密级：公开

版次：A 版

放射性可燃废物焚烧设施建造项目
生态环境影响报告书
（建造阶段）

中核清原环境技术工程有限责任公司

二〇二六年九月

放射性可燃废物焚烧设施建造项目
生态环境影响报告书
（建造阶段）

建设单位名称：中核清原环境技术工程有限责任公司
建设单位法人代表：吕钢
通讯地址：北京市西城区月坛北街乙 1 号
邮政编码：100037
联系人：王天举
联系电话：010-68068099
电子邮箱：wangtianju@cnnc-everclean.com

放射性可燃废物焚烧设施建造项目（建造阶段）
生态环境影响报告书编制人员名单表

建设项目名称	放射性可燃废物焚烧设施建造项目
环境影响评价文件类型	生态环境影响报告书
一、建设单位情况	
建设单位（签章）	中核清原环境技术工程有限责任公司
统一社会信用代码	91110000100017440Y
法定代表人	吕钢
主要负责人	任宽
直接负责的主管人员	王天举
二、编制单位情况	
编制单位名称（签章）	中国辐射防护研究院
统一社会信用代码	12100000405800364
三、编制人员情况	
1.编制主持人	

姓名	职业资格证书编号	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
赵杨军	工程概况、施工期的环境影响、事故工况的环境影响、结论与建议	BH022672	
康晶	概述、正常工况的环境影响	BH023605	
石熠堃	场址环境、辐射环境质量现状	BH0064761	

目录

前　言.....1
第一章　概述.....3
1.1 编制目的.....3
1.2 项目名称和性质.....3
1.3 项目概况.....3
1.4 编制依据.....4
1.4.1 法规和标准.....4
1.4.2 委托文件.....6
1.4.3 主要技术资料.....6
1.5 辐射环境管理目标值.....6
1.5.1 公众剂量约束值.....6
1.5.2 放射性废物接收限值.....6
1.5.3 放射性废水排放标准限值.....7
1.5.4 放射性气载流出物设计排放量.....7
1.6 非放环境标准.....7
1.6.1 环境质量标准.....7
1.6.2 污染物排放标准.....8
1.7 评价范围及环境保护目标.....10
1.8 生态环境分区管控要求及分析.....11
1.8.1 位置关系.....11
1.8.2 管控要求和符合性分析.....11
第二章　场址环境.....17
2.1 地理位置.....17
2.2 人口分布及饮食习惯.....18
2.2.1 各子区现有居民点人口分布及年龄构成.....18
2.2.2 人口发展规划.....20
2.2.3 居民饮食习惯.....20
2.3 社会环境和资源概况.....21
2.3.1 社会经济和环境.....21

2.3.2 土地利用 23
2.3.3 矿产资源 27
2.3.4 交通运输 27
2.3.5 自然保护区和文物保护单位 28
2.3.6 生态环境状况 30
2.4 气候气象 33
2.5 水文.....37
2.5.1 地表水 37
2.5.2 地下水 39
2.6 地质地震 40
2.6.1 地形地貌 40
2.6.2 地层岩性 40
2.6.3 地质和地震特征 41
2.6.4 场地稳定性 42
2.7 场址可行性论证 43
第三章 工程概况 45
3.1 项目概况 45
3.1.1 项目建设内容 45
3.1.2 平面布置 46
3.1.3 劳动定员与工作制度 49
3.2 工艺系统 49
3.2.1 概述 49
3.2.2 固体废物接收与暂存 52
3.2.3 固体废物转运与预处理 52
3.2.4 热解焚烧系统 54
3.2.5 废物处理整备系统 57
3.3 通排风系统 64
3.3.1 低放可燃废物焚烧厂房 64
3.3.2 低放废物暂存库 66
3.3.3 烟囱排风接入情况 67

3.4 可燃废物来源及源项 71
3.5 施工期主要污染物的产生和处理 72
3.5.1 废气 72
3.5.2 废水 73
3.5.3 固体废物 73
3.5.4 噪声 74
3.6 运行期主要污染物的产生和处理 75
3.6.1 放射性三废的产生和处理 75
3.6.2 非放污染物的产生和处理 92
3.7 辐射防护与安全措施 95
3.7.1 分区布置及人流控制 95
3.7.2 屏蔽设计 97
3.7.3 气流组织 98
3.7.4 辐射监测 98
3.7.5 实体保卫 99
3.7.6 其他辐射防护措施 101
3.8 关于退役的考虑 102
3.8.1 退役策略及退役方案设想 102
3.8.2 便于退役的设计考虑 102
3.8.3 退役经费 103
第四章　环境质量现状 104
4.1 辐射环境质量现状 104
4.1.1 监测内容 104
4.1.2 监测仪器及分析方法 105
4.1.3 监测结果 108
4.2 区域非放环境质量现状 119
4.2.1 区域大气环境质量现状 119
4.2.2 区域土壤监测 119
4.3 监测结果评价 120
4.4 环境质量现状补充监测方案 121

4.4.1 辐射环境质量现状补充监测方案 121
4.4.2 区域非放环境质量现状补充监测方案 123
第五章　施工期的环境影响 125
5.1 废气 125
5.2 废水 126
5.3 固体废物 126
5.4 噪声 126
第六章 正常工况的环境影响 129
6.1 辐射环境影响 129
6.1.1 放射性废气 129
6.1.2 放射性废液 142
6.1.3 放射性固体废物 142
6.2 非放环境影响 142
6.2.1 废气 142
6.2.2 废水 145
6.2.3 固体废物 145
6.2.4 噪声 146
6.2.5 电磁环境 147
第七章　事故工况的环境影响 148
7.1 事故/事件分析 148
7.1.1 预计运行事件 148
7.1.2 事故 151
7.2 事故工况下的环境影响 158
7.2.1 事故源项 158
7.2.2 计算模式及参数 159
7.2.3 扩散因子 159
7.2.4 结果评述 159
7.3 环境风险分析 161
7.3.1 风险源调查 161
7.3.2 环境风险潜势初判 162

第八章　流出物和环境监测 164
8.1 流出物监测 164
8.1.1 流出物监测的目的 164
8.1.2 流出物监测的计划和要求 164
8.1.3 施工期间监测计划 164
8.1.4 运行期间监测计划 165
8.2 环境监测 166
8.2.1 环境监测的目的 166
8.2.2 监测范围 166
8.2.3 监测布点原则 166
8.2.4 运行期间环境监测方案 167
8.3 质量保证 170
第九章　代价利益分析 172
9.1 代价分析 172
9.1.1 经济代价 172
9.1.2 社会代价 172
9.1.3 环境代价 172
9.2 效益分析 173
9.2.1 经济效益 173
9.2.2 社会效益 173
9.2.3 环境效益 174
第十章　结论和承诺 175
10.1 结论 175
10.1.1 项目概况 175
10.1.2 环境现状 175
10.1.3 施工过程中废物的产生和处理 175
10.1.4 运行过程中废物的产生及处理 176
10.1.5 施工期的环境影响 177
10.1.6 运行期的环境影响 178
10.1.7 监测计划 180

10.2 承诺 180
附录I大气扩散及气载途径剂量估算模式 181
1 正常工况下的大气扩散和剂量估算 181
1.1 大气扩散模式 181
1.2 陆生食物链转移模式与参数 187
1.3 大气途径剂量估算模式 189
2 事故条件下的剂量估算 191
2.1 烟羽浸没剂量 191
2.2 地面沉积外照射剂量 191
2.3 烟羽吸入剂量 191
2.5 剂量转换因子 192
附图 1 低放可燃废物焚烧厂房地下一层平面布置图 193
附图 2 低放可燃废物焚烧厂房一层平面布置图 194
附图 3 低放可燃废物焚烧厂房二层平面布置图 195
附图 4 低放可燃废物焚烧厂房三层平面布置图 196
附图 5 低放可燃废物焚烧厂房屋面平面布置图 197
附图 6 低放废物暂存库一层平面布置图 198
附图 7 低放废物暂存库二层平面布置图 199
附图 8 运行综合楼一层平面布置图 200
附图 9 运行综合楼二层平面布置图 201
附图 10 低放可燃废物焚烧厂房地下一层辐射防护分区图 202
附图 11 低放可燃废物焚烧厂房地上一层辐射防护分区图 203
附图 12 低放可燃废物焚烧厂房地上二层辐射防护分区图 204
附图 13 低放可燃废物焚烧厂房地上三层辐射防护分区图 205
附图 14 低放可燃废物焚烧厂房屋面辐射防护分区图 206
附图 15 低放废物暂存库地上一层辐射防护分区图 207
附图 16 低放废物暂存库地上二层辐射防护分区图 208

前　言

党的十八大以来，党中央对于核安全及核环保的重视程度提升到了“国家战略”的高度，习近平总书记专门指出要以核环保为重要抓手，深化核能领域基础研究、关键技术研发、创新成果转化，为全球核能创新发展贡献更多智慧。可燃废物处理工艺主要包含固体废物预处理系统、废物热解焚烧系统、热解焚烧配套系统和废物处理整备等系统，焚烧设施建设是核环保领域的重要内容，也是落实习近平生态文明思想的重要举措。

近年来，随着我国核电产业的高速发展、军工核设施的连续生产以及早期运行设施的陆续退役，产生了大量的放射性可燃废物。现有在运核电机组每年处理需求已达 696 吨，到 2030 年可燃废物将累计达 8868 吨，到 2035 年将达 15492 吨。但是，现有焚烧设施主要用于各军工设施自身所产生的可燃废物，针对核电可燃废物的专用焚烧设施尚未建设，无法满足核电目前已积存及后续大量产生的放射性可燃废物的处理需求。放射性可燃废物能否得到及时地、安全地、有效地处理处置，对确保我国核能可持续发展的影响至关重要。为解决核电可燃废物最终去向问题，针对核电可燃废物的焚烧设施的建设迫在眉睫，甘肃省和中核集团已将该建设内容纳入相应的发展规划中。该项目的建设将缓解核电可燃废物暂存压力，对保障核电厂安全生产，妥善解决我国核电放射性废物处理处置问题具有重大意义。

中核清原环境技术工程有限责任公司（以下简称“中核清原”）是经国务院授权，原国家经贸委、环保总局批准，从事放射性物质运输、放射性废物处置场建设运营、放射源与放射性废物处理、核设施退役治理及核安保的专业化公司。该公司在放射性废物处理处置领域已具备深厚的技术积淀、丰富的工程经验和卓越的管理能力。无论是在放射性废物处理技术研发、处置设施建设，还是在安全运行管理等方面，均拥有完备的技术储备和实践经验，完全有能力满足新建放射性可燃废物焚烧设施的建设与安全运行需求，为项目的顺利实施提供坚实的技术与管理保障。

第一章　概述

1.1 编制目的

本报告是依据中核清原环境技术工程有限责任公司编制的《放射性可燃废物焚烧设施建设项目可行性研究报告》（2026 年 4 月）《放射性可燃废物焚烧设施建造项目初步安全分析报告》（2026 年 8 月）所给出的放射性可燃废物焚烧主要工艺、废物源项情况以及事故源项等相关资料，对该项目建造和运行过程中可能造成的生态环境影响以及该影响是否符合国家有关法律法规做出评价。

1.2 项目名称和性质

项目名称：放射性可燃废物焚烧设施建造项目

建设性质：新建

建设与运营单位：中核清原环境技术工程有限责任公司

资金来源：本项目总投资约 19900 万元，资金来源为建设单位自筹。

1.3 项目概况

本项目以形成核电低放可燃废物焚烧处理和焚烧灰整备能力、低放可燃废物和焚烧灰废物包暂存能力为目标，综合考虑现有焚烧技术水平，按照“一次规划，分期建设”的原则，一期以 80kg/h 热解焚烧技术为主体，先期建设 1 台热解焚烧炉，形成不低于 400t/a 的核电低放可燃废物焚烧处理能力，二期结合低放可燃废物焚烧技术发展水平，规划建设处理能力 1000t/a 的焚烧设施。一期建成暂存库容 4000m^3 的低放废物暂存库，作为将来厂区低放可燃废物、焚烧灰废物包的统一暂存场所，本报告评价仅包括第一阶段建设内容。

本项目主要建设内容为低放可燃废物焚烧厂房（01 子项）、低放废物暂存库（02 子项）、运行综合楼（03 子项）和室外工程（04 子项），在中核清原已购置的土地上建设，项目用地面积为 25532 m^2，无需新征用地。

（1）低放可燃废物焚烧厂房

低放可燃废物焚烧厂房占地面积 1366.18 m^2，新增建筑面积 3582.75m^2，其中地下 157.95 m^2。该子项内新建一套核电低放废物热解焚烧系统，包括固体废物接收与预处理系统、柴油预热及供应系统、热解焚烧系统，配套建设二次废物处理整备系统。

（2）低放废物暂存库

低放废物暂存库占地面积 3152.88m^2，新增建筑面积约 3658.36m^2，废物暂存能力约 4000m^3。废物暂存库分为 2 个子库区（1~2#库），各个子库区可独立运行。

（3）运行综合楼

运行综合楼占地面积 749.65m^2，新增建筑面积约 1499.3m^2，配套建设消防控制室、运行保障室、档案室等运行保障设施。

（4）室外工程及配套设施

室外工程及配套设施建设门卫 1、门卫 2、设备用房、消防水池、消防废水收集池、围墙、室外管线、厂区道路等内容。

本项目总工期为 32 个月。其中：

1）土建工程施工、设备采购及加工 T_0+9 个月；

2）安装工程施工 T_0+13 个月；

3）联动试车 T_0+18 个月；

4）冷试车及整治 T_0+25 个月；

5）单项验收及具备竣工验收条件 T_0+32 个月。

1.4 编制依据

1.4.1 法规和标准

《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日通过，2026 年 8 月 15 日起施行

《中华人民共和国核安全法》，2017 年 9 月 1 日通过，2018 年 1 月 1 日起施行

《建设项目环境保护管理条例》，国务院 2017 年 682 号令发布，2017 年 10 月 1 日起施行

《放射性废物安全管理条例》，国务院 2011 年 612 号令发布，2012 年 3 月 1 日起施行

《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部 2020 年 16 号令发布，2021 年 1 月 1 日起施行

《关于发布〈排放源统计调查产排污核算方法和系数手册〉的公告》，生态环境部公告 2021 年 24 号

《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年 65 号

《关于发布〈大气可吸入颗粒物一次源排放清单编制技术指南〉（试行）等 5 项技术指南的公告》，环境保护部公告 2014 年 92 号

《甘肃省辐射污染防治条例》，甘肃省人民代表大会常务委员会公告 2020 年 50 号，2021 年 1 月 1 日起施行

《核辐射环境质量评价一般规定》GB11215-1989

《大气污染物综合排放标准》GB16297-1996

《污水综合排放标准》GB8978-1996

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002

《放射性废物管理规定》GB14500-2002

《声环境质量标准》GB3096-2008

《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008

《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》GB27742-2011

《污水排入城市下水道水质标准》（GB/T31962-2015）

《低、中水平放射性固体废物包安全标准》GB12711-2018

《放射性物品安全运输规程》GB11806-2019

《危险废物焚烧污染控制标准》GB18484-2020

《电离辐射监测质量保证通用要求》GB8999-2021

《建筑施工噪声排放标准》GB12523-2025

《环境空气质量标准》GB3095-2026

《环境影响评价技术导则大气环境》HJ 2.2-2018

《建设项目环境风险评价技术导则》HJ 169-2018

《辐射环境监测技术规范》HJ 61-2021

《环境影响评价技术导则声环境》HJ 2.4-2021

《密封箱密封性分级及其检验方法》EJ/T 1096-1999

1.4.2 委托文件

本项目委托文件为中国辐射防护研究院与中核清原签订的《中核清原环境技术工程有限责任公司放射性废物焚烧设施建造项目环境影响评价报告书编制服务项目》，2026 年。

1.4.3 主要技术资料

（1）《放射性可燃废物焚烧设施建造项目申请报告（版次 2）》（2025 年 11 月）；

（2）《放射性可燃废物焚烧设施建设项目可行性研究报告》（2026 年 4 月）；

（3）《乏燃料离堆集中干法贮存设施建设项目厂址区域气候和常规气象观测资料收集及统计分析报告》（2025 年 5 月）；

（3）《放射性可燃废物焚烧设施建造项目初步安全分析报告》（中核第四研究设计工程有限公司（2026 年 8 月）；

（4）《危险化学品目录》（2026 调整版），2026 年 5 月；

（5）其他技术资料。

1.5 辐射环境管理目标值

1.5.1 公众剂量约束值

本项目涉及低放可燃废物焚烧设施、废物暂存库建设等，正常工况下对公众造成的剂量很小，因此，本项目正常运行情况下的公众剂量约束值值 0.01 mSv/a。

事故工况下，将公众在任何可能事故中所受照的有效剂量控制在 1mSv 以下。

1.5.2 放射性废物接收限值

本项目所接收的低放可燃固体废物的接收限值为：总 $\alpha<2\times10^{5}$Bq/kg，总 $\beta<4\times10^{6}$ Bq/kg。

1.5.3 放射性废水排放标准限值

本项目正常运行期产生的放射性废水经废水处理系统处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）标准要求后（总 α≤1 Bq/L，总 β≤10 Bq/L），通过槽车外送至有资质单位处理处置。

1.5.4 放射性气载流出物设计排放量

本项目正常运行期间放射性气载流出物设计排放量为总 α：8.06×10^{6} Bq/a，总 β：1.61×10^{8} Bq/a，将该设计值作为本项目气载流出物排放量申请值。

1.6 非放环境标准

1.6.1 环境质量标准

（1）环境空气质量标准

本项目拟选址位于甘肃省酒泉市核技术产业园内，该园区位于金塔县西坝乡西北区域，主要以燃料处理产业、核技术应用产业及配套产业为主。项目所在区域属二类环境功能区，采用《环境空气质量标准》(GB3095-2026)过渡阶段二级标准。环境空气质量标准见表 1.6-1。

表 1.6-1　环境空气质量标准

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值	单位	标准来源
1	SO_2	年平均	60	μg/m³	《环境空气质量标准》（GB3095-2026）过渡阶段二级标准
		日平均	150		
		1 小时平均	500		
2	NO_2	年平均	40		
		日平均	80		
		1 小时平均	200		
3	CO	日平均	4	mg/m³	
		1 小时平均	10		
4	PM_{10}	年平均	60	μg/m³	
		日平均	120		
5	$PM_{2.5}$	年平均	30		
		日平均	60		
6	TSP	年平均	200		

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值	单位	标准来源
		日平均	300		
7	NO_X	年平均	50		
		日平均	100		
		1 小时平均	250		
8	镉	年平均	0.005		
9	铅	年平均	0.5		
		季平均	1.0		
10	汞	年平均	0.05		
11	砷	年平均	0.006		
12	六价铬	年平均	0.000025		
13	氟化物	月平均	3.0	μg/（dm^2·d）	
		植物生厂季平均	2.0		
12	锰及其化合物（以 MnO_2 计）	日平均	10	μg/m^3	《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）附录 D
13	氯化氢	1 小时平均	50		
		日平均	15		

（2）声环境质量标准

本项目位于 3 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 3 类标准，昼间 65dB(A)，夜间 55 dB(A)。

1.6.2 污染物排放标准

1.6.2.1 大气污染物排放标准

根据 EJ/T 20030-2012《低水平放射性可燃固体废物热解焚烧系统设计准则》的要求，焚烧装置烟气中非放污染物排放应满足《危险废物焚烧污染控制标准》（GB18484-2020）的要求，污染物排放标准见表 1.6-2。本项目废物焚烧量为 80kg/h，排气筒高度不得低于 25m，当新建焚烧炉排气筒周围半径 200m 内有建筑物时，排气筒高度须高出最高建筑物 5m 以上。

表 1.6-2　危险废物焚烧污染物排放浓度限值

序号	污染物	限值（mg/m^3）	取值时间
1	颗粒物	30	1 小时均值
		20	24 小时均值或日均值
2	一氧化碳（CO）	100	1 小时均值
		80	24 小时均值或日均值
3	氮氧化物（NO_X）	300	1 小时均值
		250	24 小时均值或日均值
4	二氧化硫（SO_2）	100	1 小时均值
		80	24 小时均值或日均值
5	氟化氢（HF）	4.0	1 小时均值
		2.0	24 小时均值或日均值
6	氯化氢（HCl）	60	1 小时均值
		50	24 小时均值或日均值
7	铊及其化合物（以 Tl 计）	0.05	测定均值
8	铅及其化合物(以 Pb 计)	0.5	测定均值
9	砷及其化合物（以 As 计）	0.5	测定均值
10	铬及其化合物（以 Cr 计）	0.5	测定均值
11	锡、锑、铜、锰、镍、钴及其化合物(以 Sn+Sb+Cu+Mn+Ni+Co 计)	2.0	测定均值
12	二噁英类（ng TEQ/Nm^3）	0.5	测定均值
注：表中污染物限值为基准氧含量排放浓度。			

1.6.2.2 噪声排放标准

本项目施工期产生的噪声按照《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）执行，运行期产生的噪声按照《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准执行，标准值见表 1.6-3。

表 1.6-3　噪声排放标准

污染物	执行标准	执行标准（dB(A)）
噪声排放	《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）	昼间：70 夜间：55
	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类声环境功能区	昼间：65 夜间：55

1.6.2.3 废水排放标准

本项目正常运行期间产生的生活污水经管道收集后进入化粪池处理，满足《污水排入城市下水道水质标准》（GB/T31962-2015）A 级标准后，排放标准后排入园区污水处理厂，相关标准限值见表 1.6-4。

表 1.6-4　排入园区污水管网前废水中污染物浓度限值

污染物	单位	排放限值	执行标准
PH	-	6.5~9.5	《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）A 级要求
COD	mg/L	500	
BOD_5	mg/L	350	
SS	mg/L	400	
氨氮（以 N 计）	mg/L	45	
总氮（以 N 计）	mg/L	70	
总磷（以 P 计）	mg/L	8	
阴离子表面活性剂（LAS）	mg/L	20	
硫酸盐	mg/L	400	
氯化物	mg/L	500	
氟化物	mg/L	20	

1.7 评价范围及环境保护目标

本项目正常及事故工况下对环境的影响较小，同时参考国内已有废物焚烧设施的评价范围为 10 km，本次评价范围以新建 30m 高尾气排风烟囱为圆心，10 km 为半径的圆形区域。区域内环境保护目标见表 1.7-1。

表 1.7-1　评价区域内环境保护目标（29000 人）

环境要素	保护对象				保护目标
辐射环境	名称	方位	距离	人数	本项目公众剂量约束值（0.01mSv/a）
	生地湾农场二分场	S~SSE	8.1 km	345	
	生地湾农场三分场	S~SSE	7.3 km	332	
	生地湾农场四分场	SSE	10.8 km	319	
	金瑞科创城	S~SSE	3~4.5 km	900	
	龙瑞项目施工人员	W~WSW	6~9 km	27000	
大气	5km 内居民点				《环境空气质量

环境要素	保护对象	保护目标
环境		标准》（GB3095-2026）过渡阶段二级标准

本项目新建 1 台 10 kV 干式变压器，运行过程中工频电磁场影响极小。依据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》，100kV 以下输变电工程不纳入环评管理。本项目位于 3 类声环境功能区，500m 范围内内无居民点。因此本项目无电磁环境和声环境保护目标。

1.8 生态环境分区管控要求及分析

1.8.1 位置关系

本项目为放射性废物治理业，位于甘肃酒泉核技术产业园内，属于甘肃省重点管控单元。本项目与管控单元的位置关系见图 1.8-1。



图 1.8-1　本项目与管控单元的位置关系

1.8.2 管控要求和符合性分析

本项目位于甘肃省酒泉市重点管控单元甘肃酒泉核技术产业园内，不在生态环境保护红线内，不占用永久基本农田，不开采地下水，与本项目相关的具体管控要求及符合性分析详见表 1.8-1。

表 1.8-1　生态环境分区管控具体要求及符合性分析

甘肃酒泉核技术产业园		
管控类型	管控要求	符合性分析
空间布局约束	1.严格执行园区规划环评及其审查意见对空间布局、选址的要求。	1.本项目属于低放可燃固体废物焚烧设施，属于低污低放类，位于核技术产业生产区，符合园区空间布局和选址的要求。
	2.不得开展违反国家法律、法规、政策要求的开发建设活动。	2.本项目属于《产业结构调整指导目录》（2024 年）中鼓励类产业，具体为“六、核能 7.乏燃料及核废物处理处置”行业，不违反国家法律、法规、政策要求。
	3.执行《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》（环环评〔2021〕45 号）等相关要求。	3.本项目为放射性废物治理业，不属于煤电、石化、化工等高耗能、高排放建设项目，不涉及相关要求。
污染物排放管控	1.按照规划环评相关要求加强污染物排放管控，执行总量控制相关要求。	1.本项目污染物主要为气载流出物和少量颗粒物、氮氧化物等非放污染物，本报告中对各类污染物排放量进行了排放总量核算，执行总量控制等相关要求。
	2.甘肃酒泉核技术产业园企业产生的有毒有害废水应自建污水处理设施，处理后进入内部回用系统，不得排入园区管网或外排。园区污水处理厂废水处理后执行《城镇污水处理厂污水排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准，回用于工业企业，剩余部分用于园区绿化等。	2.本项目配套建设有废水处理设备，对产生的废碱液等可能有毒有害废水进行处理，处理后的冷凝水不直接排入园区管网或外排。
	3.执行《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》（环环评〔2021〕45）《甘肃省大气污染治理领导小组办公室关于做好重点行业挥发性有机物综合治理工作的通知》《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气〔2019〕53 号）相关要求。	3.本项目为放射性废物治理业，不属于煤电、石化、化工等高耗能、高排放建设项目，不涉及相关要求。
环境风险	1.加强产业园区环境风险防控体系建设并编制应急预案，细化明	1.本项目运行过程中主要使用柴油这一危险化学品，在

防控	确产业园区及区内企业环境风险防范责任，与地方政府应急预案做好衔接联动，切实做好环境风险防范工作。	本报告中对环境风险进行了分析，该项目环境风险潜势为 I，待项目建成后将根据实际运行情况编制应急预案，细化企业环境风险防范责任，做好环境风险防范工作。
	2.加强应急救援队伍、装备和设施建设，储备必要的应急物资。定期开展突发环境事件应急演练，提高突发环境事件联防联控能力。	2.本项目单独建设有柴油间，并设计有相关防渗防漏措施，储备吸油棉或沙土等应急物资。设施建成后将按相关制度定期开展突发环境事件应急演练，提高突发环境事件联防联控能力。
	3.强化土壤和地下水环境风险防控，按照《关于印发强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案的通知》（国办函〔2021〕47 号）《关于提升危险废物环境监管能力、利用处置能力和环境风险防范能力的指导意见》（环固体〔2019〕92 号）等相关要求加强危险废物环境风险管控。	3.本项目运行期间主要污染物为气载流出物，基本不会对土壤和地下水环境造成明显影响。本项目产生的危险废物主要为设备检维修产生的废机油、废润滑油及空瓶等，将按照《关于印发强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案的通知》（国办函〔2021〕47 号）《关于提升危险废物环境监管能力、利用处置能力和环境风险防范能力的指导意见》（环固体〔2019〕92 号）等相关要求加强危险废物环境风险管控，危险废物集中收集后及时由有资质单位接收与处理。
资源利用率要求	执行全省和酒泉市总体准入清单中重点管控单元的资源利用效率要求。	同酒泉市资源利用率要求符合性分析。
酒泉市		
管控类型	管控要求	符合性分析
空间布局约束	1.执行全省及内陆河流域（祁连山片区）生态环境总体准入清单中优先保护单元禁止类空间布局约束要求。	1.本项目位于酒泉市重点管控单元内，在优先保护单元外，不涉及优先保护单元禁止类空间布局约束要求。
	2.严格遵照中共中央办公厅国务院办公厅《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》执行。生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开	2.本项目位于酒泉市重点管控单元内，在生态保护红线外，不涉及相关空间布局约束要求。

	发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许以下对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线内自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等区域，依照法律法规执行。	
污染物排放管控	1.执行《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》、《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》等文件要求，严格落实污染物排放区域削减要求。	1.本项目为放射性废物治理业，不属于煤电、石化、化工等高耗能、高排放建设项目，不涉及相关要求。
	2.按照《重点行业挥发性有机物综合治理方案》、《工业炉窑大气污染综合治理方案》等要求，强化工业炉窑污染物排放管控、推进挥发性有机物（VOCs）综合治理。	2.本项目为放射性废物治理业，不属于《重点行业挥发性有机物综合治理方案》中石化/化工、工业涂装、包装印刷等重点行业，不涉及相关要求；本项目也不属于《工业炉窑大气污染综合治理方案》中陶瓷、玻璃、砖瓦、耐火材料、石灰等行业，不涉及相关要求。
	3.落实《水污染防治行动计划》（国发〔2015〕17 号）、《甘肃省水污染防治条例》等中工业污染防治、城镇生活污染防治、农业农村水污染防治等相关要求。排放工业废水的企业应当采取有效措施，收集和处理产生的全部废水，防止污染环境。含有毒有害水污染物的工业废水应当分类收集和处理，不得稀释排放。向污水集中处理设施排放工业废水的，应当按照国家有关规定进行预处理，达到集中处理设施处理工艺要求后方可排放。	3.本项目配套建设有特下水收集间和废水蒸发处理设备，对产生的淋浴废液、废碱液等可能有毒有害的废水进行收集和处理，不稀释排放。本项目产生的生活污水经管道收集后送入化粪池处理，出水排至园区污水管网，满足污染物排放管控要求。
环境风险防控	同重点管控单元要求	同重点管控单元要求
资源利用率要求	1.落实最严格的水资源管理制度，实行水资源消耗总量和强度双控。在地下水限采区内，除应急供水和生活用水更新井外，严禁新增取水井。确需取用地下水的，一般超采区要在现有地下水开采总量内调剂解决，并逐步削减地下水开采量；制定地下水超采区压采实施方案。对辖区内未批准的和公共供水管网覆盖范围	1.本项目用水由园区供应，项目用水主要用于尾气处理系统中的碱液配制和人员淋浴、生活用水，年用水量约3000 m^3/a。本项目不新增水井，无自备水井，满足酒泉市资源利用率要求。

	内的自备水井全部关停。	
	2.严把高耗能高排放项目准入关口，对照《甘肃省“两高”项目处置清单》要求，对不符合规定的“两高”项目坚决停批停建，依法依规淘汰落后产能和化解过剩产能。在禁燃区内，禁止销售和使用高污染燃料；禁止新建、扩建燃烧高污染燃料的设施；现有燃烧煤炭、重油、渣油等高污染燃料的设施，应当在城市人民政府规定的期限内改用天然气、页岩气、液化石油气、电或者其他清洁能源。	2.本项目为放射性废物治理业，不属于煤电、石化、化工等高耗能、高排放建设项目，不涉及相关要求；本项目热解焚烧炉所用燃料为柴油，不涉及煤炭、重油、渣油等高污染燃料，满足资源利用率相关要求。
甘肃省		
管控类型	管控要求	符合性分析
空间布局约束	各类工业园区（集聚区）：严格执行园区（集聚区）规划和规划环评要求，根据国家产业政策、园区（集聚区）主导产业定位、《甘肃省国家重点生态功能区产业准入负面清单（试行）》等，建立差别化的产业准入要求；根据园区发展定位、环境特征等强化环境准入约束。落实《减污降碳协同增效实施方案》《“十四五”节能减排综合工作方案》《2030 年前碳达峰行动方案》《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》相关要求，坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目发展，高耗能、高排放项目审批要严格落实国家产业规划、产业政策、环评审批、取水许可审批、节能审查以及污染物区域削减替代等要求，采取先进适用的工艺技术和装备，提升高耗能项目能耗准入标准，能耗、物耗、水耗要达到清洁生产先进水平。	本项目属于低放可燃固体废物焚烧设施，属于低污低放类，位于核技术产业生产区，符合园区准入要求；本项目为放射性废物治理业，不属于煤电、石化、化工等高耗能、高排放建设项目，不涉及相关要求。根据《甘肃省国家重点生态功能区产业准入负面清单（试行）》，本项目所处金塔县不属于甘肃省国家重点生态功能区，不涉及相关要求。
污染物排放管控	同重点管控单元要求	同重点管控单元要求
环境风险	同重点管控单元要求	同重点管控单元要求

防控		
资源利用率要求	各类工业园区（集聚区）：推进工业园区（集聚区）循环化改造，强化企业清洁生产改造。按照《关于推进污水资源化利用的指导意见》《关于进一步加强水资源节约集约利用的意见》相关要求，强化工业节水，坚持以水定产，强化企业和园区集约用水，实施节水改造。按照《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》相关要求，提高能源利用效率，推进“两高”行业减污降碳协同控制。严格执行行业能耗标准和国家产能置换政策要求，控制钢铁、建材、化工等耗煤行业耗煤量。	本项目配套建设有废水处理设备，对产生的废碱液等可能有毒有害废水进行处理，处理后的冷凝水可回用于新碱液配置，降低新水用量，实现节水功能。本项目不属于煤电、石化、化工等高耗能、高排放建设项目，不涉及相关要求。

第二章　场址环境

2.1 地理位置

放射性可燃废物焚烧设施建设项目场址位于甘肃省酒泉市金塔县西坝乡西北约 29km 处甘肃酒泉核技术产业园（简称产业园，下同）规划范围内北侧。

场址南距嘉峪关市约 64km，距酒泉市约 65.5km，东南距金塔县约 52km，东南距西坝乡约 28.6km，西距玉门市约 99km，西南距昌马水库约 150 km。场址位置图见图 2.1-1。

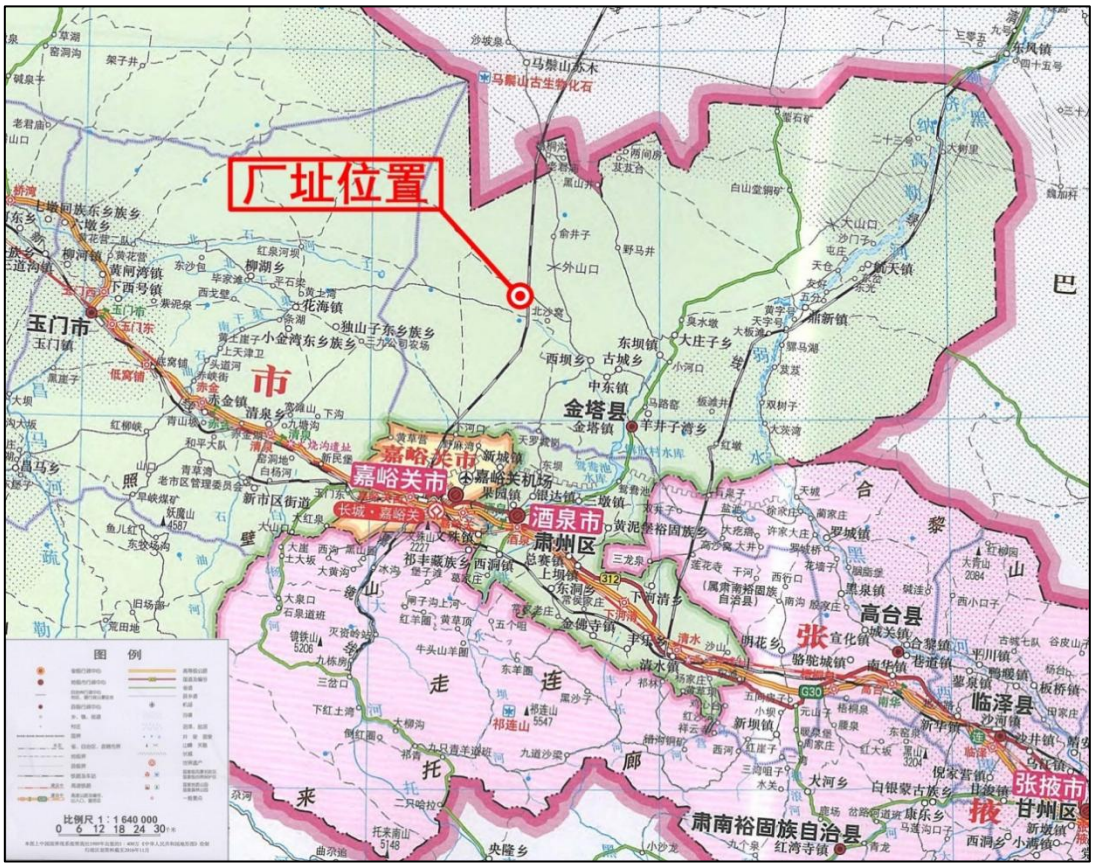


图 2.1-1　场址地理位置示意图

根据产业园区提供的资料，目前核技术产业园区本项目周边已有中核清原环境技术工程有限责任公司（以下简称“中核清原”）、甘肃龙和环保科技有限公司（以下简称“甘肃龙和”）、甘肃东方瑞龙环境治理有限公司（以下简称“东方瑞龙”）、甘肃东方新环环境治理有限公司（以下简称“东方新环”）等 4 家入驻企业。甘肃龙和公司的“龙

和近地表废物处置场”和中核清原公司的“极低放废物填埋场”在本项目 SSW~SW 方向约 400 m；东方瑞龙公司 1000t/a 废物减容项目在本项目 W 方向约 700 m 处；东方新环极低放废物处置场在本项目 WSW 方向约 700 m。龙和近地表处置场现有员工约 50 人；清原公司极低放废物填埋场现有员工约 14 人；东方瑞龙公司即将运行，预计现场员工 40 人；东方新环公司暂无运行计划，无工作人员。本项目在园区示意图见图 2.1-2。

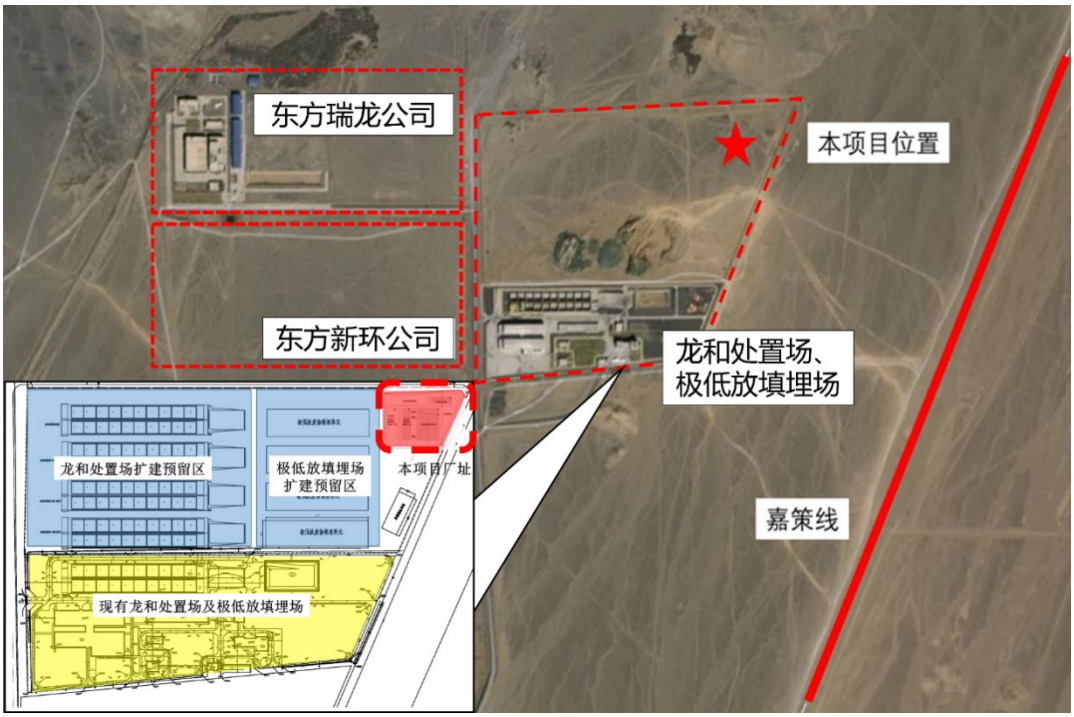


图 2.1-2　本项目在甘肃酒泉核技术产业园区位置

2.2 人口分布及饮食习惯

本项目位于甘肃省酒泉市核技术产业园，本次评价人口数据采用 2023 年金塔县统计局给出的数据，人口分布以本项目 30m 烟囱为中心。

2.2.1 各子区现有居民点人口分布及年龄构成

场址半径 5km 范围内不存在行政村及自然村。场址半径 10 km 范围内，涉及甘肃省农垦集团有限公司下辖的生地湾农场，包括生地湾农场二分场和三分场，四分场在 10km 范围边缘处。场址半径 10 km 范围内的人口分布情况见表 2.2-1 和图 2.2-1。

表 2.2-1　场址半径 10km 范围内居民点分布情况（2023 年）

序号	生产队、自然村名称	距离居民点中心（km）	方位	人口数
1	生地湾农场二分场	8.1	SSE	115
		8.1	S	230
2	生地湾农场三分场	7.3	SSE	332
3	生地湾农场四分场	10.8	SSE	319
合计				996

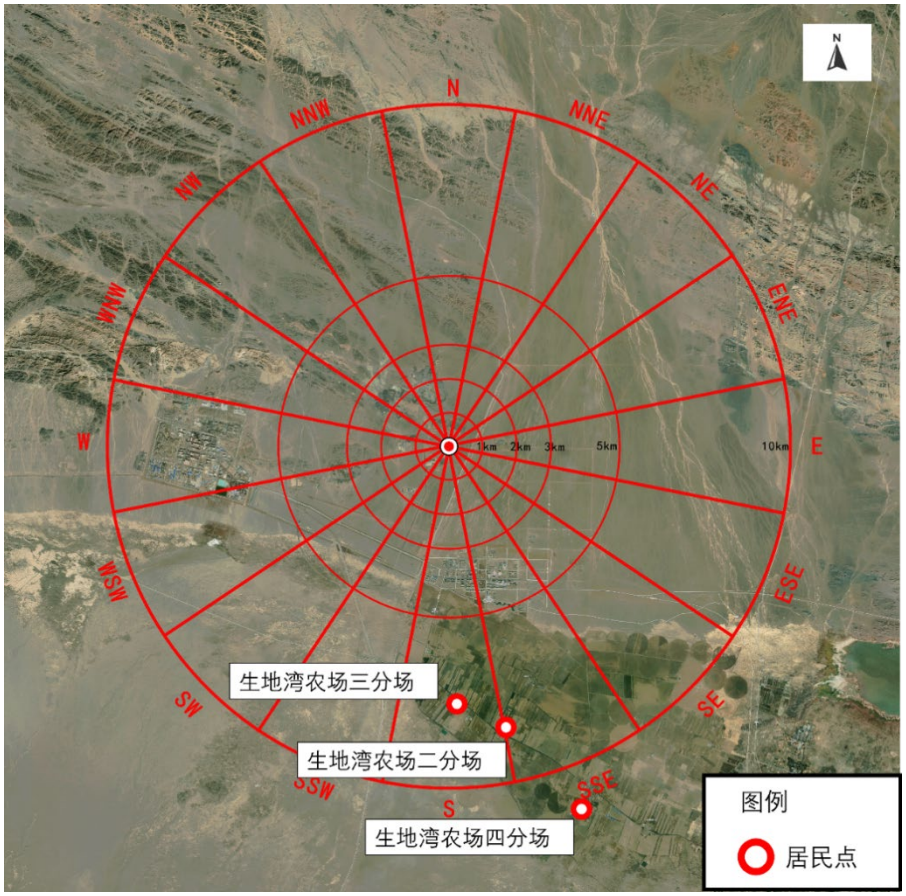


图 2.2-1　场址半径 10km 范围人口分布图

场址半径 10km 范围内 2023 年底常住人口总数为 996 人（不包含甘肃酒泉核技术产业园的龙瑞项目和金睿科创城内职工）。≤1 岁、1~7 岁（包括 7 岁）、7~17 岁（包括 17 岁）和>17 岁四个年龄组 2023 年底人口数分别为 15 人、30 人、47 人和 904 人，相应占总人口数的比例数分别为 1.5%、3.0%、4.7%和 90.8%。场址周围 10 km 范围人口年龄结构见表 2.2-2。

表 2.2-2　场址周围 10km 人口年龄结构（2023 年）

年龄（岁）	≤1 岁	1-7 岁	7-17 岁	＞17 岁
人口数	15	30	47	904
所占比例（%）	1.5	3.0	4.7	90.8

2.2.2 人口发展规划

场址位于甘肃省酒泉市核技术产业园区内（以下简称核技术产业园），根据《甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划（2017~2030）》，园区人口发展远期规划为：远期 2030 年，园区产业带动就业人口为 10.0~13.08 万。

场址 S~SSE 方向 3~4.5km 处是甘肃酒泉核技术产业园的金瑞科创城，建设工程主要是甘肃酒泉核技术产业园的生活区和宿舍楼等生活配套设施，将来会有大量核设施建设施工员工入住。目前金瑞科创城的施工人员共有约 900 人，其中约 100 人晚上做班车返回龙瑞项目内的生活区内居住，剩下约 800 人居住在金瑞科创城的生活区内。金瑞科创城完工后，龙瑞项目的施工建设人员约 2 万人将住在科创城内。

在场址 W~WSW 方向 6~9km 处是甘肃酒泉核技术产业园的龙瑞项目所在地，该项目为乏燃料后处理厂及配套办公生活设施，项目建设周期较长（预计十年以上），目前仍在建设中，但已经有部分办公和生活设施已经在使用中，该项目现有施工人员和办公居住人员共 2.7 万人左右，全部居住在该项目园区内，待金瑞科创城完工后，约 2 万名施工人员将搬至金瑞科创城居住，龙瑞项目园区内仅留项目相关办公人员居住。

2.2.3 居民饮食习惯

生地湾农场居民食谱的抽样调查结果见表 2.2-3。由表可以看出，生地湾农场居民粮食以面为主，辅以米、玉米和薯类等。其中面（小麦）40%当地自产，60%由金塔购入；米均由外地购入；蔬菜、肉类和水果部分由当地自产，部分由外地购入；水产品、奶类及其制品均由外地供应，在进行个人剂量计算时，保守考虑居民饮食全部来自评

价区内。

表 2.2-3　生地湾农场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	来自评价区内的比例%		来自评价区外的比例%
						生地湾农场	金塔县	
粮食	米	0.41	10.00	11.96	14.72	0	0	100
	面	0.75	80.00	101.17	145.85	40	60	0
	其它	0.12	3.00	2.74	3.53	50	50	0
蔬菜	叶类	1.75	13.00	16.17	27.58	50	50	0
	根茎类	0.62	6.88	7.61	12.90	20	80	0
	果实类	1.35	22.32	24.33	39.00	40	60	0
	水生类	0.02	0.68	0.48	0.46	0	0	100
肉类	猪肉	0.13	6.25	6.04	8.98	50	50	0
	羊肉	0.05	2.38	4.57	5.75	60	40	0
	牛肉	0.02	2.63	1.65	2.05	0	0	100
	禽肉	0.08	5.25	4.20	4.62	70	30	0
蛋		15.5	3.88	7.63	5.02	70	30	0
水产品		0.27	1.10	1.43	2.91	0	0	100
奶类及奶制品		125	21.00	78.50	16.12	0	40	60
水果		18.50	14.00	32.75	33.93	50	50	0

2.3 社会环境和资源概况

2.3.1 社会经济和环境

根据《2025 年金塔县国民经济和社会发展统计公报》，2025 年，金塔县全县实现生产总值 110.6 亿元，比上年增长 7.1%。其中，第一产业增加值 36.7 亿元，同比增长 5.9%；第二产业增加值 34 亿元，增长 9%；第三产业增加值 39.9 亿元，增长 6.9%。第一产业增加值占地区生产总值比重为 33.2%，第二产业增加值比重为 30.7%，第三产业增加值比重为 36.1%，人均地区生产总值 94116 元。

2025 年，年末全县常住人口 11.65 万人，比上年减少 0.2 万人。其中城镇常住人口 6.4 万人，占常住人口比重为 54.9%。全年出生人

口 815 人，出生率 5.8‰；死亡人口 896 人，死亡率 6.4‰；人口自然增长率-0.6‰。

2025 年，全县农作物播种面积（含复种面积）为 73.6 万亩，同比增长 4.9%，其中：粮食播种面积 24.97 万亩，同比增长 0.04%，其中，夏粮种植面积 10 万亩，增长 0.04%，秋粮种植面积 14.9 万亩，同比增长 0.04%；粮食总产量 14.6 万吨，同比增长 0.7%；粮食产量中，夏粮总产量 4.9 万吨，增长 1.3%；秋粮总产量 9.6 万吨，同比增长 0.4%。棉花种植面积 756 亩，同比增长 6.3%，棉花总产量（皮棉）108.7 吨，同比增长 6.4%。油料种植面积 1.4 万亩，增长 12.6%；油料总产量 0.3 万吨，同比增长 14.8%。蔬菜种植面积 20.3 万亩，同比增长 6.4%，蔬菜总产量 80.5 万吨，增长 5.5%；制种面积 10 万亩，同比增长 15.7%；瓜类种植面积 8.8 万亩，同比增长 9.9%，瓜类产量 42.4 万吨，同比增长 7.8%；孜然种植面积 1 万亩，同比增长 31%，孜然产量 0.2 万吨，同比增长 35.8%；药材种植面积 3.6 万亩，增长 8%，收获药材产量 3 万吨，同比增长 35.8%。

2025 年，全县畜禽饲养总量达到 463.4 万头（只），比上年增加 22 万头（只），增长 4.9%。全年肉类总产量达 3.7 万吨，增长 6.4%。牛奶产量 795.9 吨，同比下降 39.8%。禽蛋产量 2483.9 吨，同比增长 3.1%。绵羊毛产量 1503 吨，同比下降 0.5%。全年水产品产量 895 吨，增长 133.9%。牛出栏 5631 头，增长 8.6%；牛存栏 8834 头，增长 0.2%；羊出栏 156.1 万只，增长 6.6%；羊存栏 83.1 万只，增长 6.5%。猪出栏 12.1 万头，增长 0.4%；猪存栏 5.1 万头，下降 0.5%。鸡出栏 146.8 万只，增长 5.6%；鸡存栏 58.7 万只，增长 0.2%。

场址半径 5km 范围内没有农副业生产。场址半径 10 km 范围内仅涉及生地湾农场，粮食作物主要是小麦，还有部分杂谷；经济作物番茄、辣椒和苜蓿等。全农场粮食作物播种面积 933 公顷，总产量 9200 吨；蔬菜作物播种面积 1000 公顷，总产量 57000 吨；瓜类播种面积 200 公顷，总产量 8000 吨；饲料作物播种面积 1733 公顷。

场址半径 10km 范围不存在学校、医院、监狱。

2.3.2 土地利用

本项目位于甘肃酒泉核技术产业园，该产业园位于金塔县东坝乡西北区域，主要以核乏燃料后处理产业、核技术应用产业及配套产业为主。

核技术产业园规划范围包含核心用地规划范围、统筹协调规划范围、远景预留规划范围，用地面积共约 41.29 平方公里。其中核心用地规划范围位于金塔县生地湾农场北侧，东至嘉策铁路以东约 4.50 公里处，南至生地湾农场耕地边缘，西至规划 6 公里限制警戒线，北面为戈壁山区，用地面积约 19.30 平方公里。园区规划“五区”空间结构，集聚十二组产业形态，甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划产业分区规划见图 2.3-1。



图 2.3-1 甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划产业分区规划图

甘肃酒泉核技术产业园大体分为核技术产业区和非核产业区，主要包括核燃料循环后处理核心区、融合产业共建区、核技术产业工业区、非核产业工业区和金嘉产业承接区等。

（1）核燃料循环后处理核心区：位于园区金十路以西。设 1 个产业组，产业以乏燃料后处理产业、MOX 燃料元件制造产业、三废处理制造产业，多用途模块式反应堆等产业为核心。

（2）融合产业共建区：位于园区金十路以东至 6 公里规划限制警戒线。设 1 个产业组，产业以核乏燃料后处理配套产业、维修调试产业、核级仪表、控制、通用设备、备件及材料装备制造产业为核心。

（3）核技术产业工业区：位于园区嘉策铁路以西至 6 公里规划限制警戒线。设 5 个产业组，分别是：核技术产业应用区（非放类）、核技术产业生产区（低污低放类）、仓储物流区、行政商务区（服务性产业）、交通运输区。

（4）非核产业工业区：位于园区嘉策铁路以东区域。设 4 个产业组，分别是：矿产品加工冶炼区、新型建材产业区、装备制造区、公共服务生活区（服务性产业）。

（5）金嘉产业承接区：远景预留承接酒泉市、嘉峪关市外溢的装备制造产业。

甘肃酒泉核技术产业园目前正在进行建设，截止目前，园区已经完成年输水能力 500 万立方米供水工程，110 kV 供电线路建设，公用工程污水处理设施已经建成并开始投入运行。项目建设单位中核清原作为甘肃酒泉核技术产业园入驻企业，本项目已列入该产业园总体发展规划（详见《甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划（2017~2030）》），建设用地已获得当地政府许可。本项目位于核技术产业生产区（低污低放类）M3 地块，项目周围 5km 范围内无常住居民，无制约因素，选址合理可行，本项目在园区示意图见图 2.3-2。

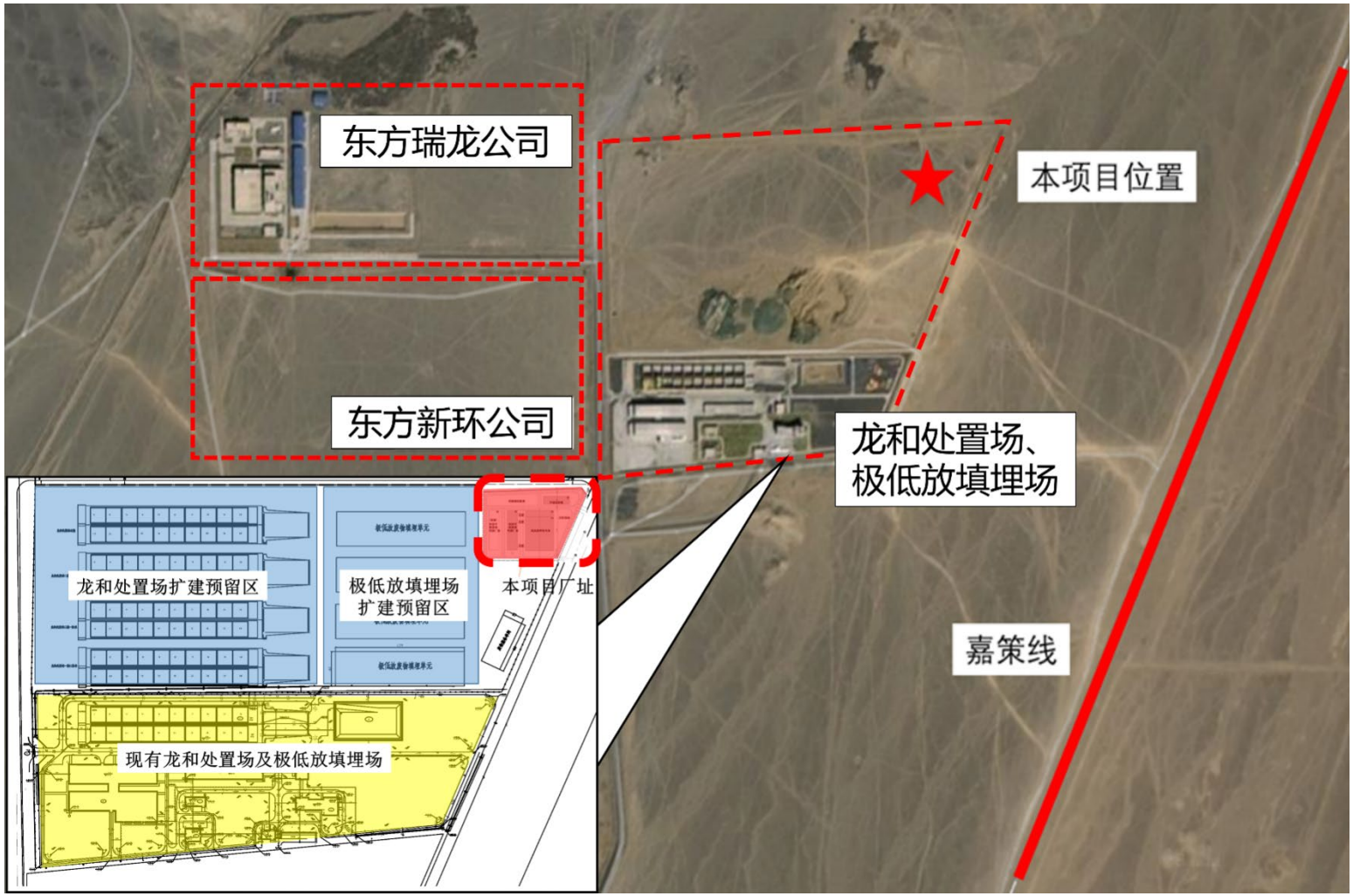


图 2.3-2　本项目在甘肃酒泉核技术产业园区位置

2.3.3 矿产资源

金塔县内矿产资源丰富，已探明的主要有铜、铁、铅、锌、金、镁、钨、煤炭、芒硝、石膏、花岗岩、硅、红柱石等 8 大类 50 多个品种，总储量达 20 多亿吨。依托丰富的农矿资源，现已建成金鑫、北河湾和穿山驯 3 大工业园区，初步形成了以农矿产品精深加工、建筑建材、能源化工为主的工业发展新框架。截止到 2019 年，金塔县规模以上工业企业 14 家，均不在场址半径 10 km 范围内。

场址半径 5 km 范围内有企事业单位 8 家，距离最近的为 SSW 方向约 0.4 km 处的甘肃龙和处置场和中核清原极低放废物填埋场。场址半径 5 km 范围内企事业单位见表 2.3-1。

表 2.3-1　场址半径 5km 范围内企事业单位情况

序号	厂矿企业名称	职工人数	相对场址位置		产品
			方位	距离	
1	莹艳矿业	30	NW	2.7 km	生产砂石矿
2	瑞城实业	20	W	3.7 km	生产砂石矿，建设中
3	应急气源站（生产区）	20	W	5.1 km	LNG 应急气源
4	西坝养护站	9	WSW	4.8 km	公路养护站
5	甘肃龙和环保科技有限公司龙和处置场	50	SSW	0.4 km	废物处置，已运行
6	中核清原环境治理有限公司极低放废物填埋场	14	SSW	0.4 km	废物处置，已运行
7	甘肃东方瑞龙环境治理有限公司	40	W	0.7 km	废物处置，即将运行
8	甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物填埋场	/	WSW	0.7 km	废物处置，未运行

2.3.4 交通运输

场址半径 10km 范围内涉及 5 条县道，3 条乡道和 1 条铁路，最近的县道为 X276，最近的乡道为 Y426。场址半径 10km 范围交通运输情况见图 2.3-3。此外，嘉峪关国际机场位于嘉峪关市，距离核技术产业园区约 110 km，通过连接嘉峪关的二级公路，实现便捷联系；鼎新机场位于甘肃省金塔县鼎新镇，为军民两用机场，距离核技术产业园区约 55 km，通过酒航路，实现便捷联系。



图 2.3-3　场址半径 10 km 公路、铁路分布情况

2.3.5 自然保护区和文物保护单位

场址半径 10 km 范围内没有国家公园、自然公园，没有风景名胜区，有 1 处自然保护区-沙枣园子省级自然保护区，最近处位于场址 S 方位 5.8 km，缓冲区最近处位于场址 SSW 方位 7.0 km，核心区最近处位于场址 SW 方位 9.7 km。场址与沙枣园子自然保护区相对位置如图 2.3-4 所示。

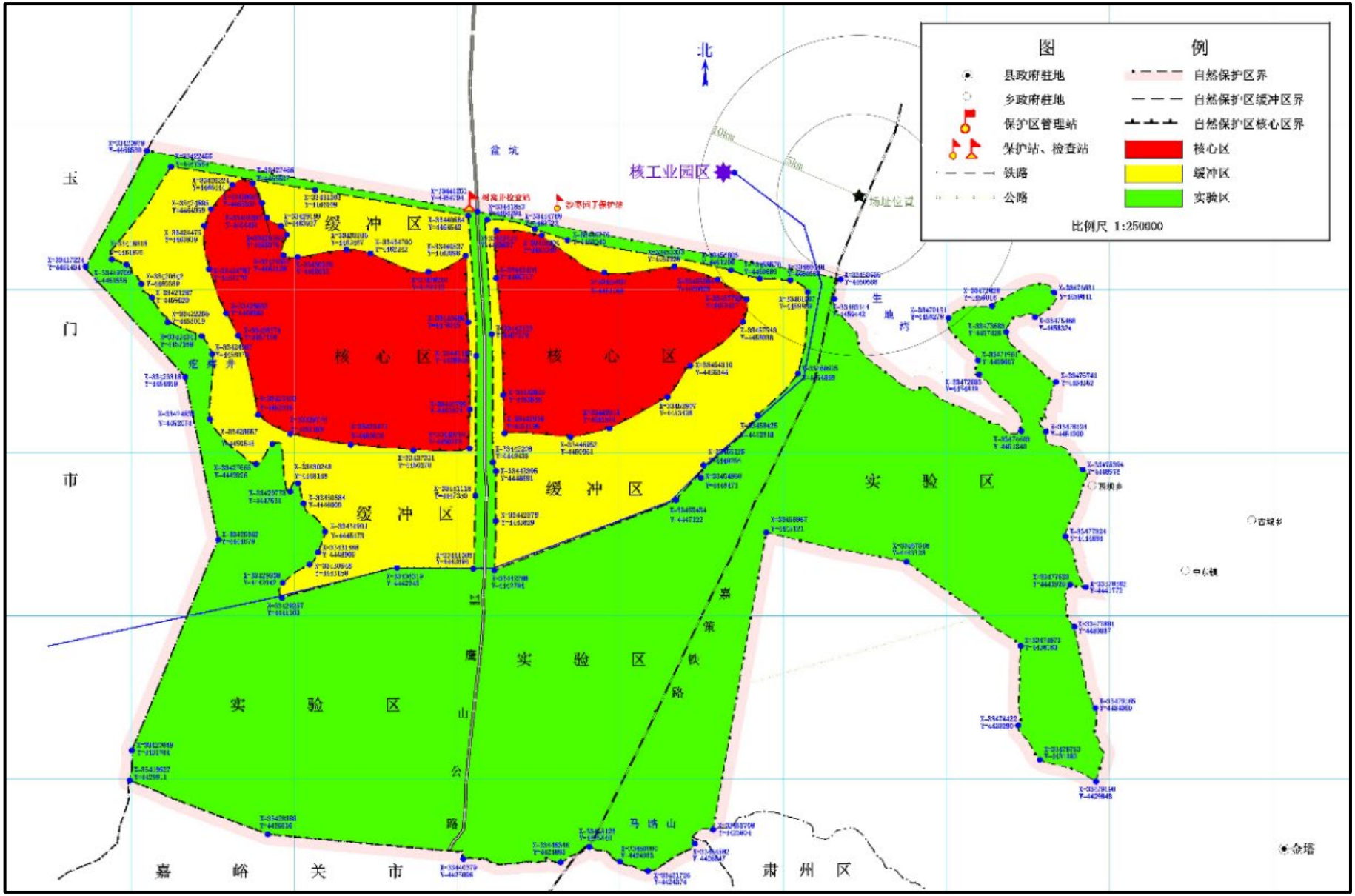


图 2.3-4　场址与沙枣园子自然保护区相对位置图

沙枣园子省级自然保护区位于金塔县西南角，其地理坐标在东经98°1′~98°45′，北纬39°57′~40°20′之间，总面积152041 hm^2。其中：核心区总面积 30275 hm^2，占保护区总面积的 19.9%；缓冲区总面积34439 hm^2，占保护区总面积的22.7%；实验区总面积87327 hm^2，占保护区总面积的57.4%。

场址半径10km范围涉及文保单位主要为汉长城遗址，均为国家级保护单位，一共15处，位于场址W~S~ESE方位3.5~10 km，最近处为S方位3.5 km。详见表2.3-2。

2.3.6 生态环境状况

评价区所处地区由于气候干燥，风力剥蚀严重，山地岩石与砾石裸露，形成岩漠与砾漠景观。场址周围为风蚀残丘和中部戈壁砾石地，植被稀少，分布有少量干旱荒漠植被，代表的植被群落为红纱、骆驼草和泡泡刺，其中山间谷底植被覆盖度在 1%以下，沙砾质戈壁滩植被覆盖度为1-3%，罕有保护型动物出没、迁徙。

表 2.3-2　场址半径 10 km 范围内省级以上文保单位情况

序号	名称	范围	保护级别	概况	相对场址位置	
					方位	距离（km）
1	常家岗烽火台	西坝乡西移村西北 5.7 千米	国家级	台体平面呈圆形，直径 24 米，残高 0.80 米。	W~S~ESE	3.5~10
2	生地湾烽火台	西坝乡西移村西北 14.5 千米		台体平面呈不规则方形，底宽 5.70 米，顶宽 2.30 米，残高 2.20。		
3	床窝子敌台	西坝乡西移村西北 18.2 千米		台体平面呈不规则圆形，残高 4 米；底宽 3.47 米，顶宽 0.50 米。		
4	床窝子井北烽火台	西坝乡西移村西北 17.40 千米		台体平面呈不规则椭圆形，底宽 5 米，残高 0.80 米。		
5	盆坑西烽火台	西坝乡西移村西北 26 千米		台体平面呈不规则炬形，土坯砌筑。残高 1.70 米；底宽 8.80 米，顶宽 3.30 米。		
6	木头井敌台	西坝乡西移村西北 22.3 千米		台体平面呈不规则圆形，残高 2 米；底宽 12 米，顶宽 6.70 米。		
7	常家岗壕堑 2 段	起点：西坝乡西移村西北 8.9 千米处 止点：西坝乡西移村西北 11.28 千米处		常家岗壕堑 2 段因洪水冲刷、风化坍塌已消失，全长 2472 米。		
8	北沙窝壕堑	起点：西坝乡西移村西北 11.28 千米处 止点：西坝乡西移村西北 14.21 千米处		壕堑底宽 1.80 米，上宽 2.70 米－4.10 米，深 0.40 米－0.80 米；垄底宽 5.50 米-7.90 米，顶部呈丘状，高 0.20 米-1 米，全长 2937.50 米。		
9	床窝子壕堑 1 段	起点：西坝乡西移村西北 14.21 千米处 止点：西坝乡西移村西北 16.49 千米处		壕堑底宽 2.70 米-3.10 米，上宽 3.50 米－9.60 米，深 0.15 米－1 米；垄底宽 5.50 米-11 米，顶部呈丘状，高 0.30 米-1.60 米，全长 2297 米。		

10	床窝子壕堑 2 段	起点：西坝乡西移村西北 16.49 千米处 止点：西坝乡西移村西北 18.17 千米处		床窝子壕堑 2 段因洪水冲刷、风化坍塌已消失，全长 1756 米。		
11	木头井壕堑 1 段	起点：西坝乡西移村西北 18.17 千米处 止点：西坝乡西移村西北 18.45 千米处		壕堑底宽 3.40 米，上宽 7.20 米，深 0.68 米；垄底宽 5 米-9 米，顶部呈丘状，高 0.10 米-0.60 米，全长 407.50 米。		
12	木头井壕堑 2 段	起点：西坝乡西移村西北 18.45 千米处 止点：西坝乡西移村西北 22.4 千米处，该壕堑因洪水冲刷、风化坍塌已消失。全长 4136 米。		壕堑底宽 3.40 米，上宽 7.20 米，深 0.68 米；垄底宽 5 米-9 米，顶部呈丘状，高 0.10 米-0.60 米，全长 407.50 米。		
13	木头井壕堑 3 段	起点：西坝乡西移村西北 22.4 千米处 止点：西坝乡西移村西北 24.7 千米处		木头井段壕堑 3 段因洪水冲刷、风化坍塌已消失，全长 2400 米。		
14	黄水沟长城 2 段	起点：西坝乡西移村西北 5.25 千米处 止点：西坝乡西移村西北 5.86 千米处		墙体剖面呈圆丘状，底宽 4.20 米－7.60 米，残高 0.35 米－0.60 米，全长 1683.70 米。		
15	常家岗长城	起点：西坝乡西移村西北 5.86 千米处 止点：西坝乡西移村西北 7.87 千米处		墙体剖面呈圆丘状，底宽 5.30 米－14 米，残高 0.6 米－1.50 米不等，全长 2822 米。		

2.4 气候气象

场址所在地金塔县气候类型属于温带大陆性干旱气候，根据金塔气象站 1958~2024 年初的气候资料统计结果，年均大风天数为 22.3 d，大风集中发生于春季，其次为夏季，秋季较少发生；年均降雹日数为 0.2 d，年内最多发生 2 次，最少 0 次；平均积雪日数 19.1 d，全年最多积雪日数 49 d，最少 1 d；霜冻累年年均为 68.5 d，年最多 122 d，最少 16 d；年均冻土深度为 97 cm，最大冻土深度为 141 cm；另外金塔是沙尘暴多发地区，累年平均出现 15.7 d。

距离本场址最近的气象站位于产业园内核燃料后处理核心区东南角，距离本项目 WSW 方向约 8.7 km。该站于 2010 年 8 月由中国辐射防护研究院承建，气象观测系统由气象铁塔风温梯度测量系统、地面气象多要素自动观测系统、监控系统平台三部分构成。其中，地面站气象观测包括：直接观测指标有风向、风速、气温、气压、相对湿度、总辐射、净辐射、蒸发量、降雨量 9 要素观测。间接推算指标有湿球温度、露点温度与水汽压等。观测数据获取率在 98%以上，能够满足核安全导则最低 90%的要求。

该气象站距离本项目最近，其 2023 年 1 月~2024 年 12 月近两年的气象统计资料表明，本项目所在区域范围内年均风速为 3.45 m/s，主导风向为 W，风频为 14.11%，其次为 WNW，风频为 13.67%。年均温度 8.42℃，年均湿度为 39.7%，年均降水量 19.10 mm，年降雨风频以东南风和东风为主。各风速组平均风速为 0~1 m/s：0.71 m/s；1~2m/s：1.47 m/s；2~3 m/s：2.43 m/s；3~5 m/s：3.81 m/s；5~6 m/s：5.42 m/s；≥6m/s：7.95 m/s。该气象站近两年年均风玫瑰图见图 2.4-1，年均降水量玫瑰图见图 2.4-2，10 m 高度风向、风速、稳定度联合频率见表 2.4-1。

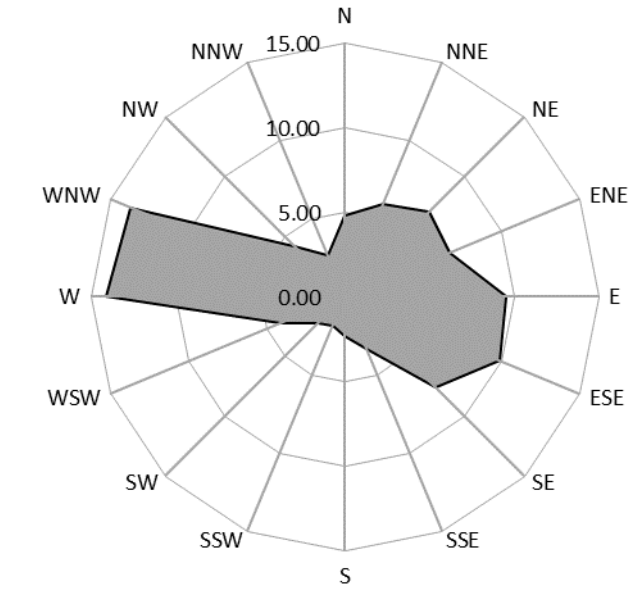


图 2.4-1　距离场址最近气象站的年均风玫瑰图（%）

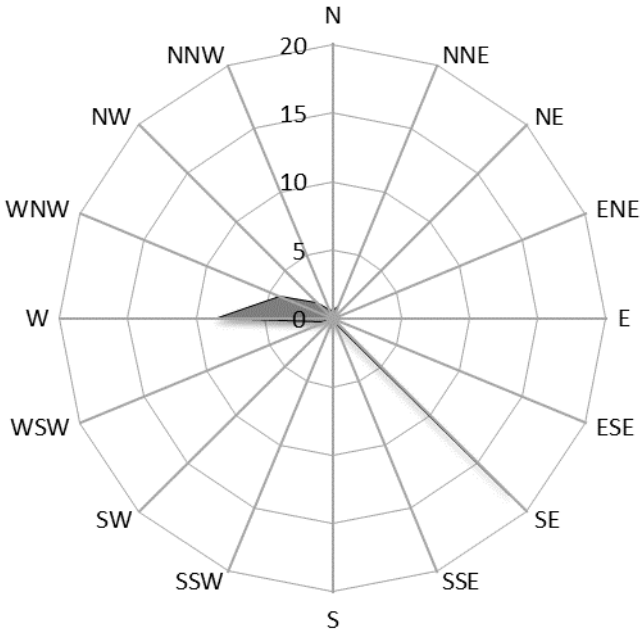


图 2.4-2　距离场址最近气象站的年均降雨玫瑰图（mm）

表 2.4-1　10m 高度风向、风速、稳定度联合频率(%)(2023 年 1 月~2024 年 12 月)

稳定度	风向 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A	0.0~1.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.0~2.0	0.057	0.040	0.051	0.091	0.188	0.177	0.199	0.165	0.239	0.177	0.137	0.222	0.171	0.154	0.063	0.034
	2.0~3.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	3.0~5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.0~6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B	0.0~1.0	0.000	0.000	0.011	0.006	0.011	0.006	0.006	0.000	0.006	0.006	0.006	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000
	1.0~2.0	0.097	0.199	0.228	0.342	0.473	0.479	0.507	0.382	0.496	0.393	0.576	0.730	0.570	0.285	0.165	0.114
	2.0~3.0	0.245	0.120	0.114	0.182	0.308	0.769	0.712	0.416	0.205	0.188	0.279	0.707	1.134	0.445	0.262	0.165
	3.0~5.0	0.051	0.051	0.011	0.011	0.080	0.507	0.587	0.239	0.091	0.063	0.028	0.217	0.536	0.388	0.160	0.103
	5.0~6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C	0.0~1.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.0~2.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	2.0~3.0	0.091	0.091	0.091	0.057	0.091	0.103	0.120	0.125	0.063	0.017	0.040	0.114	0.342	0.131	0.085	0.034
	3.0~5.0	0.188	0.103	0.148	0.068	0.211	0.844	1.134	0.348	0.097	0.046	0.046	0.245	1.089	0.815	0.296	0.148
	5.0~6.0	0.028	0.023	0.000	0.017	0.057	0.456	0.490	0.114	0.000	0.006	0.011	0.006	0.239	0.268	0.017	0.017
	≥6.0	0.011	0.017	0.000	0.017	0.450	1.180	0.673	0.131	0.011	0.006	0.000	0.000	0.439	0.570	0.046	0.023

表 2.4-1　10m 高度风向、风速、稳定度联合频率(%)(2023 年 1 月~2024 年 12 月)（续）

稳定度	风向 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
D	0.0~1.0	0.006	0.011	0.011	0.011	0.017	0.006	0.011	0.011	0.017	0.000	0.006	0.011	0.000	0.011	0.006	0.000
	1.0~2.0	0.177	0.222	0.262	0.268	0.251	0.211	0.239	0.171	0.154	0.182	0.245	0.359	0.422	0.348	0.234	0.165
	2.0~3.0	0.194	0.165	0.234	0.171	0.154	0.165	0.199	0.103	0.051	0.074	0.057	0.154	0.547	0.405	0.120	0.120
	3.0~5.0	0.644	0.695	0.758	0.741	1.054	1.003	0.809	0.245	0.080	0.034	0.034	0.131	1.579	2.001	0.502	0.359
	5.0~6.0	0.399	0.427	0.331	0.621	0.673	0.604	0.285	0.108	0.057	0.028	0.006	0.034	0.912	1.049	0.182	0.142
	≥6.0	0.513	0.445	0.222	1.134	2.365	1.106	0.291	0.051	0.028	0.023	0.006	0.006	1.727	2.023	0.422	0.131
E	0.0~1.0	0.006	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.006	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000
	1.0~2.0	0.177	0.148	0.211	0.120	0.125	0.137	0.091	0.068	0.080	0.080	0.063	0.125	0.279	0.296	0.131	0.085
	2.0~3.0	0.114	0.142	0.188	0.034	0.080	0.068	0.040	0.006	0.017	0.000	0.011	0.011	0.171	0.239	0.063	0.057
	3.0~5.0	0.245	0.695	1.094	0.621	0.821	0.353	0.068	0.017	0.011	0.006	0.011	0.046	0.673	1.026	0.228	0.097
	5.0~6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.0~1.0	0.017	0.023	0.017	0.074	0.028	0.006	0.023	0.023	0.046	0.028	0.023	0.006	0.023	0.023	0.017	0.017
	1.0~2.0	0.895	0.963	1.311	1.129	1.151	1.077	0.826	0.541	0.547	0.456	0.559	0.707	1.835	1.590	0.826	0.604
	2.0~3.0	0.633	1.311	1.807	0.952	0.952	0.633	0.313	0.108	0.068	0.028	0.051	0.222	1.414	1.596	0.405	0.211
	3.0~5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.0~6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

2.5 水文

2.5.1 地表水

场址区域所涉及的主要河流水系包括黑河、疏勒河和讨赖河。

黑河是河西走廊的第一大河流，位于场址区域的东侧，发源于祁连山北麓中段，由张掖、酒泉间的南山和祁连山流出各河流汇集而成，向北流入内蒙古居延海，全长约 800 km。黑河距场址的距离约 60 km。

疏勒河属于河西走廊内流水系的第二大河，源于祁连山脉西段托来南山与疏勒南山之间的疏勒脑，西北流经肃北县的高山草地，过昌马盆地。出昌马峡以前为上游（称昌马河），昌马堡站平水年年均流量 24.8 m^3/s，年径流量 7.81×10^9 m^3。出昌马峡至走廊平地为中游，向北分流于大坝冲积扇面。疏勒河位于场址西侧，距场址超过 100 km。

讨赖河位于上述两大河流之间，是嘉峪关市境内唯一的地表河流。河流发源于祁连山中段讨赖掌，水源汇聚地达 620 km^2，年平均降水量 800 mm，汇集水量 22×10^9 m^3。河流经嘉峪关、酒泉、金塔后汇入黑河，属黑河水系一级支流。讨赖河源头至冰沟口河长 260 km，集水面积 6883 km^2，从嘉峪关市西南入境，由东面流出，境内河长 40 km。据冰沟水文站 1948~2000 年观测资料分析，讨赖河多年平均径流量 6.380×10^8 m^3，年最大径流量 1.12×10^9 m^3(1952 年)，年最小径流量 4.64×10^8 m^3。由于后期水利开发，讨赖河水主要注入金塔的鸳鸯池水库。鸳鸯池水库距场址的距离约 40 km。上述河流水系的分布可参见示意图 2.5-1 和图 2.5-2。

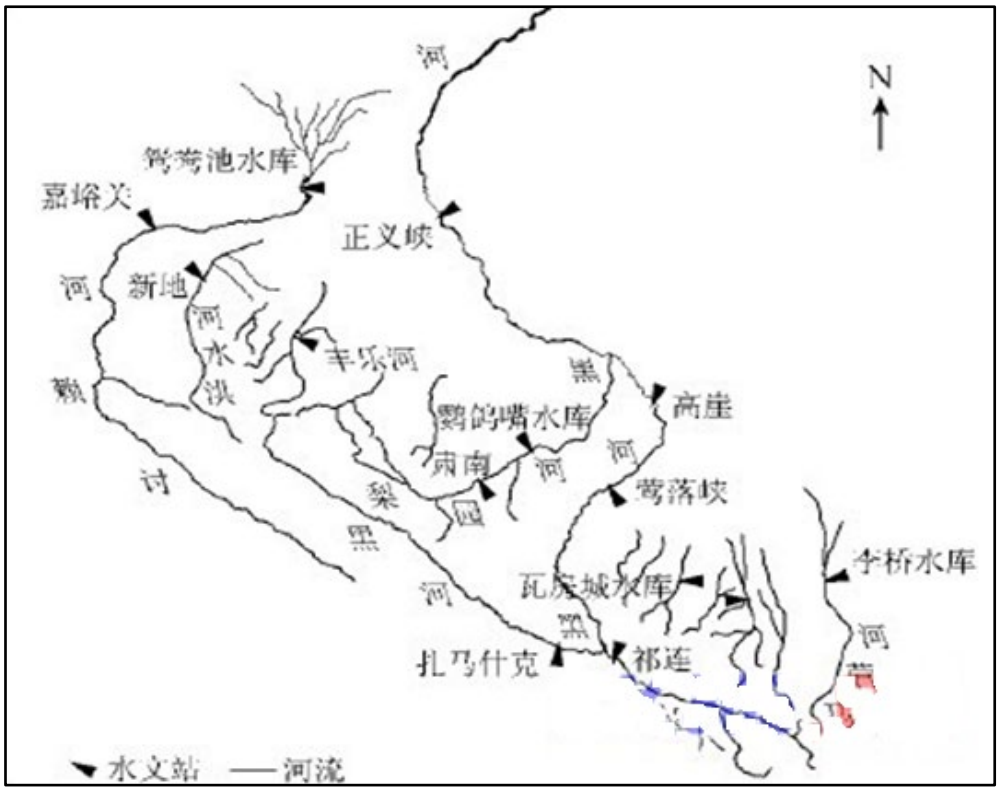


图 2.5-1　黑河与讨赖河水系分布示意图

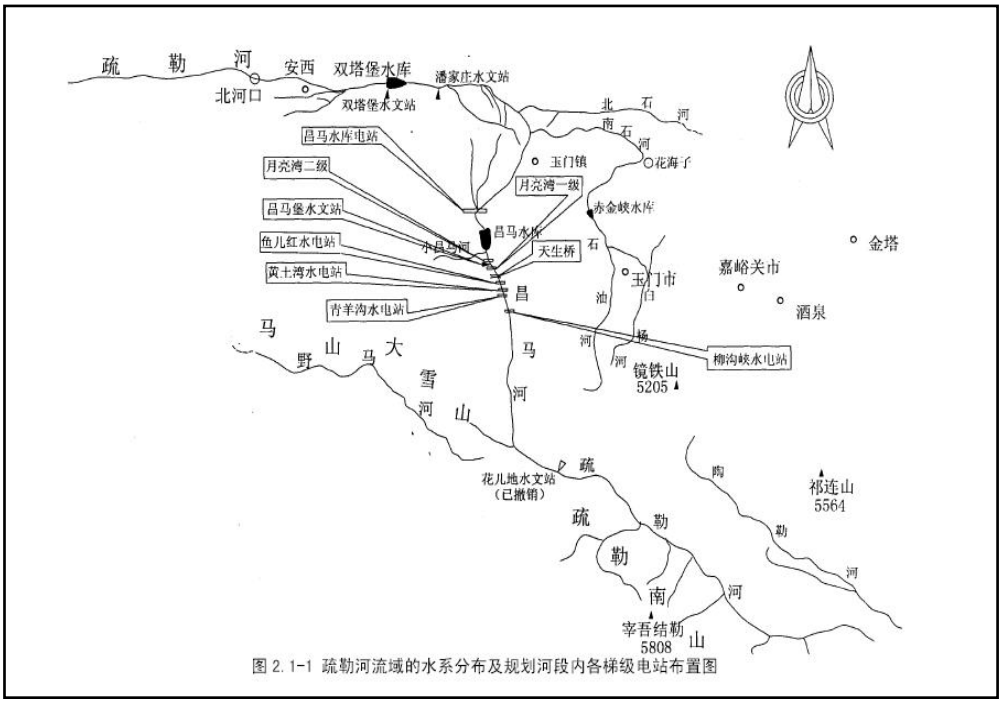


图 2.5-2　疏勒河水系分布示意图

根据已有资料，鸳鸯池水库的防洪标准为百年一遇洪水设计，洪峰流量 1080 m^3/s，2000 年一遇洪水校核，洪峰流量 2400 m^3/s。鸳鸯池水库总库容约 1.05×10^9 m^3、相邻的解放村水库总库容约 $3.91\times10^7 m^3$。

由于甘肃酒泉核技术产业园远离上述河流，距离最近的鸳鸯池水库也在 40 km 之上，再加上核技术产业园位于走廊北部，地势也远高于讨赖河流经的谷地和鸳鸯池水库。因此，河流洪水不会对场址产生影响，即使在考虑鸳鸯池水库溃坝的情况下也不会对场址产生安全影响。

本项目评价范围内无地表水体，距离场址最近的地表水体为跃进渠，该渠为金塔县西干渠的支渠形成的灌渠网络，渠水均引自鸳鸯池水库，用于生地湾农场农田灌溉。该渠距场址直线距离约 11 km，不会对场址产生影响。

2.5.2 地下水

根据《放射性可燃废物焚烧项目岩土工程初步勘察报告》（核工业西南勘察设计研究院有限公司，2026 年 6 月），拟建场地范围内地下水为基岩裂隙水，赋存于中等风化~微风化岩体的节理裂隙中，其含水层为志留-奥陶系岩层，岩性主要为斑点板岩和长英质糜棱岩，富水性很弱，根据水位观测成果，场地基岩裂隙水水位 1201.43~1203.87 m。

根据压水试验结果，拟建场区浅部中等风化~微风化岩体因为裂隙发育一般，根据压水试验结果，基岩裂隙水透水率 0.429~8.908 Lu，属于弱透水~微透水层。场地地下水位无规律，并未形成回流，推测原因是该场地地下水主要赋存于基岩中，地下水径流受控于节理裂隙发育，由于基岩的裂隙贯通性较差，地下水之间的水力联系较差所致。

大气降水入渗是拟建场地基岩裂隙水的主要补给来源，补给量的多少主要与降水的多少、岩性特征、裂隙发育程度等有关；另外，厂址附近的建筑施工用水及生活用水的排放也是场区及附近区域地下水的补给来源之一。地下水入渗到基岩的节理裂隙中，沿节理裂隙向低处径流，直至裂隙发育段下界，在厂址外地势低洼处或冲沟处分散溢出地表。地下水的径流、排泄速度受节理裂隙的连通性、地形坡度所控。排泄方式主要为蒸发以及向冲沟、谷地分散排泄。

2.6 地质地震

2.6.1 地形地貌

本项目场址区域位于祁连山和马鬃山之间，靠近马鬃山。拟建场区为缓倾斜戈壁平原地貌单元，地形整体上东北高西南低，海拔为1211.02~1214.95 m，相对高差不大，地势相对较平坦，偶见剥蚀残丘。场址地形地貌见图 2.6-1。



图 2.6-1　场址地形地貌

2.6.2 地层岩性

拟建场区地层岩性主要由第四系上更新统洪积和奥陶-志留系沉积岩、变质岩组成，由新至老地层依次为：

2.6.2.1 第四系上更新统洪积层（Q_3^{pl}）

①砾砂夹角砾：黄褐色，稍密，主要成分为黑云母、长石、石英，含 2%~30%碎石，砾石成分主要为斑点板岩和长英质糜棱岩碎块，呈块状、片状，粒径 0.2~5 cm，磨圆度差，分选差；局部角砾含量较高，呈现为角砾层。该层分布厚度 0.40~1.80 m，平均 0.82 m，层底埋深 0.40~1.80 m，平均 0.82 m，层底标高 1210.65~1213.38 m，平均 1212.27m。

2.6.2.2 奥陶-志留系（O-S）

拟建场区出露的基岩主要为奥陶—志留系的第一岩组，岩性主要为斑点板岩和长英质糜棱岩。

②$_1$ 强风化斑点板岩（O-S）[1]：白色，变余黏土状结构，板状构造，主要矿物成分为云母、少量绿泥石、石英和长石。岩芯呈碎块状、含较多砂土状碎屑，岩芯极破碎，岩块手可掰断。该层动力触探实际

锤击数标准值为 43 击。该层分布厚度 0.60~5.50 m，平均 2.88 m，层底埋深 2.00~5.90 m，平均 4.08 m，层底标高 1206.98~1210.09 m，平均 1208.70 m。

②$_2$ 中等风化斑点板岩（O-S）[1]：灰色~深灰色，变余黏土状结构，板状构造，主要矿物成分为云母、少量绿泥石、石英和长石。岩芯多块状、短柱状。风化节理裂隙较发育，节理面铁质浸染，局部区域岩层节理裂隙发育，岩体破碎。该层分布厚度 9.40~23.50 m，平均 14.78m，层底埋深 13.00~23.50 m，平均 16.99 m，层底标高 1189.28~1200.50 m，平均 1195.81 m。

②$_3$ 微风化斑点板岩（O-S）[1]：深灰色，变余黏土状结构，板状构造，主要矿物成分为云母、少量绿泥石、石英和长石。岩芯呈柱状、长柱状。风化节理裂隙较少。该层未揭穿。

③$_1$ 强风化长英质糜棱岩（O-S）[1]：灰白色，糜棱组构，定向构造，主要由长石、石英、云母和少量不透明矿物组成，岩芯呈碎块状、含较多砂土状碎屑，岩芯极破碎，岩块手可掰断，动力触探标准值 29 击。该层分布厚度 0.60~9.40 m，平均 2.63 m，层底埋深 1.50~10.40m，平均 3.35 m，层底标高 1203.29~1212.03 m，平均 1210.25 m。

③$_2$ 中等风化长英质糜棱岩（O-S）[1]：岩石呈灰色，糜棱组构，定向构造，主要由长石、石英、云母和少量不透明矿物组成，岩芯呈柱状、块状。风化节理裂隙较发育，节理面铁质浸染，局部区域岩层节理裂隙发育，岩体破碎。该层分布厚度 4.60~17.50 m，平均 12.63 m，层底埋深 12.00~20.00 m，平均 15.67 m，层底标高 1193.82~1201.04 m，平均 1197.87 m。

③$_3$ 微风化长英质糜棱岩（O-S）[1]：岩石呈灰色，糜棱组构，定向构造，主要由长石、石英、云母和少量不透明矿物组成，岩石较完整，风化节理发育程度一般，节理面铁质浸染，岩芯呈柱状、长柱状。该层未揭穿。

2.6.3 地质和地震特征

2.6.3.1 场区内地质构造

拟建场区范围内地质构造主要为节理裂隙和片理。构造节理和片

理倾角较陡，多呈闭合、微张开，结构面大部分为平直状，张开度一般 1~2 mm，少部分大于 3 mm，无充填或泥质充填，少部分为硅质充填，铁质浸染。

拟建场区海拔一般为 1211.02~1214.95 mm，相对高差不大，地势相对较平坦，厂址及其附近范围内仅零散分布一些剥蚀残丘，不存在自然边坡。

拟建场区区内无地面崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、溶蚀、采空区等不良地质作用，无古河、暗浜、人工洞穴或其他人工地下设施、孤石等对工程不利的埋藏物。

2.6.3.2 地震

地震地质是论证厂址适宜性不可忽视的重要因素。鉴于园区建设主要依托核燃料循环后处理设施的建设，而在前期选址工作中已针对核燃料循环后处理设施的安全要求进行了地震地质专题论证，确认在规划建设的核技术产业园区及其附近区域内处于构造运动和地震活动稳定地区，厂址半径 5 km 范围的附近地区不存在地表能动断层，在厂址近区域 25 km 范围内不存在发震构造。因此，本项目厂址位于已经前期已经论证过的核技术产业园区内，故不存在影响厂址可接受性的地震地质因素。

根据《放射性可燃废物焚烧项目岩土工程初步勘察报告》（核工业西南勘察设计研究院有限公司，2026 年 6 月），本项目地质勘察过程中进行了单孔波速测试，根据现场波速测试及现场实际地层揭露，该场地覆盖层厚度＜5 m，综合判定建筑场地类别为I_1 类，厂址区分布的第四系地层主要为上更新统洪积层（Q_3^{pl}）砾砂夹角砾，可不考虑地基土液化问题，厂址区也未发现软土，可不考虑软土震陷影响。

厂址区地形平坦开阔，表层为密实的砾砂夹角砾，厂址区及其附近范围内无断裂带、活动地层、软弱土层、液化土层，不存在条状突出的山嘴和高耸孤立的山丘，因此，本场地建筑抗震地段可划分为对建筑抗震有利地段。

2.6.4 场地稳定性

根据搜集到的已有资料，拟建场区未发现特殊地质体、挤压破碎

带及大型的节理密集带，区域构造存在 3 条断层，分别为穿山驯断层（F14），该断层为第四纪断层，离场地最近直线距离为 7.5 km；穿山驯北西向断层（F15）距离拟建场地最近距离约 1.6 km，该断层最新活动年代在第四纪之前；墩墩山南西断层（F16）离场地最近直线距离为 2.3 km，经“地震活动断层勘察数据中心”查询，厂址周围 10 km 范围内无全新世活动性断裂。

场地覆盖层较薄，覆盖层厚度均小于 5 m，该覆盖层均为砾砂夹角砾层，密实状态，承载力较高。场地地貌为缓倾斜戈壁平原地貌，地形平坦开阔，无突出的山嘴、高耸的山丘、陡坎等，根据波速测试成果，场地属I_1类建筑场地，属于建筑抗震有利地段。

根据区域地质资料及本次工程地质勘察结果，在厂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。

厂址地基上部覆盖小于 5 m 的覆盖层，呈密实状态，承载力较高，下部为基岩层，承载力均较高。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，无软弱层存在，界面角度小于 5°，上覆土层不会沿基岩面滑移。

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有利地段，不良地质作用不发育，因此场地为稳定场地。

2.7 场址可行性论证

本项目为放射性固体废物处理处置设施，位于甘肃省酒泉市核技术产业园内，周边企业主要从事放射性固体废物处理处置等相关生产活动，符合相关规划情况。

场址选择的基本情况如下：

1）本项目所在场址周边 5 km 范围内不存在行政村及自然村，也没有农副业生产活动；

2）10 km 范围内不存在学校、医院、监狱，距离最近的省级自然

保护区核心区域约 10 km，罕有保护型动物出没、迁徙，对生态环境影响有限；

3）项目所在产业园基础设施条件完善，交通运输便利，有利于本项目的生产与运行；

4）场址的气候气象、水文、地震地质等条件对于建设和运行处置场不存在颠覆性影响；

5）工程地质未发现地面沉降、采空区、滑坡、危岩和崩塌等不良地质作用，在场地内及附近范围无可供开采的矿产资源，也没有影响场地稳定性的人类活动。

综上所述，本项目拟选场址是适宜的。

第三章　工程概况

3.1 项目概况

3.1.1 项目建设内容

本项目用地使用性质为工业用地，无需新征用地，在已购置的土地上进行建设。本项目建设内容主要是低放可燃废物焚烧厂房（01 子项）、低放废物暂存库（02 子项）、运行综合楼（03 子项）和室外工程及配套设施（04 项）。本项目主要建设内容见表 3.1-1。

表 3.1-1　主要建设项目一览表

序号	建（构）筑物名称	功能描述	建筑面积（m^2）
1	低放可燃废物焚烧厂房	新建低放可燃废物焚烧厂房，设有卫生出入口、废物预处理间、卸灰间、废碱液间、蒸发间、配碱间、柴油间、水泥配料间、水泥固化间、中控室、热解焚烧设备间、尾气净化大厅、废物包暂存间等房间，用于低放可燃废物的热解焚烧，焚烧能力为 80kg/h。三层屋面设有 2 个不锈钢烟囱，距地面高度 30m，分别为焚烧炉工艺尾气排风烟囱和厂房橙区和局部排风烟囱。还有一个高出屋面 3m 排气筒，用于厂房绿区和黄区排风。	3582.75
2	低放废物暂存库	新建低放废物暂存库，暂存库区为 2 个可独立运行的子库区（1#库、2#库），并划分水泥固化体暂存区，与 1#库半墙相隔，废物暂存能力约 4000 m^3。附楼内设有送风机房、配电间、排风机房等辅助用房；暂存库屋面设有一个高出屋面 3m 排气筒，用于厂房排风。	3658.36
3	运行综合楼	新建运行综合楼，设有消防控制室、运行管理室、会议室、网络机房等，主要用于人员办公与设施运行管理。	1499.3
4	室外工程及配套设施	新建门卫 1、门卫 2、设备用房、消防水池、消防废水收集池、围墙、室外管线、厂区道路等内容。	/
5	公用工程	园区配套市政给排水，由金二路市政供水管上引入一根 DN150 给水干管到厂区内。园区配套集中供暖系统，热源直接接自市政热力管网系统。新建变配电室一座，为保证二级负荷供电要求，采用外引一路 10kV 电源，外加柴油发电机组的供电方式。根据现有资料，本项目提供的一路市政 10kV 电源线路引自厂址西北侧 10kV 支线，埋地引入。	/

3.1.2 平面布置

3.1.2.1 总平面布置

本项目规划暂存区、焚烧区、运维区、预留配套区和预留二期扩建工程五个功能分区。本项目运行综合楼紧邻主入口，位于地块东北侧。低放可燃废物暂存库位于地块东南侧，向西衔接低放可燃废物焚烧厂房。西北侧为预留辅助配套设施，西南侧为预留二期扩建工程。项目设置一个人流出入口和一个物流出入口，人流出入口位于地块东北侧，物流出入口位于地块东南侧，两个出入口设置分别设置门卫。厂区平面布置图见图 3.1-1。

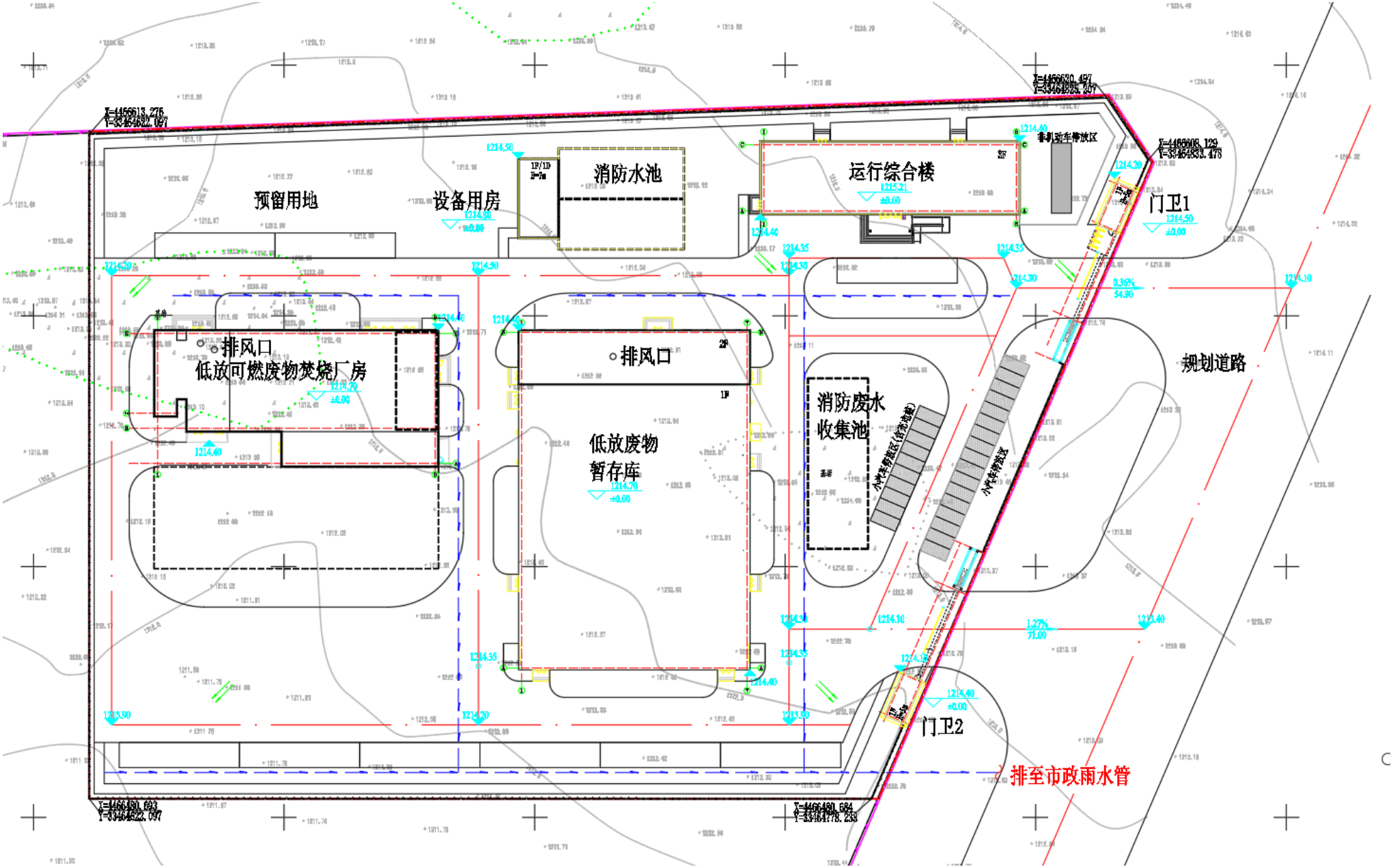


图 3.1-1　厂区平面布置图

3.1.2.2 主要建筑物平面布置

（1）低放可燃废物焚烧厂房

低放可燃废物焚烧厂房建筑局部地下一层，地上三层，局部四层。建筑面积约 3582.75 m^2，建筑高度 19.5 m（室外地面到女儿墙顶）。

厂房地下一层设置特下水收集间和废液收集间，用于卫生出入口淋浴废水、废碱液等废水的监测排放。

厂房一层主要设置门厅、热力入口间、值班室、配电间、柴油间、配碱间、水泥配料间、楼梯间、软水设备间、空压机房、变电站间、楼梯间等非控制区房间；设置卫生通过间、控制区走廊、缓冲间、废物预处理间、蒸发间（废液处理间）、废碱液间、卸灰间、水泥固化间等控制区房间。

厂房二层主要设置中控室、电子设备间、生产准备间、空调机房、男卫生间、配电间、楼梯间、排烟机房、参观走廊等非控制区房间；设置工具间、维修间、检测间、热解焚烧设备间、尾气净化大厅等控制区房间。

厂房三层主要设置楼梯间、配电间、女卫生间等非控制区房间；设置缓冲间、走廊、排风机房、引风机房、废物包暂存间等控制区房间。

厂房屋面（四层）设有热水机房、应急水箱间和消防水箱间等非控制区房间；屋面设置 2 个不锈钢烟囱，分别为热解焚烧炉工艺尾气排风烟囱（工艺尾气排风烟囱）和厂房橙区全面排风和工作箱局部排风烟囱（厂房排风烟囱），距地面高度均为 30 m，2 个烟囱紧邻。工艺尾气排风烟囱内径 0.3 m，厂房排风烟囱内径 1.5 m。此外还设置 1 个高出屋面 3 m 的排气筒，内径 0.95 m，用于厂房绿区和黄区全面排风。低放可燃废物焚烧厂房地下一层~四层平面布置图见附图 1~5。

（2）低放废物暂存库

低放废物暂存库分为库区和附楼两部分，库区地上一层，附楼地上二层，建筑面积约 3658.36 m^2，库区建筑高度 15.3 m，附楼建筑高度为 12.1 m（室外地面到库区女儿墙顶）。库区内设临时车辆卸货区、干粉设备间、焚烧灰固化物暂存间和 2 个子库区（1#库、2#库），各

个子库区可分别独立运行。其中焚烧灰固化体暂存间与 1#暂存库之间半墙相隔，共用排风系统。

附楼一层设置门厅、报警阀间、配电室、暖通机房、卫生间等非控制区房间；设置卫生通过间、辐射剂量检测间、缓冲间等控制区房间。附楼二层设置自控设备间（非控制区）和排风机房（控制区）。低放废物暂存库平面布置图见附图 6~7。

（3）运行综合楼

运行综合楼建筑地上二层，建筑面积约 1499.3 m^2，建筑高度 9.75m（室外地面到女儿墙顶）。一层主要设置门厅、卫生间、消防值班室、办公室、会议室、网络机房等房间，二层主要设置运行管理中心和办公室等房间，平面布置图见附图 8~9。

3.1.3 劳动定员与工作制度

本项目劳动定员总计 66 人，低放可燃废物焚烧厂房设置 53 人，低放废物暂存库设置 3 人，其余工作人员 10 人。低放可燃废物焚烧厂房根据主工艺设备运行和检修情况，建成后年运行时间为 209 d/a。

3.2 工艺系统

3.2.1 概述

本项目接收的可燃固体废物首先送至低放废物暂存库进行暂存。根据运行计划，待焚烧废物转运至低放可燃废物焚烧厂房预处理间，经固体废物预处理系统进行预处理后，转入热解焚烧系统进行热解焚烧。产生的焚烧灰装入 200 L 桶后进行水泥固化处理，形成的固化体送至暂存库进行养护和暂存，最终送有资质单位处置。焚烧产生的烟气经烟气冷却净化系统进行处理，最后通过 30 m 高烟囱排放。烟气处理过程产生的废液进行蒸发处理，处理后的冷凝液检测达标后槽车外送有资质单位处理处置外送处理。本项目工艺总体方案见图 3.2-1。

本项目建设的可燃固体废物焚烧系统主要包括固体废物接收与预处理系统、废物热解焚烧系统、热解焚烧配套系统、废物处理整备系统等部分，热解焚烧配套系统和废物处理整备系统用于“三废”处理，可燃固体废物焚烧系统工艺流程见图 3.2-2。

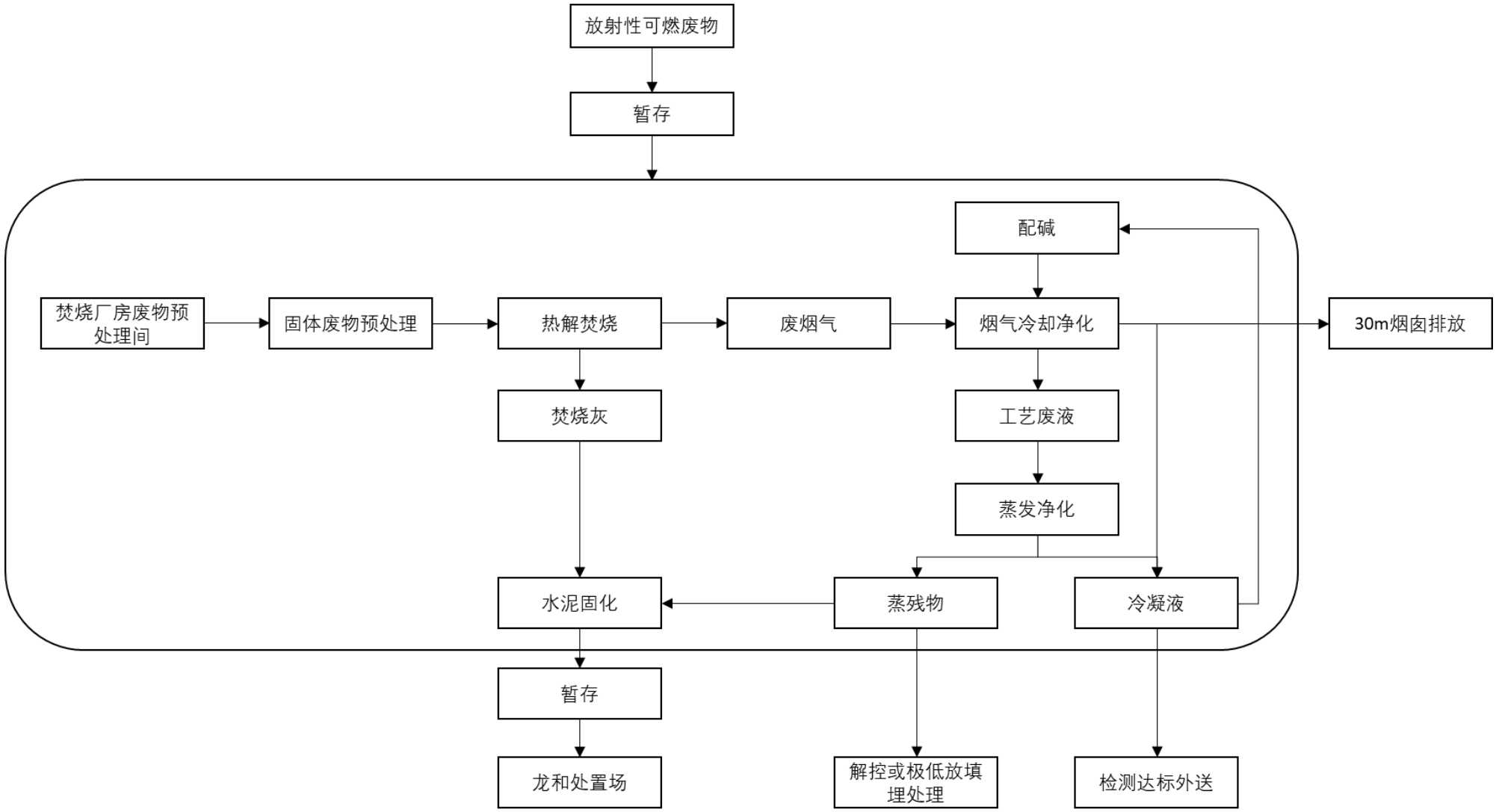


图 3.2-1　低放废物焚烧处理整备工艺总体方案图

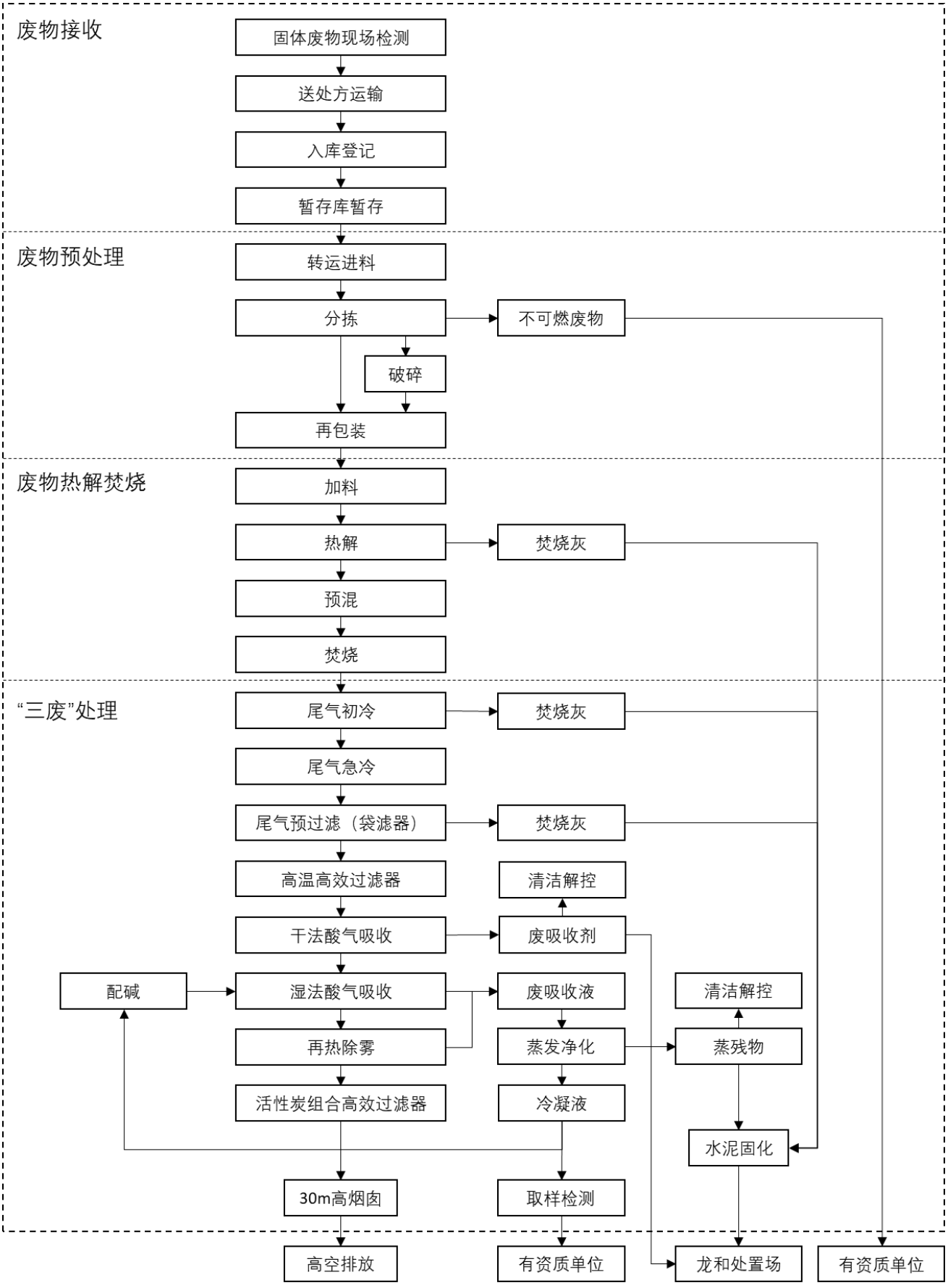


图 3.2-2　可燃固体废物焚烧系统工艺流程图

本项目接收的低放可燃废物标准为：总 $\alpha<2\times10^5$ Bq/kg，总 $\beta<4\times10^6$ Bq/kg，包装形式包括装载可燃固体废物的 200L 桶、160 L 桶和 2 m^3 的钢箱等。拟接收的废物桶必须外表面清洁、无破损，符合《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的规定。

废物产生单位需将废物运至本项目时，提前向运行单位提出申请，确定拟运送废物的废物源项和数量，得到运行单位现场检查、确认后，方可进行外运；当废物运输车辆通过厂区的物流专用通道进入车辆停放区，运行单位需要完成文件审查、现场检查及办理废物交接手续等。

3.2.2 固体废物接收与暂存

经核实认定合格后的废物运输车行驶至低放废物暂存库，进入暂存库南侧临时车辆卸货区，打开车厢上开口，根据各个子库区实际库容情况，将钢桶直接吊运至暂存库进行暂存，或吊运至电动转运小车后转运至库暂存相应位置后完成吊装暂存。

利用吊车和电动转运小车对库内 200 L 钢桶进行吊装倒库，并采用 5 层“金字塔”式码放形式。各子库区靠近大门处码放废物货包的活度浓度不超过 4×10^4 Bq/kg；放射性活度浓度较高的废物货包，码放在暂存区的中心区域。

实际运行过程中，根据暂存废物的放射性活度及实际辐射监测结果，视情况在大门处设置移动屏蔽体，主要采用 200 L 沙桶码放至库区废物桶外侧作为临时移动屏蔽措施。

3.2.3 固体废物转运与预处理

（1）废物转运与接收

废物桶运抵处理中心后在废物暂存区域暂存。需要进行废物处理时，将废物桶从暂存库转运至低放可燃废物焚烧厂房内指定位置。操作人员仅对废物桶桶盖上的紧扣螺栓进行拆卸，废物桶沿输送通道进入密封的接收装置箱体内。

（2）废物取出

废物桶进入接收装置箱体后，首先通过取盖装置去除顶盖，之后将接收装置内的翻转机构与废物桶连接，让废物桶内的废物依靠自身的重力滚落到输送线上；待桶内废物将桶内废物倾倒后，翻转机构使

其恢复到初始位置，断开翻转机构与废物桶的连接。废物桶内废物沿输送线进入金属检测与分拣装置之中；工作人员盖上桶盖，将废物桶放回小推车，再将空的废物桶转运到指定地点存放。

（3）金属检测与分拣

采用金属探测器对废物中的金属进行探测。检测到金属后，操作员需在工作箱内手动分拣并分类处理。分拣后的金属装桶处理，继续分拣非金属废物中无需进行破碎的小块废物，其直接进入散料输送通道，进入打包机打包；其余非金属废物进入破碎机中破碎，破碎后的散料同样通过提升输送机进入打包机中进行打包。

（4）自动打包

破碎后的散料由提升传送带送入打包工位，自动打包机使用液压压缩机对松散废物施加定向压力，将其压缩为特定形状，随后由自动裹膜机缠绕打包，封口采用热熔密封，形成气密性包装，完成打包的料包进入举升机输送至废物包暂存间。

（5）料包暂存及自动进料

料包通过举升机输送至指定的暂存区内部，通过自动转运装置将举升机输送线上的料包沿着指定的路径放置在特制的栅格货架上，实现料包的暂存。

需要料包进料时，自动转运装置可以自动取出货架上的料包，将料包放置在热解炉的进料输送线上，完成料包的自动进料。自动转运装置通过特定的夹具和托盘对运输过程中的料包进行固定放置，保证输送过程中不会出现料包脱落；自动转运装置通过激光对输送空间进行整体扫描测绘形成大致路径并结合运输实时扫描信号反馈划定输送路线，保证每个料包存储在对应位置上，取出料包时同样根据路径控制准确输送料包至输送线上。

暂存区的出料输送线与热解炉自动进料装置的进料输送线对接，热解炉自动进料装置为双插板密封结构，保证料包在进料过程中炉体内部与外界保持隔离，料包在辅助下料机构的推动下落入热解炉内，完成进料。

3.2.4 热解焚烧系统

热解焚烧过程将放射性可燃有机废物的燃烧过程分为三个部分：

（1）热解

废物的热解过程是在热解炉内完成的，热解是废物焚烧主工艺系统全过程的核心，热解过程平稳与否直接影响主工艺系统的运行状况。热解炉中料层自上而下可大致分为预热层、热解层、烧焦层和灰层。放射性可燃废物在300~600 ℃的热解层中受热分解，热解过程中放出的燃烧热通过热传导方式，引燃上方的物料，此过程无需燃料辅助。

热解后产生挥发性燃气（包括气体和焦油雾，简称热解气）和热解焦，同时使放射性废物中的绝大部分放射性核素滞留在热解焦中。为确保物料的充分热解，会根据热解气的产生量、废物投入时间等因素进行搅拌操作。

热解气由热解炉上方引出，热解焦与炉排下方送入的一次空气中的氧气发生氧化反应形成灰分，烧尽的灰及其中滞留的放射性核素通过炉排落入排灰系统。

热解炉的**主要工艺控制参数**包括：

热解处理能力：80 kg/h；

工况温度：300~600 ℃；最高工作温度：800 ℃；冷却水温度：≤60 ℃；

工况压力：~-600 Pa；

主要材质：镍基特种合金、耐热不锈钢、不锈钢；

设备重量：7000 kg；炉膛内径：Φ1100 mm；外形尺寸约：Φ1500×6500 mm。

（2）燃气预混

预混是将热解炉上方引出的热解气在预混管中与预热后的空气充分混合，以保证热解气能够充分燃烧的过程。

由于热解气在较低温度下有可能形成焦油雾附着在预混器等设备表面，为提高燃气燃烧效果并防止热解气凝结，热解气从热解炉排出后需与风机提供的足量二次风在预混器中进行充分混合。与足量热空气充分混合的热解气通过预混器的补偿接管后到达喷嘴，并以一定

的流速和方向喷入燃烧炉。

（3）燃气燃烧

燃烧是对放射性可燃废物热解产生的热解气、焦油雾进行高温燃烧的过程。热解气燃烧完全才能保证后续工艺设备正常运行，也是实现尾气达标排放的重要保障。

燃烧炉为立式圆筒形容器，主要由燃气预热烧嘴、炉顶、炉体、炉底、保温材料及耐火炉膛组成。

燃烧炉长期工作温度为 800~1100 ℃。热解气从燃烧炉顶部以一定的流速和角度进入炉膛，与顶部向下喷射的燃气喷嘴高温火焰相遇，在瞬间发生燃烧过程；再加上炉膛的蓄热，使整个燃烧炉温度维持在 800~1100 ℃；整个燃烧过程非常充分。焚烧后的烟气从燃烧炉底部排出。

充分燃烧后的烟气从燃烧炉底部流出。正常运行过程中，燃烧炉可通过焚烧废物热解气保持设定温度，无需辅助燃料。

（4）热解焚烧配套系统

热解焚烧配套系统包括焚烧灰收集子系统、烟气冷却净化子系统、工艺送风子系统、压缩空气供应子系统、冷却水循环子系统、碱液配置与循环子系统、事故应急子系统、工艺控制子系统等。

1）焚烧灰收集子系统

焚烧灰收集子系统的主要作用是将废物焚烧生成的焚烧灰及袋滤器捕集的灰收集到灰桶中。焚烧灰收集子系统主要由热解炉排灰储罐，热解炉排灰工作箱和袋滤器排灰工作箱组成。

热解炉产生的焚烧灰通过炉排落入炉底的热解炉排灰储罐中冷却积存，热解炉排灰储罐的有效容积略小于灰桶（200 L 标准桶）的容积。热解炉排灰储罐上设有物位开关与切断阀门，焚烧灰装满后关闭切断阀门，报警信号传中控室，由中控室通知操作人员排灰。排灰操作分别在热解炉排灰工作箱和袋滤器排灰工作箱内完成。卸灰操作在排灰工作箱中完成，排灰工作箱设有局排，负压操作。

2）烟气冷却净化子系统

热解炉排出的烟气中含有放射性成分，此外还含有烟尘、酸性气

体（HCl、SO_X、NO_X）、二噁英等非放污染物，需进行有效地净化后才能排入大气。

在烟气净化前首先要对其进行冷却，其冷却及净化具体工艺流程为：初冷→急冷→预过滤→高温高效过滤器→干法酸气吸收→湿法酸气吸收→再热除雾→活性炭组合高效过滤器→烟囱。

初步冷却采用冷却水间接换热（水冷）和冷空气混合直接冷却（气冷）相结合的方式。急冷采用雾化喷嘴将冷却水雾化成小雾滴喷入热烟气中，小雾滴迅速汽化吸收热量使烟气温度迅速冷却至 200 ℃左右。

冷却后的烟气进入袋滤器对烟气进行过滤除尘，主袋滤器主材选用耐腐蚀性更高的合金，备袋滤器主材为双相不锈钢，滤袋选用耐酸碱、耐高温的针刺滤料。中控室在线监测袋滤器两侧压力差，当达到设定值后，启动反吹清灰程序进行清灰，反吹下的粉尘落入袋滤器灰斗，再通过排灰机构收集排出。为减少滤袋更换次数，在袋滤器前设置预敷器，以进行预敷操作。在袋滤器后配备高温高效过滤器，捕集烟尘及各种悬浮物。经过袋滤器净化的烟气中的主要污染物是酸性气体（HCl、SO_2、NOx 等），采用干法酸气吸收器和湿法酸气吸收装置对烟气中的酸性气体进行酸碱中和吸收净化。湿法净化过程产生的废碱液排入废液收集间收集暂存。

经过湿法净化后的烟气会夹带一部分水蒸气和水雾滴，为防止其结露对后续设备的正常运行造成不良影响，需预先进行除雾及再热处理，此过程产生的冷凝液与废碱液一同排入废液收集间收集暂存。活性炭组合高效过滤器由活性炭床、中效滤芯和高效滤芯组合而成。经过上述烟气冷却净化系统净化后的烟气，通过 30 m 高烟囱排入大气。

其中，袋滤器的主要参数包括：工况温度：160~200 ℃；过滤精度：1~10 mm；过滤效率：97~99%。

高温高效过滤器的主要参数包括：工况温度：170~200 ℃；主要材质：不锈钢，玻璃纤维滤纸；Q=3400 m^3/h；过滤效率：99%。

湿法酸气吸收塔的主要参数包括：工况温度：~70 ℃，过滤效率 60%。

此外，还设有工艺送风子系统、压缩空气供应子系统、冷却水循

环子系统、碱液配置与循环子系统、以及工艺控制子系统等。同时在事故工况下还设有事故应急子系统，包括燃爆应急系统、停水应急系统、停电应急系统。

3.2.5 废物处理整备系统

废物处理整备系统包括废液处理和焚烧灰水泥固化装置，主要功能如下：

（1）废液处理

本项目废物热解焚烧工艺产生的废吸收液（废碱液）和再热器冷凝液送入废液收集间收集暂存，通过水泵将其打入刮板蒸发器中进行蒸馏。废液经过蒸馏后形成净化蒸汽和蒸残物，净化蒸汽经过冷凝后形成冷凝液，一部分回用于新碱液配置，一部分经检测达标后通过槽车外送至有资质单位处理处置外送处理；蒸残物定期收集装入废物桶中，之后进行水泥固化处理。废工艺流程见图 3.2-3。

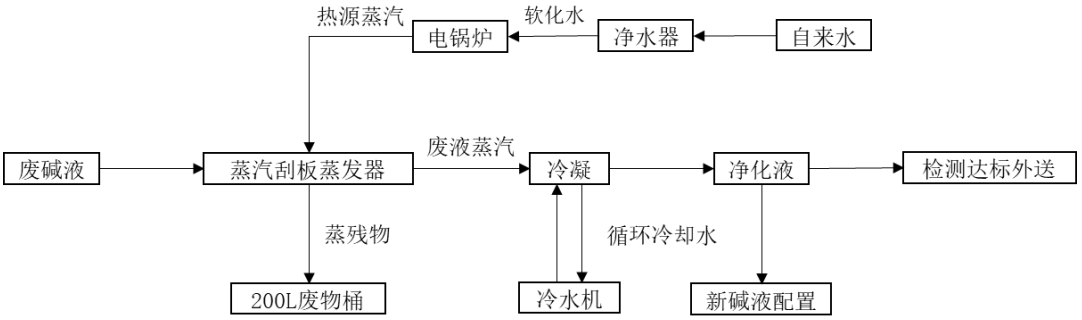


图 3.2-3　废液处理装置工艺流程图

（2）焚烧灰水泥固化装置

焚烧灰水泥固化装置用于对热解焚烧产生的焚烧灰及放射性废液处理过程产生的二次废液等进行水泥固化处理，形成均一、稳定的水泥固化体废物包，满足暂存、外运及最终处置要求。

焚烧灰水泥固化主要工艺流程包括焚烧灰桶接收、开盖、计量加料、搅拌混合、桶盖密封和水泥桶转移几个部分，工艺流程见图 3.2-4。

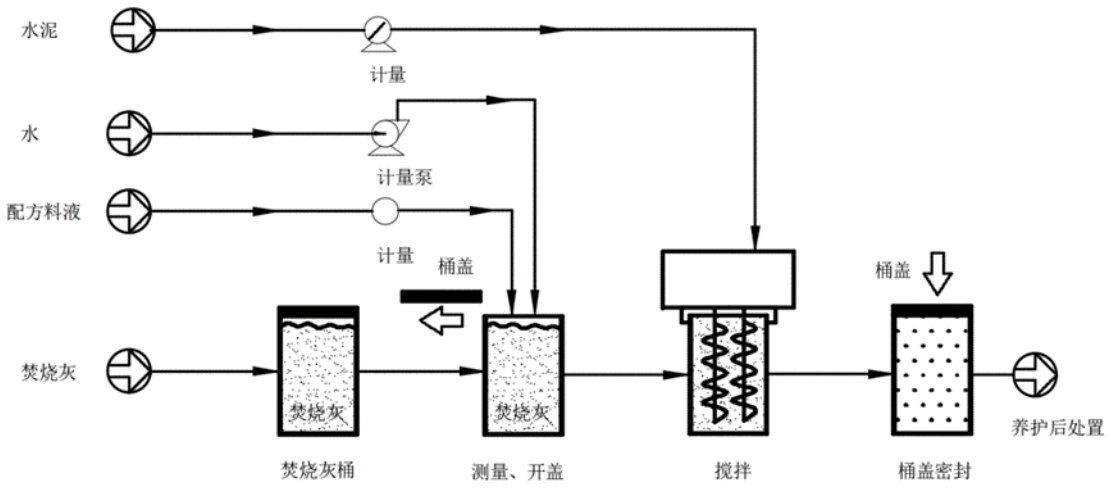


图 3.2-4　焚烧灰桶内水泥固化工艺流程简图

本项目主要工艺设备明细具体见表 3.2-1。

表 3.2-1　主要工艺设备明细表

序号	设备名称	规格	单位	数量
一	低放可燃废物焚烧厂房		台/套	40
（一）	固体废物接收与预处理设备		台	7
1	固体废物接收综合装置	外形尺寸约为 4900×1200×1800mm，材料 304L	台	1
2	废物包拆解及打散综合装置	废物包输送线分为两段，每段输送线尺寸约为 600×900×200mm，材料 304L	台	1
3	废物分拣、破碎综合装置	金属检测机尺寸约为 370×400×700mm； 金属分拣箱尺寸约为 1500×1200×800mm； 不可燃废物接收箱尺寸约为 1600×900×1200mm，材料 304L	台	1
4	废物自动打包装置	料包尺寸约为 400×400×350mm，材料 304L	台	1
5	废物举升装置	举升高度约为 8000mm，输送通道尺寸约为 800×800mm，材料 304L	台	1
6	废物包自动转运装置	自动转运装置底盘尺寸约为 600×600mm，可提升高度约 3000mm；材料 304L	台	1
7	废物自动上料装置	料包输送通道尺寸约为 800×1500×700mm，输送线尺寸约为 600×1000mm，进料箱体进料口尺寸约为 600×600mm，材料 304L	台	1
（二）	热解焚烧设备		套	9
1	热解焚烧主工艺设备		套	1
1.1	热解炉	φ1500×6500mm，材料耐热钢，耐腐蚀特种材料，304L	台	1
1.2	二次风预热器	1700m^3/h，65kW，材料 304L	台	1
1.3	预混器	Φ800×1875mm，材料耐热钢	台	1
1.4	燃烧炉	φ1800×5000mm，材料耐火材料，不锈钢	台	1
2	焚烧灰收集设备		套	1
2.1	热解炉排灰工作箱	3500×1000×2400mm，材料 304L，铅	台	1
2.2	袋滤器排灰工作箱	3320×800×1500mm，材料 304L，铅	台	1

序号	设备名称	规格	单位	数量
2.3	热解炉排灰计量缓存装置	Φ600×1150mm，材料 304L，铅	台	1
2.4	袋滤器排灰计量缓存装置	Φ600×1150mm，材料 304L，铅	台	1
2.5	焚烧灰桶输送转运装置	15000×720×450mm，材料 304L	套	1
2.6	烟气冷却器排灰装置	Φ600×1150mm，材料 304L，铅	台	1
2.7	灰桶专用抓具	最大能力 1t，材料 304L	台	1
2.8	灰桶屏蔽装置	含 6 个屏蔽桶，1 套灰桶暂存屏蔽屏风，材料 304L，铅	套	1
3	烟气冷却净化设备		套	1
3.1	烟气冷却器	Φ1000×4885mm，材料特种耐腐蚀合金，304L	台	1
3.2	急冷器	Φ820×6300mm，材料特种耐腐蚀合金，304L	台	1
3.3	袋滤器	2000×2200×3500mm，材料特种耐腐蚀合金，304L	台	1
3.4	备用袋滤器	2000×2200×3500mm，材料特种耐腐蚀合金，304L	台	1
3.5	高温高效过滤器	2600×2000×2000mm，材料特种耐腐蚀合金，304L	台	2
3.6	干法酸气吸收器	2000×2000×3000mm，材料特种耐腐蚀合金，304L		
3.7	文丘里及吸收器	Φ400×1800mm，材料特种耐腐蚀合金	台	1
3.8	酸性气体吸收装置	Φ800×2500mm，材料双相不锈钢，衬胶	台	1
3.9	预敷器	1000×1100×1500mm，材料 304L	台	2
3.10	除雾器	Φ1000×2400mm，材料双相不锈钢，衬胶	台	1
3.11	活性炭吸附及高效过滤器	2700×780×830mm，材料 304L	台	2
3.12	再热器	1350×660×750mm，材料 304L	台	1
4	碱液配制循环设备		套	1
4.1	塔釜	Φ1800×4000mm，材料双相不锈钢，衬胶	台	1
4.2	碱液换热器	Φ600×4500mm，材料耐腐蚀材料	台	2
4.3	碱液循环泵	Q=30m^3/h，H=25m，材料耐腐蚀泵	台	2
4.4	配碱罐	Φ1200×2000mm，材料 304L	台	1

序号	设备名称	规格	单位	数量
4.5	送碱泵	Q=20m^3/h，H=20m，材料耐腐蚀泵	台	2
4.6	配碱泵	Q=20m^3/h，H=20m，材料耐腐蚀泵	台	2
5	废碱液储存及排放设备		套	1
5.1	废碱液罐	Φ1800×4000mm，材料双相不锈钢，衬胶	台	1
5.2	排液泵	Q=20m^3/h，H=20m，材料耐腐蚀泵	台	2
5.3	废碱液泵	Q=20m^3/h，H=20m，材料耐腐蚀泵	台	2
6	工艺送排风及压缩空气设备		套	1
6.1	引风机	Q=2200m^3/h，P=9.8kPa，材料过流件防腐	台	2
6.2	维检风机	Q=2100m^3/h，P=4.98kPa，材料不锈钢	台	1
6.3	送风机	Q=2100m^3/h，P=4.98kPa，材料不锈钢	台	2
6.4	送风高效过滤器	3400m^3/h，材料不锈钢	台	1
6.5	引风机隔声小室	2200×3100×2500mm，材料隔声材料	套	2
6.6	空气压缩机	≥5.4m^3/min，0.7MPa	台	2
6.7	压空干燥机	≥6.6m^3/min	台	2
6.8	压空储罐	3m^3，1MPa	台	1
6.9	压空缓冲罐	1m^3，1MPa	台	1
7	事故应急设备		套	1
7.1	应急泄放装置	Φ600×1300mm，材料不锈钢	台	1
7.2	应急风机	Q=850m^3/h，P=3.6kPa，材料不锈钢	台	1
7.3	应急高效过滤器	3400m^3/h，材料不锈钢	台	1
7.4	应急水泵	Q=20m^3/h，H=20m，材料不锈钢	台	1
7.5	应急电源	2h	台	1
8	冷却水循环设备		套	1
8.1	闭式冷却塔	3800×2400×3800mm，材料不锈钢	台	1

序号	设备名称	规格	单位	数量
8.2	冷却水箱	2600×1900×2200mm，材料 304L	台	1
8.3	急冷水箱	1200×1100×10000mm，材料 304L	台	1
8.4	冷却水泵	Q=65m^3/h，H=25m，材料 304L	台	2
9	自控检测子系统		套	1
9.1	DCS 控制系统	中控 ECS700 或类似国产	套	1
9.2	视频监控及录像	知名国内品牌	套	1
9.3	电气及自控控制盘柜	就地等盘柜	套	1
9.4	仪表及信号变送系统	/	套	1
9.5	CEMS 烟气排放连续监测系统	/	套	1
9.6	放射性气溶胶连续监测仪	防酸型	套	1
（四）	二次废物处理整备设备		套	2
1	废液净化装置（刮板蒸发器）	处理量 10t/d，6450×2250×3700mm	套	1
2	焚烧灰水泥固化装置	包括输送及定位机构、桶盖启封机构、搅拌机构、计量加料机构、控制系统及辅助设备等，焚烧灰体积包容率 80%。	套	1
（五）	辐射监测设备		套	21
1	气溶胶连续监测仪	探测器：闪烁体；能量：300keV~2.5MeV；流量：20~50m^3/h，通信接口：RS-485	套	1
2	气溶胶取样器	最大流量 35CFM	套	3
3	气溶胶取样仪（烟囱）	/	套	1
4	固定式回路取样装置	非标，取样孔不少于 3 个	套	3
5	气溶胶取样仪（工艺尾气）	/	套	1
6	固定式γ剂量率仪	电源 9-36VDC；接口 RS-485；带就地显示和声光报警	套	5
7	便携式长杆γ剂量率仪	探测器：GM 管；测量范围：0.01μSv/h~10μSv/h；杆长＞4m	台	2
8	手脚沾污检测仪	闪烁体探测器；灵敏范围 260cm^2（手部）；560cm^2（脚部）	台	2

序号	设备名称	规格	单位	数量
9	α、β表面污染测量仪	测量范围：0.01~100000cps（β、γ）0.01~10000cps（α）	台	3
二	低放废物暂存库		台/套	14
（一）	桥式起重机	数控桥式双梁起重机，可实现远程控制，起重3t，跨度约21m，起升高度约12m，工作级别A5。	套	2
（二）	转运小车	载重1t。	套	2
（三）	辐射监测设备		套	10
1	气溶胶连续监测仪	探测器：闪烁体；能量：300keV~2.5MeV；流量：20~50m^3/h，通信接口：RS-485	套	1
2	气溶胶取样器	最大流量35CFM	套	1
3	固定式γ剂量率仪	电源9-36VDC；接口RS-485；带就地显示和声光报警	套	4
4	便携式长杆γ剂量率仪	探测器：GM管；测量范围：0.01μSv/h~10μSv/h；杆长＞4m	台	1
5	手脚沾污检测仪	闪烁体探测器；灵敏范围260cm^2（手部）；560cm^2（脚部）	台	1
6	α、β表面污染测量仪	测量范围：0.01~100000cps（β、γ）0.01~10000cps（α）	台	2
三	运行综合楼		套	1
（一）	全厂信息化管理系统	焚烧系统主要生产信息管理、暂存库废物接收及处理管理、焚烧灰送处信息管理，厂区人流物流管理	套	1

3.3 通排风系统

本项目可燃废物焚烧厂房（01 子项）和低放废物暂存库（02 子项）内设置排风系统，保证气流方向从“净区”到“脏区”、从低污染区到高污染区，并保持绿区相对负压 20~30 Pa，黄区相对负压 30~40 Pa，橙区相对负压 40~50 Pa，工作箱相对负压 200~300 Pa。

3.3.1 低放可燃废物焚烧厂房

3.3.1.1 热解焚烧炉

废物在热解焚烧炉内焚烧后 90%的放射性核素进入焚烧灰中，约 10%的放射性核素随烟气一起进入烟气冷却净化系统净化处理。热解焚烧炉的排风量为 2000 m^3/h，净化后的烟气通过 30 m 高烟囱排放。

3.3.1.2 地下一层控制区

地下一层特下水收集间和废液收集间为黄区，与一层蒸发间、废碱液间共设一个排风系统 P_1-1，特下水收集间和废液收集间的计算排风量为 6480 m^3/h。选用 1 台离心排风机和 1 台排风空气净化装置（一级预过滤器和高效过滤器）放置在三层的排风机房内，排风经过滤后通过高出屋面 3 m 的排气筒排放。

3.3.1.3 地上一层控制区

地上一层设置有卫生通过间、辐防设备间、控制区走廊、蒸发间、废碱液间、卸灰间、水泥固化间、门厅通道等房间，分为绿区和橙区两个区域，排风系统设置情况具体如下：

（1）绿区

一层卫生通过间、辐防设备间为绿区，设 1 个排风系统 P_1-2，计算排风量 4280 m^3/h。选用 1 台离心排风机放置在三层的排风机房内，排风通过高出屋面 3 m 的排气筒排放。

一层控制区走廊、预处理间、门厅通道等区域为绿区，设 1 个排风系统 P_1-4，计算排风量 13980 m^3/h。选用 1 台离心排风机放置在三层的排风机房内，排风通过高出屋面 3 m 的排气筒排放。

一层废物预处理间的废物桶提升翻转装置、废物分拣装置、废物自动打包机、废物包提升装置设一个局部排风系统 JP_1-1，计算排风

量 1450 m^3/h。JP_1-1 系统选用 1 台离心排风机和 1 台排风净化装置（一级预过滤器和一级高效过滤器）放置在三层排风机房内。排风经手套箱自带的管道式排风净化装置（一级预过滤器和一级高效过滤器）过滤后，再经过 JP_1-1 系统的排风空气净化装置过滤，最后通过 30m 高烟囱排放。

（2）黄区

一层蒸发间、废碱液间为黄区，与地下一层特下水收集间和废液收集间共设一个排风系统 P_1-1，计算排风量为 6480 m^3/h。选用 1 台离心排风机和 1 台排风空气净化装置（一级预过滤器和高效过滤器）放置在三层的排风机房内，排风经过滤后通过高出屋面 3 m 的排气筒排放。

（3）橙区

一层卸灰间、水泥固化间为橙区，设一个排风系统 P_1-3，计算排风量约 8220 m^3/h。选用 2 台离心排风机（1 用 1 备）和 2 台排风空气净化装置（1 用 1 备，一级预过滤器和高效过滤器）放置在三层排风机房内，排风经过滤后通过 30 m 高烟囱排放。

热解炉排灰工作箱、烟气冷却器检修工作箱、袋滤器排灰工作箱、刮板蒸发器、水泥固化装置、水泥拆包机，设一个局部排风系统 JP_1-2，计算排风量为 2630 m^3/h。选用 2 台离心排风机（1 用 1 备）和 1 台排风空气净化装置（一级预过滤器和一级高效过滤器）放置在三层的排风机房内。排风经手套箱自带的管道式排风净化装置（一级预过滤器和一级高效过滤器）过滤后，再经过 JP_1-2 系统排风空气净化装置过滤，最后通过 30 m 高烟囱排放。

3.3.1.4 地上二层控制区

地上二层控制区包括工具间、维修间、控制区走廊、热解焚烧设备间、尾气净化大厅等房间，分为绿区和橙区两个区域，排风系统设置情况具体如下：

（1）绿区

二层工具间、维修间、控制区走廊等区域为绿区，与三层控制区走廊共设一个排风系统 P_1-5，计算排风量为 5220 m^3/h。选用 1 台离

心排风机放置在三层的排风机房内，排风通过高出屋面 3 m 的排气筒排放。

（2）橙区

二层热解焚烧设备间、尾气净化大厅为橙区，设一个排风系统 P_1-6，计算排风量为 29000 m^3/h。选用 2 台离心排风机（1 用 1 备）和 3 台排风空气净化装置（2 用 1 备，一级预过滤器和高效过滤器）放置在三层的排风机房内，排风经过滤后通过 30 m 高烟囱排放。

3.3.1.5 地上三层控制区

地上三层控制区包括引风机房、排风机房、废物包暂存区和三层控制区走廊，分为绿区、黄区和橙区三个区域，排风系统设置情况具体如下：

（1）绿区

三层控制区走廊为绿区，与二层工具间、维修间、控制区走廊等共用排风系统 P_1-5。

（2）黄区

三层引风机房、排风机房为黄区，设一个排风系统 P_1-7，计算排风量为 7750 m^3/h。选用 1 台离心排风机和 1 台排风净化装置（一级预过滤器和一级高效过滤器）放置在三层的排风机房内，排风通过高出屋面 3 m 的排气筒排放。

（3）橙区

三层废物包暂存区为橙区，设一个排风系统 P_1-8，计算排风量为 6340 m^3/h。选用 1 台离心排风机和 1 台排风净化装置（一级预过滤器和一级高效过滤器）放置在三层的排风机房内，排风经过滤后通过 30 m 高烟囱排放。

3.3.2 低放废物暂存库

3.3.2.1 附楼一层控制区

附楼一层卫生通过间、辐射剂量检测间、楼梯间和走廊为绿区，设一个排风系统 P_2-1，计算排风量为 3120 m^3/h，选用 1 台离心排风机放置在二层排风机房内，排风通过高出暂存库屋面 3 m 的排气筒排放。

3.3.2.2 附楼二层控制区

二层走廊为绿区，排风机房为黄区，二层绿区走廊与一层绿区走廊共用排风系统 P_2-1。排风机房单独设一个排风系统 P_2-4，计算排风量为 10680 m^3/h。选用 1 台离心排风机和 1 台排风空气净化装置（一级预过滤器和高效过滤器）放置在二层的排风机房内，排风经过滤后通过高出屋面 3 m 的排气筒排放。

3.3.2.3 库区控制区

库区控制区包括缓冲间、夹具间、1#库、2#库、焚烧灰固化物暂存间等房间，分为绿区、黄区和橙区三个区域，排风系统设置情况具体如下：

（1）绿区

库区设置有单独缓冲间，房间内排风与 1#库区共用 P_2-2 排风系统。

（2）黄区

库区设置有夹具间，与 1#库之间采用半墙分隔，与 1#库区共用 P_2-2 排风系统。

（3）橙区

低放废物暂存库库区包括 1#库、2#库、焚烧灰固化物暂存间、临时车辆卸货区等区域，均为橙区。分别设独立的排风系统 P_2-2 和 P_2-3，用于整个库区排风。P_2-2 计算排风量为 31880 m^3/h，P_2-3 计算排风量为 33960 m^3/h。1#库、2#库分别选用 2 台离心排风机（1 用 1 备）和 3 台排风空气净化装置（2 用 1 备，一级预过滤器和高效过滤器）放置在二层的排风机房内，排风经过滤后通过高出屋面 3 m 的排气筒排放。

焚烧灰固化体暂存间与 1#库之间采用半墙分隔，与 1#库共用 P_2-2 排风系统，排风经过滤后通过高出屋面 3 m 的排气筒排放。

3.3.3 烟囱排风接入情况

本项目新建 2 个 30 m 高烟囱，一个用于工热解焚烧炉工艺尾气排风，另一个用于 01 子项厂房橙区全面排风和工作箱局部排风。

工艺尾气排风烟囱为钢制烟囱，内径 0.3 m，出口风速 8 m/s，设

计排风量 2000 m^3/h。

厂房排风烟囱为钢制烟囱，内径 1.5 m，出口风速 8 m/s，设计排风量 47780 m^3/h。01 子项和 02 子项各控制区排风接入情况及净化措施相关信息详见表 3.3-1。

表 3.3-1　设施控制区排风接入及净化情况

设施名称	排风来源	所属区域	全面排风（m^3/h）	局部排风（m^3/h）	排风净化措施及理论净化效率	净化效率保守取值	排放口
低放可燃废物焚烧厂房	热解焚烧炉排风系统（工艺排风）	工艺设备	/	6000	设备自有烟气冷却器（60%）、袋滤器（97%）、高温高效过滤器（99%）、湿法吸收装置（60%）、组合高效过滤器（99.9%）。	99.9%	30m 工艺尾气烟囱
	一层卸灰间、水泥固化间（P_1-3）	橙区	8220	/	排风机房一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）。	99%	30m 厂房排风烟囱
	二层热解焚烧设备间、尾气净化大厅（P_1-6）	橙区	29000	/	排风机房一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）	99%	
	三层废物包暂存区（P_1-8）	橙区	6340	/	排风机房一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）	99%	
	一层废物桶提升翻转装置、废物分拣装置、废物自动打包机、废物包提升装置（JP_1-1）	工艺设备	/	1450	就地一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）； 排风机房一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）。	99.9%	
	一层热解炉排灰工作箱、烟气冷却器检修工作箱、袋滤器排灰工作箱、刮板蒸发器、水泥固化装置、水泥拆包机（JP_1-2）	工艺设备	/	2630	就地一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）； 排风机房一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）。	99.9%	
	地下一层特下水收集间和废液收集间；一层蒸发间、废碱液间（P_1-1）	黄区	6480	/	排风机房一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）	99%	高出厂房屋面 3m 排气筒
	一层卫生通过间、辐防设备间（P1-2）	绿区	4280	/	无	/	

设施名称	排风来源	所属区域	全面排风（m^3/h）	局部排风（m^3/h）	排风净化措施及理论净化效率	净化效率保守取值	排放口
	一层控制区走廊、废物预处理间、门厅通道（P_1-4）	绿区	13980	/	无	/	
	二层工具间、维修间、控制区走廊，三层控制区走廊（P_1-5）	绿区	5220	/	无	/	
	三层引风机房、排风机房（P_1-7）	黄区	7750	/	排风机房一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）	99%	
低放废物暂存库	附楼一层卫生通过间、辐射剂量检测间、绿区走廊（P_2-1）	绿区	3120	/	无	/	高出暂存库屋面3m排气筒
	缓冲间（P_2-2）	绿区	31880	/	排风机房一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）	99%	
	夹具间（P_2-2）	黄区					
	焚烧灰固化物暂存间、1#库	橙区					
	2#库	橙区	33960	/	排风机房一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）	99%	
	附楼二层排风机房（P_2-4）	黄区	10680	/	排风机房一级预过滤器（85%）和一级高效过滤器（99.95%）	99%	

3.4 可燃废物来源及源项

本项目处理的可燃废物主要为核电站运行产生的棉织类、塑料类、橡胶类、纸类等放射性可燃固体废物。

中核清原对龙和处置场接收的核电低放可燃废物货包源项情况进行梳理，对 14483 个 200 L 桶及 199 个 2m^3 钢箱源项进行了统计，得到了核电可燃废物源项的基本情况。其中，核素包括 Co-60、Cs-137、Mn-54、Nb-95、Co-58、Ag-110m、Cr-51、Zn-65、Sb-125、Zr-95、Ru-103 等 11 种核素，其中占比超过 1%以上的核素为 Co-60、Cs-137、Mn-54、Nb-95、Co-58、Ag-110m，核素比例情况详见表 3.4-1。

表 3.4-1　核电可燃固体废物中核素活度情况

核素	核素占比（%）	计算比浓度（Bq/kg）
Co-60	56.88	2.28E+06
Cs-137	18.9	7.57E+05
Mn-54	15.15	6.07E+05
Nb-95	3.14	1.26E+05
Co-58	2.81	1.13E+05
Ag-110m	1.14	4.55E+04
Cr-51	0.61	2.42E+04
Zn-65	0.42	1.68E+04
Sb-125	0.36	1.44E+04
Zr-95	0.33	1.32E+04
Ru-103	0.16	6.53E+03
其他核素	~0.10	2.11E+03

备注：

（1）其他核素包括 Cs-134、Ba-133、Ba-140、Ce-144、I-132、I-133、Fe-59、Sb-124 和 Nb-95m 等。

（2）废物源项中核素活度占比仅用于环境影响评价中估算个人剂量使用，废物接收限值仍按照总 $\alpha<2\times10^5$ Bq/kg，总 $\beta<4\times10^6$ Bq/kg 进行控制，不对单个核素进行控制；

（3）放射性废气、废水和固体废物的产生量等按照废物接收限值（$\alpha<2\times10^5$Bq/kg，$\beta<4\times10^6$Bq/kg）进行估算。

本项目在运行过程中，除接收核电运行产生的低放可燃废物外，还计划接收含铀和钚的低放可燃废物。中核清原对核工业理化工程研究院的低放可燃废物货包进行梳理，得到了含铀、钚低放可燃废物源项的基本情况。其中，核素包括 U-234、U-235、U-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241 等 6 种核素，核素比例情况详见表 3.4-2。

表 3.4-2　含铀和钚的低放可燃废物中核素活度情况

核素	α 核素占比（%）	β 核素占比（%）	计算比浓度（Bq/kg）
U-234	43.91%	/	8.78E+04
U-235	10.35%	/	2.07E+04
U-238	45.65%	/	9.13E+04
Pu-239、Pu-240	0.09%	/	1.71E+02
Pu-241	/	100.00%	4.00E+06

为保证计算结果的包络性，对于含铀和钚的可燃固体废物，选择 U-238、Pu-239 和 Pu-241 作为计算核素，其比活度均按照废物接收限值（总 α：$<2\times10^5$Bq/kg，总 β：$<4\times10^6$Bq/kg）考虑。

本项目辐射环境影响估算时，选取 Co-60、Cs-137、Mn-54、Nb-95、Co-58、Ag-110m、U-238、Pu-239、Pu-241 等 9 种核素作为计算源项。本项目含铀、钚可燃废物最大处理量为设计处理能力的 10%，设施运行时间为 209 d/a，则可燃固体废物中不同核素的处理量详见表 3.6-3。

表 3.6-3　低放可燃废物中核素年处理量

序号	核素	活度浓度（Bq/kg）	年处理量（Bq/a）
1	Co-60	2.28E+06	9.15E+11
2	Cs-137	7.57E+05	3.04E+11
3	Mn-54	6.07E+05	2.44E+11
4	Nb-95	1.26E+05	5.06E+10
5	Co-58	1.13E+05	4.53E+10
6	Ag-110m	4.55E+04	1.83E+10
7	U-238	2.00E+05	8.03E+09
8	Pu-239	2.00E+05	8.03E+09
9	Pu-241	4.00E+06	1.61E+11

3.5 施工期主要污染物的产生和处理

3.5.1 废气

项目施工会产生扬尘和废气。扬尘主要来源于基础工程中施工过程中土石方的开挖、运输车辆的通过、建筑材料的堆放等。废气主要来源于项目施工机械和运输车辆产生的尾气。TSP 是施工过程中大气环境影响的主要污染源，如果 TSP 浓度过高将影响周围环境质量，影响施工人员的正常生活，施工过程中 TSP 排放量计算方法采用《扬尘

源颗粒物排放清单编制技术指南》中推荐的施工扬尘源方法排放量计算方法，计算过程如下：

$$W_{ci} = E_{ci} \times A_c \times T$$

$$E_{ci} = 2.69 \times 10^{-4} \times (1 - \eta)$$

式中：

W_{ci}为施工扬尘源中 TSP 总排放量，t；

E_{ci}为整个施工工地 TSP 的平均排放系数，t/（m^2·月）；

A_c为施工区域面积，保守取值为项目用地面积，25533 m^2；

T为工地的施工月份数，计算时取 9 个月。

η为污染控制技术对扬尘的去除效率，计算时保守取值为 12%。

经计算，施工过程中可能产生的 TSP 排放总量为 54.4 t。

3.5.2 废水

本项目施工期废水产生量较少，主要来自施工人员产生的生活污水和施工废水。

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。经防渗集水池收集后进行沉淀处理，处理后的废水用于施工场地洒水抑尘，不外排。

施工人员预计 80 人，生活污水产生量以 0.06 m^3/（d·人）计，施工期生活污水的产生量约为 4.8m^3/d，主要污染因子为 COD、SS、NH_3-N。施工期间建设有临时化粪池，施工人员产生的生活污水在化粪池内统一收集，定期清运，施工结束后拆除临时化粪池，恢复场地。

3.5.3 固体废物

工程施工期产生的固体废弃物主要包括建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

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 450 t。建筑垃圾、工程渣土统一送往建筑垃圾消纳场进行处理。

施工人员预计 80 人，生活垃圾产生量以 0.5 kg/（d·人）计，生活垃圾产生量约为 0.04 t/d，生活垃圾定点收集后交由环卫部门统一

处理。

3.5.4 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。由于施工期各阶段施工作业方式及使用的施工设备不同，噪声源的特征和强度也有差异，各阶段有其独特的特性。施工阶段主要设备及噪声源强如表 3.5-1 所示，工程噪声源的噪声值范围为 70~95 dB(A)。

表 3.5-1　各阶段主要噪声源强（dB(A)）

施工阶段	施工设备名称	源强	
		距声源 5m 处	距声源 10m 处
土石方工程	液压挖掘机	82~90	78~86
	电动挖掘机	80~86	75~83
	轮式装载机	90~95	85~91
	推土机	83~88	80~85
	静力压桩机	70~75	68~73
	重型运输车	82~90	78~86
主体工程	混凝土振捣器	80~88	75~84
	商砼搅拌车	85~90	82~84
	混凝土输送泵	88~95	84~90
	空压机	88~92	83~88

注：数据引自《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）附录 A 中“表 A.2 常见施工设备噪声源不同距离声压级”。

采取以下措施减少噪声的产生：

（1）对施工单位加强管理，合理安排施工时间和方式，尽量选择低噪声设备；

（2）定期对机械设备进行维护和保养，使其一直保持良好的状态，减轻因设备运行状态不佳而造成的噪声污染。

3.6 运行期主要污染物的产生和处理

3.6.1 放射性三废的产生和处理

3.6.1.1 放射性废气

本项目运行期间产生的放射性废气包括废物焚烧过程中热解炉产生的烟气、设备工作箱局部排风和厂房全面排风。

（1）热解炉烟气

热解炉烟气为放射性废气中的主要源项，依据《放射性可燃废物焚烧设施建设项目可行性研究报告》（中核第四研究设计工程有限公司，2026 年 4 月），废物焚烧后 90%的放射性核素进入焚烧灰中，约 10%的放射性核素随烟气一起进入烟气冷却净化系统，烟气经烟气冷却净化系统处理后通过 30m 高烟囱排至外环境。

烟气冷却净化系统具体处理措施为：烟气冷却→袋滤器→高温高效过滤器→干法酸气吸收→湿法酸气吸收→碳床及组合高效过滤→30m 烟囱，放射性核素在各级设备中的净化效率详见表 3.6-1。

为计算焚烧灰、废滤芯和废碱液等放射性比活度或活度浓度，按照固体废物接收限值（总 α <2×10^5 Bq/kg、总 β<4×10^6 Bq/kg），处理能力为 80 kg/h 进行估算，结果见图 3.8-1。

表 3.6-1　放射性核素在各级设备中的滞留和净化效率

设备名称	滞留和净化效率
热解炉	90%
烟气冷却器	60%
袋滤器	97%
高温高效过滤器	99%
干法酸气吸收器	/
湿法酸气吸收装置	60%
碳床及组合高效过滤器	99.9%

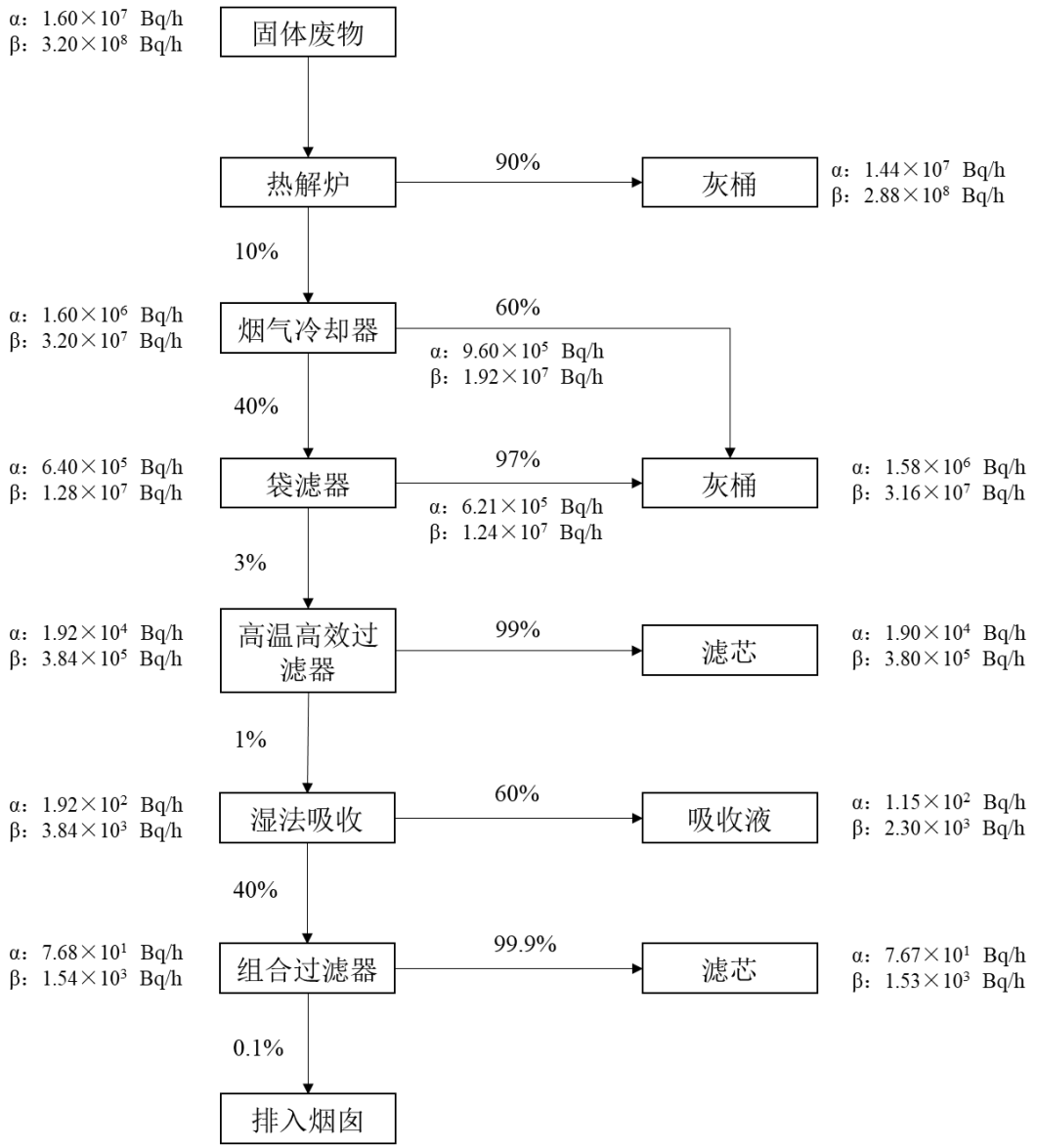


图 3.6-1　放射性核素平衡图

在进行放射性核素平衡计算时，各级净化设备的净化效率为理论值。考虑项目实际运行过程中核素在净化系统中的分布情况，在计算热解炉工艺尾气（烟气）的排放量时，综合净化效率保守取值为 99.9%。

按照废物接收限值计，热解炉烟气排放量为：

总 α：2×10^{5}Bq/kg×80 kg/h×24 h/d×209d/a×10%（核素在烟气中的分配系数）×1×10^{-3}=8.03×10^{6} Bq/a；

总 β：4×10^{6}Bq/kg×80 kg/h×24 h/d×209d/a×10%（核素在烟气中的分配系数）×1×10^{-3}= 1.61×10^{8} Bq/a。

（2）工作箱局部排风（JP_1-1）

废物预处理间的废物桶提升翻转装置、废物分拣装置、废物自动打包机、废物包提升装置设一个局部排风系统 JP_1-1。

在上述工作箱中，需要对低放可燃固体废物进行提升翻转、分拣、打包等预处理操作，在操作过程中放射性核素可能在操作扰动影响下释放至工作箱内。按照热解炉最大处理能力 80 kg/h 计，废物预处理过程中所操作的放射性物质的量为总 α：8.03×10^{10} Bq/a，总 β：1.61×10^{12} Bq/a。考虑以上 4 个装置为相对独立的工作箱，参考《AIR BORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPRIABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEARFACILITES》（DOE-HDBK-3010-94），对放射性核素附着固体进行操作时，放射性核素的释放因子取值为 1×10^{-6}，则释放至每个工作箱内的总 α 为 8.03×10^{4} Bq/a，总 β 为 1.61×10^{6} Bq/a。

这部分废气经工作箱外就地一级预高效过滤器和一级高效过滤器、排风机房一级预高效过滤器和一级高效过滤器过滤后（保守过滤效率取 99.9%），经 30 m 高烟囱排放至外环境。因此，4 个工作箱经局部排风排往大气环境的放射性排放量为：

总 α：3.21×10^{2} Bq/a，总 β：6.42×10^{3} Bq/a。

（3）工作箱局部排风（JP_1-2）

低放可燃固体废物在热解炉排灰工作箱、烟气冷却器检修工作箱、袋滤器排灰工作箱、刮板蒸发器、水泥固化装置、水泥拆包机等以上工作箱为 JP_1-2 局部排风系统，其中水泥拆包机不涉及放射性操作，其他工作箱（装置）放射性核素排放情况如下：

1）热解炉排灰工作箱

根据图 3.6-1 放射性核素平衡计算结果，热解炉排灰工作箱中所操作的放射性物质的量为总 α：7.22×10^{10} Bq/a，总 β：1.44×10^{12} Bq/a。

考虑放射性核素载体焚烧灰为粉末状，在排灰操作过程中会对焚烧灰产生一定扰动，使部分放射性核素释放至工作箱内，最终排放至外环境。参考《AIR BORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPRIABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEARFACILITES》（DOE-HDBK-3010-94），焚烧灰核素释放因

子保守取值为 1×10^{-2}，则释放至工作箱内的总 α 为 7.22×10^{8} Bq/a，总 β 为 1.44×10^{10} Bq/a。

这部分废气经工作箱外就地一级预高效过滤器和一级高效过滤器、排风机房一级预高效过滤器和一级高效过滤器过滤后（保守过滤效率取 99.9%），经 30m 高烟囱排放至外环境，经局部排风排往大气环境的放射性排放量为：

总 α：7.22×10^{5} Bq/a，总 β：1.44×10^{7} Bq/a。

2）烟气冷却器检修工作箱

烟气冷却器设备下部设置有灰斗，内部积存的飞灰可与附近的袋滤器共用一套排灰设备。在将积存飞灰转移至袋滤器排灰工作箱过程中，需通过烟气冷却器检修工作箱进行操作，在操作过程中同样会对飞灰造成一定扰动，从而导致放射性核素释放至检修工作箱内，最终排放至外环境。

根据图 3.6-1 放射性核素平衡计算结果，烟气冷区器检修工作箱中所操作的放射性物质量为总 α：4.82×10^{9} Bq/a，总 β：9.63×10^{10} Bq/a。焚烧灰核素释放因子取值为 1×10^{-2}，则释放至工作箱内的总 α 为 4.82×10^{7} Bq/a，总 β 为 9.63×10^{8} Bq/a。

这部分废气经工作箱外就地一级预高效过滤器和一级高效过滤器、排风机房一级预高效过滤器和一级高效过滤器过滤后（保守过滤效率取 99.9%），经 30m 高烟囱排放至外环境，经局部排风排往大气环境的放射性排放量为：

总 α：4.82×10^{4} Bq/a，总 β：9.63×10^{5} Bq/a。

3）袋滤器排灰工作箱

袋滤器排灰工作箱需处理烟气冷却器处收集的飞灰和袋滤器收集的飞灰，在操作过程中同样会对飞灰造成一定扰动，从而导致放射性核素释放至排灰工作箱内，最终排放至外环境。

根据图 3.6-1 放射性核素平衡计算结果，袋滤器排灰工作箱中所操作的放射性物质量（包括烟气冷却器收集的飞灰和袋滤器收集的飞灰）为总 α：7.93×10^{9} Bq/a，总 β：1.59×10^{11} Bq/a。焚烧灰核素释放因子取值为 1×10^{-2}，则释放至工作箱内的总 α 为 7.93×10^{7} Bq/a，总 β 为

1.59×10^{9} Bq/a。

这部分废气经工作箱外就地一级预高效过滤器和一级高效过滤器、排风机房一级预高效过滤器和一级高效过滤器过滤后（保守过滤效率取 99.9%），经 30 m 高烟囱排放至外环境，经局部排风排往大气环境的放射性排放量为：

总 α：7.93×10^{4} Bq/a，总 β：1.59×10^{6} Bq/a。

4）刮板蒸发器

刮板蒸发器在运行过程中，废碱液在真空环境下，受蒸汽加热低温沸腾蒸发（约 45℃即沸腾蒸发），形成的水蒸气在冷凝器作用下绝大部分冷凝为蒸馏水，仅有很小部分蒸汽在气液分离模块作用下以气态形式通过刮板蒸发器局部排风系统经焚烧炉组合高效过滤器处理后排出。

根据图 3.6-1 放射性核素平衡计算结果，废吸收液（废碱液）吸收的放射性活度为总 α：5.78×10^{5} Bq/a，总 β：1.16×10^{7} Bq/a，考虑废液蒸发浓缩系统对废碱液的净化效率≥99.8%（计算时取值为 99%），放射性核素在蒸发过程中转移至水蒸气中的量为总 α：5.78×10^{3} Bq/a，总 β：1.16×10^{5} Bq/a，水蒸气冷凝水中放射性活度浓度约为总 α：1.38×10^{-2} Bq/L，总 β：2.76×10^{-1} Bq/L。由于水蒸气中放射性活度水平本身已经很低，水蒸气再经气液分离模块后，通过气态途径的排放量与排灰工作箱排放源项相比可忽略不计。

5）水泥固化装置

水泥固化装置用于焚烧灰的水泥固化处理，处理过程中涉及到搅拌等操作，会对焚烧灰造成一定扰动，从而导致放射性核素释放至检修工作箱内，最终排放至外环境。

根据图 3.6-1 放射性核素平衡计算结果，水泥固化装置中所操作的放射性物质量为总 α：8.02×10^{10} Bq/a，总 β：1.60×10^{12} Bq/a，焚烧灰核素释放因子取值为 1×10^{-2}，则释放至工作箱内的总 α 为 8.02×10^{8}Bq/a，总 β 为 1.60×10^{10} Bq/a。

这部分废气经工作箱外就地一级预高效过滤器和一级高效过滤器、排风机房一级预高效过滤器和一级高效过滤器过滤后（保守过滤

效率取 99.9%），经 30 m 高烟囱排放至外环境，经局部排风排往大气环境的放射性排放量为：

总 α：8.02×10^{5} Bq/a，总 β：1.60×10^{7} Bq/a。

（4）低放可燃废物焚烧厂房全面排风

低放可燃废物焚烧厂房全面排风共设置 8 个全面排风系统（P_1-1~P_1-8），其中排风系统 P_1-3（一层卸灰间、水泥固化间排风系统）、P_1-6（二层热解焚烧设备间、尾气净化大厅）、P_1-8（废物包暂存区）通过 30m 高烟囱排风，其他全面排风系统通过高出屋面 3m 排气筒排风。

除 P_1-2（一层卫生通过间、辐防设备间）、P_1-4（一层控制区走廊、预处理间、门厅通道）和 P_1-5（二层工具间、维修间、控制区走廊，三层控制区走廊）排风系统不设排风净化装置外，其他全面排风系统设有一级预、高效过滤器。

1）P_1-3 全排源项

卸灰间和水泥固化间内设有排灰工作箱和水泥固化装置，所操作的放射性物料为焚烧灰，操作量相同，均为总 α：8.02×10^{10} Bq/a，总 β：1.60×10^{12} Bq/a。

焚烧灰核素释放因子取值为 1×10^{-2}，则释放至工作箱内的放射性物质的量为总 α：8.02×10^{8} Bq/a，总 β：1.60×10^{10} Bq/a。工作箱密封等级按照 3 级密封箱考虑，泄漏率取值 1×10^{-2}/h（数据来源《密封箱密封性分级及其检验方法》（EJ/T 1096-1999）），则泄漏至房间内的总 α 为 8.02×10^{6} Bq/a，总 β 为 1.60×10^{8} Bq/a。

这部分废气经一级预、高效过滤器（净化效率 99.95%，计算时取值为 99%）过滤后，经 30 m 高烟囱排放至外环境，P_1-3 排风系统排往大气环境的放射性排放量为：

总 α：1.60×10^{5} Bq/a，总 β：3.20×10^{6} Bq/a。

2）P_1-6 全排源项

热解焚烧设备间和尾气净化大厅设有热解焚烧炉和尾气净化系统，在固体废物热解焚烧过程中，烟气中放射性物质的量为总 α：8.03×10^{9} Bq/a，总 β：1.61×10^{11} Bq/a。整体工艺设备密封等级按照 3

级密封箱考虑，泄漏率取值 1×10^{-2}/h，则泄漏至房间内的总 α 为 8.03×10^{7} Bq/a，总 β 为 1.61×10^{9} Bq/a。

这部分废气经一级预、高效过滤器（净化效率 99.95%，计算时取值为 99%）过滤后，经 30 m 高烟囱排放至外环境，P_1-6 排风系统排往大气环境的放射性排放量为：

总 α：1.61×10^{6} Bq/a，总 β：3.22×10^{7} Bq/a。

2）P_1-8 全排源项

废物包暂存区用于暂存已重新打包的待焚烧废物包，按照固体废物年处理量计算，暂存区内操作放射性物质的量为总 α：8.03×10^{10}Bq/a，总 β：1.61×10^{12} Bq/a。核素固体释放因子取 1×10^{-6}，则释放至暂存区内放射性物质的量为总 α：8.03×10^{4} Bq/a，总 β：1.61×10^{6} Bq/a。

这部分废气经一级预、高效过滤器（净化效率 99.95%，计算时取值为 99%）过滤后，经 30 m 高烟囱排放至外环境，P_1-8 排风系统排往大气环境的放射性排放量为：

总 α：8.03×10^{2} Bq/a，总 β：1.61×10^{4} Bq/a。

2）低放废物暂存库全面排风

低放废物暂存库全面排风共设置 4 个（P_2-1~P_2-4），通过高出屋面 3m 排气筒排风。此外 P_2-1（卫生通过间、辐射剂量检测间、绿区走廊）排风系统不设排风净化装置，其他排风系统设有一级预、高效过滤器（净化效率 99.95%，计算时保守取值为 99.9%）。

考虑废物暂存库暂存废物均在废物桶或钢箱内存放，外表面清洁、无破损，释放至暂存库内的放射性物质的量很小，且该暂存库库区全面排风系统设有一级预、高效过滤器，因此暂存库全面排风的排放源项与 01 子项排放源项相比可忽略不计。

综上所述，本项目按照废物接收限值 α：$<2\times10^{5}$ Bq/kg，β：$<4\times10^{6}$Bq/kg 进行估算，以年处理量为 80 kg/h×24 h/d×209 d/a=4.01×10^{5} kg/a 计，热解炉烟气中放射性物质排放量为总 α：8.03×10^{6} Bq/a，总 β：1.61×10^{8} Bq/a；工作箱 JP_1-1 局部排风系统中放射性物质排放量为总 α：3.21×10^{1} Bq/a，总 β：6.42×10^{2} Bq/a；工作箱 JP_1-2 局部排风系统中放射性物质排放量为总 α：1.65×10^{4} Bq/a，总 β：

3.30×10^5 Bq/a；卸灰间和水泥固化间 P_1-3 全面排风系统中放射性物质排放量为总 α：1.60×10^4 Bq/a，总 β：3.20×10^5 Bq/a。本项目 30m 高烟囱气载流出物排放量合计为总 α：8.06×10^6 Bq/a，总 β：1.61×10^8 Bq/a，相关排放情况见表 3.6-2。

表 3.6-2　本项目放射性气载流出物排放情况

类别	来源	操作量（Bq/a）	释放因子	净化效率取值	排放量（Bq/a）	去向
热解焚烧工艺尾气	热解炉	总 α：8.03 E+10 总 β：1.61 E+12	1.00E-01	99.9%	总 α：8.03 E+06 总 β：1.61 E+08	30m 工艺尾气烟囱
局部排风（JP_1-1）	废物桶提升翻转装置	总 α：8.03 E+10 总 β：1.61 E+12	1.00E-06	99.9%	总 α：8.03 E+01 总 β：1.61 E+03	30m 厂房橙区全面排风和局部排风烟囱
	废物分拣装置	总 α：8.03 E+10 总 β：1.61 E+12	1.00E-06		总 α：8.03 E+01 总 β：1.61 E+03	
	废物自动打包机	总 α：8.03 E+10 总 β：1.61 E+12	1.00E-06		总 α：8.03 E+01 总 β：1.61 E+03	
	废物包提升装置	总 α：8.03 E+10 总 β：1.61 E+12	1.00E-06		总 α：8.03 E+01 总 β：1.61 E+03	
	气载流出物排放量小计（Bq/a）				总 α：3.21 E+02 总 β：6.42 E+03	
局部排风（JP_1-2）	热解炉排灰手套箱	总 α：7.22 E+10 总 β：1.44 E+12	1.00E-02	99.9%	总 α：7.22 E+05 总 β：1.44 E+07	
	烟气冷却器检修工作箱	总 α：4.82 E+09 总 β：9.63 E+10	1.00E-02	99.9%	总 α：4.82 E+04 总 β：9.63 E+05	
	袋滤器排灰工作箱	总 α：7.93 E+09 总 β：1.59 E+11	1.00E-02	99.9%	总 α：7.93 E+04 总 β：1.59 E+06	
	水泥固化装置	总 α：8.02 E+10 总 β：1.60 E+12	1.00E-02	99.9%	总 α：8.02 E+05 总 β：1.60 E+07	
	气载流出物排放量小计（Bq/a）				总 α：1.65 E+06 总 β：3.30 E+07	

类别	来源	操作量（Bq/a）	释放因子	净化效率取值	排放量（Bq/a）	去向
全面排风（P_1-3）	卸灰间	总 α：8.02 E+10 总 β：1.60 E+12	1.00E-04	99.0%	总 α：8.02 E+04 总 β：1.60 E+06	
	水泥固化间	总 α：8.02 E+10 总 β：1.60 E+12	1.00E-04	99.0%	总 α：8.02 E+04 总 β：1.60 E+06	
	气载流出物排放量小计（Bq/a）				总 α：1.60 E+05 总 β：3.20 E+06	
全面排风（P_1-6）	热解焚烧设备间	总 α：8.03 E+09 总 β：1.61 E+11	1.00E-02	99.0%	总 α：8.03 E+05 总 β：1.61 E+07	
	尾气净化大厅	总 α：8.03 E+09 总 β：1.61 E+11	1.00E-02	99.0%	总 α：8.03 E+05 总 β：1.61 E+07	
	气载流出物排放量小计（Bq/a）				总 α：1.61 E+06 总 β：3.22 E+07	
全面排风（P_1-8）	废物包暂存区	总 α：8.03 E+10 总 β：1.61 E+10	1.00E-06	99.0%	总 α：8.03 E+02 总 β：1.61 E+04	
30m 工艺尾气烟囱排放量合计（Bq/a）					总 α：8.03 E+06 总 β：1.61 E+08	/
30m 厂房橙区全面排风和局部排风烟囱气排放量合计（Bq/a）					总 α：3.24 E+06 总 β：6.85 E+07	/

3.6.1.2 放射性废水

本项目产生的放射性废水主要为吸收塔产生的废吸收液（废碱液）、卫生通道产生的淋浴废水和烟气除雾器产生的除雾冷凝水。

（1）废吸收液

废吸收液为吸收塔中Na_2CO_3溶液与酸性气体反应，生成含Na^+，Cl^-的废碱液，日产生量约为 2 m^3，运行时间以 209 d/a 计，废碱液年产生量约为 418 m^3。

以废物接收限值进行计算，根据放射性平衡计算结果和废碱液产生量，废碱液的活度浓度约为总 α：1.38 Bq/L，总 β：27.65 Bq/L（每小时进入吸收液的放射性活度×24h÷废碱液日产生量）。

产生的废碱液先排至废液收集间，与除雾冷凝水（3.6 m^3/d）一同收集暂存，然后一起送废液蒸发浓缩系统进行净化处理。废液蒸发浓缩系统对废液的净化效率≥99.6%（计算时取值 99%），净化后的冷凝水产生量为 400.5 m^3/a（废液处理量 421.6 m^3/a×蒸发系统水分脱除率 95%），其中约 79%的净化后冷凝水（316.4 m^3/a）回用于新鲜碱液的配制，其余 84.1 m^3/a 净化后冷凝水排至废液收集间暂存并取样检测，经检测满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）要求后通过槽车外送至有资质单位处理处置，否则进入废液蒸发系统二次净化，废碱液排放流程见图 3.6-2。

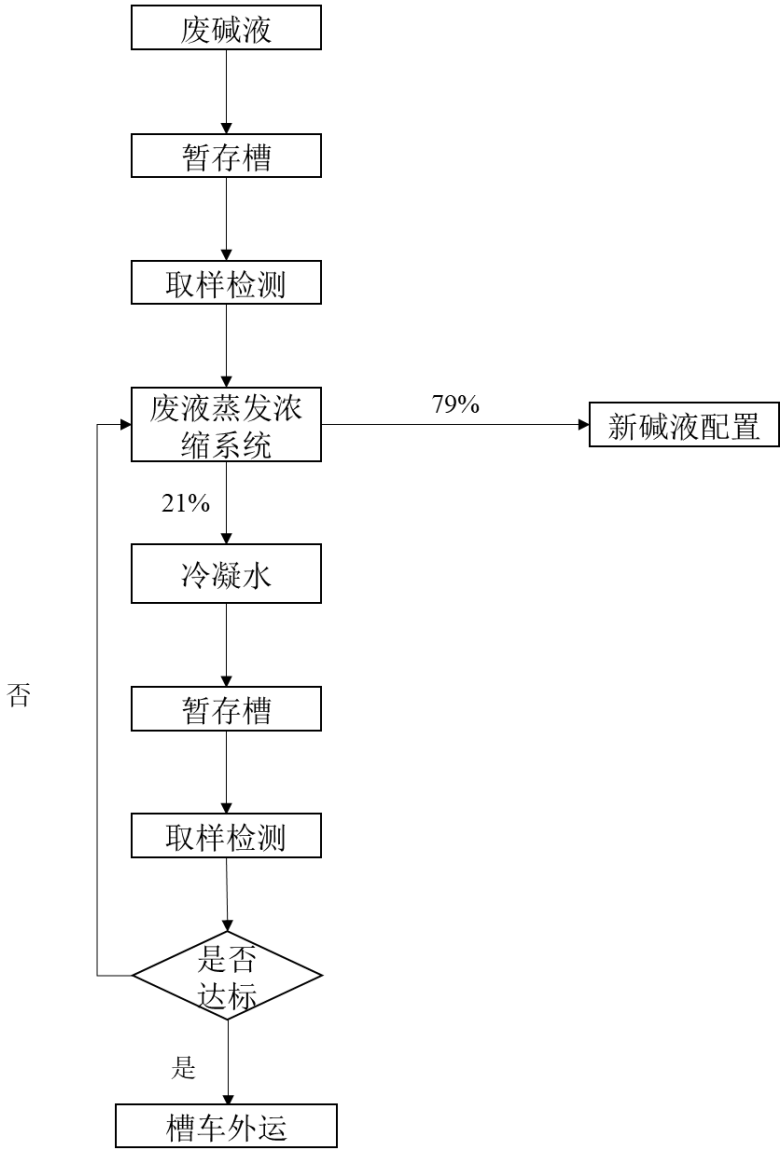


图 3.6-2　废碱液排放流程图

（2）淋浴废水

01 子项全天工作人数为 34 人，淋浴用水量按 100L/（人·d）计，淋浴废水产生量为 3.4m^3/d；02 子项全天工作人数为 3 人，淋浴用水标准按 100L/（人·d）计，淋浴废水产生量为 0.3m^3/d；检维修人员全天工作人数为 10 人，淋浴用水量按 100 L/（人·d）计，淋浴废水产生量为 0.1m^3/d。按照 01 子项人员工作时间 209 d/a、02 子项人员工作时间 250 d/a 计算，淋浴废水合计产生量约为 1035.6m^3/a。

01 子项和 02 子项淋浴废水先排至废水收集间单独收集暂存并取样检测，经检测满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）要求后通过槽车外送至有资质单位处理处置，否则进入废液蒸发系统净化处理。

（3）烟气除雾器冷凝水

烟气除雾器的主要功能是通过冷凝作用去除饱和湿烟气中夹带的水雾沫，除雾冷凝水产生量为 3.6m^3/d。产生的除雾冷凝水先排至废液收集间，与废碱液一同收集暂存并送废液蒸发浓缩系统进行净化处理。

3.6.1.3 放射性固体废物

本项目产生的放射性固体废物主要为焚烧灰、劳保废物、检修废物、水泥固化体、废碱液蒸残物和不可燃金属废物等。

（1）焚烧灰

本项目产生的焚烧灰来源于可燃废物热解焚烧过程，绝大部分焚烧灰经热解炉的排灰箱排至灰桶，少量焚烧灰会被烟气载带至烟气冷却器和袋滤器，经袋滤器排灰箱排至灰桶。

热解炉焚烧灰年产生量：可燃固废年处理量÷减重系数=80kg/h×24h/d×209d/a÷15=26752 kg/a，平均产生量为 5.33 kg/h。

根据图 3.6-1 放射性核素平衡计算结果，估算焚烧灰放射性比活度约为总 α：3.0×10^6 Bq/kg，总 β：5.99×10^7 Bq/kg。焚烧灰密度按 550kg/m^3 计，则热解炉焚烧灰形成的焚烧灰体积约为 48.6m^3/a，在本项目进行水泥固化处理。

（2）劳保废物

按照劳动定员，01 子项共 34 人次/日，02 子项 3 人次/日，每人每日使用劳保用品 2 套。按照 01 子项工作时间 209 d/a、02 子项工作时间 250 d/a 计算，劳保用品重量约 400 g/套，01 子项和 02 子项劳保废物产生量为 6284.8 kg/a。

另外，配备辐射监测人员 2 人、应急管理 1 人、检维护 3 人、放射性废物管理 1 人、设施管理人员 3 人，共 10 人次/日，每人单日劳保使用量为 2 套，劳保用品重量约 400 g/套，按照年工作时间 250 d/a 计算，监测与管理人员劳保废物产生量为 2000 kg/a。

综上所述，本项目运行期间劳保废物产生量约为 8284.8 kg/a。按照类似项目实际运行经验，劳保废物为低放可燃固体废物，统一收集后经本项目焚烧处理。

（3）检修废物

检维修技术废物主要为过滤器产生的废滤芯、滤袋和干法酸气吸收器中产生的废吸收剂。按照类似项目实际运行经验，滤芯每三个月到一年更换 1 次，项目运行期间废滤芯产生量为 70 个/a。

以接收废物活度上限总 α：2×10^5 Bq/kg，总 β：4×10^6 Bq/kg 计，根据图 3.6-1 放射性核素平衡计算结果，计算了放射性核素排放量较高的 JP_1-2 局部排风系统的废滤芯比活度，详见表 3.6-3。

表 3.6-3　不同过滤器比活度水平

过滤器位置	过滤器名称	截留的放射性活度 Bq/a	废滤芯产生量 kg/a	废滤芯比活度 Bq/kg	备注
热解炉	高温高效过滤器	总 α：9.53×10^{7} 总 β：1.91×10^{9}	100	总 α：9.53×10^{5} 总 β：1.91×10^{7}	根据放射性平衡图计算过滤器截留放射性活度
	组合高效过滤器	总 α：3.85×10^{5} 总 β：7.70×10^{6}	100	总 α：3.85×10^{3} 总 β：7.70×10^{4}	根据放射性平衡图计算过滤器截留放射性活度
热解炉排灰工作箱	预过滤器	总 α：6.14×10^{8} 总 β：1.23×10^{10}	5	总 α：1.23×10^{8} 总 β：2.46×10^{9}	该过滤器截留率以 85%计
	高效过滤器	总 α：7.22×10^{8} 总 β：1.44×10^{10}	34	总 α：2.12×10^{7} 总 β：4.24×10^{8}	不考虑预过滤器的截留，该过滤器截留率以 99.99%计
烟气冷却器检修工作箱	预过滤器	总 α：4.09×10^{7} 总 β：8.19×10^{8}	5	总 α：8.18×10^{6} 总 β：1.64×10^{8}	该过滤器截留率以 85%计
	高效过滤器	总 α：4.81×10^{7} 总 β：9.63×10^{8}	34	总 α：1.41×10^{6} 总 β：2.83×10^{7}	不考虑预过滤器的截留，该过滤器截留率以 99.99%计
袋滤器排灰工作箱	预过滤器	总 α：6.74×10^{7} 总 β：1.35×10^{9}	5	总 α：1.35×10^{7} 总 β：2.70×10^{8}	该过滤器截留率以 85%计
	高效过滤器	总 α：7.93×10^{7} 总 β：1.58×10^{9}	34	总 α：2.33×10^{6} 总 β：4.65×10^{7}	不考虑预过滤器的截留，该过滤器截留率以 99.99%计
水泥固化装置	预过滤器	总 α：6.81×10^{8} 总 β：1.36×10^{10}	5	总 α：1.36×10^{8} 总 β：2.73×10^{9}	该过滤器截留率以 85%计
	高效过滤器	总 α：8.01×10^{8} 总 β：1.60×10^{10}	34	总 α：2.36×10^{7} 总 β：4.71×10^{8}	不考虑预过滤器的截留，该过滤器截留率以 99.99%计

由表 3.6-3 可知，本项目产生的放射性水平较高的废滤芯总 β 比活度均小于 4×10^{11} Bq/kg，若不处理含铀和钚的可燃废物，系统检修产生的废滤芯整备为符合处置设施接收标准的废物包后，可送龙和处置场处置；若处理含铀和钚的可燃废物，其比活度可能超过龙和处置场接收限值，需取样检测确认其活度水平后，送龙和处置场处置或暂存于水泥固化体暂存间。

袋滤器装置配备滤袋 84 个，每年更换 2 次，根据图 3.6-1 放射性核素平衡计算结果，按照反吹频率 8 h、单个滤袋重量 0.5 kg，并保守假设放射性核素全部吸附在滤袋上，则更换后废滤袋的比活度总 α 为 6.10×10^{4} Bq/kg，总 β 为 1.22×10^{6} Bq/kg，属于低放固体废物，整备为符合处置设施接收标准的废物包后，送龙和处置场处置。

干法酸气吸收器内装填有吸收剂，每 3 天更换一次，每次更换 600 kg，废吸收剂产生量为 42000 kg/a。吸收剂只用于中和烟气中的酸性气体，对放射性物质无吸附作用，更换后的废吸收剂收集在废物桶内暂存并取样检测。若废吸收剂中的核素浓度满足解控要求时则判断为可解控废物（解控标准为 GB27742-2011《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》）。当废吸收剂属于解控废物时，再进行鉴定，若属于危险废物，则送有资质单位处理，否则按一般工业废物处理，若判断为放射性废物，则整备满足相关要求后，送近地表处置设施进行处置。

（4）水泥固化体

本项目处理接收低放可燃废物形成的焚烧灰共计约 48.6 m^3/a。焚烧灰采用水泥固化处理，水泥固化后体积增容 1.25 倍，焚烧灰固化体产生量约为 60.8 m^3/a，水泥固化后形成的废物包体积按 190 L/个计，可折算产生量为 320 个/a。水泥固化后形成的废物包体积按 190L 计，灰包容率按 80%计，则单个废物包中含 83.6 kg 焚烧灰。废物包总活度=灰含量×灰比活度，可得单个废物包活度不超过总 α：2.50×10^{8} Bq，总 β：5.01×10^{9} Bq。单个水泥固化体质量约为 380 kg，单个废物包比活度总 α 为 6.59×10^{5}Bq/kg，总 β 为 1.32×10^{7}Bq/kg。经检测满足外运及最终处置要求后，送龙和处置场进行最终处置，若不满足，则

在 02 子项内暂存。

（5）废碱液蒸残物

废碱液经刮板蒸发器蒸馏处理后，其中含有的盐分物质等脱除，形成干燥的蒸残物（盐分），按照全部废碱液均进行蒸发处理，蒸残物产生量计算过程如下：

脱出盐分=废碱液处理量×废液含盐量×脱盐率=2t/d×10%×99.6%=0.2 t/d，合计 41.8 t/a。以废物接收限值计，蒸残物比活度总 α 为 1.38×10^{-2} Bq，总 β 为 2.75×10^{-1} Bq/g。产生的废碱液蒸残物收集后进行取样检测，若蒸残物中的核素浓度满足解控要求时则判断为可解控废物（解控标准为 GB27742-2011《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》）。当蒸残物属于解控废物时，再进行鉴定，若属于危险废物，则送有资质单位处理，否则按一般工业废物处理，若判断为放射性废物，则水泥固化后送近地表处置设施进行处置。

（6）不可燃金属废物

本项目在固体废物分拣过程中可能会产生不可燃金属废物，产生量预计为 100 kg/a，暂存于不可燃废物接收箱，最后送有资质单位处理处置。

综上，本项目正常运行过程中焚烧灰产生量约为 26.8 t/a，劳保废物产生量约为 8.3 t/a，废过滤器滤芯的产生量为 70 个/a，废滤袋产生量为 168 个/a，废吸收剂产生量为 4.2 t/a，水泥固化体产生量为 320 个/a，废碱液蒸残物产生量约为 41.8 t/a，不可燃金属废物产生量约 100 kg/a，各类固体废物产生量和最终去向见表 3.6-4。

表 3.6-4　放射性固体废物产生和去向

序号	废物种类	产生量	最终去向
1	焚烧灰	约 26.8 t/a	水泥固化后送龙和处置场
2	劳保废物	约 8.3 t/a	本项目焚烧灰处理
3	废滤芯	64 个/a	整备后送龙和处置场
4	废滤袋	168 个/a	整备后送龙和处置场
5	废吸收剂	约 4.2 t/a	根据取样检测结果进行相应处理
6	水泥固化体	320 个/a	暂存于 02 子项或送龙和处置场
7	废碱液蒸残物	约 41.8 t/a	根据取样检测结果进行相应处理
8	不可燃废金属	100 kg/a	送有资质单位处理处置

3.6.2 非放污染物的产生和处理

（1）废气

本项目建设的低放可燃废物热解焚烧系统会在焚烧废物过程中产生烟气，烟气中除了会载带放射性核素外，还存在非放污染物，包括二噁英、CO、HCL、氮氧化物等。

1）二噁英

二噁英在燃烧炉中由于高温作用，将被分解，因此高温烟气中二噁英含量极低。对二噁英的处理主要为防止其在 500~200℃温度范围内的再合成，急速冷却技术通常是应对再合成的有效方法。

预过滤器也可将吸附于飞灰中的少量二噁英进行有效拦截，组合高效过滤器中设有活性炭吸附装置，采用活性炭吸附方法可对事故或者异常工况下的二噁英进行吸附。

在此前国内工程项目对二噁英的第三方测试结果表明，中辐院热解焚烧工艺尾气经净化后，二噁英排放浓度低于国家标准限值 0.5 ng TEQ/Nm^3。

2）其他废气

燃烧炉中热解气经充分燃烧，此时尾气中 CO 浓度通常低于 40mg/Nm^3，无需进一步处理。

尾气中还含有 HCl、SO_X 等酸性气体，通过碱液吸收后，其吸收效率可高达 99%，酸性气体含量非常低。

经热解焚烧后尾气中 NO_X 气体含量较低，在湿法吸收过程中也能对 NO_X 进行吸收，吸收效率约为 40-80%，最终尾气排放前 NO_X 低于 100 mg/Nm^3。

根据已建相同工艺设施的运行情况，排放口处各类非放污染物的排放浓度监测结果见表 3.6-4。已建相同工艺设施的处理对象同样为处理低放可燃固体废物，尾气处理技术相同，监测时处理能力为 30 kg/h，工艺尾气排风量为 740 Nm^3/h。选择已建设施监测结果最大值，按照本项目处理能力 80 kg/h、工艺尾气排风量为 2000 m^3/h 对排放浓度进行折算，折算结果见表 3.6-5。

表 3.6-5　本项目烟气中污染物排放浓度折算结果

污染物名称	已建设施排放情况	折算本项目排放情况	标准限值（1 小时均值）	是否达标
	浓度(mg/Nm^3)	浓度(mg/Nm^3)	浓度(mg/Nm^3)	
颗粒物	0~14	13.83	30	达标
一氧化碳（CO）	21~25	24.70	100	达标
二氧化硫（SO_2）	5~6.5	6.42	100	达标
氮氧化物（以 NO_2 计）	0~92	90.89	300	达标
氯化氢（HCl）	3.6~21	20.75	60	达标
氟化氢（HF）	0.5~2.62	2.59	4	达标
砷、镍及其化合物（以 As+Ni 计）	0.13	0.13	0.5（以 As 计）	达标
铅及其化合物（以 Pb 计）	0~0.008	0.01	0.5	达标
铬、锡、锑、铜、锰及其化合物（以 Cr+Sn+Sb+Cu+Mn 计算）	0.1~0.23	0.23	0.5（以 Cr 计）	达标
二噁英类（ng TEQ/m^3）	0.0234	0.02	0.5	达标

根据折算结果，本项目建设的低放可燃废物热解焚烧系统产生的各项非放污染物排放指标符合《危险废物焚烧污染控制标准》GB18484-2020 的规定限值。

本项目使用的水泥在水泥配料间内进行装箱配料，水泥包装袋在工作箱内进行破拆，水泥干粉在振荡器作用下可直接落入输送机进料斗，然后与焚烧灰进行混合搅拌。此过程产生的颗粒物包容在工作箱内，经工作箱自带的袋滤器和局部排风系统过滤器过滤处理后，经 30m 烟囱排出。根据《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》，水泥输送过程中产污系数为 0.12 kg/t，水泥搅拌过程中产污系数为 0.13 kg/t，水泥消耗量约 90 t/a，水泥输送过程中颗粒物产生量为 10.8kg/a，搅拌过程中颗粒物产生量为 11.7 kg/a。在配备袋滤器情况下，末端治理效率为 99.7%，则 30 m 厂房排风烟囱排放的颗粒物量为 0.0675 kg/a。水泥固化装置运行时间为 640 h/a，JP_1-2 排风系统风量为 2630 m^3/h，JP_1-2 排风系统中颗粒物排放浓度为 0.041 mg/m^3，低于《大气污染物综合排放标准》GB16297-1996 规定的 120 mg/m^3 限

值，即使不考虑全排风量对局部排风颗粒物排放的稀释，JP_1-2 排风系统中颗粒物排放浓度与工艺尾气排风烟囱相比，其排放源项可忽略不计。

（2）废水

本项目劳动定员为 66 人，全天工作人员为 34 人，生活用水按 40L/（人·d）计，生活废水最大产生量预计为 1.36m^3/d。按照人员工作时间 209 d/a 计，01 子项生活废水产生量为 284.24m^3/a。

02 子项劳动定员为 3 人，全天工作人员为 3 人，生活用水标准按 40L/（人·d）计，生活废水最大产生量预计为 0.12m^3/d。按照人员工作时间 250 d/a 计，02 子项生活废水产生量为 30 m^3/a。

03 子项工作人员人数按 10 人计，生活用水标准按 50 L/（人·d）计，最大用水量为 0.5m^3/d。门卫人数按 4 人/d 计，生活用水标准按 50L/（人·d）计，生活用水为 0.2m^3/d。03 子项人员工作时间按照 250 d/a 计算，门卫人员工作时间按照 365 d/a 计算，03 子项和门卫的生活污水产生量合计为 198m^3/a。

以上生活污水产生量总计为 512.24m^3/a，生活污水经管道收集后，进入化粪池收集处理（有效容积 4m^3），出水排至园区市政污水管网。

（3）固体废物

本项目运行期间非放固体废物主要是补风系统废滤芯、工作箱废进风过滤器滤芯、检维修废物、工作人员产生的生活垃圾、废液蒸发系统蒸残物和各类设备检维修产生的废机油、废润滑液等。

01 子项机械补风系统过滤器为初效板式过滤器和中效袋式过滤器，重量分别以 5kg 和 9kg 计，更换次数为 1 次/年，废滤芯产生量为 42kg/a；工作箱进风过滤器包括一套预过滤器和高效过滤器，废滤芯重量为 19.5 kg/套，更换次数为 1 次/年，废滤芯产生量为 214.5kg/a。

02 子项库房机械补风系统过滤器为初效过滤器和中效过滤器，重量分别以 12.5kg 和 135 kg 计，更换次数为 1 次/年，废滤芯产生量为 295 kg/a；02 子项附楼机械补风系统过滤器为初效过滤器和中效过滤器，重量分别以 10kg 和 108 kg 计，更换次数为 1 次/年，废滤芯产生量为 236 kg/a。

生活垃圾按 1kg/（人•天）计，产生的生活垃圾约为 13.8t/a，定点收集后交由环卫部门处理。

此外，本项目正常运行过程中需要对机械设备进行检修和保养，本项目设有起重机等大型设备，检修保养过程中可能会产生一定量的废机油、废润滑油及空瓶等危险废物，产生量预计为 200kg/a，产生的危险废物集中收集后，由有资质单位及时接收与处理。

（4）噪声

本项目运行期间的噪声源主要来源于布置在排风机房间、送风机布置在送风机房间的风机噪声，为 85~90dB(A)；供水水泵的噪声，为 80dB(A)。

采取的噪声防治措施主要如下：

通风管道、送风、排风机房作消声处理，减少噪声污染；

通风设备均选用先进的低噪声设备，保证室内外噪声标准；

供水设备采用隔振基础；

水泵进、出水管设置可采用柔性接头和弹性支吊架，减少噪声及振动传递。

（5）电磁辐射

本项目新建 1 台 10 kV 干式变压器，运行过程中工频电磁场影响极小。依据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》，100kV 以下输变电工程不纳入环评管理。

3.7 辐射防护与安全措施

3.7.1 分区布置及人流控制

3.7.1.1 分区布置

为避免交叉污染，厂房内的平面布置，将非放射性工作区域、放射性工作区域及其不同污染水平区域之间采用实体隔离的方法分开布置，并且考虑放射性物质转移和暂存、设备检修、人员出入和生产管理等方便。本项目辐射工作场所分为监督区（白区）和控制区，控制区进一步分为控制绿区、黄区和橙区，以便于辐射防护管理和职业照射控制，其余场所为非辐射工作场所。本项目辐射工作场所各辐射

分区的场所剂量率水平控制值以及相应的居留特性见表 3.7-1。

表 3.7-1　辐射工作场所各辐射分区的场所剂量率水平控制值

分区		剂量率控制值（mSv/h）	居留特性
监督区（白区）		≤0.0025	一般全年居留少于 2000h
控制区	绿区	≤0.01	常规工作区
	黄区	≤0.1	间断工作区
	橙区 1	≤1	限定工作区，控制工作时长
	橙区 2	＞1	原则上限制进入，结合剂量评价控制进入时间

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），本项目运行期间对工作场所的放射性表面污染控制水平进行了要求，相关控制水平见表 3.7-2，辐射工作场所分区见表 3.7-3，辐射防护分区图见附图 10~16。

表 3.7-2　工作场所表面放射性污染控制水平（Bq/cm^2）

表面类型		α 放射性物质	β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4	40
	监督区	0.4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	0.4	4
	监督区		
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.4

表 3.7-3　辐射工作场所分区

分区	房间名称
低放可燃废物焚烧厂房	
监督区（白区）	地上一层：门厅、热力入口间、值班室、配电间、柴油间、配碱间、水泥配料间、楼梯间、软水设备间、空压机房、变电站间、楼梯间等； 地上二层：中控室、电子设备间、生产准备间、空调机房、男卫生间、配电间、楼梯间、排烟机房、参观走廊等； 地上三层：楼梯间、配电间、女卫生间等。 屋面（地上四层）：热水机房、应急水箱间和消防水箱间等。
绿区	地上一层：卫生通过间、辐防设备间、控制区走廊、预处理间、门厅通道等区域； 地上二层：工具间、维修间、检测间、控制区走廊等； 地上三层：控制区走廊。
黄区	地下一层：特下水收集间和废液收集间； 地上一层：蒸发间、废碱液间；

分区	房间名称
	地上三层：引风机房、排风机房。
橙区 1	地上一层：卸灰间； 地上二层：二层热解焚烧设备间、尾气净化大厅； 地上三层：废物包暂存区。
橙区 2	地上一层：水泥固化间。
低放废物暂存库	
监督区（白区）	附楼地上一层：门厅、报警阀间、配电室、暖通机房、卫生间等； 附楼地上二层：自控设备间； 库区：干粉设备间。 地上一层：家庭服间
绿区	附楼地上一层：卫生通过间、辐射剂量检测间、楼梯间和走廊； 附楼地上二层：走廊； 库区：缓冲区。
黄区	附楼地上二层：排风机房； 库区：夹具间、临时车辆卸货区。
橙区 1	库区：1#库、2#库。
橙区 2	库区：焚烧灰固化物暂存间。

3.7.1.2 人流控制

为了加强对进出放射性工作区的工作人员管理，监督区和控制区之间设有卫生通过间，工作人员在卫生通过间更换工作服并佩戴必要的个人防护用品后可以进入控制区；

控制I区和控制II区之间设置过渡间，由控制I区进入控制II区需通过过渡间，并更换橙区工作服及工作鞋后进入；

从控制II区离开需在过渡间进行表面污染检测，表污不合格者进行擦拭去污至合格后方可离开，从控制I区离开需在卫生通过间进行表面污染检测，表污不合格者进行擦拭、淋浴去污至合格后，褪去工作服和防护用品后，更换家庭服离开控制区。

3.7.2 屏蔽设计

屏蔽设计的目的是确定各屏蔽体的厚度、材料和屏蔽设计构型等，确保厂房内各房间和厂房外的剂量率设计值满足分区的剂量率限值要求。工作场所采用混凝土及铸铁等材料进行辐射屏蔽设计，设计厚度满足 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的要

求。工程运行过程中，尽量采用机械设备完成，可有效提升工作效率并增加作业人员的操作距离，从而降低γ照射的辐射影响。

3.7.3 气流组织

本项目气流组织依靠通排风系统实现。通排风系统包括设备或装置的局部排风系统和厂房的全面换气系统。

（1）辐射工作场所设有良好的通风和合理的气流组织，防止污染回流和扩散。气流方向从非放射性区域到放射性工作区，从低污染区向高污染区。

（2）辐射工作场所的通风换气次数，根据工作场所的剂量水平、人员停留时间、操作方式、污染特点等因素确定，一般情况下，控制区换气次数在4~6次/h。为保证工作场所温湿度，送风经过滤后送入。

（3）局部排风罩口的风速，视放射性物质的性质、操作特点、罩口与散发源的距离及放射性物质的散发速度等具体情况综合确定。

（4）全面排风、局部排风和工艺尾气分别进行净化处理。

3.7.4 辐射监测

（1）工作场所监测

1）场所气溶胶监测：在低放可燃废物焚烧厂房设固定空气取样系统，并配备便携式气溶胶取样器。取样样品采用衰变法和低本底气溶胶样品测量仪测量场所空气中平均污染水平。

2）场所表面污染监测：配备可携式α、β表面污染监测仪，定期检测辐射工作场所地面、墙面、设备表面的污染水平，以及放射性物料和放射性废物包装容器的表面污染情况。

3）外照射监测：配备γ剂量监测仪表，用于工作场所外照射监测。同时提供便携式γ剂量率仪对低放可燃废物焚烧厂房及周边常有人出现的工作场所进行γ辐射水平监测，以评价正常情况下场所的辐射场强度，并供特殊监测和处理事故时使用。

（2）个人剂量监测

外照射个人剂量监测：辐射工作人员进入放射性工作场所必须佩戴热释光个人剂量计，以测量工作人员所受γ剂量。剂量监测工作委托当地具有个人剂量检测资质的单位完成，并按要求建立个人剂量档

案。按照每季度一次的频次对从事放射性操作的工作人员进行剂量统计。

同时，每季度利用工作场所空气中放射性气溶胶浓度估算辐射工作人员内照射剂量。此外还配备有报警功能的个人剂量仪供检修及事故时用，在卫生出入口应设置表面污染监测仪，检查工作人员的手脚和衣服表面污染情况。

（3）流出物监测

低放可燃废物焚烧厂房放射性废气处理后通过烟囱排入大气，并设有流出物在线监测系统和取样口。

本项目产生的放射性废液暂存于特下水收集间和废液收集间的水箱/水槽，废碱液和除雾器冷凝液经废液蒸发处理系统处理后收集在废液收集间，取样检测达标后通过槽车外送至有资质单位处理处置；卫生通过间产生的淋浴废水和其他废水收集在特下水收集间，取样检测达标后通过槽车外送至有资质单位处理处置，否则送废液蒸发处理系统处理。

（4）环境监测

本项目制定有环境监测计划，包括环境γ辐射、气溶胶、沉降灰、土壤等监测对象，并严格按照监测计划执行。

（5）事故应急监测

事故应急监测项目、监测点位、监测频次等，根据事故发生的性质、时间、可能污染范围等因素综合确定，及时进行有关项目追踪监测，取得事故现场监测数据和有关资料，并进行事故评价，将结果长期保存。

3.7.5 实体保卫

依据《核设施实物保护》核安全导则 HAD501/02 的规定要求，生产厂区按照三级核设施进行实物保护系统设计，本工程实物保护系统按照三级进行设计。设置控制区 1 道周界实体屏障，本项目将保卫值班室与人流门卫合设。

（1）实体屏障

厂区周界设完整封闭实体围墙，厚度 24cm，垂直有效高度 2.5m

顶端加装滚刺笼，有效高度 500mm。车行通道设电动平移门，高度2.5m，人行通道设闸机。

低放可燃废物暂存库库区、保卫值班室、门卫的窗户及任何大于620cm^{2}的开洞均加不锈钢栅栏保护。

（2）出入口控制

出入口控制系统的主要功能是防范非法进入，对各个出入口目标进行识别并对出入往来人员进行控制。

本工程出入口控制主机设置在保卫值班室。在保卫值班室设访客系统，用于对访客的管理与查验，所有信号通过光缆传至保卫值班室。

1）厂区周界

厂区出入口设有南北两道门，北侧为人流及物流门，南侧为应急门。在北侧人流及物流门人行通道处设闸机，车辆通道处设电动平开门和门禁系统，人员及车辆进出刷卡加人脸识别。同时设智能车牌识别系统，对车辆进行车牌自动识别验证，合格后起杆放行。在南侧应急门车辆通道处设电动平开门，车辆进出人脸识别。同时设智能车牌识别系统，对车辆进行车牌自动识别验证，合格后起杆放行。

2）其他设施

在低放可燃废物暂存库库房人流、物流主要出入口；运行综合楼一层所有对外出入口；低放可燃废物焚烧厂房一层对外出入口、重点部位；门卫及保卫值班室等处设门禁系统。所有对外出入口采用安全防盗门或钢制封板门。

火灾时，疏散通道上受到出入口控制的门能由消防联动控制器能打开，以便于人员及时疏散。

（3）视频监控

主要功能是防范非法进入，监视各个出入口及重要区域。在出现意外或报警时能协助安保人员及时采取有效措施，同时为有关部门提供现场证据，为安全起到应有的作用。

本工程在保卫值班室设显示终端、工作站、磁盘阵列、网络交换机、存储硬盘等设备。保卫值班室接收来自低放可燃废物暂存库、低放废物焚烧厂房、运行综合楼、门卫值班室及室外工程的视频信号，

并进行管理控制与显示。

在低放可燃废物暂存库主要出入口、人流物流通道、存储区域、走廊；低放废物焚烧厂房主要出入口、人流物流通道、运输通道；运行综合楼主要出入口、门厅、走廊等位置设置视频监控点；在厂区主出入口、应急出入口、主干道路、周界及重点部位设置定焦视频监控点。立杆安装，高度 5m，视角大范围覆盖。在安装入侵探测器区域设置视频监控点。视频监控信号传至门卫的保卫值班室，值班人员通过监控计算机监视人员出入及重要岗位的内部情况。

系统具有录像存储、重复回放、丢帧报警等功能。视频监控点可以快速与入侵报警系统的报警信号联动，显示相关报警区域的图像。

（4）其他保卫措施

设置有入侵报警系统、电子巡更系统、响应通讯系统、集成管理系统、网络安全系统等，进一步增强本项目安全保卫措施。

3.7.6 其他辐射防护措施

1）进入工作场所必须正确使用防护用品，佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

2）工作人员严禁在现场吸烟、进食，工作结束饮食前必须洗手、漱口，下班后要沐浴、更衣，并检验合格后离开。

3）工作结束后，利用卫生通道的淋浴室进行全身沐浴，经表面污染检测合格后方可离开工作场所。

4）工作人员一旦发生伤口污染，要及时进行冲洗等去污措施，并进行伤口测量和相应的医学处置。

5）工作人员需经过相应的培训，具备一定的辐射防护专业知识，并严格按照操作规程和相关规定实施。

6）定期检测工作人员的内、外照射剂量，并建立职业健康档案长期保存。当工作人员受照剂量接近管理目标值，应停止放射性工作采取调离岗位等相应措施。工作人员应定期进行健康检查。

7）控制区边界用屏蔽墙、屏蔽门等实体手段划定，在控制区进出口处和控制区其他相应位置设立醒目的警告标记和相应的指示。

8）制定辐射防护管理规则和程序，利用行政管理手段和实体屏

障限制进出控制区。

9）定期检查辐射工作场所的防护措施并监测场所的辐射危害水平。

3.8 关于退役的考虑

本项目采用热解-焚烧技术，该技术方案在设计阶段就考虑了核设施退役的问题。本章节主要阐述了本项目现阶段所考虑的退役策略和退役目标、设计阶段考虑便于退役的措施。

3.8.1 退役策略及退役方案设想

国际原子能机构(IAEA)在导则中给出了核设施退役策略，包括立即拆除和延缓拆除(或安全储存。本项目在确定核设施退役策略时，需要综合考虑以下几个方面：

（1）遵守适用的法律、法规和标准；

（2）设施的特点；

（3）放射性危害和非放射性危害的安全评价；

（4）核设施的实际状况和随时间的演变；

（5）废物管理，如贮存和处置；

（6）安全地实施退役方案所需的财政资源；

（7）具备有经验的人员，特别是先前营运单位的人员；

（8）具备包括去污、切割和拆卸等技术以及遥控操作能力；

（9）类似核设施的退役经验；

（10）环境影响和社会经济影响；

（11）核设施和场址附近区域的预期开发和利用。

本项目地处戈壁滩，后续无使用要求。综合以上分析，本项目现阶段考虑采用立即拆除的退役策略，即在核设施最终关闭后，拆除相关设置，并安全处置。

3.8.2 便于退役的设计考虑

按照 IAEA 安全要求和国际核设施退役经验反馈，核设施应尽早考虑未来退役的问题。特别是设计中必须考虑以下事项：

a.材料的选取；

b.必要的可达性；

c.贮存运行和退役中产生的放射性废物所需的设施。

3.8.3 退役经费

本项目在现阶段已预留设施退役费，设施退役费参考同类项目，暂按 2720 万元计算，分 20 年计提。

第四章　环境质量现状

4.1 辐射环境质量现状

4.1.1 监测内容

本项目 SSW 方向 400m 处为甘肃龙和公司近地表处置场，该处置场制定有运行期间辐射环境监测计划，并按监测计划执行常规监测。常规监测范围为半径 10km 区域，监测对象包括 γ 辐射、气溶胶、沉降灰、空气、土壤、地下水、生物等。

在本项目建设前，龙和公司近地表处置场（SSW~SW，0.4km）运行期间辐射环境监测数据基本可表明本项目所在区域的辐射环境现状。考虑本项目的特征核素和环境影响途径，与本项目相关的辐射环境现状监测内容见表 4.1-1，监测点位见图 4.1-1。

表 4.1-1　辐射环境现状监测内容

监测对象	测量点位	监测项目	监测频次
γ 辐射	ESE、SE、SSE、SSW、SW、WSW、WNW、NW、NNW、NNE、NE、ENE12 个方向 1km 处	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/季
	E、S、W、N4 个方向 3km 处		
	生地湾农场四分场		
	西移村（对照点）		
气溶胶、空气	生地湾农场四分场	气溶胶：总 α、总 β、^{90}Sr、^{99}Tc、$^{239+240}$Pu、γ 能谱（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{95}Nb、^{95}Zr，^{51}Cr），总 U 空气：^{3}H(HTO)、^{14}C、^{129}I	1 次/季
	西移村（对照点）		
沉降灰	生地湾农场四分场	与气溶胶一致	1 次/季
土壤	SE、SW、NW、NE 方向 1km 处	总 α、总 β、^{90}Sr、^{99}Tc、$^{239+240}$Pu、γ 能谱（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{95}Nb、^{95}Zr，^{51}Cr）、总 U	1 次/半年
	生地湾农场四分场		
	西移村（对照点）		
地下水	生地湾农场四分场	总 α、总 β、^{63}Ni、^{90}Sr、^{99}Tc、$^{239+240}$Pu、^{129}I、γ 能谱（^{134}Cs、	1 次/半年

监测对象	测量点位	监测项目	监测频次
	西移村（对照点）	^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{95}Nb、^{95}Zr，^{51}Cr）、^{3}H、^{14}C、^{239}Pu、总 U	
生物	生地湾农场四分场蔬菜、家禽家畜	^{90}Sr、^{99}Tc、$^{239+240}Pu$、^{129}I、γ 能谱（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{95}Nb、^{95}Zr，^{51}Cr）、$^{239+240}Pu$、总 U	1 次/年
	戈壁滩骆驼草		

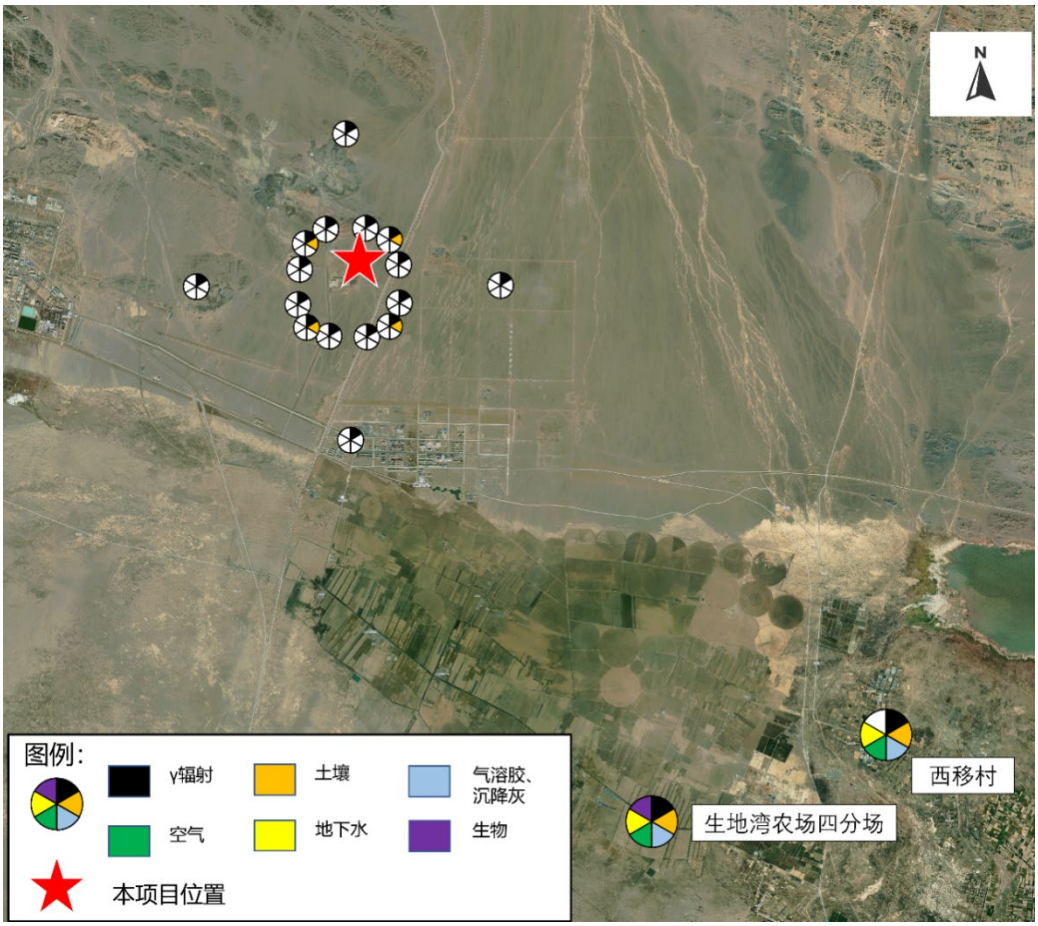


图 4.1-1　辐射环境现状监测点位示意图

4.1.2 监测仪器及分析方法

2024 年辐射环境现状监测各分析项目与所用监测仪器及对应的监测方法见表 4.1-2，各仪器设备 2024 年辐射环境现状监测时检定/校准情况见表 4.1-3。

表 4.1-2　辐射环境监测仪器与核素分析方法

分析项目	分析标准	仪器设备
γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）	便携式 X-γ 剂量率仪
土壤及类似固体物、水、生物 γ 谱分析	《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T16145-2022）	高纯锗 γ 谱仪
气溶胶 γ 谱分析	《环境空气气溶胶中 γ 放射性核素的测定滤膜压片/γ 能谱法》（HJ 1149-2020）	高纯锗 γ 谱仪
水、生物 ^{90}Sr	《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》（HJ 815-2016）	低本底 α、β 测量仪
气溶胶、土壤、沉降物 ^{90}Sr	《土壤中锶-90 的分析方法》（EJ/T 1035-2011）	低本底 α、β 测量仪
各介质总 α	《水质总 α 放射性的测定厚源法》（HJ 898-2017）	低本底 α、β 测量仪
各介质总 β	《水质总 β 放射性的测定厚源法》（HJ 899-2017）	低本底 α、β 测量仪
空气 ^{3}H	《大气中 HTO 和 HT 的测定方法》（EJ/T20269-2021）	低本底液闪谱仪
水 ^{3}H	《水中氚的分析方法》（HJ1126-2020）	低本底液闪谱仪
水 ^{14}C	《水质-碳-14 活度浓度的液体闪烁计数测定法》（ISO 13162：2011）	低本底液闪谱仪
空气 ^{14}C	《空气中碳-14 的取样与测定方法》（EJ/T 1008-1996）	低本底液闪谱仪
各介质 $^{239+240}Pu$	《水和土壤样品中钚的放射化学分析方法》（HJ814-2016）	低本底 α 谱仪
水、生物 ^{129}I	《水、牛奶、植物、动物甲状腺中碘-131 的分析方法》（HJ 841-2017）	低本底液闪谱仪
空气 ^{129}I	《空气中碘-131 的取样与测定》（GB/T 14584-1993）	高纯锗 γ 谱仪
水 ^{99}Tc	《固相萃取法测定水中锝-99 的标准方法》（ASTM D7168-16）	低本底液闪谱仪
气溶胶、沉降物 ^{99}Tc	《土壤中锝-99 的测定方法》（ASTM C1387-14）	低本底液闪谱仪

表 4.1-3　主要仪器设备检定/校准情况表（2024 年）

序号	仪器设备名称	型号规格	最近检定日期	检定证书号	检定周期
1	高纯锗 γ 谱仪	GR3019	2023.7.3	校字第[2023]-P052	2 年
2	高纯锗 γ 谱仪	BE3830	2023.7.3	校字第[2023]-P050	2 年
3	高纯锗 γ 谱仪	GCDX-60200	2023.07.03	校字第[2023]-P051	2 年
4	高纯锗 γ 谱仪	GC4019	2023.07.02	校字第[2023]-P053	2 年
5	低本底 α/β 测量仪	LB770	2022.10.18	检字第[2022]-DD015	2 年
			2024.10.17	检字第[2024]-D0889A	2 年
6	低本底 α/β 测量仪	LB770	2022.03.05	检字第[2022]-DD006	2 年
			2023.09.18	检字第[2023]-D1103	2 年
7	低本底液闪谱仪	Tricarb3170	2023.5.11	校字第[2023]-S012	2 年
8	低本底液闪谱仪	Quantulus1220	2022.6.15	校字第[2022]-SB004	2 年
9	低本底 α 谱仪	7200-8	2022.6.13	校字第[2022]-DN116	2 年
10	低本底 α 谱仪	7200-12	2023.08.15	校字第[2023]-D1096	2 年
13	便携式 X-γ 剂量率仪	BH3103B	2023.10.19	检字第[2023]-L729	1 年
			2024.10.16	检字第[2024]-L0903	1 年
14	便携式 X-γ 剂量率仪	BH3103B	2023.11.16	检字第[2023]-L753	1 年
15	表面污染仪	LB124	2023.12.18	检字第[2023]-D718	1 年
16	表面污染仪	LB124	2024.03.05	检字第[2024]-D0109	1 年
17	便携式测氡仪	FYCDY-P30	2023.12.15	IR202312071	1 年
19	微量铀分析仪	MUA	2023.06.03	校字第[2023]-Z003	2 年
20	微量铀分析仪	WGJ-III	2023.09.17	校字第[2023]-Z007	2 年
21	低本底 α/β 测量仪	LB790	2023.06.26	检字第[2023]-D398	2 年

4.1.3 监测结果

根据龙和处置场 2024 年环境监测报告，结果如下：

（1）陆地 γ 辐射剂量率

2024 年以龙和处置场为中心，周围陆地 γ 辐射剂量率水平为 70.9~169 nGy/h，年均值为 97.2 nGy/h，监测结果详见表 4.1-4。

表 4.1-4　陆地 γ 辐射剂量率监测结果（nGy/h）

监测点位	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	点位均值
SW 方位 1km	105	79.8	85.6	74.5	86.2
SSW 方位 1km	98.6	71.9	103	70.9	86.1
WSW 方位 1km	108	79.0	101	74.7	90.7
WNW 方位 1km	98.6	73.5	102	79.2	88.3
NW 方位 1km	99.5	75.7	107	109	97.8
NNW 方位 1km	112	72.3	95.8	77.2	89.3
NNE 方位 1km	125	107	169	118	129.8
NE 方位 1km	108	82.5	106	102	99.6
ENE 方位 1km	103	79.3	102	89.5	93.5
ESE 方位 1km	111	80.8	109	82.3	95.8
SE 方位 1km	97.6	72.8	86.6	72.3	82.3
SSE 方位 1km	107	84.3	117	86.1	98.6
S 方位 3km	101	79.5	98.0	72.2	87.7
W 方位 3km	112	73.8	107	75.0	92.0
N 方位 3km	107	79.6	119	74.9	95.1
E 方位 3km	133	79.9	88.6	84.5	96.5
生地湾农场	92.6	76.9	100	77.4	86.7
西移村	103	95.3	88.2	85.2	92.9
N 方位 1km	/	/	/	83.1	83.1
E 方位 1km	/	/	/	85.4	85.4
S 方位 1km	/	/	/	97.7	97.7
W 方位 1km	/	/	/	78.4	78.4
均值	110	84.0	109	85.5	97.2

注 1：监测结果未扣除宇宙射线响应。

注 2：第一季度监测时间为 2024.1.25~2024.2.1；第二季度监测时间为 2024.4.18~2024.4.21；第三季度监测时间为 2024.8.25；第四季度监测时间为 2024.11.7。

注 3：N、E、S、W 方位 1km 为 24 年第四季度新增点位。

（2）气溶胶

2024 年在生地湾农场四分场、西移村进行了环境气溶胶监测，气溶胶中总 α 水平为 2.4×10^{-4}~5.4×10^{-4} Bq/m^3，总 β 水平为 $9.4\times10^{-}$

^{4}~4.28×10^{-3} Bq/m^{3}，Sr-90 核素水平为 1.81×10^{-6}~1.05×10^{-5} Bq/m^{3}，Pu-239+240 核素水平为 5.00×10^{-8}~9.10×10^{-7} Bq/m^{3}，Tc-99 核素水平为 LLD~3.52×10^{-2} Bq/m^{3}，Cs-137 核素水平为 LLD~1.56×10^{-5} Bq/m^{3}，Am-241、Cr-51、Cs-134、Zr-95、Nb-95、Co-58、Mn-54、Co-60 等核素水平均低于探测下限，监测结果详见表 4.1-5。

（3）空气

2024 年在生地湾农场四分场、西移村进行了环境空气监测，空气中 H-3 核素水平为 10.3~37.6mBq/m^{3}，C-14 核素水平为 22.0~39.0mBq/m^{3}，I-129 核素水平低于探测下限，监测结果详见表 4.1-6。

（4）沉降灰

2024 年在生地湾农场四分场进行了环境沉降灰监测，沉降灰中总 α 水平为 0.43~0.94Bq/（m^{2}·天），总 β 水平为 0.51~1.01Bq/（m^{2}·天），Sr-90 核素水平为 1.05×10^{-3}~2.56×10^{-3}Bq/（m^{2}·天），Pu-239+240 核素水平为 1.10×10^{-4}~1.90×10^{-3}Bq/（m^{2}·天），Cs-137 核素水平为 2.77×10^{-3}~4.60×10^{-3}Bq/（m^{2}·天），Tc-99、Am-241、Cr-51、Cs-134、Zr-95、Nb-95、Mn-54、Co-58、Co-60 等核素水平均低于探测下限，监测结果详见表 4.1-7。

（5）土壤

2024 年在龙和处置场 SE、SW、NW、NE 方向 1km 处、生地湾农场四分场和西移村进行了环境土壤监测，土壤中总 α 水平为 349~600Bq/kg，总 β 水平为 603~840Bq/kg，Sr-90 核素水平为 0.25~2.06Bq/kg，Pu-239+240 核素水平为 LLD~9.10×10^{-7}Bq/kg，总铀水平为 LLD~3.94Bq/kg，Cs-137 核素水平为 LLD~1.96Bq/kg，Am-241、Cr-51、Cs-134、Zr-95、Nb-95、Co-58、Mn-54、Co-60 等核素水平均低于探测下限，监测结果详见表 4.1-8。

（6）地下水

2024 年在生地湾农场四分场、西移村进行了地下水环境监测，地下水中总 α 水平为 LLD~1.30Bq/L，总 β 水平为 0.13~1.68Bq/L，Sr-90 核素水平为 4.9×10^{-4}~1.13×10^{-3}Bq/L，H-3 核素水平为 LLD~0.46Bq/L，

C-14 核素水平为 3.00×10^{-4}~6.96×10^{-3}Bq/L，Tc-99 核素水平为 LLD~6.00×10^{-2}Bq/L，Nb-95 核素水平为 LLD~3.16×10^{-3}Bq/L，Pu-239+240、Am-241、Cr-51、Cs-134、Cs-137、Zr-95、Co-58、Mn-54、Co-60、I-129 等核素水平均低于探测下限，监测结果详见表 4.1-9。

（7）生物

2024 年在生地湾四分场采集了羊肉、鸡肉和西红柿，在戈壁滩采集了骆驼草，对以上生物样品进行了分析，生物样品中各核素监测结果见表 4.1-10。

表 4.1-5　气溶胶监测结果（Bq/m^3）

监测时间	监测点位	监测项目					
		总 α	总 β	Sr-90	Pu-239+240	Tc-99	Am-241
第一季度	生地湾农场四分场	4.9E-04	4.28E-03	3.19E-06	5.0E-08	3.52E-02	<8.5E-06
	西移村	2.4E-04	2.31E-03	1.81E-06	1.9E-07	1.53E-02	<1.2E-05
第二季度	生地湾农场四分场	4.2E-04	1.03E-03	1.05E-05	3.9E-07	＜8.47E-03	<8.0E-06
	西移村	3.5E-04	9.5E-04	2.67E-06	/	/	<9.4E-06
第三季度	生地湾农场四分场	2.8E-04	9.7E-04	4.65E-06	6.3E-07	<6.20E-06	<1.0E-05
	西移村	5.3E-04	1.36E-03	6.45E-06	2.8E-07	<6.23E-06	<7.5E-06
第四季度	生地湾农场四分场	5.4E-04	1.76E-03	3.18E-06	1.2E-07	<7.40E-06	<1.7E-05
	西移村	5.3E-04	2.25E-03	6.20E-06	＜1.1E-07	<5.63E-06	<1.2E-05

注：第一季度采样时间为2024.1.24~2024.2.2，第二季度采样时间为2024.4.17~2024.4.28、2024.5.22~2024.6.7，第三季度采样时间为2024.8.28~2024.9.5，第四季度采样时间为 2024.11.6~2024.11.15。

表 4.1-5（续） 气溶胶监测结果（Bq/m^3）

监测时间	监测点位	监测项目							
		Cr-51	Cs-134	Cs-137	Zr-95	Nb-95	Co-58	Mn-54	Co-60
第一季度	生地湾农场四分场	<8.2E-05	<8.5E-06	<1.1E-05	<2.2E-05	<1.0E-05	<9.8E-06	<1.0E-05	<1.0E-05
	西移村	<1.18E-04	<1.2E-05	<1.4E-05	<3.0E-05	<1.4E-05	<1.3E-05	<1.4E-05	<1.6E-05
第二季度	生地湾农场四分场	<6.0E-05	<8.5E-06	1.56E-05	<1.9E-05	<7.5E-06	<7.5E-06	<7.9E-06	<9.1E-06
	西移村	<6.1E-05	<8.5E-06	1.10E-05	<1.9E-05	<7.4E-06	<7.4E-06	<7.8E-06	<8.9E-06
第三季度	生地湾农场四分场	<9.7E-05	<1.1E-05	<1.3E-05	<2.4E-05	<1.1E-05	<1.1E-05	<1.1E-05	<1.3E-05
	西移村	<6.8E-05	<8.0E-06	<8.5E-06	<1.7E-05	<7.8E-06	<7.9E-06	<8.1E-06	<9.6E-06
第四季度	生地湾农场四分场	<1.48E-04	<1.8E-05	<1.7E-05	<4.1E-05	<1.7E-05	<1.8E-05	<2.0E-05	<2.2E-05
	西移村	<1.09E-04	<1.3E-05	<1.3E-05	<2.8E-05	<1.3E-05	<1.2E-05	<1.4E-05	<1.6E-05

注：第一季度采样时间为2024.1.24~2024.2.2，第二季度采样时间为2024.4.17~2024.4.28、2024.5.22~2024.6.7，第三季度采样时间为2024.8.28~2024.9.5，第四季度采样时间为 2024.11.6~2024.11.15。

表 4.1-6　空气监测结果

监测时间	监测点位	采样日期	监测项目				采样日期	监测项目
			H-3（mBq/m^3）	H-3（Bq/L）	C-14（mBq/m^3）	C-14（Bq/g 碳）		I-129（mBq/m^3）
上半年度	生地湾农场四分场	2024.02.0	37.6	9.10	28.2	0.24	2024.4.20	<5.5

注：下半年增加部分点位与监测频次。

表 4.1-6（续）　空气监测结果

监测时间	监测点位	采样日期	监测项目				采样日期	监测项目
			H-3（mBq/m^3）	H-3（Bq/L）	C-14（mBq/m^3）	C-14（Bq/g 碳）		I-129（mBq/m^3）
第三季度	生地湾农场四分场	2024.8.25	26.7	1.79	30.1	0.26	2024.9.7	<0.51
	西移村	2024.8.30	22.2	1.94	39.0	0.33	2024.9.8	<0.35
第四季度	生地湾农场四分场	2024.11.8	15.5	3.66	22.0	0.17	2024.11.8	<7.5
	西移村	2024.11.9	10.3	2.37	36.2	0.24	2024.11.9	<9.1

注：第三季度使用宽能型 γ 谱仪测量，效率较高，探测限较低。

表 4.1-7　沉降灰监测结果（Bq/（m^2·天））

监测时间	监测点位	监测项目							
		总 α	总 β	Sr-90	Pu-239+240	Tc-99	Am-241	Cr-51	总铀 μg/（m^2*天）
上半年度	生地湾农场四分场	0.43	0.51	2.56E-03	1.1E-04	/	<1.8E-03	<15E-03	1.35
下半年度	生地湾农场四分场	0.94	1.01	1.05E-03	1.90E-03	<1.08E-03	<3.9E-03	<27E-03	7.64

注 1：上半年采样时间为 2023.10.29~2024.4.21，下半年采样时间为 2024.4.22~2024.9.6。下半年锝采样时间为 2024.9.7~2024.12.17；

注 2：上半年度因样品量不足，无法满足 Tc-99 的分析要求，未报出 Tc-99 的测量结果。

表 4.1-7（续）　沉降灰监测结果（Bq/（m^2·天））

监测时间	监测点位	监测项目						
		Cs-134	Cs-137	Zr-95	Nb-95	Mn-54	Co-58	Co-60
上半年度	生地湾农场四分场	<1.9E-03	2.77E-03	<4.6E-03	<2.0E-03	<1.9E-03	<1.9E-03	<2.3E-03
下半年度	生地湾农场四分场	<3.4E-03	4.60E-03	<8.6E-03	<3.7E-03	<3.5E-03	<3.6E-03	<4.2E-03

注：上半年采样时间为 2023.10.29~2024.4.21，下半年采样时间为 2024.4.22~2024.9.6。

表 4.1-8　土壤监测结果（Bq/kg，上半年）

监测点位	监测项目													
	总 α	总 β	Sr-90	Pu-239+240	总铀 μg/g	Am-241	Cr-51	Cs-134	Cs-137	Zr-95	Nb-95	Co-58	Mn-54	Co-60
SW 方位 1km	407	773	0.69	0.08	2.17	<1.6	<5.1	<0.52	0.62	<1.2	<0.59	<0.50	<0.56	<0.67
NW 方位 1km	376	603	2.06	0.06	3.94	<1.2	<4.0	<0.42	0.47	<0.94	<0.47	<0.42	<0.42	<0.51
NE 方位 1km	514	840	1.48	0.04	2.05	<1.0	<3.3	<0.33	0.61	<0.75	<0.38	<0.33	<0.36	<0.43
SE 方位 1km	539	744	1.67	0.13	2.90	<1.8	<5.5	<0.61	1.96	<1.3	<0.67	<0.58	<0.62	<0.73
生地湾农场四分场	481	621	0.33	0.01	2.03	<1.2	<3.9	<0.41	<0.37	<0.92	<0.47	<0.39	<0.44	<0.48
西移村	547	671	1.47	0.32	<0.044	<1.7	<5.5	<0.55	<0.64	<1.3	<0.59	<0.59	<0.59	<0.69

注：采样时间 2024.4.17~2024.4.18。

表 4.1-8（续） 土壤监测结果（Bq/kg，下半年）

监测点位	监测项目													
	总 α	总 β	Sr-90	Pu-239+240	总铀 μg/g	Am-241	Cr-51	Cs-134	Cs-137	Zr-95	Nb-95	Co-58	Mn-54	Co-60
SW 方位 1km	600	750	1.61	＜0.042	2.59	<0.75	<3.0	<0.42	1.21	<0.77	<0.47	<0.44	<0.50	<0.80
NW 方位 1km	403	663	1.66	0.093	2.66	<0.53	<2.2	<0.30	1.11	<0.56	<0.36	<0.32	<0.34	<0.58
NE 方位 1km	557	772	1.61	0.06	1.63	<0.59	<2.4	<0.32	1.38	<0.63	<0.38	<0.35	<0.38	<0.63
SE 方位 1km	395	610	1.61	0.067	2.12	<0.62	<2.6	<0.37	1.90	<0.70	<0.42	<0.38	<0.42	<0.68
生地湾农场四分场	443	580	0.25	＜0.015	1.48	<0.93	<3.0	<0.30	<0.35	<0.71	<0.31	<0.28	<0.32	<0.37
西移村	349	735	0.71	0.16	1.89	<1.2	<4.1	<0.41	0.84	<0.95	<0.45	<0.41	<0.46	<0.44

注：采样时间 2024.8.25。

表 4.1-9　地下水放射性核素监测结果（Bq/L）

监测点位	采样时间	监测项目							
		总 α	总 β	Sr-90	Pu-239+240	H-3	C-14	C-14(Bq/g 碳)	Tc-99
生地湾农场四分场	上半年	<4.00E-02	1.30E-01	9.30E-04	<2.75E-05	<1.60E-01	3.00E-04	2.70E-02	4.85E-02
西移村		1.05E+00	1.68E+00	4.90E-04	<2.37E-05	2.30E-01	5.91E-03	1.00E-01	6.00E-02
生地湾农场四分场	下半年	8.30E-02	2.00E-01	1.13E-03	<9.04E-06	2.20E-01	1.36E-03	4.00E-02	<9.81E-2
西移村		1.30E+00	1.42E+00	9.90E-04	<2.25E-05	4.60E-01	6.96E-03	1.10E-01	<9.81E-2

注：上半年采样日期为 2024.6.6，下半年采样日期为 2024.8.27。

表 4.1-9（续）　地下水放射性核素监测结果（Bq/L）

监测点位	采样时间	监测项目									
		Am-241	Cr-51	Cs-134	Cs-137	Zr-95	Nb-95	Co-58	Mn-54	Co-60	I-129
生地湾农场四分场	上半年	<1.6E-03	<7.3E-03	<1.1E-03	<9.4E-04	<2.2E-03	<9.9E-04	<9.4E-04	<9.2E-04	<1.3E-03	<1.1E-02
西移村		<4.1E-03	<1.6E-02	<2.3E-03	<2.0E-03	<4.5E-03	3.16E-03	<2.0E-03	<2.1E-03	<2.7E-03	<2.4E-02
生地湾农场四分场	下半年	<1.2E-03	<9.6E-03	<1.2E-03	<1.1E-03	<2.2E-03	<1.2E-03	<1.1E-03	<1.2E-03	<1.6E-03	<2.1E-02
西移村		<1.3E-03	<1.0E-02	<1.2E-03	<1.2E-03	<2.2E-03	<1.3E-03	<1.1E-03	<1.2E-03	<1.8E-03	<2.2E-02

注：上半年采样日期为 2024.6.6，下半年采样日期为 2024.8.27。

表 4.1-10　生物样品放射性核素监测结果

样品种类	监测项目													
	Sr-90	Pu-239+240	总 U μg/kg	Tc-99	Am-241	Cr-51	Cs-134	Cs-137	Zr-95	Nb-95	Co-58	Mn-54	Co-60	I-129
骆驼草 Bq/kg 干	1.38	0.06	162.00	<2.20	<0.11	<0.73	<0.080	0.31	<0.17	<0.095	<0.084	<0.10	<0.17	<0.84
羊肉 Bq/kg 鲜	0.01	0.00	2.44	<1.31	<0.021	<0.14	<0.017	0.03	<0.039	<0.020	<0.021	<0.023	<0.048	<0.18
鸡肉 Bq/kg 鲜	0.01	0.00	1.01	<0.58	<0.0085	<0.056	<0.0073	<0.0090	<0.019	<0.0083	<0.0087	<0.0088	<0.019	<0.070
西红柿 Bq/kg 鲜	0.00	0.00	0.71	<0.12	<0.014	<0.080	<0.012	<0.013	<0.028	<0.012	<0.013	<0.013	<0.031	<0.11

注：骆驼草采样时间为 2024.3.5，其余生物样品采样时间为 2024.7.23。

4.2 区域非放环境质量现状

2024 年 7 月，东方瑞龙委托酒泉新时代环境检测科技有限公司对该公司厂区周围环境大气中主要污染因子进行了现场监测，2025 年 4 月，东方瑞龙委托甘肃省地质矿产勘查开发局第四地质矿产勘查院对该公司厂区周围土壤中铅、锰进行了监测。由于该单位距离本项目 700 m，以上监测结果基本可以代表本项目所在区域的非放环境质量现状。

4.2.1 区域大气环境质量现状

根据 2025 年《酒泉市生态环境状况公报》，2025 年金塔县空气质量优良天数约为 79.1%，$PM_{2.5}$ 年平均浓度为 18 μg/m^3，PM_{10} 年平均浓度为 58 μg/m^3，SO_2 年平均浓度为 6 μg/m^3，NO_2 年平均浓度为 10μg/m^3，CO 年平均浓度为 0.7 μg/m^3，O_3 年平均浓度为 122 μg/m^3，以上污染物指标均值浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中的二级标准限值，项目所在区域为环境空气达标区。2024 年 7 月，东方瑞龙周围环境空气监测结果见表 4.2-1。

表 4.2-1　环境空气监测结果（mg/m^3）

项目	监测频次				标准值	是否满足
	1	2	3	4		
颗粒物	0.388	0.380	0.375	0.377	/	满足
二氧化硫	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	0.5	满足
氮氧化物	0.006	0.007	0.009	0.008	0.25	满足
氟化物	0.011	0.016	0.011	0.011	0.02	满足
一氧化碳	1.1	0.9	0.7	1.2	10	满足

由于该单位距离本项目 700 m，以上监测结果基本可以代表本项目所在区域的环境空气质量现状。由表可知，本项目周围环境空气中主要污染因子浓度满足《环境空气质量标准》（GB3095-2026）过渡阶段二级标准的要求。

4.2.2 区域土壤监测

2025 年 4 月，东方瑞龙厂界四周土壤中铅、锰进行了监测，布设

了 4 个采样点和一个对照点（生地湾农场）。土壤样品检测方法、检出限详见表 4.2-2，分析仪器信息见表 4.2-3。

表 4.2-2　土壤检测方法一览表

序号	检测项目	监测标准方法	方法检出限
1	铅	《土壤沉积物 12 种金属元素的测定王水提取-电感耦合等离子体质谱法》（HJ 803-2016）	1.4mg/kg
2	锰		3.1mg/kg

表 4.2-3　分析仪器信息一览表

监测项目	使用仪器	仪器型号	仪器编号	检定有效期
铅、锰	电感耦合等离子体质谱仪	1cap-Rq	Y-344	2026.09

此次土壤铅、锰检测结果详见表 4.2-4，由表可以看出，东方瑞龙项目周围土壤中铅、锰浓度均小于《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第二类用地筛选值。

表 4.2-4　土壤（铅、锰）监测结果（mg/kg）

序号	分析编号	采样地点	铅	锰
1	1#	厂界南	21.7	463
2	2#	厂界西	21.3	503
3	3#	厂界北	34.4	793
4	4#	厂界表	20.4	417
5	5#	生地湾农场（对照点）	12.1	506
GB36600-2018 给出的第二类用地筛选值			800	/

4.3 监测结果评价

本项目区域辐射环境现状调查结果表明，场址周围剂量率测量结果未发现高本底区域，与天然本底水平一致。

2025 年金塔县环境空气质量综合评价达到二级标准；场址周围土壤中铅、锰浓度均小于《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第二类用地筛选值。

4.4 环境质量现状补充监测方案

为针对性地说明本项目所建场址的环境质量现状，本项目制定有补充监测方案。以下给出的环境质量现状补充监测方案及监测点位的布设仅做参考。

4.4.1 辐射环境质量现状补充监测方案

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），本项目属于中低放射性废物处理设施，设施运行前辐射环境现状监测内容应包括环境γ辐射水平和环境介质中与设施运行有关的主要核素的活度浓度，调查方案详见表 4.4-1，补充监测点位示意图见图 4.4-1~4.4-3。

4.4-1　设施运行前辐射环境现状补充监测方案

监测对象	监测布点	监测项目	监测频次
γ辐射	场外：设施 N、W、S、E 方位厂界处，生地湾农场二分场、西移村（对照点） 场内：拟建焚烧厂房和废物库四周 N、W、S、E 方位	伽马辐射空气吸收剂量率	1 次/季
气溶胶	场外：设施 N、W、S、E 方位厂界处，生地湾农场二分场、西移村（对照点） 场内：厂界内东南角	总 α、总 β、核素分析（Co-60、Cs-137、Mn-54、Nb-95、Co-58、Ag-110m、U-234、U-235、U-238、Pu-238、Pu-239、Pu-241 等）	1 次/季
沉降灰	场外：设施 N、W、S、E 方位厂界处，生地湾农场二分场、西移村（对照点） 场内：厂界内东南角	总 α、总 β、核素分析（Co-60、Cs-137、Mn-54、Nb-95、Co-58、Ag-110m、U-234、U-235、U-238、Pu-238、Pu-239、Pu-241 等）	1 次/季
土壤	场外：设施 W、E 方位厂界处，生地湾农场二分场、西移村（对照点） 场内：厂界内东南角	总 α、总 β、核素分析（Co-60、Cs-137、Mn-54、Nb-95、Co-58、Ag-110m、U-234、U-235、U-238、Pu-238、Pu-239、Pu-241 等）	1 次/半年
地下水	生地湾农场二分场、西移村（对照点）		1 次/半年
生物	生地湾农场蔬菜和戈壁滩骆驼草		1 次/半年

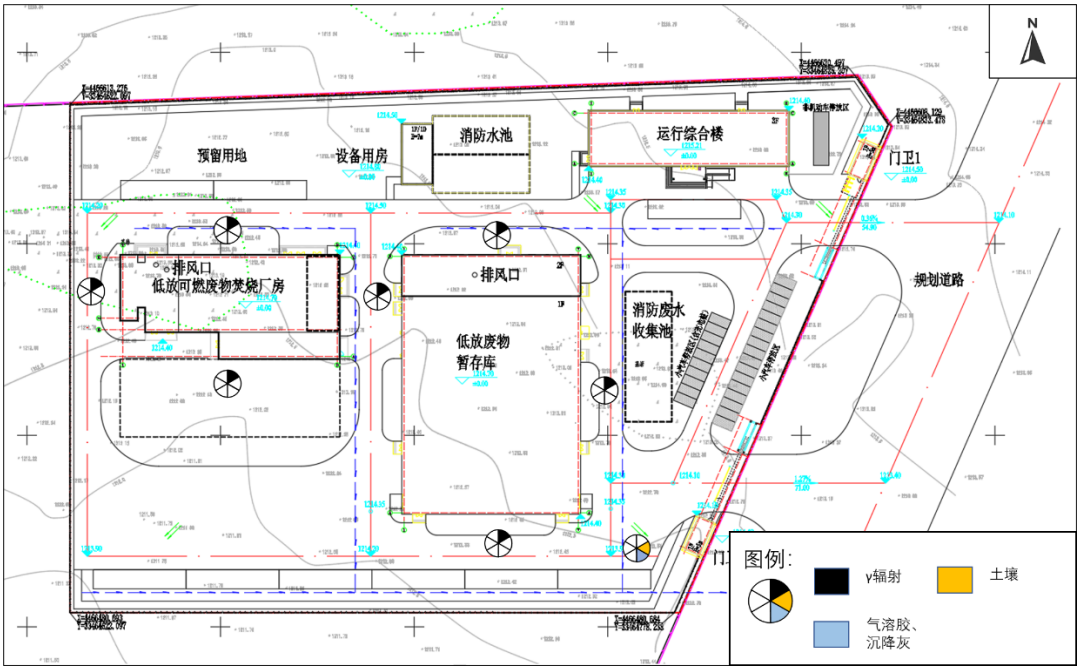


图 4.4-1　场内补充监测点位示意图

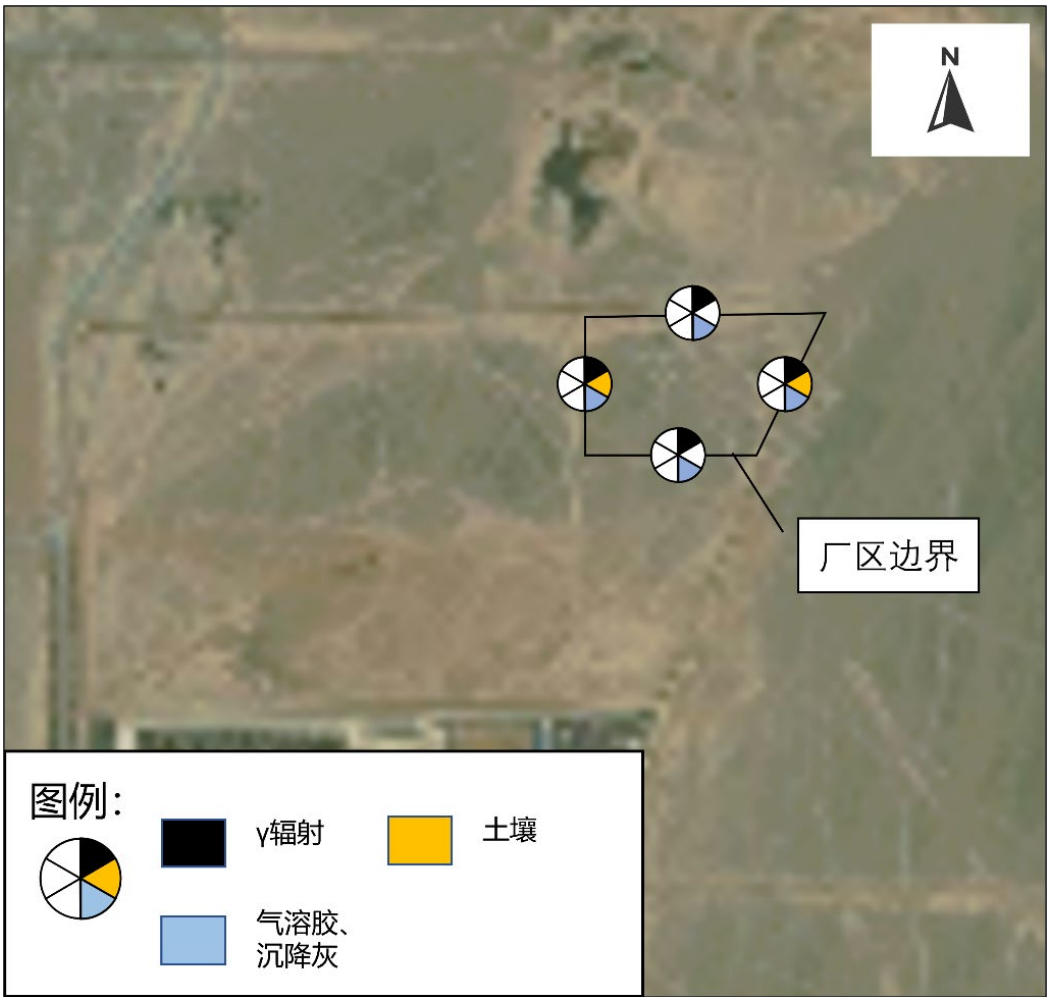


图 4.4-2　场外近区补充监测点位示意图

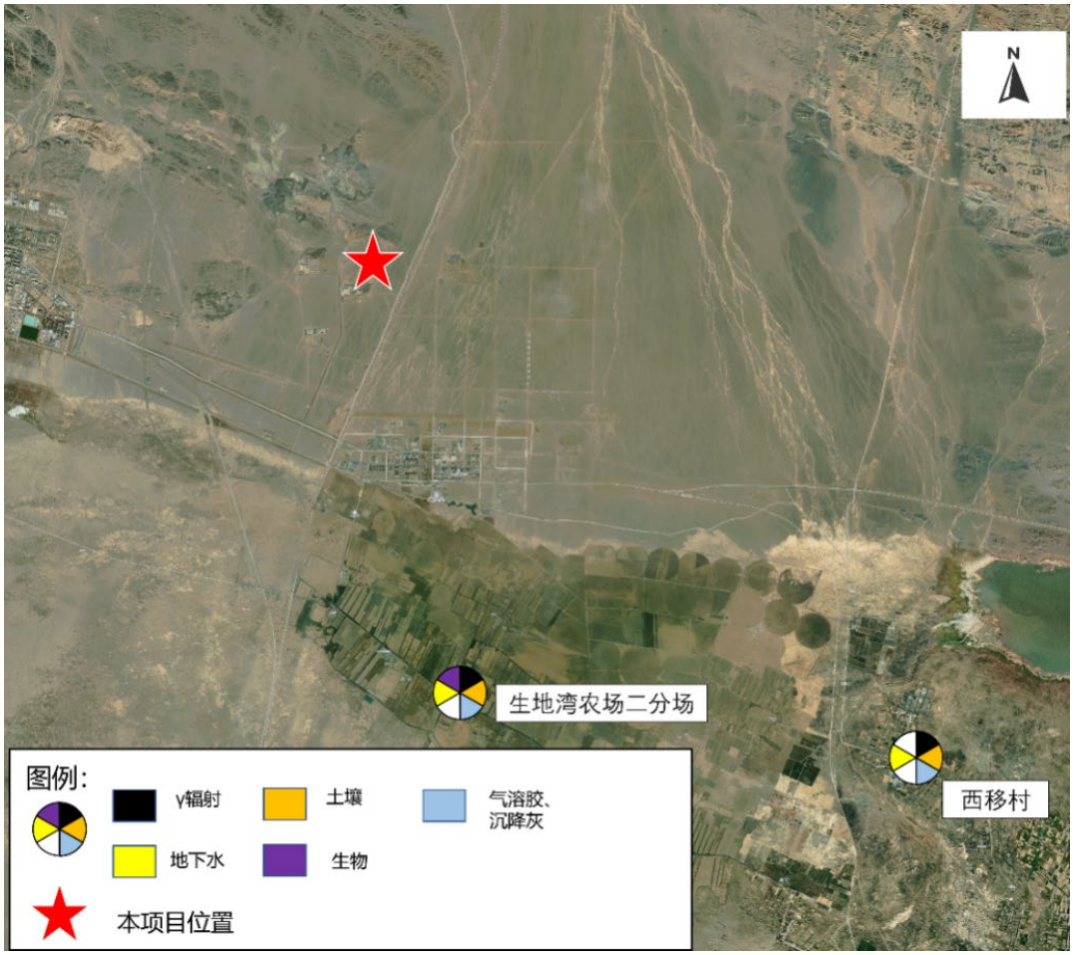


图 4.4-3　场外居民点补充监测点位示意图

4.4.2 区域非放环境质量现状补充监测方案

考虑到本项目运行过程中可能产生少量特征非放污染物，结合本项目特征，本项目运行前对区域非放环境质量现状进行补充监测，监测介质为环境空气和土壤，监测点位依据《环境空气质量监测点位布设技术规范（试行）》（HJ664-2013）、《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ194-2017）和《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）进行布设。区域非放环境质量现状补充监测方案见表 4.4-2，监测点位示意图见图 4.4-4。

表 4.4-2　区域非放环境质量现状补充监测方案

监测对象	监测布点	监测项目	监测频次
环境空气	设施 W、E 方位厂界处	颗粒物、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、氟化物、镉、铅、汞、砷、六价铬、锰及其化合物、二噁英类	单次
土壤	场内平均布设 3 个柱状样采样点和 1 个表层样采样点，设施 W、E 方位厂界处设表层样采样点	镉、铅、汞、砷、六价铬、锰及其化合物、二噁英类	单次

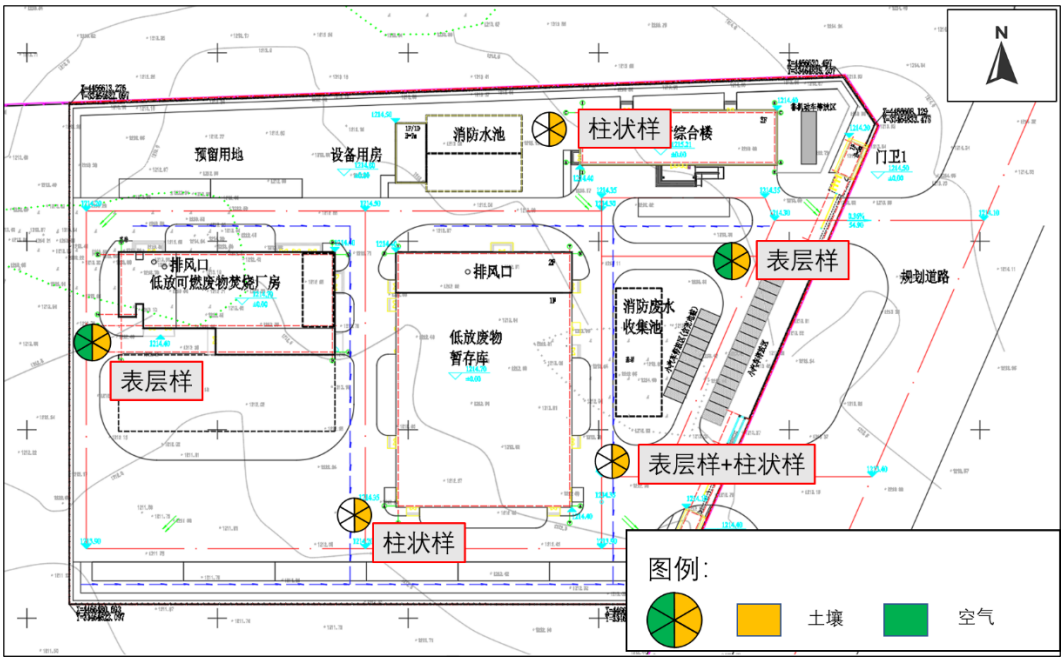


图 4.4-4　区域非放环境质量现状补充监测点位示意图

第五章　施工期的环境影响

本工程施工建设过程中产生的污染物主要有废气、施工废水、固体废物和噪声，采取相应的污染防治措施，将会控制施工废气、废水、固体废物和噪声对环境的影响。

5.1 废气

项目施工期间会产生施工扬尘和施工设备废气，施工过程中产生的 TSP 是主要污染物。经计算，施工过程中可能产生的 TSP 排放总量为 54.4 t（见 3.5.1 节）。中核清原在施工期制定有控制工地扬尘方案，具体防尘措施如下：

（1）在施工前对施工场地进行合理规划，并对施工场地进行洒水抑尘，覆盖防尘网；

（2）易产尘的建筑材料不得随意堆放，设有专门的堆棚，并在堆棚周围设置围挡，减少扬尘的产生；

（3）运输车辆采取密闭措施，减少沿路洒落，必要时对运输道路进行洒水抑尘。

施工单位在采取上述措施后，施工扬尘控制措施的控制效率最高可提高至 96%，施工期间 TSP 排放总量可降低至 2.47 t，可促使施工期产生的扬尘满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准要求。

施工设备废气主要来源于挖掘机、装载机、推土机、压路机、起重机等，施工设备主要以柴油为燃料，在项目施工过程中会产生少量废气，主要污染物为 NO_X、CO、颗粒物等。施工设备废气属于低矮移动无组织排放源，具有作业间断、排放点位分散、单台设备污染物产生量小的特点，且施工场地露天开阔，大气扩散稀释条件较好，施工结束后不再排放，其环境影响较小，也是暂时性的。加强对机械、车辆的维修保养，禁止施工设备超负荷工作，可减少废气的排放，降低施工期车辆废气的环境影响。

施工期间产生的扬尘和废气对环境的影响是暂时的，施工结束后

影响随即消失。且本项目距离环境敏感目标较远，在采取以上防控措施后可，扬尘、废气对环境和环境敏感目标的影响很小。

5.2 废水

本项目施工期废水产生量较少，主要来自施工人员产生的生活污水和施工废水。

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。经防渗集水池收集后进行沉淀处理，处理后的废水用于施工场地洒水抑尘，不外排。

施工人员生活污水产生量以0.06 m^3/d·人计，施工人员预计80人，生活污水的产生量约为4.8 m^3/d，主要污染因子为COD、SS、NH_3-N。施工人员产生的生活污水通过临时化粪池收集后定期清运。施工期间产生的生活污水和施工废水均不外排，对环境的影响有限。

5.3 固体废物

工程施工期产生的固体废弃物主要包括建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

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450t。建筑垃圾、工程渣土统一送往建筑垃圾消纳场进行处理，如有不能送建筑垃圾消纳场进行处理的，应采取防扬散、防流失、防渗漏或者其它防止污染环境的措施妥善堆放，待工程结束后，与产业园管理部门协商统筹处理。

施工人员的生活垃圾按人均产生量估算，按每人每日0.5 kg计，施工人员80人，则生活垃圾产生量约为0.04 t/d，生活垃圾定点收集后交由环卫部门统一处理。施工单位在对产生的固体废物采取有效管理措施后，可降低固体废物对环境的影响。

5.4 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。由于施工期各阶段施工作业方式及使用的施工设备不同，噪声源的特征和强度也有差异，各阶段有其独特的特性。本项目施工期主要有四个阶段：土石方阶段、基础阶段、结构阶段和安装阶段。

由于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，采用施工阶段噪声较大的设备其噪声随距离衰减的情况。由于施工采用的机械设备噪声无明显指向性，且露天施工，故采取点声源预测模式：

$$L_A(r) = L_A(r_0) - 20\lg(r/r_0)$$

式中：

$L_A(r)$为距点源 r 处的噪声值，dB(A)；

$L_A(r_0)$为距点源r_0处的噪声值，dB(A)；

r 为预测点声源的距离，m；

r_0为距声源的参照距离，m。

选取施工阶段典型施工机械噪声作为源强进行预测，单台机械随距离衰减的预测结果见表 5.4-1。

表 5.4-1　各阶段主要噪声源及不同距离处噪声值（dB(A)）

施工机械	衰减距离				
	5m	40m	90m	200m	500m
电动挖掘机	86	68	61	54	46
液压挖掘机	90	72	65	58	50
推土机	88	70	63	56	48
重型运输车	90	72	65	58	50
轮式装载机	95	77	70	63	55
空压机	92	74	67	60	52

根据《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）的规定，施工场界噪声限值昼间为 70 dB(A)，夜间 55dB(A)。施工机械昼间在距施工场地 90m 处可达到标准限值，夜间在 500m 处基本可达到标准限值。项目最近敏感目标为生地湾农场三分场（距离厂界约 7.3km），因此施工期间噪声对敏感目标的影响很小。为进一步降低噪声污染，施工期采用以下方法降低施工噪声的产生：

（1）对施工单位加强管理，合理安排施工时间和方式，尽量选

择低噪声设备；

（2）定期对机械设备进行维护和保养，使其一直保持良好的状态，减轻因设备运行状态不佳而造成的噪声污染。

综上所述，本项目施工期间产生的废气、废水、固体废物和噪声对环境的影响可以接受。

第六章 正常工况的环境影响

6.1 辐射环境影响

6.1.1 放射性废气

（1）气载流出物排放源项

本项目气载流出物主要排放源项为热解焚烧炉尾气排风和厂房橙区排风和局部排风，通过 01 子项屋面距离地面 30m 高的 2 个烟囱排往大气环境。

结合工艺特征，本项目筛选核素 Co-60、Cs-137、Mn-54、Nb-95、Co-58、Ag-110m、U-238、Pu-239、Pu-241 等 9 种核素进行辐射环境影响估算。以上主要核素年操作量情况见表 6.1-1，核素排放量及来源情况见表 6.1-2，各烟囱核素排放量统计结果见表 6.1-3。

表 6.1-1 主要核素年操作量情况

序号	核素	活度浓度（Bq/kg）	年操作量（Bq/a）
1	Co-60	2.28E+06	9.15E+11
2	Cs-137	7.57E+05	3.04E+11
3	Mn-54	6.07E+05	2.44E+11
4	Nb-95	1.26E+05	5.06E+10
5	Co-58	1.13E+05	4.53E+10
6	Ag-110m	4.55E+04	1.83E+10
7	U-238	2.00E+05	8.03E+09
8	Pu-239	2.00E+05	8.03E+09
9	Pu-241	4.00E+06	1.61E+11

表 6.1-2　气载流出物排放量及来源情况

序号	核素种类	排放来源（Bq/a）								
		热解炉工艺尾气	JP_1-1 局部排风系统	JP_1-2 局部排风系统				P_1-3 全面排风系统	P_1-6 全面排风系统	P_1-8 全面排风系统
				热解炉排灰工作箱	烟气冷却器检修工作箱	袋滤器排灰工作箱	水泥固化装置			
1	Co-60	9.15E+07	3.66E+03	8.23E+06	5.49E+05	9.04E+05	9.14E+06	1.83E+06	1.83E+07	9.15E+03
2	Cs-137	3.04E+07	1.22E+03	2.73E+06	1.82E+05	3.00E+05	3.03E+06	6.07E+05	6.08E+06	3.04E+03
3	Mn-54	2.44E+07	9.74E+02	2.19E+06	1.46E+05	2.41E+05	2.43E+06	4.87E+05	4.87E+06	2.44E+03
4	Nb-95	5.06E+06	2.02E+02	4.55E+05	3.03E+04	5.00E+04	5.05E+05	1.01E+05	1.01E+06	5.06E+02
5	Co-58	4.53E+06	1.81E+02	4.08E+05	2.72E+04	4.48E+04	4.53E+05	9.06E+04	9.07E+05	4.53E+02
6	Ag-110m	1.83E+06	7.30E+01	1.64E+05	1.10E+04	1.80E+04	1.82E+05	3.65E+04	3.65E+05	1.83E+02
7	U-238	8.03E+05	3.21E+01	7.22E+04	4.82E+03	7.93E+03	8.02E+04	1.60E+04	1.61E+05	8.03E+01
8	Pu-239	8.03E+05	3.21E+01	7.22E+04	4.82E+03	7.93E+03	8.02E+04	1.60E+04	1.61E+05	8.03E+01
9	Pu-241	1.61E+07	6.42E+02	1.44E+06	9.63E+04	1.59E+05	1.60E+06	3.21E+05	3.21E+06	1.61E+03
排放去向		尾气排风烟囱	厂房排风烟囱							

表 6.1-3　各烟囱气载流出物排放量统计结果

序号	核素名称	排放量（Bq/a）	
		热解焚烧炉尾气排风烟囱	厂房橙区排风和局部排风烟囱
1	Co-60	9.15E+07	3.90E+07
2	Cs-137	3.04E+07	1.29E+07
3	Mn-54	2.44E+07	1.04E+07
4	Nb-95	5.06E+06	2.15E+06
5	Co-58	4.53E+06	1.93E+06
6	Ag-110m	1.83E+06	7.78E+05
7	U-238	8.03E+05	3.42E+05
8	Pu-239	8.03E+05	3.42E+05
9	Pu-241	1.61E+07	6.84E+06

（2）计算模式与参数

本次评价的大气扩散模式采用了高斯模式，大气扩散模式、剂量估算模式和模式中使用的参数详见附录I。

（3）大气扩散因子

表 6.1-4 给出了 10 km 范围的年均大气扩散因子。本项目新建30m 烟囱的大气扩散因子最大值出现在 0~1 km 范围的 E 方位处，为 3.45×10^{-6} s/m^3。有人子区 7~10 km 范围处的大气扩散因子最大值为 3.85×10^{-8} s/m^3，出现在 S 方位。

表 6.1-4　30m 烟囱周围 10km 大气扩散因子（s/m^3）

方位	不同距离（km）											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	7	8	10
N	5.81E-07	2.05E-07	1.12E-07	7.62E-08	5.90E-08	4.88E-08	4.20E-08	3.72E-08	3.03E-08	2.10E-08	1.81E-08	1.42E-08
NNE	4.56E-07	1.63E-07	8.92E-08	6.06E-08	4.69E-08	3.88E-08	3.35E-08	2.97E-08	2.42E-08	1.65E-08	1.42E-08	1.11E-08
NE	5.56E-07	2.00E-07	1.10E-07	7.39E-08	5.68E-08	4.68E-08	4.03E-08	3.56E-08	2.90E-08	1.98E-08	1.71E-08	1.33E-08
ENE	9.72E-07	3.53E-07	1.92E-07	1.27E-07	9.58E-08	7.69E-08	6.45E-08	5.61E-08	4.46E-08	2.96E-08	2.52E-08	1.95E-08
E	3.45E-06	1.27E-06	7.01E-07	4.68E-07	3.52E-07	2.81E-07	2.33E-07	1.99E-07	1.56E-07	9.95E-08	8.37E-08	6.38E-08
ESE	3.41E-06	1.27E-06	7.10E-07	4.77E-07	3.59E-07	2.87E-07	2.38E-07	2.04E-07	1.58E-07	9.99E-08	8.35E-08	6.32E-08
SE	1.07E-06	4.11E-07	2.31E-07	1.57E-07	1.20E-07	9.80E-08	8.26E-08	7.18E-08	5.69E-08	3.74E-08	3.17E-08	2.44E-08
SSE	6.71E-07	2.60E-07	1.47E-07	1.01E-07	7.78E-08	6.38E-08	5.42E-08	4.74E-08	3.78E-08	2.50E-08	2.12E-08	1.64E-08
S	1.26E-06	4.86E-07	2.76E-07	1.89E-07	1.46E-07	1.19E-07	1.01E-07	8.76E-08	6.94E-08	4.55E-08	3.85E-08	2.96E-08
SSW	1.65E-06	6.35E-07	3.64E-07	2.51E-07	1.94E-07	1.60E-07	1.36E-07	1.19E-07	9.47E-08	6.33E-08	5.39E-08	4.17E-08
SW	2.05E-06	7.98E-07	4.62E-07	3.21E-07	2.50E-07	2.07E-07	1.77E-07	1.55E-07	1.25E-07	8.48E-08	7.27E-08	5.65E-08
WSW	1.78E-06	6.56E-07	3.68E-07	2.51E-07	1.94E-07	1.59E-07	1.36E-07	1.19E-07	9.47E-08	6.21E-08	5.25E-08	4.03E-08
W	2.39E-06	8.54E-07	4.70E-07	3.14E-07	2.37E-07	1.90E-07	1.59E-07	1.37E-07	1.07E-07	6.71E-08	5.60E-08	4.24E-08
WNW	2.29E-06	7.97E-07	4.28E-07	2.80E-07	2.08E-07	1.63E-07	1.32E-07	1.12E-07	8.59E-08	5.45E-08	4.58E-08	3.49E-08
NW	1.70E-06	6.01E-07	3.18E-07	2.06E-07	1.51E-07	1.17E-07	9.31E-08	7.82E-08	5.96E-08	3.79E-08	3.19E-08	2.44E-08
NNW	7.79E-07	2.79E-07	1.50E-07	9.87E-08	7.39E-08	5.87E-08	4.83E-08	4.16E-08	3.27E-08	2.16E-08	1.84E-08	1.43E-08

注：阴影子区为无居民点子区。

（4）个人剂量

在正常运行情况下，分别对 10 km 范围内放射性核素通过食入和吸入内照射、地面沉积和空气浸没外照射途径所致公众个人有效剂量进行了计算。表 6.1-5~表 6.1-8 给出了评价范围内不同子区各年龄组的个人有效剂量。

1）公众最大个人有效剂量

从表 6.1-5~表 6.1-8 的结果可以看出，评价范围内最大个人有效剂量位于 0~1km 的 E 子区（无人子区），婴儿组、幼儿组、少年组和成人组的最大个人有效剂量值分别为：2.90×10^{-7} Sv/a、2.48×10^{-7} Sv/a、2.77×10^{-7} Sv/a、2.93×10^{-7} Sv/a。在有居民点子区中，最大个人有效剂量出现在 8km 的 S 子区成人组（生地湾农场二分场），最大个人有效剂量为 3.19×10^{-9} Sv/a。

2）各照射途径对最大个人有效剂量的贡献

表 6.1-9 为不同核素所致 8km 的 S 子区居民成人组的个人有效剂量。从表可以看出，关键核素为 Co-60，剂量贡献份额为 65.81%，其次为 Pu-239，剂量贡献份额为 21.61%，Pu-241 剂量贡献份额为 7.87%，其他核素剂量贡献较小。主要照射途径为地表沉积外照射，贡献份额为 65.26%，其次为吸入内照射，贡献份额为 29.79%。

表 6.1-5　半径 10km 范围婴儿组剂量（Sv/a）

方位	不同距离（km）											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	7	8	10
N	4.77E-08	1.71E-08	9.41E-09	6.43E-09	4.99E-09	4.13E-09	3.55E-09	3.14E-09	2.56E-09	1.77E-09	1.53E-09	1.20E-09
NNE	3.68E-08	1.32E-08	7.27E-09	4.95E-09	3.84E-09	3.17E-09	2.74E-09	2.43E-09	1.98E-09	1.35E-09	1.16E-09	9.10E-10
NE	4.41E-08	1.59E-08	8.70E-09	5.86E-09	4.51E-09	3.71E-09	3.19E-09	2.83E-09	2.30E-09	1.57E-09	1.35E-09	1.06E-09
ENE	7.86E-08	2.88E-08	1.58E-08	1.05E-08	7.91E-09	6.35E-09	5.34E-09	4.64E-09	3.69E-09	2.46E-09	2.10E-09	1.63E-09
E	2.90E-07	1.09E-07	6.11E-08	4.13E-08	3.12E-08	2.50E-08	2.08E-08	1.79E-08	1.40E-08	9.07E-09	7.66E-09	5.88E-09
ESE	2.79E-07	1.05E-07	5.90E-08	3.99E-08	3.01E-08	2.41E-08	2.00E-08	1.72E-08	1.34E-08	8.51E-09	7.13E-09	5.42E-09
SE	8.82E-08	3.41E-08	1.94E-08	1.32E-08	1.02E-08	8.29E-09	7.00E-09	6.08E-09	4.82E-09	3.19E-09	2.71E-09	2.09E-09
SSE	5.46E-08	2.13E-08	1.21E-08	8.34E-09	6.44E-09	5.29E-09	4.50E-09	3.93E-09	3.13E-09	2.08E-09	1.77E-09	1.37E-09
S	1.01E-07	3.91E-08	2.23E-08	1.53E-08	1.18E-08	9.63E-09	8.16E-09	7.09E-09	5.62E-09	3.69E-09	3.13E-09	2.40E-09
SSW	1.33E-07	5.12E-08	2.95E-08	2.04E-08	1.58E-08	1.30E-08	1.11E-08	9.65E-09	7.69E-09	5.14E-09	4.39E-09	3.39E-09
SW	1.63E-07	6.35E-08	3.68E-08	2.56E-08	1.99E-08	1.65E-08	1.41E-08	1.24E-08	9.92E-09	6.75E-09	5.79E-09	4.50E-09
WSW	1.42E-07	5.24E-08	2.94E-08	2.01E-08	1.55E-08	1.28E-08	1.09E-08	9.52E-09	7.59E-09	4.98E-09	4.22E-09	3.24E-09
W	1.90E-07	6.83E-08	3.77E-08	2.52E-08	1.90E-08	1.53E-08	1.28E-08	1.10E-08	8.57E-09	5.41E-09	4.52E-09	3.42E-09
WNW	1.82E-07	6.33E-08	3.39E-08	2.22E-08	1.65E-08	1.29E-08	1.05E-08	8.85E-09	6.81E-09	4.33E-09	3.63E-09	2.77E-09
NW	1.71E-07	6.54E-08	3.70E-08	2.52E-08	1.91E-08	1.52E-08	1.24E-08	1.06E-08	8.27E-09	5.54E-09	4.74E-09	3.71E-09
NNW	6.24E-08	2.24E-08	1.21E-08	7.97E-09	5.98E-09	4.75E-09	3.92E-09	3.37E-09	2.65E-09	1.76E-09	1.50E-09	1.16E-09

注：阴影子区为无居民点子区。

表 6.1-6　半径 10km 范围幼儿组剂量（Sv/a）

方位	不同距离（km）											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	7	8	10
N	4.07E-08	1.46E-08	8.03E-09	5.49E-09	4.26E-09	3.52E-09	3.03E-09	2.68E-09	2.18E-09	1.51E-09	1.31E-09	1.03E-09
NNE	3.14E-08	1.13E-08	6.21E-09	4.23E-09	3.27E-09	2.71E-09	2.34E-09	2.07E-09	1.69E-09	1.16E-09	9.93E-10	7.77E-10
NE	3.77E-08	1.36E-08	7.43E-09	5.01E-09	3.85E-09	3.17E-09	2.73E-09	2.41E-09	1.96E-09	1.34E-09	1.15E-09	9.03E-10
ENE	6.71E-08	2.46E-08	1.35E-08	8.96E-09	6.75E-09	5.42E-09	4.56E-09	3.96E-09	3.15E-09	2.10E-09	1.79E-09	1.39E-09
E	2.48E-07	9.31E-08	5.21E-08	3.52E-08	2.66E-08	2.13E-08	1.77E-08	1.52E-08	1.19E-08	7.73E-09	6.53E-09	5.01E-09
ESE	2.38E-07	8.98E-08	5.04E-08	3.40E-08	2.57E-08	2.06E-08	1.71E-08	1.47E-08	1.14E-08	7.26E-09	6.08E-09	4.63E-09
SE	7.53E-08	2.91E-08	1.65E-08	1.13E-08	8.68E-09	7.07E-09	5.97E-09	5.19E-09	4.11E-09	2.72E-09	2.31E-09	1.79E-09
SSE	4.66E-08	1.82E-08	1.04E-08	7.11E-09	5.50E-09	4.51E-09	3.84E-09	3.35E-09	2.67E-09	1.77E-09	1.51E-09	1.17E-09
S	8.63E-08	3.34E-08	1.90E-08	1.31E-08	1.01E-08	8.22E-09	6.96E-09	6.06E-09	4.80E-09	3.15E-09	2.67E-09	2.05E-09
SSW	1.13E-07	4.37E-08	2.52E-08	1.74E-08	1.35E-08	1.11E-08	9.43E-09	8.24E-09	6.56E-09	4.39E-09	3.74E-09	2.90E-09
SW	1.39E-07	5.42E-08	3.14E-08	2.18E-08	1.70E-08	1.41E-08	1.21E-08	1.06E-08	8.47E-09	5.76E-09	4.94E-09	3.85E-09
WSW	1.21E-07	4.47E-08	2.51E-08	1.72E-08	1.32E-08	1.09E-08	9.29E-09	8.12E-09	6.48E-09	4.25E-09	3.60E-09	2.76E-09
W	1.63E-07	5.83E-08	3.22E-08	2.15E-08	1.62E-08	1.30E-08	1.09E-08	9.37E-09	7.32E-09	4.62E-09	3.86E-09	2.92E-09
WNW	1.55E-07	5.40E-08	2.90E-08	1.90E-08	1.41E-08	1.10E-08	8.93E-09	7.56E-09	5.81E-09	3.69E-09	3.10E-09	2.36E-09
NW	1.45E-07	5.57E-08	3.15E-08	2.14E-08	1.62E-08	1.29E-08	1.06E-08	9.03E-09	7.03E-09	4.70E-09	4.03E-09	3.15E-09
NNW	5.33E-08	1.91E-08	1.03E-08	6.81E-09	5.11E-09	4.06E-09	3.34E-09	2.88E-09	2.26E-09	1.50E-09	1.28E-09	9.92E-10

注：阴影子区为无居民点子区。

表 6.1-7　半径 10km 范围少年组剂量（Sv/a）

方位	不同距离（km）											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	7	8	10
N	4.57E-08	1.63E-08	8.99E-09	6.14E-09	4.76E-09	3.94E-09	3.39E-09	3.00E-09	2.44E-09	1.69E-09	1.46E-09	1.15E-09
NNE	3.53E-08	1.27E-08	6.98E-09	4.75E-09	3.68E-09	3.04E-09	2.63E-09	2.33E-09	1.89E-09	1.30E-09	1.12E-09	8.72E-10
NE	4.25E-08	1.53E-08	8.38E-09	5.65E-09	4.34E-09	3.57E-09	3.08E-09	2.72E-09	2.21E-09	1.52E-09	1.30E-09	1.02E-09
ENE	7.55E-08	2.76E-08	1.51E-08	1.00E-08	7.57E-09	6.08E-09	5.11E-09	4.44E-09	3.53E-09	2.35E-09	2.01E-09	1.56E-09
E	2.77E-07	1.04E-07	5.81E-08	3.91E-08	2.96E-08	2.37E-08	1.97E-08	1.69E-08	1.32E-08	8.57E-09	7.23E-09	5.55E-09
ESE	2.67E-07	1.01E-07	5.65E-08	3.81E-08	2.88E-08	2.31E-08	1.91E-08	1.64E-08	1.28E-08	8.11E-09	6.80E-09	5.16E-09
SE	8.45E-08	3.26E-08	1.85E-08	1.26E-08	9.71E-09	7.91E-09	6.68E-09	5.80E-09	4.60E-09	3.04E-09	2.58E-09	1.99E-09
SSE	5.24E-08	2.04E-08	1.16E-08	7.98E-09	6.16E-09	5.06E-09	4.30E-09	3.76E-09	3.00E-09	1.99E-09	1.69E-09	1.31E-09
S	9.72E-08	3.76E-08	2.14E-08	1.47E-08	1.13E-08	9.25E-09	7.83E-09	6.81E-09	5.40E-09	3.54E-09	3.00E-09	2.30E-09
SSW	1.27E-07	4.92E-08	2.83E-08	1.95E-08	1.51E-08	1.24E-08	1.06E-08	9.26E-09	7.38E-09	4.94E-09	4.21E-09	3.25E-09
SW	1.57E-07	6.11E-08	3.54E-08	2.46E-08	1.92E-08	1.59E-08	1.36E-08	1.19E-08	9.54E-09	6.50E-09	5.57E-09	4.33E-09
WSW	1.36E-07	5.04E-08	2.83E-08	1.94E-08	1.49E-08	1.23E-08	1.05E-08	9.15E-09	7.30E-09	4.79E-09	4.05E-09	3.11E-09
W	1.83E-07	6.57E-08	3.62E-08	2.43E-08	1.83E-08	1.47E-08	1.23E-08	1.06E-08	8.24E-09	5.20E-09	4.34E-09	3.28E-09
WNW	1.75E-07	6.09E-08	3.27E-08	2.14E-08	1.59E-08	1.24E-08	1.01E-08	8.53E-09	6.56E-09	4.17E-09	3.50E-09	2.66E-09
NW	1.59E-07	6.05E-08	3.40E-08	2.30E-08	1.74E-08	1.38E-08	1.13E-08	9.61E-09	7.47E-09	4.98E-09	4.26E-09	3.32E-09
NNW	6.00E-08	2.15E-08	1.16E-08	7.66E-09	5.74E-09	4.56E-09	3.76E-09	3.23E-09	2.54E-09	1.69E-09	1.44E-09	1.11E-09

注：阴影子区为无居民点子区。

表 6.1-8　半径 10km 范围成人组剂量（Sv/a）

方位	不同距离（km）											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	7	8	10
N	4.85E-08	1.73E-08	9.52E-09	6.50E-09	5.04E-09	4.17E-09	3.59E-09	3.17E-09	2.58E-09	1.79E-09	1.55E-09	1.22E-09
NNE	3.76E-08	1.35E-08	7.41E-09	5.04E-09	3.90E-09	3.23E-09	2.79E-09	2.47E-09	2.01E-09	1.38E-09	1.18E-09	9.26E-10
NE	4.52E-08	1.63E-08	8.92E-09	6.01E-09	4.62E-09	3.80E-09	3.28E-09	2.90E-09	2.36E-09	1.61E-09	1.39E-09	1.08E-09
ENE	8.03E-08	2.93E-08	1.60E-08	1.07E-08	8.03E-09	6.45E-09	5.42E-09	4.71E-09	3.74E-09	2.49E-09	2.13E-09	1.65E-09
E	2.93E-07	1.10E-07	6.13E-08	4.13E-08	3.12E-08	2.50E-08	2.07E-08	1.78E-08	1.39E-08	9.01E-09	7.60E-09	5.83E-09
ESE	2.84E-07	1.07E-07	5.99E-08	4.04E-08	3.05E-08	2.44E-08	2.03E-08	1.74E-08	1.35E-08	8.58E-09	7.19E-09	5.46E-09
SE	8.96E-08	3.46E-08	1.96E-08	1.34E-08	1.03E-08	8.37E-09	7.07E-09	6.14E-09	4.87E-09	3.22E-09	2.73E-09	2.11E-09
SSE	5.57E-08	2.17E-08	1.23E-08	8.46E-09	6.54E-09	5.36E-09	4.56E-09	3.98E-09	3.18E-09	2.11E-09	1.79E-09	1.38E-09
S	1.03E-07	4.00E-08	2.28E-08	1.56E-08	1.20E-08	9.83E-09	8.32E-09	7.24E-09	5.74E-09	3.76E-09	3.19E-09	2.45E-09
SSW	1.36E-07	5.23E-08	3.01E-08	2.08E-08	1.61E-08	1.32E-08	1.13E-08	9.84E-09	7.84E-09	5.24E-09	4.47E-09	3.46E-09
SW	1.67E-07	6.51E-08	3.77E-08	2.62E-08	2.04E-08	1.69E-08	1.45E-08	1.27E-08	1.02E-08	6.92E-09	5.93E-09	4.61E-09
WSW	1.45E-07	5.36E-08	3.01E-08	2.06E-08	1.59E-08	1.30E-08	1.11E-08	9.73E-09	7.76E-09	5.09E-09	4.31E-09	3.31E-09
W	1.95E-07	6.99E-08	3.85E-08	2.58E-08	1.95E-08	1.56E-08	1.30E-08	1.12E-08	8.76E-09	5.53E-09	4.61E-09	3.49E-09
WNW	1.86E-07	6.49E-08	3.48E-08	2.28E-08	1.69E-08	1.32E-08	1.07E-08	9.08E-09	6.98E-09	4.44E-09	3.72E-09	2.84E-09
NW	1.66E-07	6.27E-08	3.51E-08	2.37E-08	1.78E-08	1.41E-08	1.15E-08	9.80E-09	7.60E-09	5.05E-09	4.32E-09	3.36E-09
NNW	6.38E-08	2.29E-08	1.23E-08	8.14E-09	6.10E-09	4.85E-09	4.00E-09	3.44E-09	2.70E-09	1.79E-09	1.53E-09	1.18E-09

注：阴影子区为无居民点子区。

表 6.1-9　8 km 处各照射途径所致成人组个人有效剂量(Sv/a)

核素	空气浸没 外照射	地面沉积 外照射	吸入 内照射	食入 内照射	合计	份额（%）
Co-60	5.42E-13	2.03E-09	1.56E-11	4.80E-11	2.10E-09	65.81
Cs-137	1.10E-17	1.55E-13	2.38E-12	8.93E-11	9.18E-11	2.88
Mn-54	4.68E-14	3.67E-11	3.53E-13	1.41E-12	3.85E-11	1.21
Nb-95	8.88E-15	7.95E-13	1.29E-13	9.46E-14	1.03E-12	0.03
Co-58	1.01E-14	1.83E-12	1.24E-13	2.43E-13	2.21E-12	0.07
Ag-110m	1.17E-14	7.19E-12	1.71E-13	2.81E-13	7.65E-12	0.24
U-238	1.27E-19	9.26E-15	6.77E-12	2.19E-12	8.97E-12	0.28
Pu-239	1.58E-19	6.17E-15	6.77E-10	1.14E-11	6.89E-10	21.61
Pu-241	5.47E-20	4.71E-16	2.46E-10	4.38E-12	2.51E-10	7.87
合计	6.19E-13	2.08E-09	9.49E-10	1.57E-10	3.19E-09	100
份额（%）	0.02	65.26	29.79	4.93	100	100

3）特殊公众最大个人有效剂量

考虑场址周围 10 km 范围内分布有金瑞科创城、龙瑞项目施工人员等特殊公众，考虑居留因子对特殊公众估算个人剂量。特殊公众与本项目位置关系及剂量估算结果见表 6.1-10。

表 6.1-10　特殊公众与本项目位置关系及剂量估算结果

序号	名称	相对场址位置		居留因子	个人剂量（Sv/a）
		方位	最近距离		
1	金瑞科创城	S~SSE	3km	1	9.83E-09
2	龙瑞项目施工人员	W~WSW	6km	1	8.76E-09
3	东方瑞龙	W	0.7km	0.33	1.95E-07
4	龙和处置场	SSW	0.4km	0.33	1.36E-07
5	清原极低放废物填埋场	SSW	0.4km	0.33	1.36E-07
6	莹艳矿业	NW	2.7km	0.33	1.78E-08
7	瑞城实业	W	3.7km	0.33	1.30E-08
8	应急气源站（生产区）	W	5.1km	0.33	8.76E-09
9	西坝养护站	WSW	4.8km	0.33	7.76E-09

（5）集体剂量

1）不同子区的年集体剂量

根据已有人口数据，给出了 10 km 范围内不同子区的集体剂量，详见表 6.1-11。

2）不同半径范围内集体剂量

根据已有人口数据，给出了 10 km 范围内不同半径范围内的累积集体剂量，为 2.06×10^{-6} 人·Sv/a，详见表 6.1-12。

（6）结果评述

本项目正常运行工况下，气载流出物在有人子区的最大个人有效剂量出现在 8 km 处的 S 子区成人组，最大个人有效剂量为 3.19×10^{-9}Sv/a（生地湾农场二分场），约占本项目剂量约束值（0.01mSv/a）的 0.03%。关键核素为 Co-60，其对公众最大个人有效剂量的贡献额为 65.81%；关键途径为地表沉积外照射，占成人组最大个人有效剂量的 65.26%。此外，特殊公众中成人所受个人最大剂量为 1.95×10^{-7} Sv/a（东方瑞龙项目职工）。

表 6.1-11　10 km 范围内不同子区的集体剂量（人·Sv/a）

方位	不同距离（km）											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	7	8	10
N	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NNE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ENE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ESE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SSE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.95E-07	2.04E-07	4.38E-07
S	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.27E-07	0.00E+00
SSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
合计	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.95E-07	9.32E-07	4.38E-07

表 6.1-12　10 km 范围内不同半径范围的累积集体剂量（人·Sv/a）

方位	不同距离（km）											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	7	8	10
N	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NNE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ENE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ESE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SSE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.95E-07	8.99E-07	1.34E-06
S	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.27E-07	7.27E-07
SSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
合计	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.95E-07	1.63E-06	2.06E-06

6.1.2 放射性废液

本项目运行期间产生的放射性废液主要包括废碱液、淋浴废液、除雾器冷凝水，废碱液产生量为 421.6 m^3/a，淋浴废水产生量为 1035.6 m^3/a，除雾器冷凝水产生量为 752.4 m^3/a。此外还有检修期间的清洗废水等其他废水。

废碱液和除雾器冷凝水一同收集在废液收集间，送废液蒸发处理系统处理后再返回废液收集间并取样检测，检测结果满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）标准要求后方可通过槽车外送至有资质单位处理处置；淋浴废水和其他废水单独收集在特下水收集间并取样检测，检测结果满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）标准要求后方可通过槽车外送至有资质单位处理处置。

本项目运行过程中产生的放射性废液处理后不直接排至外环境，因此不进行放射性废液排放途径的辐射环境影响评估。

6.1.3 放射性固体废物

放射性固体废物主要为热解焚烧过程产生的焚烧灰、运行过程中产生的劳保废物、检修废物、水泥固化体、蒸残物、不可燃金属废物等。

焚烧灰和劳保废物在本项目内处理形成水泥固化体，水泥固化体暂存或送龙和处置场处置；检修废物取样检测后根据检测结果，满足龙和处置场接收要求的整备为符合处置设施接收标准的废物包，送龙和处置场处理处置，否则在 02 子项水泥固化体暂存；蒸残物则根据取样检测结果，属于危险废物则送有资质单位处理，属于放射性废物则水泥固化后送近地表处置设施进行处置；不可燃金属废物暂存于不可燃废物接收箱，最后送有资质单位处理处置。

综上所述，放射性固体废物均有明确去向，不会对环境造成影响。

6.2 非放环境影响

6.2.1 废气

（1）排放源项

本项目热解焚烧炉工艺尾气经过初冷→急冷→预过滤→高温高效过滤器→干法酸气吸收→湿法酸气吸收→再热除雾→活性炭组合高效过滤器等措施处理后，由排风机引至 30m 高烟囱排放，烟囱径 0.3m，出口风速 8m/s，烟气出口温度约为 29℃。

根据“3.6.2 非放污染物的产生和处理”烟气中污染物排放浓度折算结果，重点关注颗粒物、CO、SO_2、NO_X、HCl、HF 和二噁英类污染物。按照焚烧炉工艺尾气排风风量 2000 m^3/h 计算污染物排放速率，结果见表 6.2-1。

表 6.2-1　非放污染物排放情况

污染物名称	折算排放浓度 (mg/Nm^3)	排放速率（g/s）
颗粒物	1.38E+01	7.68E-03
一氧化碳（CO）	2.47E+01	1.37E-02
二氧化硫（SO_2）	6.42E+00	3.57E-03
氮氧化物（以 NO_2 计）	9.09E+01	5.05E-02
氯化氢（HCl）	2.07E+01	1.15E-02
氟化氢（HF）	2.59E+00	1.44E-03
二噁英类	2.27E-02（ng TEQ/m^3）	1.26E-11（g TEQ/s）

此外厂房排风烟囱中也有颗粒物的产生，来源于水泥拆包机和水泥固化装置。根据“3.6.2 非放污染物的产生和处理”计算结果，30 m 厂房排风烟囱排放的颗粒物量为 0.0675 kg/a，JP_1-2 排风系统风量为 2630 m^3/h，JP_1-2 排风系统中颗粒物排放浓度为 0.041 mg/m^3，低于《大气污染物综合排放标准》GB16297-1996 规定的 120 mg/m^3 限值。即使不考虑全排风量对局部排风颗粒物排放的稀释，JP_1-2 排风系统中颗粒物排放浓度与工艺尾气排风烟囱相比，其排放源项可忽略不计。

（2）评价等级

采用 AERSCREEN 对 30 m 高烟囱排放的污染物进行估算，估算模型参数表见表 6.2-2。估算得出 30 m 高烟囱烟气中主要污染物最大落地浓度见表 6.2-3。

表 6.2-2　估算模型参数

参数		取值
城市/农村选项	城市/农村	农村
	人口数（城市选项时）	-
最高环境温度/℃		38.9℃
最低环境温度/℃		-24.2℃
土地利用类型		荒漠
区域湿度条件		干燥气候
是否考虑地形	考虑地形	□是 ☑ 否
	地形数据分表率/m	-
是否考虑岸线熏烟	考虑岸线熏烟	□是 ☑ 否
	岸线距离/km	/
	岸线方向	/

表 6.2-3　烟气污染物排放最大落地浓度

污染物	排放速率（g/s）	最大落地浓度（μg/m^3）	最大落地浓度距排放点的距离（m）	占标率 P_{max}%
颗粒物	7.68E-03	6.77E-01	155	0.08
一氧化碳（CO）	1.37E-02	1.21E+00		0.01
二氧化硫（SO_2）	3.57E-03	3.15E-01		0.06
氮氧化物（以 NO_2 计）	5.05E-02	4.45E+00		1.78
氯化氢（HCl）	1.15E-02	1.01E+00		2.03
氟化氢（HF）	1.44E-03	1.27E-01		0.63
二噁英类（g TEQ/s）	1.26E-11	1.11E-09		0.03

注：二噁英环境质量标准参考日本标准 3.6pg TEQ/m^3。

由表 6.2-3 可知，各污染物中，氯化氢的最大落地浓度占标率为 2.03%，小于 10%，因此，本项目非放大气环境影响评价等级为二级，需对污染物排放量进行核算。

（3）排放量核算

根据“3.6.2 非放污染物的产生和处理”烟气中污染物排放浓度折算结果，焚烧炉工艺尾气排风风量 2000 m^3/h，本项目运行时间为 209 d/a，则各类污染物排放量见表 6.2-4。其中氮氧化物排放量为 912kg/a，二氧化硫排放量为 64.4 kg/a。

表 6.2-4　非放污染物排放量核算

污染物名称	排放速率（g/s）	排放量（kg/a）
颗粒物	7.68E-03	1.39E+02
一氧化碳（CO）	1.37E-02	2.48E+02
二氧化硫（SO_2）	3.57E-03	6.44E+01
氮氧化物（以 NO_2 计）	5.05E-02	9.12E+02
氯化氢（HCl）	1.15E-02	2.08E+02
氟化氢（HF）	1.44E-03	2.60E+01
二噁英类（g TEQ/s）	1.26E-11	2.28E-07

类比已建相同工艺设施的运行情况，根据“3.6.2 非放污染物的产生和处理”烟气中污染物排放浓度折算结果，本项目建设的低放可燃废物热解焚烧系统产生的各项非放污染物排放指标符合《危险废物焚烧污染控制标准》GB18484-2020 的规定限值，对环境的影响可接受。

6.2.2 废水

本项目产生的非放废水主要为生活废水，产生量为 512.24 m^3/a，生活污水经管道收集后，进入化粪池处理，出水排至园区市政污水管网，不直接排至外环境。

6.2.3 固体废物

本项目运行期间非放固体废物主要是进风系统废滤芯检维修废物、工作人员产生的生活垃圾、以及各类设备检维修产生的废机油、废润滑液等危险废物。

进风过滤器年产生量为 787.5 kg/a，按照一般工业垃圾处理；生活垃圾按产生量约为 13.8 t/a，定点收集后交由环卫部门处理；设备检修产生的废机油、废润滑油及空瓶等危险废物产生量预计为 200 kg/a，收集后及时由有资质单位接收与处理。

综上，本项目运行过程中产生的各类非放固体废物均有明确去向，对环境的影响很小。

6.2.4 噪声

本项目厂址所在声功能区域为 3 类，声环境影响评价属三级评价。评价范围为项目厂界 200 m 范围。本项目运行期间的噪声源主要来源于以下几个方面：

（1）风机噪声为 85~90 dB(A)，排风机布置在排风机房间、送风机布置在送风机房间；

（2）供水水泵的噪声为 80 dB(A)。

按照风机噪声 90 dB(A)、水泵噪声 80 dB(A)对噪声源进行叠加计算，计算公式为：

$$L_{eq}=10\lg（10^{0.1L1}+10^{0.1L2}）$$

式中：

L_{eq} 为预测点的预测等效声级，dB(A)；

L1 为风机噪声，90 dB(A)；

L2 为水泵噪声，80 dB(A)。

噪声源叠加后为源强为 90.41 dB(A)，考虑厂房墙体隔声及点声源几何发散衰减，声源距离厂界为 30 m 计，厂界处噪声计算公式为：

$$L_{p2}=L_{p1}-（TL+6）$$

$$L_{（r）}=L_{p2}-20\lg（r/r_0）$$

式中：

L_{p2} 为厂房外噪声源强，dB(A)；

L_{p1} 为厂房内噪声源强，计算取值为 90.41 dB(A)；

TL 为隔墙（或窗户）隔声量，本项目外门窗设计隔声性能不低于 3 级，计算取值为 20 dB(A)；

L_r 为噪声贡献值，dB(A)；

r 为声源到预测点的距离，计算取值为 30 m。

r_0 为声源源强的参考距离，计算取值为 1 m。

经计算，考虑厂房墙体隔声及点声源几何发散衰减，厂界处噪声为 34.87 dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类区标准（昼间 65 dB（A），夜间 55 dB（A））。

本项目运行过程中采取的噪声防治措施包括：（1）通风管道及送

风、排风机房作消声处理，减少对室内的噪声污染；（2）通风设备均选用先进的低噪声设备，保证室内外噪声标准；（3）供水设备采用隔振基础；（4）水泵进、出水管设置可采用柔性接头和弹性支吊架，减少噪声及振动传递。采取以上措施后可进一步降低噪声源强，本项目运行噪声对环境影响很小。

6.2.5 电磁环境

本项目新建 1 台 10 kV 干式变压器，运行过程中工频电磁场影响极小。依据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》，100kV 以下输变电工程不纳入环评管理。

第七章　事故工况的环境影响

7.1 事故/事件分析

根据《放射性可燃废物焚烧设施建造项目初步安全分析报告》（中核第四研究设计工程有限公司，2026 年 8 月），本项目可能发生的事件和事故件表见 7.1-1。

表 7.1-1　事件/事故谱

序号	设施/系统	事件/事故名称	分级	可能对环境的影响
1	低放可燃废物焚烧厂房	废物前处理运行事件	预计运行事件	几乎不会
2		加料过程异常事件	预计运行事件	几乎不会
3		焚烧过程异常事件	预计运行事件	几乎不会
4		烟气冷却异常事件	预计运行事件	几乎不会
5		烟气冷却净化系统过滤器失效	事故	增加
6		工艺排风失效	事故	增加
7		火灾	事故	增加
8	低放废物暂存库	起重机运行故障	预计运行事件	几乎不会
9		厂房排风系统过滤器失效	事故	增加
10		厂房排风系统故障或过滤器堵塞	事故	几乎不会
11		废物桶转运跌落	事故	几乎不会
12		火灾	事故	增加

7.1.1 预计运行事件

7.1.1.1 废物前处理运行事件

（1）事件原因

废物散落：在废物搬运过程中，废物包因工作人员操作失误而跌落，造成包装破损，废物散落。

（2）事件探测

工作人员发现问题或者视频监控发现。

（3）影响与后果

废物散落后污染工作场所造成表面污染，对工作人员受到不必要

的照射。

（4）纠正措施

采用 200L 专用废物桶进行废物搬运，废物接收、搬运前应检查废物桶密封性，废物转运过程应可靠固定，防止在搬运过程中可能出现的废物散落。

7.1.1.2 加料过程异常事件

（1）事件原因

加料阀门启闭故障：包括压空供应或气动机构故障以及塞料。

（2）事件探测

两层闸门的启闭装置，并设联锁控制，当一道闸门出现故障时，另一道不能动作，延迟数秒后报警。通过加料口上配置的摄像监控装置，也可以及时发现故障。

（3）影响与后果

这将导致热解炉丧失部分气密性，两道闸门之间的少量空气进入热解炉中，系统可能因此无法正常运行。

（4）纠正行动

设计了两层闸门的启闭装置，并设联锁控制，当一道闸门出现故障时，另一道不能动作，延迟数秒后报警。通过加料口上配置的摄像监控装置，也可以及时发现故障。如遇该故障，立即终止焚烧炉运行，进行检修。

7.1.1.3 焚烧过程异常事件

（1）事件原因

燃油点火故障：在开始运行的时候，要先点燃燃烧炉的燃油喷嘴，进行初步预热，然后进行燃烧炉点火。由于预热温度不够或者燃烧炉内空气量不够可造成点火失败。

炉温过高：热解气产生量过大，或者燃油量过大时，燃烧炉的炉温会变得过高。

炉温过低：热解气产生量过小，燃油量过小或燃油中断。

（2）事件探测

燃油点火故障：点火失败可通过对火焰的探测来实现监测。

炉温过高或过低：在测控方案中，设计了炉温的显示和报警。

（3）影响与后果

燃油点火故障：造成燃烧炉内燃油无法燃烧。

炉温过高：炉温过高将缩短炉内耐火衬里的使用寿命。

炉温过低：炉温过低，会造成燃烧不完全，可燃废物无法全部裂解燃烧，给烟气净化增加负担，增加过滤器更换频次。

（4）纠正行动

燃油点火故障：5 秒内探测不到火焰后，会自动切断燃油供应和点火器，继续维持空气供应进行一定时间的吹扫，清除点火区域的可燃油后再进行下一次点火。

炉温过高：如果是燃油量过大所致，会在燃油供应系统的流量显示上反映，炉温与燃油之间的反馈控制开始起作用。如果是热解气产生量过大所致，则相应降低热解炉的加料频率和热解炉一次风量。

炉温过低：在设计中，针对性地设置了炉温与燃油间的反馈控制，在热解气供应严重不足时，开启燃烧炉燃油供应。在热解气产生量过小的情况下，开动料层搅拌器破坏热解炉内废物的通道和架桥。

7.1.1.4 烟气冷却异常事件

（1）事件原因

烟气应在急冷器中温度迅速降低至 160~200℃，但当进入急冷器的冷却水量过小或中断，烟气冷却温度可能会高于 200℃；或者当工艺用水水量过大时，烟气温度可能降低至 160℃以下。

（2）事件探测

在急冷器气体出口设置测温点，对尾气出口温度进行监测；在急冷器进口管道处设置流量计，检测进入急冷器喷头的工艺用水水量。

（3）影响与后果

袋滤器的工作温度为 160~200℃，急冷器水量过小会导致烟气温度过高，长期高于袋滤器工作温度时，袋滤器的布袋造成损害，袋滤器的过滤作用失效；当急冷出口烟气温度过低时，急冷器喷头水压过高，水量过大，使得烟气中含有大量饱和水蒸气，进入袋滤器长期作用后，导致滤袋粘结。

（4）纠正行动

袋滤器设测压管及测温热电偶，用于在线监测袋滤器的阻力变化和温度变化，急冷塔喷水量由电动阀门控制，急冷器冷却后烟气温度（即袋滤器进口温度）与急冷塔喷水量的设联锁控制，在中控室显示和调节急冷器的喷水量，控制袋滤器的温度（170~190℃），防止冷却后的烟气温度过高，确保设备在正常工况下运行。

急冷器的供水由处于高位的水箱供应，即使停电的情况下也能保证由重力提供冷却水。

7.1.1.5 起重机运行故障

（1）事件原因

废物桶吊运过程中 3t 数控起重机由于各类原因导致无法正常运行，此时起重机停止运行并吊运废物桶于半空中。

（2）事件探测

工作人员通过视频监控系统或现场工作人员发生起重机发生故障导致停运。

（3）影响与后果

3t 数控起重机发生故障后，废物桶会吊运于半空中，存在发生跌落事故的风险。

（4）纠正行动

吊运过程中若起重机发生故障，工作人员立即进行汇报，并第一时间通知专业维修人员赶赴现场穿戴防护服后进行维修与维护，同时启动应急管理程序。3t 数控吊车按照特种设备进行管理，降低发生故障的概率。

7.1.2 事故

7.1.2.1 烟气冷却净化系统过滤器失效

（1）事故原因

烟气冷却净化系统的过滤器失效包括袋滤器（预过滤器）失效和高效过滤器失效两种情况。当过滤袋或滤芯发生破损，部分尾气可能未经过滤进入后续工艺单元。

（2）事故探测

袋滤器、高效过滤器前后均设置压差监测与报警系统，通过测量压差，可以监测过滤器的运行状态。当过滤器前后压差增大到报警限值，则表明过滤器过滤功能失效，需要更换过滤器芯，及时恢复其过滤功能。

过滤器压差明显下降：滤袋破损是直接原因，可导过滤后烟气中放射性浓度增大。设计在过滤器过滤净化后、引风机前设置了气溶胶连续监测仪，可及时发现废气中放射性浓度的变化，如果浓度超过限值，需要更换过滤器芯，及时恢复其过滤功能。

（3）影响与后果

当袋滤器失效时，烟气经烟气冷却器（旋风除尘结构）、高温高效过滤器、湿法吸收塔、组合高效过滤器处理后排放到大气环境中，放射性核素排放量比正常运行时增加。

设施工艺系统设置了两级高效过滤器，且均设置了主备切换功能，通常情况下并不会两级高效同时失效，当其中一级高效过滤器失效时，另一级高效过滤器仍正常工作。当袋滤器失效后，烟气冷却净化系统净化效率降低至 99%，假设高效过滤器失效工况持续 1h 后才得到纠正，事故期间排灰工作箱不进行排灰、进料等操作，事故期（1 h）释放源项全部来自热解焚烧炉，则该事故期间通过 30m 烟囱释放至环境的量详见表 7.1-2。

表 7.1-2　烟气冷却净化系统过滤器失效事故释放源项

序号	核素	释放源项（Bq）
1	Co-60	1.82E+04
2	Cs-137	6.06E+03
3	Mn-54	4.86E+03
4	Nb-95	1.01E+03
5	Co-58	9.04E+02
6	Ag-110m	3.64E+02
7	U-238	1.60E+03
8	Pu-239	1.60E+03
9	Pu-241	3.20E+04

（4）纠正行动

系统平稳停车，检修或者更换高效过滤器。

7.1.2.2 工艺排风失效事故

（1）事故原因

当工艺引风机出现故障或断电时，引风系统无法将焚烧烟气用风机引出并排入烟囱，焚烧系统原有的负压环境被破坏，系统内含有放射性物质的烟气通过应急排风系统向外排放。

（2）事故探测

在测控系统中设总风量、总压差的显示和报警，以及时监测排风系统的工作状况。

（3）影响与后果

当总风量、总压差报警，排风失效工况下，立即进行应急停炉，停止供应助燃空气，并立即启动应急风机和应急过滤器。应急风机能保证热解炉内处于负压状态，将热解炉内气体排出，防止放射性物质外泄到厂房内。

在应对排气失效而启动应急排气过程中，由于热解炉内失去助燃空气，物料无法持续热解，热解炉炉膛内部存料为 80kg，在停车过程中保守估算燃烧量不超过 50%，按照 10%的放射性物质进入热解气。应急风机将热解炉内的热解气经应急过滤器过滤后通过 30 m 高烟囱排出（预过滤器效率为 85%，高效过滤器效率为 99%），保守估算整体过滤效率为 99%。系统共设置 2 台引风机，事故时可自动切换。假设 2 台引风机同时失效，事故持续时间为 1h，则事故期间释放至环境的量详见表 7.1-3。

表 7.1-3　工艺排风失效事故释放源项

序号	核素	释放源项（Bq/h）
1	Co-60	9.12E+04
2	Cs-137	3.03E+04
3	Mn-54	2.43E+04
4	Nb-95	5.04E+03
5	Co-58	4.52E+03
6	Ag-110m	1.82E+03
7	U-238	8.00E+03
8	Pu-239	8.00E+03
9	Pu-241	1.60E+05

（4）纠正行动

1）为防止引风机故障造成的排风失效，系统共设置 2 台引风机，其中引风机 I、II 在系统正常运行时开启，一用一备，可以自动切换。

2）引风机采取两路电源供电，当其中一路电源失效时，会自动切换到另一路电源，防止因断电导致的排风失效。当系统的两路电源均失效导致引风机失效时，启动安全应急系统，安全应急系统包括应急风机、应急高效过滤器等设施，安全应急系统采用 UPS 不间断电源，可持续供电 2h，保证热解炉处于负压状态，将炉内气体排出，防止放射性外泄到厂房内，经应急高效过滤器净化废气，最大限度地减少对环境的影响后果。

7.1.2.3 废物暂存库排风过滤失效事故

（1）事故原因

低放废物暂存库运行过程中，由于通风设备机械故障，造成排风系统过滤器效率下降，甚至排风过滤器完全失效，从而使得放射性气溶胶通过高出屋面 3m 排放筒直接排放到大气环境中。

（2）事故探测

若排风系统过滤器效率下降或完全失效，压差变送器会报警并将信号传至控制室。

（3）影响与后果

本项目低放废物暂存库所暂存 200 L 桶废物包均满足 GB11806-2019 中废物包表面污染水平限值，即对于 β 和 γ 发射体及低毒性 α 发射体为 4 Bq/cm^2，对所有其他 α 发射体为 0.4 Bq/cm^2。假设暂存库内所有 200 L 废物桶表面污染均为上限水平，则满库容状态下由 β 和 γ 发射体及低毒性 α 发射体造成的表面污染总活度为 1.66×10^9 Bq，由其他 α 发射体造成的表面污染总活度为 1.66×10^8 Bq。保守假设，表面污染放射性源项在 1 年的时间内释放至暂存库内，排风系统过滤器失效事故处理时间为 1 h，排风通过高出屋面 3 m 排气筒排放。按照接收废物类型（核电废物 90%，含铀和钚废物 10%）、及核素毒性分类进行计算，则事故期间释放至环境的放射性核素的量详见表 7.1-4。

表 7.1-4　暂存库排风失效事故释放源项

序号	核素	释放源项（Bq/h）
1	Co-60	9.71E+04
2	Cs-137	3.23E+04
3	Mn-54	2.59E+04
4	Nb-95	5.36E+03
5	Co-58	4.80E+03
6	Ag-110m	1.94E+03
7	U-238	1.89E+04
8	Pu-239	1.89E+03
9	Pu-241	1.89E+04

（4）纠正行动

低放废物暂存库设置压差变送器，信号引至控制室。正常运行工况下过滤器芯 1 年 1 换，发生排风系统过滤器失效事故时，由工作人员定期巡检。

定期检查排风系统和设备，及时发现设备异常并维修，或更换过滤器。

7.1.2.4 废物暂存库排风系统故障或过滤器堵塞事故

（1）事故原因

通排风系统故障或过滤器堵塞，暂存库内的气态污染物无法排出，导致暂存库内放射性气溶胶浓度升高，将会增加人员内照射。

（2）事故探测

离心风机故障或停运、过滤器长期未更换导致堵塞等原因，压差变送器会报警并将信号传至控制室。

（3）影响与后果

通排风系统故障或过滤器堵塞，暂存库内的气溶胶无法排至外环境，人员进入暂存库后会增加人员内照射剂量和空气浸没外照射剂量，不会增加对环境和公众的影响。

（4）纠正行动

定期检查排风系统和设备，及时发现设备异常并维修，或更换过滤器。作业现场设置气溶胶监测仪对气溶胶浓度进行连续监测，发现气溶胶浓度异常，立即暂停操作，人员撤离；事故处理人员佩戴好防护设备等，立即排出通排风系统故障或更换过滤器。

7.1.2.5 废物暂存库废物桶转运跌落事故

（1）事故原因

可燃废物桶和焚烧灰废物桶转运时，若因设备故障或人因失误导致废物包在吊运过程中掉落，由于废物桶吊运高度低于 9m，跌落不足以致使废物桶破损，仅可能出现废物桶倾倒，无废物外泄，需工作人员进行辅助废物桶扶正工作。

（2）事故探测

通过转运工作人员发现问题或者视频监控发现事故。

（3）影响与后果

假设掉落位置为吊运过程最高点（即越过四层码放的废物桶对应高度），跌落的废物桶外表面剂量率按照 2mSv/h 考虑，根据《放射性可燃废物焚烧设施建造项目初步安全分析报告》（中核第四研究设计工程有限公司（2026 年 8 月），工作人员（带防护措施）距离废物桶约 1m 处进行扶正操作，处理时间约 2min，经计算则工作人员受照剂量为 3×10^{-3}mSv。

（4）纠正行动

发生废物桶转运跌落事故时，工作人员立即通知控制室，启动应急预案。

运行人员加大事故房间排风量，加强排风，进一步提高事故房间负压水平，防止气溶胶向周边房间扩散。

辐射防护相关人员穿戴防护用品并带着屏蔽物到达废物桶跌落地点附近，将废物桶扶正，之后操作数控吊车将废物桶吊运至指定位置。

废物桶转运前进行桶身检查，确保桶身质量完好。

暂存库运行过程中按规程做好行车、提升机、转运小车等设备维护保养降低设备故障率。对操作人员进行培训考核和授权，避免人因失误。

7.1.2.6 焚烧厂房火灾事故

（1）事故原因

低放可燃废物焚烧厂房三层废物包暂存区用于存放未包装的低

放可燃废物料包，其由于某处处电气故障或者可燃物可能引发火灾事故。

（2）事故探测

通过火灾报警系统、视频监控或人员巡视发现火灾事故。

（3）影响与后果

低放可燃废物焚烧厂房三层废物包暂存区用于暂存可燃废物料包，暂存总量为热解焚烧系统 3 天的处理量，即 5760kg。废物包暂存区由于电气或其他原因可能发生火灾，导致放射性物质意外排放，增加对环境的影响。保守假设在火灾事故可燃废物料包全部燃烧，并假定火灾发生后 10%的核素进入烟气，通过高出屋面 3m 排气筒排放，同时保守假设过滤器失效，火灾事故发生后的源项情况详见表 7.1-5。

表 7.1-5　废物包暂存区可燃废物火灾源项

序号	核素	活度浓度 Bq/kg	燃烧废物重量 kg	火灾源项 Bq	事故释放源项 Bq
1	Co-60	2.28E+06	5760	1.31E+10	1.31E+09
2	Cs-137	7.57E+05		4.36E+09	4.36E+08
3	Mn-54	6.07E+05		3.50E+09	3.50E+08
4	Nb-95	1.26E+05		7.26E+08	7.26E+07
5	Co-58	1.13E+05		6.51E+08	6.51E+07
6	Ag-110m	4.55E+04		2.62E+08	2.62E+07
7	U-238	2.00E+05	576	1.15E+08	1.15E+07
8	Pu-239	2.00E+05		1.15E+08	1.15E+07
9	Pu-241	4.00E+06		2.30E+09	2.30E+08

7.1.2.7 暂存库火灾事故

（1）事故原因

低放废物暂存库内某处电气或者可燃物发生火灾，由于废物密封在 200L 废物桶内，一般不会被引燃。

（2）事故探测

通过火灾报警系统、视频监控或人员巡视发现火灾事故。

（3）影响与后果

由于低放废物暂存库按照要求设置了预防火灾发生和限制火灾蔓延的措施（包括设置干粉灭火系统、室内消火栓等灭火措施）；同时，可燃废物装在密封钢桶中，火灾引起的火势蔓延较为缓慢。结合

设施火灾报警系统及灭火系统设计措施，初步判断火灾发生后短期内能够将火灾扑灭（预计 30 分钟内完全扑灭火灾），未造成大面积装有可燃废物的 200 L 桶炸裂。保守假定火灾事故造成此处约 100 个装有可燃废物的 200 L 桶炸裂，并且全部燃烧造成气溶胶释放，同时保守假设过滤器失效。根据可燃废物源项，每桶装可燃废物约 75 kg，废物燃烧后考虑 10%的放射性核素进入烟气，通过高出屋面 3 m 排气筒（净高 17.8 m）排放，火灾事故发生后的源项情况详见表 7.1-6。

表 7.1-6　100 桶可燃废物火灾释放源项

序号	核素	活度浓度 Bq/kg	燃烧废物重量 kg	废物包源项 Bq	事故释放源项 Bq
1	Co-60	2.28E+06	7500	1.71E+10	1.71E+09
2	Cs-137	7.57E+05		5.68E+09	5.68E+08
3	Mn-54	6.07E+05		4.55E+09	4.55E+08
4	Nb-95	1.26E+05		9.45E+08	9.45E+07
5	Co-58	1.13E+05		8.48E+08	8.48E+07
6	Ag-110m	4.55E+04		3.41E+08	3.41E+07
7	U-238	2.00E+05	750	1.50E+08	1.50E+07
8	Pu-239	2.00E+05		1.50E+08	1.50E+07
9	Pu-241	4.00E+06		3.00E+09	3.00E+08

（4）纠正行动

火灾扑灭后，对暂存库内和厂房周围开展气溶胶和污染水平监测，划定取物范围。根据暂存库内和厂房周围的气溶胶和污染水平监测数据，制定专项处理方案，组织开展废物收集、场地及设备去污工作、修复受损设备等。

定期做好消防设施维护检测，落实火灾预防措施。低放废物暂存库设置了干粉灭火系统、室内消火栓等灭火措施，即使发生火灾，也可将影响范围进行有效的控制。

7.2 事故工况下的环境影响

7.2.1 事故源项

根据《放射性可燃废物焚烧设施建造项目初步安全分析报告》（中核第四研究设计工程有限公司（2026 年 8 月），暂存库火灾事故释放放到外环境中的放射性物质的量最大，因此对该事故后果进行辐射环

境影响分析。该事故情况下的环境释放量见表 7.1-6。

7.2.2 计算模式及参数

事故工况下，气载放射性流出物大气扩散及所致公众剂量评价模式见附录I。公众受照射途径为空气浸没外照射、地面沉积外照射和公众吸入内照射。

7.2.3 扩散因子

事故工况的扩散因子采用 PAVAN 程序的计算结果。该程序是由美国太平洋西北实验室（PNL）为美国核管理委员会（NRC）按照《核电厂潜在事故后果评价的大气弥散模式》（NRC RG.1.145）设计开发，使用风向、风速和大气稳定度联合频率分布，估算各方位不同距离处99.5%累积概率水平短期扩散因子，距离事故始发地不同距离的短期扩散因子计算的结果见表 7.2-1。

表 7.2-1　火灾事故工况的扩散因子（s/m^3）

下风向距离(m)	最大扩散因子（s/m^3）
30	2.06E-04
200	1.65E-04
700	1.36E-04
1500	9.67E-05
2500	5.55E-05
3500	3.71E-05
4500	2.74E-05
5500	2.14E-05
6500	1.75E-05
7500	1.47E-05
8500	1.26E-05
9500	1.10E-05

7.2.4 结果评述

（1）个人剂量

表 7.2-2 给出了 10 km 范围内，不同距离火灾事故所致不同年龄组公众剂量的计算结果。由表可以看出，厂址边界处（30m 处）所致

成年组的个人有效剂量约为 0.241 mSv，低于本工程事故剂量控制值（1 mSv）。有人子区（7.5~10 km）最大个人有效剂量约为 0.017 mSv，低于本工程事故剂量管理控制值（1 mSv）。

表 7.2-2　事故所致个人最大有效剂量（Sv）

年龄组	距离（m）	吸入内照射	空气浸没外照射	地表沉积外照射	合计
婴儿组	30	3.17E-05	5.07E-08	6.10E-05	9.28E-05
	200	2.54E-05	4.06E-08	4.41E-05	6.95E-05
	700	2.09E-05	3.35E-08	3.56E-05	5.65E-05
	1500	1.49E-05	2.38E-08	2.52E-05	4.01E-05
	2500	8.54E-06	1.37E-08	1.45E-05	2.30E-05
	3500	5.71E-06	9.14E-09	9.70E-06	1.54E-05
	4500	4.22E-06	6.75E-09	7.17E-06	1.14E-05
	5500	3.29E-06	5.27E-09	5.61E-06	8.91E-06
	6500	2.69E-06	4.31E-09	4.59E-06	7.29E-06
	7500	2.26E-06	3.62E-09	3.86E-06	6.13E-06
	8500	1.94E-06	3.10E-09	3.31E-06	5.26E-06
	9500	1.69E-06	2.71E-09	2.90E-06	4.59E-06
幼儿组	30	4.96E-05	5.07E-08	6.10E-05	1.11E-04
	200	3.97E-05	4.06E-08	4.41E-05	8.39E-05
	700	3.27E-05	3.35E-08	3.56E-05	6.84E-05
	1500	2.33E-05	2.38E-08	2.52E-05	4.85E-05
	2500	1.34E-05	1.37E-08	1.45E-05	2.79E-05
	3500	8.93E-06	9.14E-09	9.70E-06	1.86E-05
	4500	6.59E-06	6.75E-09	7.17E-06	1.38E-05
	5500	5.15E-06	5.27E-09	5.61E-06	1.08E-05
	6500	4.21E-06	4.31E-09	4.59E-06	8.81E-06
	7500	3.54E-06	3.62E-09	3.86E-06	7.40E-06
	8500	3.03E-06	3.10E-09	3.31E-06	6.35E-06
	9500	2.65E-06	2.71E-09	2.90E-06	5.55E-06
少年组	30	1.70E-04	5.07E-08	6.10E-05	2.31E-04
	200	1.36E-04	4.06E-08	4.41E-05	1.80E-04
	700	1.12E-04	3.35E-08	3.56E-05	1.48E-04
	1500	7.99E-05	2.38E-08	2.52E-05	1.05E-04
	2500	4.59E-05	1.37E-08	1.45E-05	6.04E-05
	3500	3.06E-05	9.14E-09	9.70E-06	4.04E-05
	4500	2.26E-05	6.75E-09	7.17E-06	2.98E-05
	5500	1.77E-05	5.27E-09	5.61E-06	2.33E-05
	6500	1.45E-05	4.31E-09	4.59E-06	1.91E-05
	7500	1.21E-05	3.62E-09	3.86E-06	1.60E-05
	8500	1.04E-05	3.10E-09	3.31E-06	1.37E-05
	9500	9.09E-06	2.71E-09	2.90E-06	1.20E-05
成人组	30	1.80E-04	5.07E-08	6.10E-05	2.41E-04
	200	1.44E-04	4.06E-08	4.41E-05	1.88E-04
	700	1.19E-04	3.35E-08	3.56E-05	1.54E-04

年龄组	距离（m）	吸入内照射	空气浸没外照射	地表沉积外照射	合计
	1500	8.44E-05	2.38E-08	2.52E-05	1.10E-04
	2500	4.85E-05	1.37E-08	1.45E-05	6.30E-05
	3500	3.24E-05	9.14E-09	9.70E-06	4.21E-05
	4500	2.39E-05	6.75E-09	7.17E-06	3.11E-05
	5500	1.87E-05	5.27E-09	5.61E-06	2.43E-05
	6500	1.53E-05	4.31E-09	4.59E-06	1.99E-05
	7500	1.28E-05	3.62E-09	3.86E-06	1.67E-05
	8500	1.10E-05	3.10E-09	3.31E-06	1.43E-05
	9500	9.60E-06	2.71E-09	2.90E-06	1.25E-05

（2）各核素剂量贡献

表 7.2-3 给出了不同途径各核素所致居民点成人组剂量。由表可以看出，成人组受照关键途径是吸入内照射，剂量贡献为 74.69%，其次是地面沉积外照射，剂量贡献为 25.29%。关键核素为 Pu-239，剂量贡献为 53.49%；其次为 Co-60 和 Pu-241，剂量贡献分别为 24.41%和 19.20%。

表 7.2-3　各核素对关键居民（成人组）的剂量影响（Sv）

核素	照射途径			合计	份额，%
	空气浸没	地面沉积	吸入		
Co-60	4.44E-08	5.59E-05	2.93E-06	5.89E-05	24.41
Cs-137	9.06E-13	2.38E-09	4.48E-07	4.50E-07	0.19
Mn-54	3.83E-09	3.76E-06	6.64E-08	3.83E-06	1.59
Nb-95	7.28E-10	1.46E-07	2.43E-08	1.71E-07	0.07
Co-58	8.32E-10	3.27E-07	2.33E-08	3.51E-07	0.15
Ag-110m	9.55E-10	8.45E-07	3.22E-08	8.78E-07	0.36
U-238	1.05E-14	1.23E-10	1.29E-06	1.29E-06	0.53
Pu-239	1.31E-14	8.18E-11	1.29E-04	1.29E-04	53.49
Pu-241	4.48E-15	8.40E-12	4.63E-05	4.63E-05	19.20
合计	5.07E-08	6.10E-05	1.80E-04	2.41E-04	100.00
份额,%	0.02	25.29	74.69	100.00	

7.3 环境风险分析

7.3.1 风险源调查

本项目运行过程中使用的原辅材料包括滑石粉、碳酸钠、水泥和柴油，其中柴油为危险化学品（CAS 号：68334-30-5），属于易燃易爆

品，结合本项目周围环境分析，柴油的环境影响途径主要为大气途径，对人体侵入途径为皮肤吸收为主，呼吸道吸入。

7.3.2 环境风险潜势初判

本项目运行过程中柴油一部分储存于本项目 01 子项一层柴油间内的柴油罐中（容积 400 L），一部分储存于柴油发电机房的储油间中（容积 1000 L），柴油在本项目中的最大存在量为 1400 L（约 1.22 t）。危险物质数量与临界量比值 Q 按照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169—2018）附录 C C.1 公式进行计算，每种危险物质数量、对应临界量及比值详见表 7.3-1。

表 7.3-1　危险物质数量与临界量比值计算

名称	最大存在量 q_i（t）	临界量 Q_i（t）	q_i/Q_i
柴油	1.22	2500	4.88E-04
危险物质数量与临界量比值合计 Q			4.88E-04

由表 7.3-1 可知，本项目 Q＜1，依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169—2018），本项目环境风险潜势为 I 级，可开展简单分析，见表 7.3-2。

表 7.3-2　建设项目环境风险简单分析内容表

建设项目名称	放射性可燃废物焚烧设施建造项目
建设地点	甘肃省酒泉市金塔县核技术产业园
地理坐标	东经：98°35′6.14″，北纬：40°19′58.00″
主要危险物质及分布	本项目运行过程中主要使用的危险化学品为柴油，一部分储存于本项目 01 子项一层柴油间内的柴油罐中（容积 400 L），一部分储存于柴油发电机房的储油间中（容积 1000 L）。
环境影响途径及危害后果	柴油：柴油储存于厂房储罐内，基本不会泄漏至土壤或水体，环境影响途径为大气途径。事故情况下柴油挥发及燃烧排放，产生大量黑烟、氮氧化物、硫氧化物等，对大气环境造成局部空气污染，对人体健康造成危害。
风险防范措施要求	柴油间应设置围堰，并对地面进行防渗处理。围堰高度应确保柴油储罐中的全部柴油不会泄漏至柴油间外，并在柴油间内备有针对柴油的吸油棉或沙土等应急物

	资。取样测量间应设置专门的化学试剂存放区域，并设有耐腐蚀的托盘或围堰，确保泄漏的液体能被有效截留。
填表说明	本项目运行过程中危险物质数量与临界量比值 Q＜1，该项目环境风险潜势为 I 级，可开展简单分析。经评价，本项目危险物质数量很少，在采取相应的风险防范措施后，环境风险整体可控。

第八章　流出物和环境监测

8.1 流出物监测

8.1.1 流出物监测的目的

（1）判明本项目流出物中放射性核素对公众所致的个人剂量，以便与剂量约束值进行比较；

（2）掌握本项目施工或运行过程中所使用的检测设备、三废处理和控制装置的工作是否正常，以便于对各种环保净化措施的效率进行评估；

（3）确定三废排放对环境的影响程度和范围，使公众确信核设施运行中放射性物质释放确实受到严格的控制；

（4）为评价环境质量及估算公众所受到的辐射剂量提供源项数据和资料。

8.1.2 流出物监测的计划和要求

（1）将预计或可能有放射性污染和非放特征污染物的所有流出物均纳入常规监测；

（2）选择适当的监测点，使其监测结果具有代表性；

（3）确定合理的监测项目、监测频率以及监测的核素种类；

（4）监测仪器要有足够宽的量程，以适应常规监测和计划外释放的监测；

（5）设专人操作和管理监测仪器；

（6）及时收集、分析所获取的数据，供决策参考。

8.1.3 施工期间监测计划

施工期间主要考虑对施工产生的 TSP、噪声进行监测，TSP 按照《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中相关要求进行监测，噪声按照《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）中相关要求进行监测。施工期间监测计划见表 8.1-1。

表 8.1-1　施工期监测计划

监测对象	监测点位	监测项目	监测频次
空气	施工厂界上下风向边界	TSP	1 次/季，取样监测
噪声	厂界东、南、西、北四周边界	等效连续 A 声级	1 次/季，昼夜各 1 次

8.1.4 运行期间监测计划

本项目运行期间应根据流出物和污染物种类实施相应的监测计划，气态非放污染物按照 GB18484-2001《危险废物焚烧污染控制标准》要求进行监测，液态流出物按照《污水综合排放标准》（GB8978-1996）标准要求进行监测。

本项目正常运行过程中气载流出物和气态非放污染物的监测计划见表 8.1-2，处理后的废碱液和除雾器冷凝水监测计划见表 8.1-3。

8.1-2　气态流出物和气态非放污染物监测计划

监测对象	监测点位	监测项目	监测频次
废气（放射性监测部分）	热解焚烧炉尾气排风烟囱	总 α、总 β	连续监测
	01 子项厂房橙区全面排风和工作箱局部排风烟囱	总 α、总 β	连续监测
	热解焚烧炉尾气排风烟囱	核素分析（Co-60、Cs-137、Mn-54、Nb-95、Co-58、Ag-110m、U-234、U-235、U-238、Pu-238、Pu-239、Pu-241 等）	连续取样，实验室分析监测，1 次/季
废气（非放监测部分）	热解焚烧炉过滤器前后	颗粒物、一氧化碳、氮氧化物、二氧化硫、氟化氢、氯化氢等	连续监测
		汞、铊、镉、铅、砷、铬、锡、锑、铜、锰、镍、钴及其化合物	取样监测，1 次/季
		二噁英类	取样监测，1 次/半年

8.1-3　液态流出物监测计划

监测对象	监测点位	监测项目	监测频次
废液（放射性监测部分）	废碱液排放槽	总 α、总 β	槽车外运前取样监测
	淋浴废水排放槽	总 α、总 β	槽车外运前取样监测
废液（非放监测部分）	废碱液排放槽	PH、硫酸盐、氯化物、氟化物	槽车外运前取样监测
		COD、BOD_5、SS、氨氮	槽车外运前取样监测
	淋浴废水排放槽	COD、BOD_5、SS、氨氮	槽车外运前取样监测
	化粪池出水口	PH、COD、BOD5、SS、氨氮、总氮、总磷、LAS、硫酸盐、氯化物、氟化物	1 次/季度

8.2 环境监测

8.2.1 环境监测的目的

（1）环境监测的主要目的是测定环境介质中污染物浓度或辐射水平的变化，以评估本项目排放的污染物对周围环境的影响情况；

（2）及时发现环境介质中污染物水平的变化，并查找原因，以便采取预防和控制措施；

（3）监测环境介质是否符合国家环境质量标准。

8.2.2 监测范围

依据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021），本项目环境监测范围主要以新建 30m 高工艺尾气排风烟囱为中心，半径 5 km 范围，并重点关注气态途径的监测。本项目处理后的废水不直接排至外环境，可简化地下水的监测内容。

8.2.3 监测布点原则

（1）依据相关法规标准和技术规范。

（2）环境 γ 辐射监测点及气态污染物取样点重点布置在主导风向的下风向厂区边界附近区域。

（3）与运行前环境现状补充调查保持适当比例的同位点；

（4）重点关注“三关键”的监测，针对关键居民组、关键照射途径、关键核素进行重点布点监测。

8.2.4 运行期间环境监测方案

（1）辐射环境监测方案

本项目运行期间，辐射环境监测方案详见表 8.2-1，辐射环境监测点位示意图见图 8.2-1~8.2-3。

8.2-1　运行期间辐射环境监测方案

监测对象	监测布点	监测项目	监测频次
γ 辐射	场外：设施 N、W、S、E 方位厂界处，生地湾农场二分场、西移村（对照点） 场内：拟建放射性废物焚烧厂房和废物暂存库四周 N、W、S、E 方位	伽马辐射空气吸收剂量率	1 次/季
气溶胶	场外：设施 N、W、S、E 方位厂界处，W、E 方位 500m 处，生地湾农场二分场、西移村（对照点） 场内：厂界内东南角	总 α、总 β、核素分析（Mn-54、Co-58、Co-60、Nb-95、Ag-110m、Cs-137、U-234、U235、U238、Pu-238、Pu-239、Pu-241 等）	1 次/季
沉降灰	场外：设施 N、W、S、E 方位厂界处，W、E 方位 500m 处，生地湾农场二分场、西移村（对照点） 场内：厂界内东南角		1 次/季
土壤	场外：设施 W、E 方位厂界处，生地湾农场二分场、西移村（对照点） 场内：厂界内东南角	总 α、总 β、核素分析（Mn-54、Co-58、Co-60、Nb-95、Ag-110m、Cs-137、U-234、U235、U238、Pu-238、Pu-239、Pu-241 等）	1 次/半年
地下水	生地湾农场二分场、西移村（对照点）		1 次/半年
生物	生地湾农场蔬菜和戈壁滩骆驼草		1 次/半年

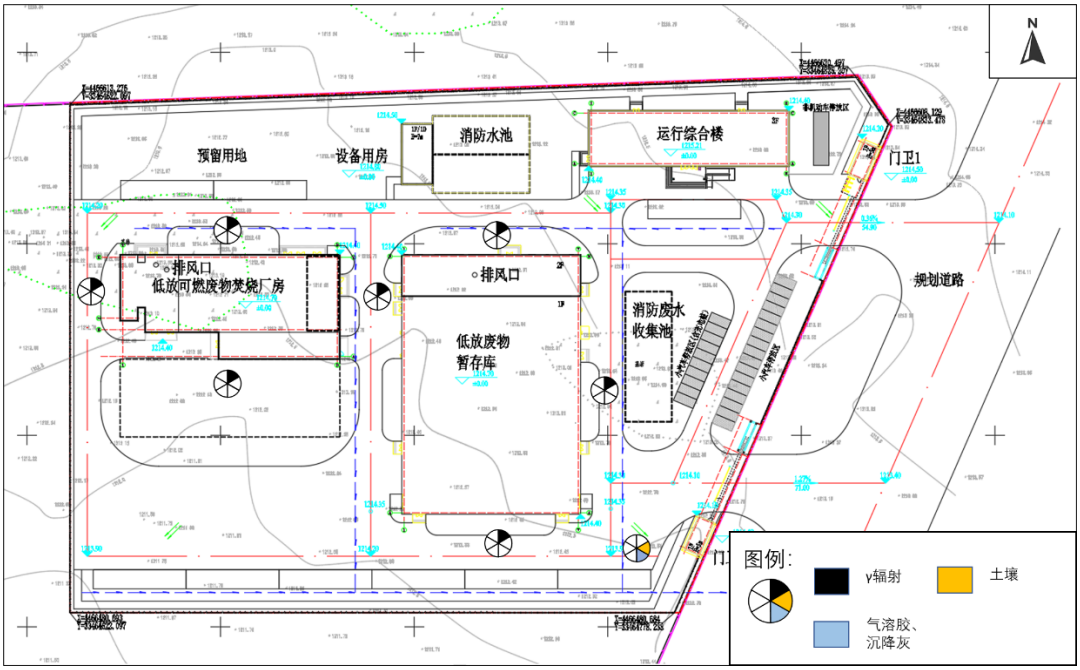


图 8.2-1　场内环境监测点位示意图

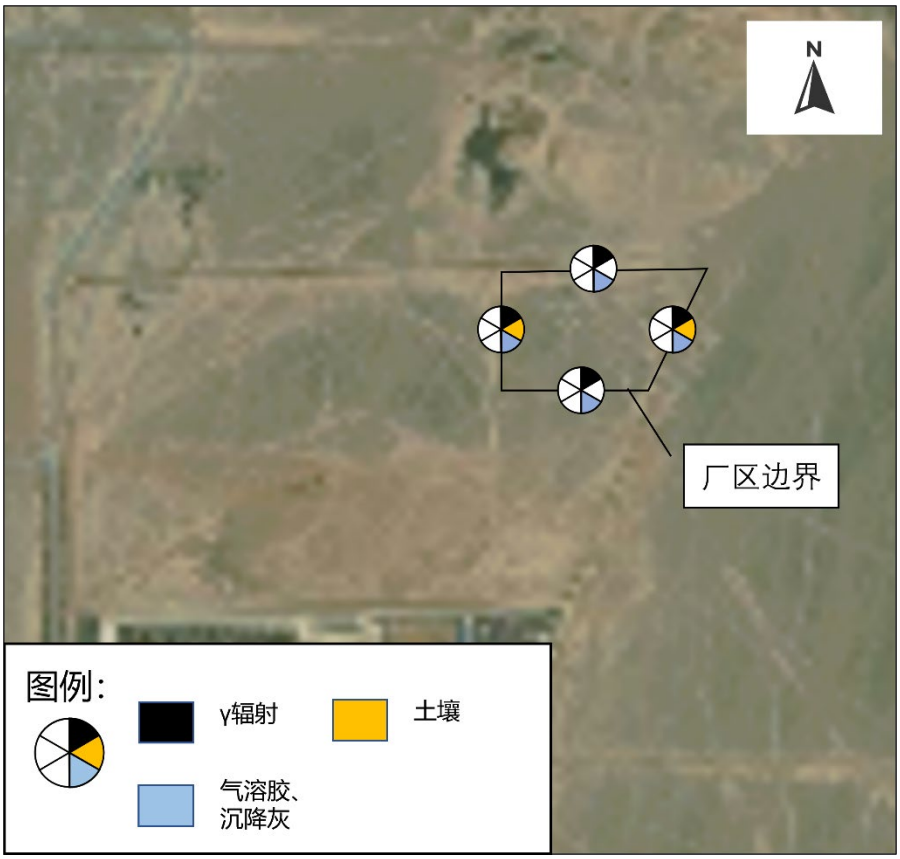


图 8.2-2　场外近区环境监测点位示意图

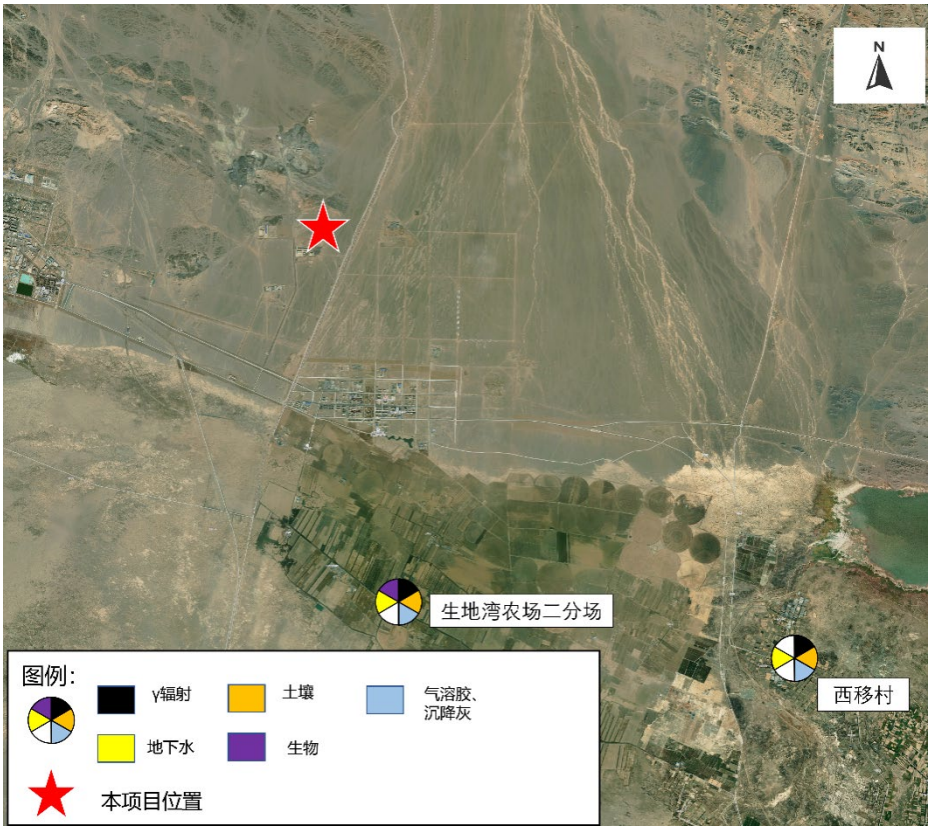


图 8.2-3　场外居民点环境监测点位示意图

（2）非放环境监测方案

本项目运行期间，非放环境监测方案详见表 8.2-2，相关环境监测点位示意图见图 8.2-4。

表 8.2-2　运行期间非放环境监测方案

监测对象	监测布点	监测项目	监测频次
环境空气	设施 W、E 方位厂界处	颗粒物、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、氟化氢、汞及其化合物、镉及其化合物、砷、镍及其化合物、铅及其化合物、铬、锡、锑、铜、锰及其化合物、二噁英类	1 次/季
土壤	场内平均布设 3 个柱状样采样点和 1 个表层样采样点，设施 W、E 方位厂界处设表层样采样点	汞及其化合物、镉及其化合物、砷、镍及其化合物、铅及其化合物、铬、锡、锑、铜、锰及其化合物、二噁英类	1 次/年

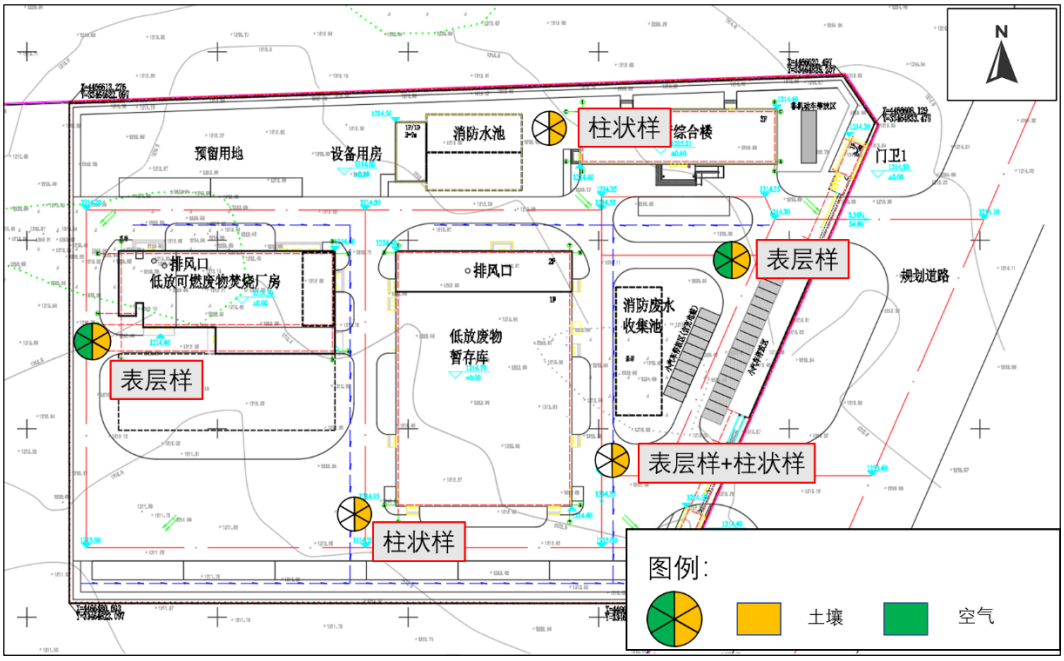


图 8.2-4　运行期间非放环境监测点位示意图

8.3 质量保证

为保证在运行期间所有监测结果准确可信，根据《电离辐射监测质量保证通用要求》GB8999-2021，在此提出以下几点要求：

（1）从事流出物与环境监测的人员应掌握相关基本知识，正确熟练掌握监测操作技术和质量控制程序，掌握数理统计方法。

（2）从采集点布设到样品分析前的全过程严格执行质量控制措施。采样容器、设备符合技术规范要求，保证采样器和样品容器的清洁，并防止交叉污染，采集的样品有代表性，并留有足够的余量以备复查。样品的包装、运输、贮存及必要的前处理严格按照操作规范进行，并及时记录、贴上标签。准确测定样品的质量、体积或取样的累计流量。

（3）分析检测方法尽可能使用国标方法，没有国标方法的项目使用行业方法，并通过比对验证。无论使用何种方法，一律进行空白和加标回收试验，分析结果扣除本底并进行回收校正。

（4）对所使用的测量仪器仪表定期检定。

（5）所有监测装置符合技术规范要求，具有较好的稳定性，并通过试验绘制出本底、效率控制图，将每次测量置于受控状态。所使

用的标准源（包括标准溶液）均为国家级标准，并且几何状态与待测样品一致。

（6）样品从采集、预处理、分析测量到结果分析，按 HJ 61-2021 规定的格式和内容准确记录。认真检查原始记录，发现有计算或记录错误的数据经反复核算后予以订正。数据由专人复审，并长期保存。数据的报出严格执行三级审核要求。

第九章　代价利益分析

9.1 代价分析

9.1.1 经济代价

本项目建设总投资预计为 19901.36 万元，其中，工程费用 15892.94 万元，其他费用 2293.03 万元，基本预备费 1091.16 万元，建设期利息 624.23 万元。

项目建成后的运行成本包括：处理低放废物过程所消耗的燃料、动力、辅助材料成本，处理处置水泥固化体等废物的费用，职工工资及福利及其它相关费用，项目运行管理费用，财务费用等。

9.1.2 社会代价

本项目建设施工过程中，不仅要解决施工人员的饮食、居住、交通等实际问题，还可能会对场址周边居民的日常生活产生一定的影响，从而产生一定的社会问题。本项目建设施工过程将严格执行相关标准的规定，并采取有效的防尘降噪措施，尽量减少项目建设施工对周边公众和环境的影响。考虑周围居民点距离场址较远，项目建设施工过程对场址周边居民的影响较小。

本项目的运输包括施工期间设备、建筑材料的运输，运行期间低放可燃固体废物的运输等，可能会对当地的交通运输造成一定的负担。

本项目建设施工期间将导致场址周围区域流动人口数量少量增加，在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。

9.1.3 环境代价

场址 10km 范围内，主要为戈壁荒漠，场址周围为风蚀残丘和中部戈壁砾石地，植被稀少，分布有少量干旱荒漠植被。工程建设施工过程中会在建设用地内占用部分土地，剥离表土和植被，这将影响当地植物的生存环境，可能会造成一部分水土流失。项目建设施工过程中会有计划的对地面进行硬化和绿化，尽量修复受到影响的生态环境。

项目运行过程中，会向环境缓慢、少量释放污染物，对工作人员、周围环境和公众造成一定不利影响。为了控制并确保本项目在运行期向环境释放的污染物低于国家限值要求，本项目设置有多级环境保护设备和措施，以保障环境和公众安全。

9.2 效益分析

9.2.1 经济效益

根据本项目《放射性可燃废物焚烧设施建造项目申请报告（版次2）》（2025 年 11 月），项目运行年均营业收入预计为 6370.85 万元，年均净利润预计为 832.45 万元。经财务评价，总投资收益率为 6.08%，项目资本金净利润率为 12.68%，有一定盈利能力；本项目还款期间年均利息备付率大于 2，年均偿债备付率大于 1，有确保偿债的能力；本项目各年的经营活动净现金流量均为正值，项目不需要其他补贴或短期融资即可维持运营，有较好的财务生存能力，因此本项目具有良好的经济效益。

9.2.2 社会效益

项目建设阶段，将需要大量的劳务人员和工程技能人员，人员大部分来自场址所在地；因本项目属于核设施建设，在质量和安全管控上要严于普通的工民建工程，当地人员的参与建设不仅将提高其技能水平而且还可以提高本地区的工民建的建筑水平，对提高当地居民生活幸福具有非常重要的促进作用。

项目建成后，日常运行维护人员将从该地区进行社会公开招聘，本着择优录用原则，优先考虑有相应技术经验的工人和人员，可为该地区提供数十个工作岗位，提高当地的就业率，一部分人将从土地耕种进入企业上班，因此收入将有所提高及促进当地消费。

金塔地区具有较为友好的核行业公众基础，设施在建设和运行期间，将适时开展公众沟通和核安全宣传活动。核安全公共宣传是培育公众核安全文化的重要途径，也是持续增强公众对核安全信心的有效手段。通过核安全公众宣传活动，让公众对放射性废物产生实质性的理解，淡化长期以来的“谈核色变”思想，消除内心核恐惧，树立对我

国核能可持续健康发展的信心；同时引导公众正确认识核安全，促进公众自愿参与核安全工作中，提高公众对核能的可接受性。

本项目的建设会带动当地相关配套产业的发展，如运输业等，可以为当地经济发展起一定推动作用。项目投入运营后，将每年向国家和地方上缴相应的税收，增加地方税收和财政收入。

因此，本项目的投资建设将改善地区的经济条件，促进当地经济平衡协调发展，会获取良好的社会效益。

9.2.3 环境效益

本项目正常运行期间，对低放可燃固体废物的处理量为 460 t/a，对可燃固体废物的减容比为 20，可以很好地缓解核电废物暂存废物压力，保障核电厂安全生产运行，对于妥善解决我国核电放射性废物处理处置问题具有重大而深远的战略意义和环保，对于推动我国核工业健康、稳定、可持续发展具有不可替代的重要作用。

为实现本项目运行过程中对环境污染的控制，建设单位投入了一定比例的环保资金，用于环保设施和与环保有关的项目。这些设施投入运行后将会大大降低工程本身对环境的污染程度，使各项环境要素达到相应的环保标准的要求，具有很好的环境效益。

综上所述，本项目的投资建设带来的经济、社会、环境效益大于代价，本项目代价—利益分析结论为可接受。

第十章　结论和承诺

10.1 结论

10.1.1 项目概况

本项目位于甘肃酒泉核技术产业园，主要内容为建设一套可燃固体废物热解焚烧工艺系统，设计处理能力为 400 t/a。

在主要建设内容包括低放可燃废物焚烧厂房、低放废物暂存库、运行综合楼、门卫、设备用房、消防水池、消防废水收集池等，以及供暖、供水、供电等相关配套设施设备。

10.1.2 环境现状

已有的辐射环境现状调查结果表明场址周围剂量率测量结果未发现高本底区域，属于天然本底水平。

2025 年金塔县环境空气质量综合评价达到二级标准；场址周围土壤中重金属浓度均小于《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第二类用地筛选值。

本工程还制定了补充监测方案，在项目运行前对周围辐射环境质量和非放环境质量开展监测，监测对象包括大气环境、土壤、地下水等。

10.1.3 施工过程中废物的产生和处理

（1）废气

项目施工会产生扬尘和废气，采取洒水抑尘、堆料围挡、车辆密闭和避免车辆过载等措施后，施工期间 TSP 排放总量可降低至 2.47 t。

（2）废水

本项目施工期废水主要来自施工人员施工废水和生活污水。施工废水经防渗集水池收集后进行沉淀处理，处理后的废水用于施工场地洒水抑尘，不外排。施工期生活污水通过临时化粪池收集并定期清运，施工结束后拆除临时化粪池，恢复场地。

（3）固体废物

施工期产生的固体废弃物主要包括建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。建筑垃圾、工程渣土统一送往建筑垃圾消纳场进行处理，如有不能送建筑垃圾消纳场进行处理的，应妥善堆放、覆盖，待工程结束后，与产业园管理部门协商统筹处理。生活垃圾定点收集后交由环卫部门统一处理。

（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。施工期间合理安排施工时间和方式，选择低噪声施工设备并定期对机械设备进行维护和保养，可减轻噪声污染。

10.1.4 运行过程中废物的产生及处理

（1）放射性“三废”的产生和处理

1）气载流出物的产生和处理

本项目运行期间产生的放射性废气主要为 01 子项废物焚烧过程中热解焚烧炉产生的烟气、设备工作箱局部排风和厂房橙区全面排风，其中热解焚烧炉烟气设有烟气冷却器、袋滤器、高温高效过滤器、酸气吸收装置、活性炭组合过滤器等净化手段，局部排风和厂房黄区、橙区排风设有高效过滤器等净化手段，热解焚烧炉烟气、厂房橙区全面排风和局部排风通过 2 个 30 m 高烟囱分别排入大气环境。

2）液态流出物的产生和处理

放射性废水主要为吸收塔产生的废碱液、卫生通道淋浴废水和除雾器产生的冷凝水。废碱液和除雾器冷凝水一同收集在废液收集间，送废液蒸发处理系统处理后暂存并取样检测，检测合格后方可通过槽车外运至有资质单位处理处置；淋浴废水和其他废水单独收集在特下水收集间，取样检测合格后方可通过槽车外运至有资质单位处理处置。

3）放射性固体废物的产生和处理

放射性固体废物主要为焚烧灰、劳保废物、检修废物、水泥固化体、蒸残物、不可燃金属废物等。

焚烧灰和劳保废物在本项目内处理形成水泥固化体，水泥固化体

暂存或送龙和处置场处置；检修废物根据取样检测结果送龙和处置场处理处置或在 02 子项内暂存；蒸残物则根据取样检测结果，属于危险废物则送有资质单位处理，属于放射性废物则水泥固化后送近地表处置设施进行处置；不可燃金属废物暂存于不可燃废物接收箱，最后送有资质单位处理处置。

（2）非放射性污染物的产生和处理

1）废气

热解焚烧炉工艺烟气中非放污染物经过烟气冷却器、袋滤器、高温高效过滤器、湿法吸收等措施处理后，由排风机引至 30m 高烟囱达标排放。

2）废水

本项目产生的非放废水主要为生活废水，经管道收集后，进入化粪池处理，出水排至园区市政污水管网。

3）固体废物

本项目运行期间非放固体废物主要是进风系统废滤芯、检维修废物、生活垃圾和各类设备检维修产生的废机油、废润滑液等危险废物。进风系统废滤芯和检修废物可按照一般工业垃圾处理；生活垃圾定点收集后交由环卫部门处理；设备检修产生的废机油、废润滑油及空瓶等危险废物集中收集后及时由有资质单位接收与处理。

4）噪声

本项目运行期间噪声源主要来源于厂房内风机噪声和供水水泵的噪声，经厂房隔音，并采取一系列的隔声、消声措施后，厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）的要求。

10.1.5 施工期的环境影响

（1）废气

项目施工期间会产生施工扬尘和施工设备废气。中核清原在施工期制定有控制工地扬尘方案，施工单位按照相关方案采取相应措施后，可促使施工期产生的 TSP 满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准要求。

（2）废水

本项目施工期废水产生量较少，主要来自施工人员产生的生活污水和施工废水。施工废水经防渗集水池收集后进行沉淀处理，处理后的废水用于施工场地洒水抑尘，不外排。施工人员生活污水通过临时化粪池收集后定期清运。施工期间产生的生活污水和施工废水均不外排，对环境的影响很小。

（3）固体废物

项目施工期产生的固体废弃物主要包括建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。建筑垃圾、工程渣土统一送往建筑垃圾消纳场进行处理，如有不能送建筑垃圾消纳场进行处理的，应采取防扬散、防流失、防渗漏或者其它防止污染环境的措施妥善堆放，待工程结束后，与产业园管理部门协商统筹处理。施工人员的生活垃圾定点收集后交由环卫部门统一处理。施工单位在对产生的固体废物采取有效管理措施后，可降低固体废物对环境的影响。

（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。根据噪声影响计算，施工机械昼间在距施工场地 90m 处可达到标准限值，夜间在 500m 处基本可达到标准限值。项目最近敏感目标为生地湾农场三分场（距离厂界约 7.3km），因此施工期间噪声对敏感目标的影响很小。

10.1.6 运行期的环境影响

（1）辐射环境影响

本项目正常运行过程中，放射性气载流出物净化后由 2 个 30 m 高烟囱排入大气。考虑空气浸没、吸入、地表沉积、食入四种照射途径所致 0~10 km 范围内不同子区的公众剂量。得出的结论是：气载流出物在有居民点子区的最大个人有效剂量出现在 8 km 的 S 子区成人组，公众最大个人有效剂量为 3.19×10^{-9} Sv/a（生地湾农场二分场），约占本项目剂量约束值（0.01 mSv/a）的 0.03%。关键核素为 Co-60，最大个人有效剂量的贡献额为 65.81%；关键途径为地表沉积外照射，最大个人有效剂量的贡献额为 65.26%。此外，特殊公众中成人所受

个人最大剂量为 1.95×10^{-7}Sv/a（东方瑞龙项目职工）。

放射性废液收集后送废液蒸发处理系统处理，处理后的废液收集后取样检测，检测合格后通过槽车外运至有资质单位处理处置。放射性固体废物产生后暂存于设施内，根据废物类型采取不同处理处置方法。综上所述，本项目运行期间不会对周围辐射环境产生明显影响。

（2）非放环境影响

本项目热解焚烧炉产生的烟气经过滤后排放浓度均小于《危险废物焚烧污染控制标准》（GB18484-2020）中的相关限值，满足标准要求。

产生的生活污水排入化粪池进行初步处理后，再排入园区市政污水管网，基本不会对周围环境产生影响。

工作人员产生的生活垃圾统一收集后，定期由园区环卫部门清运处理；产生的一般工业垃圾分类收集后由园区统一处理处置；产生的危险废物由有资质单位处理处置，不会对周围环境产生大的影响。

噪声经厂房隔音后，厂界处噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）的要求。

本项目新建 10 kV 变压器运行过程中工频电磁场影响极小，依据相关规定，该变压器不纳入环评管理。

（3）事故工况的环境影响

经分析计算，废物暂存库火灾事故向环境释放的放射性总量最大，在该事故景象下，厂址边界处（30m 处）所致成年组的个人有效剂量约为 0.241 mSv，低于本工程事故剂量控制值（1mSv）。有人子区（7.5~10 km）最大个人有效剂量约为 0.017 mSv，低于本工程事故剂量管理控制值（1 mSv）。关键途径是吸入内照射，剂量贡献为 74.69%，其次是地面沉积外照射，剂量贡献为 25.29%。关键核素为 Pu-239，剂量贡献为 53.49%；其次为 Co-60 和 Pu-241，剂量贡献分别为 24.41%和 19.20%。

（4）环境风险

本项目运行过程中危险物质数量与临界量比值 Q＜ 1，环境风险潜势为 I 级，可开展简单分析。本项目危险物质数量很少，在采取相

应的风险防范措施后，环境风险整体可控。

综上所述，正常运行情况下的对环境的影响很小，事故情况下对周围环境影响可以接受，采取适当的风险防范措施后，环境风险可控。

10.1.7 监测计划

在本项目运行期间，针对系统工艺的运行特征制定了监测计划，监测计划中对流出物监测和环境监测均有明确具体的要求，监测指标包含有放射性指标和非放指标。运营单位需落实本报告书提出的监测计划，并根据实际运行情况和监管要求适当补充修改。

综上所述，本项目具有辐射实践正当性，本项目代价—利益分析可接受；项目选址合理，气候气象、水文、地震地质等条件对于建设和运行处置场不存在颠覆性影响，对生态环境影响有限；项目所在产业园基础设施条件完善，交通运输便利，有利于本项目的生产与运行，项目建设是合理可行的。

项目施工期和运行期对周围环境造成的影响很小，在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，项目建设与运行对环境影响是合理可接受的。

10.2 承诺

在项目运行前，本项目做出如下承诺：

（1）在项目运行前，参考“4.4 环境质量现状补充监测方案”，完成环境质量现状补充监测调查。

（2）工程试运行后，根据烟气中各类核素排放的监测结果，将设置合理的气载流出物内部管理限值，根据管理限值跟踪异常排放情况。

附录I大气扩散及气载途径剂量估算模式

1 正常工况下的大气扩散和剂量估算

1.1 大气扩散模式

1.1.1 扩散因子

（1）i 风下风向不同距离的长期扩散因子的计算公式为：

$$\left(\frac{\bar{X}}{\dot{Q}}\right)_i = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{n}{2\pi x} \sum_{j=1}^{6} \frac{1}{\sigma_{zj}} exp\left(-\frac{h^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) \sum_{k=1}^{m} \frac{f_{ijk}}{u_{ijk}} \qquad (1.1)$$

式中：

$\left(\frac{\bar{X}}{\dot{Q}}\right)_i$：i 风向下风向不同距离的长期扩散因子，$s \cdot m^{-3}$；

n：风向扇形数，n 取 16，$\sqrt{\frac{2}{\pi}}\frac{n}{2\pi}$=2.032；

x：源到计算点的下风向水平距离，m；

i,j,k：分别为风向、稳定度和风速组；

h：有效排放高度，m 取 6；

σ_{zj}：j 稳定度的垂向扩散参数，m，$\sigma_{zj} = ax^b$，参数的取值如表 1 所示；

m：风速组的数目，m 取值为 6；

f_{ijk}：i 风向，j 稳定度和 k 风速组的三维联合频率，$\sum_{ijk} f_{ijk}$=1。

u_{ijk}：j 稳定度、k 风速组下有效排放高度处的风速，$m \cdot s^{-1}$。

表 1　垂向扩散参数系数表达式

稳定度	A	B	C	D	E	F
系数 a	0.2	0.12	0.08	0.06	0.03	0.016
系数 b	0	0	0.0002	0.0015	0.0003	0.0003

（2）考虑静风影响的长期扩散因子的计算公式为：

$$\left(\frac{\bar{X}}{\dot{Q}}\right)_i = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{n}{2\pi x} \sum_{j=1}^{6} \frac{1}{\sigma_{zj}} exp\left(-\frac{h^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) \left(\sum_{k=2}^{6} \frac{f_{cij}}{0.5} + \frac{f_{wijk}}{u_{ijk}}\right) \qquad (1.2)$$

式中：

f_{cij}和f_{wijk}：分别为对应静风和有风时的三维联合频率；

0.5：静风时的代表风风速，m·s^{-1}。

f_{cij}由以下公式计算：

$$f_{cij} = \frac{N_{ij}}{\sum_{i=1}^{16} N_{ij}} \frac{N_{cj}}{N} \tag{1.3}$$

式中：

N_{ij}：可测量到的最先风速组出现 i 风向、j 稳定度的时数；

N_{cj}：出现静风和 j 稳定度的时数；

N：总观测时数。

（3）考虑混合层影响的地面空气浓度

对于较长距离的迁移，烟羽扩散将受到混合层顶的抑制：

（a）$x \leq x_m$时，长期扩散因子取(1.1)式的计算结果；

（b）$x \geq 2x_m$时，长期扩散因子按下式计算：

$$(\frac{X}{Q})_i = \frac{8}{\pi x H_m} \sum_{j,k} \frac{P_{ijk}}{u_{jk}} \tag{1.4}$$

（c）$x_m \leq x \leq 2x_m$时，此距离内的地面浓度取$x = x_m$和$x = 2x_m$两点浓度的对数内插值。

1.1.2 主要计算参数

（1）有效排放高度

$$h = h_g + \Delta h \tag{1.5}$$

式中：

h_g：烟囱或排气口的几何高度，m；

Δh：烟羽抬升高度，m。

（2）烟羽抬升高度 Δh

1）高烟囱（指高于附近最高建筑物高度的 2.5 倍的烟囱）：

①对于中性和不稳定天气条件，Δh 的取值如下：

$$\begin{cases} \Delta h = 1.44D\left(\dfrac{W_0}{u_h}\right)^{\frac{2}{3}}\left(\dfrac{X}{D}\right)^{\frac{1}{3}} - C \\ \Delta h = 3\dfrac{W_0}{u_h}D_i \end{cases} \tag{1.6}$$

式中：

W_0：烟囱出口处的烟气流速， m/s；

D：烟囱出口处内径，m；

u_h：有效排放高度处的风速，m/s；

C：$W_0 < 1.5u_h$时的下曳校正因子（$W_0 \geq 1.5u_h$时，取$C = 0$，否则$C = 3(1.5 - \frac{W_0}{u_h})D$）。

取（1.2）式估算值中较小的Δh值作为中性和不稳定天气条件下烟囱抬升高度。

②对于稳定条件，按下面公式计算 Δh 值：

$$\begin{cases} \Delta h = 4\left(\dfrac{F_m}{s}\right)^{\frac{1}{4}} \\ \Delta h = 1.5S^{-\frac{1}{6}}\left(\dfrac{F_m}{u_h}\right)^{\frac{1}{3}} \end{cases} \tag{1.7}$$

式中，F_m是动量通量参数，S为稳定度参数，分别定义为：

$$Fm = W_0^2\left(\frac{D}{2}\right)^2 \tag{1.8}$$

$$\begin{cases} S = 8.7 \times 10^{-4}，\ 对E类天气 \\ S = 1.75 \times 10^{-3}，\ 对F类天气 \end{cases} \tag{1.9}$$

取（1.3）式估算值中较小的Δh值作为稳定条件下烟囱抬升高度。

2）低烟囱（指低于附近最高建筑物高度的 2.5 倍的烟囱）

当烟囱高度低于附近最高建筑物高度，按地面源处理，取$h = 0$；

当烟囱高度高于附近最高建筑物高度，但不超过 2.5 倍时，可按W_0/u_h值的大小，区分三种情形考虑：

$W_0/u_h \geq 5$，按高架源处理；

$W_0/u_h < 1$，或W_0/u的值未知时，按地面源处理；

$1 \leq W_0/u_h \leq 5$，假设一个混合模式，将其中一段时间视为高架

排放，其余时间视为地面释放。为此引入夹带因子E_t：

$$E_t = \begin{cases} 2.58 - 1.58(W_0/u_h)， & 1 \le W_0/u_h \le 1.5 \\ 0.3 - 0.06(W_0/u_h)， & 1.5 < W_0/u_h \le 5.0 \end{cases} \tag{1.10}$$

在整个释放期间，100（1-E_t）%的时段视为高架排放，其余时段视为地面释放，按两时段的相对长短，将按两种释放条件求得的空气污染浓度加权求和。

（3）平均风速

排放高度处的风速由下式计算：

$$u_h = u_{10}\left(\frac{h}{10}\right)^m \tag{1.11}$$

式中：

u_h：排放高度处的风速，m/s；

u_{10}：地面 10 m 高度处的平均风速，取值见表 2；

h：有效释放源高度，m；

m：风廓线系数，取值见表 3。

表 2　不同风速组别的平均风速取值

风速组别	0~1	1~2	2~3	3~5	5~6	>6
平均风速 (m/s)	0.71	1.47	2.43	3.81	5.42	7.95

表 3　不同大气稳定度风速幂指数

稳定度	A	B	C	D	E	F
幂指数*	0.10	0.15	0.20	0.25	0.35	0.40

*表中数据来自《核环境学基础》，原子能出版社。

1.1.2 烟羽损耗

由于干沉积、湿沉积及放射性核素衰变等过程，将造成烟羽中放射性核素含量的减少。

（1）干沉积损耗

干沉积过程造成的烟羽损耗，通过引入干沉积校正因子F_D而加以校正：

$$C' = F_D C \tag{1.12}$$

$$F_D=\begin{cases} exp[-\sqrt{\frac{2}{\pi}}\frac{V_d}{u_h}f]，\ x\le x_m \\ exp(-\frac{V_d}{u_h}\frac{x-2x_m}{h_m})\,exp[-\sqrt{\frac{2}{\pi}}\frac{V_d}{u_h}f]，\ x\ge 2x_m \end{cases} \tag{1.13}$$

$$f=\begin{cases} \int_0^x exp(-\frac{h^2}{2{\sigma_z}^2})\frac{1}{\sigma_z}dx\ ，\ x\le x_m \\ \int_0^{2x_m} exp(-\frac{h^2}{2{\sigma_z}^2})\frac{1}{\sigma_z}dx\ ，\ x\ge 2x_m \end{cases} \tag{1.14}$$

式中：

C、C'：校正前后的空气浓度，Bq/m^3；

F_D：干沉积校正因子，当$x_m<x<2x_m$时，F_D在x_m与$2x_m$之间进行对数插值；

V_d：沉积速度，m/s；

u_h：有效释放高度处的平均风速，m/s；

x：下风向距离，m；

x_m：最大下风向距离，m。

（2）湿沉积损耗

湿沉积过程造成的烟羽损耗，通过引入湿沉积校正因子F_W而加以校正：

$$C'=F_WC \tag{1.15}$$

$$F_W=exp\left(-\phi\frac{x}{u_h}\right) \tag{1.16}$$

$$\phi=\alpha I \tag{1.17}$$

式中：

C、C'：校正前后的空气浓度，Bq/m^3；

F_W：湿沉积校正因子；

ϕ：冲洗系数，s^{-1}；

x：下风向距离，m；

u_h：释放高度h处的风速，m/s；

α：冲洗比例常数，a/(mm·s)；

I：降雨量，mm/a。

（3）放射性衰变损耗

放射性衰变的结果也造成烟羽损耗，引入衰变校正因子F_R加以校正：

$$C' = F_R C \tag{1.18}$$

$$F_R = exp(-\lambda_r x/u_h) \tag{1.19}$$

式中：

C、C'：校正前后的空气浓度，Bq/m^3；

F_R：衰变校正因子；

λ_r：核素衰变常数，s^{-1}；

x：下风向距离，m；

u_h：释放高度h处的风速，m/s。

1.1.2 地表沉积

放射性沉积于地表有两个过程：即干沉积和湿沉积。

（1）干沉积

因干沉积造成的放射性物质沉积于地面的通量由下式计算：

$$A_d = V_d C' \tag{1.20}$$

式中：

A_d：干沉积率，Bq/(m^2·s)；

V_d：沉积速度，m/s；

C'：校正后的地面空气浓度，Bq/m^3。

（2）湿沉积

因湿沉积造成的放射性物质沉积于地面的通量由下式计算：

$$A_w = \frac{\phi \dot{Q}}{\sqrt{2\pi}\sigma_y u_h} exp\left(-\frac{y^2}{2{\sigma_y}^2}\right) \tag{1.21}$$

式中：

A_w：湿沉积率，Bq/(m^2·s)；

ϕ：冲洗系数，s^{-1}；

$\dot{Q}$：核素释放速率，Bq/s；

u_h：有效排放高度处的风速，m/s；

其他符合意义同上。

1.2 陆生食物链转移模式与参数

（1）农作物中核素浓度

对于均匀的常规释放，农作物中核素浓度由下式计算：

$$C_p = \left[C_p(1) + C_p(2)\right] exp(-\lambda t_h) \tag{1.22}$$

$$C_p(1) = 3.15 \times 10^7 \dot{Q}(W_D + W_W) \frac{RT_v[1 - exp(-\lambda_e^v t_e)]}{Y_v \lambda_e^v} \tag{1.23}$$

$$C_p(2) = 3.15 \times 10^7 B_v \dot{Q}(W_D + W_W) \frac{[1 - exp(-\lambda_e^s t_b)]}{p\lambda_e^s} \tag{1.24}$$

$$W_D = V_d \frac{C}{\dot{Q}} \tag{1.25}$$

$$W_W = \frac{8I\alpha}{\pi x u_{\hbar}} \tag{1.26}$$

式中：

C_p：农作物中核素浓度，Bq/kg；

$C_p(1)$：直接沉积于作物上并转移到可食用部分的核素浓度，Bq/kg；

$C_p(2)$：经根部转移到作物中的核素浓度，Bq/kg；

λ：核素衰变常数，a^{-1}；

t_h：农作物由收获到消费时间，a^{-1}；

$\dot{Q}$：核素释放速率，Bq/s；

W_D：干沉积因子，m^{-2}；

W_W：湿沉积因子，m^{-2}；

R：滞留份额，即放射性沉积物保留在农作物中的份额；

T_v：易位因子，即沉积于农作物外部的放射性核素向农作物食用部分的转移份额；

λ_e^v：放射性核素由农作物中清除的有效速率常数，a^{-1}；$\lambda_e^v = \lambda + \lambda^v$，$\lambda^v$为风化产生的物理清除速率常数，$a^{-1}$；

Y_v：农作物单位面积产量，kg/m^2；

B_v：农作物的食用部分从土壤摄入核素的浓集因子，(Bq/kg)(鲜

作物)/(Bq/kg)(干土壤)；

λ_e^s：放射性核素从土壤表面清除的有效速率常数，a^{-1}；$\lambda_e^s = \lambda + \lambda^s$，$\lambda^s$为除衰变外的其他清除过程的速率常数，$a^{-1}$；

t_b：放射性核素在土壤表面的累计时间，a。

p：土壤的有效表面密度（干土壤），kg/m^2；

C：核素空气浓度，Bq/m^3；

I：降雨量，mm/a；

α：冲洗比例常数，a/(mm·s)。

（2）动物产品中核素浓度

动物产品中核素浓度由下式计算

$$C_a = F_a C_f Q_f \, exp(-\lambda t_f) \tag{1.27}$$

$$C_f = f_g f_s C_g + (1 - f_g) C_s + f_g (1 - f_s) C_s \tag{1.28}$$

式中：

C_a：动物产品中的核素浓度，Bq/kg；

F_a：动物每天摄入的放射性核素出现在单位重量的动物产品中的份额，d/kg；

C_f：动物饲料中核素浓度，Bq/kg(干重);

Q_f：动物的饲料消费量，kg/d；

λ：核素的衰变常数，a^{-1}；

t_f：动物从屠宰（或提取）到人消费的时间，a；

f_g：动物每年放牧的时间份额；

f_s：动物放牧期间饲料中鲜牧草的份额；

C_g：生长中的牧草的核素比活度，Bq/kg（干重）；

C_s：贮存饲料中核素比活度，Bq/kg（干重）。

C_g与C_s的计算方式如下：

$$C_p(1) = 3.15 \times 10^7 \dot{Q}(W_D + W_W) \frac{RT_v[1 - exp(-\lambda_e^v t_e)]}{Y_v \lambda_e^v} \tag{1.29}$$

$$C_p(2) = 3.15 \times 10^7 \dot{Q}(W_D + W_W) B_v \frac{[1 - exp(-\lambda_e^s t_b)]}{p\lambda_e^s} \tag{1.30}$$

$$C_p(3) = 3.15 \times 10^7 \dot{Q}(W_D + W_W) B_{vs} \frac{[1 - exp(-\lambda_e^s t_b)]}{p\lambda_e^s} \tag{1.31}$$

$$C_g = \left(C_p(1) + C_p(2)\right) \tag{1.32}$$

$$C_s = [C_p(1) + C_p(3)]\, exp(-\lambda t_h) \tag{1.33}$$

式中，

B_{vs}—贮料的食用部分从土壤摄入核素的浓集因子；

其他符合意义同上。

表 4　食入途径所致剂量计算中参数的取值

参数符号	取值
T_v	蔬菜取 1，其他作物取 0.1。
t_h	蔬菜取 2.7×10^{-3}，其他作物取 8.2×10^{-2}。
R	铯元素取值为 0.5，非铯元素取值为 0.2。
λ^v	17
λ^s	0.01
Y_v	蔬菜鲜重取 2.0，其他作物鲜重取 0.6。
B_v	2×10^{-3}
p	240
Q_f	牛取 14，羊取 1.5，猪取 4.2，家禽取 0.12。
f_s	牛羊取 80%，猪取 30%，家禽取 60%。

1.3 大气途径剂量估算模式

（1）空气浸没外照射剂量

空气浸没外照射年全身剂量由下式计算：

$$D_1 = 3.15 \times 10^7 S_F C G_1 \tag{1.34}$$

$$C = \dot{Q}\left(\frac{\bar{X}}{\dot{Q}}\right) \tag{1.35}$$

式中：

D_1：空气浸没外照射年全身剂量，Sv/a；

S_F：建筑物屏蔽产生的剂量减弱因子，取 0.7；

C：核素空气浓度，Bq/m^3；

G_1：烟云浸没照射剂量转换因子，$Sv/(s\cdot Bq\cdot m^{-3})$；

其余符号意义同前。

（2）地表沉积外照射剂量

地表沉积外照射剂量由下式计算

$$D_2 = 3.15 \times 10^7 S_F C_g G_2 \tag{1.36}$$

$$C_g = \frac{3.15 \times 10^7 \dot{Q}(W_D + W_W)}{\lambda_e^s}[1 - exp(-\lambda_e^s t_b)] \quad (1.37)$$

式中：

D_2：地表沉积外照射年全身剂量，Sv/a；

C_g：地表面放射性核素沉积量，Bq/m^2；

S_F：建筑物屏蔽产生的剂量减弱因子，取值为 0.7；

G_2：地面沉积外照射剂量转换因子，Sv/(s·Bq·m^{-2})；

λ_e^s：放射性核素从土壤表面清除的有效速率常数，a^{-1}；

t_b：放射性核素在地面的累积时间（取设施寿期的中点），a；

λ：放射性核素衰变常数，a^{-1}；

其余符号意义同前。

（3）吸入内照射剂量

吸入污染空气产生的年待积有效剂量由下式计算：

$$D_3 = R_a C G_3 \quad (1.38)$$

式中：

D_3：吸入产生的年待积有效剂量，Sv/a；

R_a：个人年空气摄入量（幼儿和儿童 1.4×10^3，少年 5.5×10^3，成人 8.0×10^3），m^3/a；

G_3：吸入剂量转换因子，Sv/Bq；

（4）食入内照射剂量

$$D_4 = G_4 \sum_P U_P f_P C_P \quad (1.39)$$

式中：

D_4：食入污染食物产生的年待积有效剂量，Sv/a；

G_4：食入剂量转换因子，Sv/Bq；

U_P：对 P 类农产品的年摄入量，kg/a；

f_P：食入有关地区生产的 P 类农产品的份额；

C_P：P 类农产品中放射性核素浓度，Bq/kg。

（5）个人有效剂量

个人有效剂量由下式计算：

$$D_5 = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \tag{1.40}$$

式中：

D_1：空气浸没外照射剂量，Sv/a；

D_2：地表沉积外照射剂量，Sv/a；

D_3：吸入产生的年待积有效剂量，Sv/a；

D_4：食入污染食物产生的年待积有效剂量，Sv/a；

D_5：个人有效剂量，Sv/a。

2 事故条件下的剂量估算

2.1 烟羽浸没剂量

事故时第 i 时段内下风向某距离处的烟羽浸没有效剂量为：

$$D_{i,n}^{imm}(x) = \left(\frac{x}{Q}\right)_i Q_{i,n} S_F G_1 \tag{2.1}$$

式中，$D_{i,n}^{imm}(x)$为第 i 时段内，下风向距离x处烟羽中 n 核素经烟羽浸没途径所致的个人有效剂量，Sv；$\left(\frac{x}{Q}\right)_i$为第 i 时段的事故扩散因子，s/m^3；$Q_{i,n}$为第 i 时段内 n 核素的排放总量，Bq；$S_F$为建筑物屏蔽因子（见表 5）,其余符号意义同前。

表 5　建筑物屏蔽因子

时段	个人	群体
0~8 小时	1	0.7

2.2 地面沉积外照射剂量

事故时第 i 时段内下风向某距离处地面沉积所致的有效剂量为：

$$D_{i,n}^{G}(x) = \left[W_{d,i,n} + W_{w,i,n}\frac{t_i}{T_i}\right] T_{i,e} Q_{i,n} G_2 \tag{2.2}$$

式中，$D_{i,n}^{G}(x)$为第 i 时段内，下风向距离x处的个体受到 n 核素经地面沉积照射途径所致的个人有所剂量，Sv；T_i和t_i分别表示第 i 时段的时间长度和降雨时间长度，h；$T_{i,e}$为第 i 时段内个人在污染地面上的暴露时间（$T_{i,e} \le T_i$），s；这里取$T_{i,e} = T_i$，其余符号意义同前。

2.3 烟羽吸入剂量

事故时第 i 时段内下风向某距离处地面沉积所致的有效剂量为：

$$D_{i,n}^{inh,a}(x) = \left(\frac{x}{Q}\right)_i \cdot Q_{i,n} \cdot R_a \cdot G_3 \qquad (2.3)$$

式中，$D_{i,n}^{inh,a}(x)$为第 i 时段内，下风向距离x处的个体吸入烟羽中 n 核素所致的个人有效剂量，Sv；R_a为a年龄组事故情况下个人的空气摄入率（见表 6），m^3/s，其余符号意义同前。

表 6　各年龄组的空气摄入率（$m^3 \cdot s^{-1}$）

释放时间	婴儿	幼儿	少年	成人
0—8 小时	9.72×10^{-5}	1.58×10^{-4}	8.11×10^{-4}	8.33×10^{-4}

2.5 剂量转换因子

报告中各核素采用的剂量转换因子见表 7 和表 8。

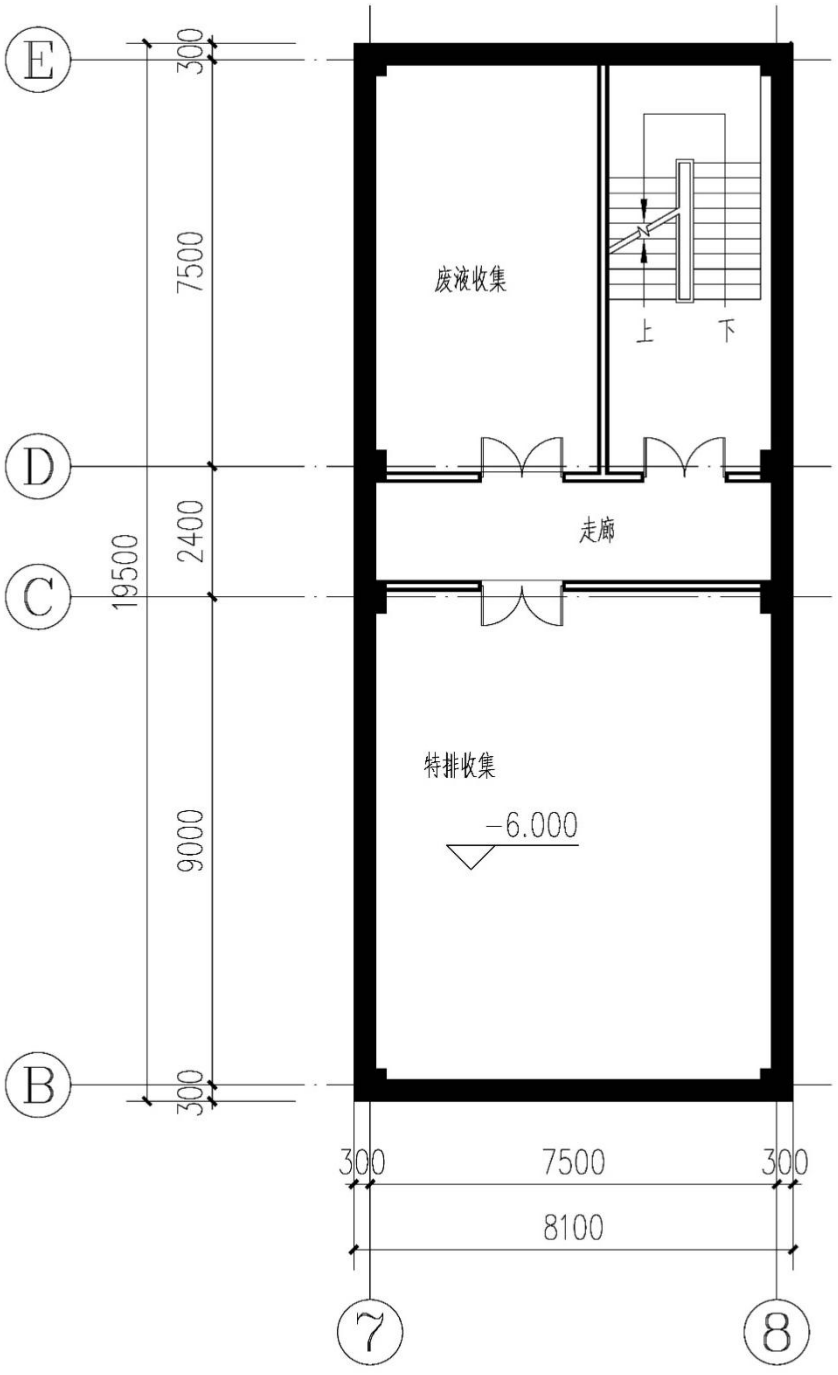
表 7 吸入剂量转换因子

核素	吸入剂量转换因子，Sv/Bq				烟云浸没剂量转换因子 Sv/s·Bq·m^{-3}
	婴儿	幼儿	少年	成人	
Co-60	4.20E-08	3.40E-08	1.50E-08	1.00E-08	1.26E-13
Cs-137	9.00E-09	7.50E-09	3.10E-09	2.10E-09	7.74E-18
Mn-54	5.20E-09	4.10E-09	1.50E-09	8.50E-10	4.09E-14
Nb-95	6.80E-09	5.20E-09	2.20E-09	1.50E-09	3.81E-14
Co-58	7.30E-09	6.50E-09	2.40E-09	1.60E-09	4.76E-14
Ag-110m	3.50E-08	2.80E-08	9.70E-09	5.50E-09	1.36E-13
U-238	1.90E-06	8.20E-07	7.40E-07	5.00E-07	3.41E-18
Pu-239	8.00E-05	7.70E-05	4.80E-05	5.00E-05	4.24E-18
Pu-241	9.10E-07	9.70E-07	8.60E-07	9.00E-07	7.25E-20

表 8 食入剂量转换因子

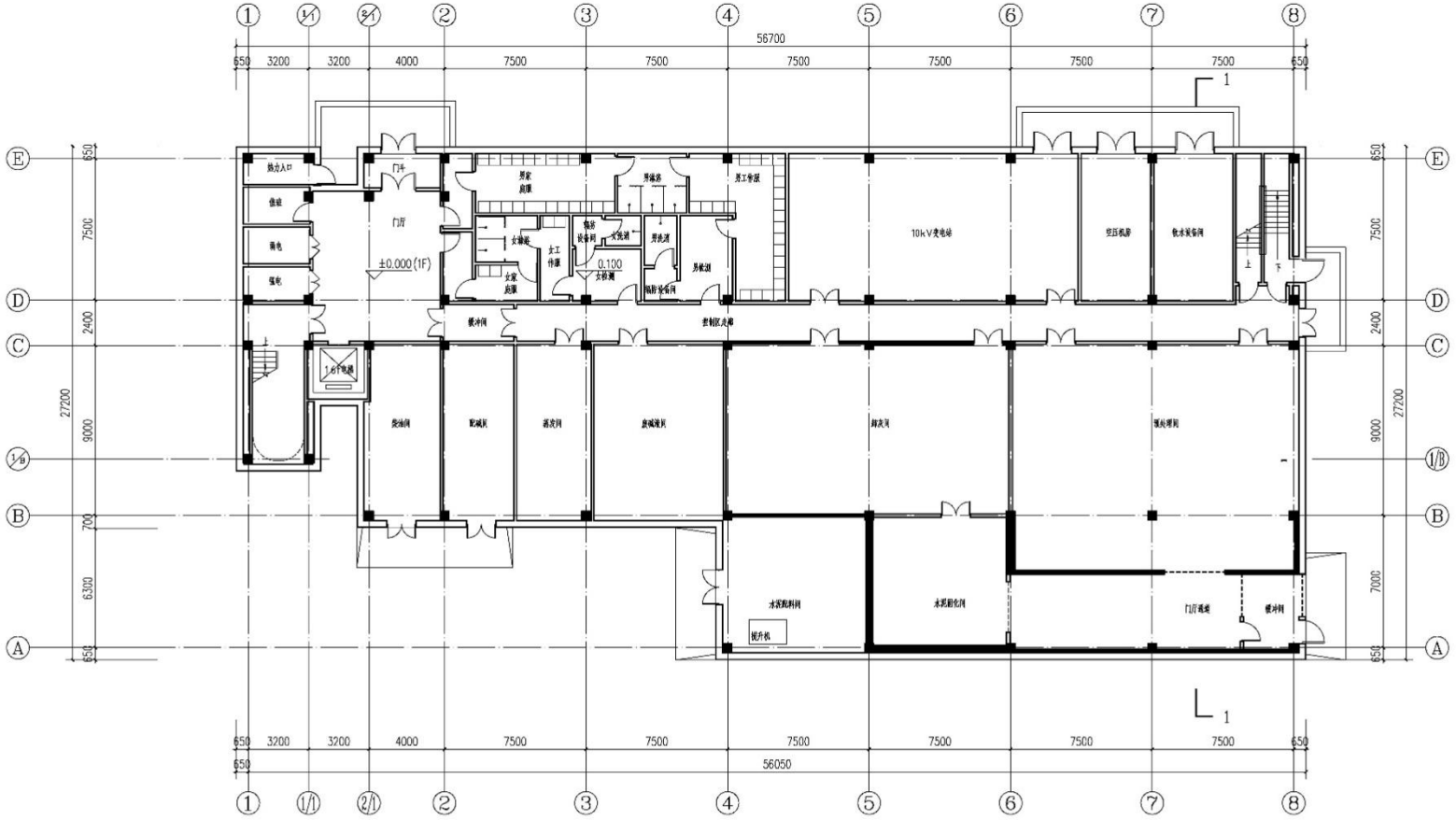
核素	食入剂量转换因子，Sv/Bq				地面沉积剂量转换因子 Sv/s·Bq·m^{-2}
	婴儿	幼儿	少年	成人	
Co-60	5.40E-08	2.70E-08	1.10E-08	3.40E-09	2.35E-15
Cs-137	2.10E-08	1.20E-08	1.30E-08	1.30E-08	2.85E-19
Mn-54	5.40E-09	3.10E-09	1.30E-09	7.10E-10	8.12E-16
Nb-95	4.60E-09	3.20E-09	1.10E-09	5.80E-10	7.48E-16
Co-58	7.30E-09	4.40E-09	1.70E-09	7.40E-10	9.50E-16
Ag-110m	2.40E-08	1.40E-08	5.20E-09	2.80E-09	2.65E-15
U-238	3.40E-07	1.20E-07	6.80E-08	4.50E-08	5.51E-19
Pu-239	3.50E-07	8.50E-08	7.10E-08	4.70E-08	3.67E-19
Pu-241	5.60E-08	5.70E-09	5.10E-09	4.80E-09	1.93E-21

附图 1 低放可燃废物焚烧厂房地下一层平面布置图

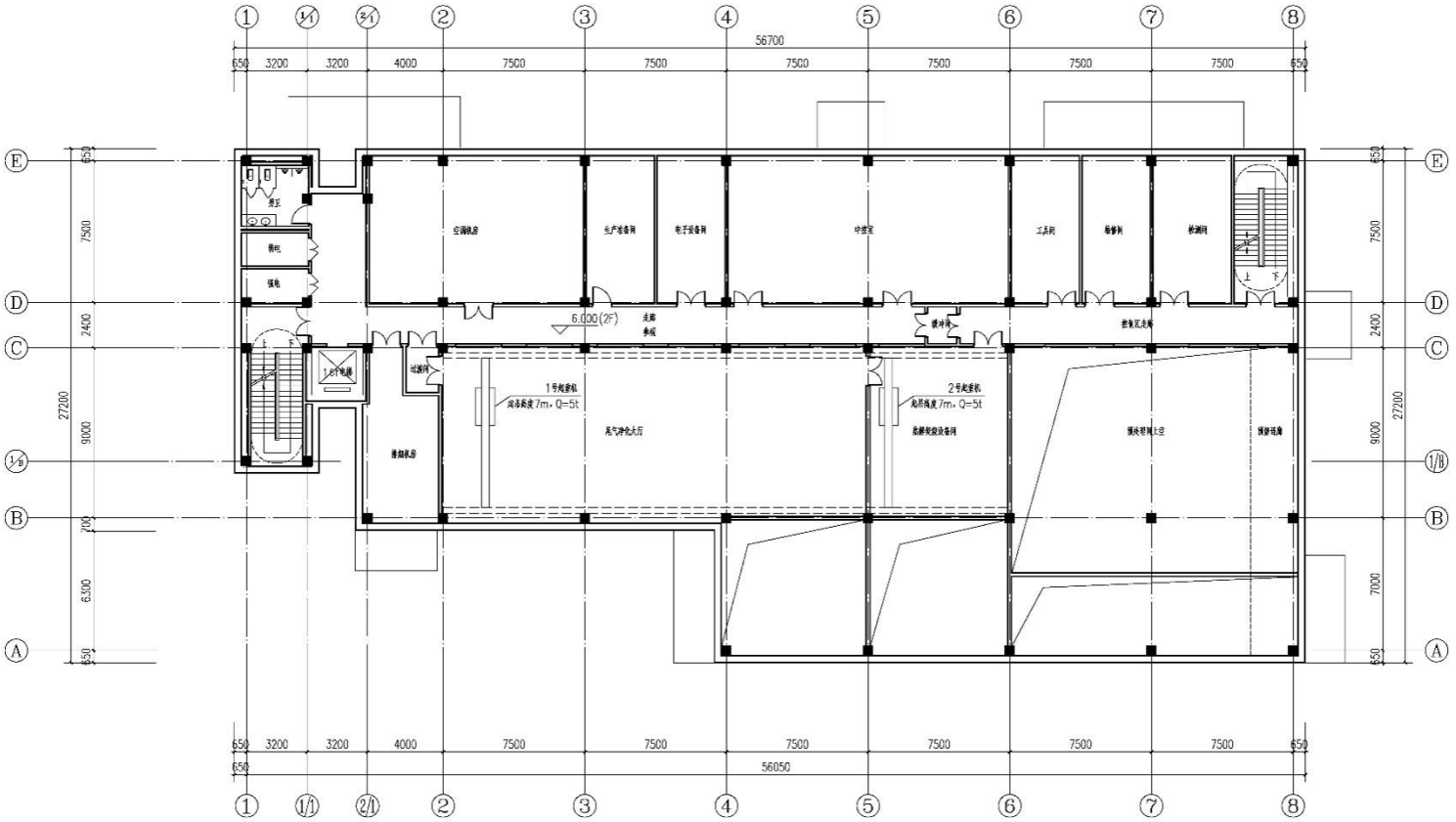


低放可燃废物焚烧厂房　　地下一层平面图　1:150

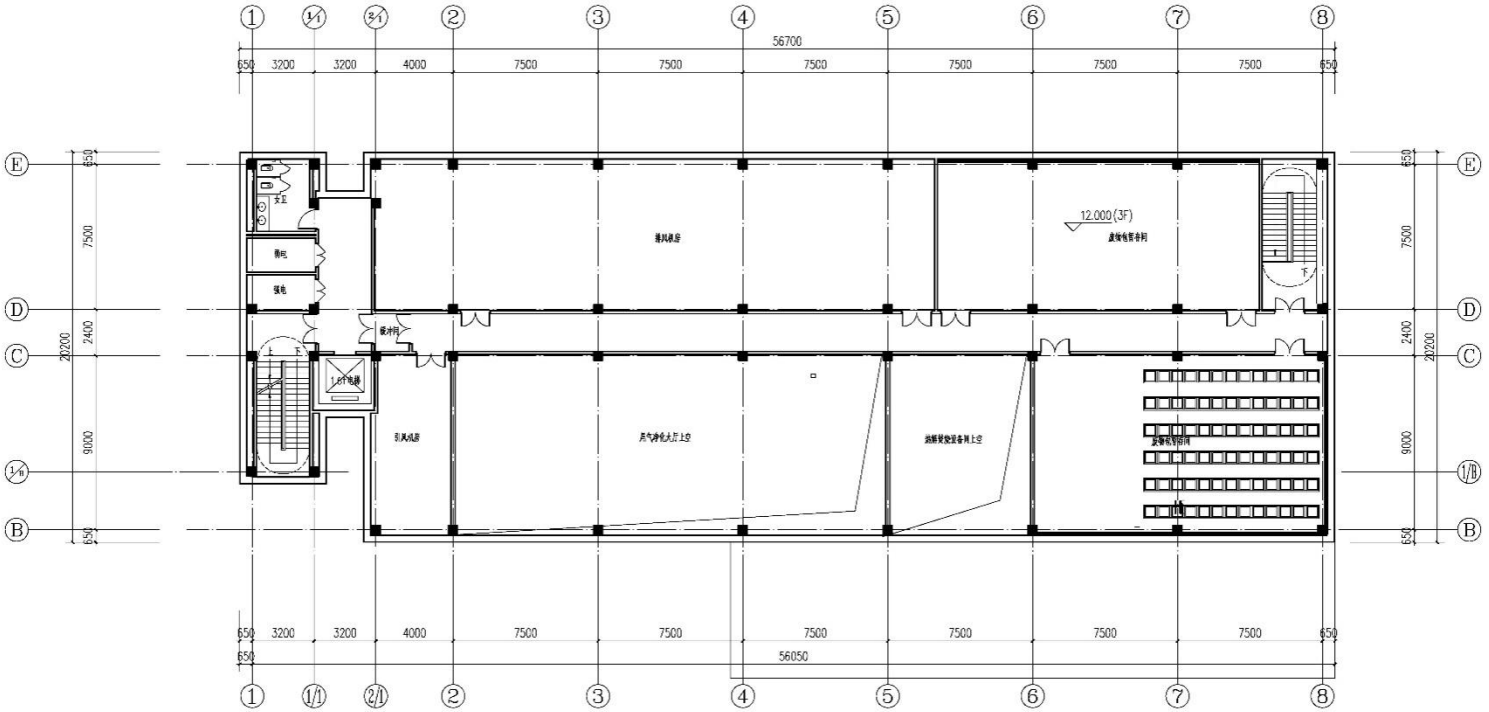
附图 2 低放可燃废物焚烧厂房一层平面布置图



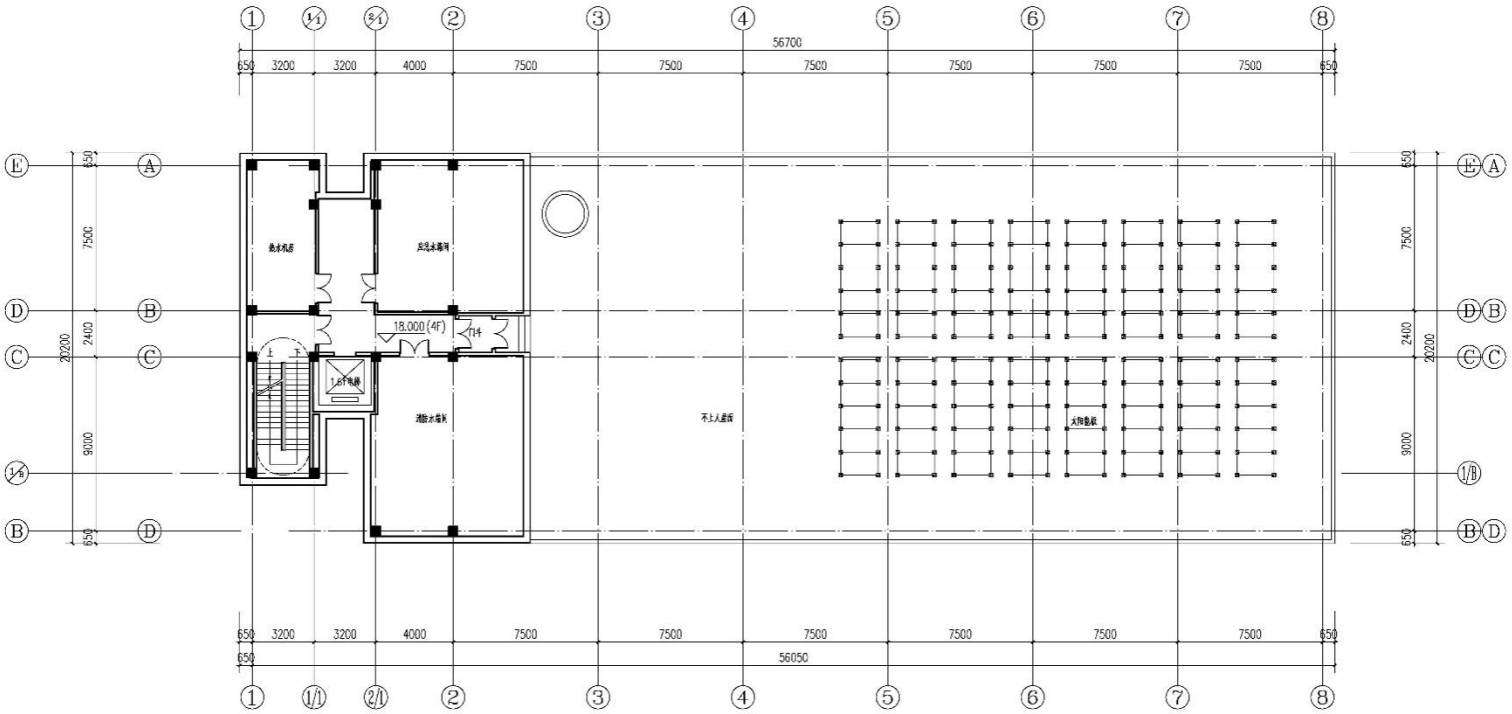
附图 3 低放可燃废物焚烧厂房二层平面布置图



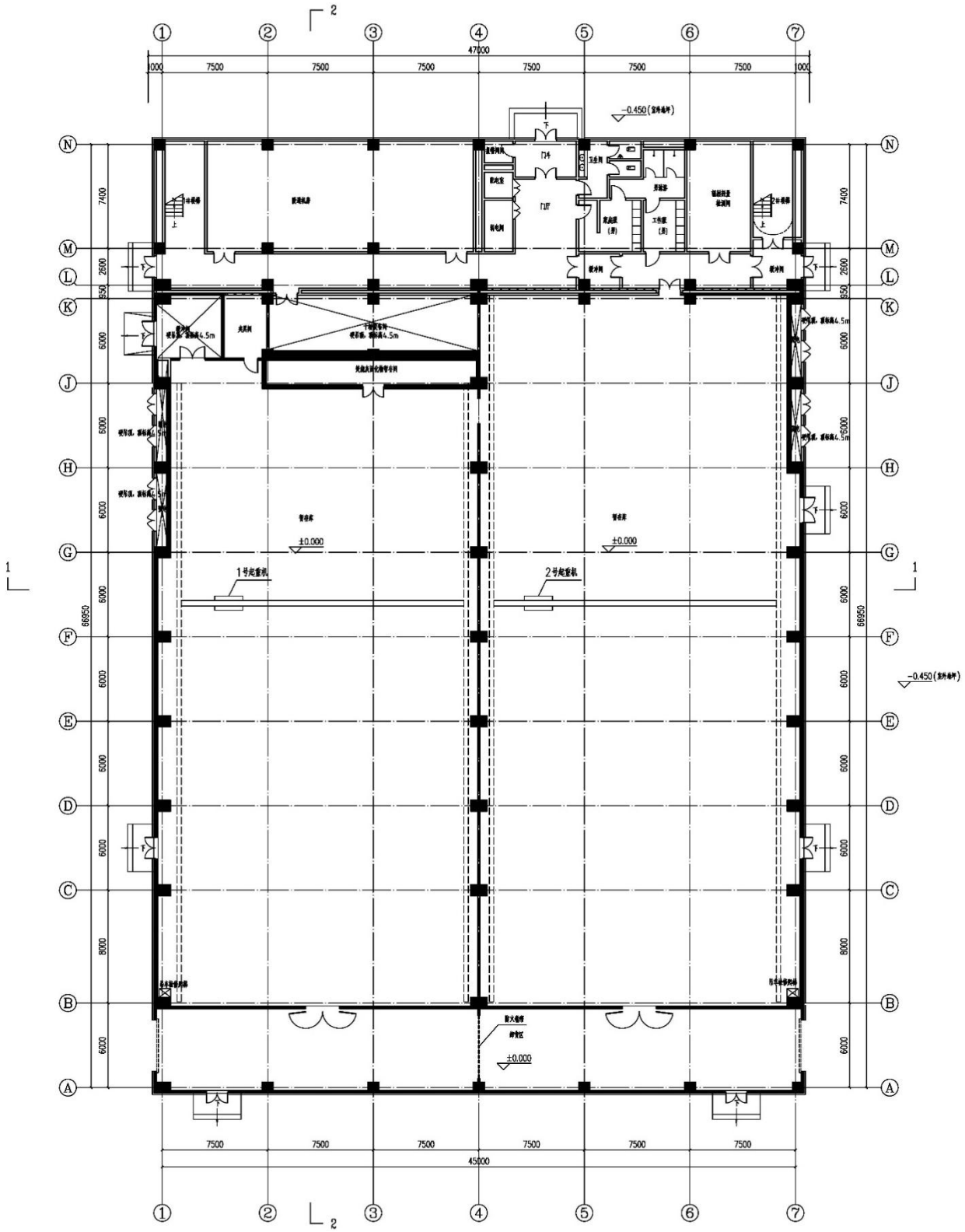
附图 4 低放可燃废物焚烧厂房三层平面布置图



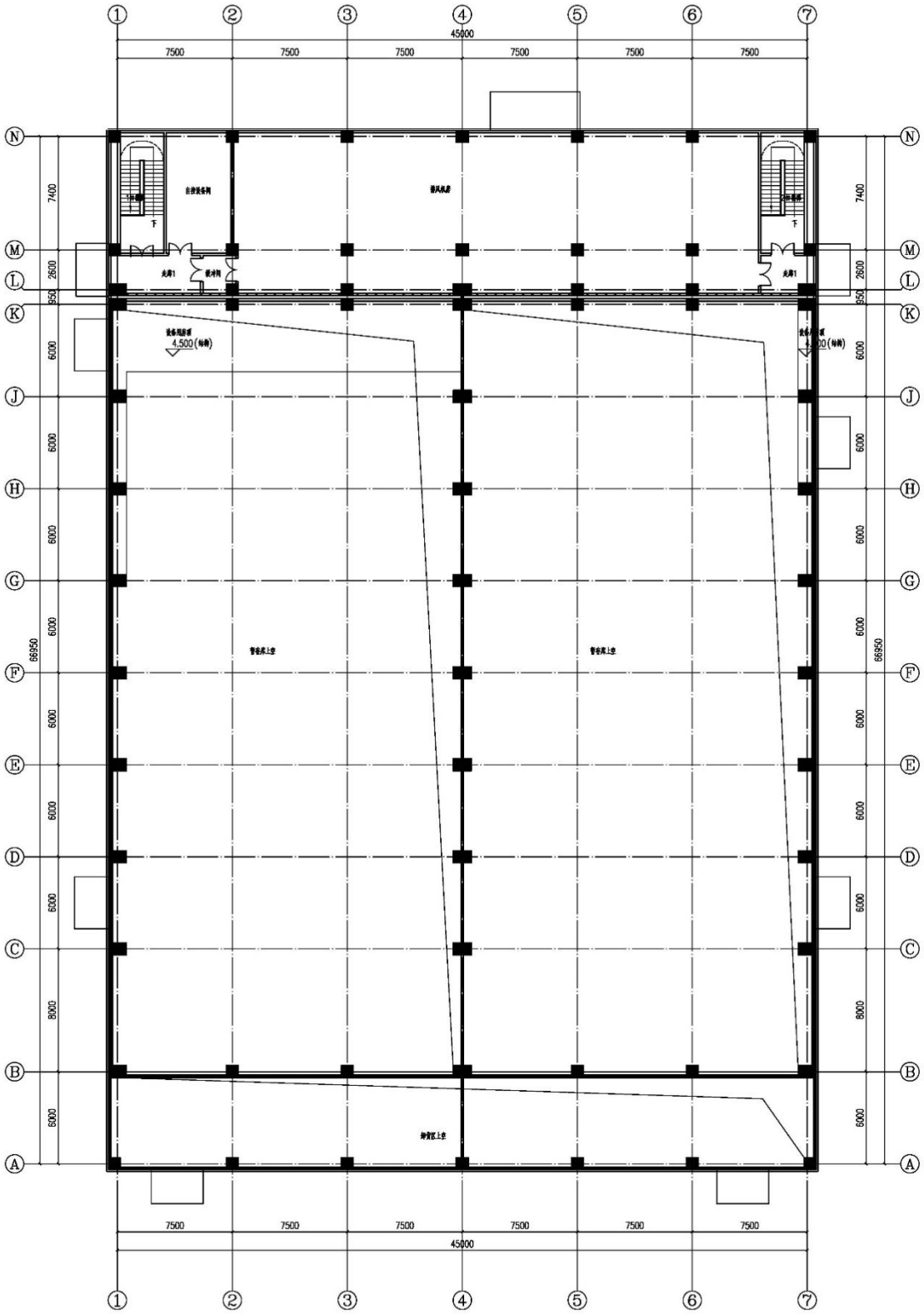
附图 5 低放可燃废物焚烧厂房屋面平面布置图



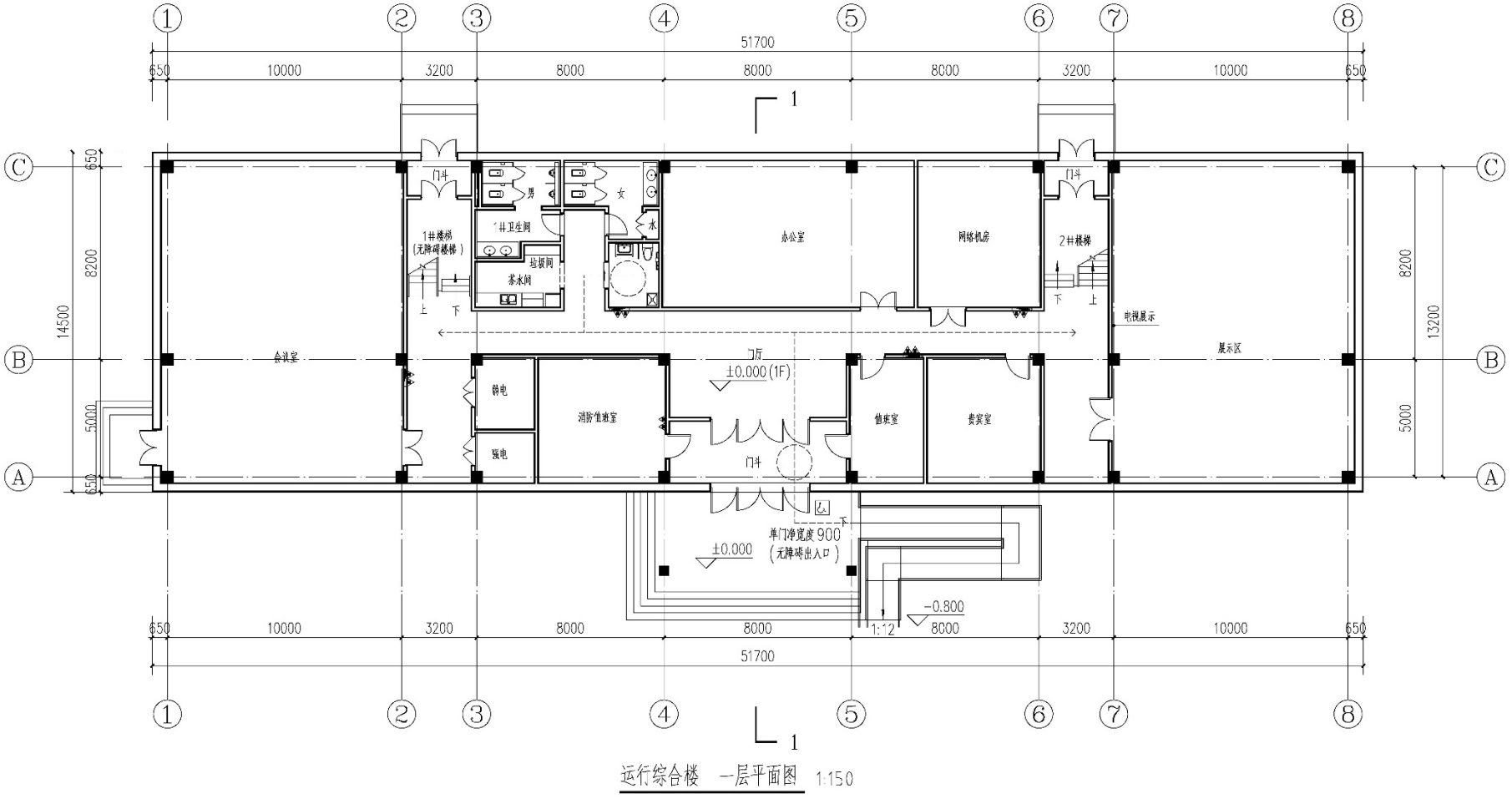
附图 6 低放废物暂存库一层平面布置图



附图 7 低放废物暂存库二层平面布置图

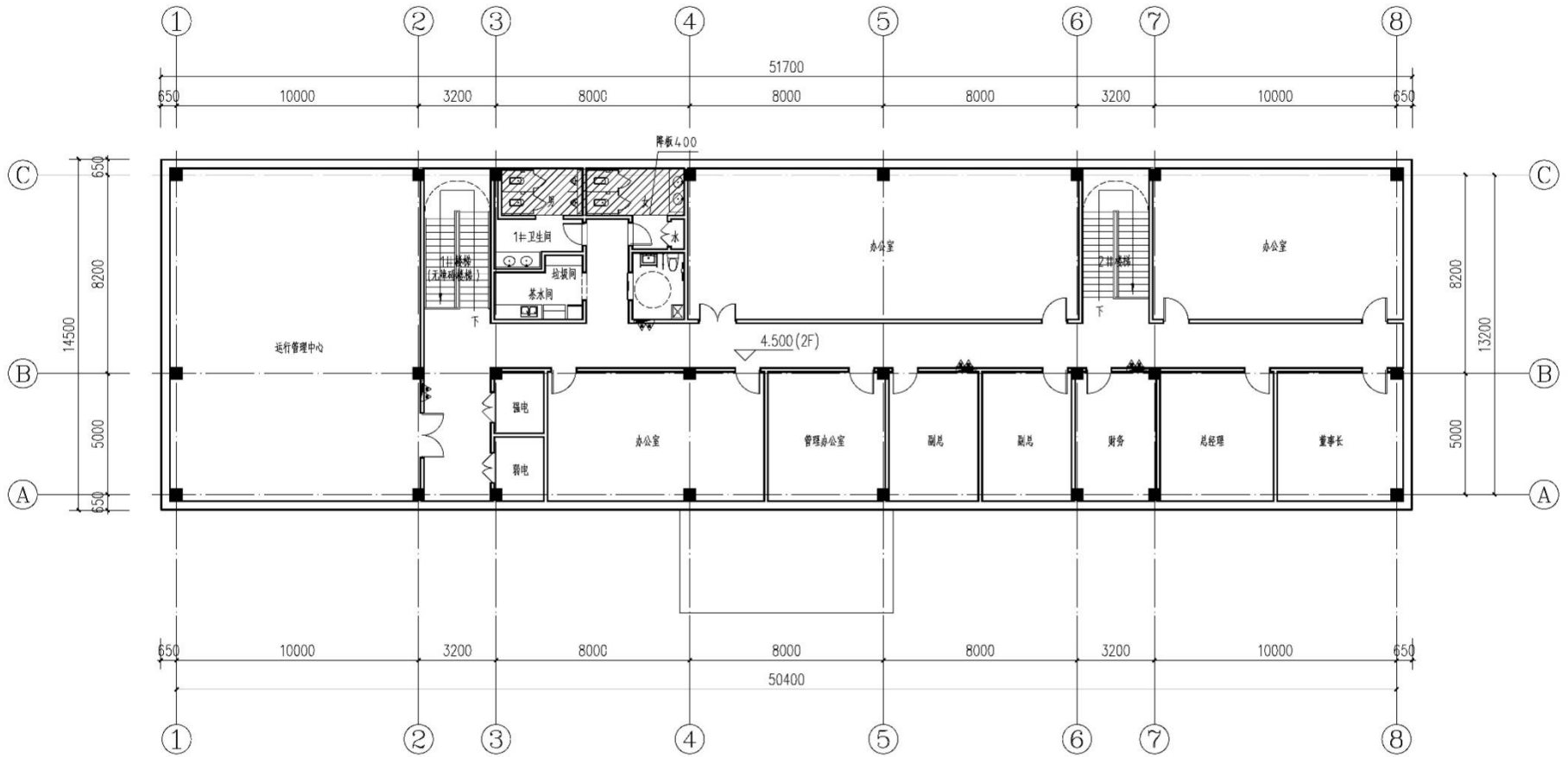


附图 8 运行综合楼一层平面布置图



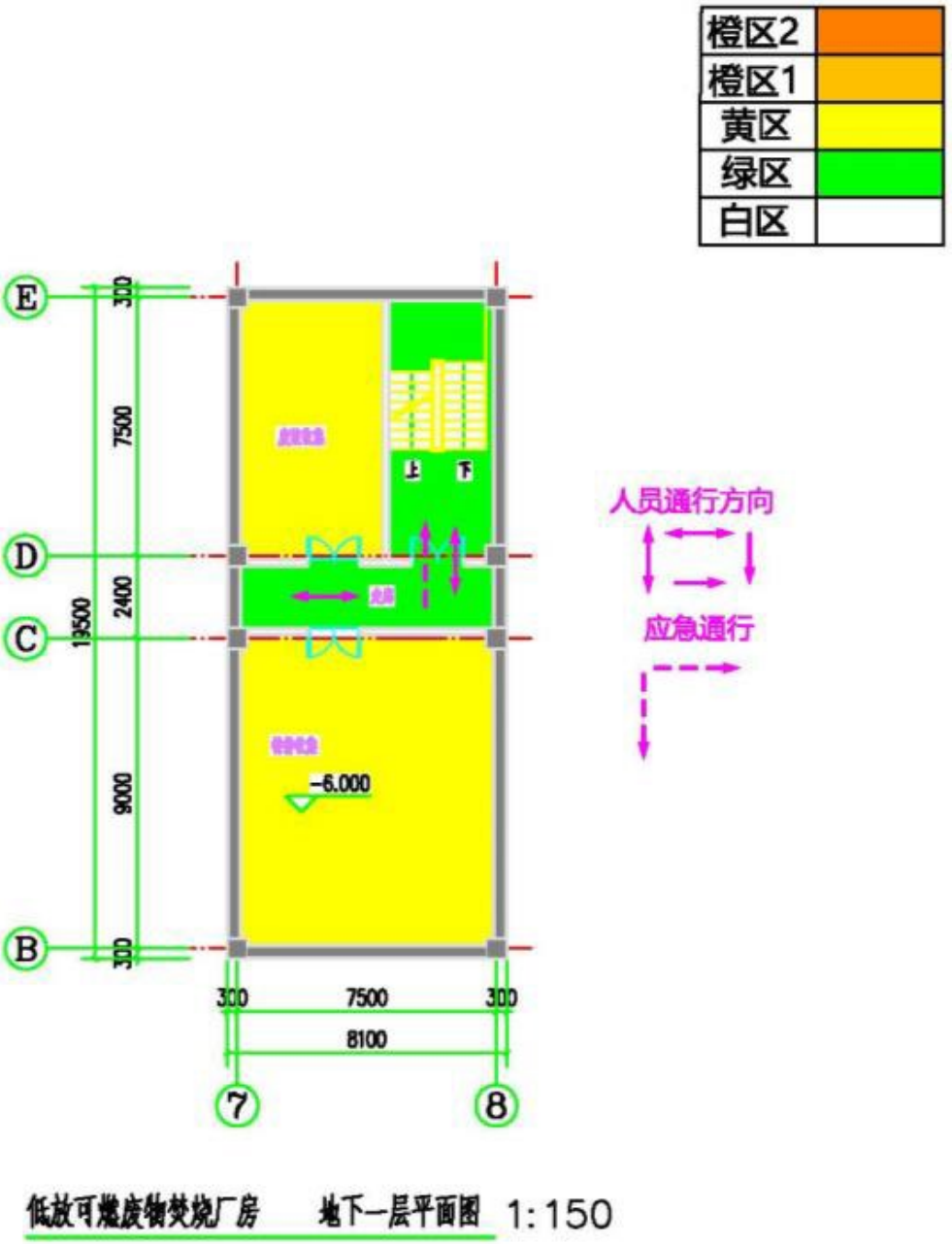
运行综合楼 一层平面图 1:150

附图 9 运行综合楼二层平面布置图



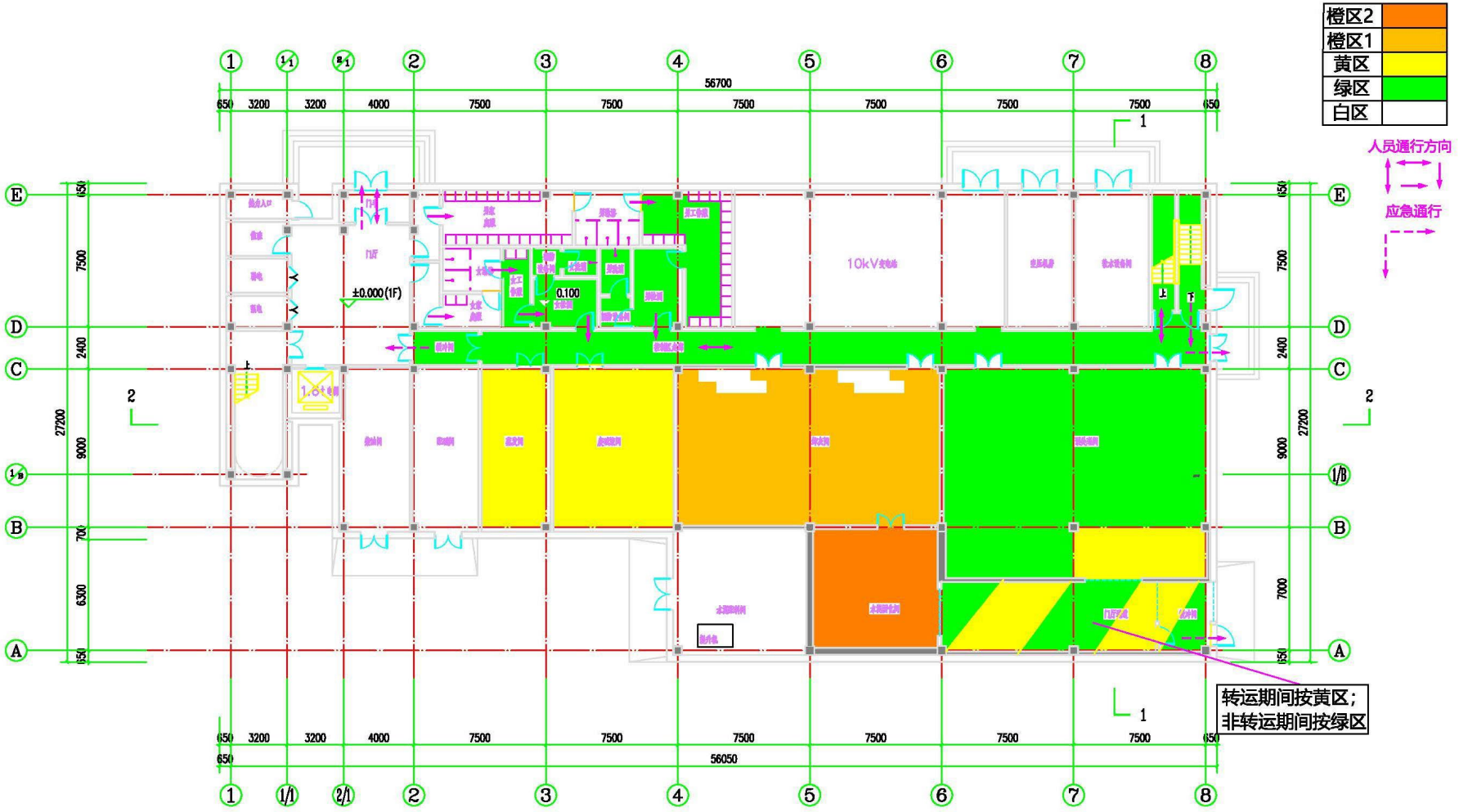
运行综合楼 二层平面图 1:150

附图 10 低放可燃废物焚烧厂房地下一层辐射防护分区图

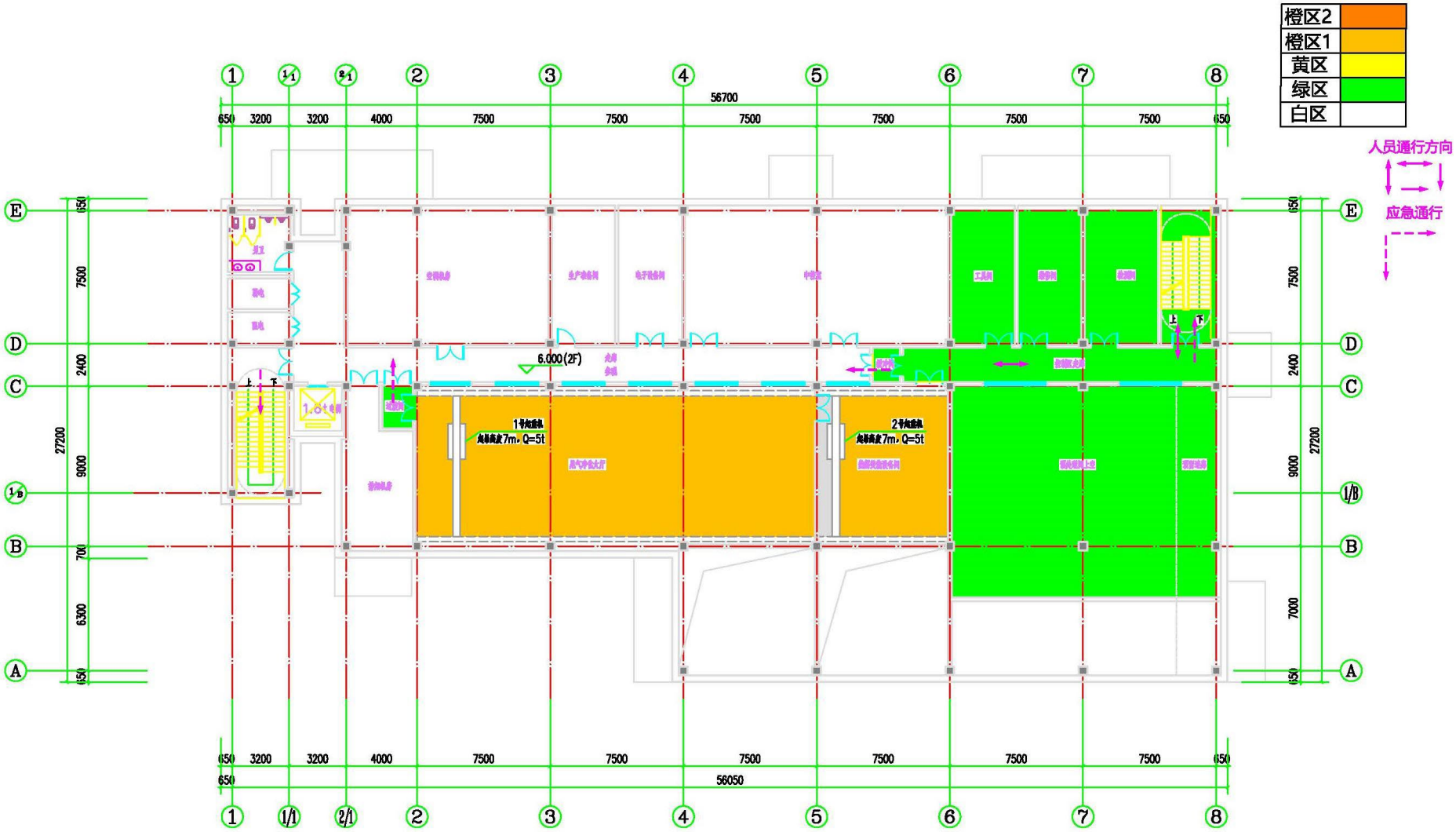


低放可燃废物焚烧厂房　　地下一层平面图　1:150

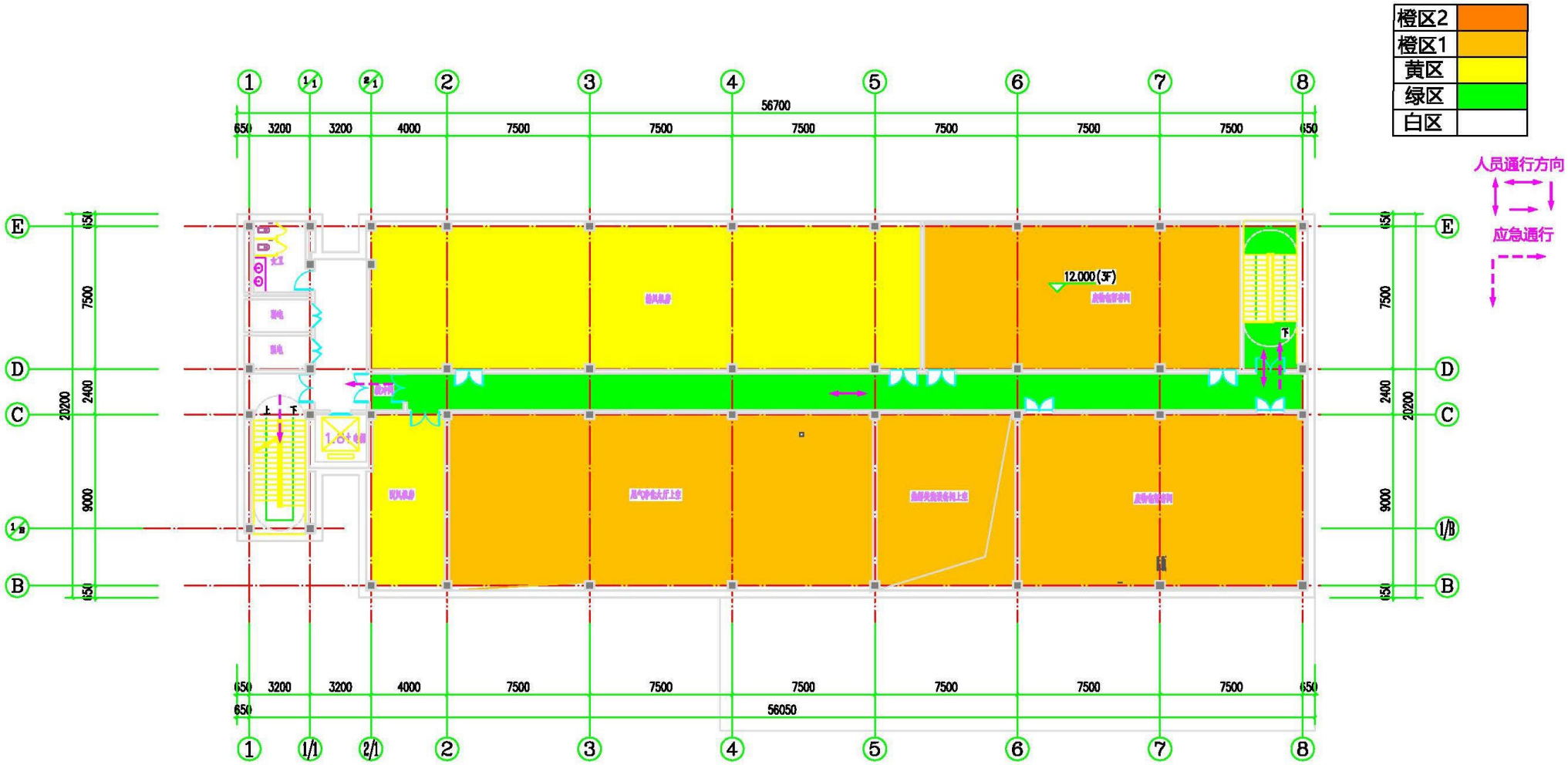
附图 11 低放可燃废物焚烧厂房地上一层辐射防护分区图



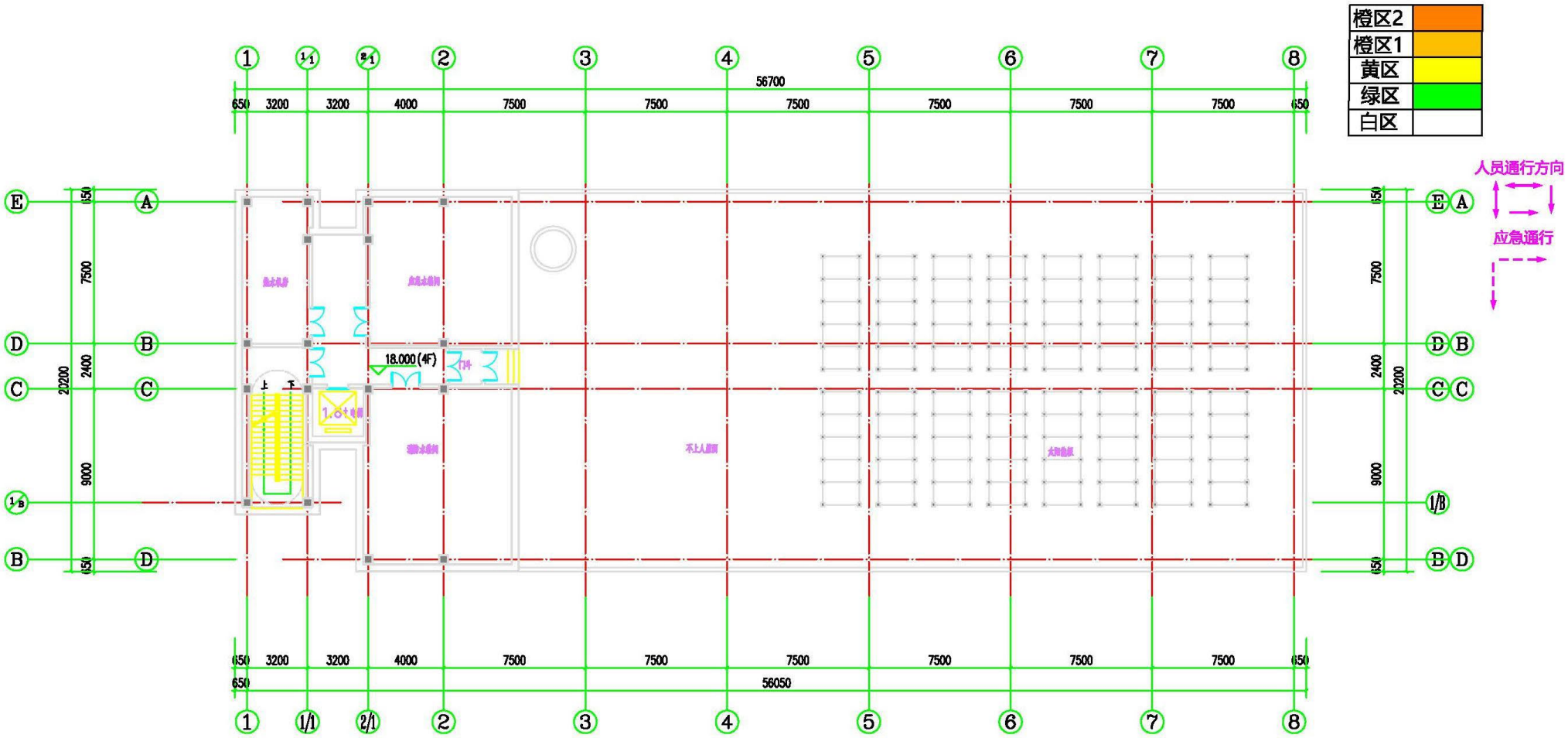
附图 12 低放可燃废物焚烧厂房地上二层辐射防护分区图



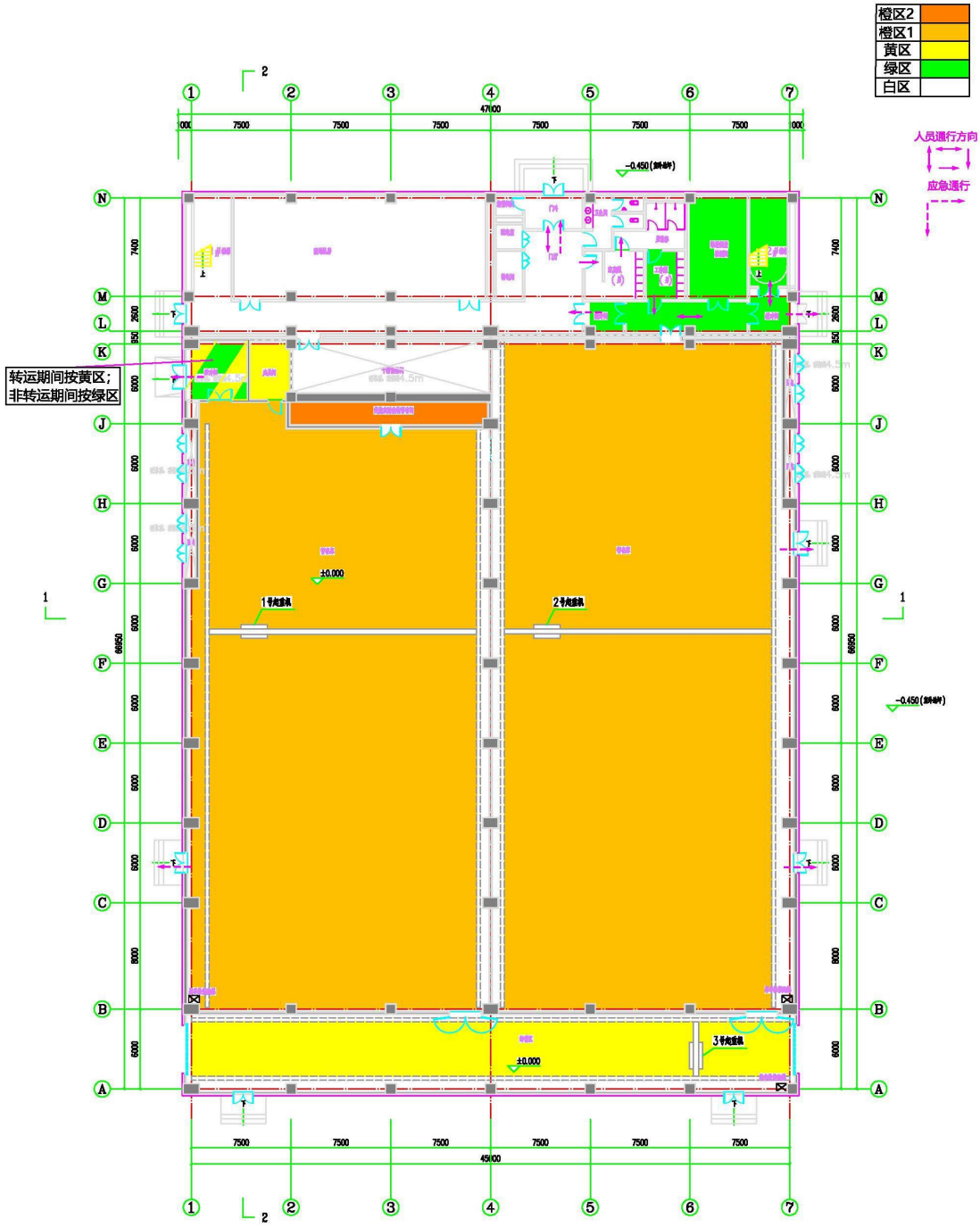
附图 13 低放可燃废物焚烧厂房地上三层辐射防护分区图



附图 14 低放可燃废物焚烧厂房屋面辐射防护分区图



附图 15 低放废物暂存库地上一层辐射防护分区图



附图 16 低放废物暂存库地上二层辐射防护分区图

