

核技术利用建设项目
重庆新能源汽车零部件智能制造项目
(X 射线探伤部分)
环境影响报告表

建设单位：重庆文灿压铸有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2025 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
重庆新能源汽车零部件智能制造项目
(X 射线探伤部分)
环境影响报告表

建设单位名称：重庆文灿压铸有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市沙坪坝区凤凰镇青凤高科创新孵化中心项目二期1层8号

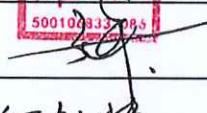
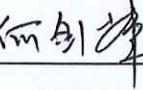
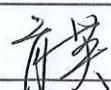
邮政编码：401334 联系人：何剑峰

电子邮箱：383505776@qq.com 联系电话：158 47



打印编号: 1762507808000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	9n1y61		
建设项目名称	重庆新能源汽车零部件智能制造项目（X射线探伤部分）		
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）	重庆文灿压铸有限公司 		
统一社会信用代码	91500106MAC13QK98K 		
法定代表人（签章）	唐杰雄 		
主要负责人（签字）	谢锋 		
直接负责的主管人员（签字）	何剑峰 		
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
肖英	07355543507550272	BH001035	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
周欢	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	BH042644	

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	9
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量现状	18
表 9 项目工程分析与源项	21
表 10 辐射安全与防护	30
表 11 环境影响分析	47
表 12 辐射安全管理	62
表 13 结论和建议	70

表 1 项目基本情况

建设项目名称	重庆新能源汽车零部件智能制造项目（X 射线探伤部分）					
建设单位	重庆文灿压铸有限公司					
法人代表	唐杰雄	联系人	何剑峰	联系电话	158*****147	
注册地址	重庆市沙坪坝区凤凰镇青凤高科创新孵化中心项目二期 1 层 8 号					
项目建设地点	重庆市沙坪坝区青凤高科产业园 Aj02-1/03 号地块重庆文灿压铸有限公司沙坪坝生产基地办公楼 1F					
立项审批部门	沙坪坝区发展和改革委员会		批准文号	2210-500106-04-01-886165		
建设项目总投资 (万元)	100 (探 伤部分)	项目环保投资 (万元)	5	投资比例(环保 投资/总投资)	5%	
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	/					

1.1 建设单位简介

重庆文灿压铸有限公司（以下简称文灿公司）成立于 2022 年 9 月 23 日，是文灿集团的全资子公司，总部位于重庆市沙坪坝区。公司主要从事新能源汽车轻量化零部件研发与制造，业务涵盖铝合金压铸、精密加工及装配工艺一体化。截至 2025 年 5 月，公司在重庆拥有沙坪坝、两江新区 2 个生产基地。其中沙坪坝生产基地位于重庆市沙坪坝区青凤高科产业园 Aj02-1/03 号地块，为新建厂区，目前生产基地已完成主体建筑建设，暂未投入运营。

续表 1 项目基本情况

1.2 项目由来

根据建设单位提供的沙坪坝基地建设环评及批准文件，文灿公司沙坪坝基地主要新建 1 栋生产厂房（分为压铸车间和机加车间）、1 栋办公楼（与生产厂房紧邻布置）和两栋宿舍楼，面积约 67600 平方米，购置压铸岛、熔化炉、加工中心等先进生产设备及配套设备约 90 套，年产新能源汽车用铝合金车身结构件、电驱动、电池盒等零部件共计 70 万套。

为满足生产产品的质量控制要求，公司拟在办公楼 1F 东侧的压铸检测中心内建设 1 间 X 射线探伤室，在探伤室内配置 2 台整体 X 射线探伤机（以下简称探伤机），用于对公司生产的金属零部件进行无损检测，确保产品质量，不对外营业。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原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）的相关规定，“工业用 X 射线装置分为自屏蔽式 X 射线装置和其他工业用 X 射线探伤装置”“对自屏蔽式 X 射线探伤装置的生产、销售活动按 II 类射线装置管理；使用活动按 III 类射线装置管理”。《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》（环保部，2018 年 2 月 12 日）对于自屏蔽 X 射线探伤装置的定义，应同时具备以下特征：“一是屏蔽体应与 X 射线探伤装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；二是屏蔽体能将装置产生的 X 射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；三是在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内。”

本项目探伤机均带有专用屏蔽铅房，铅房与 X 射线探伤装置主体结构一体设计和制造，但铅房为非统一制式，且专用铅房铅门尺寸较大，人员可能存在滞留在屏蔽体内发生误照射的风险，不满足《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》中的一、三条要求，因此本项目探伤机不是自屏蔽式 X 射线探伤装置，其使用活动按 II 类射线装置管理。

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。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。因此，本项目

续表 1 项目基本情况

环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。

重庆文灿压铸有限公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对“重庆新能源汽车零部件智能制造项目（X 射线探伤部分）”进行环境影响评价。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，并按照《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）的要求，编制完成了《重庆新能源汽车零部件智能制造项目（X 射线探伤部分）环境影响报告表》。

1.3 建设规模及工程内容

（1）建设规模及内容

重庆文灿压铸有限公司拟在沙坪坝生产基地办公楼 1F 新建 1 间 X 射线探伤室（以下简称探伤室，采用玻璃隔断），并安装 2 台整体 X 射线探伤机，均为 II 类射线装置。其中 1 台型号 UNC160，最大管电压 160kV，最大管电流 3mA。另 1 台型号 UNC225，最大管电压 225kV，最大管电流 8mA。探伤机用于对公司生产的金属零部件进行 X 射线无损检测。本项目仅用于 X 射线无损检测，除安装探伤机和相应的配套设施以及暂存无损检测工件外，无其他使用功能。项目用房总面积约 50m²。

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	整体 X 射线探伤机	拟配置两台，均为固定、定向型且自带屏蔽铅房，属于 II 类射线装置。 1 台设备最大管电压为 160kV，最大管电流为 3mA，额定功率 480W。 1 台设备最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA，额定功率 1800W。	拟购置
辅助工程	工作场所	在沙坪坝生产基地办公楼（为 3 层结构，总高度约 13.5m）1F 东侧压铸检测中心内新建 1 间 X 射线探伤室（5.3m×9.5m×5m），房间采用玻璃隔墙。直接在房间内安装 2 台整体 X 射线探伤机及操作台等。	新建
公用工程	供电系统	项目位于文灿公司沙坪坝生产基地厂区内部，用电来源于市政供电，厂区配电。	依托
	给水系统	工作人员生活用水依托厂区新建给水设施。	依托
	排水系统	工作人员生活污水依托厂区新建污水处理设施。	依托
	通风系统	探伤机内空气通过设备顶部排气扇抽至探伤室内。拟在探伤室北墙安装 1 个机械排风扇，北墙外为厂区室外道路，可以通过排风扇，将室内空气排至外环境。	新建

续表 1 项目基本情况

环保工程	生活污水	本项目无生产废水。项目工作人员生活污水依托厂区南侧新建的污水处理设施（设计处理能力 800m ³ /d）处理后进入市政污水管网，然后接入沙田污水处理厂处理后达标排放，经梁滩河排入嘉陵江。	依托
	固废	项目工作人员生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。 报废的射线装置（含设备铅房）去功能化后，按照相关要求处置，保留处置手续，并做好相关记录存档。	设备报废拆除后按规范处置
	废气	每台整体探伤机铅房顶部位置均安装 1 个机械排风扇，两台设备铅房内容积均约 5.5m ³ ，排风量为 100m ³ /h，通风次数约为 18 次/h。设备铅房内的废气通过排风扇排至探伤室内，再通过探伤室北墙（外为厂区户外道路、绿化）墙体上方安装的机械排风扇（额定排风量约为 1000m ³ /h），排至厂房外。探伤室内部容积约 250m ³ ，探伤室内整体通风换气次数约为 4 次/h。	/
	辐射防护	X 射线探伤机自带屏蔽铅房，采用铅+钢板，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。工件门设门机联锁，设备内外设置工作状态指示灯，设备箱体外设电离辐射警告标志，安装一套实时视频监控系统，视频监控屏幕设置在控制台上；安装固定式剂量报警仪和急停按钮等设施。公司拟制定辐射防护管理制度，成立辐射防护管理组织并指定专人负责公司日常辐射防护管理工作。	/
其他	工作人员	拟在公司内部培养 4 名工作人员开展 X 射线探伤工作。	/

(2) 项目工作场所建设情况

本项目两台整体 X 射线探伤机箱体采用铅板和钢板结构，面向工件防护门右侧箱体为主射线方向，两台设备箱体规格尺寸一致，仅 X 射线球管能量和屏蔽材料厚度有差异。探伤室墙体采用玻璃隔断，探伤机箱体屏蔽材料及厚度情况如下表 1-2 所示。

表 1-2 探伤机屏蔽防护材料及厚度表

名称	尺寸	屏蔽体	总屏蔽厚度
225kV 整体 X 射线探伤机屏蔽箱体	长×宽×高： 内空尺寸 1.90m×1.46m×1.86m; 外部尺寸 2.02m×1.71m×2.29m;	主射线面（右侧-东面）	内 4.5mm 钢板+13mmPb+外 4.5mm 钢板
		其余三面（前侧-南面、左侧-西面、后侧-北面）	内 4.5mm 钢板+8mmPb+外 4.5mm 钢板
		顶面	内 4.5mm 钢板+8mmPb+外 4.5mm 钢板
		底板	内 4.5mm 钢板+8mmPb+外 4.5mm 钢板
		铅防护门（前侧-南面）	内 4.5mm 钢板+8mmPb+外 4.5mm 钢板
		电缆口、排风扇口防护罩	内 4.5mm 钢板+8mmPb+外 4.5mm 钢板
160kV 整体 X 射线探伤机屏蔽箱体		主射线面（右侧-东面）	内 3.5mm 钢板+6mmPb+外 1.5mm 钢板
		其余三面（前侧-南面、左侧-西面、后侧-北面）	内 3.5mm 钢板+4mmPb+外 1.5mm 钢板
		顶面	内 3.5mm 钢板+4mmPb+外 1.5mm 钢板
		底板	内 3.5mm 钢板+4mmPb+外 1.5mm 钢板

续表 1 项目基本情况

		铅防护门（前侧-南面）	内 3.5mm 钢板+4mmPb+外 1.5mm 钢板
		电缆口、排风扇口防护罩	内 3mm 钢板+4mmPb+外 2mm 钢板

备注：①探伤机箱体外部尺寸为整台设备最大尺寸，包括铅房外顶部防护门电机、排风口防护罩、铅房下方支撑角等。
②以面对探伤机正面的方位进行描述。
③钢密度 7.85g/cm³，铅 11.34g/cm³。

（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	设备设施说明
1	探伤机	1	UNC225	无损检测	II类射线装置，最大管电压 225kV，最大管电流 8mA，额定功率 1800W
2	探伤机	1	UNC160	无损检测	II类射线装置，最大管电压 160kV，最大管电流 3mA，额定功率 480W
3	便携式辐射检测仪	1	待定	监测工作场所防护	定期监测
4	探伤室排风机	1	待定	废气排放	风量为 1000m ³ /h
5	固定式剂量报警仪	2	待定	监测工作场所实时剂量	探头拟安装在探伤机铅房内
6	个人剂量报警仪	2	待定	剂量报警	工作人员工作时随身携带
7	个人剂量计	4	/	监测人员受照剂量	工作时，工作人员佩戴在左胸前

备注：探伤机详细结构及参数见表 9。

（4）探伤工件情况

本项目 X 射线探伤机无损检测工件主要是汽车零部件等，详见表 1-4。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工件类型	材质	形状	最大尺寸
金属压铸件	铝合金	异形	最长 1600mm、最宽 1600mm、最高 800mm

备注：检测对象为公司生产的金属零部件，不对外服务，根据每批次产品的要求，采取抽检和全检结合的方式，检测对象以小尺寸工件为主。

（5）计划工作负荷

根据建设单位提供的资料，预计全年单台设备运行次数为 30000 次，单次曝光时间约 0.5~3min，平均单次曝光时间约 2min。单台设备年曝光时间最大为 1000h，每周曝光时间为 20h。

续表 1 项目基本情况

(6) 工作制度和劳动定员

项目拟在公司内部调配 4 名工作人员从事本项目 X 射线无损检测工作(含检测工件的运进和运出)，具体人员待定，公司总劳动定员不变；公司年工作 300 天。设备的维修由设备厂家负责。

1.5 与公司依托可行性

文灿公司对自己生产的产品进行无损检测，有利于控制产品质量，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 1-5。

表 1-5 项目与公司厂区依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
辅助工程	设备放置用房	本项目为 X 射线整体探伤机，拟放置在公司已建成的用房内，仅使用玻璃隔断间隔出项目用房，不新增用地，不新增建筑面积。	可行
公用工程	供电、供水等公用工程依托厂区设施	本项目供电、供水设施依托厂区公用设施。厂区为市政供电，市政管网供水。因此，项目依托厂区现有的公用设施可行。	可行
环保工程	依托厂区生活污水处理设施	项目工作人员依托厂区生活设施，污水依托厂区现有污水处理设施（位于厂区南侧，设计处理能力 800m ³ /d）进行处理后排入市政管网。本项目不产生生产废水，辐射工作人员由公司劳动定员内部调配，不新增工作人员总数，工作人员生活污水依托原有设施处理可行	可行
	固废	工作人员生活垃圾依托厂区现有生活垃圾处置设施处置，本项目不新增工作人员数量，依托可行。探伤机报废后，按要求处置，并保留处置记录。	可行

由表 1-5 可知，本项目辅助工程、公用工程、废水处理均可依托厂区公用设施。

1.6 外环境概况

文灿公司沙坪坝生产基地北侧为凤回路，西侧紧邻海会大道，东侧为市政道路（尚未命名），南侧为凤潮大道。

本项目工作场所位于公司办公楼，沙坪坝基地办公楼南侧紧邻公司生产厂房。北侧紧邻厂区室外道路和绿化，外为凤回路。东侧紧邻厂区室外道路和绿化，外为市政道路，西侧紧邻厂区室外道路和绿化，外为文灿公司宿舍楼。

探伤机周边 50m 范围除北侧和西侧涉及市政道路外，其余均在文灿公司沙坪坝生产基地厂区，本项目辐射环境保护目标为项目射线装置屏蔽体周围 50m 范围内的本项目辐射工作人员和项目周围公众成员。办公楼外环境关系情况见表 1-6。厂区总平面分布

续表 1 项目基本情况

情况见附图 2。

表 1-6 办公楼外环境关系一览表

方位	外环境情况	最近距离	备注
北、西、东侧	厂区内绿化、道路	紧邻	厂内公共区域
北	凤回路	约 30m	市政道路
西	宿舍楼	约 20m	文灿公司宿舍楼, 7/-1F, 高 23.06m
东	市政道路	约 10m	未命名
南	生产厂房	紧邻	文灿公司主要生产用房, 1F, 高 12.05m/19.9m

1.7 选址可行性

本项目是利用 X 射线对测试对象（公司生产的汽车零部件）进行无损检测，确保其质量。项目不涉及生物、化学实验，不进行生产。

重庆文灿压铸有限公司沙坪坝生产基地位于青凤科创城（沙坪坝工业园青凤组团），根据《青凤科创城（沙坪坝工业园青凤组团）规划（海达路以西部分）环境影响报告书》及其批复文件可知，重庆新能源汽车零部件智能制造项目与其环境准入要求相符合。本项目属于重庆新能源汽车零部件智能制造项目中的 X 射线探伤部分，服务于该项目，与准入要求不冲突。

本项目探伤机拟安装在文灿公司沙坪坝生产基地办公楼 1F 压铸检测中心内的探伤室中，办公楼为 3 层结构，本项目用房位于 1F，下无地下室，且探伤机只在该场所内使用。本项目属于检测的一种，位于压铸检测中心内，可以集中检测，便于检测工作的开展。X 射线探伤机自带屏蔽铅房，其四周和顶部相邻区域均为探伤室内。探伤室为独立用房，除一扇入口门外，无其他出入口，在探伤机运行期间，房门保持关闭。根据辐射环境监测结果，本项目所在区域环境 γ 辐射剂量率在重庆市整体辐射水平的正常涨落范围内。因此，项目整体选址合理。

1.8 与项目有关的环境保护问题

本项目位于文灿公司新建的沙坪坝生产基地厂区，根据调查，文灿公司沙坪坝生产基地于 2022 年取得了重庆市沙坪坝区生态环境局下发的建设环境保护批准书：渝（沙）环准〔2022〕22 号。目前厂区主要用房已建成，正在进行内部装饰装修和设备设施安装，暂未投入运营。

续表 1 项目基本情况

文灿公司未开展过核技术利用项目，本次为新增 X 射线装置用于生产产品无损检测，将按要求完善环保手续。

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、教学等各种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	整体X射线探伤机	II	1	UNC225	225	8	无损检测	文灿公司沙坪坝生产基地办公楼1F X射线探伤室	/
2	整体X射线探伤机	II	1	UNC160	160	3	无损检测		/
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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	排风装置引至室外排放
生活污水	液态	/	/	/	/	/	/	依托厂区污水处理设施处理后排入市政污水管网
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	/	依托厂区环卫统一处置
报废的 X 射线装置	固态	/	/	/	/	/	/	X 射线装置报废后，去功能化，然后按要求处理，保留手续，并做好相关记录存档。

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日第二次修正；</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》，国务院令第682号，2017年10月1日施行修订版；</p> <p>(5) 《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，2019年3月2日第二次修订；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第20号，2021年1月4日第四次修正；</p> <p>(7) 《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>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号，2021年1月1日施行）；</p> <p>(9) 关于发布《射线装置分类》的公告，原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>(10) 《重庆市环境保护条例》，2025年7月31日最新修改；</p> <p>(11) 《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>
------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

续表 6 评价依据

技术 标准	<ul style="list-style-type: none"> (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)； (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)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (4) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—2022)； (6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修改单； (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (9) 《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)； (10) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB 22448-2008)。
其他	<ul style="list-style-type: none"> (1) 委托书； (2) 项目投资备案证； (3) 企业环评批准书及环评文件； (4) 项目辐射环境监测报告； (5) 项目设计等相关资料； (6) 《重庆市生态环境局关于青凤科创城（沙坪坝工业园青凤组团）规划（海达路以西部分）环境影响报告书审查意见的函》（渝环函〔2024〕249号）； (7) 《重庆新能源汽车零部件智能制造项目环境影响报告表》及其批准文件； (8) ICRP33 等参考文献。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

按照《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，并结合该项目射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，将设备箱体边界外50m区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 环境保护目标

本项目设备为两台探伤机，均拟安装在文灿公司沙坪坝生产基地办公楼1F压铸检测中心的探伤室内。办公楼共3层，总高为13.5m。探伤室上方为办公用房等，下方无地下室。除北侧和东侧涉及市政道路外，50m评价范围其余区域均在文灿公司沙坪坝基地厂区区内，因此，本项目环境保护目标主要为工作场所所在建筑内区域和厂区其他区域活动的人群以及周边道路可能驻留的公众等。本项目环境保护目标统计见表7-1。

表 7-1 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	环境特征及主要影响人群
1	探伤室		探伤机四周相邻区域，操作台均位于设备屏蔽体外相邻位置	平层	设备所在房间，辐射工作人员，4人
2	厂区道路、绿化	北侧	约1~35m	平层	室外区域，公众，约10人
3	凤回路		约35~50m	平层	市政道路，公众，约50人
4	压铸检测中心	东侧	约2.5~10m	平层	办公楼内用房，公众，约10人
5	茶水间、卫生间、楼梯间、办公室、机房、走廊等		约10~35m	平层	办公楼内用房，公众，约20人
6	厂区道路、绿化		约35~47m	平层	室外区域，公众，约10人
7	市政道路		约47~50m	-5m	市政道路，未命名，公众，约50人
8	压铸检测中心(工件存放区)	南侧	约2.5~6m	平层	办公楼内用房，公众，约10人
9	走廊		约6~8m	平层	办公楼内用房，公众，约10人
10	生产厂房		约8~50m	平层	文灿公司生产厂房，1F，约200人
11	办公室、楼梯间、大厅、走廊等	西侧	约2.5~50m	平层	办公楼内用房，公众，约50人
12	办公楼2F、3F办公区等	楼上	/	+3m	办公楼2F和3F用房，公众，约100人

备注：水平和高差距离以设备屏蔽箱体外与环境保护目标之间的直线距离为准。高差中的“-”表示环境保护目标低于本项目用房地面，“+”表示环境保护目标高于本项目用房地面。

7.3 评价标准

续表 7 保护目标与评价标准

(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 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) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

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（本报告表 7-2）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。

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，mSv/h
150~200kV	<2.5
>200	<5

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

- 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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；
- 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

- 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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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。

(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 ($\dot{H}_{c\bullet d}$) :

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

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽, 不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 条 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄露辐射和散射辐射的复合作用时, 通常分别估算泄露辐射和各项散射辐射, 当它们的屏蔽厚度相差一个半值厚度 (TVL) 或更大时, 采用其中较厚的屏蔽, 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)。

(4) 评价标准及相关参数值

①年剂量管理目标值

根据建设单位提供的资料, 本项目取 GB18871-2002 中工作人员职业照射剂量限值的四分之一即 5mSv/a 作为辐射工作人员的年有效剂量管理目标值, 取公众照射剂量限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众成员的年有效剂量管理目标值, 满足 GB18871-2002 的规定。

②项目剂量限值与污染物排放指标

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 7-3 所示。

表 7-3 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	年剂量管理目标值	辐射工作人员：5mSv 公众成员：0.1mSv	GB18871-2002 公司管理要求
2	探伤机屏蔽箱体外剂量要求	探伤机屏蔽箱体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；	GBZ117—2022 GBZ/T250—2014
3	周剂量控制水平	职业工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$	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 环境质量现状

8.1 项目地理和场所位置

重庆文灿压铸有限公司沙坪坝生产基地位于重庆市沙坪坝区青凤高科产业园 Aj02-1/03 号地块，本项目涉及工作场所位于文灿公司沙坪坝生产基地办公楼 1F。

项目地理位置见附图 1，项目工作场所见附图 3 等图所示。

8.2 辐射环境现状评价

本项目探伤机拟安装在已建成用房内，不改变用房现有主体结构，拟利用玻璃隔墙在现有房间内分隔出探伤室。因此直接对项目拟建区域及周边环境的辐射环境背景水平进行了监测，监测时间为 2025 年 10 月 29 日，监测结果和监测布点见监测报告：渝泓环（监）（2025）1313 号。

8.2.1 监测因子

环境 γ 辐射剂量率。

8.2.2 监测方案

（1）监测方法和依据

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 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021

（2）监测点位选取

本项目在现有用房内利用玻璃隔断建设探伤室，监测报告布点分别设置在本项目拟建区域，探伤室所在现有压铸检测中心，相邻办公室和生产厂房以及办公楼外道路和探伤室对应上方用房。共设置 6 个监测点位，布点时考虑了项目拟建区域和周围相邻区域，并在最近环境保护目标处布点，本次监测布点能够反映本项目涉及工作场所的辐射环境背景水平。

监测布点图见图 8-1。

续表 8 环境质量现状

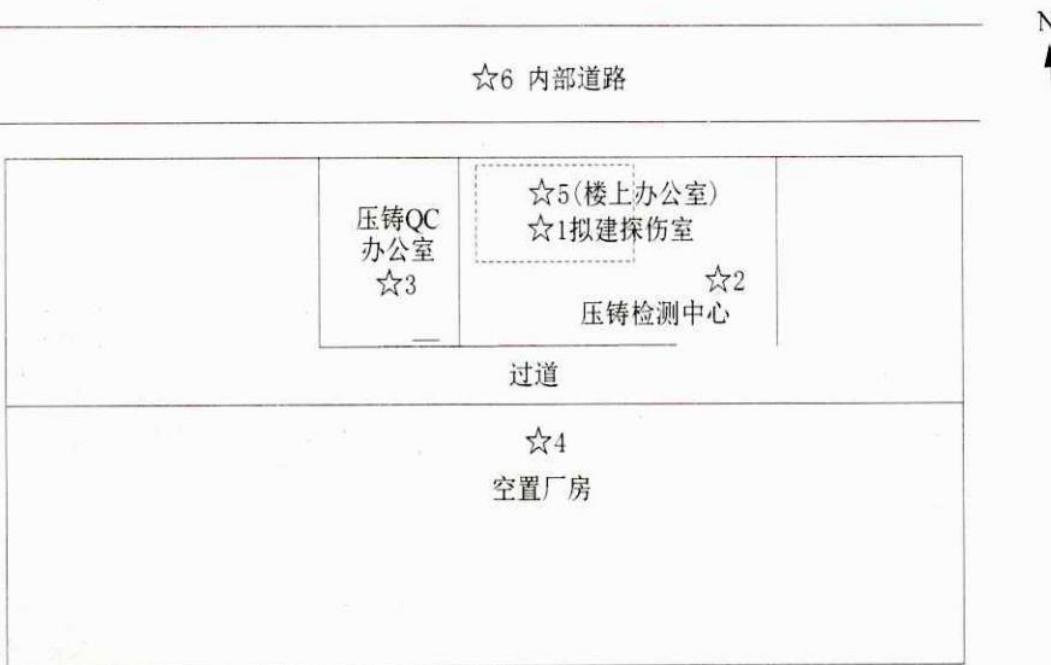


图 8-1 监测点示意图

(3) 测定方式

本项目选取的测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

8.3 质量保证措施

本次监测单位具有重庆市市场监督管理局颁发的在中华人民共和国境内有效的检验检测机构资质认定证书，保证了监测工作的合法性和有效性。

监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器及检定情况

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
环境监测 X、γ剂量率仪	RGM5200	1222203004005	2024112106273	2025.12.2	1.12

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据量，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、审定，最后由授权签字人签发。监测结果有效。

8.4 监测结果

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 项目拟建址辐射环境监测结果统计

序号	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率测量值 ($\mu\text{Gy/h}$)
1	拟建探伤室	0.076
2	压铸检测中心	0.080
3	压铸 QC 办公室	0.080
4	空置厂房内	0.074
5	楼上办公室	0.073
6	内部道路上	0.083

备注：① $1\mu\text{Gy/h}=1000\text{nGy/h}$ 。

②以上监测结果均未扣除宇宙射线响应值。

由监测统计结果可知，项目拟建址的环境 γ 辐射剂量率监测值在 $73\text{nGy/h}\sim83\text{nGy/h}$ 之间（未扣除宇宙射线响应值）。根据《2024年重庆市辐射环境质量报告书（简化版）》，2024年重庆市环境 γ 辐射剂量率各点位测量均值范围为 $79.2\sim108\text{nGy/h}$ 、全市各点位年均值为 96.1nGy/h （均未扣除宇宙射线响应值）。项目辐射环境背景调查表明，场址及周围的环境 γ 辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内。

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

本项目拟直接购置整体式 X 射线探伤设备，放置在文灿公司沙坪坝生产基地办公楼内，并使用玻璃隔墙间隔出探伤室。本项目施工期主要为玻璃隔断墙的建设，X 射线整体探伤机及各类防护设施的安装（X 射线整体探伤机为成套设备的组装，不需要现场焊接）及调试。整个施工过程基本由人工完成，不使用大型机械。产生的废弃物主要为少量装修垃圾、设备外包装、安装人员生活垃圾和生活污水等，装修垃圾和生活垃圾均统一收集后由当地环卫部门集中处置，生活污水由文灿公司沙坪坝基地污水处理设施处理后排入市政管网。调试过程的影响因子主要为电离辐射，与营运期一致，其影响和污染防治措施参考营运期内容。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成

本项目探伤设备由 X 射线系统、图像显示和处理系统、机械运动系统、射线防护系统和控制台组成。其结构如下：

(1) X 射线系统：

X 射线系统用于产生 X 射线，由 X 射线管、高压电缆、高压发生器、冷却系统等构成。本项目拟购设备的高压发生器和冷却系统与 X 射线管集成为一体，冷却系统采用风冷+油冷的方式，冷却部件密闭，冷却使用的矿物油循环使用，不更换。

(2) 图像显示和处理系统：

成像系统是由平板探测器、图像处理软件、PC 显示器控制台、低压控制电缆等组成，平板探测器将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，完成光电信号的转换工作。然后通过专用的高分辨率图像采集器将图像转换为视频信号，输出到终端监视器上，完成图像的拾取过程。

(3) 2 台设备控制台均位于设备外南侧相邻位置，用于对整个设备运行进行控制和实时显示设备运行状态。

(4) 机械运动系统：

机械运动系统主要由 C 型臂、支撑立柱、行走小车和行走轨道构成。可完成动作有：C 型臂升降运动和±30°摆动运动；平板探测器平移运动；行走小车进出及 360°旋转运动。

其中 C 型臂（X 射线球管固定在 C 型臂一端，本身无法活动）在立柱上下移动范围为 1000mm，在上下垂直活动的同时，C 型臂以立柱连接处为圆心，可以±30°摆动，X 射线球管最低点距探伤机铅房内底面约 400mm，最高点距探伤机铅房内顶面约 460mm，但 X 射线球管位于最高点和最低点时，无法摆动。因设备机械结构限制和工件检测需求，C 形臂以上下滑动范围的中间位置为界，从下往上 0~500mm 范围内，X 射线球管可以水平照射或向下摆动从而斜向上照射。500~1000mm 范围内，X 射线球管可以水平照射或向上摆动从而斜向下照射。但因为支撑结构设置限位装置，X 射线球管摆动过程中，球管最高点和最低点不会超过水平最高和最低位置。

（5）射线防护系统：

设置铅板和钢板组成的屏蔽箱体和铅防护门，铅门开、关控制回路与射线源启动回路采用互锁电路。当 X-射线开启后在铅房外无法将防护铅门打开，直到把射线源关闭后才能重新打开防护铅门。设备设有明显可见的警示灯。铅房内部设有急停按钮。

探伤机主要性能参数见表 9-1，探伤机结构见图 9-1。

表 9-1 探伤机主要性能参数

设备类型	225kV 探伤机	160kV 探伤机
最大管电压	225kV	160kV
最大管电流	8mA	3mA
功率	1800W	480W
C 型臂摆动角度	±30°	±30°
C 型臂升降高度	1000mm	1000mm
过滤片	0.5mmCu	0.5mmCu
辐射角	40° /30°	40° /30°
冷却方式	油冷/风冷	油冷/风冷

续表9 项目工程分析与源项

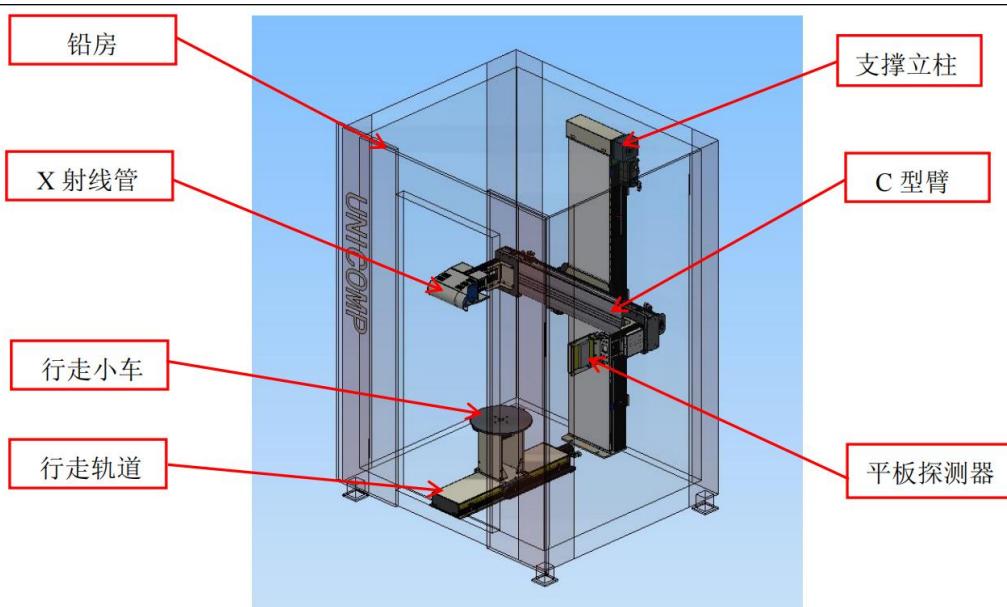


图9-1 本项目X射线探伤装置示意图

9.2.2 工作方式

本项目是利用X射线对工件进行无损检测，工作方式为将工件放置在探伤机内的行走小车平台上，然后小车根据行车轨道和自身旋转，结合X射线球管的运动，使工件在X射线球管照射范围内，达到无损检测的目的。位于X射线球管对侧的平板探测器将X射线照射物体后的不可见光转换为可见光，最终输出到操作台的显示器上，工作人员在操作台观察检测图像，确认工件是否合格。正常工作期间，工作人员均在设备铅房外完成操作，仅在维护维修时才进入铅房。

9.2.3 工作原理及工艺流程

① 工作原理

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管中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚光杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚光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，就会产生轫致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。图像增强器将X射线照射物体后的不可见光转换为可见光，完成光电信号的转换工作。然后通过专用的高分辨率CCD相机将图像转换为视频信号，

续表9 项目工程分析与源项

输出到终端监视器上，完成图像的拾取过程。

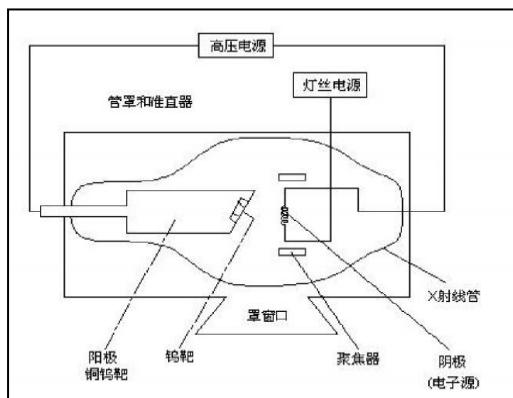


图 9-2 X 射线管原理示意图

②工艺流程

工艺流程主要如下图 9-3 所示。

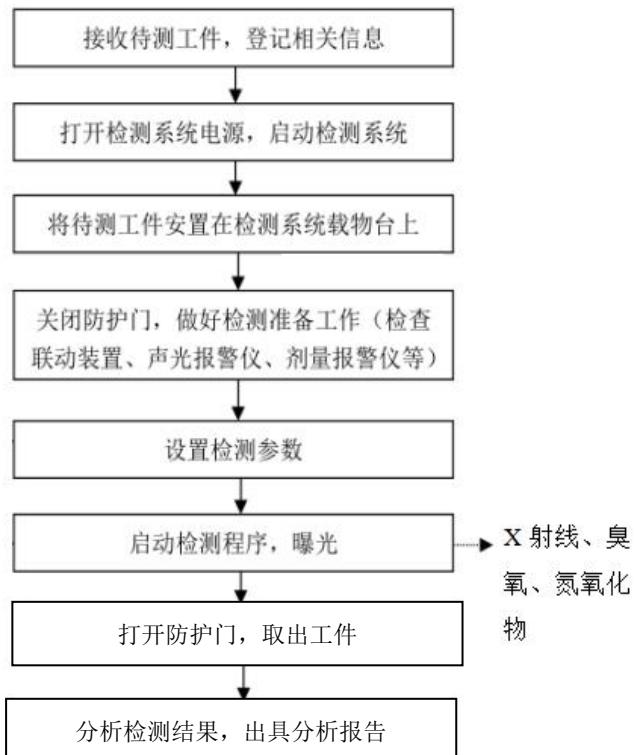


图 9-3 检测工艺流程图

工艺流程概述主要如下：

- 1) 在开始检验之前操作人员先打开探伤机防护门，操作人员在探伤机外将待检测工件放置在探伤机铅房内的行走小车旋转平台上，关闭探伤机门，检查安全联锁设施运行情况。

续表 9 项目工程分析与源项

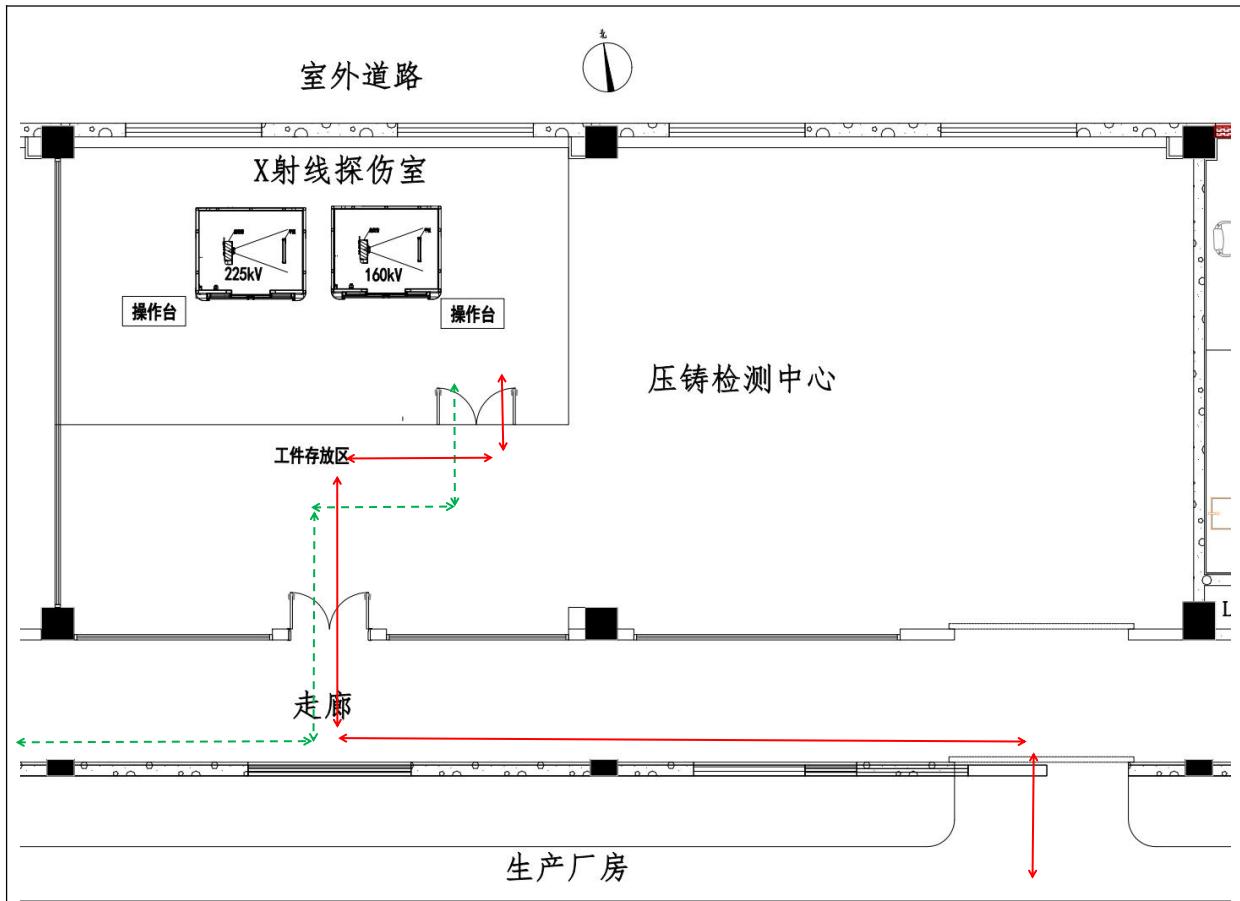
- 2) 工作人员确认防护门关闭后，设置参数，启动 X 射线发生装置；
- 3) 工件通过行走小车平台转动进行检测（检测过程中，平台根据检测要求，可旋转和固定位置），检测完成后结束出束；
- 4) 显示器输出结果，并显示图像；
- 5) 打开探伤机防护门，取出工件；同时，将下一个待检测工件放置到样品扫描转台上，准备下一个检测过程。本项目采用实时成像，不洗片。
- 6) 分析检测结果，并自动出具分析报告。
- 7) 全部工件检测完成，关闭高压电源。再关闭软件和计算机。最后关闭总电源。

9.3 工作场所人员、物品路径情况

本项目为整体探伤机，探伤机放在探伤室内，工作人员在设备铅房旁的操作台操作。

探伤室仅设置 1 扇门，并设置门禁，设备操作人员和工件均由此进入房间内，然后人员在操作台操作设备，探伤工件由非辐射工作人员从生产区搬运至本项目探伤室门口外的工件存放区，再由辐射工作人员从存放区拿取到探伤室内。探伤工件通过探伤机防护门，由人在防护门外将工件放置在行走小车旋转平台上，由行走小车将工件运动到待检位置进行检测，探伤结束，原路退回。

续表 9 项目工程分析与源项



图例：————为工件传输路径；- - - - -为工作人员路径

图 9-4 工作场所路径示意图

9.4 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 X 射线、废气（臭氧、氮氧化物）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 射线管的管电压有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

续表9 项目工程分析与源项

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 2 和图 3，0.5mm 铜过滤板条件下的 160kV 的 X 射线机距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量约为 $6.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，0.5mmCu 的过滤条件下的 225kV 射线源距靶 1m 处主射束在最大发射率约为 $13.2\text{mGy}/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。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《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 1，X 射线球管电压为 160kV 时，其距离 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 $2.5\text{mSv}/\text{h}$ 。X 射线球管电压为 225kV 时，其距离 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 $5\text{mSv}/\text{h}$ 。

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。

本项目探伤机额定管电压分别为 160kV 和 225kV，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014）3.2.2 要求，散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射，X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014）表 2 所列，原始射线能量 160kV 对应的 90° 散射线能量取 150kV，始射线能量 225kV 对应的 90° 散射线能量取 200kV。

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 ）。探伤机位于探伤室内，探伤机顶部拟设置机械排风扇，探伤机内废气通过排风扇排出后，逸散至探伤室上空，探伤室北墙（外为厂区室外道路、绿化）离地约 3m 处拟安装 1 个机械排风扇，将探伤室内空气排至厂区户外区域。

（2）废水

续表 9 项目工程分析与源项

本项目废水主要为工作人员产生的生活污水，本项目拟由文灿公司沙坪坝基地劳动定员内的员工培养，不增加总人员数量和生活污水产生量。工作人员生活设施依托厂区现有，生活污水依托厂区污水处理设施处理达《污水综合排放标准》三级标准后排入市政污水管网，送入污水处理厂进行处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准后外排。

项目无生产废水产生。

(3) 固体废物

本项目不需要洗片，固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾。

生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

探伤机使用一定年限后，射线装置可能不能正常工作，探伤机报废成为固体废物，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后，按照相关要求处理，保留处理相关手续并存档。设备冷却系统内含矿物油，设备报废后，可能产生废矿物油，属于危险废物 (HW08 900-214-08)，单独收集存放在文灿公司沙坪坝生产基地危废暂存间中，统一交有资质单位处置。

9.4.3 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 9-2 所示。

表 9-2 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	160kV 条件下，距靶 1m 处主射束的输出量不大于 $6.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，漏射线周围剂量当量率小于 $2.5\text{mSv}/\text{h}$ ， 90° 散射线能量为 150kV。 225kV 条件下：距靶 1m 处主射束的输出量不大于 $13.2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，漏射线周围剂量当量率小于 $5\text{mSv}/\text{h}$ ，散射辐射能量 200kV。	拟购置整体探伤设备，利用设备屏蔽箱体屏蔽
废气	O_3 、 NO_x	少量	机械抽风引至室外排放
废水	生活污水	不新增	依托厂区污水处理设施处理达标后接入市政污水管网排入污水处理厂，污水处理厂处理后达标排放

续表 9 项目工程分析与源项

固废	生活垃圾	不新增	统一收集后交环卫处理
	报废的探伤机	2 台	报废的射线装置（含设备铅房）拆解去功能化后按照相关要求处置，保留处置手续，并做好相关记录存档。
	废油	少量	暂存在公司危废暂存间后交有资质单位处置。

备注：本项目无生产废水产生。

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 项目布局合理性分析

GBZ/T250-2014 中对于探伤室布局的要求如下：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，可以仅设置人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。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线束照射的方向。

GBZ117-2022 中对于探伤室布局的要求如下：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。

本项目两台探伤机均自带铅房和操作台，探伤机固定安装在探伤室内，操作台安装在设备铅房外。本项目探伤对象均为小型工件，因此探伤机仅设置一扇防护门。探伤机防护门未采取迷路形式，防护门屏蔽材料及厚度与所在箱体侧防护厚度一致。根据现场用房布置及探伤机拟安装位置，2 台探伤机主射线方向均拟朝向东侧，操作台和防护门均位于南侧。因此操作台和防护门均避开了探伤机有用线束照射的方向。探伤室内主要为辐射工作人员活动区域，要求非相关工作人员不要进入该区域，且在探伤机运行过程中，房间门保持关闭，充分考虑了周围的辐射安全。

10.1.2 分区

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。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.2 要求：应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

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安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

根据上述要求，拟对项目工作区域进行分区管理，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。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-1 项目分区管理情况表

类别	用房
控制区	探伤机设备铅房内
监督区	探伤室内（除探伤机外的区域），含探伤室顶部

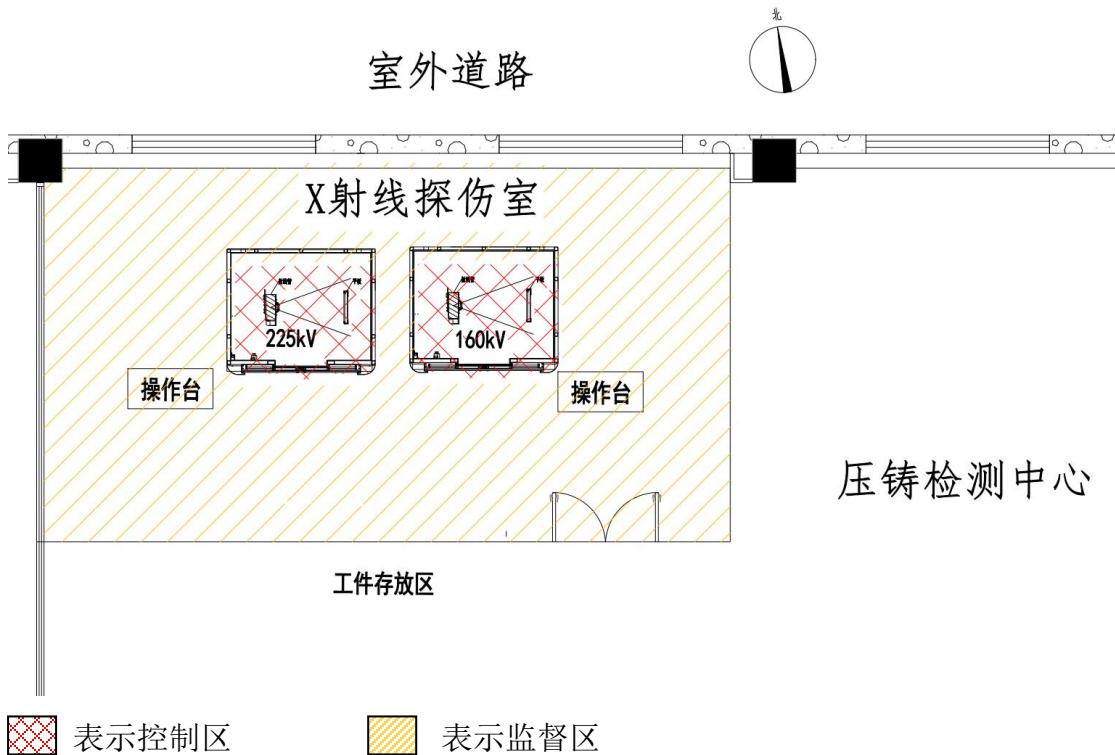


图 10-1 探伤室工作场所分区示意图

文灿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：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。在出入口设置电离辐射警示标识。探伤机划为控制区，并设置分区标识。
- 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，探伤室门设置门禁，并在探伤机运行期间保持关闭，出入口粘贴电离辐射警告标志。探伤室划为监督区，并设置分区标识，提醒非辐射工作人员不要驻留。
- ③在控制区边界开展定期监测工作，特别需注意防护门搭接、穿墙管线洞口等薄弱部位。

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、

续表 10 辐射安全与防护

远离射线源及加以必要的屏蔽。

10.2.1 探伤机屏蔽体屏蔽防护措施

(1) 屏蔽体设计情况

根据建设单位提供的资料，本项目拟购买的两台探伤机自带铅房，其中 225kV 设备屏蔽能力如下：主射线屏蔽体为 13mmPb+9mm 钢，其余 3 面屏蔽体、顶面、底板和防护门为 8mmPb+9mm 钢。160kV 设备屏蔽能力如下：主射线屏蔽体为 6mmPb+5mm 钢，其余 3 面屏蔽体、顶面、底板为防护门为 4mmPb+5mm 钢。

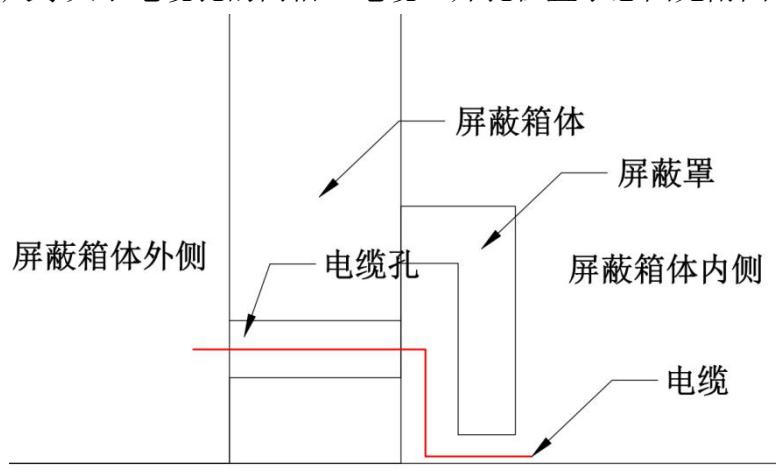
经后文核算，铅房的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准限值要求。铅房的屏蔽质量由设备厂家负责。

(2) 防护门、屏蔽体的安装、搭接等均拟按相关要求进行，防护门与屏蔽箱体之间的搭接宽度不小于门缝的 10 倍，确保屏蔽箱体的整体屏蔽能力。

(3) 电缆穿线孔屏蔽补偿

① 电缆穿线孔

根据设备厂家提供的资料，每台探伤机电缆穿线孔（共 1 个）均位于防护门对侧屏蔽箱体下方靠近底板处，为直接在屏蔽箱体上垂直开设 1 个孔洞，然后在屏蔽箱体内侧开孔处，设置 1 个与屏蔽箱体同等防护厚度的屏蔽罩，作为屏蔽防护补偿设施，屏蔽罩尺寸大于电缆孔的两倍。电缆口开孔位置示意图见附图 5。



电缆穿线区剖面示意图

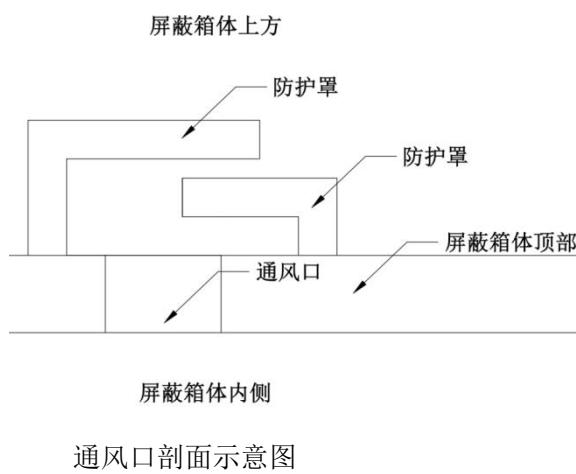


电缆穿墙口示意图

② 排风口穿墙孔

续表 10 辐射安全与防护

排风口穿墙孔位于屏蔽箱顶板处，为直接在顶板上垂直开设一个孔洞，然后在顶板开孔处外侧，设置一个与屏蔽箱体同等防护厚度的屏蔽罩（由两个尺寸不同的 L 形防护罩错开叠放组成），作为屏蔽防护补偿设施，屏蔽罩尺寸大于电缆孔，可以完全遮挡开孔区域。



通风口实物示意图

10.2.2 设备固有安全性

拟配置满足标准要求的有相应安全性能的合格出厂的探伤机：

(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，该设备会示意操作者可以进行训机；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户下一步该如何操作。

(2) 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。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，提醒操作人员发生了故障。

(3) 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。

(4) 设备停止工作 48 小时以上，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。

(5) 过电流保护

续表 10 辐射安全与防护

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。

(6) 失电流保护

设备带有失电流保护继电器，当管电流低于设定数值时，自动切断高压。

(7) 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

设有继电保护装置，继电保护装置与防护门开关的触点为串联形式，正常时均为接通状态；若有故障则不能接通并达到高压。

10.2.3 安全联锁

(1) 工作状态指示灯：每台设备铅房内外均设 1 组工作状态指示灯，并与探伤机联锁，分为红黄绿三色，红色表示 X 射线出束警示，绿色代表设备有电但未出射线，黄色代表预备照射，并拟在工作灯旁设“红色：照射”、“黄色：预备”和“绿色：通电”的工作灯信号意义说明。设备出束，红灯亮起的同时，有声音警示。

(2) 门机联锁：X 射线装置铅防护门设置门机联锁。铅门未关闭的情况下 X 射线不能出束；门关闭后，在 X 射线出束的情况下，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。

(3) 灯机联锁：工作状态指示灯设置灯机联锁。操作时工作状态指示灯同时开始工作。

(4) 控制台锁定开关：操作台设置钥匙开关控制总电源，控制设备整体电源，钥匙由本项目辐射工作人员管理，工作结束关闭探伤机时，工作人员将钥匙拔下，单独存放；当控制电源钥匙开关打开，且送电正常，电源指示灯亮。钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出，拔出钥匙，设备无法开机。

(5) 紧急停机：设备操作台上及屏蔽箱体内部易于接触的地方均拟设置 1 个急停按钮，按下按钮，X 射线高压电源立即被切断，设备停止出束。急停按钮旁拟设置中文标识和使用方法的相关说明。且设备内部的急停按钮具有紧急开门的功能，按下按钮，设备停止出束的同时，防护门会打开。设备内部急停按钮拟设置在靠防护门侧的位置，

续表 10 辐射安全与防护

避开主射线方向，且设备后侧主要为机械运动构件，人员站立位置位于靠防护门侧，发生意外情况下，可不经过主射线区域即按下急停按钮。

(6) 在每台探伤机铅房内安装 1 个固定式剂量报警仪探头。报警仪控制面板设置在操作台处，实时监控探伤机内辐射水平。

10.2.4 监控装置

每台设备铅房内和探伤室内均拟设置 1 个监控探头，显示器设置在操作台处，设备铅房空间较小，监控拟设置在探伤机铅房内一角，可以查看探伤设备内情况，同时操作台设置在探伤机防护门所在方向上，工作人员可监视探伤机铅房入口和设备情况。

10.2.5 通风

采用自然进风、机械排风的方式。

探伤机铅房顶部拟设置机械排风扇，将探伤机内部空气引至探伤室上空逸散，然后再通过探伤室北墙对外的机械排风扇，将废气引至室外。探伤室北墙外为厂区室外道路、绿化，房间排风扇安装高度离地超过 3m。

探伤机铅房内换风次数应满足标准要求的不小于 3 次/h 的通风换气量，铅房内容积约为 5.5m^3 ，拟安装风机通风量不小于 $100\text{m}^3/\text{h}$ ，排风次数约为 18 次/h，满足要求。同时本项目探伤室内容积约为 250m^3 ，探伤室东墙拟安装风机通风量约 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，排风次数约为 4 次/h。

10.2.6 电离辐射警示标志

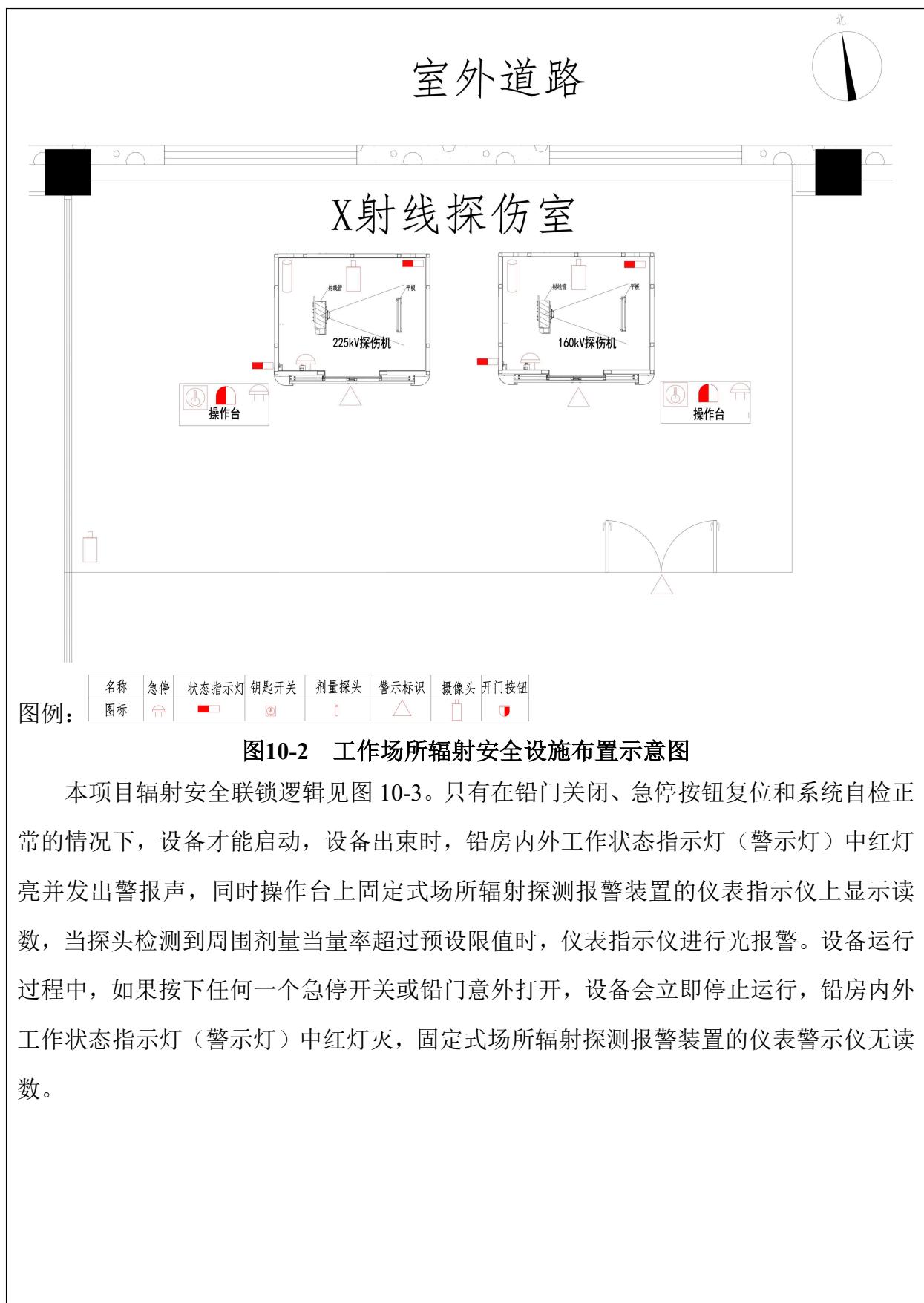
严格按照控制区和监督区实行“两区”管理，且在每台探伤机铅房门、探伤室外均张贴固定的电离辐射警示标志，用于警示公众成员非必要情况不要靠近该区域。

10.2.7 检修时的防护措施

探伤机检修由设备厂家进行，同时检修工作在文灿公司工作人员的陪同下完成。检修时，探伤室内除检修人员和公司辐射工作人员外，要求无其他人员驻留。并在探伤室门外设置非请勿入的提示牌。

工作场所安全防护措施拟安装位置见图10-2。

续表 10 辐射安全与防护



续表 10 辐射安全与防护

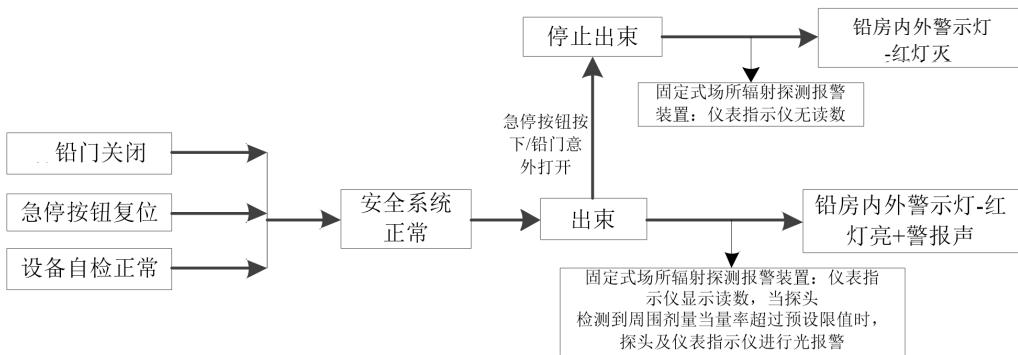


图 10-3 辐射安全联锁逻辑图

10.3 个人防护用品及监测仪器

项目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	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	拟购
2	个人剂量计	4 个	工作期间辐射工作人员佩戴, 对个人受到的照射剂量进行记录	拟购
3	便携式 X-γ 辐射剂量巡测仪	1 台	定期对探伤设备屏蔽体外周围剂量当量率进行监测, 保证屏蔽体的屏蔽效果。	拟购
4	固定式剂量报警仪	2 套	探头安装在探伤机内, 监测设备内实时剂量, 显示系统安装在操作台	拟购

10.4 放射性“三废”的处理

根据工程分析, 本项目不涉及放射性“三废”。

10.5 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。

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 使用单位放射防护要求	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。	使用单位作为探伤工作主体承担主要安全责任。
		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。	公司拟成立放射防护管理组织,并明确管理人员及组织职责,拟制定辐射防护管理制度。
		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。	公司拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计并定期送交监测,辐射工作人员拟按照要求进行职业健康检查。
		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。	本项目拟配备辐射工作人员需取得 X 射线无损检测工作资格证再上岗。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	本项目拟购置 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪。
		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 探伤机的放射防护要求	5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下,距 X 射线管焦点 100cm 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/T26837 的要求。表 1 内容略。	本项目设备拟购买合格出厂的设备。设备的漏射线所致周围剂量当量率能满足标准要求,设备随机文件有这些指标的说明。
		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) 安全联锁是否正常工作; 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。	本项目辐射工作人员开展放射工作前检查 5.1.2 所列项目是否异常,若无异常则正常工作;有异常立即停止工作,联系生产厂家检查维修。

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
《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)	5 探伤机的放射防护要求 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	本项目拟制定满足标准要求的设备检修维护制度, 设备维护由生产厂家负责, 维护后做好维护记录。
	6.1 探伤室放射防护要求 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。	项目为整体探伤设备, 操作台位于设备屏蔽箱体外。探伤机屏蔽箱体材料和厚度充分考虑了设备辐射防护要求。设备主射线朝向一侧箱体, 操作台和防护门均不在主射线投照范围内, 根据后文核算, 探伤机屏蔽箱体均满足防护要求。本项目探伤机防护门与同侧屏蔽箱体防护材料及厚度一致。
	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。	工作场所分区管理, 探伤机划为控制区, 探伤室除探伤机外的区域划为监督区, 分区满足 GB18871 的要求。
	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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$, 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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	根据后文核算, 探伤设备屏蔽体均满足要求。
	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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	根据后文核算, 探伤机顶棚上方 30cm 处剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$, 满足要求。

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》 (GBZ117-202 2)	6.1 探伤室放射防护要求	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。	本项目所使用的固定式探伤设备拟设置门-机联锁装置，只有当防护门关闭后 X 射线装置高压才能启动并产生 X 射线。设备内设置的急停按钮有紧急停机和开门的双重功能，按下可停止出束并打开防护门。设备运行过程中，防护门意外开启，设备将停止出束。
		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。	本项目探伤机铅房内外均拟设置显示“预备”和“照射”状态的工作灯，并与设备联锁。预备状态时黄灯亮，X 射线装置出束时红灯亮并伴随蜂鸣声，在指示灯旁设“预备”和“照射”的信号意义。探伤设备由工作人员手动操作，设备出束前，工作人员通过监控确认铅房内无人员驻留后再开始出束。
		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。	每台探伤机铅房内部及探伤室内均拟安装 1 个监控探头，工作人员操作台位于设备铅房旁，可以观察到探伤机出入口及周边情况。
		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。	每台探伤机防护门、探伤室外均拟粘贴符合要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。
		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。	每台探伤机铅房内及操作台处均拟设置 1 个急停按钮，按下按钮，可以停止设备照射。急停按钮设置位置避免主射线方向，工作人员可以不需要穿过主射线，急停开关处拟设置中文标签，注明使用方法。

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)	6.1 探伤室放射防护要求	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。	每台设备铅房顶部拟设排风口并安装机械排风扇，排风量为 100m ³ /h，通风次数约 18 次/h。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	每台探伤机铅房内拟配置 1 个固定式剂量报警仪探头。
	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	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。	拟制定探伤操作规程，规定每天工作前，检查门机联锁装置和工作状态指示灯等防护安全措施是否正常。
		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。	拟配备 2 台个人剂量报警仪和 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪，要求工作人员进入铅房内时随身携带个人剂量报警仪，仪器报警，立刻退出铅房外，并防止人员误入。
		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。	拟配备 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪，拟制定辐射监测制度，制度中明确每季度对探伤机周围剂量率水平进行监测，探伤机四周屏蔽箱体外周围剂量当量率高于 2.5μSv/h 时，及时进行整改。
		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。	拟在辐射监测制度中明确使用辐射巡测仪前，检查是否可以正常运行，发现异常，及时维修。

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)	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置,如准直器和附加屏蔽,把潜在的辐射降到最低。	操作规程中拟要求工作人员规范使用辐射防护装置。
		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。	操作规程拟要求工作人员每次操作前,需要确认探伤机内无人员驻留,并关闭防护门。确认所有防护和安全装置都正常运行后,再启动设备。
		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。	本项目是给公司自己生产的工件进行无损检测,探伤机的尺寸满足工件探伤要求,不需要开门探伤。
	6.3 探伤设施的退役	当工业探伤设施不再使用,应实施退役程序。包括以下内容: c) X 射线发生器应处置至无法使用,或经监管机构批准后,转移给其他已获许可机构。 e) 当所有辐射源从现场移走后,使用单位按监管机构要求办理相关手续。 f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。 g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测,以确认现场没有留下放射源,并确认污染状况。	本项目不再使用后,设备去功能化交有关机构处置,使用单位按照监管部门要求办理后续手续。清除工作场所内电离辐射警告标志和各类说明。
	8.1 监测的一般要求	8.1.1 检测计划 使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定,并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。	拟制定辐射监测制度,明确每季度对探伤设备屏蔽箱体外周围剂量当量率进行一次监测并保存监测结果,当剂量超过控制水平时,立即整改。

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)	8.1 监测的一般要求	<p>8.1.2 检测仪器 应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。</p>	拟配备 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪，按照要求进行定期检定。仪器使用前，检查是否可以正常运行。
	8.2 探伤机检测	<p>8.2.1 防护性能检测 8.2.1.1 检测方法 X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行； 8.2.1.2 检测周期 使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。 8.2.1.3 结果评价 X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。</p>	每年委托有资质单位对 X 射线探伤机性能进行一次监测。
	8.3 探伤室放射防护检测	<p>8.3.1 检测条件 检测条件应符合如下要求： a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。</p>	进行探伤设备屏蔽体防护监测时，使用最大运行条件。主线束方向在没有工件的情况下进行监测，其余方向在有工件情况下进行监测。

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)	8.3 探伤室放射防护检测	8.3.2 辐射水平巡测 探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X-γ剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30 cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响；b) 探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。	项目运行后，拟定期使用便携式 X-γ辐射剂量率仪对探伤设备箱体、防护门、管线洞口、顶棚等处周围剂量进行巡测。
		8.3.3 辐射水平定点检测 一般情况下应检测以下各点： a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置； b) 探伤室门外 30 cm 离地面高度为 1 m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点； c) 探伤室墙外或邻室墙外 30 cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点； d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30 cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点； e) 人员经常活动的位置； f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。	监测制度中将规定按照要求对探伤设备屏蔽箱体外进行定点监测。
		8.3.4 检测周期 探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当γ射线探伤放射源的活度增加时，或者 X 射线探伤机额定电压增大时，重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。	设备投运前，进行一次验收检测。运行后按照要求每年委托有资质单位进行一次防护监测，设备变更后，也重新进行监测。

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)	8.3 探伤室放射防护检测	8.3.5 结果评价 探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求	探伤机屏蔽箱体外 30cm 处周围剂量当量率需 $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$
	8.5 放射工作人员个人监测	8.5.1 射线探伤作业人员(包括维修人员), 应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。	本项目工作人员将按照要求配备个人剂量计定期进行个人剂量监测。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3 探伤室屏蔽要求	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。	设备自带铅房屏蔽体, 铅房屏蔽体内除检修情况下, 不进人, 因此不设人员门, 仅设置进样门。
		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线束照射的方向。	本项目操作台置于铅房外, X 射线发生器位于铅房内, 设备主射线朝向设备一侧箱体, 工件进样门和操作台均不在主射线方向。
		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屏蔽体对四周两边进行搭接防护, 搭接足够长, 不影响屏蔽体的屏蔽能力, 电缆管在角落采用“Z”型穿越方式经屏蔽体防护后穿出, 设置与屏蔽体防护一致的防护罩。
		3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间, 常用的材料为混凝土、铅和钢板等。	本项目拟购置整体探伤设备。

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
《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019	5.3 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。	项目工作人员主要辐射来自于身体前方，拟为工作人员配备个人剂量计，要求工作人员佩戴在胸口位置。
	7.3 实施监测过程的质量保证	7.3.1 制定和严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。	建设单位拟制定剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。
		7.3.2 个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。	个人剂量计拟设置专人保管，在非工作期间统一保管于非人工辐射照射区。

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）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）等标准的要求。

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玻璃隔墙的建设以及设备的安装调试。施工过程中主要有少量建筑垃圾、包装垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理设施处理，一般固废统一交由环卫部门处理。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，固废能得到妥善处置，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 探伤机屏蔽能力理论预测

11.1.1 探伤机辐射屏蔽估算公式

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

(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(1)计算，然后由 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad \text{式 (1)}$$

式中：

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

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 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按式 2) 计算：

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

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 (3) 计算:

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{式 (3)}$$

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 (4) 计算:

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad \text{式 (4)}$$

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 (5) 计算，然后按式 (4) 计算所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{式 (5)}$$

式中:

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

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 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式 (3) 计算，然后

续表 11 环境影响分析

按式(6)计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) :

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{式 (6)}$$

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 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)。

(4) 散射辐射屏蔽

a) 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(7)计算。然后按式(4)计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_o} \cdot \frac{R_o^2}{F \cdot \alpha} \quad \text{式 (7)}$$

式中:

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

R_s —散射体至关注点的距离, 单位为米 (m);

R_o —辐射源点(靶点)至探伤工件的距离, 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_o —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 ;

F— R_o 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;

B—屏蔽透射因子;

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B, 查表得出 90° 散射辐射的 TVL, 然后按照式(3)计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按照式(8)计算。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_o \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_o^2} \quad \text{式 (8)}$$

续表 11 环境影响分析

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）。

11.1.2 探伤机防护核算原则及主要技术参数

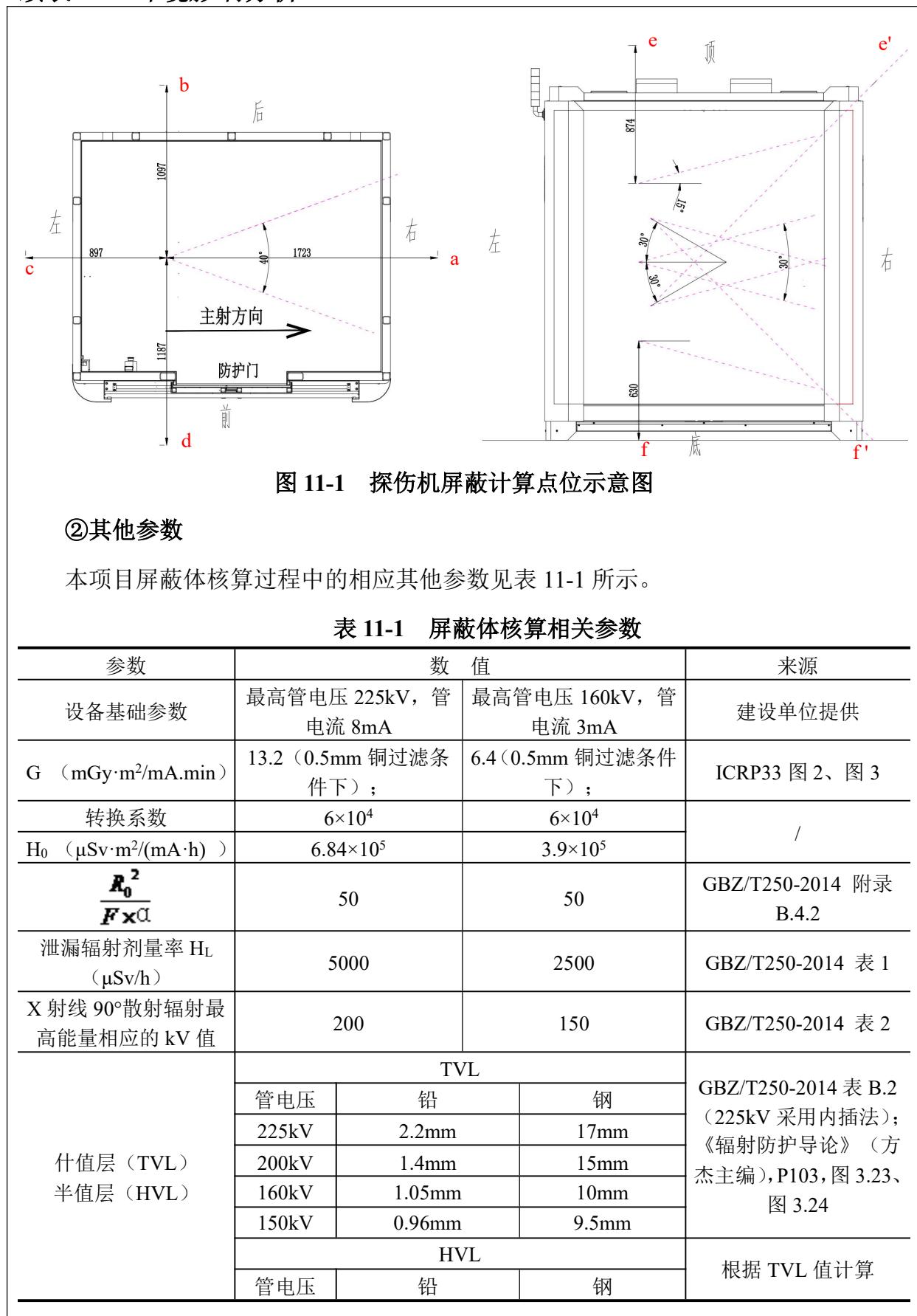
(1) 主要技术参数

①核算距离、方向

根据项目基本情况，本项目 2 台探伤机屏蔽铅房规格尺寸和 X 射线球管位置等均相同，仅 X 射线球管参数和屏蔽体厚度不同。探伤机工作时，主射线方向只朝向右侧箱体。X 射线管固定在 C 形臂一端，可以上下垂直移动一定范围（1000mm），同时围绕一个中心±30° 摆动，但 C 形臂滑动到最低点和最高点时，不会摆动，只有在中间位置时可能±30° 摆动。设备位于探伤室内，防护门朝向南侧，根据工程分析内容，X 射线球管在上下运动和摆动过程中，除右侧箱体（东侧）外，顶面和底面会有部分区域在主线束投照范围内，其余屏蔽体位置均不在主线束投照范围。

探伤机周围各点位估算示意见图 11-1，核算时各方向距离核算情况见表 11-2。顶棚和底板核算时，按照主射线和散漏射分别进行计算。

续表 11 环境影响分析



续表 11 环境影响分析

225kV	0.63mm	/	
200kV	0.42mm	/	
160kV	0.32mm	/	
150kV	0.29mm	/	

备注： $\frac{R_0^2}{F \times \alpha}$ 值按标准中 B.4.2 推荐值取。

③关注点设置原则

探伤机底板距地面距离约 10cm，人员无法到达，但 X 射线可能通过地面散射对周围人员产生影响，因此，需要计算探伤机底板防护屏蔽，保守将关注点考虑在地面处，其余点位距设备屏蔽体表面距离为 30cm。

表 11-2 关注点选取情况一览表

关注点	屏蔽体	核算距离 (m)	辐射类型
a	右侧主屏蔽面（东）	1.72	主射线
b	后侧屏蔽面（北）	1.10	散射、漏射
c	左侧屏蔽面（西）	0.90	散射、漏射
d	前侧屏蔽面、防护门（南）	1.19	散射、漏射
e	顶棚	0.87	散射、漏射
e'		2.34	主射线
f	底板	0.63	散射、漏射
f'		2.03	主射线

(2) 探伤室屏蔽防护效能核算原则

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半值层厚度 (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)。

本项目工作场所屏蔽计算选择设备最大参数条件，且不考虑工件本身的防护效果。

本项目的探伤机额定管电压分别为 225kV 和 160kV，在 GBZ/T250-2014 中附录 B.1 的曲线中无对应的曲线，因此采用公式 (11-1) 和 (11-3) 进行理论计算。

11.1.3 探伤机防护核算结果

本项目探伤机的屏蔽体屏蔽能力核算结果见表 11-3。

续表 11 环境影响分析

表 11-3 探伤机屏蔽效能核实时

关注点		剂量率参考 控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	距离 (m)	控制水平下的射 线实际屏蔽所需 厚度 (mmPb)	设计厚度	设计厚度下瞬时 剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	是否达 到屏蔽 要求
225kV							
a	主射线	2.5	1.72	13.1	13mmPb+9mm 钢	0.78	是
b	散射	2.5	1.10	6.5	8mmPb+9mm 钢	0.05	是
	漏射			7.1		0.28	
c	散射	2.5	0.90	6.7	8mmPb+9mm 钢	0.08	是
	漏射			7.5		0.42	
d	散射	2.5	1.19	6.5	8mmPb+9mm 钢	0.05	是
	漏射			6.9		0.24	
e	散射	2.5	0.87	6.8	8mmPb+9mm 钢	0.08	是
	漏射			7.5		0.45	
e'	主射线	2.5	2.34	12.5	(12.5mmPb+11mm 钢)	0.54	是
f	散射	2.5	0.63	7.1	8mmPb+9mm 钢	0.15	是
	漏射			8.1		0.86	
f'	主射线	2.5	2.03	12.7	(12.5mmPb+11mm 钢)	0.72	是
160kV							
a	主射线	2.5	1.72	5.5	6mmPb+5mm 钢	0.24	是
b	散射	2.5	1.10	3.7	4mmPb+5mm 钢	0.39	是
	漏射			3.1		0.10	
c	散射	2.5	0.90	3.9	4mmPb+5mm 钢	0.58	是
	漏射			3.2		0.15	
d	散射	2.5	1.19	3.7	4mmPb+5mm 钢	0.39	是
	漏射			3.0		0.09	
e	散射	2.5	0.87	3.9	4mmPb+5mm 钢	0.62	是
	漏射			3.3		0.16	
e'	主射线	2.5	2.34	5.2	(5.5mmPb+7mm 钢)	0.24	是
f	散射	2.5	0.63	4.2	4mmPb+5mm 钢	1.18	是
	漏射			3.6		0.31	
f'	主射线	2.5	2.03	5.3	(5.5mmPb+7mm 钢)	0.32	是

备注：当散射和漏射计算结果相差不足一个十值层时，在较高值的基础上增加一个半值层。() 内为斜射的实际穿越厚度。

综上所述，根据计算结果可知，探伤机工作时，探伤机屏蔽箱体的四周、顶棚、底板及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《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 屏蔽防护的要求。

11.1.4 工作人员年有效剂量估算

续表 11 环境影响分析

(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:

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

式中:

H_{Er} : X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量, mSv;

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

t: X 或 γ 射线照射时间, 小时。

(2) 估算结果

探伤室外工作人员剂量估算表见表 11-4。

表 11-4 工作人员工作时剂量估算表

估算人员	工作场所	影响来源	设计厚度下剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年受照时间 (h)	受照剂量	
					年 (mSv/a)	周 (μSv)
辐射工作人 员	探伤室	225kV	0.78	1000	1.52	30.4
		160kV	0.74	1000		

备注: 取探伤室内设备四周屏蔽体外剂量率最大值进行估算。

根据表 11-4 可得出以下结论:

在同时受到两台设备的辐射影响情况下, 该项目辐射工作人员所受的年有效剂量最高为 1.52mSv/a, 低于本评价管理目标值 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。周有效剂量最高为 30.4 μSv , 满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 的要求。

根据表 11-5, 项目探伤机开展 X 射线无损检测工作时, 在探伤机周围活动的公众成员所受的最大年附加有效剂量约 0.06mSv, 低于本评价管理目标值 0.1mSv/a《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。周受照剂量最高为 1.23 μSv (周工作负荷 20h), 满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 的要求。

11.3 对周围环境保护目标的影响分析

探伤机各屏蔽体外 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

续表 11 环境影响分析

离的增加而快速减弱的特性可知,距离 X 射线探伤室更远的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求。

本项目探伤机周围环境保护目标预测结果见表 11-5。

表 11-5 环境保护目标处受照剂量预测结果表

序号	环境保护目标名称	方位	距离		保护目标处剂量率值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	工作时间	居留因子	年受照剂量 (mSv)	
1	厂区道路、绿化、凤回路	北侧	225kV	约 1m	9.13E-02	1000	1/20	1.13E-02	
			160kV	约 1m	1.34E-01	1000			
2	压铸检测中心	东侧	225kV	约 5m	2.18E-02	1000	1	6.13E-02	
			160kV	约 2.5m	3.95E-02	1000			
3	茶水间、卫生间、楼梯间、办公室、机房、走廊灯		225kV	约 12m	5.22E-03	1000	1	1.03E-02	
			160kV	约 10m	5.12E-03	1000			
4	厂区道路、绿化、市政道路	南侧	225kV	约 37m	6.56E-04	1000	1/20	5.89E-05	
			160kV	约 35m	5.22E-04	1000			
5	工件存放区		225kV	约 2.5m	2.96E-02	1000	1/5	1.46E-02	
			160kV	约 2.5m	4.33E-02	1000			
6	走廊		225kV	约 6m	7.79E-03	1000	1/5	3.84E-03	
			160kV	约 6m	1.14E-02	1000			
7	生产厂房		225kV	约 8m	4.77E-03	1000	1	1.18E-02	
			160kV	约 8m	6.98E-03	1000			
8	办公室、楼梯间、大厅、走廊等	西侧	225kV	约 2.5m	3.48E-02	1000	1	5.18E-02	
			160kV	约 5m	1.69E-02	1000			
9	办公楼 2F、3F 办公区等	楼上	225kV	约 3m	3.32E-02	1000	1	4.13E-02	
			160kV	约 3m	8.07E-03	1000			

备注: 探伤室内受照剂量见表 11-4。楼上环境保护目标额外考虑 100mm 混凝土楼板屏蔽。

根据表 11-5 结果可知,本项目周围环境保护目标处人员年受照剂量均满足管理目标值要求,且估算结果只考虑了距离的衰减,实际上 X 射线在传播过程中有墙体等各种屏蔽体的阻挡,因此,项目探伤机屏蔽体外 50m 范围内的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求,对环境保护目标的影响很小。

11.4 其他影响

(1) 废气对环境影响分析

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)。每台设备铅房顶棚拟设置排风口,并安装机械排风机,整体换气次数约为 18 次/h,然后拟在探伤室东墙安装 1 个排风扇,能保证探伤室内空气的流通,使少量的 O_3 、 NO_x 得以

续表 11 环境影响分析

快速扩散。废气不在室内聚集，曝光时产生的废气不会对室内工作人员造成影响。

项目废气通过房间内通风系统引至室外排放，项目厂房周边均为文灿厂区内部。同时，周围地势开阔，利于 O₃、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

项目无生产废水产生，本项目废水主要为辐射工作人员产生的生活污水。

工作人员生活污水依托厂区现有污水处理设施处理达《污水综合排放标准》三级标准后，接入市政污水管网，送入污水处理厂进行处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后外排，对地表水环境影响较小。本项目工作人员属于文灿公司劳动定员内，不新增生活污水总量。

(3) 固废环境影响

生活垃圾依托厂区现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

项目 X 射线装置报废后，拟对射线装置去功能化后，按照建设单位相关要求处理，保留处理相关手续并存档。

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。

11.5 实践正当性分析

本项目使用 X 射线探伤机的目的是对所生产的汽车零部件进行无损探伤检测，以确保产品质量与安全。项目探伤机的应用，对产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，项目建设进一步为公司生产质量提供无损探伤检测保障，对其产品质量保证可以起到十分重要的作用，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（2024 年本）》中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、

续表 11 环境影响分析

海洋等专业科技服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，属于鼓励类。所以，本项目符合国家的产业政策。根据备案证，该项目符合本地区产业政策和准入。

11.8 事故影响分析

(1) 风险事故类型

本项目探伤设备为Ⅱ类射线装置，根据《关于发布<射线装置分类>的公告》内容，Ⅱ类射线装置事故时可以使受到照射的人员产生较严重放射损伤，其安全与防护要求较高。本项目出现的辐射事故主要是辐射工作人员或公众成员遭到误照射从而受到不必要的超剂量照射。

X射线装置产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因X射线装置设置有专用屏蔽体，基本不会发生固定性屏蔽体损坏而导致人员受到误照射的事故，即使发生，也能一目了然而不再开机曝光，即不会受到误照射。X射线看不见、摸不着，因此，更多的辐射事故是因为管理等不到位，而导致人员受到误照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面：

①安全联锁装置失效：由于门机联锁装置失效，设备出束时，防护门未关闭或门被开启，射线仍然能发射，造成射线外泄，可能对辐射工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

②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，在开机出束前，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。

③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，使用多年以后，可能因铅屏蔽的自重等原因引起铅屏蔽之间的搭接、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。

④设备自身丧失屏蔽

续表 11 环境影响分析

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，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

本项目两台探伤机虽然放在一个房间内，但两台设备同时发生同种事故情形的可能性很小，因此本次主要考虑为单台设备事故情形，并选择某一事故情况下，最不利设备条件进行核算。

事故情景①安全联锁失效

考虑最不利情况，安全联锁装置失效的事故下，设备考虑最大管电压 225kV 和最大管电流 8mA 运行，事故时间考虑为单次检测出束时间 2min。考虑防护门在未关闭情况下开展检测工作，防护门不在主射方向上，考虑散射、漏射，铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-7。

表 11-7 铅房处人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	防护门处有效剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
225kV 探伤机	联锁装置失效	9.30E+04	3.07E-03	3.07E-03

备注：Sv/Gy=1，下同。

事故情景②人员误入

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，考虑最大管电压 225kV，最大管电流 8mA 运行，事故时间考虑为 2min，并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 11-8。

表 11-8 铅房内人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
X 探伤机	人员滞留铅房内	2.53×10^7	0.84	0.84

事故情景③屏蔽体变形

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，操作人员携带个人剂量报警仪，能及时发现并紧急关停设备出束，但当

续表 11 环境影响分析

未佩戴个人剂量报警仪，也可能导致无法及时发现该种事故。同时非工作人员驻留区域发生此事故情形时，也很难被公众发现，因此造成此事故的发生。

设备分别考虑工作人员操作位处（距设备南侧屏蔽体表面 100cm 处）和主射方向最近公众驻留区域为东侧压铸检测中心（距 160kV 设备屏蔽箱体 2.5m 处）。经计算没有屏蔽防护情况下，工作人员操作位处周围剂量当量率可达 $2.75 \times 10^4 \mu\text{Sv}/\text{h}$ （225kV 探伤机、距辐射源 2.19m 处非主射方向），环境保护目标处周围剂量当量率可达 $6.47 \times 10^4 \mu\text{Sv}/\text{h}$ （160kV 探伤机、距辐射源 4.22m 处主射方向），单次照射下（2min），探伤室内活动工作人员受照剂量最大约 $9.06 \times 10^{-4} \text{ Sv}$ ($9.06 \times 10^{-4} \text{ Gy}$)，探伤室外敏感目标处停留的人员受照剂量最大约 $2.13 \times 10^{-3} \text{ Sv}$ ($2.13 \times 10^{-3} \text{ Gy}$)。

假定未发现该事故情形的时长为 1 天（设备一天检测时间取 4h），在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-9。

表 11-9 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表

误照射次数（天）	受照射时间	影响位置	核算条件	受照射剂量	
				剂量当量（Sv）	吸收剂量（Gy）
1	4h	探伤室外	160kV 探伤机	0.26	0.26
		探伤室内	225kV 探伤机	0.11	0.11

事故情景④探伤机球管丧失自身屏蔽

设备 X 射线球管丧失自身屏蔽，使非主射方向也受到主射线照射，分别考虑 225kV 探伤机和 160kV 探伤机，按最大管电压和最大管电流运行，单次事故时间考虑为 2min，选择距离 X 射线球管最近的一侧（0.90m）作为关注点。假定未发现该事故情形的时长为 1 天（设备一天检测时间取 4h），人员可能受到更大剂量照射。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-10。

表 11-10 铅房外人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	剂量率（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）	受照时间(h)	总有效剂量(Sv)	吸收剂量(Gy)
225kV 探伤机	X 射线球管丧失自身屏蔽	534	0.033	1.76E-05	1.76E-05
			4	2.14E-03	2.14E-03
160kV 探伤机	X 射线球管丧失自身屏蔽	70	0.033	2.30E-06	2.30E-06
			4	2.79E-04	2.79E-04

（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

续表 11 环境影响分析

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。

根据上述后果分析可知，一般事故情况下，人员受到超过年剂量的照射，可能导致人员随机性效应几率增加，但不会有明显临床指征，但极端情况下（未发现设备异常，多次受到意外照射），人员长时间受到意外辐射，可能出现更严重后果。

(4) 事故分级

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，影响最大的为人员误入探伤机铅房内受到意外照射，该种情况下，人员受照剂量会超过年剂量限值，但不会造成明显临床反应。

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、

续表 11 环境影响分析

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，事故等级为：一般辐射事故。

(5) 辐射事故防范措施

由于各种管理不善或人误等造成的误照射，导致人员的照射方式是外照射，因此发生误照射事故应第一时间切断设备电源，确保设备停止出束。建设单位应采取以下措施防范风险事故发生。

(1) 每天工作前检查设备的门机联锁装置及钥匙开关的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。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。使用辐射剂量巡测仪对设备屏蔽体外剂量率进行监测并填写安全检查和辐射监测结果。

(2) 定期进行仪器维护，并做好记录。设备维护时，由设备厂家派专业人员进行检修和维护，维护时佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。维修时，射线装置不出束，并安排专人现场监督，禁止非辐射工作人员靠近。

(3) 设备故障报警系统，如过压、欠压、过流报警、消除电流冲击等功能需定期检查、发现问题及时维修，保证其正常运行，以及时发现设备可能出现的故障。同时，辐射监测器和报警系统可用作针对这类事件进行人员防护和纵深防御措施。

(4) 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，培植辐射工作安全文化素养，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，落实监测频率，保证按照要求进行无损检测工作。

(5) 探伤室房门在探伤工作期间保持关闭，并在门口粘贴非请勿入的提示牌。

(6) 制定探伤室人员管理制度，探伤室房门设置门禁，室内设置监控，未经允许，禁止非辐射工作人员进入探伤室。

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；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

文灿公司未曾开展过核技术利用项目，承诺按照要求成立辐射防护领导小组，并指定一名人员协调、统筹公司辐射防护日常管理工作。

辐射防护领导小组主要职责为制定公司X射线探伤相关辐射防护管理制度，定期组织辐射工作人员进行培训、体检和个人剂量监测，对工作场所辐射防护安全设施进行定期检查等。

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，文灿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。

为此，建设单位承诺在项目建成运营前，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、职业健康及个人剂量管理制度、安全检查制度、监测方案、辐射工作人员管理台账、监测及检查结果台账、年度评估等管理制度和辐射事故应急预案等，并将设备操作规程、工作场所安全防护注意事项等制作成标牌粘贴在探伤室内。

（2）辐射工作人员管理

文灿公司拟按照规范要求，在本项目建设过程中，组织拟定的辐射工作人员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

表 12 辐射安全管理

址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识并参加考核，考核合格后再上岗工作。另文灿公司将委托有资质单位对辐射工作人员进行定期的个人剂量监测，监测周期一般为一个月测读一次，最长不超过三个月，如发现异常可加密监测频率。要求工作人员工作期间必须正确佩戴个人剂量计，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，并到有放射工作人员体检资质的单位进行职业健康检查，两次检查间隔周期最长不超过 2 年。

（3）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。

公司拟制定《辐射安全防护管理规定》，并在制度中明确年度评估报告包含内容，指定专人负责填写和上报，要求如实填写公司辐射防护管理情况，并在每年 1 月 31 日前将上年度报告提交在全国核技术利用辐射安全申报系统上。

（4）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。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

文灿公司拟在项目运行后，建立放射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，并且组织上岗后的放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。

档案信息和保存等按照环境保护令第18号规定执行。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”。建设单位应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。

表 12 辐射安全管理

(5) 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。

核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其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核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，提高并保持核安全意识。

公司拟建立辐射环境安全管理体系，设立核安全保障机构，明确了单位各层级人员的职责，将良好的核安全文化融汇于运营和管理的各个环节；应持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化的建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①公司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公司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

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	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。	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并指定至少 1 名人员负责公司日常辐射防护管理工作。
从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防	项目辐射工作人员将在上岗前按照规定

表 12 辐射安全管理

护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	参加培训并考核合格。
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目设备为整体探伤设备，且固定在一个房间内使用，探伤机屏蔽能力满足要求；工作场所拟设置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮等安全防护措施。
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、个人剂量报警仪和便携式 X-γ 辐射剂量率仪等。
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。	文灿公司拟制定各项辐射防护制度，满足本项目运行要求，并拟将部分制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	拟制定辐射事故应急处理相关制度，明确了发生辐射事故后的应急处理要求。

建设单位承诺全部落实上述各项要求，具备从事本项目辐射活动的能力，并对本项目进行竣工环境保护验收和办理辐射安全许可后，本项目方可投入正式运行。

12.3 辐射监测

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，必须对辐射工作人员个人剂量进行监测、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，建设单位拟配备与辐射类型和辐射水平相适应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对铅房周围环境（包括监督区）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。

监测频率：一般为一个月测读一次，最长不超过三个月，如发现异常可加密监测频率。

(2) 工作场所外环境监测

为保证项目辐射工作场所的安全，项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和

表 12 辐射安全管理

<p>日常监测。</p> <p>①验收监测：项目建成后、辐射防护设施等发生大的变化、设备大修等之后进行验收监测，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。</p> <p>②例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。</p> <p>③日常监测：按照监测计划开展日常监测，日常监测由建设单位自行监测。做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。</p> <p>④监测点位：探伤机周围屏蔽体外、防护门外、顶棚上方30cm处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等辐射防护薄弱处。在巡测时发现数值异常高的区域，进行定点监测。监测点位按照防护门左中右侧和门缝四周各一个点、四周墙体各3个点（主线束范围内5个点）。人员经常活动的区域和主射线投照区域需要重点关注，可适当增加监测频次和监测点位。</p> <p>监测开始前确认探伤机内没有人员，确认设备正常，监测使用探伤机最大运行条件，检测主射线方向时不使用工件，监测其他方向时使用工件。</p> <p>(3) 安全联锁设施检查</p> <p>工作人员每天在操作设备前，对设备状态和安全联锁系统和措施等进行检查，工作前检查项目包括：a) 探伤机外观是否完好； b) 设备电缆是否有断裂、扭曲以及破损； c) 冷却系统是否有渗漏； d) 门机、工作状态指示灯、急停、剂量监测系统等安全联锁设施是否正常工作； e) 设备螺栓等连接件是否连接良好； f) 探伤设备内安装的固定辐射检测仪是否正常。</p> <p>如检查中发现故障，及时报修。</p>
<p>12.4 辐射事故应急</p> <p>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）、《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第338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。</p> <p>12.4.1 应急处理小组</p>

表 12 辐射安全管理

由压铸检测中心主要负责人、公司辐射防护管理人员组成了辐射事故应急处理小组，其主要职责是发生辐射事故后，对现场进行及时处理，对受到事故辐射照射的人员剂量进行估算，安排其就医，和上级主管部门报告辐射事故处理情况，事故处理结束后，总结经验，防止事故的发生。

12.4.2 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（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滞留探伤设备内、联锁失效等情况，导致人员受到不必要的误照射，事故情况下，辐射工作人员或公众成员受照剂量可能受到超过年剂量限值，因此，本项目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

一旦发生辐射事故，现场人员应迅速电话向公司辐射事故应急小组报告，应急小组需在事故发生后2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向重庆市生态环境局报告。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。

（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，配合相关部门做好事故调查处理，并做好事故的善后工作。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，总结事故发生原因，杜绝事故的再次发生。

表 12 辐射安全管理

(3) 应急演练

组织工作人员根据项目运行过程中可能产生的各类辐射事故定期进行辐射事故演练，提高人员对突发事故的应急处理能力。应急演练过程记录在案，针对演练过程中发现的问题，及时进行整改，避免发生事故后，应急处置工作的不当。

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
警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	探伤机灯机/门机联锁、紧急停机按钮、声光警示装置等	2
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、固定式剂量报警仪	2.5
合计	/	5

12.6 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设应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，建设单位应办理辐射安全许可证并按照《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）要求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。

表 12-3 环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	新建 1 间探伤室，在房间内放置 2 台整体探伤机，其中 1 台额定管电压≤160kV，管电流≤3mA，另一台额定管电压≤225kV，管电流≤8mA。探伤机固定在探伤室内。	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、辐射防护和安全保卫制度、设备维修保养制度、人员培训计划、监测方案、应急预案、人员岗位职责等。	齐全

表 12 辐射安全管理

4	环保措施	①工作场所分区管理； ②探伤机铅房各屏蔽体、铅门有足够的屏蔽能力，管线口不影响屏蔽效果； ③设置安全联锁系统，包括门机联锁、灯机联锁；铅房内外设工作状态指示灯，工作指示灯旁粘贴中文说明，工作状态指示灯具有声音警示功能；铅房内、操作台上设急停按钮，并粘贴中文标识；铅房内急停按钮有紧急开门的功能； ④通风：设备铅房顶部安装机械排风扇，探伤室北墙安装机械排风扇；设备铅房内每小时有效通风换气次数应不小于 3 次； ⑤铅房周围（含防护门）等醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志； ⑥铅房内安装摄像头，监视器设在操作台； ⑦每名辐射工作人员均配备个人剂量计，配置 2 台个人剂量报警仪、1 台便携式 X-γ 剂量率仪和 2 套固定式场所辐射探测报警装置。	
5	人员要求	配置辐射工作人员，持证上岗，定期进行复训。	
6	电离辐射	剂量管理目标限值	辐射工作人员≤5mSv/a 公众成员≤0.1mSv/a
		周剂量控制水平	职业工作人员：Hc≤100μSv/周 公众：Hc≤5μSv/周
		屏蔽体外剂量率控制	探伤机屏蔽箱体外 30cm 处周围剂量当量率≤2.5μSv/h。

表 13 结论和建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

重庆文灿压铸有限公司拟在沙坪坝生产基地办公楼 1F 新建 1 间 X 射线探伤室，并安装 2 台整体 X 射线探伤机，均为 II 类射线装置。其中 1 台最大管电压 160kV，最大管电流 3mA，型号 UNC160。另 1 台最大管电压 225kV，最大管电流 8mA，型号：UNC225。用于对公司生产的金属零部件进行 X 射线无损检测。该房间仅用于 X 射线无损检测，除安装探伤机和相应的配套设施以及暂存无损检测工件外，无其他使用功能。项目用房总面积约 50m²。

项目总投资 100 万元，其中环保投资约 5 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（2024 年本）》中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业科技服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，属于鼓励类。所以，本项目符合国家的产业政策。根据备案证，该项目符合本地区产业政策和准入。

13.1.3 实践正当性

项目使用 X 射线探伤机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

本项目建设位置的环境 γ 剂量率的监测值在 73nGy/h~83nGy/h（未扣除宇宙射线），2024 年重庆市环境 γ 辐射剂量率各点位测量均值范围为 79.2~108nGy/h、全市各点位年均值为 96.1nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。项目辐射环境背景调查表明，场址及周围的环境 γ 辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内，项目周围环境的辐射环境质量现状无异常。

表 13 结论和建议

13.1.5 选址可行性及布局合理性

项目位于文灿公司沙坪坝生产基地内部，且设备四周相邻均为探伤室内，公众成员居留时间很少。工作场所周围流动人员很少，有利于辐射防护的管理，项目选址合理。

项目拟购置 2 台整体探伤机，每台设备均设置 1 个进料防护大门，防护门的屏蔽材料及厚度与所在箱体侧一致，操作台位于屏蔽铅房外，且防护门与操作台均不在设备主线束方向上，满足标准要求，平面布局合理。

13.1.6 辐射防护与安全措施

建设单位拟对工作场所进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为探伤机铅房，监督区范围为探伤室（除探伤机外区域）。

拟采购设备自带多种固有安全性，如：开机时系统自检、过电流保护、过电压保护、失电流保护、X 射线球管超温保护等，能很好地保证探伤机自身的稳定性和安全性。

225kV 探伤机主射线方向箱体屏蔽厚度为 13mmPb+9mm 钢，其余屏蔽箱体及防护门的屏蔽厚度为 8mmPb+9mm 钢。160kV 探伤机主射线方向箱体屏蔽厚度为 6mmPb+5mm 钢，其余屏蔽箱体及防护门的屏蔽厚度为 4mmPb+5mm 钢。铅房主体结构焊接密闭，设置电缆进出口防护罩，穿越防护墙的管道（电缆线管）远离 X 射线球管，且不位于主射区域。防护门与探伤机屏蔽体之间有足够的搭接宽度。

探伤机内外均拟安装紧急停机按钮，拟设置门机联锁装置、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。

探伤机位于探伤室内，探伤室门在探伤机运行期间保持关闭，探伤机内安装有机械排风系统，具有良好的通风，每小时换气次数满足标准规定的 3 次/h。

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。

表 13 结论和建议

13.1.7 环境影响分析结论

根据核算，在屏蔽体设计厚度下，探伤机工作时，探伤机屏蔽箱体、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《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/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。

13.1.8 事故风险分析结论

本项目可能产生的辐射事故为人员受到误照射等，可能发生一般辐射事故。本项目在采取相应措施后风险可防可控。建设单位拟制订辐射事故应急预案和安全规章制度，在进一步完善后应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.9 辐射环境管理

本项目运行前，建设单位将按照要求组织辐射工作人员进行辐射防护培训并持证上岗，工作时必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排健康体检。建设单位拟制定相关操作流程、管理及辐射防护制度、人员培训、工作场所监测等制度。制定翔实、可操作性强的应急预案，配备相关应急物资并定期开展应急演练。公司还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。本项目可能发生的辐射事故主要为人员滞留探伤设备内、联锁失效等情况，等级为一般辐射事故。建设单位拟按照要求进行规范化操作，并定期检查设备安全设施情况，避免辐射事故的发生。

13.1.10 综合结论

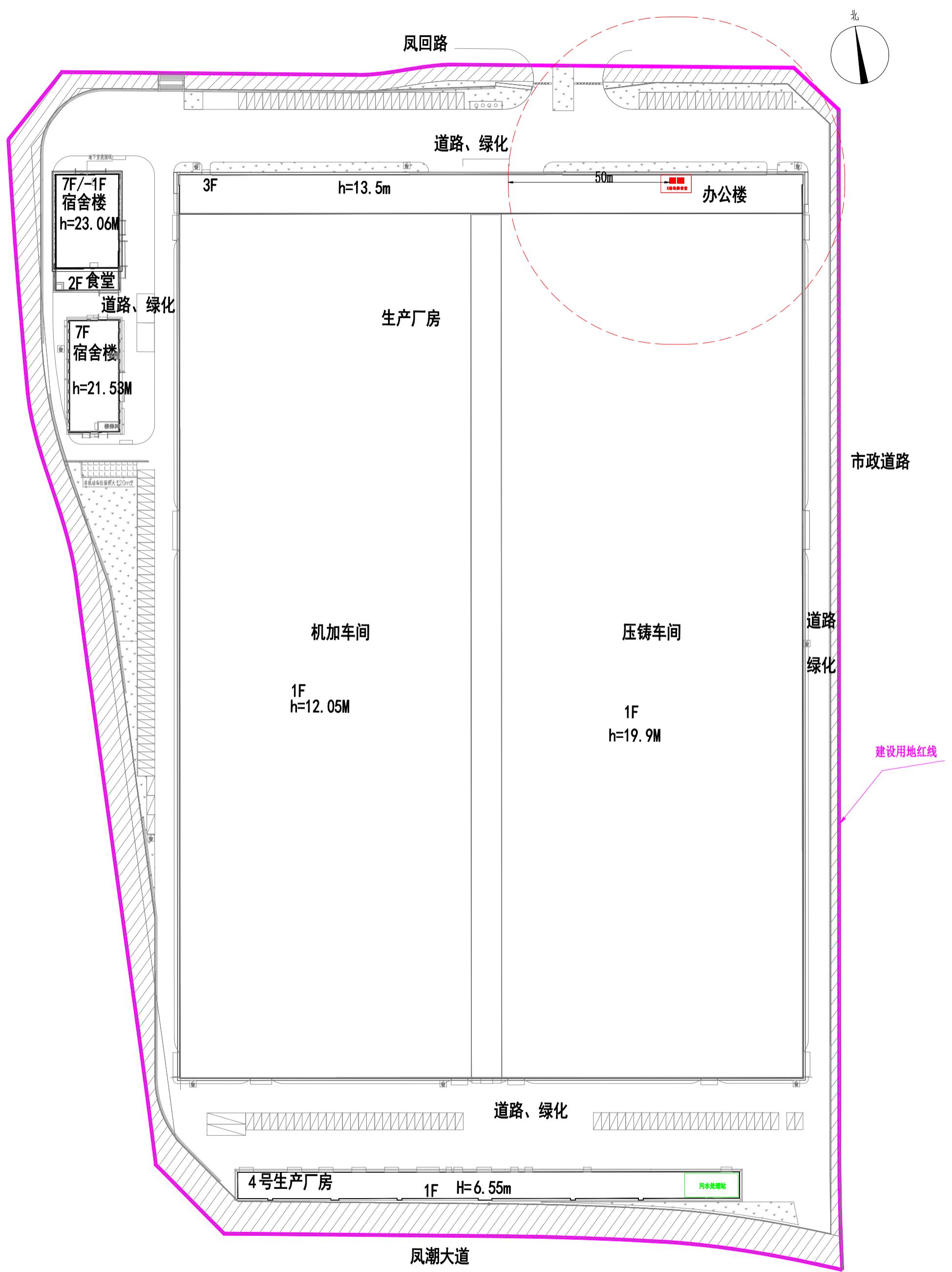
综上所述，重庆新能源汽车零部件智能制造项目（X 射线探伤部分）符合国家产业政策，选址和布局合理。在完善相应的污染防治措施和环境管理措施后，项目

表 13 结论和建议

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，风险可防可控。因此，从环境保护的角度来看，该建设项目是可行的。



图 1 地理位置图



附图2 企业总平面布置图及环境保护目标布置示意图