

核技术利用建设项目

金属铸件探伤检测技术改造项目

环境影响报告表

重庆衡山机械有限责任公司

2020年6月

生态环境部监制

打印编号: 1592557654000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	efjvj		
建设项目名称	金属铸件探伤检测技术改造项目		
建设项目类别	50_191核技术利用建设项目（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置）		
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）	重庆衡山机械有限责任公司		
统一社会信用代码	91500101207902191J		
法定代表人（签章）	张炳昌		
主要负责人（签字）	张伟		
直接负责的主管人员（签字）	张伟		
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	915001126912004082		
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
陈玲	2014035550350000003511550077	BH004749	陈玲
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
白雪梅	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量现状、项目工程分析与源项、布局与分区、环境影响分析、辐射安全管理、结论和建议	BH002264	白雪梅

关于重庆衡山机械有限责任公司金属铸件探伤检测
技术改造项目的公示说明

重庆市生态环境局：

我单位委托重庆宏伟环保工程有限公司编制的《重庆衡山机械有限责任公司金属铸件探伤检测技术改造项目环境影响报告表》目前处于上报审批阶段。环评报告文本中不涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私和不涉及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，同意环评报告全本公开。

重庆衡山机械有限责任公司



表 1 项目基本情况

建设项目名称		金属铸件探伤检测技术改造项目			
建设单位		重庆衡山机械有限责任公司			
法人代表	张炳昌	联系人	张伟	联系电话	158*****396
注册地址		重庆市万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号			
项目建设地点		万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号重庆衡山机械有限责任公司龙宝厂区东北侧			
立项审批部门		万州经济技术开发区经济发展局	批准文号	2019-500101-37-03-097874	
建设项目总投资 (万元)	230	项目环保投资 (万元)	10	投资比例 (环保投资/总投资)	4.34%
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)	150
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 checked="" 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	/				

1.1 建设单位简介

重庆衡山机械有限责任公司（以下简称“衡山机械”）始建于 1966 年，主要生产新能源装备、舰船特种装备、材料成型和新兴产业等产品。重庆衡山机械有限责任公司现有员工 318 人，其中各类专业技术人员 190 余人，其他工作人员 128 人。公司目前在万州共拥有 3 处厂区，分别是五桥厂区、龙宝厂区及熊家厂区。

金属铸件探伤检测技术改造项目（以下简称“本项目”）位于万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧，该厂区已于 2011 年 10 月 10 日取得了原重庆市万州区环境保护局的批准书，批准文号为：渝（万）环准〔2011〕271

续表 1 项目基本情况

号。项目建成后于 2017 年 5 月 26 日进行了竣工环境保护验收，验收文号为：渝（万）环验（2017）47 号。

1.2 项目由来

衡山机械熊家厂区现有一座 X 射线探伤室（配套一台 XYD-350 型探伤机），对机械加工（粗加工）工件进行无损探伤；随着公司发展，衡山机械龙宝厂区需要进行无损探伤的机械加工工件数量大大增加，需运输到熊家厂区进行无损探伤，多次转运增加了运输成本和生产周期，因此衡山机械拟在万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧建设“金属铸件探伤检测技术改造项目”开展 X 射线无损检测工作。

项目建设内容主要为：在万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧新建一座专用探伤室，配置 1 台定向型 X 射线探伤机（额定电压 450kV，额定电流 15mA），开展 X 射线无损检测工作。

根据《关于发布射线装置分类的公告》（环境保护部、国家卫生计生委公告，2017 年 12 月 5 日颁布实施）的相关规定，工业用 X 射线探伤装置属于 II 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，该项目的建设应开展环境影响评价工作。本项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中的“五十 核与辐射 191 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。因此，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，重庆衡山机械有限责任公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对本项目进行环境影响评价。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，编制完成了该项目的辐射环境影响报告表。

1.3 建设规模及工程内容

（1）项目概况

本项目拟在万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东

续表 1 项目基本情况

北侧新建一座专用探伤室，配置 1 台定向型 X 射线探伤机（额定电压 450kV，额定电流 15mA），对本公司工件（导叶体）进行 X 射线无损检测。本项目仅开展专用探伤室内探伤，无现场探伤作业。

项目探伤室由检测室、操作室、晾片室、暗室、资料室组成，总建筑面积约 102.33m²。

项目建设工程期 1 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	检测室	检测室位于万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧，1F，混凝土结构，内空尺寸长 7m，宽 7m，建筑面积内空约 49m ² ，建筑高度 3.8m。铅防护门洞宽 2.5m，高 2.2m。	新建
	设备	新购定向探伤机 1 台，型号 IXRS-450 型；位于检测室内东侧，固定安装，不移动。	新购
辅助工程	操作室	位于检测室东侧，建筑面积约 10.9m ² 。设备操作、胶片存储、胶片评定等均在此室内进行。	新建
	晾片室	位于操作室南侧，建筑面积约 9m ² 。胶片晾干在此室内进行。	新建
	暗室	共设 2 个暗室，分别湿区暗室和干区暗室，均位于晾片室南侧，建筑面积约 18.2m ² 。	新建
	资料室、材料存放区	位于检测室东侧，建筑面积约 15.2m ² 。用于存放各种资料 and 材料。	新建
储运工程	/	项目胶片存储在操作室内，项目胶片存放时间至少 7 年。	新建
公用工程	供配电系统	依托厂房供配电系统，厂房用电来源于市政供电。	依托
	给水系统	依托厂区给水管网供辐射工作人员生活和洗片用。	依托
	排水系统	项目工作人员生活污水依托厂区污水处理站处理达标后排入市政污水管网。	依托
环保工程	生活污水	项目工作人员生活污水依托厂区办公楼西侧的污水处理装置（设计处理能力 200m ³ /h）处理后进入市政污水管网。	依托

续表 1 项目基本情况

一般固废	项目工作人员生活垃圾依托公司现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。 报废探伤机去功能化后交由物资回收单位处置。	依托
危险废物	项目在暗室设置 3 个废液收集桶，废显影液、定影液、清洗废液分别在危废收集桶内暂存，下设防渗托盘。废胶片和存档到期的胶片在操作室内收纳箱内暂存。危险废物均定期交由有资质单位处理。	新建
废气	检测室南侧地下设置一个排风口，拟安装一个风机，排风量为 750m ³ /h，通风次数约为 4 次/h。废气通过地下管道“U”型穿越屏蔽体和厂房外墙后，引至厂房顶部排放。	新建
辐射防护	检测室采用足够厚的混凝土、铅门对射线进行屏蔽，保证检测室满足辐射防护要求。	新建

(2) 项目建筑设计方案

本项目检测室的设计方案如下表 1-2 所示。

表 1-2 本项目检测室设计情况表

建筑名称	内空尺寸 (长×宽×高)	设计情况		备注
检测室	7m×7m×3.8m	四周墙体	主射墙体（西墙）：750mm 混凝土	新建
			其他墙体：550mm 混凝土	
		顶棚	550mm 混凝土	
		防护门	30mm 铅当量	

备注：铅密度 11.3g/cm³，混凝土密度为 2.35g/m³。

(3) 设备概况

本项目设备清单见表 1-3。

表 1-3 项目设备一览表

序号	名称	数量	规格型号	用途	备注
1	X 射线探伤机	1	IXRS-450 型	无损检测	II类射线装置 额定电压 450kV，额定电流 15mA
2	工业恒温洗片机	1	待定	洗片	主要由显影槽、停影槽、定影槽、漂洗槽等构成
3	烘箱	1	待定	烘片	/

续表 1 项目基本情况

4	风机	1	待定	废气排放	风量为 750m ³ /h
5	探伤架	1	待定	固定探伤机	/

(4) 探伤工件情况

本项目主要对重庆衡山机械有限责任公司生产的导叶体进行 X 射线无损检测，不对外开展 X 射线无损检测。检测工件的参数见表 1-4。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工件名称	材质	最大尺寸	厚度
导叶体	不锈钢	直径 1400mm	≤100mm

(5) 计划工作量

项目拟配置 1 台 X 射线探伤机，仅在检测室内使用。项目对公司生产的导叶体进行 X 射线无损检测。根据公司生产情况，预计全年曝光次数约 4800 次（4800 张片），单次曝光时间为 1~5min。探伤机工作情况见表 1-5。

表 1-5 探伤机工作负荷一览表

设备型号	单次曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间
IXRS-450 型	1~5min	4800 次	400h

(6) 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
1	胶片	4800 张/a	外购	卤化银和涤纶
2	定影液	100kg/a	外购	硫代硫酸钠、冰醋酸、硼酸硫酸铝钾、无水亚硫酸钠、溴化钾
3	显影液	180kg/a	外购	米吐尔（N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐）、无水硫酸钠、对苯二酚、无水亚硫酸钠、溴化钾

(7) 工作制度和劳动定员

公司年工作 250 天，实行一班制，每班工作 8h。探伤工作根据实际工作进度开展，不固定开展时间。

续表 1 项目基本情况

项目拟从公司人员中调配 2 人从事 X 射线无损检测工作（成为辐射工作人员），同时承担洗片、评片、存档等工作。辐射工作人员已纳入公司总劳动定员中。

1.4 与公司衔接与依托可行性

本项目建成运行前，公司的 X 射线无损检测工作依然在熊家厂区开展，本项目建成运行后，公司的 X 射线无损检测工作将根据需要，在两个厂区即龙宝厂区和熊家厂区进行，方便、快捷、灵活的开展 X 射线无损检测工作。因此，项目建设与公司发展运行相适应。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
公用工程	供电、供水等公用工程依托已有设施	本项目供电、供水设施依托现有工程。厂区为市政供电，市政管网供水。因此，项目依托公司现有的公用设施可行。	可行
环保工程	生活污水	项目工作人员为公司现有人员调配培养，生活污水在企业预算范围内，本项目可依托。	可行
	危险废物	衡山机械已与重庆中明港桥环保有限责任公司签订危废处理协议，现有危险废物（废胶片、洗片废液）在危废收集桶内暂存后，交该公司处理。衡山机械现有危险废物得到有效处理，因此本项目建成后继续交该单位处理，依托可行。	可行
劳动定员	依托公司已有工作人员开展相关工作	项目拟从公司人员中调配 2 人从事 X 射线无损检测工作，该 2 名工作人员在公司的劳动定员内。其在参加了辐射安全与防护知识培训，并考核合格后持证上岗。	可行
辐射安全管理	依托公司已有辐射安全管理规章制度及辐射工作安全管理委员会	衡山机械现已制定了符合相关规范和要求的辐射安全管理规章制度，且已成立辐射工作安全管理委员会，现有制度较全，具有一定的可操作性，因此本项目可依托。	可行

由表 1-7 可知，本项目公用工程、废水处理均可依托公司的现有设施；设备操作依托公司的人员进行培训后可上岗；辐射安全管理可依托衡山机械现有辐射安全管理规章制度。因此，项目依托公司现有设施、工作人员以及辐射安全管理规章制度是可行的。

1.5 项目选址可行性

续表 1 项目基本情况

项目位于万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧，公司实行封闭式管理，公众成员未经允许不得入内，且检测室远离公司办公人员活动区域，因此，检测室周围活动人员较少，有利于减少 X 射线无损检测对公众成员的影响。项目位于万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧，检测室防护门正对空地，检测室东面为操作室、资料室存放区、暗室、晾片室，南面为过道，之外为喷漆房，西面为绿化带，之外为厂区道路，之外为厂房墙体，北面为空地。

综上所述，项目选址是合理的。

1.6 项目周边保护目标

本项目选址于万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧，检测室东侧为操作室、资料室存放区、暗室、晾片室，南侧为过道，之外为喷漆房，西侧为绿化带，之外为厂区道路，之外为厂房墙体，北侧为空地。项目为 1F 建筑，顶棚上层、地下无其他建筑。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检测室周围活动的其他公众成员。

1.7 与项目有关的原有核技术应用及污染状况

1.7.1 衡山机械现有核技术利用项目基本概况

衡山机械已建设有一处探伤室，位于衡山机械熊家厂区，已配置 1 台 XYD-350 型探伤机进行无损检测。根据建设单位原《辐射安全许可证》（渝环（辐）证 00317 号）可知，《辐射安全许可证》有效期至 2024 年 10 月 10 日。根据调查，该探伤设备将继续在熊家厂区使用。

根据现场调查以及建设单位提供资料，衡山机械熊家厂区现有探伤室已按照相关要求制定了相应的管理制度，主要包括《关于调整 X 射线辐射安全管理委员会成员的通知》、《X 射线辐射工作安全管理委员会职责》、《X 射线辐射工作人员健康管理规定》、《X 射线探伤操作规程》、《个人剂量监测》、《工作场所及场所外的环境监测制度》、《X 射线辐射工作安全防护管理和废水废片处理制度》、《X 射线辐射安全应急处理措施》、《X 射线探伤机的维修制度》；另外，衡山机械熊家厂区已成立辐射安全管理委员会，具体详见附件 4。衡山机械熊家厂区现有探伤室工作人员均持证上岗，同时佩戴

续表 1 项目基本情况

个人剂量计，已建立辐射工作人员个人剂量档，现有辐射工作人员培训证书均在有效期内，具体人员情况见表 1-8 所示。

衡山机械熊家厂区现有探伤室运营至今，未发生辐射事故，未出现环保投诉。

表1-8 衡山机械熊家厂区现有探伤室工作人员一览表

姓名	性别	年龄	学历	个人剂量号	培训证书号
幸坤建	男	43	本科	01081001	20193068
任开容	女	45	专科	01081003	20193070

1.7.2 本项目所在地基本情况

重庆衡山机械有限责任公司龙宝厂区为首次开展核技术利用工作，根据现场监测，拟建址的环境地表 γ 辐射剂量率与重庆市的地表 γ 辐射剂量率无明显差异。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。

根据调查，重庆衡山机械有限责任公司龙宝厂区环保手续齐全，其在建设的运行过程中，至今为止未发生环保投诉事件。

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	X 射线探伤机	II	1	IXRS-450 型 (定向)	450	15	无损检测	检测室	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
废显影液	液态	/	/	/	约 0.18t	/	洗片室内 危废收集 桶	交由有资 质单位处 理
废定影液	液态	/	/	/	约 0.1t	/		
清洗废液	液态	/	/	/	约 0.96t	/		
废胶片	固态	/	/	/	约 0.2t	/	操作室专 用收纳箱 暂存	交由有资 质单位处 理
报废 X 射 线机	固态	/	/	/	/	/	检测室内 暂存	去功能化 后交物资 回收单位 处理

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 日最新修订；</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) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环保部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日施行）及《关于修改《建设项目环境影响评价分类管理名录》部分内容的决定》（生态环境部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日施行）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，2005 年 12 月 21 日施行；国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日修订实施；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2019 年 8 月 22 日生态环境部令第 7 号；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(9) 《国家危险废物名录》，环境保护部令第 39 号，2016 年 8 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《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>(11) 《重庆市放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（渝环〔2017〕242 号），2017 年 12 月 14 日施行；</p> <p>(12) 《重庆市环境保护条例》，2018 年 7 月 26 日施行修订版。</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) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修改单；</p> <p>(6) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) (2013 年修订)；</p> <p>(7) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(8) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书；</p> <p>(2) 企业项目环评批准书及验收文件；</p> <p>(3) 项目辐射环境监测报告；</p> <p>(4) 衡山机械《辐射安全许可证》(渝环(辐)证 00317 号)；</p> <p>(5) 衡山机械现有辐射安全管理规章制度；</p> <p>(6) 项目设计等相关资料。</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，本项目以检测室边界周围 50m 的范围作为项目辐射环境影响评价范围。

7.2 环境保护目标

(1) 项目所在厂房周围环境状况

本项目探伤室位于万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧，**东侧**为绿地、之外为空地（拟建能源设备厂房），**西侧**为绿化带、厂区道路及混凝土搅拌站（其他项目），**南侧**为喷漆房、铸铜车间、配电房，**北侧**为综合楼。

本项目探伤室为 1F。

(2) 项目检测室周围环境状况

项目位于万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧，检测室防护门正对空地，检测室**东侧**为操作室、资料室存放区、暗室、晾片室，**南侧**为过道，之外为喷漆房，**西侧**为绿化带，之外为厂区道路，之外为厂房墙体，**北侧**为空地。探伤室顶部及地下均无建筑。

项目地理位置图见附图 1，项目周围环境及保护目标布置示意图见附图 2，项目现场照片见附图 3，项目所在厂房内布置示意图见附图 4。本项目外环境关系一览表见表 7-1，项目环境保护目标统计见表 7-2。

表 7-1 本项目探伤室外环境一览表

序号	外环境名称	方向	与项目探伤室的最近距离
1	衡山机械综合楼	北侧	约 45m
2	混凝土搅拌站	西侧	约 28m
3	衡山机械喷漆房	南侧	约 10m
4	衡山机械铸铜车间	南侧	约 110m

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-2 本项目检测室环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方向	最近距离	高差	基本情况	影响因素	影响人群
1	操作室、晾片室、资料室、材料存放区、暗室	东侧	0m	0m	项目辅助用房，活动人员 2 人		辐射工作人员
2	衡山机械综合楼	北侧	约 45m	0m	企业，活动人员约 100 人		公众成员
3	混凝土搅拌站	西侧	约 28m	-10m	企业，活动人员不定		公众成员
4	衡山机械喷漆房	南侧	约 10m	0m	企业，活动人员约 5 人		公众成员

备注：①洗片、晾片等工作均由操作人员进行，故本次将归类为辐射工作人员；

②混凝土搅拌站为其他企业，-10m 为低于本项目约 10m；

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。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限值，以保证本标准 6.2.2 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 B）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

第 B1.1.1.1 款 应对任何工作人员的照射水平进行控制，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 作为职业照射剂量限值。

第 B1.2 款 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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

该标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

续表 7 保护目标与评价标准

第 3 条 工业 X 射线探伤装置放射防护的性能要求

第 3.1.1.5 条 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

X 射线探伤装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 1（本报告表 7-3）的要求。

表 7-3 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率控制值

管电压, kV	漏射线空气比释动能率, mGy/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

第 4 条 工业 X 射线探伤室探伤的放射防护要求

第 4.1 条 防护安全要求

第 4.1.3 条 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 100 μ Sv/周，对公众不大于 5 μ Sv/周；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

第 4.1.4 条 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

b) 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 μ Sv/h。

第 4.1.11 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： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$

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：

续表 7 保护目标与评价标准

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 μ Sv/h。

第 3.2 条 需要屏蔽的辐射

第 3.2.2 条 散射辐射考虑以 0⁰ 入射探伤工件的 90⁰ 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(一)》(GBZ2.1-2019)

室内: 臭氧浓度的接触限值: 0.3mg/m³; 氮氧化物的接触限值: 5mg/m³;

(5) 评价标准及相关参数值

根据 GBZ117-2015、GBZ/T250-2014 推导出年剂量控制值为工作人员: $\leq 5\text{mSv/a}$ (100 μ Sv/周, 50 周/a), 公众成员: $\leq 0.25\text{mSv/a}$ (5 μ Sv/周, 50 周/a)。根据建设单位的管理目标确定项目工作人员年剂量管理目标限值: 5mSv, 公众成员年剂量管理目标限值: 0.25mSv。根据 GB18871-2002 的 11.4.3.2 规定: 剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%-30% (即 0.1mSv/a-0.3mSv/a), 本项目建设单位的公众照射剂量管理取值为 25%, 在上述取值范围内, 满足 GB18871-2002 要求。

探伤室周围剂量当量率从严考虑, 以不大于 2.5 μ Sv/h 进行控制。

综上所述, 结合本项目实际情况, 确定本项目的主要评价要求见表 7-4 所示。

表 7-4 项目主要评价标准及相关参数汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标限值	辐射工作人员: 5mSv 公众成员: 0.25mSv	GBZ117-2015 公司管理要求
2	X 射线探伤机要求	距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率: $< 5\text{mGy/h}$	GBZ117-2015 (管电压 $> 200\text{kV}$)
3	检测室外剂量要求	检测室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率: $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	GBZ117-2015 GBZ/T250-2014
4	通风要求	有效通风换气次数应不小于 3 次/h	GBZ117-2015

表 8 环境质量现状

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 2020 年 4 月 6 日对本项目拟建地的环境地表 γ 辐射剂量率背景值进行了监测。

(1) 监测因子： 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
环境地表 γ 辐射剂量率	仪器法	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》GB/T14583-1993

(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
环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率 JB4010	09031	2020030403481	2021.3.19	1.03

(4) 监测点位：共设 2 个点。具体监测布点见表 8-3。

监测布点合理性分析：

本项目探伤室所在地现状为空地，监测点位分别布设在拟建项目拟建地、拟建项目南侧道路上（即探伤室场地外），即探伤室所在地内外均布设了监测点位。监测布点较全面的考虑了项目所在位置及其周围辐射环境水平，总体上可以反应项目所在地辐射环境水平。

(5) 质量保证措施

监测仪器每年送计量部门检定合格后在有效期内使用；监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度；监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。因此，监测结果有效。

(6) 监测结果统计：

监测结果统计见表 8-3。

续表 8 环境质量现状

表 8-3 拟建项目辐射环境监测结果统计

监测点位编号	监测点位描述	γ 辐射剂量率 (nGy/h)
△1	项目拟建地	59
△2	厂区道路	55

根据监测统计结果可知,本项目所在位置及周围环境 γ 剂量率的监测值在 55nGy/h~59nGy/h 之间(未扣除宇宙射线)。根据《2018 年全国辐射环境质量报告》(中华人民共和国生态环境部),重庆市多个点位的 2018 年环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率监测值范围在 64.4~168.7nGy/h(未扣除宇宙射线)之间,平均测量值在 70.8~89.6nGy/h(未扣除宇宙射线)之间。两者相比,拟建址场址及临近环境 γ 辐射剂量率在其本底涨落范围内。

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

本项目施工期主要工作流程为：探伤室主体结构和外部设施施工→检测室地基开挖→检测室屏蔽体建设及铅门安装→设备线缆/风机安装→设备调试。

施工期主要工作包括检测室配套用房、检测室屏蔽防护门安装、厂房内部装修、X 射线探伤设备及管线安装等。

项目探伤室地基开挖深度约 1m，挖方量约 100m³。

因此，施工过程中主要有少量的施工机械噪声、施工粉尘、建筑垃圾产生。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 设备基本情况

(1) 设备组成

IXRS-450 型探伤机为工业 X 射线定向探伤机，探伤机由控制器、X 射线发生器、连接电缆、电源电缆组成。

①控制器

IXRS-450 型探伤机控制器所有操作均有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、前面板、电感线圈、IGBT 斩波模块构成。

②X 射线发生器

IXRS-450 型探伤机 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。

IXRS-450 型探伤机主要性能参数见表 9-1，探伤机典型照片见图 9-1。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-1 IXRS-450 型主要性能参数

设备类型	定向探伤机	射线管焦点尺寸	d=2.5mm
			d=5.5mm
额定电压	450kV	电压可调节范围	20~450kV 连续和可调
额定电流	15mA	最大穿透 (Fe)	110mm
冷却方式	油冷	焦距	600mm
X 射线束辐射角	40°	曝光时间	1~5min



图 9-1 典型探伤机照片

(2) 工作原理及工艺流程

1) 工作原理

A、X 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 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。

B、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，

续表 9 项目工程分析与源项

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。

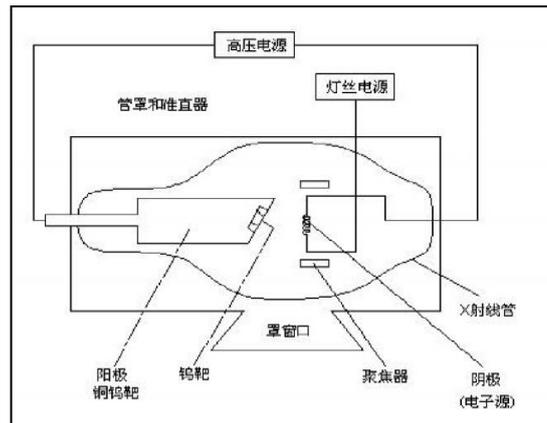


图 9-2 X 射线管原理示意图

2) 工艺流程

IXRS-450 型探伤机的操作流程可简单描述为：确定曝光时间和曝光位置；铺设胶片于需探伤工件或部件；曝光照片；冲洗胶片及评片。IXRS-450 型探伤机位于检测室内东侧，固定安装，不移动。

IXRS-450 型探伤机 X 射线无损检测工作如下，工作流程图见图 9-3。

在工作前必须做好一切准备，根据探伤规范要求，算出曝光时间、焦距、确定焦点位置，非工作人员不得进入探伤室区域，以免发生误照事故。

①将工件运送进检测室；

②IXRS-450 型探伤机固定在检测室内东侧，位置不会发生变化，本项目根据探伤机位置及大小，确定工件的摆放位置；

③贴片：选择合适的位置，在工件上贴片；

④根据探伤规范要求，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；

⑤确认检测室内无人后，关闭防护门，按下探伤机高压按钮并持续 1 秒钟，即可启

续表 9 项目工程分析与源项

动曝光操作，同时操作面板上的射线警示灯闪动，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；

⑥探伤结束时，关闭 X 射线探伤机，取下胶片；

⑦取下的胶片在暗室内洗片，本项目采用工业洗片机洗片，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，在显影池上方停留 2~3s 使滞留的药液流离洗片夹，放入装有清水的停影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，放入装有自来水的漂洗槽中漂洗。

E 烘干：将漂洗后的胶片进行干燥处理，一般有自然晾干或烘箱烘干，本项目采用烘箱烘干。

⑧进行评片和审片，评定合格的底片填写评定报告，评定不合格的产品，返修检测。

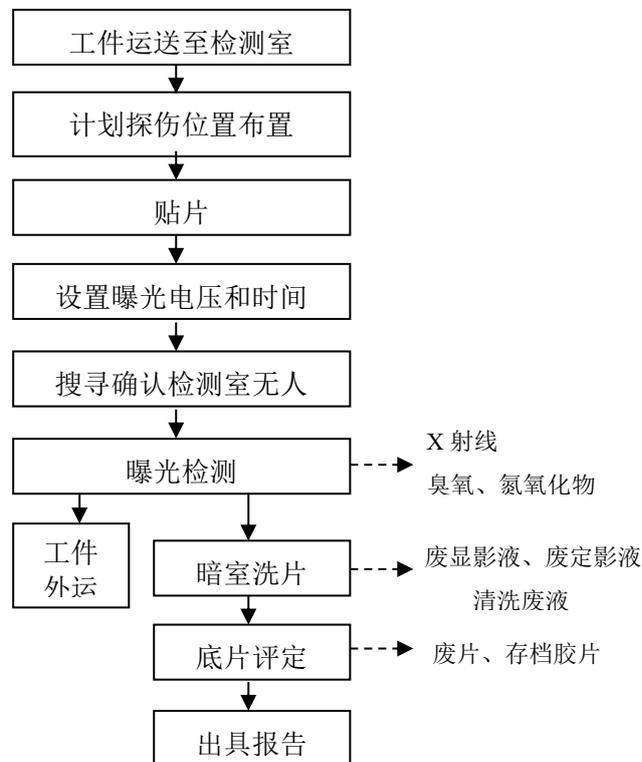


图 9-3 项目 X 射线无损检测工艺流程及产排污简图

续表 9 项目工程分析与源项

9.3 污染源项分析

根据工艺流程可知，X 射线无损检测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、废液（废显影液、废定影液、清洗废液）、固废（废片）、废气（臭氧、氮氧化物）等。

9.3.1 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束状态时（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 ICRP33 图 3，450kV 的 X 射线机距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量按照不利情况以 3mm 铜为过滤板，则值为 $35\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。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，加在 X 射线管的管电压、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 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率小于 5mGy/h 。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、地面、墙壁等）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《辐射防护手册》第一分册可知，散射后的 X 射线能量可以用一次散射做偏安全的近似计算，公式如下：

续表 9 项目工程分析与源项

$$\frac{E}{E_0} = \frac{1}{1 + \frac{E_0}{0.511}(1 - \cos \theta)}$$

由此可知，本项目探伤机散射能量计算结果为 239.3kV，考虑最不利原则，同时参考《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）表 2，本项目探伤机散射能量按 250kV 计。

9.3.2“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（O₃）和氮氧化物（主要为 NO₂）。废气经抽风机引至厂房外排放。

(2) 废水

本项目废水主要为辐射工作人员产生的少量生活污水。生活污水一般约 100L/d，25t/a，依托建设单位现有污水处理设施处理后进入园区污水管网。本项目辐射工作人员均为公司现有人员调配培养，因此，项目不新增废水产生量。

本项目无生产废水产生。

(3) 噪声

检测室设置一台风机，工作时将产生一定的噪声，建设单位采用低噪声设备，噪声值约 65dB(A)。

(4) 固体废物

①一般固废

本项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及报废的探伤机。

生活垃圾产生量约 0.25t/a，依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。同上，项目不新增生活垃圾产生量。

探伤机使用一定年限后（一般约 10 年），射线装置可能不能正常工作，报废成为固体废物，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，报废的探伤

续表 9 项目工程分析与源项

机交由物资回收单位处置。

②危险废物

A: 废胶片

本项目探伤机曝光时产生的废片和存档到期的胶片成为危险废物。胶片暂存于操作室的收纳箱内，其要求存档时间不定，最短存档时间不低于 7 年。废片产生量约 120 张/年，每年存档胶片最多 4800 张（约 0.2t），7 年共存档胶片约 1.4t，每年处理胶片约 0.2t/a。废胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，无放射性，交由有资质单位处理。

B: 洗片废液

洗片废液分为废定影液、废显影液、废清洗液。

本项目洗片量较少，显影液 2~3 个月更换一次，根据洗片机规格，每次废显影液产生量约 30kg，则年产生量最多 180kg/a；定影液 6~10 个月更换一次，根据洗片机规格，每次废定影液产生量约 50kg，则年产生量最多 100kg/a。

本项目洗片过程中进行两次自来水清洗（停影槽、漂洗槽），清洗水循环使用，直到不能满足清洗要求后再行更换。根据公司的洗片量，一般清洗废液一个月更换一次，一次产生清洗废液约 80kg，年产生量约 960kg/a。

上述废显影液、废定影液、清洗废液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。废液单独收集后在洗片室的危废收集桶内暂存，然后交由有资质单位处理。

本项目危险废物产排情况见表 9-2 所示。

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	产生周期	暂存时间	危险性	处置措施
废显影液	HW16	900-019-16	0.18	液态	对苯二酚 亚硫酸钠 重金属银	重金属银	2 个月	约 6 个月	T	在洗片室内危废收集桶内，定期交由有资质单位收运处理
废定影液	HW16	900-019-16	0.1	液态		重金属银	6 个月	约 6 个月	T	
清洗废液	HW16	900-019-16	0.96	液态		重金属银	1 个月	约 6 个月	T	
废胶片	HW16	900-019-16	0.2	固态	明胶 卤化银	重金属银	每次探伤	约 1 年	T	在操作室收纳箱存放，定期交由有资质单位收运处理
存档胶片								≥7 年		

续表 9 项目工程分析与源项

9.3.3 项目产排污统计

项目产生的污染因子源强分析总体情况见表 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
电离辐射	X 射线		能量 450kV, 距靶 1m 处主射束的输出量不大于 35mGy·m ² /mA·min, 漏射线空气比释动能率小于 5mGy/h。
废气	O ₃ 、NO _x		少量
废水	生活污水		少量
噪声	设备噪声		65dB (A)
固废	一般固废	生活垃圾	不单独产生
		报废的探伤机	1 台 (约 10 年报废一次)
	危险废物	废显影液	0.18t/a
		废定影液	0.1t/a
		清洗废液	0.96t/a
	废胶片和存档到期的胶片	0.2t/a	

备注：本项目无生产废水产生。

10.1 布局与分区

10.1.1 布局合理性分析

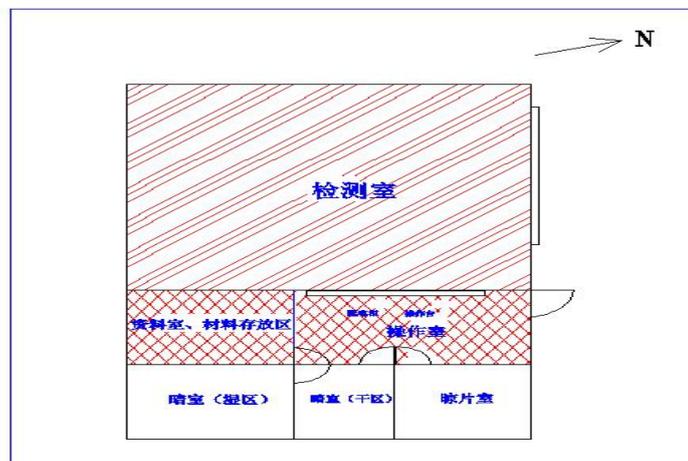
项目探伤室共 1 层，地下楼上均无建筑，探伤室共包含检测室、操作室、晾片室、暗室、资料室，房间布置紧凑，方便探伤工作操作及后续洗片工作。本项目不对外探伤，仅对本公司内部工件进行探伤检测，本项目探伤工件比较单一，故项目检测室仅设置一个防护门作为工件和辐射工作人员的出入口，减小因屏蔽体搭接等产生的射线泄露概率。因此，本项目探伤室平面布局基本合理。

10.1.2 分区

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，拟对项目工作区域进行分区管理，控制区即为检测室，监督区包括操作室、晾片室、暗室、资料室以及检测室北侧（空地）、西侧（绿化带）、南侧（过道）。项目用房具体分区情况如下表 10-1，分区布局示意图见图 10-1。

表 10-1 项目分区管理情况表

类别	用房
控制区	检测室
监督区	资料室、材料存放区、操作室以及检测室北侧（空地）、西侧（绿化带）、南侧（过道）、顶棚



备注：// // // // 控制区

XXXXXX 监督区

图 10-1 探伤室工作场所分区布置图

续表 10 辐射安全与防护

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.2 要求：应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室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。因此，本项目分区满足上述要求。

还采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：对控制区进行严格控制，射线装置在运行中严禁任何人进入。

②监督区：监督区为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非辐射工作人员进入。在操作室、资料室、材料存放区和检测室北侧（空地）、西侧（绿化带）、南侧（过道）外设置警戒线，并设置电离辐射警示标识。

③在监督区边界、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

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，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出

续表 10 辐射安全与防护

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，在休息阶段将任何按键不可用，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

冷却循环油流量继电器、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。

10.2.2 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，本项目检测室墙体采用混凝土结构，以屏蔽防护 X 射线，防护厚度充分考虑了 X 射线主射、散射、漏射效应。

检测室净空尺寸长 7.0m×宽 7.0m×高 3.8m。检测室四周墙体采用混凝土，主射墙体采用 750mm 混凝土，其他墙体和顶棚采用 550mm 混凝土，防护铅门厚 30mm（具体情况见表 1-2 所示）。铅防护门同时作为进料大门、探伤人员出入口，防护门为电动滑门。检测室为一层结构，房顶无人员活动。根据后文核算，检测室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h，满足辐射防护要求。

(2) 屏蔽体的安装、搭接等均由有资质的生产厂家承担；防护门与检测室屏蔽墙体的搭接长度需保证检测室的整体屏蔽能力。防护门与检测室屏蔽墙体的搭接长度大于

续表 10 辐射安全与防护

间隙宽度的 10 倍。检测室屏蔽墙体的接缝进行焊接，并用铅板封缝，铅板与钢板、槽钢等的固定采用紧固螺钉、专用封孔铅帽遮挡铅孔，以保证检测室的整体屏蔽能力。

(3) 穿越防护墙的管道采用“U”型，排风口穿墙位置设置于南侧墙地下，采用“U”型检测室内。穿墙接口在屏蔽体的基座建设时进行预留，穿墙深度为 450mm，穿墙管道高于地面约 1300mm，避免穿墙管道积水。具体见图 10-2 所示。

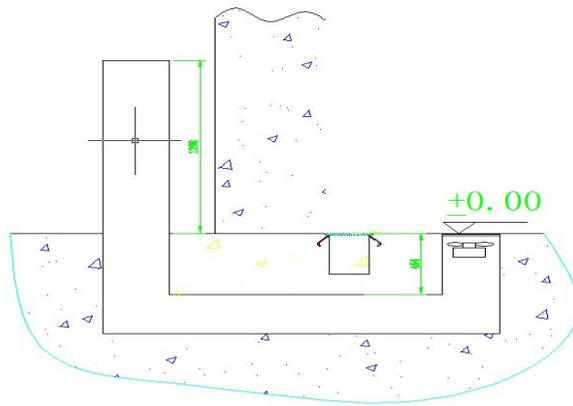


图 10-2 项目穿墙管线大样图（管道、排风口）

10.2.3 安全联锁及紧急停机

(1) 门机联锁

屏蔽铅门与高压控制器联锁。当屏蔽铅门关紧后，高压系统才能启动曝光，否则处于断电状态不能启动。高压电源未关闭时，屏蔽门不能被打开。

(2) 灯机联锁

在检测室内外拟安装工作状态指示灯，能正确显示探伤机的工作状态。

(3) 声光警示

探伤机准备、出束时，拟设置的警示灯颜色有明显的区别，并有声音提示。项目拟设置 3 个声光警示灯，分别位于防护门内北侧墙体上、防护门上方、操作室内。

(4) 控制台锁定开关

控制台有防止非工作人员操作的锁定开关，钥匙由探伤机操作人员携带保管，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。

(5) 紧急停机

在检测室内墙和操作室操作台上易于接触的地方拟设置紧急停止开关，其中检测室

续表 10 辐射安全与防护

内北墙、西墙、南墙上各拟设 1 个，离地高度约 1.5m。紧急停止开关相互串联，按下按钮，探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束，防护门可从内侧打开。紧急停止开关旁拟设置中文标识。

10.2.4 通风

本项目检测室采用自然进风、机械排风的方式。废气排放口位于检测室南侧，离地高度约 1300m，排气口通过地下“U 型”穿越屏蔽体和厂房外墙后，沿厂房外墙至顶部排放。拟安装一个风机，风机风量为 750m³/h，通风次数约为 4 次/h。

10.2.5 其他辐射防护措施

(1) 电离辐射警示标志

检测室严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在检测室周围（含防护门）的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。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10-3所示。



图 10-3 电离辐射警示标志图

(2) 视频监控系统

检测室内拟安装一套实时视频监控系统，并连接到操作室。视频探头安装于检测室内，能全方位拍到检测室内探伤机的工作情况，并能看到防护门处的情况，不留死角；视频监控屏幕位置拟设置在操作室内，工作人员能在控制室内实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急止动装置。

(3) 主射线方向

本项目探伤机位于检测室内东侧，固定安装，不移动；主射线方向拟定为西侧，检

续表 10 辐射安全与防护

测室西侧按照主射线进行屏蔽，即主射墙体（西墙）：750mm 混凝土。

10.3 个人防护用品及监测仪器

拟配置的个人防护用品及监测仪器如下表 10-2 所示。

表 10-2 个人防护用品及监测仪器

序号	名称	数量	用途
1	剂量警报仪	2 个	辐射工作人员佩戴，实时监测辐射剂量是否超标
2	个人剂量计	2 个	工作期间辐射工作人员佩戴，对个人受到的附加剂量进行记录
3	便携式 X- γ 辐射剂量率仪	1 台	检测室屏蔽体外定期剂量监测，保证屏蔽体的屏蔽效果。

根据上表可知，本项目劳动定员 2 人，拟配置的个人防护用品和监测仪器能满足项目运行的需求。

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其与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-3 所示。

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 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015)	4.1 防护安全要求	4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。	项目操作室与检测室分开布置。本项目 X 射线探伤机为便携式，主射线方向朝向西侧，西侧墙体按主射线进行屏蔽防护，且设计厚度远大于需要的屏蔽厚度。
		4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室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。	项目拟划定控制区和监督区，实行分区管理，分区满足该条的要求。
		4.1.5 探伤室应设置门—机联锁装置，并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。	拟设置门机联锁装置，只有当防护门关闭后探伤机高压才能启动产生 X 射线。防护门关闭后，设备不能自动开启。
		4.1.6 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。“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。	检测室门口和内部拟设置工作状态指示灯和声光警示装置。探伤机准备、出束时指示灯有明显的区别，与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。
		4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。	检测室防护门上方拟设置的工作状态指示灯，与 X 射线探伤机联锁。
		4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	检测室内、外醒目位置拟设置清晰的对工作状态指示灯各种显示信号的意义说明。
		4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。	项目检测室防护门上拟设置电离辐射警告标识，并设置中文警示说明。

续表 10 辐射安全与防护

续表 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 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015)	4.1 防护安全要求	4.1.10 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。按钮或拉绳应当带有标签, 标明使用方法	检测室内拟安装紧急停机按钮, 探伤机出束时, 滞留在检测室内的人员均可以绕行后不穿过主射线束就能够使用。急停按钮拟设置中文说明, 并标明使用方法。
		4.1.11 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	检测室拟设置机械排风装置, 废气排放口远离人员活动的密集区, 每小时有效通风换气次数约 4 次/h, 符合要求。
《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。探伤室人员门宜采用迷路形式	项目检测室设置为混凝土结构, 工件需要通过人员、悬吊臂、载物轨道运进检测室, 因此, 本项目未设置专用人员进出通道, 且未设置迷路, 但检测室四周屏蔽体均按主射线方向设计, 屏蔽能力满足要求。
		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	项目控制室置于检测室外, X 射线探伤机的有用射线束照射朝向西侧, 避开了控制室和防护门
		3.3.3 屏蔽设计中, 应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	防护门、屏蔽体等之间的搭接长度大于缝隙的 10 倍; 线管、通风口均采用“U”型方式穿越屏蔽体, 且穿越位置低于屏蔽体较长 (0.35m), 不影响屏蔽体的屏蔽能力。
		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管电压下的常用最大管电流设计屏蔽	本项目仅配置 1 台探伤机。屏蔽体均能满足额定工况下的辐射防护要求。
<p>根据表 10-4 可知, 本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 的要求。</p>			

续表 10 辐射安全与防护

10.5 三废的治理

(1) 废气

在探伤机出束时，X 射线使空气电离产生少量臭氧(O₃)和氮氧化物(主要为 NO₂)。废气通过机械抽风引至楼顶排放。

(2) 废水

项目工作人员为现有工作人员，其产生的生活污水依托公司现有的污水处理装置处理后进入市政污水管网。

(3) 固体废物

①一般固废

项目工作人员为公司现有工作人员，其产生的生活垃圾依托公司现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

探伤机报废后应对其射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化后交由物资回收单位处置。

②危险废物

A 废胶片：曝光时产生的废片和存档到期的胶片交由有资质单位处理。

B 洗片废液：废显影液、废定影液、清洗废液交由有资质单位处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工期的环境影响主要是探伤室的建设。施工过程中主要有施工机械噪声、施工粉尘、建筑垃圾产生。因本项目施工期短、工程量小，施工范围小，且随着施工期的结束而结束，因此施工对环境产生的影响小。

运行阶段对环境的影响

11.1 检测室屏蔽能力理论预测

11.1.1 检测室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

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

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

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:

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

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:

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad \text{式 (2)}$$

式中:

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“ $\text{mA} \cdot \text{min}$ ”值), $\text{mA} \cdot \text{min}/\text{周}$;

续表 11 环境影响分析

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 $\dot{H}_{c,max}$ ：

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

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。

11.1.2 探伤室辐射屏蔽估算公式

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

(1) 有用线束

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式(3) 计算，然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X_c 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad \text{式 (3)}$$

式中：

\dot{H}_c —按 (1) 式确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

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 ，见附录表 B.1。

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 (4) 计算：

$$\dot{H}_c = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{式 (4)}$$

式中：

续表 11 环境影响分析

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 ，见附录表 B.1；

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（5）计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad \text{式（5）}$$

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——查表。

b) 对于估算出的屏蔽透射因子 B，所需的屏蔽物质厚度 X 按式（6）计算：

$$X = -\text{TVL} \cdot \lg B \quad \text{式（6）}$$

式中：

TVL—查表；

B—达到剂量参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子。

(3) 泄漏辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子 B 按式（7）计算，然后按式（6）计算所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{式（7）}$$

式中：

\dot{H}_c —按 3.1 确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

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

续表 11 环境影响分析

($\mu\text{Sv/h}$)。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按式 (5) 计算, 然后按式 (8) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$):

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{式 (8)}$$

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

关注点达到剂量率参考水平 \dot{H}_c 时, 屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (9) 计算。然后按式 (6) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad \text{式 (9)}$$

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 , 见附录表 B.1;

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)。

续表 11 环境影响分析

11.1.2 探伤室防护核算原则及主要技术参数

(1) 主要技术参数

①核算距离、方向

本项目配置 IXRS-450 型定向探伤机 1 台，探伤机电流随电压变化自动调节；项目检测室内布置载物轨道，南北方向并列布置。根据项目探伤工件基本情况，探伤机工作时，主射线方向朝向西侧，其余方向（含防护门、顶棚）考虑为散射和漏射。

考虑本项目实际情况，本项目探伤机位于检测室内东侧，固定安装，不移动；主射线方向拟定为西侧，距离东墙约 2.1m、北墙约 4.1m、西墙约 4.9m、南墙约 2.9m。检测室所在为 1F，检测室内空高 3.8m，因此，本次效核检测室顶棚的屏蔽能力的考察点设置检测室顶棚处。检测室周围尺寸示意图 11-1。

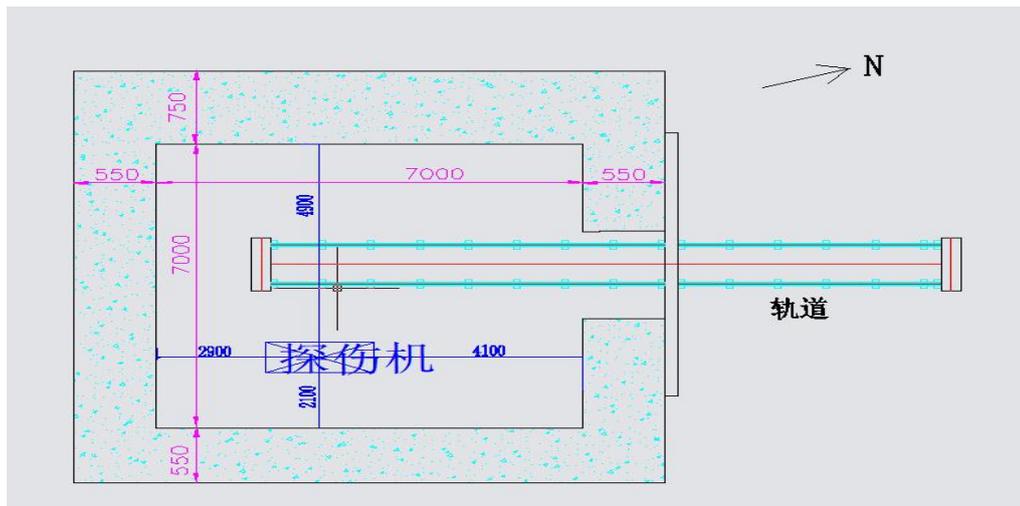


图 11-1 检测室周围尺寸示意图

屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-1。

表 11-1 各方向核算距离一览表

考察点			核算距离 m
东面（资料室、材料存放区、暗室、操作室、晾片室）	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$2.1+0.55+0.3=2.95$
南面（过道、喷漆房）	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$2.9+0.55+0.3=3.75$
西面（绿化带）	屏蔽体外 30cm（含铅门）	主射	$4.9+0.75+0.3=5.95$
北面（空地）	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$4.1+0.55+0.3=4.95$

续表 11 环境影响分析

顶棚（无法到达）	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	2.8+0.55+0.3=3.65
----------	-----------	-------	-------------------

注：钢结构和铅板厚度在核算距离中不予考虑，探伤机离地高度按 1.0m 计。

②剂量率参考控制水平的确定

X 射线探伤机周工作负荷见表 11-2；根据 GBZ/T250-2014 附录 A，居留因子取值原则见表 11-3；剂量率参考控制水平核算表见表 11-4。

表 11-2 X 射线探伤装置工作负荷

设备型号	额定电压	额定电流	周最大曝光次数	单次曝光	周最大照射时间
IXRS-450 型	450kV	15mA	100 次/周	1~5min /次	8.4h/周

表 11-3 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	操作室、暗室、晾片室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	资料室、材料存放区
偶然居留	1/8~1/40	过道

表 11-4 剂量率参考控制水平核算表

方向	U	T	Hc ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参考控制水平 Hc ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	需屏蔽的辐射源
东面（操作室、资料室、材料存放区、暗室）	1	1	100	11.9	2.5	泄漏辐射 散射辐射
南面（过道）	1	1/8	5	4.76	2.5	
西面（绿化带）	1	1/8	5	4.76	2.5	有用线束
北面（空地）	1	1/8	5	4.76	2.5	泄漏辐射 散射辐射
顶棚（无法到达）	1	/	5	/	2.5	

③其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-5 所示。

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 450kV，电流 15mA	设备说明书
G ($\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$)	35 (3mm 铜过滤条件下)	ICRP33 图 3

续表 11 环境影响分析

转换系数	6×10 ⁴			GBZ/T250-2014 4.1 a) GBZ/T250-2014 表 B.1
H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	2.94×10 ⁶ ①			
$\frac{R_0^2}{F \times \Omega}$	50			GBZ/T250-2014 附录 B.4.2
泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)	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	250			GBZ/T250-2014 表 2
什值层 (TVL) 半值层 (HVL) ②	铅			GBZ/T250-2014 表 B.2
	电压等级	TVL	HVL	
	450kV	9.2mm	2.8mm	
	250 kV	2.9 mm	0.86 mm	
	混凝土			
	电压等级	TVL	HVL	
	450kV	109.5mm	33mm	
	250 kV	90mm	28mm	

备注:

①根据《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》(GBZ/T144-2002)表 B2: 当电压 300kV 时, Sv/Gy=1.4, 本项目电压为 450kV, 按照最不利情况, 本次转换系数取 1.4;

②根据 ICRP33 号文(国际放射防护委员会第 33 号出版物), 当电压 450kV 时, 什值层、半值层采用内插法所得。

(2) 探伤室屏蔽防护效能核实原则

墙体厚度确定原则: 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)。

11.1.3 检测室防护核算结果

本项目检测室的屏蔽体屏蔽能力核实结果见表 11-6。

续表 11 环境影响分析

表 11-6 检测室屏蔽效能核实表

考察点		剂量率参考控制水平 H _c (μSv/h)	距离 (m)	计算厚度		设计厚度	设计厚度下 瞬时剂量 (μSv/h)	是否达到屏蔽要求
东面（操作室、资料室、材料存放区、暗室、晾片室）	散射	2.5	2.95	402mm 混凝土	402mm 混凝土	550mm 混凝土	0.087	是
	漏射			259mm 混凝土				
南面（过道、喷漆房）	散射	2.5	3.75	383mm 混凝土	383mm 混凝土	550mm 混凝土	0.054	是
	漏射			236mm 混凝土				
西面（绿化带）		2.5	5.95	608mm 混凝土		750mm 混凝土	0.177	是
北面（空地）	墙体	2.5	4.95	362mm 混凝土	362mm 混凝土	550mm 混凝土	0.031	是
				210mm 混凝土				
	防护门			12mmPb	18mmPb	30mmPb	0.157	是
				18mmPb				
顶棚（无法到达）		2.5	3.65	385mm 混凝土	385mm 混凝土	550mm 混凝土	0.056	是
				239mm 混凝土				

备注：根据《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T144-2002）表 B2：当电压 300kV 时，Sv/Gy=1.4，本项目电压为 450kV，按照最不利情况，本次转换系数取 1.4。

根据表 11-6 计算结果可知，IXRS-450 型探伤机工作时，检测室的四周屏蔽体、顶棚、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

11.1.4 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：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times T \times t \times 10^{-3} \quad \text{式 (10)}$$

式中：

H_{Er}：X 或γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

续表 11 环境影响分析

$H_{(10)}$: X 或 γ 射线周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

T: 居留因子;

t: X 或 γ 射线照射时间, 小时。

(2) 估算结果

检测室外剂量估算表见表 11-7。

表 11-7 探伤机工作时剂量估算表

估算人员	外环境	方位	设计厚度下剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大曝光 时间	居留 因子	有效剂量 mSv/a
辐射工作人员	操作室	东面	0.087	400h	1	0.0348
公众成员	过道	南面	0.054	400h	1/8	0.0027
	绿化带	西面	0.177	400h	1/8	0.0089
	空地	北面	0.157	400h	1/8	0.0079

根据表 11-7 可得出以下结论:

①辐射工作人员

该公司共配备 2 名辐射工作人员共同承担探伤、洗片、评片及存档工作, 但每名辐射工作人员探伤工作时间不均分。因此, 按保守情况估计, 每年探伤、洗片、评片及存档工作全部由一个人完成, 则辐射工作人员所受的年有效剂量不大于 0.0348mSv/a , 低于本评价管理目标值 5mSv/a , 满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

②公众成员

项目探伤机开展 X 射线无损检测工作时, 在检测室周围活动的公众成员所受的最大年附加有效剂量为 0.0089mSv , 低于本评价管理目标值 0.25mSv/a , 满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

11.2 对周围环境保护目标的影响分析

检测室各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求, 根据 X 射线随距离的增加而快速减弱的特性可知, 距离 X 射线检测室更远的各环境保护目标的辐射影响

续表 11 环境影响分析

也满足相应标准和要求。

本项目检测室周围环境保护目标预测结果见表 11-8。

表 11-8 本项目检测室环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方向	最近水平距离	预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	操作室、资料室、材料存放区、暗室、晾片室	东侧	0	0.087
2	衡山机械综合楼	北侧	约 45m	0.0003
3	混凝土搅拌站	西侧	约 28m	0.005
4	过道及衡山机械喷漆房	南侧	0	0.054

根据上表可知，检测室邻近最近各环境保护目标周围剂量当量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，对于检测室之外的房间等，若考虑墙体、楼板等屏蔽，则项目所致周围 50m 范围内环境保护目标几乎无影响，本项目建设对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。

11.3 其他影响

(1) 废气对环境的影响分析

在探伤作业时，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 ）。检测室设计有 1 个排风口，位于检测室南侧地下设置一个排风口，废气通过地下管道“U”型穿越屏蔽体和厂房外墙后，引至顶部排放。检测室安装一台抽风机，换气次数约为 4 次/h，能保证室内空气的流通，使少量的 O_3 、 NO_x 得以快速扩散。废气不在厂房内聚集，曝光时产生的废气不会对厂房内工作人员造成影响。

项目废气排放口周边 100m 范围均为工业企业，无环境保护目标。同时，周围地势开阔，利于 O_3 、 NO_x 废气的扩散。故项目产生的废气对周围环境影响小。

(2) 废水环境影响

辐射工作人员产生的生活污水依托厂区现有污水处理设施处理后排入污水管网。对地表水环境影响较小。

(3) 噪声影响

续表 11 环境影响分析

本项目拟使用的通排风系统为低噪声节能排风机，其噪声值一般低于 65dB（A），噪声源强较小，对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声学环境影响轻微。

（4）固废环境影响

①一般固废

生活垃圾依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

报废的探伤机去功能化后交由物资回收单位处置。

②危险废物

曝光时产生的废片和存档到期的胶片暂存在操作室内收纳箱内，交由有资质单位处理。

洗片废液分为废定影液、废显影液、废清洗液。废液单独收集后在洗片室内危废收集桶内暂存，然后交由有资质单位处理。

另外，洗片室地面要进行硬化，敷设环氧树脂膜进行防渗、防漏处理。危废暂存桶设置两个，废液单独收集和暂存，不混合暂存。因项目废液产生周期较长，两个可满足暂存要求。废液收集桶材质不得与废液相溶。废液收集桶应有明显的标示，标示内容应符合要求（包含废液名称、产生时间、重量等）；废液桶下方设置防漏托盘，避免废液桶渗漏后废液漫流。建立废液的产生、暂存、移交的台账管理制度；废液的处理按照相关要求要求进行联单管理，联单存档。

综上所述，建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后，对环境基本无影响。

11.4 实践正当性分析

项目使用 X 射线探伤的目地是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全。该项目的建设有利于发展社会经济，为企业和社会带来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。

11.5 产业政策符合性分析

项目主要是配置 X 射线探伤机用于对工件无损检测，不属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）中的鼓励类、限制类和淘汰类，符合国家产业政策，属于允许类。

11.6 事故影响分析

续表 11 环境影响分析

(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。由于本项目电缆线埋地穿墙敷设，被盗的可能性较小，仅有探伤机和控制器丢失或被盗时，无法开机工作，设备丢失、被盗产生的影响较小。

因此，本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

① 丧失屏蔽

X 射线探伤机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）可能无意中将探伤机的屏蔽块、机架上的屏蔽物等移走，或随意加大照射野，使设备丧失自身屏蔽作用，导致相邻的屏蔽墙外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

② 人员滞留在检测室内

工作人员进入检测室后未全部撤离，仍有人滞留在检测室内某个不易察觉的地方，在开机前，未完全充分搜寻，从而意外地留了下来，因此受到大剂量照射。

③ 联锁装置失效

由于门机联锁装置失效，防护门未关闭或探伤机工作时门被开启，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。

(2) 后果分析

① 探伤机失去自身屏蔽能力

探伤机失去自身屏蔽能力后，可导致检测室四周墙体均为主射墙，经计算检测室屏蔽体外周围剂量当量率可达 $3.0\mu\text{Sv/h}$ （探伤机距离检测室屏蔽体 1m ），大于屏蔽体外 30cm 处 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求，单次照射下（ 5min ）检测室四周墙体外停留的人员受照剂量最大约 0.0002mSv （ 0.000178mGy ，转换系数 $\text{Sv/Gy}=1.4$ ，下同）。

② 联锁失效

每次开展探伤工作前，辐射工作人员均会进入检测室，故仅考虑单次照射对检测室外停留人员的误照射造成的伤害。项目防护门不在主射方向上（散射、漏射），防护门在未关闭情况下开展探伤工作，门外周围剂量当量率约为 100.19mSv/h ，则单次照射下（ 5min ）检测室防护门外停留的人员受照剂量最大约 8.349mSv （ 5.9639mGy ）。

③ 人员滞留检测室内

每次开展探伤工作前，辐射工作人员均会进入检测室，故考虑单次照射对滞留在检

续表 11 环境影响分析

测室内人员误照射造成的伤害。当探伤机工作时，因项目无损检测工件较大，则考虑人员在距离辐射源点 2m 处受到误照射（主射线）。在无屏蔽体屏蔽情况下，人员所在位置的周围剂量当量率为 $3.5\mu\text{Sv/h}$ ，单次照射下受照剂量最大为 0.00029mSv （ 0.00020mGy ）。

（3）事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是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。

这类症状存在阈值效应，其严重程度取决于剂量大小，只有在剂量超过一定的阈值时才能发生，我们称之为确定性效应，该效应是高水平辐射照射导致细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果。确定性效应常出现在短时间间隔内的高剂量照射的情况（急性照射）。除了受控制的医学照射外，高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此，确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所，仅在事故情况下被观察到。

确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，超过阈值时，剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-9 所示。

表 11-9 不同照射剂量对人体损伤的估计

类型	受照剂量参考值 (Gy)	初期症状和损伤程度
骨髓型急性放射病	1.0~2.0	轻度：乏力，不适，食欲减退
	2.0~4.0	中度：头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
	4.0~6.0	重度：1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞明显下降
	6.0~10.0	极重度：1h 内多次呕吐和腹泻，休克、腮腺肿大，白细胞明显下降
肠型放射病	10~50	肠上皮、隐窝损伤
脑型放射病	>50	小脑、大脑损伤

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

本项目 X 射线探伤机属于 II 类放射装置，在没有防护情况下，工作人员或患者受到

续表 11 环境影响分析

这类射线装置照射，会对身体造成一定的影响。

根据表 11-9 不同照射剂量对人体损伤的估计，结合上诉后果分析可知，单次误照射下受照剂量均小于 1Gy，受照人员可能会出现机能变化、血液变化，但无明显临床症状；但是在铅屏蔽体出现裂缝又长时间未发现的情况下，会造成非常大的辐射危害。

(4) 事故分级

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，在上述事故情景下部分事故受照剂量已超过辐射工作人员的年剂量限值。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”。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剂量报警仪、联锁装置等，可提供纵深防御。不得擅自改变、削弱、或破坏 X 射线检测室的铅屏蔽体和铅防护门，如开孔洞、挖沟、取土等。

②撤离检测室时应清点人数，辐射工作人员用视频监控系统对检测室内进行扫视，按搜寻程序进行查找，确认无人停留在内后才能开始进行操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留检测室内，操作室人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

③定期检查检测室的门机联锁、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示，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，制定有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。辐射工作场地因某种原因损坏，公司应立即停止使用，修复后再投入使用。

④配置便携式 X-γ 辐射剂量率仪，定期巡查（每周）检测室屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡查铅板接缝、铆焊处，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

续表 11 环境影响分析

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。

重庆衡山机械有限责任公司原在熊家厂区已开展过核技术利用项目，已配置辐射工作安全管理委员会，明确了各自职责，主要涉及到以下几个方面：①全面负责辐射安全防护管理工作。②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、验收、人员培训、个人剂量送检、体检和辐射安全年度评估等。③负责日常防护设备维护。根据调查，衡山机械辐射工作安全管理委员会具体负责成员学历能满足上述要求。因此，衡山机械的辐射安全与环境保护管理机构满足相关要求。

12.2 辐射安全管理

(1) 辐射安全管理规章制度

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，重庆衡山机械有限责任公司必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，公司应按照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、射线置装使用登记制度、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。

目前，衡山机械已制定了《关于调整 X 射线辐射安全管理委员会成员的通知》、《X 射线辐射工作安全管理委员会职责》、《X 射线辐射工作人员健康管理规定》、《X 射线探伤操作规程》、《个人剂量监测》、《工作场所及场所外的环境监测制度》、《X 射线辐射工作安全防护管理和废水废片处理制度》、《X 射线辐射安全应急处理措施》、《X 射线探伤机的维修制度》。公司现有制度健全，符合公司现有辐射项目的运行管理需求。且在项目运营前，衡山机械拟根据本项目探伤室运行管理和设备操作需求，制定操作规程、岗位职责、辐射事故应急措施等制度并粘贴在辐射工作场所。

(2) 辐射工作人员

表 12 辐射安全管理

本项目拟配置 2 名辐射工作人员，目前具体人员未定，但均包含在医院总劳动定员内。

①配置数量合理可行性

根据本项目探伤装置的操作需求，进行 X 射线无损检测时，至少应保证 2 名工作人员同时在场。本项目仅配置 1 台探伤机，年工作时间较短，因此，项目拟配置两名辐射工作人员是可行的。

②辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定：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。同时，根据生态环境部《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》（2019 年第 57 号），各级生态环境部门不再对从事辐射安全培训的单位进行评估和推荐，不再要求从事放射性同位素与射线装置生产、销售、使用等辐射活动的人员参加以上单位组织的辐射安全培训。有相关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。新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

根据建设单位资料，本项目人员拟从公司员工中培养 2 名辐射人员，应在项目运营前，经过培训考核合格后，做到持证上岗。在取得辐射安全培训合格证书后，辐射工作人员定期复训，并建立培训档案。

③个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，项目单位应对辐射工作人员进行个人剂量监测；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。项目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。内容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生保存。

另外，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

表 12 辐射安全管理

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。

④职业健康检查

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。

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

(3) 射线装置台账管理

项目建设单位应制定射线装置台帐管理制度，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，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行无损检测应进行基本信息记录。

(4) 档案管理

建设单位应按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。

公司辐射类档案主要分为：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查纪录”、“个人剂量档案”、“培训档案”和“辐射应急资料”等。

另外，建设单位项目建成运行后，应及时组织验收并办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

(5) 年度评估

根据环境保护部令第 18 号第十二条规定：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。

衡山机械按照规定向生态环境主管部门提交《年度评估》文件，根据衡山机械提供的资料，公司于 2020 年 1 月 8 日提交了 2019 年度《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，年度评估报告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、

表 12 辐射安全管理

事故应急等方面的内容，符合要求。建设单位应在规定时间内完成《年度评估》文件的编制和上报工作。

(6) 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企业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。应建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化处并加以纠正。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建设单位应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建设单位应当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。

12.3 从事辐射活动能力评价

依据《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，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟落实的情况
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。	本项目辐射安全与环境保护管理机构依托公司已有辐射工作安全管理委员会。
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。	项目所有辐射工作人员尚未到岗，尚未参加培训并考核合格。 项目拟从公司现有工作人员培养 2 名辐射工作人员，人员按照规定参加培训并考核合格。
射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	设备在检测室内工作，检测室有足够厚的混凝土以及铅门进行屏蔽；设备安装到位后，拟设置门机联锁、灯机联锁、电离辐射

表 12 辐射安全管理

	警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮。
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。	专职辐射工作人员均拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ辐射剂量率仪。
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。	公司制度满足现有工作运行要求，本项目依托公司已有辐射安全管理规章制度，待本项目建成运营后，将按照相关规定和要求，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	公司现有辐射事故应急措施主要针对现有探伤机工作，待本项目建成运营前，将根据项目现场情况进行完善。

从表 12-1 可知，本项目的管理工作依托衡山机械现有的管理体系，已具备了一定的能力，但还应在本项目建设完成运营前，针对本项目的管理需求完善相应管理规定，认真落实上述要求后，方具备从事本项目辐射活动的的能力，本项目方可投入正式运行。

12.3 辐射环境监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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。

建设单位可配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对检测室检测室周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，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。

监测频率：3 个月测读一次个人剂量计；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检测室的检测室外周围剂量当量率进行监测，监测包括

表 12 辐射安全管理

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；公司日常巡测每周一次，年度评估委托有资质单位每年监测一次；涉及设备或者防护设施维修后等也应进行监测；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：探伤室的检测室周围屏蔽体外、防护门外 30cm 处、屏蔽体搭接处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置。

12.4 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》（环保部令第 18 号）及《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》（渝环〔2017〕242 号）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。

12.4.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订）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。

12.4.2 事故应急方案与措施

（1）事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级，本项目一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、区生态环境局、市生态环境局报告，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向区生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

报告联系电话如下：

表 12 辐射安全管理

公司联系电话：158*****396；

环境保护 24 小时举报热线电话：1***9

重庆市辐射环境监督管理站：159*****300

重庆市卫生健康委员会电话：（023）67****07

万州区生态环境局：023-58****20

万州区公安局：（023）110、（023）58****49

（2）辐射事故应急处置措施

本项目设备发生辐射事故时，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。

（3）辐射事故后处理

启动并组织实施应急方案，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，配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。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。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。

12.5 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见表 12-2。

表 12-2 辐射安全与管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框，上墙	0.5
电离辐射警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	检测室门机联锁、灯机联锁、紧急停机按钮、声光警示装置等 (检测室防护体、工业洗片机计入项目投资)	4.0
防护监测设备	个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ辐射剂量率仪	3.0
废胶片、定影液、显影液、清洗废液	定期交由有资质单位处理，签定的收集处理协议	2.5

表 12 辐射安全管理

合计		/	10		
12.6 竣工验收					
<p>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 12-3。</p>					
表 12-3 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	设备	定向探伤机 1 台，额定电压≤450kV，电流≤15mA。	不发生 重大变更		
2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等	齐全		
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包含操作规程、射防护和安全保卫制度、设备保养制度、人员培训计划、监测方案、应急预案等。	齐全		
4	环保措施	<p>曝光会的穿墙电缆线、管线孔等均采用“U”型走向，不影响检测室的屏蔽能力。</p> <p>检测室和操作室之间安装有监视系统（全方位监控）、对讲设备；检测室内和操作台上均设置急停按钮，其中检测室内墙体上设置急停按钮（3 个）。</p> <p>探伤机与防护门连锁，在防护门未关闭时，探伤机不能出束。设置灯机连锁，工作状态指示灯能正常显示探伤机的工作状态。</p> <p>检测室外电离辐射警示标志等设置位置合理；室内及室外声光警示装置（共 3 个）等正常运行。</p> <p>设置视频监控系统，能全方位观察检测室情况。</p> <p>每名辐射工作人员各配置 1 枚个人剂量计、个人剂量报警仪，探伤室配置 1 台便携式 X-γ辐射剂量率仪。</p>	符合相关要求		
5	人员要求	配置不少于 2 名辐射工作人员，持证上岗，定期复训。	原环保部令 3、18 号		
6	废胶片、定影液、显影液、清洗废液	废胶片存放在操作室收纳箱内，洗片废液在洗片室内危废收集桶内暂存，交由有资质单位处理，并为之签订收集处理协议。危废收集桶不少于三个，废液不混合暂存。废液收集桶应有明显的标示，标示内容应符合要求；废液桶下方设置防漏托盘；建立废液的台账管理制度；废液的处理按照相关要求要求进行联单管理，联单存档。	/		
7	电离辐射	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">剂量管理目标限值</td> <td style="width: 50%;">辐射工作人员≤5mSv/a 公众成员≤0.25mSv/a</td> </tr> </table>	剂量管理目标限值	辐射工作人员≤5mSv/a 公众成员≤0.25mSv/a	GB18871-2002 GBZ117-2015
剂量管理目标限值	辐射工作人员≤5mSv/a 公众成员≤0.25mSv/a				

表 12 辐射安全管理

		墙体外剂量率控制	检测室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。	GBZ/T250-2014

表 13 结论和建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

重庆衡山机械有限责任公司为保障产品质量，拟在万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧建设一座专用探伤室(包括检测室、操作室、洗片室)，并配置 1 台定向型 X 射线探伤机(额定电压 450kV，额定电流 15mA)，位于检测室内东侧，固定安装，不移动；探伤机对本公司工件一导叶体开展 X 射线无损检测工作。

项目总建筑面积约 102.33m²，劳动定员 2 人，全年曝光次数约 4800 次(4800 张片)，年有效曝光时间 400h。

项目总投资 230 万元，其中环保投资约 10 万元。

13.1.2 产业政策符合性

项目主要是配置 X 射线探伤机用于对工件无损检测，不属于《产业结构调整指导目录》(2019 年本)中的鼓励类、限制类和淘汰类，符合国家产业政策，属于允许类。

13.1.3 实践正当性

项目使用 X 射线探伤的目地是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全。其为企业和社会带来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。

13.1.4 辐射环境质量现状

本项目建设位置的地表 γ 剂量率的监测值在 55nGy/h~59nGy/h(未扣除宇宙射线),与重庆市多个点位的 2018 年环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率平均测量值 64.4~168.7nGy/h(未扣除宇宙射线)相比较处于本底涨落范围内。项目周围的辐射环境质量现状无异常。

13.1.5 选址可行性及布局合理性

项目位于公司内部，公众成员一般很少进入，同时，探伤室设置在万州区经济技术开发区盐气化工园经开大道 486 号衡山机械龙宝厂区东北侧，探伤室周围流动

表 13 结论和建议

人员很少，有利于探伤室辐射防护的管理，项目选址合理。

项目探伤室功能布置齐全，房间布置紧凑，方便探伤工作操作及后续洗片工作进行。项目需要进行 X 射线无损检测的工件体积小，故项目检测室设置一个防护门作为工件和辐射工作人员、探伤机维护检修工作人员的出入口可行，项目探伤室平面布局合理。

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，划分为控制区和监督区。控制区范围为检测室，监督区包括操作室、晾片室、暗室、资料室以及检测室其余方向上的屏蔽体外 30cm 的范围。

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，能很好的保证探伤机自身的稳定性和安全性。

检测室的屏蔽体采用混凝土结构以及铅门。根据效核，在现有屏蔽体设计厚度下，探伤机工作时，检测室四周屏蔽体、顶棚、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。屏蔽体的安装、搭接等均由有资质的生产厂家承担；防护门与检测室屏蔽墙体的搭接长度大于间隙宽度的 10 倍。屏蔽墙体接缝进行焊接，并用铅板封缝，铅板与钢板、槽钢等的固定采用紧固螺钉、专用封孔铅帽遮挡铅孔，以保证检测室的整体屏蔽能力。穿越防护墙的管道（电缆线管、排风管）采用“U”型，穿墙连接口在屏蔽体的基座建设时进行预留，穿墙深度为 450mm，穿墙管道高于地面约 1300mm，不削弱检测室的屏蔽能力。

检测室内外安装紧急停机按钮，设置门机联锁装置、灯机联锁装置、声光警示装置、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个人防护用品及监测仪器设备。

检测室设计有机械排风系统，具有良好的通风。

表 13 结论和建议

综上所述，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）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 环境影响分析结论

根据核算，辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.25mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

本项目运行时，在周围环境保护目标处的辐射影响很小，对其产生的影响有限，能为环境所接受。

项目运行不产生放射性废水、放射性废气。少量的臭氧和氮氧化物在机械排风下能迅速排出和扩散，不会对周围环境产生不利影响。

废显影液、定影液、清洗废液属于危险废物，在洗片室内危废收集桶内暂存，然后交由有资质单位处理。废胶片和存档到期的胶片属于危险废物，暂存在操作室的收纳箱内。

13.1.8 辐射环境管理

建设单位应按照相关要求建立辐射环境管理机构，配置辐射环境专职管理人员，制定相应的管理制度，保证辐射工作人员持证上岗，定期复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等，并及时办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中，建设单位还应加强核安全文化建设，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

综上所述，金属铸件探伤检测技术改造项目符合国家产业政策，选址和布局合理。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，该建设项目是可行的。

附 录

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目周围环境及保护目标布置示意图

附图 3 项目现场照片

附图 4 项目平立面布置图

建设项目环评审批基础信息表