

版次：A

# 金塔低放废物贮存库建设项目 环境影响报告表

建设单位：中核清原环境技术工程有限责任公司

编制单位：中国辐射防护研究院

编制日期：二〇二〇年十月



金塔低放废物贮存库建设项目环境影响报告表  
编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	金塔低放废物贮存库建设项目		
建设项目类别	50_187 放射性废物贮存、处理或处置		
环境影响评价文件类型	环境影响报告表		
一、建设项目情况			
建设单位（签章）	中核清原环境技术工程有限责任公司		
法定代表人或主要负责人（签字）			
主管人员及联系电话	吴宏，010-68068099		
二、编制单位情况			
主持编制单位名称（签章）	中国辐射防护研究院		
社会信用代码	121000004058003644		
法定代表人（签章）	刘群		
三、编制人员情况			
编制主持人及联系方式	赵杨军：0351-2202217		
1.编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
赵杨军	12351443511140222	BH022672	赵杨军
2.主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵杨军	建设项目基本情况、环境质量状况、评价使用标准、项目工程分析、环境影响分析、结论与承诺	BH022672	赵杨军
王彦	建设项目所在地自然环境社会环境简况、项目主要污染物产生及预计排放情况、项目拟采取的防治措施及预期治理效果	BH022677	王彦
罗恺	环境质量状况、项目拟采取的防治措施及预期治理效果	BH022616	罗恺



## 目 录

1	建设项目基本情况.....	1
2	建设项目所在地自然、社会环境简况.....	9
3	环境质量状况.....	18
4	评价适用标准.....	24
5	项目工程分析.....	27
6	项目主要污染物产生及预计排放情况.....	51
7	环境影响分析.....	52
8	项目拟采取的防治措施及预期治理效果.....	60
9	结论与承诺.....	61
	审批意见表.....	63
	附图一 一层平面布局图.....	64
	附图二 二层平面布局图.....	65
	附图三 平剖面布局图.....	66
	附图四 地下排风机房布局图.....	67
	附录 I 大气弥散和气载途径剂量估算模式.....	68

## 1 建设项目基本情况

项目名称	金塔低放废物贮存库建设项目				
建设单位	中核清原环境技术工程有限责任公司				
法人代表	王海良	联系人		吴宏	
通讯地址	北京市西城区月坛北街乙1号				
联系电话	010-68068099	传真	010-68011703	邮政编码	100037
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设性质	新建		行业类别及代码	核工业，32	
建筑面积	7378m <sup>2</sup>		绿化面积	/	
总投资（万元）	7845	环保投资（万元）	1631	环保投资占总投资比例	20.8%
评价经费（万元）	/		预期投产日期	2021年12月	

### 1.1 建设单位基本情况

中核清原环境技术工程有限责任公司（简称：清原公司）位于北京市西城区，成立于1995年，是中国核工业集团有限公司核环保工程产业板块的专业工程公司。清原公司经国家授权从事核设施退役、放射性废物处理、放射性废物处置场建设运行、放射性物质运输，以及与放射性物质处置、运输相关的包装容器研发和销售等业务，是目前国内唯一有资质在上述领域实施海外工程的公司。

清原公司主要业务是向核电、核燃料循环、核技术应用相关行业提供核设施退役、放射性“三废”处理、放射性物质运输、放射性废物处置、环境治理工程技术服务等。建立了以公路运输为主、铁路为辅的乏燃料等各种放射性物质运输体系，在废物处置实践中建立了低中放射性废物处置选址到运行全流程技术体系和辐射防护、环境监测、质量保证与应急等体系；正在运行的低中放废物处置场2座，分别为西北处置场、飞凤山处置场；承担并完成废放射源治理、广东省放射性废物暂存库的建设，核工业西北废源库的建设和运行，完成了国家废源集中贮存库的建设等；开展了适用于放射性物质运输和废物处置的核行业专用钢桶、钢箱、混凝土桶/箱系列标准包装容器的开发研制，性能检验和试验技术的研究与实践，以及相关标准的制订与修订。

清原公司目前已接收和处置国内超过4万m<sup>3</sup>低中放固体废物，培养了一支专业化的废物处置运行人才队伍，在放射性废物处置方面积累了建造和处置运行经验。

## 1.2 项目任务及由来

根据中核环保有限公司组织编制的《中核集团金塔环保产业园规划方案》，清原公司拟在甘肃金塔核环保产业园开展金塔处置场一期一阶段项目的建设，本项目为其中的低放废物贮存库建设项目，低放固体废物贮存容量 4000m<sup>3</sup>。接收贮存来自中核、广核、国电投下属核电厂运行阶段产生的低放可燃废物与水泥固化/固定体废物，202、504 等核燃料系统产生的低放固体废物，并为甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段建设项目形成配套的废物倒装、暂存能力，包括：

### (1) 为低放固体废物减容处理设施提前储备待处理废物

根据中核集团完成的甘肃金塔核环保产业园规划，为响应国家对于废物最小化策略中的废物减容处理要求，将在产业园二期二阶段建设放射性固体废物减容处理项目，为核电厂运行过程中产生积累的大量可燃废物提供集中的焚烧处理。本项目的建设可以为后期废物减容处理项目提前储备待处理废物，提高减容处理设施运行效率。

### (2) 有效缓解核电厂低放固体废物的贮存压力

随着我国核电厂建造和运行速度的加快，其放射性固体废物管理面临的问题也在日益突出。依据《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB11928-1989）和《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》（GB14589-1993）的有关要求，低放固体废物在核电厂暂存库中的暂存时间不应超过 5 年。目前因为选址困难等问题，我国在核电大省建设低中放固体废物处置场的进度严重滞后，从而造成核电厂暂存的低放固体废物无处可去，积累量已接近或达到暂存库的设计容量，且暂存年限也已严重超期，项目的建设实施，可有效缓解各核电厂低放废物暂存压力大、外运难等问题，并可与低放废物处置单元相配套，为核电厂废物的外运、暂存、处置提供一体化服务。

### (3) 推动核燃料循环系统低放固体废物的处理处置

我国核燃料循环设施如 202 厂、504 厂等产生的低放废物中包括大量氟化钙渣等低放固体废物，这些氟化钙渣被临时贮存于废物暂存库中，主要核素为 U，有些氟化钙渣中还包括少量的 Sr-90、Cs-137、Pu-239 等，通过项目的建设，可以为这些废物中核素活度水平相对较低的废物提供临时贮存，便于后续废物处置的实施，以解决氟化钙渣的处理处置难题。

总体而言，本项目是金塔核环保产业园规划中的重要组成部分，可与低放废物处置场、极低放废物填埋场、废物减容处理设施配套形成产业园对低放废物的接收、贮存、减容、处置产业链，有效缓解我国核电厂废物暂存压力，提高废物减容处理设施运行效率，具有重要的经济和现实意义，项目建设十分必要。

根据《建设项目环境影响评价分类名录》（2018 年修订），本项目属于“187-新建独立的废物贮存设施”，应编制环境影响报告表。清原公司委托中国辐射防护研究院（以下简称“中辐院”）开展环境影响评价工作。接受本项目环境影响评价

工作委托后，中辐院根据清原公司提供的本项目相关资料，在调查项目现场及周边环境后，根据国家的法律法规和环境影响评价导则，编制本项目环境影响报告表。

本项目环境影响报告表编制目的是根据“甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段一金塔低放废物贮存库建设项目”相关资料，对低放废物贮存库可能造成的环境影响以及环境影响是否符合国家相关法律、法规做出评价。

### 1.3 项目建设内容

中国核工业集团有限公司在甘肃省酒泉市核技术产业园区成立中核集团金塔环保产业园，规划占地 958 亩，用于建设低放固体废物处置场、低放可燃废物焚烧站、固体废物超级压缩车间和极低放固体废物填埋场等设施。中核集团金塔环保产业园首期开展甘肃低水平放射性固体废物集中处置场、金塔极低放废物填埋场和金塔低放废物贮存库三个项目的一期一阶段建设。

本项目作为废物处置设施的配套设施，主要用于低放固体废物的倒装和暂存，位于甘肃省金塔核环保产业园内低放废物处置单元的南侧。项目投资 7854 万元，资金来源为自筹资金，新建总建筑面积：7378m<sup>2</sup>，新增工艺设备 72 台（套），项目建设周期 12 个月，预计 2021 年运行。本工程组成见表 1-1，项目新增工艺设备一览表见表 1-2。

表 1-1 项目工程组成和内容

项目		内容
主体工程	低放废物接收与贮存厂房	总长106.0m，总宽66.9m，屋面采用钢屋架，标高19.2m，局部采用混凝土结构坡屋面，标高9.55m。地上一层，局部两层，地下局部一层。共分为4个结构单元，结构尺寸为51.3m×24.6m、54.6m×24.6m、16.0m×5.2m、54.6m×36.9m。框架抗震墙结构，拟采用钢筋混凝土墙下条形基础和柱下独立基础，局部区域采用筏板基础。
	吊装大厅	暂存区、倒桶及开箱区、装卸区、吊具贮存区、无损检测区，设置50t数控双梁吊车两台，2t控双梁吊车一台
辅助工程	工艺用房	低放废物接收与暂存厂房控制室、处置吊车控制室
	辅助工艺用房	配电室、进风机房等房间组成
依托工程	水、电、暖	办公楼、污水处理站等设施依托甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段建设项目，该项目预计2021年底运行，届时可保证本工程运行。
	污水处理站	
	办公楼	

表 1-2 项目新增工艺设备一览表

序号	设备材料名称	主要技术特性	单位	数量
一	工艺设备			16
1	双梁吊车	起重量2t	台	1
2	数控双梁吊车	起重量50t	台	2
3	200L单桶抓具	/	套	2

4	400L单桶夹具	/	套	2
5	工具车	皮卡车	台	1
6	200L桶转运架	20个	套	1
7	400L桶转运架	20个	套	1
8	200L桶转运架吊具	/	套	2
9	400L桶转运架吊具	/	套	2
10	400L桶屏蔽容器	四桶，可自动开合	台	2
二	辐射工艺设备			56
1	区域 $\gamma$ 剂量率仪	测量范围0~10 <sup>5</sup> $\mu$ Gy/h; 能量范围50keV~2MeV; 能量响应 $\leq\pm 20\%$ ; 测量误差 $\leq\pm 10\%$ ; 电池 $>80$ h	台	7
2	辐射监测数据采集机柜	RS485-MODBUS 标准采集模块; 每台数据机柜采集模块定义为一套, 可以采集不少于 24 条 RS485-Modbus 总线, 每条 RS485 总线可连接设备不少于 16 台; 通讯稳定可靠, 误报率 $\leq 1\%$ , 数据丢包率 $\leq 1\%$ , 采集长期稳定一致性 $\geq 99\%$ ; 机柜中所有设备数据响应周期 $< 1$ s; 平均无故障时间不小于 12000 小时; 与仪控系统存在数据接口	台	1
3	辐射监测工作站	CPU: 2 $\times$ Intel Xeon4116, 12核, 主频2.1GHz; ; 内存: 内存插槽24个; 磁盘阵列RAID: 730-8i, 支持机柜安装; 硬盘: 混合硬盘, 系统盘使用固态硬盘, 容量不小于960G, 数据盘使用机械硬盘, 现场操作员站容量不小于4T; 显存: 8G	台	1
4	废物桶 $\gamma$ 无损检测设备	HPGe探测器、准直器、多道分析器、机械转台、计算机及分析软件	套	1
5	手脚污染监测仪	探测效率: $\alpha\geq 25\%$ ( <sup>239</sup> Pu); $\beta\geq 40\%$ ( <sup>90</sup> Sr- <sup>90</sup> Y) ( $2\pi$ 立体角)	台	2
6	入口剂量读出器	识别EPD并对其进行初始化; 自动存储剂量计信息及人员身份卡信息; 读出器配有液晶显示器, 可快速准确读取和显示剂量计信息	台	2
7	出口剂量读出器	自动读取并储存剂量计信息及人员身份卡信息, 剂量计信息至少包括剂量计编号、剂量率或累积剂量数据信息等	台	2
8	剂量计计算机及专用软件	市场主流配置的计算机; 专用软件对个人剂量监测数据进行管理, 包括实时剂量率、人员受照累积剂量、剂量数据分析、报告生成	台	1
9	便携式 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染测量仪	探测效率: $\alpha$ : $\geq 20\%$ , $\beta\geq 40\%$ ; ( <sup>239</sup> Pu, <sup>90</sup> Sr- <sup>90</sup> Y)	台	2
10	便携式长杆 $\gamma$ 剂量率仪	伸缩杆 $\gamma$ 剂量率探头: 10~10 <sup>5</sup> $\mu$ Sv/h; 供电方式: $>50$ h(充电电池或干电池); 报警阈值可调	套	2
11	移动式气溶胶活度测量仪	探测器类型: PIPS; 测量范围: $\alpha$ : 10-2~3.7 $\times 10^6$ Bq/m <sup>3</sup> ; $\beta$ : 1~3.7 $\times 10^6$ Bq/m <sup>3</sup> ; 能量范围: $\alpha$ : 2MeV~10MeV; $\beta$ : 80keV~2.5MeV	台	1
12	便携式气溶胶取样器	流量在300-1400L/min可调;; 过滤效率: 99.9%	台	2
13	便携式 $\gamma$ 剂量率测量仪	测量范围: 10 $\mu$ Sv/h~10 <sup>5</sup> $\mu$ Sv/h; 测量误差 $\leq\pm 10\%$	台	2

14	环境 $\gamma$ 剂量率测量仪	测量范围: 10nSv/h~100 $\mu$ Sv/h; 测量误差 $\leq\pm 10\%$	台	2
15	低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪	本底计数: $\alpha$ : $\leq 0.1\text{cpm}$ , $\beta$ : $\leq 1\text{cpm}$ ; 测量效率: $\alpha$ : $\geq 34\%$ (241Am); $\beta$ : $\geq 45\%$ ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ )	套	1
16	低本底 $\gamma$ 谱仪	探测器: P型HPGe; 相对测量效率: 60%; 峰-康比: P型66: 1 (1.33MeV); 多道脉冲幅度分析器和电子仪器; 道数 $\geq 8192$ 道; 液氮罐容积30升; 屏蔽容器; 分析计算机	套	1
17	烘箱	工作温度范围: 20~210 $^{\circ}\text{C}$ ; 温控精度: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ; ; 温度均匀性: $\pm 2^{\circ}\text{C}$	台	1
18	马弗炉	工作温度范围: 20~210 $^{\circ}\text{C}$ ; 温控精度: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ; ; 温度均匀性: $\pm 2^{\circ}\text{C}$	台	1
19	离心机	转速: 250-6000rpm; 时间: 1-30分钟; 转轴规格: 12 $\times$ 15ml	台	1
20	分析天平	测量范围: 0~200g; 精度: 0.1mg; 线性: $\leq\pm 0.2\text{mg}$	台	1
21	电子台秤	测量范围: 0~3000g; 精度: 0.01g; 线性: $\leq\pm 0.02\text{g}$	台	1
22	便携式PH计	pH值范围: 0-14; 分辨率: 0.01pH; 精度: 0.01pH; 数字显示	台	2
23	通风柜	排风速率: 650m $^3$ /h; 尺寸: 约1.5 $\times$ 0.9 $\times$ 2.5m (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)	台	4
24	实验边台	柜体: 喷漆冷轧钢板; 台面: 环氧树脂	个	5
25	实验中央台	柜体: 喷漆冷轧钢板; 台面: 环氧树脂	个	1
26	试剂柜	材料耐酸碱腐蚀; 尺寸: 6 $\times$ 9 $\times$ 20cm (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)	个	1
2	文件柜	柜体: 喷漆冷轧钢板, 带玻璃推拉门; 尺寸: 600 $\times$ 900 $\times$ 2000mm (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)	个	2
28	采样设备和样品容器	液体采样器及容器, 土壤采样器及容器	套	1
29	恒温干燥箱	容积不小于80L, 隔层不少于3层; 温度在室温至300 $^{\circ}\text{C}$ 可调, 数字显示, 超温保护功能	台	1
30	潜水泵	扬程: $\geq 49\text{m}$ ; 抽水流量: $\geq 3\text{m}^3/\text{h}$ ; ; 电压: 380V; 功率: $\leq 1.5\text{kW}$	台	4
合计				72

## 1.4 编制依据

### 1.4.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年；
- (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年；
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年；
- (4) 《中华人民共和国核安全法》，2017年；
- (5) 《放射性物品运输安全管理条例》，2010年；
- (6) 《放射性废物安全管理条例》，2011年；
- (7) 《建设项目环境保护管理条例》，2017年；
- (8) 《甘肃省辐射污染防治条例》，2015年；
- (9) 《放射性固体废物贮存和处置许可管理办法》，2019年修订；
- (10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》及其修改单，2018年；



(11)《放射性废物分类》，环保部公告第 65 号，2017 年。

#### 1.4.2 标准

- (1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，GB 18871-2002；
- (2)《核辐射环境质量评价一般规定》，GB 11215-1989；
- (3)《核设施流出物监测的一般规定》，GB 11217-1989；
- (4)《放射性物质安全运输规定》，GB 11806-2019；
- (5)《放射性废物体和废物包的特性鉴定》，EJ 1186-2005；
- (6)《放射性废物管理规定》，GB 14500-2002；
- (7)《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》，GB11928-89；
- (8)《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》，GB14589-1993；
- (9)《低、中水平放射性固体废物包安全标准》，GB12711-2018；
- (10)《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》，EJ 1042-2014；
- (11)《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢箱》，EJ 1076-2014；
- (12)《低、中水平放射性废物高完整性容器 球墨铸铁容器》GB36900.1-2018；
- (13)《低、中水平放射性废物高完整性容器 混凝土容器》GB36900.2-2018；
- (14)《低、中水平放射性废物高完整性容器 交联高密度聚乙烯容器》GB36900.3-2018；
- (15)《辐射环境监测技术规范》，HJ/T61-2001；
- (16)《环境空气质量标准》，GB 3095-2012；
- (17)《声环境质量标准》，GB 3096-2008；
- (18)《建筑施工场界环境噪声排放标准》，GB 12523-2011；
- (19)《工业企业厂界环境噪声排放标准》，GB 12348-2008；
- (20)《城市污水再生利用—城市杂用水水质》，GB/T 18920-2020；
- (21)《大气污染物综合排放标准》，(GB 16297-1996)。

#### 1.4.3 其他技术文件

- (1)《金塔低放废物贮存库建设项目安全分析报告》，2020 年 8 月；
- (2)《甘肃低水平放射性废物集中处置场一期一阶段建设项目场址周围人口、环境及外部人为事件调查和统计报告》，2020 年 9 月
- (3)《金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目可行性研究阶段水文地质调查报告》，2020 年 7 月；
- (4)《中核集团金塔环保产业园规划方案》，中核环保工程有限公司，2019 年 4 月；
- (5)本项目建议书以及其他相关资料。

#### 1.5 本次评价内容

本次评价只针对低放废物贮存库运行是否满足国家相关法规标准开展评价，废物的厂外运输及后续的处理、处置均不包含在本次评价范围内。

## 1.6 项目地理位置及选址合理性分析

本项目位于甘肃省酒泉市核技术产业园区内的中核金塔环保产业园内的南部。距金塔县西坝乡西北约 28.6km 处，距嘉峪关市（直线距离，下同）约 63km，距酒泉市约 66km，东南距金塔县约 51.7km，东南距西坝乡约 28.6km，西距玉门市约 98.9km，西南距昌马水库约 150km。项目评价区域内无风景游览地，也无重要的政治文化设施。厂址附近区域地质结构简单，稳定性好，适宜建筑。以厂址为中心半径的 25km 范围内无 4.7 级以上破坏地震的记录。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，场址半径 5km 范围的附近地区不存在地表能动断层，场址半径 25km 范围内不存在发震构造。因此，不存在影响场址可接受性的地震地质因素。

综上所述，本工程的建设选址合理。

## 1.7 利益-代价简要分析

### （1）利益分析

#### ①经济利益

项目正常运行后，废物产生单位须在向本暂存库运送废物之前向营运单位缴纳相应贮存费用。本项目的运行可接收贮存全国范围的核电厂运行、核燃料循环等活动产生的低放废物，降低废物在其产生单位的暂存时间，减少暂存厂房的基建规模，由此降低相关基建和运行投资。本项目的运行等可为国家增加税收，促进就业，推动当地经济发展。

#### ②践行国家政策

通过废物暂存库的建设，确保正在开展的甘肃低水平放射性废物集中处置场一期一阶段建设项目具备接收和贮存低放废物的能力，是企业践行国家“积极推动废物最小化技术的应用”规划发展的重要体现。

#### ③降低放射性废物对人员和环境的危害

确保在规定的场区控制期内对废物实现有效地隔离。所选工艺与设备成熟、可靠，在满足操作和安全的条件下，尽可能选用一般通用技术和标准设备，尽可能节省投资。

### （2）代价分析

低放废物贮存库运行过程中产生的  $\beta$ 、 $\gamma$  射线对工作人员和公众造成辐射。在采取相应的辐射防护措施后，可以保证  $\beta$ 、 $\gamma$  射线对人员辐照水平在标准范围内。

因此，从本项目的利益和代价分析，本项目具有经济效益、社会效益和环境效益，本项目的建设符合正当性。

### **1.8 评价范围**

经估算，低放废物贮存库在正常工况及事故下通过气载途径排入环境的放射性物质很少，对环境的影响很小，基本不产生放射性废水。同时参考已经建成的同类设施，评级范围以低放废物接收与贮存厂房屋顶排放筒为圆心，10km 为半径的圆形区域。



## 2 建设项目所在地自然、社会环境简况

### 2.1 地理位置

本贮存库项目建设地点位于甘肃省酒泉市核技术产业园区内，场址中心坐标为东经  $98^{\circ}34'49.78''$ ，北纬  $40^{\circ}19'30.31''$ 。场址位于甘肃省酒泉市金塔县西坝乡西北约 29km 处，南距嘉峪关市约 63km，距酒泉市约 66km，东南距金塔县约 50km，西距玉门市约 99km，西南距昌马水库约 150km。场址位置图见图 2-1。



图 2-1 项目场址地理位置示意图

### 2.2 地形地貌

场址区域上位于祁连山和马鬃山之间，靠近马鬃山。区域总的地势是北高南低，从北到南为侵蚀中高山地貌单元、山前剥蚀丘陵地貌单元，向南为宽阔的戈壁平原地貌单元，发育浅冲沟。

场址区域地势总体为北高南低，地形总体趋势平缓，坡度为  $1\sim 3\%$ ，局部略有起伏。场址区按地貌形态、成因分为剥蚀丘陵地貌单元和微倾斜戈壁平原地貌单元，此外还发育有冲沟、风成砂包等微地貌。

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。厂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。场址地形地貌见图 2-2。



图 2-2 场址地形地貌

### 2.3 气候气象

场址所在地金塔县的气候类型属于温带大陆性干旱气候，根据金塔气象站常年的气象要素观测和统计结果，当地年平均风速为 2.5m/s，主导风向为 WNW 和 ENE；年平均气温为 8.5℃；年平均相对湿度为 44%；年平均降水日数为 63d，年平均降水量为 62.9mm，年平均蒸发量为 2338.9mm；年平均气压为 874.2hPa。

### 2.4 水文

#### (1) 地表水

金塔县境内地表水主要来源于讨赖河、清水河、红水河、黑河 4 条河流。由于地表水皆源于祁连山冰川融水，因特定的自然地理条件，两河均为过境水，径流量除季节变化外，还受上游县市用水程度的制约。径流量年内分配不均，冬春来水量多，约占全年水量的 65% 以上，夏秋灌溉期水量严重不足。根据甘肃省水利厅和酒泉市人民政府批复的《金塔县节水型社会建设试点实施方案》，金塔县可利用地表水资源量为 37400 万立方米，其中：鸳鸯灌区 28400 万立方米，黑河灌区 9000 万立方米。

本工程评价范围内无地表水体，距离厂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。该渠距厂址直线距离约 11km，不会对厂址产生影响。

#### (2) 地下水

依据《金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目可行性研究阶段水文地质调查报告》（2020 年 7 月），场址区地下水主要以基岩裂隙水为主，

赋存于强风化、中等风化~微风化岩体的节理裂隙中，主要接受大气降水和第四系地下水的补给，节理裂隙连通性较差，使得地下水分布极不均一，无连续、稳定水位，且水量贫乏，勘察期间观测到的场区基岩裂隙水地下水埋深为 9.38~15.98m。可见厂区地下水埋藏较深，不会对厂址产生影响。

### (3) 洪水

考虑可能最大降雨引起鸳鸯池水库溃坝洪水与讨赖河区间可能最大洪水组合工况，并考虑风浪因素造成水位上升的影响，计算得到场址断面对应的讨赖河干流可能最大洪水位为 1227.68m，低于本项目暂定的场坪标高（1260m），可保证本项目场址不受大范围陆域径流洪水影响。

场址附近地势总体为北高南低，地形总体趋势平缓，局部略有起伏。场址周边无地表水，仅发育有暂时性洪水冲刷的浅冲沟。为防止场区附近小流域降雨洪水对场区构成影响，设置有截排洪沟、挡洪护堤、规划行洪通道等工程措施解决，保证场区防洪安全。

## 2.5 自然保护区、风景名胜

场址半径 10km 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 5.4km。本项目与沙枣园子自然保护区相对位置如图 2-3 所示。

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 152041hm<sup>2</sup>。

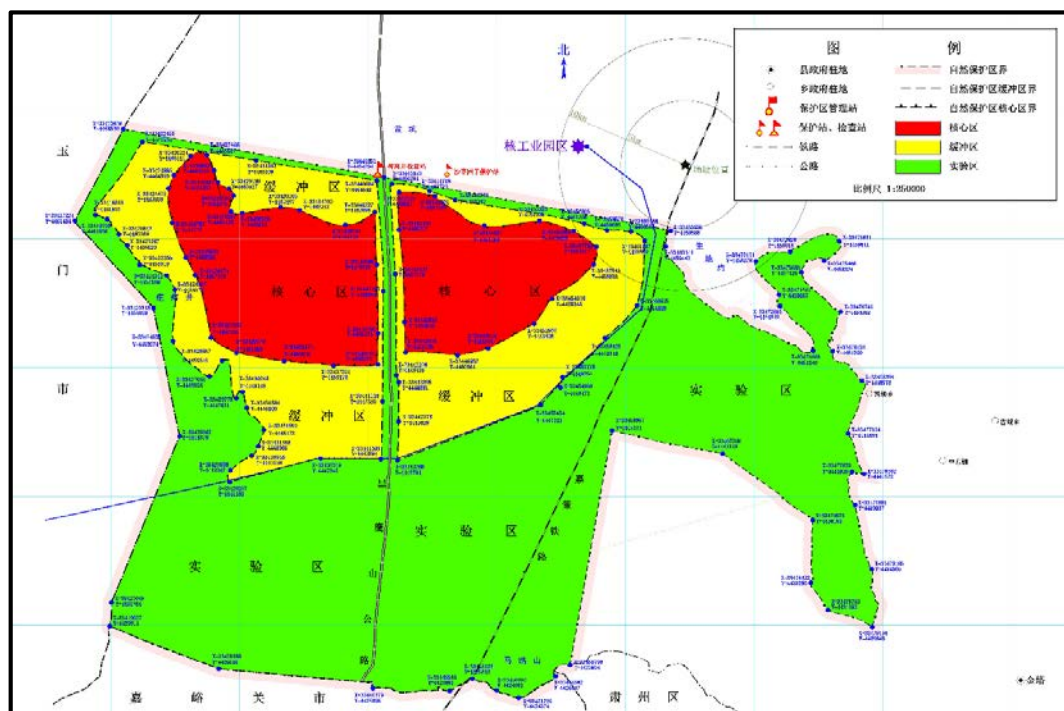


图 2-3 本项目与沙枣园子自然保护区相对位置图



## 2.6 地质地震

根据厂址安分报告，场址近区域范围内记载历史破坏性地震仅 1 次（MS≥4.7 级），现代仪器记录小震也较少，总体来讲，场址近区域地震活动相对较弱。拟建场区不存在影响场地整体稳定性的不良地质作用，区域地质稳定，场地和地基稳定，适宜本项目建设。

## 2.7 人口分布

2020 年，清原公司委托中国核电工程公司对中核金塔环保产业园周围人口及外部事件进行了调查，编制完成了《甘肃低水平放射性废物集中处置场一期一阶段建设项目场址周围人口、环境及外部人为事件调查和统计报告》（2020 年 9 月），本次评价人口和数据采用该次现场调查的实际调查数据。

### 2.7.1 各子区现有人口分布及年龄构成

厂址半径 5km 范围内不存在行政村及自然村。厂址半径 10km 范围内，涉及甘肃省农垦集团有限公司下辖生地湾农场，包括生地湾农场一分场、二分场、三分场和四分场。厂址半径 10km 范围内的人口分布情况见表 2-1 和图 2-4。

场址半径 10km 范围内 2019 年底常住人口总数为 1057 人。其中≤1 岁、1~7 岁（包括 7 岁）、7~17 岁（包括 17 岁）和>17 岁四个年龄组 2019 年底人口数分别为 13 人、26 人、53 人和 965 人，相应占总人口数的比例数分别为 1.23%、2.46%、5.01%和 91.30%。厂址周围 10km 范围人口年龄结构见表 2-2。

表 2-1 厂址半径 10km 范围内居民点分布情况（2019 年）

序号	生产队、自然村名称	人口数	距离（km）	方位
1	生地湾农场二分场	257	8.1	SSE
2	生地湾农场三分场	353	7.3	S~SSE
3	生地湾农场四分场	447	10.8	SSE

表 2-2 厂址周围 10km 人口年龄结构（2019 年）

年龄（岁）	≤1 岁	1-7 岁	7-17 岁	>17 岁
人口数	13	26	53	965
所占比例（%）	1.2	2.5	5.0	91.3

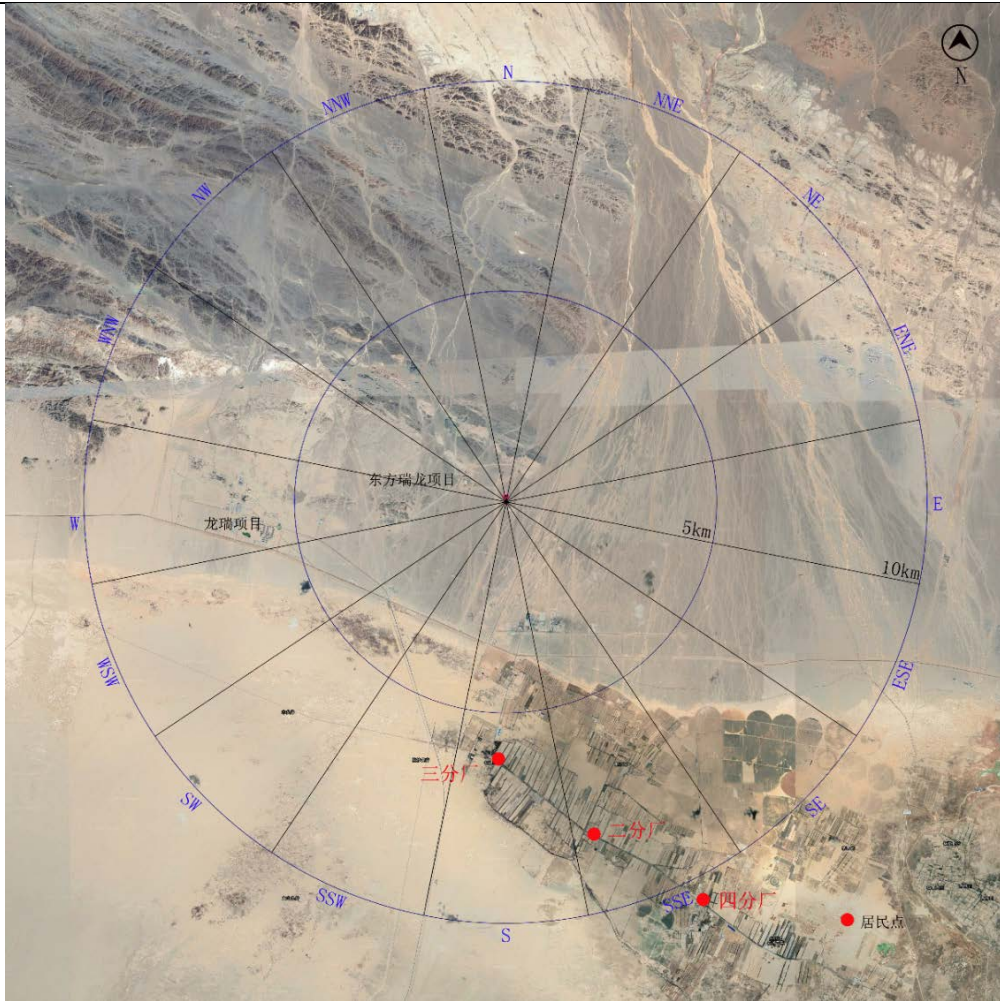


图 2-4 厂址半径 10km 范围人口分布图

### 2.7.2 人口发展规划

本工程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）》，园区人口发展规划如下：

- (1) 近期 2022 年，园区产业带动就业人口为 3.0-5.0 万。
- (2) 远期 2030 年，园区产业带动就业人口为 10.0-13.08 万。

### 2.8 居民饮食习惯

生地湾农场居民食谱的抽样调查结果见表 2-3。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。

表 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	来自评价区内比例		来自评价区外比例
						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	1.05	13.00	16.17	27.58	50%	50%	0%
	根茎类	0.62	6.88	7.61	12.9	20%	80%	0%
	果实类	1.35	22.32	24.33	39	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	0.65	2.05	0%	0%	100%
	禽肉	0.08	5.25	4.2	4.62	70%	30%	0%
蛋		15.5	7.63	3.45	5.02	70%	30%	0%
水产品		0.27	1.43	2.25	2.91	0%	0%	100%
奶类及奶制品		125	78.50	10.35	16.12	0%	40%	60%
水果		18.5	32.75	21.35	33.93	50%	50%	0%

## 2.9 社会经济概况

### 2.9.1 社会经济

2018年,金塔县全年实现生产总值73亿元,同比下降6%。其中,第一产业增加值18.9亿元,比上年增长7.8%;第二产业增加14.4亿元,增长6.7%;第三产业增加值39.7亿元,增长4.8%。全县人均生产总值达到5万元。

2018年,金塔县全农作物播种面积63.3万亩,比上年增长2.7%。粮食播种面积23.5万亩,粮食总产量11.8万吨;棉花种植面积0.7万亩,棉花总产量994吨;油料种植面积5.2万亩,油料总产量8601吨;蔬菜种植面积10.9万亩,蔬菜总产量40.8万吨;瓜果种植面积4.3万亩,瓜果产量18.7万吨;药材种植面积3.1万亩,产量2.1万吨。全年完成造林面积6.8万亩。全县禽畜饲养量达到277.8万头(只),增长1.4%。全年肉类总产量达16832吨,增长3.5%;牛出栏3378头,牛存栏6660头;羊出栏69.4万只,存栏58.6万只;猪出栏7.2万头,存栏4.4万头;鸡出栏88.4万只,存栏46.5万只。

场址半径5km范围内没有农副业生产。场址半径10km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范围内不存在学校和监狱。距离半径10km范围存在一家卫



生所—生地湾农场村卫生所，在厂址的 SSE 方位，距离厂址 7.3km，现有医护人员 1 名。

## 2.9.2 土地利用

本项目位于甘肃酒泉核技术产业园内的中核环保产业园内，甘肃酒泉核技术产业园位于金塔县西坝乡西北区域，主要以乏燃料后处理产业、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 41.29km<sup>2</sup>。其中核心用地规划范围位于金塔县生湾农场北侧，东至嘉策铁路以东约 4.50km 处，南至生地湾农场耕边缘，西至规划 6km 限制警戒线，北面为戈壁山区，用地积约 19.30km<sup>2</sup>。园区规划“五区”空间结构，集聚十二组产业形态（见图 2-5）。



图 2-5 甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划

(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，以乏燃料后处理、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 6km 规划限制警戒线。设 1 个产业组，以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 6km 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)和交通运输区。

(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、装备制造区和公共服务生活区(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，根据产业园区提供的资料，目前核技术产业园区内已有中核清原环境技术工程有限责任公司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 3 家入驻企业。本工程距离甘肃东方瑞龙和东方新环均约 1km，在这两个公司的 E 方位，东方瑞龙现有员工约 30 人，东方新环正在申报项目，项目还未建设。金塔厂址与上述两家企业的位置关系见图 2-6。



图 2-6 金塔厂址与东方瑞龙和东方新环的位置关系示意图

项目建设单位清原公司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，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。

### 2.9.3 工矿企业

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 10km 范围内。

场址半径 5km 范围内有企事业单位 5 家，距离最近的为 W 方位约 1km 处的东方瑞龙环境治理有限责任公司，该公司现有职工 30 人。

场址半径 5km 范围内企事业单位见表 2-4。

表 2-4 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 (km)	
1	莹艳矿业	30	NW	2.0	生产砂石矿
2	瑞城实业	20	W	3.0	生产砂石矿，建设中
3	应急气源站（生产区）	20	W	4.4	LNG 应急气源
4	西坝养护站	9	WSW	4.1	公路养护站
5	东方瑞龙环境治理有限公司	30	W	1.0	废物处理处置，建设中

### 2.9.4 交通运输

场址半径 10km 范围内涉及 5 条县道（其中一条为规划县道、一条为规划高速公路），3 条乡道和 1 条铁路，最近的县道为 X276，最近的乡道为 Y426。厂址半径 10km 范围交通运输情况见图 2-7。

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 2-7 场址半径 10km 公路、铁路分布情况



### 3 环境质量状况

#### 建设项目所在区域环境质量现状及主要问题

本工程在中核集团金塔环保产业园内，距离核燃料后处理厂约 7km，距离东方瑞龙的废物减容设施（包括前期的废物暂存库以及正在建设的 1000t 废物减容设施）约 1km。目前，在核技术产业园区内，只有东方瑞龙的废物暂存库建成并投入使用。2015 年和 2017 年，中国辐射防护研究院分别针对核燃料后处理厂和东方瑞龙的废物减容设施开展了辐射环境本底调查，本次利用该调查结果。目前，清原公司已经委托中辐院开展金塔环保产业园周边环境本底调查的相关工作，承诺在工程运行前完成本工程的辐射环境本底调查。

#### 3.1 调查内容和取样布点

##### (1) 核燃料后处理厂

2015 年，中国辐射防护研究院针对核燃料后处理厂进行了本底调查，本工程与核燃料后处理厂位置关系及剂量率和土壤调查布点图见图 3-1。调查范围为核燃料后处理厂周围 30km 范围，监测项目包括  $\gamma$  剂量率、气溶胶、地下水和生物。本次应用该次调查在本厂址附近的测量数据，主要为 8、13、14 号三个监测点位的监测数据。

该次监测对周围环境的  $\gamma$  空气吸收剂量率、气溶胶、沉降灰、地下水（生地湾、西坝乡）、饮用水、土壤、和生物样中的核素浓度进行分析，其中气溶胶、沉降灰中分析了总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ，地下水和饮用水分析了总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、U、 $^3\text{H}$  等、土壤分析了  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{238}\text{U}$ ，生物样分析了  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239}\text{Pu}$  等。

##### (2) 废物减容设施

2017 年，中国辐射防护研究院针对甘肃东方新环环境治理有限公司的废物减容设施进行了本底调查。在场址中心、场址四周、废物暂存库四周、减容车间四周总计布置 13 个监测点位测量  $\gamma$  辐射剂量率测量；在场址四周各布置 1 个点、生地湾农场布置 1 个点，总计布置 5 个监测点监测土壤中核素浓度，监测布点图如图 3-2 所示；在废物减容设施场址下风向(W 方位)，距废物减容设施场址中心 1.16 km 处布置 1 个气溶胶采样点；在距废物减容设施场址中心 4.42 km (SW 方位) 布置一个生物样(骆驼草)采样点，监测布点图如图 3-3 所示。

该次监测对周围环境的  $\gamma$  空气吸收剂量率、土壤、气溶胶和生物样（骆驼草）中的核素浓度进行分析，分析的核素为总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{60}\text{Co}$ 。

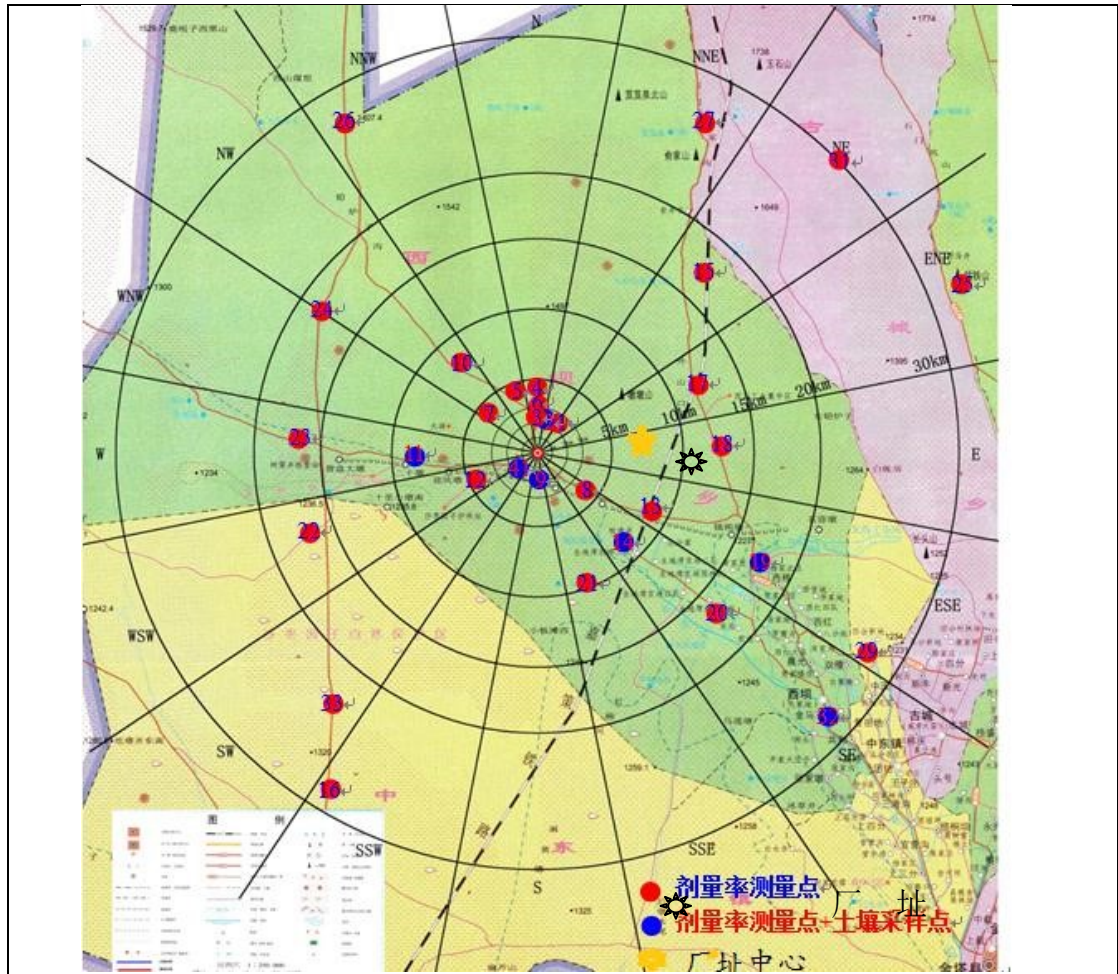


图 3-1 核燃料厂半径 30km 范围内剂量率测量点位和土壤采样点

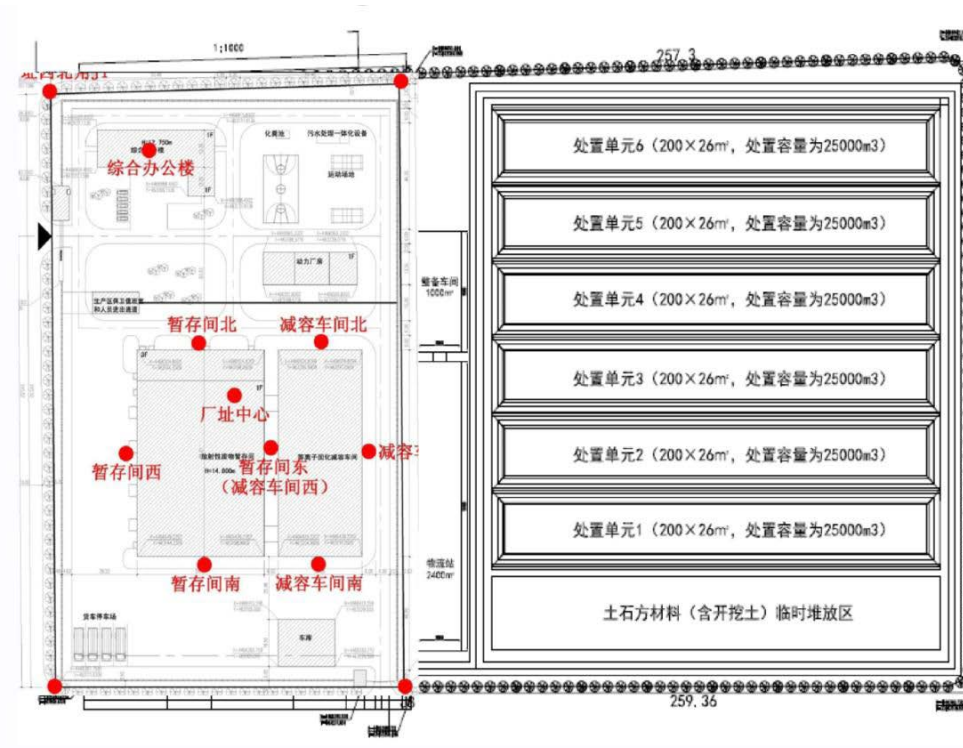


图 3-2 场址近区域  $\gamma$  剂量率和土壤监测布点示意图

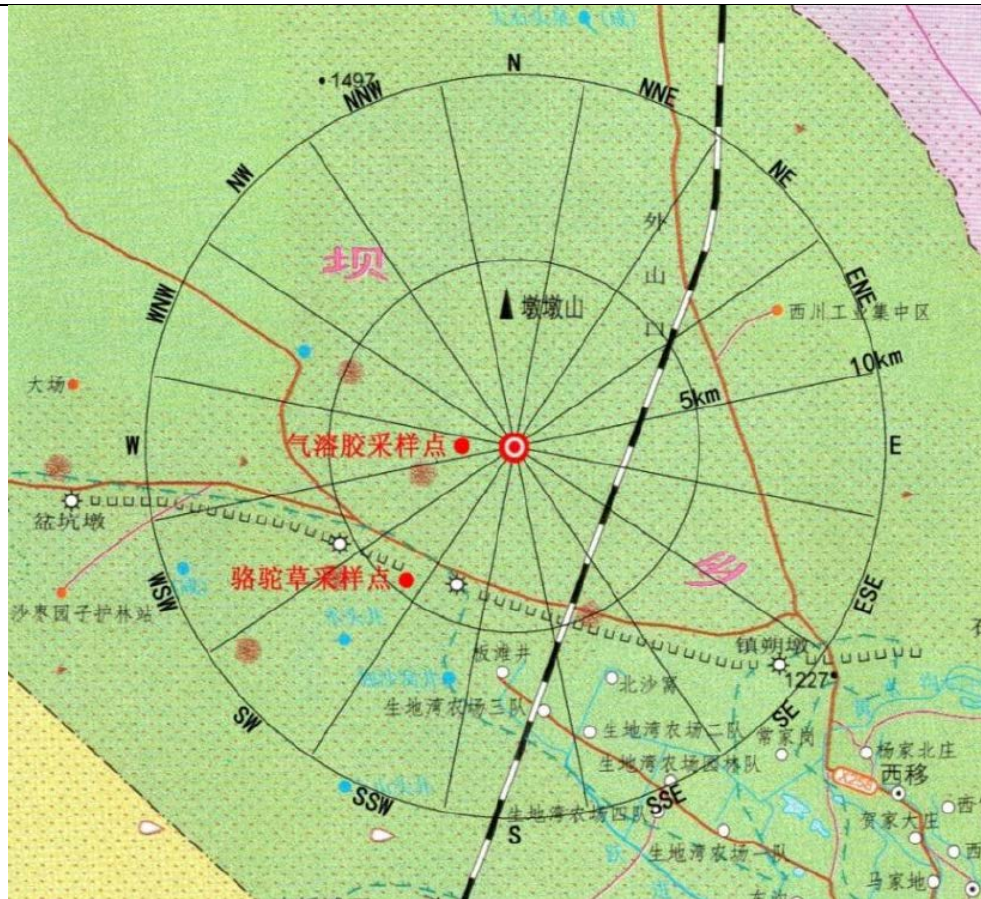


图 3-3 气溶胶和生物样监测布点示意图

### 3.2 辐射环境调查结果

#### 3.2.1 核燃料后处理厂周围监测结果

##### (1) 剂量率

所有点位测量结果范围为 47.2~89.7nGy/h，均值为 71.2nGy/h。从整体上看，调查范围内所有地表剂量率测量结果未发现异常，属于正常的本底水平。

##### (2) 气溶胶

气溶胶中核素  $^{137}\text{Cs}$  的测量结果低于探测限；总  $\alpha$  均值为  $0.41\text{mBq/m}^3$ ，总  $\beta$  均值为  $2.29\text{mBq/m}^3$ 。 $^{90}\text{Sr}$  和  $^{239+240}\text{Pu}$  测量结果中， $^{90}\text{Sr}$  均值为  $22.5\mu\text{Bq/m}^3$ ， $^{239+240}\text{Pu}$  均值为  $1.45\mu\text{Bq/m}^3$ 。

##### (3) 沉降灰

沉降灰中  $^{137}\text{Cs}$  均值为  $0.39\text{Bq/m}^2$  月，总  $\alpha$  均值为  $61.9\text{Bq/m}^2$  月，总  $\beta$  均值为  $96.5\text{Bq/m}^2$  月， $^{90}\text{Sr}$  均值为  $0.78\text{Bq/m}^2$  月， $^{239+240}\text{Pu}$  均值为  $36.5\text{mBq/m}^2$  月。

##### (4) 地下水（生地湾农场、西坝乡）

地下水测量结果中  $^{137}\text{Cs}$ 、 $^3\text{H}$  低于探测限；总  $\alpha$  均值为  $0.073\text{Bq/L}$ ，总  $\beta$  均值为  $0.17\text{Bq/L}$ ， $^{90}\text{Sr}$  均值为  $3.46\text{mBq/L}$ ；总 U 均值为  $3.40\mu\text{g/L}$ ， $^{239+240}\text{Pu}$  均



值为 0.25mBq/L。

(5) 饮用水

饮用水测量结果中  $^{137}\text{Cs}$  低于探测限；总  $\alpha$  均值为 0.049Bq/L，总  $\beta$  均值为 0.10Bq/L， $^{90}\text{Sr}$  均值为 4.59mBq/L，总 U 均值为 2.67 $\mu\text{g/L}$ ； $^{239+240}\text{Pu}$  均值为 0.025mBq/L， $^3\text{H}$  均值为 0.22Bq/L。

(6) 土壤

土壤中  $^{137}\text{Cs}$  测量结果范围 0.81~64.6Bq/kg，均值为 10.2Bq/kg； $^{238}\text{U}$  测量结果范围 17.5~37.0Bq/kg，均值为 27.6Bq/kg； $^{90}\text{Sr}$  测量结果范围 1.05~12.6Bq/kg，均值为 3.32Bq/kg； $^{239+240}\text{Pu}$  测量结果范围 0.15~2.28Bq/kg，均值为 0.63Bq/kg。

(7) 生物

$^{137}\text{Cs}$ ：测量结果范围为 <LLD~0.59Bq/kg<sub>干</sub>，麦秆、麦粒、羊骨、菜瓜低于探测限。

$^{90}\text{Sr}$ ：测量结果范围为 0.049Bq/kg<sub>鲜</sub>~7.02Bq/kg<sub>鲜</sub>。

$^{239+240}\text{Pu}$ ：测量结果范围为 0.10Bq/kg<sub>鲜</sub>~62.8Bq/kg<sub>鲜</sub>。

### 3.2.2 废物减容设施周围监测结果

$\gamma$  剂量率监测结果见表 3-1。土壤中天然放射性核素监测结果见表 3-2。环境空气中核素浓度监测结果见表 3-3。环境生物样（骆驼草）核素浓度监测结果见表 3-4。

表 3-1  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测结果

样品编号	监测位置	分析结果(nGy/h)
1	场址中心	92
2	场址西北角 J1	90
3	场址东北角 J2	78
4	场址东南角 J3	84
5	场址西南角 J4	90
6	综合办公楼	85
7	废物暂存间北	90
8	废物暂存间西	85
9	废物暂存间南	81
10	废物暂存间东(减容车间西)	84
11	减容车间北	83
12	减容车间东	82
13	减容车间南	87



表 3-2 土壤中天然放射性核素监测结果(Bq/kg)

编号	监测位置	总 $\alpha$	总 $\beta$	Co-60
1	场址西北角 J1	323	867	<0.49
2	场址东北角 J2	269	563	<0.51
3	场址东南角 J3	428	913	<0.51
4	场址西南角 J4	395	816	<0.51
5	生地湾农场	319	642	<0.50

表 3-3 环境空气中核素监测结果(Bq/m<sup>3</sup>)

编号	点位名称	总 $\alpha$	总 $\beta$	Co-60
1	W 方向, 1.16km 处	0.19	1.49	<0.017

表 3-4 环境生物样(骆驼草)核素监测结果(Bq/kg)

编号	点位名称	总 $\alpha$	总 $\beta$	Co-60
1	SW 方向, 4.42km 处	5.36	281	<0.1

根据表 3-1 知, 本贮存库项目周围  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率本底监测结果范围为: 78~92nGy/h, 根据《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究(甘肃省环境保护研究所, 1989 年)》, 酒泉市原野  $\gamma$  辐射剂量率范围为 23.3~94.8nGy/h, 因此, 项目周边环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率水平在酒泉市  $\gamma$  辐射剂量率水平范围内波动。

由表 3-2、表 3-3 和表 3-4 可知, 本贮存库项目周围土壤、环境空气以及环境生物样(骆驼草)中总  $\alpha$ 、总  $\beta$  核素浓度在本底范围内波动, <sup>60</sup>Co 监测结果小于仪器的探测下限。

### 3.3 非放环境质量现状评价

本贮存库项目工程区域的非放环境质量主要给出金塔县的环境空气质量, 数据引自《2017 年第四局甘肃省重点生态功能区金塔县生态县环境空气质量现状检测报告》(峰骥检字(2017)第 12-10 号, 2017 年 12 月 08 日)中的监测数据。监测因子为 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 和 PM<sub>10</sub>, 监测按照五日法连续监测 5 天, 每日采集 20 小时均值。日均浓度监测结果为 SO<sub>2</sub>: 8~25 $\mu$ g/m<sup>3</sup>、NO<sub>2</sub>: 21~29 $\mu$ g/m<sup>3</sup>、PM<sub>10</sub>: 103~146 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 均满足 GB 3095-2012《环境空气质量标准》中的二级浓度要求(SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub> 的标准值分别为 150 $\mu$ g/m<sup>3</sup>、80 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 和 150 $\mu$ g/m<sup>3</sup>)。

### 3.4 小结

从调查结果来看, 本工程周围环境辐射水平与上世纪 90 年代全国辐射水平调查中酒泉地区的辐射水平基本相当。金塔县环境空气中 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub> 日均浓度满足 GB3095-2012《环境空气质量标准》中的二级标准要求。

### 3.5 主要环境保护目标

综合评价区环境和本工程特点，本工程的环境敏感要素为厂址周围的大气、声环境和辐射环境，环境保护目标见表 3-5。

表 3-5 环境保护对象及环境要素

环境要素	保护对象	人口数	距离 (km)	方位	保护目标
环境空气	生地湾农场一分场	257	8.1	SSE	《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准
	生地湾农场二分场	353	7.3	S~SSE	
	生地湾农场三分场	447	10.8	SSE	
声环境	附近居民点				《声环境质量标准》(GB 3096-2008) III 类声环境
辐射环境	评价范围 10km 内居民点				《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 公众和工作人员剂量约束

## 4 评价适用标准

### 4.1 环境质量标准

本工程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，主要以核乏燃料后处理产业、核技术应用产业及配套产业为主。本项目执行的非放环境质量标准见表 4-1。

表 4-1 项目执行的环境质量标准

类别	标准名称	标准编号	级别	物质名称	标准值
环境空气	环境空气质量标准	GB3095-2012	二级	TSP	年平均：200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 日平均：300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
声环境	声环境质量标准	GB3096-2008	III 类	昼间	65dB (A)
				夜间	55 dB (A)

### 4.2 非放污染物排放标准

本工程仅在施工期间会产生少量扬尘，施工期 TSP 浓度执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) 中相关要求。施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)，营运期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008) 3 类标准。本工程运行产生的非放生产废水排入污水处理站进行处理，出水水质满足《城市污水再生利用—城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020) 中道路清扫、城市绿化标准，处理后出水主要用于厂区绿化、降尘。本项目执行的非放污染物排放标准见表 4-2。

表 4-2 项目污染物排放标准

类别	标准名称	标准标号	级别	物质名称	标准值
废气	大气污染物综合排放标准	GB 16297-1996	表 2 二级标准	TSP	无组织排放 1.0 $\text{mg}/\text{m}^3$
噪声	建筑施工场界环境噪声排放标准	GB 12523-2011	/	昼间	70dB (A)
	工业企业厂界环境噪声排放标准	GB 12348-2008	3 类	夜间	55dB (A)
废水	城市污水再生利用—城市杂用水水质	GB/T 18920-2020	/	pH	6.0~9.0
			/	色度	30
			/	嗅	无不快感
			/	浊度/NTU	10
			/	BOD <sub>5</sub>	10 mg/L
			/	氨氮	8 mg/L
			/	阴离子表面活性剂	0.5 mg/L
			/	溶解性总固体	2000 mg/L
			/	溶解氧	$\geq 2.0$ mg/L
			/	总氯	2.5 mg/L
			/	大肠埃希氏菌	无

### 4.3 辐射防护标准

#### 4.3.1 公众剂量管理目标值

(1) 本工程属于处置场的配套设施，正常运行工况下对环境造成的影响很小，因此不再单独为本工程设置剂量约束值，将其考虑在“甘肃低水平放射性固体废物集中处置场”的剂量约束之内，根据《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段环境影响报告书》，该处置场正常运行工况下的剂量约束值为 0.01mSv/a。

(2) 本工程事故工况对公众的剂量控制值为 1mSv/次。

#### 4.3.2 废物接收标准

本工程废物包接收准则见表 4-3。

表 4-3 固体废物的接收要求

接收物	检查项目	接收要求		监测方法
固体废物	比活度	满足《放射性废物分类》中低水平放射性固体废物分类标准		$\gamma$ 谱仪
废物包装体外	外形	满足《低、中水平放射性固体废物包安全标准》(GB 12711-2018)		目测
	表面剂量率	<10mSv/h		$\gamma$ 剂量率仪
	表面污染	$\beta$ 、 $\gamma$ 发射体、低毒性 $\alpha$ 发射体	4Bq/cm <sup>2</sup>	表面污染监测仪
其它 $\alpha$ 发射体		0.4Bq/cm <sup>2</sup>		



## 5 项目工程分析

### 5.1 项目工程概况

#### 5.1.1 总平面图布置

中国核工业集团有限公司在甘肃省酒泉市核技术产业园区成立中核集团金塔环保产业园，在甘肃省酒泉市核技术产业园区的核技术产业生产区（低污低放类）内规划占地 958 亩，用于建设低放固体废物处置场、低放可燃废物焚烧站、固体废物超级压缩车间和极低放固体废物填埋场等设施。中核集团金塔环保产业园首期开展低水平固体废物处置场、极低放废物填埋场和废物暂存库三个项目的一期一阶段建设，项目占地约 200 亩，建设内容包括：低放废物接收与贮存厂房、低放废物处置区、极低放废物填埋区、极低放废物接收综合厂房（含汽车衡）、生产用车库房、供暖站、综合办公楼、污水处理站、人员出入口和货运出入口，总占地面积 26539.28m<sup>2</sup>，总建筑面积 14687.68m<sup>2</sup>。金塔环保产业园一期一阶段建设项目见表 5-1。

低放废物贮存库位于中核集团金塔环保产业园区内的南侧，贮存库北侧为低放废物处置单元，本项目在中核集团金塔环保产业园区的位置见图 5-1。

表 5-1 金塔环保产业园一期一阶段主要建设项目一览表

序号	子项号	子项名称	占地面积 (m <sup>2</sup> )	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	备注
1	01	低放废物处置区	9026.52	--	/
2	02	综合办公楼	937.26	4107.06	共用设施
3	03	低放废物接收与贮存厂房	5985.74	7378.04	本项目内容
4	04	生产用车库房	2019.96	2019.96	共用设施
5	05	供暖站	365.40	365.40	共用设施
6	06	污水处理站	365.70	365.70	共用设施
7	07	极低放废物填埋区	7384	--	/
8	08	极低放废物接收综合厂房 (含汽车衡)	196.56	240.12	/
9	09	人员出入口 (09-1)	258.14	211.40	共用设施
		货运出入口 (09-2)	-	-	共用设施
合计			26539.28	14687.68	

注：01、02、04、05、06、09 子项在低放固体废物处置场建设，包括在低放固体废物处置场环评内，计划 2021 年底前建成；07 和 08 子项在极低放处置场进行建设，包括在极低放处置场环评内，计划 2021 年底前建成；本次只对 03 子项进行环评。



图 5-1 本项目在中核集团金塔环保产业园区的位置

低放废物贮存库为两层综合性功能建筑，主要功能包括：倒装从外部各个设施运送到金塔处置场的处置废物；倒装、贮存、外运待贮存废物。贮存库总长 106m，总宽 66.9m，建筑物占地面积 5985.74m<sup>2</sup>，建筑面积 7378m<sup>2</sup>，设计贮存容量 4000m<sup>3</sup>。主要由吊装大厅、工艺用房及其他辅助工艺用房组成。其中一层由吊装大厅（由贮存区 A（A）~D（A）、倒装及开箱区 A（A）~B（A）、装卸区 A（A）~B（A）、吊具贮存区 A（A）~B（A）、无损检测区组成（A））、配电间、值班室、消防控制间、进风机房、水引入间、热力引入间卫生间等组成，二层主要包括吊车检修平台、贮存区上空、控制室等。

本项目建、构筑物一览表见表 5-2。本项目一层平面布局图见附图一，二层平面布局图见附图二、平剖面布置见附图三，地下排风机房布局见附图四。

表 5-2 本项目建、构筑物一览表

名称	建筑物占地面积 (m <sup>2</sup> )	建筑面积 (m <sup>2</sup> )
低放废物贮存库	5985.74	7378

### 5.1.2 厂区交通运输组织

低放废物贮存库周围规划布置有环形道路，路宽约 9m，围绕厂房及场区进行布置，并与场址内外道路相连接。厂房周围各级道路除满足生产运输要求外，还兼作消防通道。

### 5.1.3 竖向布置

低放废物贮存库内外高差 0.3m，建筑四周地面坡向道路，地面排水坡度 1%，道路排水坡度 0.6%。

## 5.2 废物保包装

低放废物原则上废物包装应采用标准系列容器。项目可接收的废物包装为：

- (1) 200L LID-IIa 型标准钢桶，最大外形尺寸为  $\Phi 620 \times 925\text{mm}$ ；
- (2) 200 L LID-IIb 型标准钢桶，最大外形尺寸为  $\Phi 585 \times 900\text{mm}$ ；
- (3) 400L LID-I 型标准钢桶，最大外形尺寸为  $\Phi 772 \times 1132\text{mm}$ ；
- (4) 高完整性容器（HIC 桶），最大外形尺寸为  $\Phi 900 \times 1150\text{mm}$ 。
- (5) CD1 型混凝土桶，最大外型尺寸为  $\Phi 1400 \times 1300\text{mm}$ ；
- (6) YA-II 型钢箱，最大外形尺寸为  $6058 \times 2438 \times 2438\text{mm}$ 。

钢桶包装容器应符合 EJ 1042 规定；钢箱包装容器应符合 EJ 1076 规定；高完整性容器包装容器应符合 GB 36900.1、GB 36900.2 和 GB 36900.3 规定。

## 5.3 工艺流程

贮存库主要功能有两个，一是倒装从外部各个设施运送到处置场，将在处置库处置的废物，第二是倒装、贮存、外运将要在贮存库贮存的废物。

可燃废物桶单桶吊至贮存单元，码放四层，水泥固定体废物多桶吊（四桶）至贮存单元，码放四层。水泥固定体废物中  $2\text{mSv/h}$  以上的废物贮存在贮存井中，贮存井单层码放四桶废物，码放四层，上部盖板覆盖。

### 5.3.1 废物倒装流程

倒运去处置场的废物倒装方案如下：

#### (1) 核实认定

废物核实认定包括文件审查与现场监查两部分。文件检查主要内容为：检查源项与整备方案、检查文件是否齐备、文件内容是否完整可靠、文件是否符合相关技术标准。现场监查主要内容为：处理整备包装过程的检查、已整备包装好的废物包的检查与结果判定。

收到废物产生单位按要求提交的书面处置申请后，对提交的源项资料、废物处理整备方案、文件（“四书”）的符合性进行审查，满足要求后，根据“四书”对废物包产生的实际情况进行现场核实，所有核实情况都应形成记录。核实过程

中按一定的比例对废物包进行现场抽检,抽检不合格的废物包在现场重新整备直至符合接收要求的废物包。核实认定工作结束编制核实报告,并根据核实报告的结论进行认定并形成认定结果,并向废物产生单位给出符合接收要求的废物包的“废物包处置认定通知书”。废物产生单位获得“废物包处置认定通知书”组织有资质的放射性废物运输单位将废物包运输至金塔环保产业园。

### (2) 废物包接收、登记

废物包运到贮存库后,按照废物包接收准则,要进行以下项目的检查,不符合接收准则的废物包不予接收:

- 废物包装的完整性;
- 废物包表面剂量率;
- 废物包表面污染水平;
- 废物核素种类、活度浓度。

废物包检查主要步骤包括:

—核对“废物包技术特性表”和“废物包运输单”,检查废物包产生单位是否正确填写废物相关信息;

—依照“废物包技术特性表”,确认废物包编号是否正确和一致;检查废物包外观是否完整,是否有变形、破损和裂纹;

—必要时,对废物包的表面剂量率、表面污染、核素种类、活度浓度等进行抽检;

—经过检查,符合废物包接收准则的废物包进行接收、登记,合格的废物包在贮存库内进行倒装转运或倒装贮。不合格的废物包与废物包产生单位协商处理,确保接收的废物包满足接收要求。

### (3) 接收

以接收 YA-II 运输容器的废物包为例,废物接收具体操作流程如下:

—在接收废物之前,工作人员首先进入吊具贮存间为厂房吊车安装 YA-II 运输容器的吊具,然后离开吊具贮存区;

—装载 YA-II 运输容器的运输车经装卸区运入贮存厂房,载有 YA-II 运输容器吊具的吊车将 YA-II 运输容器吊运至开箱和倒装区,多个钢箱同时运送时,可将 YA-II 运输容器暂存在贮存区;

废物无损检测流程如下:

—工作人员进入吊具贮存区,为厂房吊车更换吊具,卸下原有吊具,安装单桶吊具,然后离开吊具贮存区;

—载有单桶吊具的吊车将废物吊运至辊道上,辊道将废物自动运送到无损检测装置处检测;

—完成检测后,辊道将废物自动运送到辊道间,载有单桶吊具的吊车将废物吊运至原来的位置。



#### (4) 废物包倒装方案

废物桶的倒装目的在于将运输来的桶类废物按照处置单元四桶抓具的规格重新定位摆放，达到四桶抓取的要求。废物桶的重新定位是依靠废物桶转运放的转运架，每个 200L 钢桶转运架可以放 8 桶 200L 钢桶，每 4 桶为一组共计 2 组；每个 400L 钢桶转运架可以放 8 桶 400L 钢桶，每 4 桶为一组共计 2 组。

200L 四桶吊具尺寸见图 5-2，实际长度不超过 200L 桶投影。吊具最大重量约 2 吨。插销连接，插销尺寸  $\Phi 50\text{mm}$ 。

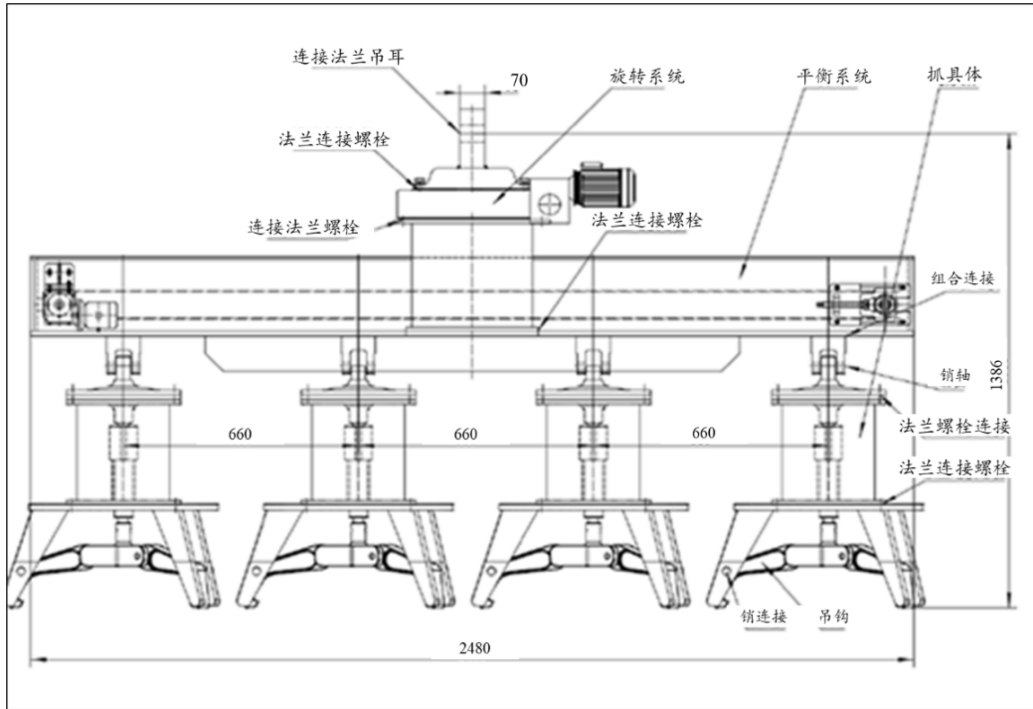


图 5-2 200L 四桶吊具尺寸

400L 四桶电磁吊具为可变换桶的布局，吊具最大重量约 2 吨。400L 四桶电磁吊具抓取状态见图 5-3，400L 四桶电磁吊具变换后状态见图 5-4。

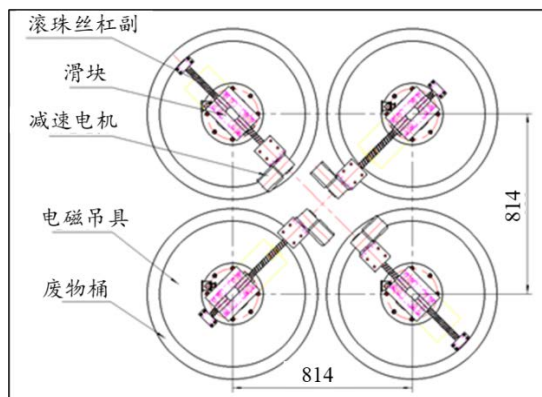


图 5-3 400L 四桶电磁吊具抓取状态

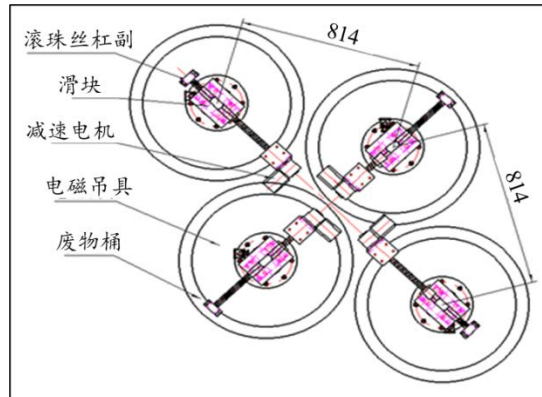


图 5-4 400L 四桶电磁吊具变换后状态

具体操作流程如下：

### 1) 倒装

—工作人员借助爬梯到达 YA-II 运输容器顶部，将螺栓卸开，打开 YA-II 运输容器顶部盖子，此过程可借助厂房吊车辅助完成，YA-II 运输容器顶部盖子暂存在开箱和倒装区；

—工作人员离开 YA-II 运输容器顶部，移开爬梯，进入吊具贮存区，将 YA-II 运输容器吊具卸下，为厂房吊车安装对应的单桶废物桶吊具后离开吊具贮存区；

—载有废物桶吊具的厂房吊车将 YA-II 运输容器内部的废物桶依次吊运至位于开箱和倒装区的废物桶转运篮中。

### 2) 运输车离开

—借助厂房吊车盖上 YA-II 运输容器顶部盖子，将螺栓上紧；

—工作人员进入吊具贮存区，为厂房吊车安装 YA-II 运输容器吊具；

—载有 YA-II 运输容器吊具的吊车将运输容器吊运到装卸区运输车上，运输车离开。

### 3) 废物运出流程

—工作人员进入吊具贮存区，为厂房吊车更换吊具，卸下原有吊具，安装相应的废物桶转运篮吊具，然后离开吊具贮存区；

—自动转运车或平板运输车经装卸区进入厂房；

—载有废物桶转运篮吊具的吊车将装满废物桶的废物桶转运篮吊运至自动转运车或平板运输车货箱中摆放妥当；

—装满废物后，自动转运车或平板运输车开出厂房；

—完成废物运出工作后，工作人员再次进入吊具贮存区，为厂房吊车卸下吊具，然后离开吊具贮存区。

## 5.3.2 废物贮存方案

根据所需倒装、贮存、外运的废物量，将贮存库分为四个区域。贮存区 4 层码放，从第 1 层开始码放，第 1 层完成码放后，码放第 2 层，依次进行。贮存废物贮存方案流程图见图 5-5。

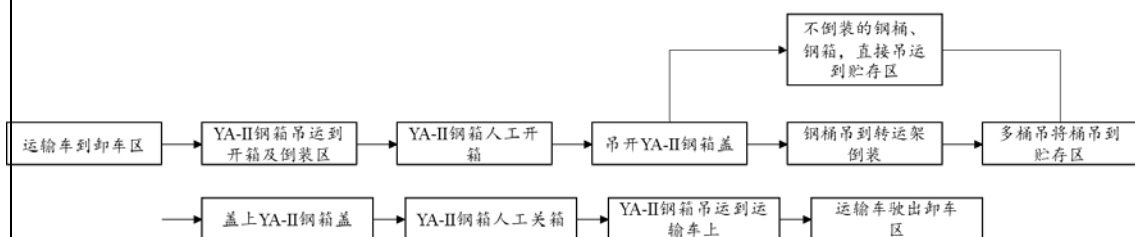


图 5-5 贮存废物贮存方案流程图

### (1) 废物接收、登记

废物接收、登记操作统同废物倒装流程，具体流程见 5.3.1 (1)。

### (2) 废物倒装流程

①工作人员借助爬梯到达 YA-II 运输容器顶部，将螺栓卸开，打开 YA-II 运输容器顶部盖子，此过程可借助厂房吊车辅助完成，YA-II 运输容器顶部盖子暂存在开箱和倒装区 (A)；

②工作人员离开 YA-II 运输容器顶部，移开爬梯，进入吊具贮存区 (A)，将 YA-II 运输容器吊具卸下，为厂房吊车安装对应的单桶废物桶吊具后工作人员离开吊具贮存区 (A)；

③载有废物桶吊具的厂房吊车将 YA-II 运输容器内部的废物桶依次吊运至位于开箱和倒装区的废物桶中；不进行倒装的废物桶、钢箱直接用的单桶吊或者钢箱吊具吊运至贮存区贮存。

### (3) 运输车离开

①借助厂房吊车盖上 YA-II 运输容器顶部盖子，工作人员借助爬梯到达 YA-II 运输容器顶部，将螺栓上紧；

②工作人员离开 YA-II 运输容器顶部，移开爬梯，进入吊具贮存区 (A)，为厂房吊车安装 YA-II 运输容器吊具；

③载有 YA-II 运输容器吊具的吊车将 YA-II 运输容器吊运至装卸区 (A) 的运输车上，运输车离开。

### (4) 废物贮存流程

①工作人员进入吊具贮存区 (A)，将 YA-II 运输容器吊具卸下，为厂房吊车安装对应的多桶废物桶吊具；工作人员离开吊具贮存区 (A)；

②载有多桶废物桶吊具的吊车将转运篮中的废物桶吊运到贮存区 (A) 贮存；不进行倒装的废物桶、钢箱的贮存，在倒装流程中已说明。

### (5) 废物运出流程

废物运出包括待处置废物和待送去外设施处理或处置的废物。

#### 1) 待处置的废物运出流程为

①载有多桶废物桶吊具的吊车，将贮存区 (A) 的多桶废物吊运至开箱和倒装区 (A) 的转运篮中；

②工作人员进入吊具贮存区 (A)，为厂房吊车更换吊具，卸下原有吊具，安装相应的废物桶转运篮吊具；工作人员离开吊具贮存区 (A)；

③自动转运车或平板运输车装卸区 (A) 进入厂房；

④载有废物桶转运篮吊具的吊车将装满废物桶的废物桶转运篮吊运至自动转运车或平板运输车货箱中摆放妥当；

⑤装满废物后，自动转运车或平板运输车开出厂房；

⑥完成废物运出工作后，工作人员再次进入吊具贮存区（A），为厂房吊车卸下吊具；工作人员离开吊具贮存区（A）。

2）待送去外设施处理或处置的废物运出流程为

①装载 YA-II 运输容器的运输车经装卸区（A）运入贮存厂房，载有 YA-II 运输容器吊具的吊车将 YA-II 运输容器吊运至开箱和倒装区（A）；

②装载 YA-II 运输容器的运输车经装卸区（A）运入贮存厂房，载有 YA-II 运输容器吊具的吊车将 YA-II 运输容器吊运至开箱和倒装区（A）；

③工作人员借助爬梯到达 YA-II 运输容器顶部，将螺栓卸开，打开 YA-II 运输容器顶部盖子，此过程可借助厂房吊车辅助完成，YA-II 运输容器顶部盖子暂存在开箱和倒装区（A）；

④工作人员离开 YA-II 运输容器顶部，移开爬梯，进入吊具贮存区（A），将 YA-II 运输容器吊具卸下，为厂房吊车安装对应的多桶或单桶废物桶吊具后，离开吊具贮存区（A）；

⑤载有多桶或单桶废物桶吊具的吊车，将贮存区（A）的多桶或单桶废物吊运至 YA-II 运输容器内；

⑥借助厂房吊车盖上 YA-II 运输容器顶部盖子，工作人员借助爬梯到达 YA-II 运输容器顶部，将螺栓上紧；

⑦工作人员离开 YA-II 运输容器顶部，移开爬梯，进入吊具贮存区（A），为厂房吊车安装 YA-II 运输容器吊具；

⑧载有 YA-II 运输容器吊具的吊车将 YA-II 运输容器吊运至装卸区（A）的运输车上，运输车离开。

### 5.3.3 检修

维修的对象包括废物容器贮存间的两台 50t 数控吊车、一台 5t 数控吊车、排风机房的设备，上述设备均采用直接维修。需要维修或定期检查时，检修人员通过本厂房卫生出入口，由过渡间进入位于维修区域进行检修工作。二层吊车检修平台检修时更换或废弃的零部件，作为固体废物袋封后放入 200L 标准桶，用吊车送至贮存区贮存或吊入装卸区内待外运。地下一层橙区排风机房检修时更换、废弃的零部件及过滤器芯子作为固体废物袋封后放入 200L 标准桶，经吊具贮存区的吊装洞运入贮存区，再吊装至装卸区待外运。

## 5.4 废物库运行管理

低放废物贮存库为金塔处置场一期一阶段建设项目之一，其组织结构与人员接受金塔处置场整体管理，中核清原公司为全面负责低放废物贮存库的生产与协调工作。低放废物接收与贮存厂房按照 2 班 3 倒。人员编制情况见表 5-3。



表 5-3 低放废物贮存库人员编制情况

序号	岗 位	区 域	工作制度	
			人数	班次
1	吊车操作人员	白区	6	常白班
2	开箱、吊具更换等辅助操作人员	橙区	6	常白班
3	废物接收、检测废物	橙区	6	常白班
4	辐射剂量安全	橙区	3	常白班
5	暖通运行及维护	橙区	2	常白班
6	机、电气维修	橙区	2	常白班
7	车间主任	橙区	1	常白班
8	综合管理	白区	1	常白班
9	保安		8, 每班 2 人	四班三倒

### 5.5 固体废物来源和源项分析

低放废物贮存库设计库容 4000m<sup>3</sup>，其中 3500m<sup>3</sup> 用于对外贮存，主要接收核电可燃废物、核电水泥固化/固定废物、整备后的氟化钙渣，另外 500m<sup>3</sup> 用于低放废物处置场外运废物暂存，各类型废物体积占比见表 5-4。

表 5-4 低放废物接收与贮存厂房废物占比

废物来源	废物类型	废物体积 m <sup>3</sup>	体积占比	废物来源
对外收贮 (3500m <sup>3</sup> )	核电可燃废物	1750	43.8%	核电辐射防护用品等
	核电水泥固化/固定废物	875	21.9%	中核、广核、国电投核电废物
	氟化钙渣	875	21.9%	主要来源 202 厂、504 厂、405 厂等核燃料循环设施
处置场 暂存库	核电水泥固化/固定废物	500	12.4%	核电废物
合计		4000	/	

#### 5.5.1 核电可燃废物

核电可燃废物源项主要基于清原公司运输的秦山、田湾可燃废物，废物类型以辐射防护用品、塑胶类废物为主，废物包装形式为 200L 钢桶，废物包平均密度 613kg/m<sup>3</sup>（密度范围 310~1230kg/m<sup>3</sup>），废物表面剂量率平均 0.11mSv/h，最大 1.98mSv/h。核电可燃废物主要核素及占比见表 5-5。

表 5-5 核电可燃废物主要核素及占比

核素	单个废物包平均活度浓度 (Bq/kg)	废物包核素活度比例
Co-60	3.14E+04	20.12%
Cs-137	4.95E+03	3.17%
Mn-54	1.95E+03	1.25%
Fe-59	9.42E+02	0.60%
Nb-95	6.03E+04	38.64%
Zr-95	3.95E+04	25.31%
Sb-124	2.25E+0	1.44%
Sb-125	9.70E+03	6.22%
Ag-110m	5.07E+03	3.25%

### 5.5.2 核电水泥固化/固定废物

目前我国已商运 47 台机组，除秦山第三核电厂 1、2 号机组为重水堆外，其他在运机组均为压水堆类型。项目接收的核电水泥固化/固定体表面剂量率不超过 10mSv/h，其中表面剂量率 2~10mSv/h 的废物体积占比约为 10%，表面剂量率 <2mSv/h 的废物体积占比约为 90%。废物包装类型以 200L、400L 桶为主。

#### ①废物表面剂量率 <2mSv/h

结合收集到的压水堆核电厂（宁德核电 1-4 号机组）实际运行中产生的低表面剂量率废物源项统计，确定核素组成及活度浓度见表 5-6。

表 5-6 核电水泥固化/固定体废物源项特征（表面剂量率 <2mSv/h）

核素	单个废物包平均活度浓度 (Bq/kg)	废物包核素活度比例
Cr-51	7.70E+05	7.85%
Mn-54	3.02E+05	3.08%
Co-58	3.67E+05	3.74%
Co-60	8.11E+06	82.73%
Ru-103	8.84E+04	0.90%
Cs-137	1.66E+05	1.69%

#### ②废物表面剂量率 2~10mSv/h

依据低放废物系统源项核素组成以及表面剂量率 10mSv/h 反推过滤器芯、阳床除盐器废树脂、混床除盐器废树脂等固化体内容物累积核素的比活度，确定表面剂量率 2mSv/h~10mSv/h 核电水泥固化/固定体废物源项特征见表 5-7。

表 5-7 核电水泥固化/固定体废物源项特征（表面剂量率 2~10mSv/h）

核素	单个废物包平均活度浓度 (Bq/kg)	废物包核素活度比例
Mn-54	1.84E+04	0.02%
Co-60	4.48E+07	57.01%
Sr-90	1.05E+04	0.01%
Ag-110m	4.39E+04	0.06%
Cs-134	3.73E+06	4.75%
Cs-137	3.00E+07	38.15%

### 5.5.3 氟化钙渣

核燃料循环设施（氟化钙渣）的主要污染核素为铀，还包括少量的 Sr-90、Cs-137、Pu-239 等，核素组成比例及未整备前的核素比活度见表 5-8。氟化钙渣废物将采用水泥固定与钢桶包装的方式进行整备后送项目暂存。

表 5-8 氟化钙渣废物源项特征

核素	浓度范围 (Bq/kg)	废物包核素活度比例	表面剂量率
U-238	4.32E+03~5.99E+05	89.06%	0.2~0.3mSv/h
U-235	4.43E+02~4.37E+04	6.16%	
Cs-137	5.26E+00~6.36E+03	0.95%	
Sr-90	7.62E+01~7.75E+02	0.7%	
Pu-239	9.9E+02~1.28E+05	3.13%	

### 5.5.4 处置场暂存库废物

低放废物贮存库中处置场暂存库废物主要为核电水泥固化/固定废物，表面剂量率 < 2mSv/h 的废物源项特征见表 5-6, 表面剂量率为 2~10mSv/h 的废物源项特征见表 5-7。

### 5.5.5 固体废物来源和源项分析

金塔低放废物贮存库核素组成与活度如下表 5-9 所示，由表可知，贮存库废物体中总活度为  $5.21 \times 10^{13}$ Bq。

表 5-9 金塔低放废物贮存库接收废物核素活度组成

核素	核电可燃废物 (Bq)	核电水泥固化/暂存库废物 (Bq)		氟化钙渣 (Bq)	合计 (Bq)
		表面剂量率 < 2mSv/h	表面剂量率 2~10mSv/h		
Cr-51		2.10E+12			2.10E+12
Mn-54	2.09E+09	8.22E+11	5.57E+09		8.30E+11
Co-58		9.99E+11			9.99E+11
Fe-59	1.01E+09				1.01E+09
Co-60	3.37E+10	2.21E+13	1.36E+13		3.57E+13
Sr-90			3.18E+09	1.49E+09	4.67E+09
Nb-95	6.47E+10				6.47E+10
Zr-95	4.24E+10				4.24E+10
Ru-103		2.41E+11			2.41E+11
Ag-110m	5.44E+09		1.33E+10		1.87E+10
Sb-124	2.41E+09				2.41E+09
Sb-125	1.04E+10				1.04E+10
Cs-134			1.13E+12		1.13E+12
Cs-137		4.52E+11	9.08E+12	1.22E+10	9.54E+12
U-235				8.41E+10	8.41E+10
U-238				1.15E+12	1.15E+12
Pu-239				2.46E+11	2.46E+11
合计 (Bq)	1.62E+11	2.67E+13	2.38E+13	1.50E+12	5.21E+13

计算过程如下：贮存库设计贮存量为 4000m<sup>3</sup>，其中核电可燃废物单桶平均比活度为  $1.56 \times 10^5$ Bq/kg，体积为 1750m<sup>3</sup>，密度为 613kg/m<sup>3</sup>；核电水泥固化/固

定体废物（表面剂量率小于 2mSv/h）单桶平均比活度为  $9.8 \times 10^6 \text{Bq/kg}$ ，体积为  $787.5 \text{m}^3$ ，密度为  $2200 \text{kg/m}^3$ ；核电水泥固化/固定体废物（表面剂量率为 2~10mSv/h）单桶平均比活度为  $7.86 \times 10^7 \text{Bq/kg}$ ，体积为  $87.5 \text{m}^3$ ，密度为  $2200 \text{kg/m}^3$ ；处置场暂存废物（表面剂量率小于 2mSv/h）单桶平均比活度为  $9.80 \times 10^6 \text{Bq/kg}$ ，体积为  $450 \text{m}^3$ ，密度为  $2200 \text{kg/m}^3$ ；处置场暂存废物（表面剂量率 2~10mSv/h）单桶平均比活度为  $7.86 \times 10^7 \text{Bq/kg}$ ，体积为  $50 \text{m}^3$ ，密度为  $2200 \text{kg/m}^3$ ；氟化钙渣废物单桶比活度为  $7.78 \times 10^5 \text{Bq/kg}$  计，体积为  $875 \text{m}^3$ ，密度为  $2200 \text{kg/m}^3$ 。经计算，贮存库废物体中总活度  $A=5.21 \times 10^{13} \text{Bq}$ 。

## 5.6 辐射防护管理

### 5.6.1 分区布置

为便于辐射防护管理和职业照射控制，将辐射工作区域划分为控制区和监督区，其中控制区划分为绿区、橙区和红区，监督区为白区，工作场所各辐射分区的场所剂量率水平见表 5-10 所示，暂存库辐射防护分区情况见表 5-11。

表 5-10 辐射分区场所剂量控制水平

工作区域	白区(W)	绿区(G)	橙区(A)	红区 (R)
剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	$\leq 2.5$	$\leq 5$	$\leq 25$	$\leq 250$
时间限制	不限	常规工作时间	视维修情况控制工作时间	平时禁入，特殊情况下经去污后短时间逗留

表 5-11 废物暂存库辐射防护分区

辐射防护分区	一层	二层
监督区（白区）	门斗、值班室、男卫生间、女卫生间、通信设备间、消防控制间、资料室、走道、配电间、给水引入间、热力引入间、进风机房	男卫生间、女卫生间、1#实验室、2#实验室、3#实验室、4#实验室、白区走道、女家庭服间、女淋浴间、男家庭服间
控制区（绿区）	前室、卫生闸间、洗衣房间	加压送风机房、仪表收发室、男工作服间男剂量检测间、男去污间、女工作服间、女剂量检测间、女去污间
控制区（橙区）	1#装卸区、辊道间、橙区走廊、1#开箱与倒装区、1#吊具贮存间、2#装卸区、无损检测区、	/
控制区（红区）	1#贮存区、2#贮存区、3#贮存区、4#贮存区、	/

### 5.6.2 通风系统

风系统包括送风系统和排风系统两部分。

#### (1) 送风系统



设 1 个送风系统 VS-1 为整个厂房送风，风量  $L=2.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

### (2) 排风系统

排风系统根据辐射防护分区分为白区、绿区和橙区排风系统。

#### ①白区排风

白区采取门缝排风，直接排至室外。

#### ②绿区排风

本厂房的绿区设 2 个排风系统：VG-1、VG-2。VG-1 为卫生区的排风系统，排风量按 2 次/h 计，系统总排风量  $L=2200\text{m}^3/\text{h}$ ；VG-2 为卫生区以外绿区房间的排风系统，换气次数均为 4 次/h，系统总排风量  $L=4900 \text{ m}^3/\text{h}$ 。绿区排风不经净化，高出屋面 3m 排放（屋顶高 19.2m，烟囱离地高 22.2m）。

#### ③橙区排风

设 2 个橙区排风系统：VA-1、VA-2。VA-1 是厂区 A-G 轴房间的排风系统，换气次数为 2 和 5 次/h，系统排风量  $L=120000\text{m}^3/\text{h}$ 。正常排风不过滤，直接高出屋面 3m 排放。VA-2 是厂区 G-L 轴房间的排风系统，换气次数为 2 和 5 次/h 系统排风量  $L=120000\text{m}^3/\text{h}$ 。正常排风不过滤，直接高出屋面 3m 排放。事故工况下切换至旁路，排风经净化装置（二级过滤，第一级初效过滤效率 85%，第二级高效过滤效率 99.99%）过滤后，高出屋面 3m 排放（烟囱离地面高度 22.2m）。

### 5.6.3 人流、物流

#### ①人流

工作人员由门厅进入白区走廊，通过白区楼梯间进入二楼各个主控制室。监督区和控制区的工作人员不能串岗，各设有卫生间。工作时，工作人员除了货包检测、接收废物、更换吊具、检修之外，均在白区办公室或控制室工作。进入控制区工作的人员需要通过卫生出入口更换工作服，经过渡间进入橙区操作，回来时需要在工作服间脱下脏工作服，淋浴后经过剂量检测后更换家庭服回到白区。

#### ②物流

废物运输车辆由装卸区进、出低放废物接收与贮存厂房；需要倒装的桶装废物在低放废物贮存库中经倒装至转运架，转运架吊运至场内转运车上，场内转运车经装卸区将倒装好的桶装废物运至处置单元；需要贮存的桶装废物在低放废物接收与贮存厂房中经倒装至转运架，多桶吊具吊运废物桶至贮存区，钢箱和不需要倒装的桶装废物在低放废物接收与贮存厂房中打开运输钢箱后直接贮存。

### 5.6.4 人员防护

本工程主要危害因素为外照射危害，个人防护用品主要包括：口罩、手套、工作服、鞋、热释光个人剂量计等。在正常运行时，卫生出入口为工作人员配备的防护用品包括口罩、手套、工作服、鞋、热释光个人剂量计等。库房正常工作

时，人员进入控制区或废物入库时开启橙区排风系统，使橙区吊装大厅内辐射水平维持在安全范围内。在检修设备时，对设备进行擦洗降低表面污染，并使用便携式空气取样装置对检修场所空气中的气溶胶进行取样。不同操作情况下工作人员穿戴防护用品见表 5-12。

表 5-12 不同操作情况下工作人员穿戴防护用品

序号	执行操作		穿戴防护用品	监测仪表
	操作	进入区域		
1	巡视	控制区	口罩、手套、工作服、鞋	便携式表面污染监测仪，热释光个人剂量仪和个人剂量报警仪
2	废物转移时操作			
3	异常情况下检查			
4	检修		口罩、手套、工作服、鞋、半面防护口罩、防护服、防护眼镜	

### (2) 密封操作

为了降低放射性工作人员及公众的辐照剂量，在设计中尽可能对放射性物料采用密封操作方式，防止其外逸和扩散。采用密封容器转运固体放射性废物，使之与外界隔离。

## 5.6.5 辐射监测

辐射监测主要包括进场废物监测、区域辐射监测、表面污染监测、空气放射性气溶胶监测、气载放射性监测、个人剂量及污染监测、环境监测。

### (1) 进场废物监测

对申请进场的废物桶首先检查废物桶上的编号和外观，然后使用废物桶  $\gamma$  无损检测设备对废物桶进行无损检测，主要用于测量废物桶中固体废物所含  $\gamma$  放射性核素种类及其活度浓度，测量对象为 200L、400L 废物钢桶。监测数据上传至集中控制室的无损检测数据采集计算机，计算机内安装有分析软件，可自动生成测量结果报表，同时显示所需要的故障、报警信息。

此外，在辐射监测仪表间设置 2 台便携式长杆  $\gamma$  剂量率仪，对废物桶进行表面  $\gamma$  剂量率监测；工作人员使用远距离擦拭法对废物桶进行擦拭取样，样品送至二层实验室，使用低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪测量擦拭滤纸，废物桶表面  $\gamma$  剂量率及表面污染数据手动录入采集计算机。

### (2) 区域辐射监测

为保护工作人员的辐射安全，在人员经常活动的区域进行  $\gamma$  辐射剂量率监测。 $\gamma$  剂量率监测点共 7 个，设置 7 台区域  $\gamma$  剂量率仪。分别为开箱和倒装区 A（1 个）、开箱和倒装区 B（1 个）、吊具贮存间 A（1 个），吊具贮存间 B（1 个）、走廊（2 个）、装卸区（1 个）。对上述房间和区域进行  $\gamma$  剂量率连续监测，监测仪带有就地声光报警，测量数据和报警信号可在就地查看，同时远传到本子项控制室。

此外，设置 2 台便携式  $\gamma$  剂量率测量（报警）仪，当测量值达到报警阈值时发出报警信号，提醒工作人员撤离并及时采取措施。

### （3）表面污染监测

对在辐射监测仪表间配备 2 台便携式  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染测量仪，用于对工作场所的墙面、地面及设备进行  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平监测。如有必要可用擦拭法进行表面污染取样，样品送到实验室用低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪测量。

此外，便携式  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染测量仪也可用于生产用车库房内车辆表面污染测量。

### （4）空气放射性气溶胶监测

设置 1 台移动式气溶胶活度测量仪，定期（1 次/月）在工作人员经常通过的区域和有较高放射性风险的区域进行气溶胶测量。

此外，设置 2 台便携式气溶胶取样器，取样品送至实验室进行测量，分析总  $\alpha$ 、总  $\beta$ ，测量结果及时通知工作人员。

### （5）气载放射性流出物监测

本工程正常工况下放射性气溶胶释放量很少，正常情况下排风不经过滤直接通过屋顶 3m 高烟囱排放，因此，气载流出物中放射性气溶胶浓度与工作场所气溶胶浓度基本一致，清原公司定期（1 次/月）对工作场所进行气溶胶浓度监测，监测项目为总  $\alpha$ 、总  $\beta$ ，因此，不再进行气载流出物的监测。

### （6）个人剂量及污染监测

工作人员工作前均应佩戴热释光个人剂量计，该剂量计记录工作人员在工作期间所受外照射累积剂量。热释光个人剂量计由中核集团环保产业园统一进行数据管理。

进入辐射控制区的人员还需佩戴电子个人剂量计/报警仪，当所测剂量率超过设定值时及时报警，以提醒工作人员离开工作场所。

男女卫生通道的污染检测间（男女各 1 间）各设置 1 台手脚污染监测仪，对工作人员从绿区退到白区时的手脚和全身表面污染进行监测。

### （7）环境监测

中低放处置场已依据相关法规标准要求，布置了处置场周围的环境监测工作计划，包括放射性气溶胶、土壤、地下水、生物监测，本项目环境监测已纳入其中进行统一考虑。

## 5.6.6 应急预案

应急预案适用于贮存库发生的导致或可能导致放射性物质向环境异常释放和危及贮存库安全的事件或事故，也包括对贮存库安全运行构成威胁的火灾、自然灾害（如暴雨、地震等）和安保事件等，包括一般事故应急与核事件应急，涉及贮存库接收、码放、贮存等环节。

应急预案适用于贮存库各个部门和全体职工。在场区的外来施工单位、协作单位等应依据本应急预案，协同开展相应的应急准备与应急工作。

### (1) 安全与应急管理机构

贮存库是清原公司重要的核设施之一，运行管理由三级管理构成：第一级管理由清原公司承担，第二级管理由处置工程部承担，第三级管理由贮存库承担，并接受处置工程部的管辖和调度。贮存库设置综合部、安环部、生产部、质保部，组织机构见图 5-7。

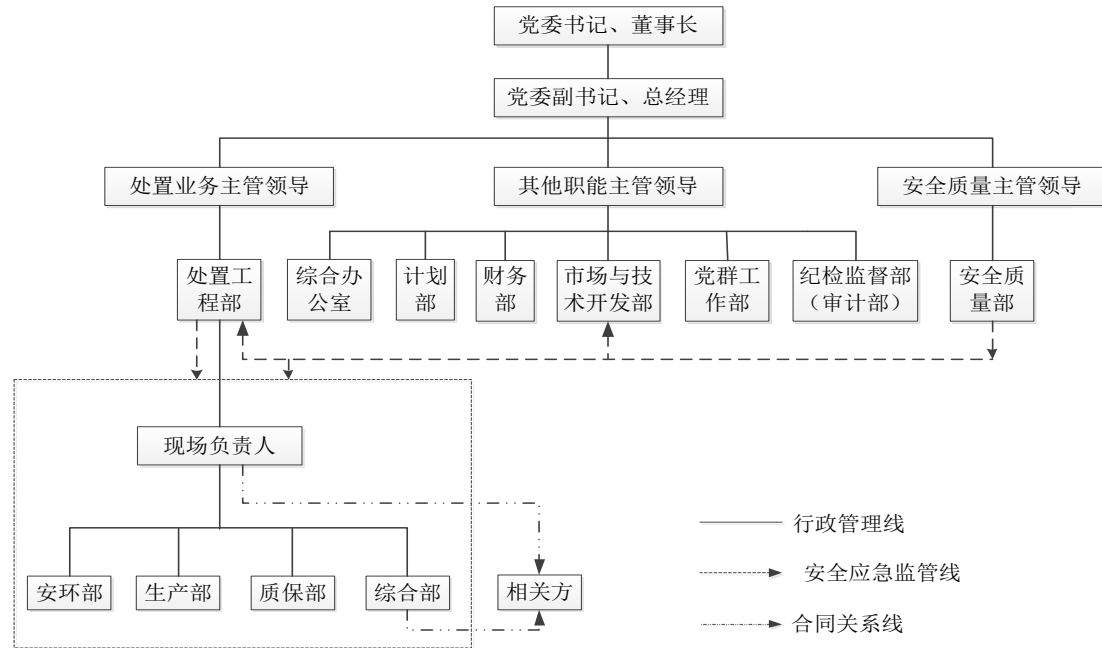


图 5-7 项目组织机构图

### (2) 厂内应急组织与职责

贮存库应急准备职责：

- ①负责本预案的编制与落实；
- ②落实贮存库的应急联络方式，并书面通知应急办公室；
- ③按照本预案要求做好应急物资的准备；
- ④负责贮存库现场应急培训。

应急组织机构：

运行管理由三级管理构成：第一级管理由清原公司承担，第二级管理由处置工程部承担，第三级管理由贮存库承担，并接受处置工程部的管辖和调度。贮存库应急组织机构为清原公司应急指挥部下设的应急机构，应急状态下贮存库应急组织机构设贮存库应急指挥部，下设应急保障组和应急处置组。贮存库应急组织机构图见图 5-8。



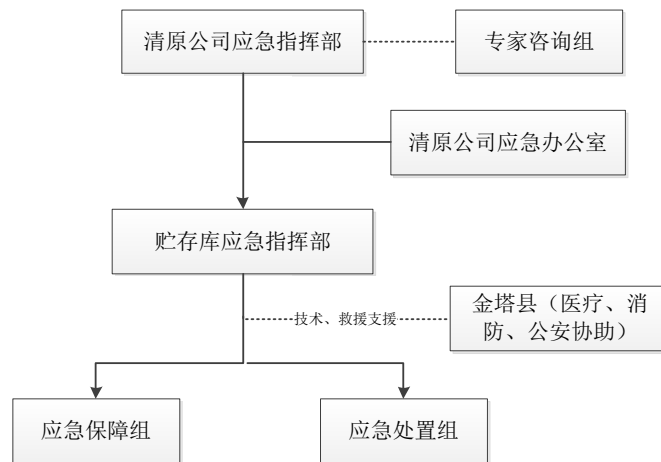


图 5-8 贮存库应急组织结构示意图

### (3) 事故与事故应急

根据国家的现有相关核安全法规、标准，结合贮存库可能发生的事故和可能导致事故及事件的后果，将本贮存库的应急状态分为应急待命、厂房应急两个级别。

## 5.7 质保大纲

### 5.7.1 目的

贮存库的质量活动包括废物贮存期间的全部质量活动。质保大纲包括为使有关物项和服务达到所规定的质量所必须的活动，确定了对贮存库安全所涉及的质量管理方针和目标，组织机构，各部门和人员的职责、权限和联络渠道、以及对质量有影响的活动加以控制所必须遵循的原则和基本措施。

### 5.7.2 适用范围

质保大纲规定了对贮存库安全具有重要影响的质量活动和要求，适用于贮存库接收和贮存低水平放废物活动。

### 5.7.3 责任

清原公司作为对贮存库的营运全面负责的单位，遵照核安全法规的规定并结合贮存库的具体情况制定质保大纲，并对其实施和有效性负责，负责对参与贮存库贮存活动的相关方监督管理。

参与贮存库贮存活动的相关方须根据清原公司的需要制定与其所承担工作相应的质量保证大纲，明确其质量方针和目标、进行质量管理工作的组织机构及有关部门和人员的责任和权力、对影响质量的活动进行控制的原则和要求，以及为达到要求的质量所需的合适的环境条件、设备、技能和人员。相关方的主要负责人应签署一项政策声明，要求其全体参与工作人员必须严格遵守其质量保证大

纲的各项条款，以保证所承担的影响质量的活动与核安全法规和质量保证大纲的要求相一致。相关方根据项目的重要性，必要时编制项目质量计划，经贮存库管理人员选点、审查后实施。相关方应建立健全质量保证体系，并使其有效运转。

本公司将通过合同详细地规定参与贮存库贮存活动相关方的控制责任，并通过通过对合同执行的检查、监督和监查有效地实现质保大纲各要素控制的落实。

#### 5.7.4 质量保证组织机构及其职责

##### (1) 组织机构

贮存库由清原公司处置工程部负责管理，贮存库负责人为公司处置工程部的部门负责人。贮存库配置相应组织结构，组织机构图见图 5-8。

##### (2) 职责

根据职责分工，清原公司在贮存库的主要质量保证职责分配见表 5-13。

表 5-13 质量保证工作职责分配一览表

质量保证大纲活动	组织机构与分工														
	公司总经理	处置业务主管领导	安全质量主管领导	计划部	综合办公室	财务部	安全质量部	市场与技术开发部	党群工作部	纪检监督部	处置工程部	贮存库			
												安环部	生产部	综合部	质保部
组织机构职责	★	☆	☆		☆				☆	☆	☆	☆	☆	☆	
人员配备和培训	☆	☆	☆		☆		☆			★	☆	☆	☆	☆	
文件控制	☆	☆	☆	☆	☆		☆			☆	☆	☆	★	☆	
设计控制		☆					☆			★	☆	☆	☆	☆	
采购控制	合格供方评价			★		☆	☆		☆	☆	☆	☆	☆	☆	
	采购文件编制、验收组织		☆	☆	☆		☆			★	☆	☆	☆	☆	
物项控制				☆			☆			☆	☆	☆	★	☆	
工装控制							☆			☆	☆	☆	★	☆	
工艺过程控制		☆	☆				☆	☆		☆	☆	★	☆	☆	
废物处置过程控制							☆			☆	☆	★	☆	☆	
检验、测量和试验控制		☆	☆				☆			☆	★	☆	☆	☆	
辐射防护控制		☆	☆				☆			☆	★	☆	☆	☆	
监测控制							☆			☆	★	☆	☆	☆	
场地控制							☆			☆	★	☆	☆	☆	
环境控制							☆			☆	★	☆	☆	☆	
较大、重大不符合项控制		☆	☆				★	☆			☆	☆	☆	☆	
一般不符合项控制		☆	☆				☆			★	☆	☆	☆	☆	
记录控制		☆	☆	☆	☆		☆	☆		☆	☆	☆	★	☆	
质量控制监督											☆	☆	☆	★	
质保监查	☆	☆	☆	☆	☆	☆	★	☆		☆	☆	☆	☆	☆	
纠正和预防措施		☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆		☆	☆	☆	☆	★	
质量趋势分析		☆					☆	☆		☆	☆	☆	☆	★	
质量保证趋势分析			☆				★			☆	☆	☆	☆	☆	
内部审查	★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	

注：责任主体 ★ 参与主体 ☆

### 5.7.5 文件管理

质保大纲由总经理批准发布,其他与质量有关的文件由相应的授权人批准发布。应按需分发的文件的最新版本,由综合部编制文件分发单,并按分发单及时分发到有关的部门或场所,原文件(连同文件分发单)交文件资料档案部门或人员登记归档。如为积累资料所保留的任何作废的文件和资料,都应盖上“作废”的印章,以防误用。因文件破损、丢失等原因需重新领用时,部门负责人应审核,原文件发放单位审批后方可领用,其分发号不变,并收回相应的破损文件;因丢失而补发的文件,应给予新的分发号,并注明已丢失的文件的分发号失效;更改或修订后的文件应按程序重新分发。如为积累资料所保留的任何作废的文件和资料,都应盖上“作废”的印章,以防误用。

与贮存库有关的过程文件由贮存库综合部负责收集保存,文件的贮存应采用防盗、防火、防虫等措施,每季度对文件管理情况进行检查。并根据国家及公司规定将文件整理、汇总后形成档案,报公司处置工程部按公司规定移交综合办公室归档保存。对于外来文件,由相应接口部门的文件管理人员负责接收、复制或分发,归档和贮存按上述有关条款实施。

### 5.8 环境管理与监测计划

#### (1) 厂区外环境监测

甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段建设依据相关法规标准要求,布置处置场周围的环境监测工作计划(见表 5-14),包括放射性气溶胶、土壤、地下水、生物监测,清原公司承诺本项目环境监测纳入其中进行统一考虑。

表 5-14 处置场运行期间流出物和环境监测计划

介 质	监测点位	监测项目	监测频次	
环境	$\gamma$ 剂量率	场区边界四个方位; 1km 处的 12 个方位; 3km 处的 4 个方位; 生地湾农场和西移村	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	1 次/季
	土 壤	场区边界四个方位; SE、SW、NW、NE 方位 1km 处; 生地湾农场和西移村	总 $\alpha$ , 总 $\beta$ , $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 和总 U	1 次/年
	生 物	生地湾农场蔬菜和戈壁滩骆驼草	总 $\alpha$ , 总 $\beta$ , $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 和总 U	1 次/年
	气溶胶	场址上风向 1 个对照点、下风向 1 个监测点, 贮存库下风向 100m 处 1 个点; 生地湾农场和西移村	总 $\alpha$ , 总 $\beta$ , $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 和总 U	1 次/季
	地下水	处置场上游监测井、生地湾农场和西移村	总 $\alpha$ , 总 $\beta$ , $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、总 U、 $^3\text{H}$ 、 $^{99}\text{Tc}$ 等	1 次/半年

## (2) 流出物监测

本工程正常工况下放射性气溶胶释放量很少，正常情况下排风不经过滤直接通过屋顶 3m 高烟囱排放，因此，气载流出物中放射性气溶胶浓度与工作场所气溶胶浓度基本一致，清原公司定期（1 次/月）对工作场所进行气溶胶浓度监测，监测项目为总  $\alpha$ 、总  $\beta$ ，因此，不再进行气载流出物的监测。

## (3) 贮存库周围环境监测

为了了解和掌握贮存库运行对周围环境的影响，对贮存库周围的环境状况进行监测。根据 HJ/T 61-2001、贮存库的运行情况以及贮存库周边环境，制定了贮存库运行期间周边环境监测计划，贮存库运行期周围环境监测计划见表 5-15。

表 5-15 贮存库运行期周围环境监测计划表

监测对象	监测点位	监测频次	监测项目
$\gamma$ 剂量率	贮存库四周布设 4 个点	1 次/季度	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率
土壤			总 $\alpha$ 、总 $\beta$
气溶胶和沉降灰	主导风向向下风向布设 1 个点		

## 5.9 主要污染工序

施工建设过程中产生的污染物主要有扬尘、施工废水、噪声和固体废物。

### 5.9.1 施工期

#### (1) 扬尘

施工期对大气的污染主要是由扬尘和二次扬尘造成的。

建筑材料的运输，如不采取有效的遮盖措施，运输过程中会产生扬尘，主要对道路沿线的空气环境产生影响；土料场、石料场、砂石料场等，如无围挡、随意堆放会对施工场地周围产生二次扬尘；施工期间搅拌机搅拌混凝土和砂浆也会造成水泥粉尘散发，会对施工场地周围环境产生二次扬尘污染；平整场地、挖填土石方，会使施工场地的地表功能造成破坏，表层土壤裸露，可能产生扬尘污染。取弃土场若选在施工生活区或居民生活区的上风向，会对这些区域产生一定的环境影响；施工建筑垃圾的清理会产生扬尘污染。

综上所述，施工期间将会造成局部地区环境空气的 TSP 浓度增高。本工程的建筑面积为 8147.52m<sup>2</sup>，按照工程的实施进度，施工周期保守按 12 个月进行估算。

$$W=WB+WK$$

$$WB=A \times B \times T$$

$$WK=A \times (P11+P12+P13+P14+P2+P3) \times T$$

其中，W：总排量，t；

WB：基本排放量，t；

WK：可控排放量，t；



A: 建筑面积, 万 m<sup>2</sup>;

T: 施工周期, 月;

B: 基本排放量排放系数, 4.8t/(万 m<sup>2</sup>·月);

P11、P12、P13 和 P14 为各项控制扬尘措施所对应的一次扬尘可控排放量排污系数, t/(万 m<sup>2</sup>·月); P11、P12、P13 和 P14 分别为道路硬化与管理、边界围挡、裸露地面覆盖、易扬尘物料覆盖等措施的达标与否排污系数, 达标均取 0;

P2 和 P3 为运输车辆扬尘所对应的二次扬尘可控排放量排污系数, t/(万 m<sup>2</sup>·月); 当运输车辆密闭时, P2 取 0; 当车辆不设有机械冲洗装置时, P3 取 1.55 t/(万 m<sup>2</sup>·月)。

经估算, 本工程建筑工程基本排放量为 46.93t, 可控排放量为 15.15t。本工程在施工期间可能产生的建筑工地扬尘排放量为 62.08t。

### (2) 噪声

本工程在施工期产生的噪声来源于来源于施工机械设备, 主要包括装载机、挖掘机、钻孔灌注桩机、静压式打桩机、混凝土搅拌机、混凝土振捣器、升降机等。不同施工设备产生的机械噪声声级列于表 5-16。

表 5-16 主要施工设备产生的机械噪声声级

施工阶段	噪声源	声级 dB (A)
土石方	装载机	85~95
	挖掘机	79~90
打桩	钻孔式灌注桩机	81~85
	静压式打桩机	75~82
结构	混凝土搅拌机	79~90
	混凝土振捣器	80~88
装修	升降机	72~80

### (3) 废水

施工期产生的废水主要为施工机具冲洗废水和施工人员生活污水, 施工期废水产生量按 100L/(d·人) 估算, 施工人员按 20 人估算, 施工周期保守按 12 个月计算, 则废水产生量为 720m<sup>3</sup>。

### (4) 固体废物

本工程产生的固体废物包括建筑垃圾、土石方、施工人员生活垃圾。其中建筑垃圾的产生量按照建筑面积 0.02t/m<sup>2</sup> 估算, 则本工程产生的建筑垃圾约为 163t。本工程土石方量基本平衡。施工期间施工人员的生活垃圾产生量按照 1kg/(人·d), 则施工期间生活垃圾产生量约为 7.3t。

## 5.9.2 运行期

### (1) 放射性污染物

#### ① 废气

本工程由于接收的放射性固体废物均密封在钢箱或钢桶内，且在本工程整个过程中不打开容器，因此本工程产生的放射性气溶胶很少。工作人员进入库房前，先打开风机，工作完成后关闭风机。本工程设置两套排风系统，正常排风不经过滤，直接高出屋面 3m 排放（烟囱离地面高度 22.2m），总排风量约 240000m<sup>3</sup>/h。

贮存库废物贮存满后废物体中总活度为  $5.08 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，保守假定贮存库固体废物的核素通过再悬浮进入贮存库，再悬浮因子取  $4.0\text{E-}06$ （DOE-HDBK-3010-94），放射性气溶胶进入贮存库后，通过厂房通风和 3m 烟囱排放。经计算，年排放的气溶胶为： $5.21 \times 10^{13} \text{Bq} \times 4 \times 10^{-6} = 2.09 \times 10^8 \text{Bq}$ 。

#### ②废水

本工程正常运行过程中不产生放射性废液。

#### ③固体废物

低放废物贮存库运行过程中会产生少量固体废物，主要固体废物为排风过滤机房更换的滤芯（很少）、吊车检修的零部件、沾污的废弃工作服，以上废物分类装入 200L 废物桶后暂存在贮存区，其中过滤器芯等待极低放填埋场建成后由吊车吊至运输车上外送至极低放填埋场最终处理，劳保等可燃废物待焚烧装置建成后焚烧处理。放射性固体废物的产生与处理见表 5-17。

表 5-17 放射性固体废物的产生与处理

主要废物	废物类型	废物量	废物去向
吊车检修零部件、排风机房滤芯	低放废物	4 m <sup>3</sup>	贮存厂房暂存后外送处理整备（处置）
辐射防护用品	低放废物	3 m <sup>3</sup>	贮存厂房暂存后外送处理整备（焚烧）

#### ④其他非放污染物

工作人员产生的生活污水为 40L/（人·天），本工程劳动定员 35 人，因此产生的生活废水量为 1.4m<sup>3</sup>/d。

工作人员产生的生活垃圾按 1kg/（人·天），本工程劳动定员 35 人，因此产生的生活垃圾约为 12.8t/a。

本项目运行过程中产生的噪声主要来自离心风机，风机噪声值均不超过 80dB（A）。

### 5.10 环保设施及其投资

贮存库项目总投资为 7845 万元，环保投资（含通排风 1073 万元、辐射监测 412 万元、排水 146 万元等）合计 1631 万元，占比 20.8%。本项目环保投资情况见表 5-18。

表 5-18 环保投资一览表

序号	环保设备设施	金额（万元）
一、通风系统		<b>1073</b>
1	绿区排风	434
2	橙区排风	475
3	事故排风	164
二、废水处理系统		<b>146</b>
1	废水收集	146
三、环境监测设备设施		<b>412</b>
1	实验室	220
2	便携式 $\gamma$ 剂量率测量仪	15
3	环境 $\gamma$ 剂量率测量仪	20
4	低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪	50
5	低本底 $\gamma$ 谱仪	90
6	烘箱	2
7	马弗炉	2
8	离心机	2
9	分析天平	2
10	电子台秤	2
11	便携式PH计	1
12	通风柜	6
合计		<b>1631</b>

### 5.11 有关退役的考虑

为了便于退役，系统设备及部件选用耐腐蚀、易清洁去污的材料，以减少污染积累和降低去污难度。另外还在以下几方面也考虑了便于将来的退役的实施。

#### (1) 限制系统污染主要采取措施

在设计阶段划分辐射分区，识别在正常和事故情况下可能受到污染的区域，放射性系统和非放射性系统分开布置。

#### (2) 系统设备布置

设计时考虑了设备运输通道、吊装设备以及检修空间，这些都有利于退役时设备的拆除。

#### (3) 便于房间和设备去污的布置

所有带有放射性的房间墙面、地面以及天花板均采用耐辐照的涂层或者覆不锈钢覆面，这种设计可以方便去污和清除，也可以防止污染下层的混凝土表面。

采取措施防止设备表面污染物沉积；设备周围设置足够空间，方便去污操作。

#### (4) 便于拆除阶段人员进出的布置

主要设备周围均设置通行区域，可以快速的将设备拆除运走，放射性装备均有专门的运输路径，在拆除时可以按照设计好的路径快速移除。所有这些措施都可以大大减少人工操作时的辐照水平和操作时间。

为运行和检修设计的人员通道，可在退役阶段使用。

## 6 项目主要污染物产生及预计排放情况

内容 类型	阶段	排放源	污染物名称	产生量	排放量
大气污染物	施工期	施工扬尘	TSP	62.08t/a	62.08t/a
	运行期	屋顶烟囱	放射性气溶胶	$2.09 \times 10^8 \text{Bq/a}$	$2.09 \times 10^8 \text{Bq/a}$
水污染物	施工期	施工废水	施工废水	720m <sup>3</sup> /a	厂区洒水抑尘、绿化等，不外排
	运行期	生活污水	生活污水	511 m <sup>3</sup> /a	排入污水处理站处理后场区绿化
固体污染物	施工期	建筑垃圾	建筑垃圾	163t/a	163t/a
		生活垃圾	生活垃圾	7.3t/a	7.3t/a
	运行期	更换的滤芯、吊车检修的零部件	不可燃放射性固体废物	4m <sup>3</sup> /a	由中核环保产业园统一考虑，不外运
		沾污的废弃工作服	可燃放射性固体废物	3m <sup>3</sup> /a	
		生活垃圾	非放固体废物	12.8t/a	12.8t/a
	噪声	施工期	施工机械	Leq (A)	72~95dB (A)
运行期		风机等	Leq (A)	80dB (A)	昼间≤65dB (A) 夜间≤55dB (A)
其他	辐射环境		对公众造成的剂量满足 GB18871-2002 及本工程规定的剂量约束值的影响		



## 7 环境影响分析

### 7.1 施工期环境影响分析

针对施工期扬尘、噪声、施工废水和生活生活污水等污染物，采取的主要污染防治措施为：

#### 7.1.1 扬尘

施工期须制定控制工地扬尘方案，采取有效防尘措施。施工场地设置围挡，以防扬尘扩散。施工现场合理布局，对制作场地、堆料场地要进行硬化，对易扬尘物料加盖防尘布。定期对路面和施工厂区洒水，减少起尘量。加强对机械、车辆的维修保养，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少颗粒物的排放。禁止在大风天气进行施工作业，减少扬尘的产生。

此外，在建筑材料运输、装卸、使用等过程中做好文明施工、文明管理，尽量避免或减少扬尘产生，防止区域环境空气中粉尘污染。根据清原公司施工经验，厂界处扬尘浓度低于  $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足《大气污染物综合排放标准》要求。

#### 7.1.2 噪声

施工中的噪声主要来自施工机械噪声、施工作业噪声和运输车辆噪声。施工机械噪声由施工机械产生，如升降机、挖土机等，多为点声源；施工作业噪声主要指建筑、加固和土地整治过程中的敲打声、撞击声等，多为瞬间噪声；运输车辆的噪声属于交通噪声。施工期噪声防治措施主要有：施工现场尽量选用低噪设备；高噪设备使用时合理选择时间，以减轻对周围的噪声影响；加强施工机械的维修、管理，保证施工机械处于低噪声、高效率的良好工作状态；采取减震、隔声、合理布局等措施降低机械噪声对周围声环境的影响。

#### 7.1.3 废水

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

#### 7.1.4 固体废物

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

综上所述，施工建设过程中产生扬尘、施工废水、固体废物和噪声等环境

影响基本上都是短期的、局部的，且与人的环境意识、管理水平关系密切。通过采取有效的污染防治措施，加强施工现场管理，可以使施工过程对环境的影响降低到最小程度。施工结束后，及时清理场地，其影响可以在短期消失。

## 7.2 运行期环境影响分析

### 7.2.1 三废产生及其处理情况

#### (1) 放射性废气

本项目为低放废物贮存，固体废物装在钢箱和钢桶内，本项目运行过程中没有废物桶/箱的開箱或开桶，放射性废物得到很好的密封。因此本工程产生的放射性气溶胶很少，贮存库正常运行过程中排风不经过滤，直接高出屋面3m 排放。

#### (2) 放射性废水

本项目正常运行过程中不产生放射性废水，不会对周围环境造成影响。

#### (3) 放射性固体废物

本项目正常运行过程中会产生少量的固体废物，主要是主要为排风过滤机房更换的过滤器芯、吊车检修的零部件、沾污的废弃工作服。其中吊车检修零件、排风机房滤芯的总废物量为  $4\text{m}^3$ ，沾污的废弃工作服等辐射防护用品的总废物量为  $3\text{m}^3$ 。

本项目运行产生的放射性固体废物先在贮存库暂存，其中过滤器芯等待极低放填埋场建成后由吊车吊至运输车上外送至极低放填埋场最终处理，劳保等可燃废物待焚烧装置建成后焚烧处理。

#### (4) 非放污染物

本项目正常运行过程中主要的非放污染物为工作人员产生淋浴废水、生活废水和生活垃圾以及风机运行产生的噪声。

工作人员产生的淋浴废水和生活废水均经由金塔低水平放射性固体废物处置场项目的废水处理设施统一处理，处理完成后用于厂区绿化。工作人员日常工作中产生的少量生活垃圾，该部分生活垃圾收集后统一送园区生活垃圾处理站处理。

本项目风机设备选型时选用噪声小的设备；设备基础采取减振措施；对产生噪声的设备采取消声措施，可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》的要求。

### 7.2.2 正常情况下的辐射剂量

#### (1) 释放源项

本项目气载流出物排放量见表 7-2，由表可以看出，本工程气载流出物排放量为  $2.09 \times 10^8 \text{Bq/a}$ 。

表 7-2 正常工况下核素气载流出物排放量

核素	Cr-51	Mn-54	Co-58	Fe-59	Co-60	Sr-90
排放量 (Bq/a)	8.40E+06	3.32E+06	4.00E+06	4.04E+03	1.43E+08	1.87E+04
核素	Nb-95	Zr-95	Ru-103	Ag-110m	Sb-124	Sb-125
排放量 (Bq/a)	2.59E+05	1.70E+05	9.64E+05	7.48E+04	9.64E+03	4.16E+04
核素	Cs-134	Cs-137	U-235	U-238	Pu-239	合计
排放量 (Bq/a)	4.52E+06	3.82E+07	5.40E+04	7.40E+05	9.84E+05	2.09E+08

### (2) 计算模式和参数

本项目的评价中大气弥散模式采用 IAEA19 号安全报告《Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment》中推荐的稀释模式。

进行剂量估算时,考虑的主要途径为放射性烟云浸没外照射、地表沉积外照射、公众吸入放射性核素和食入污染食物所致内照射,考虑对成人组居民所致的剂量水平。大气弥散模式、剂量估算模式和模式中使用的参数见附录 I。

### (3) 大气弥散因子

表 7-3 给出了烟囱高度为 22.2m 时评价范围内的年平均大气弥散因子。评价范围 0~5km 范围内无人居住,最近居民点出现在 5~10km 处。由表 7-3 可看出,烟囱高度为 22.2m 时,评价范围内大气弥散因子最大值为  $1.09 \times 10^{-5} \text{s/m}^3$ ,出现在 0~1km 子区。有人子区 (5~10km) 大气弥散因子为  $2.07 \times 10^{-7} \text{s/m}^3$ 。

表 7-3 评价范围内大气弥散因子

距烟囱的距离 (km)	烟囱高度为 22.2m 时的大气弥散因子 ( $\text{s/m}^3$ )
0~1	1.09E-05
1~2	2.45E-06
2~3	1.12E-06
3~5	5.42E-07
5~10	2.07E-07

### (4) 个人剂量

在正常运行情况下,分别对 10km 范围内的食入和吸入内照射、地面沉积和空气浸没外照射途径对公众的个人有效剂量进行计算。表 7-4 给出了不同环形区域各照射途径所致个人有效剂量。

由表 7-4 的结果可以看出,本项目运行过程中最大个人有效剂量出现在 0~1km 的环形区域内,最大个人有效剂量值为  $1.42 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 。在有人子区 (5~10km) 最大个人有效剂量为  $2.76 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 。

表 7-4 不同环形区域成人个人有效剂量 (Sv/a)

照射途径	评价区域 (km)				
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10
空气浸没外照射	2.17E-10	4.88E-11	2.23E-11	1.08E-11	4.12E-12
地面沉积外照射	1.19E-05	2.68E-06	1.23E-06	5.96E-07	2.29E-07
吸入内照射	3.61E-07	8.11E-08	3.71E-08	1.80E-08	9.61E-09
食入内照射	1.88E-06	4.22E-07	1.94E-07	9.38E-08	3.76E-08
总剂量	1.42E-05	3.19E-06	1.46E-06	7.08E-07	2.76E-07

## (5) 5~10km 范围内各照射途径剂量贡献

表 7-5 给出 5~10km 范围内各核素各照射途径所致个人有效剂量。关键照射途径为地面沉积外照射,其最大剂量值为  $2.29 \times 10^{-7}$  Sv/a, 占总剂量的 83.0%; 其次为食入内照射, 占总剂量的 13.5%; 空气浸没外照射途径可忽略不计。关键核素为 Co-60, 占总剂量的 74.3%。

表 7-5 各核素在不同途径所致成人个人有效剂量 (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
Cr-51	2.63E-15	2.16E-12	1.72E-14	5.21E-12	7.42E-12	0.0%
Mn-54	2.82E-14	2.54E-10	2.75E-13	5.54E-11	3.11E-10	0.1%
Co-58	3.92E-14	8.02E-11	4.64E-13	6.04E-11	1.41E-10	0.1%
Fe-59	5.02E-17	6.19E-14	8.93E-16	1.33E-13	1.97E-13	0.0%
Co-60	3.75E-12	1.91E-07	2.45E-10	1.43E-08	2.05E-07	74.3%
Sr-90	3.79E-19	3.32E-12	1.65E-13	2.16E-11	2.51E-11	0.0%
Nb-95	2.03E-15	2.04E-12	2.56E-14	2.52E-12	4.62E-12	0.0%
Zr-95	1.22E-15	4.83E-12	5.53E-14	3.07E-12	7.99E-12	0.0%
Ru-103	4.55E-15	5.36E-12	1.60E-13	1.25E-11	1.81E-11	0.0%
Ag-110m	2.10E-15	1.50E-11	4.96E-14	4.58E-12	1.97E-11	0.0%
Sb-124	1.83E-16	3.07E-13	4.58E-15	4.56E-13	7.71E-13	0.0%
Sb-125	1.77E-16	5.54E-12	2.75E-14	1.04E-12	6.63E-12	0.0%
Cs-134	7.10E-14	1.57E-09	5.00E-12	2.06E-09	3.66E-09	1.3%
Cs-137	2.18E-13	3.55E-08	8.23E-11	1.37E-08	4.95E-08	17.9%
U-235	2.56E-15	4.16E-10	1.98E-10	1.21E-10	7.35E-10	0.3%
U-238	1.30E-16	2.12E-11	2.56E-09	1.65E-09	4.23E-09	1.5%
Pu-239	9.02E-19	9.15E-13	6.52E-09	5.65E-09	1.22E-08	4.4%
合计	4.12E-12	2.29E-07	9.61E-09	3.76E-08	2.76E-07	100.0%
份额	0.0%	83.0%	3.5%	13.5%	100.0%	

### 7.3 事故情况下的辐射影响

根据《金塔低放废物贮存库建设项目安全分析报告》，本工程可能发生的事故（事件）包括：通风事故、废物桶场内转运事件、废物桶跌落事件以及火灾事故。

#### 7.3.1 通风事故

如果发生包装容器泄漏事故时厂房净化系统发生故障（堵塞或者穿透），无法有效过滤净化现场的放射性气溶胶。当发生过滤器堵塞时，会造成操作区

域的气溶胶浓度增加，放射性水平上升，引发的操作人员受到辐照。当发生过滤器穿透时，放射性气溶胶未经过滤排入到环境，对环境造成影响。

当发生过滤器堵塞时，利用现场移动式气溶胶活度连续测量仪测量，从现场发出预报警至气溶胶浓度达到报警值，工作人员全部撤离出该区域。

### 7.3.2 废物桶或钢箱场内转运事件

在废物桶的库房外转运过程中，可能由于叉车故障、废物桶码放不合理、人为操作失误、废物桶固定不牢固以及车速过快时急刹车等原因造成废物桶/箱的跌落或滑落。废物桶在出厂时已进行冲击、跌落试验，确保废物桶在跌落时（不高于 1.2m）不会造成破裂。废物桶跌落、滑落至地面，不会造成废物桶破裂，只会是桶体产生局部变形。在处理过程中不会有放射性物质大规模释放出来，不会对环境造成影响。

### 7.3.3 废物桶、钢箱跌落事件

#### （1）事件原因

废物桶/箱厂内转运过程中，可能由于吊车故障、人为操作或码放不合理等原因造成废物箱的跌落事故。废物箱跌落至地面，造成废物桶体破裂，箱体内的废物泄漏。

#### （2）事件分析

根据《低、中水平放射性固体废物容器 钢箱》（EJ 1076-2014）和《低、中水平放射性固体废物容器 钢桶》（EJ 1042-2014），钢箱、钢桶经过跌落试验，最高试验高度为 1.2m。因此，只有 3-4 层的废物桶/箱跌落至地面可能会导致废物桶/箱开裂。根据《低、中水平放射性固体废物性能要求—水泥固化体》，水泥固化体从 9m 高处掉落，不会明显破碎，本工程最大吊装高度不超过 9m，即使吊装过程中废物桶掉落破裂，但水泥固化体完好，基本不会有放射性物质的释放。对于核电站水泥固定废物，在吊装过程中即使发生废物桶跌落破损，由于有水泥固定，放射性废物散落出来释放到空气中的放射性核素较少，本次只考虑吊装过程中可燃固体废物桶跌落，造成放射性物质的释放。

#### （3）源项

假定吊装过程中采用多桶吊具，最大吊装量为 4 桶 400L 桶，发生废物桶跌落事故，正好砸在已经码放好的废物桶上，造成码放的 3~4 层废物桶（8 个 400L 废物桶）也跌落开裂，造成放射性气溶胶释放。保守采用 DOE-HDBK-3010-94 中包裹易燃材料的容器在撞击地面或被坠落物撞击时导致库房内的气溶胶 ARF 值为 1.0E-03，同时保守假定过滤器失效，则释放源项为：

$$0.4 \text{ m}^3 \text{ 桶} \times 12 \text{ 桶} \times 613 \text{ kg/m}^3 \times 1.56 \times 10^5 \text{ Bq/kg} \times 1 \times 10^{-3} = 4.49 \times 10^5 \text{ Bq}$$



#### (4) 预防及纠正措施

造成废物桶跌落的主要原因是人员疏忽，因此在厂内转运过程中，应加强运行管理和工作人员技能培训。在发生废物桶跌落时，现场工作人员立即撤离，开启事故排风风机，待一段时间后进入现场，对废物进行收集，对地面和设备表面进行擦拭去污。时间处理完毕后，工作人员在卫生出入口淋浴间进行清洗去污，经监测合格后方可离去。

### 7.3.4 火灾事故

#### (1) 事故原因

废物贮存库内存放的可燃固体废物为丙类火灾危险性物质，如发生人员误操作、电线短路、雷击等原因，可能发生火灾。

#### (2) 事故的探测

贮存库厂房在值班室设置火灾报警控制器及火灾报警接线箱。在贮存区上空设置双鉴式成像线型光束感烟探测器，在其他存在火灾危险的区域设置点型感烟火灾探测器。一旦发生火灾，可进行探测报警。

#### (3) 事故后果

若发生火灾，立即采用灭火器等消防器材进行灭火。本工程可燃放射性固体废物均用钢桶/钢箱进行封装，火灾发生后，及时灭火，不会有放射性物质的大规模泄漏，基本不会对环境造成影响。

#### (4) 防范措施

厂房预防火灾和限制火灾蔓延所采取的主要措施如下：

- 尽可能选用不易引起火灾的设备和材料；
- 为了防止火灾蔓延，根据《建筑设计防火规范》(GB50016-2018) 采用防火墙对厂房进行防火分区划分；
- 通过火灾自动报警系统实现火灾的早期探测；
- 合理设置通风系统，通风系统的柔性风管和过滤器等均采用不燃材料，过滤器、箱体、安装排架、风管或贯穿件等密封修补使用不可燃材料；
- 设置灭火系统及时扑灭火灾。

### 7.4 事故工况下的释放源项估算

由 7.3 节可知，只有废物桶跌落事件会造成放射性物质的释放，释放量为  $4.49 \times 10^5 \text{Bq}$ 。本次事故发生时为，废物桶装的废物为核电可燃固体废物，因此，采用核电可燃废物中核素浓度进行估算（具体见表 5-5），本工程释放源项见表 7-6。

表 7-6 事故释放源项估算

核素	事故释放量 Bq
Co-60	9.03E+04
Cs-137	1.42E+04
Mn-54	5.61E+03
Fe-59	2.69E+03
Nb-95	1.73E+05
Zr-95	1.14E+05
Sb-124	6.47E+03
Sb-125	2.79E+04
Ag-110m	1.46E+04
合计	4.49E+05

#### 7.4.1 计算模式与参数

事故工况下，气载流出物大气扩散及所致公众剂量评价模式见附录 II。公众受照途径为空气浸没外照射、地面沉积外照射和公众吸入所致内照射。不同距离的短期扩散因子见表 7-7。

表 7-7 短期扩散因子

下风向距离	扩散因子 (s/m <sup>3</sup> )
	0~8h
500m	7.19E-05
1500m	4.21E-05
2500m	5.73E-06
4000m	4.63E-06
7500m	2.71E-06

#### 7.4.2 个人剂量

本次评价途径包括吸入内照射、地面沉积和空气浸没外照射，表 7-8 给出火灾事故对公众各年龄组所致个人有效剂量。表 7-9 给出在照射途径对公众多只的最大个人有效剂量。

由表 7-8 可知，当发生废物桶跌落事故时，5-10km 范围对公众造成的最大有效剂量为  $5.23 \times 10^{-12} \text{Sv}$  (成人组)，远小于本工程事故剂量控制值  $1 \text{mSv/次}$ 。

表 7-8 废物桶跌落事故所致公众成人组个人有效剂量 (Sv)

年龄组	距离	空气浸没外照射	地表沉积外照射	吸入内照射	合计
成人组	0-1	1.86E-12	2.50E-12	1.34E-10	1.39E-10
	1-2	1.09E-12	1.46E-12	7.87E-11	8.13E-11
	2-3	1.48E-13	1.99E-13	1.07E-11	1.11E-11
	3-5	1.20E-13	1.61E-13	8.66E-12	8.94E-12
	5-10	7.00E-14	9.41E-14	5.07E-12	5.23E-12

由表 7-9 可知，当发生废物桶跌落破损事故时，吸入内照射为主要照射途径，剂量为  $5.07 \times 10^{-12} \text{Sv}$ ，所占份额为 96.9%；关键核素为 Co-60，占剂量贡献的 56.5%。

表 7-9 事故工况下各核素所致公众剂量 (Sv)

核素	空气浸没外照射	地表沉积外照射	吸入内照射	合计	份额
Co-60	2.89E-12	3.11E-14	3.35E-14	2.95E-12	56.5%
Cs-137	5.72E-13	1.06E-15	1.27E-15	5.74E-13	11.0%
Mn-54	8.69E-15	6.28E-16	7.22E-16	1.00E-14	0.2%
Fe-59	1.11E-14	0.00E+00	0.00E+00	1.11E-14	0.2%
Nb-95	3.22E-13	1.79E-14	2.06E-14	3.60E-13	6.9%
Zr-95	6.94E-13	1.08E-14	2.65E-14	7.32E-13	14.0%
Sb-124	4.28E-14	1.61E-15	2.72E-15	4.71E-14	0.9%
Sb-125	3.46E-13	1.56E-15	7.73E-15	3.55E-13	6.8%
Ag-110m	1.81E-13	5.39E-15	1.01E-15	1.87E-13	3.6%
合计	5.07E-12	7.00E-14	9.41E-14	5.23E-12	100.0%
份额	96.9%	1.3%	1.8%	100.0%	

## 7.5 小结

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

正常工况下，本项目正常运行工况下所致关键居民组为 5~10km 的成人组，最大个人有效剂量为  $2.76 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，远小于固体废物处置场的剂量约束值  $0.01 \text{mSv/a}$ ，关键核素为 Co-60，关键照射途径为地面沉积外照射。

本工程最大可信事故为废物桶跌落后破损事故，事故所致最大公众剂量（5~10km 有人子区的成人组）为  $5.23 \times 10^{-12} \text{Sv}$ ，远小于本工程事故剂量控制值  $1 \text{mSv/次}$ ，关键途径为吸入内照射途径，关键核素为 Co-60。

## 8 项目拟采取的防治措施及预期治理效果

内容 类型	排放源	污染物名称	防治措施	预期治理效果
大气污 染物	屋顶烟囱	放射性气溶 胶	正常工况收集后 通过屋顶 3m 高烟 囱排放，事故下经 过滤后排放（一级 初效+一级高效）	/
水污染 物	生活污水	生活污水	收集后排入污水 处理站进行处理	出水水质满足《城市 污水再生利用—城市 杂用水水质》 （GB/T18920-2020） 中道路清扫、城市绿 化标准，处理后出水 主要用于厂区绿化、 降尘。
固体废 物	放射性固 体废物	更换的滤芯、 吊车检修的 零部件、沾污 的废弃工作 服	收集暂存，后期由 中核环保产业园 统一考虑处理处 置	不进入环境
	生活垃圾	生活垃圾	收集后统一送园 区处理	收集
噪声	风机等设 备噪声	噪声	选用低噪声设备	满足《工业企业厂界 环境噪声排放标准》 中的 3 类标准
其他	辐射环境：对公众造成的剂量满足 GB18871-2002 及本工程规定的剂量约束值的影响			

## 9 结论与承诺

### 9.1 项目概况

本项目位于甘肃省金塔核环保产业园内低放废物处置单元的南侧，项目占地面积 5985.74m<sup>2</sup>，新增建筑面积 7378m<sup>2</sup>，设计贮存容量 4000m<sup>3</sup>。

### 9.2 项目选址合理性分析

本项目位于甘肃省酒泉市金塔县核技术产业园区内，甘肃省酒泉市金塔县核技术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。本项目建设用地已获得当地政府许可，项目周围 5km 范围内无常住居民，无制约因素，选址合理可行。

### 9.3 辐射环境质量现状

监测结果显示，项目周围  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测结果范围为 78~92nGy/h，在酒泉市  $\gamma$  辐射剂量率水平范围内波动。

项目周围土壤、环境空气以及环境生物样（骆驼草）中人工放射性核素浓度小于仪器的探测下限。

### 9.4 运行过程中产生的废物去向

#### ①废气

本工程接收的放射性固体废物均密封在钢箱或钢桶内，且在本工程整个过程中不打开容器，因此本工程产生的放射性气溶胶很少。工作人员进入库房前，先打开风机，工作完成后关闭风机。本工程设置两套排风系统，正常排风不经过滤，排风直接高出屋面 3m 排放（烟囱离地面高度 22.2m），总排风量约 240000m<sup>3</sup>/h，事故工况下排风经过滤（一级初效+一级高效）后通过屋顶烟囱排放。

#### ②废水

本工程正常运行过程中不产生放射性废液。

#### ③固体废物

低放废物贮存库运行过程中会产生少量固体废物，主要固体废物为排风过滤机房更换的滤芯（很少）、吊车检修的零部件、沾污的废弃工作服，以上废物分类装入 200L 废物桶后暂存在贮存区，其中过滤器芯等待极低放填埋场建成后由吊车吊至运输车上外送至极低放填埋场最终处理，劳保等可燃废物待焚烧装置建成后焚烧处理。

#### ④非放污染物

本项目正常运行过程中主要的非放污染物为工作人员产生淋浴废水、生活



废水和生活垃圾以及风机运行产生的噪声。

工作人员产生的淋浴废水和生活废水均经由金塔低水平放射性固体废物处置场项目的废水处理设施统一处理，处理完成后用于厂区绿化。工作人员日常工作中产生的少量生活垃圾，该部分生活垃圾收集后统一送园区生活垃圾处理站处理。

本项目风机设备选型时选用噪声小的设备；设备基础采取减振措施；对产生噪声的设备采取消声措施，可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》的要求。

## 9.5 环境监测及流出物监测

甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段建设依据相关法规标准要求，布置处置场周围的环境监测工作计划，包括放射性气溶胶、土壤、地下水、生物监测，清原公司承诺本项目环境监测纳入其中进行统一考虑。同时，为了了解和掌握贮存库运行对周围环境的影响，对贮存库周围的环境状况进行监测，包括贮存库四周布置剂量率监测点位和土壤监测点位。

本工程正常工况下放射性气溶胶释放量很少，正常情况下排风不经过滤直接通过屋顶 3m 高烟囱排放，因此，气载流出物中放射性气溶胶浓度与工作场所气溶胶浓度基本一致，清原公司定期（1 次/月）对工作场所进行气溶胶浓度监测，监测项目为总  $\alpha$ 、总  $\beta$ ，因此，不再进行气载流出物的监测。

## 9.6 环境影响分析

### （1）建设期环境影响分析

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

### （2）运行阶段的环境影响分析

正常工况下，本项目正常运行工况下所致关键居民组为 5~10km 的成人组，最大个人有效剂量为  $2.76 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，远小于固体废物处置场的剂量约束值  $0.01 \text{mSv/a}$ ，关键核素为 Co-60，关键照射途径为地面沉积外照射。

本工程最大可信事故为废物桶跌落后破损事故，事故所致最大公众剂量（5~10km 有人子区的成人组）为  $5.23 \times 10^{-12} \text{Sv}$ ，远小于本工程事故剂量控制值  $1 \text{mSv/次}$ ，关键核素为 Co-60，关键途径为吸入内照射途径。

综上所述，本项目对周围环境的辐射影响很小。因此，从环境保护角度分析，项目建设可行。

## 审批意见表

下一级生态环境行政主管部门审查意见：

经办人签字

单位盖章

年 月 日

年 月 日

审批意见

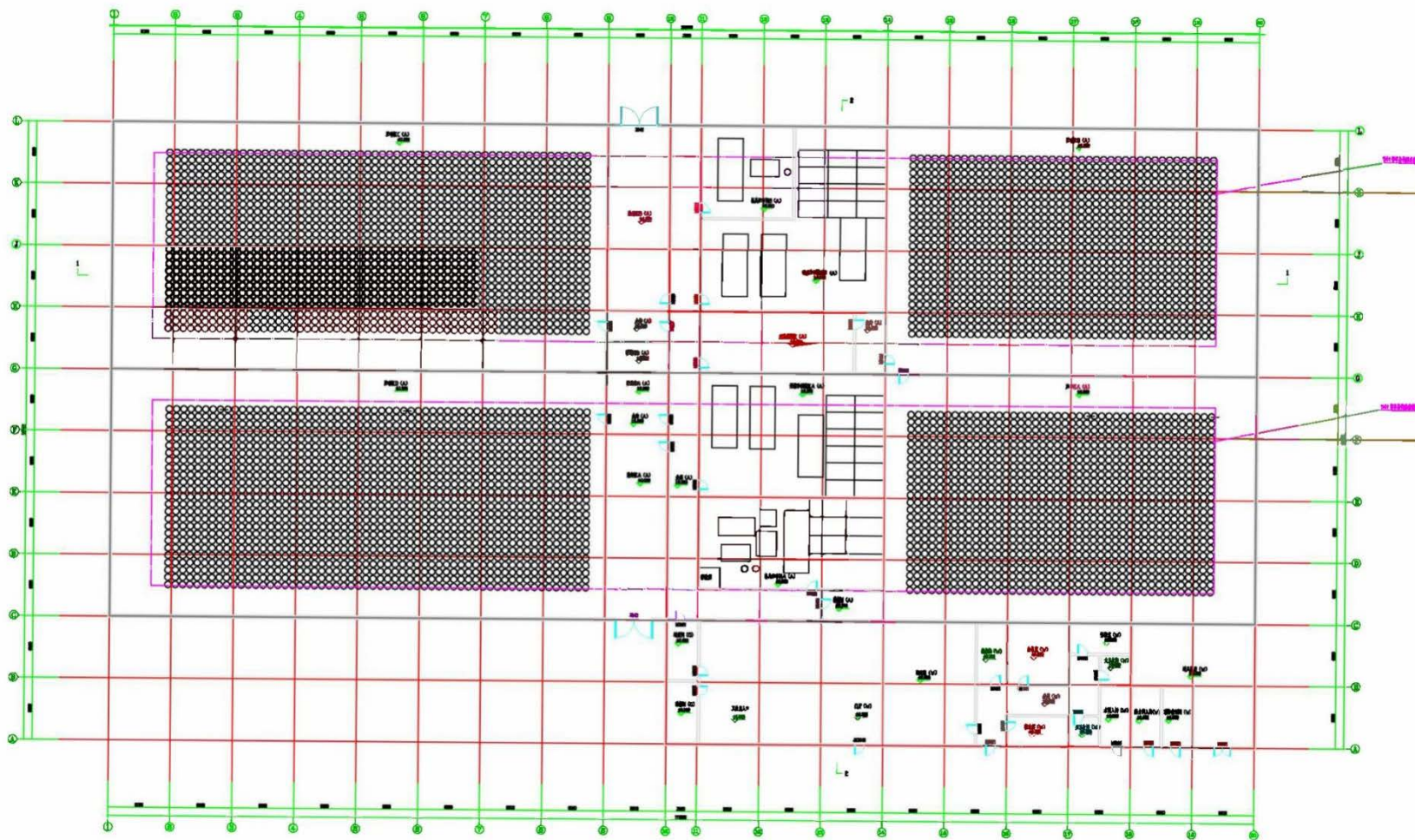
经办人签字

单位盖章

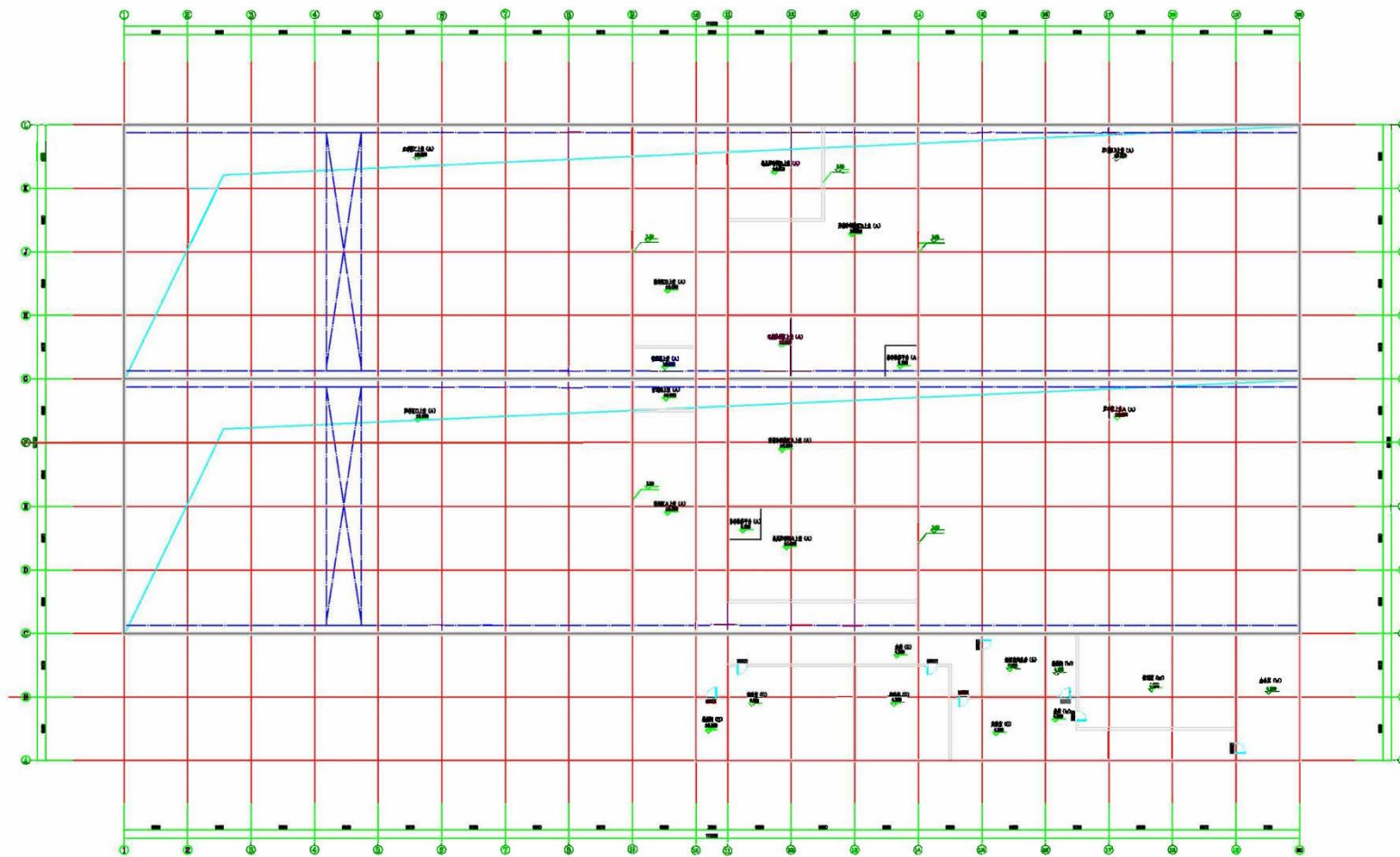
年 月 日

年 月 日

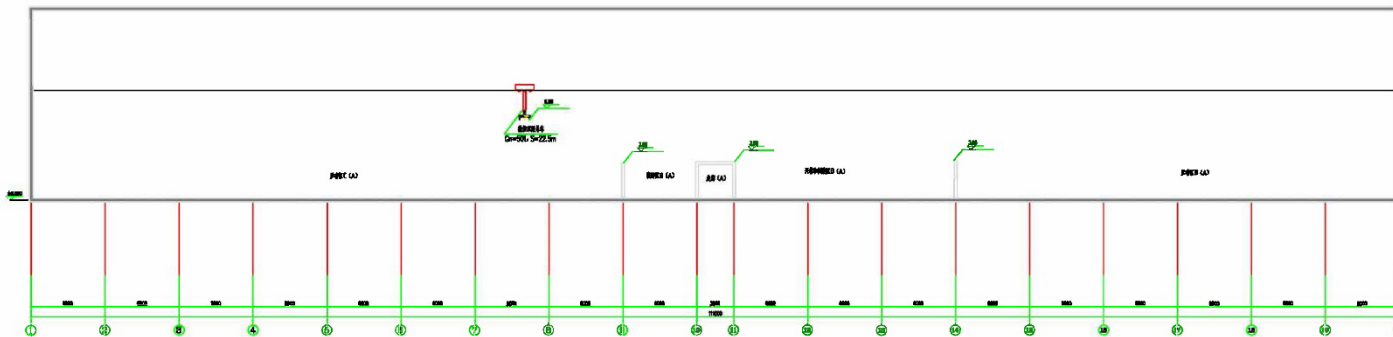
附图一 一层平面布局图



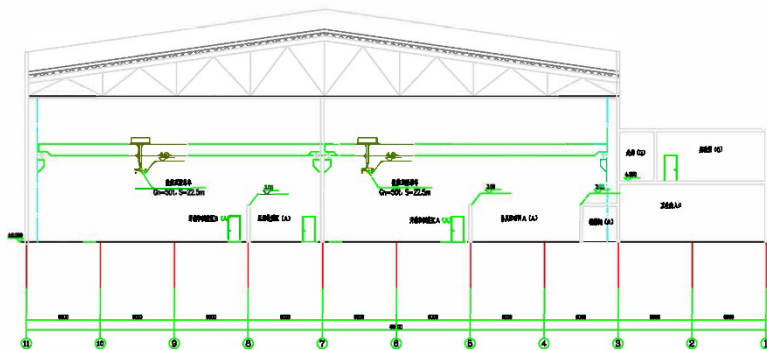
附图二 二层平面布局图



### 附图三 平剖面布局图

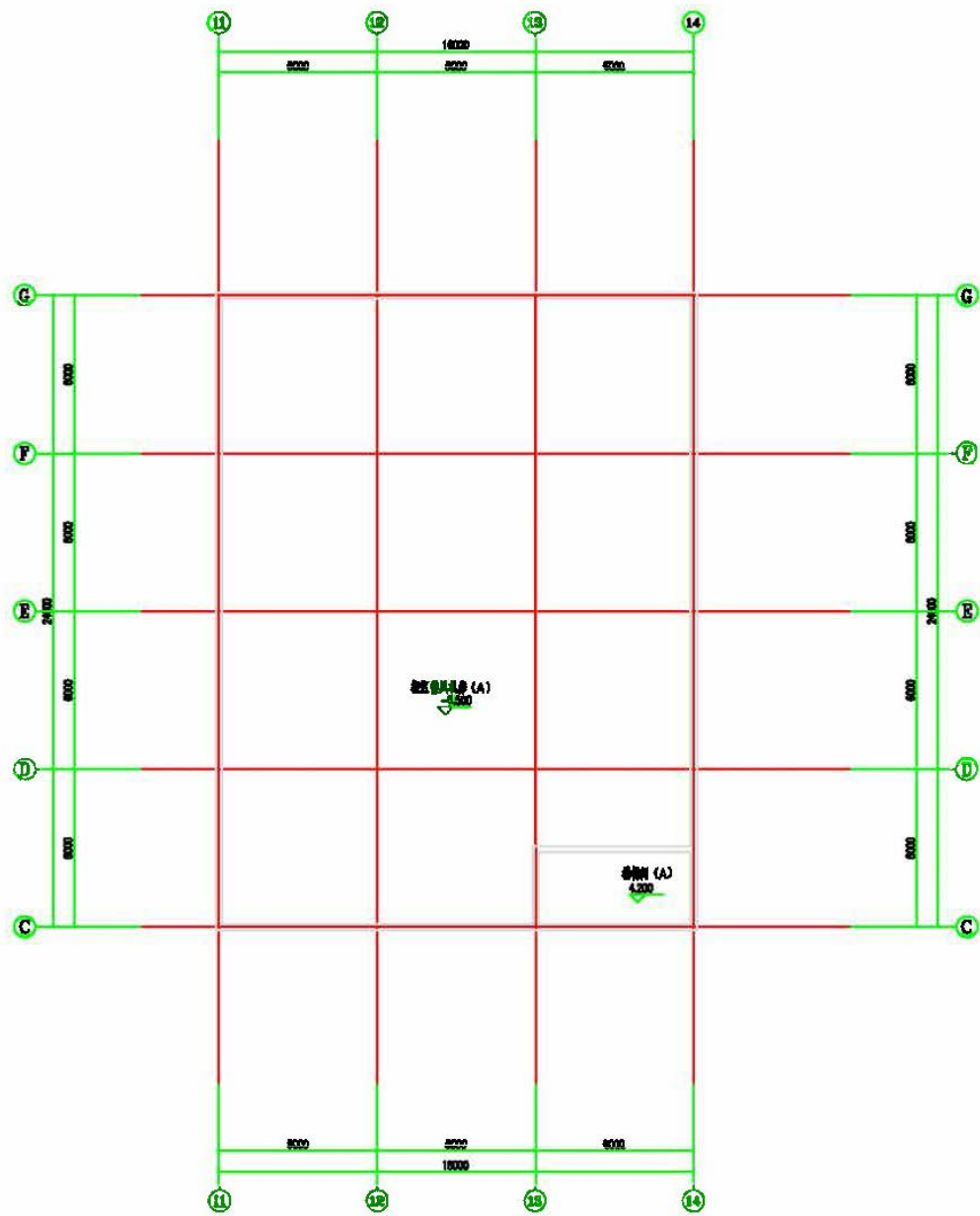


1-1 剖面图



2-2 剖面图

附图四 地下排风机房布局图





# 附录 I 大气弥散和气载途径剂量估算模式

## 1 正常工况下的大气弥散稀释模式

大气弥散模式采用筛选模式，并且考虑了大气的稀释作用，不考虑烟羽的抬升。根据排放源高度、邻近最高建筑物高度和接收点离排放点的距离决定采用不同形式的计算公式。

若释放高度  $H \leq 2.5H_b$ ，且  $x > 2.5\sqrt{A_b}$  ( $A_b$  为邻近最高建筑物的截面积)，则：

$$\frac{C_{ai}}{Q_i} = \frac{P_p B}{u_a}$$

其中：

$C_{ai}/Q_i$ —大气弥散因子， $s/m^3$ ；

$P_p$ —一年中风吹向接收点所在扇形方位  $p$  的时间份额，无量纲。 $P_p$  的推荐值为 0.25。

$Q_i$ —放射性核素  $i$  的年均排放率， $Bq/s$ ；

$u_a$ —在释放高度上年平均风速， $m/s$ 。

$B$ —在下风距离  $x$  处的高斯扩散因子， $1/m^2$ ；

$$B = \frac{16}{\sqrt{2\pi^3}} \frac{1}{x\Sigma_z}$$

这里： $\Sigma_z = [\sigma_z^2 + \frac{A_b}{\pi}]^{0.5}$ ， $\sigma_z$  为垂直扩散参数， $m$ 。

$x$ —源到计算点的距离， $m$ ；

## 2 地面沉积

在稀释模式中，地面沉积采用干湿沉积速度和地面空气浓度乘积计算，即

$$G_{gi} = (V_d + V_w) C_{ai}$$

其中： $G_{gi}$ —核素  $i$  在地面上的年均沉积率， $Bq/m^2 \cdot s$ ；

$V_t$ —总沉积速度， $V_t = V_d + V_w = 1000 \text{ m/d} = 0.0116 \text{ m/s}$ ；

$V_d$ —干沉积速度， $m/s$ ；

$V_w$ —湿沉积速度， $m/s$ 。

## 3 辐射剂量

辐射剂量计算采用基本剂量模式，不分年龄组，只计算成人所受到的有效剂量。考虑的照射途径包括：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入内照射和食入内照射。

### 3.1 空气浸没外照射

空气浸没外照射采用半无限烟云模式计算，同时保守地假设受照个人无屏蔽而且全部时间停留在野外。

$$H_{\gamma,i} = g_{\gamma,i}(\chi/Q)_i Q_i$$

其中： $H_{\gamma,i}$ —核素 i 的空气浸没外照射有效剂量，Sv/a；

$g_{\gamma,i}$ —核素 i 的空气浸没外照射有效剂量转换因子，(Sv/a) / (Bq/m<sup>3</sup>)。

$(\chi/Q)_i$ —核素 i 的大气弥散因子，s/m<sup>3</sup>；

$Q_i$ —放射性核素 i 的年均释放率，Bq/s。

### 3.2 地面沉积外照射

地面沉积的放射性物质产生的外照射有效剂量模式采用常规计算模式，同时不考虑屏蔽和居留时间份额，按下式计算：

$$H_{b,i} = 3600 \cdot G_{g,i} \cdot K_{b,r} \cdot g_{b,i} \cdot b$$

$$G_{g,i} = (W_D + W_W) Q_i$$

$$K_{b,r} = [1 - \exp(-(\lambda_i + \lambda_m) \cdot t_b)] / (\lambda_i + \lambda_m)$$

式中： $H_{b,i}$ —沉积在地面上的放射性核素 i 产生的外照射有效剂量，Sv/a；

$G_{g,i}$ —放射性核素 i 在地面上的全年平均沉积率，Bq/m<sup>2</sup>.s；

$Q_i$ —核素 i 的年均释放率，Bq/s；

$g_{b,i}$ —放射性核素 i 的地面辐射产生的外照射有效剂量转换因子，(Sv/a) / (Bq/m<sup>2</sup>)。

$b$ —考虑地面粗糙度和渗透到深层土壤的校正因子。保守取  $b=1$ ；

$\lambda_i$ —核素 i 的衰变常数，1/h；

$\lambda_m$ —核素在陆地环境中的去除常数，1/h。 $\lambda_m$  的取值见附表 4；

$t_b$ —核素在地面上的沉积时间，h。

附表 4 放射性核素在陆地环境中的去除常数

元素	$\lambda_m(1/h)$
阴离子（如 TcO <sub>4</sub> <sup>-</sup> 、Cl <sup>-</sup> 、I <sup>-</sup> ）	$5.8 \times 10^{-5}$
Sr 和 Cs	$5.8 \times 10^{-6}$
其余元素(包括非阴离子形态的 Tc 和 I)	0

### 3.3 吸入放射性物质产生的内照射

吸入放射性核素 i 产生的内照射有效剂量与计算点处地面空气中放射性浓度成正比：

$$H_{h,i} = 8760 \cdot C_i \cdot V \cdot g_{h,i}$$

式中： $H_{h,i}$ —核素 i 产生的吸入内照射有效剂量，Sv/a；

$C_i$ —核素  $i$  在空气中的浓度,  $Bq/m^3$ ;

$V$ —公众个人正常情况下的呼吸率,  $m^3/h$ 。取成人的呼吸率为  $V = 0.96 m^3/h$ ;

$g_{h,i}$ —吸入放射性核素  $i$  产生的内照射有效剂量转换因子,  $Sv/Bq$ 。取自 GB18871-2002, 并保守地取肺快速、中速和慢速吸收中的大者。

### 3.4 食入放射性物质的内照射

计算食入放射性物质的内照射, 首先需要根据空气中放射性核素浓度或地面沉积浓度计算食品中放射性核素的比放, 最后根据人的饮食习惯计算得到。

#### 1) 植物食品或饲料中放射性浓度

陆生植物中的放射性污染浓度分别由直接沉积于植物表面和沉积于土壤中通过根部吸收而造成, 其计算式为:

$$C_{n,i} = (B_{n-Pl,i} + B_{n-So,i})$$

$$B_{n-Pl,i} = 3600 \cdot (W_{Di} + W_{Wi} \cdot f_w) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_{Pl-eff,i} \cdot t_{n,e})}{Y_n \cdot \lambda_{Pl-eff,i}} \cdot Q_i$$

$$B_{n-So,i} = 3600 \cdot (W_{Di} + W_{Wi}) \cdot T_{n,i} \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_{So-eff,i} \cdot t_b)}{P_m \cdot \lambda_{So-eff,i}} \cdot Q_i$$

式中:  $C_{n,i}$ — $n$  种陆生植物内放射性核素  $i$  的浓度,  $Bq/kg$ ;

$B_{n-Pl,i}$ — $n$  种陆生植物内由放射性直接沉积于其表面产生的放射性核素  $i$  的污染浓度,  $Bq/kg$ ;

$B_{n-So,i}$ — $n$  种陆生植物内由放射性沉积于土壤中通过根部吸收产生的放射性核素  $i$  的污染浓度,  $Bq/kg$ ;

$Q_i$ —放射性流出物的年平均释放率,  $Bq/s$ ;

$f_w$ —由湿沉积而造成的滞留在植物地面以上部分的放射性份额, 无量纲。保守地取  $f_w = 1$ ;

$T_{n,i}$ — $n$  种陆生植物从根部吸收地面放射性的转移因子,  $(Bq/kg) / (Bq/kg \text{ 干土})$ ;

$\lambda_{Pl-eff,i}$ —放射性核素  $i$  滞留在植物上和植物中的有效衰变常数,  $1/h$ ,  $\lambda_{Pl-eff,i} = \lambda_i + \lambda_v$ ;

$\lambda_{So-eff,i}$ —放射性核素  $i$  滞留在土壤中的有效衰变常数,  $1/h$ ,  $\lambda_{So-eff,i} = \lambda_i + \lambda_m$ ;

$\lambda_v$ —放射性核素在植物中的去除常数,  $1/h$ 。取  $\lambda_v = 2.06 \times 10^{-3}/h$ ;

$\lambda_m$ —放射性核素在陆地环境中的去除常数,  $1/h$ ;

$t_{n,e}$ — $n$  种陆生植物的生长期,  $h$ 。取叶类蔬菜的生长期  $t_{v,e} = 1080 h$ , 作物的生长期  $t_{c,e} = 2880 h$ , 牧草的生长期  $t_{p,e} = 720 h$ ;

$t_b$ —放射性核素在地面的沉积时间,  $h$ , 取  $t_b = 30$  年;

$Y_n$ — $n$  种陆生植物单位面积产量,  $\text{kg}/\text{m}^2$ 。取叶类蔬菜可食部分的单位面积产量  $Y_V = 1.6 \text{ kg}/\text{m}^2$ , 作物可食部分的单位面积产量  $Y_C = 2.4 \text{ kg}/\text{m}^2$ ;

$P_m$ —土壤有效面密度,  $\text{kg}/\text{m}^2$ , 取  $P_m = 225 \text{ kg}/\text{m}^2$ (干土);

$n$ —表示叶类蔬菜 (V)、粮食作物 (C)、牧草 (P)、饲料 (F)。

$W_{Di}$ 、 $W_{Wi}$ —全年的放射性核素  $i$  的平均干、湿沉积因子,  $1/\text{m}^2$ ,  $W_d$  和  $W_w$  的计算公式如下:

$$(W_D + W_W) = (V_D + V_W) \times \frac{C_{ai}}{Q_i} = V_t \times \frac{C_{ai}}{Q_i}$$

## 2) 陆生动物食品中放射性浓度

$$C_{n,i} = T_{n,i} [f_p \cdot C_{P,i} + (1 - f_p) \cdot C_{F,i} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_s)] E_n$$

式中:  $C_{n,i}$ —牛奶或肉类食品中放射性核素  $i$  的浓度,  $\text{Bq}/\text{kg}$ ;

$T_{n,i}$ —产奶或产肉动物摄入的放射性物质平均转移到奶中或肉中的份额,  $(\text{Bq}/\text{kg})/(\text{Bq}/\text{d})$ 。

$f_p$ —产肉动物或产奶动物一年中在牧场吃牧草的时间份额, 无量纲。取  $f_p = 0.5$ ;

$C_{P,i}$ —牧草植物中放射性核素  $i$  的浓度,  $\text{Bq}/\text{kg}$ ;

$C_{F,i}$ —贮存饲料中放射性核素  $i$  的浓度,  $\text{Bq}/\text{kg}$ ;

$t_s$ —饲料的贮存时间,  $\text{h}$ 。取  $t_s = 2160 \text{ h}$ ;

$E_n$ —产奶动物或产肉动物每天消费的饲料量,  $\text{kg}/\text{d}$ 。取产奶动物每天的饲料消费量  $E_M = 16 \text{ kg}(\text{干重})/\text{d}$ , 产肉动物每天的饲料消费量  $E_{FI} = 12 \text{ kg}(\text{干重})/\text{d}$ ;

$n$ —表示产奶动物 (M)、产肉动物 (FI)。

## 3) 食入陆生食品产生的内照射

食入受放射性污染的食品对人体产生内照射, 其辐射剂量取决于个人饮食习惯和食品受污染的程度。计算食入有效剂量时, 把个人食入的陆生食品分成四组: 叶类蔬菜、农作物、肉类食品和奶类食品。肉类食品包括牛肉、羊肉、猪肉、禽肉, 为保守起见, 以牛肉类核素参数为肉类食品的参考数据; 奶类食品主要是牛奶和羊奶, 取牛奶的有关核素参数为奶类食品的参考数据。计算保守假定食入的所有食品均来自本子区, 且食物被人消费的延迟时间为 0。

食入陆生食品产生的内照射有效剂量由下式计算:

$$H_{g,i} = (U_V \cdot C_{V,i} + U_C \cdot C_{C,i} + U_M \cdot C_{M,i} + U_{FI} \cdot C_{FI,i}) \cdot g_{g,i}$$

式中:  $H_{g,i}$ —公众个人食入含有放射性核素  $i$  的食物造成的内照射有效剂量,  $\text{Sv}/\text{a}$ ;

$U_V$ —公众个人的蔬菜 (指叶类蔬菜, 下同) 消费量,  $\text{kg}/\text{a}$ ;

$U_C$ —公众个人的农作物消费量,  $\text{kg}/\text{a}$ ;

$U_M$ —公众个人的牛奶消费量,  $\text{kg}/\text{a}$ ;

$U_{FI}$ —公众个人的肉类消费量,  $\text{kg}/\text{a}$ ;

$C_{V,i}$ —本子区内叶类蔬菜中放射性核素  $i$  的含量,  $\text{Bq}/\text{kg}$ ;

- $C_{C,i}$ —本子区作物中放射性核素 i 的含量, Bq/kg;
- $C_{M,i}$ —本子区内牛奶中放射性核素 i 的含量, Bq/kg;
- $C_{Fl,i}$ —本子区内肉类食品中放射性核素 i 的含量, Bq/kg;
- $g_{g,i}$ —食入放射性核素 i 的有效剂量转换因子, Sv/Bq。

## 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:

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

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 时段事故扩散因子,  $s \cdot m^{-3}$ ;  $Q_{i,n}$  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 (见附表 5)。

附表 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:

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

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效剂量, 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 ( $T_{i,e} \leq T_i$ ), s; 这里取  $T_{i,e} = T_i$ 。

### 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:

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

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;  $R_a$  为成人个人的空气摄入量, 取  $3.81 \times 10^{-4} m^3 \cdot s^{-1}$ 。

## 2.4 剂量转换因子

报告中各核素采用的剂量转换因子见附表 6。

附表 6 剂量转换因子（成人）

核素	吸入 Sv/Bq	食入 Sv/Bq	沉积外照射 Sv/s·Bq·m <sup>-2</sup>	浸没外照射 Sv/s·Bq·m <sup>-3</sup>
Cr-51	3.70E-11	3.80E-11	3.11E-17	1.52E-15
Mn-54	1.50E-09	7.10E-10	8.25E-16	4.13E-14
Co-58	2.10E-09	7.40E-10	9.52E-16	4.76E-14
Fe-59	4.00E-09	1.80E-09	0.00E+00	0.00E+00
Co-60	3.10E-08	3.40E-09	2.38E-15	1.27E-13
Sr-90	1.60E-07	2.80E-08	1.11E-16	9.84E-17
Nb-95	1.80E-09	5.80E-10	7.62E-16	3.81E-14
Zr-95	5.90E-09	9.50E-10	1.49E-15	3.49E-14
Ru-103	3.00E-09	7.30E-10	4.76E-16	2.76E-14
Ag-110m	1.20E-08	2.80E-09	4.44E-16	1.36E-13
Sb-124	6.40E-09	2.50E-09	2.70E-15	9.20E-14
Sb-125	1.20E-08	1.10E-09	1.78E-15	2.06E-14
Cs-134	2.00E-08	1.90E-08	1.52E-15	9.52E-14
Cs-137	3.90E-08	1.30E-08	5.71E-16	2.76E-14
U-235	8.50E-06	4.70E-08	1.68E-16	8.57E-15
U-238	8.70E-06	4.50E-08	1.90E-15	2.92E-17
Pu-239	1.20E-04	2.50E-07	8.88E-19	4.44E-18