

密级：公开

版次：A 版

湖南核工业宏华机械有限公司
放射性污染金属熔炼生产线项目
环境影响报告书
(建造阶段)

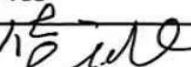
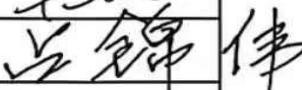
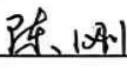
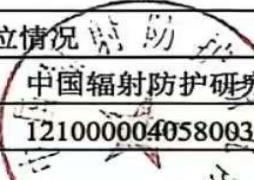
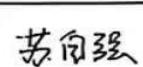


湖南核工业宏华机械有限公司
放射性污染金属熔炼生产线项目
环境影响报告书
(建造阶段)

建设单位名称：湖南核工业宏华机械有限公司
建设单位法人代表：华春飞
通讯地址：湖南省衡阳市珠晖区东阳渡镇
邮政编码：421004
联系人：占锦伟
联系电话：13873182530



编制单位和编制人员名单表

建设项目名称	湖南核工业宏华机械有限公司放射性污染 金属熔炼生产线项目（建造阶段）		
建设项目类别	55-168 放射性废物贮存、处理、处置设施		
环境影响评价文件类型	环境影响报告书		
一、建设单位情况			
建设单位	湖南核工业宏华机械有限公司		
统一社会信用码	914304007483590485		
法定代表人（签章）	华云飞 		
主要负责人（签字）	占锦伟 		
直接负责的主管人员（签字）	陈刚 		
二、编制单位情况			
单位名称（签章）	中国辐射防护研究院 		
统一社会信用代码	121000004058093644		
三、编制人员情况			
1、编写人员情况			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
康晶	2014035140350000003507140064	BH023605	
2.主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编码	签字
康晶	概述、结论与承诺	BH023605	
李洋	场址环境、正常工况的环境影响、 事故工况的环境影响	BH022618	
苏自强	工程概况、流出物监测和环境监测	BH022679	
罗恺	施工期的环境影响、环境质量现状	BH022616	

目 录

目 录	III
前 言	1
第一章 概述	1
1.1 编制目的	1
1.2 项目名称和建设性质	1
1.3 建设内容与规划	1
1.4 编制依据	2
1.4.1 法规和标准	2
1.4.2 委托文件	4
1.4.3 主要技术资料	4
1.5 管理目标值	5
1.5.1 公众剂量约束值	5
1.5.2 放射性流出物申请排放总量	5
1.5.3 接收控制值	5
1.5.4 放射性废物管理	5
1.5.5 非放射性环境标准	5
1.6 评价区域及环境保护目标	7
1.7 生态环境分区管控要求符合性分析	9
第二章 场址环境	13
2.1 地理位置	13
2.2 人口分布及居民食谱	13
2.2.1 各子区人口分布	14
2.2.2 年龄构成	18
2.2.3 居民饮食习惯	18

2.3 土地利用及资源概况	19
2.3.1 土地利用	19
2.3.2 农业资源	19
2.3.3 自然资源	20
2.3.4 名胜古迹	21
2.3.5 工业经济	21
2.4 其他核设施	21
2.5 气象	21
2.6 水文	29
2.6.1 地表水	29
2.6.2 洪水	31
2.7 地形地貌	31
2.8 地质和地震	32
2.8.1 地质	32
2.8.2 地震	33
第三章 工程概况	34
3.1 放射性污染金属的来源	34
3.1.1 放射性污染金属的来源	34
3.1.2 放射性污染金属接收限值	34
3.2 建设内容及平面布置	35
3.2.1 建设内容	35
3.2.2 总平面布置	36
3.2.3 实物保护	39
3.2.4 厂房分区	39
3.3 前期准备	42

3.3.1 已有建筑拆除	42
3.3.2 已有场地清理	43
3.4 生产工艺	43
3.4.1 天然核素污染金属暂存库（01子项）	43
3.4.2 天然核素污染金属熔炼设施（02子项）	54
3.4.3 工艺辅助系统	81
3.4.4 配套设施	84
3.5 运行期主要污染物的产生及处理	86
3.5.1 废气的产生和处理	86
3.5.2 废水的产生和处理	87
3.5.3 固体废物的产生和处理	89
3.5.4 废物最小化	91
3.6 辐射安全管理	91
3.6.1 辐射安全管理机构与制度	91
3.6.2 辐射安全设计	92
3.6.3 辐射安全监测	94
3.6.4 事故应急	105
3.7 质量保证	110
3.7.1 质量保证目的	110
3.7.2 质量保证体系的建立	110
3.7.3 质量保证组织机构	110
3.7.4 质量保证大纲的内容	110
3.7.5 质量措施的制定	111
3.8 环保设施投资	111
3.9 有关退役的考虑	112
第四章 环境质量现状	114

4.1 环境本底参考值	114
4.2 辐射环境质量现状	114
4.2.1 辐射环境监测方案	114
4.2.2 监测结果	116
4.2.3 辐射环境质量现状评价	118
4.3 非放环境质量现状	118
4.3.1 达标区判定	118
4.3.2 环境质量现状监测	119
第五章 施工期的环境影响	122
5.1 施工期三废产生情况及影响分析	122
5.2 施工期污染监测	125
5.3 施工期污染防治措施	126
第六章 正常工况的环境影响	130
6.1 放射性废物的产生和去向	130
6.1.1 气载流出物	130
6.1.2 固体废物	130
6.2 正常工况气载流出物的环境影响	131
6.2.1 计算模式与参数	131
6.2.2 计算结果	132
6.2.3 结果评述	132
6.3 非放环境影响	138
第七章 事故工况的环境影响	142
7.1 事故分析	142
7.2 事故工况的环境影响	150
7.2.1 事故源项	150

7.2.2 计算模式及参数	150
7.2.3 扩散因子	150
7.2.4 结果评述	151
7.3 环境风险评价	152
7.3.1 物质风险识别	152
7.3.2 环境风险潜势初判	152
7.3.4 环境风险识别	153
7.3.4 环境风险分析	153
7.3.5 风险防范措施	154
第八章 流出物监测和环境监测	157
8.1 流出物监测	157
8.1.1 流出物监测的目的	157
8.1.2 流出物监测的计划和要求	157
8.1.3 气载流出物监测	157
8.1.4 非放液态污染物监测	158
8.2 环境监测	158
8.3 质量保证	159
第九章 结论	161
9.1 工程概况	161
9.2 运行过程废物的产生及处理	161
9.2.1 废气	161
9.2.2 废水	162
9.2.3 固体废物	162
9.3 环境质量状况	162
9.4 环境影响分析	162

9.4.1 施工期的环境影响	162
9.4.2 正常工况的环境影响	163
9.4.3 非放环境影响	163
9.4.4 运行期事故的环境影响	163
附录I 大气扩散及气载途径剂量估算模式	165
1 正常工况下的大气扩散和剂量估算	165
1.1 正常工况下的大气扩散模式	165
1.2 陆生食物链转移模式与参数	170
1.3 大气途径剂量估算模式	172
2 事故条件下的剂量估算	174
2.1 烟羽浸没剂量	174
2.2 地面沉积外照射剂量	174
2.3 烟羽吸入剂量	175
2.4 剂量转换因子	175
附件一湖南省环保厅批复	176

前 言

从放射性废物最小化的角度来说，金属熔炼技术属于放射性固体废物处理与整备的主要手段之一。放射性沾污金属经熔炼后，绝大部分放射性核素进入炉渣和气相中，废渣量约为废金属重量的 3%，从而极大地减少了所需处理废物的总量。钢渣、炉衬、滤芯等二次废物经过整备后，可以送往有相关资质的处置设施处置，确保放射性废物管理有序。熔炼后金属经铸造、轧制等方法处理后可制造为产品，根据残留放射性水平清洁解控或在核工业内循环再利用。金属熔炼不仅可以极大地减低所需处置的废物体积，有力地践行“废物最小化”理念，还可以带来巨大的社会效益和环境效益，通过循环再利用可提升项目经济性，对于促进核工业的健康发展具有十分重要的意义。

湖南核工业宏华机械有限公司（以下简称“湖南宏华”）是目前国内唯一从事熔炼处理放射性污染金属及再循环利用的环保企业，负责处理中核集团内厂矿、科研院所及其他涉核军工单位在退役、生产、技改、科研过程中产生的放射性污染金属，是中核集团及涉核军工单位生产、科研可持续发展的组成部分。

当前，伴随我国核工业运行和退役工作，有大量的放射性污染废金属急需处理处置，这对湖南宏华目前的处理能力和技术水平提出了挑战。同时，湖南宏华现有熔炼处理设施存在处理能力和产品质量不高、基础设施能力不足、配套设施不完善等问题。

湖南宏华现有处理能力为 2500t/a 的核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理设施陈旧老化，不具备通过延寿技改方式实现转型升级的条件，难以满足现代化安全生产管理要求。并且核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理设施的辐射安全许可证将于 2026 年 9 月到期，届时将不能满足目前大量的天然核素污染金属处理需求。通过放射性污染金属熔炼生产线项目建设，替代现有核工业铀矿冶放射性污染金

属熔炼处理设施,天然核素污染金属处理能力由现有设施的 2500t/a 提升至 4500t/a, 并具备 4200t/a 高锰钢耐磨铸件产品生产能力。本项目建成后,原有熔炼处理设施停产待退役。放射性污染金属熔炼生产线项目建设用地位于湖南宏华金属熔炼生产区内。放射性污染金属熔炼生产线所生产高锰钢耐磨铸件产品将利用现有生产制造中心进行产品暂存或进一步加工。

通过本项目的建设,形成天然核素污染金属熔炼去污能力和循环再利用能力,不仅能够满足国家对放射性污染废金属处理的相关政策要求,同时能够提高放射性污染废金属熔炼去污和循环再利用过程中的工业安全和辐射安全水平,并提升处理能力和产品质量,有利于开拓新的循环再利用产品市场,为天然核素污染金属提供出路。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》及《建设项目环境保护管理条例》等有关法律、法规中关于建设项目环境影响评价的相关要求,2025 年 12 月,建设单位委托中国辐射防护研究院开展本项目环境影响评价工作,对本项 目建造和运行可能造成的环境影响进行分析与预测。

第一章 概述

1.1 编制目的

本报告是依据中核环保工程设计研究有限公司编制的《湖南核工业宏华机械有限公司放射性污染金属熔炼生产线项目初步设计说明》(2025.11)所给出的放射性污染金属熔炼生产线的生产工艺及其源项,对该项目建造和运行可能造成的环境影响以及该影响是否符合国家有关法律、法规作出评价。

1.2 项目名称和建设性质

项目名称:湖南核工业宏华机械有限公司放射性污染金属熔炼生产线项目

建设性质:新建项目

资金来源:本项目总投资 22074.86 万元,资金来源为企业自筹

营运单位:湖南核工业宏华机械有限公司

本项目环保投资总计 1066.26 万元,占总投资比例的 4.8%。环保投资主要包括排风净化系统、污水处理系统、辐射监测设备等。

1.3 建设内容与规划

本项目建设内容主要包括两个子项:

(1) 01 子项:天然核素废金属暂存库

新建天然放射性核素污染金属接收能力 1500t 的天然核素废金属暂存库一个。01 子项建筑面积为 2995.22 m²。

(2) 02 子项:天然放射性核素废金属熔炼生产线

新建天然放射性核素污染金属处理能力 4500t/a,轧臼壁、破碎壁、齿板等高锰钢耐磨铸件生产能力 4200t/a 的天然放射性核素污染金属熔炼生产线一条。02 子项建筑面积为 11377.54 m²。

除 01 子项和 02 子项外，建设相应的配套设施，其中包括：模具库房（03 子项）、保卫值班室（04 子项）、辅助材料库房（05 子项）、消防泵站（06 子项）、10kV 开闭所（07 子项）、污水处理设施（08 子项）以及 00 子项（包括安全保卫系统、烟囱、地下管廊（沟）、管线等）。

本项目总建筑面积 16164.75 m²，新增工艺设备 131 台（套）。该项目建设完成后，形成 4500t/a 天然核素污染金属熔炼去污能力和 4200t/a 高锰钢耐磨铸件产品生产能力。

项目的建设周期为 18 个月，T₀ 为方案获批，项目实施进度如下：

T₀ 月，启动工程建设。

T₀+2 月，完成项目前期准备工作并取得施工许可证。

T₀+10 月，完成土建工程施工。

T₀+12 月，完成设备采购安装。

T₀+14 月，完成冷试工作。

T₀+15 月，完成热试工作。

T₀+18 月，取得安全运行许可。

1.4 编制依据

1.4.1 法规和标准

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年
- (4) 《中华人民共和国原子能法》，2025 年
- (5) 《中华人民共和国水污染防治法》，2017 年
- (6) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年
- (7) 《中华人民共和国噪声污染防治法》，2022 年
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》，2020 年

- (9) 《中华人民共和国土壤污染防治法》, 2019 年
- (10) 《建设项目环境保护管理条例》, 国务院令第 682 号, 2017 年
- (11) 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、国防科工局公告第 65 号, 2017 年
- (12) 《湖南省建设项目环境保护管理办法》, 湖南省人民政府令, 2007 年
- (13) 《湖南省环境保护条例(修正)》, 湖南省第十二届人民代表大会常务委员会, 2020 年
- (14) 《湖南省大气污染防治条例》, 湖南省第十二届人民代表大会常务委员会, 2017 年
- (15) 《湖南省水污染防治条例》, 湖南省第十四届人民代表大会常务委员会, 2024 年
- (16) 湖南省人民政府关于印发《湖南省生态保护红线》的通知, 湘政发〔2018〕20 号, 2018 年 7 月 28 日
- (17) 《湖南省主要水系地表水环境功能区划》(DB43/023-2005), 湖南省环保局、湖南省质量技术监督管理局, 2005 年
- (18) 衡阳市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见, 衡政发[2020]9 号, 2020 年 12 月 28 日
- (19) 衡阳市生态环境局关于发布衡阳市生态环境分区管控更新成果(2023 版)的通知, 衡环发[2024]194 号, 2024 年 12 月 10 日。
- (20) GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- (21) GB11215-89《核辐射环境质量评价一般规定》
- (22) GB11806-2019《放射性物质安全运输规程》

- (23) GB11928-89《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》
- (24) GB14500-2002《放射性废物管理规定》
- (25) GB8999-2021《电离辐射监测质量保证通用要求》
- (26) GB3095-2012《环境空气质量标准》
- (27) GB3096-2008《声环境质量标准》
- (28) GB3838-2002《地表水环境质量标准》
- (29) GB8978-1996《污水综合排放标准》
- (30) GB12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》
- (31) GB12523-2025《建筑施工场界环境噪声排放标准》
- (32) GB 37926-2020《铸造工业大气污染物排放标准》
- (33) GB/T17567-2009《核设施的钢铁、铝、镍和铜再循环、再利用的清洁解控水平》
- (34) HJ61-2021《辐射环境监测技术规范》
- (35) HJ2.1-2016《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》
- (36) HJ2.2-2018《环境影响评价技术导则 大气环境》
- (37) HJ2.3-2018《环境影响评价技术导则 地表水环境》
- (38) HJ2.4-2021《环境影响评价技术导则 声环境》
- (39) HJ19-2022《环境影响评价技术导则 生态影响》
- (40) HJ169-2018《建设项目环境风险评价技术导则》

1.4.2 委托文件

中国辐射防护研究院与湖南核工业宏华机械有限公司签订的《湖南核工业宏华机械有限公司放射性污染金属熔炼生产线项目环境影响评价技术服务合同》。

1.4.3 主要技术资料

- (1) 中核环保工程设计研究有限公司，湖南核工业宏华机械有

限公司放射性污染金属熔炼生产线项目初步设计，2025年11月。

(2) 中国核动力研究设计院,湖南核工业宏华机械有限公司放射性污染金属熔炼生产线项目安全分析报告,2025年11月。

(3) 湖南核工业宏华机械有限公司,湖南核工业宏华机械有限公司流出物及周围环境监测评价报告,2022~2024年。

(4) 湖南核工业宏华机械有限公司提供的其他资料。

1.5 管理目标值

1.5.1 公众剂量约束值

本项目建成后,将替代原有核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理设施,进行天然放射性核素废金属熔炼生产。原设施停止运行等待退役。因此,本项目正常工况下的公众剂量约束值仍采用原核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理设施的剂量约束值,即 0.03mSv/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 放射性流出物申请排放总量

本项目 30m 排气筒气载流出物设计排放量约为 $3.27 \times 10^6\text{Bq/a}$,因此申请天然铀排放量为 $3.27 \times 10^6\text{Bq/a}$ 。

1.5.3 接收控制值

本项目接收的天然核素污染金属放射性水平限值为:污染金属表面放射性污染控制水平 $\alpha \leq 25\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta \leq 40\text{Bq/cm}^2$ 。

1.5.4 放射性废物管理

本项目产生的固体废物解控依照GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》表A1中U_{天然}的 1Bq/g 控制。

1.5.5 非放射性环境标准

2017年湖南省原环境保护厅对湖南核工业宏华机械有限公司环境影响评价执行标准的批复见附件一。2023年5月29日衡阳市

生态环境局核发了湖南核工业宏华机械有限公司排污许可证(证书编号:914304007483590485001S)。其中,明确湖南宏华行业类别为黑色金属铸造、有色金属铸造、集装箱及金属包装容器制造、表面处理,并进一步明确了其执行的污染物排放标准。综上,本项目正常运行工况下执行的相关非放射性污染物排放标准和环境质量标准见表1.1。

表1.1 项目执行的相关环境标准

项目	执行标准	具体内容
环境空气质量	《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中的二级标准	SO ₂ : 1小时平均浓度: 500μg/m ³ NO ₂ : 1小时平均浓度: 200μg/m ³ TSP: 年均浓度限值: 200μg/m ³
声环境质量	《声环境质量标准》(GB3096-2008)3类功能区	昼间: 65dB(A) 夜间: 55dB(A)
地表水环境质量	《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅲ类标准	pH: 6~9 COD: 20mg/L 总氮: 1.0 mg/L 总磷: 0.2 mg/L
非放废气排放	《铸造工业大气污染物排放标准》(GB 37926-2020)	颗粒物浓度限值: 30mg/m ³
	《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)的二级标准	NO _x : 240 mg/m ³ , 速率限值 4.4 kg/h
非放废水排放	《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中的一级标准	总α≤1Bq/L 总β≤10Bq/L pH: 6~9 色度: 50 悬浮物: 70mg/L 化学需氧量: 100 mg/L 五日化学需氧量: 20 mg/L 氨氮: 15 mg/L 总磷: 0.5 mg/L
噪声排放	《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2025)	昼间: 70dB(A) 夜间: 55dB(A)

	《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中3类声环境功能区	昼间: 65dB(A) 夜间: 55dB(A)
--	---	----------------------------

1.6 评价区域及环境保护目标

(1) 辐射环境

本项目正常工况及事故工况下排入环境的放射性物质很少,对环境的影响也较小,因此本次评价范围以新建厂房的30m高烟囱为圆心,10km为半径的圆形区域。评价区划分为1、2、3、5、10km的5个同心圆截成的圆形区域。

本项目辐射环境保护目标为新建厂房30m高烟囱为圆心,10km为半径的圆形区域内的居民。主要保护人群为S方位,距厂址中心0.6km的南陂村居民。

(2) 地表水

本项目产生的废水主要为循环冷却水和生活污水,总排水量约为105m³/a,其中主要非放射性污染物为COD。本项目非放污水经厂区污水处理设施处理合格后排入湘江。近三年(2023~2025年)排放口COD浓度最大监测结果为45mg/L,则COD的当量数W为155。综上所述,根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)表1规定,本项目地表水评价等级为三级A。评价范围为排放口上游500m(对照断面)和排放口下游1500m(消减断面),评价范围内无饮用水水源保护区,饮用水取水口等保护目标。

(3) 大气环境

由本项目估算结果可知,本项目排放的非放大气污染物的最大占比率Pi<1%,根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.3-2018)第5.3.2.3节规定,本项目评价等级为三级,不再设置大气环境影响评价范围。

(4) 声环境

本项目位于 3 类声环境功能区，评价范围内无居民点。根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)第 5.1.4 节规定：“建设项目所处的声环境功能区为 GB 3096 规定的 3 类、4 类地区，或建设项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量在 3 dB(A)以下（不含 3 dB(A）），且受影响人口数量变化不大时，按三级评价。”，因此本项目声环境影响评价等级为三级，评价范围为湖南核工业宏华机械有限公司厂区边界。

（5）生态环境

根据《环境影响评价技术导则 生态环境》(HJ19-2022) 6.1.8 节规定：“符合生态环境分区管控要求且位于原厂界（或永久用地）范围内的污染影响类改扩建项目，位于已批准规划环评的产业园区内且符合规划环评要求、不涉及生态敏感区的污染影响类建设项目，可不

确定评价等级，直接进行生态影响简单分析。”。本项目在湖南宏华厂区现有场地建设，无新征用地，本项目建设符合衡阳市生态环境管控要求，因此本项目的生态影响不进行评价定级，仅进行简单分析。

（6）环境风险

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018) 等级划分要求，确定建设项目危险物质数量与临界量比值 $Q < 1$ ，则项目的环境风险潜势为 I，评价工作等级为简单分析，可不确定评价范围。拟建项目环境风险评价等级划定情况见表 1.2。

表 1.2 环境风险评价工作等级划分

环境风险潜势	IV、IV+	III	II	I
评价工作等级	一级	二级	三级	简单分析 a
a 是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明。				

1.7 生态环境分区管控要求符合性分析

2020年12月28日，衡阳市人民政府发布《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》(衡政发[2020]9号)对衡阳市全域划分了环境管控单元。2024年12月10日，衡阳市生态环境局发布了《关于发布衡阳市生态环境分区管控更新成果(2023版)的通知》(衡环发[2024]194号)。本项目所在地衡阳市珠晖区东阳渡街道为重点管控单元，本项目所在区域环境管控单元划分情况见图1.1。

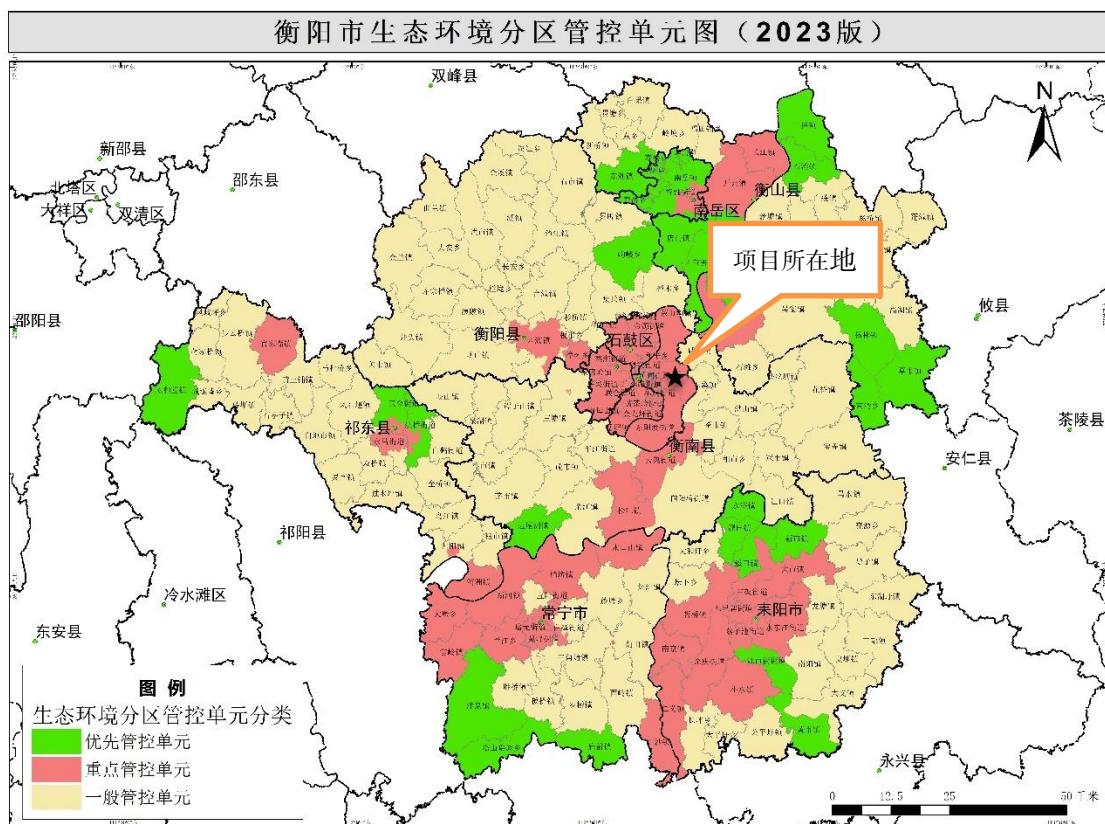


图 1.1 项目所在区域环境管控单元划分情况

(1) 生态保护红线

根据《湖南省人民政府关于印发<湖南省生态保护红线>的通知》(湘政发[2018]20号)和衡阳市生态保护红线划定情况，本项目位于珠晖区东阳渡街道，为原有厂址，不在衡阳市划定生态保护红线范围，符合生态保护红线要求。

(2) 环境质量底线

本项目为放射性污染金属熔炼生产线项目，项目所在地环境质量满足环境质量标准的要求。工程运行期间产生的废水、废气均能达标排放，固体废物得到妥善处理处置，项目建设不会改变区域环境功能类别，能够守住建设区域的环境质量底线，满足环境质量底线要求。

(3) 资源利用上限

本项目使用的资源主要包括水、电等。项目建成运行后通过内部管理、设备选择、原辅材料的选用管理和污染治理等多方面采取合理可行的防治措施，以“节能、降耗、减污”为目标，有效的控制污染。项目的水、电等资源利用不会突破区域的资源利用上线。

(4) 生态环境准入清单

根据《湖南省“三线一单”生态环境总体管控要求暨省级以上产业园生态环境准入清单》、《衡阳市人民政府发布<关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见>（衡政发[2020]9号）》、《衡阳市生态环境局发布<关于发布衡阳市生态环境分区管控更新成果（2023版）的通知>（衡环发[2024]194号）》，本项目不在其禁止准入类和限制准入类。本项目与衡阳市生态环境管控要求对照情况见表1.3，与生态环境准入清单符合性对照表见表1.4。

综上所述，本项目建设符合生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线要求，不属于负面清单内建设项目，项目符合生态环境分区管控的相关要求。

表1.3 本项目与湖南省生态环境管控要求对照表

单元类型	生态环境管控要求	本项目情况	符合性
重点管控单元	涉及水、大气、土壤、自然资源等资源环境要素重点管控区域，该区域应优化空间布局，加强污染物排放控制和环境风险管控，不断提升	本项目为原有厂址内建设，不涉及新增征地。正常运行期间产生的废水、废气均能达标排放，相关污染物排放能够满足总量控制要求，固体废物均	符合

	资源利用效率，解决生态环境质量不达标，生态环境风险高等问题。	得到妥善处理处置。	
--	--------------------------------	-----------	--

表 1.4 本项目与衡阳市生态环境准入清单符合性对照表

单元类型	管控维度	管控要求	本项目情况	符合性
重点管控单元	空间布局约束	<p>(1.1) 落实建设“国家区域重点城市和省域副中心城市”的战略部署，优化国土空间开发保护格局。</p> <p>(1.2) 坚决遏制高耗能、高排放项目盲目发展，严控高污染高排放行业产能。严格落实国家产业规划、产业政策、“三线一单”、规划环评，以及产能置换、能耗替代、煤炭消费减量替代、区域污染物削减等相关要求。</p> <p>(1.3) 积极践行绿色发展理念，大力落实“三去一降一补”任务，坚决淘汰落后产能。</p>	本项目为原有厂址内建设，不涉及新增征地，不涉及侵占自然湿地等水源涵养空间，不属于重污染企业和落后产能。	符合
	污染物排放管控	<p>(2.2) 推动钢铁、水泥、焦化及锅炉超低排放改造。2025 年底前，钢铁企业全面完成超低排放改造。</p> <p>(2.5) 开展典型行业（重有色金属采选、冶炼行业）土壤污染状况调查工程，整体推进土壤污染源头治理。</p> <p>(2.7) 持续推进超标水域治理。制定超标水域达标方案，因地制宜地开展 COD、氨氮、总磷等主要污染物限排总量控制及削减工作。</p> <p>(2.8) 加强城镇水污染防治。加强乡镇污水处理基础设施建设、提升城镇生活污水处理能力。</p>	根据湖南宏华原有生产线运行经验及环境质量现状监测结果，天然核素废金属熔炼设施运行实现了污染物达标排放，未对受纳水体、土壤造成污染。湖南宏华不属于重点排污企业；本项目采用布袋除尘、初高效过滤实现了超低排放；本项目施工过程采取洒水、抑尘等环保措施，施工废水不外排，施工固体废物得到妥善处置，施工结束后进行绿化等生态环保措施。	
	环境风险	(3.1) 向环境排放污染物的企业事业单位，应编制突发环境事件应急预案。	本项目制定有完善的事故应急预案和风险防范措	符合

	防控		施，环境风险可防可控。	
资源开发效率要求	(4.1)能源资源：大力推动节能减排，加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系。 (4.2)水资源：全面推广高效冷却、洗涤、循环用水、废水再生利用、高耗水生产工艺替代等节水新工艺、新技术和新设备，提高用水重复利用率。	本项目运营期间消耗资源主要为电力和新鲜水，项目资源利用量较小；工程运行未使用淘汰类产品；本项目不属于高耗水工程，水循环利用率达到93.9%。		符合

第二章 场址环境

2.1 地理位置

湖南宏华位于衡阳市珠晖区东阳渡街道，西临湘江。厂址半径10km范围内主要包括衡阳市珠晖区、雁峰区、衡南县的部分区域。厂址地理位置见图 2.1。

湖南宏华西侧1km处为中核二七二铀业有限责任公司。厂址北侧为生活区，主要包括华联社区、272厂生活区以及湖南宏华生活区。厂址南侧、东侧分别为101铁路专用线及G107国道。项目厂址所处位置交通十分便利，东靠京广铁路、武广高铁，京港澳高速、衡昆高速、107国道等在此交叉通过，并有专用铁路线直达公司厂区。



图 2.1 厂址地理位置图

2.2 人口分布及居民食谱

2.2.1 各子区人口分布

以本项目烟囱为中心， 10km 为评价范围内各子区的人口分布情况见表 2.1。其中 5km 范围内的人口划分是根据 2023 年实地走访和到所属街道、乡镇派出所户籍管理部门收集各行政村人口数据获得， $5\sim10\text{km}$ 范围内的人口均来自所属街道、乡镇派出所户籍管理部门。

根据 2011~2022 年《衡阳市国民经济和社会发展统计公报》，衡阳市 2011~2022 年间人口自然增长率见表 2.2。本报告中的人口预测以 2022 年底人口数据为基础，年均自然增长率保守按剔除负增长率后的平均自然增长率 5.17% (2020 年开始出现人口负增长，且后续人口增长率显著低于 2017 年之前)，预计评价区域 2027 年（预计试运行年份）人口，人口分布情况见表 2.3。

厂址 5km 范围内主要居民点分布情况见表 2.4。厂址 5km 范围的子区分布见图 2.2，厂址 10km 评价范围的子区分布见图 2.3。

表 2.1 10km 范围内各子区人口分布情况（2022 年，人）

方位	距离 (km)				
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10
N	0	0	2055	4150	76810
NNE	0	14576	7416	0	12391
NE	0	1750	0	797	3325
ENE	0	0	0	0	2484
E	0	0	0	3243	7302
ESE	0	1642	0	0	19087
SE	0	1254	0	0	7289
SSE	0	269	1254	0	7304
S	779	0	203	0	7286
SSW	0	129	0	1843	7308
SW	0	0	0	1945	10158
WSW	0	0	0	1385	4609

W	0	0	0	0	10112
WNW	0	0	216	2465	7296
NW	0	172	1457	3781	7282
NNW	0	0	945	0	21339
合计	779	19792	13546	19609	211382

表 2.2 2007~2021 年衡阳市人口自然增长率

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016
人口自然增长率 (‰)	6.24	7.96	6.45	6.17	6.45	6.85
年份	2017	2018	2019	2020	2021	均值
人口自然增长率 (‰)	6.40	5.18	5.85	-2.25	1.52	5.17

表 2.3 10km 范围内各子区人口分布情况 (2027 年, 人)

方位	距离 (km)				
	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10
N	0	0	2109	4258	78816
NNE	0	14957	7610	0	12715
NE	0	1796	0	818	3412
ENE	0	0	0	0	2549
E	0	0	0	3328	7493
ESE	0	1685	0	0	19586
SE	0	1287	0	0	7479
SSE	0	276	1287	0	7495
S	799	0	208	0	7476
SSW	0	132	0	1891	7499
SW	0	0	0	1996	10423
WSW	0	0	0	1421	4729
W	0	0	0	0	10376
WNW	0	0	222	2529	7487
NW	0	176	1495	3880	7472
NNW	0	0	970	0	21896
合计	799	20309	13900	20121	216903

表 2.4 半径 5km 范围内的重要居民点分布情况（2022 年）

序号	名称	相对厂址位置		人口数(人)
		距离(km)	方位	
1	兰家	1.4	SSW	129
2	南陂村	0.6	S	779
3	朱家祠堂	2.5	S	107
4	朱家冲	2.5	S	96
5	光耀村	1.9	SE	1254
6	王基冲	1.2	SSE	181
7	包家祠堂	1.4	SSE	88
8	光耀	2.2	SSE	1254
9	南陂塘	1.4	SSE	132
10	东风村	1.0	ESE	1642
11	新龙村	4.0	E	1629
12	新龙头村	4.8	E	1614
13	东阳渡镇	2.1	NNE	4658
14	东阳村	2.3	NNE	2758
15	清水塘	1.5	NE	1750
16	金塘村	4.0	NE	797
17	生活区	1.1	NNE	13334
18	老窝冲	1.8	NNE	1242
19	中水王	2.5	N	2077
20	金龙村	3.3	N	4150
21	藕塘	1.5	NW	172
22	冲头塘	2.8	NW	1457
23	长塘村	4.1	NW	3781
24	七郎庄	2.2	NNW	945
25	文家	2.4	WNW	216
26	新塘村	3.8	WNW	2465
27	曙光村	3.8	WSW	1385

序号	名称	相对厂址位置		人口数(人)
		距离(km)	方位	
28	兴湘村	3.5	SW	1755
29	楼上塘	3.1	SSW	161
30	坪田村	4.5	SSW	1784

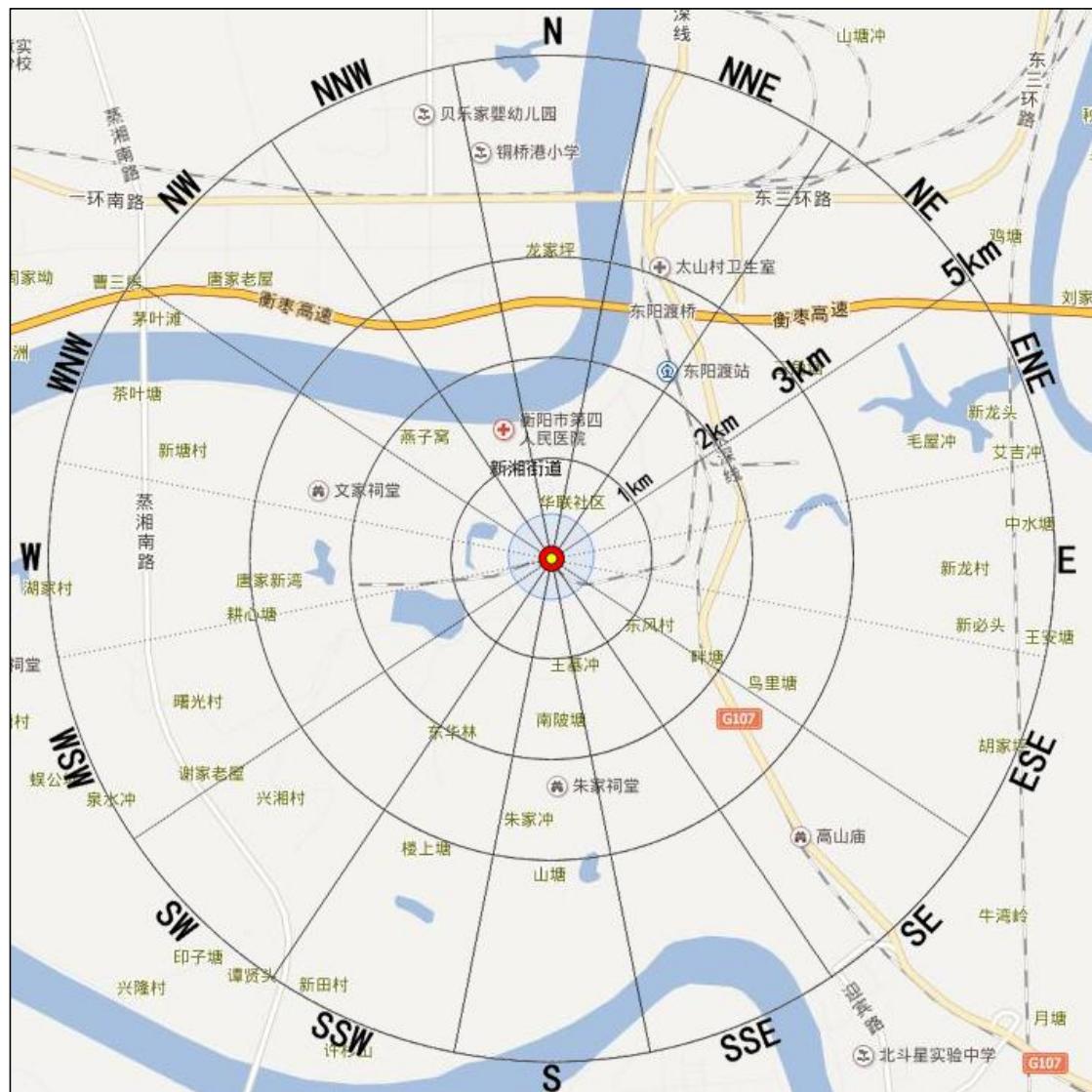


图 2.2 厂址 5km 评价范围子区分布图

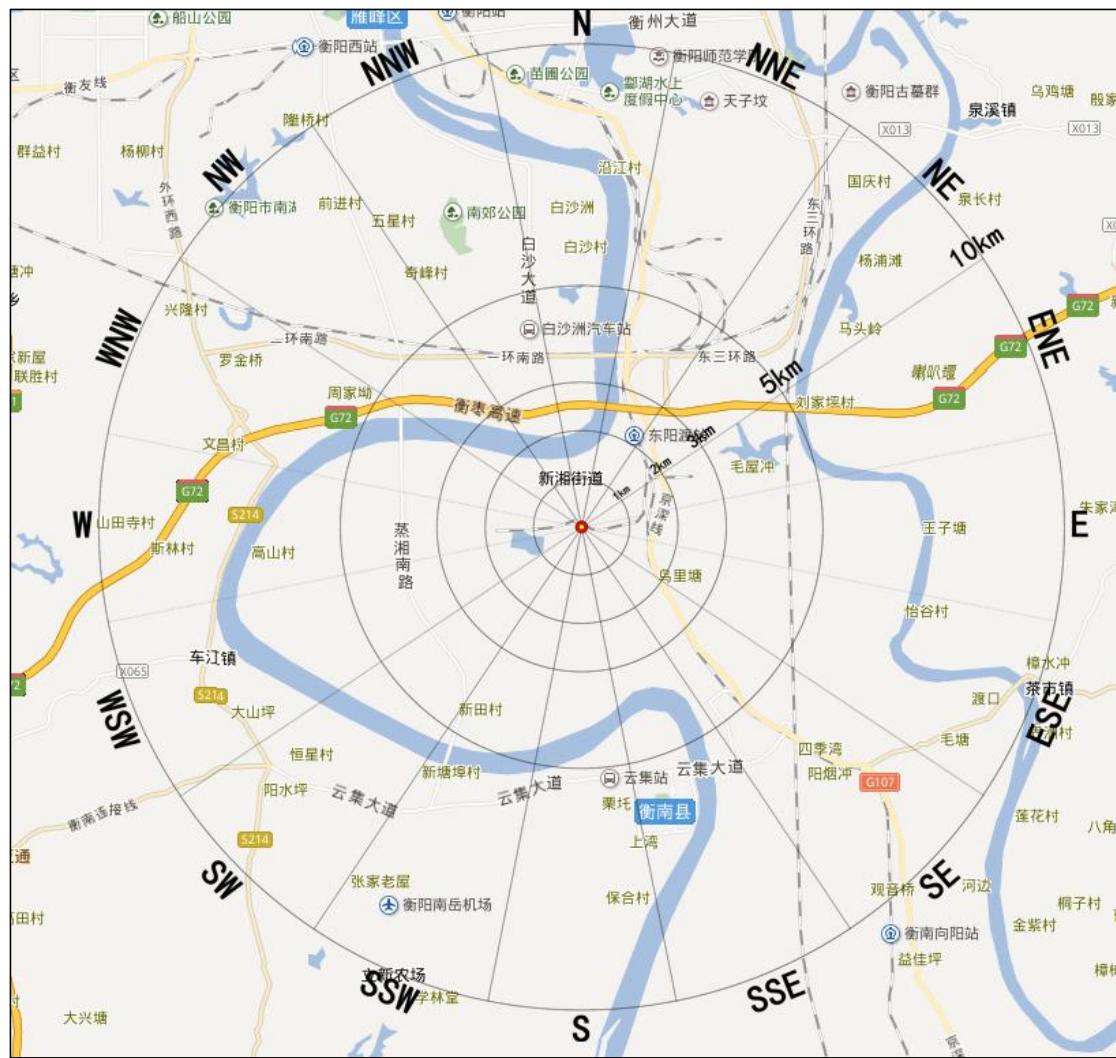


图 2.3 厂址 10km 评价范围子区分布图

2.2.2 年龄构成

评价范围内居民年龄构成见表 2.5。

表 2.5 评价范围内居民年龄构成

年龄	婴儿 (<1岁)	幼儿 (1~7岁)	少年 (7~17岁)	成人 (>17岁)
比例 (%)	0.91	8.52	16.28	74.29

2.2.3 居民饮食习惯

2023 年 10 月中辐院对厂址周围居民食谱的抽样调查结果表明，

厂址周围半径 5km 范围内的居民粮食以水稻为主，辅以小麦、玉米和薯类。其中水稻大部分为当地自产，少量由外地购入；小麦均由外地购入；玉米和薯类为当地自产；蔬菜大部分由当地自产，极少量由外地购入；水果以柑、桔为主，均来自当地，其他水果大部分从外地调入；肉类、蛋类大部分来自当地，少量从外地调入；奶类少量来自当地，大部分从外地调入。厂址半径 5km 范围内居民平均食谱消费量见表 2.6。

表 2.6 厂址半径 5km 范围内居民平均食谱消费量

食物种类		谷物	蔬菜	水果	牛肉	猪肉	羊肉	家禽	鱼肉	蛋	奶
消费量 (kg/a)	婴儿	8.1	3.2	2	0	0.5	0	0.5	0	10	180
	幼儿	90.5	68	42.8	3.8	18	2.5	8.4	10.7	10.8	80
	少年	126.7	95.6	52.4	6.1	19.9	4.1	11	16.5	11.3	12.9
	成人	164.5	139.5	49.6	10	30.9	7.7	21.9	21.7	18.4	10.5
	自给份额	0.85	0.85	0.70	0.80	0.80	0.80	0.90	0.80	0.90	0.20

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地利用

厂址半径 10km 范围内主要包括衡阳市珠晖区、雁峰区、衡南县的部分区域。根据衡阳市土地利用现状，厂址 10km 区域的现状土地利用类型主要有林地、耕地和建设用地。该区域主要规划用地类型为一般农业发展区、城镇村发展区和林业发展区。湖南宏华厂区与各基本农田保护规划区距离相对较远，其建设用地不涉及基本农田。

2.3.2 农业资源

2024 年，全市农林牧渔业实现总产值 878.64 亿元，增长 3.1%。

其中，农业产值 336.17 亿元，增长 4.2%；林业产值 86.35 亿元，增长 12.9%；牧业产值 306.33 亿元，下降 1.9%；渔业产值 81.70 亿元，增长 5.8%；农林牧渔专业及辅助性活动产值 68.09 亿元，增长 8.2%。

全年粮食作物播种面积 710.55 万亩，增长 0.4%；油料播种面积 316.94 万亩，增长 1%；蔬菜及食用菌播种面积 107.75 万亩，增长 3.4%。全年粮食总产量 315.97 万吨，增长 0.5%；油料产量 37.10 万吨，增长 4.2%；蔬菜及食用菌产量 240.30 万吨，增长 3.7%。全年出栏肉猪 686.68 万头，下降 2.6%；出售和自宰的肉用牛 11.03 万头，下降 2.6%；出售和自宰的肉用羊 63.11 万只，下降 17%；出笼家禽 8265.45 万羽，下降 7.2%；水产品产量 32.77 万吨，增长 4.9%。

2024 年珠晖区全年农林牧渔业实现总产值 15.2 亿元，增长 3.0%。农林牧渔专业及辅助性活动产值 1.18 亿元，增长 8.0%。

全年粮食作物播种面积 3.04 万亩，增长 0.83%；油料播种面积 1.75 万亩，增长 0.38%；蔬菜及食用菌播种面积 4.50 万亩，增长 2.27%。全年粮食总产量 1.23 万吨，增长 0.83%；油料产量 0.19 万吨，增长 0.67%；蔬菜及食用菌产量 10.77 万吨，增长 3.61%。全年出栏肉猪 3.64 万头；出售和自宰的肉用牛 0.03 万头；出售和自宰的肉用羊 0.06 万头；出笼家禽 40.6 万羽。全年新增恢复灌溉面积 173.8 公顷，改善灌溉面积 205.07 公顷。新增省级农业产业化龙头企业 1 家，“两品一标”认证农产品达 10 个。

2.3.3 自然资源

衡阳以红壤、紫色土为主的土地资源适合农、林、渔业的发展，全市共有木本植物 1047 种，花卉植物有茶花、芙蓉等 240 余种；药用植物有丹皮、白芍等 500 余种。全市有兽类和鸟类 200 余种。厂址半径 10km 范围内无国家级保护动植物。

2.3.4 名胜古迹

衡阳历史悠久，山川秀丽，自然景观、人文景观、复合景观颇多。市区的回雁峰闻名古今，曾有“晴天七十二芙蓉，回雁南来第一峰”之盛赞。著名的南岳衡山以佛教胜地和旅游胜地驰名中外，南岳七十二峰千姿百态，“祝融峰之高，方广寺之深，藏经殿之秀，水帘洞之奇”堪称南岳“四绝”。历史古迹有天子坟、唐窑遗址、石鼓书院遗址、来雁塔、珠晖塔等。厂址周围 10km 范围内无省级以上风景名胜区、自然保护区和文物古迹。

2.3.5 工业经济

衡阳市工业发展较快，已建成一个以化工、冶金、电力、煤炭、机械和建材为主，电子、食品、造纸和轻纺协调发展的新型工业城市。2024 年，全市规模工业增加值同比增长 8.0%。规模工业重点行业中，有色金属冶炼和压延加工业增长 13.9%，通用设备制造业增长 12.0%，电气机械和器材制造业增长 12.0%，黑色金属冶炼和压延加工业增长 9.3%，计算机通信和电子设备制造业增长 9.0%，农副食品加工业增长 8.2%，化学原料和化学制品制造业增长 7.3%，非金属矿物制品业增长 5.0%。

2024 年珠晖区全年实现全部工业增加值增长 2.4%。在库规模以上工业企业 38 个，实现规模以上工业增加值增长 4.7%。规模以上工业产销率达 96.22%。

2.4 其他核设施

中核二七二铀业有限责任公司位于湖南宏华西侧约 1km 处。中核二七二铀业有限责任公司现运行设施、尾矿库对周围公众造成最大个人有效剂量不超过 $3.93 \times 10^{-4}\text{Sv/a}$ ，对本项目的影响很小。

2.5 气象

衡阳地区属中亚热带大陆性季风湿润气候，春季阴雨低温，盛夏

初秋高温少雨，冬寒期短，间有冰雪。衡阳市气象站站点编号 57872，地理坐标东经 $112^{\circ}36'$ ，北纬 $26^{\circ}54'$ ，为国家基本站。本项目距衡阳市气象站直线距离 16km，且地面站与评价范围的地理特征基本一致，因此采用衡阳市气象站的气象观测资料。衡阳市气象站近 60 年气候统计资料，衡阳市年平均气温在 18.3°C ；极端最高气温 41.3°C ，出现在 2010 年 8 月 5 日；极端最低气温为 -7.9°C ，出现在 1972 年；年平均湿度为 78%；年平均蒸发量为 1383.5mm；年平均出现雾的天数为 12d；年平均降水量为 1354.0mm；年平均降水日数为 155d；最大日降水量为 141.6mm，出现在 2007 年 8 月 22 日；年平均风速为 1.8m/s 。距离本项目厂址最近的地面气象站为中核二七二铀业气象站，该气象站位于中核二七二铀业公司东门口南侧，其地理坐标为东经 $112^{\circ}64'$ ，北纬 $26^{\circ}79'$ ，2014 年 9 月开始建设，2016 年 12 月建设完成并通过验收，2017 年正式投入使用，主要观测参数包括温度、湿度、风向、风速、气压、蒸发量和降雨量等。

本次评价采用的地面气象参数为中核二七二铀业气象站 2020~2022 年逐时气象数据，包括观测风向、风速和温度等；由于该气象站未观测总云量、低云量，因此本次评价采用衡阳市气象站（国家基本站）观测数据。

根据中核二七二铀业气象站 2020~2022 年逐时气象统计资料，该地区主导风向为 ENE~E 间 45° 范围内的风向，风频为 44.5%。风玫瑰图见图 2.4。2020~2022 年不同风向的平均降水量见表 2.7，2020~2022 年雨玫瑰图见图 2.5。2020~2022 年的风向、风速、总云量和低云量气象资料统计的风向、风速、稳定度三维联合频率见表 2.8。

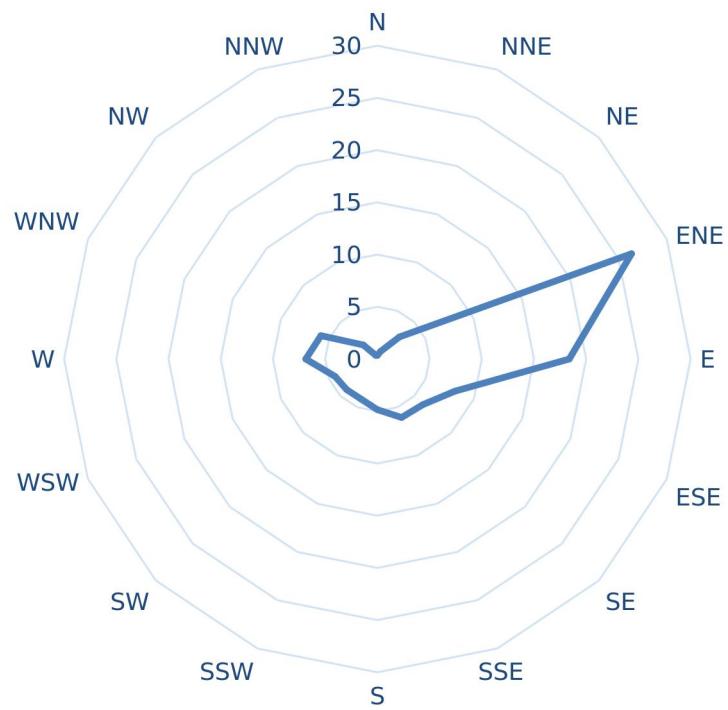


图 2.4 2020~2022 年风玫瑰图, %

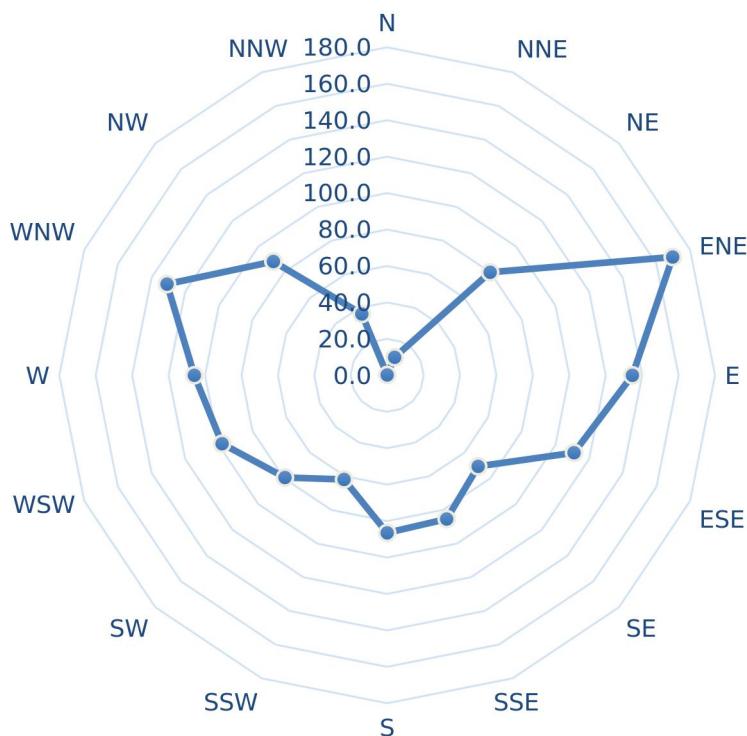


图 2.5 2020~2022 年平均雨玫瑰图, mm/a

表 2.7 2020~2022 年不同风向降雨量 (mm/a)

年份	降水量							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
2020	0.2	4.5	9.3	105.9	219.2	71.9	70.8	85.1
2021	0.1	21.2	78.4	174.7	95.3	89.1	47.9	93.4
2022	0.3	6.4	152.2	228.4	89.4	172.1	93.3	77.6
均值	0.2	10.7	80.0	169.7	134.6	111.0	70.7	85.4
年份	降水量							
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
2020	112.6	36.0	123.3	114.6	180.1	70.0	38.7	9.8
2021	95.2	118.7	50.5	67.5	68.3	180.8	181	11.2
2022	51.6	30.9	64.2	112.2	69.2	141.6	45.3	88.3
均值	86.5	61.9	79.3	98.1	105.9	130.8	88.3	36.4

表 2.8 风向、风速、大气稳定度三维联合频率(%)

稳定度	风速组	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A	<1	0.00 3	0.00 3	0.00 7	0.06 4	0.06 3	0.03 6	0.03 1	0.02 8	0.02 6	0.02 2	0.02 3	0.02 3	0.03 0	0.022	0.00 9	0.00 1
	1~2	0.00 0	0.00 3	0.01 4	0.11 4	0.07 2	0.03 5	0.02 6	0.02 4	0.01 9	0.01 6	0.01 6	0.01 7	0.03 2	0.028	0.00 9	0.00 1
	2~3	0.00 0	0.00 1	0.00 7	0.07 6	0.04 2	0.01 2	0.00 6	0.00 5	0.00 5	0.00 4	0.00 3	0.00 4	0.00 7	0.008	0.00 1	0.02
	3~5	0.00 0	0.00 0	0.00 1	0.02 4	0.01 2	0.00 2	0.00 2	0.00 1	0.00 1	0.00 1	0.00 1	0.00 2	0.00 3	0.002	0.00 0	0.00 0
	5~6	0.00 0	0.00	0.000	0.00 0	0.00 0											
	>6	0.00 0	0.00	0.000	0.00 0	0.00 0											
B	<1	0.03 0	0.03 0	0.07 5	0.69 4	0.68 1	0.38 4	0.33 3	0.30 5	0.27 8	0.24 3	0.25 0	0.24 8	0.32 2	0.243	0.10 0	0.01 4
	1~2	0.00 0	0.03 0	0.15 2	1.22 8	0.78 2	0.37 9	0.28 3	0.26 4	0.20 6	0.17 3	0.17 6	0.18 4	0.34 4	0.306	0.09 3	0.01 2
	2~3	0.00 0	0.01 2	0.07 7	0.82 3	0.45 3	0.12 5	0.06 6	0.05 4	0.05 0	0.03 8	0.02 9	0.04 5	0.07 5	0.085	0.01 1	0.00 2

C	3~5	0.00 0	0.00 2	0.01 2	0.26 0	0.12 9	0.02 6	0.01 7	0.00 9	0.01 0	0.01 0	0.01 0	0.01 7	0.03 5	0.026 0.026	0.00 4	0.00 1	
	5~6	0.00 0	0.00 0	0.00 0	0.00 3	0.00 2	0.00 0	0.001 0.001	0.00 0	0.00 0								
	>6	0.00 0	0.000 0.000	0.00 0	0.00 0													
	<1	0.00 5	0.00 5	0.01 4	0.12 6	0.12 3	0.06 9	0.06 0	0.05 5	0.05 0	0.04 0	0.04 5	0.04 5	0.05 8	0.044 0.044	0.01 8	0.00 3	
	1~2	0.09 0	0.14 5	0.22 8	0.03 2	0.01 1	0.02 9	0.03 1	0.09 8	0.07 7	0.06 1	0.06 2	0.05 3	0.03 2	0.04 0.055	0.04 0.01	0.08 0.00	0.10 2
	2~3	0.00 0	0.00 5	0.02 8	0.22 2	0.14 1	0.06 9	0.05 1	0.04 8	0.03 7	0.03 1	0.03 2	0.03 3	0.06 2				
	3~5	0.00 0	0.00 0	0.00 2	0.04 7	0.02 3	0.00 5	0.00 3	0.00 2	0.00 2	0.00 2	0.00 3	0.00 6	0.00 6	0.005 0.005	0.00 1	0.00 0	
	5~6	0.00 0	0.000 0	0.00 0	0.00 0													
	>6	0.00 0	0.000 0	0.00 0	0.00 0													

表 2.8 风向、风速、大气稳定度三维联合频率(%) (续表)

稳定度	风速组	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
D	<1	0.16 0	0.15 7	0.39 9	3.68 2	3.61 1	2.03 9	1.76 5	1.61 7	1.47 4	1.28 9	1.32 9	1.31 6	1.71 0	1.291	0.52 8	0.07 5
	1~2	0.00 0	0.15 7	0.80 7	6.51 9	4.14 9	2.01 3	1.50 4	1.39 9	1.09 1	0.91 8	0.93 4	0.97 8	1.82 7	1.626	0.49 4	0.06 6
	2~3	0.00 0	0.06 3	0.40 8	4.36 9	2.40 2	0.66 1	0.34 8	0.28 6	0.26 6	0.20 3	0.15 4	0.23 6	0.39 7	0.450	0.05 9	0.00 9
	3~5	0.00 0	0.01 1	0.06 5	1.38 1	0.68 3	0.13 7	0.09 1	0.47	0.05 4	0.05 2	0.05 2	0.09 0	0.18 7	0.140	0.02 0	0.00 4
	5~6	0.00 0	0.00 0	0.00 0	0.01 6	0.01 0	0.00 0	0.005	0.00 0	0.00 0							
	>6	0.00 0	0.000	0.00 0	0.00 0												
E	<1	0.01 2	0.01 1	0.02 9	0.26 6	0.26 1	0.14 7	0.12 8	0.11 7	0.10 7	0.09 3	0.09 5	0.09 6	0.12 4	0.093	0.03 8	0.00 5
	1~2	0.00 0	0.01 1	0.05 8	0.47 1	0.30 0	0.14 6	0.10 9	0.10 1	0.07 9	0.06 6	0.06 8	0.07 1	0.13 2	0.118	0.03 6	0.00 5
	2~3	0.00 0	0.00 5	0.03 0	0.31 6	0.17 4	0.04 8	0.02 5	0.02 1	0.01 9	0.01 5	0.01 1	0.01 7	0.02 9	0.033	0.00 4	0.00 1

	3~5	0.00 0	0.00 1	0.00 5	0.10 0	0.49	0.01 0	0.00 7	0.00 3	0.00 4	0.00 4	0.00 4	0.00 6	0.01 4	0.010	0.00 1	0.00 0
	5~6	0.00 0	0.00 0	0.00 0	0.00 1	0.00	0.00 0	0.000	0.00	0.00	0.00						
	>6	0.00 0	0.00 0	0.00 0	0.00 0	0.00	0.00 0	0.000	0.00	0.00	0.00						
F	<1	0.05 6	0.05 5	0.13 8	1.27 6	1.25 2	0.70 7	0.61 2	0.56 1	0.51 1	0.44 7	0.46 1	0.45 6	0.59 3	0.448	0.18 3	0.02 6
	1~2	0.00 0	0.05 5	0.28 0	2.26 0	1.43 8	0.69 8	0.52 1	0.48 5	0.37 8	0.31 8	0.32 4	0.33 9	0.63 3	0.564	0.17 1	0.02 3
	2~3	0.00 0	0.02 2	0.14 2	1.51 5	0.83 3	0.22 9	0.12 1	0.09 9	0.092	0.07 1	0.05 3	0.08 2	0.13 8	0.156	0.02 0	0.00 3
	3~5	0.00 0	0.00 4	0.02 2	0.47 9	0.23 7	0.04 8	0.03 2	0.01 6	0.01 9	0.01 8	0.01 8	0.03 1	0.06 5	0.049	0.00 7	0.00 2
	5~6	0.00 0	0.00 0	0.00 0	0.00 6	0.00 3	0.00 0	0.000	0.00	0.00	0.00						
	>6	0.00 0	0.000	0.00	0.00	0.00											

注：静风已分配。

2.6 水文

2.6.1 地表水

厂区附近最大河流为湘江，是衡阳主要用水水源。湘江发源于广西兴安，自祁东归阳镇入境，依次流经祁东县、衡南县、常宁市、市区、衡阳县、衡山县和衡东县，流程 226km。湘江沿岸多为起伏的丘陵，湘江衡阳段河道平均坡度为 0.09‰，河床基底为第三纪红色岩层。衡阳地区境内以湘江为主干，形成树枝形水网，境内流域面积在 3000km²以上的湘江一级支流有舂陵水、蒸水、耒水、洣水。

湘江流域属亚热带气候，雨量充沛、季节分明。湘江衡阳段枯水期一般出现在 11 月~1 月，流速一般为 0.55m/s~0.75m/s；丰水期出现在 4 月~6 月，流速可达 2m/s。大源渡航电枢纽建坝蓄水后，湘江衡阳段河宽平均约 595m，平均流速 0.25m/s。2021~2023 年湘江衡阳段水文特征见表 2.9。

表 2.9 2021~2023 年湘江衡阳段水文特征

参数	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
流量, m ³ /s	844.4	924.8	1524.3	2017.5	2738.9	2677.3
河宽, m	593.4	593.6	595.1	596.3	599.4	600.7
流速, m/s	0.143	0.151	0.283	0.531	0.510	0.531
河深, m	10.12	10.10	10.28	10.40	10.65	10.70
水力坡度, %	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134
参数	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
流量, m ³ /s	1488.1	1016.2	731.4	547.4	1108.2	834.8
河宽, m	596.5	594.4	593.2	593.2	593.8	592.8
流速, m/s	0.286	0.194	0.123	0.095	0.202	0.143
河深, m	10.54	10.19	10.06	10.04	10.20	10.09
水力坡度, %	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134

厂址周围半径 10km 范围内湘江河段设有集中饮用水取水口共

2个，农业灌溉集中取水口1个，各取水口取水情况见表2.10，取水口分布见图2.6。272厂取水口主要供应厂区居民及湖南宏华居民生活用水，另外供应南陂村、曙光村和兴湘村的生活用水。江东水厂取水口主要供应半径10km范围内周边的生活用水。沿江村农灌取水主要供给沿江村和高山村农业灌溉用水，灌溉方位主要为取水口西侧和西南侧区域，总灌溉面积约2400亩。湖南宏华排污口位于松柏航道站至铜桥港段。依据湘江水域衡阳段水环境功能区域，该水域位于渔业用水区，水质标准执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅲ类标准。



图 2.6 厂址半径 10km 范围内湘江取水口分布图

表 2.10 厂区 10km 范围内地表水资源利用情况

取水口名称	相对厂址位置			饮水量 (万 m ³ /a)	灌溉面 积(亩)	灌溉用水 量(万 m ³ /a)
	方位	直线距离 (km)	沿河长 度(km)			
二七二取水口	NE	2.2	16.7	1.2	/	/
江东水厂取水口	N	8.0	25.6	8.9	/	/
沿江村农灌取水口	W	5.2	7.1	/	2400	192.1

2.6.2 洪水

湘江流域洪水主要由暴雨形成，洪水发生时间与暴雨发生时间相应，一般一场暴雨历时 3d 左右，最长达 6d；形成大洪水的暴雨集中在 24h 以内；一次洪水历时，上游一般在 3d 左右，中、下游段最长者达 7~8d。

湘江上游，春夏之交，常多暴雨，致使衡阳河段水势猛涨。1994 年 6 月中旬，衡阳地区连降暴雨，导致湘江及其支流水位陡涨，衡山、衡东两县出现百年一遇的特大洪水，加之局部地区山洪暴发，山体滑坡，农田被淹，房屋倒塌，造成了极大的损失。6 月 18 日凌晨 5 时，湘江衡阳站出现最高洪峰，水位达 60.59m，超越警戒水位 4.59m，达 70 年来最高水平。

根据衡阳市城市防洪管理处提供的资料，衡阳市湘江百年一遇洪水水位为 60.31m，二百年一遇洪水水位为 61.35m。工程新建厂房在厂区现有场地范围内进行，厂区绝对标高 75~65m，高于二百年一遇洪水位。

2.7 地形地貌

衡阳地区处于湖南省凹型盆地的轴带部分，周围环绕着古老岩层，形成断续环带状的岭脊土地。

内镶大面积白垩系和下第三系红层的红色丘陵台地，构成典型的盆地地貌，整个盆地南面地势较高，1000m 以上的山东西连绵数十公里，而盆地北面相对偏低。整个地势由西南向东北复合倾斜，而盆

地由四周向中部降低，呈现 1000m, 800~700m, 400~300m, 150m 四级夷平面，地形比降为 7.9‰。该地区四周山、丘围绕，中部平、岗交错，地貌类型多样，山、丘、岗、平原兼有，以岗丘为主。丘陵多分布于盆地边缘，岗地主要分布于湘江及其支流沿岸。

本项目新建厂房在厂区现有场地范围内进行，厂区属丘陵地形，在子午线方向被深峡谷分割，丘陵顶为缓坡，坡度为 5°~15°，地形较为平坦。

2.8 地质和地震

2.8.1 地质

厂区地层土层由人工填土层和河流冲积层组成，由上而下分别为：

(1) 填土：以松散砾砂、碎石为主，夹杂有大量铁屑、矿渣等废弃物，在场地西、南两侧该层下部主要回填为软黏土，该层在场地上内分布不均，平均厚度为 6.50m。

(2) 粉质粘土：褐黄色，可塑，切面稍有光泽，无摇振反应，干强度中等，韧性中等，可见少量钙质胶结，具有较强砂感，在该层下部夹有大量粉砂、粉土薄层，厚度为 3.00~7.10m。

(3) 粉砂：黄色，饱和，稍密-中密，矿物成分以石英、长石为主，含少量云母，颗粒多呈亚圆状，磨圆度较好，级配一般，分选性差，砂质不纯，多含有大量粉质黏土薄层，厚度为 1.00~2.00m。

(4) 粉质黏土：红棕色，硬塑~坚硬，切面有光泽，无摇振反应，干强度高，韧性高，含有钙质结核和铁锰质氧化物，局部胶结，该层多为全风化泥岩形成，厚度为 0.70~1.70m。

(5) 强风化泥岩：紫红色，泥质结构，层状构造，节理裂隙较发育，岩石风化成土状和碎块状，厚度为 0.80~1.70m。

(6) 中风化泥岩：紫红色，泥质结构，层状构造，节理裂隙欠发育。

根据《湖南核工业宏华机械有限公司核电站废旧金属熔炼项目岩

土工程勘察报告(详勘)》(2017年3月)勘察结论,拟建场地特征周期值为0.35s,拟建场地地基土不液化。场地内无发震断裂通过,场地内及其附近未发现影响场地稳定性的不良地质作用及地质灾害,也未发现对工程不利的地下埋藏物,综合评价场地稳定。

2.8.2 地震

厂址区域位于华南断块区、长江中下游断块凹陷中南部的衡阳盆地地区内,构造上位于平(江)-衡(阳)新华夏系凹陷带边沿处。属白垩-第三系陆相稳定盆地。下伏基岩为下第三系霞流市组茶山坳段(E_{2+3x^1})紫红色、灰绿色泥岩、泥灰岩、粉砂岩,岩层倾向北西,倾角10~20°。区域上未见大的断裂构造带通过,场地稳定。

根据衡阳地震史记载,衡阳境内 $M_s \geq 3$ 级的地震见表2.11,本区历史上未发生过6级的地震,属弱震区。根据《中国地震动参数区划图》(18306-2001),场址区域地震基本烈度为<VI度。

表2.11 衡阳境内 $M_s \geq 3$ 级的地震

年	月	日	东经(度)	北纬(度)	地名	震级	震中烈度
1477	10		112.7	26.9	衡阳	3.5	IV
1487	09	18	112.9	27.1	衡东	4	
1491	06		112.6	26.5	常宁	4	
1630			113.1	27.1	衡山	4	IV
1631	05	18	112.9	26.4	耒阳	3.5	IV
1631	05	22	112.2	26.5	衡阳	4.5	
1631	11	17	112.9	27.7	湘潭、衡山之间	4	
1642	03		112.9	26.4	耒阳	3.5	IV
1944	10	17	112.0	28.0	邵东衡阳间	3.5	V

第三章 工程概况

3.1 放射性污染金属的来源

3.1.1 放射性污染金属的来源

原国家环境保护总局《关于核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理设施技术改造工程环境影响报告书的批复》(环审[2007]434号)中明确：湖南宏华可以接收铀(含低浓铀)和其他天然放射性核素污染的金属。本项目作为核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理设施的替代设施，接收放射性污染金属依旧为铀(含低浓铀)和其他天然放射性核素污染的金属。

本项目接收的天然核素污染金属种类包括黑色金属、不锈钢和其他有色金属。其中黑色金属有低合金钢、灰铸铁、球墨铸铁等；不锈钢有奥氏体不锈钢、马氏体不锈钢、高钼不锈钢、耐热不锈钢、耐蚀不锈钢等；有色金属有铜、铝、镍、铅、锌等。根据湖南宏华历年接收污染金属的统计情况，污染金属放射性水平不超过 8Bq/g ，污染金属的种类和成分见表3.1。污染金属原料现状见图3.1。

表3.1 污染金属来料的种类和成分

污染金属种类	黑色金属	不锈钢	有色金属
成分占比	80%	10%	10%

根据湖南宏华不完全统计，未来10年核工业天然核素废金属总量约为53000t，未来天然核素废金属平均处理量需求为5300t/a。依据85%的天然核素废金属处理和循环再利用市场份额保守估计，将本项目天然核素废金属处理能力确定为4500t/a。

3.1.2 放射性污染金属接收限值

依据已批复的《核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理设施技术改造工程环境影响报告书》，湖南宏华天然核素污染金属接收限值为：表面放射

性污染控制水平 $\alpha \leq 25 \text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta \leq 40 \text{Bq/cm}^2$ ，不再单独对表面剂量率、放射性比活度进行控制。

3.2 建设内容及平面布置

3.2.1 建设内容

完整的放射性污染金属熔炼生产线由天然核素污染金属暂存库、天然核素污染金属熔炼设施、模具库房、保卫值班室、辅助材料库房、消防泵站、10kV开闭所、污水处理设施、废液收集设施和室外工程（00子项）组成。本项目的建设内容如下：

（1）天然核素污染金属暂存库（01子项）

新建天然放射性核素污染金属接收能力 1500t 的天然核素污染金属暂存库一个。01子项建筑面积为 2995.22 m²。

（2）天然核素污染金属熔炼设施（02子项）

新建天然放射性核素污染金属处理能力 4500t/a，轧臼壁、破碎壁、齿板等高锰钢耐磨铸件生产能力 4200t/a 的放射性污染金属熔炼生产线一条。02子项建筑面积为 11377.54 m²。

（3）模具库房（03子项）

新建模具库房用于暂存铸造车间木质模具。03子项建筑面积 991.38 m²。

（4）保卫值班室（04子项）

将现有值班室建筑改造为保卫值班室，包括消防控制室、实保值班监控室、卫生间、人员通过检查室等。其中消防控制室用于本项目所有建筑的消防控制，实保值班监控室和人员通过检查室作为实物保护的设施。04子项建筑面积 110.27m²。

（5）辅助材料库房（05子项）

新建辅助材料库房用于暂存 02 子项火灾风险等级较高的铸造用辅助材料，如醇基涂料等。05子项建筑面积 87.75 m²。

(6) 消防泵站 (06子项)

消防泵站为消防系统提供稳定、高压的供水保障，确保火灾发生时灭火设备能有效工作。**06** 子项建筑面积 **110.25m²**。

(7) 10kV 开闭所 (07子项)

本项目用地涉及到原厂区供电设施的拆除，为满足本项目及厂区内其他设施的供电需求，需新建 **10kV** 开闭所。**07** 子项建筑面积：**367.29m²**。

(8) 污水处理设施 (08子项)

厂内现有污水处理设施污水处理能力无法满足本项目建成后的需求，需新建污水处理设施。**08** 子项建筑面积：**125.05 m²**。

(9) 00子项

包括安全保卫系统、烟囱、地下管廊（沟）、管线等。

3.2.2 总平面布置

在保障现有生产条件下，拆除已有建（构）筑物，建设新生产线。本项目拆除建（构）筑物包括：原空压机房、废弃库房、净化水池和原 **10kV** 变电所，详见图 3.1。以上建（构）筑物均未进行过放射性活动。拆除以上建（构）筑物后，本项目拟建工程总平面布置，见图 3.2。

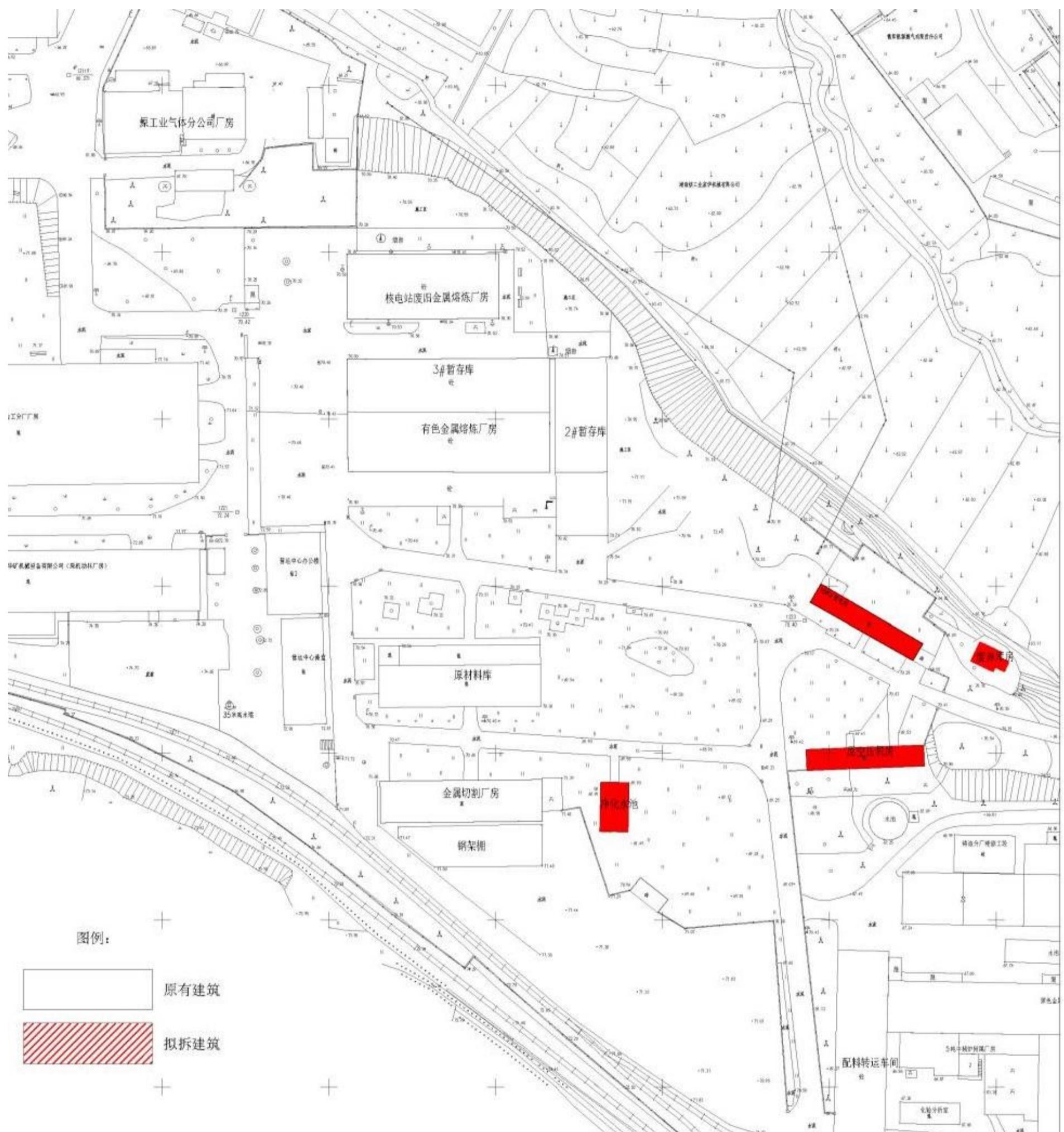


图 3.1 拟拆除建筑物位置

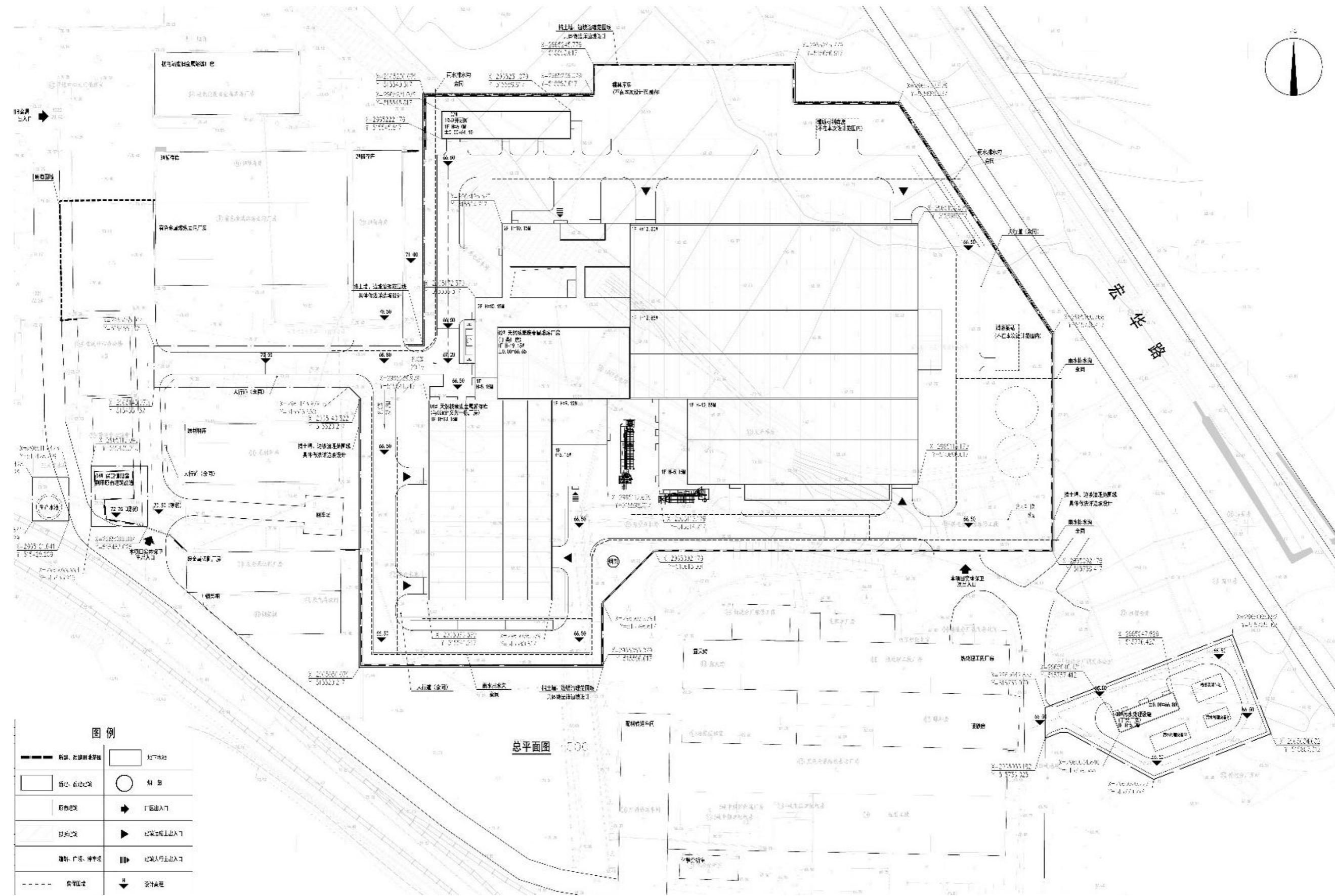


图 3.2 拟建工程总平面布置图

本项目建设用地为不规则长条形,建设用地面积 34504.66 m^2 ,均在湖南宏华厂区范围内。本项目生产区主出入口设置于用地西南角,设置 7m 宽道路与场地外厂区道路连接,在主入口处设置保卫值班室。天然核素污染金属暂存库、天然核素污染金属熔炼设施分别于用地南北侧结合设置,满足工业生产流程和运输线路需求,开闭所设置在天然核素污染金属熔炼设施西北角靠近负荷中心,次主入口设置在用地东南侧。污水处理设施设置于生产区东南侧。

项目生产区场地整体的设计标高为 66.5m,用地西南侧高于场平标高,需要挖方,天然核素污染金属熔炼设施东北角、10kV 开闭所位于东北侧低台地区域,需回填土方。污水处理设施区域的设计标高为 66.5m。整体高程设计达到挖填方基本平衡,填方多于挖方 9050 m^3 。与相邻地块高差主要采用自然放坡形式来处理,局部采用挡土墙,长度 566m、高度 2~4.5m。实保沿用地范围线并结合东西两侧主次出入口设置,栅栏型屏障,长度 675m,高度 2.5m。

3.2.3 实物保护

本项目为三级以下实物保护级别,按实施三级实物保护的核设施考虑,设置控制区。本项目的实物保护系统由出入口控制系统、视频监控系统、保安通信系统,保安照明及集成管理系统等各个子系统组成。实物保护系统将人防、物防、技防有机结合,人防由保卫部门、当地公安负责组织系统实施及相应力量,物防、技防通过有效的设置各级实体屏障、出入口控制系统、保安通信系统等技术手段提供有效的探测和延迟。

3.2.4 厂房分区

根据 GB18871-2002 中“6.4 辐射工作场所分区”规定,将辐射工作场所分为控制区和监督区。

控制区:需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域,以便

控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射范围。对于该区域，设有可靠的个人安全防护和剂量监测措施，且对进入该区域工作的工作人员配备必要防护用品。

监督区：通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据分区原则，不同辐射分区需要实施不同的专门防护手段或安全措施，剂量约束值导出空气浓度（DAC），将本项目辐射工作场所分为监督区和控制区，以便于辐射防护管理和职业照射控制，监督区与控制区之间应采用实体隔离。各区的划分条件及主要包含区域如下：

表 3.2 辐射分区标准

分区名称	空气中放射性浓度限值	居留特征
监督区	≤ 0.03 导出空气浓度	每季工作少于 500h
控制区	≤ 0.3 导出空气浓度	管理进入

（1）监督区：

除控制区外的其它所有区域。

（2）控制区：

外来污染金属散件堆料区、男女卫生间、排风机房、熔炼车间、炉渣处理及暂存间。

本项目厂房辐射防护分区见图 3.3。

◦

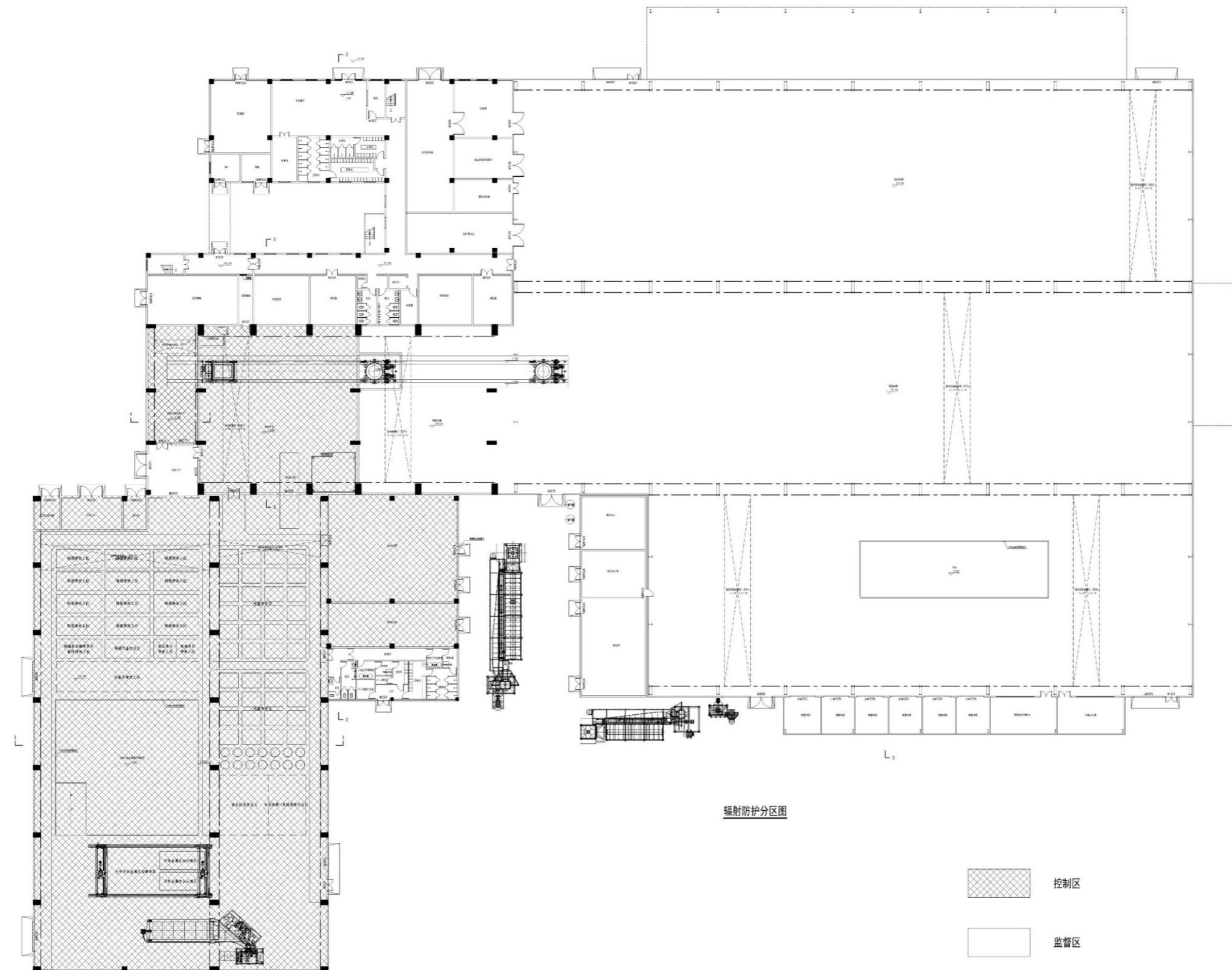


图 3.3 厂房辐射分区图

3.3 前期准备

3.3.1 已有建筑拆除

本项目拆除建（构）筑物包括：原空压机房、废弃库房、净化水池和原 10kV 变电所。

（1）拆除建（构）筑物概况

原 10KV 变电所为砖混结构，建筑面积 219m^2 ，1976 年竣工。原为乙炔库，2008 年改造成 10KV 变电所。

空压机房为砖混结构，建筑面积 314 m^2 ，1978 年竣工。该厂房原为湖南宏华压缩空气集中供应点，2008 年停止使用，废弃至今，已断水断电。

废弃库房为砖混结构，建筑面积约 12 m^2 ，1961 年建设，至今已废弃几十年，已断水断电。

净化水池为砖混结构，建筑面积约 40 m^2 ，2012 年竣工。该设施原为切割厂房工作人员洗浴后生活污水净化池。该水池已废弃多年，至今池内多年无水。

（2）放射性污染水平调查

湖南宏华对拟拆除建（构）筑物及周边区域 α 、 β 表面污染水平进行了检测。检测部位包括变电所墙面、地面、地沟、土壤；空压机房地面、墙面、地沟、窗台；净化水池等。检测结果显示， α 表面污染测量值最高处为空压机房南面窗台 ($0.02\text{Bq}/\text{cm}^2$)， β 表面污染测量值最高处为变电所北面地沟 ($0.36\text{Bq}/\text{cm}^2$)。由此表明，所有待拆除的建筑物不存在放射性污染，均为非放射性厂房。

（3）拆除方案

所有待拆除的建筑物均为砖混结构。拆除转移原有设备后，拟采用推土机等工程机械拆除。拆除面积共计约为 566.7m^2 。拆除过程中主要产生砌体砖块、混凝土块及玻璃等固体废物共计约 614m^3 ，

固体废物拟用于厂内场地回填。

3.3.2 已有场地清理

项目生产区场地整体的设计标高为 66.5m，用地西南侧高于场平标高，需要挖方，天然核素污染金属熔炼设施东北角、10kV 开闭所位于东北侧低台地区域，需回填土方。整体高程设计达到挖填方基本平衡，填方多于挖方 9050 m³。与相邻地块高差主要采用自然放坡形式来处理，局部采用挡土墙，长度 566m、高度 2~4.5m。

此外，本项目用地南侧需占用原露天堆存场地 300m²。对该区域α、β表面污染水平进行了检测，其中总α为 0~0.01Bq/cm²，总β为 0.18~0.63Bq/cm²。检测结果显示，以上区域不存在放射性污染。

3.4 生产工艺

3.4.1 天然核素污染金属暂存库（01 子项）

3.4.1.1 工艺流程

01 子项主要功能包括：天然核素污染金属的接收、暂存、卸料、放射性核查、分拣、解体、调料及包装，使其满足天然核素污染金属熔炼设施（02 子项）的生产接收条件，具体流程如下：

（1）天然核素污染金属接收

天然核素污染金属装入 YA-II 型钢箱由运输车送到本厂房生产出入口 1，控制室工作人员远程打开大门，运输车装载污染金属的钢箱进入厂房至运输车停放工位，驾驶员离开厂房，远程关闭出入口大门。

工作人员对钢箱包装污染金属进行登记后，离开吊装作业区，控制室工作人员远程控制电动双梁桥式起重机（32t/10t）将钢箱从运输车吊运至钢箱暂存区或开盖作业区，驾驶员进入厂房将运输车驶离厂房。

无钢箱包装的天然核素污染金属由运输车从生产出入口 1 进入

厂房，停好车后，驾驶员离开吊装作业区域，工作人员负责登记。

（2）天然核素污染金属核查

工作人员利用开箱工具打开钢箱顶盖螺栓，离开此区域，控制室工作人员远程控制电动双梁桥式起重机（32t/10t）将钢箱盖板吊放在钢箱盖板停放工位，负责废物核查的工作人员携带便携式表面污染仪、便携式 γ 剂量监测仪等放射性检测设备对钢箱上部污染金属进行抽查核检，若有超出接收限值（ $\alpha\leq 25\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta\leq 40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）的污染金属，通知污染金属产生单位将其全部送回。

（3）天然核素污染金属卸料（暂存）

远程遥控电动双梁桥式起重机（32t/10t）主钩配套YA-II型钢箱自动吊具将开盖后的钢箱吊运至钢箱自动翻转机接收工位，远程控制钢箱自动翻转机将钢箱内的污染金属倾倒至外来污染金属散件堆料区卸料工位，再由电动双梁桥式起重机（32t/10t）副钩配套电磁吊具将卸料工位的污染金属送至磁性污染金属暂存区；大件污染金属由作业人员进入卸料工位将大件金属固定在起重机吊钩上，运至大件污染金属解体区；电机/电缆由作业人员进入卸料工位将电机/电缆固定在起重机吊钩上，运至电动平板车上；其他污染金属由电动双梁桥式起重机（32t/10t）副钩配套液压抓斗将其转运至指定存放工位。其他钢箱卸料操作同上。

无包装的污染金属由电动双梁桥式起重机（32t/10t）配套液压抓斗/电磁吊具，将车厢内污染金属抓放在外来金属散件暂存区暂存。

如果钢箱进入本子项后不急于复用，可由电动双梁桥式起重机（32t/10t）主钩配套YA-II型钢箱自动吊具将其吊运至钢箱暂存区暂存。

（4）天然核素污染金属分拣、解体、包装、暂存及处理

1) 大件污染金属

大件污染金属（宽度 $> 2400\text{mm}$ 或厚度 $> 80\text{mm}$ 或高度 $>$

1100mm) 在卸料阶段完成分拣，大件污染金属转运至解体区后，按照材质分类存放，由人工辅助利用火焰切割工具对其进行切割解体，对于厚度在3mm以内的污染金属，切割至1000mm×1000mm，再利用电动双梁桥式起重机(32t/10t)将其吊运至电动平板车，由电动平板车运输至液压打包机附近，利用电动双梁桥式起重机(16t/5t)将其吊运至液压打包机接料口，由液压打包机将其压缩至300mm×300mm×300mm，再将其装入料篮；对于3-80mm以内的污染金属，将其切割至宽度≤2400mm，由抓钢机送至阶梯式多刀剪料箱，利用阶梯式多刀剪将其切割至350mm×350mm×350mm，利用电动双梁桥式起重机(16t/5t)配套液压抓斗将其转运至料篮；对于厚度>80mm的污染金属，为减少火焰切割工作量，将其切割至350mm×350mm×1000mm，单独装入料篮。

装入料篮的污染金属均需进行成分分析，分析结果存入数据库，根据分析结果与熔炼工艺需求，对料篮内的待熔炼污染金属进行调配，并将调好料的料篮送至相应暂存区临时贮存。

根据上述污染金属材质送到02子项金属熔炼设施或有色金属熔炼设施处理。

2) 电机/电缆类污染金属

电机/电缆类污染金属在卸料阶段由人工完成分拣，由电动平板车转运至电机/电缆解体区，电机由工作人员利用解体工具完成解体，根据金属种类分类装入料篮；电缆由工作人员利用电缆去皮机进行解体，金属根据种类装入不同料篮。

装入料篮的污染金属均需要进行成分分析，分析结果存入数据库，根据分析结果与熔炼工艺需求，对料篮内的待熔炼污染金属进行调配，并将调好料的料篮送至相应暂存区临时贮存，最后金属送到02子项金属熔炼设施或有色金属熔炼设施处理。

电缆皮装入200L桶，送至相应的暂存区，最后由具有相应处理

能力的单位处理。

3) 磁性污染金属

污染金属初步筛选，下游熔炼工艺对金属种类要求较高，需要对金属种类进一步分类，由于本项目接收污染金属来源较多，金属种类繁杂、外形各异，尺寸差异较大，厚度不一，难以实现自动分拣，故采用人工分拣方式进一步分拣。

由电动双梁桥式起重机（32t/10t）配套电磁吊具将磁性金属从堆料区吊运至分拣区，由工作人员携带便携式光谱仪将污染金属分为碳钢、铸铁和合金钢等，再根据污染金属厚度分为3mm以内，3-80mm及80mm以上三类，按照上述大件污染金属处理方式处理。

4) 非磁性金属

其他污染金属主要为有色金属和非磁性合金钢，由电动双梁桥式起重机（32t/10t）配套液压抓斗将非磁性金属送至分拣区，由工作人员携带便携式光谱仪将污染金属分为铜、铝、铅、锌和合金钢等，再根据污染金属厚度分为3mm以内，3-80mm及80mm以上三类，按照上述大件污染金属处理方式处理，另外根据熔炼工艺需求，在送往熔炼处理前，需要进行调料。

01 子项工艺流程示意图详见图3.4。

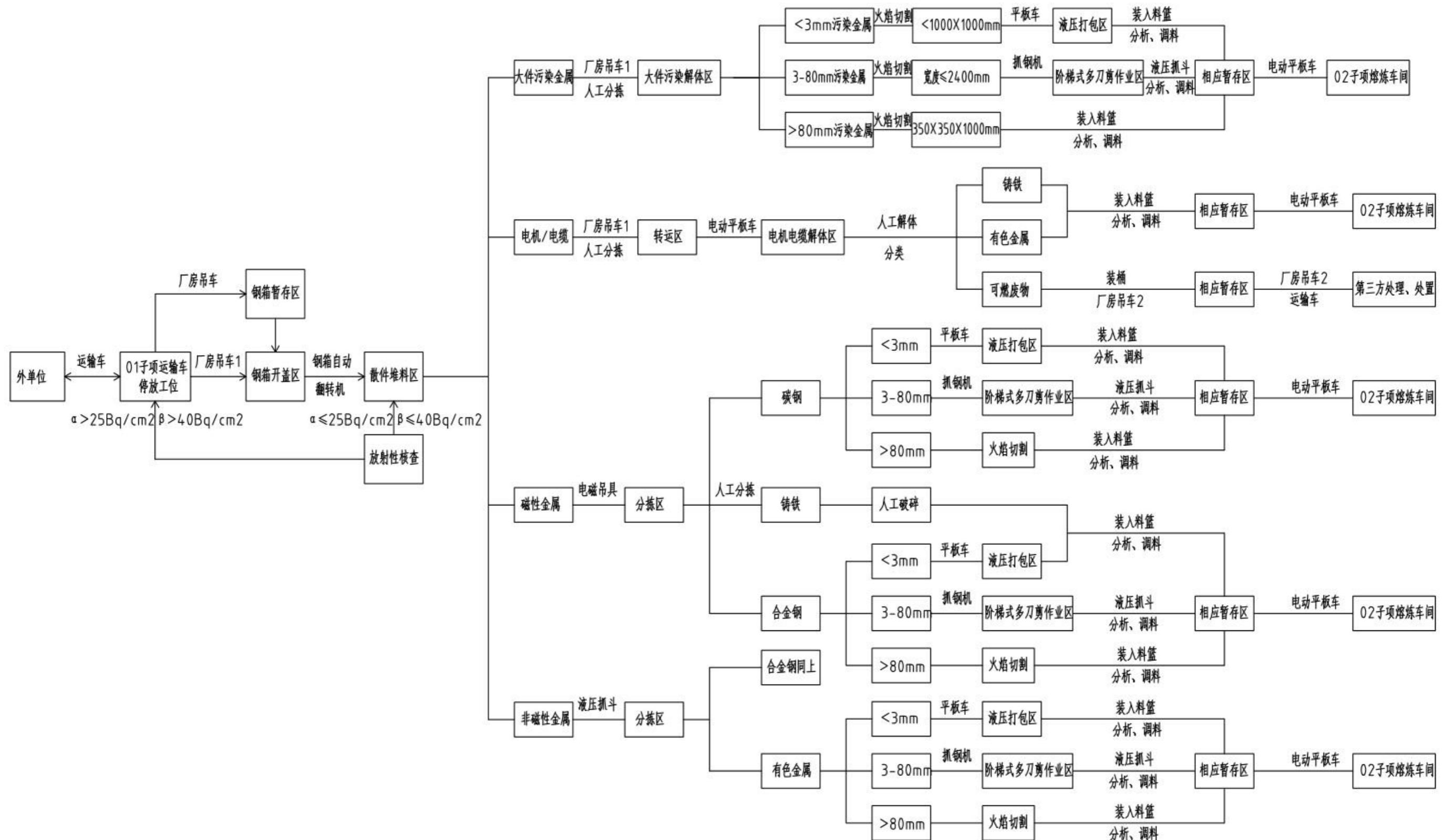


图 3.4 01 子项工艺流程图

3.4.1.2 子项组成

根据本子项的功能，厂房分为钢箱暂存区、外来污染金属堆料区、污染金属分拣区、污染金属解体区、电机/电缆拆解区、液压打包区、料篮暂存区、卫生出入口及辅助房间等。

(1) 钢箱暂存区

钢箱暂存区设有运输车停放工位、吊具停放工位、钢箱停放工位、钢箱开盖工位等。

1) 运输车停放工位

天然核素污染金属主要由运输车装载钢箱进入本子项，在厂房内完成钢箱的吊装和转运等操作，故设置运输车停放工位一个；运输车进入厂房后，在运输车停放工位，通过电动双梁桥式起重机(32t/10t)配套相应吊具实现钢箱的吊装和转运等作业。

2) 吊具停放工位

装载污染金属的钢箱在本子项的吊装、转运、卸料等操作由吊车配套相应吊具来完成，涉及多套吊具，如钢箱吊具、钢箱自动翻转吊具、液压抓斗、强电磁吊具和弱磁吊具等，故需要设置吊具停放工位一个，每个吊具设置相应的吊具搁架。

3) 钢箱暂存区

装载污染金属的钢箱由运输车运入本子项后，若暂不需要进行卸料或者同一批次运来的钢箱较多，则需要对钢箱进行暂存。设置钢箱暂存区一个，钢箱卸下后，运输车可及时离开厂房。

钢箱暂存区可暂存YA-II型钢箱等，根据运行需求，钢箱暂存区设置15个YA-II型钢箱停放工位。YA-II型钢箱外形尺寸为6058mm×2438mm×2438mm，额定质量(R)20t。为确保钢箱码放的稳定性，单个钢箱停放工位钢箱码放高度不高于4m，即单个钢箱暂存工位可码放1个YB-II型钢箱。

钢箱暂存区YA-II型钢箱最大暂存量为15个，钢箱暂存区的污

染金属暂存容量以单个钢箱停放工位码放 1 个 YB-II 型钢箱码放方式，钢箱内污染金属质量按单个钢箱额定质量 50% 来计算，则钢箱暂存区污染金属暂存容量为 $30 \times 15 \times 50\% = 225\text{t}$ 。

4) 钢箱开盖工位

钢箱开盖工位主要用于钢箱放射性核查及卸料前准备工作。

(2) 外来污染金属堆料区

外来污染金属进入本厂房后需要尽快将内部装载的污染金属倒出，以便钢箱重复利用，故设置一个外来污染金属散件堆料区用来存放不能及时分拣、解体的污染金属。

外来污染金属散件堆料区尺寸为 $21\text{m} \times 19\text{m}$ ，为增加暂存区污染金属容量，外来污染金属散件暂存区采用“坑式”结构，坑深 2m ，库坑周围安装 1.0m 高围栏。

外来污染金属堆料区设钢箱自动翻转机 1 台，可远程遥控完成钢箱内污染金属的卸料。外来污染金属主要以碳钢和铸铁类为主，暂存区的容量计算以碳钢代表所有污染金属，暂存区料堆密实度按照 20% 计，则暂存区污染金属最大容量为 $21 \times 19 \times (2+1) \times 7.9 \times 20\% \approx 1891.26\text{t}$ 。

(3) 分拣区

由于外来污染金属种类繁杂、形状各异、尺寸不一，而下游熔炼设施熔炼、铸造工艺要求金属种类单一且对金属成分要求较高，设置分拣区一个，在本子项实现外来污染金属的分拣工作。

污染金属主要由电动双梁桥式起重机（ $32\text{t}/10\text{t}$ ）配套电磁吊具/液压抓斗转运至分拣区，工作人员在此利用便携式光谱仪等仪器对污染金属根据材质、外形、厚度等分类，临时存放，按照处理计划开展后续的解体工作。

在分拣区设电动平板车，可完成电机/电缆向电机/电缆解体区、 3mm 以内污染金属向液压打包区转运。

(4) 解体区

解体区分为大件污染金属解体区和阶梯式多刀剪作业区，其中大件污染金属解体区主要是电动双梁桥式起重机（32t/10t）将大件污染金属吊运至此处，由人工持火焰切割装置解体后，后续或送入阶梯式多刀剪或装入吊篮，送暂存区暂存。

阶梯式多刀剪作业区设置一台阶梯式多刀剪，可远程遥控操作的阶梯式多刀剪，实现自动化解体。可处理厚度小于80mm且宽度小于2400mm或高度小于1100mm的污染金属。

(5) 电机/电缆解体区

本子项接收的废物来源较广，除常规的污染金属外，还有部分电机、电缆，由于此类废物外形尺寸较为特殊，难以实现自动化解体，设专用解体作业区，以人工为主，对电机、电缆进行解体作业。

(6) 液压打包区

在本子项设置液压打包机1台，将厚度在3mm以内的轻薄金属由液压打包机进行压缩打包，由此提高废金属料的密实度，满足02子项熔炼工艺要求。

(7) 料篮暂存区

为便于运行后熔炼工作安排，在本子项设料篮专用暂存区，包括整备的碳钢/铸铁暂存区，不锈钢暂存区、合金钢暂存区、有色金属暂存区及其他废物暂存区。其中碳钢/铸铁暂存区暂存容量不小于90t，满足02子项至少3天的生产能力。

碳钢/铸铁等金属由电动平板车送往02子项，可燃废物定期由具备相应处理资质单位来处理。

(8) 卫生出入口

本子项与02子项共用一个卫生出入口，卫生出入口设更衣间、淋浴间、检测间及洗手间等。

3.4.1.3 主要工艺设备

根据本子项的功能及工艺流程，新增的主要工艺设备有：电动双梁桥式起重机（32t/10t）1台、电动双梁桥式起重机（16t/5t）1台、钢箱自动翻转机1台、阶梯式多刀剪1台、抓钢机1台等。

（1）电动双梁桥式起重机（32t/10t）

外来污染金属主要由运输车装载钢箱进入本子项，需要电动双梁桥式起重机完成转运、卸料等操作；在污染金属分拣过程中，需要起重机配合电磁吊具、液压抓斗等进行初步筛选及污染金属转运作业，为减少吊具更换操作，电动双梁桥式起重机配套10t副钩；为提高污染金属在转运过程中的自动化操作水平，选择远程操控的遥控起重机，控制台设置在控制间。

（2）电动双梁桥式起重机（16t/5t）

整备后的污染金属采用吊篮包装，单个吊篮最大质量约10t，承担整备后污染金属转运的起重机选择16t双梁桥式起重机；阶梯式多刀剪料池内的金属废料需要起重机配合液压抓斗进行抓取，液压抓斗与起重机连接方式为硬连接，16t遥控双梁桥式起重机配套5t副钩；为提高污染金属在抓取、转运过程中的自动化操作水平，选择远程操控的遥控起重机，控制台设置在控制间。

（3）阶梯式多刀剪

本子项接收的污染金属形状各异，尺寸不一。为满足天然核素污染金属熔炼设施（02子项）的要求，需对污染金属进行解体破碎。为减小工作人员劳动强度，除部分特殊污染金属（电机、电缆、大件污染金属）不能采用自动化剪切设备外，其他污染金属由民用环保行业常用的阶梯式多刀剪（见图3.5）进行切割解体，该设备自动化水平较高，工作原理属于物理切割，在切割过程中通过液压推力配合刀头完成金属剪切破碎，对本项目使用工况具有较好的适用性，可有效减少本子项工作人员的内照射风险。



图 3.5 阶梯式多刀剪实物示意图

污染金属采用 YA-II 型或 YB-II 型钢箱包装，钢箱外部宽度为 2438mm，阶梯式多刀剪选型主要考虑尽可能包容钢箱装污染金属，也要考虑设备占地面积、成本等，主要参数选型如下：

- (1) 料箱宽度： $\times 2400\text{mm}$ ；
- (2) 料箱长度： $\times 6500\text{mm}$ ；
- (3) 处理金属厚度： $\times 80\text{mm}$ ；
- (4) 处理量： $\times 5\text{t/h}$ ；
- (5) 出料尺寸： $\times 500\text{mm} \times 500\text{mm}$ ；
- (6) 操作方式：可远程控制台操控。
- (4) 抓装机

阶梯式多刀剪上料主要由抓装机来完成，借鉴民用行业经验，本项目引入抓装机一台。此外，抓装机还可用以初步分拣污染金属，将外形容易辨识的污染金属（如铜、铝、碳钢等）从外来污染金属散件暂存区抓放至地面，再由人工利用便携式光谱仪进一步核实。

抓装机示意图见图 3.6。



图 3.6 抓装机示意图

3.4.1.4 内部运输

本子项的内部运输主要包括人流组织和物流组织。

(1) 人流组织

本子项的工作人员由门厅经闸门通过走廊进入控制区，其中进入控制区须先经更衣间更换工作服，由入口通道进入控制区。工作人员离开控制区，则进入检测间进行手脚沾污检测，如有放射性污染，则先擦拭去污，至检测低于限值后，方可进入淋浴间洗澡，再进入更衣间更换家庭服，通过闸机离开本子项。

(2) 物流组织

物流组织包括厂房与外部的物流组织和厂房内部的物流组织。

1) 厂房与外部的物流组织

厂房与外部的物流组织设置 3 个生产出入口，其中位于厂房西侧的生产出入口一，主要用于装载钢箱的运输车的出入，门洞尺寸为

5000mm×5000mm；位于厂房西侧的生产出入口二，主要用于小型车辆（如抓钢机等）的出入，门洞尺寸为 4000mm×5000mm；位于厂房东侧的生产出入口三，主要用于整备后的其他污染金属向有色金属熔炼设施等运输的通道，门洞尺寸为 4000mm×5000mm。

2) 厂房内部的物流组织

厂房内部的物流主要由电动双梁桥式起重机（32t/10t）、电动平板车、电动双梁桥式起重机（16t/5t）、抓钢机等来实现物料的转运，最后由电动平板车穿过 01 子项和 02 子项之间的电动卷帘门将整备好的碳钢、铸铁等污染金属送到 02 子项。

3.4.2 天然核素污染金属熔炼设施（02 子项）

3.4.2.1 工艺流程

天然核素污染金属熔炼设施（02 子项）包含熔炼车间、精炼车间、造型车间、浇注车间、热处理区、精整区、抛丸区、空压机房、控制室和会议室、分析实验室等。

天然核素污染金属熔炼设施（02 子项）工艺环节包括熔炼去污、精炼、铸造（造型、浇注、热处理、表面处理、精整和整形）、砂处理及污水处理，具体如下：

（1）熔炼去污

金属熔炼车间的电弧炉用于天然核素污染金属的熔炼去污处理，中频炉用于天然核素污染有色金属的熔炼去污处理。

生产高锰钢铸件时在电弧炉完成天然核素污染金属的熔化、去污、氧化、还原、成分调整等全部工艺。合格钢水倒入钢包，由钢包车运至铸造车间浇注产品。中频炉完成天然核素污染有色金属的熔炼。熔炼合格的有色金属倒入钢包，由钢包车运至铸造车间浇注生产铝锭、铜锭、镍锭、锌锭等。

生产非高锰钢铸件时，为降低能耗，减少耐材、能源和合金消耗、

改善钢材质量，天然核素污染金属熔炼分为两个阶段进行。电弧炉完成天然核素污染金属的熔化、去污和氧化工艺流程。氧化后的钢水倒入钢包，由钢包车运至精炼车间进一步熔炼。

在天然核素污染金属熔炼去污工艺过程中，在不同阶段分别进行测温和取样，钢水测温温度传输至 DCS，取样的样品经光谱分析（光谱分析仪利旧）成分后作为合金调整的依据。当取样样品满足产品成分要求、钢水温度满足浇注要求后，具备出钢、浇注条件。

电弧炉熔炼产生的烟气通过密闭罩和屋顶罩收集后经过布袋除尘器、引风机、高效过滤器处理后达标排放。平均烟气量为 $150000\text{m}^3/\text{h}$ 。布袋除尘器换布袋平台和料仓密封并与排风机房连接，更换布袋和卸灰时从排风机房进入。

熔炼去污系统包含废金属上料系统和合金、辅料加料系统。

废金属上料系统采用料篮上料。电动平板车由暂存库将装好废钢的料篮运至熔炼车间 A 点，启动熔炼车间行车上料程序，行车到某预定位置 A 停止，然后大钩勾住料篮吊具，小钩勾住料篮的拉杆部分后行车起吊，行车运行到预定位置 B（电弧炉上面）后，下降到预定高度，然后小钩向上提打开料篮卸料口；完成上料程序后，启动行车料篮返回程序，行车按照原路返回至预定位置 A，将空料篮放置在料架上，电动平板车将空料篮运至 01 子项装废钢，装好后，按照一定路线运至炼钢车间 A 点。废钢上料过程中，电弧炉电极升起、炉盖旋开、密闭罩顶部打开，料篮从密闭罩顶部进入将废钢放入电弧炉中。

合金、辅料加料系统采用高位料仓上料。电弧炉有一套独立的加料系统，造渣剂、去污剂和合金料通过料罐加入至高位料仓后经给料机和溜管加入电弧炉中。

（2）精炼

生产高锰钢铸件时，精炼车间的 LF 精炼炉不生产或者处于保温

工位，处于保温工位时，LF 精炼炉可保持熔炼合格的钢水温度在浇注温度范围内，有效协调熔炼和浇注的工作节拍。

生产非高锰钢铸件时，LF 精炼炉可进一步调控钢水中的合金成分，试生产高品质的金属产品。LF 保温工位可保持熔炼合格的钢水温度在浇注温度范围内，有效协调熔炼和浇注的工作节拍。

在钢水脱氧和合金化过程中的各个阶段分别进行测温和取样，钢水测温温度传输至 DCS，取样的样品经光谱分析成分后作为合金调整的依据。当取样样品满足产品成分要求、钢水温度满足浇注要求后，具备出钢、浇注条件。

LF 精炼炉的烟气经移动罩捕集，通过布袋除尘器过滤后达标排放。平均烟气量为 $100000\text{m}^3/\text{h}$ 。

精炼系统包含一套独立的合金、辅料加料系统，造渣剂和合金料通过料罐加入至高位料仓后经给料机和溜管加入至精炼炉中。

(3) 铸造

浇注车间将熔炼合格的钢水浇注生产高锰钢铸件，主要有：轧臼壁、破碎壁、齿板。铸件质量控制和验收标准满足 GB/T 5680-2023 奥氏体锰钢铸件。

高锰钢生产车间包含造型、浇注、后处理、砂再生及洗砂废水处理等工段。其中造型工段和浇注工段采用自动化连续生产线，砂再生及洗砂废水处理均采用自动化设备，尽量减少工人劳动强度，提高劳动生产率。

1) 造型工段

造型工段分为自动线造型和自由线造型两种，共用一台混砂机。自动线造型用于生产直径不大于 2500mm ，高度不超过 1000mm 的产品，超出上述尺寸的超大件产品利用自由线造型。造型用模型均由 AGV 小车从 03 子项模具库房运载目标模具至 02 子项造型车间模具暂存区，用厂房桥式起重机将模具吊入装砂工位。自动线造型从

模具准备工位开始，在套箱工位放置砂箱，随后通过转运小车送至填砂振实工位填砂，振实固化后到脱模工位进行脱模，随后砂型运输至修型工位修型并依次进行流涂、表干、下芯、合箱等操作，合箱后的砂箱通过辊道运输至浇注工段等待浇注。

生产超大件的自由线造型过程均在大件造型工位进行，砂箱、模具运输及翻箱、合箱操作均通过厂房吊车完成。

造型工段工艺流程图见图 3.7。

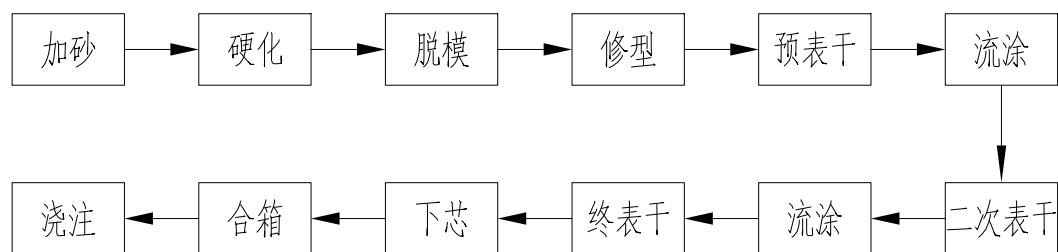


图 3.7 造型工段工艺流程图

芯型根据目标铸件和模具形状，通过碗式混砂机来制作，在下芯工序前完成。

2) 浇注

合箱后的砂型通过辊道运至浇注工段待浇注工位，根据生产节拍，待浇注砂型依次进入浇注工位。钢水自熔炼工段利用铸造起重机吊运至龙门浇注机上方，打开钢包滑动水口，钢水流人浇注钢包，再由门式浇注机自动寻找砂箱的浇注口，自动完成浇注工作。浇注完成后的砂型冷却一定时间后，通过辊道运至冷却工位进一步冷却至落砂温度。达到落砂条件的砂型由厂房吊车吊运至落沙平台，通过振动台将砂箱内宝珠砂清空，通过吊车将铸件产品吊运至浇冒口去除工位，利用气动冒口冲击锤将铸件浇冒口去除后再由吊车将其吊在平板车上。

超大件砂型在造型工段完成造型后，通过底部平板小车运输至浇注工段，利用铸造起重机吊包浇注，并原地冷却直至达到落砂温度，随后利用厂房吊车吊运至落砂平台进行落砂。

3) 热处理

去除浇冒口的铸件由厂房吊车吊运至电动平板车上的热处理炉料架上，料架布置好后，平板车将其运至后处理工段后处理炉上料工位，通过热处理机器人将铸件同料架一同叉起送入热处理炉，热处理机器人退出后关闭炉门，启动升温加热程序，完成所有升温程序后，打开炉门，热处理机器人将铸件与料架运出热处理炉，并迅速放入炉前水池进行水韧处理。

水韧处理后的铸件由热处理机器人送至出炉暂存区域，利用厂房吊车将铸件从料架上吊运至铸件暂存区域，操作人员在此区域测量产品外形尺寸并进行金相检测。金相检测结果用于复核热处理程序及装炉方案。

4) 整型及表面处理

外形尺寸检测如发现铸件产品超差，则送整型区进行外形矫正，整型区设平压整形机（1250t）和侧压整形机（630t）各一台。矫正合格后的铸件送抛丸机进行表面处理。外形检测合格的铸件则直接送抛丸机进行表面处理。

5) 精整

表面处理后，利用电弧补焊、碳弧气刨等方式对铸件进一步精整，最后将铸件在毛坯暂存区暂存，积累一定量后送出厂房。

(4) 砂再生

在落砂区，宝珠砂通过输送系统送到砂处理系统，经一级磁选系统将旧砂中的磁性金属清除，经开式冷却塔将宝珠砂降温后，经碎砂机破碎后再经二级磁选系统进一步去除磁性金属，随后送入离心、摩擦再生系统等初步处理去除旧砂表面粘结剂，然后送到过渡砂库临时暂存。过渡砂库的旧砂积累一定量后，送到1#洗砂机，由酸泵和清水泵向1#洗砂机加入洗涤液再次去除粘结剂，旧砂经砂水分离器进入2#洗砂机，1#洗砂机产生的酸性洗涤液流入洗砂污水处理系统

处理。清水泵向 2#洗砂机加入清水，将宝珠砂表面的残留粘结剂和酸液清除，清洗液进入洗砂污水处理系统。宝珠砂由吸砂泵进入控水砂仓，再经提升机将宝珠砂送入三回程烘干炉内点火去除水份。宝珠砂蒸干后，送入热砂储备库，再经冷却器降温后，由气力输送系统送至砂库，在此过程中产生的烟尘经除尘后集中排放。

(5) 洗砂废水处理

砂再生工段中产生的洗砂污水在收集池中汇集，并通过泵送至 pH 值调节池，在 pH 值调节池中由在线 pH 值自动检测系统进行分析，若调节池内的 pH 过低，则通过自动加药系统向调节池内投入碱性溶液调节，使得调节池内的 pH 值略高于 7，以保证后续的絮凝效果；若 pH 接近 7，可不加碱性调节。

完成 pH 值调整后，pH 值调节池内的废水自流至絮凝搅拌池，通过自动加药系统向絮凝搅拌池加入混凝剂 PAC 溶液，并使用空气搅拌或机械搅拌，使水中的颗粒状及胶体状污染物自动形成固体悬浮物沉淀，同时再往废水中加入絮凝剂 PAM 溶液，以便下一步的固液分离。

絮凝搅拌池内的废水自流斜管沉淀池，池内设蜂窝斜管，底部设置泥斗，沉淀完成后，上清液自流至清水池；底部沉积物通过排泥泵送至污泥池。

污泥池内的沉积物定期由隔膜泵送至板框压滤机进行脱水干化，压干后泥饼自动落入废料袋，装满后人工借助叉车卸料，并运输至指定地点存储，滤出液再次回流至斜管沉降池进行分离。

在清水池内自动加药调节 pH 值后，进入洗砂环节；上清液自流回清水池的管路中设旁路，收集部分水体至浓水罐（每日约 15 吨），然后利用除盐系统清除水中的盐份，除盐后的清水送至清水池复用，盐收集统一管理。酯硬化水玻璃砂铸造高锰钢工艺流程，见图 3.8。

放射性污染废金属熔炼过程的物料平衡见图 3.9。

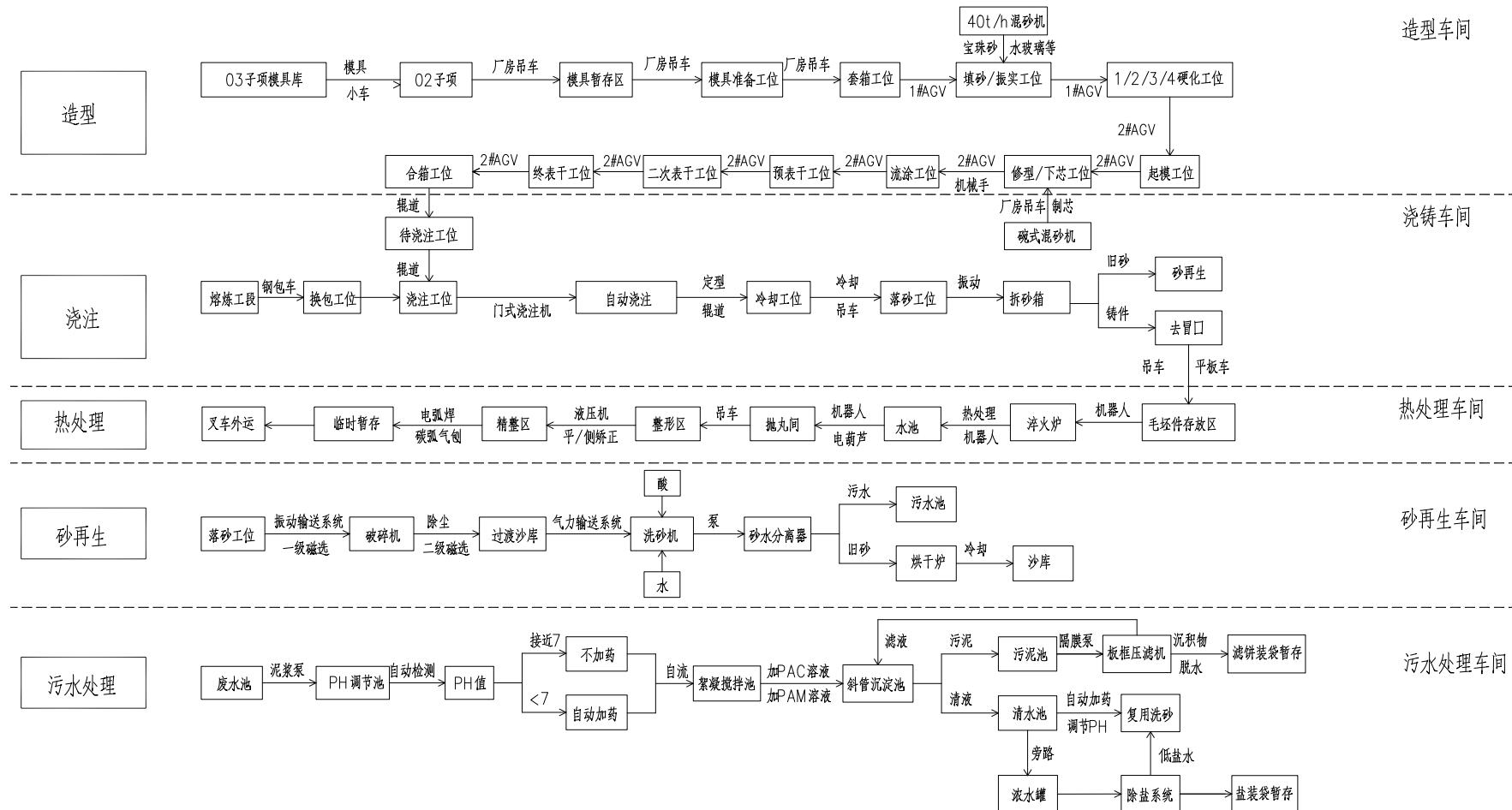


图 3.8 酯硬化水玻璃砂铸造高锰钢工艺流程图

注：

1. 本平衡图按照1000kg高锰钢水计算对应的输入和输出物料。5t电弧炉每炉出钢5~10t。

2. 电弧炉熔炼产生的烟气量按照平均流量计取。

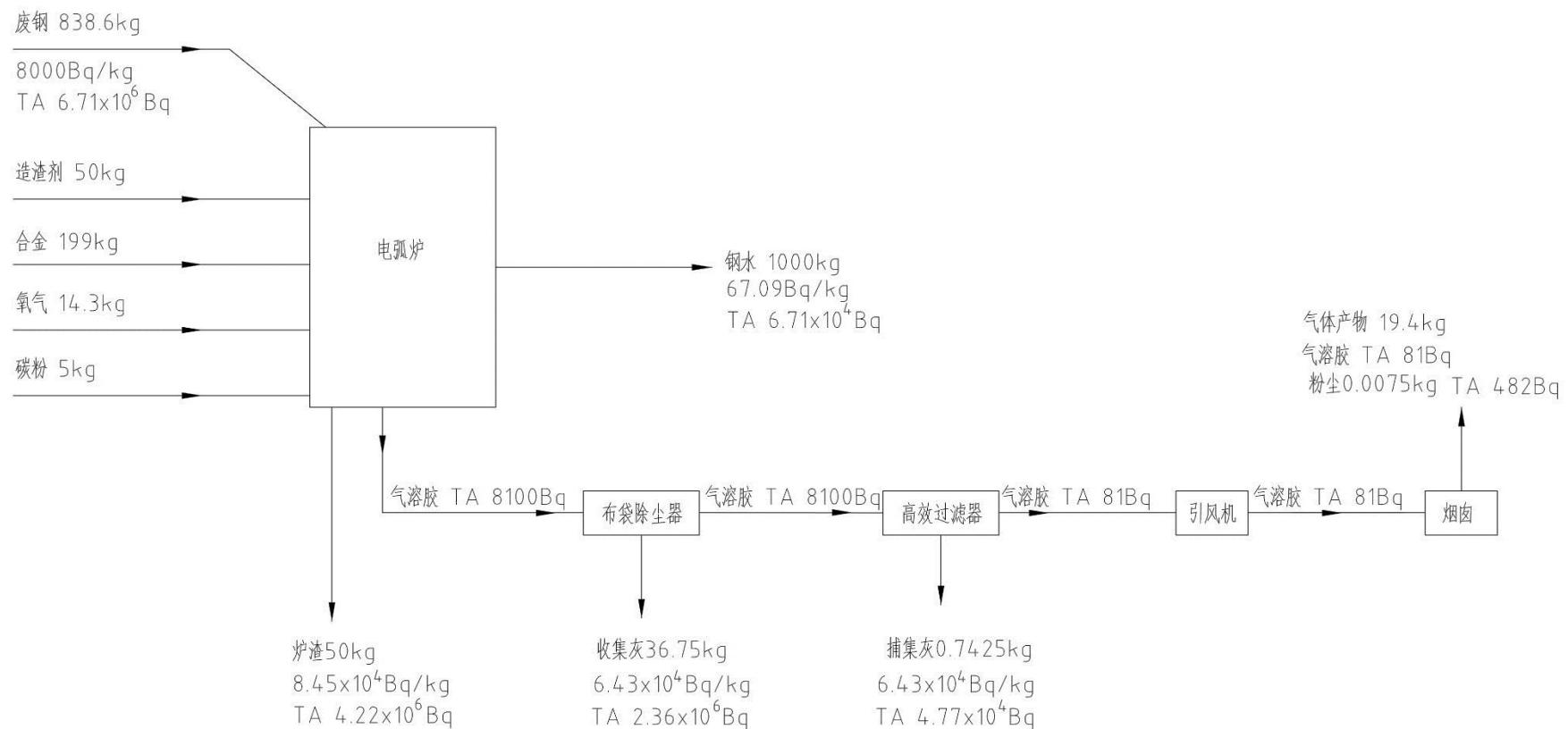


图 3.9 放射性污染废金属熔炼物料平衡图

3.4.2.2 子项组成

天然核素污染金属熔炼设施由电弧炉熔炼车间、精炼车间、造型车间、浇注车间、后处理车间、旧砂再生生产线、污水处理生产线、分析实验室等组成。

(1) 熔炼车间

电弧炉以电能为主要能源，通过石墨电极与炉料间产生的高温电弧来熔化废钢等原料，并进行初步的冶金反应。

其生产过程通常包含以下几个阶段：

1) 补炉与装料

冶炼前需进行补炉，主要修补出钢口侧和渣线等易损部位，以维持炉衬寿命；将加工好的废钢料通过料篮加料系统装入炉内，同时加入部分造渣料（石灰）和合金料；

2) 熔化期

电极下降，与炉料之间产生电弧，利用电弧热熔化炉料。熔化期是能耗最高、时间最长的阶段。电弧炉采用超高功率供电、吹氧助熔、泡沫渣技术（埋弧加热，提高热效率并保护炉衬）等手段来缩短熔化时间，降低电耗。炉料熔化后，形成钢液和熔渣。

3) 氧化期

向熔池吹入氧气，氧化钢液中的碳、硅、锰、磷等元素。碳被氧化生成 CO_2 气泡，有助于带走气体和夹杂。通过造高氧化性、高碱度的炉渣并控制流渣来脱磷。氧化期会产生剧烈的沸腾反应。目的为脱磷、去气、去除非金属夹杂物，并均匀成分与温度。

4) 还原期与出钢：

为提高效率，电弧炉的还原任务可转移给 LF 等炉外精炼装置。电弧炉更多扮演高效熔化器的角色。冶炼完成后，倾斜炉体，通过出钢槽方式出钢。

中频炉生产过程通常包含以下几个阶段：

1) 炉衬烧结与检查

每次开炉前，必须仔细检查炉衬的侵蚀、裂纹情况。

2) 装料与熔化

通常遵循“下紧上松”、“下密上疏”的原则。底部放置大块或难熔的炉料，中上部放置小块和易熔炉料。

启动电源，从较低功率开始，逐步提升功率，随着炉料熔化，应及时补充新的炉料，加入去污剂、覆盖剂，脱氧剂等。

3) 扒渣和出炉：

当炉料全部熔化，并达到预定温度后，停止供电，倾动炉体使炉渣流出。

测量金属液温度，确保在合适的浇注温度范围内。切断电源，倾动炉体，将金属液倒入预热过的钢包中。

(2) 精炼车间采用一台 LF 精炼炉对钢水进行精炼。LF 炉具备电弧加热、造渣精炼、搅拌（底吹氩）和合金成分微调功能。

其生产过程通常包含以下几个阶段：

1) 进站与准备

接收来自电弧炉的初炼钢水。钢包座入 LF 工位后，接通底吹氩气，降下水冷炉盖形成还原气氛环境。对钢水进行取样和测温，为精炼操作提供依据。

2) 加热与造渣精炼

通过石墨电极产生的电弧对钢水进行加热（平均升温速度 4 ~ 5°C/min），补偿精炼过程的温降。加入合成渣、石灰、萤石 (CaF₂) 等材料，形成高碱度 (CaO/SiO₂ ≥ 4)、低氧化性 (FeO + MnO ≤ 1.0%) 的还原渣，主要用于深度脱硫、脱氧、吸收夹杂物。通过泡沫渣技术将电弧埋住，提高热效率，减少电弧对包衬的辐射损伤。

3) 搅拌与成分控制

整个过程伴随底吹氩气搅拌，使钢水成分和温度均匀，促进夹杂物上浮和冶金反应。根据分析结果，通过自动加料系统加入合金（如 FeSi、FeMn 等）进行成分微调，精确控制钢水化学成分。

4) 软吹与喂丝

精炼后期，降低氩气压力进行软吹搅拌，促进细小夹杂物上浮，净化钢水。根据需要，通过喂丝机将铝线、钙线等送入钢水深处，进行脱氧和夹杂物形态控制（使 Al_2O_3 变性为低熔点的钙铝酸盐）。

5) 出站

达到目标温度、成分和处理时间后，停止加热，升起电极和炉盖。将钢水运至浇注工序进行浇注。

(3) 造型车间

造型车间功能主要是利用宝珠砂、水玻璃、有机酯等材料，根据木质模具体特征，生产砂型，用于后续的铸造浇注。本项目高锰钢铸件产品的生产特点是单件小批量生产，外形和规格差异较大，铸件重量为介于 500kg~6500kg。铸件产品的砂铁比平均为 2:1。铸件产品平均重量约为 1.5t，平均单个铸件造型用砂量 3t 左右；根据年生产 4200t 高锰钢铸件批复任务要求，200 天运行时间，平均每天生产 21t 高锰钢铸件（约 15 个铸件），主要以小型铸件为主，设置一台 40t/h 移动混砂机，用于造型供砂；制芯区设置 1 台 200kg/h 的碗式混砂机。

造型车间造型方式分为两种，分别是自动造型生产线和超大件自由线。自动造型生产线用于生产直径不大于 3000mm，高度不大于 1000mm 的铸件产品；超过上述尺寸的铸件在自由线生产。

模具由 03 子项模具库房的 AGV 小车向造型车间运输，在造型车间顶部设置 1 台 32t 遥控双梁起重机，用于模具及砂箱的转运。

在自动造型生产线上根据砂型生产工艺流程，经下砂、硬化、脱模、修型、流涂、表干、下芯、合箱等工序后，由辊道运输至浇注工

段等待浇注。

(4) 浇注车间

浇注车间通过龙门式自动浇注机将熔炼车间生产的钢水浇注到砂箱模型，冷却后得到高锰钢铸件毛坯件。考虑到此环节高温钢水潜在风险较高，为降低伤害风险，采用龙门式自动浇注机及运输辊道等远程操控实现浇注作业。

浇注区设 4 个待浇注工位和 9 个浇注工位用于存放待浇注砂箱。浇注机依次浇注工位上的砂箱，在下一包钢水供应前，浇注完成的砂箱具备充足的凝固时间，凝固后的砂箱通过辊道移至冷却工位进一步冷却。冷却工位共两排，每排两层，每层 9 个工位，下层冷却工位用于重型砂箱冷却，上层用于轻型砂箱冷却。下层冷却工位高度与浇注工位平齐，上层需利用升降辊道将待冷却砂箱抬升至与上层平齐后再转运。根据不同铸件特性，达到落砂条件后，砂箱才能转运至吊运工位，利用厂房吊车运输至落砂机平台落砂。

通过振动将砂箱内旧砂落入旧砂回收系统，铸件被留在振动落砂机筛板上，砂箱通过过跨平车转回造型车间砂箱暂存区域。

铸件吊出后放置在预处理浇冒口区域，采用气动冲击锤进行浇冒口分离，去掉浇冒口的铸件放置在平板车上的热处理炉料架上，料架摆满后运输至热处理车间进行后处理。

(5) 热处理车间

浇注车间生产的毛坯铸件先由平板车运送到热处理车间，在热处理车间进行水韧处理、整型、抛丸、精整等操作后暂存，随后运输至厂内其他厂房进一步加工。

本项目生产的高锰钢铸件主要用于采矿工程，因此对铸件耐磨性要求较高，为提高铸件耐磨性，在热处理车间设置淬火炉、水池，用以对铸件毛坯件进行热处理。本项目平均每天生产 21t 高锰钢铸件，每批铸件热处理约 1.5-3 天。设置 3 个淬火炉工位（本次购置 2 台

25t 淬火炉，后续根据生产需要补充），铸件在毛坯铸件暂存区、淬火炉、水池之间的转运由热处理车间厂房吊车配合热处理机器人实现，水池尺寸约 25m × 7.5m × 5m。

毛坯铸件经淬火后，进入抛丸机进行表面处理。抛丸机内腔尺寸按最大工件直径 3000mm，高度 1000mm 设计。每个工件抛丸处理时间约为 10~15 分钟。

部分毛坯件不够规整，微调后还可使用，故在热处理车间设置铸件整形区，通过 1 台 1250t 平压液压机和 1 台 630t 测压液压机对其进行矫正。

毛坯铸件经热处理、表面处理、（整形）后，需要进一步精整，设置 2 个碳弧气刨工位和 6 个电弧焊工位。

（6）砂处理车间

本项目铸造工艺采用的型砂为宝珠砂，其费用相对较高，为节约运行成本，对浇注产生的旧砂进行再生处理，砂处理工艺分类包括机械处理和湿法处理两种，为减少湿法处理运行成本，在湿法处理前先对旧砂进行机械处理，故砂再生工艺流程，在砂处理车间设置开式冷却塔、砂输送系统、一级磁选系统、机械破碎系统、除尘系统、二次磁选系统、离心、摩擦处理系统，风选调温系统，一级洗砂系统，砂水分离器，二级洗砂系统，吸砂泵、控水砂仓、三回程烘干系统、热砂储备库、冷却器、沙库。

考虑到湖南宏华厂区无燃气可用，为降低动力消耗，砂再生车间三回程烘干系统热源考虑以熔炉工段的烟气余热回收利用为辅，电加热为主。

在砂处理车间产生的粉尘由专用除尘器除尘后，就地集中排放。

（7）污水处理车间

根据污水处理工艺流程，在污水处理车间设置药品间及自动加药系统、污水收集池、pH 调节池、絮凝搅拌池、斜管沉淀池、清水池、

污泥池、除盐系统间等。

(8) 分析实验室

生产过程中，需对工艺样品、液态流出物、气态流出物、工作场所气溶胶样品进行放射性分析检测。其中工艺样品包括金属样品、炉渣。

3.4.2.3 工艺设备

根据本子项的功能及工艺流程，新增的主要工艺设备有：电弧炉 1 套、中频炉 1 套、LF 钢包精炼炉 1 套、高锰钢生产系统 1 套、烟气除尘系统 1 套等。

(1) 电弧炉

熔炼车间设置 5t 电弧炉 1 套。电弧炉是利用电弧产生的热来熔炼金属的一种电炉，电弧炉炼钢是利用电极和炉料间放电产生电弧所发出的热量进行的。电弧炉的炉内气氛呈弱还原性，对减少某些合金元素的氧化烧损有利。

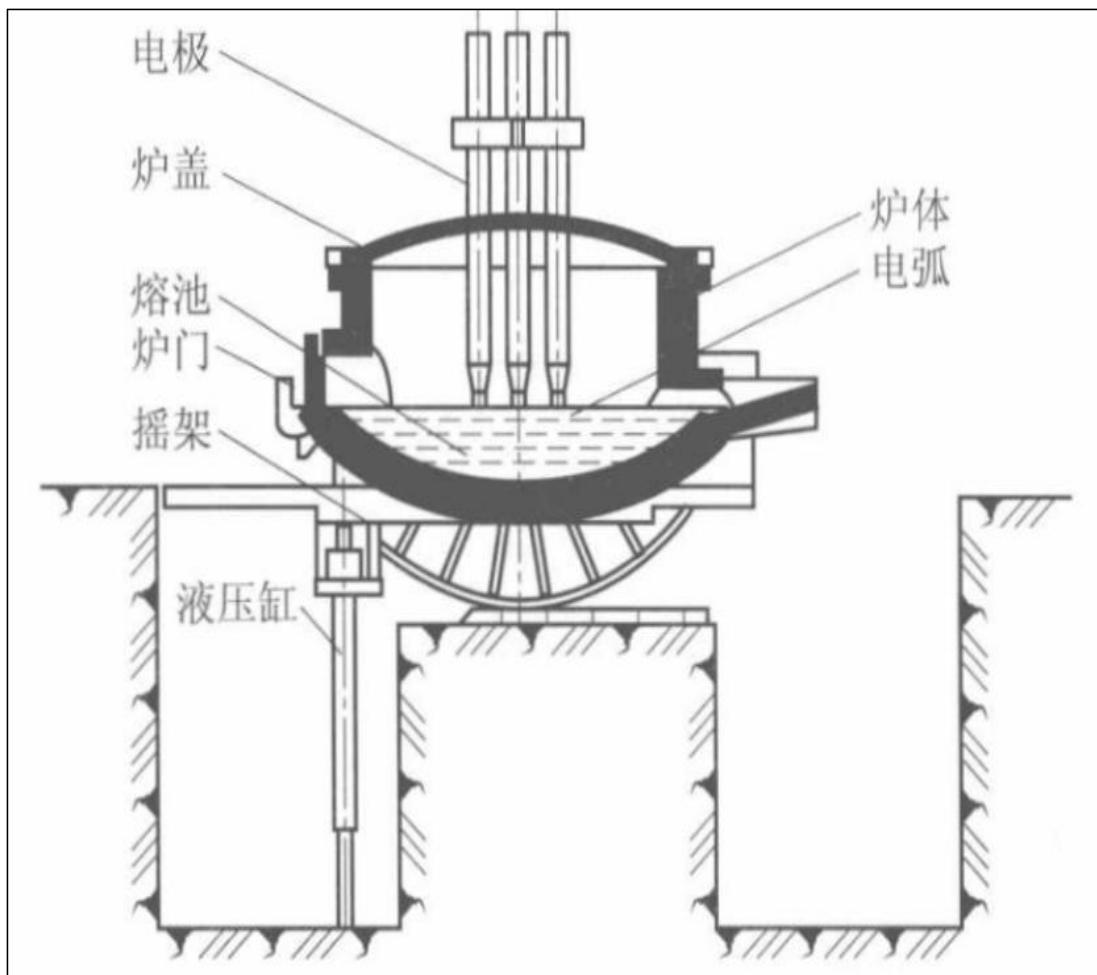


图 3.10 三相电弧炉装置示意图

电弧炉主要是通过用废钢、造渣剂和去污剂进行配料冶炼，然后熔炼出碳钢钢水供后续铸造生产用。在高锰钢生产过程中，为了节省原材料，电弧炉完成天然核素污染金属的熔化、去污、氧化、还原、成分调整全部工艺。

电弧炉炼钢过程产生的气溶胶和烟尘主要是在加料、冶炼和出钢三个阶段。吹氧过程的烟气量最大，含尘浓度和烟气温度高。

电弧炉对多元素的脱除效果更好，铸件质量更稳定。在初炼过程选用电弧炉成为主流趋势，长期的熔炼去污实践证明，电弧炉在天然核素污染放射性金属熔炼去污效果方面具有很大优势。

本项目采用的是 5 t 电弧炉、炉盖旋开顶装料型式，其机械设备由炉体、炉盖、炉盖提升及旋转装置、倾动机构、电极横臂及电极升

降机构、大电流线路、液压系统、冷却水箱装置组成，其设备清单见下表。

表 3.3 电弧炉熔炼系统设备清单

序号	名 称	单位	参数	备注
1	类型		交流电弧炉	碱性炉衬
2	公称容量	T	5	
3	最大出钢量	T	7~8	
4	额定出钢量	T	5	
5	炉壳内径	mm	Φ3200	
6	操作形式		右操作	
7	变压器额定容量	kVA	4000	初定
	变压器一次侧电压	kV	10	
	变压器二次侧电压	V	240~121	初定
	频率	Hz	50	
	调压方式		4 级	无载调压
	变压器二次侧额定电流	A	9622	初定
	变压器冷却形式		强油循环水冷却	
8	变压器出线方式		铜排顶出	
	短网阻抗值	mΩ	$\leq 0.65+j2.7$	
9	三相阻抗不平衡系数	%	$\leq 5\%$	
	石墨电极直径	mm	300	HP 石墨电极，初定
10	电极分布圆直径	mm	800	初定
11	电极升降最大行程	mm	~1700	初定
	电极升降方式		力矩电机	
12	出钢方式		出钢槽	
13	倾炉角度	度	出钢 40, 出渣 20	
14	炉盖提升高度	mm	400	
	炉盖旋转角度	度	~80	

15	液压系统			
	工作压力	MPa	14	
	液压介质		水乙二醇	
	系统过滤精度	μm	<15	
16	冷却水系统			
	进水压力	MPa	0.5 ~ 0.6	
	回水压力	MPa	0.3	
	进水温度	°C	≤35	
	回水温度	°C	≤55	
	耗量	m³/h	~ 200	
17	压缩空气系统			
	压力	MPa	0.4 ~ 0.6	
	流量	Nm³/h	20	间断
18	出钢车			
	运行速度	m/min	2 ~ 20	变频调速
19	出渣车	m/min	6	
20	烟气量	m³/h	~ 200000	t=150°C

本项目的电弧炉冶炼过程如下：

1) 废钢加入电炉内，通电冶炼，自动测温取样，控制钢水出钢温度；

2) 通过自耗式碳氧枪向炉膛内吹氧快速脱碳，喷碳粉造泡沫渣脱磷、脱硫，使钢液达到不同钢种含碳量要求。

3) 在电炉出钢前，首先将钢包准备好，将钢包包衬表面温度加热。钢包运输小车将钢包运到出钢工位，接通 Ar 气管路，等待出钢。

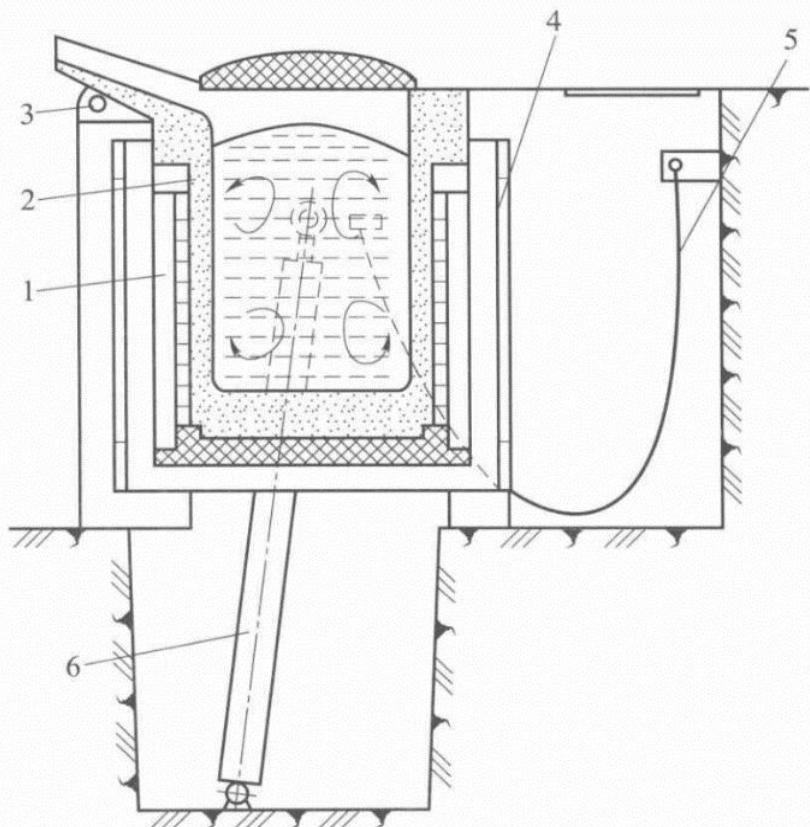
当电炉内钢水的成分、温度均达到目标值时，即可出钢。出钢过程根据该钢种工艺要求，相继加入合金及适量的造渣剂，提前造渣，并在出钢过程中吹氩。

电弧炉特点：

- 炉盖旋开、液压控制、交流电弧炉（碱性炉衬）
- 采用水冷炉门及上炉壳管式水冷炉壁
- 采用管式水冷炉盖
- 采用铜钢复合导电横臂（横臂布置为外八字形）
- 采用倾动大平台结构、炉盖旋转机构采用旋转轴加滚轮结构
- 倾炉机构、液压油缸、安装接近开关、机械限位，角度倾翻仪器。
- 采用 PLC 计算机自动控制电极升降、倾炉机构、炉盖旋转等。

(2) 中频炉

熔炼车间还设置 1t 中频炉 1 套。中频炉是利用感应圈中产生高



密度的磁力线切割金属材料产生涡流，涡流产生的热量来熔炼金属。

图 3.11 中频炉装置示意图

中频感应炉熔融装置可分为机械设备和电气设备两大部分。机械

设备包括炉体、倾炉装置及水冷系统；电气设备包括中频电源、补偿电容器组及电气控制保护系统。

中频感应熔炼炉具有如下特点：

- 1) 熔化效率高，节电效果好，结构紧凑、过载能力强；
- 2) 炉子周围温度低、烟尘少、作业环境好；
- 3) 自动化程度高，可实现全自动操作，生产效率高；
- 4) 金属成分均匀；
- 5) 熔化升温快、炉温容易控制；
- 6) 氧化损耗小；
- 7) 炉壳采用铸铝合金或钢壳结构，占地面积小；
- 8) 操作维修简单，污染小。

表 3.4 中频炉参数

序号	类别	1t—拖一炉体参数
1	额定功率	600kW/800kW
2	额定频率	1000Hz
3	额定容量	0.3kg 铝/1.1t 铜
4	最大容量	0.33t 铝/1.2t 铜

(3) LF 钢包精炼炉

精炼车间设 **LF-10t** 钢包精炼炉 1 套。**LF** 钢包精炼炉在非氧化性气氛下，通过电弧加热进行钢液的脱氧、脱硫、合金化等冶金反应，以精炼钢液。为了使钢液与精炼渣充分接触，强化精炼反应，去除夹杂，促进钢液温度和合金成分的均匀化，通常从钢包底部吹氩搅拌。如下图所示，将初炼炉产生的钢水转移至钢包中再移至精炼工位，加入合成渣料，降下石墨电极插入熔渣中对钢水进行埋弧加热，补偿精炼过程中的温降，同时进行底吹氩搅拌。它可以与电炉配合，取代电炉的还原期。也可以与氧气转炉配合，生产优质合金钢。同时，**LF** 炉还是钢液成分调整、温度控制及生产节奏调节的设备，有如下优点。

- LF 炉精炼法能够通过强化热力学和动力学条件，使钢液在短时间内得到高度净化和均匀，从而达到各种冶金目的；
- LF 炉有加热功能，采用电弧加热，能够熔化大量的合金元素，钢水温度易于控制，能满足连铸工艺要求；
- 成分微调能保证产品具有合格的成分及实现最低成本控制；
- LF 炉具有气体搅拌功能、精炼功能、气氛控制及 LF 真空脱气等功能，精炼钢水的纯净度高，能减少连铸时水口堵塞，减少铸坯缺陷，满足产品质量要求。

钢包精炼炉主要特点在于：

- 1) 可根据用户冶金工艺需要设计制造所需的钢液升温速度。
- 2) 合理设计供电系统，满足钢包精炼炉大电流、低电压运行工况。
- 3) 三相不平衡系数 $\leq 4\%$ 左右。
- 4) 短网阻抗约 $2.4 \sim 2.7\text{m}\Omega$ 。
- 5) 在结构设计上，特点在于：
 - 采用体积小，结构合理的侧出线变压器，减少穿墙钢管的长度。
 - 合理布置设计短网系统，采用三角形布置。
 - 根据用户要求，对电极横臂结构不断改进，可采用导电横臂。
 - 采用边相倒八字结构导电横臂，大大减少电极分布圆直径，以降低钢包包衬耐火材料消耗，提高钢包使用寿命。
 - 采用水冷炉盖及炉盖外排烟结构，在钢包炉运行中使炉内处于微正压惰性气氛下，降低电极的氧化程度，以便使电极消耗降低。
 - 为了实现成分、温度均匀、夹杂物充分上浮，钢包精炼炉具有吹氩搅拌功能。
 - 为了实现温度控制，协调炼钢炉与模铸生产过程，钢包精炼

炉具有加热功能。

- 用计算机 PLC 系统对钢包精炼炉进行监控、测试外，还可以进行车间联网，以提高自动化管理水平。

吊车将钢水包吊到钢包车的吊包工位，此时接通氩气管路进行吹氩。然后将钢包车开至加热工位，钢包盖下降，测温加渣料，电极下降，开始通电加热（根据测温选择供电制度）。在加热的过程中采用较小的吹氩量进行搅拌，第一阶段通电时间约为 8min，基本达到热平衡，钢液温度不再下降，这时停止通电，提起电极，进行测温取样，同时进行底吹 Ar 搅拌，以使钢水成份及温度均匀。在等待快速化验结果的同时，继续进行通电加热。

然后加入合金料，增大吹氩强度，加速成份的均匀，选择二次电压和电流以最佳能量输入方式继续加热 8min，使钢水的成份和温度达到规定的目标。

表 3.5 LF 炉规格参数

序号	名称		单位	参数	备注
1 钢包	公称容量	t		10	
	平均容量	t		10	
	最大/最小容量	t		10/15	
	自由空间高度	mm	600 (暂定)	10t 钢水时	
	熔池直径	mm	Φ1830 (暂定)		
2 钢包车	承载能力	t	~100		
	行走速度	m/min	2-12		
	定位精度	mm	±10		
	驱动方式		(机械式)	变频调速	
3 电极	电极直径	mm	Φ250	HP	
	电极分布圆直径	mm	Φ500		

序号	名称		单位	参数	备注
3	升降机构	电极升降最大行程	mm	1600 (暂定)	
		电极上升速度	m/min	4	自动控制
		电极下降速度	m/min	3	自动控制
		钢水升温速度	°C/min	≥2.5	
4	水冷炉盖	升降行程	mm	400	
		提升方式			液压缸-板式链条
5	短网	阻抗	mΩ	0.65+j2.4	
		三相不平衡系数	%	≤4	
6	液压系统	额定压力	MPa	14	
		工作介质		水-乙二醇	
		电极升降调节		电液-比例阀	
7	氩气	工作压力	MPa	0.6~1.2	事故 1.6MPa
		耗量	NL/min	50~250	
8	冷却水系统	工作压力	MPa	0.5~0.6	
		进水温度	°C	≤35	
		回水温度	°C	≤55	
		冷却水耗量	m³/h	~150	
9	压缩空气系统	工作压力	MPa	≥0.4	
		耗量	NL/min	100	干燥无油
10	变压器	额定容量	kVA	2000	
		一次电压	kV	10	
		二次电压	V	130 ~ 90	无载调压, 五挡调压, 暂定
		二次额定电流	A	8882	暂定
		冷却方式			OFWF 强油油水冷却
		出线方式		铜排顶出线	
11	供电	高压供电电压		10kV±5%	50Hz

序号	名称		单位	参数	备注
	系统	低压供电电压		AC380 AC220 DC24	
		低压设备装机容量		kW	~ 200
12	除尘系统	四孔烟气量	m ³ /h	~ 10000	t=300°C
		半密闭除尘罩	m ³ /h	~ 40000	t=80°C
		加料+喂丝	m ³ /h	~ 20000	t=100°C

(4) 高锰钢生产系统

高锰钢生产系统的主要功能为将污染金属熔炼系统熔炼的金属液浇注造型，对所得铸件进行抛丸处理和热处理，以生产合格的铸造产品。

1) 设备构成

高锰钢生产系统主要设备及材料清单如下：

表 3.6 系统设备材料构成

序号	名称	单位	数量	技术要求
1	30t/h 固定混砂机	台	1	配套振动台
2	15t/h 移动混砂机	台	1	
3	200kg/h 碗式混砂机	台	1	
4	辊道机器人	套	1	可遥控完成砂箱转运
5	20t遥控双梁起重机	台	1	
6	门式自动浇注机	台	1	可自动寻找浇冒口，完成浇注
7	落砂振动台	台	1	

序号	名称	单位	数量	技术要求
8	平板车	台	1	载荷 20t
9	气动浇冒口撞击锤	套	1	
10	砂再生系统	套	1	包括旧砂转运、冷却系统、破碎机、磁选系统、离心摩擦、洗砂机、加药系统、沙库、加热干燥系统、除尘系统等。
11	32t冶金铸造起重机	台	1	
12	淬火炉	套	1	2 台淬火炉，处理能力 25t；配套 1 台热处理机器人。
13	液压整形机	套	1	1 台 1250t 平压液压机，1 台 630t 侧压液压机。
14	抛丸机	套	1	最大处理铸件尺寸 $\varnothing 3000\text{mm} \times 1000\text{mm}$
15	精整设备	套	1	包括 2 套碳弧气刨，6 套电弧焊。

(5) 烟气除尘系统

除尘系统的主要功能为对炼钢工艺过程中产生的烟气进行捕集和净化，长期可靠稳定运行，杜绝“烧布袋”、“风道积灰”、“风量衰减”等常见问题，使其既满足国家环保治理政策要求，又满足有关炼钢工艺操作需求，并保证设备长期运行为目标。

电弧炉冶炼、吹氧、出钢阶段采用密闭罩收尘方式，在电弧炉加料阶段，密闭罩移动部分打开，此时产生烟气由密闭罩和屋顶罩收集。密闭罩和屋顶罩收尘装置系统通过电动蝶阀切换，烟气经布袋除尘器、高效过滤器过滤后经引风机排入烟囱后排放。

中频炉配旋风吸尘罩，产生烟气由吸尘罩收集后经布袋除尘器、高效过滤器过滤后经引风机排入烟囱后排放。

LF 钢包精炼炉冶炼采用密闭罩收尘方式，烟气经布袋除尘器过滤后，经引风机排入烟囱后排放。

电弧炉除尘系统中设计 1 套加粉装置，加粉可以改变粉尘源特性，提高粉尘的流动性，避免熔炼过程中烟气中的油污堵塞布袋或引起管道起火，加粉装置的使用可大大提高清灰效率，延长布袋寿命。

电弧炉布袋除尘器前设有火花捕捉器。

烟气管道上装有压力测点，通过对负压信号的分析，控制引风机的频率输出，达到改变引风机的转速并维持压力稳定的目的，保证引风机的输出风量稳定在一定的范围内，节省能源。

电弧炉和 LF 钢包精炼炉除尘器系统参数见表 3.7 和表 3.8。

表 3.7 电炉除尘系统的设备参数表

序号	项目	单位	数量	备注
1	名称及型号		离线清灰长袋脉冲除尘器	
2	型号规格		AFLMC7524	
3	过滤面积	m ²	11000	
4	室数	室	13	双列
5	过滤方式		负压外滤	
6	清灰方式		离线式压缩空气清灰	
7	清灰控制		定时控制，差压监测整定	
8	卸灰方式		插板阀+星型卸灰阀+刮板机	

序号	项目	单位	数量	备注
9	过滤风速	m/min	<0.8	
10	处理风量	m ³ /hr	30×10 ⁴	
11	工作温度	°C	≤ 120	
	短时温度	°C	≤ 150	
12	阻力	Pa	700—1000	
13	系统漏风率		<2%	
14	出口粉尘浓度	mg/m ³	<10	
15	除尘效率	%	99	

表 3.8 精炼炉除尘系统的设备参数表

序号	项目	单位	数量	备注
1	名称及型号		离线清灰长袋脉冲除尘器	
2	型号规格		AFLMC1899	
3	过滤面积	m ²	2000	
4	室数	室	6	双列
5	过滤方式		负压外滤	
6	清灰方式		离线式压缩空气清灰	
7	清灰控制		定时控制，差压监测整定	

8	卸灰方式	插板阀+星型卸灰阀+刮板机		
9	过滤风速	m/min	< 0.79	
10	处理风量	m ³ /hr	9×10 ⁴	
11	工作温度	°C	≤120	
	短时温度	°C	≤150	
12	阻力	Pa	700—1000	
13	系统漏风率	< 2%		
14	出口粉尘浓度	mg/m ³	< 10	
15	除尘效率	%	99	

3.4.2.4 内部运输

本子项的内部运输主要包括人流组织和物流组织。

(1) 人流组织

熔炼车间及其它工作区域利用 01 子项的卫生出入口和电动平板车通道旁的人员通道进入。本子项的工作人员由门厅经闸门通过走廊进入控制区，其中进入控制区须先经更衣间更换工作服，由人口通道进入控制区。工作人员离开控制区，则进入检测间进行手脚沾污检测，如有放射性污染，则先擦拭去污，至检测低于限值后，方可进入淋浴间洗澡，再进入更衣间更换家庭服，通过闸机离开。

(2) 物流组织

天然核素污染金属熔炼设施内有五条运输通道。

废钢运输车在天然核素污染金属暂存库完成自动装料，通过电动平板车将装好废钢的料篮运至炼钢车间 A 点，启动炼钢车间行车上升程序，行车到某预定位置 A 停止，然后大钩勾住料篮吊具，小钩勾住料篮的拉杆部分后行车起吊，行车运行到预定位置 B（电弧炉上

面)后,下降到预定高度,然后小钩向上提;完成上料程序。电弧炉熔炼合格的钢水通过钢包车运至精炼车间进行精炼。精炼合格的钢液由铸造起重机吊运至浇注车间。

模具由模具库房(另立项建设)通过AGV送到02子项造型车间,通过厂房吊车完成造型车间的物料转运。

通过辊道和平板车实现造型车间与浇注车间的物料转运。

浇注车间通过门式起重机、32t铸造起重机、辊道机器人等实现车间内的物料转运。

浇注车间与热处理车间通过平板车实现物料转运。

热处理车间通过20t遥控起重机、热处理机器人实现车间内物料转运。

热处理车间与外部设施通过运输车、叉车等实现物料转运。

电弧炉炉渣由渣罐车运至渣处理间破碎装袋,吊车运至炉渣暂存间暂存。

取样后样品由人工送至分析实验室。

3.4.2.5 辅材的使用

由上节工艺分析可知,本项目使用的辅材包括合金、造渣剂、氧气、碳粉、醇基涂料、乙炔等。根据本项目物料平衡,合金的年消耗量为1186.5t;造渣剂的年消耗量为298.1t;碳粉的年消耗量为29.8t;醇基涂料的年消耗量为29.4t。本项目氧气使用液氧罐供应,氩气和乙炔使用气瓶供应。氧气的年消耗量为85.3t;乙炔的年消耗量为0.25t;氩气的年消耗量为6.5t。设施内根据生产计划需要暂存3~7天生产用辅材。

3.4.3 工艺辅助系统

3.4.3.1 通风

(1) 天然核素污染金属暂存库(01子项)

设有机械送排风系统，机械排风系统为全面排风和局部排风系统，其中暂存区、排风机房设置全面排风，换气次数不小于 2 次/h，排风经初、高效过滤器过滤后排至烟囱；其中大件污染金属解体作业区、多刀剪作业区、电机/电缆解体间、液压打包间设置局部排风，换气次数不小于 6 次/h，局部排风经除尘器、初、高效过滤器过滤后排至烟囱；新风由新风机送至房间内，新风机设置于送风机房内，机械送风系统风量为排风量的 70%。

（2）天然核素污染金属熔炼设施（02 子项）

熔炼车间设有机械送排风系统，机械排风系统为全面排风和局部排风系统，金属熔炼车间设置全面排风，换气次数不小于 2 次/h，全面排风经初、高效过滤器过滤后排至烟囱，炉子、炉渣处理及暂存间排风经除尘器处理后经初、高效过滤器过滤后排至烟囱；新风由新风机送至房间内，新风机设置于送风机房内，机械送风系统风量为排风量的 70%。

铸造车间采用局部通风，精整用房设置局部排风，排风口人口处安装火花捕捉器，排风经除尘器排至室外。

工艺样品暂存间、流出物及工作场所气溶胶样品暂存间、试剂存放间、仪表存放维修间等设置自然通风；制样间通风橱排风由工艺设备自带。

（3）气流组织

本项目合理组织气流，使厂房内的气流流向为：低污染区→高污染区。运行过程中控制区相对于室外环境保持负压状态，防止控制区的污染扩散到室外环境外。

（4）烟囱

本项目的烟囱采用钢结构材料，负担天然核素污染金属暂存库（01 子项）和天然核素污染金属熔炼设施（02 子项）的排风，烟囱高度 30m。

3.4.3.2 污水处理

本项目污水量（含循环水排污量）约 $105\text{m}^3/\text{d}$ ，考虑现状及未来发展，本项目新建处理能力 $250\text{ m}^3/\text{d}$ 污水处理设施（08子项）。污水处理设施设置在厂区东南角方位。建设废水处理辅助用房一座，包含控制值班室、加药及污泥脱水间、消毒间、风机间等，尺寸： $20\text{m} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$ （净高）；设备雨棚间一座，放置絮凝沉淀设备和过滤设备，尺寸： $16\text{m} \times 5\text{m} \times 4.5\text{m}$ （净高）。

污水处理设施工艺流程见图 3.12。

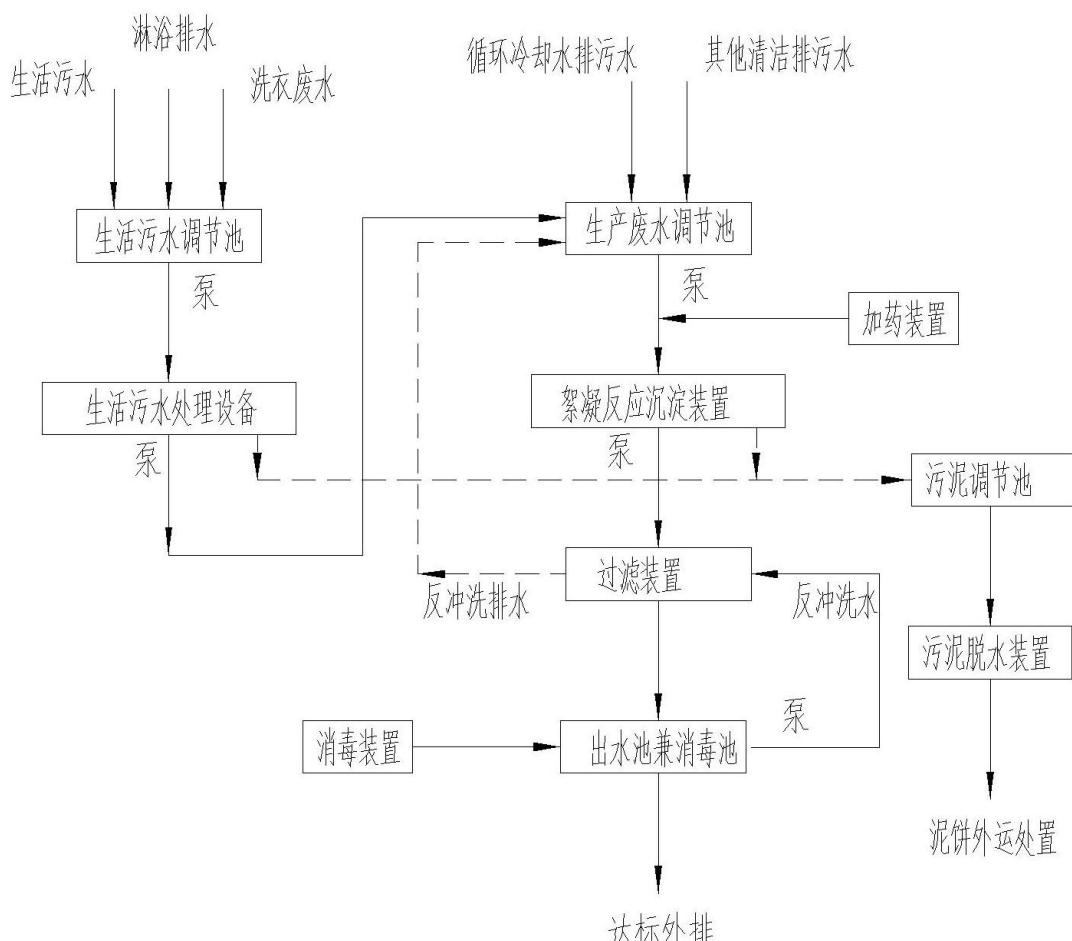


图 3.12 污水处理设施工艺流程图

分别设置生活污水和生产废水调节池，两座调节池合建在一起。总尺寸 $10\text{m} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$ （深）；其中生活污水调节池设置细格栅 1 台，栅距 1mm ；设置半地下式生活污水处理标准化设备 1 套，处理

能力 $2\text{m}^3/\text{h}$ ，采用多级生物膜接触氧化工艺。生活污水处理设备出水进入生产废水调节池，与生产废水一并进行处理，处理能力 $15\text{m}^3/\text{h}$ ，采用絮凝沉淀+过滤+消毒工艺，最终处理水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)二级标准。处理后的排水排入流经厂区的排水明渠。污水处理产生的污泥量较少，污泥经脱水后由当地市政环卫部门统一外运处置或运至当地的市政垃圾回收站处理。

3.4.4 配套设施

3.4.4.1 模具库房（03子项）

模具库房位于用地东北侧低台地区域。本子项的主要任务为存放02子项使用的木质模具。本子项总建筑面积为 991.38 m^2 ，厂房内设置立体库货架，预计总库容为 800 余个暂存工位，立体库货架计划分 2 期建设，其中本次计划建设不少于 400 个暂存工位。本子项的主要工艺设备包括：立体库货架、巷道堆垛机、输送系统、托盘、防护网及安全门、仓库管理系统。本子项无人化操作，内部由巷道堆垛机和链式输送机、液压升降平台等完成模具库。外部运输由 AGV 小车将木质模具在本子项和 02 子项之间转运。

3.4.4.2 保卫值班室（04子项）

在主入口处设置保卫值班室（利用现有建筑改造）。建筑平面 $12.2\text{m} \times 8.9\text{m}$ ，建筑面积 110.27m^2 ，建筑高度 3.9m ，层高 3.6m 。保卫值班室包括消防控制室、实保值班监控室、卫生间、人员通过检查室，其中消防控制室用于对场地所有建筑的消防控制，实保值班监控室和人员通过检查室作为实物保护的设施。工业监控电视视频信号及 01、02 子项安全技术防范和实物保护视频信号传至 02 子项主控室进行显示；所有安全技术防范和实物保护视频信号作为监控信号传至值班室进行显示和管理。

3.4.3.4 辅助材料库房（05 子项）

辅助材料库房位于用地东北侧低台地区域。本子项的主要任务为存放 02 子项铸造使用的辅助材料，如醇基涂料、润滑油、乙炔气体等。本子项设置醇基涂料间、润滑油间、乙炔气瓶间和空乙炔气瓶间。其中醇基涂料间面积约为 24m^2 ，暂存量约 2t，采用立体货架暂存；润滑油间面积约为 24m^2 ，暂存量约 1m^3 ，小桶采用立体货架暂存，大桶就地堆码；乙炔气瓶间 20.4 m^2 ，暂存量不大于 20 瓶；空乙炔气瓶间 9.6 m^2 ，暂存量不大于 10 瓶。

3.4.3.5 消防泵站（06 子项）

消防泵站位于用地东北侧低台地区域。建筑平面尺寸 $14.6\text{m} \times 7.4\text{m}$ ，建筑面积 110.25 m^2 ，建筑高度 5.55m ，层高 5.4m 。本项目采用仅稳压设备稳压的消防系统。内设室内外合用消火栓泵 2 台 ($Q=60\text{L/s}$, $H=50\text{m}$, $N=55\text{kW}$)，1 用 1 备，采用卧式单吸离心泵；消防系统平时压力由设置在消防泵站内的消防稳压设备提供，稳压设备参数 $Q=2\text{L/s}$, $H=21\text{m}$, $N=1.1\text{kW}$ 。消火栓泵由稳压设备出水管上的流量开关或消火栓泵出水总管上的电接点压力表自动启泵，消防控制中心能遥控水泵的启停，泵房现场手动启停。

3.4.3.6 10kV 开闭所

10kV 开闭所为单层配套设施用房，建筑平面尺寸 $40.8\text{m} \times 8.9\text{m}$ ，建筑面积 367.29m^2 ，建筑高度 6.0m ，层高 5.7m 。建筑内有高压开关柜， $10/0.4\text{kV}$ 变压器，低压开关柜等设备。

10kV 开闭所采用双电源供电，10kV 母线采用单母分段主接线，分四段。I 段(7000kVA)、III 段(8500kVA)由东阳渡变电站不同间隔供电，II 段(8500kVA)、IV 段(7500kVA)由距离湖南宏华厂区约 4km 外变电站不同间隔供电。I 段、III 段母线设置母联开关，II 段、IV 设置母联开关。10kV 精炼炉接于 I 段，电弧炉接于 II 段，两路进

线电源同时运行，互为备用。

3.5 运行期主要污染物的产生及处理

3.5.1 废气的产生和处理

放射性废气主要来源于金属熔炼及分拣切割过程中产生的放射性气体。渣处理间、中频炉和电弧炉产生的烟气分别经布袋除尘器和初高效过滤器过滤后，通过引风机引入 30m 烟囱排放。分拣切割产生的气溶胶经初高效过滤器过滤后，通过引风机引入 30m 烟囱排放。

(1) 气溶胶

➤ 分拣、切割工序

01 子项全面排风量约 $57000\text{m}^3/\text{h}$ (暂存区等)，工作时 24h/d 运行；01 子项局部排风量约 $10000\text{m}^3/\text{h}$ (解体作业区等)，工作时 6h/d 运行，每年工作 200 天。由于缺乏实际运行数据，在本项目的源项估算时，参考《AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES》(DOE-HDBK-3010-94)，根据决定释放源项的限制因素，如操作量、被操作物质的物理形态及物料所在操作形态等，采用最大操作量再乘上相应系数，给出潜在释放。对于粉末，释放因子为 1.0×10^{-3} ；对于非挥发性的液体和固体，释放因子为 1.0×10^{-6} 。本项目年操作废旧金属量约为 5000 t/a，初高效过滤器过滤效率不低于 99.9%，这里保守按 99% 计，则分拣、切割工序根据物料的状态，乘以适当的释放因子（倍乘系数），得出了 01 子项天然核素环境释放量为 $4.0 \times 10^2 \text{Bq/a}$ 。

➤ 熔炼工序

02 子项全面排风量（熔炼车间）约 $18000\text{m}^3/\text{h}$ ；局部排风量（渣处理间+中频炉）约 $12600\text{m}^3/\text{h}$ ，其中渣处理间 $8600\text{m}^3/\text{h}$ ，工作时 24h/d 运行，每年工作 200 天，中频炉 $4000\text{m}^3/\text{h}$ ，工作时 6h/d 运行，每年工作 200 天。电弧炉局部排风烟气量为 100000

m^3/h , 年熔炼 4500t 废钢约耗时 1125h。布袋除尘器过滤效率不低于 99%，这里保守按 98% 计，初高效过滤器过滤效率按 99% 计，则依据图 3.9 天然核素废金属熔炼核素平衡，得到 02 子项天然核素随颗粒物环境释放量为 $2.87 \times 10^6 \text{Bq/a}$ 。本项目金属熔炼时气溶胶源项估算时，参考《AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES》(DOE-HDBK-3010-94)，按粉末状污染考虑，释放因子取 1.0×10^{-4} ，这里保守取 1.0×10^{-3} ，得出了 02 子项天然核素气溶胶环境释放量为 $4.00 \times 10^5 \text{Bq/a}$ 。02 子项天然核素环境释放量合计为 $3.27 \times 10^6 \text{Bq/a}$ 。

综上，本项目运行过程天然核素环境释放量合计为 $3.27 \times 10^6 \text{Bq/a}$ 。

(2) 非放气态污染物

本项目在切割、熔炼环节产生少量的颗粒物和氮氧化物。依据图 3.9 天然核素废金属熔炼物料平衡，本项目运行过程颗粒物环境释放量为 44.7kg/a ，排放浓度为 $8.43 \times 10^{-2} \text{mg/m}^3$ 。根据《污染源强核算技术指南 钢铁工业》(HJ885-2018) 表 A.1 钢铁工业废气污染源源强核算方法选取一览表，新(改、扩)建工程污染源，氮氧化物源强核算采用类比法。湖南宏华黑色金属熔炼、有色金属熔炼、核电废金属熔炼风管气体中的氮氧化物浓度 2024 年监测结果最高仅为 37mg/m^3 ，因此本项目运行过程氮氧化物产生量不会超过《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) 规定的限值 240mg/m^3 。按本项目电弧炉烟气量为 $100000 \text{ m}^3/\text{h}$ 计，排放速率最高为 3.7 kg/h ，不会超过速率限值 4.4 kg/h 。

3.5.2 废水的产生和处理

本项目熔炼工艺采用干法操作，不产生放射性废水。事故工况下，本项目可能造成工作场所表面污染，采用擦拭去污的方式进行处理，

不产生放射性废水的排放。

本项目正常工况下产生的生活废水包括卫生间污水、淋浴废水和洗衣废水。室外生活污废水排水采用污废合流制，室内污废水经厂区污水管网收集后，排入化粪池预处理，化粪池停留时间不少于 12h，处理后的污水最终排入污水处理设施生活污水调节池内，最终处理达标后排放。设置洗衣水沉淀池，洗衣废水经沉淀处理后排入厂区污水管网。

本项目外排生产废水为循环冷却水排污水。本项目设备循环冷却水正常运行过程中不排放，且需要定期补水，循环冷却水与熔炼炉通过冷却水管道和炉体完全隔绝，且循环冷却水运行过程中保持一定的压力，冷却水不会被放射性污染。该部分生产废水单独收集和排放，通过厂区生产废水管进入污水处理设施生产废水调节池，处理达标后排放。循环水使用时会投加缓蚀剂和杀菌剂，因此排污水中污染物主要为盐分。铸造车间旧砂湿法再生系统中的洗砂废水单独收集，全部经专用废水处理设施处理后 100%回用，不外排。

本项目涉及的放射性核素为天然核素，其放射性较低，参照铀矿冶运行经验，设施生产过程中工作人员洗消产生的废液可作为生活污水处理后排放。

分析实验室制样操作会产生少量废水样品，其活度浓度不高于 4Bq/g，单次样品活度最大为 40Bq。根据 GB18871，U-238 的豁免值活度浓度为 10Bq/g，活度为 10^4 Bq。因此，本项目分析实验室产生的少量废水可予以豁免，经检测合格后排放。分析实验室废水年产生量约 1300L，日最大产生量约 30L。

本项目污水量计算时按照最大日用水量进行的计算，实际用水量会有一定的变化。循环冷却水的排污水产生量约 $84\text{ m}^3/\text{d}$ 。外排生活污水包括卫生间污水、淋浴废水、洗衣废水，产生量约 $21\text{m}^3/\text{d}$ 。本项目每年工作 200 天，不生产时没有生产废水和生活污水产生。

因此，本项目废水年产生量约为 21000m^3 。

3.5.3 固体废物的产生和处理

本项目产生的固体废物主要包括口罩、工作服、抹布、废纸等可燃废物、金属废物、过滤器芯、熔炼渣、炉衬、切割粉尘等。

3.5.3.1 放射性固体废物

(1) 可压缩可燃软质废物

可压缩可燃废物主要是运行与检修产生的手套、口罩、工作服、工作鞋、棉纱、塑料制品、橡胶制品、拖布等。在正常运行阶段，年产生量为 6100kg/a ， 200L 桶预估废物存放量 100kg/桶 ，则每年废物产生量为 61 桶。

(2) 金属废物

金属废物主要是维修更换下来的废设备、零部件、工器具、阀门、管道等金属材料。在正常运行阶段年产生量为 3000kg/a ， 200L 桶预估废物存放量 300kg/桶 ，则每年废物暂存量为 10 桶。本项目产生的金属废物均应符合本项目废金属接收条件，作为生产原料在 01 子项进行回收。

(3) 废过滤器芯

废过滤器芯来自厂房排风和工艺排气系统净化装置的废过滤器芯和吸附材料，年产生量约为 100 个，用塑料袋包装后暂存，占地面积不超过 20 个桶的占地面积。

(4) 杂项废物

杂项废物主要是炉渣、炉衬、熔炼粉尘、切割粉尘和洗衣废水沉淀池底泥等。在正常运行阶段，年产生炉渣量为 225000kg ，其中电弧炉年产生炉渣量为 210000kg ；中频炉每年产生炉渣约为 15000kg 。电弧炉年产生灰约 157500kg ；其余废物约 100000kg ；中频炉产生的其余废物约 15000kg 。炉渣装入集装袋，每袋可装 3t ，

则共计每年产生 75 个集装袋；其余废物装入 200L 桶暂存，其中粉尘每桶预计可装 300kg，杂项废物预估每桶可装 150kg。洗衣废水沉淀池底泥约 1m³/a，装入 200L 桶暂存。每年废物产生量约为 1236 桶。

本项目产生的放射性固体废物在 01 子项内分区暂存，并根据产生情况定期外运。放射性不可燃固体废物送中核二七二铀业有限责任公司尾矿库处置，待该尾矿库退役后拟送至永州市湖南稀土集团低放伴生矿物料综合处置场填埋；其他废物交由中核清原环境技术工程有限责任公司代为处置。建设单位与中核清原签订了《放射性废物外运贮存/处置服务合同》，由清原公司对建设单位产生的非金属放射性废物进行整备、包装、运输、处置工作。

本项目放射性固体废物年产生量及去向统计见表 3.9。

表 3.9 本项目放射性固体废物年产生量及去向

废物种类		年产生量 (kg/a)	比活度 (Bq/g)	类别	处理方式
可燃废物	劳保用品	6100	< 100	放射性废物	在产生岗位分类收集，装塑料袋或废物桶暂存，暂存一定量后交由中核清原代为处置。
熔炼渣、炉衬等		225000	< 100	放射性废物	在产生岗位分类收集，装废物桶暂存，经核素分析检测、整备后，送送二七二尾矿库处置，待该尾矿库退役后送低放伴生矿物料综合处置场填埋处置。
其他杂项废物		273500	< 100	放射性废物	除掉边框及支架后，滤芯重约 3kg，容尘量约 100g；在产生岗位装塑料袋包装后暂存，暂存一定量后交由中核清原代为处置。
废过滤器芯		100 个	< 100	放射性废物	

3.5.3.2 非放射性固体废物

本项目使用的罐装氧气、氩气、乙炔气体空瓶，由供气单位统一回收再利用。本项目铸造采取单件小批量生产形式，采购成品醇基耐火涂料。醇基涂料采用塑料桶包装，空桶暂存于厂内现有危废库，由

涂料厂家定期回收利用。

本项目工作人员总数为 84 人，每人每年产生废纸等非放办公垃圾物约 0.1t，共计约 8.4t，由市政环卫部门统一清运处理。

3.5.4 废物最小化

放射性废物管理要求实施对所有废气、废液和固体废物的整体控制方案的优化和对废物从产生到处置与排放的全过程的优化，力求获得最佳的经济、环境和社会效益，并有利于可持续发展。废物少量化管理实质上是一种比较全面的管理目标，同时考虑了废物管理的安全目标和经济目标。

湖南核工业宏华机械有限公司从管理上实现废物的少量化。

(1) 制定了废物少量化的目标管理体制，对气载流出物设有净化措施，废水经处理后达标排放，固体废物按照不同的污染水平进行分类处理。

(2) 通过制定废物管理制度，加强对工作人员的培训，坚持废物分类收集，在生产活动中采取必要措施，尽量减少废物的产生量。

(3) 加强环境监测和流出物监测，及时发现废物管理中存在的问题，并进行经验反馈。

结合以上的管理措施，公司通过完善设计方案来实现废物少量化。工艺采用干法操作，对污染废水进行单独处理。此外进行工作场所分区管理，设置适当的密封屏障，提供可靠的密封功能和足够的包容能力，加强废气的净化处理，减少放射性物质的扩散。

3.6 辐射安全管理

3.6.1 辐射安全管理机构与制度

湖南核工业宏华机械有限公司设立辐射安全与环境保护管理领导小组，下设辐射安全与环境保护管理办公室，负责全公司核与辐射安全管理工作。公司成立了放射性金属熔炼处理中心，并制定了相关

的辐射安全管理制度。

（1）辐射管理机构设置与人员配备情况

湖南核工业宏华机械有限公司成立了放射性金属熔炼处理中心，是公司放射性金属熔炼项目的专门管理部门，具体负责放射性金属熔炼循环再利用过程中放射性金属的接收、贮存、处置、三废管理等工作。包括中心经理 1 人、副经理 1 人、辐射防护专员 1 人，以及辐射工作人员共计 24 人。

（2）辐射安全管理制度

湖南核工业宏华机械有限公司制定的规章制度主要包括《辐射防护大纲》《放射性废物管理设施报告管理办法》《流出物与环境监测大纲》《个人剂量管理办法》《职业健康管理办法》《放射性物品运输管理办法》《个人剂量监测管理办法》《熔炼处理中心职业安全与卫生管理细则》《放射性物品安全管理细则》《辐射监测仪器管理细则》、《放射性污染金属防污染扩散管理细则》《低放污染金属接收管理细则》《放射性固体废物贮存管理细则》《放射性工作人员营养保健费管理实施细则》等制度，以实施对放射性金属熔炼循环再利用项目的辐射安全管理。

本项目在公司辐射安全与环境保护管理领导小组领导下，通过辐射安全管理办公室的日常监管，通过辐射安全管理制度的有效约束，纳入到全公司的辐射安全管理体系中。

3.6.2 辐射安全设计

（1）厂房分区布置

本项目工作场所按控制区、监督区两区布置，其中将涉及放射性操作的外来污染金属散件堆料区、男女卫生间、排风机房、熔炼车间、炉渣处理及暂存间等设为控制区。除控制区外的其它所有区域设为监督区。

（2）气流组织

对于放射性工作场所及设备房间应有足够的换气量和换气次数，以保障工作人员工作的环境条件，所有通风气流均流向排风机房。

根据不同区域的放射性污染扩散风险，设置不同的气压水平，在外来污染金属散件堆料区、熔炼车间、炉渣处理及暂存间设置负压，其余区域为常压，以使空气从净风区域流向污染区域，从低污染区流向高污染区，必要时使用逆止阀以防止倒流。

合理的布置进风、排风口，必要时加上局部通风设施，以保证无论污染源发生在何处，都有足够的风量把污染物带走，避免死角。

对排往环境的气体应有过滤等净化措施，并对排放的流出物进行监测。

(3) 人流组织

本项目设人员卫生通道，用于管理和控制进出厂房控制区的人员，工作人员进出厂房控制区必须经过人员卫生通道。人员进入控制区时，首先在卫生通道的值班室领取电子个人剂量计（EPD）和热释光个人剂量计并脱下常服，将 EPD 剂量计放进入口处读出器进行激活后再进入热更衣间穿戴工作服等个人防护用品，方可进入控制区；由控制区返回监督区时进行体表污染检测，若无污染则将 EPD 剂量计放进出口处读出器进行数据读出上传单次工作剂量数据后，进入冷更衣间穿戴常服后归还电子个人剂量计（EPD）和热释光个人剂量计，存在污染时需要进行去污后才能退出控制区。热释光个人剂量计每三个月统一送往外委单位进行退火读出累积工作剂量数据。

进入控制区的工作人员严格按照从低辐射区到高辐射区的路线实现进入，并严格遵守湖南宏华相关管理制度。

正常工作模式下 01 子项人流方向如下：

门厅→过道→更衣→淋浴→检测→堆料区（及其它工作区域）；
返回时则由工作区域→检测→淋浴→更衣→过道→门厅。

02 子项人流方向为：

门厅→文化展厅→铸造车间（及其它工作区域），或可由门厅直接进入各实验室区域；熔炼车间及其它工作区域利用 01 子项的卫生出入口和电动平板车通道旁的人员通道进入。

（4）物流组织

本项目设专门的物流通道，与人流通道分开，用于管理和控制进出厂房控制区的货物。为了防止放射性交叉污染，物流通道设置在需要经常运输或转移物件的过渡区域。

01 子项有三个生产出入口，均是可直通外界的物流通道。01 子项中的来料通过电动平板车通道直达 02 子项的熔炼车间，炉渣处理及暂存间与外界直接连通的转运通道是通过汽车门斗完成，加工好的物料成品也可通过铸造车间的三个物流出入口直接运输。

3.6.3 辐射安全监测

本项目辐射安全监测包括工艺辐射监测、工作场所监测、控制区出入监测、流出物监测、个人剂量监测和环境监测。其中，流出物监测与环境监测详见第七章。

3.6.3.1 工艺辐射监测

工艺辐射监测是对本项目的工艺流程需求进行辐射监测，为放射性污染金属熔炼去污工艺提供各项参考数据，包括污染金属接收监测、工艺排气监测、熔炼工艺监测、产品监测。

3.6.3.1.1 污染金属接收监测

（1）概述

本项目去污工艺线将接收大量放射性污染金属废物，污染金属接收监测的目的在于让工作人员了解接收的污染金属的放射性水平，以确保接收的污染金属符合接收限值的要求，同时筛查出不满足接收限值要求的污染金属不予接收，从而防止不符合放射性污染金属循环再利用标准的污染金属进入工艺线。

(2) 系统组成

在天然核素污染金属暂存库设置 1 台便携式表面污染监测仪对污染金属 α 和 β 表面污染水平进行监测。工作人员在暂存库转存大厅的指定区域进行污染金属接收监测，对于每一批次的污染金属根据其来源类型（如管道、阀门、泵、板件、桶件等）进行抽样监测，在每个类型的污染金属中随机抽取样本进行监测。进行监测前，使用便携式表面污染监测仪测定场所的本底计数率，设置本底自动扣除；进行监测时，将抽取的样本污染金属开盖取出，由工作人员手持表面污染监测仪尽量选取其平整表面处进行测量，在探测器灵敏窗和污染金属表面避免接触的情况下，将探测器在表面上方缓慢移动，一旦探测到污染区，应将探测器在三倍响应时间内在该区域上方保持固定以便获得准确的测量结果。若无法选取平整表面测量，则配合擦拭取样进行间接测量。当测得的 α 和 β 表面污染水平超过预定值时能发出警报讯号，发出警报的污染金属不予接收，未发出警报的污染金属放入指定存放点进行暂存。

(3) 系统功能

- 1) 实现接收污染金属的表面污染水平的监测；
- 2) 用于判断来厂的污染金属是否接收。

(4) 设备布置

表面污染监测设备为便携式设备，设备在不使用时存放在值班室。

3.6.3.1.2 工艺排气监测

(1) 概述

工艺排气监测的目的在于连续监测各厂房工艺排气气溶胶数据，判断净化效果，同时当出现烟囱流出物监测异常时可及时判断异常源项来源，供有关人员分析、查找和判断可能的故障，确保工艺系统运行安全。因此需设置 2 套气溶胶连续监测系统。

(2) 系统组成

气溶胶连续监测系统由气溶胶连续监测仪和相应的取样管道组成。在天然核素污染金属熔炼设施工艺排气管道和天然核素污染金属暂存库工艺排气管道上设置气溶胶取样点和相应取样管道，工艺排气管道中的气体通过取样管道连接到气溶胶连续监测仪，在设备内置泵作用下气体通过气溶胶连续监测仪实现连续监测，监测后的空气再通过排放管道连接回到工艺排气系统。气溶胶连续监测仪将探测到的 α 、 β 射线转换为电流信号传输给就地处理单元进行处理以实现显示和报警灯铃驱动功能。就地处理单元与控制柜通信，控制柜通过交换机将数据传输至天然核素污染金属熔炼设施（02子项）控制室。

（3）系统功能

- 1) 实现各厂房工艺排气的放射性气溶胶连续监测；
- 2) 用于辅助判断异常流出物源项来源位置。

（4）设备布置

气溶胶连续监测仪布置在烟囱与排风管连接处附近。

3.6.3.1.3 熔炼工艺监测

（1）概述

本项目熔炼流程通过设置电弧炉和精炼炉的工艺设备路线，实现天然核素污染金属的熔炼去污，熔炼工艺流程在天然核素污染金属熔炼设施进行。熔炼工艺监测的目的在于监测熔炼过程后污染金属的去污情况以及炉渣放射性活度监测，对熔炼工艺的去污效果和废物产生情况进行评估。

（2）系统组成

1) 熔炼工艺去污效果监测

污染金属在经过电弧炉、精炼炉熔炼去污后，得到的钢液中放射性水平显著下降，达到国家标准规定的可解控水平。为了评估每炉污染金属熔炼去污后的成品是否达到国家解控标准，对每炉钢液的金属样品试样进行表面污染水平和放射性比活度监测。对于金属样品试样

的表面污染水平监测,配置 1 台便携式表面污染监测仪进行现场测量;对于固体样品的放射性比活度监测,将样品送至分析实验室进行测量。

2) 熔炼工艺炉渣废物监测

对于天然放射性核素污染金属,在熔炼去污后,绝大多数放射性核素浓集在炉渣中。为了评估每炉污染金属熔炼后的炉渣废物的分类,对冶炼过程中送来的炉渣样品进行放射性比活度监测。对于炉渣样品的放射性比活度监测,将样品送至分析实验室进行测量。

(3) 系统功能

1) 实现熔炼固体样品的表面污染水平和放射性比活度监测,判断熔炼工艺系统放射性去污效果;

2) 实现熔炼炉渣样品的放射性比活度监测,判断炉渣废物的分类。

(4) 设备布置

便携式表面污染监测仪在不使用时存放在值班室。

3.6.3.1.4 产品监测

(1) 概述

产品监测的目的在于对生产的高锰钢铸件成品进行表面污染监测,以评估产品生产过程中对产品是否存在表面污染,以保证产品的质量。

(2) 系统组成

配置 1 台便携式表面污染仪对产品表面进行表面污染水平监测。

(3) 系统功能

实现高锰钢铸件成品的表面污染监测。

(4) 设备布置

便携式表面污染监测仪在不使用时存放在值班室。

3.6.3.2 工作场所监测

工作场所辐射监测的主要目的在于通过对工作场所的辐射水平、

放射性污染水平和空气中放射性气溶胶活度浓度实施监测，以确保工作人员处于符合防护要求的工作环境。工作场所监测主要包含区域 γ 辐射监测、区域空气放射性监测、工作场所表面污染监测等。

3.6.3.2.1 区域 γ 辐射监测

(1) 概述

区域 γ 辐射监测的目的在于让工作人员及时了解工作场所的空间 γ 辐射水平及其变化情况，以确保工作人员处于符合防护要求的环境，同时还能及时发现偏离上述要求的情况，以利于及时纠正或采取补助的防护措施，从而防止或及时发现超剂量照射事件的发生。

设置 1 套区域 γ 监测系统，以实现对厂房内放射性工作区域 γ 辐射水平的实时监测。当 γ 辐射水平超过预定值时能发出警报讯号，以保障工作人员免受过量照射。

(2) 系统组成

系统由 γ 探测器、就地处理单元、电源处理箱、串口服务器、交换机、辐射监测计算机（包括软件）以及连接它们的 RS485 总线组成。探测器将探测到的空间 γ 辐射值转换为数字信息传输给就地处理单元进行处理，实现数据显示以及报警灯铃驱动。通过数据总线就地处理单元将监测数据传输给辐射监测计算机，实现监测数据同步显示、集中管理。区域 γ 辐射监测流程示意，见图 3.13。

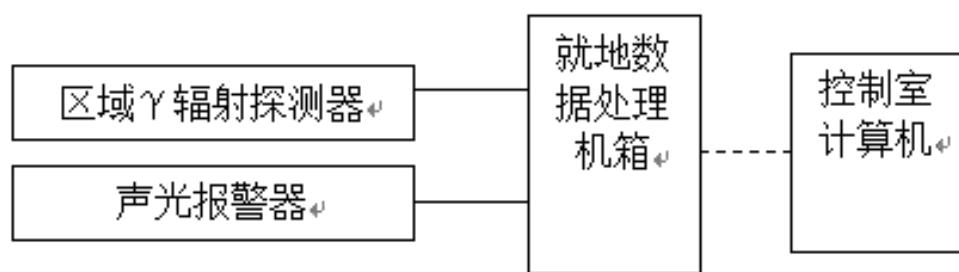


图 3.13 区域 γ 辐射监测流程示意图

对于临时工作或不在固定式监测系统覆盖范围内的区域，利用便携式 γ 测量仪进行监测。

(3) 系统功能

- 1) 实时监测工作场所 γ 辐射水平；
- 2) 就地处理单元同步显示实时监测数据；
- 3) 当监测数据超过设定的报警阈值时，系统自动发出报警；现场报警灯铃发出声光报警，监测计算机发出报警声音以及闪烁提示；
- 4) 就地处理单元及控制室内监测计算机上均可设置系统运行参数；
- 5) 系统可进行监测数据存储、查询、报表生成、打印等。

(4) 设备布置

区域 γ 辐射监测设备布置在以下位置：

- 1) 在区域内具有代表性的位置；
- 2) 工作人员工作或停留时间较长的位置；
- 3) 在工作人员进入之前就要求知道辐射水平大小的场所；
- 4) 辐射水平有可能增加到要求工作人员撤离的场所；
- 5) 出入通道及事故情况下必须进入的场所。

根据以上布置原则，结合厂房及工艺系统布置情况，区域 γ 监测点共设置 9 个，主要布置在表 3.10 所示区域。

表 3.10 区域 γ 监测点布置表

序号	位置	数量	测量范围
1	暂存库 生产出入口一内侧	1	0.1 μ Sv/h ~ 10mSv/h
2	暂存库 生产出入口二内侧	1	0.1 μ Sv/h ~ 10mSv/h
3	暂存库 生产出入口三内侧	1	0.1 μ Sv/h ~ 10mSv/h
4	暂存库 人员卫生出入口	1	0.1 μ Sv/h ~ 10mSv/h
5	熔炼车间	1	0.1 μ Sv/h ~ 10mSv/h

序号	位置	数量	测量范围
	电动平板车通道入口		
6	熔炼车间 炉渣出口	1	0.1 μ Sv/h ~ 10mSv/h
7	炉渣处理及暂存间 叉车出口	1	0.1 μ Sv/h ~ 10mSv/h
8	熔炼车间 过渡间出口	1	0.1 μ Sv/h ~ 10mSv/h
9	熔炼车间 过渡间外侧	1	0.1 μ Sv/h ~ 10mSv/h
合计		9	0.1 μ Sv/h ~ 10mSv/h

3.6.3.2.2 区域空气放射性监测

(1) 概述

空气放射性监测的目的在于定期对工作场所空气污染水平进行监测，以便制定或评价人员防护措施，评估人员受照剂量。区域空气放射性监测系统包含便携式空气取样仪设备和分布式气溶胶取样仪设备。

(2) 系统组成

区域空气放射性监测系统由 2 台便携式空气取样仪和 7 台分布式气溶胶取样仪组成。

分布式气溶胶取样仪安装在工作现场。取样时，工作人员在取样仪上安装滤纸，然后设置好取样参数并启动取样仪开始取样，取样完成后取样仪自动关闭。取回滤纸后，样品送分析实验室进行总 α 、总 β 测量。

便携式空气取样仪为便携式设备，具备气溶胶采集功能，在取样时由工作人员带至现场，安装好滤纸后，设定好取样流量与时间后打开设备泵进行抽气取样。取样后样品送分析实验室进行总 α 、总 β 测量。

(3) 系统功能

实现工作场所气溶胶取样。取样仪的取样流量范围内可调，具备实时显示瞬时流量及累积流量的功能；在取样仪上显示取样数据，通过气溶胶取样仪可实现定时、定流量取样设置，达到设定值后自动关机。

(4) 设备布置

固定空气取样点的布置原则如下：

- 1) 考虑空气流通情况，取样点应有代表性；
- 2) 工作人员有可能停留时间较长的位置；
- 3) 有潜在空气放射性的区域；
- 4) 有潜在放射性泄漏的区域；
- 5) 取样口的高度一般位于人的头部高度。

根据以上原则，结合厂房布置情况，共设置 7 台分布式气溶胶取样仪，主要布置在表 3.11 所示位置。

表 3.11 气溶胶取样仪布置表

序号	房间名称	数量
1	暂存库 外来污染金属散件堆料区	1
2	熔炼车间 炉前控制室	1
3	过渡间	1
4	炉渣处理及暂存间	1
5	精炼车间	1
6	排风机房 1#	1

7	排风机房 2#	1
	合计	7

便携式空气取样仪在不使用时存放在值班室。

3.6.3.2.3 工作场所表面污染监测

(1) 概述

工作场所表面污染监测的目的在于及时发现污染状况,以便采取去污或其他防护措施。表面污染监测对象为工作场所的工作台面、地面、设备表面、墙壁等。

(2) 系统组成

表面污染监测采用便携式表面污染监测仪进行现场测量,或者对关心的区域进行擦拭取样,样品转移到厂房外放射性本底较低区域进行测量。

配置 2 台便携式表面污染仪来完成表面污染监测。

(3) 系统功能

实现工作场所表面污染监测。

(4) 设备布置

表面污染监测设备为便携式设备,设备在不使用时存放在值班室。

3.6.3.3 控制区出入监测

(1) 概述

在暂存库设置控制区出入口,对出入控制区的人员和物品进行管控,对退出控制区的人员和物品进行监测,以保证退出控制区的人员及物品无污染。

(2) 系统组成

1) 人员体表污染监测

在控制区出口处设置 1 套手脚沾污仪,用于退出控制区的工作人员的体表污染监测。所有人员在离开控制区时均应进行体表污染检

测，测量结果不满足要求的工作人员需进行清洗或联系辐射防护人员进行针对性去污，直至测量结果满足要求。

2) 小件物品放射性监测

在控制区出口处配置 1 台小件物品污染监测仪对离开控制区的小件物品、工具进行测量。仅允许测量结果满足要求的物项带出控制区，测量结果不满足要求的物项需要进行去污，直至满足要求。

(3) 系统功能

实现对进出控制区的人员、小件物品的表面放射性污染监测。监测设备当检测出显著高于本底辐射水平的辐射时可发出报警，其报警阈值设置为 3 倍本底标准偏差。由于本底水平可能随工况的不同而产生变化，此类设备的报警阈值为浮动变化设置，由监测设备根据本底辐射水平自动进行设置。

(4) 设备布置

人员体表污染监测设备和小件物品放射性监测设备布置在控制区出口处。

3.6.3.4 流出物监测

(1) 概述

为校验放射性流出物是否符合相关标准，探测和鉴别非计划的意外排放并为环境评价提供源项数据，需要对放射性流出物进行监测。

(2) 系统组成

根据天然核素污染金属源项分析，本项目气载流出物监测项目为气溶胶。设置 1 套气载流出物监测系统，进行烟囱气溶胶的连续监测和取样监测。

气载流出物监测系统包括气溶胶连续监测仪及取样管道组成，系统放置在分析实验室一次仪表间（一次仪表间内设置三个房间，包括泵房、监测设备房间和存放间）。气载流出物经过滤净化后由烟囱向环境释放，在烟囱一定高度设置一个气载流出物取样口，通过气载流

出物抽气系统抽取气体，使气体通过一次仪表间内的气溶胶连续监测仪，实现对流出物的连续监测。同时，在烟囱气载流出物排放期间，对气溶胶进行连续累积取样。气溶胶样品送分析实验室进行分析。

（3）系统功能

实现对气载流出物的连续和取样监测。其中，连续监测数据就地显示，同时传输至天然核素污染金属熔炼设施（02子项）控制室。

3.6.3.5 环境监测

为及时掌握工程运行过程中对环境带来的影响，在工程运行期间，应在厂址附近设置常规环境监测点，并委托有资质单位进行取样监测。环境监测介质包括大气、土壤、沉降灰、生物样、水样、环境 γ 辐射等。

3.6.3.6 个人监测

（1）概述

根据 GB 18871 的规定，注册者、许可证持有者和用人单位应负责安排工作人员的职业照射监测和评价，对职业照射的评价主要以个人剂量监测为基础。个人剂量监测内容包括外照射个人监测和内照射个人监测，其中内照射个人监测和外照射热释光个人剂量监测通过外委方式进行，外照射电子个人监测能力通过本项目建立。

（2）系统组成

在值班室放置 60 台电子个人剂量计，用于对进出控制区的工作人员单次活动外照射受照剂量进行监测。在卫生通道处设置 1 台 EPD 读出器和 1 台三角闸门，用于实现电子个人剂量计的激活、数据读出及上传剂量数据至个人剂量管理计算机（包含软件）。同时，EPD 读出器与三角闸门连锁控制，只有在电子个人剂量计通过读出器激活或读出后，三角闸门才能开启令工作人员进出。

（3）系统功能

实现工作人员外照射个人剂量监测与自动化数据管理。

(4) 设备布置

个人剂量监测设备布置在各厂房卫生通道。

3.6.4 事故应急

为了预防和控制潜在的事故，或紧急情况发生时，及时有效做出应急准备和响应，最大限度地减轻可能产生的事故后果，保障员工的健康与安全，湖南核工业宏华机械有限公司制定了天然核素污染金属熔炼生产线项目事故应急救援的管理制度。

(1) 应急组织机构及职责

湖南核工业宏华机械有限公司事故应急组织机构见下图 3.14。辐射事故应急救援领导小组下设应急管理办公室，办公室设在安全环保部。应急救援小组包括指挥部、通讯联络队、抢险抢修队、环境应急队、后勤保障队、医疗救护队等。领导小组由总经理任组长，主管副总经理任副组长，成员包括其他副总经理、安全环保部主任、放废金属熔炼营运中心主任、生产和供应部主任、综合管理办负责人、技术开发部主任、铸造分厂厂长、市第四人民医院院长等人员组成。

➤ 应急救援领导小组

应急救援领导小组（应急指挥部）负责制定、修改事故应急救援预案；组建应急救援队伍、组织实施、训练和演习，并检查各项工作实施情况；发布和解除在应急救援行动中的命令；负责向上级报告和向友邻单位通报情况；负责组织调查事故发生原因，处理事故及总结经验教训应急办公室

➤ 应急救援办公室

应急救援办公室主要职责包括：传达公司应急指挥部命令并监督落实；负责相关突发事件的协调管理工作，负责整合各相关部门的资源与力量；根据公司实际情况与地方应急机构建立共同应急救援网络和签订应急救援协议，负责通知并联络应急救援各专业组组长及相关成员，综合协调各组救援工作；负责记录、保存应急状态下各阶段的

有关资料和刻录；起草对外通报的应急信息；经应急总指挥批准，按规定及时向国家、地方有关部门和上级主管部门报告事故情况及拟采取的应急防护措施；事故状态终止后，负责组织向上级主管部门提交详细的总结报告；负责应急状态下应急指挥部的事务管理；负责公司日常归口管理和协调工作，定期组织预案演练，根据预案实施过程中存在的问题及有关情况，及时对预案进行调整、修订、补充和完善。

➤ 通讯联络队

协助事故应急领导小组组长做好事故报警、情况通报及事故处置工作，协助事故应急领导小组组长负责事故抢险、抢修工作的现场指挥、必要时，代表事故应急领导小组对外发布有关信息。

➤ 环境应急队

环境应急队由安全环保部和护厂队组成。负责环境污染突发事故的处置。

➤ 抢险抢修队

抢险抢修队负责灭火、警戒、治安保卫、疏散、通道管理工作和事故现场及有毒有害物质扩散区域的洗消工作。

➤ 后勤保障队

后勤保障队负责抢险及受伤、中毒人员的生活必需品供应；负责抢险救援物资的供应。

➤ 医疗救护队

医疗救护队负责现场医疗救护指挥，受伤人员的分类抢救和护送转院。

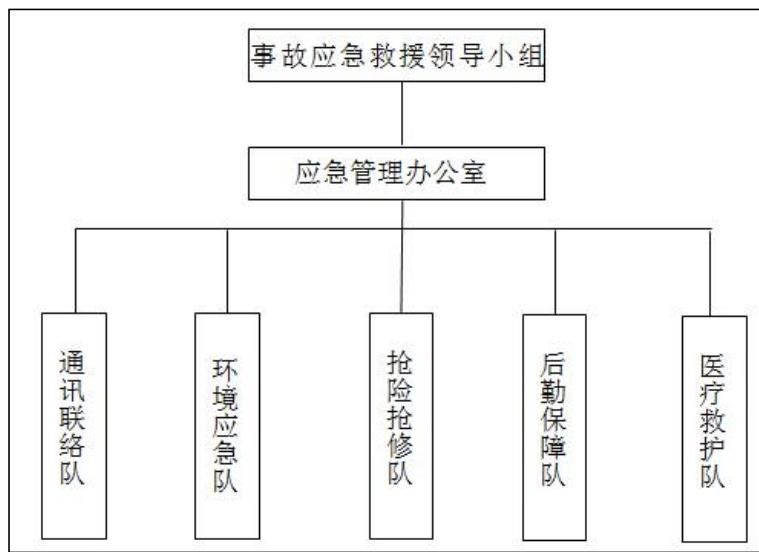


图 3.14 事故应急组织机构

(2) 事故应急预案

湖南核工业宏华机械有限公司配备有保证应急救援所需的通信设备、工具，并公布了各应急救援机构人员以及当地医院、救援机构、有关政府部门的通信联系方式和方法；建立了各类事故应急救援小分队；配备应急报警系统、急救设备、应急照明及动力、逃生工具、消防器材、通讯及运输设备，建立应急救援设施清单。完善的应急组织体系、齐全的救援小分队及各类应急设备，保证了在事故应急响应期间做到对受伤人员的及时救治并将损失减少到最低程度。

➤ 非污染区事故应急响应

对外伤、烧伤、中毒、电击等伤害事故，根据原因及病情特征，采取相应施救措施，进行医疗救护。

➤ 污染区事故应急响应

对在污染区发生的外伤、烧伤、中毒、电击等伤害事故，现场必须进行洗消处理后根据原因及病情特征，采取相应施救措施，进行医疗救护并作剂量监测。依据接收剂量大小送往南华附属医疗治疗。

➤ 停电事故应急响应

由于停电导致排风系统失效，厂房内产生的放射性气溶胶无法及

时净化排出，引起的人员超剂量辐射事故，向当地的环保部门和上级主管部门报告，启动应急响应中的联动机制。确定环境和医疗观测范围以及应急药物发放范围，并留生物样品，以备检测用。撤离人员中的辐射损伤者，取血、尿、痰，以备检测。

应急中心报告应急结束，公司应急指挥部同意撤离之后，医疗救护队伍才能撤离应急现场。

➤ 放射源事故应急响应

当废金属接收工作人员发现可疑物（如密闭的罐体、带色的附着物、疑似放射源的物体等）后，立即向应急指挥部报告；应急指挥部接到报警后，迅速赶赴现场，查明基本情况，并启动应急预案；联络员通知各应急小分队赶赴现场；护厂队到达现场后，设立警戒区；环境应急队到达现场后，对现场可疑物进行隔离和必要的检测，并取样化验，确定污染物剂量和活度水平；联络员将发行可疑物的情况及污染物剂量和活度水平报告省市环保部门辐射管理处（科）。医疗小分队对现场工作人员身体状况进行检查和初步诊断。抢险队动用设备对现场污染物进行清理，将可疑物装进废物桶，送暂存库。应急指挥部对现场处理情况进行核实，确定处理完毕后，宣布应急处置完毕，解除警戒。

➤ 漏炉、穿炉事故应急响应

当发生漏炉、穿炉事故时，事故现场负责人员应立即报告应急指挥部。根据漏炉、穿炉情况，采取处理措施。若发生炉体大量溢出，则疏散人员，及时关闭带电设备，做好消防准备。若有人员伤亡，立即转移并施救。待漏出金属冷却后，进行现场清理和去污。

（3）应急人员的培训演习计划

➤ 人员培训计划

对应急救援各专业队人员的业务培训，由公司安全环保部每半年组织一次，培训内容包括了解、掌握事故应急救援预案内容；熟练使

用各类防护器具；如何展开事故现场抢险、救援及事故的处置；事故现场自我防护措施。

员工应急响应的培训，由各车间、部门结合每年组织的安全技术知识的培训考核一并进行，培训内容包括企业安全生产规章制度、安全操作规程；防火、防爆、防毒、防辐射的基本知识；生产过程中异常情况的排除处理方法；事故发生后如何开展自救和互救；事故发生后的撤离和疏散方法。

事故应急预案实施后，由各车间、部门组织员工学习应急预案，学习内容：熟悉各员工应急救援时的职责；熟悉应急救援时的流程；熟悉岗位应急处置方案。

➤应急演习计划

1) 组织指挥演练：由指挥部的领导和专业队负责人分别按应急救援预案要求，以组织指挥的形式组织实施应急救援任务的演练。

2) 单项演练：由指挥领导小组副组长每半年组织一次。由各专业队各自开展的应急救援预案任务中的单项科目的演练。由各专业组组长每季度组织一次。

3) 综合演练：由应急救援指挥部按应急救援预案开展全面演练。由指挥领导小组组长每年组织一次。

(4) 应急设施和设备

公司配备必要的有线、无线通信器材，确保应急预案启动时各应急部门之间的联络畅通，并且建立了 24 小时有效内部和外部通讯联络电话单。

公司设置个人应急防护用品和应急监测仪器。其中个人应急防护用品包括辐射防护眼镜、单面防护裙、辐射防护铅手套、单罐防毒口罩等，应急防护用品放在原材料库劳保室。应急监测仪器包括表面沾污测量仪等。

(5) 应急监测

应急监测包括事故现场空气中气溶胶浓度监测、事故影响范围内的环境γ监测，以及事故现场表面污染监测等。必要时，对放射性事故现场的应急人员、运行人员的受照剂量进行监测。

3.7 质量保证

3.7.1 质量保证目的

质量保证的目的是使放射性污染金属熔炼生产线项目在设计、建造、运行等阶段能够进行有效的质保管理，严格执行各项标准、程序和剂量约束值，使安全运行、保护环境、保证放射性污染金属熔炼生产线项目对环境的影响是可接受的。

3.7.2 质量保证体系的建立

湖南宏华按照 GB/T19001-2016 标准要求编制了适用于本公司生产及服务质量管理的《质量手册》(HH.QSC-2025)。该手册是本公司质量管理体系纲领性、法规性文件。为了将该手册中的规定落实到实际工作中，湖南宏华制定了《放射性污染金属熔炼处理循环再利用质量保证大纲》来确保放射性污染金属熔炼生产线项目的有效开展。大纲适用于放射性污染金属熔炼生产线项目各阶段相关作业有影响的质量活动，包括人员的配备与培训、物项采购、场地与环境控制、检验、测量和试验控制、不符合品（项）控制、记录和报告控制等。

3.7.3 质量保证组织机构

为了保证放射性污染金属熔炼生产线项目的顺利进行，湖南宏华成立了以总经理为组长的放射性污染金属熔炼生产线项目领导小组、项目管理办公室等管理组织机构，负责该项目的管理和实施。

3.7.4 质量保证大纲的内容

质保大纲的内容明确规定开展工作的组织机构和有关部门各种人员的责任和权利；明确指出设计、实施过程中适用的工作规范、标

准和技术条件，包括满足这些条件的规定；确定所适用的物项、服务和工艺过程，并对其规定适当的管理和验收方法；对影响工作质量的因素作出具体规定，如环境条件、合适的设备等；凡是对质量有影响的工作都按照使用该工作的书面程序、图纸、技术文件完成，这些文件包括定性和定量的验收标准；做出了对从事影响质量的工作人员进行培训的规定；参与大纲实施的管理部门定期对其负责的质保大纲的状况和实用性进行监测，发现问题及时采取纠正措施。

3.7.5 质量措施的制定

- (1) 编制质量管理文件，使质量管理工作规范化、制定化。
- (2) 制定各种操作规程和细则，使整个运行过程按程序执行。
- (3) 环境辐射监测所有的仪器仪表必须可靠，在选购时考虑其技术指标满足环境监测的要求。
- (4) 测量仪器必须定期校准，校准时用国家标准规定的标准源。
- (5) 环境辐射监测仪在开始测量前，检查本底计数率和探测效率记录。
- (6) 对所有参加项目的工作人员进行质量管理培训，取得合格证后持证上岗。

3.8 环保设施投资

本项目环保投资总计 1066.26 万元，占总投资比例的 4.8%。环保投资主要包括排风净化系统、辐射监测设备、污水处理系统等。本项目环保投资情况见表 3.12。

表 3.12 本项目环保投资一览表（万元）

名称	内容	价格
天然核素污染金属暂存库	辐射防护、监测设备	101
	暖通排风	42.73

天然核素污染金属熔炼设施	分析实验室工艺设备	150
	辐射防护、监测设备	233.5
	暖通排风	292.57
室外工程	室外废气排放管道	30
	室外污水排放管道	35
污水处理设施		181.46
合计		1066.26

3.9 有关退役的考虑

本项目建造后使用寿期为五十年。考虑设施在五十年后实施退役，退役过程包括源项调查、清洗去污、放射性废物的管理。在退役过程中，贯穿始终的指导思想就是降低退役费用、废物的小量化和人员及环境的安全。在本项目设计中，考虑到该设施未来的退役工作和退役工作中尽量减少放射性废物的产生量和降低该设施的退役费用。

(1) 退役计划

本项目退役主要包括前期技术准备阶段和退役实施阶段。退役前期技术准备阶段的内容主要有：a.对设施的历史、特征和现状进行描述；b.进行退役源项初步调查，以便根据运行史、物料衡算和实地测量而估算出退役设施中放射性和非放射性污染源项总量及其分布；c.移走物料和处理、处置运行废物，以便减少退役废物总量；d.推荐退役方案和退役方法，以及拟采用的规范、规定、标准等。e.退役费用来源及筹措方式。退役实施阶段的主要规划内容包括：a.补充进行更详细的源项调查；b.现有安全系统的概况调查；c.退役方案及可用的退役技术确定；d.放射性废物最终处置；e.制订辐射防护大纲；f.编写质量保证大纲；g.保安措施；h.应急措施；i.退役工程进度计划。

（2）退役策略

本项目的退役策略为立即拆卸。在确保工作人员、公众的安全及环境安全的退役安全目标前提下，尽量减少来自退役各阶段中产生的放射性危害。

（3）废物管理

退役过程产生的废物应该进行分类管理。退役过程中产生的可解控废物，应按照相关规定进行解控。退役活动和二次废物产生的其他废物，能够得到处理和处置。

（4）退役经费

本项目退役经费来源由企业处理天然核素污染金属熔炼的生产成本中提取，设立专用账户，作为专项退役基金。若实施退役时存在退役经费提取不足的情况，公司承诺将通过自筹等方式筹集退役经费。

第四章 环境质量现状

4.1 环境本底参考值

《中国环境天然放射性水平》(2015年版)给出了衡阳市天然贯穿辐射剂量率、土壤中天然放射性核素含量和水中天然放射性核素含量。其中,衡阳市天然贯穿辐射剂量率为 $29.4\sim147.2\text{nGy/h}$,平均值为 70.5Gy/h ;土壤中 ^{238}U 含量为 $31.27\sim148.2\text{Bq/kg}$,平均值为 48.30 Bq/kg ;湘江(中游、平水期) U 含量为 $0.77\sim13.90\mu\text{g/L}$,平均值为 $2.31\mu\text{g/L}$ 。

4.2 辐射环境质量现状

湖南宏华成立了环境管理委员会,指定安全环保部为公司流出及环境监测的归口管理部门。2024年公司成立了检验检测中心,协助开展流出物及环境监测、提供监测数据。为掌握厂区周边辐射环境质量现状,目前湖南宏华委托核工业二三〇研究所和中核二七二铀业有限责任公司开展全厂流出物及环境监测工作。本章辐射环境监测数据均引自湖南宏华2022~2025年常规流出物及环境监测结果。

4.2.1 辐射环境监测方案

辐射环境现状调查项目主要包括 γ 辐射剂量率,沉降灰、土壤、生物中放射性活度浓度,辐射监测方案见表4.1,采用的环境监测分析方法所依据的标准见表4.2。监测布点图见图4.1和4.2。

表4.1 辐射环境监测方案

序号	介质	监测点位	监测项目
1	γ 剂量率	亚运村、生活区(华联社区)、东风小学、南陂村、各布设一个	γ 辐射空气吸收剂量率

2	地表水	总排水口下游湘江环境水	总铀
3	土壤	厂区周边稻田菜地 (N, 200m)	^{238}U
4	生物样	东风村 (ESE, 1.0km)	总铀

表 4.2 辐射环境监测分析方法

分析项目	分析方法	测量仪器	检出限
γ 辐射剂量率	HJ1157-2021	X、 γ 辐射空气比释动能率仪	/
^{238}U	GB/T16145-2022	高纯锗 γ 能谱仪/GEM100-95	0.52Bq/kg
总铀	HJ700-2014	电感耦合等离子体质谱仪/PE 2000	0.04 $\mu\text{g/L}$



图 4.1 环境 γ 辐射剂量率监测点位示意图



图 4.2 辐射环境监测布点图

4.2.2 监测结果

4.1.2.1 环境 γ 辐射

在厂区周围布设 4 个 γ 剂量率监测点，监测结果见表 4.3。近年厂区周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 $0.08\sim0.17\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

表 4.3 周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)

监测点位	年份	监测结果
亚运村	2024	0.08
	2023	0.10
	2022	0.14
生活区(华联社区)	2024	0.09
	2023	0.08
	2022	0.16
东风小学	2024	0.09
	2023	0.09
	2022	0.15
南陂村	2024	0.09
	2023	0.09
	2022	0.17

监测结果显示，湖南宏华厂区周围环境 γ 剂量率在衡阳市本底范围之内。

4.1.2.2 地表水

湖南宏华厂区外设置 1 个地表水取样点进行监测，监测结果见表 4.4。

表 4.4 地表水中总铀监测结果 ($\mu\text{g/L}$)

监测点位	年份	监测结果
湘江	2024	0.58
	2023	3.13

近年监测结果显示，湖南宏华厂外地表水监测结果在湘江本底水平范围之内。

4.1.2.3 土壤

厂区外设置 1 个土壤取样点进行监测，监测结果见表 4.5。

表 4.5 土壤中 ^{238}U 监测结果 (Bq/kg)

监测点位	年份	监测结果
厂区周边稻田菜地	2024	63.4
	2023	187.1

近年监测结果显示，湖南宏华厂外土壤中 ^{238}U 监测结果波动较大，但与衡阳市本底水平相差不大。

4.1.2.4 生物

在厂区外东风村进行生物样监测，监测结果见表 4.6。近年监测结果显示，湖南宏华厂外环境生物样品中总铀浓度很低。

表 4.6 生物中总铀监测结果 (mg/kg)

监测点位	生物种类	年份	监测结果
东风村	稻谷	2024	< 0.52
		2023	0.045

	鱼	2024	< 0.52
		2023	0.028

4.2.3 辐射环境质量现状评价

《中国环境天然放射性水平》(2015年版)中衡阳市天然贯穿辐射剂量率为29.4~147.2nGy/h,平均值为70.5Gy/h;土壤中²³⁸U含量为31.27~148.2Bq/kg,平均值为48.30 Bq/kg;湘江(中游、平水期)U含量为0.77~13.90μg/L,平均值为2.31 μg/L。湖南宏华近年现状监测结果表明,湖南宏华周边环境辐射水平与衡阳市天然本底水平相差不大。

4.3 非放环境质量现状

4.3.1 达标区判定

(1) 环境空气质量

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)中“6 环境空气质量现状调查与评价”内容,首先需要调查项目所在区域环境质量达标情况,作为项目所在区域是否为达标区的判断依据。

本项目大气常规污染物引用衡阳市生态环境局公布的《关于2024年12月及1-12生态环境现状月全市环境质量状况的通报》中统计数据,2024年珠晖区SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}年平均质量浓度均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准及其修改单要求,故项目所在区域为达标区。

(2) 地表水环境质量

为进一步了解建设项目所在地的地表水环境状况,本次评价引用衡阳市生态环境局公布的《关于2024年12月及1-12月全市环境质量状况的通报》中位于项目区域附近的断面水环境质量现状数据,说明湘江地表水环境质量现状。根据监测结果可知,湘江鱼石村断面2024年1月~12月均能满足Ⅱ类水质标准要求。

4.3.2 环境质量现状监测

4.3.2.1 监测方案

为了解厂区周边非放环境质量状况，湖南宏华开展非放环境质量监测，调查项目主要包括大气和噪声，非放环境监测方案见表 4.7。

表 4.7 非放环境监测方案

	监测项目	监测点位
大气	二氧化硫	南陂村、华联社区
	氮氧化物	
	颗粒物	
噪声	厂区边界噪声	厂界东、南、西、北

4.3.2.2 环境空气质量现状监测

环境空气质量现状监测结果见表 4.8。

表 4.8 环境空气质量现状监测结果

检测项目	监测点位	年份	检测结果 (mg/m ³)	评价标准 (mg/m ³)
TSP	南陂村	2024	0.30	0.30
		2023	0.10	
	华联社区	2024	0.20	
		2023	0.30	
NO ₂	南陂村	2024	0.02	0.15
		2023	0.02	
	华联社区	2024	0.03	
		2023	0.04	
		2024	0.01	
SO ₂	南陂村	2023	0.01	0.10
		2024	0.02	
	华联社区	2023	0.02	
		2024	0.02	
		2023	0.02	

由表 4.8 监测结果可知，项目周边环境空气 SO₂、NO₂、TSP 的监测值均满足 GB 3095-2012《环境空气质量标准》的二级浓度限值。

4.3.2.3 声质量现状监测

声质量现状监测结果见表 4.9。

表 4.9 厂界噪声监测结果

监测点位	监测时间	测量值[dB(A)]		标准值[dB(A)]	
		昼间	夜间	昼间	夜间
厂界东	2025	43.5	/	65	55
厂界南		53.2	/		
厂界西		52	/		
厂界北		42	/		
厂界东	2024	54	45	65	55
厂界南		54	43		
厂界西		56	44		
厂界北		58	47		
厂界东	2023	52	44	65	55
厂界南		52	43		
厂界西		53	42		
厂界北		53	41		

由表 4.9 监测结果可知,湖南宏华厂界噪声监测结果均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 3 类声环境功能区标准限值。

第五章 施工期的环境影响

5.1 施工期三废产生情况及影响分析

本项目在施工期间产生的三废有施工扬尘、建筑垃圾、生活垃圾、冲洗废水、生活污水和噪声等。

(1) 扬尘对大气环境的影响

施工期对大气的影响主要是由扬尘和二次扬尘造成的。

1) 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；

2) 土料场、石料场、沙石料场等，如无围挡，随意堆放，会对施工场地周围环境产生二次扬尘；

3) 施工期间搅拌机搅拌混凝土和砂浆时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；

4) 平整场地、挖填土石方，会使施工场地的地表功能和植被遭到破坏，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；

5) 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中的 TSP 浓度增高，如果 TSP 浓度过高将影响周围环境空气质量，影响居民及施工人员的正常生活。采取覆盖、洒水等抑尘措施，可使扬尘浓度 $\leq 0.5 \text{ mg/m}^3$ 。本项目的建筑面积总计约为 14975.37 m^2 ，均在湖南宏华厂区，按照工程的实施进度，建造安装周期按 8 个月计。

$$W=WB+WK$$

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

$$WK=A \times (P_{11}+P_{12}+P_{13}+P_{14}+P_2+P_3) \times T$$

其中，W 为总排放量，t；WB 为基本排放量，t；WK 为可控排放量，t；A 为建筑面积；T 为施工周期，月；B 为基本排放量排放

系数， $4.8\text{t}/\text{万 m}^2\cdot\text{月}$ ； P_{11} 、 P_{12} 、 P_{13} 、 P_{14} 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，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， $\text{t}/\text{万 m}^2\cdot\text{月}$ ； P_2 和 P_3 为运输车辆扬尘所对应的二次扬尘可控排放量排污系数， $\text{t}/\text{万 m}^2\cdot\text{月}$ ，当运输车辆密闭时， P_2 取0；当车辆不设有机械冲洗装置时， P_3 取 $1.55 \text{ t}/\text{万 m}^2\cdot\text{月}$ 。

经估算，本项目建筑施工基本排放量为 57.5t ，可控的二次扬尘量为 18.6t 。本项目在施工期间可能产生的建筑工地扬尘排放量为 76.1t 。

(2) 施工噪声对环境的影响

本项目在施工期产生的噪声来源于施工机械设备，主要有震动夯、搅拌机、电子配料机、物料提升机、平板振动器、插入式振动器、振动棒、钢筋切断机、钢筋弯曲机、钢筋调直机、木工圆锯、机工压刨、铲车、翻斗车、推土机、挖掘机、压路机、汽车吊、履带吊等。不同施工设备产生的机械噪声声级列于表5.1中。

施工期间的施工机械均在湖南宏华厂区进行各种作业，并满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2025)中建筑施工场界环境噪声排放限值(昼间 70dB ，夜间 55 dB)的要求。

表 5.1 主要施工机械设备的噪声声级

施工阶段	噪声源	5m 处声级 dB (A) *
土石方	轮式装载机	93
	液压挖掘机	86
打桩	静力压桩机	73
	振动夯锤	96
结构	混凝土输送泵	92

	混凝土振捣器	84
--	--------	----

注：数据来自 HJ 2034-2013《环境噪声与振动控制工程技术导则》。

（3）废水对环境的影响

施工期产生的废水主要为施工废水和施工人员生活污水，这类废水的特点是间歇式排放且水量不稳定。施工废水主要来自混凝土养护、车辆冲洗、场地降尘等，含悬浮物（SS）、石油类及碱性物质。施工废水按每万平方米建筑面积产生废水 1000m^3 估算，合计约产生 1490 m^3 。施工废水经沉淀池、隔油池处理后回用于降尘或绿化，不外排。

生活污水包括施工人员洗漱、餐饮等产生，含 COD、BOD、氨氮等有机污染物。施工人员约为 50 人，每人每天用水量 60L，产污系数 0.8，施工人员每日最大排放量为 $2.4\text{m}^3/\text{d}$ ，施工作业约 200 天（按施工期 8 个月，平均每个月施工 25 天计算），则施工期生活污水产生量为 480m^3 。施工人员租用民房，生活污水接入市政管网直接排放。

（4）固体废物对环境的影响

本项目建设过程中产生的固体废物主要有建筑垃圾、生活垃圾。

本项目施工期间建筑垃圾产生按建筑面积上限 ($0.2\text{ m}^3/\text{m}^2$) 计算为 2995.07m^3 ，前期拆除过程中产生约 614m^3 ，合计为 3609m^3 。按 $2.0\text{t}/\text{m}^3$ 计，合计产生 7218t 。建筑垃圾经分类收集后，金属、木材等可回收物交由再生资源企业回收；混凝土块破碎后作为再生骨料；不可回收部分运至建筑垃圾填埋场处置。

本项目施工期间生活垃圾按每人每天 1.5 kg ，施工人员 50 人，工期 240 天计，则总产生量为 18t 。生活垃圾经集中收集后交由市政环卫部门统一清运，采用焚烧或卫生填埋方式处理。

（5）生态环境影响

本项目在湖南宏华厂区内，项目拟建场地地势平坦，无植被，本项目建成后会增加绿化面积，不会对生态影响产生影响。

综上所述，建设期的环境影响主要是扬尘、噪声、施工废水和生活污水对周围环境的影响，是短期的、局部的。制定切实有效的污染防治措施，加强管理，可使施工期对环境影响降低到最小程度。施工结束后，及时清理场地、绿化，其影响可以在短期内消失。

5.2 施工期污染监测

施工期间的污染监测主要针对的是非放射性污染物，监测计划见表 5.2。

表 5.2 施工期监测计划表

项目	监测频次	点位		执行标准
大气环境监测	TSP	施工期间，每季度一次，每次 1 天，连续 1 小时	烟囱 ENE 方位厂界外 1m (上风向)、WSW 方位厂界处外 1m (下风向) 湖南宏华厂界	《大气污染物无组织排放监测技术导则》HJ/T55-2000； 《总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法》HJ/T374-2007； 《环境空气总悬浮颗粒物的测定 重量法》GB15432-1995； 《环境空气质量标准》GB3095-2012
声环境监测	L _{Aeq}	施工期间，每季度一次，每次 1 天，昼夜	湖南宏华厂界	烟囱 S 方位、E 方位 《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB12523-2025

		各 1 次			
--	--	-------	--	--	--

5.3 施工期污染防治措施

尽管施工期的环境影响是短期的、局部的，但仍需采取有效的防治措施。因此对施工期提出以下污染防治措施：

(1) 施工扬尘的防治措施

在整个施工期，产生扬尘的作业有土地平整、土石方、储运和作业等过程。施工场地要进行合理地规划，尽量少占地，并在施工现场周围设置围挡或者部分围挡，可防止施工扬尘。

施工工地的扬尘主要由运输车辆行驶产生的，并与道路路面铺装情况以及车型、车速等因素相关。一般情况下，施工场地、施工道路在自然风作用下产生的扬尘所影响的范围在 100m 以内。施工场地、施工道路的扬尘可用洒水和清扫措施予以抑止。另外，为控制车辆装载货物行驶对施工场地外的影响，可在车辆离开施工场地时在车身相应部位洒水清除污泥与灰尘，以减少粉尘对外界的影响。本项目在扬尘影响范围内无环境敏感点，在采取相应的降尘抑尘措施后，本项目施工扬尘对周围环境产生的影响较小，且此影响是暂时的，随着工程的竣工，其影响将消失。

建材的露天堆放和搅拌作业所产生的扬尘影响范围也比较有限，这类扬尘的主要特点是受作业时风速的影响，因此，减少建材的露天堆放以及禁止在大风天进行此类作业是抑制这类扬尘的有效手段。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的产生，防止区域环境空气中扬尘污染。

(2) 施工噪声的防治措施

施工过程中产生的噪声主要是机械设备产生的，这些机械设备的作业严格按照《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2025) 中所限定的作业时间和要求。

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，但在某一时段内其位置相对固定，对外界环境的影响可用半自由声场点声源几何发散衰减公式计算：

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

式中， $LA(r)$ 为距点声源 r 处的噪声值，dB(A)； $LA(r_0)$ 为距点声源处的噪声值，dB(A)； r_0 为距点声源的参照距离，m； r 为距预测点声源的距离，主要施工设备噪声随距离衰减情况见表 5.3。

表 5.3 施工设备机械噪声衰减距离

施工阶段	噪声源	衰减距离，m	
		昼间限值	夜间限值
		70dB (A)	55dB (A)
土石方	轮式装载机	20	112
	液压挖掘机	9	50
打桩	静力压桩机	2	11
	振动夯锤	28	158
结构	混凝土输送泵	18	100
	混凝土振捣器	7	40

根据《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2025)的规定，施工期噪声昼间限值为 70dB (A)，夜间限值为 55dB (A)。经估算，本项目施工期厂界噪声昼间在距施工机械约 28m 左右达标，夜间在距施工机械 158m 左右达标。本项目施工边界距湖南宏华厂界最近距离约 40m (S 方位)，仅考虑噪声随距离的衰减，其噪声贡献在边界处昼间可达标，夜间不达标。因此，施工单位应制定合理的大型施工设备使用计划，避免夜间在湖南宏华厂界附近使用。

(3) 水污染防治对策

施工期的挖土、材料冲洗以及使用大量的挖掘机械、运输机械和其他辅助机械，在作业和维护时有可能发生油料外溢、渗漏，通过雨水冲刷等途径，流入受纳水体增加SS、COD、油类含量。因此，对施工废水进行收集，回用于泼洒场地，以减少对环境的影响。

(4) 生态环境保护对策

本项目在施工期间对场地内地表产生破坏，为减少施工期间对生态环境的破坏，将采取以下措施：

厂区土建工程需挖掘土石方，在施工过程中遵守建筑规范和水土保持的有关规定；挖填结合，选择合理的堆放地点，合理规划，尽量减少对地表的破坏；施工作业严格控制在划定的施工区域内；施工结束后要及时硬化路面，并进行绿化，种植植被。施工期间具体的环境保护措施见表 5.4。

表 5.4 施工期间的环境保护措施

项目		环境保护措施
噪声 污染 防治 措施	施工场地	合理安排施工现场及施工时间。
	施工机械	1.尽量采用低噪声设备，对超过国家标准的机械严禁进入施工场地内作业。 2.施工过程应定期对机械进行维护保养，避免由于设备性能差而使噪声增强现象的发生。
	施工人员	按照劳动卫生标准控制劳动时间，并采取一定的防护措施。
大气 污染 防治 措施	施工场地	对各类堆场加强管理，在四周设置挡风墙，合理安排垛堆位置。必要时在垛堆表面采用篷布覆盖，尽可能的减少扬尘的产生。
	物料运输及 施工道路	1.水泥、砂和石灰等易洒落的散装物在装卸、使用、运输、转运和临时堆存过程中，必须采取防风遮盖的措施，以减少扬尘。 2.配备洒水车，对施工场地和进出对堆场的道路以及主要物料运输道路进行洒水，在干燥大风易起尘的天气，适当增加洒水频次，以减少由于车辆经过和风引起的道路扬尘。
	扬尘	1.混凝土搅拌站全密封结构，降低扬尘的产生。 2.运输车路减速慢行，同时在必要的条件下加盖篷布。
	施工人员	加强对施工人员的管理，提高环境保护意识，倡导文明施工。
水污 染防 治措 施	施工场地	1.施工场地、料场等应尽量远离原有道路污水管网下水道，禁止使用有毒有害的建筑材料。 2.施工人员生活垃圾严禁随意倾倒，应集中收集由环卫部门运走。 3.施工中的废油严禁在路边随意堆放。
	施工机械	施工机械车辆加强养护，避免漏油现场的发生，同时机成车辆检修必

		须到专业修理站检修。
固体处置措施	施工场地	施工场地应保持整洁，及时清扫，生活垃圾统一收集。
	施工道路	1.施工中清理出来的弃土弃渣应在指定地点临时堆存并受时清运处理。 2.工程竣工后，应及时清理杂物，并尽量恢复到占用前的状态。
	可回收废料	施工过程中产生废钢筋、废铁料、废钢管等可回收材料应回收处理，减少资源流失。
生态影响减缓措施	施工占地植被修复	1. 施工结束后立即整治，恢复植被； 2. 开挖土方及时回填，未能利用的弃土及时清运。

综上所述，尽管在施工期间，施工过程中物料储运、交通运输、场地的开发利用都可能对环境造成一定的影响，但这些影响是短期的、局部的。通过制定和采取一系列切实有效的污染防治措施，加强管理，可以将施工期间的环境影响降低到最小程度。在施工结束后，及时清理场地、进行绿化，可以使得环境得到恢复。

第六章 正常工况的环境影响

6.1 放射性废物的产生和去向

6.1.1 气载流出物

本项目废气主要来源于金属熔炼及分拣切割过程中产生的放射性气体。渣处理间、中频炉和电弧炉产生的烟气分别经布袋除尘器和初高效过滤器过滤后，通过引风机引入本项目新建 30m 烟囱排放。分拣切割产生的气溶胶经初高效过滤器过滤后，通过引风机引入本项目新建 30m 烟囱排放。其中，01 子项天然核素环境释放量为 $4.0 \times 10^2 \text{Bq/a}$ ，02 子项天然核素环境释放量为 $3.27 \times 10^6 \text{Bq/a}$ 。本项目运行过程天然核素环境释放量合计为 $3.27 \times 10^6 \text{Bq/a}$ 。

6.1.2 固体废物

本项目产生的固体废物主要包括口罩、工作服、抹布、废纸等可燃废物、金属废物、过滤器芯、熔炼渣、炉衬、切割粉尘等。

产生的放射性固体具体包括：

(1) 可压缩可燃软质废物

可压缩可燃废物主要是运行与检修产生的手套、口罩、工作服、工作鞋、棉纱、塑料制品、橡胶制品、拖布等。在正常运行阶段，年产生量为 6100kg/a ， 200L 桶预估废物存放量 100kg/桶 ，每年废物产生量为 61 桶。

(2) 金属废物

金属废物主要是维修更换下来的废设备、零部件、工器具、阀门、管道等金属材料。在正常运行阶段年产生量为 3000kg/a ， 200L 桶预估废物存放量 300kg/桶 ，则每年废物产生量为 10 桶。本项目产生的金属废物均应符合本项目废金属接收条件，作为生产原料在 01 子项进行回收。

(3) 废过滤器芯

废过滤器芯来自厂房排风和工艺排气系统净化装置的废过滤器芯和吸附材料，年产生量约为 100 个，用塑料袋包装后暂存，占地面积不超过 20 个桶的占地面积。

(4) 杂项废物

杂项废物主要是炉渣、炉衬、熔炼粉尘、切割粉尘和洗衣废水沉淀池底泥等。在正常运行阶段，年产生炉渣量为 225000kg，其中电弧炉年产生炉渣量为 210000kg；中频炉每年产生炉渣约为 15000kg。电弧炉年产生灰约 157500kg；其余废物约 100000kg；中频炉产生的其余废物约 15000kg。炉渣装入集装袋，每袋可装 3t，则共计每年产生 75 个集装袋；其余废物装入 200L 桶暂存，其中粉尘每桶预计可装 300kg，杂项废物预估每桶可装 150kg。洗衣废水沉淀池底泥约 1m³/a，装入 200L 桶暂存。每年废物产生量约为 1236 桶。

放射性不可燃固体废物送中核二七二铀业有限责任公司尾矿库处置，待该尾矿库退役后拟送至永州市湖南稀土集团低放伴生矿物料综合处置场填埋；其他放射性固体废物交由中核清原代为处置。建设单位与中核清原签订了《放射性废物外运贮存/处置服务合同》，由清原公司对建设单位产生的非金属放射性废物进行整备、包装、运输、处置工作。

此外，本项目每年产生非放办公垃圾约 8.4t，由市政环卫部门统一清运处理。

6.2 正常工况气载流出物的环境影响

6.2.1 计算模式与参数

本次评价的大气扩散模式采用了 IAEA19 号安全报告《Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment》中推荐的基本模式。计算中考虑了干沉积和湿沉积对烟羽的耗损。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的内照射。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。

6.2.2 计算结果

6.2.2.1 大气扩散因子

表 6.1 给出了 10km 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 0~1km 范围的 ENE 方位，为 $1.16 \times 10^{-3} \text{ s/m}^3$ 。

6.2.2.2 个人剂量

在正常运行情况下，分别对 10km 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 6.2~表 6.5 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 6.6 的结果可以看出，在有人的子区最大个人有效剂量出现在 0~1km 的 S 子区（南陂村）为 $3.07 \times 10^{-6} \text{ Sv/a}$ ，关键居民组为南陂村成人组。

(2) 各照射途径对最大个人有效剂量的贡献

表 6.7 为不同核素所致 0~1km 的 S 子区居民的个人有效剂量。从表可以看出，关键核素为 ^{234}U ，其对公众成人组最大个人有效剂量的贡献额为 50.7%，其次为 ^{238}U ，占公众成人组最大个人有效剂量份额为 48.2%；关键照射途径为地表沉积外照射，占最大个人有效剂量份额为 46.9%，其次为地面沉积外照射，占最大个人有效剂量份额为 40.6%。

6.2.3 结果评述

在本项目的正常运行工况下，气载流出物在有人子区的最大个人

有效剂量出现在 0~1km 的 S 子区，公众最大个人有效剂量为 3.07×10^{-6} Sv/a，关键居民组为南陂村成人组，约占本项目剂量约束值 (0.03mSv/a) 的 10.2%。关键核素为 ^{234}U ，其对公众成人组最大个人有效剂量的贡献额为 50.7%，其次为 ^{238}U ，占公众成人组最大个人有效剂量份额为 48.2%；关键途径为地表沉积外照射，占最大个人有效剂量的 46.9%，其次为地面沉积外照射，占最大个人有效剂量份额为 40.6%。10km 评价范围内总的年集体剂量为 2.91×10^{-2} 人·Sv。

正常工况下本项目对周边公众的辐射环境影响是可以接受的。

表 6.1 30m 烟囱 10km 范围内的大气扩散因子 (s/m³)

方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10
N	1.38E-06	1.53E-07	5.51E-08	2.15E-08	6.13E-09
NNE	3.38E-05	7.24E-06	3.43E-06	1.70E-06	1.70E-06
NE	1.47E-04	3.36E-05	1.64E-05	8.32E-06	3.28E-06
ENE	1.16E-03	2.74E-04	1.36E-04	6.98E-05	2.78E-05
E	7.57E-04	1.77E-04	8.78E-05	4.49E-05	1.78E-05
ESE	3.17E-04	7.35E-05	3.62E-05	1.85E-05	7.32E-06
SE	2.31E-04	5.30E-05	2.60E-05	1.32E-05	5.23E-06
SSE	2.25E-04	5.14E-05	2.52E-05	1.28E-05	5.03E-06
S	1.65E-04	3.72E-05	1.82E-05	9.24E-06	9.24E-06
SSW	1.43E-04	3.24E-05	1.59E-05	8.06E-06	3.18E-06
SW	1.41E-04	3.20E-05	1.57E-05	7.97E-06	3.14E-06
WSW	1.53E-04	3.49E-05	1.71E-05	8.70E-06	3.44E-06
W	2.75E-04	6.37E-05	3.14E-05	1.60E-05	6.35E-06
WNW	2.49E-04	5.80E-05	2.86E-05	1.46E-05	5.79E-06
NW	7.41E-05	1.67E-05	8.16E-06	4.13E-06	1.63E-06
NNW	1.57E-05	3.14E-06	1.45E-06	7.01E-07	2.64E-07

表 6.2 10km 范围内空气浸没外照射剂量(Sv/a)

方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10
N			2.73E-17	1.07E-17	3.04E-18
NNE		3.60E-15	1.70E-15		3.26E-16
NE		1.66E-14		1.07E-17	1.63E-15
ENE					1.38E-14
E				2.23E-14	8.79E-15
ESE		3.65E-14			3.63E-15
SE		2.63E-14			2.59E-15
SSE		2.55E-14	1.25E-14		2.50E-15
S	8.18E-14		9.06E-15		1.80E-15
SSW		1.61E-14		4.00E-15	1.58E-15

SW				3.95E-15	1.56E-15
WSW				4.32E-15	1.71E-15
W					3.15E-15
WNW			1.42E-14	7.24E-15	2.87E-15
NW		8.29E-15	4.05E-15	2.05E-15	8.09E-16
NNW			7.19E-16		1.31E-16

表 6.3 10km 范围内地面沉积外照射剂量(Sv/a)

方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10
N			4.68E-10	1.83E-10	5.23E-11
NNE		6.17E-08	2.92E-08		5.61E-09
NE		2.92E-07		7.34E-08	2.93E-08
ENE					2.63E-07
E				4.11E-07	1.67E-07
ESE		6.54E-07			6.88E-08
SE		4.65E-07			4.77E-08
SSE		4.53E-07	2.23E-07		4.61E-08
S	1.45E-06		1.64E-07		3.42E-08
SSW		2.85E-07		7.21E-08	2.90E-08
SW				7.28E-08	2.93E-08
WSW				8.02E-08	3.25E-08
W					5.92E-08
WNW			2.59E-07	1.34E-07	5.46E-08
NW		1.48E-07	7.29E-08	3.75E-08	1.52E-08
NNW			1.25E-08		2.34E-09

表 6.4 10km 范围内吸入内照射剂量(Sv/a)

方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10
N			4.18E-10	1.63E-10	4.65E-11
NNE		5.49E-08	2.60E-08		4.97E-09
NE		5.49E-08		6.30E-08	2.49E-08
ENE					2.11E-07
E				3.40E-07	1.35E-07

ESE		5.57E-07			5.55E-08
SE		4.01E-07			3.96E-08
SSE		4.01E-07	1.91E-07		3.81E-08
S	1.25E-06		1.38E-07		2.76E-08
SSW		2.46E-07		6.11E-08	2.41E-08
SW				6.04E-08	2.38E-08
WSW				6.59E-08	2.60E-08
W					4.82E-08
WNW			2.17E-07	1.11E-07	4.39E-08
NW		1.26E-07	6.18E-08	3.13E-08	1.24E-08
NNW			1.10E-08		2.00E-09

表 6.5 10km 范围内食入内照射剂量(Sv/a)

方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10
N			1.25E-10	4.87E-11	1.39E-11
NNE		1.64E-08	7.76E-09		1.49E-09
NE		7.76E-08		1.95E-08	7.78E-09
ENE					7.00E-08
E				1.09E-07	4.45E-08
ESE		1.74E-07			1.83E-08
SE		1.24E-07			1.27E-08
SSE		1.20E-07	5.94E-08		1.23E-08
S	3.83E-07		4.35E-08		9.06E-09
SSW		7.56E-08		1.92E-08	7.71E-09
SW				1.93E-08	7.81E-09
WSW				1.93E-08	8.64E-09
W					1.58E-08
WNW			6.87E-08	3.56E-08	1.45E-08
NW		3.94E-08	1.94E-08	1.00E-08	4.02E-09
NNW			3.34E-09		6.23E-10

表 6.6 10km 范围内成人组个人有效剂量 (Sv/a)

方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10
N			1.01E-09	3.94E-10	1.12E-10
NNE		1.33E-07	6.30E-08		1.21E-08
NE		6.24E-07		1.56E-07	6.19E-08
ENE					5.44E-07
E				8.60E-07	3.47E-07
ESE		1.38E-06			1.43E-07
SE		9.93E-07			1.00E-07
SSE		9.66E-07	4.74E-07		9.66E-08
S	3.07E-06	0.00E+00	3.46E-07		7.09E-08
SSW		6.05E-07		1.52E-07	6.08E-08
SW				1.52E-07	6.09E-08
WSW				1.67E-07	6.72E-08
W					1.23E-07
WNW			5.44E-07	2.80E-07	1.13E-07
NW		3.14E-07	1.54E-07	7.88E-08	3.15E-08
NNW			1.54E-07		4.96E-09

表 6.7 不同核素所致 0~1km, S 方位子区居民个人有效剂量(Sv/a)

核素	照射途径					
	空气 浸没	地面 沉积	吸入	食入	合计	份额 %
U-23 4	2.10E-1 5	7.01E-0 7	6.63E-0 7	1.96E-0 7	1.56E-06	5.07E-01
U-23 5	7.88E-1 4	2.66E-0 9	2.45E-0 8	7.68E-0 9	3.48E-08	1.13E-02
U-23 8	1.00E-1 5	7.38E-0 7	5.63E-0 7	1.80E-0 7	1.48E-06	4.82E-01
合计	8.19E-1 4	1.44E-0 6	1.25E-0 6	3.84E-0 7	3.07E-06	1.00E+0 0
份额 %	2.66E-0 8	4.69E-0 1	4.06E-0 1	1.25E-0 1	1.00E+0 0	-

6.3 非放环境影响

(1) 气态污染物

本项目正常运行过程中，熔炼厂房在切割、熔炼过程中会产生少量的颗粒物，经工艺净化措施、通风净化措施后，由 30m 高烟囱排入大气环境。依据图 3.9 天然核素废金属熔炼物料平衡，本项目运行过程颗粒物环境释放量为 44.7kg/a（折合排放浓度为 $8.43 \times 10^{-2} \text{mg/m}^3$ ，排放速率 $1.42 \times 10^{-3} \text{g/s}$ ）。采用 AERSCREEN 软件估算可知，其最大占标率 P_{max} 远小于 1%。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018) 中的规定，大气评价等级为三级，无需进行进一步评价预测。

根据《污染源强核算技术指南 钢铁工业》(HJ885-2018) 表 A.1 钢铁工业废气污染源源强核算方法选取一览表，新(改、扩)建工程污染源，氮氧化物源强核算采用类比法。湖南宏华黑色金属熔炼、有色金属熔炼、核电废金属熔炼风管气体中的氮氧化物浓度 2024 年监测结果最高仅为 37mg/m^3 ，因此本项目运行过程氮氧化物产生量不会超过《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) 规定的限值 240mg/m^3 。按本项目电弧炉烟气量为 $100000 \text{ m}^3/\text{h}$ 计，排放速率最高为 3.7 kg/h ，不会超过速率限值 4.4 kg/h 。

(2) 废水

本项目外排生产废水包括循环冷却水的排污水和生活污水，废水年产生量约为 21000m^3 ，经处理满足《污水综合排放标准》(GB 8978-1996) 一级排放标准后，排入湖南宏华生活污水管网。

本次评价选择本项目最大日用水量 $105 \text{m}^3/\text{d}$ 进行估算。湖南宏华近三年（2023~2025 年）排放口 COD 浓度最大排放浓度为 45 mg/L ，以此作为本次评价的预测源强。根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018) 中的河流数学模型使用条件，本次评价选择纵向一维模型进行预测评价，预测参数见表 6.8，预测结果见表 6.9。

表 6.8 地表水预测参数一览表

预测参数	污染因子, COD	单位
废水中浓度, C_p	45.00	mg/L
本底值, C_h	15.00	mg/L
废水流量, Q_p	0.029	m^3/s
河流流量, Q	547.4	m^3/s
河水流速, u	0.095	m/s
河流水深, h	10.1	m
河流宽度, B	593.7	m
河流坡降	0.000134	-
降解系数, K	0.2	d^{-1}
纵向离散系数, E_x	6.90	m^2/s

表 6.9 地表水下游不同距离预测结果

下游距离, m	COD 预测浓度, mg/L
0	15.54
50	15.52
100	15.49
200	15.48
500	15.35
1000	15.16
1500	14.98

由地表水预测结果可知, 本项目废水排至湘江后, 经自然衰减在预测范围内 COD 预测浓度可满足《地表水环境质量标准》

(GB3838-2002) 中 III 类标准水质要求 (20mg/L)。

本项目每年工作 200 天, 年排放量约为 $21000m^3$, 原有废水年排放量约为 $11000m^3$, 按湖南宏华近三年 COD 浓度最大排放浓度为 45 mg/L 估算, COD 年排放量约为 1.44t, 低于排污许可批准

的化学需氧量总量控制指标 3t/a。即使按本项目新建污水处理设施（08 子项）的最大处理能力 250 m³/d 估算，COD 年排放量约为 2.83t，仍可满足排污许可批准的化学需氧量总量控制指标 3t/a 的要求。

（3）噪声

本项目噪声源主要来自切割、熔炼以及铸造工序。本项目噪声源均位于室内，根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021)，室内声源可采用等效室外声源声功率级法进行计算。假设靠近开口处（或窗户）室内、室外某倍频带的声压级或 A 声级分别为 Lp1 和 Lp2。若声源所在室内声场为近似扩散声场，则室外的倍频带声压级可按下式近似求出：

$$Lp2 = Lp1 - (TL + 6)$$

式中：Lp1——靠近开口处（或窗户）室内某倍频带的声压级或 A 声级，dB；Lp2——靠近开口处（或窗户）室外某倍频带的声压级或 A 声级，dB；TL——隔墙（或窗户）倍频带或 A 声级的隔声量，dB。01 和 02 子项均为钢筋混凝土框架，墙体为 200mm 砖墙结构，其 TL 大于 50 dB，这里取 50。

主要噪声源统计见表 6.10。

表 6.10 主要设备噪声值统计

设备名称	设施子项	与东侧厂界距离, m	与南侧厂界距离, m	设备噪声值 Lp1, dB(A)	室外声压级 Lp2 , dB(A)	备注
电弧炉	02	~157	~130	85~95	39	密闭罩
LF 钢包精炼炉	02	~127	~150	85	29	外噪声值

中频炉	02	~160	~120	95	39	无密闭罩
多刀剪	01	~180	~90	90	34	
落砂机	02	~65	~170	100-110	54	
打磨设备	02	~110	~120	90-100	44	

湖南宏华近年厂界噪声监测结果(表4.9)可知,昼间为42~58dB(A),夜间为41~47dB(A)。本项目主要噪声源室外声压级与厂界噪声背景值相当。此外,01和02子项距厂界边界有一定的距离,考虑噪声随距离的衰减,本项目主要噪声源导致的厂界噪声增量可忽略不计,可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)的要求。

第七章 事故工况的环境影响

7.1 事故分析

根据放射性污染废金属熔炼生产线项目初步设计及已有运行经验，梳理了事故谱，并就事故可能产生的主要原因、后果和需采取的主要预防措施，以及事故发生时，所必须采用的缓解措施进行分析说明，详见表 7.1。

从辐射安全角度看，对工作人员影响最严重的是废物箱跌落事故，而漏炉、穿炉事故、过滤器失效事故的辐射危害较小。从环境影响角度看，过滤器失效事故会增加工作人员和公众的受照，其他事故对环境影响不明显。

表 7.1 放射性污染废金属熔炼生产线设施事故谱

序号	事件(事故)名称	事件起因	事件(事故)后果	缓解措施	预防措施
1	过滤器失效事故	①断电，排风停止；②过滤器失效；③人为停机。	排风停止或人为停机，工作人员受到不必要的照射。过滤器失效会造成对周围环境及公众造成影响。	立即停止一切放射性活动，工作人员撤离现场；立即启动备用风机、恢复现场通风；检修人员，佩戴呼吸器，进入现场进行设备维修或过滤器更换。	定期对通风系统进行维护；在工作前对通风系统进行检查，发现异常及时处理；定期对通风系统进行预防性维修。
2	电弧炉漏炉、穿炉事故	①炉衬局部过度侵蚀；②水冷系统故障；③筑炉与烘炉质量差。	放射性气溶胶的短期释放，对周围环境产生一定的影响。	炉衬局部无发红现象，立即停电，将炉内钢水倒入应急坑内，保持冷却水正常工作，待炉体冷却后，再关闭冷却水进行检查；炉衬有发红现象，无钢水渗出，立即停电，将炉内钢水倒入应急坑内，保持冷却水正常工作，待炉体冷却后，再关闭冷却水进行检查；炉衬有发红现象，有钢水渗出，立即停电停水，采取紧急应急措施处理。	开炉前进行日常安全巡检；加强操作人员熔炼炉操作规程和熔炼岗位应急处置措施安全教育培训；装料前，必须对入炉材料进行再次检查，不得将有易爆、密封容器或潮湿、含油的金属物料装入炉内；冶炼前进行补炉，主要修补出钢口侧和渣线等易损部位，以维持炉衬寿命。
3	精炼炉漏炉、穿炉事故	①钢包内衬侵蚀超标；②钢包烘烤不当；③钢包结构或焊缝缺陷。	发生漏钢并可能导致精炼区、运输途中或浇筑区设备损毁；若在吊运中漏钢，钢水可能烧断钢丝绳，导致钢包坠毁	紧急停止作业：立即停止吹氩、加热等操作，升起电极；安全转移钢包：在确保安全的前提下，操作吊车将泄漏钢包迅速、平稳地吊运至专用的应急事故钢包坑。组织钢水转移：用备用钢包对漏包内剩余钢水进行紧急承接；紧急疏散与隔离。	推广使用钢包内衬激光自动测厚系统，在每次使用后快速扫描评估；对精炼炉水冷部件（如炉盖）执行严格水温、流量差监测报警与连锁；实施“钢包全生命周期管理”，一包一档，强制规定使用次数和检修周期；确保钢包烘烤时间与温度达标，特别是新包和冷包；每日检查精炼炉下方、钢

序号	事件(事故)名称	事件起因	事件(事故)后果	缓解措施	预防措施
					水运输线地面有无积水、有无油污。
4	高温熔融物爆炸	熔炼金属接触潮湿物料、地面积水或泄露的冷却水	发生爆炸，造成人员伤亡，设备损毁	紧急停炉与撤离，并触发报警器，所有人员撤离；使用干燥沙土或专用灭火剂覆盖；远程控制迅速隔离事故炉的能源供应。	所有入炉废钢、金属必须在干燥区域存放，潮湿物料经烘干处理，熔炼车间地坪必须防水、防渗并保持坡度，确保无积水；设置带盖的干燥应急储存坑；对炉衬厚度、冷却水系统进行在线实时监测与报警
5	可燃气体爆炸	①火焰机器人使用的乙炔燃气泄漏；②切割火花引燃可燃物	造成设备损毁、结构破坏及人员伤亡	燃气报警后，远程紧急切断气源；关闭相关区域防火门，防止火灾蔓延；使用灭火器扑灭初期火灾；迅速撤离至爆炸冲击波范围外的安全集合点。	使用阻燃管、防爆设备，设置可燃气体探测报警系统；对建筑进行防爆泄爆设计，采用墙体防爆和防火防爆门，屋顶泄爆方式。
6	火灾	①切割、焊接、炉渣引入火种；②电缆老化造成短路。	人员烧伤、造成人身伤害，系统设备损坏。	停止放射性操作，人员迅速撤离现场；用现场灭火器灭设施；请求当地消防人员支援；对灭火后的场地，进行污染监测，对因灭火造成的污染进行去污。	设置安全消防报警系统；设置移动式灭火器及消防栓；对电气设备及在用电缆进行定期检查，发现问题及时维修或更换；采用无烟阻燃电缆，防止电气短路和老化引起的火灾；杜绝人为因素造成的火灾。
7	中毒	①电弧炉、精炼炉内碳氧不完全燃烧产生大量CO气体，炉门、炉盖等密封不严，或烟气净化系统泄露，导致CO进入车间工作区域；②在烟道、除尘器等有限空间进	人员昏迷、呼吸衰竭	立即撤离，远程启动事故区域强制排放系统，并隔离泄漏源；立即呼叫救援。	确保控制室内维持正压通风，防治有害气体渗入；在车间易泄露点安装CO浓度检测报警仪

序号	事件(事故)名称	事件起因	事件(事故)后果	缓解措施	预防措施
		行检修，通风不良导致 CO 积聚。			
8	窒息	①精炼过程吹入的氩气发生大规模泄露； ②人员进入长期密闭、通风不良的氩气间	在氧含量低于 10% 的环境中，可能导致人员昏迷	立即使用风机向事故空间送入新鲜空气；将伤员置于通风处，给予纯氧吸入。	阀门采用防泄漏设计，氩气间设置可燃气体探测器和可燃气体报警控制器，并与事故风机连锁
9	人员触电	①线路老化；②违反安全操作规程。	人员伤亡，设备损坏。	立即切断电源；立即抢救受伤人员，将其转移至安全区域；如人员受伤严重，应立即将其送往附近医疗机构。	加强人员培训，提高人员安全意识；及时检查变电及供电线路，保证绝缘良好；操作人员熟练掌握操作规程，避免误操作。
10	高处跌落	①违反安全操作规程；②安全保护措施失效。	人员伤亡。	立即救护、医疗。	加强安全教育；严格操作架的安全检查；高空作业系安全带并进行有效性检查。
11	物体打击	①开箱操作时，螺栓崩飞②分拣时金属部件滑落③切割时碎块飞溅。	人员伤亡。	立即停止作业，封锁现场；立即救护、医疗。	使用扭矩可控的电动扳手；设置稳固作业平台；机器人切割区全封闭；全程正确佩戴安全帽、防护面罩。
12	停电	①隔离故障电源； ②检查备用电源； ③恢复供电与检查。	导致熔炼炉和电弧炉可能同时失电，引发设备损失。	运行人员立即赶赴现场，在确认非故障母线电压正常后，手动合上母联开关。	对母联开关进行冗余配置；每月定期模拟切换试验；运行人员熟练掌握手

序号	事件(事故) 名称	事件起因	事件(事故)后果	缓解措施	预防措施
					动切换试验。

湖南宏华放射性核素污染废金属熔炼生产线项目在运行过程中可能发生的运行事件主要包括过滤器失效、高温熔融物爆炸与漏炉、穿炉等事件。其中导致放射性核素环境释放，可能对周边环境和公众造成影响的事件包括过滤器失效与电弧炉漏炉、穿炉等事件

（1）过滤器失效

➤ 事件起因

通风系统因断电、排风停止、过滤器失效或人为停机等原因造成通风系统的不能正常运行。

➤ 事件后果

通风系统断电、排风停止或人为停机，会造成工作场所辐射水平升高，工作人员受到不必要的照射。

过滤器失效会造成放射气载流出物的超标排放，对周围环境及公众造成影响。

➤ 预防性措施

为了防止通风系统故障的发生，将采取如下措施：

- ① 定期对通风系统进行维护；
- ② 在工作前对通风系统进行检查，发现异常及时处理；
- ③ 定期对通风系统进行预防性维修；
- ④ 在过滤器进出口安装压差表，用于监测过滤器的堵塞情况，及时更换过滤器的滤芯。

➤ 缓解措施

当发生断电、排风停止或人为停机时，采取的主要缓解措施为：

- ① 立即停止一切放射性活动，放射性水平较高区域的工作人员撤离现场；
- ② 立即启动备用风机、恢复现场通风；
- ③ 检修人员进行检修，尽快恢复通风。

➤ 失效后果分析

假设放射性污染金属熔炼生产线厂房高效过滤器（过滤效率99.9%）发生穿透失效事故，在进行异常分析时偏保守按照1天（即24h）后发现，根据现有核设施运行情况，发生失效事故时气载流出物的放射性活度浓度最大为 $0.5\text{Bq}/\text{m}^3$ ，熔炼厂房通风系统（渣处理间及中频炉的局部排风系统）在最大通风情况下通风量约为 $12600\text{m}^3/\text{h}$ ，则厂房向环境释放的放射性总活度为 $1.51\times10^5\text{Bq}$ 。

（2）电弧炉漏炉、穿炉事件

➤ 事件原因

电弧炉熔炼过程中可能发生漏炉、穿炉。造成漏炉、穿炉事件的可能是炉衬局部过度侵蚀、水冷系统故障、筑炉与烘炉质量差等原因，造成炉门口两侧和出钢口两侧被烧穿，炉壁水冷板、炉盖等因漏水或冷却不足而烧穿，炉衬打结不实、烘烤升温曲线不当，导致烧结层强度不足，在冶炼中早期发生穿透。

➤ 事件后果

一方面炉衬打结时局部带进杂质而未被发现，造成熔炼时从上述缺陷处穿出，另一方面还会造成放射性气溶胶的短期释放，对周围环境产生一定的影响。

➤ 预防性措施

为了防止熔炼过程中漏炉、穿炉事件的发生，将采取如下措施：

- ① 开炉前进行日常安全巡检，仔细检查炉衬厚度及炉衬状况、
- ② 冷却水路、电器仪表、接地电阻、水温报警、漏炉报警等处于正常状态，确保炉前地坑、渣坑、地面干燥无积水，炉满足运行要求，耐火材料层厚度符合要求，肉眼检查炉衬内壁无明显裂纹；
- ③ 加强操作人员熔炼炉操作规程和熔炼岗位应急处置措施安全教育培训；
- ④ 装料前，必须对入炉材料进行再次检查，不得将有易爆、密

封容器或潮湿、含油的金属物料装入炉内；

⑤ 熔炼期间，操作人员要随时观察炉内金属熔化状况，注意经常捣料，捣料时应注意防止猛烈撞击及撬动炉衬，防止炉料产生“挂料”和“结壳”现象。熔炼过程中“结壳”的发生及处理：

⑥ 熔炼过程中按工艺要求仔细加料，确保加料干净，开始阶段对废旧金属先进行预热烘烤，容量过程中注意观察炉况，及时撇渣。以免出现“结壳”现象；

⑦ “结壳”会造成下部熔池内熔融金属温度过高，可使炉衬快速烧蚀，并随时有“爆炸”的危险；

⑧ 若不能及时熔化出孔洞，需立即断电停炉，待炉内熔融金属冷却之后再处理。

➤ 缓解措施

当该事故发生后，采取的主要缓解措施为：

① 当漏炉报警电流异常增大时，通过视频监控观察，如炉衬局部无发红现象，立即停电，将炉内钢水倒入应急坑内，保持冷却水正常工作，待炉体冷却后，再关闭冷却水进行检查；

② 如炉衬有发红现象，无钢水渗出，立即停电，将炉内钢水倒入应急坑内，保持冷却水正常工作，待炉体冷却后，再关闭冷却水进行检查；

③ 如炉衬有发红现象，有钢水渗出，立即停电停水，采取紧急应急措施处理，尽量将损失减少到最小程度。

➤ 事件分析

假设熔炼炉单次最大熔炼量为 5t 废旧金属，在穿炉事件发生后，5t 铁水完全翻入熔炼间内，考虑到放射性废金属进入电弧炉冶炼前，其放射性活度浓度 $\leq 8 \text{Bq/g}$ ，即保守考虑浓度取值为 8Bq/g ，按照熔融状态下的金属自由溅落在空气中考虑，释放因子偏保守按照 0.01 考虑。事件发生后放射性气溶胶产生量为 $4 \times 10^5 \text{Bq}$ 。

由于运行过程中工作人员不在熔炼间，事件后对工作人员不会造成内、外照射影响。

在漏炉、穿炉事故情况下，气溶胶通过旋风除尘器、滤筒过滤装置和一级初、高效过滤器处理后，通过排风筒排入大气。在进行事件分析时，考虑漏炉或穿炉可能造成的熔融状态的金属短时间倒入应急坑引起局部温度升高过快，可能对净化系统造成损伤，在事件时排风系统净化效率偏保守按照 1 级净化措施失效考虑，即其它净化措施净化效率按照 99% 计算。则通过排风筒向环境排放的量为 $4 \times 10^3 \text{Bq}$ 。漏炉、穿炉事故向环境的排放量低于过滤器失效事故向环境的排放量。

7.2 事故工况的环境影响

7.2.1 事故源项

根据以上事故的分析，可知熔炼岗位的过滤器失效事件造成的放射性气溶胶的短期环境释放量大于电弧炉漏炉、穿炉事件。因此将以熔炼岗位过滤器失效事件进行本项目事故工况的后果分析。

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 NRC RG.1.145《核电厂潜在事故后果评价的大气弥散模式》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，选取不同距离的最大扩散因子进行剂量估算，不同距离的短期扩散因子计算的结果见表 7.2。由此可知，本项目事故工况所致的最大个人有效剂量出现在距离排放

点 600m 处。

表 7.2 事故工况的扩散因子 (s/m³)

下风向距离(m)	
200	1.70E-04
600	2.00E-04
700	1.91E-04
1500	7.94E-05
2500	5.73E-05
3500	4.31E-05
4500	3.40E-05
5500	2.77E-05
6500	2.32E-05
7500	1.99E-05
8500	1.72E-05
10000	1.42E-05

7.2.4 结果评述

本项目事故工况距离排放点 600m 处所致婴儿组、幼儿组、少年组和成人组的个人有效剂量分别为: $5.14 \times 10^{-8} \text{Sv}$ 、 $3.07 \times 10^{-8} \text{Sv}$ 、 $4.90 \times 10^{-8} \text{Sv}$ 、 $5.67 \times 10^{-8} \text{Sv}$ 。表 7.3 中列出了过滤器失效事故中各核素对于成人组的影响。过滤器失效事故所致最大个人有效剂量为 $5.67 \times 10^{-8} \text{Sv}$ (600m 处成人组), 低于事故剂量控制值 (1mSv)。关键核素为 ^{234}U , 所致个人最大有效剂量的贡献为 52.9%; 核素 ^{238}U 所致个人最大有效剂量的贡献为 45.1%。关键照射途径为吸入内照射, 关键核素为 ^{234}U 。

表 7.3 各核素对公众(成人组)最大的剂量影响(Sv)(600m)

核素	照射途径			合计	份额, %
	空气浸没	地面沉积	吸入		
U-234	5.33E-17	1.45E-13	3.00E-8	3.53E-08	5.29E-01
U-235	2.82E-15	5.34E-15	1.11E-9	1.99E-09	1.96E-02
U-238	2.75E-17	1.23E-13	2.56E-8	3.01E-08	4.51E-01
合计	2.90E-15	2.73E-13	5.67E-08	6.74E-08	1.00E+00

份额, %	5.12E-08	4.82E-06	1.00E+00	1.00E+00	-
-------	----------	----------	----------	----------	---

7.3 环境风险评价

7.3.1 物质风险识别

本项目的风险物质为醇基涂料、乙炔、液氧。依据《危险化学品名录》(2022年)，本项目使用的醇基涂料以乙醇为载体，具有易燃特性；本项目使用的乙炔属易燃气体；本项目使用的液氧属非易燃无毒气体。本项目主要危险化学品年用量及储存量见下表。

表 7.4 本项目危险化学品使用及贮存情况一览表

序号	名称	用量, t/a	最大贮存量, t
1	醇基涂料	29.4	2
2	乙炔	0.25	0.14
3	液氧	85.3	5

7.3.2 环境风险潜势初判

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)附录C，危险物质数量与临界量比值(Q)按下式进行计算：

$$Q = \frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \dots + \frac{q_n}{Q_n}$$

式中：q1, q2……qn-每种危险物质的最大存在量, t; Q1, Q2……Qn-每种危险物质的临界量, t。

当 $Q < 1$ 时，该项目环境风险潜势为 I。

当 $Q \geq 1$ 时，将 Q 值划分为：(1) $1 \leq Q < 10$; (2) $10 \leq Q < 100$; (3) $Q \geq 100$ 。

本项目危险物质总量与其临界量比值(Q)计算结果见下表。

表 7.5 本项目危险物质总量与其临界量比值(Q)一览表

序号	物质名称	最大存在总量, t	临界量, t	Q
1	醇基涂料	2	500	0.004
2	乙炔	0.14	10	0.014
3	液氧	5	200	0.025
合计				0.043

由上表可知：本项目 $Q=0.043$ ，属于 $Q < 1$ 。该项目环境风险潜势为I。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）表1 风险评价等级划分表，本项目的环境风险评价等级为简单分析。

7.3.3 环境敏感目标

本项目环境敏感目标为厂区周边大气环境。

7.3.4 环境风险识别

风险识别范围包括生产过程中所涉及的物质和生产设施风险识别。风险类型根据有毒有害物质释放起因，分为火灾、爆炸、泄露和中毒四种类型。通过对本项目风险识别，本项目环境风险汇总见下表。

表 7.6 本项目环境风险识别表

序号	危险源	物质名称	环境风险类型	环境影响途径	环境敏感目标
1	02 子项	醇基涂料	火灾、爆炸	使用过程中人为操作失误	环境空气
2	02 子项	乙炔			
3	02 子项	液氧			

7.3.4 环境风险分析

本项目辅助材料库房（05子项）按照危险化学品专用贮存库房设计，分区存放02子项铸造使用的辅助材料，如醇基涂料、润滑油、乙炔气体等。本子项暂存小型包装容器物料由人工搬运，较大型包装容器物料由搬运小车等辅助运输。电弧炉吹氧所需氧气以气瓶形式在

天然核素污染金属熔炼设施（02子项）专设暂存房间分区存放。本项目运行过程中工作人员严格按照操作规程使用醇基涂料、乙炔等。

本项目危险化学品贮存及使用量少，且远离公众等敏感目标，在采取一定的工程措施后，本项目的环境风险可控。

7.3.5 风险防范措施

为加强对危险化学品的安全管理，预防和减少危险化学品的事故发生，确保安全生产正常进行，针对危险化学品的操作量和贮存量的特点，湖南宏华制定了《湖南核工业宏华机械有限公司危险化学品管理实施细则》。通过严格执行细则中的风险防范措施，本项目可能导致的环境风险是可以接受的。

为防范醇基涂料、乙炔等气体发生火灾或爆炸，湖南宏华制定的风险防范措施，具体包括：

（1）运输危险化学品的车辆持有有关国家标准资质证书，且在运输危险物品时，有防泄漏、防火、防爆炸等措施，危险化学品的装卸和运输，指派责任心强、熟知危险化学品性质和安全防护知识的人员承担。

（2）装运易燃、易爆危险化学品的机动车，悬挂“危险品”信号，罐车要挂接静电导链。

（3）库房、货场区装卸作业结束后，彻底进行安全检查。

（4）两种性质相互抵触的危险物品，不得同时装运和同库存放。

（5）危险化学品装卸前，检查仓库、货区，车体应干，车内不得留有残渣。

（6）气瓶厂内运输按照气瓶使用安全操作规程相关要求执行。

（7）储存实行双人收发、双人保管、禁止非岗位人员和本岗位无关人员接触，凡进入危化品暂存间工作时，必须双方保管员同时到达方可开启、关闭库门，保管员必须妥善保管钥匙，随身携带。

(8) 危险化学品、气瓶暂存间严格执行出入库发放制度，根据安全库存量储存，不得超量储存。入库时要严格分类、分区、分架、分批次存放，有相应标识牌，不得乱放。对入库的重量不超过25kg液体桶装危险化学品，叠放高度不得超过3桶，其余叠放不得超过1桶；入库的固体危险化学品，叠放的高度不得超过2米，以防倾倒造成泄漏等事故。储存场所设置明显的安全警示标志或配置相关的安全防护设施，安装防爆摄像头，进行24小时联网监控，危险化学品贮存场所一书一签（化学品安全技术说明书、化学品安全标签）齐全。

(9) 危险化学品入库前均进行检查验收，检查入库物品是否与计划品种相符，安全标识是否齐全有效，包装有无破损和泄，经确认无误后方可入库。在储存期内，定期检查，发现其品质变、泄漏、稳定剂短缺等，及时处理，包括库房温度、湿度应严格控制，经常检查，及时调整。

(10) 禁止在危险化学品暂存间堆积可燃废弃物品，泄露和渗透化学品的包装容器应迅速移至安全区域，保持良好的通风，按规定配备消防器材，照明及开关采用防爆型电器，并定期检查并确保器材的有效可靠。

(11) 暂存易燃、易爆物料的库房附近，不准进行封焊、维修、动用明火等可能引起火灾的作业。如因特殊需要进行这些作业，必须办理《动火证》，经批准后，采取安全措施，派员进行现场监护，备好足够的灭火器材。作业结束后，对现场认真进行检查，切实查明未留火种后，方可离开现场。

(12) 危化品暂存间建立危险化学品登记台账。领用时由各班组长根据当班生产实际用量填写领料单，经主管负责人签批后由专人领取搬运，暂存间管理员要认真做好登记，并向领用人说明危化品搬运使用要求。

(13) 危险化学品凭领料单发放，并将品名、规格数量、供货

商名称记录于物料出库登记表，然后由领料人签名。

(14) 使用危险化学品的岗位，配置所接触的危险化学品《安全技术说明书》和安全标签，从业人员熟知物品的危险性质、预防措施、物品保管、使用、安全防护及事故应急救援等。

(15) 使用危险化学品时，根据作业过程中的火灾危险和毒害程度，采取必要的防火、防爆、防毒、通风降温、防腐、防潮、泄压、监测、报警、避雷及接地等安全设施。

第八章 流出物监测和环境监测

8.1 流出物监测

8.1.1 流出物监测的目的

- (1) 判明本项目运行过程放射性流出物中放射性物质的排放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，以便于对各种净化装置的效率进行评估；
- (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的所有流出物均纳入常规监测范围；
- (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 气载流出物监测

本项目放射性气载流出物来自厂房的局部排风和全面排风。

在 30m 排气筒设置气溶胶连续监测仪、颗粒物连续检测仪、烟气参数连续监测装置（监测项目：温度、压力、流速）和固定取样点。在线监测装置具有记录和贮存的功能，超限报警，报警阈值可调（与

监测装置同步)。在线连续监测分析项目为总 α 、总 β 、TSP，用于及时发现异常，做到有控排放。

本项目30m排气筒固定取样点气载流出物分析项目为总 α 、总 β 和总U，取样频次为1次/季。颗粒物、氮氧化物监测频次为1次/季。

8.1.4 非放液态污染物监测

非放废水汇入原有生活污水排放管网，进行定期取样监测，监测频次为1次/月，监测项目为总 α 、总 β 、化学需氧量、pH、色度、悬浮物、五日化学需氧量、氨氮、总磷、总氮等。

8.2 环境监测

为及时掌握湖南宏华运行对环境带来的影响，湖南宏华对厂址周边环境开展常规环境监测。环境监测介质包括大气、土壤、沉降灰、生物样、水样、环境 γ 辐射以及噪声。本项目环境监测计划纳入全厂环境监测计划。本项目厂区外环境监测计划见表8.1。厂区外环境监测布点见图8.1。

表8.1 运行期厂区外环境监测计划

监测介质	监测点	监测项目	监测频次
γ 辐射剂量率	S：南陂村 NE：华联社区	γ 辐射空气吸收剂量率	1次/季度
气溶胶	S：南陂村 NE：太山村	总 α 、总 β 、总U	1次/半年
土壤	S：南陂村 NE：太山村	总 α 、总 β 、总U	1次/半年
生物	S：南陂村 NE：太山村	总 α 、总 β 、总U	1次/年 (收获期)

环境水	总排口下游湘江	总α、总β、总U	1次/半年
声环境	01厂房S方位厂界、 02厂房E方位厂界	噪声	1次/季
环境空气	华联社区、南陂村	颗粒物、氮氧化物	1次/半年



图 8.1 厂区外环境监测布点图

8.3 质量保证

在监测过程中，为保证监测结果准确可信，严格执行《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021)，对监测分析的全过程进

行严格的质量控制。

(1) 从事环境监测的人员掌握辐射防护的基本知识，正确熟练掌握辐射环境监测中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按国家规定定期检定。

(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 结论

9.1 工程概况

湖南宏华是目前国内唯一从事熔炼处理放射性污染金属及再循环利用的环保企业，负责处理中核集团内厂矿、科研院所及其他涉核军工单位在退役、生产、技改、科研过程中产生的放射性污染金属。当前，伴随我国核工业运行和退役工作，有大量的放射性污染废金属急需处理处置，这对湖南宏华目前的处理能力和技术水平提出了挑战。同时，湖南宏华现有处理能力为 2500t/a 的核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理设施陈旧老化，不具备通过延寿技改方式实现转型升级的条件，难以满足现代化安全生产管理要求。核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理设施的辐射安全许可证将于 2026 年 9 月到期，届时将不能满足目前大量的天然核素污染金属处理需求。

通过放射性污染金属熔炼生产线项目建设，替代现有核工业铀矿冶放射性污染金属熔炼处理设施，天然核素污染金属处理能力由现有设施的 2500t/a 提升至 4500t/a，并具备 4200t/a 高锰钢耐磨铸件产品生产能力。不仅能够满足国家对放射性污染废金属处理的相关政策要求，同时能够提高放射性污染废金属熔炼去污和循环再利用过程中的工业安全和辐射安全水平，并提升处理能力和产品质量，有利于开拓新的循环再利用产品市场，为天然核素污染金属提供出路。

本项目拟建设年处理能力 4500t 吨天然放射性核素污染金属和 4200t 高锰钢耐磨铸件产品的天然核素污染金属熔炼设施以及 1500t 天然放射性核素污染金属接收能力的天然核素污染金属暂存库，同时建设模具库房、辅助材料库房、室外工程等相应的配套设施。

9.2 运行过程废物的产生及处理

9.2.1 废气

放射性废气主要来源于金属熔炼及分拣切割过程中产生的放射性气体。渣处理间、中频炉和电弧炉产生的烟气分别经布袋除尘器和初高效过滤器过滤后，通过引风机引入 30m 烟囱排放。分拣切割产生的气溶胶经初高效过滤器过滤后，通过引风机引入 30m 烟囱排放。

9.2.2 废水

本项目熔炼工艺采用干法操作，不产生放射性废水。事故工况下，本项目可能造成工作场所表面污染，采用擦拭去污的方式进行处理，不产生放射性废水的排放。正常工况下产生的废水主要为人员淋浴废水、洗衣废水和设备冷却水排污水，经污水处理设施处理达标后排放。

9.2.3 固体废物

本项目产生的放射性固体废物主要包括口罩、工作服、抹布、废纸等可燃废物、金属废物、过滤器芯、熔炼渣、炉衬、切割粉尘等。放射性不可燃固体废物送中核二七二铀业有限责任公司尾矿库处置，待该尾矿库退役后拟送至永州市湖南稀土集团低放伴生矿物料综合处置场填埋；其他放射性废物由建设单位交由中核清原代为处置。建设单位与中核清原签订了《放射性废物外运贮存/处置服务合同》，由中核清原对建设单位产生的非金属放射性废物进行整备、包装、运输、处置工作。本项目产生的非放办公垃圾由市政环卫部门统一清运处理。

9.3 环境质量状况

从近几年辐射环境现状调查结果可以看出，该地区的辐射环境水平处在该地区天然本底水平。评价区内非放环境空气质量，各项监测值均低于相关标准的规定值。

9.4 环境影响分析

9.4.1 施工期的环境影响

施工过程中物料储运、交通运输、场地开发利用都可能对环境造

成一定的影响，但这些影响是短期的、局部的。通过制定和采取一系列切实有效的污染防治措施，加强管理，可以将施工期间的环境影响降低到最低程度。施工结束后，及时清理场地并进行绿化，可是使环境得到恢复。

9.4.2 正常工况的环境影响

在本项目正常运行工况下，公众最大个人有效剂量为 3.07×10^{-6} Sv/a，关键居民组为南陂村成人组，约占本项目剂量约束值（0.03mSv/a）的10.2%。关键核素为²³⁴U，其对公众成人组最大个人有效剂量的贡献额为50.7%，其次为²³⁸U，占公众成人组最大个人有效剂量份额为48.2%；关键途径为地表沉积外照射，占最大个人有效剂量的46.9%，其次为地面沉积外照射，占最大个人有效剂量份额为40.6%。 10km 评价范围内总的年集体剂量为 2.91×10^{-2} 人·Sv。正常工况下本项目对周边公众的辐射环境影响是可以接受的。

9.4.3 非放环境影响

本项目正常运行过程中，熔炼厂房在切割、熔炼过程中会产生少量的颗粒物和氮氧化物，其排放满足《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)规定限值的要求。本项目外排废水包括循环冷却水的排污水和生活污水，经处理满足《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级排放标准后，排入湖南宏华生活污水管网。本项目噪声源均位于室内，主要噪声源室外声压级与厂界噪声背景值相当。经评价，本项目正常运行不会对周边环境质量产生影响。

9.4.4 运行期事故的环境影响

本项目运行期间事故工况所致最大个人有效剂量为 5.67×10^{-8} Sv(600m处成人组)，低于事故剂量控制值(1mSv)。关键照射途径为吸入内照射，关键核素为²³⁴U，所致个人最大有效剂量的

贡献为 52.9%；核素 ^{238}U 所致个人最大有效剂量的贡献为 45.1%。事故工况下对环境的影响可以接受。

综上所述，本项目在正常工况下对环境的影响很小，事故工况对环境的影响可以接受，从环境影响的角度分析，该项目是可行的。

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 正常工况下的大气扩散模式

1.1.1 基本公式

1) i风下风向不同距离的长期扩散因子的计算公式为：

$$\left(\frac{X}{Q}\right)_i = \frac{2.032}{X} \frac{\exp(-h^2/2\sigma_{zj}^2)}{\sigma_{zj}} \frac{g^m}{k} \frac{P_{ijk}}{u_{jk}} \dots \quad (1.1)$$

式中：

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

i、j 和 k 分别为风向、稳定性度和风速组；

m: 风速组的数目；

P_{ijk} : i风向，j稳定性度和k风速组的天气频率。

Q: 释放率， $Bq \cdot s^{-1}$ ；

y_j : j稳定性度的横向扩散参数，m；

z_j : j稳定性度的垂向扩散参数，m；

h: 有效排放高度，m；

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

2) 横向和垂向扩散参数的取值如表 1 所示：

表 1 扩散参数系数表达式

稳定性度	y	z
A~B	$0.32x(1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.24x(1+0.001x)^{1/2}$
C	$0.22x(1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.20x$
D	$0.16x(1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.14x(1+0.0003x)^{-1/2}$
E~F	$0.11x(1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.08x(1+0.0015x)^{-1/2}$

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，计算过程如下：

(a) $X \leq X_m$ 时, 长期扩散因子取(1.1)式的计算结果

X_m 值由下式计算：

$$\sigma_z(Xm) @ \frac{Hm0\ h}{2.15} \dots \quad (1)$$

2)

(b) $X \geq 2X_m$ 时, 长期扩散因子按下式计算:

$$\left(\frac{F}{O}\right)_i @ \frac{8}{\pi \chi H_m} \hat{a} \frac{P_{ijk}}{u_{jk}} \dots \quad (1.3)$$

$$(c) X_m \leq X \leq 2X_m$$

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 计算参数

(1) 有效排放高度

$$h @ h_g . \text{ } Gh \quad (14)$$

武中

h_g : 烟囱或排气口的几何高度, m;

Δh : 烟羽抬升高度, m;

由于核设施气载排放一般为冷排放，因此不考虑热力抬升，仅考虑动力抬升和下曳影响下的抬升。

(2) 烟羽抬升高度 Δh 的计算

对于中性和不稳定天气条件， Ah 的取值如下：

$$Gh@144D \overset{\text{NW}_0}{\underset{\text{e u}}{\overset{\circ}{\underset{\circ}{\text{c}}}}} \overset{\text{N}X\text{O}}{\underset{\text{O e D O}}{\overset{\circ}{\underset{\circ}{\text{c}}}}} 0 C \quad \dots \quad (1.5)$$

式中：

W_0 : 烟囱出口处的烟气流速, $m \cdot s^{-1}$;

D：烟囱出口处内径；

u : 烟囱高度处的风速 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;

C 为下曳校正因子 $[W_0^3 \cdot u \text{ 时 } C @ 0, \text{ 否则 } C @ 3(1.50 \frac{W_0}{u})D]$

对于稳定条件，按下面三式计算 Δh 值，取其小者

$$\begin{aligned}
 & Gh @ 1.44 D \frac{\tilde{N}W_0}{\dot{\epsilon} u O}^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{\tilde{N}X}{\dot{\epsilon} D O}^{\frac{1}{3}} \\
 & Gh @ 4 \frac{\tilde{N}Fm}{\dot{\epsilon} s O}^{\frac{1}{4}} \\
 & Gh @ 1.5 S^{\frac{1}{6}} \frac{\tilde{N}Fm}{\dot{\epsilon} u O}^{\frac{1}{3}}
 \end{aligned} \quad \dots \quad (1.6)$$

式中: $Fm@W_0^2 \frac{\tilde{N}D_0}{\epsilon 20}$; $S@ \frac{8.7 \cdot 10^4}{1.75 \cdot 10^3}$ 对E类天气
对F类天气

(3) 平均风速

排放高度处的风速由下式计算

$$u @ u_{10} \xrightarrow{\tilde{N} h_0^n} \frac{1}{e^{100}} \dots \quad (1.7)$$

式中：

u : 排放高度处的风速, $m \cdot s^{-1}$:

u_{10} : 为地面 10m 高度处的风速, 取值见表 2;

h : 有效排放高度, m;

n: 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)	0.6	1.4	2.3	3.6	5.4	6.6
---------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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	0.30

*表中数据来自《中国环境影响评价培训教材》

1.1.3 烟羽损耗

由于干沉积、湿沉积及放射性核素的衰变过程，将造成烟羽中放射性核素含量的减少，描述干、湿沉积的耗损采用源耗减模式。

(1) 干沉积

干沉积造成的耗损由下式计算

$$F_D @ \exp_0^{\hat{e}} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{V_d}{u} \hat{O}_o^x \exp_0^{\tilde{N}} \frac{h^2}{2\sigma_z^2} \frac{1}{\sigma_z} d\hat{x}^u \\ \dots \quad (1.9)$$

式中：

C , C' 为校正前后的空气浓度, $Bq \cdot m^{-3}$;

V_d : 沉积速度, $0.002 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

F_D : 干沉积校正因子。

(2) 湿沉积

湿沉积造成的耗损由下式计算

$O @al$ (1.12)

式中：

C , C' 为校正前后的空气浓度, $Bq \cdot m^{-3}$;

F_w : 湿沉积校正因子;

：冲洗系数， s^{-1} ；

α : 冲洗比例常数, $h \text{ (mm}\cdot\text{s)}^{-1}$, 计算中取 1.6×10^{-4} ;

I: 降雨率, mm·h⁻¹

(3) 放射性衰变

(4) 烟羽的地表沉积

放射性沉积于地表有两个过程：即干沉积和湿沉积（亦称冲洗）

(a) 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

式中：

A_d : 干沉积率, $Bq \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$;

C': 校正后的地面空气浓度, $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

短期干沉积因子 (m^{-2}) 为:

$$W_D @ \frac{A_d}{Q} \dots \dots \dots \quad (1.15)$$

长期干沉积因子 (m^{-2}) 为:

$$\overline{W_{Di}} @>{\text{---}}>> P_{ijk} W_{Djk} \quad (1.16)$$

(b) 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：

$$A_w @ \frac{OQ}{\sqrt{2\pi}\sigma_y u} \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad \dots \quad (1.17)$$

)

式中：

A_w : 湿沉积率, $Bq \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$;

其他符号同前。

短期湿沉积因子 (m^{-2}) 为:

$$W_w @ \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_y u}} \exp \left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right] \quad (1.18)$$

长期湿沉积因子 (m^{-2}) 为:

$$\bar{W}_{wi} @ \frac{8l_i B_i}{\pi \bar{u}_i} \quad (1.19)$$

式中:

l_i : 冲洗常数, 计算中取 $1.8 \times 10^{-8} a \cdot (mm \cdot s)^{-1}$;

B_i : i 风向的年降雨量 ($mm \cdot a^{-1}$);

\bar{u}_i : 年均风速, $m \cdot s^{-1}$ 。

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

$$C_p @ [C_p(1), C_p(2)] \exp(-\lambda t_p) \quad (1.20)$$

$$C_p(1) @ 3.15 \times 10^7 Q (\bar{W}_{Di}, \bar{W}_{Wi}) \frac{R \pi [10 \exp(-\lambda t_n)]}{Y \lambda_e^v} \quad (1.21)$$

$$C_p(2) @ 3.15 \times 10^7 Q B (\bar{W}_{Di}, \bar{W}_{Wi}) \frac{[10 \exp(-\lambda t_n)]}{P \lambda_e^s} \quad (1.22)$$

2)

式中:

C_p : 农作物中核素浓度, $Bq \cdot kg^{-1}$;

$C_p(1)$: 直接沉积于作物上并转移到可食用部分的核素浓度,

$Bq \cdot kg^{-1}$;

$C_p(2)$: 经根部转移到作物中的核素浓度, $Bq \cdot kg^{-1}$;

T: 易位因子;

t_n : 农作物由收获到消费的时间, a ;

λ : 放射性核素的衰变常数, a^{-1} ;

R: 滞留份额;

Y: 农作物单位面积产量, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$;

λ_e^ν : 放射性核素由农作物中消除的有效速率常数, $1/a$; $\lambda_e^\nu =$

$\lambda + \lambda_w$, λ_w 为风化产生的物理清除速率常数;

λ_e^s : 放射性核素从土壤表面清除的有效速率常数, 单位 $1/a$; λ_e^s

$= \lambda + \lambda s$, λs 为除衰变以外的其它清除过程的速率常数;

B_v: 农作物食用部分从土壤摄入核素的浓集因子, $(\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1})(\text{鲜作物}) / (\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1})(\text{干土壤})$;

P: 土壤的有效表面密度, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (干土壤);

$\overline{W_{Di}}$: 长期干沉积因子, m^{-2} ;

$\overline{W_{wi}}$: 长期湿沉积因子, m^{-2} 。

(2) 动物产品中核素浓度

动物产品中核素浓度由下式计算

$$Ca@F_a C_p Q_a \exp(\lambda t_a) \quad (1.23)$$

$$Cp @ f_p f_s C_b. \quad (10 \ f_p) C_s. \quad f_p (10 \ f_s) C_s \quad (1.24)$$

式中：

Ca: 动物产品中的核素浓度, $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 或 $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$;

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, $d \cdot kg^{-1}$ 或 $d \cdot L^{-1}$;

C_p : 动物饲料中核素浓度, $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (干重)

Q_a : 动物的饲料消费量, $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$;

λ : 核素的衰变常数, d^{-1} ;

ta: 动物从屠宰（或提取）到人消费的时间，d；

f_p : 动物放牧的时间份额;

fs: 动物放牧期间食入新鲜牧草的份额；

C_b : 生长中的牧草的核素浓度, $Bq \cdot kg^{-1}$ (干重); ;

C_s : 贮存饲料中核素浓度, $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (干重)

其中 C_b 和 C_s 可采用式 (1.20) 进行计算。

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	蔬菜取 1, 其他作物取 0.1
t_n	蔬菜, 最大个人取 $2.7 \times 10^{-3}a$, 蔬菜, 群体取 $5.5 \times 10^{-3}a$, 其他作物, 最大个人取 $8.2 \times 10^{-2}a$, 其他作物, 群体取 $0.5a$
R	0.2
λw	$17a^{-1}$
λs	$0.01a^{-1}$
Y	蔬菜鲜重取 $2.0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, 其他作物鲜重取 $0.6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。
Bv	$2 \times 10^{-3}(\text{Bq/kg})(\text{鲜作物})/(\text{Bq/kg})(\text{干土壤})$
P	$240 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (干土壤)
Q_a	牛取 14 kg (干重) $\langle d^{-1} \rangle$, 羊取 1.5 kg (干重) $\langle d^{-1} \rangle$, 猪取 4.2 kg (干重) $\langle d^{-1} \rangle$, 家禽取 0.12 kg (干重) $\langle d^{-1} \rangle$
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

$$D_1 @ 3.15 \cdot 10^7 S_F Q^{\frac{N}{c}} X^{\frac{Q}{G}} G_1 \dots \quad (1.25)$$

式中：

D₁: 空气浸没外照射年全身剂量, $Sv \cdot a^{-1}$;

S_F : 建筑物屏蔽产生的剂量减弱因子, 取 0.7;

G_1 : 烟云浸没照射剂量转换因子, $\text{Sv}(\text{s}\cdot\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3})^{-1}$;

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

$$C_d @ \frac{3.15'10^7 (\bar{W}_{Di} . \bar{W}_{wi}) Q}{\lambda e} (10 e^{\lambda t_b}) \dots \dots \dots \quad (1.26)$$

式中：

D₂: 地表沉积外照射年全身剂量, $\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$;

C_d : 地表面放射性核素沉积量, $Bq \cdot m^{-2}$;

S_{FG} : 公众停留在污染土地上的时间份额, 个人取 0.7, 集体取 0.5;

\overline{W}_{D_i} : 长期干沉积因子, m^{-2} ;

\overline{W}_{wi} : 长期湿沉积因子, m^{-2} ;

G_2 : 地面外照射剂量转换因子, $\text{Sv}(\text{s}\cdot\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2})^{-1}$

λe : 有效衰变常数, a , 取 0.01 a^{-1} ;

t_b : 放射性核素在地面上的累积时间, a^{-1} , 取核设施寿期的中点;

λ : 放射性核素衰变常数, a^{-1} 。

(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

式中：

D₃: 吸入产生的年待积有效剂量, $Sv \cdot a^{-1}$;

Ra: 个人年空气摄入量, $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$;

G₃: 吸入剂量转换因子, Sv·Bq⁻¹;

(4) 食入内照射剂量

$$D_4 @G_4 \overset{\text{a}}{\underset{P}{\mathfrak{d}}} U_P f_P C_P \dots \quad (1.2 \\ 8)$$

式中：

D_4 : 食入污染食物产生的年待积有效剂量, $\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$;

G_4 : 食入剂量转换因子, $\text{Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$;

U_p : 对 P 类农产品的年摄入量, $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$;

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, $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

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:

$$D_{i,n}^{imm}(x) @ \frac{\tilde{N}x\ddot{Q}}{\dot{e}Q} \cdot Q_{i,n} \cdot S_F \cdot G_i \quad (2.1)$$

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 ; $\frac{\tilde{N}x\ddot{Q}}{\dot{e}Q}$ 为第 i 时段的事故扩散因子, $\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$; $Q_{i,n}$ 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)。

表 5 建筑物屏蔽因子

时段	个人	群体
0~8 小时	1	0.7
>8 小时	0.7	0.5

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:

$$D_{i,n}^G(x) @ [W_{d,i,n} \cdot W_{w,i,n} \cdot \frac{t_i}{T_i}] \cdot T_{i,e} \cdot Q_{i,n} \cdot G_2 \quad (2.2)$$

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：

$$D_{i,n}^{inh,a}(x) = \frac{\tilde{N}x\ddot{\theta}}{\dot{e}Q_0} \cdot Q_{i,n} \cdot R_a \cdot G_3 \quad \dots \dots \dots \quad (2.3)$$

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；Ra 为 a 年龄组个人的空气摄入率（见表 6）， $m^3 \cdot s^{-1}$ 。

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	4.97×10^{-5}	6.66×10^{-5}	2.61×10^{-4}	3.81×10^{-4}
8–720 小时	/	4.44×10^{-5}	1.74×10^{-4}	2.54×10^{-4}

2.4 剂量转换因子

计算中所采用的剂量转换因子如下所示。

表 7 空气浸没和地表沉积的剂量转换因子

核素	空气浸没, $Sv \cdot Bq^{-1} \cdot s^{-1} \cdot m^3$	地表沉积, $Sv/(s \cdot Bq \cdot m^{-2})$
^{234}U	5.15×10^{-18}	6.42×10^{-20}
^{235}U	6.67×10^{-15}	9.07×10^{-17}
^{238}U	2.65×10^{-18}	2.94×10^{-20}

表 8 吸入剂量转换因子 (Sv/Bq)

核素	婴儿组	幼儿组	少年组	成人组
^{234}U	3.3×10^{-5}	1.9×10^{-5}	1.2×10^{-5}	9.4×10^{-6}
^{235}U	3.0×10^{-5}	1.7×10^{-5}	1.1×10^{-5}	8.5×10^{-6}
^{238}U	2.9×10^{-5}	1.6×10^{-5}	1.0×10^{-5}	8.0×10^{-6}

附件一湖南省环保厅批复

湖南省环境保护厅

湘环评函〔2017〕27号

湖南省环境保护厅 关于确认湖南核工业宏华机械有限公司 非放环境影响评价执行标准的函

湖南核工业宏华机械有限公司：

你公司《关于确定非放环境执行标准的申请》（宏华安环字〔2017〕57号）收悉。经研究，现函复如下：

一、环境质量标准

1、环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准。

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

3、地下水环境执行《地下水质量标准》（GB/T14848-1993）中Ⅲ类标准。

4、声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中3类标准。

二、污染物排放标准

1、废水排放执行《钢铁工业水污染物排放标准》

(GB13456-2012)。

2、熔炼、切割设施工业废气的排放执行《炼钢工业大气污染物排放标准》(GB28664-2012); 其它废气执行《大气污染综合排放标准》(GB16297-1996)中二级标准。

3、施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)中相关要求, 营运期场界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中3类标准。

4、固体废物

一般工业固体废弃物执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)。

