

核技术利用建设项目
高效节能环保换热装备研发基地建设
项目（探伤部分）
环境影响报告表

建设单位：重庆业冠机械制造有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2024年1月

生态环境部监制

打印编号: 1705563205000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	o73lfs		
建设项目名称	高效节能环保换热装备研发基地建设项目（探伤部分）		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	重庆业冠机械制造有限公司		
统一社会信用代码	91500118089142282F		
法定代表人（签章）	蒋中宾		
主要负责人（签字）	蒋中宾 		
直接负责的主管人员（签字）	石德勋 		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
罗定福	2014035550350000003510550235	BH004103	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘露丹	基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、辐射环境质量现状、工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH002262	

目录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	8
表 3	非密封放射性物质	8
表 4	射线装置	8
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6	评价依据	11
表 7	保护目标与评价标准	13
表 8	环境质量和辐射现状	17
表 9	项目工程分析与源项	20
表 10	辐射安全与防护	30
表 11	环境影响分析	44
表 12	辐射安全管理	59
表 13	结论和建议	66

表 1 项目基本情况

建设项目名称		高效节能环保换热装备研发基地建设项目（探伤部分）			
建设单位		重庆业冠机械制造有限公司			
法人代表	蒋中宾	联系人	石德勋	联系电话	138*****0
注册地址		重庆市永川区凤凰湖工业园区内			
项目建设地点		重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11#厂房内北侧			
立项审批部门		重庆市永川区发展和改革委员会	批准文号	2307-500118-04-01-860235	
建设项目总投资（万元）	50	项目环保投资（万元）	38	投资比例（环保投资/总投资）	76%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类	<input type="checkbox"/> III 类	
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类	<input type="checkbox"/> III 类	
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类	<input type="checkbox"/> III 类	
其他	/				
<p>1.1 建设单位简介</p> <p>重庆业冠机械制造有限公司（以下简称“公司”）成立于 2013 年，位于重庆市永川区凤凰湖工业园区内，是一家高效节能换热器及成套设备研发、制造、销售及服务于一体的专业公司，生产的换热器广泛应用于化工、医药、石油、食品、轻工、纺织等行业。</p> <p>2023 年 8 月，公司购买了重庆市永川区瑞治工程管理有限公司位于重庆市永川区兴龙大道 2619 号的 11#厂房，用于建设“高效节能环保换热装备研发基地建设项目”，该项目已经进行了环境影响评价，取得了环评批复（渝（永）环准〔2024〕3 号），目前正在建设中。</p>					

续表 1 项目基本情况

1.2 项目由来

为了保证公司产品质量，公司拟在重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11#厂房内北侧建设“高效节能环保换热装备研发基地建设项目（探伤部分）”，拟建设 1 座 X 射线探伤专用铅房，拟配置 1 台便携式 X 射线探伤机（最大管电压 200kV、最大管电流 5mA）开展专用铅房质量检测工作。

根据《射线装置分类》可知，本项目拟配置的 1 台便携式 X 射线探伤机属于 II 类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，高效节能环保换热装备研发基地建设项目（探伤部分）应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”，使用 II 类射线装置的项目应编制环境影响报告表。为此，公司委托重庆宏伟环保工程有限公司开展高效节能环保换热装备研发基地建设项目（探伤部分）环境影响评价工作。接受委托后，评价单位组织专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集，结合项目特点、性质、规模和环境状况，并按照国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了《高效节能环保换热装备研发基地建设项目（探伤部分）环境影响报告表》。

1.3 建设规模及工程内容

（1）项目概况

本项目拟在重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11#厂房内北侧建设 1 座 X 射线探伤专用铅房及其配套用房，包括专用铅房及其配套的控制室、洗片室、评片室等辅助用房，拟配置 1 台便携式 X 射线探伤机（定向机，最大管电压 200kV、最大管电流 5mA），在专用铅房内开展工件的焊缝质量无损探伤检测工作。本项目总建筑面积约 20m²，项目总投资约 50 万元，其中环保投资 38 万元。建设工期预计 2 个月。项目组成见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	专用铅房	专用铅房内空尺寸为 3000×4000×2800（长×宽×高、mm），面积 12m ² 。门洞尺寸为 2000×2600（宽×高、mm），防护门尺寸为 2400×2800（宽×高、mm）。	新建
	设备	配置 1 台便携式 X 射线探伤机（II 类射线装置，定向机，最大管电压 200kV、最大管电流 5mA）。	拟购
辅助	控制室	位于专用铅房东侧，面积约 2m ² ，主要用于放置控制台进行探伤机的操作。	新建

续表 1 项目基本情况

工程	洗片室	位于专用铅房东侧，主要用于 X 射线探伤胶片的洗片，面积约 4m ² 。	新建
	评片室	位于专用铅房东侧，主要用于 X 射线探伤胶片的评片，面积约 2m ² 。	新建
公用工程	供配电	用电来源于市政供电。	依托
	给水	用水来源于市政供水。	依托
	排水	本项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，原有人员生活污水依托厂房东南侧重庆市永川区瑞治工程管理有限公司现有生化池处理后排入园区污水管网。	依托
	通风	拟设置机械通风系统，风量约 1050m ³ /h，换气次数约 31 次/h。	新建
环保工程	污水	本项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，原有人员生活污水依托厂房东南侧重庆市永川区瑞治工程管理有限公司现有生化池（处理能力 160m ³ /d）处理后排入园区污水管网。	依托
	废气	专用铅房拟设置机械排风系统将废气引至专用铅房外，再通过北侧窗户排出厂房。	新建
	噪声	本项目无高噪声设备。	/
	固废	工作人员生活垃圾交市政环卫部门处理。 洗片过程中产生的废液包括废定影液、显影液、清洗废水盛装在专门塑料桶内，暂存在洗片室内，废液桶下方均设置托盘，交有资质单位处理；洗片室拟按照重点防渗要求建设。 胶片暂存在评片室内，废片及存档到期胶片定期交有资质单位处理。 去功能化后的报废射线装置交由物资回收单位处置，报废的阴极射线管交有资质的单位处置。	新建
	安全措施	拟配置个人剂量计、个人剂量报警仪、X-γ辐射剂量率仪、固定式剂量率仪等，建设铅房进行防护。	新建
辐射安全管理		公司拟建立辐射防护管理机构，制定相应的管理制度和应急预案。	新建

(2) 屏蔽防护情况

本项目专用铅房屏蔽防护设计情况如下表 1-2 所示。

表 1-2 专用铅房屏蔽防护设计情况表

建筑名称	尺寸（长×宽×高、mm）	设计情况		备注
专用铅房	内空：3000×4000×2800	四周墙体	3mm 钢+9mmPb+3mm 钢	新建
		顶棚	3mm 钢+9mmPb+3mm 钢	
		防护门	3mm 钢+9mmPb+3mm 钢	

注：①铅密度 11.3g/cm³；②主射方向为西侧，北侧、地板部分区域可在主射线范围内；③铅房四周铅板墙体嵌入厂房地面下 200mm 安装，地下无建筑。

(3) 设备概况

续表 1 项目基本情况

本项目涉及设备清单见表 1-3。

表 1-3 项目涉及设备一览表

序号	名称	数量	规格型号	额定参数	用途
1	定向 X 射线探伤机	1 台	XXG2005	200kV、5mA	无损检测
2	风机	1 台	FD-200	1050m ³ /h	通风换气
3	个人剂量报警仪	2 个	待定	/	实时监测辐射剂量
4	个人剂量计	2 个	待定	/	记录个人受到的照射剂量
5	便携式 X-γ辐射剂量巡测仪	1 台	待定	/	进行周围剂量当量率监测
6	固定式剂量率仪	1 台	待定	/	实时监测辐射剂量
7	轨道车	1 台	待定	/	工件运输，轨道车上设置滚轮架可对工件进行旋转

注：本项目探伤机在专用铅房内使用，不开展现场探伤工作。

(4) 工件情况

本项目在专用铅房内使用 X 射线探伤机对公司生产换热器的圆筒状的焊接部件进行抽检，主要为环形焊缝和直焊缝，具体工件情况见表 1-4。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工作类型	工件类型	材质	直径	长度	厚度	
无损检测	定向机	管件	铁	270mm~1600mm	1600~3600mm	3~16mm

(5) 计划工作量

根据建设单位提供资料，公司对圆筒状的焊接部件进行抽检，同时对焊缝也进行抽检，专用铅房内的无损检测每年最大曝光约 1500 次，单次曝光时间最长约 5min。探伤工作负荷见表 1-5。

表 1-5 专用铅房内探伤工作负荷一览表

工作类型	单次曝光时间	年最大曝光次数	最大曝光时间
定向检测	1~5min	1500 次	7500min/a、150min/周

(6) 工作制度和劳动定员

本项目拟从公司原有工作人员中调配培养 2 人作为辐射工作人员从事专用铅房无损检

续表 1 项目基本情况

测工作，同时承担洗片、评片等工作。本项目辐射工作人员年工作 250 天，实行一班制，每班工作 8h。

(7) 主要原辅材料

项目原辅材料情况见表 1-6。

表 1-6 原辅材料一览表

序号	名称	使用量	来源	主要化学成分	理化性质	备注
1	胶片	1500 张/a	外购	卤化银和涤纶	不易燃、难溶于水、热稳定性好、机械强度高、收缩性低、	/
2	显影粉	10kg/a	外购	无水亚硫酸钠：50% 无水碳酸钠：36.5% 溴化钾：5.32% 对苯二酚：8% 菲尼酮：0.18%	固态、易溶于水	/
3	定影粉	10kg/a	外购	无水硫代硫酸钠：72.5% 无水亚硫酸钠：9.8% 硼酸：9.8% 酒石酸：2% 硫酸铝钾：5.9%	固态、易溶于水	/
4	水	0.4t/a	市政供水	自来水	液态	显影、定影按照 0.5kg：4L 水进行配比

1.4 项目外环境概况

本项目位于重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11#厂房内北侧，11#厂房位于重庆市永川区瑞治工程管理有限公司用地的整个厂区内，厂房东侧紧邻厂区道路，东侧约 10m 为空地，南侧紧邻厂区道路，南侧约 20m 为辉烨集团永川人力资源中心，西侧紧邻厂区道路和空地（规划为工业用地），西侧约 37m 为砂石料生产厂房，西北侧紧邻危废暂存间，西北侧约 38m 为重庆音飞自动化仓储设备有限公司厂房，北侧紧邻厂区道路，北侧约 8m 为围墙堡坎和空地（规划为工业用地）。

因此，项目周边保护目标主要为从事本项目设备操作的辐射工作人员以及周围区域活动的其他公众成员。项目周围环境概况见表 1-8 和附图 2。

表 1-8 本项目所在的厂房外环境关系一览表

序号	外环境名称	方位	与厂房的距离	高差	基本情况
1	厂区道路	东侧	紧邻	0	厂区道路
2	空地	东侧	约 10m	0	空地，规划为工业用地

续表 1 项目基本情况

3	厂区道路	南侧	紧邻	0	厂区道路
4	辉烨集团永川人力资源中心	南侧	约 20m	0	办公楼，4F，约 50 人
5	厂区道路和空地	西侧	紧邻	0	厂区道路和空地，空地规划为工业用地
6	砂石料生产厂房	西侧	约 37m	0	厂房，1F，约 20 人
7	危废暂存间	西北侧	紧邻		公司用房，约 2 人
8	重庆音飞自动化仓储设备有限公司厂房	西北侧	约 38m	+5m	厂房，1F，约 100 人
9	厂区道路	北侧	紧邻	0	厂区道路
10	围墙堡坎和空地	北侧	约 8m	+5m	围墙堡坎和空地，空地规划为工业用地

备注：+表示建筑所在地面高于本项目所在地面。

1.5 项目选址可行性

本项目选址于重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11#厂房内北侧，厂房为单层结构，专用铅房相邻用房主要为本公司内的用房，北侧为厂房外厂区道路，不直接与其他单位或人员停留场所邻接，下方为实土层、上方为厂房内上空，四周主要为控制室、洗片室、评片室和过道等，相邻区域公众成员活动较少，有利于辐射防护和减少 X 射线对公众成员的影响。专用铅房工件进出门邻近厂房周转区，方便检测工件进出。根据现状监测结果，项目拟建址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。因此，本项目选址可行。

1.6 与项目有关的原有核技术利用项目情况

公司目前无核技术利用项目，本项目所在地为重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11#厂房内北侧，根据现场监测，项目拟建址及周围的环境 γ 辐射剂量率为 67nGy/h~77nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），在重庆市 2022 年的地表 γ 辐射剂量率正常涨落范围内。因此，拟建址不存在与本项目有关的环境污染情况和环境问题。

1.7 与公司衔接和依托可行性

公司所在 11#厂房生产换热器，生产过程中的圆筒状焊接部件需要进行抽样检测，本项目的建设能满足公司检测需求。因此，项目建设与公司发展运行相适应。本项目依托可行性分析见表 1-7。

表 1-7 项目依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
主体工程、辅助工程	依托已有 11#厂房	项目位于公司 11#厂房内，本项目在厂房进行内部建设，项目依托可行。	可行

续表 1 项目基本情况

公用工程	依托供电、供水等	项目位于公司 11# 厂房, 供电、供水设施依托公司公用设施。公司为市政供电, 市政管网供水。因此, 项目依托公司的公用设施可行。	可行
环保工程	依托生化池	项目无生产废水, 不新增生活污水产生量, 原有生活污水排入厂房东侧重庆市永川区瑞治工程管理有限公司现有生化池 (处理能力 160m ³ /d) 处理, 根据 11# 厂房环评可知, 依托可行。	可行
劳动定员	依托已有工作人员进行调配培养	项目拟从原有工作人员中调配培养 2 人从事无损检测工作, 在现有总劳动定员内, 依托可行。	可行

由上表可知, 本项目用房主体结构依托厂房主体结构可行, 供水供电等公用工程、污水处理等环保工程依托厂区设施可行, 劳动定员在原有工作人员中调配培养可行。

1.8 项目符合性分析

本项目对换热器生产过程中的圆筒状焊接部件进行抽样检测, 属于“高效节能环保换热装备研发基地建设项目”的配套项目, 根据《高效节能环保换热装备研发基地建设项目环境影响报告表》可知, 本项目位于永川区市级工业园区凤凰湖组团, 项目符合园区规划及规划环评、“三线一单”的相关要求。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
本项目不涉及放射源。								

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
本项目不涉及非密封放射性物质										

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及加速器。										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	定向 X 射线探伤机	II类	1 台	XXG2005	200	5	无损检测	重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11#厂房内 专用铅房	拟购
以下空白									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (mA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
本项目不涉及中子发生器													

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
本项目不涉及放射性废物								

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度(Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行修订版；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(12) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日施行修订版；</p> <p>(13) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(14) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）。</p>
------	---

续表 6 评价依据

<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610—2016)</p> <p>(4) 《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》(HJ 1259—2022)；</p> <p>(5) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326—2023)；</p> <p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)；</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—2022)；</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》及第 1 号修改单 (GBZ/T250—2014)；</p> <p>(9) 《500kV 及以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2008)；</p> <p>(10) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)；</p> <p>(11) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(12) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)</p> <p>(13) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)</p> <p>(14) 《环境γ辐射剂量率监测技术规范》(HJ1157-2021)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 项目备案证，支撑性材料附件 1；</p> <p>(2) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 2；</p> <p>(3) 项目监测报告，支撑性材料附件 3；</p> <p>(4) 厂房环评批复，支撑性材料附件 4；</p> <p>(5) 计算附表，支撑性材料附件 5；</p> <p>(6) 《辐射防护导论》，作者：方杰，原子能出版社 1991 年出版；</p> <p>(7) 建设单位提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）的相关规定，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。因此，本项目以专用铅房墙体边界周围 50m 的范围作为项目辐射环境影响评价的范围。

7.2 环境保护目标

本项目位于重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11# 厂房内北侧，厂房为一层建筑，高为 12m，下方为实土层、楼上无建筑。专用铅房东侧紧邻洗片室、评片室、控制室，东-东南侧约 2m-50m 为厂房内过道、盘料堆放区、绕管等加工区域，东侧约 30m-50m 为厂区道路和空地（规划为工业用地），南-西南侧约 2m-50m 为厂房内周转区、小件制作区等，西侧紧邻油漆区，西侧约 5-16m 为烘房、烧结区等，西侧约 16m-50m 为厂房外厂区道路和空地（规划为工业用地），西北侧约 15m 为危废暂存间，北侧紧邻厂区道路，北侧约 8m-50m 为空地（规划为工业用地），下方为实土层，上方为厂房内上空。专用铅房西侧上方为厂房内行车，不上人操作，检修点位于厂房最南侧。本项目专用铅房周围环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 专用铅房周围环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称		方位	水平距离	高差	基本情况	影响人群	影响因素
1	本项目所在建筑内	洗片室、评片室、控制室	东侧	紧邻	0	本项目辅助用房，约 2 人	辐射工作人员	电离辐射
2		厂房内过道、盘料堆放区、绕管等加工区域	东-东南侧	约 2m-50m	0	公司用房，约 10 人	公众成员	
3		厂房内周转区、小件制作区等	南-西南侧	约 2m-50m	0	公司用房，约 15 人	公众成员	
4		油漆区	西侧	紧邻	0	公司用房，自动喷漆，一般无人	公众成员	
5		烘房、烧结区等	西侧	约 5-16m	0	公司用房，约 5 人	公众成员	
6	本项目所在建筑外	厂区道路和空地	东侧	约 30m-50m	0	厂区道路和空地，空地规划为工业用地，流动人员	公众成员	
7		厂区道路和空地	西侧	约 16m-50m	0	厂区道路和空地，空地规划为工业用地，流动人员	公众成员	
8		危废暂存间	西北侧	约 15m	0	公司用房，约 2 人	公众成员	
9		厂区道路	北侧	紧邻	0	厂区道路，流动人员	公众成员	
10		空地	北侧	约 8m-50m	+5m	厂外空地，规划为工业用地，流动人员	公众成员	

备注：+表示建筑所在地面高于本项目所在地面。

续表 7 保护目标与评价标准

因此，项目周边保护目标主要为从事本项目设备操作的辐射工作人员以及周围区域活动的其他公众成员。

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除 6.2.2 条规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

(2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）

该标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

第 5 条 探伤机的放射防护要求

第 5.1 条 X 射线探伤机

第 5.1.1 条 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1（本报告表 7-2）的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压, kV	漏射线所致周围剂量当量率控制值, mSv/h
150~200	<2.5

第 6 条 固定式探伤的放射防护要求

第 6.1.3 条 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，

续表 7 保护目标与评价标准

对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

第 6.1.4 条 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

第 6.1.10 条 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

第 3.1.1 条 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($\dot{H}_{c,d}$)：

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$

公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$

第 3.1.2 条 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

2) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

第 3.2 条 需要屏蔽的辐射

第 3.2.2 条 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

(4) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）

工作场所空气中化学因素的职业接触限值为：

臭氧最高容许浓度（MAC）接触限值： $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；

氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的时间加权平均容许浓度（PC-TWA）接触限值： $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(5) 评价标准及相关参数值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，放射工作人员年有效剂量不超过 20mSv ，公众成员年有效剂量不超过 1mSv ；根据建设单位的提供的资料，

续表 7 保护目标与评价标准

公司辐射工作人员年剂量约束值：5mSv，公众成员年剂量约束值：0.1mSv。综上所述，确定本项目的评价标准见表 7-3 所示。

表 7-3 项目主要评价标准及相关要求汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量约束值	辐射工作人员：5mSv 公众成员：0.1mSv	GB18871-2002 公司管理要求
2	X 射线探伤机性能要求	距 X 射线管焦点 1m 处漏射线所致周围剂量当量率控制值：<2.5mSv/h（管电压 150~200kV）	GBZ117—2022
3	剂量率参考控制水平	专用铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率： ≤2.5μSv/h	GBZ117—2022 GBZ/T250—2014
4	通风要求	有效通风换气次数应不小于 3 次/h	GBZ117—2022

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 地理位置和场所位置

本项目位于重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11#厂房内北侧，项目所在建筑为公司厂房，地理位置见附图 1。本项目拟建专用铅房所在厂房为单层结构，专用铅房相邻用房主要为本公司内的用房，四周主要为控制室、洗片室、评片室和过道，下方为实土层，楼上无建筑。项目所在地卫星图见附图 2，项目场址位置情况见附图 3。

8.2 辐射现状

为掌握拟建项目所在地辐射环境质量现状，重庆泓天环境监测有限公司于 2023 年 12 月 28 日对本项目所在地的环境 γ 辐射剂量率进行了监测。

(1) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率。

(2) 监测方法和依据

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境 γ 辐射剂量率	仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测定规范》（HJ1157-2021）

(3) 监测仪器

监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

监测仪器名称及型号	仪器编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境级 χ 、 γ 辐射巡检仪 RGM5200	1222203004005	2023110704836	2024.11.26	1.06

(4) 监测点位

本次监测在拟建专用铅房、控制室，拟建专用铅房南侧及西侧外相邻区域，厂房外北侧厂区道路及西侧砂石料厂房外共布设 6 个监测点，监测点位布点示意图见图 8-1。

监测布点合理性分析：本次监测在拟建专用铅房及其四周相邻区域均设置了监测点位，也在专用铅房所在建筑外北侧及西侧处布设了监测点位，监测布点较全面，可以反映项目拟建址及其周围环境的辐射环境水平。

续表 8 环境质量现状

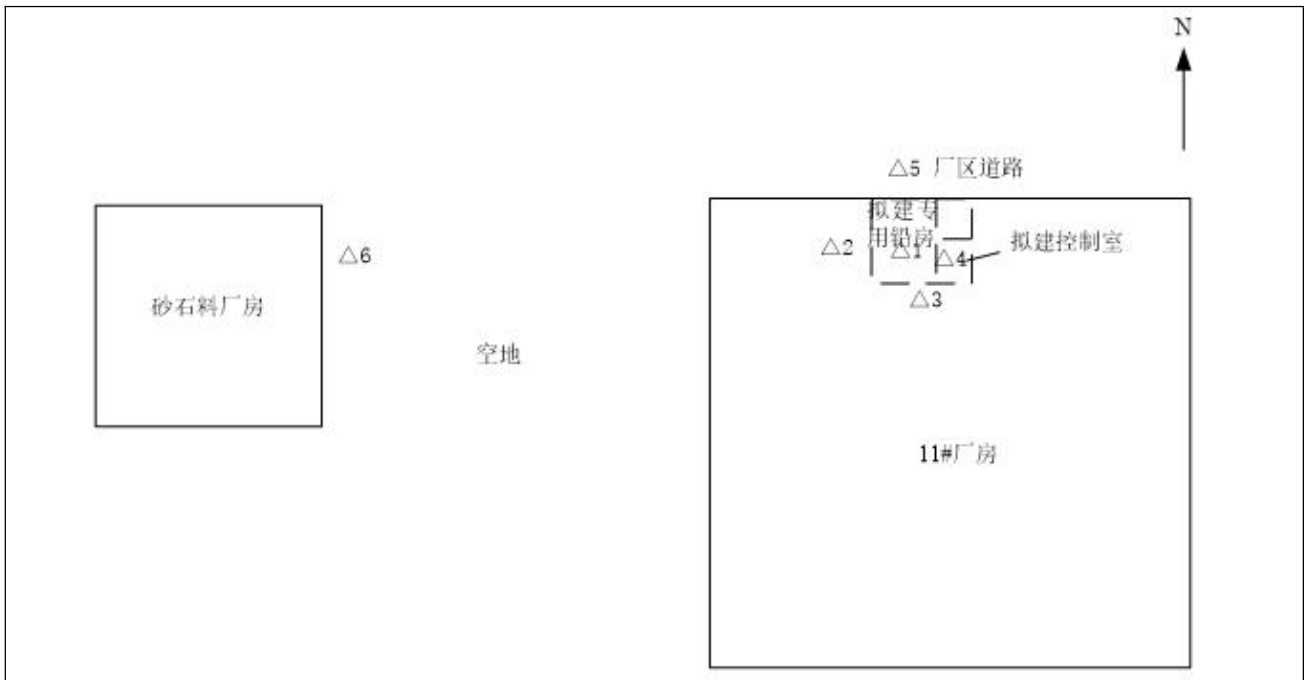


图 8-1 监测布点示意图

(5) 质量保证措施

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，最后由授权签字人签发。

(6) 监测结果统计

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 监测结果统计

监测点位	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
△1	拟建专用铅房所在地	0.069
△2	拟建铅房西侧 11#厂房内	0.070
△3	拟建铅房南侧 11#厂房内	0.068
△4	拟建控制室所在地	0.069
△5	拟建铅房北侧厂区道路	0.067
△6	拟建铅房西侧砂石料厂房旁	0.077

备注：以上监测结果均未扣除宇宙射线响应值。

根据监测统计结果可知，本项目拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 $67\text{nGy/h} \sim$

续表 8 环境质量现状

77nGy/h (1000nGy/h=1μGy/h) 之间 (未扣除宇宙射线响应值)。根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》(简化版), 累计剂量法测得的 2022 年重庆市γ辐射空气吸收剂量率年均值在 78.0~119nGy/h 之间 (未扣除宇宙射线响应值), 与之相比较, 本项目所在地环境γ辐射剂量率在 2022 年重庆市环境γ辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺流程及产污环节

本项目依托公司厂房主体框架结构，施工期主要包括专用铅房安装、设施设备安装以及项目配套用房建设及装修等施工内容。专用铅房（含铅门）由专业单位生产组装好之后，整体运至现场安装，现场安装主要涉及地面开槽，使铅房四周铅板墙体嵌入地面下 200mm。

施工过程中主要有少量的施工粉尘、生活污水、施工机械噪声、建筑垃圾及生活垃圾等产生。

扬尘：主要为施工时产生的粉尘，均在室内施工，产生量较少；

废水：主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水；

噪声：主要来自施工设备噪声，各施工设备及施工过程噪声源强约为 75~110dB（A）；

固体废物：主要为施工过程产生的建筑垃圾（约 1t）以及施工人员产生的生活垃圾。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成及工作方式

本项目拟配备 1 台便携式 X 射线探伤机，主要由控制器、X 射线发生器、电源电缆组成。

①控制器

探伤机控制器所有操作均由面板上的轻触开关进行。电缆插座、电源开关及接地端设置在接线盒内。控制器由控制板、电容板、供电电源板、电感线圈、IGBT 斩波模块等构成。

②X 射线发生器

探伤机 X 射线发生器为组合式，X 射线管、高压发生器与绝缘气体（SF₆）一起封装在桶状铝壳内。X 射线发生器一端装有风扇和散热器。X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表、连接电缆插座、警示灯、X 射线管冷却风扇、充、放气阀部件构成。

本项目工作方式为在专用铅房内使用定向 X 射线探伤机，主射方向为西侧，北侧、地板部分区域可在主射线范围内。探伤作业时将 X 射线探伤机出束窗口对向待测工件，工件的另一端放置胶片，控制室内的控制器控制 X 射线探伤机产生 X 射线照射工件，X 射线透过工件在对面的胶片上成像，然后洗出胶片观察焊缝。

续表 9 项目工程分析与源项

本项目拟购置探伤机主要性能参数见表 9-1，探伤机典型照片见图 9-1。

表 9-1 探伤机主要性能参数

设备类型	定向 X 射线探伤机
设备型号	XXG2005
数量	1台
来源	拟购
额定电压	200kV
额定电流	5mA
X 射线束辐射角	40°
射线管焦点尺寸	1.5×1.5mm
焦距	600mm
电压可调节范围	50~200kV
成像方式	拍片成像
过滤板厚度	3mm 铝



图 9-1 典型 X 射线探伤机照片

9.2.2 工作原理及工艺流程

(1) 工作原理

①X 射线产生原理

探伤机主要由射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生韧致

续表 9 项目工程分析与源项

X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。X 射线管结构及原理示意图见图 9-2。

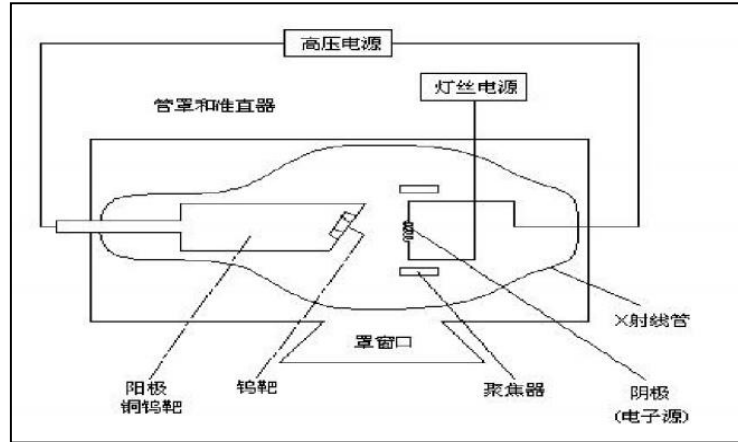


图 9-2 X 射线管原理示意图

② 胶片成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线还有个重要性质，就是能使胶片感光，当 X 射线照射胶片时，与普通光线一样，能使胶片乳剂层中的卤化银产生潜象中心，经过显影和定影后就黑化，接收射线越多的部位黑化程度越高，这个作用叫做射线的照相作用。把这种曝光过的胶片在暗示中经过显影、定影、水洗和干燥，再将干燥的底片放在观灯片上观察，根据底片上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，从而达到 X 射线无损检测的目的。

(2) 工艺流程

本项目专用铅房内主要开展焊接部件的 X 射线检测工作，工艺流程图见图 9-3。

续表 9 项目工程分析与源项

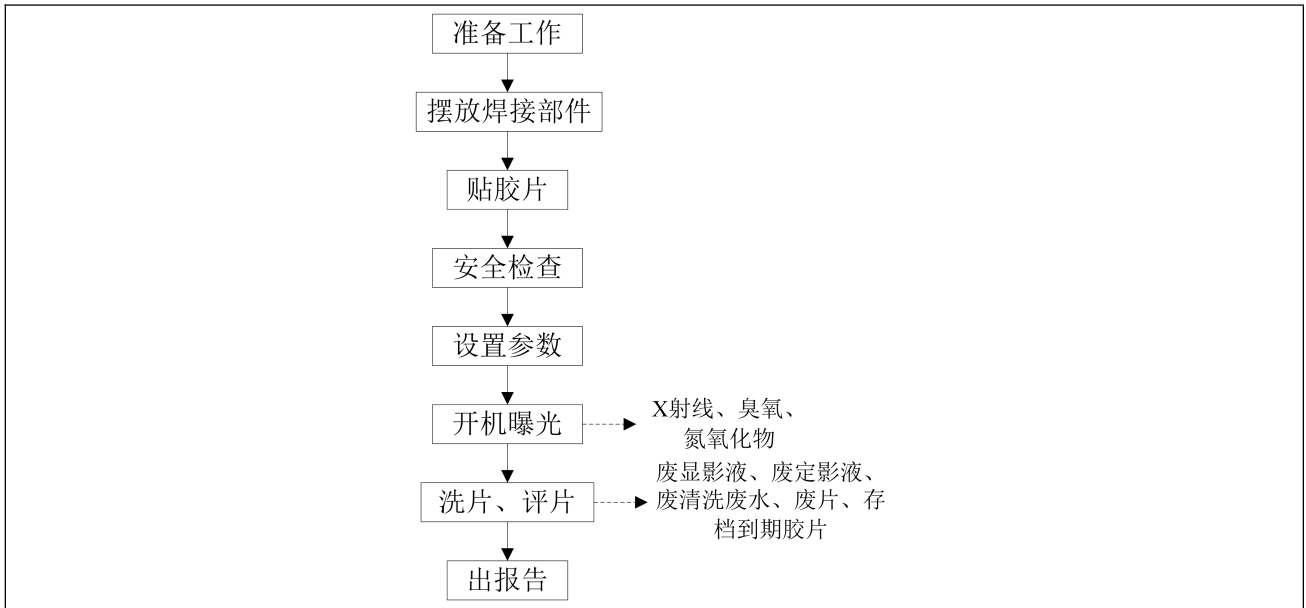


图 9-3 项目工艺流程及产排污简图

①准备工作：工作开始前应进行检查，主要包括探伤机外观是否完好、电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损、安全连锁是否正常工作、报警设备和警示灯是否正常运行、螺栓等连接件是否连接良好、个人剂量报警仪是否正常工作、X 射线机与操作台的连接是否良好、电源插头是否正常、安全、可靠等。所有检查完成后插上电源插头，开启操作台上电源开关，预热 5 分钟。

②摆放焊接部件：待检焊接部件经过行车运至专用铅房南侧轨道车上，再运至专用铅房内，根据检测需求将探伤机出束窗口对准焊接部件的待检部位，轨道车上设置滚轮架，能旋转焊接部件，可使探伤机一直朝向西侧进行探伤。

③贴胶片：在待检焊接部件的焊缝位置贴上胶片，根据焊缝情况，选择不同尺寸的胶片，每次贴一张，对于大型工件涉及多次摆放及贴片。

④安全检查：搜寻专用铅房内部，通过视频监控再次确认专用铅房内部没有人员驻留并关闭防护门，确保所有防护与安全装置系统都启动并正常运行。

⑤设置参数：开启控制器电源，确认数码管显示与拨号盘一致、初级电压指示表指针在一半位置上，否则严禁开启高压；当电源电压正常时，调节千伏选择按钮，调整到需要的值；调节时间按钮，选择需要的曝光时间，准备进行下一步骤。

⑥开机曝光：按下探伤机高压按钮并持续 1 秒钟，系统将自己延时 1 分钟，在延时阶段，会听到“嘀----嘀”警报声，延时时间到后即可启动曝光操作，同时操作面板上的射线警示灯闪

续表 9 项目工程分析与源项

动,时间显示窗口开始倒计时,X射线发生器开始工作,向外辐射 X 射线;当数码管显示“0.0”时,曝光结束。仪器自动切断高压,喇叭“嘟..嘟..嘟..”鸣叫 3 声,并进入 1:1 休息,数码管显示预选值,准备下一次曝光。此时,“准备”灯灭,等到与上次工作时间相等时,“准备”灯亮。

⑦洗片评片:探伤结束后取下胶片并在洗片室内进行洗片,洗片完成后在洗片室内晾干,最后在评片室评片,评片完成后所有胶片存放在评片室内的档案柜。本项目洗片评片工艺流程如下:

a 显影:将曝光后的胶片完全浸入显影液中,持续时间约 5~8min,实现显影;

b 停影:将显影后的胶片从显影槽中取出,在显影槽上方停留 2~3s 使滞留的药液流离洗片夹,放入装有清水的 1#清洗槽内将其上面残留的显影液清洗干净至停显;

c 定影:将停影后的胶片浸入定影液中,实现定影;

d 清洗:将定影后的胶片从定影槽中取出,放入装有自来水的 2#清洗槽中漂洗;

e 晾干:将漂洗后的胶片在洗片室内进行自然晾干;

f 对晾干后的胶片进行评片和审片。

⑧出具报告:根据评片结果,对受检工件出具检测报告。

合格的焊接部件投入公司生产流程进行进一步加工,不合格的焊接部件重新返回焊接。

9.3 路径规划

本项目路径规划分为人流路径和物流路径,具体如下:

(1) 人流路径

本项目辐射工作人员经控制室门进入控制室内,从专用铅房南侧大门进出专用铅房。

(2) 工件路径

本项目拟检测的焊接部件经专用铅房南侧大门进出。

(3) 危废路径

本项目产生的危险废物在洗片室、评片室暂存,定期通过厂房北侧小门运出交有资质单位处置。

续表 9 项目工程分析与源项

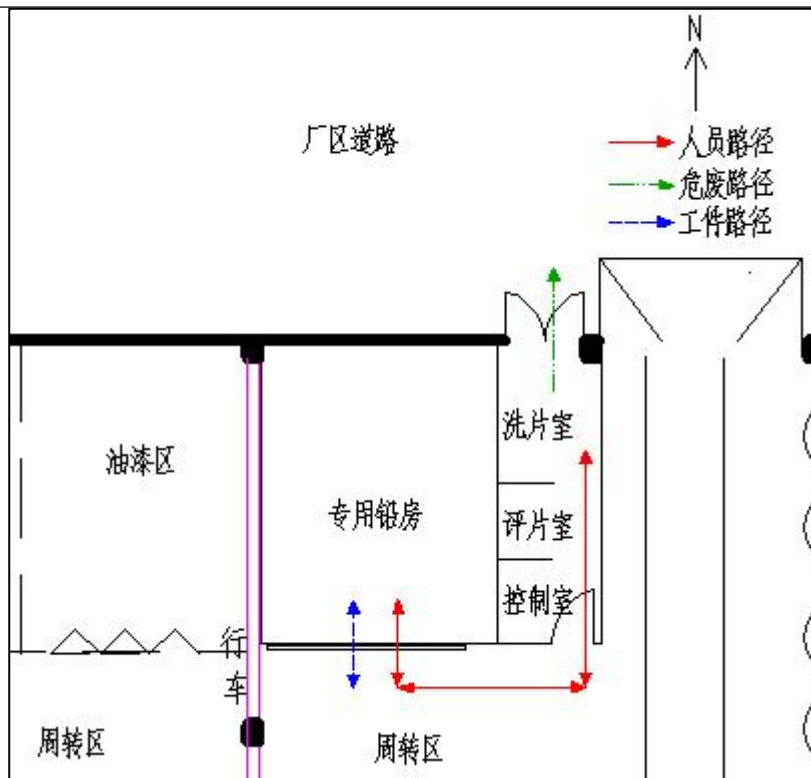


图 9-4 项目人流物流路径图

9.4 污染源项分析

根据工艺流程可知，本项目 X 射线探伤机工作产生的污染物主要有 X 射线探伤机曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）、固废（废显影液、废定影液、清洗废水、废片、存档到期的胶片）等。

9.4.1 电离辐射

由 X 射线探伤机工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据项目 X 射线探伤工作流程，X 射线探伤机与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

①有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 中表 B.1，确定 200kV 的 X 射线机距辐射源点（靶点）1m 处 X

续表 9 项目工程分析与源项

射线输出量按照 3mm 铝为过滤板，发射率为 $8.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。本项目探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越高，加在 X 射线管的管电流越高，光子束流越强。

②漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 1，X 射线探伤机管电压为 150~200kV 时，X 射线管焦点 1m 处漏射线所致周围剂量当量率控制值小于 2.5mSv/h。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、地面、周边建构物等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 可知，管电压 200kV 的探伤机 90° 散射辐射最高能量为 150kV。

9.4.2“三废”产排情况

本项目主要是在 X 射线探伤机无损检测作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性“三废”。

（1）废气

在 X 射线无损检测作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（主要为 NO_2 ），废气经机械排风系统引至专用铅房外，再通过北侧窗户排出厂房。

（2）废水

本项目无生产废水产生。本项目不新增工作人员，不新增生活污水产生量，拟调配培养的 2 名辐射工作人员产生的生活污水依托厂房东侧现有生化池处理后排入园区污水管网。

（3）噪声

本项目专用铅房设置 1 套机械排风系统，排风系统风机噪声值约 60dB(A)，为低噪声设备，安装在专用铅房排风口处，风机噪声经厂房墙体隔声后排放。

（4）固体废物

①一般固废

本项目不新增工作人员，不新增生活垃圾产生量，拟调配培养的 2 名辐射工作人员产生的生活垃圾依托原有生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

本项目探伤机使用一定年限后（一般约 10 年）可能不能正常工作，报废成为固体废物，建设单位应当对射线装置内的阴极射线管进行拆解和去功能化，报废的探伤机（不含废阴极

续表 9 项目工程分析与源项

射线管) 交由物资回收单位处置。

②危险废物

A: 废阴极射线管

射线装置报废的阴极射线管属于《国家危险废物名录》中 HW49 其他废物 (废物代码: 900-044-49), 交由资质的单位处置。

B: 废胶片

本项目预计每年曝光片子 1500 张 (含废片约 20 张), 胶片在公司的评片室存放。根据公司资料, 胶片存档至少 10 年, 废胶片及存档到期的胶片属于危险废物, 废胶片及存档到期的胶片产生时预计年产生量约 0.02t/a。交由危废处置资质的单位处置。废胶片属于《国家危险废物名录》(2021 版) 中感光材料废物 HW16, 废物代码为 900-019-16。

C: 洗片废液

洗片废液包括废定影液、废显影液、清洗废水。

废定影液、废显影液: 根据《国家危险废物名录》(2021 版), 废定影液、废显影液属于 HW16, 废物代码为 900-019-16 (其他行业产生的废显 (定) 影剂、胶片和废像纸)。根据建设单位提供的资料, 显影粉和定影粉消耗量均约 10kg/a, 显影粉和定影粉均需要按比例为 0.5:4 配水使用, 则每年配制显影液、定影液各 80L。公司预计每个月配制 1 次显影液、定影液, 由于配置好的显影液、定影液存放时间过久, 洗片效果不能满足要求。因此, 本项目显影液、定影液定期更换, 平均 1 个月更新一次, 因此, 公司废定影液、废显影液年产生量均约 0.09t/a。

清洗废水: 洗片过程中进行两次自来水清洗 (停影槽、漂洗槽), 清洗水循环、流动使用, 直到不能满足清洗要求后再行更换。清洗废水中含有 AgBr、显影剂及氧化物, 若作为废水处理, 应设置污水处理装置, 出水中总银的含量满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 中表 1 的要求 (总银最高允许排放浓度不大于 0.5mg/L)。

由于清洗废水可生化性较差, 且产生量小, 单独处理效率低且投资成本高。建设单位拟将其作为危险废物管理, 不外排且洗片室内无排水点。该类清洗废水属于具有危险特性, 可能对生态环境或者人体健康造成有害影响的废液, 根据其成分, 按照《国家危险废物名录》(2021 版) 中 HW16 进行管理。根据探伤室的洗片量, 一般清洗废水 1 个月更换一次, 一次产生清洗废水约 20kg, 年产生量约 0.24t/a。

续表 9 项目工程分析与源项

上述废显影液、废定影液、清洗废水主要成分为对苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银，属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，无放射性。清洗废水中含有 AgBr、显影剂及氧化物，公司洗片室内拟设置 3 个废液收集桶（其中废显影液、废定影液、清洗废水的收集桶容积分别不低于 25L、25L、60L，能满足暂存要求），在各废液桶下设防渗托盘，定期交由有相应危废处置资质的单位处置。本项目危险废物产生及排放情况见表 9-2。

表 9-2 危废产生量及处理处置措施

危废名称	危废类别	危废代码	产生量 (t/a)	形态	主要成分	有害成分	产废周期	暂存时间	危险特性	处置措施
废阴极射线管	HW49	900-044-49	0.01	固态	金属	重金属铅等	不定	3 个月	T	公司暂存后交有资质单位处置
废胶片及存档到期胶片	HW16	900-019-16	0.02	固态	明胶卤化银	重金属银	1 年	1 年	T	暂存在公司评片室，定期交有资质单位处置
废显影液	HW16	900-019-16	0.09	液态	银的络合物	重金属银	1 个月	3 个月	T	分类收集后暂存于公司洗片室，定期交有资质单位处置
废定影液	HW16	900-019-16	0.09	液态		重金属银	6 个月	3 个月	T	
清洗废水（按照危废管理）	HW16	900-019-16	0.24	液态		重金属银	1 个月	3 个月	T	

备注：T 毒性。

9.4.3 项目产排污统计

项目产排污总体情况见表 9-3 所示。

表 9-3 项目污染物产排情况统计表

污染物	污染因子	产生量	处理方式
电离辐射	X 射线	能量 200kV 的探伤机，距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $8.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，距 X 射线管焦点 1m 处漏射线所致周围剂量当量率控制值小于 2.5mSv/h	专用铅房四周墙体、顶棚、防护门屏蔽
废气	O ₃ 、NO _x	少量	机械排风
废水	生活污水	不新增	依托厂区污水生化池处理
噪声	设备噪声	≤60dB (A)	购置低噪声设备
一般固废	生活垃圾	不新增	交环卫部门处理
	报废探伤机（不含废阴极射线管）	约 10 年报废一次	去功能化后交物资回收单位
危险废物	废阴极射线管（HW49）	报废时产生量约 0.01t	去功能化后暂存在公司，交有资质单位处置
	废显影液（HW16）	0.09 t/a	分类收集后暂存于公司洗片室，定期交有资质单位处置
	废定影液（HW16）	0.09 t/a	

续表 9 项目工程分析与源项

	清洗废水(HW16)	0.24 t/a	
	废胶片和存档到期的胶片(HW16)	0.02 t/a	暂存在公司评片室，定期交有资质单位处置

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目布局与分区

10.1.1 工作场所布局

本项目包括专用铅房及其配套的控制室、洗片室、评片室等辅助用房，功能齐全。本项目专用铅房内探伤机活动范围（见图 10-5）在东侧，朝向西侧照射，探伤机最大架设高度为 1.5m，北侧、地板部分区域可在主射线范围内，控制室拟设置在专用铅房外东侧，控制室的设置位置避开了有用线束照射的方向。本项目铅房小，人员门和工件门为同一个门，控制室靠近铅防护门。

因此，本项目平面布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）的要求，布局合理。

10.1.2 分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款规定，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。监督区：这种区域未被确定为控制区，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。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022），第 6.1.2 款规定“应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。”一般将专用铅房墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

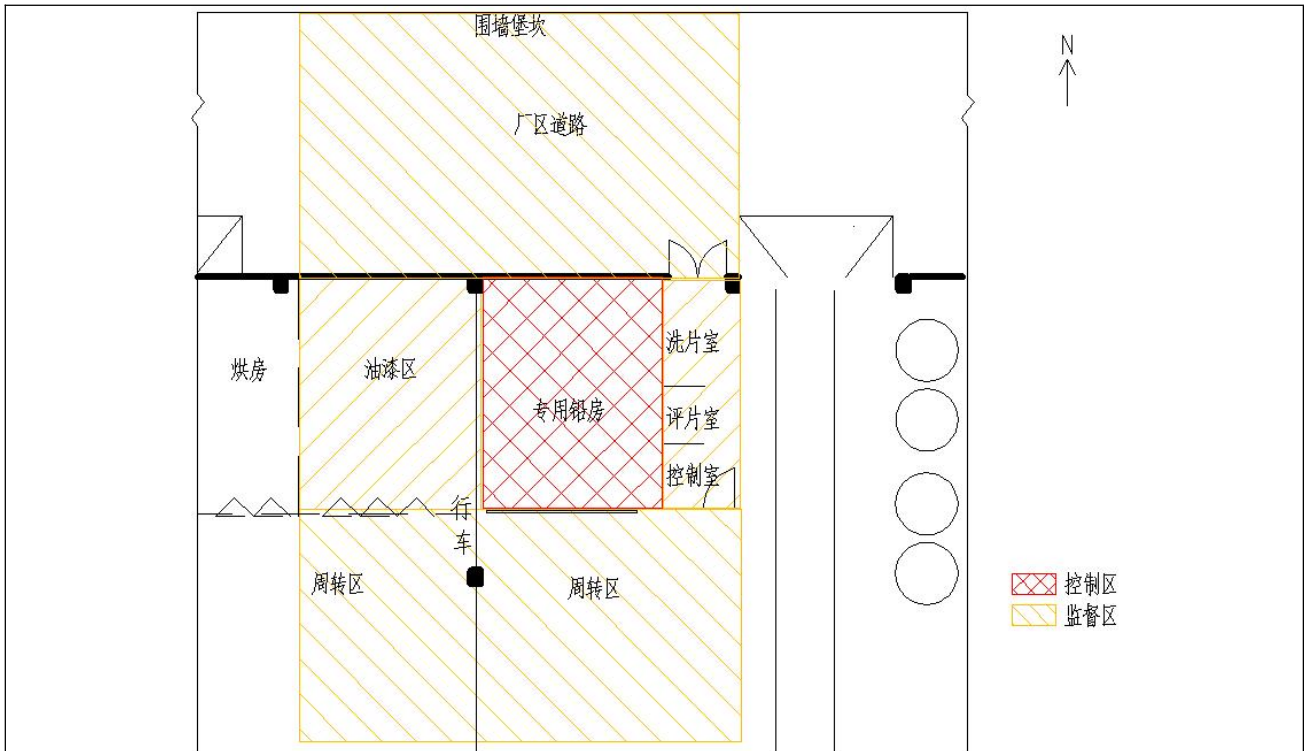
10.1.3 区域划分情况

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，公司拟对本项目探伤工作场所实行分区管理，专用铅房墙壁围成的内部区域为控制区，与专用铅房墙壁外部相邻区域及楼上为监督区。项目具体区域划分情况如下表 10-1，分区布局示意图见图 10-1。

表 10-1 项目区域划分情况表

类别	用房
控制区	专用铅房
监督区	控制室、评片室、洗片室及专用铅房周围相邻区域、铅房上空相邻区域。

续表 10 辐射安全与防护



备注：南侧监督区宽约 4m，包含最长焊接件的长度。

图 10-1 区域划分示意图

公司还拟采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：拟对控制区进行严格控制，探伤机在运行中严禁任何人进入。拟在专用铅房门口和内部同时设置工作状态指示灯和声音提示装置，拟在出入口设置电离辐射警告标志，警告人员远离专用铅房区域。

②监督区：监督区一般不设置专门管控设施，但需加强周边活动人员管理，经常对职业照射条件进行监督和评价。控制室为工作人员操作仪器的工作场所，禁止非辐射工作人员未经允许进入。监督区边界可设置分区标识。

③在控制区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

10.2 辐射安全与防护措施

本项目射线装置主要辐射为 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。

10.2.1 X 射线探伤机固有安全性

X 射线探伤机的固有安全性包括以下几个部分：

(1) 开机时系统自检

续表 10 辐射安全与防护

开机后控制器首先进行系统诊断测试。若诊断测试正常，该探伤机会示意操作者可以进行曝光或训机操作；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

(2) 延时启动功能

按下开高压按钮启动曝光后，在产生 X 射线之前，系统将自己延时 1 分钟，在延时阶段，会听到“嘀---嘀”警报声。这时用户也可以按下高压按钮来停止探伤机的启动。

(3) 当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时（X 线球管过热、设备绝缘层击穿等），控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

(4) 当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段，在休息阶段任何按键不可用，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

(5) 设备停止工作规定时间（一般不超过 48h），再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

(6) 过电流保护

设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值时或高压对地放电时，设备会自动切断高压。

(7) 失电流保护

设备带有失电流保护继电器，当管电流低于 0.25mA 时，自动切断高压。

(8) 过电压保护

设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

(9) 继电保护

温度继电器及射线屏蔽室门开关的触点均为串联，在正常时均接通；若有一个没接通，不能达到高压。

(10) 控制台安全措施

①控制台拟设置 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置，拟设置高压接通时的外部报警或指示装置。

②控制台上拟设置与专用铅房防护门联锁的接口，当铅防护门未关闭时不能接通 X

续表 10 辐射安全与防护

射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何铅防护门开启时能立即切断。

③控制台拟设置钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。钥匙由探伤机操作人员随身携带保管，换班、检修时检查钥匙交接情况，防止非工作人员误操作探伤机。

④控制台拟设置紧急停机开关，拟设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

10.2.2 实体屏蔽防护措施

(1) 屏蔽体设计情况

根据建设单位提供的资料，本项目专用铅房主体结构采用铅板，防护门采用铅防护门，以屏蔽防护 X 射线，防护厚度充分考虑了 X 射线主射、散射、漏射影响。

专用铅房内空尺寸为 3000×4000×2800（长×宽×高、mm），面积 12m²，四周墙体、顶棚、防护门均采用 3mm 钢+9mmPb+3mm 钢。

(2) 专用铅房及防护门的生产、安装由有资质的生产厂家承担，门洞尺寸为 2000×2600（宽×高、mm），防护门尺寸为 2400×2800（宽×高、mm），防护门与墙体间缝隙小于 1cm，防护门与墙体间有 10cm 以上的搭接宽度，确保搭接宽度不小于缝隙的 10 倍。

(3) 穿越防护墙的电缆呈“L”型穿越，穿越孔的直径约 100mm，穿越处离地高度约 1000mm，位于专用铅房东侧，穿越孔处墙体补偿不低于 2 倍孔宽度的铅板（9mmPb）。

排风孔（直径约 200mm）从专用铅房顶部东北角直穿顶棚，孔外包铅桶（10mmPb），铅桶顶部再盖 600mm×600mm 的铅板，铅板与铅桶间缝隙（约 15mm）用于排风。具体见图 10-2、图 10-3 所示。穿墙处均不在主射方向上，散射线均需经过多次反射才能穿出，经多次散射后剂量很低，满足要求。

续表 10 辐射安全与防护

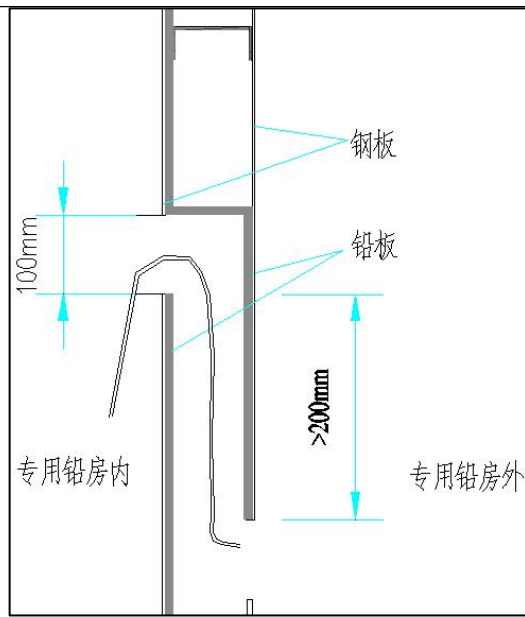


图 10-2 穿墙示意大样图（线缆）

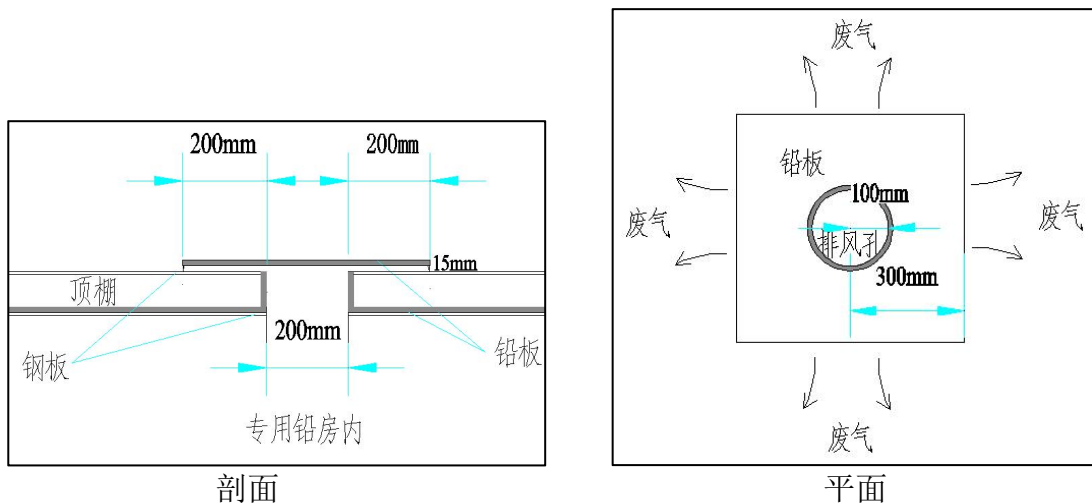


图 10-3 穿墙示意大样图（通风管道）

10.2.3 安全联锁及紧急停机

(1) 门机联锁

本项目专用铅房拟设置门—机联锁装置，铅门未关闭的情况下 X 射线不能出束；门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

(2) 工作状态指示灯和声音提示装置

专用铅房外顶部和铅房内均分别设置一组警示灯（红灯+黄灯），预备状态时黄灯亮，X 射线装置出束时红灯亮并发出警报声音。警示灯与探伤机联锁。黄色代表“预备”状态，红色代表“照射”状态，并拟在警示灯旁设“照射”和“预备”信号意义的说明。

续表 10 辐射安全与防护

(3) 紧急停机按钮

本项目拟在控制室操作台上设 1 个急停按钮，铅房内设置 3 个急停按钮。急停按钮相互串联，按下任意一个按钮，X 射线设备高压电源立即被切断，设备停止出束，急停按钮旁设置中文标识和相关说明。

(4) 紧急开门

铅防护门为手动推拉门，铅房内出现滞留人员情况下，内部也可手动推开铅门。

10.2.4 通风

专用铅房拟设一台排风扇，总排风量为 1050m³/h，通风次数约 31 次/h，将废气引至专用铅房外，再通过北侧窗户排出厂房。

10.2.5 其他辐射防护措施

(1) 固定式场所辐射探测报警装置

专用铅房内铅门旁拟设置固定式场所辐射探测报警装置的探头，仪表指示仪及报警装置安装在控制室操作台上。铅房内探头实时监测铅房内周围剂量当量率，操作台上仪表指示仪显示铅房内周围剂量当量率读数，当装置检测到周围剂量当量率超过预设限值时，仪表指示仪进行光报警。

(2) 电离辐射警示标志

X 射线设备检测区严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且拟在专用铅房铅防护门上张贴固定的电离辐射警告标志。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。电离辐射警示标志规范图见图 10-4 所示。



图 10-4 电离辐射警示标志图

(3) 视频监控系統

专用铅房内和出入口拟安装监视装置，在控制室的操作台设置专用的监视器，确保全方位监视专用铅房内人员的活动和探伤设备的运行情况，如果出现异常能迅速启动设备急停装置。

续表 10 辐射安全与防护

(4) 主射线方向

本项目专用铅房内探伤机主射方向为西侧，探伤机离地高度最大为 1.5m，北侧、地板部分区域可在主射线范围内。拟制定专用铅房内探伤操作规程，明确规定探伤机使用过程中的要求，要求探伤机主射方向不朝向防护门和控制室。

(5) 探伤机活动范围

结合本项目检测焊接部件的尺寸大小及确保铅防护门不在主射线范围内，本项目专用铅房划定探伤机活动范围见图 10-5。

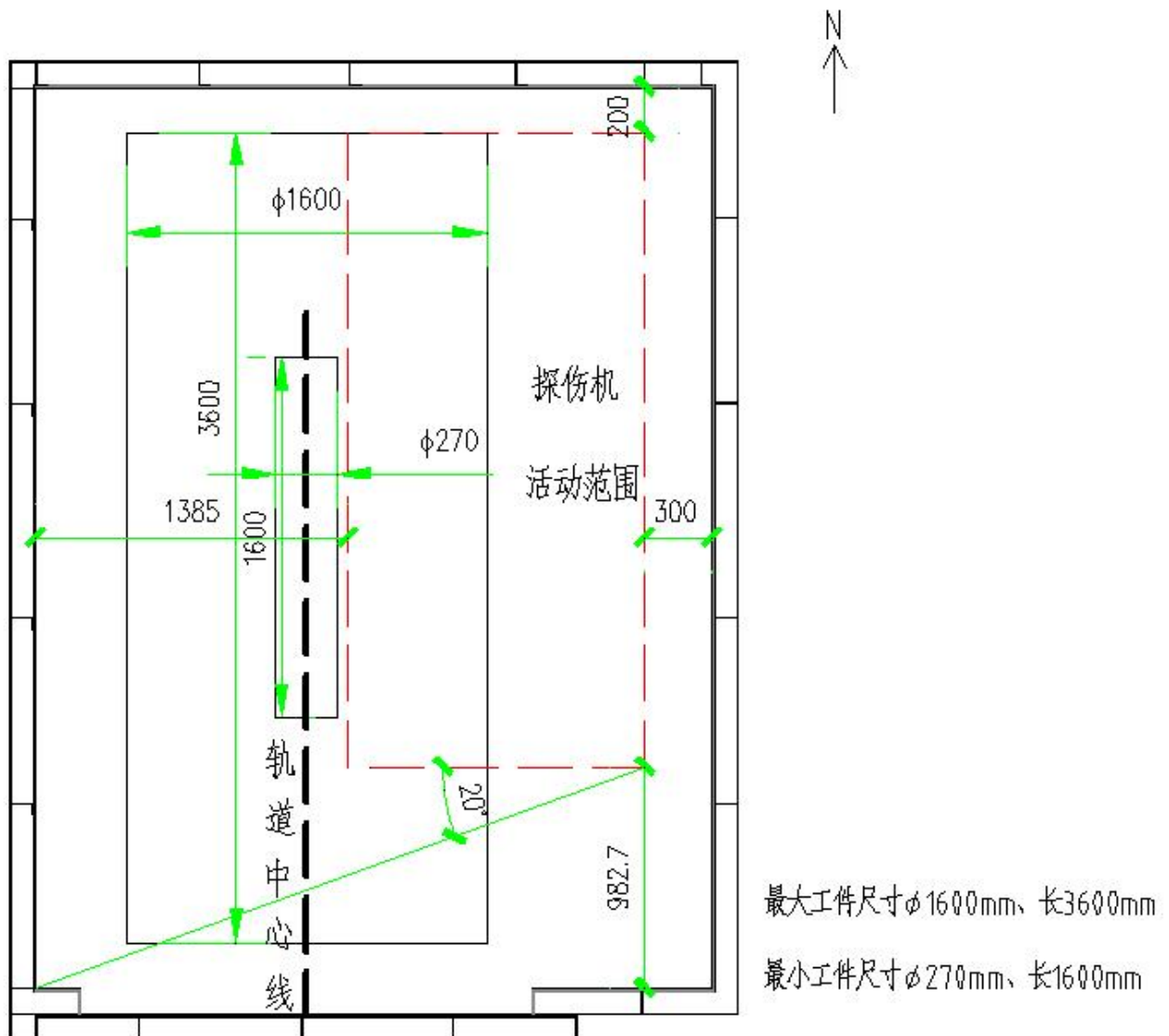


图 10-5 探伤机活动范围

为确保东侧控制室及南侧铅防护门不在主射线范围内，建设单位应根据主射方向及探伤

续表 10 辐射安全与防护

机活动范围，制定相关制度，并将注意事项张贴在专用铅房内，探伤机活动范围贴条标识在铅房地面上。

本项目辐射防护安全措施图见图 10-6。

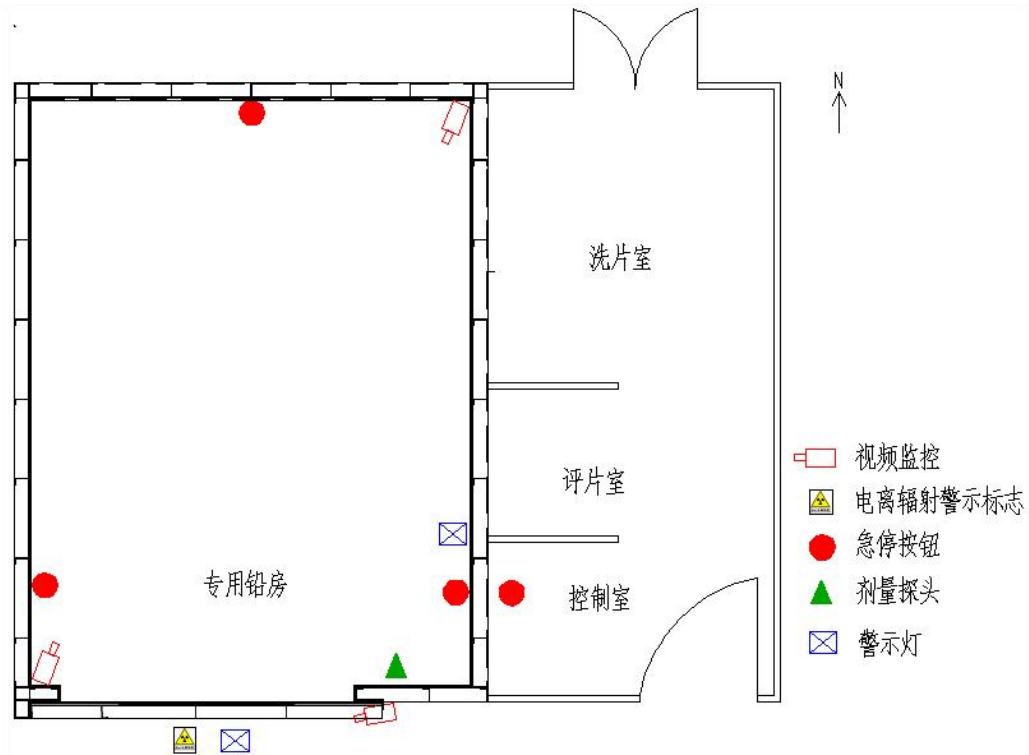


图10-6 本项目辐射安全与防护设施布置示意图

本项目辐射安全联锁逻辑见图 10-7。只有在各铅门关闭、急停按钮复位和系统自检正常的情况下，设备才能启动，设备出束时，铅房内外警示灯红灯亮并发出警报声，同时操作台上固定式场所辐射探测报警装置的仪表指示仪上显示读数，当探头检测到周围剂量当量率超过预设限值时，探头及仪表指示仪进行光报警，同理，设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关，设备会立即停止运行，铅房内外警示灯黄灯亮，固定式场所辐射探测报警装置的仪表警示仪无读数。

续表 10 辐射安全与防护

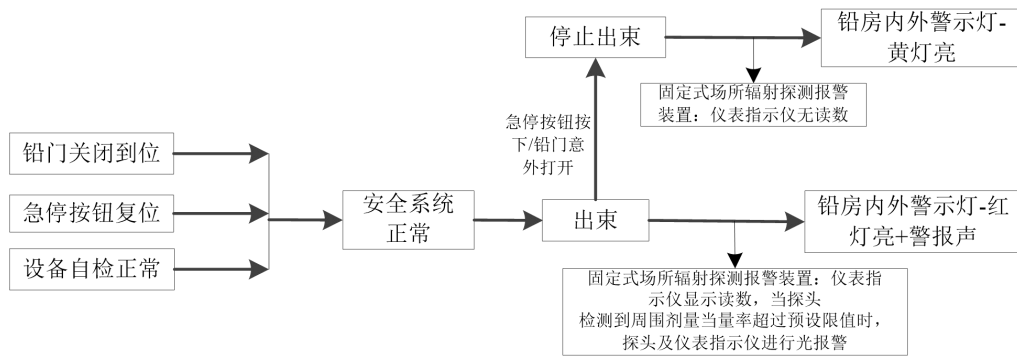


图 10-7 辐射安全联锁逻辑图

10.3 个人防护用品及监测仪器

本项目拟为每名辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，拟配置 1 台便携式 X- γ 辐射剂量巡测仪，详细情况如下表 10-2 所示。

表 10-2 防护用品及监测仪器

序号	名称	数量	用途	备注
1	个人剂量报警仪	2 个	辐射工作人员佩戴，实时监测辐射剂量是否超标。	新购
2	个人剂量计	2 个	工作期间辐射工作人员佩戴，记录个人受到的照射剂量。	新购
3	便携式 X- γ 辐射剂量巡测仪	1 台	专用铅房屏蔽体外定期进行周围剂量当量率监测，核查屏蔽体的屏蔽效果。	新购
4	固定式剂量率仪	1 台	专用铅房内实时监测辐射剂量是否超标	新购

10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目拟采取的辐射防护措施与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-3 所示。根据表 10-3 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）等的要求。

10.5 三废的治理

本项目 X 射线探伤机在工作过程中不产生放射性三废。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求	项目情况	
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。	本项目由建设单位对放射防护安全负主体责任。	
	4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。	拟按要求建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。	
	4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。	拟按要求对辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康监护。	
	4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。	探伤工作人员正式工作前拟按要求取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。	
	4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	拟配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	
	4.6 应制定辐射事故应急预案。	拟制定辐射事故应急预案。	
	5.1 X 射线探伤机	5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。	拟购买符合要求的探伤设备。
	5.1 X 射线探伤机	5.1.2 工作前检查项目应包括：a) 探伤机外观是否完好；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；c) 液体制冷设备是否有渗漏；d) 安全连锁是否正常工作；e) 报警设备和警示灯是否正常运行；f) 螺栓等连接件是否连接良好；g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	拟按要求工作前对各项进行检查。

续表 10 辐射安全与防护

	<p>5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；d) 应做好设备维护记录。</p>	<p>由生产厂家进行维修，维修按要求进行。</p>
<p>6.1 探伤室放射防护要求</p>	<p>6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。</p>	<p>本项目控制室与铅房分开布置，控制室避开了有用线束照射的方向；探伤室的屏蔽墙厚度考虑了各种因素，根据后文核算，铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$，屏蔽效果良好；铅门的防护性能与同侧墙的防护性能一致。</p>
	<p>6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。</p>	<p>项目拟对工作区域进行分区管理，分区满足该条的要求。</p>
	<p>6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$；b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$。</p>	<p>经核算，人员在关注点的周剂量参考控制水平能满足职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv/周}$，公众不大于 $5\mu\text{Sv/周}$，项目铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$，且项目建成后，将委托资质单位对铅房各关注点进行监测。</p>
	<p>6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv/h}$。</p>	<p>本项目上方无建筑物，无其他人员可达到场所，经后文核算，铅房顶部外表面 30cm 处的剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$，保守考虑按 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制。</p>

续表 10 辐射安全与防护

	<p>6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。</p>	<p>本项目铅房的铅门拟配置门机联锁装置，铅门未关闭的情况下不能打开高压产生射线；门关闭后，在开高压产生射线的情况下，铅门不能打开；门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。</p>
	<p>6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。</p>	<p>本项目的铅房内和铅房外醒目位置均拟设置一组警示灯，每组警示灯分为黄色和红色，黄色代表“预备”状态，红色代表“照射”状态，“预备”信号持续足够长的时间，确保探伤室内人员安全离开，并拟在警示灯旁设“照射”和“预备”信号意义的说明。操作台设视频监控影像显示屏，操作屏幕上“预备”和“照射”均有显示。同时出束时发出警报声音提示。</p>
	<p>6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。</p>	<p>本项目铅房内外均拟安装监控系统，能够观察到铅房内以及铅门口情况。</p>
	<p>6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。</p>	<p>铅房防护门上拟设置电离辐射警告标识，并设置中文警示说明。</p>
	<p>6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。</p>	<p>设备铅房内拟设置 3 个急停按钮，便人员接触的位置，能使人员不需要穿过主射线束就能够使用，且拟设置中文标识。</p>
	<p>6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。</p>	<p>设备铅房自带机械通风装置，排风口位于铅房顶，远离人员活动的密集区，总排风量为 1050m³/h，通风次数约 31 次/h，符合要求。</p>

续表 10 辐射安全与防护

	<p>6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。</p>	<p>探头拟设置于铅房内的铅门旁，仪表指示仪及报警装置安装在控制室操作台上。铅房内探头实时监测铅房内周围剂量当量率，操作台上仪表指示仪显示铅房内周围剂量当量率读数，当装置检测到周围剂量当量率超过预设限值时，仪表指示仪进行光报警。</p>
<p>6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求</p>	<p>6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。</p>	<p>拟每日对铅房的门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施检查一次，确保门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施正常后，方可开展检测工作。</p>
	<p>6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。</p>	<p>从事本项目的探伤工作人员配备个人剂量计后方可上岗，拟为本项目配备 1 个便携式 X-γ剂量率仪、每个辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪，制定相关制度，规定当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员立即退出铅房，同时防止其他人进入铅房。</p>
	<p>6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。</p>	<p>拟定期对本项目铅房外周围区域、包括操作者工作位、周围毗邻区域人员居留处的剂量率水平进行监测，并制定相关制度，当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。</p>
	<p>6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。</p>	<p>拟制定交接班制度。工作人员交接班时按照要求检查剂量仪是否正常工作，发现不能正常工作时将暂停检测工作。</p>
	<p>6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。</p>	<p>拟制定相关制度，操作人员每次检测工作前确认铅房内部没有人员驻留并关闭防护门，且只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。</p>
	<p>6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。</p>	<p>本项目设备铅房大小满足现有公司生产的工件大小使用，不会出现工件过大情况，并拟制定相关制度，不得开门探伤。</p>

续表 10 辐射安全与防护

《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3.3 其他要求	3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。	本项目铅房小，人员门与工件进出门共用。
		3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用射线束照射方向	本项目控制室位于铅房外，探伤机主射方向为西侧，北侧、地板部分区域可在主射线范围内，控制室和人员门分别位于东侧、南侧，避开了有用射线束照射方向。
		3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	本项目铅房主体结构密闭，开设铅防护门，在铅门搭接处设置足够长的铅门对左右两边进行搭接防护，设置的排风出口罩、电缆出口罩屏蔽能力与主体结构一致。
		3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽	根据后文计算，本项目设备 X 射线管头在最高管电压和最高管电流下，主射方向和其它侧屏蔽体均能满足额定工况下的辐射防护要求。
GBZ128-2019	5.3 剂量计的佩戴	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置;当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	拟为每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计，并佩戴于胸前。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目依托公司厂房主体框架结构，施工期施工过程中主要有少量的施工粉尘、生活污水、施工机械噪声、建筑垃圾及生活垃圾等产生。采取选择低噪声设备、洒水抑尘、建筑垃圾运送至合法渣场处置、施工人员生活污水依托厂区生化池处置、生活垃圾交环卫部门处理。项目施工期较短、工程量较小，施工范围均位于厂房内，且随着施工期的结束而结束，因此施工对环境产生的影响较小。

运行阶段对环境的影响

11.1 铅房屏蔽能力理论预测

11.1.1 铅房辐射屏蔽的剂量参考控制水平

估算公式使用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式。

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($\dot{H}_{c\cdot d}$) :

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下:

职业工作人员: $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$

公众: $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c\cdot d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按式 (1) 计算:

$$\dot{H}_{c\cdot d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

H_c ——周剂量参考控制水平, 单位为微希每周 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$);

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子;

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子;

t ——探伤装置周照射时间, 单位为小时每周 ($\text{h}/\text{周}$)。

t 按式 (2) 计算:

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

续表 11 环境影响分析

W——X射线探伤的周围工作负荷(平均每周X射线探伤照射的累积“mA·min”值), mA·min/周;

60—小时与分钟的换算关系;

I—X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安(mA)。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$:

$$\dot{H}_{c,max} = 2.5\mu Sv/h$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c :

\dot{H}_c 为上述 a) 中的 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

X射线探伤机周工作负荷见表 11-1; 根据 GBZ/T250-2014 附录 A, 居留因子取值原则见表 11-2, 剂量率参考控制水平核算表见表 11-3。

表 11-1 X射线探伤装置工作负荷

额定电流	周最大曝光次数	单次曝光	周最大照射时间
5mA	30次/周	1~5min/次	150min

表 11-2 不同工作场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

表 11-3 剂量率参考控制水平核算表

关注点	U	T	t (h)	H _c (μSv/周)	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	$\dot{H}_{c,max}$ (μSv/h)	\dot{H}_c (μSv/h)
东(洗片室、评片室、控制室)	1	1	2.5	100	40.0	2.5	2.5
南(周转区)	1	1/2	2.5	5	4.0	2.5	2.5
西(油漆区)	1	1/2	2.5	5	4.0	2.5	2.5
北(道路)	1	1/8	2.5	5	16.0	2.5	2.5
顶棚	1	1/40	2.5	5	80.0	2.5	2.5

注: \dot{H}_c 为 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。油漆区采用自动喷漆, 不采用人工喷漆。本项目辐射工作人员进行洗片、评片。

11.1.2 铅房辐射屏蔽核算公式

续表 11 环境影响分析

核算公式使用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中核算公式。

(1) 有用线束

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按 (3) 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)；

H_0 —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)。

(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (4) 计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——见附录表 B.2。

(3) 泄漏辐射屏蔽

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式 (4) 计算，然后按式 (5) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)；

\dot{H}_L —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)。

(4) 散射辐射屏蔽

续表 11 环境影响分析

c) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B , 按表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值, 确定 90° 散射辐射的 TVL, 然后按式 (4) 计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (6) 计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_o^2} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA);

H_0 —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$, 以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ;

B —屏蔽透射因子;

F — R_0 处的辐射野面积, 单位为平方米 (m^2);

α —散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。

R_0 —辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, 单位为米 (m);

R_s —散射体至关注点的距离, 单位为米 (m)。

11.1.3 专用铅房屏蔽防护核算参数

①核算距离、方向

本项目探伤机移动使用范围如图 10-5。各核算点位置及距离见图 11-1~图 11-2 和表 11-4。因线缆穿墙和风管穿墙处均设置与墙体同等厚度的铅板作为补偿, 补偿长度较长, 不影响墙体的屏蔽防护能力, 且不在主射方向上, 射线需经多次散射才能穿出, 剂量很小, 因此不再对各穿墙孔位置进行核算。

续表 11 环境影响分析

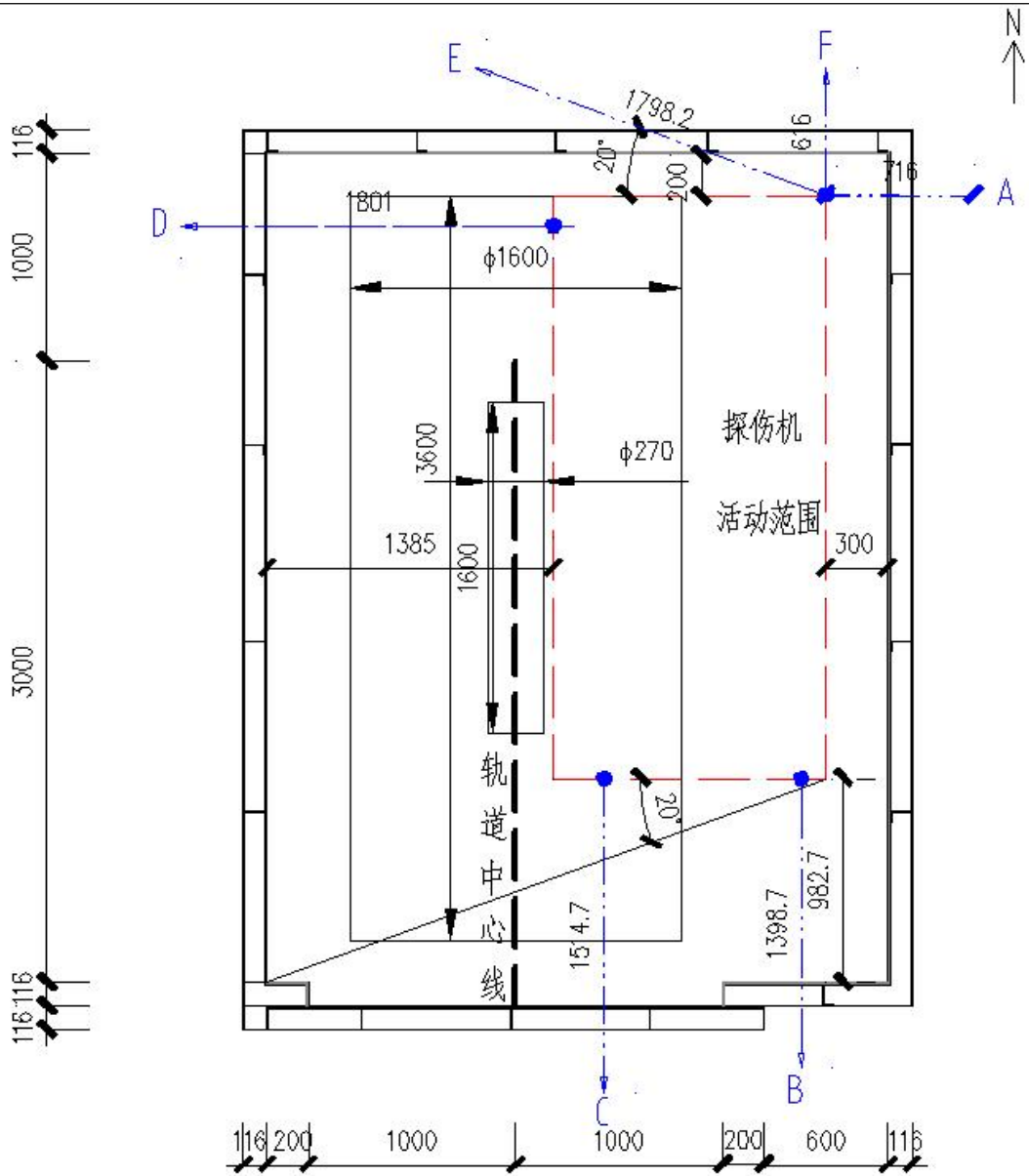


图11-1 屏蔽核算点位示意图（平面）

续表 11 环境影响分析

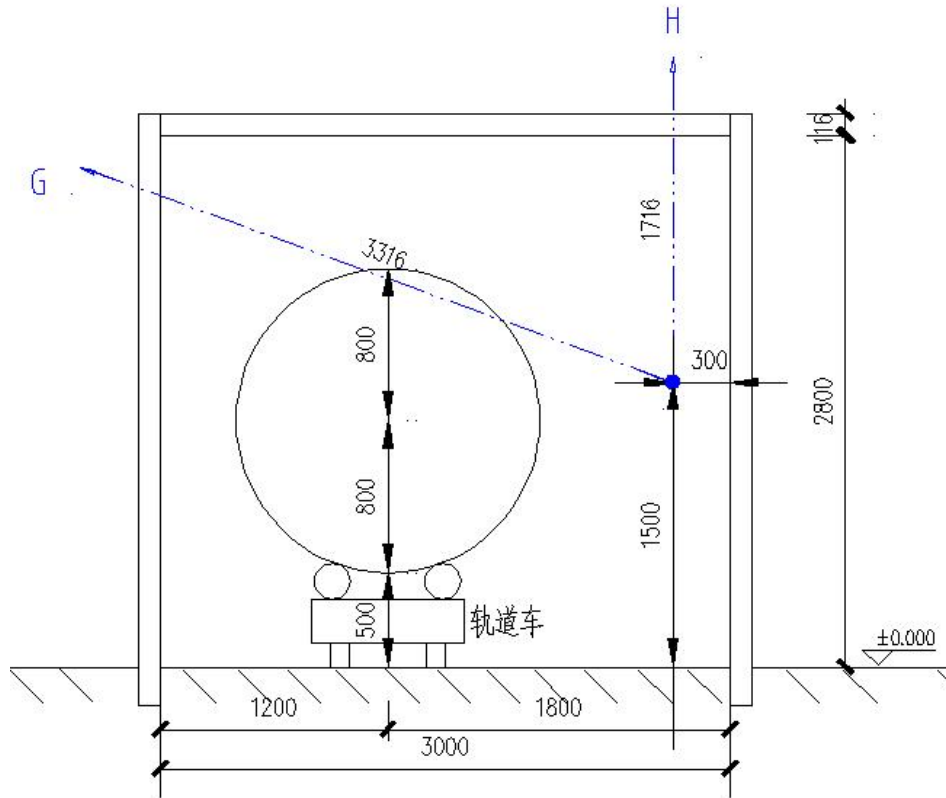


图11-2 屏蔽核算点位示意图（剖面）

表 11-4 核算距离一览表

探伤机类型	核算点位	屏蔽体	需要屏蔽的射线	核算距离 m
定向机	A	东墙	漏射、散射	0.71
	B	南墙	漏射、散射	1.39
	C	南侧铅门	漏射、散射	1.51
	D	西墙	主射线	1.80
	G		主射线	3.31
	E	北墙	主射线	1.79
	F		漏射、散射	0.61
	H	顶棚	漏射、散射	1.71

备注：各核算点均为屏蔽体外 30cm 处；西墙主射 G 点较 D 点更远，后文不再核算。

②其他相关参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-5 所示。

续表 11 环境影响分析

表 11-5 屏蔽体核算相关参数

参数	数值				来源	
设备基础参数	额定电压 200kV, 电流 5mA				建设单位提供	
G (mGy·m ² /mA·min)	8.9 (3mm 铝过滤条件下)				GBZ/T250-2014 附录 B 中表 B.1	
转换系数	6×10 ⁴				GBZ/T250-2014 4.1 a)	
H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	5.34×10 ⁵					
$\frac{R_0^2}{F \times d}$	60				GBZ/T250-2014 附录 B.4.2	
泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)	2.5×10 ³				GBZ/T250-2014 表 1	
X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值	150				GBZ/T250-2014 表 2	
什值层 (TVL) 半值层 (HVL)		TVL (mm)		HVL (mm)		GBZ/T250-2014 表 B.2 及《辐射防护导论》(方杰主编, P103, 图 3.23)
	电压等级	铅	钢	铅	钢	
	200kV	1.4	13	0.42	/	
	150 kV	0.96	10	0.29	/	

备注：根据 GBZ/T250-2014, Sv/Gy 取 1。

③铅房屏蔽防护效能核实原则

根据 GBZ/T250-2014 中 3.2.3, 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时, 通常分别估算泄漏辐射、散射辐射, 当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度 (TVL) 或更大时, 采用其中较厚的屏蔽厚度, 当相差不足一个 TVL 时, 则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度 (HVL)。

11.1.4 专用铅房防护核算结果

本项目专用铅房屏蔽防护效能核算结果见表 11-6。

表 11-6 专用铅房屏蔽效能核算表

关注点	剂量率参考控制水平 Hc (μSv/h)	距离 (m)	计算厚度		设计厚度	设计厚度下关注点周围剂量当量率 (μSv/h)		是否达到屏蔽要求	
A	散射	2.5	0.71	4.4mmPb	5.04mmPb	9mmPb+6mm 钢	9.35×10 ⁻⁶	6.48×10 ⁻⁴	是
	漏射	2.5	0.71	4.6mmPb			6.39×10 ⁻⁴		
B	散射	2.5	1.39	3.8mmPb	4.22mmPb	9mmPb+6mm 钢	2.44×10 ⁻⁶	1.69×10 ⁻⁴	是
	漏射	2.5	1.39	3.8mmPb			1.67×10 ⁻⁴		
C	散射	2.5	1.51	3.7mmPb	4.12mmPb	9mm+6mm 钢	2.07×10 ⁻⁶	1.43×10 ⁻⁴	是
	漏射	2.5	1.51	3.7mmPb			9mm+6mm 钢		
D	主射	2.5	1.81	7.7mmPb		9mm+6mm 钢	0.10		是

续表 11 环境影响分析

E	主射	2.5	1.79	7.7mmPb		9mm+6mm 钢	0.11		是
F	散射	2.5	0.61	4.5mmPb	5.22mmPb	9mm+6mm 钢	1.27×10 ⁻⁵	8.78×10 ⁻⁴	是
	漏射	2.5	0.61	4.8mmPb		9mm+6mm 钢	8.65×10 ⁻⁴		
H	散射	2.5	1.71	3.6mmPb	4.02mmPb	9mm+6mm 钢	1.61×10 ⁻⁶	1.12×10 ⁻⁴	是
	漏射	2.5	1.71	3.5mmPb		9mm+6mm 钢	1.10×10 ⁻⁴		

备注：计算厚度保守考虑仅计算铅。

根据上表可知，本项目专用铅房四周墙体、顶棚、铅门设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）屏蔽防护的要求。顶棚外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，故本次评价不考虑天空散射。

11.2 年有效剂量估算

(1) 估算公式

X-γ射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

H_{Er}：X 或γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

H₍₁₀₎：X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X 或γ射线照射时间，小时。

(2) 辐射工作人员剂量估算

铅房外辐射工作人员剂量估算表见表 11-7。

表 11-7 设备工作时铅房外辐射工作人员剂量估算表

人员	方位	设计厚度下剂量率 (μSv/h)	年最大曝光 时间 (h)	居留因子	年有效剂量 mSv/a
辐射工作人员	东侧（洗片室、评片室、控制室）	6.48×10 ⁻⁴	125	1	<0.01

根据上表可知，本项目辐射工作人员受到本项目的年附加有效剂量远小于 0.01mSv，远小于本项目辐射工作人员年剂量约束值 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

(3) 公众人员剂量估算

本项目铅房周围公众成员剂量结果见表 11-8。

续表 11 环境影响分析

表 11-8 本项目铅房周围公众成员剂量结果一览表

序号	环境保护目标名称		方向	最近水平距离	预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年最大曝光时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
1	本项目所在建筑内	厂房内过道、盘料堆放区、绕管等加工区域	东-东南侧	约 2m	4.45×10^{-5}	1	125	5.56×10^{-6}
2		厂房内周转区、小件制作区等*	南-西南侧	约 2m	0.02	1	125	2.50×10^{-3}
3		油漆区	西侧	紧邻	0.10	1/2	125	6.25×10^{-3}
4		烘房、烧结区等	西侧	约 5m	0.01	1/2	125	6.25×10^{-4}
5	本项目所在建筑外	厂区道路和空地	东侧	约 30m	3.46×10^{-7}	1/8	125	5.41×10^{-9}
6		厂区道路及空地	西侧	约 16m	1.08×10^{-3}	1/8	125	1.69×10^{-5}
7		危废暂存间	西北侧	约 15m	1.38×10^{-3}	1/8	125	2.16×10^{-5}
8		厂区道路	北侧	紧邻	0.11	1/8	125	1.72×10^{-3}
9		空地	北侧	约 8m	3.59×10^{-3}	1/40	125	1.12×10^{-5}

备注：*由于该方向有工作区域，保守考虑按照最大的居留因子进行估算。

根据上表可知，本项目铅房周围公众成员受到本项目的年附加有效剂量均小于本项目工作成员年剂量约束值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.3 对周围环境保护目标的影响分析

根据核算可知，专用铅房各屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线衰减规律，辐射影响按距离的平方进行衰减，即距离辐射源越远，受到的影响越小。根据表 11-7、11-8 可知，铅房外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，铅房周围辐射工作人员受到的年有效剂量低于 5mSv/a ，公众成员受到的年有效剂量低于 0.1mSv/a 。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响甚微，本项目对周围各环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。

11.4 其他影响

(1) 废气对环境的影响分析

本项目专用铅房拟设置 1 套风量约 $1050\text{m}^3/\text{h}$ 机械排风系统，专用铅房通风换气次数约 31 次/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）中有效通风换气次数应不小于 3 次/h 的要求。机械排风系统能保证专用铅房内空气的流通，使少量的 O_3 、 NO_x 得以快速扩散，不会对工作人员造成影响。废气经机械排风系统机引至专用铅房外，再通过北侧窗户排出厂房，排放口周围主要为厂区道路，人员流动少，因此本项目废气排放口避开了人员活动

续表 11 环境影响分析

密集区，故项目产生的废气对周围环境影响小。

(2) 废水环境影响

本项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，原有人员生活污水依托厂房东南侧现有生化池（处理能力 160m³/d）处理后排入园区污水管网，对地表水环境影响小。

(3) 噪声影响

本项目拟使用的排风系统风机为低噪声节能排风机，风机风量 1050m³/h，其噪声值一般低于 60dB（A），噪声源强较小，经厂房隔声后对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响小。

(4) 固废环境影响

1) 一般固废

本项目不新增工作人员，不新增生活垃圾产生量，调配培养的 2 名辐射工作人员产生的生活垃圾依托原有生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

本项目探伤机使用一定年限后（一般约 10 年）可能不能正常工作，报废成为固体废物，建设单位应当对射线装置内的阴极射线管进行拆解和去功能化，报废的探伤机（不含废阴极射线管）交由物资回收单位处置。

2) 危险废物

①射线装置报废的阴极射线管交有资质的单位处置。

②废胶片档：曝光时产生的废片和存档到期的胶片长期存放在公司评片室内，交有资质的单位处理。

③洗片废液：洗片废液包括废定影液、废显影液、清洗废水，分类收集后暂存于公司洗片室塑料桶（拟设置 3 个）内，交有资质的单位处理。

本项目洗片室拟由专人管理，拟进行重点防渗处理，地面采用防渗材料建设，满足《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610—2016）中“等效黏土防渗层 Mb≥6.0m，K≤1.0×10⁻⁷cm/s；或参照 GB 18598 执行”要求。洗片室同时作为危废暂存区，拟由专人管理，并按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023），采取“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”等措施，地面采用防渗材料建设，满足 GB18597-2023 中“6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接

续表 11 环境影响分析

接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1m 厚黏土层（渗透系数不大于 10^{-7}cm/s ），或至少 2 mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于 10^{-10}cm/s ），或其他防渗性能等效的材料。”另外，洗片室拟按照《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276—2022）的规定设置警示标志，废液收集塑料桶拟设置明显的标识，包括危险废物类型、危险类型、危险情况以及安全措施等；塑料桶下方拟设置防漏托盘，避免桶渗漏后废液漫流，托盘容积不小于塑料桶容积，洗片室建筑面积共约 4m^2 ，可满足项目危险废物储存需求。

建设单位拟按照《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》（HJ 1259—2022）中要求建立危险废物管理台账，危险废物暂存应符合 GB18597-2023 要求，转移危险废物按照《危险废物转移管理办法》（生态环境部 公安部 交通运输部 部令第 23 号）要求执行。加强危险废物的管理，严禁随意露天堆放、随意倾倒和将危险固废混入一般固废中，以避免污染周边环境和防止发生泄漏污染地下水。

综上所述，建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后，项目固废对周围环境的影响可以接受。

11.5 实践正当性分析

项目工业 X 射线探伤机在生产、建设中的应用，对相关产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，项目使用 X 射线探伤机开展专用铅房无损探伤检测作业，为无损检测服务提供更加先进的检测手段，具有明显的社会效益；同时也将为建设单位创造更大的经济效益。项目采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。

项目对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

11.6 产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）中第一类鼓励类中第十四项中的第 6 小项“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，属于鼓励类。所以，本项目 X 射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

11.7 事故影响分析

（1）风险事故类型

X 射线探伤机产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射，本项目辐射事故主要体

续表 11 环境影响分析

现在以下几个方面：

①设备自身丧失屏蔽

X 射线设备机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将设备管头及探测器上的屏蔽块移走，使 X 射线设备丧失自身屏蔽作用，专用铅房四周墙体均为主射墙，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

②联锁装置失效

由于门机联锁装置失效，防护门未关闭或设备工作时门被开启，射线仍然能发射，造成射线外泄，可能对工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

③人员滞留铅房内

工作人员或设备维修人员通过铅门可进入铅房内，在开机前，工作人员未通过监控或现场对铅房内部进行充分确认，从而导致滞留在铅房内的人员在工作模式下被误照射。

④屏蔽体出现膨胀变形

本项目铅房各方向屏蔽体、电缆出线口罩、风机排风口罩，使用多年以后，可能因铅门的自重等原因引起铅门之间的搭接、铆钉等处空隙增大，从而漏出射线，使铅房周围的人员受到误照射。

⑤任意改变主射方向

操作人员未按要求操作，任意改变主射方向，专用铅房四周墙体均为主射墙，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

(2) 后果分析

1) 铅房外人员误照射

风险事故情景①、②、⑤：

考虑最不利情况，探伤机以最大管电压 200kV，最大管电流 5mA 运行，事故时间考虑单次最大曝光时间 5min。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-9。

表 11-9 铅房外人员误照射最大剂量估算表

事故情景	有效剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
设备自身丧失屏蔽/任意改变主射方向 (东侧)	0.68	5.68×10^{-8}	5.68×10^{-8}
联锁装置失效	1.17×10^6	0.10	0.10

备注：计算公式及参数取值同 11.1 章节。

风险事故情景④：

续表 11 环境影响分析

当铅屏蔽体出现膨胀变形后且长时间未发现，即射线不经过屏蔽对铅房外的人员进行误照射情况，操作人员位于操作台、携带个人剂量报警仪，因此在发生此情形事故时，操作位能及时发现并紧急关停设备出束，而当非操作位方向发生此事故情形时，便很难被公众发现，因此造成此事故的发生。

考虑主射方向敏感目标为北侧厂区道路（居留因子为 1/8），西侧油漆区（居留因子为 1/2），经计算铅房屏蔽体外敏感目标处周围剂量当量率可达 $8.83 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ （距辐射源 1.79m 处主射方向）、 $7.89 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ （距辐射源 1.84m 处主射方向）；考虑居留因子，单次照射（5min）下西侧油漆区停留的人员受照剂量最大，约 0.03Sv（0.03Gy）。

假定未发现该事故情形的时长为 1 天（一天最多检测 30 次），在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-10。

表 11-10 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表

误照射次数（次）	受照射时间	受照射剂量	
		剂量当量（Sv）	吸收剂量（Gy）
1	5min	0.03	0.03
10	50min	0.33	0.33
30	150min	0.99	0.99

备注：计算公式及参数取值同 11.1 章节。

2) 铅房内人员误照射

风险事故情景③：

因各种原因，X 射线装置运行时，人员滞留在铅房内发生误照射情况，考虑最不利情况，最大管电压 200kV，最大管电流 5mA 运行，事故时间考虑为 5min，考虑人员在距离辐射源点 0.5m 处受到误照射（主射线）。铅房内人员误照射最大剂量估算情况见表 11-11。

表 11-11 铅房内人员误照射最大剂量估算表

事故情景	有效剂量（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	总有效剂量（Sv）	吸收剂量（Gy）
人员滞留铅房内	1.07×10^7	0.89	0.89

备注：计算公式及参数取值同 11.1 章节。

(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此所造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发

续表 11 环境影响分析

引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和组织反应。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率(而非其严重程度)与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在组织反应阈剂量。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈剂量的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，减少随机性效应产生的概率。

不同照射剂量的 X、 γ 射线对人体损伤估计见表 11-19。

表 11-9 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液学的变化，但不伴有临床症状
1~2 2~3.5 3.5~5.5 5.5~10	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
		极重度	多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹痛，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

备注：来自《职业性急性外照射放射病诊断》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33。

本项目 X 射线探伤机属于II类射线装置，在没有防护情况下，工作人员受到这类射线装置照射，会对身体造成一定的影响。结合本项目各类辐射事故的后果分析可知，本项目各类

续表 11 环境影响分析

事故单次误照射下的人员受照剂量最大约为 0.89Gy，受照人员可能会出现机能变化、血液学变化，但无明显临床症状；多次照射下的人员受照剂量最大约为 0.99Gy，受照人员可能会出现机能变化、血液学变化，但无明显临床症状，但可能会导致随机性效应发生概率增加。

(4) 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定“一般辐射事故：是指IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”。由前述事故工况下的辐射影响估算可知，本项目各类辐射事故中，影响最大的为人员滞留专用铅房受到意外照射，该种情况下，人员受照剂量超过年剂量限值的要求，但不会造成人员产生急性重度放射病、局部器官残疾、死亡等后果。

因此，假若本项目发生事故，事故等级应为一般辐射事故。

(5) 辐射事故防范措施

①检修、调试应由专业技术人员进行，绝不允许随便拆走探伤机及机架上的屏蔽材料，不允许加大照射面积。完好的便携式 X-γ辐射剂量率仪和个人辐射报警仪、联锁装置等，可提供纵深防御。不得擅自改变、削弱或破坏专用铅房屏蔽防护结构，如开孔洞、砸墙等。

②撤离专用铅房时应清点人数，辐射工作人员用视频监控系统对专用铅房内进行扫视，确认无人停留在内并关闭防护门后才能开始进行出束操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留专用铅房内，控制室人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

③定期检查专用铅房的门机联锁、灯机联锁装置、声光警示系统的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关进行显著的标识，出现问题时，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施的各机构及电控系统，应制定定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。若辐射安全与防护措施损坏应立即停止使用，修复后再投入使用。

④利用便携式 X-γ辐射剂量率仪，定期巡查专用铅房屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡测防护门门缝、穿墙管线孔等防护薄弱环节，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

另外，辐射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照要求进行探伤工作。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

公司未开展过核技术利用项目，尚未设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，也未配置技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。因此，本项目拟按照上述要求成立辐射安全与环境保护管理机构，或者指定至少 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。辐射安全与环境保护管理主要涉及以下几个方面：

①全面负责辐射安全防护管理工作，制定辐射防护安全管理制度。

②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、人员培训、个人剂量送检、职业健康体检等，并做好个人剂量计监测档案、健康体检档案、培训档案的管理。

③负责日常防护设备维护，制定辐射事故应急预案，编制企业辐射安全年度评估报告。

12.2 辐射工作人员配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每五年接受一次再培训。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

本项目拟配置 2 名辐射工作人员，待辐射工作人员通过辐射防护与安全培训并考核合格后方可上岗。

12.3 辐射安全管理

（1）辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）有健全的操作规程、岗位职责、

续表 12 辐射安全管理

辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。

为此，建设单位拟按照相关规定制定相应的管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案、辐射事故应急措施等。

(2) 个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。个人剂量档案应当终身保存。另外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

建设单位拟按照规定制定个人剂量管理制度，要求辐射工作人员上岗期间必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，防止个人剂量计遗失和监测结果异常。

(3) 职业健康检查

建设单位拟按照规定制定人员健康管理制度，要求辐射工作人员上岗前应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作，并且组织上岗后的辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年。

(4) 射线装置台账管理

建设单位拟制定射线装置使用登记制度，建立台账记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度，每次进行无损检测应进行基本信息记录。

(5) 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

公司拟建立年度评估制度，并按照规定于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的

续表 12 辐射安全管理

评估报告。年度评估报告应包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容。

(5) 档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终身保存。

辐射环境管理档案资料分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。

公司拟按照规定建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康检查档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果、职业健康检查结果等材料，并根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

(7) 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事单位核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。

建设单位拟建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别单位内部核安全文化的弱化处并加以纠正，落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”，将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①建设单位组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

②建设单位建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

12.4 从事辐射活动能力评价

建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，建设单位从事的辐射活动能力评价如表

续表 12 辐射安全管理

12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	拟设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者配置 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作
从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	拟制定人员培训计划，规定辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核
射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	拟对专用铅房进行分区管理，划定控制区、监督区，拟设置门机联锁、声光报警、急停开关、电离辐射警告标志等安全措施
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	拟配备个人剂量计、个人辐射报警仪（具备直读功能）、便携式 X-γ 辐射剂量率仪等监测仪器。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	尚未建立规章制度。拟在本项目建成运营前按照相关规定和要求建立相应制度并张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	尚未制定，拟在本项目建成运营前按照相关规定和要求建立辐射事故应急措施并张贴上墙。

从上表可知，因建设单位尚未开展过核技术利用项目，尚无辐射环境管理体系。无相应的辐射安全与环境保护管理机构和管理人员，辐射工作人尚未到岗及取得辐射防护与安全培训合格证，尚未制定健全的规章制度和应急预案。因此，目前尚不具备从事辐射活动的能力。待建设单位全部落实上述各项要求后，方具备从事本项目辐射活动的能力，本项目方可投入正式运行。

12.5 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、探伤工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位拟按规定制定监测计划，包括个人剂量监测、辐射工作场所监测等，建设单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应和监测仪器，或委托有资质的单位定期对专用铅房周围环境进行监测，按规定要求开展各项监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

续表 12 辐射安全管理

监测频率：常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月；如发现异常可加密监测频率。

(2) 工作场所外环境监测

建设单位在项目建成后应对专用铅房外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

监测计划应包括以下内容：

监测频度：验收时监测一次；每年委托有资质单位监测一次；涉及设备发射剂量率或防护设施维修后监测一次；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：专用铅房四周墙体、顶棚、防护门外 30cm 处以及屏蔽体穿墙管线等薄弱处。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

12.6.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

本项目使用Ⅱ类射线装置，可能发生的辐射事故主要为人员受到不必要的误照射，导致辐射工作人员和公众成员可能受到超过年剂量照射限值，事故等级为一般辐射事故。

建设单位拟按照要求制定辐射事故应急措施，包括应急机构组织、应急准备与响应程序、应急处置保障措施、应急报告相关电话、应急能力的培训、演习和应急响应能力的保持等。

12.6.2 事故应急程序与措施

(1) 事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级，一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、生态环境主管部门报告，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生行政部门报告，设备丢失被盗时应向公安部门报告。

(2) 辐射事故应急处置措施

续表 12 辐射安全管理

本项目发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，迅速控制事故发展，消除事故源。启动并组织实施方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场。对可能受到辐射伤害人员，事故单位应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

(3) 辐射事故后处理

配合相关部门做好事故调查处理并做好事故的善后工作，查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生，据此进一步修订完善辐射事故应急预案或应急措施。

12.7 辐射安全与管理投资估算

本项目环保投资约 38 万元，环保投资估算表见表 12-3。

表 12-3 环保投资估算

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急预案、警告标志	制度上墙，张贴规范	0.5
辐射防护与安全措施	专用铅房、屏蔽补偿、门机联锁、灯机联锁、紧急停机按钮、警示灯等	25
防护监测设备	有个人剂量计、个人辐射报警仪、便携式 X-γ辐射剂量率仪、固定式剂量率仪	4
危险废物处理	交有危废处理资质的单位，签订收集处理协议	0.5
环保手续办理	/	8
合计		38

12.8 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-4。

表 12-4 保设施竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	建设内容	新建 1 座专用铅房，配置 1 台定向便携式 X 射线探伤机，额定电压 ≤200kV，电流 ≤5mA。	不发生重大变更
2	环保资料	环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等	齐全

续表 12 辐射安全管理

3	辐射环境管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估等管理制度和辐射事故应急预案。		齐全
4	电离辐射	年剂量约束值	辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$	GB18871-2002 GBZ/T250-2014
		屏蔽体外剂量率控制	专用铅房屏蔽墙体、顶棚、人员门和工件门外 30cm 处周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	GBZ117—2022
5	辐射安全防护措施	<p>门机联锁：专用铅房设置门—机联锁装置；</p> <p>声光警示：专用铅房门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示灯与 X 射线探伤装置联锁；</p> <p>警告标志：专用铅房防护门上设置电离辐射警告标志和中文警示说明；</p> <p>紧急停机：专用铅房内及控制室内设置紧急停机按钮，按下任意一个按钮探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束；</p> <p>机械通风：专用铅房设置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/h；</p> <p>视频监控系统：专用铅房安装一套实时视频监控系统，能全方位不留死角地监控专用铅房的情况；</p> <p>监测设备：每名辐射工作人员各配置 1 枚个人剂量计、个人辐射报警仪，配置有 1 台便携式 X-γ辐射剂量率仪，铅房内配备 1 台固定式剂量率仪。</p>		
6	人员要求	按照要求组织辐射工作人员参加培训，考核合格后上岗，考核成绩在有效期内。		
7	危险废物	危险废物交由有资质单位处置，签订相应处置协议。危险废物暂存场所采取相应防渗、防泄漏等措施，建立危险废物产生与处置台账。		

表 13 结论和建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

重庆业冠机械制造有限公司拟在重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11#厂房内北侧建设“高效节能环保换热装备研发基地建设项目（探伤部分）”，拟建设 1 座 X 射线探伤专用铅房，拟配置 1 台便携式 X 射线探伤机（最大管电压 200kV、最大管电流 5mA）开展专用铅房质量检测工作。

项目总建筑面积约 20m²，项目总投资约 50 万元，其中环保投资约 38 万元。

13.1.2 产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）中第一类鼓励类中第十四项中的第 6 小项“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，属于鼓励类。所以，本项目 X 射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

13.1.3 实践正当性

本项目使用 X 射线探伤机开展专用铅房无损探伤检测作业，为公司无损检测服务提供更加先进的检测手段，具有明显的社会效益和经济效益，远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

13.1.4 辐射环境质量现状

项目拟建址及周围的环境 γ 辐射剂量率为 67nGy/h~77nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），在重庆市 2022 年的地表 γ 辐射剂量率正常涨落范围内。

13.1.5 选址可行性及布局合理性

本项目选址于重庆市永川区兴龙大道 2619 号 11#厂房内北侧，厂房为单层结构，专用铅房相邻用房主要为本公司内的用房，北侧为厂房外厂区道路，不直接与其他单位或人员停留场所邻接，下方为实土层、上方为厂房内上空，四周主要为控制室、洗片室、评片室和过道等，相邻区域公众成员活动较少，有利于辐射防护和减少 X 射线对公众成员的影响。专用铅房工件进出门邻近厂房周转区，方便检测工件进出。根据现状监测结果，项目拟建址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。因此，本项目选址可行。

续表 13 结论和建议

本项目包括专用铅房及其配套的控制室、洗片室、评片室等辅助用房，功能齐全。本项目专用铅房内探伤机活动范围（见图 10-5）在东侧，朝向西侧照射，探伤机最大架设高度为 1.5m，北侧、地板部分区域可在主射线范围内，控制室拟设置在专用铅房外东侧，控制室的设置位置避开了有用线束照射的方向。本项目铅房小，人员门和工件门为同一个门，控制室靠近铅防护门。因此，本项目平面布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）的要求，布局合理。

13.1.6 辐射防护与安全措施

建设单位拟对探伤室进行分区管理，专用铅房墙壁围成的内部区域为控制区，与专用铅房墙壁外部相邻区域及铅房顶部相邻区域为监督区。

设备自带有多种固有安全性，如：开机时系统自检、延时启动功能、高压异常报警、曝光后自动休息、长时间未用后强制训机、过电流保护、过电压保护、失电流保护、继电保护等，能很好地保证探伤机自身的稳定性和安全性。

专用铅房四周墙体、顶棚、防护门均采用 3mm 钢+9mmPb+3mm 钢。屏蔽体设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。防护门与专用铅房屏蔽墙体之间有足够的搭接宽度，穿越防护墙的线缆管线采用铅板进行了相应的补偿，不影响屏蔽效果。

专用铅房拟设置门机联锁、工作状态指示灯及灯机联锁、紧急停机、视频监控系统，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的监测仪器设备。专用铅房拟设置机械排风系统，确保专用铅房具有良好的通风。

综上所述，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.1.7 环境影响结论

（1）剂量估算结果

根据估算，专用铅房各屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于年剂量约束值的要求（辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ，公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。本项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响较小，满足相关标准要求。

续表 13 结论和建议

(2) 废气环境影响

本项目不产生放射性“三废”，少量臭氧和氮氧化物废气通过机械排风管道引至专用铅房外，再通过北侧窗户排出厂房，废气排风口避开了人员活动密集区，项目产生的废气对周围环境影响小。

(3) 废水环境影响

本项目不产生废水，工作人员生活污水依托厂房东侧现有生化池处理。

(4) 固废环境影响

项目工作人员产生的生活垃圾收集后交由环卫部门统一处理。报废后的阴极射线管去功能化后的射线装置再交由物资回收单位处置。

在洗片室内设置 3 个废液桶收集，暂存探伤过程产生的废液，洗片室按照重点防渗区建设，废液桶下方设置防渗托盘，由专人管理，洗片过程产生的废液交有资质单位处置。废胶片及存档到期的胶片属于危险废物，交有相应危废处置资质的单位处置，严格执行危险废物管理制度。去功能化的阴极射线管交有资质的单位处置。

(5) 事故风险

假若本项目发生事故，事故等级为一般辐射事故。通过落实撤离机房时清点人数、在专用铅房内及控制台设置有紧急停机按钮、加强管理、辐射工作人员须加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备稳定性检测和质控检测、加强设备维护、使设备始终保持在最佳状态下工作、正确佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，辐射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目风险可控。

13.1.8 辐射环境管理

建设单位拟按照相关要求设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少配置 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理，建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等规章制度和辐射事故应急措施，建立辐射工作人员个人剂量监测、职业健康体检等档案，按照规定办理《辐射安全许可证》，并在许可的种类和范围内从事辐射活动。建设单位还拟进行核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

13.1.9 综合结论

续表 13 结论和建议

综上所述,重庆业冠机械制造有限公司拟建的高效节能环保换热装备研发基地建设项目(探伤部分)符合国家产业政策,选址可行、布局合理。在完善相应的污染防治措施和环境管理措施后,项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。因此,从环境保护的角度来看,该项目环境风险可控,其建设是可行的。

