

版次：A

内蒙古天然放射性固体废物填埋场
一期建设项目
环境影响报告书
(建造阶段)
全本公示稿

中核泰和（内蒙古）环保科技有限公司
二〇二五年十二月

内蒙古天然放射性固体废物填埋场

一期建设项目环境影响报告书

(建造阶段)

建设单位名称：中核泰和（内蒙古）环保科技有限公司

建设单位法人代表：宫海瑞

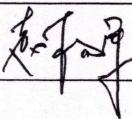
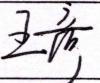
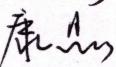
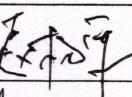
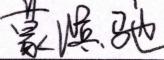
通讯地址：内蒙古包头市石拐区大德恒街道

邮政编码： 014070

联系人：轩雷

联系电话： 15709475979

编制单位和编制人员情况表

项目编号	d77hks		
建设项目名称	内蒙古天然放射性固体废物填埋场一期建设项目		
建设项目类别	55--168放射性废物贮存、处理、处置设施		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	中核泰和（内蒙古）环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91150205MAE61T1C76		
法定代表人（签章）	宫海瑞		
主要负责人（签字）	轩雷		
直接负责的主管人员（签字）	张晖		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中国辐射防护研究院		
统一社会信用代码	121000004058003644		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
赵杨军	12351443511140222	BH022672	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
王彦	环境质量现状、环境监测与流出物监测	BH022677	
康晶	概述、填埋场建造和运行的效益分析	BH023605	
赵杨军	前言、工程概况，环境影响、结论与建议	BH022672	
蒙滨驰	场址环境、场址比选	BH052189	

目 录

前 言.....	1
第一章 概述.....	2
1.1 编制目的.....	2
1.2 项目概况.....	2
1.3 项目建设的目的与必要性.....	2
1.4 建设内容和规划	3
1.5 编制依据.....	4
1.6 评价标准.....	6
1.7 非放环境管理目标	7
1.8 评价范围与环境保护目标	9
1.9 项目“三线一单”情况分析	9
第二章 场址环境.....	15
2.1 地理位置.....	15
2.2 人口分布及饮食习惯	15
2.3 社会经济和资源概况	17
2.4 气象.....	19
2.5 水文地质.....	20
2.6 地质和地震.....	30
2.7 小结.....	39
第三章 处置设施.....	41
3.1 基本概况.....	41
3.2 处置对象.....	41
3.3 填埋场规划和平面布置	43
3.4 填埋场工程设计	46
3.5 废物的处置.....	64
3.6 三废的产生及处理	69
3.7 辐射防护.....	71
3.8 应急管理.....	75
3.9 填埋场的关闭	77

3.10 关闭后的监护	77
3.11 质量保证.....	78
第四章 环境质量现状	83
4.1 调查内容和取样布点	83
4.2 调查结果.....	85
4.3 非放环境质量现状评价	87
4.4 小结.....	87
第五章 环境影响.....	88
5.1 施工期间环境影响分析	88
5.2 运行期的环境影响	89
5.3 关闭后的环境影响	93
5.4 规划场址关闭后的环境影响	111
5.5 小结.....	112
第六章 环境监测和流出物监测	114
6.1 环境及流出物监测的目的	114
6.2 施工期间的环境监测	114
6.3 运行期间和关闭后阶段的环境监测和流出物监测	114
6.4 文件和记录.....	118
6.5 质量控制.....	119
第七章 场址比选.....	120
7.1 基本原则.....	120
7.2 选址要求.....	120
7.3 区域调查及初步调查.....	121
7.4 系统筛选.....	123
7.5 后阿塔沟区域场址	123
7.6 五当召区域场址.....	123
7.7 李家沟区域场址.....	139
7.8 环境影响.....	151
7.9 场址条件比选.....	151
7.10 结论.....	157

第八章 填埋场建造和运行的效益分析	159
8.1 利益分析.....	159
8.2 代价分析.....	160
8.3 效益分析.....	161
第九章 结 论.....	163
9.1 项目概况.....	163
9.2 环境质量现状	163
9.3 废物的产生及处理	163
9.4 环境影响.....	165
9.5 结论与承诺.....	166
附件 1 《关于查询中核泰和环保产业开发项目限制性因素排查的函》	167
附件 2 石拐区发展和改革委员会《项目备案告知书》	169
附件 3 关于接收生活废水的说明	170

前 言

根据《放射性废物分类》（环境保护部、工业和信息化部、国防科技工业局公告 2017 年第 65 号），放射性废物分为极短寿命放射性废物、极低水平放射性废物、低水平放射性废物、中水平放射性废物和高水平放射性废物五类。其中，极低水平放射性废物是指废物中放射性核素活度浓度接近或者略高于豁免水平或解控水平，长寿命放射性核素的活度浓度应当非常有限，仅需采取有限的包容和隔离措施，可以在地表填埋设施处置，或者按照国家固体废物管理规定，在工业固体废物填埋场中处置。与核电站产生的放射性废物相比，矿物开采、铀转化、纯化、浓缩、元件加工等核燃料循环前段生产过程中产生的放射性废物均为含有天然核素的放射性固体废物，其数量较大，且放射性活度水平通常为解控水平的 1 到 2 个数量级。这类废物管理所使用的剂量准则是以辐射防护最优化为基础制定的，监护的时间需要足够长，从而确保废物处置满足安全准则。

中核泰和（内蒙古）环保科技有限公司（简称“中核泰和”，下同）为内蒙古天然放射性固体废物填埋场（简称“内蒙古填埋场”，下同）一期项目建设单位。中核泰和由中核清原环境技术工程有限责任公司（以下简称“中核清原”）、中核北方、内蒙古石德创业运营管理有限公司（以下简称“石德创业”）共同出资组建而成，注册资本 2000 万元，为央企控股的国有独资企业，其中中核清原出资 1020 万元，占股比 51%，中核北方出资 800 万元，占股比 40%，石德公司出资 180 万，占股比 9%，2026 年注册资本将按照股比增加至 3000 万元。中核泰和于 2024 年 11 月在内蒙古包头市石拐区注册登记，致力于核环保产业的开发，2025 年 2 月在石拐区完成中核泰和核环保产业开发项目建设备案，规划建设总容量为 20 万 m³ 的天然放射性固体废物处理处置设施。

本次主要对处置容量为 5 万 m³ 的内蒙古填埋场一期项目在工程建设、运行和关闭后可能造成的环境影响进行评价，废物的场外运输不在本次评价范围内。

第一章 概述

1.1 编制目的

本报告是依据中国核电工程有限公司编制的《内蒙古天然放射性固体废物填埋场一期建设项目建议书》所给出的天然放射性固体废物填埋场废物处置工艺以及含铀固体废物源项，主要对该填埋场 5 万 m³ 处置容量的建造、运行和关闭后可能造成的环境影响以及该影响是否符合国家有关法律、法规作出评价。

1.2 项目概况

项目名称：内蒙古天然放射性固体废物填埋场一期建设项目

建设单位：中核泰和（内蒙古）环保科技有限公司

建设性质：新建

建设周期：本工程一期建设周期 24 个月，预计 2027 年运行

资金来源：本工程来源全部为企业自筹

1.3 项目建设的目的与必要性

(1) 保障核能绿色发展，贯彻新时代“三新一高”发展理念的重要条件。

人与自然和谐共生是中国式现代化的重要内涵之一，绿色发展是核能高质量发展的必然要求。核能的健康发展与辐射安全密不可分，核与辐射安全是我国生态环境保护的重要内容。在我国核安全监管和生态环境保护管理深度融合的框架下，企业应尽量减少放射性废物产生量并实现对各类放射性废物的安全规范处置，尽可能减少对生态环境的各种不利影响。

为全面贯彻落实“三新一高”发展理念，落实企业的安全生产与环保主体责任，切实解决产生的天然放射性固体废物规范处置问题，确保核能绿色、长期稳定发展，需尽快建设与核能发展相适应的专门用于天然放射性废物处置的填埋场，对天然放射性废物进行规范处理处置。

(2) 为集团驻蒙企业减负增效，更好服务地方经济发展

中核集团在内蒙古有多家重要成员单位，在铀资源勘探开采、核燃料元件加工、新能源开发等方面均有重要产业布局。

在包头市周边选址建设天然放射性固体废物填埋场，是支持驻蒙企业更好服务地方经济发展的有力保障。一是按照目前确定的建设方案，内蒙古填埋场的建设运营主体中核泰和公司注册在包头市石拐区，将会为当地带来持续、稳定的税收收入并提供就业岗位，为地方经济发展提供直接支持；二是项目建成后，将有效为中核北方减轻企业运营负担，节约企业后续发展用地，为企业后续产业持续、健康、稳定发展提供有力保障，同时中核北方产业的良性发展必将持续间接反哺地方，更好的为服务包头市地方经济发展提供稳定支持；三是中核泰和的成立，将不断拓展核环保相关业务，将为中核集团在蒙涉核、涉放企业的绿色发展提供坚强保障，同时包头市稀土储量和冶炼分离产能均居世界第一，包头稀土正加速从“世界级储量”向“世界级产业”坚实迈进，稀土产业的发展与核环保业务有很高的重合度，中核泰和将主动融入包头市稀土产业发展，为地方经济社会发展贡献力量。

此外，在包头市选址建设天然放射性固体废物填埋场更是落实中核集团与内蒙古自治区签订的战略合作协议的具体措施，也是落实包头市招商引资政策的具体体现。在天然放射性固体废物填埋场选址、规划、立项等方面，内蒙古自治区及包头市政府有关部门给予了大力支持，为项目落地及后期运营创造了很好的外部条件。

综上分析，在内蒙古包头市建设一座天然放射性固体废物填埋场是非常必要的。

1.4 建设内容和规划

中核泰和的主营业务为核环保产业开发，投资建设天然放射性固体废物填埋场主要服务于核燃料循环前段产业，聚焦天然放射性固体废物的规范处理处置，内蒙古填埋场定位为国内最大的天然放射性固体废物填埋场，厂址位于内蒙古包头市石拐区，实行“一次性规划、分期建设”，总规划填埋容量 20 万 m³，计划分四期建设，其中一期拟建设 5 万 m³。一期新建 2 个填埋单元，每个单元的填埋容

量约为 2.5 万 m³，填埋废物量总活度约 6.72×10^{12} Bq。后续依据填埋场接收废物源项情况确定后续的建设规模和填埋能力。

内蒙古填埋场一期项目主要新建内容有：2 个填埋单元、废物接收综合厂房（含汽车衡）、供水站、出入口、截排洪设施、生产用车停车场以及新增配套设备、设施等。环境保护设施与主体工程同步建设，建设周期为 24 个月。

一期填埋场主要接收废物类型主要为氟化钙渣等。

1.5 编制依据

1.5.1 国家法律法规和标准

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年
- (4) 《中华人民共和国核安全法》，2017 年
- (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院 682 号令，2017 年
- (6) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2011 年
- (7) 《放射性物品运输安全管理条例》，国务院 562 号令，2010 年
- (8) 《放射性固体废物贮存和处置许可管理办法》，环境保护部令第 25 号，2013 年
- (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 1 号，2021 年
- (10) 关于发布《放射性废物分类》的公告，原环保部公告第 65 号，2017 年
- (11) GB18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- (12) GB/T 28178-2011 《极低水平放射性废物填埋处置》
- (13) GB9132-2018 《低中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》
- (14) GB11215-1989 《核辐射环境质量评价一般规定》
- (15) GB11928-1989 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》

- (16) GB14500-2002《放射性废物管理规定》
- (17) GB8999-2021《电离辐射监测质量保证通用要求》
- (18) GB11216-89《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》
- (19) GB11806-2019《放射性物质安全运输规程》
- (20) HJ XXX-2025《环境影响评价技术导则 放射性固体废物近地表处置环境影响报告书的格式与内容》(征求意见稿)
- (21) GB3095-2012《环境空气质量标准》
- (22) GB3096-2008《声环境质量标准》
- (23) GB/T14848-2017《地下水质量标准》
- (24) GB8978-1996《污水综合排放标准》
- (25) GB12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》
- (26) GB12523-2011《建筑施工场界环境噪声排放标准》
- (27) GB16297-1996《大气污染物综合排放标准》
- (28) HJ 61-2021《辐射环境监测技术规范》
- (29) HJ 2.2-2018《环境影响评价技术导则 大气环境》
- (30) EJ/T 1191-2005《推导退役后场址土壤中放射性残存物可接受活度浓度的照射情景、计算模式和参数》
- (31) GB 45437-2025《核设施退役场址土壤中残留放射性水平规定》
- (32) HJ 1114-2020《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范》(试行)
- (33) GBT 31962-2015《污水排入城镇下水道水质标准》

1.5.2 委托文件

天然放射性固体废物填埋场一期建设项目环境影响评价技术服务委托书。

1.5.3 主要技术资料

(1)《内蒙古天然放射性固体废物填埋场一期建设项目项目建议书》，2025年9月

(2)《天然核素放射性固体废物极低放填埋场建设项目人口环境与外部事件专题报告》，2025年3月

(3)《天然核素放射性固体废物极低放填埋场一期建设项目可行性研究阶段水文地质调查报告》，2024年12月

(4)《天然核素放射性固体废物极低放填埋场建设项目厂区暴雨洪水分析与防洪方案研究报告》，2024年12月

(5)《天然核素放射性固体废物极低放填埋场一期建设项目可行性研究阶段岩土工程勘察》，2024年12月

1.5.4 政府批文

(1) 包头市石拐区自然资源局《关于查询中核泰和环保产业开发项目限制性因素排查的函》，2025年4月27日

(2) 包头市石拐区发展和改革委员会《项目备案告知书》，2025年2月18日

1.6 评价标准

1.6.1 公众剂量管理目标值

(1) 在运行期间，本工程正常运行工况和事故工况下放射性物质释放量很少，基本不会对周围公众造成照射，因此，运行期不再设置公众剂量约束值和事故剂量控制值。

(2) 参考 GB9132-2018 相关规定，填埋场一期项目通过各种途径向环境释放的放射性物质对公众中个人造成的有效剂量不超过 0.01mSv/a ，整个填埋场关闭后对公众造成的剂量不超过 0.2mSv/a 。

(3) 事故情况下，无意闯入填埋场或接触废物者连续受照的个人年有效剂量控制值不超过 1mSv/a ，单次急性受照的个人有效剂量不超过 5mSv/次 。

1.6.2 流出物排放控制值

(1) 气载流出物

在运行期间，本工程正常运行工况和事故工况下气载放射性物质释放量很少，不设置气载流出物排放限值。

(2) 液态流出物

本工程运行后，将对可能产生的污染废水进行收集，用于填埋单元洒水降尘，所有生产废水均不外排，不设置废水排放限值。

1.6.3 废物的设计接收限值

1.6.3.1 废物接收标准

内蒙古填埋场位于内蒙古包头市石拐区，主要接收填埋来自中核北方等国内核燃料循环前段产生的天然放射性固体废物。废物种类主要有氟化钙渣、碱渣等。

本工程接收的主要核素包括 U、Th-232。本工程废物核素及活度浓度指导值见表 1.6-1。

表 1.6-1 天然放射性固体废物填埋场废物核素及活度浓度指导值

核素	活度浓度指导值(Bq/g)	活度限值(Bq)
U-234	1.00E+02	6.00E+12
U-235	4.50E+01	2.70E+12
U-238	1.00E+02	6.00E+12
Th-232	2.00E+01	7.20E+11

注：（1）总铀不大于 100Bq/g；

（2）废物的密度取 1.2t/m³。

此外，对接收废物包实行剂量率与表面污染控制。废物包表面剂量率需满足 $\leq 20\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，废物包表面污染水平应低于表 1.6-2 所列限值。

表 1.6-2 废物包外表面的放射性污染水平限值

核素发射体类型	废物包外表面的放射性污染水平限值
β 、 γ 发射体、低毒性 α 发射体	4 Bq/cm ²
其它 α 发射体	0.4 Bq/cm ²

1.6.3.2 设计接收废物的量

内蒙古填埋场一期项目设计的天然放射性固体废物的总处置规模 5 万 m³，最大处置的废物总活度为 6.00×10^{12} (总铀) $+ 7.2\times 10^{11}$ (^{232}Th) $= 6.72\times 10^{12}$ Bq。

1.7 非放环境管理目标

1.7.1 环境质量标准

（1）环境空气质量标准

本工程拟选址位于内蒙古自治区包头市石拐区，其西南距离石拐区政府约 6.0km，西偏南距离包头市中心约 24km，东侧距离呼和浩特市约 132km。项目所在区域属二类环境功能区。采用《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准，执行标准见表 1.7-1。

表 1.7-1 环境空气质量标准

污染物	标准值		引用标准
	单位	二级	
SO ₂	μg/m ³	500 (小时平均)	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级标准
NO ₂	μg/m ³	200 (小时平均)	
CO	mg/m ³	10 (小时平均)	
O ₃	μg/m ³	200 (小时平均)	
PM _{2.5}	μg/m ³	75 (24 小时平均)	
PM ₁₀	μg/m ³	150 (24 小时平均)	
TSP	μg/m ³	300 (24 小时平均)	

(2) 声环境质量标准

本项目位于 2 类声环境功能区，声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中的 2 类标准，昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)。

(3) 地下水

地下水执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 的III类标准。

1.7.2 污染物排放标准

(1) 大气污染物排放标准

本工程仅在施工期间会产生少量扬尘。本工程施工期 TSP 浓度执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中相关要求，施工期周界外 TSP 浓度最高点不高于 1mg/m³。

(2) 噪声排放标准

施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)。本项目营运期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准。噪声排放标准值见表 1.7-2。

表 1.7-2 噪声排放标准

污染物名称	引用标准	执行标准
噪声排放	《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011)	昼间: 70dB(A) 夜间: 55dB(A)
	《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB12348-2008) 中 2 类声环境功能区	昼间: 60dB(A) 夜间: 50dB(A)

(3) 非放污水排放标准

生活污水系统主要包括各子项卫生间、淋浴间产生的排水，重力流排至室外生活污水管道，汇集进入化粪池。本项目产生的生活污水量较少，经化粪池处理后，将本项目生活污水采用槽车外运石拐广源投资有限公司城镇污水处理厂处理，废水需满足《污水排入城镇下水道水质标准》(GBT 31962-2015) 的相关要求。

1.8 评价范围与环境保护目标

参照《环境影响评价技术导则 放射性固体废物近地表处置环境影响报告书的格式与内容（征求意见稿）》(HJ5.2-2025) 和我国同类极低放固体废物填埋场，本项目评价范围为以填埋场区为中心，半径 5km 范围的圆形区域。本工程环境保护目标见表 1.8-1。

表 1.8-1 本工程环境保护目标一览表

要素	保护对象	保护性质	保护级别
地下水	填埋场下游至出露点	地下水	《地下水质量标准》GB/T14848-2017 中的III类标准值
声环境	设施边界外 200m 范围	声环境	《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准
辐射环境	评价中心 5km 范围内的环境和公众	辐射环境	本项目的公众剂量约束值

1.9 项目“三线一单”情况分析

根据原环保部发布的《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》要求：切实加强环境影响评价管理，落实“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”约束，加快推进改善环境质量；强化“三线一单”约束作用，在生态保护红线范围内，严控各类开发建设活动。项目环评对照区域环境质量目

标，深入分析预测项目建设对环境质量的影响，强化污染防治措施和污染物排放控制要求。

全市共划分环境管控单元 84 个，包括优先保护单元、重点管控单元、一般管控单元三类，实施分类管控。

（1）生态保护红线

根据包头市生态环境局通过内蒙古自治区“三线一单”数据应用平台查询结果，场址半径 10km 范围涉及 6 处优先保护单元、5 处重点管控单元、2 处一般管控单元。本项目场址位于石拐区一般管控单元，场址不在生态保护红线范围内。根据包头市石拐区自然资源局 2025 年 4 月 27 日出具的《关于查询中核泰和环保产业开发项目限制性因素排查的函》（附件 1），经核查，本项目不占用永久基本农田、生态保护红线、未压覆已查明重要矿产资源，无在期有效矿业权设置单元。本项目不占用生态保护红线区域，不会对生态保护区造成不良影响，满足生态保护红线划定的相关要求。

位于场址 NNE 方位 0.7km 的内蒙古国家级然保护区是最近的大气环境优先保护区（生态保护红线），处于填埋场地下水的上游方向。

（2）环境质量底线

根据《2024 年内蒙古自治区生态环境状况公报》，2024 年，全区 12 盟市环境空气六项污染物年浓度均值均达标，本项目位于内蒙古自治区包头市，因此，项目所在区域环境空气质量属于达标区。

项目运行期间，除车辆运输产生的废气和水泥砂浆搅拌产生的粉尘之外，不产生其它废气，对环境影响很小。非放废水包括职工生活、非放射性区域淋浴排水，废水全部收集后采用槽车外运进行处理。本项目产生的非放固体废物主要是工作人员的生活垃圾，收集后统一处理。因此，项目的实施不会对周边环境产生较大影响，不会改变区域环境功能类别，与环境质量底线相符。

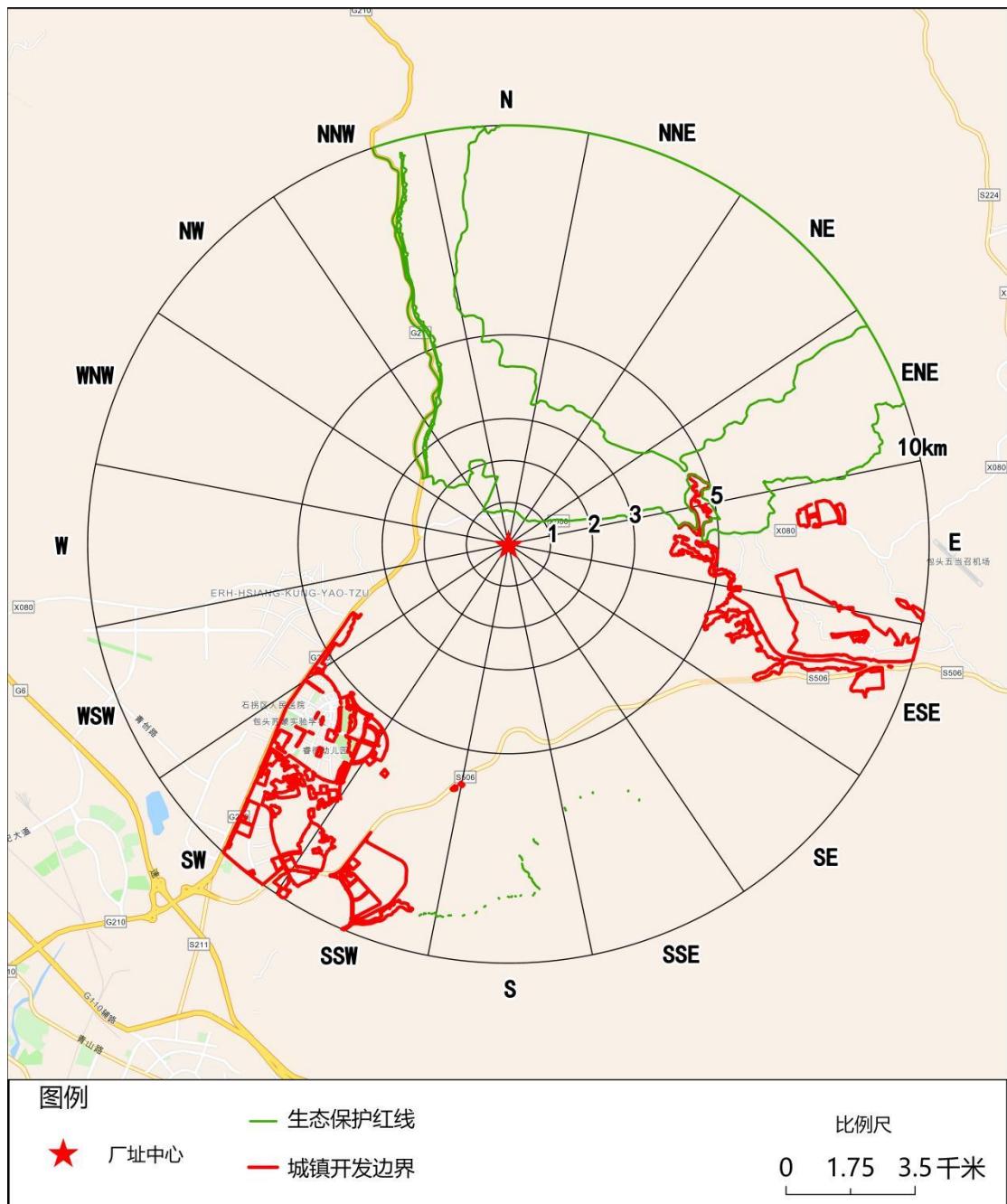


图 1.9-1 场址半径 10km 范围内生态保护红线分布情况

(3) 资源利用上线

根据《包头市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》(包府发〔2021〕47号)及《包头市生态环境保护委员会办公室关于包头市2023年生态环境分区管控更新成果应用的通知》(包环委办发〔2024〕3号),全市水资源、土地资源、能源利用上线相关指标要求达到国家、自治区“十四五”下达的总量、强度、效率等控制要求。

本项目为环保治理项目中的放射性废物治理项目，运营过程消耗新鲜水较少，不属于高耗水项目；项目用电、用油主要为吊装设备耗电和废物运输车辆用油，不属于高耗电项目。综上所述，本项目资源消耗低，符合区域内资源利用上线。因此本项目的实施与资源利用上线相符。

（4）生态环境准入清单

本项目与环境准入负面清单符合性分析情况表见表 1.9-1。本项目的建设性质、工艺设备、运营期间污染物的产生情况等均不在环境准入负面清单范围内，本项目符合环境准入负面清单的要求。

本项目位于内蒙古自治区包头市石拐区，根据内蒙古自治区“三线一单”公众端应用平台查询，本项目属于一般管控单元（石拐区一般管控单元，环境管控单元编码：ZH15020530001），与本项目有关的要求符合性分析见下表 1.9-2。

由以上分析可知，本项目符合《包头市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（包府发〔2021〕47号）及《包头市生态环境保护委员会办公室关于包头市2023年生态环境分区管控更新成果应用的通知》（包环委办发〔2024〕3号）要求。

表 1.9-1 项目与环境准入负面清单符合性分析

项目	环境条件	准入性分析
行业准入负面清单	国家、地方布局规划要求不在本区域发展的行业	不涉及
产品准入负面清单	涉及国家规定的禁止生产、经营的货物、产品的项目	不涉及
工艺准入负面清单	工艺、装备水平不满足行业准入条件的项目	不涉及
	《产业结构调整指导目录（2019年本）》限制类、淘汰类项目	鼓励类
	生产方法、生产工艺及设施装备不符合国家最新技术政策要求的项目	不涉及
清洁生产准入负面条件	对于出台（或试行）清洁生产标准的行业，入园企业要达到清洁生产企业要求；对于没有出台清洁生产标准的行业，入园企业清洁水平要达到本行业国内先进水平	本项目为环保治理项目，无清洁生产相关标准
	无废水预处理设施，废水不能达到行业污染物排放标准和新建园区污水处理站的进水水质要求	本项目生活污水采用槽车外运处理
	危险废物不能做到不落地、不暂存	本项目不产生危险废物，产生的放射性固体废物在本项目填埋
	涉及大颗粒原料、一般固废，厂区储存不采取封闭措施的	本项目生活垃圾送环卫部门统一处理
	废气无法达标排放	本项目不产生放射性废气，车辆运输产生的废气和水泥砂浆搅拌产生的粉尘满足相关标准要求
	污染物排放不满足总量控制要求	本项目不设总量控制指标
	涉及重大风险源，未采取有效风险措施	本项目不涉及重大风险源
布局要求	居住区上风向的高污染、高风险项目，对居民区造成较大影响，且无法采取有效环保措施、风险防范措施	不是高污染、高风险项目
规模要求	耗水量大，经论证区域水资源无法满足其用水需求的项目	非耗水量大的项目
	污染物排放量大，区域环境容量无法满足该项目需求的项目	除车辆运输产生的废气和水泥砂浆搅拌产生的粉尘之外，不产生其它废气
其他	《内蒙古自治区限制开发区域限制类和禁止类产业指导目录（2016年本）》限制类、淘汰类项目	不涉及

表 1.9-2 管控单元符合性对照表

环境管控单元编码	ZH15020530001	管控单元类别	一般管控单元
管控单元名称	石拐区一般管控单元		
序号	管控要求	本项目	符合性
1	根据资源环境承载能力，引导产业科学布局，合理控制开发强度，维护生态环境功能稳定	本项目为放射性废物填埋项目，可降低环境风险	符合

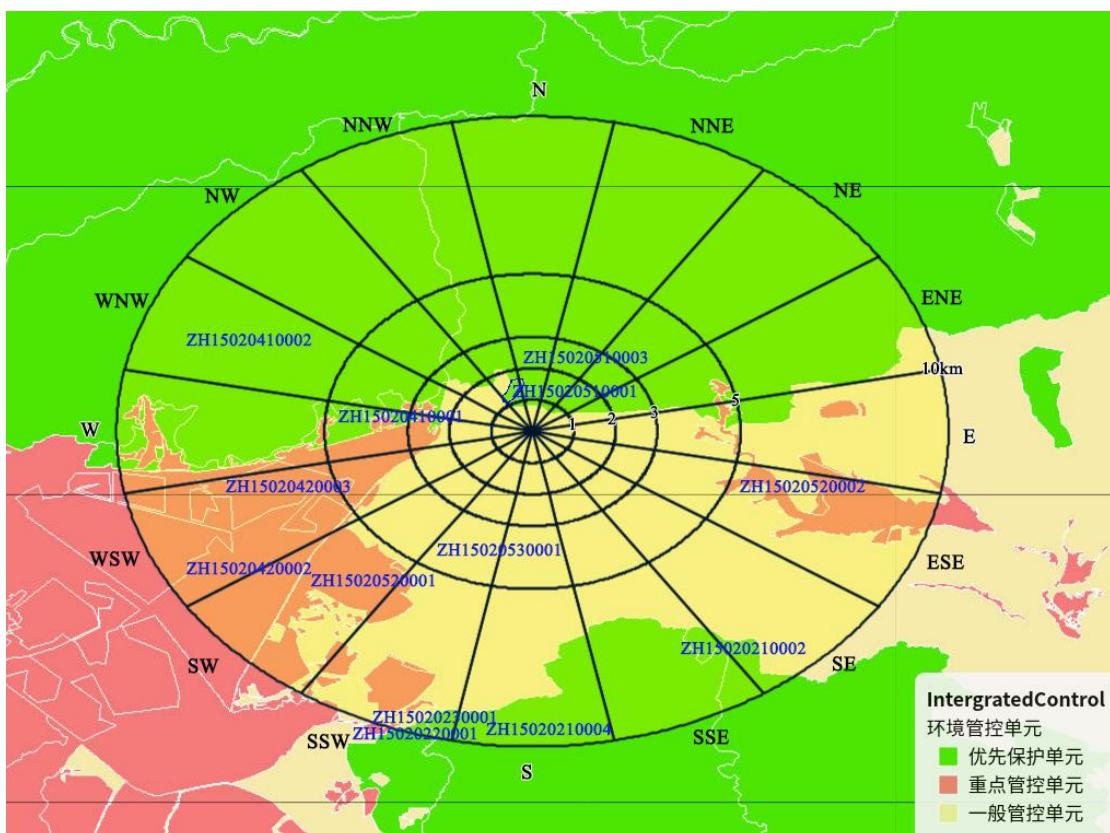


图 1.9-2 场址半径 10km 范围内环境管控单元情况

第二章 场址环境

2.1 地理位置

场址位于内蒙古自治区包头市石拐区，其西南距离石拐区政府约 6.30km，西偏南距离包头市政府约 17.50km。

场址区属于低山-沟谷地貌，地面标高约 1326.00~1412.09m。山体多呈南北走向，主沟谷为南北方向，为阿塔沟西侧支沟。大部分区域基岩裸露，第四系覆盖物较薄，沟谷区第四系相对较厚，最大约 8m。第四系覆盖区域植被较为发育，主要为低矮的草丛。

2.2 人口分布及饮食习惯

人口分布的资料和数据来源于：场址半径 10km 范围内涉及的各街道、镇人民政府提供的 2023 年最新的有关统计资料，以及实地调查收集的资料；场址半径 5km 范围内实地调查，获取最新的资料和数据。

2.2.1 各子区现有人口分布及年龄构成

场址半径 10km 范围内有常住人口 20002 人，平均人口密度 64 人/km²。

场址半径 5km 范围涉及石拐区大德恒街道、五当召镇；青山区兴胜镇，包头市 2 个县市区 3 个乡镇（苏木、街道）6 个行政村的 15 个自然村（居民点）。距离场址最近的自然村（居民点）是石拐区大德恒街道的大庙村的边墙壕自然村，位于场址的 WNW 方位 1.7km 处，有常住人口 93 人，40 户；人口最多的自然村（居民点）是青山区兴胜镇的二相公村，有常住人口 351 人，149 户，位于场址的 W 方位 4.5km 处。场址半径 5km 内没有万人以上的人口集中地区。

场址半径 10km 范围内居民年龄构成，婴儿组占比 0.5%，儿童组占比 4.03%，青少年组占比 10.25%，成年人组占比 85.22%。

2.2.2 人口发展规划

根据包头市统计局、石拐区统计局统计数据，统计给出了 2014 年~2023 年近十年包头市和石拐区人口自然增长率情况，统计结果见

表 2.3-7, 变化趋势可见包头市、石拐区人口自然增长率基本呈振荡下降的趋势, 包头市 2022 年出现连续负增长, 石拐区 2020 年以后连续为负增长。从人口预测偏保守考虑, 2023 年以后场址半径 10km 范围内人口增长率为“0”, 投产年的预期总人口数与 2023 年一致。

表 2.2-4 2014 年~2023 年包头市和石拐区人口自然增长率

区域	自然增长率 (%)									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
包头	5.66	3.22	3.26	-1.43	0.76	4.09	0.95	0.58	-2.31	-2.87
石拐区	0.76	0.34	0.73	-1.72	-2.03	0.61	-0.05	-0.09	-0.97	-5.9

2.2.3 居民饮食习惯

本次使用 2023 年中国辐射防护研究院在包头市人口密集区域进行的食谱调查数据。居民食谱的抽样调查结果见表 2.2-1。

表 2.2-1 包头市青山区居民平均食物消费量 (kg/a)

食物品种		≤1 岁	1~7 岁	7~17 岁	>17 岁
粮食	米	2.80	19.41	37.35	68.81
	面	3.58	19.54	37.46	56.44
	豆类	0.42	7.39	12.74	11.87
	薯类	0.61	10.70	25.33	37.53
	其它	0.28	4.83	8.60	6.35
蔬菜	叶类	0.83	19.41	28.42	26.28
	根茎类	1.03	13.38	24.92	25.67
	果实类	1.04	12.96	25.02	28.53
	水生类	0.60	5.45	8.95	8.41
肉类	猪肉	1.38	12.43	23.72	36.27
	羊肉	1.03	10.74	17.99	29.69
	牛肉	0.69	8.48	15.74	23.47
	禽肉	1.03	6.85	16.21	20.43
蛋		5.62	15.60	26.95	25.82
奶类及奶制品		216.31	43.42	58.33	24.91
水果		7.45	26.92	43.76	41.70

2.3 社会经济和资源概况

2.3.1 社会经济

根据《包头市 2024 年国民经济和社会发展统计公报》，包头市全年生产总值 4575.1 亿元，比上年增长 8.1%。其中第一产业增加值 143.8 亿元，增长 5.3%；第二产业增加值 2145.5 亿元，增长 13.1%；第三产业增加值 2285.8 亿元，增长 4.5%。

场址半径 10km 范围内有企业 629 家（不含停产企业），主要集中分布在石拐工业园区、包头市城市共同配送物流园区和包头市装备制造产业园区 3 个工业园区内。

石拐工业园区已有入园企业 59 家，其中正常经营 23 家（规上企业 13 家）、停产 29 家、在建企业 7 家，职工人数最多的企业是内蒙古亚新隆顺特钢有限公司，生产钢材，企业年产值近百亿元，位于场址的 ESE 方位 9.1km 处。

包头市城市共同配送物流园区有企业 65 家，其中位于建材园区的企业有 23 家，规上企业 8 家；位于物流园区的企业 42 家，规上企业 10 家。

包头市装备制造产业园区入园企业 522 家，其中，规模以上企业 68 家，上市企业 16 家，主要有重车装备、新能源装备、应急装备、综采装备、机电装备、工程机械装备等传统装备制造产业企业。因入园企业信息保密要求，包头市装备制造产业园区不能提供各企业单独信息。

园区外企业有 12 家，其中规上企业 7 家。

2.3.2 土地利用

场址半径 10km 范围涉及包头市 3 个县市区，7 个乡镇（苏木、街道）和 3 个产业园区：石拐区大德恒街道、大发街道、大磁街道、吉忽伦图苏木、五当召镇、石拐工业园区、包头市城市共同配送物流园区；青山区兴胜镇、包头市装备制造产业园区；东河区沙尔沁镇。场址半径 10km 范围内主要涉及灌木林地、天然牧草地、其他林地、其他草地等，场址区域所在地为天然牧草地。

2.3.3 矿产资源

场址半径 5km 范围涉及 1 处铁矿和 1 处石墨矿。根据包头市石拐区自然资源局核实，本项目用地范围内未压覆已查明重要矿产资源，无在有效矿业权设置单元。

2.3.4 交通运输

场址 10km 范围内涉及 1 条铁路，1 条国道，1 条省道，一条县道。

公路：场址周边有国道 G210、省道 S506、县道 X080 经过。场址西侧距 G210 最近距离约 2.20km，南侧距 S506 最近距离约 4.20km，东北侧距 X080 最近距离约 0.6km。

铁路：场址南侧有包石线经过，距场址最近距离约 3.70km，目前该线路全线停运。场址西南侧距包头站最近距离约 26.60km。

2.3.5 自然保护区和文物保护单位

场址半径 10km 范围内涉及自然保护区 1 处，旅游景区 3 个，文物古迹 16 处。

场址半径 10km 范围内的自然保护区为内蒙古大青山国家级自然保护区。保护区与场址的最近点位于 NNE 方位 0.7km 处，为实验区边界。

场址半径 10km 范围内省级以上旅游景区包括赵北长城、花舞人间、包头古城，距离场址最近的是赵北长城，位于 NE 方位 0.8km 处。

场址半径 10km 范围内有文物古迹 16 处，其中自治区级 2 处，市级 2 处，其他均未定级。距离场址最近的是赵北长城石拐区段，距离场址 0.8km。

2.3.6 生态环境状态

包头地区幅员辽阔，植物分布广泛。根据地形和气候的差异，植物主要分布在以下几种生态系统中：

草原。包头地区拥有广袤的草原，主要包括草甸草原、草原湿地和荒漠草原。这些草原地区是包头地区植物多样性最高的地带之。常见的植物有：羊草，生长在海拔较高的地区，是包头地区最为常见的植物之一，具有优良的草质和抗逆能力。蒙古标，生长在包头地区较为湿润的环境中，树干高大笔直。蒙古标叶片宽阔，可以作为牲畜的饲料。

包头地区还有一定数量的木木植物分布在山区和荒地帶，如杨树，生长在河谷和山坡地帶，具有快迷生长和适应性强的特点。金霞杜鹃，生长在高寒山区，是包头地区的特色植物之一。

2.4 气象

项目区地处中温带半干旱季风气候区，受冬季冷高压及夏季副热带高压影响，呈现出的气候特征为：典型的大陆性气候，冬季寒冷而漫长；夏季炎热而短促，日温差大；春季干旱多风；秋季凉爽，光照充足。

根据包头市气象局 2001~2022 年间气象资料，场址所在区域夏季平均气温为 19.0~23.0°C，最高达 37.6°C；冬季平均气温为 -10°C~20°C，最低达 -31.6°C。年主导风向为西北风，夏季多东北风，年平均风速为 2.7~3.4m/s，最大风速为 19.0m/s。

根据中核北方气象站 2022-2024 年的逐时气象资料，该地区平均风速为 2.84m/s，主要风向集中在 E~ESE 方位，主导风向频率为 15.51%，图 2.4-1 为风频玫瑰图。

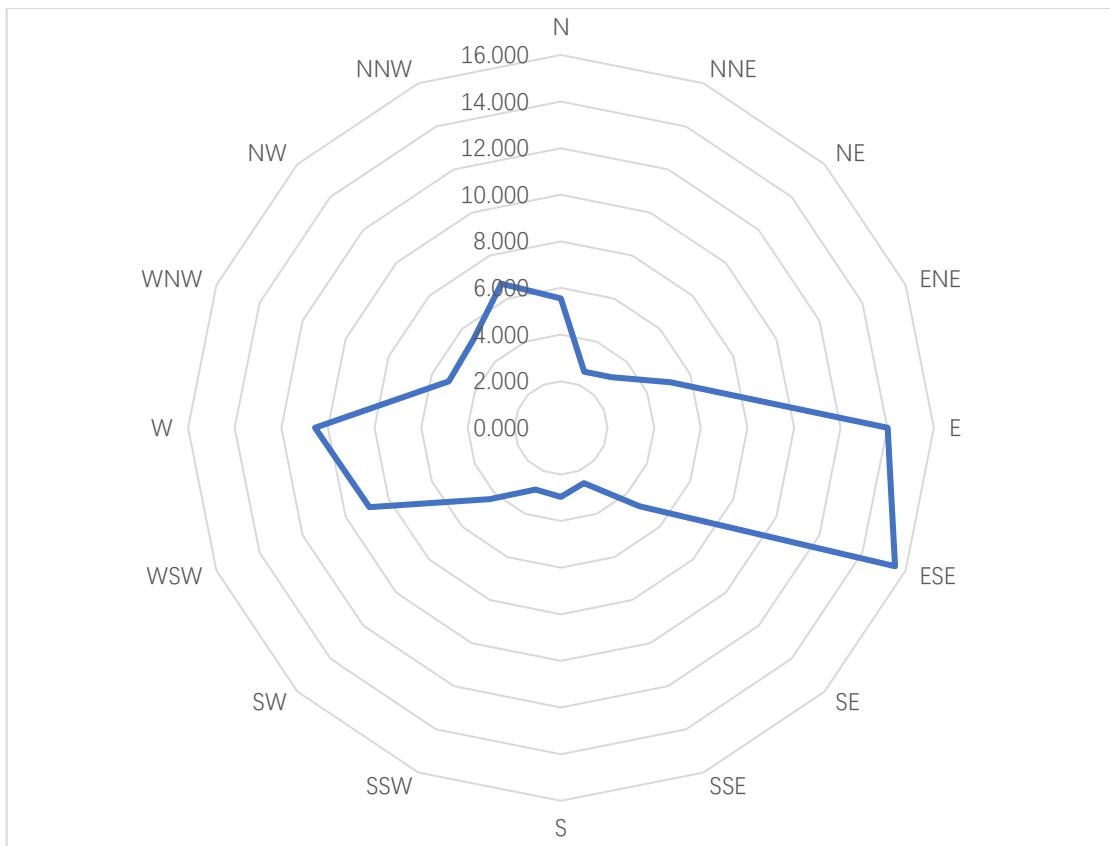


图 2.4-1 年均风频玫瑰图

根据包头市气象站 1971~2020 年资料统计，年均降水量 303.1mm，雨季集中在 7、8、9 月，占全年降水量的 60~70%；年平均蒸发量为 1791.6mm，主要集中在 5~10 月，占全年蒸发量的 60% 左右；冰冻期长达 6 个月，最大冻土深度为 1.55m。

2.5 水文地质

工作区位于内蒙古自治区包头市石拐区大德恒街道，本节内容依据《天然核素放射性固体废物极低放填埋场一期建设项目可行性研究阶段水文地质调查报告》（2024 年 12 月）。本次厂址及其附近调查范围内未见地表水。

根据调查区地下水类型、分布范围及其补给、径流方向、排泄条件等，并结合地形地貌特点，调查区水文地质单元是呼包平原水文地质单元的北侧，处于低山丘陵、山间凹地两个地貌单元中，完整厂址水位埋深为 2.3~22.48m，本次填埋单元所在地地下水埋深 5.21~7.13m。

根据调查区地下水类型、分布范围及其补给、径流方向、排泄

条件等，并结合地形地貌特点，对厂址水文地质条件复杂程度进行划分：

本项目位于低山沟谷区，地貌类型单一，岩层随地貌起伏，褶皱较为发育、未发现断层构造，主要岩性以太古代变质岩为主，包气带仅存在于沟谷内，底部具有稳定的基岩隔水层，第四系和强风化基岩含水层渗透性均为中等渗透，渗透性变化较小，地下水的补给条件清晰，径流指向明显，排泄条件简单，地下水类型主要为基岩裂隙水和孔隙潜水。综上，该区水文地质条件简单。

根据水文地质调查结果，拟建厂址全部位于阿塔沟西侧支沟范围内，地下水主要补给来源为周边低山通过基岩裂隙和次级小冲沟的地下水汇集以及大气降水，并全部向下游阿塔沟排泄，排泄口位于场址的 S 方位约 1km 处。拟建厂址在地貌上呈现三面环山、单口排泄的倒 U 形特征，因此本项目厂址属于一个水文地质单元。

2.5.1 区域水文地质特征

2.5.1.1 区域含水层

区域内主要赋水含水层为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水，其中，基岩裂隙水赋存于东部、北部山区，松散岩类孔隙水主要分布在山间沟谷，山间洼地、山前冲洪积倾斜平原及黄河冲积平原，赋存第四系松散岩类孔隙潜水，是主要的供水含水层。孔隙承压水仅在冲洪积扇中下游、黄河冲积平原局部存在。

1. 松散岩类潜水

(1) 山前倾斜平原松散岩类孔隙潜水含水层

分布于山前冲洪积扇裙带，含水层为全新统及上更新统砂砾卵石，扇形地中上部岩性为砾砂、砂砾、砂卵石层，混有中细砂及粘性土，下部含水层岩性变细，为粗砂、中细砂、粉细砂。涌水量在昆都仑、哈德门冲洪积扇及东河区以东山前地带大于 $1000\text{m}^3/\text{d}$ ，含水层厚度 $7.29\sim 114.83\text{m}$ ，水位埋深 $2.45\sim 27.53\text{m}$ ，往南水量逐渐减小，水位埋深也逐渐变浅，水质良好，矿化度一般小于 1g/L 。东达沟、本坝沟冲洪积扇是很多较小沟谷形成的冲积洪积裙的一部分，

含水层岩性由东北向西南颗粒逐渐变细，水位埋藏变浅，上更新统及全新统砂砾石层大部分透水不含水，水量较贫乏，涌水量小于 $50m^3/d$ 。

（2）黄河冲积平原松散岩类孔隙潜水含水层

黄河冲积平原含水层岩性为中粗砂、中细砂、粉砂，含水层厚度一般 $4.12\sim30m$ ，涌水量一般小于 $100m^3/d$ ，只在东河区南部偏大，为 $500\sim1000m^3/d$ ，土右旗刘柜乡一带 $100\sim500m^3/d$ 。

（3）第四系松散岩类孔隙承压水主要分部于工作区南部及西南部山前冲洪积扇下游溢出带及黄河冲积平原区，含水层顶板埋深 $50\sim60m$ ，山前冲洪积扇下游溢出带单井涌水量一般 $100\sim500m^3/d$ ，局部地区下游较上游水量丰富：黄河冲积平原区单井涌水量一般 $500\sim1500m^3/d$ 。

2.基岩裂隙水

广泛分布于工作区北部、东部中低山及低山丘陵区，含水层岩性以太古代、古生代的变质岩、火成岩、沉积岩及中生代的火成岩、不同时代的侵入岩为主，各类岩体支离破碎，节理裂隙十分发育，易接受大气降雨的补给，入渗条件较好，赋存有裂隙水，单井涌水量一般小于 $100m^3/d$ ，构造断裂带涌水量大于 $100m^3/d$ 。由于基岩裂隙水补排条件良好，水质一般为淡水，矿化度小于 $1g/L$ ，水化学类型以 HCO_3 型为主。

2.5.1.2 地下水补径排条件

（1）山前倾斜平原松散岩类孔隙水含水层

松散岩类孔隙潜水，总体沿地形向西南、南方向迳流，主要接受大气降水的入渗补给、农田回灌渗入补给以及基岩裂隙水的侧向补给，排泄方式除以泉水排泄外，还有蒸发及人工开采等。

大青山山前倾斜平原第四系孔隙潜水主要接受大气降水、第四系沟谷潜水、地表水渗入、农田回灌以及基岩裂隙水的侧向补给，沿山前向南迳流，在冲洪积扇前缘以湖泊、湿地形式蒸发排泄，以及人工大量开采消耗。由于潜水大规模开采，使泉水水量减少或干枯，湿地、湖泊缩小或消失，可见地下水开采为其主要排泄方式。

(2) 黄河冲积平原松散岩类孔隙水含水层

黄河冲积平原地下水补给源主要以黄灌水下渗为主，其次为大气降水入渗及北部冲积洪积扇地下水的补给，排泄主要是潜水蒸发排泄与地下水开采。

(3) 基岩裂隙水

主要分布于中低山区及低山丘陵区，由变质岩、各期花岗岩及火山岩的强风化带组成。本区基岩裸露，风化剥蚀强烈，节理裂隙发育，强风化裂隙带深度一般 20~40m，有利于大气降水的入渗，具备赋存基岩裂隙水的良好条件。基岩裂隙水接受大气降水直接入渗补给后沿着节理裂隙或断裂破碎带向沟谷或地形低洼处迳流，迳流条件好。排泄方式，主要以地下水迳流形式补给第四系孔隙潜水及山间断拗陷盆地中碎屑岩类裂隙孔隙水，并最终汇入山前倾斜平原松散岩类孔隙水含水层中。

2.5.2 场址附近范围水文地质特征

2.5.2.1 含水层空间分布

区内较大的沟谷包括东达沟、本坝沟、大东沟及留宝窑子沟，均属发育于中低山区为侵蚀性沟谷，出山后转变为在第四系全新统冲积扇之上发育的堆积性沟谷，沟谷切割深度较浅。本坝沟及留宝窑子沟冲积含水层与扇形地含水层、山间洼地含水层融为一体，且有统一的地下水水力特征、富水性特征、统一流场和地下水动态特征。

1.东达沟、本坝沟冲积扇中上部松散岩类孔隙潜水

分布于东边墙、蛇岭窑子、开州窑子一线以西地区，属以东本扇的扇顶部位置，含水层岩性为第四系冲积砾石、砾砂、卵砾石，由于大量的人工开采，近年来地下水位急剧下降，含水层厚度一般为 2~5m，水位埋深 20~40m，由东向西水位埋深逐渐增大含水层富水性较差，单井涌水量一般小干 $100\text{m}^3/\text{d}$ 。由于地下水位埋深大，含水层厚度小，生产井无法形成有效降深水位就降至含水层底板以下，形成吊泵现象，因此无法连续抽水，含水层处于疏干状态，目前只能供当地农灌及部分企业单位间竭性开采。

地下水水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型水为主，水质良好，溶解性总固体小于 1000mg/L。

2. 马场村洼地松散岩类孔隙潜水

马场村注地面积 21.0km²，其它为基岩山区。马场村洼地地貌特征属大东沟出山后形成的山前冲洪积扇的扇顶带，由于受蛇岭窑子、开州窑子等地低山丘陵的阻隔，在此形成一呈三角形的山间洼地。

马场村洼地含水层岩性为第四系冲洪积砾石、砾砂、卵砾石及其下部的花岗片麻岩风化裂隙带。据所施工钻孔揭露，第四系松散岩类含水层大部分被疏干或厚度极小，区内大部分机民井中静止水位已降至含水层底板之下，以片麻岩、花岗片麻岩强风化带为主要含水层。

区内目前尚可利用的机民井孔深一般 50~120m，含水层厚度 5~30m，最大的达 81.70m，但松散岩类含水层厚度一般小于 5m，所揭露的含水层以花岗片麻岩强风化裂隙带为主，获得补给困难，因此一般机民井单井涌水量较小，无法进行连续性抽水。

马场村洼地地下水矿化度均小于 1g/L，水质类型以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 型水为主，仅在山口附近及下游与刘宝窑沟相接部位钻孔中揭露 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 型水，但分布面积较小。

根据勘查结果，本地段地下潜水含水层无集中供水意义，仅可供当地居民间竭性开采，以满足人畜饮用水及部分农灌用水。

3. 留宝窑子沟沟谷松散岩类孔隙潜水

留宝窑子沟下游宽度 200~500m，以山区沟谷为主要特征，沟谷两侧为基岩山区，沟谷两侧一级阶地上有少许农田。沟谷中沉积物以第四系松散中粗砂、砂砾石为主，厚度小于 22.50m。沟谷中地下水位埋深一般接近松散岩类沉积层底板或大于底板，松散岩类含水层厚度一般缺失，个别地段存在小范围含水层，但厚度均小于 2m；阶地地段地下水位埋深 3.6~18.68m，松散岩类含水层厚度 1.32~16.35m。

无论沟谷地段或阶地，大部分地段松散岩类含水层疏干，现有机民井主要开采层为松散含水层与基岩强风化带含水层混合开采，

且地下水补给条件较差，单井只能进行 0.5~1h 的连续开采，之后井水干枯，2~3 天之后才可进行再次开采，水量贫乏。

留宝窑子沟地段地下水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 型水为主，矿化度一般小于 0.5g/L，水质较好。

2.5.2.2 厂址附近范围地下水补给、径流、排泄特征

调查区松散岩类孔隙潜水主要补给源来自于大气降水的入渗补给、中低山区、低山丘陵区基岩裂隙水的侧向径流补给及洪水的季节性补给。

本区松散岩类潜水含水层埋深较大，包气带岩性以粗颗粒的砂砾卵石层及中粗砂为主，有利于大气降水的垂向入渗补给，但同时由于包气带厚度大，强度较小的降水或一般性降水对含水层的补给程度较弱，所形成的部分入渗补给量游离于包气带中，以蒸发的形式排泄，对含水层的补给作用微弱。只有在较大强度的集中降水过程中，入渗水量直接进入含水层时可形成对潜水含水层的有效补给，表现为地下水位在集中降水后有较明显的升高。

北部山区基岩裂隙水的侧向径流补给属于持续性补给。补给特征表现与降水入渗补给基本相似，集中于沟谷上游发生集中降水之后，每年一至二次，延续时间一般小于 10 天。

沟谷冲洪积潜水含水层与山前扇体潜水含水层岩性相近，水力联系密切，属统一的松散岩类含水体。现代沟谷中广泛堆积中粗砂及砂砾卵石层，极有利于沟谷洪水对地下水的垂向入渗补给，尽管补给时间有限，但集中补给量较大，在一些人工开采量不大的类似地区，沟谷水集中补给的水量往往可以做为以丰补欠的水源保障。

本区地下水径流运动表现为由东北的山前冲洪积扇顶向下游西南方向径流运动平均水力坡度 2‰，略小于地面坡度。本区多个沟谷地下水向下游汇至马家洼地，并最终排泄至黄河冲积平原。

2.5.3 场址水文地质特征

根据调查区地下水类型、分布范围及其补给、径流方向、排泄条件等，并结合地形地貌特点，调查区水文地质单元是呼包平原水文地质单元的北侧，处于低山丘陵、山间凹地两个地貌单元中，厂

址水位埋深为 2.3~22.48m。

(1) 松散岩类孔隙水

松散岩类孔隙含水岩组覆盖范围较小，主要分布于厂址沟谷下游。谷中坡洪积物以第四系松散中粗砂、砂砾石为主，厚度小于 10.0m。沟谷中地下水位埋深一般接近松散岩类沉积层底板或大于底板，松散岩类含水层厚度一般缺失，个别地段存在小范围含水层。根据 2、5、8 号孔附近试坑单环注水试验数据，渗透系数为 $5.78 \times 10^{-4} \sim 4.69 \times 10^{-3}$ cm/s，属中等透水，补给来源主要为大气降水及其产生的地表径流、基岩裂隙水侧向径流，排泄方式主要为向沟谷外的地下径流。

(2) 基岩裂隙水

基岩裂隙含水岩组在厂区分布广泛，赋存于强风化~中等风化基岩裂隙中。含水层以太古代的变质岩、不同时代的侵入岩为主，岩体节理裂隙十分发育，易接受大气降水的补给，低山区地形多切割强烈，冲沟发育较多，呈树枝状分布，入渗条件及范围均较好，为基岩裂隙水储存及径流提供了良好条件，单井涌水量一般小于 100m³/d。随着深度增加，风化程度逐渐减小，渐变为隔水岩层。

根据抽水、微水试验成果，强风化含水层层组的渗透系数在 $2.16 \times 10^{-4} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ cm/s 区间之内，属中等~弱透水。

2.5.3.1 含水层渗透性

(1) 压水试验成果

压水试验位置选取节理裂隙相对较少的地段，节理裂隙张开程度均以闭合状或微张状为主。

本次勘察布置了全孔压水试验 3 孔。根据本次勘察压水试验结果，勘察区内中等风化基岩透水率在 0.11~2.54Lu 之间，属于微透水~弱透水；微风化基岩透水率在 0.08~0.41Lu 之间，属于极微透水~微透水。其透水率与节理裂隙发育有直接关系。

(2) 其他试验成果

在场区 2 号钻孔、5 号钻孔、10 号钻孔和 15 号钻孔进行了微水、抽水试验，将调查区各岩土层的渗透系数和渗透性进行了汇总。

2.5.3.2 地下水流速、流向

在 2、8、15、S4 钻孔内完成了地下水的流向和流速测试。工作区地形北高南低，水力坡降为 4%，水利梯度大，为地下水流动提供了足够的势能，且主要含水层位为第四系及强风化层，沟谷内淤积泥沙一致性较好，结合 4 个钻孔流速流向测量可知，该场地地下水流向受地形控制，总体沿沟谷由北向南流动，地下水流速差异受地形因素及钻孔孔位影响导致，2 号钻孔靠近流域边缘，相对流速较慢，15 号钻孔位于两条冲沟交汇处，且钻孔所在沟谷段地形高差变化较大，相对流速较快，S4 钻孔靠近坡面，且钻孔所在沟谷段地形高差变化相对较小，流速相对 15 偏小，平均水平流速为 58.16m/d。

2.5.3.3 地下水动态变化

本区属于地下水向沟谷补给的前端，地下水动态变化受大气降水影响较大，下游主沟谷（阿塔沟）农业开采影响次之。本次勘察在厂址区沿地下水径流方向设置 4 口长期观测孔对地下水进行一个水文年的观测。厂址下游主沟谷地下水动态变化特征如下：

阿塔沟地下水利用以农业开采为主，大田作物集中灌溉期为每年的 5~7 月份，这一时期表现为地下水位迅速下降，农灌期结束伴随着雨季的到来，地下水位迅速回升，超过农灌期之前的水位高度。每年 11 月份之后，随着降水量的减少，地下水位逐渐回落。每年地下水位最高峰值出现在 8~9 月，最低谷值出现在农灌期的 5~6 月。

伴随雨季的到来，地下水可以迅速得到大气降水的补给，但基岩山区基岩裂隙水对本区含水层的侧向径流补给一般较降水入渗补给滞后一至二个月，表现在地下水动态曲线上表现为每年 10~11 月份地下水位仍能保持在较稳定的高水位水平。

2.5.3.4 地下水补给、径流、排泄特征

大气降水为区内地下水的主要补给来源，第四系孔隙潜水与基岩裂隙水直接接受大气降水的入渗补给，同时河谷孔隙潜水还接受低山丘陵区基岩裂隙水的排泄补给和雨季地表河水的渗漏补给。河谷洼地为地下水贮存及排泄区。

2.5.3.5 水化学特征

在场区钻孔 S1、S2、S3、5 号、8 号、10 号、15 号钻孔采取了 7 组地下水样，根据本次勘察所取水样水质分析成果，勘察区地下水总矿化度 $386.2\text{mg/L} \sim 652.3\text{mg/L}$ ，为淡水，pH 值 $7.55 \sim 8.02$ ，为弱碱性水，地表水按硬度属硬水~极硬水。

根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001, 2009 版)附录 G，勘察场地环境类型按 I 类考虑；根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001, 2009 版)第 12.2 节，对勘察区主要水体进行了腐蚀性评价。

场地整体评价：对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

2.5.4 工程水文

2.5.4.1 水文描述

留宝窑子沟（又称东河）系黄河的一级支流，位于包头市的东北部。该河发源于魏君坝、后坝站，海拔 1495m，主要支沟为北梁截洪沟和东水道。流经鸡毛窑子、开州窑子、留宝窑子，贯穿东河市区、110 国道、京包铁路桥，在邓家营子村南汇入黄河。留宝窑子沟流域面积（黄河入河口以上） 112km^2 ，沟口以上流域面积 100km^2 ；河道总长 28km，平均比降为 10.1‰，沟口以上河道长 19.7km，河宽约 30m，沟口以下至黄河河道长 8.3km，河宽 $35 \sim 130\text{m}$ 。

阿塔沟系黄河的二级支流，留宝窑子沟的一级支流，起点谷六沟，沟道全长 12.077km，河道最宽处 108m，河道最窄处 8m，流域面积 13.74km^2 。

3#沟所处流域属于阿塔沟一级支沟，留宝窑子沟二级支沟，黄河的三级支沟，上游由两条支沟汇集而成，分别为 1 号沟道、2 号沟道。1 号沟道源头海拔为 1411m，沟道植被较少，洪水自源头开始至下游 576m 处与 2 号沟道汇合。3 号沟道防洪控制断面距离阿塔沟汇口 883m，现状沟道为宽浅式河床。

2.5.4.2 场址区域暴雨特性

流域沟道没有实测暴雨洪水资料，属无资料地区，其设计洪水计算可采用小流域推理公式、经验公式等方法进行计算。本工程采用小流域推理公式法、单参数地区综合公式法和多参数地区综合公式法对各区块设计洪水进行计算。经计算，小流域暴雨洪水推理公式法与其他两种方法计算结果相比偏小，多参数地区公式法与单参数地区综合公式法的计算结果接近。从防洪安全角度出发，洪水成果采用多参数地区公式法的计算结果。

本工程北侧填埋单元主要位于 1 号沟道，2 号沟道左右岸的 3-1 区块、3-2 区块、3-3 区块、4-1 区块、4-2 区块、4-3 区块汇入 2 号沟道后，进而汇入 3 号沟道排走，不会影响场区的防洪安全。南侧公用辅助设施区主要位于 3 号沟道，沟道右岸的 6-1 区块、6-2 区块、6-3 区块汇入 3 号沟道后向南侧排走。本工程场区防洪主要受 1 号沟道左右岸及 3 号沟道左岸暴雨山洪的影响。

2.5.4.3 场址防洪

北侧填埋单元区域防洪标准按照 200 年一遇重现期设计，南侧公用辅助设施区防洪标准按照 50 年一遇重现期设计。

结合场址附近区域地形趋势和本工程厂区平面布置，本工程北侧填埋单元主要位于 1 号沟道，2 号沟道左右岸的 3-1 区块、3-2 区块、3-3 区块、4-1 区块、4-2 区块、4-3 区块汇入 2 号沟道后，进而汇入 3 号沟道排走，不会影响场区的防洪安全。南侧公用辅助设施区主要位于 3 号沟道，沟道右岸的 6-1 区块、6-2 区块、6-3 区块汇入 3 号沟道后向南侧排走。本工程场区防洪主要受 1 号沟道左右岸及 3 号沟道左岸暴雨山洪的影响。为防御场址外围暴雨山洪对场址造成的威胁，在本工程北侧填埋单元的西侧、北侧、东侧边坡底和南侧公用辅助设施区的西侧、南侧边坡底设置排洪沟。

北侧填埋单元排洪沟总长约 796m，其中北侧排洪沟长约 67m，沟内宽度 5m，自西向东沟底沿程坡度约为 1%，排水流量约 $36.6\text{m}^3/\text{s}$ ；西侧排洪沟长约 330m，沟内宽度 4m，自北向南沟底沿程坡度约为 3‰，排水流量约 $17.46\text{m}^3/\text{s}$ ；东侧排洪沟长约 399m，沟内宽度 5m，

自北向南沟底沿程坡度变化分为两段，北侧段沿程坡度约 5‰，长度约 170m，南侧段沿程坡度约 4‰，长度约 229m，排水流量约 $80.48\text{m}^3/\text{s}$ 。

南侧公用辅助设施区排洪沟总长约 232m，沟内宽度 2m，自北向南沟底沿程坡度变化分为两段，北侧段沿程坡度约 3‰，长度约 46m，南侧段沿程坡度约 5‰，长度约 186m，排水流量约 $7.1\text{m}^3/\text{s}$ 。

2.6 地质和地震

2.6.1 地形地貌

场址区属于低山丘陵地貌。自北向南逐渐降低，地面标高 1343.06~1412.09m。山体多呈南北走向，主沟谷为南北方向，为留宝窑子沟西侧支沟。大部分区域基岩裸露，第四系覆盖物较薄，沟谷区第四系相对较厚，最大约8m。第四系覆盖区域植被较为发育，主要为低矮的草丛。

2.6.2 区域地震地质特征

厂址位于内蒙古包头市石拐区，属华北地震区、河套断陷地震构造带，北侧为阴山山地，南侧为鄂尔多斯高原。区内大地构造位置属华北地台西部，基底岩系由太古宇、下元古界变质岩系组成，沉积盖层有震旦系、寒武系、中下奥陶统、上石炭统、二叠系、三叠系、侏罗系、下白垩统和新生界。

2.6.2.1 大地构造分区

震旦纪至古生代时期，地壳相对稳定，主要表现为整体的升降运动；中生代时期，阴山地块破裂解体，经历复杂的褶皱、断裂变动，构造线呈近东西向、北东东向和北西西向，阴山以南仍为稳定的地块，河套地区隆起遭受剥蚀，鄂尔多斯地区不断沉降形成广阔的大湖，接受三叠系、侏罗系和下白垩统沉积。燕山运动奠定了本区基本构造格局，阴山地区固结为一稳定的地块，晚白垩世以后隆起遭受剥蚀。新生代时期，受区域性北西—南东向主张应力场作用，阴山地块南侧破裂解体，形成河套断陷盆地，盆地北侧自东而西为大青山山前断裂、乌拉山山前断裂、色尔腾山山前断裂、狼山山前断裂，它们呈左阶斜列展布，断层面总体向南倾斜，控制阴山山体

间歇性抬升，遭受强烈的剥蚀作用，河套断陷盆地不断沉降，接受巨厚的沉积。

厂址近区域地层为太古界桑干群片麻岩、变粒岩为主。

2.6.2.2 新构造运动

2.6.2.2.1 新构造运动分区

近场区处在阴山断块隆起的南边缘，构造运动复杂。根据前人的工作成果，区域新构造可划分四个区：（I）阴山隆起、（II）白彦花凹陷、（III）包头凸起、（IV）呼包断陷盆地，各分区均为活动断裂或构造活动带所分隔。

1. 阴山隆起（I）

阴山隆起带主要构造线方向和山脉走向均为近东西向，由东逐渐转成北东东至北东向。该区在地质历史时期经历了复杂的构造变动，基本构造格架为燕山运动形成。中生代时期受南北向的挤压应力作用，形成近东西向的褶皱、断裂构造，以及北东东和北西西向两组规模较大的断裂带，阴山地块破裂解体。早中侏罗纪世和晚侏罗世时，形成了近东西向的断陷盆地，接受巨厚的沉积。经历了燕山运动后，阴山隆起基本固结成一稳定的地块，晚白垩世山地隆起遭受剥蚀。

新生代时期，阴山隆起区南侧破裂解体，形成河套断裂带。由于受阴山山前活动断裂带控制，阴山山地相对间歇性抬升，遭受剥蚀作用，形成阴山夷平面、剥蚀台地、深切沟谷、河流阶地和山前台地。山前河套盆地不断沉降，接受了巨厚的沉积，形成广阔的河套平原。山体与平原之间线性特征十分明显，山麓洪积扇、裙极为发育。在地形上隆起区呈阶梯状上升趋势，总体上向北倾斜，大青山夷平面分布大青山主峰以北，海拔标高为1600~2200m，南高北低，南部遭受强烈剥蚀作用，夷平面被深切沟谷分隔；北部保存连续、完整，由宽缓的谷地和浑圆的山丘组成。第四纪时期，隆起区除河谷中有阶地堆积外，广大地区遭受剥蚀，在新构造时期是一个持续隆起的构造单元，其内部差异活动不甚明显，隆起区内部地震活动十分微弱，无强震发生，一般最大地震为4.0级左右。

2.白彦花拗陷盆地（东端部分）(II)

位于包钢-昆区-青山区一带，市区内盆地长约20km，宽约10km。盆地北缘陡，南缘缓，基底为太古界乌拉山群片麻岩系。根据钻孔资料，768m只见第四系和上新统，其下地层尚不清楚。物探资料推测，该处盆地基底埋深约2200余米。

3.包头凸起（III）

位于包头市九原区与昆区之间，由东河区铁西向西南方向潜入盆地，大致沿陈家圪堵—召背后—麻池—下窝兔壕一带呈北东向展布，其东南为大青山山前断裂麻池段，北西以包头北东向断裂为界。北东在后营子与乌拉山山前断裂相接，西南延伸进入鄂尔多斯断块内，长约30km，宽5~7km，呈东南陡，西北缓的不对称凸起。根据钻孔资料，该凸起由太古界片麻岩组成，第四系沉积物覆盖于其上，厚度由几米至200m，在昭君坟渡口和东河铁西附近片麻岩直接出露地表。

4.呼包断陷盆地（西端部分）(IV)

位于包头市南部，北以大青山山前断裂为界呈近东西向展布，其西端呈弧形。区内盆地东西长41km，南北宽6~10km。基底主要由乌拉山群片麻岩系组成。据物探资料推断，盆地基底埋深约5000m，其盖层有白垩系、第三系及第四系。

2.6.2.2 断裂活动性

在上述构造周边分布着多条活动断裂，最为重要的是大青山山前断裂带和乌拉山山前断裂带。它们不仅控制着区内地形地貌，也控制着区内次级断裂构造的分布和地震活动，现对区内活动断裂构造叙述如下：

(1) 大青山山前断裂带 (F1)

大青山山前断裂，西南起自昭君坟南，呈北东走向过黄河经麻池、苗家营子，而后转为近东西走向通过包头市东河区，向东沿大青山南麓延伸至呼和浩特以东的奎素一带，总体走向为北东东，全长约200km，是呼包拗陷的北边界断裂。该断裂距离厂址约11.0km。断裂在地表基本连续出露，由一系列阶状正断层组成，具有左旋走

滑分量性质，断层面南倾，地表倾角较陡，约 $50^{\circ}\sim70^{\circ}$ ，到深部变缓为 $45^{\circ}\sim65^{\circ}$ 之间，总体上呈铲形。

大青山山前断裂带形成于燕山运动早期，侏罗纪时为一条近东西向的右旋逆倾滑断裂，早白垩纪时，断裂转变为张性正断层。自渐新世开始，区域应力场发生根本变化，大青山山前断裂带转变为拉张正断层，表现为大青山相对抬升，呼和浩特盆地不断沉降，断裂控制着大青山和呼包盆地的形成与发展，垂直位移幅度巨大。地震勘探资料表明，断层倾向南东，倾角 75° ，控制着新生代沉积，新生代断距约6000m，第四纪仍有明显活动。

（2）乌拉山山前断裂带（F2）

乌拉山山前断裂带沿乌拉山山麓展布，西起乌拉特前旗（西山嘴），东至包头市昆都仑区北色气湾一带，总体走向近东西，全长约110km，断裂东端距离厂址约7.6km，该断裂由一系列正断层或阶状正断层组成，断面倾向南，倾角上陡下缓，地表倾角较陡，达 $60^{\circ}\sim75^{\circ}$ ，到深部变缓为 $44^{\circ}\sim62^{\circ}$ 之间，总体上构成铲形断层特征。断裂以倾滑运动为主，兼左旋走滑，与狼山一色尔腾山、大青山山前断裂在平面上呈左行排列特征，共同控制着河套断陷带的北界。

第四纪以来，乌拉山山前断裂远比第三纪时期活动强烈，特别是全新世以来，断裂垂直差异活动仍很强烈。乌拉山山前断裂带多处可见错断山麓地带的上更新统湖积砂砾石层、粉细砂层与全新统洪积角砾层。在地貌上形成连续展布的山前台地、高达数十米的基岩断崖以及沿断裂带断续分布高5~7m的全新世断层陡坎。

（3）包头北东向推断断裂（F3）

该断裂北起包头市九原区兴盛镇兴盛窑子，经昌福窑、高油房、全巴兔向西南延伸，总长约45km，断裂东端距离厂址约10.0km，断裂斜截白彦花坳陷，为一条物探推断的隐伏断裂。该断裂在第四纪地质地貌上无任何显示，主要根据电测深及重力异常确定，推断为基底断裂，电测深测量资料推断断裂面向西倾，性质为西侧下降，东侧上升的正断层，断距200m以上，其上第四系覆盖厚约200m，中更新统湖沼相粘土沉积连续稳定未见错断迹象。

(4) 大树湾断裂 (F4)

断裂起于达拉特旗大树湾南，解放滩西北。人工地震勘探探测结果表明，断裂位于呼包凹陷盆地地区，正断层性质，由两条断裂构成一个小地堑，推测具有一定的平移特征。向北东延伸至大青山山前断裂附近，总长约32km。在深部断裂错断大青山山前断裂并显示顺扭。该断裂在第四纪地貌上无任何显示。断裂为第四纪中晚期地层覆盖，第四纪中期以来没有活动。

(5) 达拉特隐伏断裂 (F5)

该断裂南起鄂尔多斯地台北缘，北至黄河，在地表位于达拉特旗以东一线，卫星影像上显示清晰，长约40km，断层走向北东 $50^{\circ}\sim 55^{\circ}$ ，倾向南东，倾角 $39^{\circ}\sim 58^{\circ}$ 。在地震反射剖面上，它切割了第四纪及其下各反射层。渐新世以来的总断距约1800m，第四纪以后其断距450m。由此可见，达拉特隐伏断裂在中晚更新世以前活动较为强烈，晚更新世以来活动不明显。

(6) 乌拉山北缘断裂带 (F6)

该断裂是临河拗陷东段的南界边界，沿乌拉山北缘发育，距离厂址约28km。断裂西起乌拉特前旗西山咀东北，东至固阳西南，呈北东东向延伸，地表出露长度约75km，断面倾向北西，倾角 $55^{\circ}\sim 66^{\circ}$ ，张性正断层性质，其西南端隐伏延伸至临河断陷平原区。沿断裂带山前台地、冲洪积扇、断层陡坎、断层崖和第四纪阶状正断层普遍发育，断层错断晚更新统灰绿色粉细砂和砂质粘土，反映在晚更新世以来活动强烈。

(7) 色尔腾山山前断裂带 (F7)

该断裂是临河拗陷的北界，位于色尔腾山南麓，断裂西起狼山口，由近东西向延伸至乌布浪口后转为 120° 方向又向东延伸至大余太以东并与乌拉山北缘断裂交汇，全长约150km，距离厂址约44.8km。断裂面南倾，倾角约 55° ，断裂性质为带左旋走滑分量的正断层。第四纪以来，由于断裂的强烈活动，在临河拗陷北部紧靠山前断裂沉积了巨厚的第四纪地层，最大沉积厚度在西段达2400m，向东在五原一带沉积厚度约1400m，五原以东逐渐变薄。断裂西段

的活动程度较东段强烈。

2.6.2.2.3 地震活动环境评价

拟建厂址在大地构造上属于华北地震区，区域范围内发育大青山山前断裂、乌拉山山前断裂、色尔腾山山前断裂等全新世活动断裂，现代构造应力场仍然为南北向的强烈伸展，大青山山前断裂活动强烈，是地震发生的危险区域。但根据相关资料，区域内的中强地震主要集中分布在南侧的河套断陷带，鄂尔多斯块体和阴山隆起带地震活动相对微弱。根据《建筑抗震设计规范》，拟建厂址范围内未发现全新世活动断裂，最近的全新世活动断裂为距离厂址 7.6 公里的乌拉山山前断裂，未来如果产生地震地表破裂，破裂带不会延伸到厂址区，因此不会受到地表断裂作用的影响。

本项目所在厂址地震基本烈度为VIII度区，场地内未发现全新世活动断裂，褶皱构造较为发育；本区域场地大区域上处于华北地震区，但厂址所在阴山隆起区地震活动性较弱，为基本稳定场地；场地拟建填埋区包气带厚度大于 5m，渗透性中等，两侧岩层为良好的天然屏障，底板亦方便人工屏障的设置；除采石形成的较稳定边坡外，场地不良地质作用基本不发育，未发生过地质灾害；场地水文地质条件简单，周边 10km 范围内未见地表水。

2.6.2.2.4 地质构造背景

根据区域及近区域资料，结合本次勘察的工程地质测绘和高密度电法线、浅层地震勘探成果，在场址区所在范围内未发现明显的断裂构造。场区内主要地质构造为节理裂隙和层理，以及太古界岩层复式褶皱。

从钻探的岩芯看，发育有节理，中等风化岩体节理面上见少量铁锰浸染，一般无充填，呈闭合或微张状态，微风化岩体内节理均为闭合状态，或被后期岩脉充填。

经多次区域构造运动影响，现场可见多处褶皱构造，多以小型复式褶皱为主。

2.6.2.2.5 场址附近范围地质特征

本项目位于低山沟谷区，地貌类型单一，岩层随地貌起伏，褶

皱较为发育、未发现断层构造，主要岩性以太古代变质岩为主，包气带仅存在于沟谷内，底部具有稳定的基岩隔水层，第四系和强风化基岩含水层渗透性均为中等渗透，渗透性变化较小，地下水的补给条件清晰，径流指向明显，排泄条件简单，地下水类型主要为基岩裂隙水和孔隙潜水。

2.6.3 工程地质

2.6.3.1 地层岩性

根据区域资料和岩土工程勘察成果，场址的地层主要为太古界桑干群片麻岩~变粒岩（Ar1sn4）、侵入辉绿岩和第四系全新统坡洪积（Q4dl+pl）和人工填土。现将各地层岩性按地层时代由新到老简述如下：

全新统杂填土（Q4ml）（地层编号①）：黄褐色，松散~稍密，主要有砾砂及少量粘性土组成，土质不均，分选性差。根据本次钻探在 1、2、5、8、9、10、12、13、14、15、17 号钻孔揭露，该层主要分布在沟谷，揭露厚度在 0.5（17号）~6.5m（13号）之间，平均厚度为 2.48m；层底标高：1342.59~1370.73m，平均 1358.56m；层底埋深：0.50~6.50m，平均 2.48m。

含砾中粗砂（Q4dl+pl）（地层编号②）：黄褐色，中密，砾石母岩主要为变粒岩片麻岩等，一般粒径 2.0~10.0mm，含有块石，最大粒径可见 90mm，颗粒磨圆度极差，多呈棱角状，中等风化，较坚固，颗粒间的充填物多为细中砂及少量黏性土。根据本次钻探在 1、2、5、8、10、12、13、14、17 号钻孔揭露，该层主要分布在沟谷，层厚在 0.7（1号）~6.0m（12号）之间，平均厚度为 2.51m；层底标高：1340.59~1369.40m，平均 1356.09m；层底埋深：2.50~9.00m，平均 5.24m。

强风化片麻岩（Ar1sn4）（地层编号③1）：浅肉红色~灰白色，粒状变晶结构，片麻状构造，矿物成分主要为长石 65%~70%，石英 30%~35% 及少量不透明矿物等，节理裂隙极发育，岩芯极破碎。在场区最北侧的 1、2、3 号钻孔揭露，揭露厚度：16.5m（1号）~24.0m（3号），平均 21.27m；揭露层底标高：1346.10~1357.46m，

平均 1352.02m；揭露层底埋深：20.00~26.50m，平均 23.50m。

强风化变粒岩（Ar1sn4）（地层编号④1）：灰白色，粒状变晶结构，块状构造，主要由长石 45%~50%，石英 25%~30%，辉石约 25% 和少量不透明矿物等组成，节理裂隙极发育，岩芯极破碎。场区普遍分布，本次勘察仅 1、2、3 号钻孔未揭露，揭露厚度：2.0m（11 号）~26.0m（6 号），平均 12.04m；揭露层底标高：1338.09~1369.24m，平均 1348.74m；揭露层底埋深：2.00~29.80m，平均 15.12m。

中等风化变粒岩（Ar1sn4）（地层编号④2）：灰白色，粒状变晶结构，块状构造，主要由长石 45%~50%，石英 25%~30%，辉石约 25% 和少量不透明矿物等组成，节理裂隙较发育，节理面较平直，局部铁质或锰质浸染，岩芯呈块状或短柱状。场区普遍分布，4、7、14 号钻孔未揭穿，揭露厚度：6.50m（3 号）~27.50m（8 号），平均 15.68m；层底标高：1314.09~1348.84m，平均 1331.35m；层底埋深：10.50~44.00m，平均 32.59m。

微风化变粒岩（Ar1sn4）（地层编号④3）：灰白色~灰褐色，粒状变晶结构，块状构造，主要由长石 45%~50%，石英 25%~30%，辉石约 25% 和少量不透明矿物等组成，节理裂隙发育，节理面平直，以锰质浸染为主，岩芯呈柱状。场区普遍分布，该层未揭穿。

2.6.3.2 不良地质条件

勘察场址区内未发现有影响工程建设的火山、地面沉降、隆起开裂、岩溶、滑坡、泥石流。也未发现古河、暗浜等人工地下设施。

沟谷南部西侧山脚处见一人工洞穴，据调查为采石探槽，该洞穴高约 1.3m，宽约 1.0m，向内延伸约 8m。该洞穴不会引发对沟谷区域的地质灾害，但应避免进入。

测区内崩塌隐患主要存在于场址西南侧废弃采石场中，主要边坡的倾角较陡（平均坡度 73°）高约 28m。在长期受风蚀雨淋等地质作用的影响下，破碎岩石易崩落，存在崩塌的隐患。

2.6.3.3 工程地震条件

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），场址地震动

峰值加速度为 0.2g，地震动加速度反应谱特征周期 0.4s。根据《建筑抗震设计标准》(GB/T50011-2010)，场地抗震设防烈度为 8 度，设计基本地震加速度值为 0.20g，设计地震分组第二组。

按《建筑抗震设计标准》(GB/T50011-2010) 中的规定，该地区的抗震设防烈度为 8 度，设计基本地震加速度值为 0.20g。

场地覆盖层 20m 以内存在饱和的含砾中粗砂层，主要集中在沟谷，沟谷地段密实度在垂向上呈松散～密实的过渡状态。按《建筑抗震设计标准》(GB/T50011-2010) 2.7.4 中的规定，根据标贯数据对现场的场地内含砾中粗砂地层进行判别，按地下水位最大位于地表考虑，均为不液化(表)。

根据钻探成果资料，场地覆盖层厚度 0~8.0m。依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010, 2016 年版) 中规定，沟谷地层的等效剪切波速 207.17m/s~207.68m/s 之间，综合判断，沟谷内场地类别为 II 类场地，低山区域无覆盖层，属于 I1 类场地。场地地貌以低山丘陵为主，山体坡度较小，无突出的山嘴、高耸的山丘、陡坎等，场地属于对建筑抗震一般地段。

2.6.3.4 岩土工程分析与评价

2.6.3.4.1 场址稳定性

根据《建筑抗震设计规范》，拟建厂址范围内未发现全新世活动断裂，最近的全新世活动断裂为距离厂址 7.6 公里的乌拉山山前断裂，未来如果产生地震地表破裂，破裂带不会延伸到厂区，因此不会受到地表断裂作用的影响。

场地覆盖层厚度 0~8.0m，承载力普遍较高。场地地貌以低山丘陵为主，山体坡度较小，无突出的山嘴、高耸的山丘、陡坎等，地层等效剪切波速均介于 474.37m/s~1952.15m/s 之间，依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010, 2016 年版) 中规定，综合判断为沟谷为 I1、II 类场地，低山属 I0 类建筑场地，属于建筑抗震一般地段。

根据区域地质资料及本次工程地质测绘结果，在厂区及周边地段无大规模抽取地下水、对油(气)等矿藏的开采等人类活动的情况和遗迹，无影响工程建设的火山、地面沉降、隆起开裂、岩溶、

滑坡、泥石流等不良地质作用。但厂址局部存在石料开采形成的高陡岩质边坡，长期受风蚀雨淋等地质作用的影响下，破碎岩石易崩落，存在崩塌的隐患。

综上所述，厂址及其附近范围无全新世活动断裂，场地属对建筑抗震的一般地段，不良地质作用基本不发育，地质灾害危险性小，因此场地为基本稳定场地。

2.6.3.4.2 地基均匀性

填埋场基础若为柔性基础，可不考虑地基均匀性。

填埋场基础若为刚性基础，暂按开挖深度 5m 考虑，沟谷上游地基持力层为③1 强风化片麻岩、④1 强风化变粒岩，为均匀地基；下游为②含砾中粗砂、④1 强风化变粒岩，两地层承载力和变形参数相差均较大，为不均匀地基。

2.6.3.4.3 小结

场址工程地质条件对于填埋场工程建设不存在颠覆性因素。

2.7 小结

《极低水平放射性废物填埋处置》(GB/T 28178-2011) 规定极低放废物填埋场的场址应满足下列要求：

(1) 符合该地区城乡建设规划和(或)单位总体规划的要求。场址应选在交通方便、建造和运行费用低、能保证填埋场正常运行的地方，不应选在工农业发展和居民生活规划区、生态保护区、水源保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域内。

(2) 地区地质构造相对简单、稳定，没有活动断层。应避开湿地和低洼汇水处、石灰溶洞发育地带、废矿塌陷区、多滑坡或泥石流地区、高压缩性淤泥或软土区。

(3) 在百年一遇洪水标高线以上，并在长远规划中的水库等人工蓄水设施、淹没区和保护区之外。

(4) 距地表水体和饮水取水点有适当的距离。不应选在地下水补给区、饮用水源保护区和供水远景规划区内，且下游无集中供水井。

本章节分析了场址周围环境：本场址周边有国道 G210、省道 S506、县道 X080 经过，交通方便，填埋场具备正常运行条件。场址所处区域为草地，不属于生态保护区、水源保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域。场址地质构造相对简单、稳定、没有活动断层，距离最近饮水取水点 7km，符合 GB/T28178-2011 的相关要求，初步判断场址不存在颠覆填埋场建设的因素。

第三章 处置设施

3.1 基本概况

内蒙古天然放射性固体废物填埋场位于内蒙古自治区包头市石拐区，实行“一次性规划、分期建设”，总规划填埋容量暂定为 20 万 m³，一期规划建成 5 万 m³填埋容量。一期新建 2 个填埋单元，每个单元的填埋容量约为 2.5 万 m³。填埋场一期工程建设周期约 24 个月，年接收填埋废物容量 5000m³，运行期 10 年。

一期、后期场地用地面积共 16.15hm²，一期工程将建设场地分为北部填埋单元区、南部公用辅助设施区 2 大分区。其中，北部填埋单元区沿沟谷南北向布置有 2 个填埋单元（01），南部公用辅助设施区从北向南依次布置有废物接收综合厂房（02）、供水站（03）、出入口（04）、停车场以及其他室外工程。

3.2 处置对象

3.2.1 处置范围和规模

本填埋场项目位于内蒙古自治区包头市石拐区，本填埋场接收来自国内核燃料循环前段产业生产过程产生的天然放射性固体废物，主要为氟化钙渣等。

内蒙古天然放射性固体废物填埋场实行“一次性规划、分期建设”，总规划填埋容量暂定为 20 万 m³，一期规划建成 5 万 m³填埋容量。后续依据填埋场接收废物源项情况确定各期、各阶段的建设规模和填埋能力。

3.2.2 天然放射性废物源项

3.2.2.1 废物的来源及数量

1. 天然放射性固体废物填埋场总接收废物规划

内蒙古天然放射性固体废物填埋场总规划填埋容量暂定为 20 万 m³。

2. 一期工程接收废物规划

一期工程接收不高于 100Bq/g 的天然放射性固体废物，其中包括混有含 Th-232 稀土废渣的废物。废物种类主要有氟化钙渣、碱渣等。

3.2.2.2 废物主要核素及核素比活度

本项目一期工程接收废物铀活度浓度不高于 100Bq/g 的废物及铀活度浓度不高于 100Bq/g 的天然放射性固体废物，包括：（1）只含铀废物 2 万 m^3 ；（2）含铀废物与 Th-232 稀土废渣的混合物 3 万 m^3 。本项目预计处置核素活度约为 $2.68 \times 10^{12}\text{Bq}$ 。

3.2.3 废物包接收要求

一期工程废物接收的放射性核素活度浓度指导值见 3.2.3.1 节。

本工程接收的固体废物包参考《极低水平放射性废物的填埋处置》（GB/T28178-2011）以及填埋场接收要求中关于废物包的相关要求：

（1）为方便搬运和填埋操作，极低放废物宜包装在有一定强度的、柔韧性较好的软包装袋中，防止在搬运或运输过程中出现包装袋破裂或穿孔，而造成废物泄漏和洒落。

（2）对属于极低放废物的大型物件，可以裸运，但应采取措施保证在转运过程不会发生破碎与洒落。

此外，对接收废物包实行剂量率与表面污染控制。废物包需满足 γ 剂量率 $\leq 20\mu\text{Sv/h}$ ， α 表面污染 $\leq 0.4\text{Bq/cm}^2$ ， β 表面污染 $\leq 4\text{Bq/cm}^2$ 。

3.2.3.1 放射性核素活度浓度指导值

本填埋场位于内蒙古半干旱地区，有利于天然放射性废物的填埋。本填埋场将铀活度浓度在 $\leq 100\text{Bq/g}$ 的固体放射性废物在填埋单元中填埋。

对送至本设施的废物进行检查和抽样检测，不满足接收标准的废物禁止进入填埋场，退回废物产生单位。本工程废物核素及活度浓度指导值见表 3.2-2。

表 3.2-2 内蒙古填埋场废物核素及活度浓度指导值

核素	活度浓度指导值 (Bq/g)	活度限值(Bq)
U-234	1.00E+02	6.00E+12
U-235	4.50E+01	2.70E+12
U-238	1.00E+02	6.00E+12
Th-232	2.00E+01	7.20E+11

注：总铀不超 100Bq/g

3.2.3.2 废物包装形式

内蒙古填埋场主要接收的废物中大部分是氟化钙渣等，为了防止废物在装卸、运输过程中因撒落、飞扬造成环境污染，同时为了保护操作运行人员，创造良好的工作环境，送到填埋场填埋的废物一般要求装入吨包袋，吨包袋要封口，以免废物撒落。

吨包袋的装填容积为 $1m^3$ ，尺寸为 $1m \times 1m \times 1m$ ，材质为聚乙烯。吨包袋要有一定的抗拉强度，耐拉伸，以免在装卸时破损。

3.3 填埋场规划和平面布置

3.3.1 填埋场规划及建设内容

内蒙古天然放射性固体废物填埋场实行“一次性规划、分期建设”，总规划填埋容量暂定为 20 万 m^3 ，一期规划建成 5 万 m^3 填埋容量。新建 2 个填埋单元，每个单元的填埋容量约为 2.5 万 m^3 。

一期、后期场地用地面积共 $16.15hm^2$ ，将建设场地分为北部填埋单元区、南部公用辅助设施区 2 大分区。其中，北部填埋单元区沿沟谷南北向布置有 2 个填埋单元（01），南部公用辅助设施区从北向南依次布置有出入口（04）、废物接收综合厂房（02）、供水站（03）、停车场以及其他室外工程。

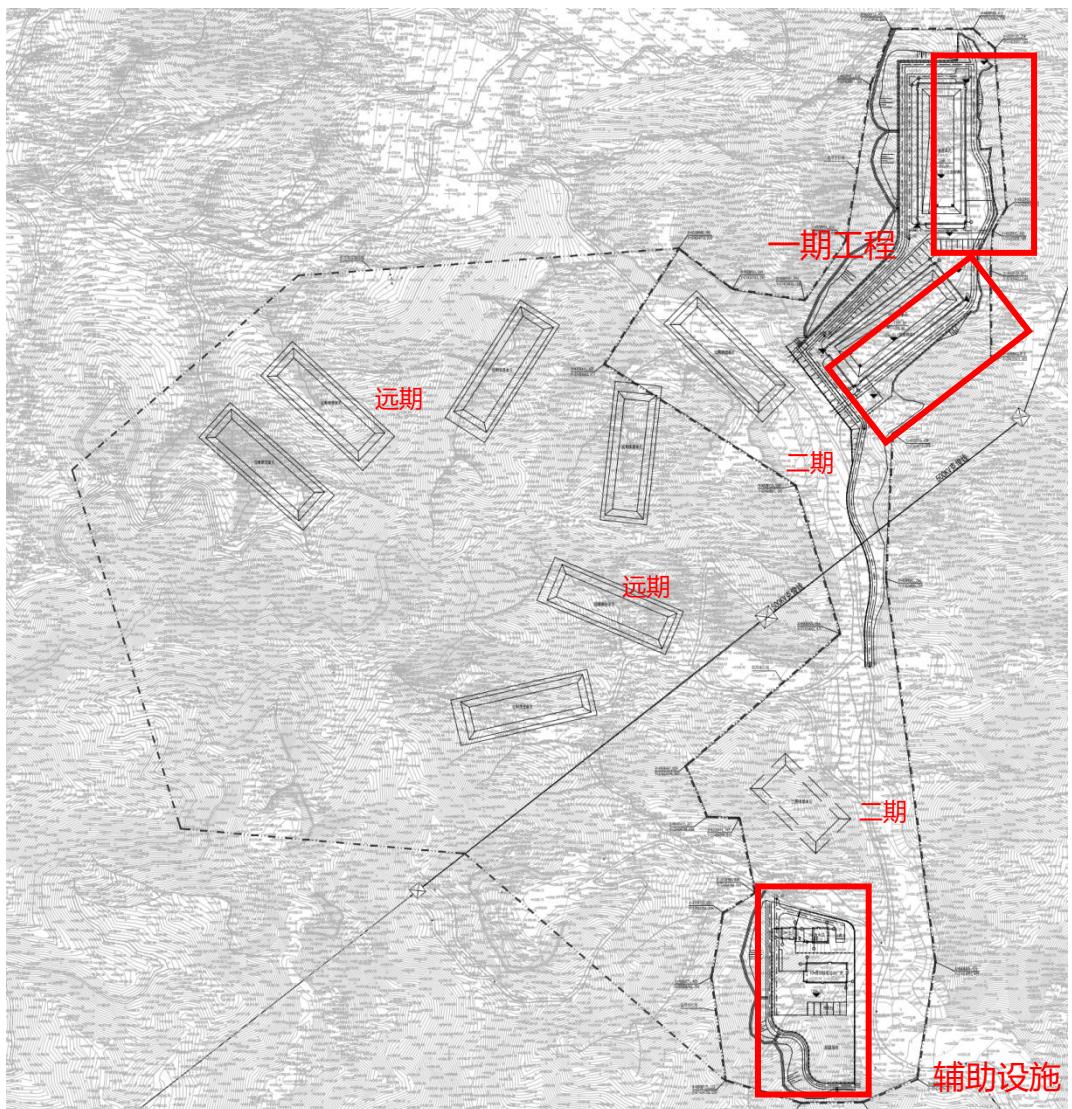


图 3.3-1 天然放射性固体废物填埋场一期征地范围与后期预留用地

本项目工艺主要建设内容如下表 3.3-1 所示。

表 3.3-1 天然放射性固体废物填埋场一期工艺建设项目一览表

序号	工程	子项号	子项名称	子项功能
1	主体工程	01	天然放射性固体废物填埋单元	废物包填埋
2		02	废物接收综合厂房	废物包称重、抽样检测、信息录入
3	辅助工程	03	供水站	厂区用水供应，包含消防泵房和消防水池
4		04	出入口	人员、货运出入口
5		05	截排洪设施	厂区周边的截排洪设施
6		00	其他室外工程	停车场（含车辆检修坑）、化粪池、场地、道路等

3.3.2 总平面布置方案

(1) 建设规模

本项目新建子项 5 个，包括填埋单元（01）、废物接收综合厂房（02）、供水站（03）、出入口（04）、截排洪设施（05）。本项目子项组成详见表 3.3-2。

表 3.3-2 拟建子项一览表

序号	子项号	子项名称	建筑面积 (m ²)	占地面积 (m ²)	备注
1	01	填埋单元	—	5620.30	2 个
2	02	废物接收综合厂房	627.75	627.75	
3	03	供水站	446.47	166.15	
4	04	出入口	113.43	113.43	
5	05	截排洪	—	—	
6	00	其他室外工程	—	—	

（2）子项平面布置

根据项目建设规模、工艺布置方案以及辐射防护管理要求，结合用地条件、地形条件和地质条件对场区总平面进行规划布置。平面布置图见图 3.3-1。

本项目功能分区主要分为控制区和监督区。控制区包括填埋单元（01）、废物接收综合厂房（02），规划布置于场区北部。监督区包括供水站（03）和出入口（04），规划布置于场区南侧的独立平台。

结合场地地形条件、地质条件、防洪标准以及周边环境条件，综合考虑构筑物基础、道路基槽、土石方量平衡等因素，本项目北部填埋单元区场地竖向设计拟采用台阶式布置，南部公用辅助设施区拟采用平坡式布置。

厂区南侧规划进场道路与现状自然地形衔接，规划进场道路起点与自然地形衔接标高为 1340.00m，进场道路终点衔接场区出入口，满足货运和人员通行要求。

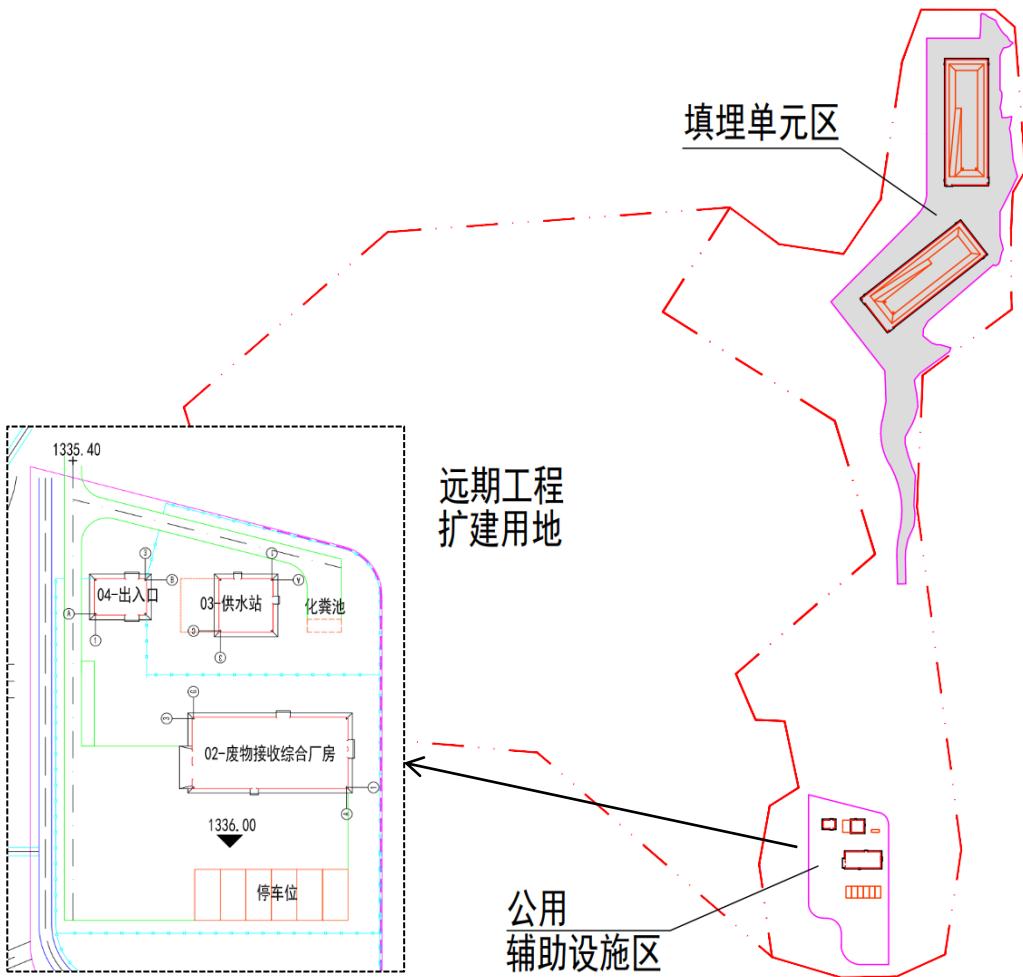


图 3.3-1 填埋场平面布置图

3.3.3 出入口控制

场地的大门及围墙为场区周界及出入口控制系统。场区大门包括货运出入口和人员出入口。其中货运出入口为废物运输车辆进出口，人员出入口为人员进出口。

3.4 填埋场工程设计

3.4.1 填埋单元设计方案

3.4.1.1 填埋单元形状、尺寸

新建填埋单元两个，主要功能用于掩埋放射性固体废物，主要为氟化钙渣等。每个单元是四边带有坡度的、底面小顶面大的四棱体，填埋单元设计尺寸为 $123m \times 39m$ ，北侧填埋单元基坑开挖深度

7.1m，南侧填埋单元基坑开挖深度9.1m，边坡坡度为1:1，单元顶面与地表平齐。

填埋单元底部天然材料防渗层+双人工防渗层厚度为1590mm，边坡天然材料防渗层+双人工防渗层厚度为1330mm，坡度为1:1，则填埋单元地下部分有效容积尺寸为：

北部填埋单元顶部开口尺寸为119.4m×35.2m，底部尺寸为108.2m×24.2m，北侧填埋单元有效深度5.5m，容积为17865m³。

南部填埋单元顶部开口尺寸为119.4m×35.2m，底部尺寸为104.2m×20.2m，南部填埋单元有效深度7.5m，容积为21885m³。

当填埋单元地下堆积体积接近或者超出填埋单元±0.00m后，开始地上部分废物码放，码放范围以填埋单元平面中心为定位，第一层长115m，宽35m，吨袋体积按1m×1m×1m计，可码放吨袋数量为4025个，容积为4025m³；第二层废物放置在第一层废物上，四周距离一层边缘2m，长111m，宽31m，可码放吨袋数量为3441个，容积为3441m³。两层废物总高度约2m。

北侧填埋单元地下容积约17865m³，地上可码放容积约7466m³，地下加地上容积约25331m³。南侧填埋单元地下容积约21885m³，地上可码放容积约7466m³，地上+地下容积约29351m³。两个填埋单元的总容积约54682m³，考虑到采用1m×1m×1m的废物包在填埋时每层还需覆盖50mm的干净土，进入废物坑需要预留马道，以及废物包与填埋单元侧壁的缝隙，两个填埋单元可填埋废物容量约5万m³。填埋单元设计如图3.4-1和图3.4-2所示。

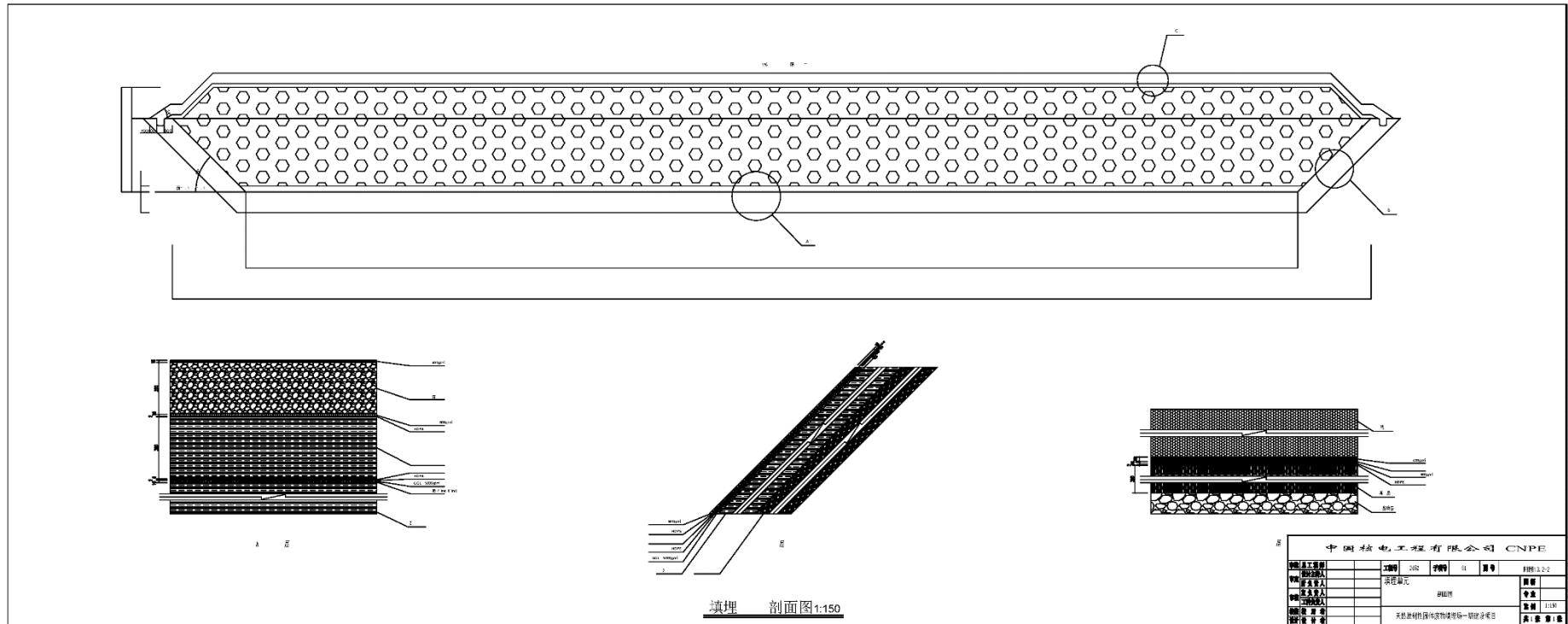


图 3.4-1 填埋单元断面

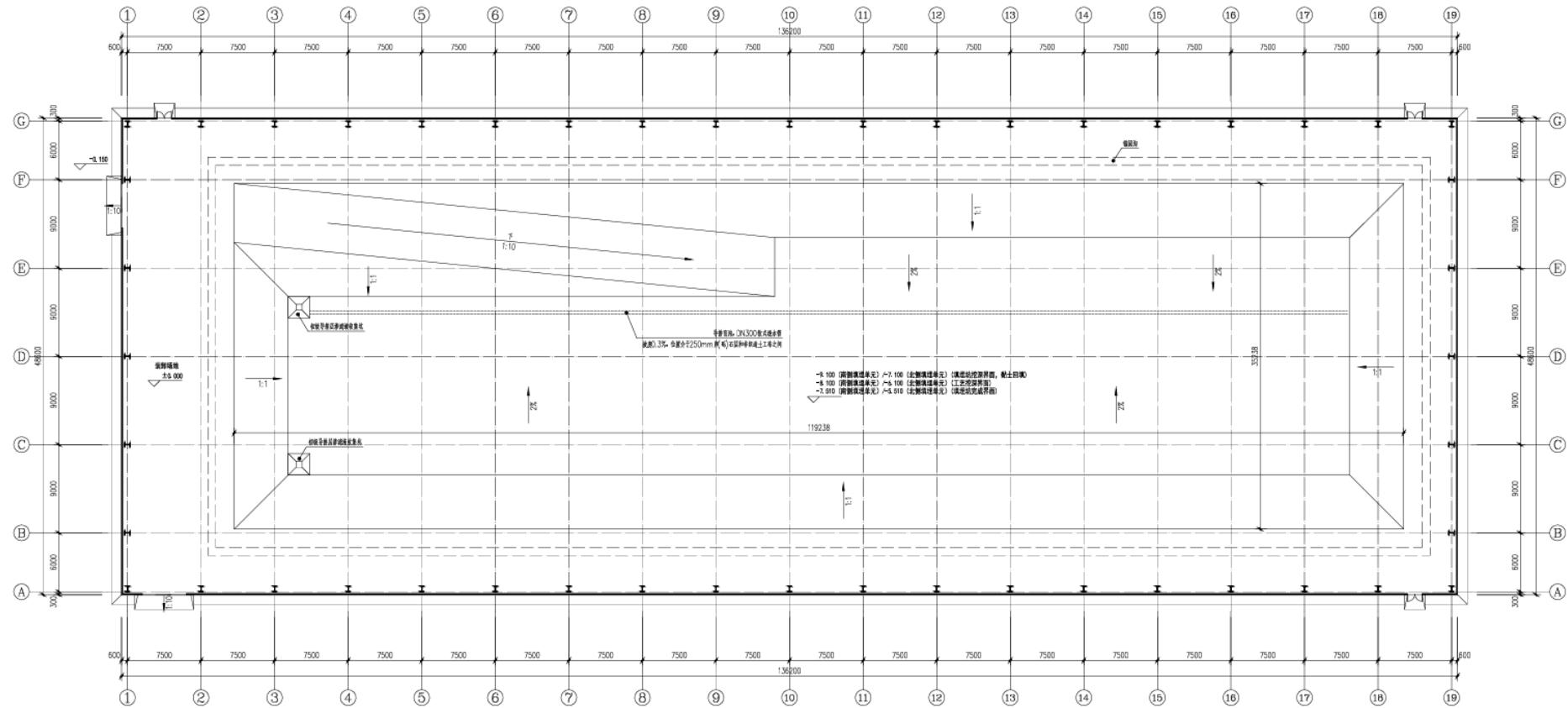


图 3.4-2 填埋单元尺寸图

3.4.1.2 地下水导排设计

根据《极低水平放射性废物的填埋处置》(GB/T28178-2011), 场地最高地下水位应位于填埋单元基底以下 2m。

填埋单元基坑侧壁表面铺设排水网, 基坑底设计环形盲沟, 通过排水网将流向填埋单元的地表及地下水导入盲沟。排水网上设置土工布, 以隔离黏土防渗层。两个填埋单元坑底环形盲沟均采用倒梯形断面, 北侧填埋单元环形盲沟底宽 1.0m, 北侧最浅处沟深 2.0m, 自北向南沟深逐渐增加, 坡度 1%, 南侧最深处沟深 3.0m; 南侧填埋单元环形盲沟底宽 2.0m, 北侧最浅处沟深 1.0m, 自北向南沟深逐渐增加, 坡度 1%, 南侧最深处沟深 2.0m。盲沟内填卵石并用土工布包裹。两个填埋单元坑底环形盲沟之间设计一条连接盲沟, 将北侧环形盲沟收集的地下水导入南侧环形盲沟, 连接盲沟前段采用正方形断面, 边长 2.0m, 后段采用矩形断面, 深度 1.0m, 宽度 4.0m, 连接盲沟综合坡度约 8%, 盲沟内填卵石并用土工布包裹。自南侧填埋单元环形盲沟最低处向南引出一条排水盲沟, 排水盲沟断面呈矩形, 高 2.0m、宽 3.0m, 坡度约 2.5%, 盲沟内填卵石并用土工布包裹, 将单元坑底盲沟汇集的水导出, 排水盲沟最终在地表出露并将水导入自然冲沟。

根据《天然核素放射性固体废物极低放填埋场一期建设项目可行性研究阶段岩土工程勘察》及《天然核素放射性固体废物极低放填埋场一期建设项目可行性研究阶段水文地质调查报告》, 填埋单元所在位置的三个钻孔 5 号孔、8 号孔和 12 号孔, 其水位测量结果见表 3.4-1。

表 3.4-1 钻孔水位一览表

孔号	孔口或井口标高 (m)	勘探点深度 (m)	稳定水位深度 (m)	稳定水位标高 (m)
5	1364.08	60.00	5.21	1358.87
8	1361.18	71.00	6.53	1354.65
12	1352.62	50.10	7.13	1345.49

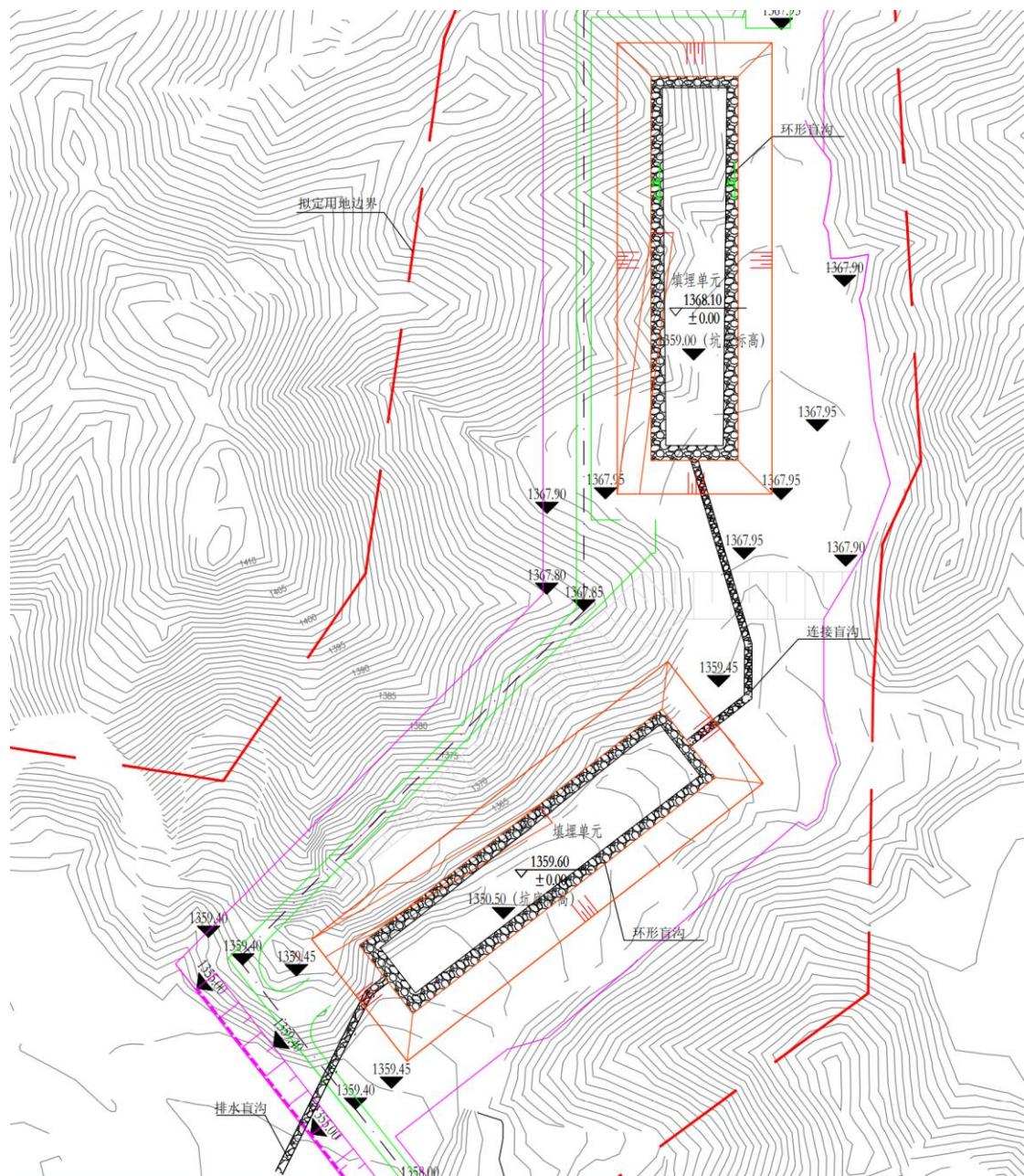


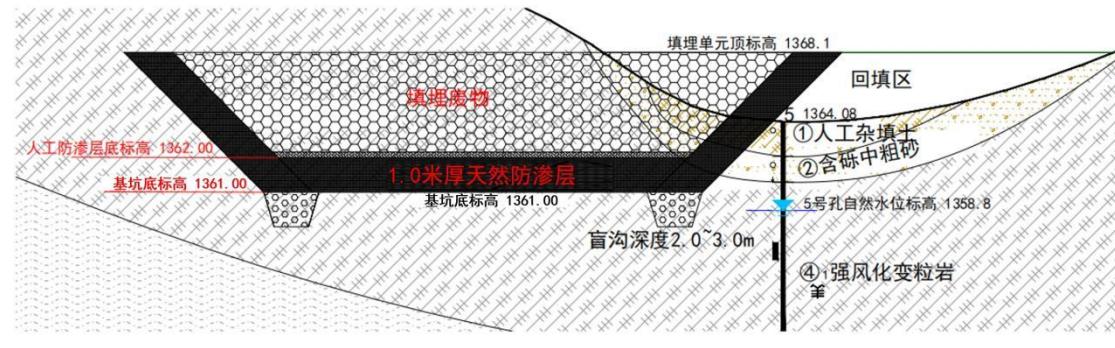
图 3.4-3 排水盲沟平面设计

(1) 导排盲沟与地下水位置关系

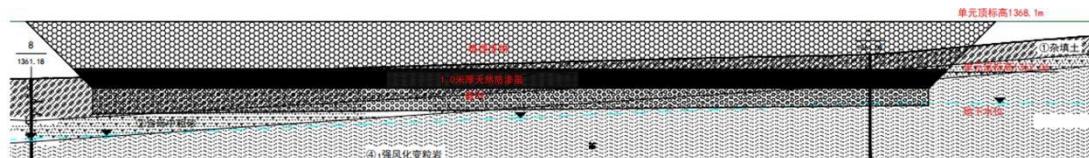
北侧、南侧单元分别以海拔 1368.1m、1359.6m 为零平面进行场平工作。北侧、南侧单元填埋单元所在区域地下水位最高分别为 1358.8m (5 号孔)、1345.49m (12 号孔)，填埋单元底部标高分别为 1361.0m、1351.5m，因此北侧、南侧单元废物填埋单元底部与地下水的距离分别为 2.2m，6.0m。

为进一步疏导北侧填埋单元地下水，在基坑底部设置了环形盲沟，盲沟深度 2.0~3.0m，可充分保证地下水与北侧填埋单元底部的距离大于 2.0m，满足规范要求。

南侧填埋单元通过设置连接盲沟和环形盲沟，将南侧填埋单元环形盲沟的水导排出去，保证南侧填埋单元地下水单元底部距离大于 2.0m，废物填埋层底部距离地下水至少 6.0m，满足规范要求。

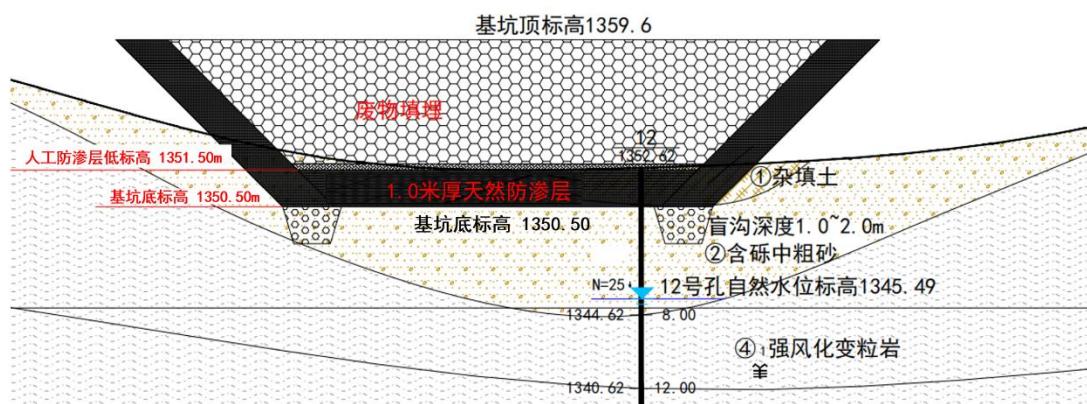


(a) 横剖面图

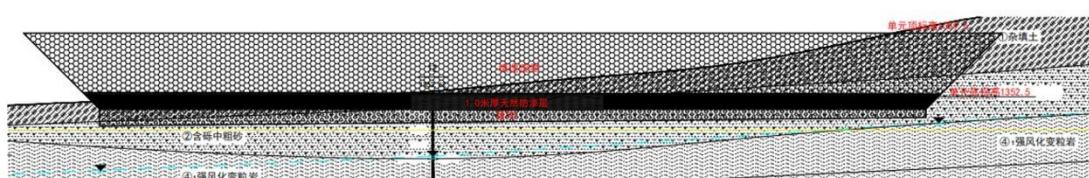


(b) 纵剖面图

图 3.4-4 北侧填埋单元与地下水位置关系示意图



(a) 横剖面图



(b) 纵剖面图

图 3.4-5 南侧填埋单元与地下水位置关系示意图

(2) 盲沟的长期稳定性和有效性

根据极低放填埋场工程运行经验反馈，1#填埋单元区曾在雨季出现了地下水水位高于坑底的情况，因此在1#填埋单元坑底布设环形渗水沟，将渗水沟内地下水排至场外排水沟，根据地下水位监测结果，坑底的地下水位最高也位于坑底以下2m，渗水沟保证了地下水位位于填埋单元坑底以下不少于2m。

本项目地下水导排盲沟主要位于强风化岩层中，局部位于第四系地层中，设计采用土工布包裹的卵石、砾石填筑，填筑体粒径(5~40mm)。卵石、砾石是天然材料，本身抗风化能力强，并且盲沟位于地下，有上覆地层保护，可确保盲沟结构长期稳定。此外，盲沟导排的地下水主要为基岩裂隙水，这些水在径流途中被不断过滤，使得进入盲沟中的地下水所含固体颗粒物很少，固体颗粒物沉积、附着、淤堵卵砾石空隙的可能性低。同时，本项目各类盲沟设计坡度1%~8%，远大于水重力流最小坡度(3‰)，能够确保盲沟中的水以一定流速流动，进一步降低固体颗粒沉积、附着、淤堵卵砾石空隙的可能性。综上所述，本项目设计的卵砾石盲沟可以长期、稳定发挥地下水导排作用。

3.4.1.3 填埋单元防雨设计

为了防止在填埋作业时有雨水进入填埋单元浸泡废物，本项目配备1个挡雨棚。挡雨棚结构形式为门式钢架结构，外部尺寸为136.2m×48.6m×7m(长×宽×高)，山墙处开洞与室外连通，室内外高差为150mm。一个填埋单元完成填埋任务和封盖后，挡雨棚拆除。防雨棚可依据实际情况考虑是否满足复用条件，若满足，可在第二个填埋单元继续使用；若不满足，则经去污、检测合格后按照建筑垃圾处理。

第2个填埋单元挡雨棚建好后，开始接收废物。第二个填埋单元在未使用期间，若坑内出现积水，则利用潜污泵将积水抽出并排放。第2个填埋单元挡雨棚的建设安装在运行阶段考虑。

3.4.1.4 填埋单元防渗层设计

防渗层是一种水力屏障，它的作用是在填埋场的使用期限和封场后的监管期限内，在填埋单元底部和四周边坡形成完整、有效的防水屏障，限制废物中所含放射性核素向环境的迁移，以免对填埋场四周的土壤和地下水造成污染。

填埋单元防渗层包括：底部防渗层、边坡防渗层和单元顶盖防渗层。

1) 底部防渗层

单元底部基础在防渗层制作前要求处理平整，不得有石块、土块等突出物，表面无积水、无杂物，平整后夯实，压实度 $\geq 93\%$ 。

底部防渗层位于填埋单元底部基础之上，从下至上分别是：1000mm 天然材料防渗层（压实黏土）、10mmGCL（钠基膨润土防水毯）（ $5000\text{g}/\text{m}^2$ ，渗透系数 $K < 1 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ ）、2.0mm 厚 HDPE 土工膜、6mm 厚复合排水网，300mm 厚压实黏土、2.0mm 厚 HDPE 土工膜、10mm 厚非织造土工布（ $800\text{g}/\text{m}^2$ ）、250mm 厚卵（砾）石、10mm 厚土工滤网。

以上各部分总计约为 1590mm 厚。

2) 边坡防渗层

边坡在防渗层制作前要求处理平整，不得有石块、土块等突出物，表面无积水、无杂物，平整后夯实，边坡压实度 $\geq 90\%$ 。

边坡防渗层位于填埋单元的四侧，防渗采用的方法与底部基本相同。边坡平整、夯实，处理后要求夯实度 $\geq 90\%$ 。边坡防渗层自外向里结构设计如下：1000mm 天然材料防渗层（压实黏土）、10mm 厚 GCL（钠基膨润土防水毯）（ $5000\text{g}/\text{m}^2$ ）、2.0mm 厚 HDPE 膜、6mm 厚复合排水网、300mm 压实黏土、2.0mm 厚 HDPE 土工膜、10mm 厚非织造土工布，待填埋场运行接收废物后，将装吨包袋的松散废物填入废物堆体与边坡间隙之中，以上各部分总计约为 1330mm 厚。

3) 单元顶盖防渗层

待一个单元完成废物填埋，达到设计填埋标高和设计容量时，随即制作该单元的顶盖防渗层。顶盖防渗系统的功能主要有阻止大气降雨进入填埋区内，从而尽可能减少渗滤液的产生量；防止生物和人为活动对填埋场的侵扰；防止风雨的侵蚀产生水土流失以及对废物堆体的影响；保证填埋单元的结构完整性，防止废物中的核素迁移扩散。

防渗层位于码放的废物货包之上，从下至上共分为：300mm 回填土层（筛分土）、2.0mm HDPE 膜、10mm 厚（800g/m²）非织造土工布、6.0mm 厚复合排水网、10mm 厚土工滤网（400g/m²）。总计约为 338mm 厚。

3.4.1.5 填埋单元渗滤液收集与排出

通常，渗滤液是由于降水进入填埋单元、地下水渗入填埋单元以及废物本身降解产生污染废液的合称。本工程通过在填埋单元底部和边坡设置防渗层、在填埋过程中用防雨棚将整个填埋单元遮盖防雨，以及填埋结束后对填埋场进行顶盖防渗层制作，尽可能避免了渗滤液的产生。

为了对可能产生的渗滤液进行检测、收集，在填埋单元坑内设置渗水导排系统，对渗水进行收集、渗漏检测、渗水外排。渗水导排系统分为初级导排层和次级导排层两部分。

（1）初级导排层

初级导排层主要由渗水导流层、导排盲沟、导流管、低位集水收集设施（渗滤液收集坑、花管、潜污泵）等组成。

填埋单元底部结构层中 250 mm 厚的卵砾石兼作初级渗水导流层，同时在底部靠近坡道的位置布置 1 条渗水导排盲沟，在盲沟两侧由边缘以 2% 的坡度坡向盲沟。该盲沟以 0.3% 的坡度从填埋单元的高点坡向收集坑最低点。在盲沟内铺设 DN300mm 的软式透水管，并最终将管道末端连接至初级导排层渗滤液收集坑内。渗滤液收集坑内设有花管，花管沿填埋单元侧壁上行至封场覆盖层顶部露头，端部用 HDPE 型材封口。可顺花管内向监测池底部下放移动潜污泵，以实现液体抽排。

正常工况下，初级渗水集水井内的废水为压实废物长期堆存产生的游离水；事故工况下初级导排层渗滤液收集坑内废水为事故废液。渗滤液应先进行检测，根据检测结果，合格的渗滤液可抽出后直接排放；不合格的渗滤液，抽取后用于填埋单元内的洒水降尘。

封场后监管期内，定期检测收集坑内是否有水。一旦发现有水，可取样检测，分析原因，采取适当措施。对于收集到的渗滤液，检测合格时可直接排放；检测不合格的渗滤液，抽取后外送 202 处理。

（2）次级导排层

在填埋单元边坡和底部结构两层 HDPE 土工膜之间铺设有 6mm 厚复合土工排水网，作为次级导排层，同时兼做渗漏检测系统，主要作用是监测土工材料是否发生渗漏。

次级导排层在填埋单元底部下方，在靠近底端边缘的位置铺设 DN80mm 的软式透水管作为导排管，该透水管以 0.3% 的坡度从填埋单元的高点坡向收集坑最低点，并最终将管道末端连接至次级导排层渗滤液收集坑（兼做检测井），底面坡度延纵向方向以 2% 的坡度坡向软式透水管。收集坑内设有花管，花管沿填埋单元侧壁上行至封场覆盖层顶部露头，端部用 HDPE 型材封口。可顺花管内向监测池底部下放移动潜污泵，以实现液体抽排。

次级导排层渗滤液收集坑内的渗滤液为事故废液，此类渗滤液应先进行检测，根据检测结果，合格的渗滤液可抽出后直接排放或洒水降尘；不合格的渗滤液，抽取收集后填埋单元内洒水降尘。在填埋场运行期间，渗滤液收集后，可用于填埋单元内的洒水降尘。发现存在渗滤液后，应及时分析事故原因并制定解决方案。

封场后监管期内，定期检测收集坑内是否有水。一旦发现有水，可取样检测，分析原因，采取适当措施。对于收集到的渗滤液，检测合格时可直接排放；检测不合格的渗滤液，抽取后外送处理设施处理。

3.4.1.6 填埋单元覆盖层

待一个单元完成废物填埋，达到设计填埋标高和设计容量时，随即制作该单元的顶盖防渗层。顶盖防渗系统的功能主要有阻止大

气降雨进入填埋区内，从而尽可能减少渗滤液的产生量；防止生物和人为活动对填埋场的侵扰；防止风雨的侵蚀产生水土流失以及对废物堆体的影响；保证填埋单元的结构完整性，防止废物中的核素迁移扩散。

顶盖防渗层包括中间覆盖和封场覆盖。

达到设计容量的填埋单元废物表面应及时安排中间覆盖，中间覆盖层从下至上设计如下：

- 1) 废物层
- 2) 回填土层（厚 300mm，筛分土）
- 3) HDPE 土工膜（厚 2mm，渗透系数 $K < 1.0 \times 10^{-12} \text{cm/s}$ ）
- 4) 非织造土工布（厚 10mm， 800g/m^2 ）
- 5) 复合排水网（厚 6mm，渗透系数 $K > 0.1 \text{cm/s}$ ）
- 6) 土工滤网（厚 10mm， 400g/m^2 ）

当一期工程的 2 个填埋单元都到达设计容量后，进行 2 个填埋单元的整体覆盖和封场覆盖。

待一个区域填埋单元填埋完成后，开展区域封场作业，对全场进行整体覆盖。封场设计应同时满足安全稳定和辐射屏蔽要求。本项目接收的废物中主要核素是 U、Th-232 等天然放射性核素，长时间填埋处置会释出一定量的氡（钍射气），通过对相关规范对比分析，参考《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范》（试行）（HJ 1114-2020）设置覆盖层。覆盖层设计可通过多重工程屏障充分实现足够的纵深防御，保证废物处置的辐射屏蔽要求和长期安全。

（1）覆盖层内部分层设计

覆盖层自下而上依次为氡（钍射气）屏蔽层（兼做天然防渗层）、人工防渗衬层、排水层、生物侵入屏障层、植被层，覆盖层边缘 1:1.5 放坡。

1) 氡（钍）屏蔽层：采用天然材料，渗透系数不大于 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，氡屏蔽层主要材料为天然粘土材料和 HDPE 膜等人工材料，考虑 U、Th 及衰变后产生的 Ra 核素，其半衰期很长，人工材料的寿

命有限，因此，采用天然粘土材料作为氡屏蔽层。屏蔽层厚度为900mm，可满足氡（钍射气）屏蔽要求。

2) 人工防渗衬层

人工防渗衬层自上而下的结构为压实黏土、土工布、HDPE膜与GCL。其中，压实黏土为填埋场关闭后期主要防渗材料，其渗透系数不大于 $1\times10^{-7}\text{cm/s}$ ，厚度不小于300mm；HDPE膜为填埋场关闭后前期主要防渗材料，其渗透系数不大于 $1\times10^{-12}\text{cm/s}$ ，厚度不小于1.5mm，为防止土工膜滑动，选用双糙面土工膜，毛糙高度大于0.25mm；土工布为其下伏HDPE膜的保护层；GCL为其上方HDPE膜失效后的主要防渗措施（被动安全），并可作为核素的阻滞材料。

3) 排水层

排水层的主要材料为细砂，渗透系数不小于0.1cm/s，厚度初步定为400mm。

4) 生物侵入屏障层

生物侵入屏障层用于防止植物根系和动物的侵入，还可起到导排水的作用，主要材料选用硬度大、耐久性佳、较大粒径的卵砾石，厚度初步定为500mm。

5) 植被层

植被层主要功能为固土加筋以保持覆盖层表层的长期稳定性，抵御剥蚀的影响，导排地表水，并通过蒸腾作用可降低覆盖层内的含水量，其厚度初步定为500mm。植被层栽种的植物种类选择蒸腾作用强、根系浅，且与周边生态环境和谐一致的植物品种。

待植被层稳定后，需在表面铺设适量砾石，以防止冲刷剥蚀作用破坏地表。另外，为防止植被层与防生物入侵层发生相互混杂的现象，需在其与防生物入侵层的交界处铺设力学功能良好的土工布。

上述覆盖层各层的厚度、材料及主要功能见表3.4-2。

表 3.4-2 覆盖层各层的材料、厚度及主要功能

结构层	材料	厚度 (mm)	主要功能	
氡(钍)屏蔽层 (兼做天然防渗层)	天然黏土	900	氡(钍)屏蔽、 γ 剂量屏蔽、阻滞地表水下渗	
防渗层	土工布	具体厚度根据选材而定		
	HDPE 膜			
	膨润土防水毯 (GCL)			
	压实黏土	300	上覆防渗材料失效后的主要防渗措施，并作为阻滞核素迁移的材料	
排水层	细砂	400	导排入渗水	
生物侵入屏障层	卵砾石	500	防生物侵入层、防植被根系侵蚀，及排水	
植被层	当地土	500	固土加筋，导排地表水	
-	-	总厚度 2600 (暂定)	-	

(2) 覆盖层外部结构设计

1) 整体覆盖方案

本次覆盖层外部结构设计，只考虑一期建设项目填埋区域。一期建设项目两个填埋单元沿沟谷布置且位于不同的平台上，场地设计标高分别为 1367.95m 和 1359.45m，填埋单元东、西、北侧设有排洪沟，平面布置较为复杂。为保证覆盖层与现有地形的协调衔接及安全稳定，采用由高到低、单一方向放坡覆盖的方案，如图 3.3-6 所示。

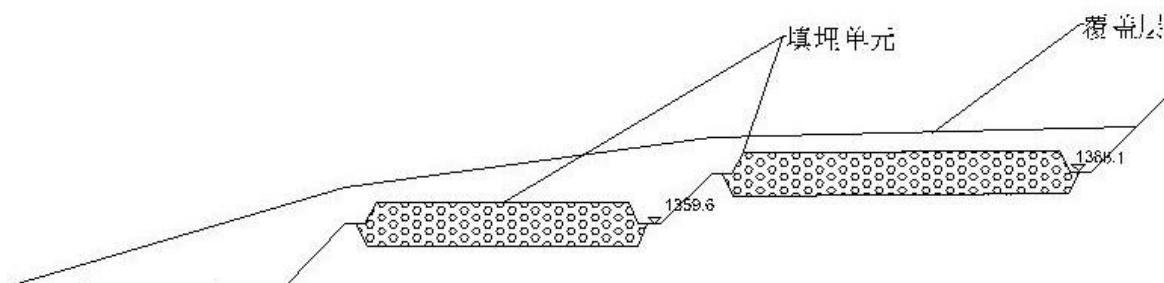


图 3.3-6 覆盖层纵剖面设计示意图

2) 边坡坡率设计

参考《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》(GB 50869-2013)), 覆盖层边缘纵坡及横坡坡率不得陡于 1:3。考虑到两处填埋单元与排洪沟之间的水平距离较短, 若直接放坡至排洪沟处, 存在边坡坡率过大的问题, 不利于覆盖层边坡稳定性。因此, 考虑将覆盖层外缘放坡至人工边坡坡脚处, 并用级配良好的块石填筑排洪沟。覆盖层施工完毕后, 排洪沟可作为填埋单元边坡的地下盲沟, 进一步截留并导排流向填埋单元的地下水。

南侧填埋单元南侧, 考虑到覆盖层与自然地形的协调衔接, 有必要时需对西侧沟谷自然地形进行改造, 以满足覆盖层边坡与西侧沟谷泄洪能力。

3) 排水设计

为保证覆盖后, 沟谷两侧边坡汇水不冲刷覆盖层, 在边坡与覆盖层的交界处设置碎块石层。碎块石层所用材料应为级配良好、抗侵蚀能力强的块石、碎石及卵石, 碎块石层净宽暂定不小于 3.0 m, 厚度暂定不小于 2.0 m。覆盖层内部生物入侵屏障层及排水层应与原有排洪沟相连, 进一步导排出覆盖层上部渗水。覆盖层与沟谷两侧边坡交界处的排水设计如图 3.3-7 所示。

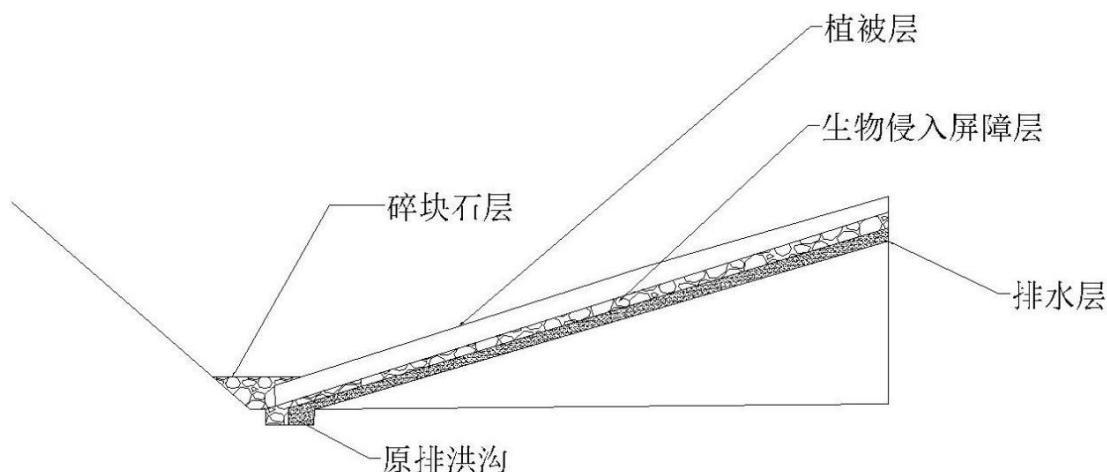


图 3.3-7 覆盖层与一侧边坡交界处排水示意图

3.4.2 配套设施

填埋场主要配套建筑物为天然放射性废物接收综合厂房(含汽车衡)、供水站、出入口、截排洪设施。

3.4.2.1 废物接收厂房（含汽车衡）

废物接收综合厂房主要用于对进入填埋场的废物进行核查、登记、检测。同时设有卫生出入口，承担填埋单元工作人员进出时更换衣服以及清洗去污。废物接收综合厂房为混凝土框架结构，安全等级为 NR，抗震类别是 NA，外部尺寸为 $36.6\text{m} \times 16.8\text{m} \times 7.2\text{m}$ 。在废物接收间上方设有一台 5t 吊车，跨度为 6m，起升高度 4m。废物接收厂房主要房间有：门斗、办公室、配电间、管线引入间、新风热力综合间、白区走道、辐射防护值班室、卫生间、家庭服间、淋浴间、工作服间、剂量监测间、绿区走道、排水间、去污间、实验室、废物接收间。

废物接收综合厂房外设有一台载重 55t 的汽车衡，用于运输车称重，称重信息反馈在综合厂房办公室内的计算机管理系统。

人流：工作人员从门斗进入废物接收综合厂房，通过卫生出入口更换工作服后进入绿区走道，然后前往实验室、天然放射性固体废物填埋单元。从天然放射性固体废物填埋单元回来的工作人员，也需要回到废物接收综合厂房，通过卫生出入口淋浴去污检测合格后，更换家庭服离开。

物流：装载废物的场外运输车通过出入口进入到内蒙古填埋场后，先前往废物接收综合厂房进行称重、抽检。称重完毕且按 2% 抽检合格后，场外运输车驶出出入口，在填埋单元附近进行倒装作业。通过随车吊将运输车上的废物包直接倒运至填埋单元，或者使用租赁汽车吊将运输车上装有废物包的运输钢箱卸载至空旷地带，设置警戒装置后，由随车吊将运输钢箱中的废物包倒运至填埋单元。随车吊将废物包吊装至自身的平板车上，将废物包运往填埋单元进行填埋处置。场外运输车完成卸货后，驶离填埋场。

3.4.2.2 供水站

本子项为单层戊类厂房，建筑基底面积： 166.15 m^2 ，总建筑面积： 446.47 m^2 ，高度 5.7 米，地上 1 层，地下 1 层，室内外高差设置为 300mm，地下一层层高为 4.5m，消防水池池底完成面标高为-

4.5m。上部结构形式为现浇钢筋混凝土框架结构，基础采用筏板基础。主要用于储存并提供厂区用水，包含消防泵房和消防水池。

本项目外购的生活、生产用水，贮存在 03 子项供水站的贮水箱内。在 03 子项内设置 1 套恒压供水设备，最大小时供水量 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，供水压力 0.4MPa ，经消毒后供给满足各子项流量和压力要求的生活、生产用水。

本子项供给各子项生活、生产用水，包括：02 子项废物接收综合厂房卫生间、淋浴间和去污间等用水；04 子项出入口卫生间用水。本项目工作人员生活用水定额取 $50\text{L}/\text{人班}$ ，总人数 24 人，最高日用水量 $1.2\text{m}^3/\text{d}$ ；淋浴用水定额为 $60\text{L}/\text{人·次}$ ，按 8 人次考虑，最高日用水量 $0.48\text{m}^3/\text{d}$ 。填满单元洒水降尘和车辆擦拭去污最高日用水量 $7\text{m}^3/\text{d}$ 。本项目合计最大时用水量为 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，最高日用水量为 $8.68\text{m}^3/\text{d}$

3.4.2.3 生活污水系统

生活污水系统主要处理包括 02 子项卫生间、淋浴间产生的排水。重力流排至室外生活污水管道，汇集进入化粪池。生活污水量按生活用水量的 90% 计，生活污水最高日排放量为 $1.5\text{m}^3/\text{d}$ 。

本项目产生的生活污水量较少，经化粪池处理后，将本项目生活污水采用槽车外运处置。化粪池采用加强型玻璃钢制品，有效容积 30m^3 ，化粪池内的污泥定期清掏并外运处置。

3.4.2.4 出入口

该子项为单层公共建筑，为厂区的主要人员出入口，一侧设置车辆出入口。

3.4.2.5 截排洪设施及室外工程

北侧填埋单元区域防洪标准按照 200 年一遇重现期设计，南侧公用辅助设施区防洪标准按照 50 年一遇重现期设计。为防御场址外围暴雨山洪对场址造成的威胁，在本工程北侧填埋单元的西侧、北侧、东侧边坡底和南侧公用辅助设施区的西侧、南侧边坡底设置排洪沟。北侧填埋单元排洪沟总长约 796m，其中北侧排洪沟长约 67m，沟内宽度 5m，自西向东沟底沿程坡度约为 1%，排水流量约 $36.6\text{m}^3/\text{s}$ ；西侧排洪沟长约 330m，沟内宽度 4m，自北向南沟底沿程坡度约为

3‰，排水流量约 $17.46\text{m}^3/\text{s}$ ；东侧排洪沟长约 399m，沟内宽度 5m，自北向南沟底沿程坡度变化分为两段，北侧段沿程坡度约 5‰，长度约 170m，南侧段沿程坡度约 4‰，长度约 229m，排水流量约 $80.48\text{m}^3/\text{s}$ 。

南侧公用辅助设施区排洪沟总长约 232m，沟内宽度 2m，自北向南沟底沿程坡度变化分为两段，北侧段沿程坡度约 3‰，长度约 46m，南侧段沿程坡度约 5‰，长度约 186m，排水流量约 $7.1\text{m}^3/\text{s}$ 。

3.4.3 设备选型

天然放射性填埋场一期建设项目的主要工艺设备见表 3.4-2。

表 3.4-2 工艺设备一览表

序号	设备材料名称	型号规格及主要技术特性	单位	数量
填埋单元				
1	挡雨棚	136.2m×48.6m×7m	套	1
2	潜污泵	50NSWQ22-8-0.75	台	4
3	打夯机	型号：BS50-2	台	2
废物接收综合厂房				
1	数字式汽车衡 (含显示控制器)	称量载重 55t，配有显示大屏幕、UPS 电源	套	1
2	5t 吊车	单梁吊车跨度 4.5 米，起升高度 4 米	台	1
3	计算机管理	27 寸 2k 显示屏 2 个、台式主机 1 台（配 8T 机械硬盘与 1T 固态）；A3 打印机	套	1
生产用车停车场				
1	密封式自卸车	尖头密闭型垃圾车型，车厢最大倾角 50°，车厢举升/降落时间约 20s。	辆	1
2	随车吊	发动机功率 160 马力，额定载重 4250kg，最大起重量 5000kg，最大起升高度 13m	辆	1
3	压实机	压实宽度 2.14m，最小转弯半径约 6m，最大爬坡能力 30%	辆	1
4	装载机	额定功率：226kW/r/min，额定载重 7000kg，铲斗容量≥5m ³	辆	1
5	洒水车	水箱容积 3m ³	辆	1

3.5 废物的处置

3.5.1 废物包特性

本工程接收的固体废物包参考《极低水平放射性废物的填埋处置》(GB/T28178-2011)以及填埋场接收要求中关于废物包的相关要求:

(1) 为方便搬运和填埋操作, 极低放废物宜包装在有一定强度的、柔韧性较好的软包装袋中, 防止在搬运或运输过程中出现包装袋破裂或穿孔, 而造成废物泄漏和洒落;

(2) 对属于极低放废物的大型物件, 可以裸运, 但应采取措施保证在转运过程不会发生破碎与洒落。

天然放射性固体废物填埋场主要接收的废物中大部分是氟化钙渣等, 为了防止废物在装卸、运输过程中因撒落、飞扬造成环境污染, 同时为了保护操作运行人员, 创造良好的工作环境, 送到填埋场填埋的废物一般要求装入吨包袋, 吨包袋要封口, 以免废物撒落。

吨包袋的装填容积为 $1m^3$, 尺寸为 $1m \times 1m \times 1m$, 材质为聚乙烯。吨包袋要有一定的抗拉强度, 耐拉伸, 以免在装卸时破损, 符合相关要求。

3.5.2 填埋处置工艺流程

每个天然放射性固体废物填埋单元采用浅地表凹坑形式设计, 在填埋单元上空搭建挡雨棚, 对正在进行填埋操作的单元进行遮盖。该单元填埋作业完成后制作单元顶盖防渗层, 当一个区域相邻的单元均完成填埋任务后及时进行封场处理。

天然放射性固体废物用吨包袋包装, 由专用运输车运来。在填埋场内, 利用汽车吊、随车吊进行卸货, 人员在旁辅助操作。

废物产生单位须先向填埋场提出申请, 递交“天然放射性固体废物填埋申请单”。待填埋场核实确认且批准后, 废物用运输车运至填埋场, 首先在废物接收综合厂房的汽车衡对废物称重, 然后对废物进行抽样检测, 符合接收标准的登记接收, 进入填埋单元进行填埋, 不符合接收标准的废物予以退回。工艺流程原理见图 3.5-1。

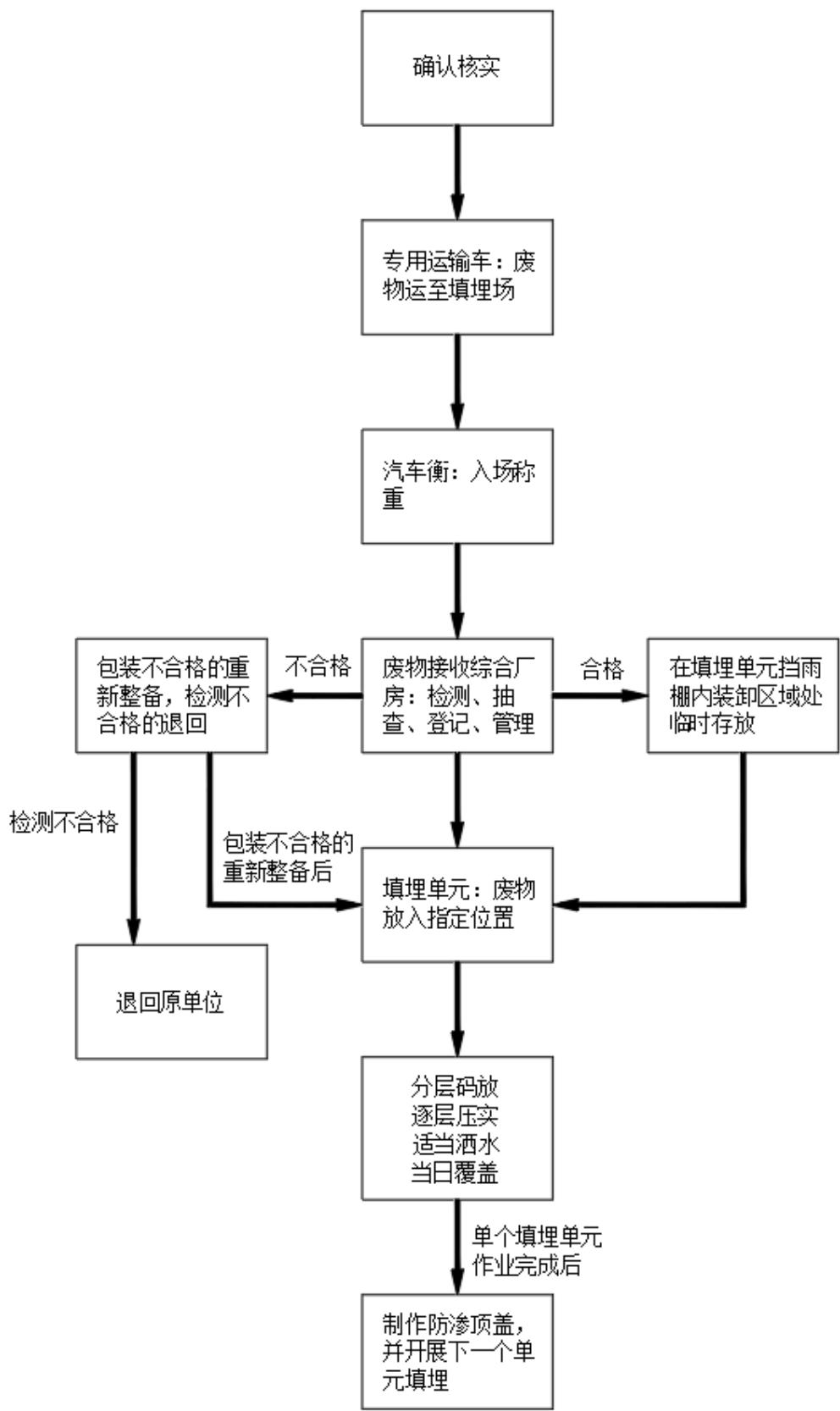


图 3.5-1 工艺原理流程图

3.5.2.1 核实确认

废物产生单位提前向填埋场提出废物送处申请，递交“天然放射性固体废物填埋申请单”，说明拟送处废物源项基本情况、拟送处废物总（数）量、总活度、拟送处时间，并对废物是否满足国家相关法规标准的符合性做出初步判断。天然放射性固体废物填埋场收到废物产生单位递交的“天然放射性固体废物填埋申请单”后，以书面形式进行反馈，并要求其提交“废物技术特性说明书”和“废物技术特性表”等废物送处详细资料。

天然放射性固体废物填埋场在收到废物产生单位提交的“废物技术特性说明书”和“废物技术特性表”等废物送处详细资料后，开展文件齐备性和有效性审查，以及文件内容和技术特性审查，有必要时开展现场核实工作。最后根据文件审查情况和现场核实情况，编制“核实报告”明确待送处废物可接收或不可接收的理由和原因，对于可接收的废物，向废物送处单位发放“废物填埋认定通知书”。

3.5.2.2 废物接收

(1) 经填埋场统一接收废物后，用专用运输车将废物送至填埋场。废物进场后，接收程序如下：废物入场称重，在填埋场废物接收综合厂房附近，设置数字式汽车衡，对运来的废物进行称重、记录，数据录入废物接收综合厂房内的计算机，并最终填写“入场废物登记单”。

(2) 通过随车吊将运输车上的部分吨包袋卸下，用于抽检。然后随车吊进入废物接收综合厂房的废物接收间，利用吊车将抽检(2%)的吨包袋卸下，抽检数量低于2包的按2包算，人员携带便携式剂量检测仪表检查废物包状体的表面污染、外表面的辐射水平和距离包装体外表面1m处任意一点的辐射水平。不满足接收标准(γ 剂量率 $\leq 20\mu\text{Sv}/\text{h}$, α 表面污染 $\leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$, β 表面污染 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$)的废物禁止进入填埋场，退回废物产生单位。

不合格废物包的判定标准为：1) 废物包表面污染水平超过接收标准要求；2) 废物包表面剂量率超过接收标准要求；3) 废物包重量较特性表变动超过 $\pm 10\%$ 。

(3) 验收合格后，逐项填入废物登记单。

依据送往填埋单元的废物种类，通知天然放射性固体废物填埋场的操作人员交接废物，进行填埋作业。

3.5.2.3 废物填埋

根据当日任务量、废物形态、包装种类，制定出填埋程序，并据此对各种车辆的行进路线制定出相应交通路线安排，划定填埋区域。

废物抽检合格后，利用随车吊对场外运输车装载的吨包袋进行卸车，也可以使用汽车吊，将运输钢箱先从场外运输车上卸载至地面上以后，再利用随车吊卸载吨包袋。随车吊将吨包袋吊运至自身的装载平板上，待装满后，前往固体废物填埋单元。

随车吊开至固体废物填埋单元后，可根据场外运输车运抵填埋场的废物量选择两种不同的卸货方式。当废物量较少时，随车吊可直接通过斜坡道驶入卸货区域，在预先制定填埋区域完成废物的装卸、码放。当废物量较多时，随车吊在挡雨棚内的装卸场地进行卸车，将吨包袋码放在装卸场地临时存放，吨包袋码放需距离填埋单元边缘至少 3 米，避免对边坡产生影响。当需要进行填埋作业时，工作人员配合随车吊将装卸场地上的吨包袋放置在随车吊的车载平板上，随车吊通过斜坡道驶入卸货区域，再由工作人员配合随车吊将废物包吊入填埋单元内预先指定填埋区域；同时自卸车、装载机、压实机、洒水车也已在填埋区域的适当位置就位。自卸车主要用于回填土的转运，装载机主要用于填埋作业区的平整，压实机主要用于填埋过程中的压实作业，洒水车用于填埋区的降尘。

在单元填埋作业的最底层以及边坡 1 米范围内，严禁码放块状废物、锋利或较大颗粒等易破坏底部及边坡防渗层等的废物，必须先码放用吨包袋预包装好的粉尘类废物，在坑底及坑内边坡上均匀码放 1 米后，才能填埋可能对防渗层造成损坏的废物。

填埋时应服从单元的总体设计，遵循单元内部的坡度要求依坡度方向推进，操作方式可按水平填埋以工作台阶的方式进行，作业面坡度控制在 1:3，平面排水坡度不小于 2%，根据每批的实际作业

量将填埋区内划分为相对独立的作业小区，然后按顺序逐区进行单元式填埋作业。

填埋操作采取薄层压实的作业方式进行，根据每天的废物处理量，确定填埋区域和每天的作业量。在预先划好的填埋区域，将吨包袋吊至填埋单元底部并码放整齐。然后利用压实机反复压实，每次压实后的废物层厚度控制在 0.9m 左右，压实密度 $\geq 1.6\text{t/m}^3$ 。压实机压实后，利用自卸车、装载机、挖掘机在其上部覆盖净土层，净土层可取材于填埋区开挖过程中的多余土方或就近取土。填埋过程中，根据实验数据和实际运行测试结果，调整确定每层填埋厚度和碾压次数。填埋作业过程中，可进行适当的洒水降尘，同时也有助于压实操作。然后按此程序在上面填埋第二层，第三层……。

如此操作，直至填埋到接近填埋单元 $\pm 0.00\text{m}$ 位置，适当回填、压实、平整，完成后开始进行地上废物包码放作业。根据填埋单元尺寸，地上部分码放 2 层废物包，堆积高度约 2m，地上部分最多可码放废渣总量约 8976m^3 。

码放地上废物时，使用随车吊将吨袋送至填埋场内部（远离大门那端）的区域，沿填埋场宽度方向依次码放，当一层码放 5 排后，在第一层已码放好的吨袋中间位置码放第二层，确保第二层废物边缘距离第一层废物边缘有 2m 的距离，防止二层废物倾倒跌落。后续依次按照上述规定码放废物，直至废物码放完。

3.5.2.4 终场覆盖

当一个天然放射性固体废物填埋单元完成填埋后，随即制作该单元顶盖防渗层、导排层和覆盖层，然后将防雨棚拆除，依据实际情况考虑是否复用挡雨棚。

待所有填埋单元都完成任务、制作顶盖后，天然放射性固体废物填埋单元进行顶部压实和植被覆盖，填埋场关闭后监管 30 年。

3.5.2.5 车辆清洁

进入填埋单元的车辆每日完成作业之后，在填埋单元出口的卸货区域进行清理，清理车轮上的泥沙，再由辐射防护人员对车辆进行表面污染检测。检测结果满足 α 表面污染 $\leq 0.4\text{Bq/cm}^2$ ， β 表面污染

$\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 时，车辆直接进入专用停车场停放；检测不合格，确定污染区域，并对其范围做出标记，以便进行去污操作。

对车辆的放射性沾污区域进行去污时，利用吸尘器对车辆进行除尘，并采用棉纱、去污剂进行擦拭。去污完成后进行二次检测，如果不合格重复去污操作，直至合格后，车辆停放至专用停车场。使用后的棉纱以及吸尘器内收集的灰土用塑料袋包装后暂存送 202 厂。

3.5.3 施工运行计划

从本项目获得开工许可开始，建设周期为 24 个月。其中前 6 个月内要完成初步设计、施工图设计等工作；8~19 个月内完成工程建造安装、设备调试工作；20~24 个月为竣工验收阶段。

填埋场一期年接收填埋废物容量 5000m^3 ，运行期 10 年。

3.6 三废的产生及处理

3.6.1 施工期主要污染物的产生及处理

施工建设过程中产生的污染物主要有扬尘、施工废水、固体废物和噪声

(1) 废气

施工过程中，由于爆破、开挖、填充、渣土的堆放、道路的修建以及车辆运输会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。本工程施工量相对较小，预计对大气环境的影响是可以接受的。土石方施工完成后，当地的大气环境质量将很快得以恢复，因此施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

(2) 废水

施工期废水主要来自施工人员产生的生活污水和基础施工废水。

施工人员生活污水以 $0.06\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{人}$ 计，本工程的施工人员约 150 人，则生活污水的产生量约为 $9\text{m}^3/\text{d}$ ，主要污染因子为 COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。在施工现场设置临时旱厕，定期清运。

产生的施工废水主要来源于工程养护、建材保湿、施工作业泥浆水以及施工车辆、施工场地的冲洗废水、主要污染物为泥沙、SS 以及少量的石油类。施工废水收集处理后用于场地喷洒降尘。

（3）固体废物

施工期间产生的固体废物包括土石方、建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

本项目挖方量共计约 21.00 万 m³（实方），填方量约 12.00 万 m³，余方初步考虑弃置于北部填埋单元区的西侧沟。

建筑垃圾主要为工程建设中产生的包装材料、工程渣土等固体废物，建筑垃圾产生量约 300t。对建筑垃圾、工程渣土进行回用，不能利用的妥善堆放、覆盖，工程结束后，及时清理，委托有资质的单位进行处理处置。

施工人员的生活垃圾按人均产生量估算，按每人每日 0.5kg 计，本工程建设的施工人员约 150 人，则生活垃圾产生量约为 0.075t/d，生活垃圾收集后送垃圾场处置处理。

（4）声环境

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对场址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。因此施工噪声对环境的影响是可以接受的。

3.6.2 运行期主要污染物的产生及处理

（1）废气

本工程处置的废物包装体为已整备好的废物袋、废物箱等，正常情况下，释放的放射性物质很少，对周边环境造成的影响很小。02 子项废物接收综合厂房设置一个绿区排风系统 VG-1，换气次数按 2~4 次/小时设计，总排风量 3500m³/h，设置 2 台管道风机，规格 SJG-4.0F，L=2000m³/h，r=1450rpm，N=1.0kW，P=600Pa；设置一台换气扇为卫生间排风。

本项目接收的废物中主要核素是 U、Th-232 等天然放射性核素，长时间填埋处置会释出一定量的氡（钍射气），采用氡（钍射气）屏

蔽层（兼做天然防渗层）、人工防渗衬层、排水层、生物侵入屏障层、植被层等覆盖层减少氡的释放。

（2）废水

本工程的放射性废水主要为 02 子项废物接收综合厂房去污间洗消废水，仅当人员污染时进行淋浴时产生，生产废水产生量很少。本项目设置一个预估尺寸为 $1m \times 1m \times 1m$ 的废水收集坑，生产废水收集至集水坑，用于填埋单元洒水降尘，不外排。

本工程的非放射性废水主要为各子项卫生间、淋浴间产生的生活污水，重力流排至室外生活污水管道，汇集进入化粪池（ $30m^3$ ）。生活污水量按生活用水量的 90%计，生活污水最高日排放量为 $1.5m^3/d$ 。本项目设置一个预估尺寸 $4m \times 4m \times 2.5m$ 的化粪池，接收能力约为 $30m^3$ ，可满足 20 天使用。本项目产生的生活污水量较少，经化粪池处理后，将本项目生活污水采用槽车外运至包头市石拐经济开发区石拐广源投资有限公司城镇污水处理厂处理。

（3）固体废物

固体废物来源于设备维修、擦拭去污、废弃的防护用品等。工作服、手套等物品清洗后均可重复利用，破损需更换作废的可清洗后作为非放固体废物处理。对于严重事故情况下污染的工作服、手套等，收集到一定量，经检测和整备后送中核北方进行处理。

3.7 辐射防护

3.7.1 场所分区

根据 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的有关要求，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，控制正常工作条件下的正常照射和防止污染扩散，并预防潜在照射和限制潜在照射的范围，应把辐射工作场所分为控制区和监督区。通常将需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为监督区。

本项目接收的放射性废物属天然放射性固体废物。工作场所各辐射分区的场所剂量率水平见表 3.7-1 所示。通过分区，控制工作人

员在控制区内的停留时间及采取相应的防护措施，以减少工作人员所受辐照剂量，尽量避免一切不必要的照射。

表 3.7-1 辐射分区场所剂量率控制水平

工作区域	监督区	控制区
剂量率水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	≤ 2.5	> 2.5

本项目各房间的辐射分区如表 3.7-2 所示。填埋单元和生产用车停车场作为控制区管理；废物接收综合厂房中列入控制区的包括工作服间、剂量检测间、绿区走道、排水间、去污间、天然放射性废物接收间、汽车衡，其余作为监督区管理。

表 3.7-2 天然放射性固体废物填埋场一期建设项目辐射分区

房间名称	辐射分区
废物接收综合厂房	
办公室	监督区
配电间	监督区
值班室	监督区
走道	监督区
门斗	监督区
卫生间	监督区
管线引入间	监督区
家庭服间	监督区
淋浴间	监督区
工作服间	控制区
剂量检测间	控制区
绿区走道	控制区
排水间	控制区
去污间	控制区
天然放射性废物接收间	控制区
汽车衡	控制区
填埋单元	
填埋单元	控制区
生产用车停车场	
生产用车停车场	控制区

3.7.2 人流、物流控制

(1) 人流

工作人员从门斗进入废物接收综合厂房，通过卫生出入口更换工作服后进入绿区走道，然后前往实验室、天然放射性固体废物填埋单元。从天然放射性固体废物填埋单元回来的工作人员，也需要回到废物接收综合厂房，通过卫生出入口淋浴去污检测合格后，更换家庭服离开。

(2) 物流

装载废物的场外运输车通过出入口进入到内蒙古填埋场后，先前往废物接收综合厂房进行称重、抽检。称重完毕且按 2% 抽检合格后，场外运输车驶出出入口，在填埋单元附近进行倒装作业。通过随车吊将运输车上的废物包直接倒运至填埋单元，或者使用租赁汽车吊将运输车上装有废物包的运输钢箱卸载至空旷地带，设置警戒装置后，由随车吊将运输钢箱中的废物包倒运至填埋单元。随车吊将废物包吊装至自身的平板车上，将废物包运往填埋单元进行填埋处置。场外运输车完成卸货后，驶离填埋场。

3.7.3 辐射监测

为保障天然放射性固体废物填埋场一期的正常运转，保护工作人员和周围环境的辐射安全，本工程设计了辐射监测系统，监测内容包括：进场固体废物包装体表面剂量率和表面污染检测、作业车辆监测、区域辐射监测、空气放射性监测、渗透液监测、卫生出入口辐射监测、个人剂量监测。

(1) 进场固体废物包装体表面剂量率和表面污染检测

在废物接收综合厂房的废物接收间对废物运输车运至的天然放射性固体废物包装体进行表面剂量率和表面污染检测，设置 1 台便携式长杆 γ 剂量率仪对固体废物包装体表面 γ 剂量率进行测量；设置 1 台便携式 α 、 β 表面污染测量仪对固体废物包装体的表面污染水平进行测量。

(2) 作业车辆监测

填埋场内作业车辆完成作业进入停车场前，需要进行表面 γ 剂量率和表面污染水平测量，以判断是否需要去污。设置1台便携式长杆 γ 剂量率仪测量作业车辆表面 γ 剂量率；设置1台便携式 α 、 β 表面污染测量仪测量作业车辆的表面污染水平。

（3）区域辐射监测

为保护工作人员安全，在人员经常活动的区域进行 γ 辐射剂量率巡测。设置1台便携式 γ 剂量率测量仪，定期对废物接收综合厂房、废物填埋单元、填埋场周围、人员操作频繁区域进行 γ 辐射剂量率巡测。

（4）空气放射性监测

对存在气溶胶污染风险的填埋区域及附近，进行空气放射性污染监测，获取气溶胶的放射性水平。设置1台大流量气溶胶取样器，定期采集空气样品，样品外送有资质的单位分析监测（初步拟定送核工业208大队分析实验室），使用低本底 α 、 β 测量仪进行测量。

（5）渗透液监测

对监测池内可能产生的渗透液使用液体采样器及容器进行定期取样，样品送有资质的单位分析监测（初步拟定送核工业208大队分析实验室）使用低本底 α 、 β 测量仪进行总 α 、总 β 测量， γ 能谱测量。

（6）卫生出入口辐射监测

在废物接收综合厂房设置1个控制区出入通道，辐射监测设备及其功能如下：

1) 电子个人剂量计（EPD）

实时测量工作人员在控制区受到的外照射剂量率值，并在实时剂量率超过预定的报警阈值时报警；测量和记录工作人员在控制区停留期间受到的累计剂量和停留时间。设置30个Hp(10)电子个人剂量计。

3) 手脚污染监测仪

在控制区的剂量检测间设置1台手脚污染监测仪，用于工作人员离开控制区时的手脚表面污染监测。如果发现工作服表面污染超

过规定水平，工作人员应脱掉工作服并将其放入专门的污染工作服收集桶中，如果手脚表面污染检测无问题可以直接离开控制区进入家庭服间更换家庭服，归还 EPD。如果检测有污染，需要在去污间进行淋洗去污，淋洗去污完毕后再使用便携式 α 、 β 表面污染监测仪进行测量，检测合格则可以离开控制区。

4) 热释光个人剂量计 (LPD)

LPD 用于记录工作人员在工作期间所受外照射累积剂量。工作人员工作前必须佩戴热释光个人剂量计 (LPD)，辐射剂量定期由热释光读出装置读出。热释光个人剂量计由第三方有资质单位统一提供并进行数据管理。

(7) 个人剂量监测

工作人员工作前应佩戴热释光个人剂量计 (LPD)，该剂量计记录工作人员在工作期间所受外照射累积剂量，定期由热释光读出装置读出。热释光个人剂量计由专业服务单位统一提供并进行数据管理。

工作人员在进入控制区时还需佩戴电子个人剂量计 (EPD)，超过设定阈值可及时发出报警。

3.7.4 环境监测

辐射环境监测以填埋场为中心，半径 3km~5km，监测内容包括环境 γ 辐射水平、环境气溶胶、沉降物、土壤、地表水、地下水、周围生物，环境监测计划详见第七章。

3.8 应急管理

3.8.1 应急计划

中核泰和公司作为天然填埋场项目的建设运行单位，将根据我国核设施应急法律、法规、标准要求及填埋场运行特征，制定天然放射性填埋场应急预案，用于预防因自然灾害事故和人为因素引起的突发性危害，以保证紧急情况发生时能得到及时处理，控制事故发生，最大限度的减少人员伤亡和财产损失，保证填埋场安全。

3.8.2 应急组织体系

天然放射性填埋场应急准备与相应实行三级管理，第一级管理由中核泰和公司承担，第二级管理由生产技术部承担，第三级管理由现场应急组承担。

（1）中核泰和公司应急指挥部职责

应急指挥部是公司应急管理的最高领导机构，由应急总指挥、应急副总指挥、指挥部成员组成。其职责为：

- 贯彻落实国家生产安全事故应急有关法律法规；
- 指导和检查各项应急预案编制和准备活动；
- 统一协调调动公司应急救援资源；
- 需要时确定重大事故应急处置指导方案。

（2）生产技术部职责

生产技术部对填埋场的运行安全直接负责，应随时掌握填埋场安全情况。填埋场应急指挥部负责人由现场负责人担任，成员由填埋场相关应急人员组成，下设应急保障组和应急处置组，应急指挥部职责如下：

- 在运行期间遇有突发事件时，应立即采取适当救援措施，并及时上报；
- 根据事态发展，应及时向公司应急办公室做好后续报告，直到填埋场恢复常态；
- 按照本预案要求启动应急预案，并下达进入应急待命指令，以及做好填埋场的应急处置工作；
- 负责填埋场的应急准备，包括应急组织、培训、演练和演习，以应急预案为依据，进行单项演习（练习）、综合演习与处置方案演练等工作。

（3）现场应急组职责

组长由填埋场生产部负责人担任，成员由生产技术部和安全质量部的部分人员组成，职责如下：

- 负责一般事故与核事件的应急处置，按照应急与响应方案进行应急响应工作；

- 负责应急辐射环境等各项监测，并根据监测情况设置控制区；
- 实施应急照射控制，计算可能受到的剂量值；
- 收集环境气象参数；
- 执行其他应急指令。

3.9 填埋场的关闭

3.9.1 关闭的条件

当填埋场接收的废物达到规定的废物容量或填埋场寿期时，申请和实施正常关闭。当发现填埋场的选址或设计有严重错误，或发生严重自然灾害，导致填埋场不再满足废物填埋处置要求时，应申请和实施非正常关闭。

3.9.2 关闭步骤

- (1) 不再接收任何放射性废物。
- (2) 保留关闭后有组织控制期所需要的建（构）筑物、设备、仪器和工器具、拆除其它所有的地面设施。
- (3) 设立长期标志。

3.10 关闭后的监护

天然放射性核素的半衰期极长，如表 3.10-1 所示。天然放射性核素无法通过短时间的衰变降低风险，填埋场的主要风险来自于工程的屏障失效、核素迁移到环境中所需要的时间。在填埋场关闭的前几十年，是风险最高的时期，在此期间可以验证工程屏障的稳定性，也是渗滤液产生的高峰期，30 年的监护可以覆盖渗滤液产生量趋于稳定的阶段，30 年监测数据的积累能验证填埋场的长期安全性预测模型是否正确。因此可参照《极低水平放射性废物填埋处置》(GB/T 28178-2011)，将天然核素填埋场关闭后有组织控制期定为 30 年。

表 3.11-1 核素半衰期

序号	核素	半衰期 (y)
1	U-234	2.45E+05
2	U-235	7.04E+08
3	U-238	4.47E+09
4	Th-232	1.40E+10

有组织控制期主要工作包括：维护填埋区覆盖层和保留的建筑物；渗滤液监测和必要的环境监测；防止外来人员闯入场区；对整个场址地表面进行终态监测，达到无条件开放水平，并经监管部门批准后方可终止有组织控制期。有组织控制期结束后，按有关法规规定及时拆除原保留的建筑物和公用辅助系统，停止维护活动，拆除标志。

填埋场关闭后可利用大数据、人工智能等先进技术，实现监测数据的实时共享和动态更新，可以引进无人机、机器人等科技化智能化监测手段，对填埋场“精准画像”、进行风险评估，提高监管效率和准确性，对关闭后的填埋场运行数据进行实时监测和分析，及时发现并处理潜在安全隐患。

3.11 质量保证

中核泰和公司将按照我国法律、法规、标准要求制定天然放射性填埋场的质量保证大纲，并组织实施。质保大纲对填埋场的各个阶段（选址、设计和建造、运行、关闭和关闭后有组织控制）的质量保证工作作出规定，以保证填埋场所有与安全有关的活动符合相关法规和标准的要求。

质保大纲应考虑每个要素对填埋场安全性的潜在影响，根据运行阶段和关闭后阶段安全评价结果来确定对安全操作、安全处置重要活动、构筑物、系统和设备的要求，并对相关技术文件的更新和长期有效作出规定。

3.11.1 组织机构

中核泰和是天然放射性固体废物填埋场的营运单位，全面负责本工程各子项的生产协调工作。公司设董事会，董事会下设总经理部。根据管理需要及生产工艺流程的要求，公司拟设置综合管理部、财务资产部、计划经营部、安全质量部、生产技术部。企业实行总经理负责制，总经理全面负责企业的生产、经营活动；副总经理根据总经理委派负责分管部门的工作，并对总经理负责。中核泰和公司组织机构如下：

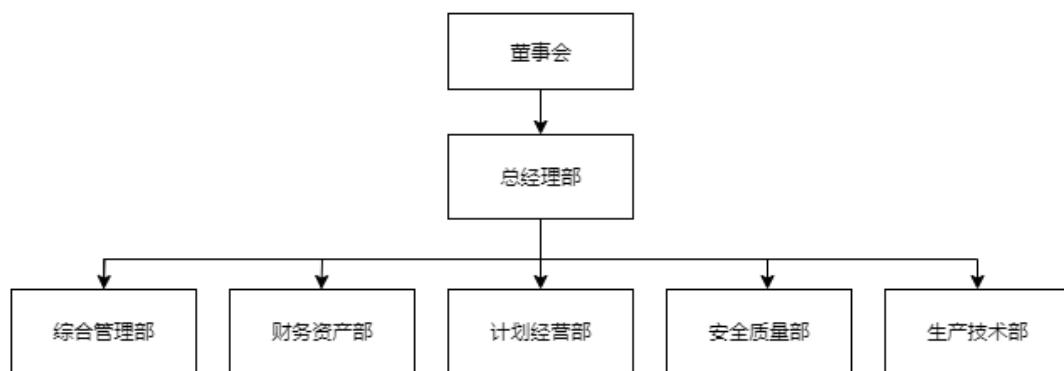


图 3.11-1 组织机构图

为了安全、有效地完成生产任务，天然放射性固体废物填埋场应分工种下设生产小组：

工艺组：主要负责废物填埋的工艺运行操作和控制；

分析组：主要负责填埋场中废物样品、环境样品的分析工作；

仪表组：主要负责监测仪表的定期检查、维护及维修工作；

水、暖、电气组：保证填埋场供水、供电、供暖、通风系统正常运行，以及设备的定期检查、维护及维修；

辐射防护组：负责对填埋场各子项的放射性水平进行监控，对人员所受剂量进行监测检查；

设备、材料组：负责填埋场运行期间各设备的维护、检修及设备的供应和各种原材料的及时供应。

劳动定员

中核泰和公司经理层设总经理 1 名，副总经理 3 名，设财务总监 1 名，其余公司人员暂定 8 人。

填埋场按照项目运行团队形式开展，一期建设项目每年运行 240 天，按照 8 小时白班制，可根据项目实际运行情况进行调整。

3.11.2 质量保证要求

3.11.2.1 质量保证分级

按物项对填埋场安全的重要性及其失效的后果将填埋场中所用的各物项进行质量保证分级，以分别采用不同等级的质量保证措施。

3.11.2.2 程序、细则和图纸要求

凡影响质量的活动都必须按适用于该工作的书面程序、细则和图纸来完成。程序和细则包括质保大纲管理性和技术性要求，同时必须分别对正常工况（规程等）、事故工况（事故处理规程等）和应急情况（应急预案等）作出规定。程序、细则和图纸必须包括相应定量和（或）定性的验收准则，以确定各项影响质量的活动是否已满意地完成。从事各项活动的单位，必须制定有计划地、系统地实施质量保证大纲的程序并形成文件。编写的程序必须便于使用，包括所需的专业技能，内容清楚、准确。必须根据需要定期对程序进行审查和修订，以便保证所有影响质量的活动都得到考虑而无遗漏。

3.11.2.3 报告制度

按照国家主管部门核安全报告的管理要求执行核安全报告，并报送中核环保、中核清原及相关管理部门。

3.11.3 质量控制措施

质保大纲将对质量保证体系中各组织机构的职责和分工进行明确，并对填埋场建设、运行中各环节提出质量控制措施，具体包括文件控制、设计控制、采购控制、物项控制、工装和测试器具控制、过程控制、检验测量和试验控制、场地和环境控制、不符合项控制、记录控制等。

3.11.4 质量控制监督和质保监查

3.11.4.1 质量控制监督

安全质量部负责对填埋场和供方质量控制的监督，负责监督的实施，监督记录和报告，监督后续行动等，根据需要采取跟踪过程监督、按质量计划中所选的停工待检点和见证点监督，以及随机抽查监督等方式。

3.11.4.2 质保监查

为了验证质量保证大纲执行的有效性，实施有计划的内部及外部质保监查制度。安全质量部负责按照《质量保证监查程序》对质量保证工作进行内部监查，同时为保证填埋场的安全性，对监测作业等承包单位有计划地实施外部监查。

3.11.5 纠正和预防措施

3.11.5.1 纠正和预防措施的提出

以下情况（但不限于）应采取纠正和预防措施：—监管部门检查中提出的纠正和预防措施要求；

- 内部审查中提出的纠正和预防措施要求；
- 质量控制监督和内、外部监查中提出的纠正和预防措施要求；
- 在不符合项报告中提出的纠正要求和质量趋势分析中提出的纠正和预防措施要求；
- 其他部门向安全质量部提出的纠正和预防措施要求；
- 其他有损于质量的情况都应采取纠正和预防措施要求。

3.11.5.2 纠正和预防措施的执行

纠正和预防措施的执行包括：—查清与过程和质量体系有关的不符合产生的原因；

- 落实责任单位；
- 制定并执行消除不符合或不合格原因所需的纠正和预防措施方案；
- 质保人员应及时检查纠正和预防措施执行情况，确保纠正和预防措施的执行及有效性；

—纠正和预防措施要求的关闭。

质保大纲应考虑每个要素对填埋场安全性的潜在影响，根据运行阶段和关闭后阶段安全评价结果来确定对安全操作、安全处置重要活动、构筑物、系统和设备的要求，并对相关技术文件的更新和长期有效作出规定。

第四章 环境质量现状

本章通过对内蒙古填埋场及其附近地区的辐射环境本底值、非放环境本底值进行调查，给出了填埋场区的环境质量现状，为填埋场运行和关闭后的环境监测和评价提供基础资料。

2024 年，中核泰和已委托中国辐射防护研究院开展为期 1 年的本底调查工作，目前已完成前 3 季度的环境取样监测，部分监测项目的分析工作已完成，承诺工程运行前完成本工程的环境本底调查。

4.1 调查内容和取样布点

本底调查内容包括 γ 辐射剂量、环境气溶胶、沉降灰、土壤、地表水、地下水、生物，监测项目包括总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 等。运行前辐射环境本底监测内容见表 4.1-1。监测布点图如图 4.1-1~图 4.1-6 所示。

(1) γ 剂量率

γ 剂量率监测布点按照距离厂址半径 2km、5km 与 16 个方位角形成的扇形区域内布点，共涉及 32 个子区。由于厂址地处大青山腹地，交通极其不便，人烟稀少，厂址半径 0~2km 范围内除 WNW 方位边墙壕村外，其余均为无人区，2~5km 范围内 NNW、N、NNE、SW、E 等 6 个方位也均为无人区，因此本次布点未覆盖全部子区，但基本覆盖了全部居民聚居点，同时设置 1 个对照点，共设置 32 个测量点，监测频次为 1 次/季度，共监测 4 次。

(2) 气溶胶、沉降物

气溶胶、沉降物和空气的调查范围为 5km，共布设 5 个采样点，选择在厂址边界（E 方向），主导风下风向最近居民区（柳树湾村）、最近居民区（后阿塔沟村）和最大聚居区（大德恒村）各布设 1 个采样点，另外在远区忽鸡沟村布设 1 个对照点位。分析项目为总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 和氡，监测频次均为 1 次/半年，共监测 2 次。

表 4.1-1 运行前辐射环境本底监测方案

监测对象	监测点位	监测项目	监测频次
γ 剂量率	场区边界四个方位; 0~2km 的 12 个方位; 2~5km 的 15 个方位; 忽鸡沟村	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/季, 共 4 次
气溶胶	厂址边界、柳树湾村、后阿塔沟村、大德恒村、忽鸡沟村	总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K	1 次/半年, 共 2 次
沉降物	厂址边界、柳树湾村、后阿塔沟村、大德恒村、忽鸡沟村	总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K	1 次/半年, 共 2 次
地下水	上下游水井、后阿塔沟村、大德恒村、忽鸡沟村	总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K	1 次/半年, 共 2 次
地表水	嘎查河	总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K	1 次/半年, 共 2 次
沉积物	嘎查河	总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K	1 次
土壤	场区边界四个方位; 0~2km 的 4 个方位; 2~5km 的 11 个方位; 忽鸡沟村	总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K	1 次
生物	厂区周边、柳树湾村、后阿塔沟村、大庙村、忽鸡沟村	总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K	1 次

(3) 地下水

地下水（饮用水）共布设 5 个采样点，选择在 1#井（厂址上游监测井）、2#井（厂址下游监测井），最近居民区（后阿塔沟村）和最大聚居区（大德恒村）各布设 1 个采样点，另外在远区忽鸡沟村

布设 1 个对照点位。分析项目包括总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K ，监测频次为 1 次/半年，共监测 2 次。

(4) 地表水及沉积物

本厂址地处大青山腹地，地表水资源匮乏，厂址半径 5km 范围仅有嘎查河 1 个地表水体，水源主要来自山顶降雪融水，因此水流较小，且流量极不稳定，夏季易断流。因此本次调查仅在嘎查河布设 1 个地表水及沉积物采样点。

分析项目包括总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K ，水样的监测频次为 1 次/半年，共监测 2 次，沉积物监测频次为单次。

(5) 土壤

土壤共布设 20 个采样点，厂区范围内布设 4 个采样点，与对应的瞬时 γ 剂量率监测点相同。分析项目为总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K ，监测频次为单次。

(6) 生物

设置谷物、蔬菜、家畜和牧草采样点，谷物采集玉米、蔬菜采集白菜、家畜采集羊肉，其中牧草在厂址周边采集、羊肉在柳树湾村采集、玉米在后阿塔沟村采集、白菜在大庙村采集，所有样品在忽鸡沟村设对照点。分析项目为总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K ，监测频次为单次。

4.2 调查结果

中核清原委托中国辐射防护研究院开展为期 1 年的本底调查工作，目前尚未完成全部环境本底调查工作，本小节给出已完成部分的本底调查结果。

4.2.1 γ 辐射空气吸收剂量率

场区周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 81.7~133nGy/h（未扣除环境本底，本底约为 39.8~49.9 nGy/h）。

根据 1990 年《内蒙古自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究》，包头市原野 γ 辐射剂量率为 31.3~72.3nGy/h，本工程周围辐射水平与上世纪 90 年代全国辐射水平调查中包头地区的辐射水平基本相当。

4.2.2 气溶胶

对环境气溶胶的总 α 、总 β 、U 含量、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 浓度进行了监测。周围环境空气中 ^{226}Ra 的浓度范围在 $104\sim136\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ，厂址边界东环境气溶胶中 ^{226}Ra 浓度比其他地方略高； ^{232}Th 的浓度范围在 $<16\sim18.8\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{40}K 的浓度范围在 $203\sim322\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

4.2.3 地下水

对地下水中的总 α 、总 β 、U 含量、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 浓度进行了监测。周围环境地下水中 ^{226}Ra 的浓度范围在 $7.81\sim13.6\text{mBq/L}$ ， ^{232}Th 的浓度范围在 $<3.5\sim19.8\text{ mBq/L}$ ， ^{40}K 的浓度范围在 $145\sim174\text{ mBq/L}$ 。

4.2.4 地表水与沉积物

对地表水中的总 α 、总 β 、U 含量、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 浓度进行了监测。嘎查河中 ^{226}Ra 的浓度 $<5.5\text{mBq/L}$ ， ^{232}Th 的浓度 $<7.2\text{mBq/L}$ ， ^{40}K 的浓度为 317mBq/L 。

对沉积物中的总 α 、总 β 、U 含量、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 浓度进行了监测。嘎查河沉积物中总 α 为 255Bq/kg 、总 β 为 762Bq/kg 、总 U 分析结果未出来、 ^{226}Ra 为 13.5Bq/kg 、 ^{232}Th 为 21.7Bq/kg ， ^{40}K 为 760Bq/kg 。

4.2.5 土壤

土壤共布设 20 个采样点，对总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 进行了监测，监测频次为单次。土壤中总 α 为 $122\sim567\text{Bq/kg}$ 、总 β 为 $490\sim863\text{Bq/kg}$ 、总 U 分析结果未出来、 ^{226}Ra 为 $6.05\sim26.4\text{Bq/kg}$ 、 ^{232}Th 为 $438\sim723\text{Bq/kg}$ 。

4.2.6 生物

对周围环境生物中的总 α 、总 β 、U 含量、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 浓度进行了监测。周围环境生物中 ^{226}Ra 的浓度 $<0.053\text{Bq/kg}$ ， ^{232}Th 的浓度 $<0.12\text{ Bq/kg}$ ， ^{40}K 的浓度 $<61.2\text{Bq/kg}$ 。

4.3 非放环境质量现状评价

(1) 环境空气

共布设 5 个测量点，在厂址边界布设 1 个测量点、在厂址主导风向上风向布设 1 个监测点（大德恒村）、下风向布设 2 个监测点（柳树湾村、后坝村），在距离厂址最近的环境敏感目标处布设 1 个监测点（后阿塔沟村）。

环境空气监测项目为二氧化硫 (SO_2)、二氧化氮 (NO_2)、一氧化碳 (CO)、臭氧 (O_3)、颗粒物（粒径小于等于 $10\mu\text{m}$ ）(PM_{10})、颗粒物（粒径小于等于 $2.5\mu\text{m}$ ）($\text{PM}_{2.5}$)、总悬浮颗粒物 (TSP)，监测频次为单次。

目前尚未进行监测。根据《2024 内蒙古自治区生态环境状况公报》，2024 年全区 12 盟市环境空气质量均达标。因此，包头市属于达标区。

(2) 地下水

对厂区周边上下游、附近主要居民点和对照点的地下水进行非放污染物检测，共布设 5 个测量点，与放射性监测点位保持一致，检测项目为 pH、电导率、硝酸盐、氟化物和总有机碳，监测频次为 1 次/半年，共监测 2 次。目前尚未进行监测。

(3) 噪声

本次调查共布设 6 个测量点，其中厂界、青大五线、后阿塔沟村 3 个点位进行 24h 连续监测，其余点位进行瞬时昼夜监测，监测频次为 1 次。目前尚未进行监测。

4.4 小结

从现有调查结果来看，本工程周围辐射水平与上世纪 90 年代全国辐射水平调查中包头地区的辐射水平基本相当。

第五章 环境影响

5.1 施工期间环境影响分析

施工建设过程中产生的污染物主要有扬尘、施工废水、噪声和固体废物。项目施工建设期间不可避免地会带来一些环境影响，必须有相应的污染防治措施，控制施工噪声、废水和粉尘对环境的影响。

(1) 废气

施工期间将会造成施工区域周围部分地区环境空气中的 TSP 浓度增高，如果粉尘浓度过高将影响周围环境空气质量。本工程的总面积约为 7000 m²，按照工程的实施进度，施工周期为 24 个月。

经估算，本工程施工期间扬尘基本排放量为 80.64t，可控的二次扬尘量为 26.04t，扬尘总排放量为 106.68t。

参考中核北方其他施工工程，扬尘排放量约为 6 t/万 m²·月的施工场所的 TSP 监测结果为 0.328~0.424mg/m³，本工程扬尘排放量约为 4.5 t/万 m²·月，小于该施工场所的扬尘排放量，施工期间 TSP 的水平满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中施工期周围外 TSP 浓度最高点不高于 1mg/m³ 的要求。

(2) 废水

施工期产生的施工废水、污水进行收集后用于场地喷洒降尘。在施工现场设置临时旱厕，收集施工人员生活污水，并定期清运。

(3) 固体废物

严格遵守《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，采取有效措施防止或减少建筑垃圾及工程渣土等固体废物对环境的污染，并采取防扬散、防流失、防渗漏或者其它防止污染环境的措施，工程结束后，应及时清理。施工人员产生的生活垃圾应分类袋装、集中放置，收集后送垃圾场填埋处理。剩余土石方堆放在场区南侧的预留场地，用于填埋场覆盖和低放废物填埋场单元回填使用。

(4) 噪声

本工程噪声较高的设备主要为打桩机、搅拌机，噪声源强最高不大于 105dB (A)。

噪声源强以 105dB(A)计，通过估算并类比同类施工过程，厂界外 200m 无居民点，以厂界外 200m 作为评价点，距离填埋单元边缘最近为 0.7km 处，0.7km 范围内可达到 48dB (A)，参照《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB12523-2011，施工期间厂界昼间噪声声级限值为 70dB (A)，夜间噪声声级限值为 55dB (A)。本项目施工期间噪声能满足标准要求。

施工期采用以下方法降低施工噪声的产生：

- ①在施工机械的选择上，选择低噪设备；
- ②对于噪声较高的设备，如打桩机、搅拌机等，采取加装减震设备或隔音罩的方法对噪声进行阻隔；
- ③加强对设备的检查和维护，减小由于设备部件之间的不正常碰撞产生的噪声。

综上所述，施工建设过程中产生扬尘、施工废水、固体废物和噪声等环境影响基本上都是短期的、局部的，且与人的环境意识、管理水平关系密切。通过采取有效的污染防治措施，加强施工现场管理，可以使施工过程对环境的影响降低到最小程度。施工结束后，及时清理场地，其影响可以在短期消失。

5.2 运行期的环境影响

5.2.1 正常运行下的环境影响

(1) γ 剂量率

填埋场位于大青山，距离场址最近的是 WNW 方位 1.7km 处的边墙壕自然村。距离较远， γ 射线造成的外照射可以忽略不计。

(2) 放射性废气

本工程处置的废物包装体为已整备好的废物袋、废物箱等，在正常情况下，不会有放射性物质大规模的释放，因此，进入到空气中的放射性物质很少，放射性废气对周边造成的影响也很小。

(3) 放射性废水

本工程的放射性废水主要为 02 子项废物接收综合厂房去污间洗消废水，仅当人员污染时进行淋浴时产生，生产废水产生量很少。本项目设置一个预估尺寸为 $1m \times 1m \times 1m$ 的废水收集坑，生产废水收集至集水坑，用于填埋单元洒水降尘。放射性废水不外排，对环境影响较小。

本工程的非放射性废水主要为各子项卫生间、淋浴间产生的生活污水，重力流排至室外生活污水管道，汇集进入化粪池。生活污水量按生活用水量的 90% 计，生活污水最高日排放量为 $1.5m^3/d$ 。本项目产生的生活污水量较少，经化粪池处理后，将本项目生活污水采用槽车外运石拐经济开发区石拐广源投资有限公司城镇污水处理厂处理。

(4) 固体废物可能受到污染的固体废物来源于设备维修、擦拭去污、废弃的防护用品等。工作服、手套等物品清洗后均可重复利用，破损需更换作废的可清洗后作为非放固体废物处理。对于严重事故情况下污染的工作服、手套等，收集到一定量，经检测和整备后，根据放射性废物分类，作为固体废物送填埋单元进行填埋。固体废物有明确去向。

5.2.2 运行事故的环境影响

5.2.2.1 事故描述

填埋场运行期间本项目可能发生的事故景象为废物包坠落景象、废物包倾倒景象、浴盆效应景象、火灾景象。

(1) 废物包坠落景象。废物抵达填埋场后，需抽检的废物在废物接收综合厂房进行抽样检测和填埋单元堆码时存在吊运操作，存在一定废物包坠落风险。

(2) 火灾景象。本填埋场填埋废物主要为氟化钙渣、碱渣、滤芯等，均为不可燃废物，受火灾影响可能性较低。极少量放射性车辆擦拭去污的棉纱等，属于可燃废物，存放在废物接收综合厂房中，存在一定的火灾风险。填埋场设计中根据各子项火灾特性设置自动灭火系统、室内消火栓、移动式灭火器等灭火措施，即使发生火灾，可将影响范围有效地控制在防火分区内。

(4) 废物包倾倒景象。填埋场设计中将采用汽车吊人工辅助的方式对废物在填埋单元内及填埋单元上进行有序堆码，不存在直接进行废物包倾倒景象。

(5) 浴盆效应景象。根据已有场址勘察资料，填埋单元设计中已根据场址条件设置了适宜的防排水保证措施与地下水监测措施，可有效避免运行阶段由降雨、洪水或地下水位抬升引起的浴盆效应景象的发生。

因此，本填埋场可能发生的主要事故情景包括火灾景象与废物包坠落景象。

5.2.2.2 火灾

(1) 事故原因

本填埋场填埋废物主要为氟化钙渣、碱渣等，均为不可燃废物。极少量车辆擦拭去污的棉纱等，属于可燃废物，装入 200L 桶存放在废物接收综合厂房中，遇不明火源可能发生火灾。

(2) 事故处理措施

发现火情后，工作人员应迅速借助车辆上及填埋场区内可利用的消防设施进行扑救；待火情控制后，将运输车上的天然放射性废物转运至其他废物运输车上，并将洒落的放射性废物进行清理和回收，监测地面和容器表面污染，发现超标后进行擦拭去污处理。

(3) 事故后果

保守假设车辆装载了轻微破损废物包装，被废物沾污，沾污水平保守取 U 为 $100\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，Th 取 $20\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，需用棉纱去污至 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。根据经验，每 300cm^2 去污需用约 30cm^3 棉纱，则去污后棉纱的比活度为 1044Bq/g 。保守假设装满上述棉纱的 200L 桶着火。

根据《AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES》(DOE-HDBK-3010-94)，U 在燃烧情况下的可吸入空气释放分数为 $1\text{E}-04$ ，Th 和 ThO_2 与 U 和氧化 U 的挥发温度相近，参考 U 也取 $1\text{E}-04$ 。

假设棉纱 1h 内完全燃烧，则释放的气溶胶含铀活度为 $1.57E+04\text{Bq}$ ，含钍活度为 $3.11E+03\text{Bq}$ 。在发生事故时，只有极少量的放射性核素进入环空气，通过大气弥散稀释后，基本不会对公众造成影响。同时此类事故发生的概率极低，火情发生早期即可通过人为介入，将泄漏的放射性物质控制在场区范围内，不会进一步向环境中转移，基本不会对公众造成影响。

5.2.2.3 废物包在吊装过程中坠落

(1) 事故原因

本设施填埋单元和废物接收综合厂房有吊运操作，吊运对象为 1m^3 的吨包袋。在吊运过程中，因人因失误或设备故障，导致货包坠落，吨包袋破损，废物散落。

(2) 事故处理措施

发生事故后，及时将破损集装袋废物包直接填埋，并监测吊装设备的表面污染，发现超标后进行擦拭去污处理。

(3) 事故后果

考虑到废物包中均为固体废物，因废物包坠落破损产生的气溶胶小，且室外填埋单元的大气弥散效果优于废物接收综合厂房，因此选取废物接收综合厂房废物包坠落作为典型事故开展分析评价。

废 物 包 跌 落 时 ， 根 据 《AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITES》(DOE-HDBK-3010-94)，计算得到空气释放分数为 $9.41E-08$ 。则跌落事故发生时，释放的气溶胶含铀活度为 $1.13E+03\text{Bq}$ ，含钍活度为 $2.26E+02\text{Bq}$ 。在发生事故时，只有极少量的放射性核素进入环境空气，通过大气弥散稀释后，基本不会对公众造成影响。因此，不再计算火灾和跌落事故下对公众的剂量。

5.3 关闭后的环境影响

一期工程主要接收中核北方遗留废物，废物源项保守考虑按接收活度限值考虑，如表 5.3-1 所示。参照《极低水平放射性废物填埋处置》(GB/T 28178-2011)，填埋场关闭后有组织控制期一般为 30 年，本工程有组织控制期结束后考虑景象按照无限制开放进行考虑，计算参考《推导退役后场址土壤中放射性残存物可接受活度浓度的照射情景、计算模式和参数》(EJ/T 1191-2005) 给出的工业照射情景、参数和模式进行计算。

表 5.3-1 填埋场关闭后的废物源项

填埋单元	填埋容积 (m ³)	活度限值(Bq)			
		U-234	U-235	U-238	Th-232
北侧填埋单元	25331	2.78E+12	1.25E+12	2.78E+12	3.34E+11
南侧填埋单元	29351	3.22E+12	1.45E+12	3.22E+12	3.86E+11
合计	54682	6.00E+12	2.70E+12	6.00E+12	7.20E+11

5.3.1 关闭后景象分析

放射性废物处置设施景象的开发，是在综合考虑影响填埋单元安全性的各特征、事件和过程要素 (FEPs) 的基础上，识别出处置系统正常运行条件下的评价景象及可能的事故状态景象。考虑天然放射性填埋场采用的为国际上相对成熟的近地表处置形式，处置安全景象已积累了大量的研究与实践工作基础，故本次场址安全分析中的景象开发，主要在参考国际类似工程案例、我国实际处置工程经验及 IAEA 相关技术导则中推荐的景象，结合天然放射性填埋场实际场址条件与初步工程设计方案进行确定。

通过对处置场的自身安全特征以及影响其安全的主要因素进行组合，得到处置场关闭后的 9 种景象，这 9 种景象见图 5.3-1。

景象 1：主要考虑没有人类干扰情况下，处置场自然发展的过程。将来由于填埋单元性能的逐渐劣化，降雨将入渗进入填埋单元，释出的核素向随雨水下迁移，通过非饱和带到达含水层，进而随地下水迁移的景象，为填埋场关闭后主要的正常演化景象。

景象 2：处置场工程屏障消失，但由于监管存在，公众不能进入到处置场内。

景象 3：处置场工程屏障消失，同时附近公众偶尔有机会进入处置场，此时，应考虑公众进入到处置场时引起的内照射和外照射。

景象 4 和景象 5：只需要考虑在处置场上方钻孔，钻孔深度穿过废物体（景象 5）。对于特殊情况（景象 4），累积的渗析液（对处置场造成浸泡效果）溢出将可能对附近的居住场所造成污染。

景象 6 和景象 7：此时，废物体已经全部退化。当在处置场上方修路和建造房屋时，对公众造成照射的途径将会有多种。此种景象一般发生在处置场关闭后几个世纪内，与混凝土降解的时间尺度相同。

景象 8 和景象 9：覆盖层及顶盖消失，但是废物体本身完好或者只是部分退化，此时，核素的释放将受到限制，对人的潜在照射也受到限制。

景象 2仅在填埋场周围停留，**景象 3**仅无意识闯入填埋场区域，事故后果不如其他对填埋场造成破坏的景象，不再进一步进行考虑。本次计算考虑的景象包括核素随地下水迁移景象和其余景象（在填埋场边界打井景象、钻孔景象、钻探后岩芯洒落、建造办公用房、办公居住、洪水浸泡景象、风蚀景象）。

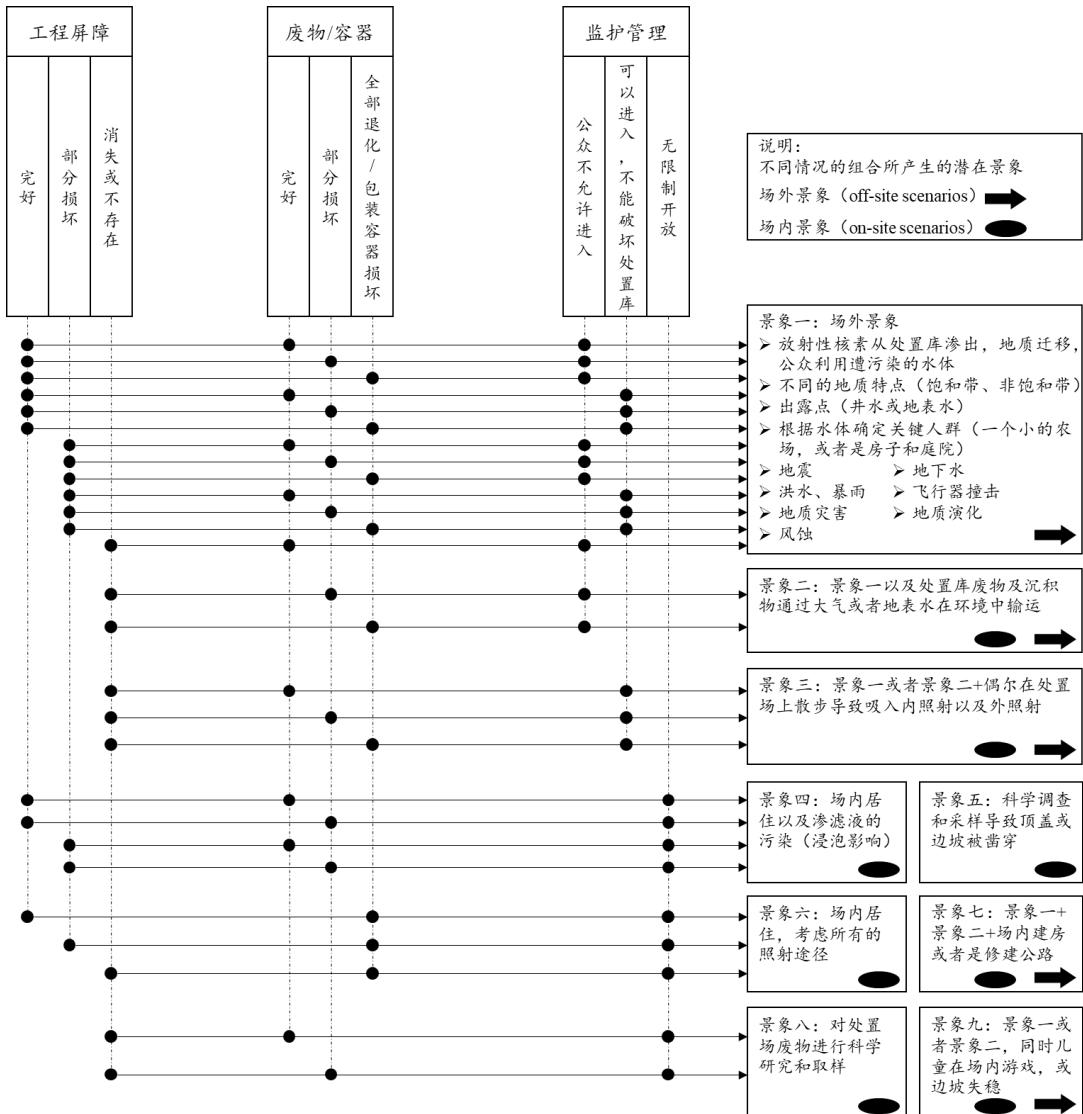


图 5.3-1 低、中放处置场关闭后通常考虑的景象

本工程地下水流向后阿塔沟村，根据现场调查资料，后阿塔沟村部分灌溉和饮用来源于地下水，保守考虑灌溉与饮用全部采用地下水。关闭后的地下水迁移景象考虑农业用地景象进行分析，其余景象计算参考《推导退役后场址土壤中放射性残存物可接受活度浓度的照射情景、计算模式和参数》(EJ/T 1191-2005)给出的工业照射情景、参数和模式进行计算。

(1) 外照射：由放射性核素经地表直接照射对人体产生的外照射；

(2) 吸入内照射：由放射性核素产生的场内污染空气，如微尘等，经人体吸入导致的吸入内照射：

(3) 食入内照射：由环境途径导致人体食入含放射性核素的土壤导致的食入内照射。

(4) 饮水和食入途径：本次保守估计出漏点位于下游最近的后阿塔沟村，根据现场调查资料，后阿塔沟村灌溉和饮用部分采用地下水，本次考虑灌溉和饮用景象。

5.3.2 地下水途径影响

5.3.2.1 地下水核素迁移途径概化

填埋场工程采用地下填埋方式进行填埋处置，四面 45°向四周放坡，使用深度为 6.51m，顶部开口尺寸为 121.66m×41.66m。填埋场关闭后，由于工程劣化，使得降雨与填埋废物接触，核素被雨水浸出，随雨水进入非饱和带，然后进入含水层，随地下水一起迁移。

根据现有水文地质资料（见 2.5 节），该区水文地质条件简单。根据最新调查资料，后阿塔沟村灌溉部分采用地下水，保守考虑本次计算假定农业灌溉使用污染的地下水，因此，计算时考虑农业场景，并假定后阿塔沟村居民饮用地下水，计算公众剂量。核素的迁移及照射途径见图 5.3-2。

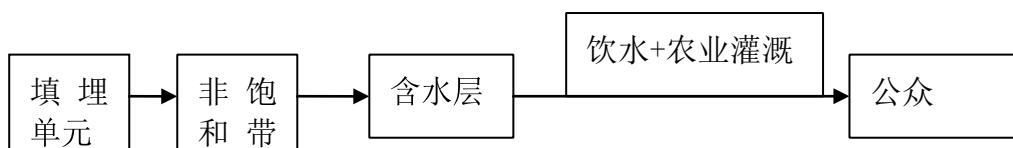


图 5.3-2 核素迁移及照射途径

5.3.2.2 计算软件

本次计算核素迁移采用 Ecolego 软件。Ecolego 软件由瑞典的 Facilia AB 公司开发，用于放射性废物处置系统的安全评价软件。

5.3.2.3 初始源项

本填埋场接收废物的总的放射性活度见表 5.3-1。计算时，考虑 ^{238}U 、 ^{232}Th 和衰变链中的长寿命子体。考虑以下的衰变链：



5.3.2.4 计算参数取值

(1) 入渗量

填埋场在运行期间有防雨棚和人员监护，在主动控制期（30 年）内也有人员在进行现场监护，防止填埋场损坏。因此，保守假定主动控制期结束后，工程屏障完全失效，雨水进入到填埋单元，进入填埋单元的雨水量保守假定为降雨量的 10%。该值是保守的，主要是填埋场降水一部分通过地表径流流走，一部分通过大气蒸发带走，只有很少一部分进入到填埋单元，本工程所在地较为干旱，年降雨量 303.1mm，年蒸发量达到 2342.2mm，蒸发量远大于降雨量。因此，进入填埋单元的雨水量取降雨量的 10%，即 30mm/a 是保守的。

(2) 水文参数

计算过程中涉及的水文参数见表 5.3-2。北侧、南侧填埋单元使用深度分别为 5.5m、7.5m，距离地下水距离最近分别为 2.2m、6.0m，为保守考虑，本次计算假定非饱和层厚度分别为 2.2m、6.0m。根据区域调查，场址所在地留宝窑子沟含水层厚度 1.32~16.35m，本次取 15m。地下水的渗流通道主要为第四系及强风化岩体内发育的裂隙。根据水文地质资料，场区地形北高南低，水力坡降为 4%，水利梯度大，主要含水层位为第四系及强风化层，平均流速 58.16m/d，约 21228.4m/a。

根据水文地质资料，地下水含量较少，涌水量<100m³/d，仅可供当地居民间竭性开采，以满足人畜饮用水及部分农灌用水。假定后阿塔沟村利用地下水进行农业灌溉并饮用该部分受污染的地下水。后阿塔沟村距离本填埋场地下水下游约 2.5km。

表 5.3-2 场址水文参数取值

名称	描述	北侧厚度 (m)	南侧厚度 (m)	长 (m)	干密度 (kg/m ³)	有效孔隙度	实际流速	弥散度 (m)
填埋单元区	压实的填埋废物	7.5m	9.5m	—	1600	0.30	入渗量除以有效孔隙度	不考虑
非饱和带	变粒岩	2.2m	6.0m	—	2000	0.15	入渗量除以有效孔隙度	不考虑
含水层	第四系及强风化基岩	15m	15m	2500	2000	0.28	21228.4	/

注：计算时考虑宏观尺度效益，纵向弥散度取库室长度。

(3) 核素的分配系数

填埋单元中的分配系数、非饱和带中的分配系数以及含水层中各核素的分配系数取自 IAEA-TECDOC-1380。

(4) 库室划分及库室参数

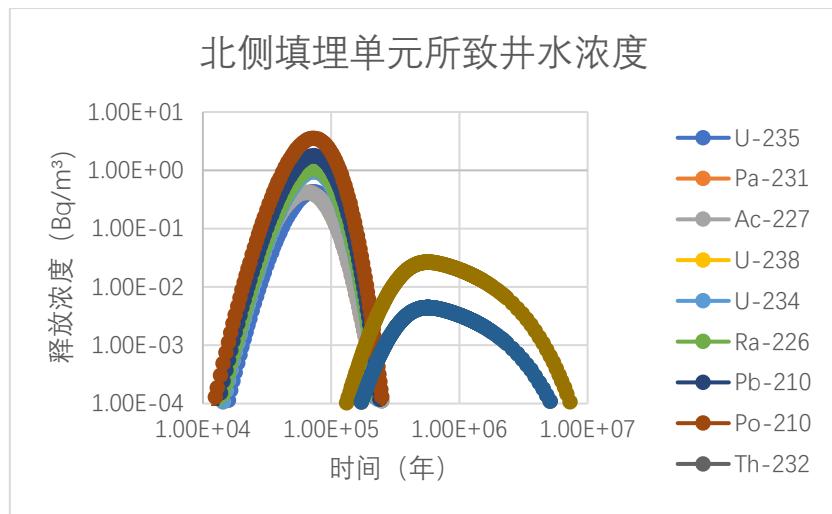
由于 Ecolego 软件采用的是库室模型进行核素的迁移计算，因此，填埋单元、非饱和带和含水层中库室的划分对计算结果的精确性至关重要。

计算核素在填埋单元内迁移时，由于假定核素在填埋单元内是均匀分布的，因此，可以不考虑扩散的影响。由于不考虑扩散，核素在填埋单元中的迁移主要考虑随入渗水的迁移，因此把整个填埋单元划分为 1 个库室可以满足精度要求。

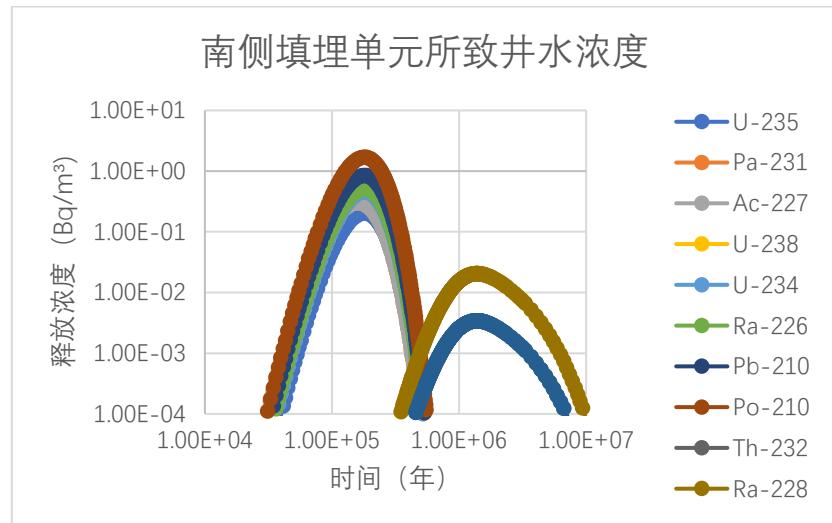
计算核素在非饱和带中迁移时，根据 IAEA 的相关资料和相关的计算，将非饱和带分成 10 个库室。

5.3.2.5 核素随地下水迁移结果

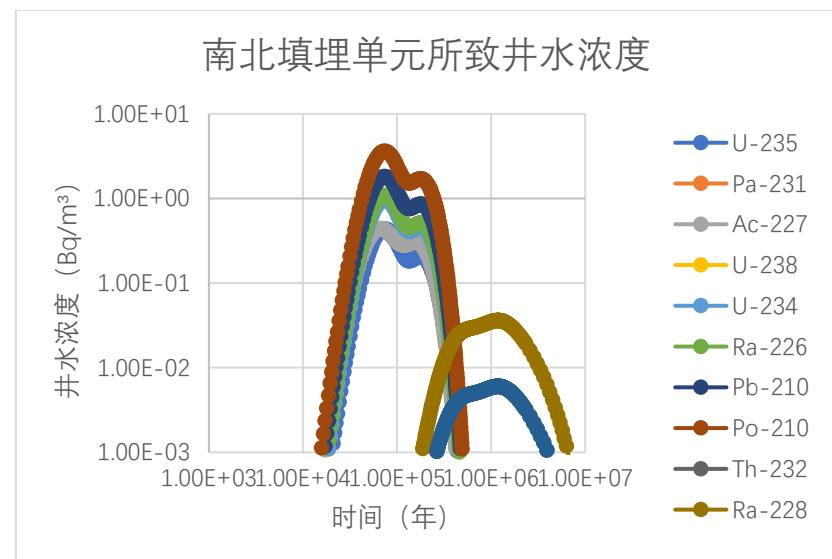
表 5.3-3 和图 5.3-3 给出井水中各核素最大浓度以及其峰值出现时间。



(a) 北侧单元所致井水浓度



(b) 南侧单元所致井水浓度



(c) 南北两填埋单元所致井水浓度

图 5.3-3 井水中核素浓度与时间的关系

表 5.3-3 泉水中核素浓度峰值及其出现时间

填埋单元	核素	U-235	Pa-231	Ac-227	U-238	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210	Th-232	Ra-228	Th-228
北侧	泉水浓度 (Bq/m ³)	4.28E-01	4.20E-01	4.20E-01	9.52E-01	9.52E-01	1.07E+00	1.78E+00	3.55E+00	4.44E-03	2.66E-02	4.44E-03
	最大值时间 (a)	7.36E+04	6.51E+04	6.51E+04	7.36E+04	7.36E+04	7.36E+04	7.36E+04	7.36E+04	5.67E+05	5.67E+05	5.67E+05
南侧	泉水浓度 (Bq/m ³)	2.04E-01	2.99E-01	2.99E-01	4.52E-01	4.52E-01	5.07E-01	8.44E-01	1.69E+00	3.40E-03	2.04E-02	3.40E-03
	最大值时间 (a)	1.82E+05	1.60E+05	1.60E+05	1.82E+05	1.82E+05	1.82E+05	1.82E+05	1.82E+05	1.38E+06	1.38E+06	1.38E+06
合计	泉水浓度 (Bq/m ³)	4.37E-01	4.40E-01	4.40E-01	9.72E-01	9.72E-01	1.09E+00	1.81E+00	3.63E+00	6.01E-03	3.61E-02	6.01E-03
	最大值时间 (a)	7.36E+04	6.79E+04	6.79E+04	7.36E+04	7.36E+04	7.36E+04	7.36E+04	7.36E+04	1.18E+06	1.18E+06	1.18E+06

注：值小于 1E-3 不再计算

表 5.3-4 各核素所致个人最大剂量其出现时间

核素	U-235	Pa-231	Ac-227	U-238	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210	Th-232	Ra-228	Th-228
最大剂量 (Sv/a)	1.50E-08	2.56E-07	3.86E-07	3.19E-08	3.48E-08	2.50E-07	9.32E-07	3.18E-06	1.01E-09	1.88E-08	3.16E-10
最大值时间 (a)	7.36E+04	6.79E+04	6.79E+04	7.36E+04	7.36E+04	7.36E+04	7.36E+04	7.36E+04	1.18E+06	1.18E+06	1.18E+06

注：值小于 1E-15 不再计算

5.3.2.6 个人剂量

根据最新调查，后阿塔沟村居民利用地下水进行灌溉，本次计算，假定后阿塔沟村居民饮用受污染的地下水（井水）并将之用于农业灌溉。评价中考虑了公众饮用井水、食入经井水灌溉的农产品以及食入此井水灌溉农作物喂养的家禽及其禽畜产品所致的内照射。

(1) 公众食入井水灌溉的农产品的待积有效剂量当量由下式计算得到：

$$D_g = g_g \sum_p v_p f_p C_p \quad (5.8)$$

式中， D_g 是个人因食入污染食物而接受的年待积有效剂量当量， Sv/a ； g_g 是食入剂量转换因子， Sv/Bq ； v_p 是个人对 P 类产品的年摄入量， kg/a ； f_p 是食入有关地区 P 类农产品的份额，保守取 $f_p=1$ ； C_p 是 P 类农产品中放射性核素比活度或者是浓度， Bq/kg 或 Bq/L ，其中 C_p 由下式计算得到：

$$C_p = \frac{C_G B_V}{P} e^{-\lambda t_h} \quad (5.9)$$

式中， B_V 是农作物的食用部分从土壤摄入核素的浓集因子， Bqkg^{-1} （鲜作物）/ Bqkg^{-1} （干土壤）； P 为土壤的有效表面密度， kg （干土壤）/ m^2 ，取 $P=240$ ； t_h 是农作物由收获到消费的时间， a ； C_G 是灌溉水造成的土壤表面的沉积浓度， Bq/m^2 ，其值由下式计算得到：

$$C_G = \frac{C_w I}{\lambda_e^s} \cdot (1 - \exp(-\lambda_e^s t_b)) \cdot P_p \quad (5.10)$$

式中， C_w 是井水中核素浓度， Bq/m^3 ； I 是生长季节的平均灌溉率， $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{a})$ ； t_b 是放射性核素在土壤表面的累积时间， a ，取 $t_b=30$ 年^[9]； P_p 是井水灌溉份额，保守取 1； λ_e^s 是放射性核素从土壤表面清除的有效速率常数， a^{-1} ，由下式计算得到：

$$\lambda_e^s = \lambda + \lambda_s \quad (5.11)$$

式中， λ_s 是除衰变外其他核素清除过程的速率常数，取 $1 \times 10^{-2} \text{a}^{-1}$ 。

(2) 公众食用井水灌溉农作物喂养的禽畜及其产品所致的内照射：

食入井水灌溉农作物喂养的畜禽及产品产生的待积有效剂量当量由下式计算得到：

$$D_g = g_g \sum_p v_p f_p C_p' \quad (5.12)$$

式中， D_g 是个人因食入井水灌溉农作物喂养的家畜及家禽产品而接受的年待积有效剂量当量，Sv/a； g_g 是食入剂量转换因子，Sv/Bq； v_p 是个人对 P 类产品的年摄入量，kg/a； f_p 是食入有关地区 P 类农产品的份额，保守取 $f_p=1$ ； C_p' 是动物产品中放射性核素比活度或者是浓度，Bq/kg 或 Bq/L，其中 C_p' 由下式计算得到：

$$C_p' = F_A C_F Q_F \exp(-\lambda t_f) \quad (5.13)$$

式中， F_A 是动物每天摄入的放射性核素出现在每公斤动物产品中的平均份额，d/kg； Q_F 是动物每天消耗的饲料量，kg（干重）/d； t_f 是由屠宰动物到其产品为人消费的时间，a； C_F 是动物饲料中的核素比活度，Bq/kg（干重）。

（3）公众饮用井水所致内照射

公众直接饮用井水所致个人剂量由下式计算得到：

$$D_{W,P} = Q \sum_i C_i g_g \quad (5.14)$$

式中： $D_{W,P}$ 为饮用井水所致个人剂量，Sv/a； Q 为饮用水量，成人取 $0.73\text{m}^3/\text{a}$ ； C_i 为井水中核素 i 的浓度，Bq/m³； g_g 为 i 种核素的食入剂量转换因子，Sv/Bq。

（4）主要核素及参数取值

对于⁹⁰Sr、¹³⁷Cs等短寿命核素在随地下水迁移过程中已基本衰变完毕，因此，计算公众剂量时不再考虑，本次计算主要考虑的核素为²³⁵U、²²⁷Ac、²³⁸U、²³⁴U、²²⁶Ra、²¹⁰Pb、²¹⁰Po、²³²Th、²²⁸Ra、²²⁸Th。

（5）剂量计算结果

填埋场关闭后，核素通过地下水途径进入生物圈，各核素所致个人最大剂量其出现时间见表5.3-4和图5.3-4，公众所受总剂量最大值及随时间变化见表5.3-5和图5.3-5。

由表和图可见，填埋场关闭后，地下水途径对公众造成的剂量随时间逐渐增大，在关闭后的 7.36×10^4 年左右达到第一个峰值，剂量为 5.06×10^{-6} Sv/a，此时，关键核素为 Po-210，对公众剂量贡献占比约 62.74%，随后逐渐减少，在 1.76×10^5 年左右达到第二个剂量峰值，剂量为 2.52×10^{-6} Sv/a，此时关键核素为 Po-210，对公众剂量贡献占比约 59.47%，小于本工程对关闭后公众的剂量约束值 0.01mSv/a 的要求。

表 5.3-5 填埋场关闭后剂量峰值及出现时间（一期一阶段）

核素	第一个剂量峰值		第二个剂量峰值	
	剂量 (Sv/a)	占比	剂量 (Sv/a)	占比
U-235	1.50E-08	0.30%	7.08E-09	0.28%
Pa-231	2.48E-07	4.91%	1.69E-07	6.72%
Ac-227	3.75E-07	7.40%	2.55E-07	10.13%
U-238	3.19E-08	0.63%	1.50E-08	0.60%
U-234	3.48E-08	0.69%	1.64E-08	0.65%
Ra-226	2.50E-07	4.93%	1.18E-07	4.68%
Pb-210	9.32E-07	18.41%	4.39E-07	17.45%
Po-210	3.18E-06	62.74%	1.50E-06	59.47%
Th-232	2.08E-14	0.00%	2.07E-11	0.00%
Ra-228	3.88E-13	0.00%	3.86E-10	0.02%
Th-228	6.52E-15	0.00%	6.48E-12	0.00%
总剂量	5.06E-06	100.00%	2.52E-06	100.00%
出现时间 (a)	7.36E+04		1.76E+05	

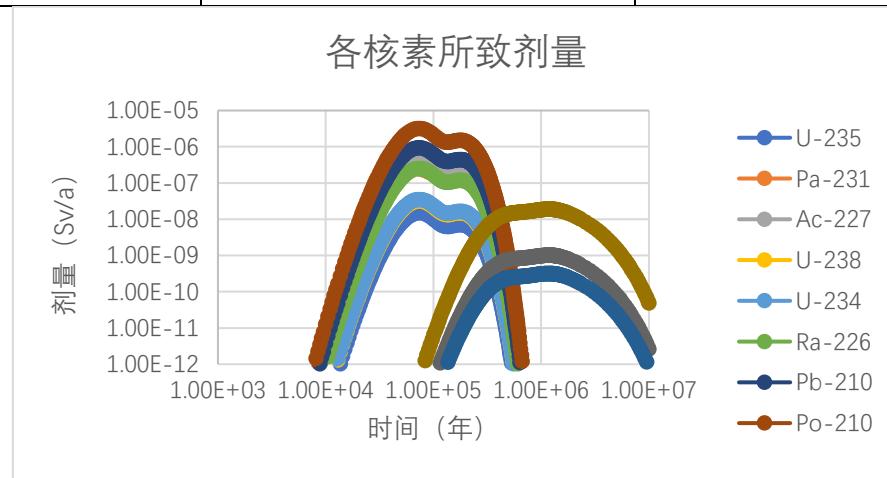


图 5.3-4 各核素所致公众剂量与时间的关系

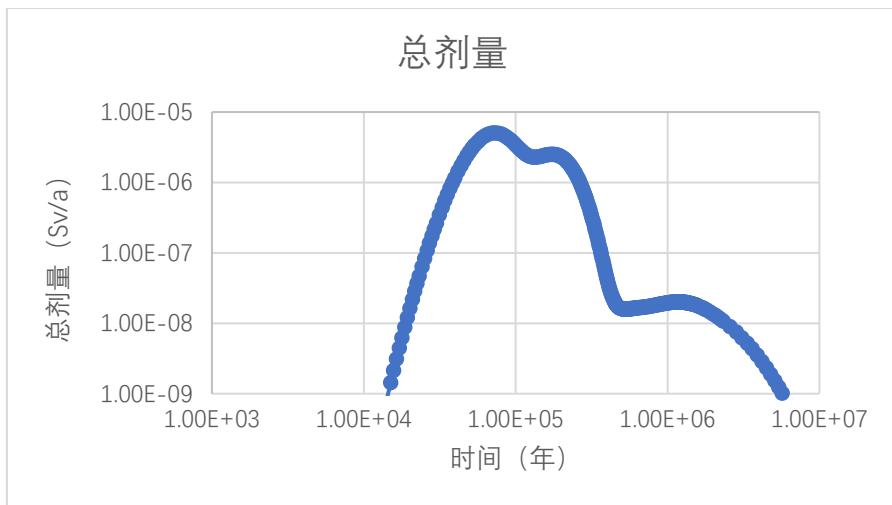


图 5.3-5 公众所受总剂量与时间的关系

5.3.3 关闭后其余影响

参照《极低水平放射性废物填埋处置》(GB/T 28178-2011)，极低放填埋场关闭后有组织控制期一般为 30 年。本工程建设用地属于草地，但将来可能作为工业用地，关闭后的其余景象考虑工业用地景象进行分析，计算参考《推导退役后场址土壤中放射性残存物可接受活度浓度的照射情景、计算模式和参数》(EJ/T 1191-2005) 给出的工业照射情景、参数和模式进行计算。

考虑的事故景象主要有填埋场下游边界打井饮水，以及在填埋单元上方钻孔、钻孔后岩芯撒落、建造办公用房、在填埋场上方居住办公景象，风蚀景象。本次计算钻孔、钻孔后岩芯撒落、建造办公用房以及居住办公景象事故景象发生在填埋场有组织控制期满后（30 年），风蚀景象发生在填埋场在风蚀作用下导致废物裸露的时间。

5.3.3.1 填埋场下游边界打井饮水

假定打井位于填埋场周界地下水下游 100m 处。核素随地下水的迁移概化模型与 5.3.2 节一致，计算时库室的划分也与 5.3.2 节库室的划分相同。核素从填埋单元出来以后，先进入非饱和带，然后进入到含水层进入到井水中，计算过程中填埋库和非饱和带库室的相关参数与正常情况下的参数相同，由于在填埋场下游边界打井，使得含水层库室的参数与正常情况下的参数有所改变，计算时含水层中

的相关参数见表 5.3-6。表 5.3-7、表 5.3-8 和图 5.3-6、图 5.3-7 给出了打井时各核素所致个人最大有效剂量。

表 5.3-6 打井景象时含水层库室的相关参数

库室情况	单位	数值
库室个数	-	10
总的迁移距离	m	100
对流迁移距离	m	10
弥散面积	m^2	3.0×10^3
弥散距离	m	10
库室体积	m^3	3.0×10^4
弥散度	m	10
实际流速	m/a	21228.4

表 5.3-7 打井景象各核素所致个人最大剂量其出现时间

核素	U-235	Pa-231	Ac-227	U-238	U-234	Ra-226
剂量 (Sv/a)	1.95E-08	4.30E-07	6.49E-07	4.15E-08	4.52E-08	3.24E-07
出现时间 (a)	1.20E+05	1.05E+05	1.05E+05	1.20E+05	1.20E+05	1.20E+05
核素	Pb-210	Po-210	Th-232	Ra-228	Th-228	
剂量 (Sv/a)	1.62E-06	5.56E-06	1.57E-09	2.92E-08	4.91E-10	
出现时间 (a)	1.20E+05	1.20E+05	9.18E+05	9.18E+05	9.18E+05	

注：值小于 1E-12 不再计算

表 5.3-8 打井景象剂量峰值及出现时间

核素	第一个剂量峰值		第二个剂量峰值	
	剂量 (Sv/a)	占比	剂量 (Sv/a)	占比
U-235	1.49E-08	0.23%	7.08E-09	0.22%
Pa-231	2.49E-07	3.86%	1.69E-07	5.30%
Ac-227	3.76E-07	5.82%	2.55E-07	8.00%
U-238	3.17E-08	0.49%	1.51E-08	0.47%
U-234	3.46E-08	0.54%	1.64E-08	0.51%
Ra-226	2.48E-07	3.85%	1.18E-07	3.69%
Pb-210	1.24E-06	19.20%	5.87E-07	18.43%
Po-210	4.26E-06	66.01%	2.02E-06	63.35%
Th-232	3.72E-14	0.00%	2.69E-11	0.00%
Ra-228	6.95E-13	0.00%	5.01E-10	0.02%
Th-228	1.17E-14	0.00%	8.42E-12	0.00%
总剂量	6.46E-06	100.00%	3.19E-06	100.00%
出现时间 (a)	6.98E+04		1.74E+05	

由表和图可见，填埋场关闭后在填埋场边界处打井，公众饮水途径对公众造成的剂量随时间逐渐增大，在关闭后的 6.98×10^4 年左右达到第一个峰值，剂量为 6.46×10^{-6} Sv/a，此时，关键核素为 Po-210，对公众剂量贡献占比约 66.01%；随后逐渐减少，在 1.74×10^5 年左右达到第二个剂量峰值，剂量为 3.19×10^{-8} Sv/a，关键核素为 Po-210，对公众剂量贡献占比约 63.35%，均小于关闭后公众剂量约束值 0.01mSv/a。

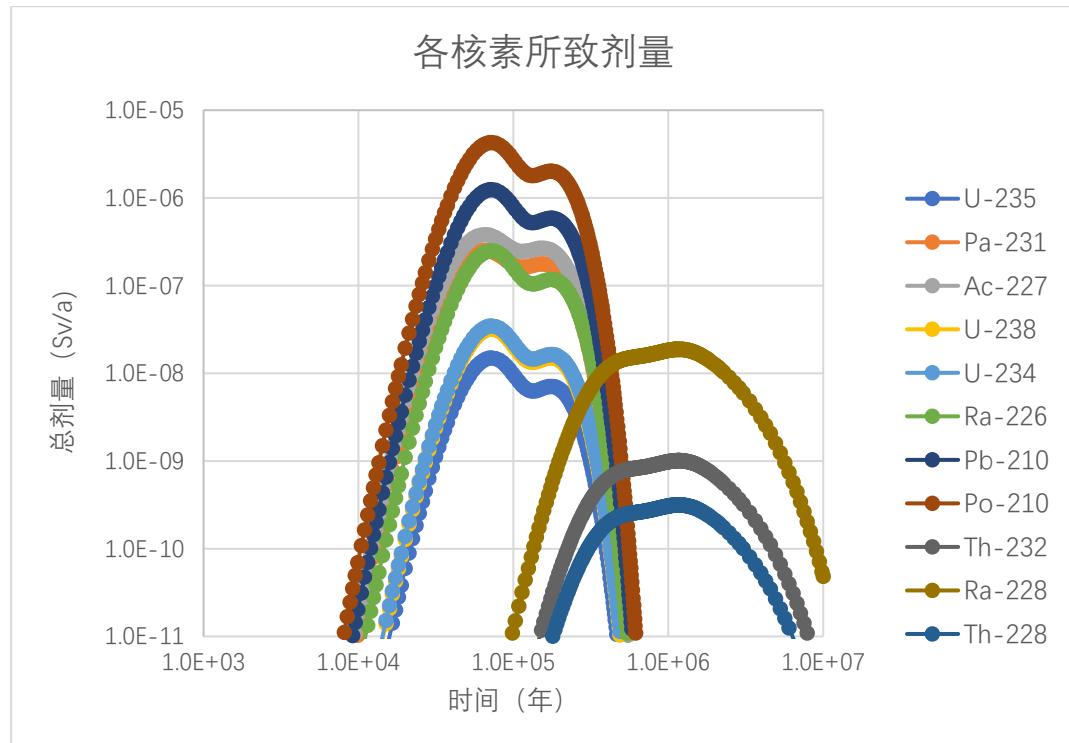


图 5.3-6 各核素所致公众剂量与时间的关系

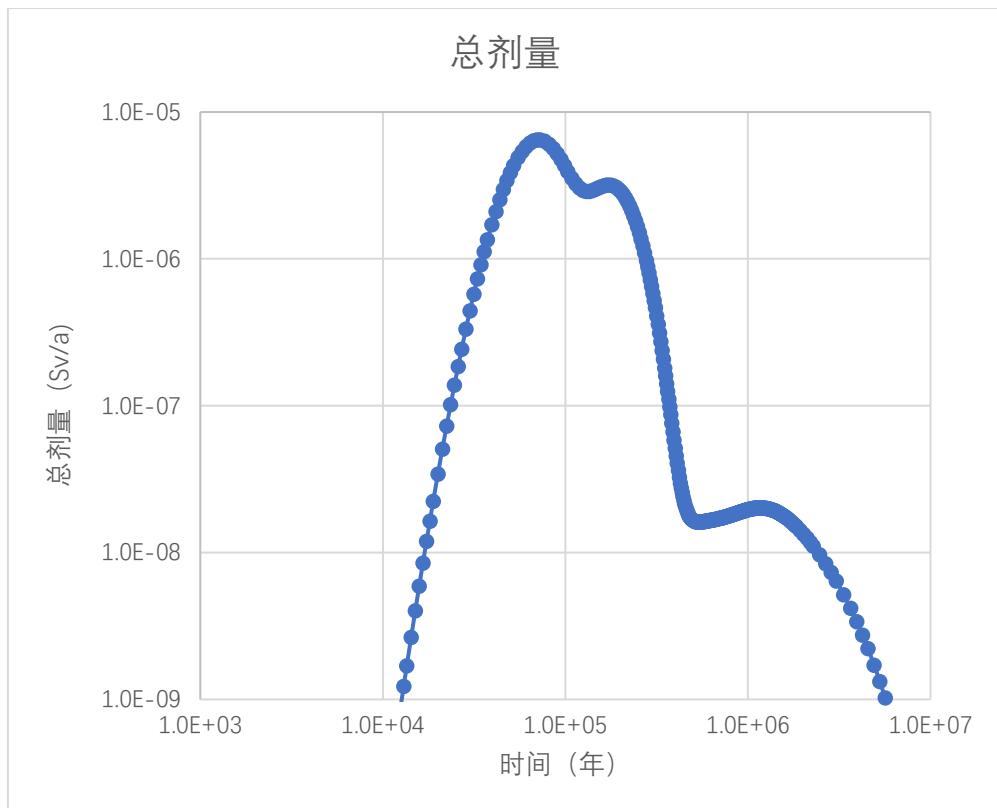


图 5.3-7 各核素所致公众总剂量与时间的关系

5.3.3.2 钻孔

假定钻孔发生在填埋单元关闭后 30 年，考虑因外照射和粉尘吸入内照射二种途径，为保守计算，废物体中的核素浓度采用活度浓度指导值进行计算。

表 5.3-9 给出了填埋场关闭后 30 年钻孔景象所致操作人员剂量，从表中可以看出，填埋场关闭后 30 年，对公众造成最大个人有效剂量为 $1.45 \times 10^{-3} \text{ mSv}$ ，关键核素为 ^{232}Th ，关键照射途径为外照射途径，小于关闭后的事故剂量约束值 5 mSv/次 。

表 5.3-9 钻孔景象下公众个人所受剂量

核素	关闭后 30 年		
	外照射剂量 (Sv)	吸入剂量 (Sv)	总剂量 (Sv)
U-235	1.10E-06	3.45E-07	1.45E-06
U-238	2.30E-06	1.00E-09	2.31E-06
U-234	2.71E-06	3.28E-09	2.71E-06
Th-232	3.80E-06	1.12E-11	3.80E-06
合计	1.10E-06	3.45E-07	1.45E-06

5.3.3.3 钻探后岩芯撒落

钻探带出的 5m 长的岩芯撒落，污染土壤，使闯入者受到照射。考虑的照射途径有污染土壤再悬浮的吸入内照射、污染土壤的直接外照射，照射途径见图 5.3-8。岩芯撒落后均匀分布在 2500m^2 、厚度为 0.15m 的土壤中，土壤密度为 2000kg/m^3 。

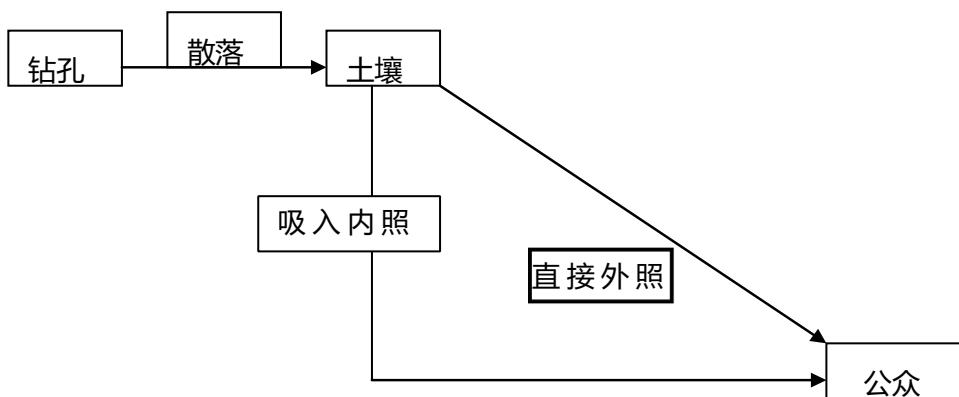


图 5.3-8 岩芯撒落的照射途径

表 5.3-10 给出了岩芯洒落景象下公众吸入和外照射途径个人所受剂量。填埋场关闭 30a，岩心洒落景象对公众剂量造成最大个人有效剂量均为 $1.88 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ，小于关闭后的事故剂量约束值 5mSv/次 。关键核素为 ^{235}U ，关键照射途径为外照射途径。

表 5.3-10 岩芯洒落景象下公众吸入和外照射途径个人所受剂量

核素	关闭后 30 年		
	外照射剂量 (Sv/a)	吸入剂量 (Sv/a)	总剂量 (Sv/a)
U-235	9.70E-07	8.07E-08	1.05E-06
U-238	6.99E-10	1.69E-07	1.70E-07
U-234	1.52E-09	1.98E-07	2.00E-07
Th-232	4.94E-10	4.64E-07	4.65E-07
合计	9.73E-07	9.12E-07	1.88E-06

5.3.3.4 建造办公用房

填埋场关闭监视期结束后，假定关于填埋单元的资料已经缺失，园区规划时在填埋场上方建办公厂房。假定建房时建筑地基将所填埋的废物挖出，主要计算建筑工人所受的剂量。建筑工人主要受到

的剂量为吸入悬浮在空气中的放射性气溶胶造成的内照射、食入土壤造成的内照射和施工过程中的直接外照射。

表 5.3-11 给出了填埋场关闭后 30 年建筑工人所受剂量，由表可以看出，关闭后 30 年，对建筑工人造成最大剂量为 $9.51 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，小于关闭后的事故剂量约束值 1mSv/a ，关键核素为 ^{235}U ，关键照射途径为外照射途径。

表 5.3-11 填埋场关闭后 30 年建房时建筑工人所受总剂量

核素	外照射 (mSv/a)	吸入内照射 (mSv/a)	食入内照射 (mSv/a)	总剂量 (mSv/a)
U-234	6.06E-04	4.39E-02	9.94E-03	5.44E-02
U-235	5.10E-01	1.79E-02	4.29E-03	5.32E-01
U-238	2.06E-01	3.73E-02	9.13E-03	2.52E-01
Th-232	1.57E-04	1.03E-01	9.33E-03	1.12E-01
合计	7.16E-01	2.02E-01	3.27E-02	9.51E-01

5.3.3.5 办公居住景象

办公室/工厂建成后，工作人员在内进行办公，假定办公室/工厂与填埋废物之间有 30cm 厚混凝土地基，办公室外绿化带直接种植在废物上，办公时间为每天 8h，每年工作 250 天，其中办公室内时间占比为 95%，室外时间占比为 5%。

表 5.3-12 给出了填埋场关闭后 30 年，工作人员在厂址上方新建的办公楼办公所受剂量，由表可以看出，关闭后 30 年、居住办公人员所受最大剂量为 $9.85 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，小于关闭后事故剂量约束值 1mSv/a ，关键核素为 ^{232}Th ，关键照射途径为吸入内照射途径。

表 5.3-12 填埋场关闭后 30 年办公人员所受总剂量 (mSv/a)

核素	外照射	吸入内照射	食入内照射	总剂量
U-234	1.24E-04	1.80E-01	2.04E-03	1.82E-01
U-235	1.07E-01	7.34E-02	8.81E-04	1.81E-01
U-238	4.22E-02	1.53E-01	1.88E-03	1.98E-01
Th-232	3.22E-05	4.22E-01	1.92E-03	4.24E-01
合计	1.49E-01	8.29E-01	6.71E-03	9.85E-01

5.3.3.5 洪水浸泡景象

在填埋场周围设置了截洪沟、排洪沟，防洪按百年一遇强度设计；假定截洪沟、排洪沟失效，遇到百年一遇的洪水，使得部分洪

水进入填埋场，由于填埋场处于山坡上，汇水面积小，不会长时间浸泡处置场，不会形成溶盆效应。

表 5.3-13 给出了填埋场被浸泡后，工作人员在工作时所受剂量，由表可以看出，人员所受最大剂量为 $1.91 \times 10^4 \text{ Sv/a}$ ，小于关闭后事故剂量约束值 1 mSv/a ，关键核素为 ^{235}U ，关键照射途径为外照射途径。

表 5.3-13 填埋场被浸泡后人员所受剂量 (Sv/a)

核素	外照射	吸入内照射	食入内照射	总剂量
U-234	2.94E-07	9.92E-08	1.12E-06	1.51E-06
U-235	1.88E-04	4.04E-08	4.83E-07	1.88E-04
U-238	1.35E-07	8.44E-08	1.03E-06	1.25E-06
Th-232	6.34E-10	1.54E-09	1.24E-08	1.46E-08
合计	1.88E-04	2.26E-07	2.64E-06	1.91E-04

5.3.3.6 风蚀景象

本工程为半地上填埋方式，考虑到内蒙风大，侵蚀速率较大的特点，填埋场可能受风蚀作用导致废物裸露，从而对公众造成影响。根据国家地震局地壳应力研究所研究，该地区风蚀速率约为每 10 万年侵蚀 4.5m，本工程覆盖层为 2.6m，约 5.7 万年使得填埋的废物裸露出来，假设人员在裸露的废物上办公居住。

表 5.3-14 给出了填埋场风蚀导致废物裸露后，工作人员在厂址上方办公和居住所受剂量，由表可以看出，关闭后 5.7 万年、居住办公人员所受最大剂量为 $2.29 \times 10^{-1} \text{ mSv/a}$ ，小于关闭后事故剂量约束值 1 mSv/a ，关键核素为 ^{228}Th ，关键照射途径为外照射途径。

表 5.3-14 风蚀景象人员所受总剂量 (mSv/a)

核素	外照射	吸入内照射	食入内照射	总剂量
U-235	1.03E-25	3.68E-24	4.42E-26	3.83E-24
Pa-231	1.96E-09	2.26E-08	2.49E-10	2.48E-08
Ac-227	3.56E-10	8.89E-08	3.86E-10	8.96E-08
U-238	8.12E-27	7.70E-24	9.41E-26	7.81E-24
U-234	6.25E-27	9.05E-24	1.03E-25	9.16E-24
Ra-226	3.39E-22	1.13E-23	7.21E-25	3.51E-22
Pb-210	1.15E-25	6.65E-24	1.78E-24	8.54E-24
Po-210	9.97E-28	5.11E-24	3.10E-24	8.20E-24
Th-232	2.23E-06	2.92E-02	1.33E-04	2.93E-02

Ra-228	5.59E-02	4.25E-03	3.98E-04	6.06E-02
Th-228	1.28E-01	1.06E-02	4.15E-05	1.39E-01
总计	1.84E-01	4.41E-02	5.72E-04	2.29E-01

5.4 规划场址关闭后的环境影响

填埋场总规划填埋容量为 20 万 m³，采用分批建设，对总规划的填埋场关闭后的环境影响做出初步评价。

5.4.1 填埋场关闭后的源项

规划填埋场主要接收国内核燃料循环前段生产及退役过程中产生的天然放射性废物，废物源项保守考虑按本次接收活度限值与规划容量考虑，源项如表 5.4-1 所示。

表 5.4-1 填埋场关闭后的废物源项

核素	活度限值(Bq)
U-234	2.40E+13
U-235	1.08E+13
U-238	2.40E+13
Th-232	7.20E+11

5.4.2 景象分析及评价分析

参照《极低水平放射性废物填埋处置》(GB/T 28178-2011)，填埋场关闭后有组织控制期取 30 年，本工程有组织控制期结束后考虑景象按照无限制开放进行考虑，计算参考《推导退役后场址土壤中放射性残存物可接受活度浓度的照射情景、计算模式和参数》(EJ/T 1191-2005) 给出的工业照射情景、参数和模式进行计算。考虑关闭后的情景与一期项目的一致，包括地下水迁移景象和其余景象（在填埋场边界打井景象、钻孔景象、钻探后岩芯洒落、建造办公用房、办公居住、洪水浸泡景象）。

采用与一期相同的迁移计算方法和评价模式，涉及的水文地质条件、个人饮食等参数与一期一致。

5.4.3 结果与评价

总规划填埋场关闭后，本工程地下水途径所致公众最大个人有效剂量为 $2.71 \times 10^{-5} \text{ Sv/a}$ ，关键核素为 Po-210，出现在填埋场关闭后的 1.18×10^5 年。评价结果如表 5.4-2 所示。

表 5.4-2 总规划填埋场关闭后各景象所致公众剂量

景象	所致公众剂量	评价时间（年）
正常地下水出露	2.71E-05	1.18E+05（峰值）
填埋场边打井	3.45E-05	1.16E+05（峰值）
钻孔	2.88E-05	30 年
钻孔后岩心洒落	2.23E-06	关闭后 30 年
建造	9.51E-04	关闭后 30 年
办公居住	9.85E-04	关闭后 30 年
洪水浸泡	1.91E-04	关闭后 30 年
风蚀	2.30E-04	5.70E+05

其它应用场景包括填埋场边界打井、钻孔、钻孔后岩心洒落、建造办公用房、办公居住、洪水浸泡等景象。规划填埋场办公居住景象有最大所致个人剂量为 $9.85 \times 10^{-4} \text{ Sv/a}$ ，关键核素为 ^{232}Th ，关键照射途径为吸入内照射途径。其次为建造景象，建造景象对公众造成最大个人剂量为 $9.51 \times 10^{-4} \text{ Sv}$ ，关键核素为 ^{235}U ，关键照射途径为外照射途径。

5.5 小结

工程施工建设过程中产生扬尘、施工废水、固体废物和噪声等环境影响基本上都是短期的、局部的，且与人的环境意识、管理水平关系密切。通过采取有效的污染防治措施，加强施工现场管理，可以使施工过程对环境的影响降低到最小程度。施工结束后，及时清理场地，其影响可以在短期消失。

工程运行阶段，产生的放射性废气很小，基本不会对周围环境造成影响。事故考虑货包跌落后洒落在地面，工作人员处理事故过程中所受剂量为 0.398 mSv ，小于事故剂量控制值 5 mSv 。

填埋场关闭后地下水途径所致公众最大个人有效剂量为 5.06×10^{-6} Sv/a，关键核素为 Po-210，出现在填埋场关闭后的 7.36×10^4 年，小于本工程对关闭后公众的剂量约束值为 0.01mSv/a 的要求。

考虑其它应用场景，考虑的景象有填埋场边界打井、钻孔、钻孔后岩心洒落、建造办公用房、办公居住、洪水浸泡等景象。填埋场边界打井景象最大个人年有效剂量为 6.46×10^{-6} Sv/a，关键核素为 Po-210，出现在填埋场关闭后的 6.98×10^4 年，小于关闭后的剂量约束值 0.01mSv/a；假定填埋场有组织监控期（30a）结束后人员闯入，钻孔景象对公众造成最大个人剂量为 1.45×10^{-6} Sv，关键核素为 ^{232}Th ，关键照射途径为外照射途径，小于关闭后的事故剂量约束值 5mSv/次；钻探后岩芯撒落景象所致个人剂量为 1.88×10^{-6} Sv/a 小于关闭后的事故剂量约束值 5mSv/次，关键核素为 ^{235}U ，关键照射途径为外照射途径；建造办公用房景象所致个人剂量为 9.51×10^{-4} Sv/a 小于关闭后的事故剂量约束值 1mSv/a，关键核素为 ^{235}U ，关键照射途径为外照射途径；办公居住景象所致个人剂量为 9.85×10^{-4} Sv/a 小于关闭后的事故剂量约束值 1mSv/a，关键核素为 ^{232}Th ，关键照射途径为吸入内照射途径；洪水浸泡景象所致个人剂量为 1.88×10^{-5} Sv/a 小于关闭后的剂量约束值 1mSv/a，关键核素为 ^{235}U ，关键照射途径为外照射途径；风蚀景象所致个人剂量为 2.29×10^{-4} Sv/a，小于关闭后的事故剂量约束值 1mSv/a，关键核素为 ^{228}Th ，关键照射途径为外照射途径。

第六章 环境监测和流出物监测

6.1 环境及流出物监测的目的

开展环境监测的目的包括：

- (1) 监测本填埋场向环境释放的放射性物质总量，以便与管理限值或运行限值进行比较；
- (2) 提供数据和资料以用于估算公众所受的剂量；
- (3) 提供数据和资料以用于判断填埋场的运行及放射性废物处置工作是否正常有效；
- (4) 使公众确信填埋场的放射性释放确实受到严格的控制；
- (5) 迅速发现和鉴定意外释放的放射性核素种类及其规模。

6.2 施工期间的环境监测

施工期间主要污染物为生活污水、扬尘和噪声，对本工程周围扬尘和噪声进行监测。环境监测方案如表 6.2-1 所示。

表 6.2-1 施工期环境监测方案

介质	监测项目	监测点位	监测频次
空气	TSP	上风向 (ESE)、 下风向 (WNW) 各布置 1 个点	1 次/季度
噪声	等效连续 A 声级	场界东、南、 西、北各 1 个点	1 次/季度

6.3 运行期间和关闭后阶段的环境监测和流出物监测

6.3.1 流出物监测

6.3.1.1 废水

(1) 运行期间流出物监测

运行期间产生的放射性废水主要为去污间洗消废水，生产废水产生量很少。本项目设置一个预估尺寸为 $1m \times 1m \times 1m$ 的废水收集坑，生产废水收集至集水坑，用于填埋单元洒水降尘，不外排。

(2) 关闭后流出物监测

填埋场关闭后不产生废水，不需要监测。

6.3.1.2 废气

填埋场运行期间与关闭后阶段产生废气量均很少，对环境影响较小，不需要监测。

6.3.2 环境监测

填埋场在运行期间和关闭后环境监测项目如下所示：

(1) γ 辐射剂量率监测。

(2) 环境气溶胶与沉积物中总 α 、总 β 、总 U 和 ^{232}Th 的放射性比活度监测，其中总 U 为环境监测的关键核素。

(3) 地下水中总 α 、总 β 、总 U 和 ^{232}Th 的放射性比活度监测，其中总 U 为环境监测的关键核素。

(4) 地表水和沉积物中总 α 、总 β 、总 U 和 ^{232}Th 的放射性比活度监测，其中总 U 为环境监测的关键核素。

(5) 土壤中总 α 、总 β 、总 U 和 ^{232}Th 的放射性比活度监测，其中总 U 为环境监测的关键核素。

(6) 生物中总 α 、总 β 、总 U 和 ^{232}Th 的放射性比活度监测，其中总 U 为环境监测的关键核素。

6.3.3 监测范围、点位和频次

(1) 运行期间

运行期间的流出物和环境监测的范围、点位、频次如表 6.3-1 所示。

(2) 关闭后主动监护期阶段

关闭后流出物和环境监测的范围、点位和频次如下表 6.3-2 所示。另外，根据监测情况，适当调整监测频次。

(3) 关闭后被动监护期阶段

根据主动监护期的监测结果情况确定被动监护期是否继续开展辐射环境监测，如需继续开展，可针对性的在主动监护期基础上适当简化。

表 6.3-1 运行期流出物与环境监测计划

介质	监测点位	监测项目	监测频次
环境	γ 剂量率	场区边界四个方位; 0~2km 的 12 个方位; 2~5km 的 15 个方位; 忽鸡沟村	γ 辐射空气吸收剂量率 1 次/季
	气溶胶	厂址边界、柳树湾村、后阿塔沟村、大德恒村、忽鸡沟村	总 α、总 β、总 U、 ²³² Th 1 次/季
	沉降物	厂址边界、柳树湾村、后阿塔沟村、大德恒村、忽鸡沟村	总 α、总 β、总 U、 ²³² Th 1 次/半年
	地下水	上下游水井各 1 个、后阿塔沟村、大德恒村、忽鸡沟村	总 α、总 β、总 U、 ²³² Th 1 次/半年
			水位 1 次/月
	地表水	嘎查河	总 α、总 β、总 U、 ²³² Th 1 次/半年
	沉积物	嘎查河	总 α、总 β、总 U、 ²²⁶ Ra、 ²³² Th 和 ⁴⁰ K 1 次/年
	土壤	场区边界四个方位; 0~2km 的 4 个方位; 2~5km 的 11 个方位; 忽鸡沟村	总 α、总 β、总 U、 ²³² Th 1 次/半年
非放	废水	厂区周边、柳树湾村、后阿塔沟村、大庙村、忽鸡沟村 化粪池	COD、BOD ₅ 、SS、氨氮、粪大肠菌群 运输前

表 6.3-2 关闭后环境监测计划

介质	监测点位	监测项目	监测频次
环境	γ 剂量率	场区边界四个方位; 0~2km 的 12 个方位; 2~5km 的 15 个方位; 忽鸡沟村	γ 辐射空气吸收剂量率 1 次/半年
	气溶胶	下风向厂址边界、柳树湾村、后阿塔沟村、大德恒村、忽鸡沟村	总 α 、总 β 、总 U、 ^{232}Th 1 次/半年
	沉降物	下风向厂址边界、柳树湾村、后阿塔沟村、大德恒村、忽鸡沟村	总 α 、总 β 、总 U、 ^{232}Th 1 次/年
	地下水	上下游水井、后阿塔沟村、大德恒村、忽鸡沟村	总 α 、总 β 、总 U、 ^{232}Th 1 次/半年
			地下水位 1 次/季
	地表水	嘎查河	总 α 、总 β 、总 U、 ^{232}Th 1 次/半年
	沉积物	嘎查河	总 α 、总 β 、总 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 1 次/年
	土壤	场区边界四个方位; 0~2km 的 4 个方位; 2~5km 的 11 个方位; 忽鸡沟村	总 α 、总 β 、总 U、 ^{232}Th 1 次/年
	生物	厂区周边、柳树湾村、后阿塔沟村、大庙村、忽鸡沟村	总 α 、总 β 、总 U、 ^{232}Th 1 次/年

6.3.4 监测分析项目、仪器及方法

监测分析项目、仪器及方法见表 6.3-3。

表 6.3-3 监测分析项目、仪器及方法

环境介质	监测项目	监测分析方法	仪器
外照射	γ 辐射剂量率	直接测量法	便携式 X- γ 剂量率仪
空气	总 α 、总 β	EJ/T 1075-1998 EJ/T 900-1994	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
	总 U	HJ 840-2017	激光微量铀分析仪
	^{232}Th	HJ1149-2020	高纯锗 γ 谱仪
水	总 α 、总 β	HJ 898-2017 HJ 899-2017	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
	总 U	HJ 840-2017 ISO 13169:2018	激光微量铀分析仪
	^{232}Th	GB/T16145-2022	高纯锗 γ 谱仪
土壤	总 α 、总 β	HJ 898-2017 HJ 899-2017	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
	总 U	HJ 840-2017	激光微量铀分析仪
	^{232}Th	GB/T11473-2013	高纯锗 γ 谱仪
沉降灰	总 α 、总 β	HJ 898-2017 HJ 899-2017	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
	总 U	HJ 840-2017	激光微量铀分析仪
	^{232}Th	GB/T11473-2013	高纯锗 γ 谱仪
沉积物	总 α 、总 β	HJ 898-2017 HJ 899-2017	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
	总 U	HJ 840-2017	激光微量铀分析仪
	^{232}Th	GB/T11473-2013	高纯锗 γ 谱仪
生物	总 α 、总 β	HJ 898-2017 HJ 899-2017	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
	总 U	HJ 840-2017	激光微量铀分析仪
	^{232}Th	GB/T11473-2013	高纯锗 γ 谱仪

6.4 文件和记录

填埋场辐射环境监测及监护过程中的主要活动应以文件的形式记录下来。文件和记录应严格按国家标准规范进行。

6.4.1 文件的编制、审核和批准

(1) 填埋场辐射环境监测和监护有关的文件，根据具体情况确定各个文件编写的部门和成员以及审核和批准的部门和成员。明确审核批准的人员有权查阅作为审核和批准依据的有关背景资料。

(2) 编制的文件和资料均应有明确的标识，包括文件标题、编号、版本、发布日期、编制、审核、审定、变更和批准等。

6.4.2 文件的发布和分发

(1) 辐射环境监测和监护相关的文件由公司相关主管领导批准发布，由生产技术部分发，文件分发必须有签收记录。

(2) 在发放经修改或变更后的新文件时应回收作废的原文件，进行销毁。如为积累资料所保留的任何作废的文件和资料，都应盖上“作废”的印章，以防误用。

6.4.3 文件变更控制

为确保文件和资料更改的正确性，并使各部门和人员只能使用经批准的更改文件，文件和资料的更改应遵循以下原则：

(1) 文件和资料的更改，一般由原制订部门进行，更改后由原审批部门组织审批；

(2) 若指定其他部门审批时，该部门应获得审批所需依据的有关背景资料；

(3) 应充分考虑更改所引起的一切影响，必要时，采取协调措施，以确保对受影响的其他文件做相应的更改；

(4) 文件更改应保证其所有受控文件均已更改，保持其一致性；

(5) 为方便说明文件的现行修改状态，应编制控制清单或相应的文件控制程序，以防使用失效和作废的文件。

6.5 质量控制

本项目流出物与环境监测分析拟外委有资质单位进行测量，业主负责加强对第三方的质量控制。

第七章 场址比选

7.1 基本原则

- (1) 本项目的选址应符合国家相关法律、法规的要求；
- (2) 周围环境对项目的容纳度高；
- (3) 场址土地易获得，场址占地面积约为 250 亩；
- (4) 填埋场所在地政府和公众接受并支持填埋场的选址、建设；
- (5) 地质、地震、水文、交通、气象等相关资料较易获得；
- (6) 填埋场建设所需的水电易获得；
- (7) 就近、安全、方便。离废物产生地尽可能近，交通方便，无运输障碍和/或不可接受的风险。

7.2 选址要求

目前国内对含铀废物的处置政策尚不明确。前端的含铀废物按天然废物管理或归于极低放和低放废物进行处理、处置更为合理。

《极低水平放射性废物的填埋处置》(GB/T28178-2011) 规定了极低水平放射性废物填埋处置的基本要求，包括处置原则，填埋处置活度浓度指导值，以及专设填埋场的选址、设计、建造要求和填埋场的运行、关闭要求。本项目场址评价的基本要求参照该规范确定。

《极低水平放射性废物的填埋处置》(GB/T28178-2011) 选址要求如下：

(1) 符合该地区城乡建设规划和(或)单位总体规划的要求。场址应选在交通方便、建造和运行费用低、能保证填埋场正常运行的地方，不应选在工农业发展和居民生活规划区、生态保护区、水源保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域内。

(2) 地区地质构造相对简单、稳定，没有活动断层。应避开湿地和低洼汇水处、石灰溶洞发育地带、废矿塌陷区、多滑坡或泥石流地区、高压缩性淤泥或软土区。

(3) 在百年一遇洪水标高线以上，并在长远规划中的水库等人工蓄水设施、淹没区和保护区之外。

(4) 距地表水体和饮水取水点有适当的距离。不应选在地下水补给区、饮用水源保护区和供水远景规划区内，且下游无集中供水井。

(5) 最高地下水位一般应在填埋场基底 2m 以下。

在上述基础上，从技术可行性、安全可靠性、经济合理性和环境相容性方面综合考虑，参考《放射性废物近地表处置场选址》(HAD401/05)，结合新建处置场（即填埋场）拟接收废物源项特征、处置场工程方案设想，考虑选址。

7.3 区域调查及初步调查

《中华人民共和国放射性污染防治法》第四十三条规定：“低、中水平放射性固体废物在符合国家规定的区域实行近地表处置”。

《中华人民共和国核安全法》第四十条规定：“低、中水平放射性废物在国家规定的符合核安全要求的场所实行近地表或者中等深度处置”。“区域处置”是我国低中水平放射性废物的基本原则，内蒙古填埋场可参考该原则开展选址工作。

7.3.1 包头郊区

根据选址要求，含铀废物填埋场宜建设在远离居民区，土地贫瘠，工业、农业、旅游、文物、考古等利用价值不大的区域。

郊区居民点相对密集，京新高速公路以北地区属于地下水一级保护区，昆河入黄口上游黄河湿地、昆河下游小白河湿地、东河区南海子湿地等为黄河湿地生态保护区。在以上区域内禁止新建、扩建与供水设施和水源保护无关的建设项目，禁止堆置和存放工业废渣、城市垃圾和其它废弃物，禁止设置油库等。西部郊区为工业、农业用地，不建议在此区域选址建设含铀废物填埋场。

因此，郊区没有合适的建造场地。

7.3.2 市区以外的区、县、旗

固阳县、达尔罕茂明安联合旗位于 202 厂北部，属于包头市北部草原生态治理区和阴山北部风蚀沙化区和阴山山地森林草原区。地形以丘陵草原和山地为主。该区域有较多自然保护区、风景旅游

区、文物古迹区和其他需要保护的区域。不建议在此区域选址建设含铀废物填埋场。

石拐区位于 202 厂东部偏北区域，该区主要以大青山为主的山地区域，曾是包头市的煤炭主产区，距离包头市区较近，交通条件良好，人口稀少，土地沙化、盐碱化严重，南部及西部有大量荒地或荒草地，属于包头市生态修复区。根据《包头市城市总体规划》将在石拐区与东河区交接处规划建设生活垃圾处理厂，另外石拐区已经同意调整五当召镇、大德恒街道集镇建设用地规划，为建设含铀固体废物填埋场提供合适场地。

土默特右旗位于 202 厂东部偏南，属于河套平原地道，是包头市重点的平原农业发展地带，城区萨拉齐镇定位为包头市城市发展的续接地。该区域紧邻大青山南麓，属于包头市水源地保护区、基本农田保护区较为集中的区域。在该区域难以觅得合适的场址。

白云鄂博矿区位于包头市北部约 150km，被达尔罕茂明安联合旗所包围。该地区处于干旱、半干旱的荒漠荒草地带，地貌以丘陵和草原平地为主。附近有 S104、S210 等公路和包白铁路与包头市直通，交通条件良好。区域内矿产资源丰富，是包头市铁矿石和稀土矿石的主产区。考虑到相关矿产资源的勘探及开采要求，不建议在此区域选址建设含铀废物填埋场。

7.3.3 初步筛选

根据选址原则，场址应避开人口稠密区，因此包头市绕城线以内区域及区、县、旗城区不再考虑。

根据选址原则，场址距地表水域应保持一定的距离，且不能对地下水构成潜在影响。包头市南部区域紧邻黄河干流，且有南海湿地、红旗渔场、养殖场等地表水系，因此不再考虑在该区域选址。

根据选址原则，包头市东部的土默特右旗地处河套平原，是包头市重点的平原农业发展地带，因此不再考虑在该区域选址。

白云鄂博矿区距离包头市较远，交通条件良好，人口稀少，但该区域属于包头市铁矿石和稀土矿石的主产区。考虑到相关矿产资源的勘探及开采要求，因此不再考虑在该区域选址。

包头市西部沿京藏高速沿线，该区域处于包头市一级地下水保护区，因此不再考虑在该区域选址。

石拐区距离包头市较近，交通条件良好，人口稀少，土地沙化、盐碱化严重，南部及西部有大量荒地或荒草地，政府同意调整相关规划，可在周边寻找2~3个适宜场址。

综上所述，适宜建设含铀废物填埋场的区域为包头市石拐区。

7.4 系统筛选

基于收集到的石拐区的相关资料，综合考虑包括地质、水文地质、地震地质、工程水文、气象、人为事件、交通运输、土地利用、人口分布、环境保护等多方面因素，进行了资料分析与选点工作，提出如下3个可能场址：

- (1) 后阿塔沟区域场址
- (2) 五当召区域场址
- (3) 李家沟区域场址

基于场址资料收集与踏勘工作，对上述3个可能场址自然和社会经济进行了系统、全面的分析，推荐后阿塔沟区域场址作为填埋场建设首选场址，五当召场址作为次选场址。

7.5 后阿塔沟区域场址

后阿塔沟区域场址位于内蒙古自治区包头市石拐区，其西南距离石拐区政府约6.30km，西偏南距离包头市政府约17.50km。厂址地理位置详见图2.1-1。

场址环境具体见第三章。

7.6 五当召区域场址

7.6.1 地理位置

场址位于内蒙古包头市石拐区五当召镇。西南距离石拐区政府约6.04km，西偏南距离包头市中心约24km，东侧距离呼和浩特市约132km。场址地理位置见图7.6-1。



图 7.6-1 拟建场址地理位置示意图

7.6.2 地形地貌

拟建场址区地处阴山山脉大青山腹地，区域属构造剥蚀山地地貌，场地属低山丘陵地貌，多呈浑圆形的岩质山丘，山坡坡度一般为 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，植被较为发育，主要为低矮的草丛，局部有黄刺梅等灌木。场地四周冲沟发育，大多呈“U~V”型，地形相对较缓，切割较浅，地面高程在 1322.0~1411.15m 之间，相对高差 89.15m，整体北西高、东南低。

7.6.3 地震地质

依据国家标准《建筑抗震设计规范》(GB50011-2024) 和《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015) 规定，场地抗震设防烈度 8 度，设计基本地震加速度值 0.20g，设计地震分组为第二组，设计特征周期为 0.40s。现状条件下基岩裸露或覆盖层较薄地段场地类别为 I1 类场地，设计特征周期为 0.30s，覆盖层较厚地段及未来部分填方整平地段场地类别 II 类，设计特征周期为 0.40s。

7.6.3.1 地质构造特征

石拐区大地构造属于内蒙古台隆的阴山褶皱带，大青山复背斜之石拐复向斜，构造复杂，断裂发育。最为重要的是大青山山前断

裂带和乌拉山山前断裂带。它们不仅控制着区内地形地貌，也控制着区内次级断裂构造的分布和地震活动。

大青山山前断裂带（F1）

大青山山前断裂，西南起自昭君坟南，呈北东走向过黄河经麻池、苗家营子，而后转为近东西走向通过包头市东河区，向东沿大青山南麓延伸至呼和浩特以东的奎素一带，总体走向为北东东，全长约 200km，是呼包拗陷的北边界断裂。该断裂距离厂址约 11.0km。断裂在地表基本连续出露，由一系列阶状正断层组成，具有左旋走滑分量性质，断层面南倾，地表倾角较陡，约 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，到深部变缓为 $45^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 之间，总体上呈铲形。

大青山山前断裂带形成于燕山运动早期，侏罗纪时为一条近东西向的右旋逆倾滑断裂，早白垩纪时，断裂转变为张性正断层。自渐新世开始，区域应力场发生根本变化，大青山山前断裂带转变为拉张正断层，表现为大青山相对抬升，呼和浩特盆地不断沉降，断裂控制着大青山和呼包盆地的形成与发展，垂直位移幅度巨大。地震勘探资料表明，断层倾向南东，倾角 75° ，控制着新生代沉积，新生代断距约 6000m，第四纪仍有明显活动。

乌拉山山前断裂带（F2）

乌拉山山前断裂带沿乌拉山山麓展布，西起乌拉特前旗（西山嘴），东至包头市昆都仑区北色气湾一带，总体走向近东西，全长约 110km，断裂东端距离厂址约 7.6km，该断裂由一系列正断层或阶状正断层组成，断面倾向南，倾角上陡下缓，地表倾角较陡，达 $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ，到深部变缓为 $44^{\circ} \sim 62^{\circ}$ 之间，总体上构成铲形断层特征。断裂以倾滑运动为主，兼左旋走滑，与狼山—色尔腾山、大青山山前断裂在平面上呈左行排列特征，共同控制着河套断陷带的北界。

第四纪以来，乌拉山山前断裂远比第三纪时期活动强烈，特别是全新世以来，断裂垂直差异活动仍很强烈。乌拉山山前断裂带多处可见错断山麓地带的上更新统湖积砂砾石层、粉细砂层与全新统洪积角砾层。在地貌上形成连续展布的山前台地、高达数十米的基岩断崖以及沿断裂带断续分布高 5~7m 的全新世断层陡坎。

包头北东向推断断裂（F3）

该断裂北起包头市九原区兴盛镇兴盛窑子，经昌福窑、高油房、全巴兔向西南延伸，总长约 45km，断裂东端距离厂址约 10.0km，断裂斜截白彦花坳陷，为一条物探推断的隐伏断裂。该断裂在第四纪地质地貌上无任何显示，主要根据电测深及重力异常确定，推断为基底断裂，电测深测量资料推断断裂面向西倾，性质为西侧下降，东侧上升的正断层，断距 200m 以上，其上第四系覆盖厚约 200m，中更新统湖沼相粘土沉积连续稳定未见错断迹象。

大树湾断裂（F4）

断裂起于达拉特旗大树湾南，解放滩西北。人工地震勘探探测结果表明，断裂位于呼包凹陷盆地地区，正断层性质，由两条断裂构成一个小地堑，推断具有一定的平移特征。向北东延伸至大青山山前断裂附近，总长约 32km。在深部断裂错断大青山山前断裂并显示顺扭。该断裂在第四纪地貌上无任何显示。断裂为第四纪中晚期地层覆盖，第四纪中期以来没有活动。

达拉特隐伏断裂（F5）

该断裂南起鄂尔多斯地台北缘，北至黄河，在地表位于达拉特旗以东一线，卫星影像上显示清晰，长约 40km，断层走向北东 $50^{\circ}\sim 55^{\circ}$ ，倾向南东，倾角 $39^{\circ}\sim 58^{\circ}$ 。在地震反射剖面上，它切割了第四纪及其下各反射层。渐新世以来的总断距约 1800m，第四纪以后其断距 450m。由此可见，达拉特隐伏断裂在中晚更新世以前活动较为强烈，晚更新世以来活动不明显。加之覆盖层较厚，相对较稳定。

7.6.3.2 地震活动

拟建选址位置位于内蒙古包头市石拐区，属华北地震区、河套断陷地震构造带，北侧为阴山山地，南侧为鄂尔多斯高原。区内大地构造位置属华北地台西部，基底岩系由太古宇、下元古界变质岩系组成，沉积盖层有震旦系、寒武系、中下奥陶统、上石炭统、二叠系、三叠系、侏罗系、下白垩统和新生界。

震旦纪至古生代时期，地壳相对稳定，主要表现为整体的升降运动；中生代时期，阴山地块破裂解体，经历复杂的褶皱、断裂变动，构造线呈近东西向、北东东向和北西西向，阴山以南仍为稳定的地块，河套地区隆起遭受剥蚀，鄂尔多斯地区不断沉降形成广阔的大湖，接受三叠系、侏罗系和下白垩统沉积。燕山运动奠定了本区基本构造格局，阴山地区固结为一稳定的地块，晚白垩世以后隆起遭受剥蚀。新生代时期，受区域性北西—南东向主张应力场作用，阴山地块南侧破裂解体，形成河套断陷盆地，盆地北侧自东而西为大青山山前断裂、乌拉山山前断裂，它们呈左阶斜列展布，断层面总体向南倾斜，控制阴山山体间隙性抬升，遭受强烈的剥蚀作用，河套断陷盆地不断沉降，接受巨厚的沉积。

区内地震活动频繁，属地震多发区，公元 279 年在包头糖厂一带发生过 7.9 级地震，1987 年在石拐区吉忽伦图苏木爬榆树发生过 3.8 级地震，1996 年 5 月 3 日包头西发生 6.4 级地震，均波及到本区。据石拐地震台统计，在半径 500 公里范围内 3 级以上地震频率为 7 次/年，3 级以下地震频率 36 次/年。

7.6.4 工程地质

7.6.4.1 地层岩性

根据区域资料和岩土工程勘察成果，场址的地层主要为太古界桑干群灰黄二长片麻岩（Ar1sn⁴）和第四系全新统坡洪积（Q4^{al+pl}）和人工填土。其岩性特征分述如下：

①人工填土（Q4^{ml}）：灰褐色，干燥～稍湿，松散～稍密，粒径级配分析以角砾为主，主要为采石场废石粉碎形成的角砾、碎石，矿物成份以长石、石英及云母为主，颗粒形状多呈次棱角状，少为次圆粒状，含碎石，多呈棱角状。地层强度低，变形量高。土质不均，分选性差。该层主要分布在废石场，揭露厚度在 0.5～12.0m 之间，平均厚度为 5.44m。

②角砾（Q4^{al+pl}）：杂色，稍湿-湿，稍密～中密，砾石母岩主要为片麻岩等，一般粒径 2.0～10.0mm，含有碎石，最大粒径可见 90mm，颗粒磨圆度极差，多呈棱角状，中等风化，较坚固，颗粒间

的充填物多为细中砂及少量黏性土。该层主要分布在沟谷中，层厚在4.5~9.5m之间，平均厚度为6.33m。

(3)1 强风化片麻岩 ($Ar1sn^4$)：灰黄色，变晶结构，片麻状构造，矿物成分主要为长石65%~70%，石英30%~35%及少量不透明矿物等，节理裂隙极发育，岩芯极破碎。揭露厚度：13.5m~21.3m，平均16.31m。

(3)2 中风化片麻岩 ($Ar1sn^4$)：灰白色~灰褐色，变晶结构，片麻状构造，矿物成分主要为长石65%~70%，石英30%~35%及少量不透明矿物等，节理裂隙较发育，节理面较平直，局部有锈黄色氧化铁质浸染，岩芯呈块状或短柱状。揭露厚度：7.20m~15.6m，平均10.29m。

(3)3 微风化片麻岩 ($Ar1sn^4$)：灰白色~灰褐色，变晶结构，片麻状构造，矿物成分主要为长石65%~70%，石英30%~35%及少量不透明矿物等，节理裂隙不发育，节理面较平直，局部有锈黄色氧化铁质浸染，岩芯呈柱状。场区普遍分布，该层未揭穿。

7.6.4.2 地质构造

根据区域资料以及已有的各项成果及物探成果，该场址区无断裂构造通过。

7.6.4.3 岩土体的物理力学性质

7.6.4.3.1 室内土工物理力学试验

场地内第四系为人工填土和角砾，本次勘察未取得土的原状样品，取15件扰动样进行了室内土工筛分试验。

7.6.4.3.2 岩石单轴抗压强度

勘察资料揭露，场址的岩石主要为片麻岩，强风化岩层节理发育，钻孔岩芯呈碎块状，无法取得规则柱状样品进行岩石力学试验，岩石试验主要针对中等风化和微风化岩层物理力学指标。主要物理力学指标见表7.6-1。

表 7.6-1 岩石主要物理力学性质指标统计一览表（室内试验）

岩性		强风化片麻岩			中等风化片麻岩			微风化片麻岩		
地层编号		(3) ₁			(3) ₂			(3) ₃		
统计指标		统计个数	平均值	标准值	统计个数	平均值	标准值	统计个数	平均值	标准值
密度 (g/cm ³)	天然状态	8	2.70	2.76	9	2.77	2.84	17	2.80	2.84
	干燥状态	8	2.65	2.70	9	2.76	2.83	17	2.80	2.83
	饱和状态	8	2.71	2.77	9	2.77	2.84	17	2.81	2.84
含水率 (%)		8	1.80	2.05	9	0.44	0.75	17	0.15	0.19
颗粒密度 (g/cm ³)		8	2.83	2.90	9	2.80	2.86	17	2.82	2.85
吸水率 (%)		8	2.42	2.71	9	0.51	0.88	17	0.21	0.25
孔隙率 (%)		8	6.47	7.27	9	1.44	2.39	17	0.62	0.74
单轴抗压强度 (MPa)	干燥状态	7	17.95	14.64	9	54.56	46.52	17	69.22	79.83
	饱和状态	4	9.45	7.21	9	36.15	27.16	10	75.43	82.17
单轴压缩变形 (干燥状态)	静弹性模量 (GPa)	7	5.12	3.67	9	23.56	21.19	17	27.19	29.92
	静剪切模量 (GPa)	7	2.08	1.48	9	10.07	9.02	17	11.72	12.94
	泊松比	7	0.23	0.26	9	0.17	0.18	17	0.16	0.17
单轴压缩变形 (饱和状态)	静弹性模量 (GPa)	7	1.59	1.07	9	15.99	12.43	17	22.21	24.31
	静剪切模量 (GPa)	7	0.60	0.41	9	6.60	5.09	17	9.24	10.15
	泊松比	7	0.32	0.36	9	0.22	0.23	17	0.21	0.21
修正点荷载强度指数 Is (50) 不规则 (平均值) (MPa)	干燥状态	10	0.719							
	饱和状态	10	0.0739							

7.6.4.3.3 动力触探试验

本次勘察在 6 个钻孔中做动力触探试验 63 次 (6.3m)。其成果列入动力触探试验统计表中，对各自所获取的试验数据进行了数理统计，统计结果见表主要物理力学指标见表 7.6-2。

表 7.6-2 动力触探试验锤击数 N63.5 统计表

层序	岩性	统计数	锤击数	区间值	平均值	标准差	变异系数	标准值(击)
①	填土(成分为角砾土)	21	实测	4-10	7.0	1.789	0.256	6.3
			修正	3.9-8.9	6.4	1.455	0.227	5.9
②	角砾	12	实测	11-19	14.5	2.431	0.168	13.2
			修正	10.3-15.3	12.6	1.592	0.126	11.8
③ ₁	强风化片麻岩	30	实测	15-39	26.2	6.283	0.240	24.2
			修正	12.9-23.6	16.5	2.619	0.159	15.7

7.6.4.4 岩土层工程性质评价

根据各岩土层的野外特征，结合室内试验，对拟建场地内揭露的各岩土层的工程性能评价如下：

①人工填土层：为新近堆积土，松散，土质不均匀，孔隙较大，动探实测击数平均 7 击，工程性能差，若不进行有效的治理，该层不能直接用作地基持力层。

②角砾：杂色，稍湿-湿，稍密~中密，砾石母岩主要为片麻岩等，含有碎石，颗粒间的充填物多为细中砂及少量黏性土，动探实测击数平均 14.5。压缩性较低，承载力一般，该层整体工程性质一般，加固后可作为地基持力层。

③强风化片麻岩 (Ar1sn4)：灰黄色，变晶结构，片麻状构造，节理裂隙极发育，岩芯极破碎，动探实测击数平均 26.2。压缩性较低，该层整体工程性质一般，加固后可作为地基持力层。

④中风化片麻岩 (Ar1sn4)：灰黄色，变晶结构，片麻状构造，节理裂隙极发育，岩芯极破碎。压缩性较低，承载力一般，该层整体加固后可作为地基持力层和下卧层。

⑤微风化片麻岩 (Ar1sn4)：灰黄色，变晶结构，片麻状构造，节理裂隙极发育，岩芯极破碎。

根据勘察资料、室内试验报告，以及各岩土层的工程性能分析，结合地区经验，提供场地地基岩土层主要设计参数建议值见表 7.6-3。

表 7.6-3 地基岩土物理力学指标承载力特征值建议值一览表

地层	承载力特征 值建议值 f_{ak} (KPa)	压缩模量 E_0	天然重度 γ	粘聚力 C	内摩擦 角 Φ	天然 抗压 强度	饱和 抗压强度
	KPa	MPa	KN/m ³	KPa	度	MPa	MPa
①人工填土	120	(11.8)	(19.0)	(3)	(20)	—	—
②角砾	200	(21.0)	(20.0)	(3)	(30)	—	—
③ ₁ 强风化片麻岩	500	(30.0)	27.0	(32)	(36)	—	—
③ ₂ 中风化片麻岩	3000	(45.0)	27.7	—	(48)	—	36.15
③ ₃ 微风化片麻岩	8000	80.0	28.0	—	—	—	75.43
备注	E ₀ 、C、φ 及抗压强度为建议标准值, () 中为经验值。						

7.6.4.5 不良地质作用和地质灾害

根据勘察资料、结合现状调查分析，场地在勘探深度范围内，虽未发现泥石流、崩塌及滑坡等具危害性的不良地质作用和地质灾害。

场址位于废弃采石场废石填埋区，人工开挖形成的边坡倾角较陡（70°~85°）高约 5~7m，边坡稳定，无破碎岩石易崩落，但边坡底部有回填层，有塌方的隐患。

7.6.4.6 季节性冻土

拟建场地标准冻结深度按 1.80m 考虑。

7.6.4.7 地基土稳定性分析

勘察表明，本场地地基土自上而下主要可分为三大层：

人工填土：为新近堆积土，松散，土质不均匀，厚 0.5~12.0m，土质不均匀，该层不能用作建筑地基，需清除。

角砾：杂色，稍湿-湿，稍密~中密，该层整体工程性质一般，加固后可作为地基持力层。

基岩（强、中、微风化片麻岩）：分布广泛，厚度大，强度高，稳定性好，局部地段埋藏较深，不利于施工。

7.6.4.8 场地现状稳定性评价

拟建选址废石场除回填层外，其它各地层地基土强度一般，有软弱夹层，持力层需加固，局部基岩较深。岩土体中不存在地下空洞，无采矿和其它地下采空区，无地基塌陷和地基滑动、倾覆潜在的危险，未发现破碎带等不稳定地质构造，土层与基岩面接触处，有软弱层存在，沿沟谷方向，上覆土层有沿基岩面滑移风险。

7.6.4.9 地基均匀性评价

拟建填埋场基础若按开挖深度 5m 考虑，废石场填土厚度变化较大，为不均匀地基。

7.6.5 水文地质

7.6.5.1 地表水

拟建选址区平时无地表迳流及水体，仅在雨后地表存在阵性面流。地表不易积水，易于流失，蒸发迅速。

7.6.5.2 地下水

拟建选址区松散岩类孔隙含水岩组覆盖范围较小，主要分布于选址沟谷下游。谷中坡洪积物以第四系松散砂砾石为主。沟谷中地下水位埋深一般接近松散岩类沉积层底板或大于底板，松散岩类含水层厚度一般缺失，个别地段存在小范围含水层，中等透水，补给来源主要为大气降水及基岩裂隙水侧向径流，水位及水量随季节性变化较大，场地地下水埋藏较深，对地基无影响。排泄方式主要为向沟谷外的地下径流。

钻探资料显示场地地下水位埋深 7.0~18.0m，标高 1322.34~1350.04m；收集资料显示，拟建选址区地下水总矿化度 386.2mg/L~652.3mg/L，为淡水，pH 值 7.55~8.02，为弱碱性水。

（1）岩土层渗透性

填土的渗透系数为 $5.78 \times 10^{-4} \sim 4.39 \times 10^{-3}$ cm/s，属中等透水；场址区强风化基岩含水层的综合渗透系数为 $1.50 \times 10^{-5} \sim 2.16 \times 10^{-4}$ cm/s，属中等透水~弱透水；场址区内中等风化基岩透水率在 0.11~2.54Lu

之间，属于微透水~弱透水；微风化基岩透水率在 0.08~0.41Lu 之间，属于极微透水~微透水。其透水率与节理裂隙发育有直接关系。

（2）拟选场址岩土层与地下水

根据极低放射性废物填埋场建设要求，填埋场底板一般位于地下水位 2m 以上，在填埋场建设过程中不受地下水的影响。且填埋场建设之后基本不会改变区域的场坪厚度，地下水位及补径排特征不会因选址的建设发生大的变化。

根据拟选场址的地形地貌特征，填埋场建设应设置地表水的疏通通道，雨季发生洪流时，类似于尾渣（矿）库的截排水沟和地下导水渠。场址上部第四系地层渗透性较好，如果放射性核素进入地下水，会很快随地下水扩散，应充分考虑项目的特殊性，对填埋场底部进行有效的防渗、防核素迁移的处理。

（3）拟选填埋场场址水文地质条件复杂程度及水文地质单元划分

拟选填埋场场址位于中低山沟谷区，地貌类型单一，岩层随地貌起伏，表层裂隙较为发育、未发现断层构造，以太古代变质岩为主，包气带仅存在于沟谷内，底部具有稳定的基岩隔水层，第四系和强风化基岩含水层渗透性均为中等渗透，渗透性变化较小，地下水的补给条件清晰，径流指向明显，排泄条件简单，地下水类型主要为基岩裂隙水和孔隙潜水。该区水文地质条件简单。

根据水文地质调查结果，拟选填埋场位于阿塔沟东侧支沟范围内，地下水主要补给来源为周边低山通过基岩裂隙和次级小冲沟的地下水汇集以及大气降水，并全部向下游留宝窑子沟排泄，在地貌上呈现三面环山、单口排泄的倒 U 形特征，拟选填埋场属于一个水文地质单元。

7.6.5.3 水的腐蚀性评价

场地无地表水体，地下水埋藏较深，且水位及水位变幅均位于基础以下，故场地地下水对基础无影响。收集的资料显示，地下水整体评价：对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

7.6.6 工程水文

工作区属黄河水系，区内水系发育，均属于外流水系，主要大的河沟有五当沟和水涧沟，属黄河左岸一级支流。五当沟主沟全长约 78km，发源于固阳县新建乡头道井（上游称中三岔沟，中游称正沟，下游称后五当沟），流经本区至土默特右旗注入黄河，年平均流量为 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ ，最高洪峰流量 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 。主沟、正沟全年有水，但流量因受气候和支沟农田灌溉影响极不均匀。选址场地周边水系有留宝窑子沟、杨家沟（上游称甲浪沟、下游称石拐子西沟）等，均属季节性河流，只在雨季有短暂洪流通过，项目位于阿塔沟东侧支沟，阿塔沟是留宝窑子沟的二级支流。

厂址周边小型支沟多为干谷，雨季为泄洪通道，形成短暂洪流。

7.6.7 气象条件

场址属中温带半干旱大陆性季风气候，具有冬季长而寒、夏季短而热、降水量少而集中，春季雨量少而多风的气候特征。年平均气温 5.2°C ，最高气温 36.8°C ，最低气温 -33.0°C 。多年平均降水量为 375.7 毫米，降水多集中在 6 至 9 月（61-70 天），年最大降水量为 678.44mm（1958 年），月最大降水量为 265.0mm（1976 年 8 月），日最大降水量为 106.7mm，小时最大降水量为 66.9mm，10 分钟最大降水量为 24.2mm，年平均蒸发量为 2099.6mm。历年风向多为北风，平均风速 $2-7\text{m}/\text{s}$ ，最大风速 $24.0\text{m}/\text{s}$ ，无霜期 113 天，冻结期一般为 5 个月，即从 11 月至翌年 3 月，冻结深度一般在 0.9-1.3m，最大达 1.82m。

7.6.8 人口分布

人口调查的资料和数据来源于：场址半径 10km 范围内涉及的各街道、镇人民政府提供的 2024 年最新的有关统计资料，以及实地调查收集的资料；场址半径 5km 范围内实地调查，获取最新的资料和数据。

场址半径 10km 范围内的人口分布是以场址中心为圆心，1、2、3、5、10km 为半径画出 5 个同心圆，然后再在圆心处以 16 个罗盘方

位作为中心线，将这些同心圆等分成 22.5° 的圆周角，由相邻辐向线和圆弧组成的扇形即称之为子区（共计 80 个）进行统计。

场址半径 10km 范围内有常住人口 21254 人，平均人口密度 68 人/ km^2 ，同期内蒙古平均人口密度为 20 人/ km^2 。

场址半径 10km 范围涉及石拐区大德恒街道、大发街道、大磁街道、吉忽伦图苏木、五当召镇、石拐工业园区、包头市城市共同配送物流园区；青山区兴胜镇、包头市装备制造产业园区；东河区沙尔沁镇的行政村（社区）有 17 个。距离场址最近的行政村是石拐区大德恒街道的大庙村，位于场址的 WNW 方位 2.3km 处，有常住人口 326 人。

场址半径 10km 范围内人口相对来说是地广人稀，有常住人口 21254 人，人口主要集中在场址的 SW 方位，5-10km 处，石拐新区位于此区，流动人口也主要分布在此区，流动人口以短期流动人口为主，流入人口主要是短期流入的务工、培训学习、探亲访友、商务等人员，以夏秋季节和节假日流入人口较多。喜桂图社区、马场村位于石拐新区中心城区，来此商务人员、培训学习人员、短期办事人员等比较多，约有 12000 人次。场址半径 5km 范围流动人口情况同 10km 范围，流入人口更少。

场址半径 5km 范围涉及石拐区大德恒街道、五当召镇；青山区兴胜镇，包头市 2 个县市区 3 个乡镇（苏木、街道）6 个行政村的 15 个自然村（居民点）。距离场址最近的自然村（居民点）是石拐区大德恒街道的大庙村的边墙壕自然村，位于场址的 WNW 方位 1.7km 处，有常住人口 69 人，35 户；人口最多的自然村（居民点）是青山区兴胜镇的二相公村，有常住人口 351 人，149 户，位于场址的 W 方位 4.5km 处。场址半径 5km 内没有万人以上的人口集中地区。场址半径 5km 范围内无学校、医院、养老院（敬老院、福利院）和监狱。

场址半径 5km 范围内分布有 4 处公墓，距离场址最近的公墓是基督教公益墓，位于包头市石拐区大德恒街道大庙村以东，位于场址的 NNW 方位 0.7km 处，有工作人员 12 人。

根据包头市统计局、石拐区统计局统计数据，统计给出了 2014 年~2023 年近十年包头市和石拐区人口自然增长率情况，变化趋势可见包头市、石拐区人口自然增长率基本呈振荡下降的趋势，包头市 2022 年出现连续负增长，石拐区 2020 年以后连续为负增长。我国在 2013 年、2015 年、2021 年分别出台并实施了“单独二孩”“全面两孩”“三孩”政策，以期优化人口结构、实现人口均衡发展。但是现实表明，“全面两孩”政策实施以后的中国生育水平经过短暂回升后依旧低迷，三孩政策效应尚未充分显现，促进生育率持续下降的诸多因素还在继续强化，人口长期减少和快速老龄化的趋势难以避免。根据第七次全国人口普查数据，内蒙古 2020 年常住人口 2404.92 万人，比第六次人口普查 2470.63 万人减少 65.72 万人，常住人口呈负增长趋势。从人口预测偏保守考虑，2024 年以后场址半径 10km 范围内人口增长率为“0”，之后人口与 2024 年一致，投产年 2026 年的预期总人口数为 21254 人。

表 7.6-5 近十年包头市和石拐区人口自然增长率

区域	自然增长率 (%)									
	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
包头	5.66	3.22	3.26	-1.43	0.76	4.09	0.95	0.58	-2.31	-2.87
石拐区	0.76	0.34	0.73	-1.72	-2.03	0.61	-0.05	-0.09	-0.97	-5.9

7.6.9 附近的工业、交通及其他设施

7.6.9.1 工业设施

场址半径 10km 范围内有企业 629 家（不含停产企业），主要集中分布在石拐工业园区、包头市城市共同配送物流园区和包头市装备制造产业园区 3 个工业园区内。

石拐工业园区已有入园企业 59 家，其中正常经营 23 家（规上企业 13 家）、停产 29 家、在建企业 7 家，职工人数最多的企业是内蒙古亚新隆顺特钢有限公司，生产钢材，企业年产值近百亿元，位于场址的 ESE 方位 9.1km 处。

包头市城市共同配送物流园区有企业 65 家，其中位于建材园区的企业有 23 家，规上企业 8 家；位于物流园区的企业 42 家，规上企业 10 家。

包头市装备制造产业园区入园企业 522 家，其中，规模以上企业 68 家，上市企业 16 家，主要有重车装备、新能源装备、应急装备、综采装备、机电装备、工程机械装备等传统装备制造产业企业。因入园企业信息保密要求，包头市装备制造产业园区不能提供各企业单独信息。园区外企业有 12 家，其中规上企业 7 家。

场址半径 10km 范围内有危险品企业 13 家，其中 7 家加油站、1 家天然气充装站、4 家化工厂、1 家工业气体厂。场址半径 10km 范围内运输的危险品为汽油、柴油、天然气、液氯、乙炔等。

场址半径 10km 范围内有现状中压燃气管网，分布在青山区兴胜镇和石拐新区，管径范围为 De90-De315，管道压力均为 0.3MPa，其中距离场址最近的现状中压燃气管线位于场址 W 方位，约 4.0km 处，管压为 0.3MPa。场址半径 10km 范围内没有规划输气管线通过。场址半径 2km 范围内没有大中型化工厂，也没有大型的油库和气体管道，没有威胁场址安全的火灾危险。

7.6.9.2 交通设施

交通现状

场址半径 10km 范围陆上交通，有国道 G210（位于场址 W 方位 2.2km），省道 S506（位于场址 S 方位 4.2km），县道 X080（位于场址 NNE 方位 0.6km）。有一条已经停运的铁路，为包石线，距离场址约 3.7km。场址半径 10km 范围内无水路分布。

距离场址最近的为五当召机场，距离场址 10.7km，E 方位，年平均起落 700 架次。场址半径 4km 内没有航线或起落通道。根据 HAD101/04（1989）对于场址半径 16km 对机场的要求，年设计起落架次大于 $193d^3$ 需要考虑飞机坠毁的潜在危险，五当召机场 $193d^3=193*10.7^3=236433$ ，机场年平均起落 700 架次小于 236433，不需要考虑五当召机场飞机坠毁的潜在危险。

交通规划

场址半径 10km 范围，规划建设的公路为纵二公路（210 国道包头段），场址西侧距该公路最近距离约 2.70km。该道路规划等级为一级，起点为满都拉口岸，终点为黄河大桥，道路规划里程 289.00km。

基础设施条件

本场址位于阿塔沟东侧支沟，主沟谷和两侧山体呈南北走向，主沟谷最大宽度约 25m，可利用最大长度约 400m，利用两侧部分山体后可基本满足本项目填埋单元布置需求。本项目场址范围内土地利用类型为天然牧草地，不涉及基本农田。

场址区域东部有 220kV 包梁 2 线。厂址没有通往公路的道路，目前只有一条土路，路面较窄，且坡度比较大。

场址远离市政供水管网，现场所需用水需进行外购，通过槽车运输至现场。

7.6.10 土地利用

场址半径 10km 范围内主要涉及灌木林地、天然牧草地、其他林地、其他草地等，场址区域所在地为天然牧草地。

场址半径 5km 范围内涉及 1 处探矿权，为内蒙古包头市石拐区柳树湾铁多金属矿详查，矿种为铁矿，位于场址 NE 方位约 2.8km。场址半径 5km 范围内涉及 1 处采矿权，为包头市九原区后营子克尔马沟石墨矿，矿种为石墨，位于场址 E 方位约 2km。场址区域所在地不涉及探矿权和采矿权。

场址半径 10km 范围内无水库，10km 范围内的河流有石拐子西沟、留宝窑子沟、本坝沟、大庙沟等 10 条河流，均为季节性河流。场址半径 10km 范围的河流分布情况见图 7.6-11。

场址半径 10km 范围内涉及 2 处饮用水水源地准保护区，分别为包头市集中式饮用水水源（东河）部分、包头市集中式饮用水水源地保护区（昆区、青山、九原），分别位于场址 W 方位 7km 和 SSW7.5km。

场址半径 10km 范围内的自然保护区有 1 处，为内蒙古大青山国家级自然保护区。保护区与场址的最近点位于 NNE 方位 0.7km 处，为实验区边界。

场址半径 10km 范围内省级以上旅游景区有 3 个，距离场址最近的是赵北长城。

场址半径 10km 范围内涉及内蒙古阿善自治区森林公园，位于场址 S~SE 方位 7.3km。内蒙古阿善自治区森林公园于 2007 年由包头市新天地林业生态有限责任公司申请建立，自治区林业厅于 2007 年 9 月批复同意建立（内林办发〔2007〕245 号），但上报的森林公园总体规划未得到批复，所以公园至今未建立。

场址半径 10km 范围内有文物古迹 16 处，其中自治区级 2 处，市级 2 处，其他均未定级。距离场址最近的是赵北长城石拐区段，距离场址 0.8km。

场址区域所在地不涉及永久基本农田，场址半径 10km 范围内分布有永久基本农田，主要分布在石拐区和青山区，其中距离场址最近的一处位于 NW 方位，1km 处。

场址半径 10km 范围内有 2 处生态保护红线，分别为大青山国家级自然保护区和内蒙古阿善自治区森林公园，距离场址最近点位于场址 NNE 方位约 0.7km 处。场址半径 10km 范围涉及的城镇开发边界主要为青山区兴胜镇和石拐区喜桂图新区与石拐产业园，距离场址最近点位于场址 E 方位约 4km 处。

7.6.11 小结

分析了五当召场址地形地貌、地震地质、工程地质、水文地质、工程水文、气象条件、人口分布、交通和土地利用等自然和社会条件，初步判断矿区场址不存在颠覆填埋场建设的因素。

7.7 李家沟区域场址

7.7.1 地理位置

该区域地处内蒙古自治区包头市境内，行政区隶属于包头市石拐区五当召镇管辖，该场址位于五当召镇西南部，其西距离石拐区政府约 14km，西偏南距离包头市中心约 33km，东侧距离呼和浩特市约 129km。场址地理位置见图 7.7-1。

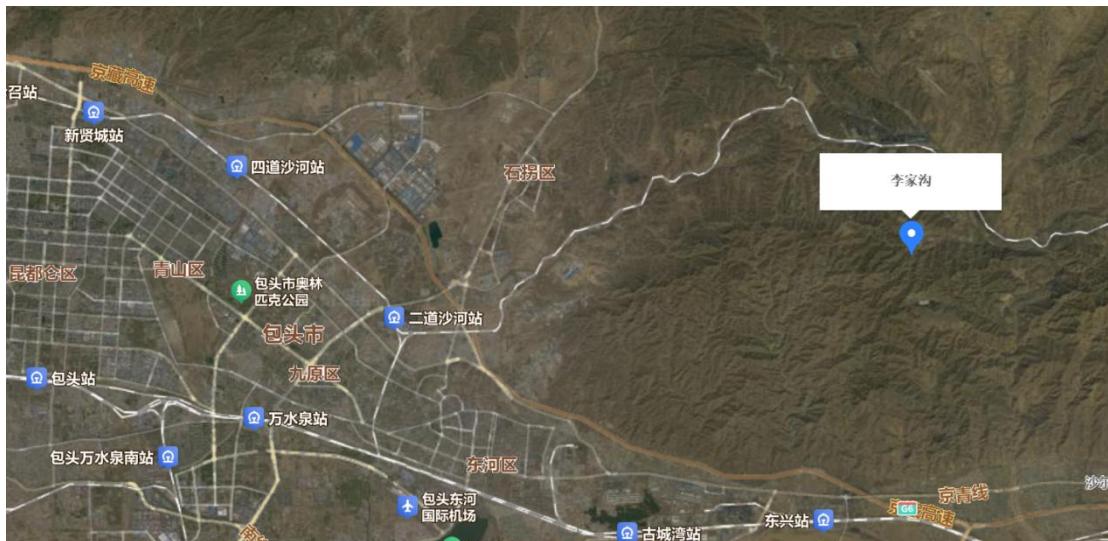


图 7.7-1 拟建场址地理位置示意图

7.7.2 地形地貌

李家沟区域场址位于大青山山脉阴赖猫山北侧，为中低山区地貌，冲沟较发育，地形复杂，地形为西北高东南低，中部相对平坦，本区域内进行过火区治理工程，形成了剥离坑，最低点位于东部剥离坑中，海拔标高+1195m，最高点位于治理区南侧的山顶，海拔标高为+1339m，最大高差 144m，一般地形高差 50~100m。区域周边原始地貌处植被覆盖较好。

7.7.3 地震地质

7.7.3.1 地质构造特性

区内新构造运动强烈，活动断裂发育，是中强地震活动的重要地质构造条件。具有一定规模的强烈活动断裂是划分地震活动带和新构造分区的主要依据。在这些构造带上，新构造差异运动强烈，地震活动频繁。现将区内主要构造活动带的基本特征与地震活动关系概述如下：

(1) 大青山山前断裂带

大青山山前断裂，西南起自昭君坟南，呈北东方向过黄河经麻池、苗家营子，而后转为近东西向通过万水泉镇、九原区、东河区，向东沿大青山南麓延伸至呼和浩特以东的奎素一带，总体走向为北东东，全长约 200km，是呼包凹陷的北边界断裂。

断裂在地表基本连续出露，由一系列阶状正断层组成，具有左旋走滑分量，断层倾向西南，地表倾角较陡，约 $50^{\circ}\sim70^{\circ}$ ，到深部变缓为 $45^{\circ}\sim65^{\circ}$ 之间，总体呈铲形。据有关大青山断裂带的研究资料，断裂在晚更新世至全新世时期活动强烈，断层错断全新世冲洪积扇，错断晚更新统晚期和全新世地层，多次发生古地地震事件。断裂活动在全新世时期具有明显的分段性，其中以雪海沟—土右旗段最为强烈，是第四纪以来全新世时期活动强烈的段落（李克等，1994）。由于断裂强烈活动，使呼包凹陷呈北深南浅的不对称状，盆地沉积中心紧靠大青山山前断裂带分布，且最大沉积厚度具有西大东小的特点，向东逐渐变薄。断裂两侧全新世以来差异升降运动速率平均为 1.7mm/a ，1929年沿断裂在毕克齐发生过一次6.0级地震。

（2）乌拉山山前断裂带

乌拉山山前断裂位于乌拉山南麓，西起乌拉特前旗，东经包头市昆都仑区北至青山区，总体走向近东西，全长 110km 。

乌拉山山前断裂为新生代形成，长期活动、控制乌拉山山体间接性抬升、乌前断陷强烈沉降的边界断裂。乌拉山遭受强烈的剥蚀作用，山势雄伟，沟谷深切，基岩裸露，最高峰海拔高程为 2322m ，相对河套平原高差为 1200m 。由于第四纪晚期山体间隙性抬升，沿断裂带形成窄长的基座台地和基岩断崖，台地海拔高程为 $1090\sim1100\text{m}$ 高出山麓约 $50\sim60\text{m}$ ，在基岩剥蚀面上为上更新统湖滨相砂砾石层夹黄绿色粉砂层层覆盖。山麓全新世洪积扇及扇中扇发育。

该断裂由一系列正断层或阶状正断层组成，断面面向南倾斜，上陡（ $60\sim75^{\circ}$ ）下缓（ $44\sim62^{\circ}$ ），构成铲形断层特征。它与狼山—色尔腾山、大青山山前断裂一起，控制着河套断陷带的北边界。断层下降盘基底为太古界片麻岩，其上为下白垩统河湖相沉积，上白垩统和第三系古新统缺失。根据野外对断裂穿越和和追索调查，乌拉山山前断裂沿乌拉山南麓台地前缘展布，线性特征十分明显，基岩断崖十分壮观，在乌拉山电厂、化肥厂、公庙庙子、和顺庄等地见错断上更新统和全新统地层。乌拉山山前断裂北侧是持续上升

的乌拉拉山山体，主要由太古界片麻岩和印支期花岗岩组成，最高峰 23222m，第三纪夷平面海拔 2000m，相对高度 1000m；乌拉山山前也发育 3 级台地，它们形成的时代与狼山—色尔腾山山前发育的台地时代一致，即距今约 2~2.5 万年（T3）和 6000~9000 年（T1）（国家地震局鄂尔多斯周缘活动断裂系课题组，1988）。

这些台地前缘受断裂控制，其高度基本反映了晚更新世晚期以来断裂的垂直运动幅度。在断裂西段西山嘴至公庙子长约 21km 范围内，T3 台地高出山前平原 50~60m，如果认为这是距今约 23000 年以来的位移量，其垂直位移速率为 2.17~2.60mm/a。在公庙子至和顺庄段 T3 台地相对高度 85m，T2 台地相对高 55m 和 T1 台地相对高 5~7m，由此得到 T3 形成以来断裂的平均垂直位移速率为 3.7mm/a，T1 形成以来的垂直位移速率为 0.63~0.88mm/a。在和顺庄至包头昆都仑区段，T3 相对高度 65~75m，T2 相对高度 45~55m 和 T1 相对高度约 5m。得到 T3 和 T1 形成以来断裂的平均垂直位移速率分布为 2.8mm/a~3.3mm/a 和 0.63mm/a（速率由冉勇康据国家地震局鄂尔多斯周缘活动断裂系课题组 1988 年资料推算）。近年，对沿断裂全新世（约 1.2 万年）以来的断错洪积扇陡坎得到的实测高度为：公庙子—和顺庄平均 7.8m，垂直位移速率 1.13mm/a；和顺庄—包头段平均 6.2m，垂直位移速率 0.93mm/a。近 30 多年来，沿断裂带在山前凹陷中小震群时有发生。因而是河套断陷带中一条重要的活动断裂带。

7.7.3.2 地震活动

区域范围靠近大青山山前断裂、乌拉山山前断裂等。区域内及周边地区发现多次有记载的较严重灾害性地震，且未来最大潜在地震震级为 8.0 级。依据“中国地震动峰值加速度区划图”划分，本区所处地震动峰值加速度为 0.20g，对照地震烈度为 VII 度。填埋场选址时需要尽量避开主要断裂构造。

7.7.4 工程地质

7.7.4.1 地层岩性

本区域地层大部分地基土强度一般，有软弱夹层，持力层需加固，局部基岩较深、其厚度常不足 1m，有时不足 0.5m，形成伪顶。

岩性均为粘土质泥岩、炭质泥岩偶夹细砂岩、粘土岩、砂质泥岩、泥岩等，稳定性差，工程地质条件为层状岩类中等类型，即三类二型。

李家沟区域地层由老至新依次为：太古界片麻岩；侏罗系中下统石拐群之五当沟组、长汉沟组及新生界第四系。分述如下：

1、太古界片麻岩（Ar）

下部为粗大片理、质地坚硬不易风化的伟晶片麻岩及花岗片麻岩，上部为岩性较软成细条带状的负片麻岩，颗粒较细，远看似有层理出现，不易辨认。

2、侏罗系中下统石拐群（Jsh）

（1）五当沟组（J1-2w）

底部为厚层状灰白、灰绿、浅红色砾岩，砾石成分以片麻岩为主，分选差，磨圆度较好，这层底砾岩是本区追索含煤组地层的主要标志层之一。上部为含煤组地层，岩性以灰黄、灰白色中粗粒砂岩及灰色、深灰色砂质泥岩、泥岩及煤层为主，含植物化石。其中发育有一层灰黑色油页岩（K-1），内夹薄层铁质结核，是本组上下含煤段分界标志层。

该组地层为本区主要含煤地层，厚度约 700m 左右，由上到下分别含 G、H、I、J 和 L 共计五个煤组，与下覆地层呈不整合接触关系。

（2）长汉沟组（J2c）

岩性以灰色、灰绿色中、粗粒为主，夹灰色砾岩及含砾砂岩，局部见薄层石灰岩及黑灰色页岩，上部为灰色淡水灰岩，灰绿色砂岩及砂质页岩互层。该组地层平均厚 100m 左右，与下部地层呈整和接触关系。

3、新生界第四系（Q）

（1）全新统冲洪积砂、砾石层：岩性主要为河床砾石、砂土及次生黄土等。分布于河床及沟谷内，如正沟、召沟一带砾石多来自附近基岩，圆化程度较差。

(2) 上更新统马兰组黄土层：多分布于小山包及阶地上，土黄色，成分以粉砂质为主、偶含小砾石，柱状节理发育，本区黄土层大多可作为耕地，厚度为1~25m之间，变化较大。

新生界第四系地层与下部地层呈角度不整和接触关系。

4、场地土层

主要由新近填土(Q_4)和白垩系(K1)砂岩组成。从整体上看，土层分布比较均匀，但局部存在夹层。根据场地土成因类型及岩性特征的不同，将钻探揭露深度范围内的地层自上而下划分为4大层。

(1) 杂填土(Q_4)：杂色，松散，稍湿，以碎石为主，局部含有煤渣。土层厚度1.10—13.60米，该层在场地内分布不连续，在zk5、zk6处缺失。

(2) 砂岩(K1)：灰褐色、灰黑色，全风化，以细砂岩和粉砂岩为主，矿物成份以石英、长石及高岭土为主，砂质结构，层理构造，层理面近乎水平。泥质胶结，岩体破碎，结构面破坏，岩芯呈碎块状，属软岩，易分化崩解及水浸软化。层顶深度0.00米，层底深度1.10—1.40米，土层厚度1.10—1.40米，该层在场地内分布不连续，仅在zk5、zk6中出露。

(3) 砂岩(K2)：灰褐色、灰黑色，强风化，以细砂岩为主，矿物成份以石英、长石及高岭土为主，碎屑结构，层理构造，层理面近乎水平。泥质胶结，岩体破碎，结构大部分破坏，岩芯呈短柱状，属软岩，易分化崩解及水浸软化。层顶深度1.10—4.30米，层底深度3.40—11.30米，土层厚度2.10—7.00米，该层在场地内分布不连续，在zk2中缺失。

(4) 砂岩(K3)：灰褐色、灰黑色，中风化，以细砂岩为主，矿物成份以石英、长石及高岭土为主，碎屑结构，层理构造，层理面近乎水平。泥质胶结，岩体破碎，结构大部分破坏，岩芯呈柱状，属软岩，易分化崩解及水浸软化。层顶深度3.40—13.60米，本次勘察未揭穿该层，最大揭露厚度56.60米，该层在场地内分布连续稳定。

7.7.4.2 岩体工程地质特征

7.7.4.2.1 场地类别

通过钻探及已有资料判断，拟建场地 15 米范围内地层主要以中密的粉砂、密实的砾砂为主，土层剪切波速介于 250m/s~500m/s 之间，依据现行抗震规范可以判定为中硬土；区域地质资料显示，拟建场地所处区域覆盖层厚度大于 5 米，依据现行抗震规范可以判定，建筑场地类别为 II 类。

7.7.4.2.2 液化判别

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011—2010) 第 2.7.3 初判：场 地内 15 米深度范围内发现地下水，场地内第②层砾砂有液化可能性。按规范第 2.7.4 条采用标准贯入试验进一步判别，第②层砾砂标准贯入锤击数实测值大于标准贯入锤击临界值。本次勘察在场地内共选取了 2 个钻孔进行了计算。经计算拟建场地液化指数 IIE 为 0，液化等级为不液化。

7.7.4.3 岩土体物理力学性质

针对场址土样进行腐蚀性分析。依据现行《岩土工程勘察规范》的相关规定，综合评价土对混凝土结构具有微腐蚀性；对混凝土中钢筋、钢结构有微腐蚀性。

根据本次勘察所取的部分试验样品分析和标准贯入试验按地基基础设计规范要求，结合当地实际经验，提供场地各岩土层承载力特征值如下表 7.7-2、表 7.7-3、表 7.7-4。

表 7.7-2 物理力学指标综合表

地层 编号	岩土名称	粘聚力 c (kPa)	内摩擦 角 φ 度 (°)	土工试验			天然 重度 KN/m ³	承载力 f_{ak} (kPa)
				Es1- 2MPa	Es2- 4MPa	Es4- 6MPa		
(2)1	粉砂	0 *	32.0 *	18.0 *	/	/	19.5 *	140 *
(2)	砾砂	0 *	36.0 *	24.0 *	/	/	20.0 *	250 *

注：带“*”是根据实际资料及地区勘察经验综合给出，砂性土为变形模量。

表 7.7-3 标准贯入试验锤击数统计表（实测）

地层 编号	岩土名称	试验次 数 n	最大 值 max	最小值 mix	平均值 μ	标准差 σ	变异系 数	建议 值
(2)1	粉砂	4	17.0	16.0	16.5	/	/	16.5
(2)	砾砂	23	38.0	31.0	33.9	2.043	0.060	33.9

表 7.7-4 标准贯入试验锤击数统计表（修正）

地层 编号	岩土 名称	试验次 数 n	最大 值 max	最小 值 mix	平均 值 μ	标准差 σ	变异系 数	建议 值
(2)1	粉砂	4	17.0	16.0	16.5	/	/	16.5
(2)	砾砂	6	32.0	28.2	29.7	1.078	0.036	29.7

7.7.4.4 不良地质作用

在场址区及周边地段无大规模抽取地下水、对油（气）等矿藏的开采等人类活动的情况和遗迹，无影响工程建设的火山、地面沉降、隆起开裂、岩溶、滑坡、泥石流等不良地质作用。场址局部存在石料开采形成的高陡岩质边坡，长期受风蚀雨淋等地质作用的影响下，破碎岩石易崩落，存在崩塌隐患。

区域内构造为一单斜构造，地层走向为东西走向，总体倾向为向南倾，区内小褶皱较发育，地层倾角大，普遍倾角大于 70°，部分地段地层发生了倒转现象。区域内未发现有岩浆岩活动的迹象。

根据勘察深度范围内所取得的资料，结合区域地质调查分析，场地范围内不具备产生破坏性的滑坡、泥石流等地质灾害的条件，适宜本工程建设；本场地为抗震一般地段。

7.7.5 水文地质

本区岩层含水微弱，主要为第四系孔隙含水层及长汉沟组砂岩含水层，该含水层主要接受大气降雨补给，属潜水含水层；煤系地层含水层为砂岩裂隙含水层组，富水性自下而上逐渐增加，富水性最大为 12~13 号煤层之间砂岩含水层，总体上为弱含水层组。水文地质治理类型为第一~二类一型，以孔隙~裂隙为主的水文地质条件简单矿床。

含水层从上至下分为：第四系地层、G 号煤层顶板含水段、G-L 号煤层含水段、L 号煤层顶板含水段、K-1 至 L 号煤层含水段和 L 号煤层底板含水段。

1、第四系地层

李家沟区域第四系地层覆盖较为广泛，尤其是黄土层，厚度最大可达 30m 左右。其次近期及古期河床中及其两岸，河床冲积物厚度达 10m，主要由片麻岩、页岩、砂岩等砾石砂砾组成，其上覆盖有 2m 左右的次生黄土，以古成塔一带最为发育，在主要的河床中，如正沟、石拐西沟及五当沟、召沟等沟内含孔隙水较为丰富，单位涌水量 1-5 公升/秒，地下水位很高，一般在地面下 0.5-4m。

2、G 号煤层顶板含水段

灰、浅灰色砾质粗砂岩，粗砂岩与细粒砂岩互层并夹砂质页岩，出露面积 0.87km^2 ，厚度平均在 140m 左右，节理裂隙仅在那林沟发育，裂隙度 1.3%，为裂隙孔隙自由水，静水位标高为 1209.40-1175m。根据抽水试验结果，其单位涌水量为 0.00397L/s ，渗透系数 0.00284m/d 。

该段无泉水露头，矿化度为 0.353g/L ，总硬度为 11.9 德国度，属重碳酸盐、硫酸盐钙镁水。

3、G-L 号煤层含水段

灰、浅灰色砾质粗砂岩，粗、中、细砂岩夹砂质页岩及页岩，含 G1、G2、G3、H、H1、Ia 等煤层，厚度较稳定为 102m，静水位标高为 1176.4-1199.6-1251.4m，节理裂隙均不发育。

该段无泉水露头，根据抽水试验结果，其单位涌水量为 $0.00025-0.00317\text{L/s}$ ，渗透系数 $0.000264-0.00326\text{m/d}$ ，为微含水至含

水，矿化度为 0.793g/L ，总硬度为 21.28 德国度，属重碳酸盐氯化物钠镁水。

4、L 号煤层顶板含水段

灰、浅灰色粗、细砂岩夹页岩，厚度较稳定约 56m，含 I1 等煤层，节理裂隙均不发育，裂隙度 0.585%，存有裂隙孔隙承压水，单位涌水量为 $0.0000186-0.003827\text{L/s}$ ，渗透系数 $0.0000531-0.0059\text{m/d}$ ，不含水至微含水，仅古城塔以西含水。矿化度为 0.66g/L ，总硬度为 4.42 德国度，属重碳酸盐硫酸盐钠镁水

5、K-1 至 L 号煤层含水段

浅灰、灰白色粗、中、细粒砂岩，局部夹砂质页岩，上部含 Jb、Ja 号煤层，全段厚约 70m，静水位标高在古城塔一带为 1156m，节理裂隙仅在那林沟发育，裂隙度 1.53%，为裂隙孔隙承压水。根据抽水试验结果，其单位涌水量为 $0.00275-0.011-0.052\text{L/s}$ ，渗透系数 $0.00175-0.00901-0.05\text{m/d}$ ，微含水至含水。该含水带的含水性决定于节理裂隙的发育程度及近代河床冲积层的覆盖厚度。矿化度为 1.10g/L ，总硬度为 1.5 德国度，属重碳酸盐氯化物钠镁水。

6、L 号煤层底板含水段

灰白色底砾岩、砾质粗砂岩和细粒砂岩，局部夹砂质页岩，其厚度变化频繁，在古城塔一带厚度为 3.00-24.00m，至那林沟则变化为 52.00m，并且底砾岩厚度增加。静水位在古城塔一带为 1156m，在那林沟一带为 1264.9m，为孔隙裂隙水，单位涌水量为 $0.004-0.01157\text{L/s}$ ，渗透系数 $0.00896-0.013\text{m/d}$ ，微含水至含水。矿化度为 1.020g/L ，总硬度为 10 德国度，属重碳酸盐氯化物钠镁水。

7、水质分析

针对水样进行腐蚀性分析。依据现行《岩土工程勘察规范》的相关规定，综合评价水对混凝土结构具有微腐蚀性；对混凝土中钢筋、钢结构有微腐蚀性。

7.7.6 工程水文

该区域第四系地层覆盖较为广泛，尤其是黄土层，厚度最大可达 30m 左右，其次近期及古期河床中及其两岸，河床冲积物厚度达 10m，主要有片麻岩、页岩、砂岩等砾石砂砾组成，其上覆盖有 2m

左右的次生黃土，以古成塔一带最为发育，在主要的河床中，如正沟、石拐西沟及五当沟、召沟等沟内含孔隙水较为丰富，单位涌水量 1-5 公升/秒，地下水位很高，一般在地面下 0.5-4m。

对于矿床充水因素进行分析，作为地下水主要来源的大气降水，由于本区属于干燥的大陆性气候，因而显示了其补给来源的贫乏性，从收集的 1956 年气象资料来看，全年合计蒸发量为 2147.1mm，而降水量为 285.1mm，仅 1957 年 1-6 月份来看，合计蒸发量为 374.2mm，而降雨量则为 26.7mm，蒸发量大于降雨量约 13 倍。

大气降水是其地下水的主要补给来源。区内露头良好，局部岩石受风化后，裂隙较发育，地层又多为高角度产状，沟谷横穿各地质层，大气降水可直接补给地下水，雨期因地形坡度大，有利于降水排泄。据矿井资料，大气降水对矿床充水影响不大，雨期矿井水有所增加。

7.7.7 气象条件

本区属大陆性气候，春季多风，冬季寒冷，昼夜温差较大。最高气温 37°C，最低气温零下 33°C，年平均气温 7.1°C，年平均降水量 339.8mm，年平均蒸发量 2664mm。炎热时期多在 7、8、9 三个月内，寒冷时期在 12 月至翌年 5 月份，最大冻土厚度 1.5m，无霜期近 132 天。

7.7.8 人口分布

场址半径 10km 范围内人口相对来说是地广人稀，有常住人口 2000 人，人口主要集中在场址的 ENE 方位，5-10km 处，五当召镇政府位于此区，流动人口也主要分布在此区，流动人口以短期流动人口为主，流入人口主要是短期流入的务工、培训学习、探亲访友、商务等人员，以夏秋季节和节假日流入人口较多。喜桂图社区、马场村位于石拐新区中心城区，来此商务人员、培训学习人员、短期办事人员等比较多，约有 800 人次。场址半径 5km 范围流动人口情况同 10km 范围，流入人口更少。

7.7.9 附近的工业、交通及其他设施

场址半径 10km 主要企业为内蒙古亚新隆顺特钢有限公司，生产钢材，企业年产值近百亿元，位于场址北侧约 7km 处。

场址半径 10km 范围内有危险品企业 7 家，其中 3 家加油站、1 家天然气充装站、1 家化工厂、1 家工业气体厂。场址半径 10km 范围内运输的危险品为汽油、柴油、天然气、液氯、乙炔等。

场址半径 10km 范围内有现状中压燃气管网，分布在石拐新区，管径范围为 De90-De315，管道压力均为 0.3MPa，其中距离场址最近的现状中压燃气管线位于场址 E 方位，约 3.0km 处，管压为 0.3MPa。场址半径 10km 范围内没有规划输气管线通过。场址半径 2km 范围内没有大中型化工厂，也没有大型的油库和气体管道，没有威胁场址安全的火灾危险。

李家沟区域交通主要以公路与外界联系，北约 5km 有包（头）-石（拐）一级公路，交通条件较为便利。

李家沟区域北部约 6.8km 处有石拐 35kV 变电站一座，该变电站设有主变两台，容量一台为 15MVA、另一台为 16MVA。变电站电压等级 35kV、6kV 两个，均采用单母线分段接线形式。目前变电站有足够的富裕容量可满足填埋场工程需要。

7.7.10 土地利用

场址半径 10km 范围内主要涉及灌木林地、天然牧草地、其他林地、其他草地等，场址区域所在地为天然牧草地。

场址半径 5km 范围内无探矿权，场址半径 10km 范围内涉及 1 处探矿权，为内蒙古包头市石拐区柳树湾铁多金属矿详查，矿种为铁矿，位于场址 NW 方位约 9.8km。

场址半径 10km 范围内无水库，10km 范围内的河流有石拐子西沟、留宝窑子沟、本坝沟、大庙沟等 10 条河流，均为季节性河流。

场址半径 10km 范围内不涉及饮用水水源地准保护区和自然保护区。

场址半径 10km 范围内有文物古迹 14 处，其中自治区级 1 处，市级 3 处，其他均未定级。距离场址最近的是大发老街。

场址半径 10km 范围内省级以上旅游景区有 2 个，距离场址最近的是五当召。

7.7.11 小结

分析了李家沟场址地形地貌、地震地质、工程地质、水文地质、工程水文、气象条件、人口分布、交通和土地利用等自然和社会条件，初步判断矿区场址不存在颠覆填埋场建设的因素。

7.8 环境影响

三个可能场址所在区域地震活动均较弱，场址近区域范围内不存在晚更新世以来活动的断裂；可能场址内均未发现断层，主要的地质构造为节理裂隙；李家沟场址地下水位较高，在地面下 0.5-4m 处，需要采取导排水、防渗等工程措施降低地下水的影响，使得场址的地下水位满足使用要求；五当召场址和李家沟场址的地基承载力较弱，需开展持力层加固等工程措施；各场址内不存在影响填埋场建设的不良地质作用与地质灾害；各可能场址区域内的极端气象条件也不会对填埋场的建设和运行带来颠覆性影响；各场址均在百年一遇洪水标高线以上，在水库等人工蓄水设施、淹没区和保护区之外，陆域洪水不会对各可能场址安全产生颠覆性影响。

根据国内外的经验，可以通过精心设计、精心施工、加强监管等措施，使得填埋场建设、运营等活动（包括正常工况和事故工况）对填埋场以外周边环境造成的影响符合国家法律和标准的要求。三个可能场址均可作为填埋场场址，没有颠覆性影响。

7.9 场址条件比选

7.9.1 场址条件比较表

表 7.9-1 三个可能场址的条件比较表

GB/T28178 要求	HAD401 要求	项目内容	后阿塔沟区域场址（A）	五当召区域场址（B）	李家沟区域场址（C）	单项比较
符合该地区城乡建设规划和(或)单位总体规划的要求。场址应选在交通方便、建造和运行费用低、能保证填埋场正常运行的地方，不应选在工农业发展和居民生活规划区、生态保护区、水源保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域内。距地表水体和饮水取水点有适当的距离。不应选在地下水补给区、饮用水源保护区和供水远景规划区内，且下游无集中供水井。	危险设施	危险设施	场址半径 10km 范围内有危险品企业 13 家，其中 7 家加油站、1 家天然气充装站、4 家化工厂、1 家工业气体厂。场址半径 10km 范围内运输的危险品为汽油、柴油、天然气、液氯、乙炔等。 场址半径 10km 范围内有现状中压燃气管网，分布在青山区兴胜镇和石拐新区，管径范围为 De90-De315，管道压力均为 0.3MPa，其中距离场址最近的现状中压燃气管线位于场址 W 方位，约 4.0km 处，管压为 0.3MPa。场址半径 10km 范围内没有规划输气管线通过。场址半径 2km 范围内没有大中型化工厂，也没有大型的油库和气体管道，没有威胁场址安全的火灾危险。			A≈B≈C
		机场	距离场址最近的为五当召机场，距离场址 10.7km，E 方位，年平均起落 700 架次。场址半径 4km 内没有航线或起落通道。根据 HAD101/04（1989）对于场址半径 16km 对机场的要求，年设计起落架次大于 $193d^3$ 需要考虑飞机坠毁的潜在危险，五当召机场 $193d^3=193*10.7^3=236433$ ，机场年平均起落 700 架次小于 236433，不需要考虑五当召机场飞机坠毁的潜在危险。			A≈B≈C
	人为事件	矿产资源	场址半径 5km 范围内涉及 1 处探矿权，为内蒙古包头市石拐区柳树湾铁多金属矿详查，矿种为铁矿，位于场址 NE 方位约 2.8km。场址半径 5km 范围内涉及 1 处采矿权，为包头市九原区后营子克尔马沟石墨矿，矿种为石墨，位于场址 E 方位约 2km。场址区域所在地不涉及探矿权和采矿权。	场址半径 5km 范围内涉及 1 处探矿权，为内蒙古包头市石拐区柳树湾铁多金属矿详查，矿种为铁矿，位于场址 NE 方位约 2.8km。场址半径 5km 范围内涉及 1 处采矿权，为包头市九原区后营子克尔马沟石墨矿，矿种为石墨，位于场址 E 方位约 2km。场址区域所在地不涉及探矿权和采矿权。	场址半径 5km 范围内无探矿权，场址半径 10km 范围内涉及 1 处探矿权，为内蒙古包头市石拐区柳树湾铁多金属矿详查，矿种为铁矿，位于场址 NW 方位约 9.8km。	A≈B≈C
		位置	场址位于内蒙古自治区包头市石拐区	场址位于内蒙古包头市石拐区五当召镇。	该区域地处内蒙古自治区包头市石拐区五当召镇。	A≈B≈C
	公众与政府支持		在天然放射性固体废物填埋场选址工作推进中，包头市政府与石拐区政府对该项工作整体持积极推动、支持协作的态度。包头市政府对项目合作建设意向给予政策层面的明确认可，为项目初期发展奠定基础；通过市人大常委会专题会议，研判并正式同意“在石拐区选址”的核心思路，并部署后续对接工作，有效推动项目实施。石拐区政府也积极响应市级部署，全力促成填埋场建设合作意向，从建设方案的细化确定，到合资公司的筹备成立，始终保持高效协同，确保项目各环节稳步推进。此外，包头市政府还承诺将尽快出台征地补偿方案，并组织完成征地工作，保障天然放射性固体废物填埋场建设顺利开展。 天然放射性固体废物填埋场选址期间，公众普遍展现出的明确支持态度，不仅是对项目本身的认可，更成为推动选址工作稳步推进的重要社会力量。在项目正式启动后的多轮公众反馈收集与意见征集环节中，相关部门通过线上公示、线下村民小组意见征集等多元化渠道，广泛搭建与民众沟通的桥梁，充分保障民众的知情权、参与权与表达权。在这一系列公开透明的互动过程中，民众通过填写意见表、现场发言、线上留言等合理渠道，主动表达对选址工作的意见和建议。			A≈B≈C

废物运输	交通条件	<p>场址半径 10km 范围陆上交通，有国道 G210，省道 S506，县道 X080。有一条已经停运的铁路，为包石线，距离场址约 3.7km。场址半径 10km 范围内无水路分布。</p> <p>场址有简易道路（3km）接入现有路网，路面相对较为平坦，大型货车可以通行要求。</p>	<p>场址半径 10km 范围陆上交通，有国道 G210，省道 S506，县道 X080。有一条已经停运的铁路，为包石线，距离场址约 3.7km。场址半径 10km 范围内无水路分布。</p> <p>场址有简易道路（4.3km）接入现有路网，简易道路路面起伏大，路面较窄，只能满足越野车通行，大型货车难以通行。</p>	<p>区域交通主要以公路与外界联系，北约 5km 有青山-五当召公路，东侧约 3km 有沙明公路，交通条件较为便利。</p> <p>场址有简易道路（3.3km）接入现有路网，需进行拓宽和加固即可使用。</p>	A≈C>B
	与废物产生单位关系	距离 202 厂直线距离 14.5km。	距离 202 厂直线距离 17km。	距离 202 厂直线距离 24km，需要从北侧青山-五当召公路绕行至东侧进入。	A≈B>C
土地利用	用地适宜性	<p>场址周围空旷，场址可利用土地充足。</p> <p>场址区域东部和中部有 500kV 克俊线，北部有 220kV 包梁 2 线。</p> <p>场址远离市政供水管网，现场所需用水需进行外购，通过槽车运输至现场。</p> <p>场地平整面积约 100 亩，高差不超过 10m，需要开挖和回填的土方工作量较小。</p>	<p>场址周围较为空旷，场址可利用土地较为充足。</p> <p>场址远离市政供水管网，现场所需用水需进行外购，通过槽车运输至现场。</p> <p>场地平整面积约 100 亩，平整地段依山谷成型，高差近 70 米，平整难度和土建工作量大。</p>	<p>场址远离市政供水管网，现场所需用水需进行外购，通过槽车运输至现场。</p> <p>场地平整面积约 100 亩，平整面积不连续，最大高差达到 100 米，平整难度和土方工作量大。</p>	A>B≈C
人口分布	距场址最近的万人以上人口的城镇	场址半径 5km 内没有万人以上的人口集中地区。场址半径 5km 范围内无学校、医院、养老院（敬老院、福利院）和监狱。	场址半径 5km 内没有万人以上的人口集中地区。场址半径 5km 范围内无学校、医院、养老院（敬老院、福利院）和监狱。	场址半径 5km 内没有万人以上的人口集中地区。场址半径 5km 范围内无学校、医院、养老院（敬老院、福利院）和监狱	A≈B≈C
环境保护	饮用水源	场址半径 10km 范围内涉及 2 处饮用水水源地保护区，分别为包头市集中式饮用水水源（东河）部分、包头市集中式饮用水水源地保护区（昆区、青山、九原），分别位于场址 W 方位 7km 和 SSW7.5km。	场址半径 10km 范围内涉及 2 处饮用水水源地保护区，分别为包头市集中式饮用水水源（东河）部分、包头市集中式饮用水水源地保护区（昆区、青山、九原），分别位于场址 W 方位 7km 和 SSW7.5km。	场址半径 10km 范围内无水库，10km 范围内的河流有石拐子西沟、留宝窑子沟、本坝沟、大庙沟等 10 条河流，均为季节性河流。场址半径 10km 范围内不涉及饮用水水源地保护区。	A≈B≈C
	自然保护区	场址半径 10km 范围内的自然保护区有 1 处，为内蒙古大青山国家级自然保护区。保护区与场址的最近点位于 NNE 方位 0.7km 处，为实验区边界。	场址半径 10km 范围内的自然保护区有 1 处，为内蒙古大青山国家级自然保护区。保护区与场址的最近点位于 NNE 方位 0.7km 处，为实验区边界。	场址半径 10km 范围内不涉及自然保护区。	A≈B≈C
	文物古迹	场址半径 10km 范围内有文物古迹 16 处，其中自治区级 2 处，市级 2 处，其他均未定级。距离场址最近的是赵北长城石拐区段，距离场址 0.8km。	场址半径 10km 范围内有文物古迹 16 处，其中自治区级 2 处，市级 2 处，其他均未定级。距离场址最近的是赵北长城石拐区段，距离场址 0.8km。	场址半径 10km 范围内有文物古迹 14 处，其中自治区级 1 处，市级 3 处，其他均未定级。距离场址最近的是大发老街。	A≈B≈C

		景区	场址半径 10km 范围内省级以上旅游景区有 3 个, 距离场址最近的是赵北长城。	场址半径 10km 范围内省级以上旅游景区有 3 个, 距离场址最近的是赵北长城。	场址半径 10km 范围内省级以上旅游景区有 2 个, 距离场址最近的是五当召。	A≈B≈C
地区地质构造相对简单、稳定, 没有活动断层。应避开湿地和低洼汇水处、石灰溶洞发育地带、废矿塌陷区、多滑坡或泥石流地区、高压缩性淤泥或软土区。	地质	地形地貌	场址区域为构造剥蚀低中山地形, 属于低山-沟谷地貌, 地面标高约 1326.00~1412.09m。山顶多呈半圆形和浑圆形, 山坡坡度一般为 20°~50°, 主沟谷为留宝窑子沟西侧支沟, 主沟谷和山体多呈南北走向。	场地属低山丘陵地貌, 多呈浑圆形的岩质山丘, 山坡坡度一般为 30°~50°。场地四周冲沟发育, 大多呈“U~V”型, 地形相对较缓, 切割较浅, 地面高程在 1322.0~1411.15m 之间, 相对高差 89.15m, 整体北西高、东南低。	中低山区地貌, 冲沟较发育, 地形复杂, 地形为西北高东南低, 中部相对平坦, 本区域内进行过火区治理工程, 形成了剥离坑, 最低点位于东部剥离坑中, 海拔标高+1195m, 最高点位于治理区南侧的山顶, 海拔标高为+1339m, 最大高差 144m, 一般地形高差 50~100m。	A≈B>C
		不良地质作用	根据工程地质测绘、勘探结果, 未发现有影响工程建设的火山、地面沉降、隆起开裂、岩溶、滑坡、泥石流。也未发现古河、暗浜等人工地下设施。 沟谷南部西侧山脚处见一人工洞穴, 据调查为采石探槽, 该洞穴高约 1.3m, 宽约 1.0m, 向内延伸约 8m。该洞穴不会引发对沟谷区域的地质灾害, 但应避免进入。测区内崩塌隐患主要存在于场址西南侧废弃采石场中, 存在崩塌的隐患。	根据勘察资料、结合现状调查分析, 场地在勘探深度范围内, 虽未发现泥石流、崩塌及滑坡等具危害性的不良地质作用和地质灾害。 场址位于废弃采石场废石填埋区, 人工开挖形成的边坡倾角较陡 (70°~85°) 高约 5~7m, 边坡稳定, 无破碎岩石易崩落, 不存在崩塌的隐患。在拟建选址下游西南侧有一处废弃采石边坡, 在长期受风蚀雨淋等地质作用的影响下, 破碎岩石易崩落, 存在崩塌的隐患。	在场址区及周边地段不存在地下水开采情况, 但存在大规模采煤的情况, 区域附近存在采空区, 区域内部分区域煤层还进行过火区治理。场址局部存在石料开采形成的高陡岩质边坡, 长期受风蚀雨淋等地质作用的影响下, 破碎岩石易崩落, 存在崩塌隐患。 没有其他影响工程建设的火山、地面沉降、隆起开裂、岩溶、滑坡、泥石流等不良地质作用。	B>A>C
		岩土适宜性	拟建填埋单元位于沟谷区, 除回填层外, 其他各层地基土强度较高, 为良好的持力层, 无软弱夹层。岩土体中没有断层和软弱结构面, 土层与基岩面接触处, 无软弱层存在, 界面角度小于 5°, 地基不会滑动, 地基是稳定的。	拟建选址废石场除回填层外, 其它各地层地基土强度一般, 有软弱夹层, 持力层需加固, 局部基岩较深。岩土体中不存在地下空洞, 无采矿和其它地下采空区, 无地基塌陷和地基滑动、倾覆潜在的危险, 未发现破碎带等不稳定地质构造, 该场址回填区域土层与基岩面接触处, 有软弱层存在, 沿沟谷方向, 上覆土层有沿基岩面滑移风险。	本区域地层大部分地基土强度一般, 有软弱夹层, 持力层需加固, 局部基岩较深、其厚度常不足 1m, 有时不足 0.5m, 形成伪顶。岩性均为粘土质泥岩、炭质泥岩偶夹细砂岩、粘土岩、砂质泥岩、泥岩等, 稳定性差, 工程地质条件为层状岩类中等类型, 即三类二型。	A>B≈C
		地表断裂	本区域属华北地震区、河套断陷地震构造带, 拟建场址及其附近范围无全新世活动断裂。			
大地构造和地震活动		地震活动性	区域范围靠近大青山山前断裂、乌拉山山前断裂等。依据“中国地震动峰值加速度区划图”划分, 本区所处地震动峰值加速度为 0.20g, 对照地震烈度为 VII 度。填埋场选址时需要应尽量避开主要断裂构造。区内地震活动频繁, 属地震多发区, 公元 279 年在包头糖厂一带发生过 7.9 级地震, 1987 年在石拐区吉忽伦图苏木爬榆树发生过 3.8 级地震, 1996 年 5 月 3 日包头西发生 6.4 级地震, 均波及到本区。据石拐地震台统计, 在半径 500 公里范围内 3 级以上地震频率为 7 次/年, 3 级以下地震频率 36 次/年。			

	水文地质	地表水	厂址内及周边 2km 范围内无地表水。厂址在百年一遇洪水标高线以上，并在长远规划中的水库等人工蓄水设施、淹没区和保护区之外。	厂址内无地表水。厂址在百年一遇洪水标高线以上，并在长远规划中的水库等人工蓄水设施、淹没区和保护区之外。	厂址内无地表水。厂址在百年一遇洪水标高线以上，并在长远规划中的水库等人工蓄水设施、淹没区和保护区之外。	A≈B≈C
最高地下水位一般应在填埋场基底 2m 以下。	地球化学	地下水	<p>场址水位埋深为 2.3~22.48m。松散岩类孔隙水赋存于全新统中粗砂、砾砂、砂砾石层中，基岩裂隙含水岩赋存于强风化~中等风化基岩裂隙中，地下水水力特征为潜水，以片麻岩、变粒岩为含水层隔水底板，具有统一的地下水水流场及地下水动力场。</p> <p>大气降水为区内地下水的主要补给来源，第四系孔隙潜水与基岩裂隙水直接接受大气降水的入渗补给。地下水总矿化度 386.2~652.3mg/L，为淡水，pH 值 7.55~8.02，为弱碱性水，地下水按硬度属硬水~极硬水。地下水对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。</p>	<p>拟建选址区松散岩类孔隙含水岩组覆盖范围较小，主要分布于选址沟谷下游。谷中坡洪积物以第四系松散砂砾石为主。沟谷中地下水位埋深一般接近松散岩类沉积层底板或大于底板，松散岩类含水层厚度一般缺失，个别地段存在小范围含水层，中等透水，补给来源主要为大气降水及基岩裂隙水侧向径流，水位及水量随季节性变化较大，场地地下水埋藏较深，对地基无影响。排泄方式主要为向沟谷外的地下径流。</p> <p>钻探资料显示场地地下水位埋深 7.0~18.0m，收集资料显示，拟建选址区地下水总矿化度 386.2mg/L~652.3mg/L，为淡水，pH 值 7.55~8.02，为弱碱性水。</p> <p>地下水整体评价：对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。</p>	<p>本区岩层含水微弱，主要为第四系孔隙含水层及长汉沟组砂岩含水层，该含水层主要接受大气降雨补给，属潜水含水层；煤系地层含水层为砂岩裂隙含水层组，富水性自下而上逐渐增加，富水性最大为 12~13 号煤层之间砂岩含水层，总体上为弱含水层组。水文地质治理类型为第一~二类一型，以孔隙~裂隙为主的水文地质条件简单矿床。李家沟区域第四系地层覆盖较为广泛，尤其是黄土层，厚度最大可达 30m 左右。其次近期及古期河床中及其两岸，河床冲积物厚度达 10m，主要由片麻岩、页岩、砂岩等砾石砂砾组成，其上覆盖有 2m 左右的次生黄土，以古成塔一带最为发育，在主要的河床中，如正沟、石拐西沟及五当沟、召沟等沟内含孔隙水较为丰富，单位涌水量 1-5 公升/秒，地下水位很高，一般在地面下 0.5-4m。</p>	A≈B>C
	气象	气象条件	场址所在区域为中温带半干旱季风气候。春季干旱多风，夏季炎热而短暂，昼夜温差大，秋季凉爽，光照充足，冬季寒冷而漫长。			

		<p>根据包头市气象局 2001~2022 年间气象资料，场址所在区域夏季平均气温为 19.0~23.0°C，最高达 37.6°C；冬季平均气温为-10°C~20°C，最低达-31.6°C。年主导风向为西北风，夏季多东北风，年平均风速为 2.7~3.4m/s，最大风速为 19.0m/s。2001~2010 年年均降水量 303.1mm，雨季集中在 7、8、9 月，占全年降水量的 60~70%；年平均蒸发量为 2342.2mm，主要集中在 5~10 月，占全年蒸发量的 60% 左右。</p> <p>场址所在区域夏季平均气温为 19.0~23.0°C，最高 37.6°C；冬季平均气温为-10°C~20°C，最低-31.6°C。年主导风向为西北风，夏季多东北风，年平均风速为 2.7~3.4m/s，最大风速为 19.0m/s。</p>	
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

7.9.2 场址适宜性排序

表 7.9-1 参照《极低水平放射性废物的填埋处置》(GB/T28178-2011)，结合《核安全导则：放射性废物近地表处置场选址》(HAD401/05-1998) 对三个可能场址的 10 个方面，共计 21 项处置场建设条件做了列举和比较，其中 15 项指标上三个可能场址的条件相近。三个可能场址的自然、社会条件对于处置场建设均无颠覆性影响。三个可能场址均能够满足《极低水平放射性废物的填埋处置》(GB/T28178-2011) 厂址建设相关要求。

后阿塔沟厂址地质条件相对较好，场地平整所需土石方工程量最小，且三个厂址中只有后阿塔沟厂址现有道路可以满足大型货车通达至厂区的运输需求，运输风险低，后期道路修建成本相对较低。综合考虑上述各方面因素，后阿塔沟场址建设本项目最为适宜。推荐后阿塔沟场址作为首选场址开展填埋场建设工作。

7.10 结论

(1) 本项目填埋场主要接收填埋来自国内燃料循环前段产业产生的天然放射性固体废物。总规划填埋容量 20 万 m³。

(2) 填埋场单元格采用浅地表凹坑式设计，废物装袋后通过运输车运至填埋单元，采用汽车吊将吨袋逐层码放在单元格内，并采用压实机压实。填埋作业完成后制作单元顶盖防渗层，当一个区域相邻的单元均完成填埋任务后及时进行封场处理。

(3) 据“勘查的合适区域可以是自然或行政边界所确定的地区，也可以是与主要废物产生单位相毗邻的地区”这一区域勘查原则，并从减少废物运输过程风险、减少废物运输成本等角度考虑，优先考虑毗邻中核 202 厂的包头市石拐区。

(4) 基于收集到的相关资料，综合考虑包括地质、水文地质、地震地质、工程水文、气象、人为事件、交通运输、土地利用、人口分布、环境保护等多方面因素，进行了资料分析与图上选点工作，在包头市石拐区提出如下 3 个可能场址：后阿塔沟区域场址、五当召区域场址、李家沟区域场址。

(5) 三个可能场址所在区域靠近大青山山前断裂、乌拉山山前断裂等。依据“中国地震动峰值加速度区划图”划分，本区所处地震动峰值加速度为 0.20g，对照地震烈度为 VII 度。三个可能场址及其附近范围无全新世活动断裂。李家沟场址地下水位较高，五当召场址和李家沟场址的地基承载力较弱，需要采取导排水、防渗、持力层加固等工程措施；各场址内不存在影响处置场建设的不良地质作用与地质灾害；各可能场址区域内的极端气象条件也不会对处置场的建设和运行带来颠覆性影响；各可能场址在百年一遇洪水标高线上以上，受陆域洪水影响的可能较小。

(6) 对三个可能场址的 10 个方面（地理位置、地形地貌、地质地震、工程地质、水文地质、工程水文、总平面布置、人口分布、气象条件），共计 21 项处置场建设条件做了列举和比较。在地理位置、地表断裂、地震活动性、极端气象条件等 15 项指标上三个可能场址的条件相近。三个可能场址的自然、社会条件对于处置场建设均无颠覆性影响。后阿塔沟厂址地质条件相对较好，场地平整所需土石方工程量最小，大型货车可以通达，道路改造成本低，综合考虑上述各方面因素，后阿塔沟场址建设本项目最为适宜。推荐后阿塔沟场址作为首选场址开展填埋场建设工作。

第八章 填埋场建造和运行的效益分析

8.1 利益分析

8.1.1 处置能力

根据项目建议书和项目核准申请报告，内蒙古填埋场总规划填埋容量暂定为 20 万 m³，一期规划建成 5 万 m³填埋容量。一期包括 2 个填埋单元，每个单元的填埋容量约为 2.5 万 m³。本项目接收国内核燃料循环前段设施生产、退役过程产生的天然放射性固体废物。

8.1.2 安全效果

填埋场中可能对环境产生影响的放射性核素有 U-234、U-235、U-238、Th-232。本项目投入运行后，包含上述核素的废物包将被安放在填埋单元内，按照 3.3 节中填埋单元设计和 3.4 节中处置工艺，在填埋场的使用期限和监管期限内，填埋单元形成了完整、有效的工程屏障，限制废物中所含放射性核素向环境的迁移，以免对填埋场四周的土壤和地下水造成污染。

8.1.3 经济利益

8.1.3.1 直接经济利益

出于填埋场正常运行的需要，营运单位将根据本项目的建造投资、运行及监护等成本提出相应的收费标准。任何废物产生单位在向本填埋场运送废物之前都必须向填埋场营运单位提出处置废物申请，在获批准时，都要缴纳相应的处置费用。这样，在一定年限内将收回首期工程投资，在收回工程投资之后，将获得少量的利润用于交税、维修、更新设备和监护等。

8.1.3.2 缴纳税金

经济分析表明，按照我国现行的税收制度，废物填埋场每年将向国家缴纳一定的增值税、城市维护建设税、教育附加税及所得税等。

8.1.3.3 间接利益

在填埋场投入运行后，可首先处置来自于中核北方历史遗留和近年来新产生的废物，然后可以处置来源于国内其他核燃料循环前段设施产生的含铀废物，这样将会降低废物在其产生单位的暂存时间，从而减少了暂存厂房的基建规模，相应的基建投资和运行投资均会减少。

8.1.4 社会和环境利益

(1) 消除天然放射性废物的风险

填埋场投入运营后，主要接收来自于中核北方以及国内其他核燃料循环前段设施产生的天然放射性废物，废物将得到安全处置，消除了各单位天然放射性废物暂存带来的风险。

(2) 增加就业机会

天然放射性填埋场不仅可以解决一定数量的固定人员就业，还可招收一定数量的临时工作人员。在填埋场关闭后的监护期间，仍需少量工作人员。同时，为填埋场建设和运行提供材料、设备、仪器等行业部门也可从中得到一定的收益，增加就业机会。

(3) 改善环境状况

由于填埋场的建造，需对道路进行拓宽或改造，将改善厂址周边交通条件。道路两边及填埋场区内部都要进行绿化，对环境的改善将起到推动作用。

天然放射性固体废物填埋场一期建设项目具有明显的社会和环境效益。

8.2 代价分析

8.2.1 经济代价

内蒙古天然放射性填埋场建设项目一期总投资估算 XXX 万元。项目建成后，还需要投入运行费，包括废物处置过程所消耗的燃料、动力和辅助材料，职工工资及福利等，以及关闭监护费用。

8.2.2 社会代价

填埋场建设过程中，不仅要解决施工人员的饮食、居住、交通等实际问题，还可能对场址周边居民的日常生活产生一定的影响，这会给当地带来一定的社会问题。本项目将严格执行相关标准的规定，并采取有效的防尘降噪措施，尽可能减少对周围居民点的影响。

填埋场的运输包括施工期间设备、建筑材料的运输，运行期间天然放射性废物包的运输等，将对当地的交通运输造成一定的运输负担。

填埋场建设期间将导致场址周围区域流动人口数量增加，一定程度上将增加当地政府在治安、社会服务等方面的投入和管理负担，这需要业主、承包商以及当地政府共同努力，适当增加相应的设施和投入，以消除不利影响，共创和谐社会。

8.2.3 环境代价

填埋场场址 10km 范围内主要为灌木林地、天然牧草地。填埋场建设将造成场址区域生态环境的变化，主要表现为将在征地范围内占用部分土地，剥离表土和植被，这将影响当地植物的生存环境，造成水土流失。通过工程中有计划的绿化和植被恢复，将对受到影响的生态环境进行有效的修复。

填埋场运行期间，工作人员需开展废物包接收、检测、吊装安放、封顶、现场管理等活动，不可避免将受到辐射照射，在填埋场关闭后，可能发生人为侵扰或闯入事故，对闯入人员造成照射。为了控制并确保工程在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准，从而保证工作人员和周围居民的安全，本工程设置了环境监测措施及屏蔽防护措施。

8.3 效益分析

8.3.1 效费比

经核算，天然放射性填埋场处置成本为 XXX 万元/m³，收费标准为 XXX 万元/m³（仅包括接收处置、维护、监护等费用，不包括运输费用），效费比为 0.83。

8.3.2 社会效益

填埋场一期的建成，使得约 5 万 m³ 的天然放射性固体废物得到安全处置，消除了天然放射性废物的暂存风险，降低了辐射危害，对环境的影响在可接受的范围内。同时，因填埋场的建设改善了道路等公共设施，增加了就业机会，具有一定的社会效益。

8.3.3 环境效益

内蒙古填埋场采用填埋单元对天然放射性废物进行安全的处置，减少了天然放射性废物对环境的影响，改善了环境。

内蒙古填埋场建设的主要目的就是为了解决积存和即将产生的大量天然放射性固体废物，属于环保投资项目，设施的建成，将解决天然放射性废物治理问题，减少其对环境构成的风险，也有利于核能的健康发展。

由此可见，本项目的建设实现了环境效益、经济效益与社会效益的最佳结合。

第九章 结论

9.1 项目概况

本填埋场项目位于内蒙古自治区包头市石拐区，接收并处置来自于国内其他核燃料循环前段设施生产、退役产生的天然放射性固体废物，主要为氟化钙等。

天然放射性固体废物填埋场总规划填埋容量暂定为 20 万 m³，一期规划建成 5 万 m³ 填埋容量。新建 2 个填埋单元，每个单元的填埋容量约为 2.5 万 m³。

9.2 环境质量现状

中核清原已委托中国辐射防护研究院开展本底调查工作，目前已完成部分本底调查。

目前已完成调查结果表明，本工程周围辐射水平与上世纪 90 年代全国辐射水平调查中包头地区的辐射水平基本相当。

9.3 废物的产生及处理

9.3.1 施工期废物产生及处理

施工建设过程中产生的污染物主要有扬尘、施工废水、固体废物和噪声。

(1) 废气

项目施工废气主要来源于基础工程中土石方开挖产生的粉尘，土石方、建筑垃圾及建筑材料运输产生的二次扬尘，施工现场材料堆放产生的扬尘。

项目施工机械和运输车辆产生的尾气。施工机械主要包括挖掘机、装载机、推土机、压路机、起重机等，以柴油为燃料，会产生一定量废气，包括 NOx、HC 等，但产生量不大，影响范围有限。

(2) 废水

施工期废水主要来自施工人员产生的生活污水和基础施工废水。施工作业期间产生的施工废水主要来源于工程养护、建材保湿产生的废水、施工作业泥浆水以及施工车辆、施工场地的冲洗废水，主

要污染物为泥沙、SS 以及少量的石油类。施工废水用于场地喷洒降尘。

(3) 固体废物

工程施工期产生的固体废弃物主要包括土石方、建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

(4) 噪声

项目施工期噪声包括施工设备噪声、施工作业噪声和车辆噪声，其中影响最大的为施工设备噪声。施工期噪声有以下特征：施工期间使用的机械设备较多、噪声源强高，且施工机械位置具有不确定性。

9.3.2 运行期主要污染物的产生及处理

(1) 废气

本工程处置的废物包装体为已整备好的废物袋、废物箱等，正常情况下，释放的放射性物质很少，对周边环境造成的影响很小。本项目接收的废物中主要核素是 U、Th-232 等天然放射性核素，长时间填埋处置会释出一定量的氡（钍射气），采用氡（钍射气）屏蔽层（兼做天然防渗层）、人工防渗衬层、排水层、生物侵入屏障层、植被层等覆盖层减少氡的释放。

(2) 废水

本工程的放射性废水主要为 02 子项废物接收综合厂房去污间洗消废水，仅当人员污染时进行淋浴时产生，生产废水产生量很少。本项目设置一个预估尺寸为 $1m \times 1m \times 1m$ 的废水收集坑，生产废水收集至集水坑，用于填埋单元洒水降尘，不外排。

本工程的非放射性废水主要为各子项卫生间、淋浴间产生的生活污水，重力流排至室外生活污水管道，汇集进入化粪池。生活污水量按生活用水量的 90%计，生活污水最高日排放量为 $1.5m^3/d$ 。本项目产生的生活污水量较少，经化粪池处理后，将本项目生活污水采用槽车外运石拐经济开发区石拐广源投资有限公司城镇污水处理厂处理。

(3) 固体废物

固体废物来源于设备维修、擦拭去污、废弃的防护用品、污水处理厂的污泥等。工作服、手套等物品清洗后均可重复利用，破损需更换作废的可清洗后作为非放固体废物处理。对于严重事故情况下污染的工作服、手套等，收集到一定量，经检测和整备后，根据放射性废物分类，送本填埋场处置。

9.4 环境影响

工程施工建设过程中产生扬尘、施工废水、固体废物和噪声等环境影响基本上都是短期的、局部的，且与人的环境意识、管理水平关系密切。通过采取有效的污染防治措施，加强施工现场管理，可以使施工过程对环境的影响降低到最小程度。施工结束后，及时清理场地，其影响可以在短期消失。

工程运行阶段，产生的放射性废气很小，基本不会对周围环境造成影响。事故考虑货包跌落后洒落在地面，工作人员处理事故过程中所受剂量为 0.398mSv ，小于事故剂量控制值 5mSv 。

填埋场关闭后，本工程地下水途径所致公众最大个人有效剂量为 $6.78 \times 10^{-6}\text{Sv/a}$ ，关键核素为 Po-210，出现在填埋场关闭后的 1.18×10^5 年，小于本工程对关闭后公众的剂量约束值为 0.01mSv/a 的要求。

考虑其它应用场景，考虑的景象有填埋场边界打井、钻孔、钻孔后岩心洒落、建造办公用房、办公居住、洪水浸泡、风蚀等景象。填埋场边界打井景象最大个人年有效剂量为 $6.46 \times 10^{-6}\text{Sv/a}$ ，小于关闭后的剂量约束值 0.01mSv/a ；假定填埋场有组织监控期（30a）结束后人员闯入，钻孔景象对公众造成最大个人剂量为 $1.45 \times 10^{-6}\text{Sv}$ ，小于关闭后的事故剂量约束值 5mSv/次 ；钻探后岩芯撒落景象所致个人剂量为 $1.88 \times 10^{-6}\text{Sv/a}$ 小于关闭后的事故剂量约束值 5mSv/次 ；建造办公用房景象所致个人剂量为 $9.51 \times 10^{-4}\text{Sv/a}$ 小于关闭后的事故剂量约束值 1mSv/a ；办公居住景象所致个人剂量为 $9.85 \times 10^{-4}\text{Sv/a}$ 小于关闭后的事故剂量约束值 1mSv/a ；洪水浸泡景象所致个人剂量为 $1.88 \times 10^{-5}\text{Sv/a}$ 小于关闭后的剂量约束值 1mSv/a ；风蚀景象所致个人剂量为 $2.29 \times 10^{-4}\text{Sv/a}$ 小于关闭后的事故剂量约束值 1mSv/a 。

填埋场一期工程关闭后对公众的影响满足相关要求。

9.5 结论与承诺

综上所述，项目运行对周围环境造成的影响很小，在建设过程中认真落实辐射安全管理措施和环保措施等各项措施的前提下，从环境保护角度分析，项目的建设是可行的。

作出以下承诺：申请运行许可证前完成对场区的辐射环境本底监测。

附件1《关于查询中核泰和环保产业开发项目限制性因素排查的函》

包头市石拐区自然资源局
霍 尔 呼 霍 尔 呼

关于查询中核泰和环保产业开发项目限制性因素排查的函

中核泰和（内蒙古）环保科技有限公司：

根据你单位提供的矢量数据，现将意见函复如下：

1. 经核查，通过对比石拐区生态保护红线数据成果，该范围不占用生态保护红线。
2. 经核查，通过对比石拐区永久基本农田数据成果，该范围不占用永久基本农田。
3. 经与石拐区2023年林草生态综合监测数据落图核实，该用地范围占用草地，不占用林地，需办理相关手续。
4. 按照国土资源部《关于进一步做好建设项目压覆重要矿产资源审批管理工作的通知》（国土资发〔2010〕137号）、内蒙古自治区自然资源厅《关于建设项目压覆重要矿产资源有关事宜的通知》（内自然资字〔2021〕299号）、内蒙古自治区自然资源厅《关于进一步优化建设项目压覆重要矿产资源工作流程的通知》（内自然资字〔2021〕531号）文件规定，使用内蒙古自治区自然资源厅“一张图”综合分析系统，对“中核泰和核环保产业开发项目”（以下简称：拟建项目）申请用地范围内是否压覆已查明重要矿产资源、矿业权设置情

况进行了查询核实，情况如下：

截止 2025 年 4 月 27 日，拟建项目用地申请范围内未压
覆已查明重要矿产资源，无在期有效矿业权设置单元。

附件：拟建项目用地范围拐点坐标表（2000 国家大地坐
标系）

包头市石拐区自然资源局

2025 年 4 月 27 日



附件 2 石拐区发展和改革委员会《项目备案告知书》

项目备案告知书

项目代码: 2502-150205-04-01-453143

项目单位: 中核泰和（内蒙古）环保科技有限公司

经核查, 你单位申请备案的 中核泰和核环保产业开发项目 项目, 符合产业政策和市场准入标准, 准予备案。请据此开展有关工作。在开工建设前, 应当办理法律法规要求的其他手续, 方可开工。特此告知!

建设地点: 包头市--石拐区--大德恒街道鸡毛窑子村

总投资: 18000 万元, 其中 自有资金:3600 万元 , 申请银行贷款:14400万元 , 其他0 万元

计划建设起止年限: 2025/04至2027/04

建设规模及内容: 规划建设20万m³ 极低放射性固体废物治理设施, 实行“一次性规划、分期建设”, 一期拟建设5万m³ 容量, 建造填埋单元及配套辅助设施、新增相应的工艺设备(含辐射监测仪器)。主要建设内容包括: (1) 新建2个混凝土填埋单元, 每个混凝土填埋单元容量为5000m³; (2) 新建2个柔性填埋单元, 每个柔性填埋单元填埋容量约为2万m³; (3) 新建配套设施包括: 极低放废物接收综合厂房(含汽车衡)、生产用车库房、办公室实验楼、地下管井及输水泵房、供水站、污水处理站、出入口、截排洪设施及室外工程; (4) 新增工艺设备23台(套), 新增辐射监测设备113台(套)。

补充说明: 一、根据《固定资产投资项目节能审查办法》(国家发展改革委令2023年第2号)文件要求, 请项目单位在开工建设前取得节能审查机关出具的节能审查意见, 未按上述办法规定进行节能审查, 或节能审查未通过的项目, 建设单位不得开工建设, 已经建成的不得投入生产、使用。二、项目单位严格遵守《安全生产法》等法律、法规和规程规范, 落实安全生产主体责任, 建立和完善安全生产责任体系, 健全安全生产管理机构, 建立安全生产长效机制, 企业生产经营活动需满足安全生产的各项要求。

(注意: 项目自备案2年内未开工建设或者未办理任何其他手续的, 项目单位如果决定继续实施该项目, 请通过在线平台作出说明; 如果不再继续实施, 请申请撤销已备案项目, 2年期满后仍未作出说明并末撤销的, 备案机关将删除已备案项目并在在线平台公示。)



关于中核泰和生活污水接收处理有关情况 的说明

中核泰和（内蒙古）环保科技有限公司：

鉴于贵司生产运行期间产生的生活污水有送我司处理的需求。为了明确双方责任，确保污水处理效果，根据《中华人民共和国水污染防治法》、《城镇排水与污水处理条例》、《污水处理费征收使用管理办法》（财税〔2014〕151号）、《内蒙古自治区城镇污水处理费征收使用管理实施办法》（内财非税规〔2015〕8号）和《包头市城镇污水处理费征收使用管理办法》（包财农规〔2017〕3号）、《污水排入城镇下水道水质标准》（GBT 31962-2015）等法律、法规、国标规范的有关规定，现特就以下几点事项进行说明：

1. 我方具有生活污水处理的相关资质和能力，同意代贵司处理生产运行期间产生的生活污水，并实行有偿服务，收费标准和明细，双方按照《包头市城镇污水处理费征收使用管理办法》的有关规定，后期经过商务协商并签订服务协议。

2. 计量依据单次运输车辆实际转运量，每此外运前双方进行确认或根据车辆容量计算，不足一车按一车计算。我方负责将受托处理的污水运入其污水处理基地。我方在运输过程中会防止跑、冒、滴、漏而污染环境，同时确保所处理污水达标排放。

3. 运输服务费按车次或公里数计算，具体收费标准，双方后期依据国家和地方相关收费标准协商确定，并在正式的

服务协议中约定。

4. 水质要求：贵司排放的生活污水，其水质必须达到《污水排入城镇下水道水质标准》(GBT 31962-2015)有关规定，生产废水、特别是含盐废水、循环冷却水浓水、脱硫废水、有毒废水等严禁排入。

5. 运输前，贵司排放的生活污水应符合国家、行业及地方环保部门制定的排放标准。排放水质应参照双方委托第三方专业检测机构出具的水质检测报告为依据，达标后方可送至污水厂。

6. 贵司不得排放有毒有害物质及危害污水处理生物正常生存的其他物质，否则，所引起的污水处理厂生化工艺冲击瘫痪等后果，由贵司承担。

7. 贵司排放的废水污染物浓度如超过我方的设计进水要求，我方有权拒绝接收污水。



(联系人: 陈利东, 联系电话: 188 4723 9555)