密　　级	——
版　　次	A
本册编号	

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

环境影响报告书

中核韶关金宏铀业有限责任公司

二〇一四年六月

密　　级	——
版　　次	A
本册编号	

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

环境影响报告书

中核韶关金宏铀业有限责任公司



建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：中核第四研究设计工程有限公司
住　　所：河北省石家庄市体育南大街261号
法定代表人：吴忠俭
证书等级：甲级
证书编号：国环评证甲　字第　1208　　号
有效期：至2016年1月16日
评价范围：环境影响报告书范围 — 甲级：核工业***
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***

二〇一二年六月十五日

仅限内蒙古巴彦乌拉铀矿床地浸采铀工程环评使用

项目名称：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

评价机构：中核第四研究设计工程有限公司

法定代表人：吴忠俭

评价文件类型：环境影响报告书（核工业类）

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，　　连国玺　　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：0008328

登记证编号：A10530150400

有效期限：2008 年 11 月 25 日至 2011 年 11 月 24 日

所在单位：中国核电工程有限公司

登记类别：化工石化医药类环境影响评价

中华人民共和国环境保护部

2008 年 11 月 25 日



再 次 登 记 记 录

时间	有效期限	签章
2012.02.02	延至2014 年 11 月 24 日	
	延至　　年　　月　　日	
	延至　　年　　月　　日	
	延至　　年　　月　　日	

变更登记记录

人员调动至中核第四研究设计工程有限公司，登记类别变更为核工业类环境影响评价，登记证编号变更为A1208 0011300。

2012 年 02 月 02 日

变更登记记录

年　　月　　日

变更登记记录

年　　月　　日

变更登记记录

年　　月　　日

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

环境影响报告书

职 责	姓名	登记证编号	签字
公司审核	宋立权	A12080061300	
项目负责人	连国玺	A12080011300	

编写章节或内容	姓名	职称	岗位证号	签字
第 1、3、6、14 章	曹凤波	工程师	A12080111000	
第 2、5、8 章	孙　娟	工程师	A12080011	
第 10、12 章	柏学凯	工程师	A12080023	
第 9、13 章	谢占军	工程师	A12080010	
第 4、11 章	杜　娟	工程师	A12080030400	
第 7 章	张云涛	工程师	A12080006	
校核	何占飞	工程师	A12080009	
审核	连国玺	高　工	A12080011300	
审定	刘向国	研　高	A12080070400	

目 录

1 总论 1

1.1 建设项目基本情况 1

1.2 编制依据 1

1.3 评价标准 2

1.4 评价范围及子区划分 5

1.5 评价内容及重点 5

1.6 环境保护目标 5

2 评价区域环境概况 6

2.1 自然环境 6

2.2 社会环境 18

3 工程分析 21

3.1 项目概况 21

3.2 地质资源和开采方式 22

3.3 项目主要建设内容 23

3.4 工艺流程 24

3.5 辅助生产及仓储设施 27

3.6 公用工程 27

3.7 总平面布置方案 30

3.8 主要污染物及治理措施 31

3.9 采取的其它环保措施 34

4 环境现状调查与评价 37

4.1 调查目的 37

4.2 调查内容 37

4.3 监测质量保证 39

4.4 调查结果与分析 39

5 辐射环境影响预测与评价 41
5.1 污染源项 41
5.2 评价年份 41
5.3 评价中心 41
5.4 照射途径、放射性核素 41
5.5 评价模式 42
5.6 本项目所致公众剂量估算与评价 42
5.7 公众辐射环境影响评价 45
6 地下水环境影响评价 47
6.1 井场溶浸液地下水环境影响评价 47
6.2 蒸发池地下水环境影响分析 61
7 非放射性环境影响分析 62
7.1 施工期环境影响分析 62
7.2 运行期环境影响分析 64
7.3 生态环境影响分析 66
8 事故环境影响分析 68
8.1 事故识别 68
8.2 最大可信事故确定 68
9 工作人员职业照射剂量分析 71
9.1 剂量管理目标值 71
9.2 职业工作人员辐射危害因素分析 71
9.3 职业工作人员年有效剂量估算 71
9.4 辐射防护措施 71
10 环境经济损益分析 73
10.1 环境效益分析 73
10.2 社会效益分析 74
11 公众参与 76
11.1 公众参与的方式 76

11.2 公众参与方案及实施 76
11.3 公众参与结果 84
12 环境管理及监测计划 88
12.1 环境管理 88
12.2 监测计划 90
12.3 监测质量保证 93
13 工程退役治理设想 95
13.1 退役治理目的 95
13.2 设计、生产中有利于将来退役治理的措施 95
13.3 退役治理范围与退役方法 96
13.4 退役治理效果预测 97
14 结论与承诺 98
14.1 结论 98
14.2 承诺 103

1 总论

1.1 建设项目基本情况

1）项目名称：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。

2）建设单位：中核韶关金宏铀业有限责任公司。

3）主管部门：中国核工业集团公司。

4）建设内容：包括井场、水冶厂、辅助生产及仓储设施、公用工程及总图工程。

5）建设性质：本项目为新建项目，属铀矿采冶行业，最终产品为铀化合物。

6）服务年限及工作制度

服务年限：共计 14a，其中建设期 2a，生产期 12a（投产期期 1a，达产期 10a，减产期 1a）。

工作制度：年工作 330d。

7）建设地点：内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗境内。

1.2 编制依据

1）《中华人民共和国环境保护法》1989 年 12 月 26 日；

2）《中华人民共和国放射性污染防治法》2003 年 10 月 1 日；

3）《中华人民共和国环境影响评价法》2003 年 9 月 1 日；

4）《建设项目环境保护管理条例》国务院（98）253 号令；

5）《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ/T 2.1-2011）；

6）《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2008）；

7）《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2011）；

8）《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ/T 2.4-2009）；

9）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）；

10）《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）；

11）《建设项目环境影响评价分类管理名录》2008 年 10 月 1 日；

12）《环境影响评价公众参与暂行办法》2006 年 2 月 14 日；

13）《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项目建议书》，核工业衡阳设计院，2013 年 12 月；

14）《关于确认内蒙古巴彦乌拉铀矿床地浸采铀工程环境影响评价执行标准的函》，内蒙古自治区环境保护厅，2014 年 4 月；

15）《监测报告》（WT/B-019-04-14），内蒙古自治区包头辐射环境监督站，2014 年 4 月；

16）《监测报告》（HPXZ2014-003），锡林郭勒盟环境保护监测站，2014 年 3 月；

17）环评委托书。

1.3 评价标准

1.3.1 评价采用的主要辐射标准及规范

1.3.1.1 主要辐射标准及规范

1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

2）《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB23727-2009）；

3）《铀矿冶辐射防护规定》（EJ993-2008）；

4）《铀矿冶辐射环境影响评价规定》（GB/T23728-2009）；

5）《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB23726-2009）；

6）《核工业铀矿冶工程设计规范》（GB50521-2009）；

7）《铀、钍矿冶放射性废物安全管理技术规定》（GB14585-1993）；

8）《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB14882-1994）。

1.3.1.2 剂量控制指标

本项目辐射环境影响评价中采用的主要控制指标为：

1）根据《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB23727-2009），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。因此，本项目公众剂量约束值为 0.5mSv/a。

2）根据《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB23727-2009），铀矿冶企业实践所致的职业照射约束值不应超过 15mSv/a，考虑到原地浸出项目的特点，确定本项目职业照射剂量管理目标值为 8mSv/a。

3）事故工况下，公众成员的最大个人剂量控制在 2mSv/次以下。

1.3.2 评价采用的主要非放标准及规范

根据内蒙古自治区环境保护厅关于本项目环评执行标准的要求，本项目执行的非放标准如下：

1）环境质量标准

（1）《环境空气质量标准》（GB3095-1996）二级；

（2）Cl^-、SO_4^{2-}、溶解性总固体执行《地下水质量标准》（GB/T14848-1993）Ⅴ类标准，F^-执行Ⅳ类标准，其他执行Ⅲ类标准；

（3）《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类；

（4）《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）二级标准。

2）污染物排放标准

（1）《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2001）二类区Ⅱ时段标准；

（2）《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准；

（3）《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类；

（4）《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

非放评价采用的标准值见表 1-1。

表 1-1　　非放评价采用的标准值

类别	污染物名称		标　准　值	标　准　来　源
环境质量标准	大气	PM_{10}	日均浓度：0.15 mg/m^3	《环境空气质量标准》（GB3095-1996）中二级标准
		SO_2	1 小时平均浓度：0.50 mg/m^3	
	地下水	pH	6.5~8.5	Cl^-、SO_4^{2-}、溶解性总固体执行《地下水质量标准》（GB/T14848-1993）Ⅴ类标准，F^-执行Ⅳ类标准，其他执行Ⅲ类标准；
		氨氮	0.2mg/L	
		As	0.05 mg/L	
		Hg	0.001 mg/L	
		Cr^{6+}	0.05 mg/L	
		Cd	0.01 mg/L	
		Pb	0.05 mg/L	
		Fe	0.3mg/L	
		Mn	0.1mg/L	
		Mo	0.1mg/L	
		Cu	1.0 mg/L	
		Zn	1.0 mg/L	
		Ni	0.05 mg/L	
		溶解性总固体	>2000 mg/L	
		高锰酸盐指数	3mg/L	
		氟化物	2.0 mg/L	
		氯化物	>350 mg/L	
		硫酸盐	>350 mg/L	
	噪声	昼 间	60dB（A）	《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类
		夜 间	50dB（A）	
排放标准	废气	烟尘	200 mg/m^3	《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2001）二类区Ⅱ时段
		SO_2	900 mg/m^3	
	废水	pH	6~9	《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准
		COD	100 mg/L	
		BOD_5	20 mg/L	
		SS	70 mg/L	
		氨氮	15 mg/L	
	噪声	昼 间	60dB（A）	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类
		夜 间	50dB（A）	

1.4 评价范围及子区划分

根据《铀矿冶辐射环境影响评价规定》（GB/T23728-2009），本项目评价范围为以最大源项集液池为中心，半径 20km 的地域范围。子区划分方法为以集液池为圆心，以 1、2、3、5、10、20km 为半径画 6 个同心圆，与圆心角 22.5°的 16 个方位相交划分扇形区，共 96 个评价子区。

1.5 评价内容及重点

本次评价主要内容：工程分析、环境现状调查与评价、辐射环境影响评价、地下水环境影响评价、非放射性环境影响分析、事故环境影响分析、工作人员职业照射剂量分析、环境经济损益分析、公众参与、环境管理及监测计划、工程退役治理设想、结论与承诺等。

评价重点为工程分析、环境现状调查与评价、辐射环境影响评价、地下水环境影响评价、事故环境影响评价。

1.6 环境保护目标

根据工程性质和周围环境特征，确定本次环境评价的大气环境保护目标为项目评价范围内居民点的大气环境；水环境保护对象为厂址区域及周围的浅层地下水及含矿含水层地下水；声环境保护对象为厂界外 200m 声环境。

2 评价区域环境概况

2.1 自然环境

2.1.1 地理位置及交通

巴彦乌拉铀矿床位于内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗（常称东苏旗）境内，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。



图 2-1　　地理位置图

2.1.2 地形地貌

巴彦乌拉铀矿床所在苏尼特左旗境内地貌 90%以上为草原，其余为丘陵、沙地和湖盆低地。矿区内地势较高，海拔 1040～1255m 之间，构成北东向的梯形洼地。矿床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。矿区内地势平坦。典型地貌见图 2-2。



图 2-2　矿区典型地形地貌

2.1.3 地质

2.1.3.1 矿区地质

1）地质特征

二连盆地是在天山-兴蒙华力西褶皱系基础上发育的中新生代内陆盆地，由川井坳陷、乌兰察布坳陷、马尼特坳陷、乌尼特坳陷、腾格尔坳陷和苏尼特隆起等 6 个二级构造单元组成，其内部又分割为 43 个次级凹陷和 22 个次级凸起。巴彦乌拉铀矿床位于二连盆地马尼特坳陷西部的塔北次级凹陷中。

马尼特坳陷位于二连盆地中东部，呈北东向展布。坳陷的北西为巴音宝力格隆起，南东为苏尼特中央隆起，两隆起构成坳陷后期沉积及成矿的主要物源及铀源区。塔北凹陷位于马尼特坳陷西部，凹陷内以下白垩统充填为主，早白垩世早期表现为断陷型、晚期表现为断坳转换型。晚白垩世以后以坳陷型为主。

2）区域地层

二连盆地马尼特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包括白垩系，古、新近系和第四系。其中，白垩系分为下白垩统和上白垩统，上白垩统在本区缺失，下白垩统为坳陷的沉积主体，在区内发育完整，自下而上依次为阿尔善组（K_1ba）、腾格尔组（K_1bt）、赛汉组（K_1bs）；古近系包括始新统伊尔丁曼哈组（E_2y）和渐新统呼尔井组（E_3h）；

新近系包括中新统通古尔组（N_1t）和上新统宝格达乌拉组（N_2b），古近系及新近系在本区发育不全。二连盆地盖层岩性特征见表 2-1。

表 2-1　　二连盆地盖层岩性特征

界	系	统	组	代号	厚度（m）	岩　　性	主要出露范围
新生界	第四系			Q	0-30	黄褐砂砾层、含砂质黄土、风成砂	盆内广泛出露
	新近系	上新统	宝格达乌拉组	N_2b	0-50	棕红泥岩夹黄色砂砾、砂	主要出露于盆内中部地区
		中新统	通古尔组	N_1t	0—50	紫红色粉砂岩、泥岩夹杂色砂、砂砾	主要出露于盆内中西部地区
	古近系	渐新统	呼尔井组	E_3h	＞10	灰白色砂岩，粉砂岩夹杂色泥岩	主要出露于盆内中西部地区
		始新统	伊尔丁曼哈组	E_2y	50-100	灰白砂砾、砂岩夹棕红色泥岩	主要出露于盆内中西部地区
中生界	白垩系	上统	二连组	K_2e	0-80	灰、灰绿色砂、砂砾及黄、红色泥岩	零星出露于盆内西部地区
		下统	赛汉组	K_1bs	100-500	杂色砂、砂砾及灰色粉砂岩、泥岩夹煤层	盆内零星出露
			腾格尔组	K_1bt	500-2000	灰、深灰色泥岩粉砂岩	
			阿尔善组	K_1ba	＞100	杂色砂砾岩夹灰绿色泥岩	

2.1.3.2 矿床地质

巴彦乌拉铀矿床位于塔北凹陷西部，矿体分布在 B415～B255 线之间，呈北东向展布。

巴彦乌拉矿床及附近地表出露地层为古近系伊尔丁曼哈组（E_2y），且大面积被第四系（Q）覆盖，矿床勘探钻孔揭露的地层自下而上包括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）。巴彦乌拉铀矿床地层综合柱状图见图 2-3。

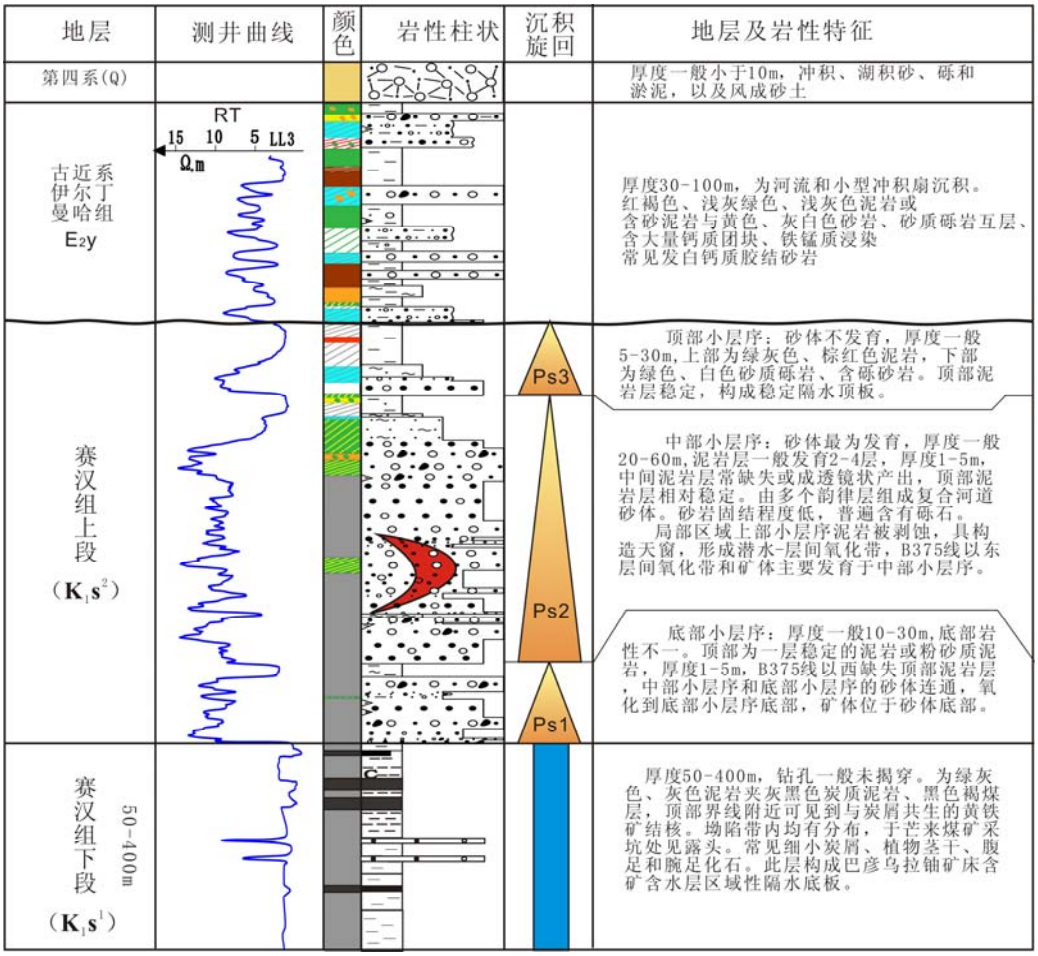


图 2-3　巴彦乌拉铀矿床地层综合柱状图

其中，赛汉组下段（K_1s^1）岩性主要为灰色泥岩、粉砂岩夹煤层，厚度可达 500m，是该区主要赋煤层位，其顶部为灰色、深灰色泥岩夹灰黑色炭质泥岩、黑色褐煤层，见有炭屑及共生的黄铁矿结核和细脉，也是巴彦乌拉铀矿床含矿含水层区域性隔水底板；伊尔丁曼哈组（E_2y）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，构成巴彦乌拉铀矿床含矿含水层区域性隔水顶板由褐红色、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，构成巴彦乌拉铀矿床含矿含水层区域性隔水顶板；第四系在矿床及周边以冲积、风积砂土为主，并形成植被层。

赛汉组上段（K_1s^2）是区内主要赋铀层位，砂体呈北东-南西向展布，一般厚度 30～85m，平均 57.68m。走向上，南西部厚度小（40～80m），向北东部加大（80～100m）；倾向上，中部厚度大，向南北两侧逐渐变小，矿体主要分布在厚度相对较大的部位。

2.1.3.3 矿体地质

矿区含矿砂体岩性分为砾岩和砂岩 2 大类，主要由碎屑物和杂基组成，胶结物含量少。砂岩类岩石碎屑物以石英、长石为主，岩屑次之，云母极少量；砾岩类岩石碎屑物成分以岩屑为主，石英、长石次之。

砂岩中石英含量 30.60%～81.90%，平均 53.00%；长石含量 9.20%～36.40%，平均 23.50%。砾岩中含量 4.40%～32.00%，平均 12.80%；长石含量 4.40%～26.70%，平均 10.70%。岩屑是砾岩碎屑物的主要成分，砾岩中含量 32.00～78.40%，平均 63.40%；砂岩中含量一般为 0～29.40%，平均 8.20%。杂基主要为高岭石、伊利石及蒙皂石等粘土矿物，次为粉砂，砂岩中杂基含量为 1%～23.00%，平均 11.80%，砾岩中含量稍有降低，平均 10.10%；胶结物主要为黄铁矿，次为褐铁矿，多为成岩—后生期的沉淀产物，砂岩中胶结物含量 1%～28.00%，平均 3.50%，砾岩中含量 0～10.00%，平均 2.90%。

矿石中铀的存在形式有吸附态铀、铀矿物及含铀矿物，以吸附态铀为主，铀的吸附剂主要为杂基（粘土矿物），次为有机碳（炭屑），胶黄铁矿（显微球粒状黄铁矿、白铁矿）。铀矿物主要为沥青铀矿等。含矿主岩的化学全分析见表 2-2。

表 2-2　　含矿主岩的化学全分析统计表

岩　性	分析结果（%）												样数
	SiO_2	FeO	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	MnO	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	烧失量	(个)
砾岩类	77.12	0.82	2.49	9.34	0.49	0.02	0.97	0.66	0.10	3.63	2.25	2.61	89
砂岩类	76.19	0.88	2.41	10.07	0.37	0.02	0.82	0.58	0.07	3.60	2.35	3.06	120
总体	76.58	0.86	2.44	9.76	0.42	0.02	0.89	0.62	0.08	3.61	2.31	2.87	209
标准砂岩	78.70	0.30	1.08	4.78	0.25	痕量	5.52	1.17	0.08	1.32	0.45	5.16	/

2.1.4 水文地质

2.1.4.1 矿区水文地质

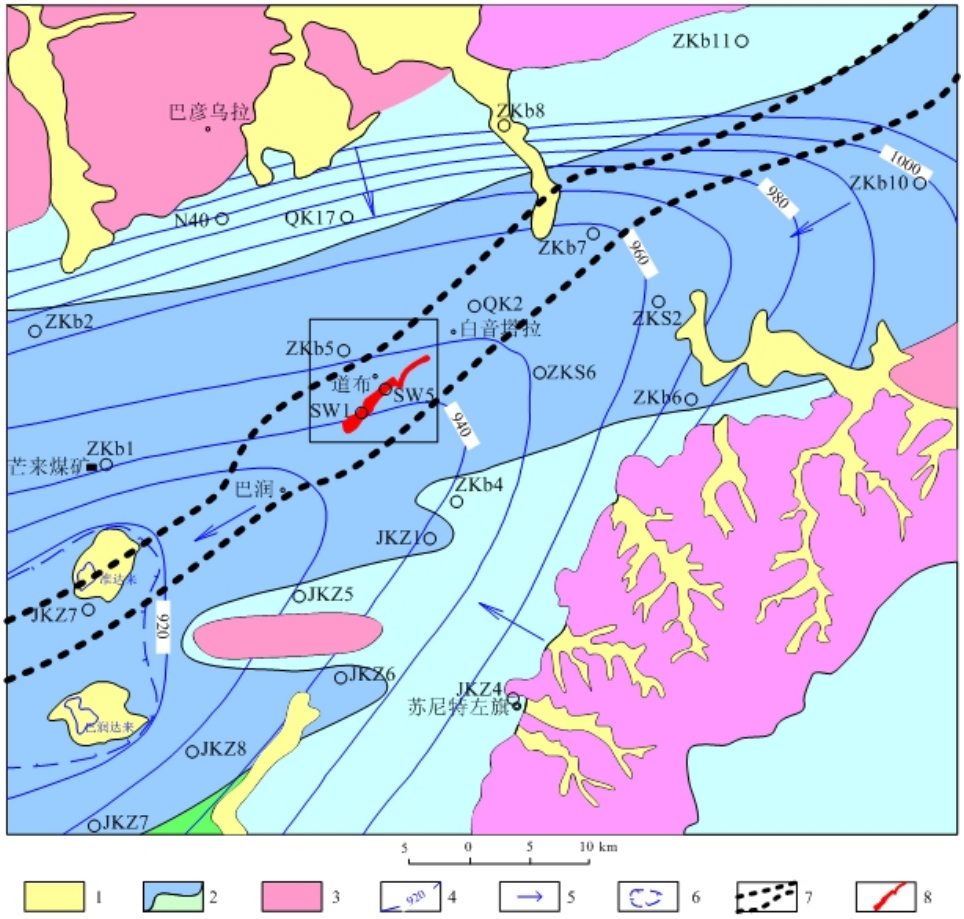
1）水文地质概况

二连盆地为一级水文地质单元，马尼特坳陷为二级水文地质单元，矿区位于马尼特坳陷南西部三级水文地质单元中。马尼特坳陷周边隆起区赋存基岩裂隙水，一般水量较贫；坳陷内赋存碎屑岩类裂隙孔隙水，水量变化较大，

局部赋存松散岩类孔隙水。地下水总体从坳陷周边向坳陷内迳流，迳流过程中除少量人工开采、蒸发排泄、局部沿断裂排泄外，最终以顶托越流的形式排泄，南西部排泄于准达来、巴润达来，北东部排泄于额吉淖尔。

2）矿区水文地质类型

矿区赋存的地下水主要有：基岩裂隙水、碎屑岩类孔隙水和松散岩类孔隙水三种类型。巴彦乌拉矿区水文地质略图详见图 2-4。



1-松散岩类孔隙水区；2-碎屑岩类孔隙水区（浅蓝色区单孔涌水量＞100m³，浅绿色区单孔涌水量＜100m³/d）；
3-基岩裂隙水区；4-地下水等水位线及标高（m）；5-地下水流向；6-地下水排泄区；7-古河道；8-铀矿带。

图 2-4　巴彦乌拉矿区水文地质略图

（1）基岩裂隙水

分布于矿区的北西部、南东部的蚀源区，含水岩性为泥盆纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪花岗岩，二叠纪碎屑岩夹灰岩、石炭纪中酸性火山岩夹碎屑岩，涌水量一般小于 10 m^3/d，构造部位可达 100 m^3/d。

（2）碎屑岩类孔隙水

碎屑岩类孔隙水是矿区最主要的地下水类型，主要由下白垩统赛汉组上

段碎屑岩孔隙水、始新统伊尔丁曼哈组碎屑岩孔隙水和中新统通古尔组碎屑岩孔隙水组成。

赛汉组上段碎屑岩孔隙水受北东向古河道的控制主要分布于矿区阶状高平原的中部，呈北东—南西向带状展布，宽 7km 左右，含水岩性为砂岩、砂砾岩，含水层厚度大，一般 30～80m，分布稳定，连续性好，为含矿含水层，含水层为一个统一的含水层（体），局部存在若干层 2～10m 的泥岩、泥质粉砂岩隔层或透镜体，地下水为承压水，水位埋深一般 10～45m，最浅 4.57m，最深 69.97 m，富水性、渗透性好，涌水量一般 100～1000m^3/d，。

始新统伊尔丁曼哈组碎屑岩孔隙水分布于矿区中部阶状高平原的广大地区，中新统通古尔组含水层分布于矿区阶状高平原的北东部。含水岩性为砂岩、砂砾岩，含水层厚度一般几至十几米，局部 20 多米，呈层状、薄层状或透镜状，不含矿，连续性、稳定性较差，地下水多为承压水，局部存在潜水，水位埋深一般 10～70m。水量变化较大，涌水量多小于 200m^3/d。

（3）松散岩类孔隙水

松散岩类孔隙水零星分布，规模较小。主要分布于北西、南东部低山、丘陵及前缘的季节性干沟、波状高平原湖沼洼地处的巴润达来、准达来诺尔一带。含水层岩性为第四系砂砾石、中粗砂和粘土质粉砂等，厚度 0.5 ～10m，水位埋深 1.0～7.0m，涌水量一般小于 10m^3/d，局部 10～50m^3/d。多以潜水形式存在，动态随季节变化十分明显。

3）地下水补给、迳流、排泄

基岩裂隙水直接接受大气降水补给，顺地势从高处向低处迳流，除部分蒸发、人工开采排泄外，其余泄于松散堆积层孔隙水和碎屑岩类孔隙水中；碎屑岩类孔隙水接受大气降水，北西、南东部基岩裂隙水，沟谷松散堆积层孔隙水及北东部碎屑岩类孔隙层间水的补给，北西部从北西向南东，南东部从南东向北西，矿区中部一带转为北东向南西迳流，除部分蒸发、人工开采、局部沿断裂排泄外，其余缓慢迳流，最终泄于南西部的准达来诺尔—巴润达来诺尔一带；松散堆积层孔隙水在低山、丘陵区及前缘的沟谷中，接受大气降水、基岩裂隙水的补给，沿沟谷迳流，除蒸发、人工开采外，泄于碎屑岩类孔隙水中；在阶状高平原湖沼洼地的准达来诺尔—巴润达来诺尔一带，接

受深部碎屑岩层间水的垂向顶托补给，最终泄于准达来、巴润达来，靠蒸发排泄于大气中。

2.1.4.2 矿床水文地质

1）水文地质特征

矿床范围内分布有始新统伊尔丁曼哈组碎屑岩孔隙潜水和承压水含水层，下白垩统赛汉组上段碎屑岩孔隙承压水含水层。

伊尔丁曼哈组含水层：矿床范围内均有分布，局部被第四系覆盖，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 B375 线以西，含水层岩性由砂岩、砂质砾岩组成，单层厚度较薄，多小于 10m，局部可达 20m，水位埋深 13～20m，单孔涌水量一般小于 100m^3/d；B367 线以东含水层不发育，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。

赛汉组上段含水层：为含矿含水层，岩性为砂质砾岩、含砾粗砂岩、中细砂岩及少量含粉砂细砂岩，砾岩-砂质砾岩占 46.69%；中-粗砂岩占 33.59%，中细砂-细砂岩占 19.71%。分选性中等-差、碎屑呈次棱角状－次圆状，结构疏松，属中等透水—强透水的岩层。内部一般由 3 个小层序组成，层序间及内部存在多层泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩层，形成局部隔水层。

2）地下水的补给、迳流、排泄

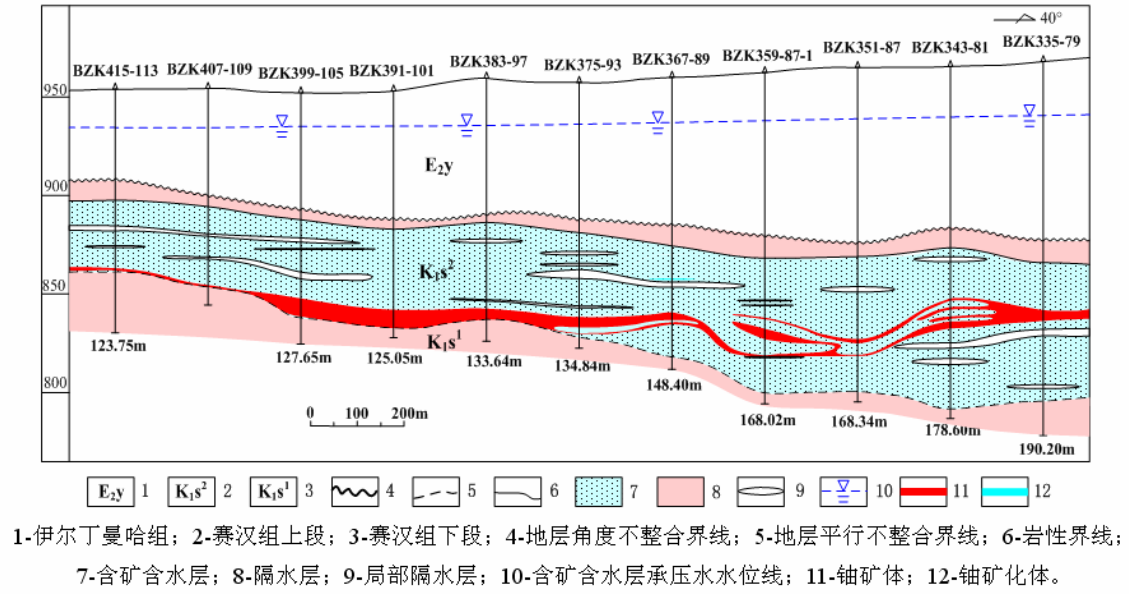
矿床地下水主要接受北东邻区地下水的侧向补给，北西、南东微弱的侧向补给，地下水总体从北东向南西缓慢迳流，水力梯度 0.03%～0.14%，迳流速度 0.7～2.9m/a，最终排泄于矿床南西部的准达来、巴润达来一带。

3）含矿含水层水文地质特征

（1）含矿含水层隔水顶板、底板

隔水顶板主要由赛汉组上段顶部的绿灰色夹红色泥岩、含砂砾泥岩、粉砂质泥岩等组成，局部与伊尔丁曼哈组洪泛沉积的红色、灰绿色泥岩、含砂砾泥岩、粉砂质泥岩等共同组成，厚度一般 5～30 m，分布连续稳定，隔水性能良好。隔水底板由赛汉组下段湖沼相沉积的绿灰色、灰色、灰黑色泥岩、

粉砂质泥岩、炭质泥岩夹褐煤层组成，厚度较大，揭遇厚度一般 5～15m，未揭穿，分布连续稳定，隔水性能良好。水文地质坡面图见图 2-5。



1-伊尔丁曼哈组；2-赛汉组上段；3-赛汉组下段；4-地层角度不整合界线；5-地层平行不整合界线；6-岩性界线；7-含矿含水层；8-隔水层；9-局部隔水层；10-含矿含水层承压水水位线；11-铀矿体；12-铀矿化体。

图 2-5　Ⅰ号走向水文地质剖面示意图

（2）含矿含水层与上、下含水层间的水力联系特征

矿床范围内无断裂构造，地层分布稳定，无地表水体。赛汉组上段含矿含水层之上有伊尔丁曼哈组含水层，之下赛汉组下段未见含水层。赛汉组上段含矿含水层总体为一层，且具有隔水性能良好的稳定隔水顶、底板，因而与上部伊尔丁曼哈组非含矿含水层之间无直接水力联系，但在矿床外围，赛汉组上段含矿含水层隔水顶板缺失或极薄地段与伊尔丁曼哈组底部薄层状含水层可能存在较弱的水力联系，即伊尔丁曼哈组地下水微弱补给赛汉组上段地下水，致使出现雨季之后含矿含水层承压水水位略有微弱的升幅。

（3）含矿含水层的水文地质参数

巴彦乌拉含矿含水层水位埋深 18.99～26.02m，承压水头 40.01～71.48m，单位涌水量 0.44～3.92l/s·m，渗透系数 2.9～13.2m/d，导水系数 130.7～569.5m^2/d。自南西向北东水位埋深加大，承压水头增高，导水系数增大，富水性增强，渗透性变好。

（4）含矿含水层地下水化学特征

含矿含水层水化学类型主要为 Cl-Na、Cl·HCO_3-Na、Cl·SO_4-Na 和阴离子多组分-Na 型水。地下水中矿化度 1.37～1.99g/L，pH 值 6.6～7.1，Eh 值 306～

-166mv，溶解氧 0～1.26mg/L，硫化氢 0.1～0.26mg/L，铀含量 0.26～67.3×10^{-6}g/L，氡浓度 9～2022Bq/L，Cl^-含量 411.96～517.60mg/L，SO_4^{2-}含量 179.82～423.00mg/L，HCO_3^-含量 357.32～512.00mg/L，Na^+含量 425.27～516.81mg/L，Ca^{2+}含量 27.09～63.00mg/L，Mg^{2+}含量 19.46～55.00mg/L。

（5）含矿含水层地下水水温

含矿含水层地下水水温较为稳定，为 9℃左右。

2.1.5 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》(2002 年)，恩格尔河全旗境内径流长度 65km，径流量 0.45～0.55m^3/s，流域面积 1239.46km^2，径流形成库尔查干淖尔，水域面积 0.96 万亩，距旗所在地满都拉图镇南部 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。

本项目评价范围内无地表水系，仅有干谷和季节性沼泽洼地分布。其中，恩格尔河位于巴彦乌拉矿床南部约 150km，常年性有水的淖尔距矿床西南侧约 100km。

2.1.6 气候与气象

2.1.6.1 区域气候特征

巴彦乌拉矿床所在区域属荒漠草原区，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。根据《苏尼特左旗志》（2002 年），该区多年平均气温 2.8℃，夏季气温 21℃～22℃，极端最高气温 42℃，冬季气温为-19℃～-21℃，极端最低气温为-39℃，最大冻土深度为 2.6m。该地区降水少，年降水量为 135.2～207.3mm，平均 185.2mm；年平均蒸发量高达 2449.6mm。全年无霜期 152d，年平均风沙日为 110 天。风频最大的风向为西风和西北风，平均风速 4m/s，最大风速 28 m/s。

2.1.6.2 气象

本次评价采用的基础气象数据包括距离矿床最近的苏尼特左旗气象站 2010~2012 年连续三年观测数据。苏尼特左旗气象站地理坐标东经 113°63′，

北纬 43°87′，海拔高度为 1036.7m，站点编号 53193，与评价中心直线距离约 28km。苏尼特左旗气象站所在区域地形地貌和气候特征与评价区域基本一致，气象扩散条件相似，其气象数据满足本次辐射环境影响预测扩散模式使用要求。由于项目周围 50km 范围内没有探空气象站，考虑矿床所在区域地形相对平坦，高空气流变化平缓，采用距离项目 126km 的二连浩特高空气象站监测数据，该站地理坐标东经 112°，北纬 43°65′，站点编号 53068。

根据苏尼特左旗气象站 2010~2012 年气象数据，当地温度、风速的月平均变化情况见表 2-3 和图 2-6，季小时平均风速的日变化情况见表 2-4，各季和全年各风向风频玫瑰见图 2-7。

表 2-3　　温度、风速的月平均变化值

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
温度（℃）	-23.11	-15.38	-5.83	4.93	14.12	21.05
风速（m/s）	2.47	2.61	3.56	4.45	10.79	3.54
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
温度（℃）	23.68	22.33	14.24	5.79	-6.97	-18.8
风速（m/s）	3.4	3.49	3.11	3.22	3.18	2.71

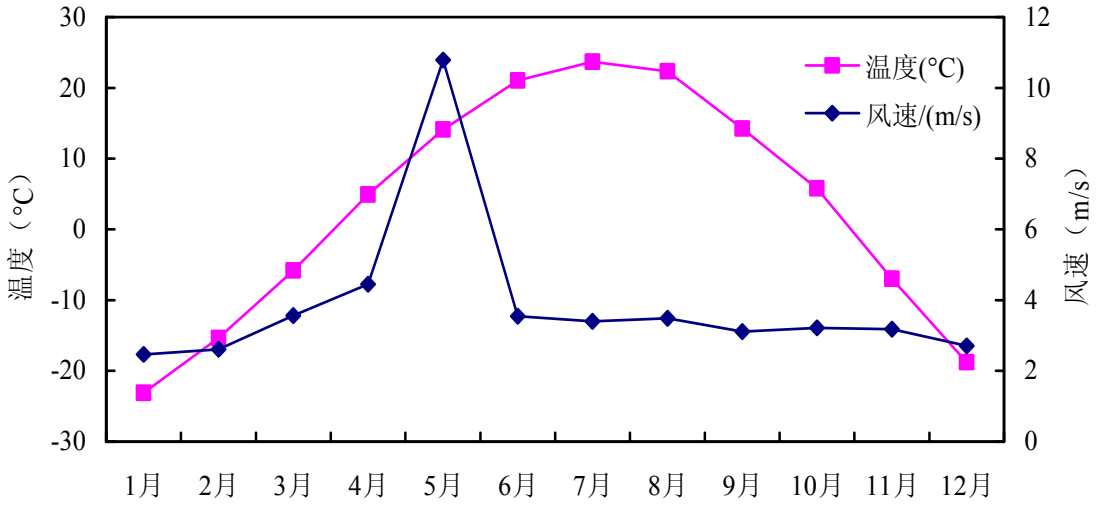
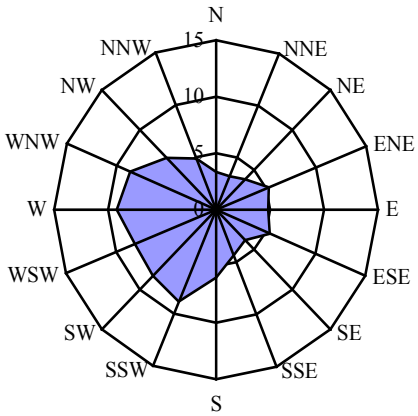


图 2-6　温度、风速的月平均变化情况

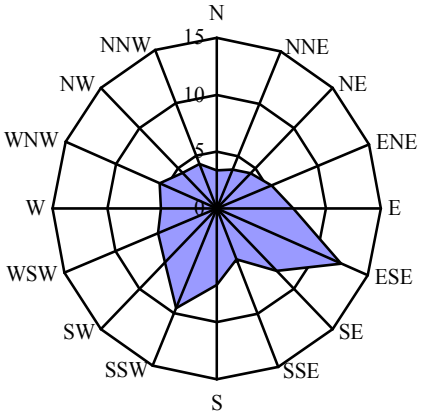
表 2-4　　季小时平均风速的日变化情况　　单位：m/s

小时/h	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
春季	3.4	3.38	3.41	3.39	3.4	3.31	3.25	3.55	4.13	4.65	16.98	17.28
夏季	3.06	2.97	2.89	2.84	2.84	2.81	2.81	3.24	3.57	3.75	3.86	3.95
秋季	2.68	2.74	2.71	2.7	2.6	2.54	2.53	2.51	2.87	3.37	3.77	3.94

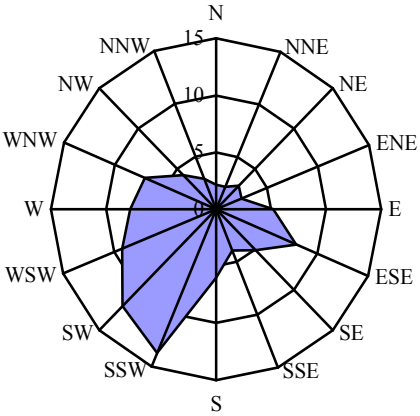
冬季	2.27	2.28	2.35	2.34	2.33	2.32	2.27	2.26	2.25	2.38	2.69	3.06
小时/h	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
春季	17.47	17.57	5.91	5.98	5.84	5.63	5	4	3.39	3.23	3.28	3.42
夏季	4.13	4.11	4.23	4.28	4.37	4.28	4.03	3.66	3.04	2.83	2.91	3
秋季	4.2	4.38	4.49	4.47	4.24	3.49	2.92	2.59	2.44	2.56	2.67	2.65
冬季	3.29	3.53	3.42	3.29	2.94	2.65	2.57	2.53	2.42	2.29	2.31	2.32



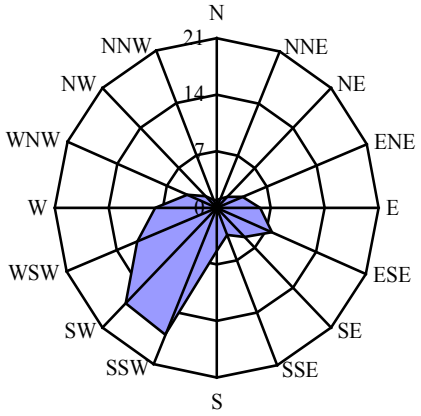
春季，静风5.62%



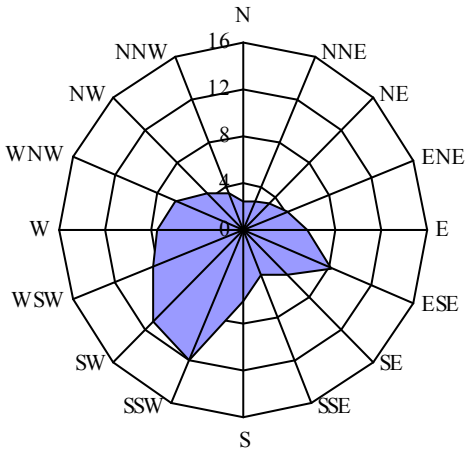
夏季，静风3.09%



秋季，静风5.33%



冬季，静风4.97%



全年，静风4.75%

图 2-7　风频玫瑰图

从苏尼特左旗气象站 2010~2012 年气象数据可以看到，当地全年平均温度 3.08℃，平均风速 3.89m/s，最大风频风向为 SSW~WSW 方位，其风频之和为 31.64%，为当地主导风向。本次气象数据预处理时采用的地表参数见表 2-5。

表 2-5　　气象预处理地表参数取值

季节	反照率	BOWEN 率	地表粗糙度（m）
春季	0.3	5	0.3
夏季	0.28	6	0.3
秋季	0.28	10	0.3
冬季	0.45	10	0.15

2.1.7 自然资源

1）畜牧业资源

评价区域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、蒙古牛等在内的地方优良品种。

2）矿产资源

评价区域矿产资源丰富，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（K_1bs^1）及中下侏罗统，以褐煤为主；石油储层为下白垩统阿尔善组（K_1ba）和腾格尔组（K_1bt）。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。

3）动植物资源

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。

2.2 社会环境

2.2.1 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。根据《苏尼特左旗 2012 年统计年鉴》，当地 2011 全年生产总值完成 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。

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到 40%以上。

2.2.2 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 3.3 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%。

评价区内人口稀少，居民分散，根据苏尼特左旗统计年鉴和旗志统计资料，评价区域范围内总人口约为 939 人，人口密度 0.75 人/km^2，各年龄组人口比例为幼儿 6.7%、少年 16.2%、成人 77.1%，人口自然增长率约 4.42‰（2004~2011 年平均增长率）。20km 评价范围内人口分布见表 2-6。

表 2-6　　20km 评价范围内人口分布（2013 年）

距离（km）	年龄组	方位															
		N	NNE	NE	ENE	E	EES	ES	SES	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~1	幼儿	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	少年	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	成人	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
1~2	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2~3	幼儿	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
3~5	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5~10	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	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	84	94	14	74	64	87	18	25	19	33	13	3	7	24

3 工程分析

3.1 项目概况

3.1.1 项目名称

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。

3.1.2 建设单位

中核韶关金宏铀业有限责任公司。

3.1.3 建设地点

本项目位于内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗境内。

3.1.4 建设内容

本项目建设内容包括井场、水冶厂、辅助生产及仓储设施、公用工程及总图工程等五部分。各子项主要建设内容见表 3-1。

表 3-1　项目建设内容一览表

序号	子项	建设内容
1	井场	注液孔、抽液孔、监测孔、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。
2	水冶厂	浸出液处理综合厂房（包括吸附淋洗间、萃取压滤间和成品库）、蒸发池。
3	辅助生产及仓储设施	化工原料库、产品库、机修车间、中心化验室、备品备件库等。
4	公用工程	矿区供配电、给排水、通讯设施、锅炉房和淋浴室等设施。
5	总图工程	新建厂区外部道路和内部道路。

3.1.5 开采方式

本项目为原地酸法浸出采铀工程，井型为五点型。

3.1.6 服务年限及工作制度

服务年限：共计 14a，其中建设期 2a，生产期 12a（投产期期 1a，达产期 10a，减产期 1a）。

工作制度：年工作 330d。井场及水冶厂 4 班/d，6h/班；其余生产辅助工作岗位 1 班/d，8h/班。

3.2 地质资源和开采方式

3.2.1 地质资源

2006 年至 2008 年，核工业二〇八大队在巴彦乌拉铀矿床 B415～B255 线进行了铀矿地质普查，提交《内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉铀矿床 B415～B255 线普查报告》，落实了巴彦乌拉铀矿床的资源储量。

2009～2012 年二〇八大队在矿床 B415～B319 线间开展了铀矿详查工作，2012 年提交了《内蒙古苏尼特左旗巴彦乌拉铀矿床 B415～B319 线详查报告》，对巴彦乌拉铀矿床 B415～B319 线的详细勘察表明：巴彦乌拉铀矿床资源/储量基本可靠；地浸水文地质条件简单-中等；矿床无切穿含矿含水层断裂，地质构造稳定性好，地浸工程地质、环境地质条件简单。

此外，2013 年 3 月，核工业二〇八大队针对巴彦乌拉铀矿床详查区外的 B319～B255 线普查区重新估算了资源量，其中 B311、B303 两条勘探线紧邻详查区，可设计利用，其它块段暂不考虑利用。

3.2.2 开采范围

本项目开采范围为巴彦乌拉铀矿床 B415～B255 线地段。开采的矿体主要分布在下白垩统赛汉组上段。

3.2.3 开采方式

本项目整个开采范围划分为两个采区：首采区和备采区。每个采区又由若干个分采区组成，各分采区中布置一定的生产钻孔。在项目基建期，首先进行首采区中各分采区生产钻孔的施工，钻孔施工完毕后开始正式投入生产。在首采区正常生产的同时，为了保持后续生产的持续开展，每年继续施工一定数量的生产钻孔，并根据采区生产能力和生产钻孔浸出液的浓度水平，不断地停产一批生产钻孔，同时投入备采区的部分生产钻孔，如此循环，直至整个开采范围内的矿体开发完毕。

本项目首采区为 B371～B347 线控制的矿体，共设 4 个分采区，B347～B255 线以及 B415～B375 线划为备采区。

3.2.4 井型的确定

巴彦乌拉铀矿床矿体沿走向和倾向连续性较好，适宜于采用网格式井型。根据条件试验和酸法扩大试验以及巴彦乌拉铀矿床形态及水文地质特点，井型采用五点型井型。

3.3 项目主要建设内容

本项目为原地浸出采铀工程，建设内容主要包括井场、水冶厂、辅助生产及仓储设施、公用工程及总图工程等五部分。本项目主要建设内容见表 3-2。

表 3-2　　本项目主要建设内容一览表

类别	项目	建设内容
井场	钻孔工程	本项目首采区共布置 4 个分采区，共布置生产钻孔 314 个，监测孔 14 个。
	集控室	每个采区新建一个井场控制室（集控室），首采区共建 4 个集控室，备采区根据采区分布设置相应的集控室。集控室为轻钢结构，混凝土垫层水泥砂浆面层。
	集液池及泵房	本项目在首采区西南侧新建一座集液池，用于收集各采区集控室输送的浸出液。
	配液池及泵房	水冶厂吸附尾液自流至配液池，经配液泵房泵送至各采区集控室。配液池为钢筋混凝土结构， 配液泵房为钢结构。
	井场综合管线	井场综合管线主要由注液管线和抽液管线组成，抽液管线由原液总管道、集液总管道、集液主管道及抽液支管组成，负责整个厂区抽出液的输送；注液管线由注液总管道、注液主管线、注液支管等组成，负责整个厂区注入液的输送。
	硫酸供应站	在配液池南侧新建硫酸供应站，配备 4 台硫酸储罐。
水冶厂	浸出液处理综合厂房	新建浸出液处理综合厂房，由吸附淋洗间、萃取压滤间、成品库等组成，萃取压滤间和成品库为钢筋混凝土框架结构。
	蒸发池	新建 4 座蒸发池，蒸发池为夯土式结构，池底池壁采用压实粘土垫层，土层厚 60cm，土层上铺设两层无纺布夹一层防渗膜作为防渗衬里，衬里之上加铺 30cm 厚的粘土，表面铺砌 120 厚砖作为防护面层。蒸发池池底设渗漏检测设施，蒸发池池顶四周设截洪排水沟。
辅助生产及仓储设	化工原料库	单层钢结构，主要用于储存滤布、氢氧化钠、碳酸氢钠等生产所需的化工原料。
	产品库	主要贮存产品，在库外设有产品桶堆放场地，产品库设置由防盗报警系统及监视系统组成的实物保护系统。

类别	项目	建设内容
施	机修车间	单层钢结构，主要负责矿区井场和水冶厂房机械设备、电气设备、叉车等设备的维修工作。
	中心化验室及备品备件库	单层砖混结构，主要负责浸出液处理厂的日常化学分析工作；备品备件库主要储存设备和零配件、五金工具和电器、劳保杂品等。
公用工程	锅炉房	新建锅炉房一处，二层建筑，砖混结构，内设置一台 1.4MW 和一台 0.35MW 的燃煤热水锅炉。
	淋浴室及洗衣房	单层砖混结构。
	35kV 变电站和柴油发电机房	35kV 变电站为单层砖混结构，内设主变 1×3150kVA 35/10.5kV。 柴油发电机房为单层钢结构，内设一台柴油发电机组作为应急电源。
总图工程		新建厂区外部道路 0.725km、厂区内部道路 1.587km。

3.4 工艺流程

3.4.1 井场工艺

原地浸出采铀井场工艺过程为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，通过井场集液管道输送到集液池，即完成了井场矿体的原地浸出过程。集液池中的浸出液通过泵送入水冶厂提取铀，尾液返回配液池，在添加了溶浸液后再注入矿层中，实现铀的循环浸出和原地浸出采铀整个工艺全过程。本项目井场工艺采用酸性浸出工艺。

3.4.1.1 浸出原理

本项目浸出工艺为酸法浸出，溶浸剂为 H_2SO_4。硫酸浸出时，随着地下水在水力梯度作用下的运移，改变矿层的地球化学环境，使 pH 值变化，随着 pH 值的变化，铀从沉淀态变为溶解态，生成硫酸铀酰，进而将形成的浸出液抽出送至浸出液处理车间。由于 4 价铀在硫酸溶液中的溶解速度低于 6 价铀，因此，在酸法浸出过程中必须加氧化剂，将 4 价铀氧化为 6 价，本项目氧化剂为 H_2O_2。主要反应方程式如下：

$$UO_2 + H_2O_2 \rightarrow UO_3 + H_2O$$

$UO_3 + 2H^+ \rightarrow UO_2^{2+} + H_2O$

$UO_2^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow UO_2SO_4$

$UO_2SO_4 + SO_4^{2-} \rightarrow [UO_2(SO_4)_2]^{2-}$

$[UO_2(SO_4)_2]^{2-} + SO_4^{2-} \rightarrow [UO_2(SO_4)_3]^{4-}$

3.4.1.2 工艺流程

巴彦乌拉铀矿床井场工艺流程主要包括：溶浸液配制及输送、集控室注液分配、溶浸液在含矿含水层的注入、浸出液提升及地表输送等几部分。

1）溶浸液配制及输送

来自水冶厂的吸附尾液首先泵送至配液池中，按配液浓度要求加入硫酸和双氧水，通过泵增压后经注液总管道输送至井场各分采区集控室。

2）集控室注液分配

溶浸液输送至集控室后，通过集控室内注液分配器把吸附尾液按抽注平衡的原则分配至各个注液孔支管。

3）溶浸液在含矿含水层的注入

从集控室输出的溶浸液在注液增压泵的作用下通过注液支管和注液钻孔注入到地下含矿含水层中，对含矿含水层中的矿石进行溶浸，并在抽大于注形成的降落漏斗水动力条件下由注液孔向抽液孔渗透，在渗透过程中逐渐溶浸矿石中的铀。在此过程中，双氧水把矿石中的四价铀氧化成六价铀，六价铀同地下水中的氢离子和硫酸根反应生成硫酸铀酰，最终形成浸出液。

4）浸出液提升及地表输送

在浸出过程中，浸出液由抽液井潜水泵的经提升集至集液池，在集液池汇集后经集液泵输送至水冶厂。

3.4.2 浸出液处理工艺

工艺流程为浸出液→吸附→转移脱水→淋洗→萃取→反萃取→沉淀→压滤→铀化合物。

1）吸附

来自集液池的浸出液由管道输送至离子交换塔进行树脂吸附，吸附方式为密实固定床三塔串联吸附。吸附尾液少部分用于配制淋洗剂，大部分泵至

配液池配制浸出剂，饱和树脂则进入饱和树脂中转槽。

2）淋洗

饱和树脂在淋洗塔中进行淋洗，淋洗合格液由尾塔塔底排出，进入合格液贮池。贫树脂则移至脱水筛脱水，脱除的溶液自流至饱和树脂中转槽；贫树脂则进入贫树脂中转槽，加入吸附尾液，用隔膜泵转移至吸附尾塔重新进行铀的吸附。

3）解毒

贫树脂由贫树脂中转槽转移至解毒塔进行解毒，解毒液去蒸发池；解毒后的树脂用吸附尾液进行洗涤，洗液去蒸发池，洗涤后的贫树脂用压缩空气转移至贫树脂中转槽。

4）萃取

淋洗合格液用泵送到混合澄清槽进行萃取。萃取完成后，萃余液和负载有机相洗涤液进入除油池除油后部分送至淋洗工序配制淋洗剂，部分排入蒸发池；负载有机相流入负载有机相贮槽。

5）负载有机相洗涤

负载有机相用泵送入混合澄清槽洗涤，洗涤后的负载有机相自流至反萃取槽；洗涤后的水相与萃余液合并除油后部分送至淋洗工序配制淋洗剂，部分排入蒸发池。

6）反萃取

洗涤后的负载有机相流入反萃槽段进行反萃取。反萃取完成后，合格液流入反萃取合格液贮槽；贫有机相则流入贫有机相槽，然后返回萃取工序，重新进行铀的萃取。

7）反萃取合格液沉淀

反萃取合格液采用浆体循环间歇进行沉淀，沉淀母液则排至沉淀母液槽输送至反萃取配制槽；沉淀浆液则保留在沉淀槽中进行下一次循环沉淀，经数十次循环后进行产品洗涤与过滤。

8）产品洗涤与过滤

产品洗涤采用制浆洗涤，若干次循环后得到的沉淀浆体，加工业水洗涤，洗涤后的产品经压滤机压滤得到铀化合物。

3.5 辅助生产及仓储设施

3.5.1 生产辅助设施

本项目生产辅助设施包括机修车间和中心化验室，均设置在水冶厂区内。机修车间为单层钢结构，主要负责矿区井场和水冶厂房机械设备、电气设备、叉车等设备的维修工作；中心化验室为单层砖混结构，主要承担浸出液处理厂的日常化学分析工作，内设天平室、分析室、熔样室等。

3.5.2 仓储设施

仓储设施包括产品库、化工原料库和备品备件库等，均设置在水冶厂区内。产品库主要贮存铀化合物，产品库设置由防盗报警系统及监视系统组成的实物保护系统，保证产品库内核材料的安全，防止未经授权人员非法侵入；化工原料库为单层钢结构，主要用于储存滤布、氢氧化钠、碳酸氢钠等生产所需的化工原料；备品备件库为单层砖混结构，建筑面积 479.75m^2，主要储存设备和零配件、五金工具和电器、劳保杂品等。

3.6 公用工程

3.6.1 给排水设施

3.6.1.1 给水设施

1）供水水源

本项目在水冶厂区打取水井 1 口，水源井井深 60m，直径 600mm。

2）给水系统

本项目生产过程中用水主要为职工生活用水、淋浴用水、工艺生产用水、洗衣房用水、锅炉房用水等，用水量为 67.55m^3/d。

水源井设 2 台潜水泵（1 用 1 备）和 1 套净化装置。水抽出地面后，经净化装置净化后进入消防水池（容积 500m^3），然后泵输送到厂区各水点。消防用水与生产水共用，单独设消防水泵供消防用水，消防水泵设 2 台（1 用 1 备）。生产区内消防水管道与生活水或生产水管道合用。

3.6.1.2 排水设施

本项目排水系统为分流制，生活污水、生产废水和雨水各自独立排放。

1）雨水

本项目位于内蒙古地区，区域干旱少雨，年降雨量仅为 185.2mm，雨水采用顺地势自流处理。

2）放射性废水

放射性排水主要为解毒树脂洗水、解毒液以及除油后的萃余液和负载有机相洗涤液等水冶工艺废水。水冶工艺放射性污水产生量为 115.9m^3/d，放射性废水经收集后排入蒸发池，自然蒸发。

3）非放射性排水

本项目生产过程中非放射性排水主要为职业生活污水，污水产生量约为 21.45m^3/d，经地埋式生活污水处理设施处理后，用于厂区洒水和绿地。

3.6.2 供热通风工程

3.6.2.1 供热工程

本项目用热主要为水冶厂区的冬季采暖，采暖面积约为 8000m^2。

本项目在水冶厂区建设锅炉房，内设 1 台 0.35MW 和 1 台 1.4MW 燃煤热水锅炉。工程采暖按 6 个月考虑，选用锅炉生产 85℃/60℃（出水/回水）的热水为水冶厂区建筑冬季采暖的热源。

供热制度根据天气及供热需要而定，在小负荷工况下（夏季），只运行 1 台 0.35MW 锅炉供淋浴用；在满负荷工况下（冬季），则 2 台锅炉同时运行，以达到既满足采暖需要又实现节能的目的。

锅炉燃煤为鄂尔多斯优质低硫煤，最大时用煤量为 1.2t/h，年耗煤量为 3600t。锅炉燃煤产生的烟气经高效脱硫湿式除尘器，除尘效率大于 98%，脱硫效率 70%，锅炉烟气经脱硫除尘后由高 20m 的烟囱排放。

本项目在水冶厂区内配套建设贮煤场 1 处，贮煤场容量为 240t，堆放面积约 200m^2。

3.6.2.2 通风工程

本项目通风工程主要涉及的厂房和设施有：浸出液处理综合厂房、集液

泵房、注液泵房、锅炉房、柴油发电机房、化工原料库与机修车间、中心化验室及备品备件库。以上设施均设全面通风系统，另外中心化验室还设有局部排风系统。

3.6.3 供配电工程

1）电源

本项目抽液泵、配液泵、集液泵、变电所照明、主厂房应急照明、实物保护、火灾报警等用电设备为二级负荷，其余为三级负荷。电源一回路引自距矿区 18km 处的白音塔拉 35kV 变电站；另一回路采用 1 台 2000kW、10kV 柴油发电机供电；应急电源、工作电源间设置联锁。

2）供电系统

本项目在水冶厂区设 35kV 变电站，内设主变 1×3150kVA 35/10.5kV，分别向水冶厂区 10kV 变配电所和 4 个井场 10kV 变配电所供电。水冶厂区 10kV 变配电所向水冶厂区各用电设施及集液泵、配液泵供电；井场 10kV 变配电所向井场各用电设施供电。

3.6.4 自动化监测与控制工程

本项目井场及水冶厂工艺控制优先应用自动化控制方式。其中，井场自动化控制主要涉及井场集控室、集液池及泵房、配液池及泵房、井场综合管线、硫酸供应站等工艺过程和设施的参数采集、监测与控制；水冶厂自动化控制主要涉及浸出液处理综合厂房离子交换系统、萃取反萃系统、产品沉淀设施、淋洗剂配制、解毒剂配制、洗水配制、萃取剂配制、反萃取剂配制、废水处理设施等工艺过程检测控制。水冶厂与井场自动化系统在监控调度中心实现集中操控，保证协调的生产调度和管理。工程自动化控制的应用，大大减少了现场操作人员数量、减轻操作人员劳动强度、提高工作效率、提高金属回收率，增强生产安全、稳定运行的可靠性。

自动化系统采用现场仪表和执行机构、PLC 控制站、工程师（操作员）站三级结构，各子站 PLC 之间采用工业以太环网联网，并经此工业以太环网与水冶厂房控制系统实现互联。工程师站和操作员站之间采用工业以太网互联，并预留管理网络接口。通过分层、分布式结构实现生产管理和生产过程

自动控制的一体化，辅以工业电视系统进行视频监控，实现提高生产效率和管理水平，及时发现和排除生产事故隐患，保障人身和设备安全，在水冶厂房主控室进行集中监控，实现集控室、泵房、配电室等生产单元无人值守。

3.6.5 总图工程

1）运输方式

矿区外原辅材料的运输采用汽车与火车联合的运输方式，矿区内运输采用汽车运输。

2）运输道路

新建由水冶厂区向北与旗内东西向沥青公路相接的场外道路 0.725km，道路采用公路型沥青道路，路基宽 10.0m，路面宽 6.0m，两侧土路肩，两侧路肩外修边沟，边沟外侧布置绿化带。

水冶厂内部道路总长 1.587km，采用城市型道路，均为沥青道路，主干道路基、路面宽均为 6.0m；支路路基、路面宽为 4.5m 和 3.5m，道路两侧设置边沟。

3）运输设备

本项目新增运输设备主要为载重 10t 的产品运输专用车 4 辆、1.5t 的 130 型客货两用车 1 辆、3t 的叉车 2 辆和 5m^3 的酸罐车 1 辆。

3.6.6 绿化

绿化由道路绿化、水冶厂区及环境绿化等组成。主干道两侧采用落叶乔木绿化；厂区内道路边设置绿化带，采用乔木和灌木结合的方式。本项目绿化面积为 9125m^2。

3.7 总平面布置方案

1）井场总平面布置

在矿床所在位置布置井场，首采区位于 B371 勘探线至 B347 勘探线，分成 01~04 四个分采区，每个分采区设集控室。其中，在井场分采区边缘外侧无矿位置布置集液池、集液泵房等设施，浸出液通过潜水泵提升至地表后汇集到集液池，然后通过集液泵送至水冶厂；各分采区集控室布置在靠近采区

中心并地势较高的位置，便于浸出液的汇集和输送，并尽量利用高差实现自流输送，不能实现自流地段，采用架空方式人造高差实现自流。

2）水冶厂区平面布置

水冶厂区紧邻井场西南侧的无矿地带，顺应生产工艺流程，水冶主要建构筑物由北至南分三列布置。紧邻井场第一列布置集液池及泵房、配液池及泵房、硫酸供应站、锅炉房；第二列布置浸出液处理综合厂房、化工材料库、35kV 变电站、柴油发电机房；第三列布置生产调度室、淋浴室及洗衣房、中心化验室及备品备件库、机修厂房、车库等。蒸发池紧邻水冶厂南侧布置。

3.8 主要污染物及治理措施

3.8.1 废气及治理措施

3.8.1.1 集液池

浸出液自抽液孔抽出时，挟带和溶解了大量的 ^{222}Rn 气体，经抽液支管输送到集液池后，^{222}Rn 气体释放于大气。本项目生产过程中集液池年排放 ^{222}Rn 量约为 $2.01\times10^{13}Bq/a$。

3.8.1.2 蒸发池

蒸发池中废气的来源主要有两部分：一是废液蒸发时，其中溶解的 ^{222}Rn 随之挥发，析出一定量的 ^{222}Rn；二是在蒸发池干涸状态下，其干滩面中遗留的放射性固体残渣表面析出的 ^{222}Rn。按照生产阶段的不同，蒸发池可分为生产期和关停期退役前两个阶段。

生产期蒸发池尾液蒸发释放的 ^{222}Rn 量为 $1.50\times10^{10}Bq/a$；关停期（关停第二年），蒸发池 ^{222}Rn 释放量为 $4.16\times10^{11}Bq/a$。

3.8.1.3 锅炉烟气

本项目在水冶厂区建设锅炉房，内设 1 台 0.35MW 和 1 台 1.4MW 燃煤热水锅炉。在小负荷工况下（夏季），只运行 1 台 0.35MW 锅炉供淋浴用；在满负荷工况下（冬季），则 2 台锅炉同时运行。同时运行时，锅炉燃煤产生的烟气量为 $9800m^3/h$，烟气中烟尘初始产生量为 35.65kg/h，烟尘产生浓度为

3638mg/m^3；SO_2的初始产生量为 9.4kg/h，SO_2产生浓度为 960mg/m^3。

本项目锅炉燃煤产生的烟气经高效脱硫湿式除尘器，除尘效率 98%，脱硫效率 70%。经处理后烟尘的排放浓度为 73mg/m^3，SO_2 的排放浓度为 288mg/m^3，可以实现达标排放，锅炉烟气最终经烟囱排放至大气环境中。

3.8.1.4 厂房废气

本项目厂房废气主要为浸出液处理综合厂房中的吸附淋洗间、萃取压滤间及成品库、集液泵房和注液泵房等设施在生产过程中产生的放射性气溶胶、氡气、湿气、酸雾等，其产生量很小。采取全面通风措施后，由烟囱（高出周边 50m 范围内最高建筑物 3m）排入环境，经大气扩散稀释后，对环境影响较小。

3.8.2 废水及治理措施

3.8.2.1 工艺废水

1）废水的产生

本项目工艺废水主要包括解毒树脂洗水、解毒液以及除油后的萃余液和负载有机相洗涤液。其中，解毒树脂洗水和解毒液约 112.3m^3/d，除油后的萃余液和负载有机相洗涤液约 3.6m^3/d，共计 115.9m^3/d。

2）放射性废水处理措施

本项目放射性废水排放量共计 115.9m^3/d，直接排入蒸发池自然蒸发。本项目新建 4 座蒸发池，蒸发池采用夯土式结构，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。蒸发池底部铺设防渗层，蒸发池之间通过分配管道和阀门控制进入蒸发池的废水量，蒸发池之间设连通管，四周设置截洪排水沟，蒸发池防渗层下设置检漏设施，防止蒸发池的泄漏污染区域地下水。

3.8.2.2 洗井废水

生产过程中，钻孔在工作一段时间后由于杂质的累积可能导致注液量明显下降，因此需要对钻孔采取反复的机械洗井工作，并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。

3.8.2.3 生活废水

本项目非放射性废水主要为职工生活污水，总排水量约为 21.45m^3/d。废水中的主要污染物为 SS、COD 及氨氮等，其中 SS 浓度：100mg/L；COD 浓度：300mg/L；氨氮浓度：40mg/L。

本项目拟在水冶厂区设置一套地埋式一体化污水处理设施，处理工艺为 A/O 法，该设施包括调节池、厌氧酸化池、好氧池、沉淀池。职工生活污水经处理后达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，用于厂区的绿化，不外排。

3.8.3 固体废物及处置措施

3.8.3.1 钻井泥浆

1）泥浆产生量及含矿段泥浆放射性水平

本项目生产过程中抽液井、注液井及监测井的施工过程中会产生一定量的钻井泥浆。按照本项目含矿层平均品位计算，抽液井产生的放射性泥浆中 $U_{天然}$水平约为 38mg/kg。注液井和监测井计算方法和结果与抽液井相同。可见，生产钻孔产生的钻井泥浆放射性水平较低，可豁免。

2）钻井泥浆处置措施

本项目钻井施工过程中产生的钻井泥浆统一运至厂区泥浆池处置。

3.8.3.2 浸出液处理残渣和洗井废渣

本项目生产过程中浸出液过滤过程中产生少量的残渣、环保洗孔工作站处理洗井废水时产生少量的废渣，均为放射性固体废物，生产期产生量约为 7.2t，统一运至蒸发池堆存，待退役时一并处理。

3.8.3.3 蒸发池残渣

蒸发池残渣是蒸发池蒸发放射性废水后遗留在池底的固体废渣，其中放射性核素来源主要为废水中核素残留、浸出液处理残渣和洗井废渣。残渣放射性水平相当于铀矿冶行业表外废石中的铀含量水平，蒸发池残渣经处理后不会对周围环境产生明显的影响。

3.8.3.4 废旧管道、设备

本项目生产过程中检修会产生一定量的废旧管道、阀门、水泵、过滤器等放射性固体废物，年产生量约为 4.4t/a。对于产生的上述废旧金属，经简单去污后暂存于项目废品库，待退役时统一处理。

3.8.3.5 锅炉灰渣

水冶厂区锅炉燃煤产生锅炉灰渣，产生量约为 228t/a。锅炉灰渣外运综合利用。

3.8.3.6 生活垃圾

生活垃圾为工作人员日常生活产生的固体废物，根据厂区工作人员的人数估算，本项目产生生活垃圾约为 8.25t/a，生活垃圾集中存放、定期处理。

3.8.4 噪声及治理措施

本项目噪声源主要为井场和水冶厂的潜水泵、离心泵、风机等，单机噪声源强均小于 90dB（A）。

对于噪声的防治，各种设备均选用低噪声环保设备，对风机、水泵及空压机等均采取了有效的隔声、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）。

3.9 采取的其它环保措施

3.9.1 防止跑冒滴漏的措施

1）集液池、配液池均为钢筋混凝土结构，采用内衬防水砂浆+单组分环保型的聚氨酯涂料防腐防渗措施；井场集控室、原液泵房、注液泵房、水冶厂房等车间地面均为混凝土垫层水泥砂浆，可起到有效的防渗漏作用；

2）潜水泵提升浸出液的过程中，平缓无剧烈搅动，浸出液的传输均在封闭系统内进行，避免了氡气的释放及浸出液的泄漏。浸出液从集控室到集液池采用自流无压力输送，减小了跑冒滴漏发生的可能；

3）管道、阀门及仪表全部选用高质量、易连接的产品，在管道安装完成

后进行压力试验，确保管道无泄漏；

4）集液池、配液池容积均有足够的裕度且设有液位自动检测、报警及联锁控制装置，可有效避免液体的溢出；蒸发池底敷设防渗层及检漏装置，可有效防止蒸发池的渗漏；

5）生产中值班人员昼夜巡视，发现跑冒滴漏立即报告，及时找出原因并加以解决；

6）抽液管道、注液管道等均设有流量和压力的自动检测、报警装置，一旦出现泄漏，可及时发现并修复；

7）抽注液管管道采用填埋方式铺设，埋深在当地冻土层以下，裸露处采用外保温处理，防止管道冻裂。

3.9.2 防止钻孔泄漏的措施

本项目抽注液孔的深度达 125m 以上，为了防止溶浸液和浸出液抽注过程中泄漏对其它含水层地下水产生影响，本项目采取了如下措施：

1）抽注液管选用优质的 PVC 管，PVC 管直接与井下潜水泵连接，抽注液在抽注液管中流动，除非发生抽注液管破裂，否则不会发生废水泄漏；由于抽注液管流量均在自动化系统的监控下，一旦发生管道破裂，可及时发现、补救；

2）抽注液管位于钻孔套管内，套管材质为 PVC，套管与套管间用管箍连接，为封闭结构，是防止抽注液管泄漏后废水进入其它含水层的另一道防御；

3）为了固定套管同时防止污染，在套管与抽注液孔之间的孔隙采用水泥进行密封，凝固后的水泥的渗透系数很小，也可对废水实现阻隔。

通过以上多重防御系统，抽注液孔在运行过程中对其它含水层地下水产生污染的可能非常小。

3.9.3 井场施工环保措施

1）在井场钻孔施工的过程中，集中挖掘泥浆池，以保证泥浆不向外溢，集中掩埋；

2）认真检查每根抽注液孔管的质量状况，确定每个井管联结丝扣处有密封圈及密封胶；

3）严格执行设计工艺，确保钻孔止水层位于含矿含水层上隔水底板内；

4）生产钻孔施工过程中严禁揭露下隔水板底板泥岩层；

5）钻孔注浆完毕后采用物探温度测井技术，来确定止水层稳定状况及水泥浆固孔质量；

6）钻孔施工完毕后将钻孔注满水后，采用物探电流测井来检测井管质量。

3.9.4 管线施工环保措施

1）地面管网的集液、注液主管按一定坡度架空铺设，并采取保温措施；注液、集液支管保温后埋于地表以下 0.5m；井口采用砼井封闭，对井场的各种仪表、阀门集中控制，以便于日常的管理；

2）管道、阀门及仪表全部选用高质量、易连接、耐腐蚀的产品，并在管网安装完成后进行压力试验，防止发生溶液的跑、冒、滴、漏等现象；

3）钻孔的井管连接丝扣由锥形改为方形扣连接，连接处加密封胶或密封胶带，以增强井管的密封性。

3.9.5 蒸发池土工膜施工环保措施

本项目蒸发池土工膜是重要的环保措施，在施工时应按照标准要求施工：

1）按照施工组织设计制定施工方案，按要求选购优质的土工膜材料；

2）清除场内妨碍土工膜安全的各种杂物；

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

4）土工膜的运输和贮存应符合相关规定要求；

5）土工膜支持层应平整光滑，基底应密实均匀；

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

7）土工膜铺设过程中应进行搭接宽度和焊缝的质量控制；

8）施工中保护土工膜不受破坏，车辆不得直接在土工膜上碾压。

4 环境现状调查与评价

4.1 调查目的

为了了解和掌握巴彦乌拉铀矿床地浸采铀工程实施前评价区域内环境质量现状，得到并保留环境现状资料，以便工程投产后，为制定常规环境监测方案和评价工程在正常运行时和事故排放时的放射性物质及环境影响提供对比依据，开展了此次环境质量现状调查与评价。

4.2 调查内容

内蒙古自治区辐射环境监督站和锡林郭勒盟环境保护监测站于 2014 年 3 月分别对工程拟建厂址周边辐射环境和非放射性环境进行了监测，并分别形成了辐射环境监测报告（报告编号：WT/B-019-04-14）和非放射性环境监测报告（报告编号：HPXZ2014-003）。内蒙古自治区辐射环境监督站和锡林郭勒盟环境保护监测站均为具有计量认证合格证的环境监测机构，所出具的监测报告是有效的。

4.2.1 监测项目与点位

本次环境监测的介质主要有环境空气、地下水、土壤、陆生生物。监测内容主要包括：

1）空气：氡气及氡子体浓度、氡析出率、γ 辐射空气吸收剂量率、PM_{10}、SO_2；

2）地下水：$U_{天然}$、^{226}Ra、pH、Hg、Cr^{6+}、Cd、Pb、Mn、As、Fe、Cu、Mo、Zn、Ni、氨氮、高锰酸盐指数、氯化物、硫酸盐、氟化物、溶解性总固体；

3）土壤：$U_{天然}$、^{226}Ra、 pH、As、Cd、Hg、Pb、Cr、Zn、Mo、Ni；

4）陆生生物：$U_{天然}$、^{226}Ra；

5）声环境：等效声级 L_{Aeq}。

4.2.2 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。本项目部分监测内容和测量分析方法及监测仪器见表 4-1。

表 4-1　　环境现状监测方法和测量仪器

监测项目		分析方法	使用仪器	检出限
空气	氡浓度	GB/T14582-1993	连续测氡仪 1027	3.7Bq/m^3
	氡析出率	EJ/979-1995	氡钍及氡钍射气析出率测量仪 ERS-2-S	0.004Bq/（m^2·s）
	氡子体	EJ378-1989	自动定标仪 FH463	48.1Me/L
	PM_{10}	重量法	电子天平 XS150DU	0.010mg/m^3
	SO_2	分光光度法	7200 可见分光光度计	小时值 0.007mg/m^3
γ 辐射剂量率		GB/T14583-1993	γ 剂量率仪 FH40G	0.1nGy/h
地下水	$U_{天然}$	GB/T6768-1986	激光微量铀分析仪 LMU-3	0.02μg/L
	^{226}Ra	GB/T11214-89	氡钍分析仪 FD-125	2.0×10^{-3}Bq/L
	pH	GB6290-198686	pH 计	0.1
	高锰酸盐指数	GB11892-1989	滴定管	0.5mg/L
	氨氮	HJ535-2009	氨氮自动分析仪 SK-100AR	0.025mg/L
	六价铬	GB7647-1987	722 分光光度计	0.004mg/L
	铜	GB7475-1987	原子吸收光谱仪 contrAA700	0.001mg/L
	锌			0.05mg/L
	锰	GB11911-1989		0.01mg/L
	镍	GB11912-1989		0.005mg/L
	铁	GB11911-1989		0.03mg/L
	砷	SL327.1-2005	双道原子荧光光度计 AFS-830	0.0002mg/L
	汞	SL327.2-2005		0.00005mg/L
	铅	GB/T7475-1987	原子吸收光谱仪 contrAA700	0.001 mg/L
	镉	GB/T7475-1987		0.0001mg/L
	氟化物	GB/T 7484-1987	型离子活度计 ISE-4200	0.05 mg/L
	氯化物	GB/T 11896-1989		10 mg/L
	硫酸盐	HJ342-2007		8 mg/L
	溶解性总固体	GB11901-1989	天平等	/
土壤	^{238}U	EJ/T550-2000	多道 γ 谱仪 DART-351	0.4Bq

监测项目		分析方法	使用仪器	检出限
植物	^{226}Ra	GB/T13073-91		
	pH	NY/T1377-2007	pH 计	0.1
	砷	GB/T22105.1-2008	双道原子荧光光度计 AFS-830	0.002mg/kg
	汞			0.002mg/kg
	铬	HJ491-2009	原子吸收光谱仪 contrAA700	0.50mg/kg
	铅	GB/T17141-1997		0.001mg/kg
	锌	GB/T17138-1997		0.50mg/kg
	镍	GB/T17139-1997		0.50mg/kg
	镉	GB/T17141-1997		0.01mg/kg
噪声	等效噪声级	噪声仪法	噪声分析仪 HS6288E	0.1dB(A)

4.3 监测质量保证

1）参加监测单位均是经过国家认证的单位；所有参加监测的技术人员均参加过专业培训，经过上级部门考核，取得合格证书，并持证上岗操作。

2）测量、取样和分析工作均执行国家或行业颁布的标准方法，分析过程严格按照标准要求进行。

3）所使用的监测和测量仪器均经过计量行政部门指定的计量检定机构确认并确认合格。

4）现场测量结果的质量采用重复检查测量进行控制。重复检查测量比例不少于 10%。对异常结果随时发现，随时检查。

5）样品分析结果的质量采用标样检查、重复检查等方法进行控制。分析所用的标准物质溯源到国家或国际标准。

6）为保障监测结果的可靠性，实行全过程监测记录，包括采用记录、监测记录、质量控制记录、核查和对比分析记录、记录保管等方面的内容。

4.4 调查结果与分析

4.4.1 天然贯穿辐射剂量率水平

项目建设区域内的天然贯穿辐射剂量率水平属于当地本底水平；项目所在地周边的牧民点与对照居民点的天然贯穿辐射剂量率水平属于同一水平。

4.4.2 环境空气质量

1）氡及其子体浓度

矿区拟建井场、拟建发池、生活区及附近牧民点的氡及子体浓度监测值均在全国室外氡及子体浓度变化范围之内，且与对照居民点的氡及子体浓度处在同一水平。

2）SO_2 和 PM_{10} 浓度

本次监测的周边牧民点的 PM_{10} 的日均浓度和 SO_2 小时平均浓度监测结果均满足《环境空气质量准》（GB3095-1996）中二级标准限值要求。

4.4.3 地表氡析出率

矿区拟建井场和拟建蒸发池地表氡析出率监测值较低。

4.4.4 地下水环境质量

矿区周边牧民点地下水中 $U_{天然}$ 和 ^{226}Ra 浓度与锡林郭勒盟处于同一水平；地下水监测的各项非放射性指标均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-1993）中Ⅲ类水质的要求。

4.4.5 土壤环境质量

矿区及其周边各监测点的土壤中 ^{238}U 和 ^{226}Ra 含量处在全内蒙古和锡林郭勒盟本底水平之内；土壤中非放射性核素含量满足《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）中二级标准要求。

4.4.6 生物样品

井场及周边牧民点的牧草及羊等样品中均未检出 ^{238}U 和 ^{226}Ra。

4.4.7 声环境质量

本项目对矿区周边最近牧民点和铀矿已有生活区的环境噪声值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声环境功能区噪声标准。

5 辐射环境影响预测与评价

5.1 污染源项

本项目生产过程中对公众产生附加照射剂量的途径主要为气态流出物的释放，气态源项主要为集液池和蒸发池，均为面源。

根据工程分析可知，在生产期和停产后两个阶段的气态流出物的源强不同。其中，生产期间集液池污染物排放量大，蒸发池排放量小；关停期集液池不排放污染物，但蒸发池的排放量较大。污染源项的各阶段的源强及排放参数见表 5-1 和表 5-2。

表 5-1 放射性废气的排放情况一览表

阶段 / 设施	生产期间（Bq/a）	关停期（Bq/a）
集液池	2.01E+13	0
蒸发池	1.50E+10	4.16E+11
合计	2.01E+13	4.16E+11

表 5-2 放射性废气的气态源项参数

源项	坐标		排放高度（m）	源项类型	面源尺寸 长×宽（m×m）
	X，km	Y，km			
集液池	0	0	0.8	矩形面源	30×20
蒸发池	-0.06	-0.15	0	矩形面源	240×100

5.2 评价年份

本项目辐射环境影响评价分为生产期和关停期两个时期分别预测，其中生产期代表年份选定为 2027 年，关停期代表年份选定为 2028 年。

5.3 评价中心

本次辐射环境影响评价两个时期均选取集液池为评价中心。

5.4 照射途径、放射性核素

本项目放射性源项中考虑的核素为气态流出物中的 ^{222}Rn，其照射途径主

要为吸入内照射。

5.5 评价模式

按照《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ/T2.2-2008）要求，本项目大气辐射环境影响预测采用基于最新大气边界层理论和剂量估算参数的预测程序 UAIR-FINE。该程序内嵌的大气扩散模型为导则推荐的大气预测模式之一、美国 EPA 开发的法规扩散模式 AERMOD（Version 09292），剂量计算模式根据 IAEA 和 ICRP 最新剂量模式和参数创建。

5.6 本项目所致公众剂量估算与评价

5.6.1 生产期气态源项所致辐射环境影响

1）氡浓度

本项目生产期气态源项为集液池和蒸发池，该气态源项释放的 ^{222}Rn 所致各子区 ^{222}Rn 浓度分布情况见表 5-3。由该表可知，评价范围内 ^{222}Rn 浓度最大贡献值为 7.12Bq/m^3。

表 5-3　　20km 评价范围 ^{222}Rn 浓度　　单位：Bq/m^3

方位	距离（km）					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	1.07E+01	3.33E+00	1.35E+00	6.51E-01	2.51E-01	7.95E-02
NNE	1.37E+01	3.97E+00	1.35E+00	7.56E-01	2.88E-01	9.04E-02
NE	1.04E+01	2.72E+00	1.06E+00	5.05E-01	1.95E-01	6.50E-02
ENE	4.56E+00	1.01E+00	3.54E-01	1.55E-01	5.25E-02	1.49E-02
E	4.38E-01	1.04E+00	4.20E-01	2.04E-01	7.99E-02	2.63E-02
ESE	3.78E+00	9.63E-01	3.67E-01	1.70E-01	6.32E-02	1.97E-02
SE	3.62E+00	8.47E-01	3.19E-01	1.46E-01	5.38E-02	1.72E-02
SSE	2.53E+00	4.95E-01	1.75E-01	7.64E-02	2.60E-02	7.50E-03
S	3.37E+00	8.89E-01	3.45E-01	1.62E-01	6.07E-02	1.87E-02
SSW	4.29E+00	9.55E-01	3.67E-01	1.70E-01	6.30E-02	1.94E-02
SW	6.24E+00	1.08E+00	4.39E-01	2.05E-01	7.60E-02	2.44E-02

WSW	6.49E+00	9.01E-01	3.48E-01	1.54E-01	5.16E-02	1.44E-02
W	1.54E+01	3.84E+00	6.00E-02	7.27E-01	2.79E-01	8.76E-02
WNW	1.83E+01	4.44E+00	1.83E+00	8.77E-01	3.33E-01	1.04E-01
NW	1.51E+01	2.99E+00	1.24E+00	5.82E-01	2.15E-01	6.71E-02
NNW	**7.12E+00**	1.49E+00	5.81E-01	2.58E-01	8.71E-02	2.45E-02

注：表中阴影部分为无人子区。

2）个人剂量

本项目生产期气态源项所致评价区域内各子区的个人剂量见表 5-4。由该表可知，评价范围内公众最大个人剂量值为 0.15mSv/a。

表 5-4　20km 评价范围公众最大个人剂量　单位：mSv/a

方位	距离（km）					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	2.30E-01	7.12E-02	2.88E-02	1.39E-02	5.37E-03	1.70E-03
NNE	2.94E-01	8.49E-02	2.89E-02	1.62E-02	6.16E-03	1.93E-03
NE	2.22E-01	5.81E-02	2.27E-02	1.08E-02	4.16E-03	1.39E-03
ENE	9.74E-02	2.15E-02	7.57E-03	3.31E-03	1.12E-03	3.19E-04
E	9.35E-03	2.23E-02	8.98E-03	4.35E-03	1.71E-03	5.63E-04
ESE	8.09E-02	2.06E-02	7.85E-03	3.64E-03	1.35E-03	4.22E-04
SE	7.75E-02	1.81E-02	6.81E-03	3.13E-03	1.15E-03	3.68E-04
SSE	5.42E-02	1.06E-02	3.74E-03	1.63E-03	5.55E-04	1.60E-04
S	7.20E-02	1.90E-02	7.38E-03	3.47E-03	1.30E-03	3.99E-04
SSW	9.18E-02	2.04E-02	7.84E-03	3.64E-03	1.35E-03	4.15E-04
SW	1.33E-01	2.32E-02	9.38E-03	4.38E-03	1.62E-03	5.22E-04
WSW	1.39E-01	1.93E-02	7.43E-03	3.28E-03	1.10E-03	3.08E-04
W	3.28E-01	8.22E-02	1.28E-03	1.55E-02	5.96E-03	1.87E-03
WNW	3.91E-01	9.48E-02	3.91E-02	1.87E-02	7.12E-03	2.22E-03
NW	3.22E-01	6.40E-02	2.64E-02	1.24E-02	4.60E-03	1.43E-03
NNW	**1.52E-01**	3.19E-02	1.24E-02	5.51E-03	1.86E-03	5.23E-04

注：表中阴影部分为无人子区。

3）居民集体有效剂量

本项目生产期间气态源项所致 20km 评价范围内公众集体剂量结果见表 5-5。由表可知，气态源项所致 20km 评价区域内集体剂量为 1.54×10^{-3}Sv·人/a。

表 5-5　20km 评价范围公众集体剂量　　单位：Sv·人/a

距离（km）	0~1	0~2	0~3	0~5	0~10	0~20
集体剂量（人·Sv/a）	6.12E-04	6.12E-04	8.43E-04	8.43E-04	1.14E-03	1.54E-03

5.6.2 关停期气态源项所致辐射环境影响

1）氡浓度

本项目关停期气态源项释放的 ^{222}Rn 所致各子区 ^{222}Rn 浓度分布情况见表 5-6 所示。从表中可见，评价范围内地面空气中 ^{222}Rn 浓度最大贡献值为 0.071Bq/m^3。

表 5-6　20km 评价范围 ^{222}Rn 浓度　　单位：Bq/m^3

方位	距离（km）					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	9.79E-02	3.83E-02	2.00E-02	1.07E-02	4.48E-03	1.50E-03
NNE	1.25E-01	4.44E-02	5.60E-02	1.45E-02	5.81E-03	1.81E-03
NE	1.66E-01	4.26E-02	2.21E-02	1.16E-02	4.62E-03	1.52E-03
ENE	1.73E-01	3.46E-02	1.24E-02	6.17E-03	2.18E-03	4.78E-04
E	**7.14E-02**	1.84E-02	3.70E-03	2.35E-03	1.48E-03	5.66E-04
ESE	1.61E-01	2.46E-02	6.65E-03	3.69E-03	1.65E-03	5.12E-04
SE	2.51E-01	2.38E-02	9.11E-03	4.29E-03	1.45E-03	4.08E-04
SSE	9.78E-01	2.42E-02	4.89E-03	1.71E-03	5.16E-04	1.40E-04
S	1.01E+00	2.90E-02	1.14E-02	4.60E-03	1.48E-03	4.10E-04
SSW	3.86E-01	2.76E-02	6.39E-03	3.13E-03	1.29E-03	4.20E-04
SW	3.22E-01	3.22E-02	1.13E-02	3.91E-03	1.33E-03	4.38E-04
WSW	3.26E-01	5.30E-02	1.17E-02	3.61E-03	9.24E-04	2.84E-04
W	2.36E-01	7.81E-02	3.73E-02	1.14E-02	4.65E-03	1.60E-03
WNW	1.52E-01	5.81E-02	2.26E-02	1.13E-02	4.75E-03	1.77E-03
NW	1.21E-01	3.87E-02	1.71E-02	8.66E-03	3.22E-03	1.07E-03
NNW	4.40E-02	1.92E-02	9.20E-03	4.41E-03	1.55E-03	4.56E-04

注：表中阴影部分为无人子区。

2）个人剂量

本项目关停期气态源项所致评价区域内各子区的个人剂量见表 5-7。由该表可知，评价范围内公众最大个人剂量值为 1.53×10^{-3}mSv/a。

表 5-7　20km 评价范围公众最大个人剂量　单位：mSv/a

方位	距离（km）					
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20
N	2.09E-03	8.18E-04	4.28E-04	2.29E-04	9.58E-05	3.20E-05
NNE	2.67E-03	9.49E-04	1.20E-03	3.11E-04	1.24E-04	3.87E-05
NE	3.54E-03	9.10E-04	4.71E-04	2.48E-04	9.87E-05	3.25E-05
ENE	3.71E-03	7.40E-04	2.64E-04	1.32E-04	4.66E-05	1.02E-05
E	**1.53E-03**	3.94E-04	7.92E-05	5.01E-05	3.16E-05	1.21E-05
ESE	3.44E-03	5.25E-04	1.42E-04	7.89E-05	3.53E-05	1.09E-05
SE	5.37E-03	5.09E-04	1.95E-04	9.16E-05	3.10E-05	8.72E-06
SSE	2.09E-02	5.18E-04	1.04E-04	3.65E-05	1.10E-05	2.99E-06
S	2.16E-02	6.19E-04	2.43E-04	9.82E-05	3.17E-05	8.76E-06
SSW	8.24E-03	5.89E-04	1.37E-04	6.70E-05	2.76E-05	8.98E-06
SW	6.89E-03	6.87E-04	2.42E-04	8.36E-05	2.84E-05	9.36E-06
WSW	6.97E-03	1.13E-03	2.50E-04	7.71E-05	1.97E-05	6.07E-06
W	5.05E-03	1.67E-03	7.97E-04	2.44E-04	9.95E-05	3.41E-05
WNW	3.26E-03	1.24E-03	4.84E-04	2.41E-04	1.02E-04	3.78E-05
NW	2.58E-03	8.27E-04	3.66E-04	1.85E-04	6.89E-05	2.28E-05
NNW	9.40E-04	4.10E-04	1.97E-04	9.43E-05	3.32E-05	9.75E-06

注：表中阴影部分为无人子区。

3）居民集体有效剂量

本项目关停期间气态源项所致 20km 评价范围内公众集体剂量结果见表 5-8。由表可知，气态源项所致 20km 评价区域内集体剂量为 2.58×10^{-5}Sv·人/a。

表 5-8　20km 评价范围公众集体剂量　单位：Sv·人/a

距离（km）	0~1	0~2	0~3	0~5	0~10	0~20
集体剂量（人·Sv/a）	7.24E-06	7.24E-06	1.11E-05	1.11E-05	1.69E-05	2.58E-05

5.7 公众辐射环境影响评价

综上所述，本项目在生产期、关停期的气态源项主要是集液池和蒸发池释放的 ^{222}Rn，照射途径为吸入内照射。

本项目生产期气态源项所致评价区域 20km 范围内最大个人有效剂量为 0.15mSv/a，最大个人剂量占公众剂量约束值 0.5mSv/a 的 30%。20km 范围内

的集体剂量为 1.54×10^{-3} 人·Sv/a。

关停期气态源项所致评价区域 20km 范围内最大个人有效剂量为 1.53×10^{-3}mSv/a，最大个人剂量占公众剂量约束值 0.1mSv/a 的 0.3%。20km 范围内的集体剂量为 2.58×10^{-5} 人·Sv/a。

6 地下水环境影响评价

本项目对地下水环境产生影响的主要途径有：①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蒸发池渗漏污染地下水。

6.1 井场溶浸液地下水环境影响评价

地浸采铀是由一组抽、液孔来实现铀的提取的，即通过注液孔将溶浸剂溶液注入含矿含水层，然后从抽液孔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液井。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，有必要进行井场溶浸液地下水环境影响预测与评价。

本次地下水预测主要建立概化模型，并进行数值求解，从而进行水动力流场和溶质弥散场的模拟。

6.1.1 水文地质概念模型

概念模型是将地质模型进行概化，是建立地下水污染物迁移的数学模型的基础。地浸采铀均在承压含水层中，且采区范围内含矿含水层变化不大，根据地质勘探结果，建立含矿含水层的地层概念模型，含矿含水层顶、底板致密，不考虑越流的影响。钻孔的密封性良好，不会造成溶浸剂和浸出液在上、下含水层之间的串流。由于埋藏较深，大气降水人渗与大气蒸发对含矿含水层的影响可不考虑。将水流上、下游方向离井场一定距离范围概化为等水头边界。综合上述，所模拟的含矿含水层可概化为三维水动力流场和三维溶质弥散场。

6.1.2 水流和溶质运移理论模型

6.1.2.1 地下水水流方程

1）水流方程

地下水运动基本微分方程：

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}\right)-\omega=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \qquad (6\text{-}1)$$

式中，

K_{xx}——x 方向的渗透系数，m/s；

K_{yy}——y 方向的渗透系数，m/s；

K_{zz}——z 方向的渗透系数，m/s；

h——水头，m；

ω——源汇项，单位体积含水层在单位时间流出或流入地下水的体积，m^3/s；

S_s——储水系数，含水层地下水水头降低一个单位，由于含水层垂向压缩和地下水的弹性膨胀从单位体积含水层释放（或储存）的水的体积。

2）边界条件

（1）第一类边界条件

已知水头的边界条件，在边界的所有点上水头是给定的，对于三维情况，有：

$$H(x,y,z)=H_0(x,y,z) \qquad (x,y,z)\in s \qquad (6\text{-}2)$$

$$H(x,y,z,t)=H_0(x,y,z,t) \qquad (x,y,z)\in s \qquad (6\text{-}3)$$

式中：

s——三维区域的边界曲面。

含水层与河流、湖泊或者海洋之间直接接触的边界，当有充分补给来源时，可能满足第一类边界条件，第一类边界条件也称 Dirichlet 条件。

（2）第二类边界条件

已知通量的边界条件，即垂直于边界面的流量是给定的。表示为：

$$q_n = q \bullet n = -q_b(x, y, z) \qquad (x, y, z) \in s \qquad (6\text{-}4)$$

或 $$q_n = q \bullet n = -q_b(x, y, z, t) \qquad (x, y, z) \in s \qquad (6\text{-}5)$$

式中：

q——边界面上沿法线方向的单位面积流入量；

n——边界外法线的单位矢量。

第二类边界条件也称 Neumann 边界条件。在求解实际地下水问题时，经常遇到一部分边界满足 Dirichlet 条件，另一部分满足 Neumann 条件，成为混合边界问题。

（3）第三类边界条件

已知边界水头和水头的法向导数的组合，即

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

式中：

λ——交换系数；

f——已知函数；

第三类边界条件成为 Cauchy 条件。

6.1.2.2 污染物运移方程

本次评价中对于污染物的运移主要考虑对流、离散、化学反应等机制。

1）运移方程

污染物在三维地下水水流系统中的运移方程如下：

$$\frac{\partial(\theta C^k)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\theta D_{ij}\frac{\partial C^k}{\partial x_j}\right) - \frac{\partial}{\partial x_i}(\theta v_i C^k) + q_s C_s^k + \sum R_n \qquad (6\text{-}7)$$

式中：

θ——地下介质的孔隙度，无量纲；

C^k——核素 k 的溶解浓度，g/m^3；

t——时间，s；

x_i、x_j——分别为沿坐标轴 x 轴和 y 轴的距离，m；

D_{ij}——水动力弥散系数张量，m^2/s；

v_i——渗流或线性空隙水流速度，与单位流量或达西流量 q_i 有关，

$v_i = q_i / \theta$ m/s；

q_s——单位体积含水层源和汇的体积流量；

C_s^k——源汇流中物质 k 的浓度，g/m^3；

$\sum R_n$——化学反应项，g/m。

其中：

$$\sum R_n = -\rho_b \frac{\partial \overline{C}}{\partial t} - \lambda_1 \theta C^k - \lambda_2 \rho_b \overline{C}^k \tag{6-8}$$

式中：

ρ_b——地下介质的体积密度；

$\overline{C}^k$——地下固相吸附物质 k 的浓度；

λ_1——溶解项的第一反应速率；

λ_2——吸附项（固）的第一反应速率；

2）弥散

对于均质有孔介质，根据 Bear 对水动力弥散系数张量 D_{ij} 的定义，其各分量形式如下：

$$D_{xx} = \alpha_L \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_y^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_z^2}{|v|} + D^* \tag{6-9}$$

$$D_{yy} = \alpha_L \frac{v_y^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_z^2}{|v|} + D^* \tag{6-10}$$

$$D_{zz} = \alpha_L \frac{v_z^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_y^2}{|v|} + D^* \tag{6-11}$$

$$D_{xy} = D_{yx} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_x v_y}{|v|} \tag{6-12}$$

$$D_{xz} = D_{zx} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_x v_z}{|v|} \tag{6-13}$$

$$D_{yz} = D_{zy} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_y v_z}{|v|} \tag{6-14}$$

式中：

D_{xx}、D_{yy}、D_{zz}——弥散系数张量的主分量，m^2/s；

D_{xy}、D_{xz}、D_{yx}、D_{yz}、D_{zx}、D_{zy}——弥散系数张量的交叉项，m^2/s；

α_L——纵向弥散度，m；

α_T——横向弥散度，m；

D^*——有效分子扩散系数，m^2/s；

v_x、v_y、v_z——流速矢量 x、y、z 轴的分量，m/s；

$|v|$——流速矢量的绝对值，m/s；$|v|=\sqrt{v_x^2+v_y^2+v_z^2}$。

6.1.3 数值模拟软件

本次评价选用 GMS 三维地下水运移软件。GMS 是地下水模拟系统（Groundwater Modeling System）的简称。软件整体结构包括 MODFLOW、MODPATH、FEMWATER、MT3D、RT3D、SEAM3D、SEEP2D、T-PROGS、UTCHEM、PEST 和 UCODE 等计算模块，还包括 MAP、Boreholes、TINs、Solids、Mesh、Scatter Points、Grid 和 GIS 辅助模块。该软件可进行水流模拟、溶质运移模拟、反应运移模拟；可以建立三维地层实体，进行钻孔数据管理、二维（三维）地质统计；可对模拟结果进行三维可视化演绎及打印输出等。本次评价主要应用其中的 MAP、Scatter Points、Grid、MODFLOW、MODPATH 和 MT3D 等模块，各模块功能详见表 6-1。

表 6-1　　GMS 各模块功能一览表

序号	模块名称	模块功能
1	MODFLOW	美国地质调查局于 20 世纪 80 年代开发出的一套专门用于孔隙介质中地下水流动的三维有限差分数值模拟软件，是世界上使用最广泛的三维地下水水流模型，它是一种应用基于网络的有限差分方法来描述地下水流运动规律的计算机程序。通过把研究区在区间和时间上的离散，建立研究区每个网络的水均衡方程式，所有网络方程连接成为一组大型的线性方程组，迭代求解方程组可以得到每个网络的水头值。MODFLOW 可以模拟水井、河流、潜流、排泄、湖泊、蒸散和人工补给对非均质和复杂边界条件的水流系统的影响。
2	MT3D	模拟地下水中单项溶解组分对流、弥散、源/汇和化学反应的三维溶质运移模型，能够有效处理各种边界条件和外部源汇项。化学反应主要是一些比较简单的单组分反应，包括平衡和非平衡状态的线性和非线性吸附作用、一阶不可逆反应（如放射性衰变）和可逆的动态反应等。模拟计算时，MT3D 需和 MODFLOW 一起使用。

序号	模块名称	模块功能
3	MODPATH	是确定给定时间内稳定或非稳定流中质点运移路径的三维质点示踪模型。它和 MODFLOW 一起使用，根据 MODFLOW 计算出来的流场，在指定各质点的位置后，MODPATH 可进行正向示踪和反向示踪，计算三维水流路径，从而成为水井截获区和井位警戒研究的理想工具。
4	MAP	是快速建立概念模型及相应数值模型的工具。即以 TIFF、JPEG、DXF 等栅格图文件作为底图，在图上确定点、线、多边形的空间位置，直接分配边界条件及参数。点位置用于确定井的抽水数据或污染源点源；线可以确定河流、排泄等模型边界；多边形可以确定面数据，如湖、不同补给区或水力传导系数区。通过 MAP 建立概念模型后，GMS 可自动建立模拟网络，并将参数分配到相应的网络，从而实现对概念模型编辑、运行的目的。
5	Grid	用来建造网络的，其中 3D Grid 模块的使用范围最为广泛，MODFLOW、RT3D、MODPATH 和 UTCHEM 等计算模块都要用到。
6	Scatter Points	是为模型插入散点的模块，可以根据需要将二维或三维散点转入 Mesh 和 Grid 中。

6.1.4 模型主要输入参数

为了能够最大限度的表征污染趋势，预测中采用的参数均为有利于地下水及污染物迁移的上限值。本节列举了在地下水数值模型建立时输入参数，见表 6-2。

表 6-2　主要输入参数一览表

序号	参数	数值
1	渗透系数，m/d	13.2
2	水力坡度	1.4‰
3	孔隙度	20%
4	含矿含水层厚度，m	60
5	纵向弥散度，m	10
6	横向弥散度，m	2
7	分子弥散，m	0

6.1.5 评价年限和评价因子

本次评价对生产期间井场溶浸液对地下水的影响进行预测评价。生产期间即生产服务年限 12a 期间。

本项目采用酸法浸出工艺，根据浸出特点，确定评价因子为 $U_{天然}$、SO_4^{2-}、Cl^-、Mn 等。

6.1.6 模拟采区的选取

根据铀资源的分布情况，本项目布置了 24 个生产采区，采区布置见附图 5。为了模拟采区生产过程中的水流和溶质运移情况，选取了 C4 号井场作为模拟对象。

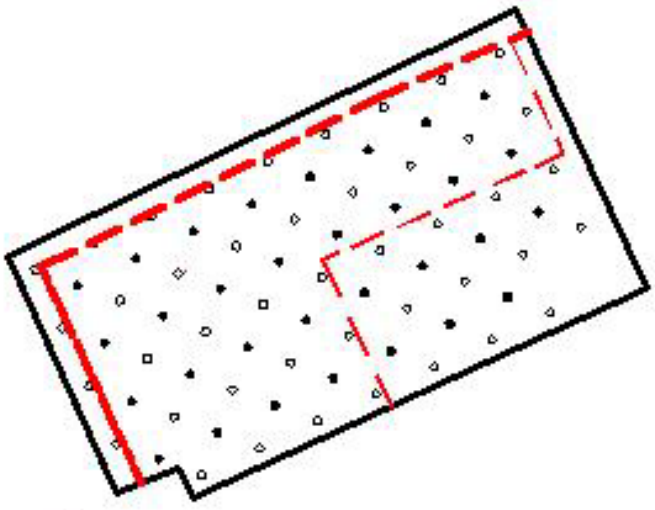


图 6-1　模拟采区抽注液井布置图

6.1.7 流场预测结果分析

6.1.7.1 流场模拟结果

以设计的抽大于注比例 0.3%为依据，应用软件模拟计算得到的生产过程中含矿含水层等水位线见图 6-2。从等水位线图中可知，从采区外部向内部延伸，水位线呈持续下降趋势，形成了降落漏斗。评价时提取了井场内外水位数据，绘制了水位降落漏斗示意图，见图 6-3，从图中可见，在抽大于注 0.3%的比例下，采区可形成比较明显的降落漏斗，可有效的实现溶浸液的控制。

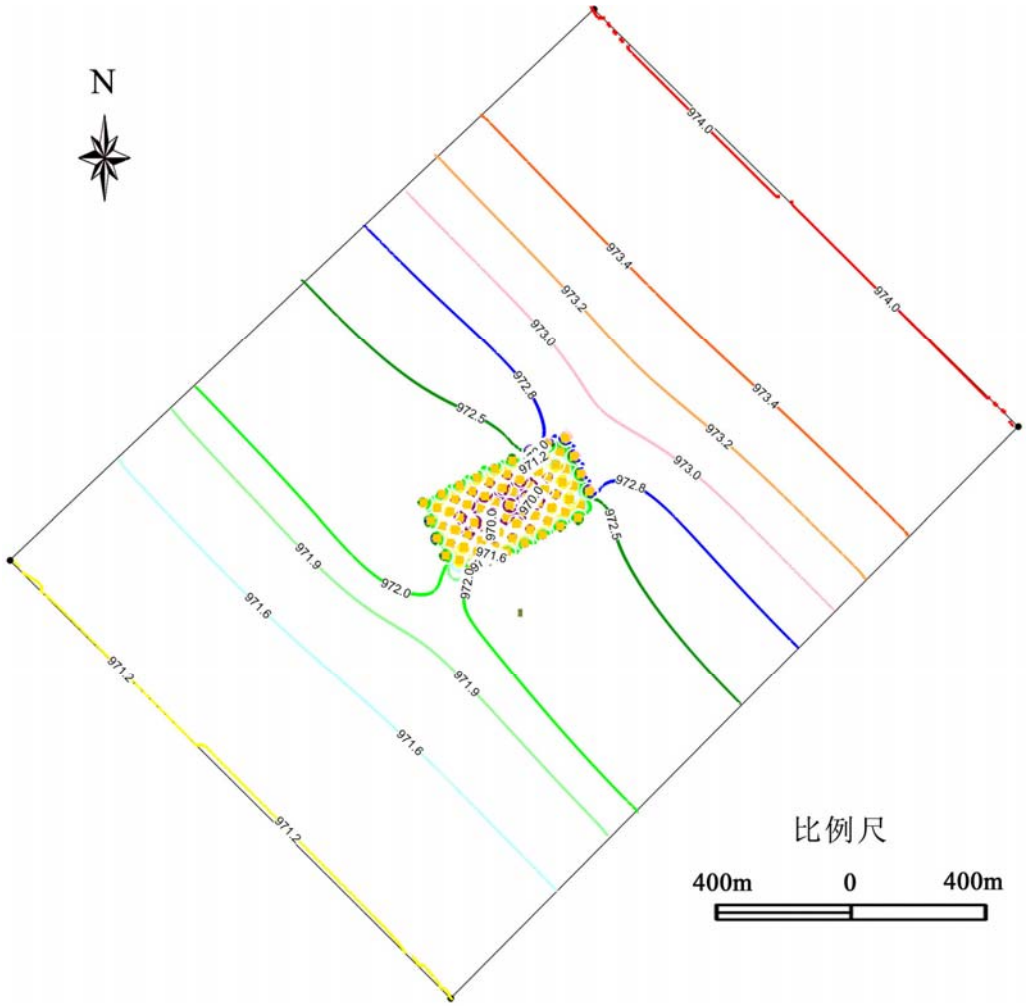


图 6-2　　项目等水位线图

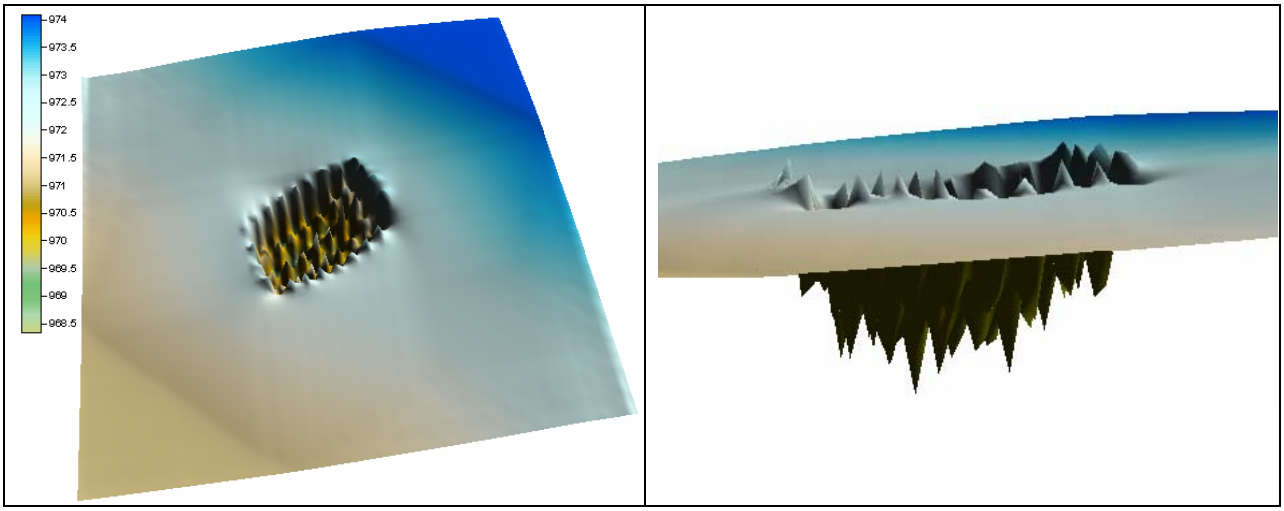


图 6-3　　采区降落漏斗示意图

6.1.7.2 离子追踪预测

在地下水流场模拟的基础上，以注液井为粒子释放对象，开展了注液井的粒子追踪模拟，模拟结果见图 6-4。从模拟结果可见，注液井释放的粒子均向抽液井方向运移，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对于浸出液的回收效果是有保障的。

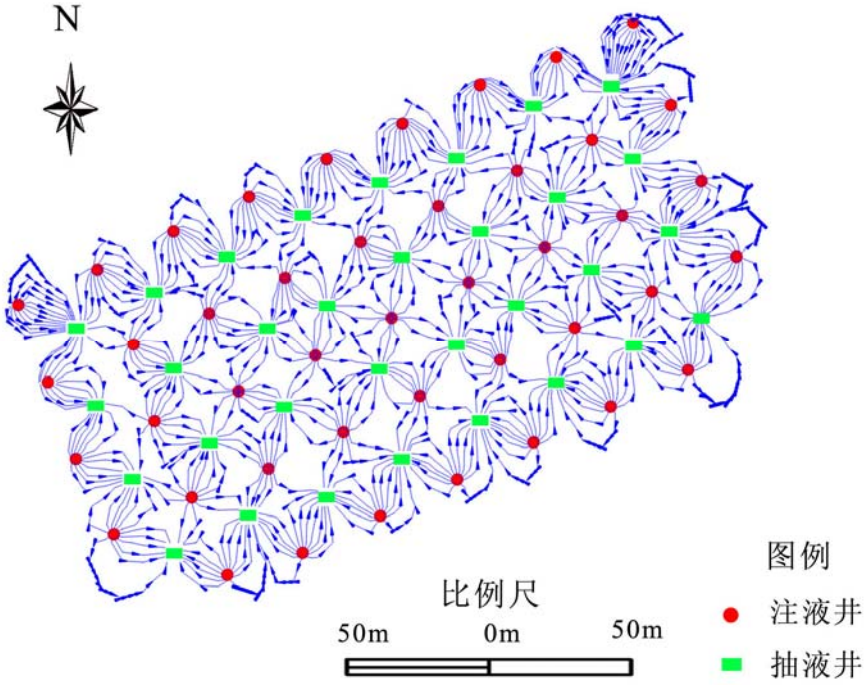


图 6-4　　注液井粒子追踪模拟图

6.1.8 溶质运移结果分析

本次评价分别对井场生产期含矿含水层中的 $U_{天然}$、SO_4^{2-}、Cl^-、Mn 的迁移扩散进行了模拟。

6.1.8.1 $U_{天然}$

对井场生产期含矿含水层中的 $U_{天然}$迁移模拟进行了预测，预测得到的浓度分布晕见图 6-5，分别绘制了第 1a、第 5a、第 10a 和第 12a 的 $U_{天然}$浓度分布图。从浓度分布图中可见：

1）随着生产的进行，污染晕逐渐向井场周围扩散，尤其是在井场下游迁移较快，迁移结果如下：

①在第 1a 时，$U_{天然}$向上游运移了约 40m，向下游运移了 75m，向侧向运移了 42m；

②第 5a 时，$U_{天然}$向上游运移了约 50m，向下游运移了 140m，向侧向运移了 50m；

③第 10a 时，$U_{天然}$向上游运移了约 65m，向下游运移了 180m，向侧向运移了 70m；

④生产期末第 12a 时，$U_{天然}$向上游运移了约 65m，向下游运移了 200m，向侧向运移了 70m；

⑤在生产期末第 12a，以贡献值 0.05mg/L 为边界，井场区影响范围约为 0.238km^2。

2）通过区域位置图和总平面布置图可知，本项目采区下游 1km 范围内无长住居民及其它工业用水点存在。因此，在生产期内，井场生产导致的局部含矿含水层区域地下水中 $U_{天然}$浓度升高不会对地表生态环境产生影响，亦不会造成公众剂量的增加。

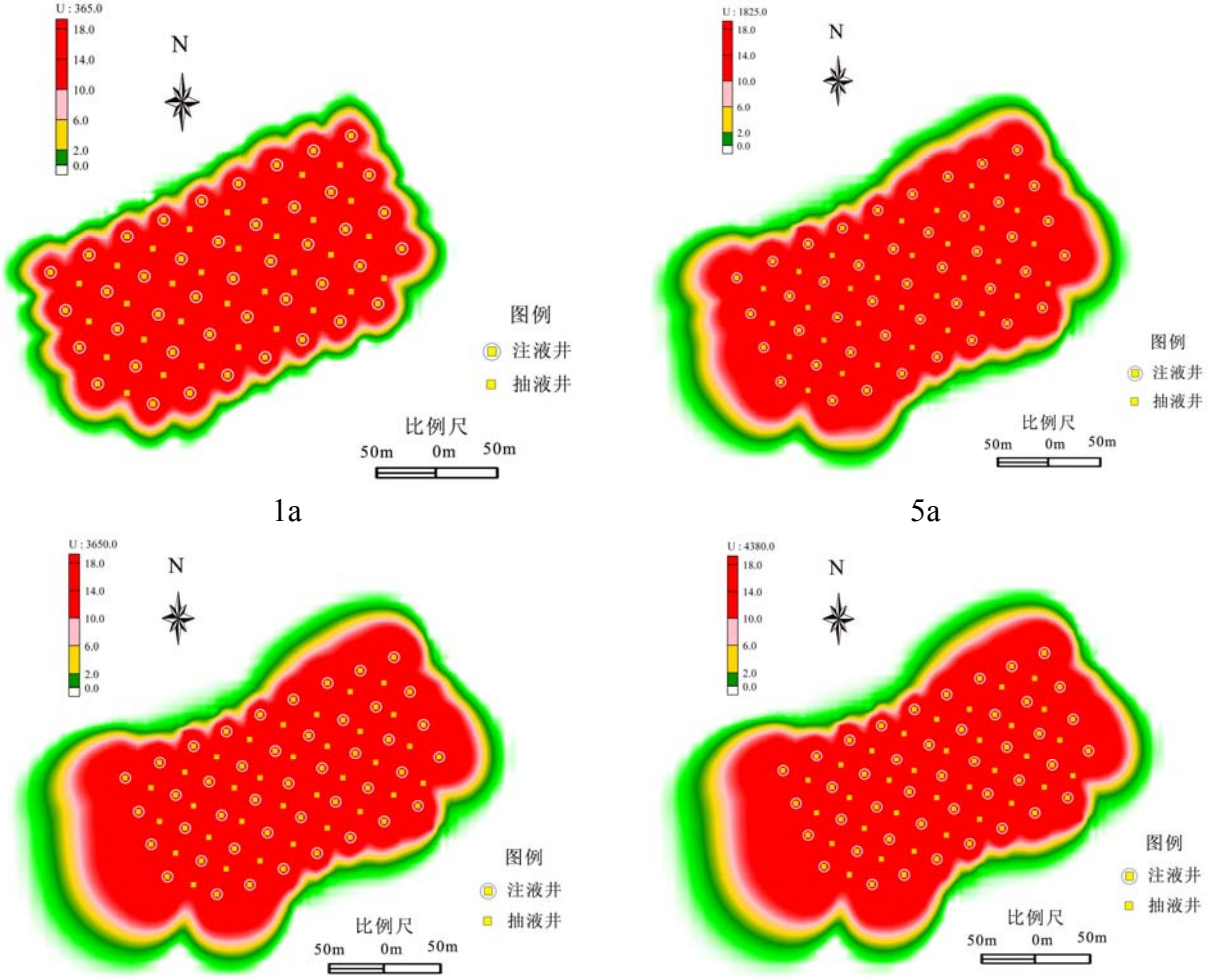


图 6-5　$U_{天然}$在含矿含水层中的浓度分布图

6.1.8.2 硫酸根

对井场生产期含矿含水层中的 SO_4^{2-}迁移模拟进行了预测，预测得到的浓度分布晕见图 6-6，分别绘制了第 1a、第 5a、第 10a 和第 12a 的 SO_4^{2-}浓度分布图。从浓度分布图中可见：

1）随着生产的进行，污染晕逐渐向井场周围扩散，尤其是在井场下游迁移较快，迁移结果如下：

①在第 1a 时，SO_4^{2-}向上游运移了约 45m，向下游运移了 84m，向侧向运移了 45m；

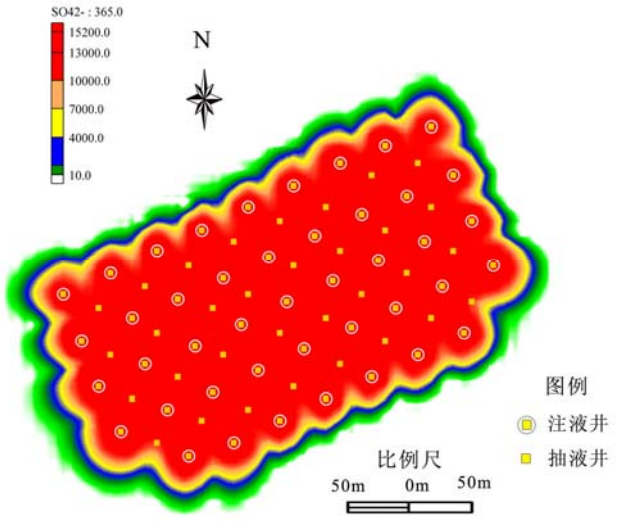
②第 5a 时，SO_4^{2-}向上游运移了约 50m，向下游运移了 140m，向侧向运移了 50m；

③第 10a 时，SO_4^{2-}向上游运移了约 52m，向下游运移了 200m，向侧向运移了 55m；

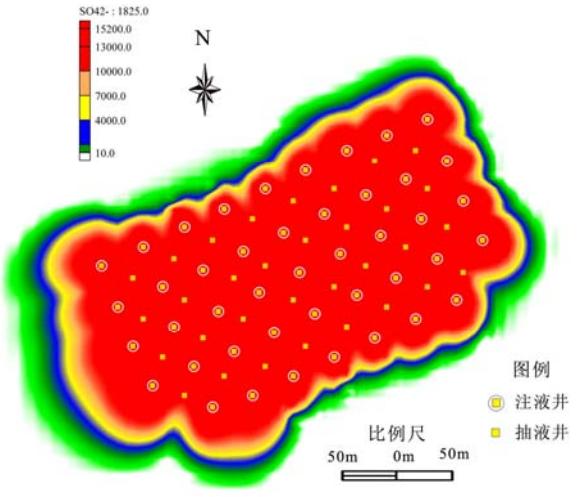
④生产期末第 12a 时，SO_4^{2-}向上游运移了约 55m，向下游运移了 220m，向侧向运移了 60m；

⑤在生产期末第 12a，以贡献值 10mg/L 为边界，井场区影响范围约为 0.247km^2。

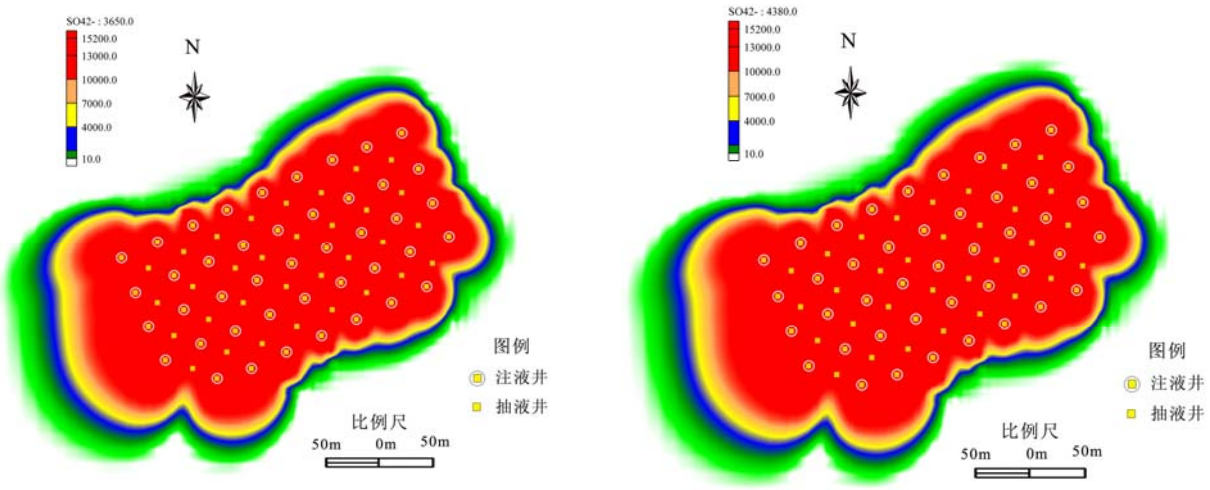
2）通过区域位置图和总平面布置图可知，本项目采区下游 1km 范围内无长住居民及其它工业用水点存在。因此，在生产期内，井场生产导致的局部含矿含水层区域地下水中 SO_4^{2-}浓度升高不会对地表生态环境产生影响。



1a



5a



10a　　12a

图 6-6　SO_4^{2-}在含矿含水层中的浓度分布图

6.1.8.3 氯离子

对井场生产期含矿含水层中的 Cl^-迁移模拟进行了预测，预测得到的浓度分布晕见图 6-7，分别绘制了第 1a、第 5a、第 10a 和第 12a 的 Cl^-浓度分布图。从浓度分布图中可见：

1）随着生产的进行，污染晕逐渐向井场周围扩散，尤其是在井场下游迁移较快，迁移结果如下：

①在第 1a 时，Cl^-向上游运移了约 43m，向下游运移了 64m，向侧向运移了 45m；

②第 5a 时，Cl^-向上游运移了约 49m，向下游运移了 123m，向侧向运移了 50m；

③第 10a 时，Cl^-向上游运移了约 52m，向下游运移了 170m，向侧向运移了 55m；

④生产期末第 12a 时，Cl^-向上游运移了约 55m，向下游运移了 190m，向侧向运移了 55m；

⑤在生产期末第 12a，以贡献值 10mg/L 为边界，井场区影响范围约为 0.216km^2。

2）通过区域位置图和总平面布置图可知，本项目采区下游 1km 范围内无长住居民及其它工业用水点存在。因此，在生产期内，井场生产导致的局部含矿含水层区域地下水中 Cl^-浓度升高不会对地表生态环境产生影响，亦不

会造成公众剂量的增加。

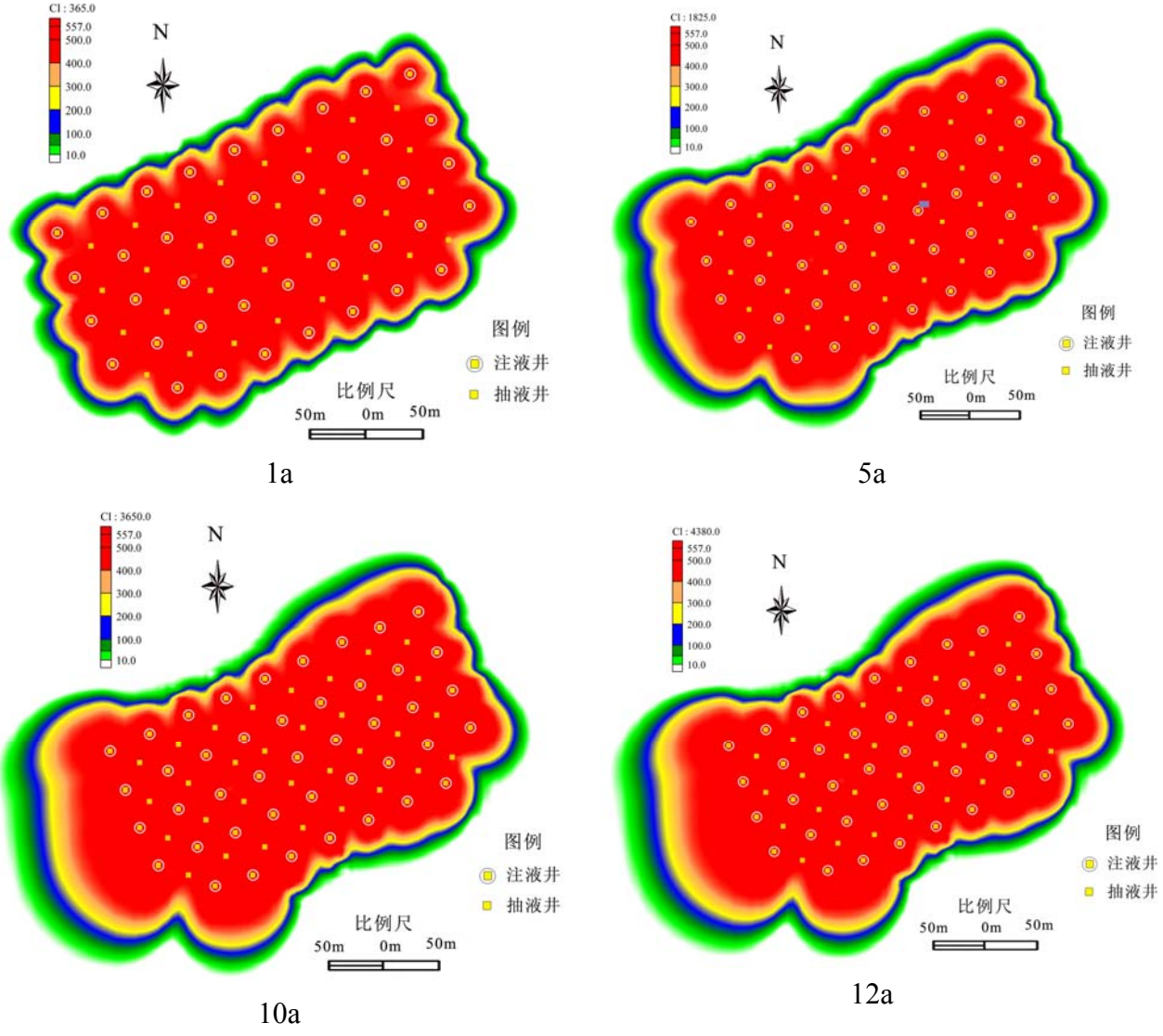


图 6-7　Cl^-在含矿含水层中的浓度分布图

6.1.8.4 锰

对井场生产期含矿含水层中的 Mn 迁移模拟进行了预测，预测得到的浓度分布晕见图 6-8，分别绘制了第 1a、第 5a、第 10a 和第 12a 的 Mn 浓度分布图。从浓度分布图中可见：

1）随着生产的进行，污染晕逐渐向井场周围扩散，尤其是在井场下游迁移较快，迁移结果如下：

①在第 1a 时，Mn 向上游运移了约 36m，向下游运移了 60m，向侧向运移了 40m；

②第 5a 时，Mn 向上游运移了约 45m，向下游运移了 120m，向侧向运移

了 50m；

③第 10a 时，Mn 向上游运移了约 50m，向下游运移了 165m，向侧向运移了 52m；

④生产期末第 12a 时，Mn 向上游运移了约 50m，向下游运移了 188m，向侧向运移了 55m；

⑤在生产期末第 12a，以贡献值 0.1mg/L 为边界，井场区影响范围约为 0.224km^2。

2）通过区域位置图和总平面布置图可知，本项目采区下游 1km 范围内无长住居民及其它工业用水点存在。因此，在生产期内，井场生产导致的局部含矿含水层区域地下水中 Mn 浓度升高不会对地表生态环境产生影响，亦不会造成公众剂量的增加。

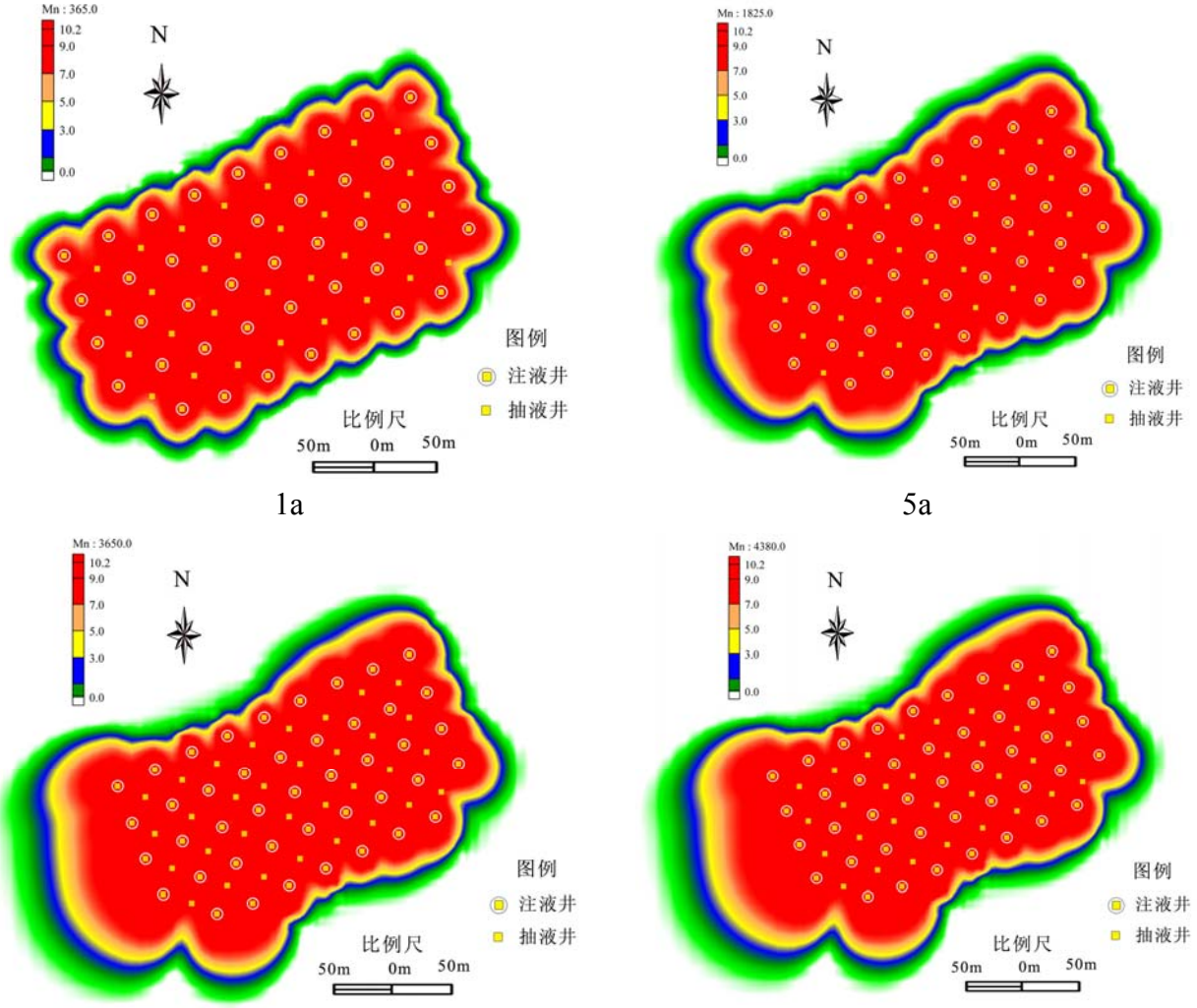


图 6-8　Mn 在含矿含水层中的浓度分布图

6.2 蒸发池地下水环境影响分析

为了防止废水渗透而污染地下水，蒸发池池底、池壁做防渗漏处理，蒸发池的底部从下到上依次为 60cm 厚的压实粘土、0.03cm 厚的高密度聚乙烯（HDPE）土工膜、30cm 厚的压实粘土组成的人工防渗层，其渗透系数分别为 1×10^{-7}cm/s、1×10^{-12}cm/s、1×10^{-7}cm/s。蒸发池中废水在生产期间下渗距离的计算方法如下：

$$X = Ks \times \frac{(h+L)}{L} \times t \qquad (6\text{-}15)$$

$$Ks = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{M_1/K_1 + M_2/K_2 + M_3/K_3} \qquad (6\text{-}16)$$

式中：

X——蒸发池废水在蒸发池底部防渗层的垂直入渗距离，m；

K_s——等效渗透系数，m/a；

h——蒸发池中废水水深，m，保守取 1.2m；

L——等效渗透厚度，m，取 0.5m；

M_1——下层压实粘土的厚度，m，取 0.6m；

M_2——中层土工膜的厚度，m，取 0.0003m；

M_3——上层压实粘土的厚度，m，取 0.3m；

K_1——下层压实粘土渗透系数，m/a，取 3.15×10^{-2}m/a；

K_2——中层土工膜渗透系数，m/a，取 3.15×10^{-7}m/a；

K_3——上层压实粘土渗透系数，m/a，取 3.15×10^{-2}m/a。

通过计算可知：蒸发池复合防渗结构的等效渗透系数 K_s 为 9.18×10^{-4}m/a，蒸发池中废水在生产期 12a 的时间内垂直入渗的距离约为 0.04m，穿透复合防渗结构的时间约为 288a，远大于 12a 的生产期限。因此，在生产期间，蒸发池溶液不会穿透蒸发池底部人工防渗层，也不会进入地下水。

HDPE 土工膜使用寿命可长达上百年，强度高，断裂拉伸强度可达 28Mpa 以上，抗戳穿力强，耐低温，冷脆温度-60℃以下，在项目所在地最低低温之下。在施工过程中，采用两布一膜的施工工艺，可有效实现对土工膜的保护。

7 非放射性环境影响分析

7.1 施工期环境影响分析

7.1.1 大气环境影响

7.1.1.1 废气污染源

本项目施工期主要废气污染源主要包括施工扬尘和机械废气。

1）施工扬尘

井场、蒸发池等设施建设过程中，需要清除地表植被、开挖表土，造成施工区及周边区域扬尘增加；此外，由于项目所在区域主要为草原和荒地，原辅材料的车辆运输过程中，会产生一定扬尘污染。

2）机械废气

拟建井场区域钻井作业时，钻井机械多为柴油动力，会产生含油烟气，释放 SO_2 和非甲烷总烃；重型施工车辆在运输作业时，会产生汽车尾气，释放 NO_x 等污染物。

7.1.1.2 污染防治措施及环境影响

1）施工扬尘

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，因此施工期产生的燃料燃烧烟气和扬尘不会对项目周边环境产生明显的影响。

2）机械废气

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象的发生，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。施工期机械作业时间有限，作业停止后，相应污染源项即停止排放，对大气环境影响较小。

7.1.2 地表水环境影响

7.1.2.1 废水污染源

本项目施工期废水主要包括生产废水和作业人员生活废水。

1）生产废水

施工期生产废水主要为设备清洗和水泥养护排水，主要污染物质为泥沙。

2）生活废水

施工期作业人员产生的生活杂用水及盥洗废水，主要污染物包括 COD 和氨氮，浓度分别约 300mg/L 和 40mg/L。

7.1.2.2 污染防治措施及环境影响

施工期生产废水和生活污水污染物种类简单，含量较低，统一收集后用于场地的喷洒降尘。

此外，对施工期用水量进行控制，在保证正常生产和生活的情况下，从源头控制废水的产生，并对于喷洒水尽量用处理后的废水代替新鲜水。采取上述措施后，施工场地能地废水产生量相对较小，加之施工区域蒸发量很大，施工期废水不会对项目周边的地表水环境产生不良影响。

7.1.3 声环境影响

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 90dB（A）。

对于施工期设备噪声，多采取以下防治措施：

1）设备选型时，选择低噪声设备；

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的方法对噪声进行阻隔；

3）加强设备的检查和维护，减小由于设备部件之间的不正常碰撞产生的噪声。

采取以上措施后，可使噪声源强大大减小。此外，传播过程中空气和地面吸收效应可使噪声衰减；施工期时间不长，施工期结束后相应噪声影响将会消失；本项目周围居民点稀少，距离较远。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。

7.1.4 固体废物环境影响

根据来源和性质不同，施工期固体废物可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，采取就近掩埋的处理方式，不会对周围环境产生明显影响。生活垃圾主要来源于施工作业人员日常生活。生活垃圾统一收集处理。

7.2 运行期环境影响分析

7.2.1 大气环境影响

7.2.1.1 废气污染源

本项目生产期废气污染源主要为水冶厂区一台 1.4MW 和一台 0.35MW 的燃煤热水锅炉，采取高效脱硫湿式除尘器，除尘效率 98%，脱硫效率 70%。经处理后，锅炉排放的烟气量 9800m^3/h，烟尘浓度 73mg/m^3，SO_2 浓度 288mg/m^3，经 20m 烟囱排放。锅炉污染物排放满足《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2001）二类区 II 时段标准。锅炉烟气源项参数见表 7-1。

表 7-1　　锅炉污染物排放源项参数

名称	污染物	源强（kg/h）	排气量（m^3/h）	烟囱高度（m）	出口内径（m）	烟气温度（℃）
锅炉	烟尘（PM_{10}）	0.71	9800	20	0.5	100
	SO_2	2.82				

7.2.1.2 评价等级确定

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008）的规定，评价工作的等级依据项目第 i 个主要污染物的最大地面浓度占标率 P_i，及其地面浓度达标准限值 10%时所对应的最远距离 $D_{10\%}$进行划分，具体见表 7-2。其中，P_i 定义为：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{0i}} \times 100\% \qquad (7\text{-}1)$$

式中：

P_i—第 i 个污染物的最大地面浓度占标率，%；

C_i—采用估算模式计算出的第 i 个污染物的最大地面浓度，mg/m^3;

C_{0i}—第 i 个污染物的环境空气质量标准，mg/m^3。

表 7-2　　大气环境影响评价工作等级划分

评价工作等级	分级判据
一级	P_{max}≥80%，且 $D_{10\%}$≥5km
二级	其它
三级	P_{max}<10%或 $D_{10\%}$<污染源距厂界最近距离

本项目 PM_{10}、SO_2 执行《环境空气质量标准》（GB3095-1996）中二级标准，PM_{10} 和 SO_2 的 C_0 分别取 0.45mg/m^3（二级标准日均浓度值的 3 倍）和 0.50mg/m^3。

采用导则推荐的 SCREEN3 估算模式进行评价等级确定，计算结果见表 7-3。从表 7-3 可以看到，本项目锅炉烟气排放的烟尘和 SO_2 最大落地浓度分别为 0.0103mg/m^3 和 0.041mg/m^3，占标率分别为 2.29%和 9.11%，均小于 10%。根据导则规定的判断依据，本项目大气环境影响评价工作等级确定为三级。

表 7-3　　大气环境影响评价工作等级划分

距离	PM_{10}		SO_2	
	浓度（mg/m^3）	占标率（%）	浓度（mg/m^3）	占标率（%）
100	0.0051	1.14	0.0204	4.54
300	0.0100	2.22	0.0397	8.82
500	0.0100	2.21	0.0396	8.79
1000	0.0079	1.76	0.0315	6.99
3000	0.0042	0.93	0.0166	3.69
5000	0.0035	0.86	0.0138	3.07
最大落地浓度	**0.0103**	**2.29**	**0.041**	**9.11**
出现距离（m）	427		427	
$D_{10\%}$（m）	—		—	

7.2.1.3 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），本项目大气环境影响评价为三级，采用 SCREEN3 估算模式对项目锅炉排放烟气造成的环境影响进行预测和评价。项目新增锅炉运行期间，距离最近的居民点的 SO_2 浓度小于 0.5mg/m^3，PM_{10} 浓度小于 0.15mg/m^3，可以满足《环境空气质量标准》（GB3095-1996）中的二级标准的限值要求。

7.2.2 地表水环境影响

本项目生产期间排放的非放射性废水主要为职工生活污水，总排水量约为 21.45m^3/d，废水中主要含有 SS、COD 和氨氮，污染物浓度分别约 100mg/m^3、300mg/m^3 和 40mg/m^3。

非放废水采用地埋式一体化污水处理设施进行处理，处理后的废水满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，用于厂区绿化喷洒用水。由于非放废水产生量相对较小，项目所在区域蒸发量大，喷洒用水不会漫流出场外，不会对周边地表水环境造成明显影响。

7.2.3 声环境影响

本项目生产期噪声设备主要为各种风机、空压机、水泵、搅拌电机等，风机和空压机噪声≤90dB（A），水冶厂房内泵类、搅拌设备电机等设备噪≤80dB（A）。项目距离最近居民点约 850m，环境噪声可以满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类区的标准限值要求。

7.2.4 固体废物环境影响

本项目生产运行期间产生的固体废物主要包括锅炉燃煤灰渣和职工生活垃圾。锅炉灰渣外运综合利用；职工生活垃圾统一收集集中堆放。由于生产过程中固体废物产生量不大，且均采取了可行有效的处理处置措施，对周边环境不会产生明显影响。

7.3 生态环境影响分析

7.3.1 生态影响途径及影响分析

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。项目新建设施主要为井场、水冶厂、动力辅助区、蒸发池及场外道路等，占地类型主要为草地及荒地，占地量较少。由于项目所占各类型土地与评价区内相应土地类型面积相比所占比例很低，因此不会对区域的生态环境产生明显影响。同时，由于项目主要占地位于新建采场区域；根据地浸采矿的特点，采场内主要设施为抽、注液孔，其他建构筑物面积很少，对地表植被破坏很小；占地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。综上所述，项目对区域生态环境影响较小。

7.3.2 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。

7.3.2.1 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、水冶厂及蒸发池。生态恢复前先测定氡析出率，对不满足管理限值要求的区域，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。

7.3.2.2 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。

8 事故环境影响分析

8.1 事故识别

本项目放射性气态流出物主要来自于地浸采铀抽出液中 ^{222}Rn 的排放。当发生任何事故导致生产停顿时，^{222}Rn 的排放也随即停止，气态流出物可发生的事故处于可控状态，不会发生较大的事故。因此，在事故情况下，本项目仅考虑液态流出物的影响。

根据原地浸出采铀工程特点及当地环境条件，确定当生产失控、自然灾害以及其它人为事故时，液态流出物的排放可能存在以下几种情况：

1）含矿含水层内非控制性抽注失衡，导致矿体内溶浸液流散失控；

2）事故性停止生产，造成含矿含水层内溶浸液流散加剧；

3）事故性跑、冒、滴、漏；

4）井场管道断裂事故；

5）钻孔密封不良；

6）集液池、蒸发池破裂，造成池内放射性液体流散。

8.2 最大可信事故确定

8.2.1 事故分析

8.2.1.1 非控制性抽注平衡

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，可能发生少量的浸出液由于抽注不平衡而流散到井场外的事故，非控制性抽注失衡已作为生产期的正常排放进行了评价。

另外，本项目抽、注液管道均安装了压力表和流量计，可严格计量抽液量和注液量，且值班人员的任务就是经常观察和随时控制流率，一旦发现抽注负不平衡被破坏，立即调整，非控制性的抽注失衡最多不会超过 30min，其影响要小于正常生产时的影响，因此，此类事故完全可以在短时间内得到控

制，对周围地下水环境影响较小。

8.2.1.2 事故性停产

由于意外事故发生，造成非计划性生产停止，这将会造成含矿含水层内溶浸液向溶浸范围之外流散。

本项目正常生产过程中，每年的生产期为 330d，一年中有 35d 的停产检修期，而 35d 正常性停产对含矿含水层的地下水影响，已作为生产期的正常排放进行了评价，且本项目采用抽大于注工艺，使地下水在采区范围内形成降落漏斗。在事故性停产过程中，井场内的浸出液首先恢复降落漏斗，然后才向下游迁移。一般情况下，事故性生产停车不会超出 35d 的正常停产期，事故性短暂停产对地下水的影响远小于正常性停产的影响。因此，本次评价不再进行事故性生产停产情况的影响分析。

8.2.1.3 事故性跑、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，本项目浸出液处理厂房内的各类储池、储罐、管道均设有液位、压力或流量自动检测、报警与连锁控制系统，一旦发生冒槽或管道的跑、冒、滴、漏等情况可及时发现并得到有效控制，漏失的液体经设置的沟槽在厂房内集中收集后，就近排入尾液蒸发池，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。

8.2.1.4 井场管道断裂

井场管道断裂一般分为两种情况，一种情况为冰冻冻裂管道，一种情况为受压断裂和破坏断裂。

1）冰冻影响

本项目所在地区每年有 6 个月的冰冻期，最大冻土深度为 2.6m，因此冰冻可能造成井场管道断裂和“跑液”事故。本项目开采的含矿含水层埋藏较深，抽出液水温 9℃，且各类输送总管道架空铺设，并采取了保温措施，各类支管采用保温措施后埋于地表以下 0.5m。所以冰冻期不会因冰冻造成地下管道破裂。

2）受压断裂和破坏断裂

本项目井下管道安装在钻孔中，孔内的管材用壁厚 8～10mm 的聚四氯乙烯，孔壁与管壁之间用水泥砂浆充填。钻孔特定的设计结构使钻孔管道不存在被破坏的可能。另外，对于承受压力较小的集液主管、集液支管和注液支管则采用具有足够强度的 PVC 管和 PE 管，而对于承受较大压力的集液总管、注液总管和注液主管采用高强度的钢塑复合管。因此，各管道具有足够的抗压能力，不会因受压而断裂。

在正常生产时均定期更换各类管道，各管道均设防渗管沟。即使因意外原因造成管道泄漏，也可及时发现与更换，泄漏液不会泄漏至周边环境。另外，发生泄漏后，井场自控中心也会很快检测到，并进行联锁控制，采取相应的处理措施。

综上所述，井场管道断裂的可能性较小，即使管道断裂，其影响相对来说也是比较小的。

8.2.1.5 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不大于 6a。故一般情况下不存在钻孔密封不良造成溶浸液或浸出液泄露而污染上、下含水层的事故发生。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良使溶浸液或浸出液泄露而污染上、下含水层。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，因此钻孔密封不良对环境的影响可得到及时控制。

8.2.1.6 集液池、蒸发池泄露事故

在地震、冰冻等自然灾害发生时，可能引起集液池或蒸发池池底断裂，造成集液池中浸出液或蒸发池内尾液的泄漏。本研究区水流缓慢，核素运移速度小。在 100a 的时间内，$U_{天然}$在潜水层中的迁移距离较小，未到达居民点。在此距离内，潜水层无使用途径，也没有地下水出露点，因此不会直接对公众产生辐射剂量。

9 工作人员职业照射剂量分析

9.1 剂量管理目标值

1）职业工作人员剂量管理目标值

根据《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB23727-2009）的规定：“一般情况下，职业照射的剂量约束值取连续 5 年的年平均有效剂量不超过15mSv/a”，考虑到本项目工艺特点，确定本项目职业照射年有效剂量管理目标值为 8mSv/a。

2）工作场所铀系长寿命 α 气溶胶、氡及其子体管理限值

根据《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB23727-2009）及《铀矿冶辐射防护规定》（EJ993-2008）要求：水冶厂内空气中氡浓度不超过 1.1kBq/m^3，氡子体 α 潜能浓度小于 1.6μJ/m^3，铀系长寿命 α 气溶胶的约束值为 0.9Bq/m^3。

9.2 职业工作人员辐射危害因素分析

根据本项目的工艺特点，生产过程中主要辐射危害因素包括氡及其子体、放射性气溶胶、γ 射线、α、β 表面污染等。

9.3 职业工作人员年有效剂量估算

通过类比计算，在为考虑工作人员个人防护的条件下，水冶厂工作人员最大年有效剂量为 2.7mSv/a，小于本工程职业工作人员的有效剂量管理目标值 8mSv/a。

9.4 辐射防护措施

1）在浸出液吸附厂房内物料输送设备和管道均按照规范设计制造，并采取密封和检漏措施。物料大部分采用密闭操作，防止人员直接接触到放射性物料。

2）本项目在浸出液吸附车间、沉淀压滤车间、废水处理车间、原液及注液泵房等均设置局部和全面排风系统，可有效降低各房间内的放射性气溶胶

浓度。

3）将放射性工作场所（吸附车间、废水处理车间、沉淀压滤车间等）与非放射性工作场所严格分开，以便于生产管理和防止交叉污染。

4）α、β放射性表面污染的防护：保持工作场所的清洁与整齐，设备、地面和墙面被污染后要及时进行去污。在检修和更换设备时，应先进行擦拭、清洗。

5）制定科学合理的工作程序，严格按照程序工作、休息，降低工作人员不必要的职业照射。

6）个人防护措施

（1）工作人员上班穿戴工作服和劳动保护用品，在水冶车间佩戴高效过滤口罩。

（2）在辐射作业场所内不得进食、吸烟和存放食品，辐射工作人员饮食前必须洗手、漱口。工作结束后，应进行沐浴，并监测合格后离开。

（3）加强个人的防护，进行个人内、外照射剂量监测，并记录在案。

10 环境经济损益分析

本项目采用原地浸出采铀，与常规矿床开采方式比较优点较多，主要为开采工艺简单、基建投资少、生产成本低、劳动生产率高，同时对环境污染较少、劳动卫生和安全防护条件好，具有显著的经济效益、环境效益和社会效益。

该项目的生产不仅可为国家增加税收，而且在一定程度可缓解我国铀矿资源供应不足的矛盾。同时对当地经济发展也有较大的推动作用，可为当地提供一定的就业岗位，带动当地相关产业的发展，为当地经济的快速健康发展创造良好条件。

10.1环境效益分析

10.1.1 环境优势分析

原地浸出采铀与常规采矿方法比较，有较好的环境优势，主要表现在：

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

2）工艺废水产生量少：原地浸出采铀技术浸出液处理采用吸附、淋洗、酸化、沉淀工艺流程，其产生的吸附尾液可大部分返回地浸，减少了废水排放量。

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

4）不破坏当地的自然景观：地浸采铀地表设施简单，只有抽注钻孔和输液管道，同时废物排放量少，因此对当地的自然生态影响较小。

5）职业安全卫生及防护条件好：地浸采铀工程中，工人不需要井下作业，且地表作业的开采过程可实现自动化控制，因此工作场所的工业卫生条件和个人防护条件对比常规开采均有较大的改善。

10.1.2 环保投资分析

本项目的环保设施主要由以下几部分组成：

1）污染防治和环境保护所需的设施和装置；

2）生产工艺需要为环境保护服务的设施；

3）为保证生产有良好的环境所采取的通风、防尘、绿化设施等。

本项目环保投资约占总投资的2.30%。其中用于废气治理的占环保投资的8.4%，用于废水污染治理的费用占环保投资的 78.9%，用于固体废物治理占环保投资的 4.9%。由此可见，该项目环保投资主要集中于防止水体污染，符合该项目污染治理的特点，因此，本项目的环保投资及其比例较为合理。

综上所述，本项目环境效益显著，环保投资合理，从环境角度来说本项目是可行的。

10.2社会效益分析

1）符合国家和行业的产业发展政策

根据《核电中长期发展规划》，到2020年，中国核电装机容量将达到4000万千瓦，核电占电力总装机比例达到4%以上，国内对天然铀的需求呈迅速增长之势。据预测，国内仅核能发电需天然铀数量到2020年由目前的数量增加6倍以上，这就要求国内天然铀产业必须加快发展。为了支持国民经济的可持续发展和保障必要的军用铀资源储备，势必要对一些具有一定地质储量和品位较高的铀矿山进行开采建设。同时，铀矿山开采建设为核电发展提供原材料，对国家的清洁能源政策发展具有极其深远的意义。

2）项目建设可实现企业稳定持续发展

项目建设单位主营业务为天然铀的生产，经过多年生产，企业积累了丰富的原地浸出采铀试验研究和生产经验，而本项目的建设能够在一定程度上提高企业天然铀的生产能力，为企业注入新鲜血液，提高企业的市场竞争能力和抗风险能力，进一步提高企业的经济效益，从而实现企业持续稳定发展。

3）项目建设对促进当地经济发展的意义

本项目所在区域属经济欠发达地区，以农、牧业为主，工业不发达。本

项目的建设可以带动当地建材、能源、交通以及原材料供应等相关产业的发展，从而带动当地经济的发展。同时，本项目实施后可直接产生至少 100 个劳动就业机会，这对改善当地的就业状况、促进社会稳定具有积极的意义。

上述分析表明，该项目具有显著的经济效益、环境效益和社会效益。因此，该项目在环境经济上是可行的。项目建设时严格执行“三同时”，严格资金管理，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保该项目在取得经济效益和社会效益的同时，具有环境效益。

11 公众参与

11.1公众参与的方式

为了解公众对项目的态度，广泛征求项目影响区内公众的意见，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。

11.2公众参与方案及实施

本项目公众参与主要包括两个部分，分别是信息公示、公众意见收集和反馈。此外，在环评信息公示期间，环评单位和建设单位还进行了入户走访，对项目周边居民关心的与生产、环境等有关的问题进行了解答。

11.2.1 信息公示

本次公众参与的信息公示分两次进行，信息公示的方式为张贴公告和入户走访，地点主要包括项目周边的牧民点。

11.2.1.1　第一次信息公示

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和联系方式、环评工作程序及工作内容、征求公众意见的主要事项以及公众提出意见的主要方式进行了公告。公示期限为 10 个工作日。公告内容见表 11-1。

表 11-1　第一次信息公告内容

中核韶关金宏铀业有限责任公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床

地浸采铀工程环境影响评价征求意见的公告

一、建设项目名称及概要

项目名称：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

项目概况：本项目建设地点位于内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗境内，主要建设内容包括井场、水冶厂、辅助生产及仓储设施、公用工程及总图工程等五部分，同时配套建设相关环保设施。项目实施过程中，将采取一系列的环境和生态保护措施，以确保项目产生的污染物和生态影响得到有效治理，从而最大程度地降低项目建设对周边环境的影响。本项目属于铀矿采冶行业，旨在为我国核电发展提供基础原料，符合国家政策要求，同时有利于促进地区经济发展、增加就业机会，具有良好的经济和社会效益。

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：中核第四研究设计工程有限公司

联系电话：0311-85912710

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，根据工程建设方案，按照环境主管部门和环评相关导则要求编制环境影响评价文件，同时与建设单位联合开展公众参与调查工作，广泛征求公众意见，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

包括评价区域环境概况、工程分析、环境现状调查与评价、辐射环境影响预测与评价、地下水环境影响评价、非放射性环境影响分析、事故环境影

响分析、工作人员职业照射剂量分析与评价、公众参与、环境经济损益分析、环境管理及监测计划、工程退役治理设想、结论与承诺等。

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、对建设内容和可能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，可以通过电话或走访等方式，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 2 月 25 日

11.2.1.2　第二次信息公示

在编制环境影响报告书的过程中、报送环境保护部审批前，对建设项目基本情况、项目的主要污染物及防治措施、项目所致公众附加剂量、生态环境影响、环评工作结论要点、征求公众意见范围和有关事项、征求公众意见的具体形式、征求公众意见的起止时间和联系方式等进行了公告。公示期限为 10 个工作日。公告内容见表 11-2。

表 11-2　第二次信息公告内容

中核韶关金宏铀业有限责任公司内蒙古巴彦乌拉铀矿床

地浸采铀工程环境影响评价征求意见的公告

中核韶关金宏铀业有限公司委托中核第四研究设计工程有限公司承担巴彦乌拉铀矿床地浸采铀工程环境影响评价工作，目前环境影响报告书编制工作正在进行。根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《环境影响评价公众参与暂行办法》等法律法规文件中有关项目建设前公开环境信息和强化社会监督的规定，本着公开、平等、广泛、便利的原则，特将本项目相关信息公告如下:

一、建设项目情况简述

本项目位于内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗境内，为新建项目，属于铀矿采冶行业，最终产品为铀化合物。项目建设内容包括井场、水冶厂、辅助生产及仓储设施、公用工程及总图工程，项目采用原地浸出工艺，服务年限为 14 年（基建期 2 年，生产期 12 年）。本项目的建设对于适应核工业的发展形势、提高我国天然铀生产能力、缓解国家核电发展对天然铀的需求具有积极的意义。

二、项目施工期主要污染物及防治措施

1、大气污染物

（1）施工过程产生少量机械废气。选择运行状况良好的施工机械、车辆，加强日常维护及检修，使用高品质燃料，以降低机械排气中有害成分的含量。

（2）施工过程产生少量施工扬尘。施工期合理规划施工进度，避免在大风天气进行大面积开挖作业；此外，采用洒水、围挡等抑尘措施，并加强运输车辆的防尘措施，可以有效的减少施工扬尘对环境的影响。

2、水污染物

（1）钻井废水及设备清洗和水泥养护水分别排入施工场地设置的简易污水收集系统，处理后的污水可继续在施工中回用，不外排。

（2）对施工期工人产生的生活杂用水及盥洗废水，统一收集后用于场地的喷洒降尘。

3、固体废物

（1）废弃钻井泥浆和钻井岩屑采取就近掩埋的处理方式，不会对周围环境产生明显影响。

（2）施工产生的生活垃圾统一收集处理。

4、噪声

施工期间噪声主要包括施工机械和车辆噪声以及钻井噪声，在采取妥善的降噪措施后，再经空气和地面吸收，噪声大大降低，不会对项目所在区域内的居民产生明显的影响。

三、项目运行期主要污染物及防治措施

1、废气

（1）浸出液自井中抽出时，溶液中携带的^{222}Rn气体在集液池中释放；为减少井下^{222}Rn气体的析出，浸出液提升设备采用潜水泵。

（2）蒸发池废液蒸发携带的^{222}Rn和干滩面析出的^{222}Rn，通过合理控制废液排放、保持蒸发池内残余水量、停产时及时掩埋残渣等措施，可减少^{222}Rn的析出。

（3）本项目在水冶厂区建设锅炉房，内设2台燃煤锅炉。锅炉燃煤产生的烟气经过脱硫、除尘处理后经烟囱高空排放，烟尘浓度73mg/m^3，SO_2浓度288mg/m^3，满足《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2001）二类区II时段标准。

（4）浸出液处理综合厂房生产运行过程中产生的放射性气溶胶、氡气、湿气、酸雾等，采取厂房全面通风后，由烟囱排入环境，经大气扩散稀释后，对环境影响较小。

2、废水

（1）本项目放射性废水主要为工艺废水。废水排入蒸发池，以自然蒸发

的方式进行处理，不向外排放。同时，对蒸发池进行防渗处理，防止池内液体渗入地下。

（2）本项目非放射性废水主要为职工生活污水。在水冶厂区设置一套地埋式一体化污水处理设施，对职工生活污水进行处理。处理后的水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，用作厂区的绿化用水，不外排。

3、固体废物

（1）蒸发池残渣暂存于蒸发池中，不对外排放。

（2）锅炉燃烧产生的锅炉灰渣外运综合利用；职工日常生活产生的生活垃圾集中存放，定期处理，不会对环境产生明显的影响。

4、噪声

本项目噪声主要来自于井场和水冶厂的潜水泵、离心泵、风机等设备。在采用妥善的降噪措施后，噪声在厂界可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准限值的要求。

四、项目所致公众剂量

本项目气态源项所致 20km 范围内最大个人有效剂量为 0.15mSv/a，占公众剂量约束值 0.5mSv/a 的 30%，满足辐射防护的要求。20km 范围内的集体剂量为 1.54×10^{-3}人·Sv/a。

五、项目对地下水环境的影响

本项目生产期间采用抽大于注的控制措施，浸出液在正常情况下不会向周围地下水环境流散。另外，由于本项目开采的含矿层具有十分稳定的顶底板，发生越流至其它承压水层或浅水层的可能性很小，不会对其它承压水层或浅层地下水造成影响，也不会对公众造成附加照射剂量。

六、环境影响报告书提出的环境影响评价结论要点

本项目符合核工业发展的形势，符合国家产业政策。经过分析评价可知，项目建设对当地环境和公众健康造成的影响较小，是可以接受的。为了将环境影响降低到最小程度，本项目在实施过程中将严格按照“三同时”原则进行设计、施工和运行，确保污染物达标排放。在严格落实设计和环评中提出的各项环保措施后，从环境保护的角度讲，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是可行的。

七、征求公众意见的范围和其它有关事项

征求公众意见的范围：受建设项目影响的公民、法人或其他组织的代表。

征求公众意见的有关事项：公众可以在有关信息公开后，以电话、传真、电子邮件等方式，向建设单位或者其委托的环境影响评价机构提交意见。

八、征求公众意见的形式

根据项目所在地实际情况，项目建设单位和环境影响评价单位在附近村庄发放公众参与调查表50份，欢迎积极参与调查。

九、征求意见的起止时间及联系方式

1、征求公众意见起止时间：

2014年4月1日至4月15日，共15天。

2、建设单位名称及联系方式：

建设单位：中核韶关金宏铀业有限责任公司

电话：0479-2808980

联系人：夏忠毅

3、环评单位名称及联系方式：

环评单位：中核第四研究设计工程有限公司

电话：0311-85912751

传真：0311-85912166

联系人：曹凤波

E-mail：caofb@c-fine.com.cn

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4月1日

11.2.2 问卷调查

第二次环评信息公示期间，向周边居民发放了公众参与调查表。本次发放的公众参与调查表具体内容见表 11-3。

表 11-3　公众参与调查表

填表人情况	姓　名：＿＿＿＿＿＿　民　族：＿＿＿＿＿＿　性　别：□男　□女 单位或住址：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　联系电话：＿＿＿＿＿＿ 年　龄：□18 岁以下　□18～35 岁　□35～50 岁　□50 岁以上 文化程度：□大学以上　□高中（中专）　□初中　□小学及以下 职　业：□干部　□工人　□农（牧）民　□学生　□其它
建设项目概况	项目名称：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 建设地点：内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗 工程概况：本项目为新建项目，属于铀矿采冶行业，最终产品为铀化合物。项目建设内容包括井场、水冶厂、辅助生产及仓储设施、公用工程及总图工程，项目采用原地浸出工艺，服务年限为 14 年（基建期 2 年，生产期 12 年）。

您认为本项目的建设对我国国防及能源发展是否有一定的贡献？	□是　□否
您是否了解本项目的信息？	□了解　□基本了解　□不了解
您认为本项目对当地经济发展有何作用？	□促进　□阻碍　□无影响
您认为本项目的主要环境问题是什么？	□废气　□废水　□固体废物　□噪声
您认为本项目对当地环境影响如何？	□影响不大　□有一定影响　□影响很大
您认为本项目废气治理措施是否可行？	□可行　□基本可行　□不可行
您认为本项目废水治理措施是否可行？	□可行　□基本可行　□不可行
您认为本项目地下水污染防治措施是否可行？	□可行　□基本可行　□不可行
您认为本项目固体废物治理措施是否可行？	□可行　□基本可行　□不可行
您认为本项目噪声治理措施是否可行？	□可行　□基本可行　□不可行
您对本项目已制定的环境影响减缓措施是否满意？	□满意　□基本满意　□不满意
您认为本项目对居民生活影响如何？	□基本无影响　□有影响，但不大 □影响较大
您对本项目在环保方面有何建议和要求？	

11.3公众参与结果

11.3.1 调查对象统计分析

本次调查共发放问卷 50 份，回收 50 份，有效回收率为 100%。调查对象构成情况统计结果见表 11-4。

表 11-4　公众参与调查对象构成情况一览表

统计 / 项目		人数	比例（%）
性别	男	25	50
	女	25	50
年龄	18 岁以下	0	0
	18~35 岁	35	70
	35~50 岁	15	30
	50 岁以上	0	0
职业	干部	1	2
	工人	1	2
	农（牧）民	44	88
	学生	3	6
	其它	1	2
文化程度	大学以上	1	2
	高中（中专）	17	34
	初中	32	64
	小学及以下	0	0

从表 11-4 可以看出，本次公众参与调查对象的范围基本包括了项目所在地范围内的不同阶层、不同年龄、不同文化程度，具有比较广泛的代表性：

1）从性别构成上看，调查对象的男女比例为 1:1。该区域居民生产多以农牧业为主，项目周边居民点比较零散，男性、女性多长期在家中或周边活动。从性别构成上看，本次调查符合当地传统及现实情况，具有代表性。

2）从年龄结构上看，调查对象中 18～35 岁的人员所占比例较大，为 70%。这个年龄组的人群对项目的认识和理解能力较好，由较强的分析判断能力。因此，从年龄结构上看，本次调查对象具有代表性。

3）从职业构成上看，调查对象中农（牧）民所占比例较大，为 88%。由

于项目所在区域附近居民点以农牧业为主，因此，以农（牧）民为主要调查对象可以较好的反应项目对其生活、生产环境的影响。因此，从职业构成上看，本次调查对象具有代表性。

4）从文化程度上来看，调查对象中初中文化程度人员所占比例较大，为64%。选择受过一定教育的当地居民作为调查对象，确保了项目信息可以得到较好的理解。为保证项目信息更好地传达给公众，本次公众参与调查采取了简单、易懂的表达方式及手段，将项目情况向公众做了简单、易懂且详细的介绍，力争使每一个参与者都对项目环境影响有较全面的了解。因此，从文化程度上看，本次调查具有代表性。

11.3.2 调查结果统计分析

本次调查结果统计情况见表 11-5。

表 11-5　　公众参与调查结果统计

调查项目		人数	比例（%）
您认为本项目的建设对我国国防及能源发展是否有一定的贡献？	是	50	100
	否	0	0
您是否了解本项目的信息？	了解	38	76
	基本了解	9	18
	完全不了解	3	6
您认为本项目对当地经济发展有何作用？	促进	48	96
	无影响	2	4
	阻碍	0	0
您认为本项目的主要环境问题是什么？	废气	35	70
	废水	13	26
	固体废物	2	4
	噪声	0	0
您认为本项目的建设对当地环境影响如何？	影响不大	48	96
	有一定影响	2	4
	影响很大	0	0
您认为本项目废气治理措施是否可行？	可行	41	82
	基本可行	9	18
	不可行	0	0

调查项目		人数	比例（%）
您认为本项目废水治理措施是否可行？	可行	44	88
	基本可行	6	12
	不可行	0	0
您认为本项目地下水污染防治措施是否可行？	可行	45	90
	基本可行	5	10
	不可行	0	0
您认为本项目固体废物治理措施是否可行？	可行	45	90
	基本可行	5	10
	不可行	0	0
您认为本项目噪声治理措施是否可行？	可行	47	94
	基本可行	3	6
	不可行	0	0
您对本项目已制定的环境影响减缓措施是否满意？	满意	42	84
	基本满意	8	16
	不满意	0	0
您认为本项目对居民生活影响如何？	基本无影响	47	94
	有影响但不大	3	6
	影响较大	0	0

本次调查结果分析如下：

1）100%的居民认为本项目的建设对我国国防及能源发展有一定的贡献。此外 94%的居民对项目是了解或基本了解的，这说明项目的建设具有相当的群众基础。

2）96%的居民认为本项目对当地经济发展起到了促进作用，由此可见，本项目对当地经济发展会起到正面的作用，能够得到公众肯定。

3）96%的居民认为项目的实施不会对当地环境产生明显的影响。同时，在对本项目产生的主要环境问题的认识上，70%的居民选择了废气，26%的居民选择了废水，4%的居民选择了固体废物，这说明公众对项目废气和废水产生的影响比较关心，建设单位在做好相关工作，防止污染和辐射影响的同时，也应该进一步加强与公众的沟通和交流，消除公众的疑虑。

4）全部受调查的公众均认为项目所采取的废气、废水、地下水、固体废物、噪声防治措施是可行或基本可行的；在此基础上，所有的受调查者均对

项目采取的环境影响减缓措施表示满意或基本满意。在环境影响方面，有 94%的公众认为本项目的建设基本不会对生活环境产生影响，6%的公众认为对生活环境产生的影响是有限的。

本次公众参与问卷调查公众虽未提出具体建议和要求，但结果分析表明，绝大多数公众对本项目是认可的，并且支持本项目的实施，对于制定的环境保护措施，当地公众给与了充分的肯定。项目建设和运行过程中，只要确保环保措施落实“三同时”制度，严格管理，可有效减少污染物的排放，把对环境的影响减小到最低。

12 环境管理及监测计划

12.1环境管理

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

12.1.1 环境管理机构

本项目的环境管理主要集中在施工期、运行期以及关停期阶段。

本项目施工期为 2a，施工期环境管理可实行分级管理制度，由公司管理层设置 1～2 名环保主管，负责总体布置和监管工作；井场建设、土石方、结构、设备安装、运输等各施工阶段负责人同时承担环境管理工作的具体实施，采取各种环保措施减少施工废水、固体废弃物和噪声排放，减少施工期对环境的影响。

运行期和关停期由建设单位负责具体的环境管理和监测工作，我国实行环境保护总经理负责制，因此，总经理对矿山及周围的环保问题负责。另外，本项目设置专门的环境保护和辐射防护管理机构，配有 3 名专职安全环保管理人员负责本项目的环境管理和辐射防护监测任务，并负责制定各种维护管理制度，进行定期的检查和监督，以保证环保设施的正常进行。

12.1.2 环境管理机构职责

1）贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》及相关法律法规，按照国家的环保政策，环境标准及环境监测要求，制定环境管理规章制度，并监督执行。

2）编制、提出项目的施工期、运营期和关停期的环境保护计划和污染防治计划以及全厂环境保护工作的长远规划。

3）制定全厂环境管理规章制度以及各种污染物排放控制指标。

4）在工程建设阶段负责监督环保措施的施工、安装、调试等，落实工程的“三同时”计划，工程投产后，定期检查环保设施的运行情况，并根据存在的问题提出改进意见。

5）做好污染物达标排放，维护环保设施正常运转，协同市、县环保局解答和处理公众提出的环境保护方面的意见和问题。

6）组织开展全矿职工的辐射防护教育和工作人员的技术培训，不断提高辐射防护工作人员的素质和全矿职工的自我保护意识。

7）领导并组织全矿的辐射环境监测工作，建立环境监测档案，定期向核工业集团公司和环保部门上报监测报表。

8）与政府辐射环保机构密切配合，接受检查和指导。

12.1.3 环境管理计划

1）施工期环境管理

（1）项目施工前应认真编制施工组织计划，做到文明施工。

（2）将环保要求体现在工程施工承包合同中，对施工方法、施工机械、施工速度、施工时段等要充分考虑环境保护要求，特别是施工过程中产生废水、噪声、固体废弃物等对周围环境的影响，要有行之有效的处理措施，并建议建设单位将此项内容作为工程施工考核的重要指标之一。

（3）建设单位在工程施工期间，要认真监督施工单位环保执法情况，了解施工过程中设备、物料堆置、临时工棚搭建、便道及施工方法对生态造成的影响，若发现严重污染及影响环境的情况，建设单位应及时制止并要求改进。

（4）工程竣工时，要全面检查施工现场环境状况，施工单位应及时清理临时占用的土地，拆除临时设施，清除各类垃圾，采取覆土绿化等措施，恢复被破坏的地面，使项目在良好的环境中运行。

2）运行期和关停期的环境管理

（1）运行期和关停期均应定期监测各类污染物的排放情况，确保放射性污染物的达标排放，并开展相应的流出物监测、常规环境监测等，随时掌握厂区周围环境质量的变化趋势。

（2）明确环境监测的职责，建立健全的各项规章制度；根据国家辐射环境标准，对矿山重点污染源和污染物开展日常监测，尤其要重视对地下水的监测，避免对地下水环境造成污染，并将监测数据编制表格和报表，定期上报有关主管部门，建立监测档案。

（3）严格落实合理的地下水复原方案，并在地下水复原期间观察地下水治理的稳定状态，检查地下水治理效果。

12.2监测计划

12.2.1 监测目的

根据原地浸出采铀工程的特点和当地环境状况，定期测定各种介质中放射性核素的含量，并将测量结果与天然本底测量结果进行比较，以便了解掌握放射性核素在环境介质中的转移状况和环境污染程度。

监测的目的主要是为了及早发现和获取可能发生污染与危害的征兆，确保本项目生产安全运行；防止对环境产生有害的影响和避免对工作人员造成不必要的危害；为采取相应的安全措施提供必要的依据。同时监测数据为生产运行阶段的环境现状评价提供参考资料；与本底数据进行对照，分析工程投产后对当地环境的影响。

12.2.2 监测计划

1）工作场所监测

监测工作场所不同岗位的辐射水平，可检验在连续操作时工作环境是否符合辐射安全的要求，并可鉴别是否有异常或紧急情况发生。工作场所的监测计划见表 12-1 所示。

表 12-1　　工作场所监测计划

序号	监测点位	监测项目	监测频次
1	井场集控室	^{222}Rn 及其子体浓度、γ 辐射水平	^{222}Rn 及其子体浓度：1 次/季；γ 辐射水平：1 次/季。
2	浸出液处理车间	^{222}Rn 及其子体浓度、γ 辐射水平、表面 α、β 放射性污染水平	^{222}Rn 及其子体浓度：1 次/季；γ 辐射水平：1 次/季；α、β 表面污染水平：1 次/年。

2）流出物监测

根据设施的性质、规模及运行情况，在产生放射性流出物的设施、部位实施监测，以便及时掌握和控制气、液态流出物的排放量和对环境的影响。流出物的监测包括气载流出物、液态流出物等的监测，监测计划详见表 12-2。

表 12-2　　流出物监测计划

序号	监测内容	监测点位	监测项目	监测频次
1	气载流出物	集液池	^{222}Rn 及其子体浓度	1 次/季
2	液态流出物	工艺废水	废水中 pH、$U_{天然}$、^{226}Ra、硫酸盐、氯离子、氟离子以及 Cd、As 等	废水中 pH、$U_{天然}$、^{226}Ra、硫酸盐、氯离子：1 次/季；Cd、As：1 次/季。

3）常规环境监测

对环境中各相关介质内有害物的浓度、水平进行监测，及时了解、掌握环境污染状况和污染变化趋势，并与对照点比较判断环境污染来源和可能造成的危害，同时可积累监测数据，为环境管理提供依据。

常规环境监测包括大气、地下水、土壤、生物等介质的监测，常规环境监测计划详见表 12-3，。

表 12-3　　常规环境监测计划

序号	监测介质	监测点位	测量分析项目	监测频次
1	空气	①新建集液池、蒸发池的下风向边界处，周边牧民点； ②对照点：赛罕塔拉嘎查。	^{222}Rn 及其子体	1 次/季
2			γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/半年
3	地下水	①周边牧民点； ②对照点：巴彦塔拉嘎查； ③地下水观测孔。	pH、$U_{天然}$、^{226}Ra、硫酸盐、氯化物、Mo、Pb、Mn 等重金属离子。	1 次/半年
4	土壤	①周边牧民点； ②对照点：巴彦塔拉嘎查。	$U_{天然}$、^{226}Ra	1 次/半年
5	生物	周边牧民点的牧草、羊。	$U_{天然}$、^{226}Ra	1 次/年

4）事故监测

事故应急监测项目、监测点位、监测频度，根据事故发生的性质、时间、地点、可能污染范围等因素，及时进行有关项目追踪监测，取得事故现场监测数据和有关资料，并进行事故评价，并将结果汇报核工业集团公司的事故

应急中心。

5）个人剂量监测

（1）对于可能受照射剂量较高岗位的工作人员，选取代表性的岗位佩戴个人剂量计，对工作人员的个人剂量进行监测和记录。

（2）工作人员应定期抽测手、皮肤、内衣的表面 α、β 放射性污染。

（3）铀厂矿发生事故时，应及时进行辐射监测，并估算受照人员的摄入量和受照剂量；必要时进行追踪测量。

12.2.3 测量方法和仪器设备

本项目设置专门的环境保护和辐射防护管理机构，并新建剂量实验室（与中心化验室合建），包括测氡室、制样室、天平室、物理测量室和化学测量室，并配置 3 名管理人员和 4 名监测人员，负责本项目的辐射防护和环境保护管理与监测工作。配置的监测仪器设备和监测方法见表 12-4。

表 12-4　　监测方法和测量仪器

监测对象	监测项目	监测方法	监测仪器	检出限
环境空气中氡浓度	氡气	GB/T14582-1993 环境空气中氡的标准测量方法	RAD7 α 能谱氡气检测仪	0.1pCi/L
	氡子体	EJ 378-1989 铀矿山空气中氡及氡子体测定方法	DHZM-Ⅱ氡及其子体监测仪	$1\times10^{-8}J/m^3$
环境地表贯穿辐射剂量率	贯穿辐射空气吸收剂量率	GB/T14583-1993 环境地表 γ 辐射剂量率测定规范	BH3101B 便捷式 X-γ 剂量率仪	1nGy/h
地下水	天然铀	GB6768-1986 液体 激光荧光法	MUA 微量铀分析仪	0.02mg/l
	镭-226	GB11214-89 硫酸钡 共沉淀射气闪烁法	FD-125 氡钍分析仪	0.002Bq/L
	pH	GB/T6920-1986 pH 值的测定 复合电极法	PHS 酸度计	0.01
	氯化物	GB/T11896-1989 pH 水质 氟化物的测定 硝酸银滴定法	—	4mg/l

12.3监测质量保证

12.3.1.1 质量保证的意义

建立测量分析质量保证体系，可以对监测分析全过程进行全面质量管理与控制，确保监测分析数据的质量，为环境评价提供有效的、可靠的基础数据资料。

12.3.1.2 质量保证的目的

确保监测结果的重现性和准确性，排除其它因素对测量的干扰。

12.3.1.3 监测质量保证措施

1）机构及人员配备

（1）建立质保机构

本项目由金宏铀业公司监测质量管理机构统一管理，配备有关专业的兼职人员，按担任职务的权限、任务、职责，负责该工程的辐射防护与环境保护计划管理、下达监测任务、监督检查安防环保工作；对从事放射性监测人员的技术培训以及质保教育。

按照《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB23726-2009）中规定的有关内容和要求实施监测任务。

每年应制定年度、季度和每月监测计划。监测结果应定期向地矿事业部安防处报送监测结果。

（2）人员配备

①矿区设置兼职人员 1 名，负责该矿区的环境保护方面各项工作。

②质保人员应由责任心强，善于管理，有一定业务知识，热心于质量工作的人员担任；辐射监测分析人员应由有实践经验，并有一定质量观念的人员担任。

③按上级要求，建立监测分析与环境评价人员培训与考核制度，持证上岗操作，提高质保人员素质与技能。

2）监测质量保证措施

为了提高监测数据的准确性和可用性，采取了如下保证措施：

（1）按《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB23726-2009）中规定的要求，

制定周密监测计划，采样布点点位和采集样品应具有代表性；样品采集、保管、贮存、处理按规定要求执行。

（2）样品测量分析方法符合有关操作规程要求；采用国家、核工业颁发或推荐的测量分析方法。第 1 次采集的各类样品测量分析时采用双样法测定；为检查样品间误差，随机抽取 5%的样品作为抽查检验。为了提高样品数据的可靠性，不定期的进行了比对测量与外检工作，使实验室测量误差不超过 20%，发现问题及时解决。

（3）测量仪器、分析仪表采用国家或核工业定点厂家生产的仪器设备；每年使用前进行严格调试和校准工作；定期校准与刻度有关仪器仪表，确保测量结果可靠性。建立仪器设备档案库，其资料长期保存。

（4）数据处理：采用统计检验方法进行数据统计处理，对异常数据谨慎处理，并记录在案。

（5）采样、测量分析、评价模式与参数等项内容采用国家、部局推荐的相关内容并满足相关要求，使其达到保证质量的目的。

（6）采样、测量分析数据记录及处理由二人进行复校、审核；计算结果由专人负责记录、核查、保存、并建立数据档案库，以便将来核对。

3）气象资料、水文资料、人文资料、源项资料等经过相关单位审核并符合 ISO9000 族标准要求认定后，方可采用。

4）建立环保监测管理制度

（1）建立健全各项安全防护与环境保护管理制度；

（2）建立各级监测人员岗位责任制，明确分工职责；

（3）建立“三废”治理与事故处置管理制度；

（4）建立环境监测与管理制度；

（5）建立事故监测与处理制度；

（6）建立个人剂量与卫生健康档案及保管制度；

（7）建立环保监测数据、资料管理与上报制度。

13 工程退役治理设想

13.1退役治理目的

目前退役活动已由停产、关闭、去污、拆除、废物处理处置和环境整治等后端行为扩展到包括设计、建造及设施运行的全过程。最终目的是在停产后，退役能省时、省力、省钱、安全的进行。

为了保护本项目周围环境和公众健康，控制放射性核素向环境转移，在退役阶段对井场钻孔、污染的机械设备、浸出液吸附厂房、蒸发池以及有关的建构筑物等进行退役治理或处置，使其达到稳定、安全无害化程度。

13.2设计、生产中有利于将来退役治理的措施

对于本项目，在设计和施工过程中除了考虑设施运行期间的安全外，也考虑了以后退役的需求。主要有以下几个方面：

1）对井场区及水冶厂进行辐射测量，以便将来给出在完成退役后的清洁解控要求；

2）生产过程中实施严格监控，控制放射性物质的流失和扩散，尽量减少表面污染，减少退役时的清污工作量；

3）加强对集液管道、抽液管道、各类管道接口和阀门以及集液池的检查，防止发生液体泄漏，污染周边环境；

4）设计选用抗震、抗压、高强度钢骨架复合管，管与管壁之间的环状间隙及钻孔底部采用防渗、抗震的混凝土填充与密封，使矿层段与其上、下的所有含水层隔绝；钻孔施工过程中，严禁揭露含矿含水层的隔水底板；设计抽液量大于注液量约 0.3%，使溶浸范围内形成降落漏斗等措施严格控制溶浸范围。

5）根据井场的划分，分段对井场进行治理，即一部分在继续生产，对于开采完毕的区段进行地下水复原治理。

6）采取各种防渗漏措施和检漏措施，减少了因跑冒滴漏等原因造成的环境污染，从而缩小退役治理范围。

13.3退役治理范围与退役方法

13.3.1 退役治理范围

根据原地浸出采铀的工艺特点，项目退役分为对地表工程退役治理以及对地下水的恢复治理两个部分。其中，地表工程退役采用拆除去污、清挖、覆土植被等方式对污染区域进行治理。地下水恢复是采用适合的物理、化学或（和）生物方法使地下水的水质恢复到接近原来的水平。

13.3.2 退役治理方法

1）地下水的治理：地下水治理主要为地下水的复原，根据国内外类似工程的实践，本矿床地下水复原拟采用地下水抽除—地下水处理—处理后的清洁水回注修复含水层—抽注液孔交替循环—修复后观察的复原方案。

2）井场钻孔的封闭：拆除各井孔上的设备，对钻孔进行扫孔，最后用水玻璃、混凝土注浆封堵，钻孔周围地面因受到溶浸液的泄漏污染，因此需局部清除被污染土表层 0.25~0.5m，统一挖运至废渣堆存池内统一处置，再利用干净土壤覆盖，使地面 ^{222}Rn 析出率低于 0.74Bq/m^2·s 的管理限值。

3）井场地面设施的治理：井场的地面设施主要有集液池、控制室、集液池泵房等。将集液池内沉渣统一挖运集中到废渣堆存池内进行处置，对污染严重又不易清除的设施进行拆除，被拆除的废料也统一运至废渣堆存池内处置。对各类设备、管道分别进行物理、化学去污。去污后的设施可运送到同类厂使用，去污达到 0.08Bq/cm^2 控制水平以下的设备，可转为民用；达到 0.04Bq/cm^2 以下的，可无限制开发使用。

对于废弃的集液池、配液池及相应泵房等场地应及时进行清理、平整夯实后，覆盖清洁的土壤及作物生长层，然后根据地区自然特点进行植被，恢复自然地貌。

4）水冶厂退役治理：拆除和解体水冶厂房及工艺设备、设施工艺管道，根据污染程度分类，对被污染的各类设备和建构筑物，分别进行物理、化学去污办法进行去污治理。去污后的设备，对于有利用价值的设备可在其他矿山重复利用；对于没有使用价值的废弃物根据污染活度浓度及经去污后的效

果，遵循相关标准规范的规定进行处理处置。对厂房周边污染土壤进行清挖并覆土，之后进行植被。

5）蒸发池的治理与废渣处置：蒸发池兼作废渣堆存池，同时又是废渣的最终处置池。建设初期即对该蒸发池池底及池壁进行防渗处理。生产期间和终产期，所有各部位产生和堆存的沉渣和蒸干残渣，均随时挖运集中至蒸发池堆存。在终产后的退役期间，对蒸发池内沉积的废渣进行监测，确定其放射性活度。根据其活度的大小，对原地覆盖和清除这两个处置方案进行效果和经济方面的综合评价，确定蒸发池中的废渣处理方案。当放射性比活度处于清洁解控水平范围内，则经审管部门批准后可作一般废物处理，此时只需进行一般的地形地貌及生态修复；当放射性比活度达不到清洁解控水平时，若采用覆盖治理方案，则根据其放射性含量和试验，确定覆盖材料、覆盖厚度及覆盖结构。

6）其它

（1）输运管线周围和道路以及钻孔周围污染的土壤应予以清挖处理。

（2）废旧、污染设备或器材等经过去污清洗后达标者可作普通物件使用，但不能用作食品行业。

13.4退役治理效果预测

本项目退役治理拟采用的治理方案或处置方法，在铀矿冶系统退役治理中已广泛采用，并有多个厂矿已经竣工验收，取得了丰富的经验。按目前采用的退役治理方法和退役要求进行各源项的治理，本项目退役能够达到退役治理要求。

从国内外对原地浸出采铀场地及设施的治理经验来看，井场的地下水经过治理后，可恢复到接近本底水平；经过封堵处理的井孔与地表隔离，外界物质不会进入地下水层；井场退役时清挖受污染的表土后，土层中 ^{226}Ra 的比活度平均值不高于 0.18Bq/g；建（构）筑物清洗达标后可在一般工业中使用；清洗去污的设备达到相应标准后，可在除食品工业的一般工业中利用；矿区内的公路经清洗、清挖整治满足要求后，可作一般公路使用。

14 结论与承诺

14.1结论

14.1.1 项目概况

巴彦乌拉铀矿床是金宏铀业公司在内蒙古新开发的矿点之一，该铀矿床属可地浸砂岩铀矿，目前已探明资源量达到中型，是内蒙古天然铀生产大基地的一个不可或缺的重要组成部分。巴彦乌拉铀矿床的开发建设，对于内蒙古天然铀生产大基地建设的形成和我国天然铀的生产能力的提高是十分必要的。

本项目属于铀矿采冶行业，最终产品为铀化合物，服务年限为 14a。项目建设内容主要包括井场、水冶厂、辅助生产及仓储设施、公用工程及总图工程。

14.1.2 环境现状调查

根据内蒙古自治区辐射环境监督站和锡林郭勒盟环境保护监测站出具的环境现状监测报告，得出区域环境现状调查结论如下：

1）贯穿辐射剂量水平：项目建设区域内的天然贯穿辐射剂量率水平属于当地本底水平；项目所在地周边的牧民点与对照点的天然贯穿辐射剂量率水平属于同一水平。

2）空气中氡及其子体浓度：矿区拟建井场、拟建发池、生活区及附近牧民点的氡及子体浓度监测值均在全国室外氡及子体浓度变化范围之内，且与对照点的氡及子体浓度处在同一水平。

3）空气中 SO_2 和 PM_{10} 浓度：附近牧民点 PM_{10} 日均浓度和 SO_2 小时平均浓度监测结果满足《环境空气质量准》（GB3095-96）中二级标准限值要求。

4）地表氡析出率：矿区拟建井场和拟建蒸发池地表氡析出率监测值较低。

5）地下水环境质量现状：地下水监测的各项非放射性指标均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-1993）Ⅲ类水质的要求。

6）土壤环境质量：矿区及其周边各监测点的土壤中 ^{238}U 和 ^{226}Ra 含量处在全内蒙古和锡林郭勒盟本底水平之内；土壤中非放射性核素含量满足《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）中二级标准要求。

7）生物样品：井场及周边牧民点的牧草、羊等样品中均未检出 ^{238}U 和 ^{226}Ra。

8）声环境质量：附近牧民点和铀矿已有生活区的环境噪声值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声环境功能区噪声标准。

14.1.3 工程分析

14.1.3.1 井场

本项目为原地浸出采铀工艺，采用酸法浸出技术，井型选用五点型。

井场工艺流程主要包括：溶浸液配制及输送、集控室注液分配、溶浸液在含矿含水层的注入、浸出液提升及地表输送等。

14.1.3.2 水冶厂

本项目水冶工艺流程为浸出液→吸附→转移脱水→淋洗→萃取→反萃取→沉淀→压滤→铀化合物产品。其中，产生的放射性废水输送至蒸发池，成品运入产品库暂存。

14.1.3.3 主要污染物及治理措施

1）废气

（1）集液池废气：浸出液由抽液孔抽出时，挟带和溶解了一定量的 ^{222}Rn 气体，经管道集中于集液池时，^{222}Rn 气体释放于大气。生产过程中排放 ^{222}Rn 量为 $2.01\times10^{13}Bq$。

（2）蒸发池废气：蒸发池产生的气态污染物主要有废液蒸发产生气体中的 ^{222}Rn 和干滩面析出的 ^{222}Rn。本项目蒸发池蒸发废水量为 $38247m^3/a$，蒸发池面积为 $24000m^2$，生产期尾液蒸发释放的 ^{222}Rn 量为 $1.50\times10^{10}Bq$；关停期蒸发池干滩面年释放 ^{222}Rn 量为 $4.16\times10^{11}Bq$。

（3）锅炉废气：本项目新建锅炉房产生的烟气经高效脱硫湿式除尘器处理后达标排放，烟尘排放浓度为 $73mg/m^3$，SO_2 的排放浓度为 $288mg/m^3$，满足《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2001）二类区 II 时段标准。

2）废水

（1）放射性废水：本项目放射性废水主要包括工艺废水、流散浸出液和洗井废水。其中，本项目工艺废水主要为水冶厂浸出液处理工艺中产生的解毒树脂洗水、解毒液以及除油后的萃余液和负载有机相洗涤液，产生量为115.9m^3/d，全部输送至蒸发池蒸发处理。蒸发池容积为 27433m^3，有效蒸发面积 24000m^2，设置了防渗措施及检渗设施，满足放射性废水的处理要求。

洗井废水采用移动式环保洗孔工作站处理。洗孔时，洗孔废水全部进入环保洗孔工作站的储液罐，然后用货车拉至集液池，然后澄清，澄清液回收至集液池进行处理，废渣倒入蒸发池集中处理。

（2）非放射性废水：本项目非放射性废水主要为职工生活污水，总排水量为 21.45m^3/d，废水经处理后用于厂区的绿化，不外排。

3）固体废物

（1）放射性固体废物：主要为蒸发池的废水蒸发后的残渣、水冶厂浸出液处理残渣和废旧金属设备等。其中蒸发池残渣和浸出液处理残渣均暂存于蒸发池中，$U_{天然}$的比活度为 1360.6Bq/kg，相当于铀矿冶行业表外废石中的铀含量水平。废旧管道、阀门、水泵、过滤器等放射性固体废物，年产生量约为 4.4t/a，经简单去污后暂存于废品库，待退役时统一处理。

（2）非放射性固体废物：主要为钻井泥浆、锅炉灰渣和生活垃圾。钻井泥浆产生量约为 14387m^3/a，就地掩埋处理，锅炉灰渣产生量约为 228t/a，锅炉灰渣统一进行综合利用、不外排；生活垃圾年产生量约为 8.25t/a，集中收集处理。

4）噪声

本项目噪声源主要为井场和水冶厂的空压机、潜水泵、离心泵、风机等，单机噪声源强均小于 90dB（A）；经处理后在厂界可以达标《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准要求。

14.1.4 公众辐射环境影响评价

本项目对公众产生照射的主要途径为生产设施释放的 ^{222}Rn 对周围公众产生的吸入内照射，分生产期和关停期两个阶段进行了评价。

生产期气态源项所致 20km 范围内有人子区最大个人有效剂量为 0.15mSv/a，最大个人剂量占公众剂量约束值 0.5mSv/a 的 30%，满足辐射防护的要求。20km 范围内的集体剂量为 1.54×10^{-3} 人•Sv/a。

关停期气态源项所致 20km 范围内最大个人有效剂量为 1.53×10^{-3}mSv/a，最大个人剂量约占公众剂量约束值 0.1mSv/a 的 0.3%，满足辐射防护的要求。20km 范围内的公众集体剂量为 2.58×10^{-5} 人•Sv/a。

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

14.1.5 地下水环境影响评价

分别对原地浸出井场地下水环境影响、蒸发池地下水环境影响进行了分析。

1）井场地下水环境影响评价

应用 GMS 三维地下水运移软件对生产期间井场地下水环境影响进行了预测评价。正常生产期间，在抽大于注 0.3%的比例下，采区可形成比较明显的降落漏斗，可有效的实现溶浸液的控制。

生产期末，$U_{天然}$向上游运移了约 65m，向下游运移了 200m，向侧向运移了 70m；SO_4^{2-}向上游运移了约 55m，向下游运移了 220m，向侧向运移了 60m；Cl^-向上游运移了约 55m，向下游运移了 190m，向侧向运移了 55m；Mn 向上游运移了约 50m，向下游运移了 188m，向侧向运移了 55m。另外，本项目采区下游 1km 范围内无长住居民及其它工业用水点存在，在生产期内，井场生产导致的局部含矿含水层区域地下水中 $U_{天然}$、SO_4^{2-}、Cl^-、Mn 浓度升高不会对地表生态环境产生影响，亦不会造成公众剂量的增加。

2）蒸发池地下水环境影响分析

蒸发池采用土工膜+粘土的防渗结构，蒸发池中废水少量穿透复合防渗结构的时间约为 288a，因此在正常生产期间，蒸发池废水不会污染地下水。

14.1.6 非放射性环境影响评价

1）大气

达标排放的锅炉烟气排入大气环境后，对附近的居民点 PM_{10} 和 SO_2 的浓度贡献值占标率均很小，不会对环境产生明显的影响。

2）水环境

处理后的生活污水用作厂区内的绿化用水。由于项目非放射性废水产生量不大，且项目所在区域蒸发量较大，绿化喷洒水不会形成漫流流出厂外，因此不会对项目周边的水环境产生影响。

3）噪声

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

4）固体废物

固体废物处理均得到了有效的处置，不会对环境产生明显的影响。

14.1.7 事故环境影响评价

本研究区水流缓慢，核素运移速度小，事故情况下，在 100a 的时间内，$U_{天然}$ 在潜水层中的迁移距离较小，未到达居民点。在此距离内，潜水层无使用途径，也没有地下水出露点，因此不会直接对公众产生辐射剂量。

14.1.8 职业照射剂量评价

通过计算可知，本项目水冶厂工作人员职业照射剂量约为 2.7mSv/a，远小于 8mSv/a 的职业照射剂量约束值。

14.1.9 环境经济损益分析

本项目的建设具有显著的经济效益、环境效益和社会效益均较好，项目建设可对当地经济起到较大的推动作用，是可行的。

14.1.10 公众参与

对公众参与调查结果的分析表明：绝大多数公众支持本项目的建设，认可项目建设中制定的环境保护措施。

14.1.11 总结论

综合以上分析，巴彦乌拉铀矿床的开发建设符合国家产业政策和集团公司规划，场址选择合理，生产过程中产生的污染物均采取了有效的防治措施，污染物可实现达标排放，生态保护措施可行。项目生产过程中对地下水、大气、声环境、生态环境的影响可接受，公众受照剂量和工作人员职业照射剂量均满足剂量管理目标值的要求，项目具有明显的经济效益、社会效益和环境效益。项目正常运行情况下环境影响很小，事故情况下环境影响可接受。因此，从环境保护角度来讲，本项目的实施是可行的。

14.2承诺

1）项目建设将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）按照设计要求，实施监测孔的施工，在生产过程中，确保抽大于注并定期对监测孔进行取样监测，发现地下水异常立即采取相应措施。

参考文献

[1] 《苏尼特左旗志》，内蒙古文化出版社，2002 年；

[2] 《苏尼特左旗 2012 年统计年鉴》，苏尼特左旗统计局，2012 年；

[3] 《2010~2012 年苏尼特左旗气象资料》，2013 年；

[4] 利广杰,王海峰, 张勇等. 基于 Visual Modflow 的地下水数值模拟在地浸采铀中的应用[J]. 《铀矿冶》,2011.30(1)；

[5] 吕俊文，周星火，蔡萍莉等. 某铀矿地浸采取的水动力场三维模拟[J].《铀矿冶》,2003.22(4)；

[6] 王海峰, 叶善东. 原地浸出采铀工程技术[M]. 中国原子能出版社传媒有限公司, 2011.7.

[7] 马飞, 张书成, 潘燕等. 酸法地浸采铀工艺手册[M]. 原子能出版社, 2003.1.

[8] B.J. Merkel, B.Planer-Friedrich（德）著, 朱义年, 王焰新 译. 地下水地球化学模拟的原理及应用[M]， 中国地质大学出版社, 2005.9.

[9] 钟平汝，McGonagle Larry. 美国 Highland 铀矿碱法地浸采铀工艺[J]. 《铀矿冶》,2004.23(2).