常工况下的年有效剂量。偏安全考虑，取正常工况下年有效剂量作为事故时的最大有效剂量，即事故工况下工作人员和公众所受的最大有效剂量分别为 1.93mSv/次和 0.0036mSv/次。

3）地下水影响分析

本工程中对区内地下水环境影响较小。考虑到停止试验和开始修复地下水之间这段时间浸出液也会对地下水造成影响，保守起见，将本项目对地下水的影响按 6 年预测，第 6 年天然铀峰值浓度约向下游推移了 60m。试验无论成功与否，均需进行地下水修复，使地下水恢复到可接受水平。

4）工作人员职业照射剂量分析

通过计算分析，本试验职业照射所致个人有效剂量不超过 1.93mSv/a，其中吸入氡及其子体所致个人有效剂量和 γ 外照射所致个人有效剂量分别不超过 0.34mSv/a 和 1.59mSv/a，能确保小于铀矿冶个人剂量约束值 5mSv/a 的要求。

14.1.7 蒸发池的环境影响结论

蒸发池池底、池壁做防渗漏处理，并在渗透层中安装渗漏检测装置以便及时发现渗漏，能够防止废水渗透而污染地下水。蒸发池周围用被挖土堆砌土质围堰，一方面用作被挖土的堆积场地，另一方面起到排洪功能，防止雨（雪）水流入蒸发池。这些措施有力地消除了蒸发池对地下水环境的不良影响。蒸发池作为气态源项而对大气环境的影响相对较小。蒸发池停用后将放射性固体废物和巴彦乌拉废渣合并统一进行处置，蒸发池填埋并植树种草，废渣对环境的影响可得到有效控制。实际情况只有在极端情况下（如地震）蒸发池才会发生破裂，矿区所处范围地震烈度为 6 度，设计和施工均采取防震措施、多层防渗层和多种防渗措施。因此，本试验工程在事故工况下，对环境的影响都是比较小的。综上所述，蒸发池对环境的影响甚小。

14.1.8 工程可行性结论

通过对本试验工程的工艺特点、“三废”排放、所处地的环境现状、辐射环境影响等方面进行较全面的预测、分析和评价，可以得出如下结论：本试验工程在严格按设计方案实施建设、严格遵守“三同时”验收制度、严格执行“三废”治理措施、严格执行《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB23727-2009）的情况下，内蒙古巴润铀矿床地浸采铀试验项目选址是合理的、技术是可行的，符合环境保护的要求。

总之，本试验项目的开展对开发二连盆地铀资源具有重要意义，可带动地方经济的发展，以及对重要军用和核电铀原料的供应将起到一定的保障作用，有利于我国北方铀矿冶大基地的建设。本试验项目对环境产生的影响较小，是可以接受的。

14.2 承诺

（1） 初步确定本项目研究周期为 5 年，具体时间要依据试验前期准备情况及试验进程而定。当转入工业性生产时，必须重新开展环境影响评价工作，并经环保部门审批。

（2）试验场地需要布置施工一些观测井，在地浸试验阶段，对井场范围内不同含水层及井场周围的含矿含水层进行监测观察。通过试验确定观测井的最佳位置和与溶浸范围的最佳距离；进一步完善源项数据，如浸出液中各核素的含量，蒸发池中废渣的有害成份和含量等。

（3）施工过程中，结合钻孔施工进度，进一步开展含矿含水层的背景监测，为地浸

采铀生产过程中的污染控制和地浸采铀终产退役后的地下水修复提供背景数据。

（4）生产期间加强监测与环保措施，严防环境污染事故发生；建立健全辐射防护与环境保护监测和管理队伍，以及相应的规章制度。“三废”处置将严格按国家有关规定，按工程设计及环评报告中提出的具体措施进行处置，并保护管理好地浸试验现场的设备、设施、废弃物、试验产品，保证这些物品不流失，不对周围环境造成污染。另外，冬季气温降至零下 20～30 多度时，要采取防范措施，保证蒸发池不被冻裂。

（5）本试验无论成功与否，在终采后均实施退役与环境治理。