

核技术利用建设项目

新建 X 射线室内探伤项目

环境影响报告表

(公示本)

四川绿杉机械设备有限责任公司

二〇二三年六月

生态环境部监制



# 核技术利用建设项目

## 新建 X 射线室内探伤项目 环境影响报告表

建设单位名称：四川绿杉机械设备有限责任公司

建设单位法人代表（签名或签章）：李 洪

通讯地址：四川省资阳市雁江区中和工业园区管理  
服务用房 401 号

邮政编码：641300

联系人：杨德俊

电子邮箱：

联系电话：18982979874



## 目 录

表 1	项目概况 .....	1
表 2	放射源 .....	7
表 3	非密封放射性物质 .....	8
表 4	射线装置 .....	9
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	10
表 6	评价依据 .....	11
表 7	保护目标与评价标准 .....	13
表 8	环境质量和辐射现状 .....	16
表 9	项目工程分析与源项 .....	19
表 10	辐射安全与防护 .....	27
表 11	环境影响分析 .....	37
表 12	辐射安全管理 .....	56
表 13	结论与建议 .....	63

**附图：**

- 附图 1 本项目地理位置图；
- 附图 2 本项目外环境示意图；
- 附图 3 本项目总平面布置图；
- 附图 4 本项目 X 射线探伤室平面图和剖面图；
- 附图 5 本项目探伤室人流物流图；
- 附图 6 本项目探伤室通排风图和穿线孔结构图；
- 附图 7 本项目探伤室两区划分图；
- 附图 8 本项目辐射安全装置布置图；
- 附图 9 本项目辐射环境本底检测布点图。

**附件：**

- 附件 1 环评委托书；
- 附件 2 本项目所在厂区环评批复；
- 附件 3 公司关于成立 X 射线探伤辐射安全与防护领导小组的通知；
- 附件 4 本项目辐射环境监测报告；
- 附件 5 危废处置承诺书。

表 1 项目概况

建设项目名称		新建 X 射线室内探伤项目			
建设单位		四川绿杉机械设备有限责任公司			
法人代表		李洪	联系人	杨德俊	联系电话 18982979874
注册地址		四川省资阳市雁江区中和工业园区管理服务用房 401 号			
项目建设地点		四川省资阳市雁江区中和工业园区管理服务用房 401 号 四川绿杉机械设备有限责任公司厂房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		140	项目环保投资（万元）	125.6	投资比例（环保投资/总投资） 89.7%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m <sup>2</sup> ） 218
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		
其它	/				
<p>项目概述</p> <p>一、项目由来</p> <p>四川绿杉机械设备有限责任公司成立于 2022 年 06 月 13 日，统一社会信用代码：91512002MABQX1HT93。公司注册地址为四川省资阳市雁江区中和工业园区管理服务用房 401 号，经营范围主要包括生产深冷液化设备、液氢储罐、氢气压缩机、传热设备、机械电气设备等产品。</p> <p>为保证产品质量，需对公司生产的压力容器和压力管道的内部结构进行无损检测。公司拟在厂房新建 1 间 X 射线探伤室，拟配置两名辐射工作人员在探伤室内开</p>					

展 X 射线探伤活动。在探伤室内使用 2 台 X 射线探伤机，1 台 XXG3005 定向探伤机（300kV 5mA）、1 台 XXH3005 周向探伤机(300kV 5mA)，属于II类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目辐射建设项目环境影响评价属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，应编制环境影响报告表，向四川省生态环境厅申请审批，因此，四川绿杉机械设备有限责任公司委托四川同佳检测有限责任公司对该项目开展环境影响评价工作。四川同佳检测有限责任公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《新建 X 射线室内探伤项目环境影响报告表》。

## 二、产业政策及规划符合性

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 29 号令，2020 年 1 月 1 日起实施）、《国家发展和改革委员会关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 49 号令，2021 年 12 月 30 日实施），本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家现行产业发展政策。

## 三、项目概况

### （一）项目名称、性质、地点

项目名称：新建 X 射线室内探伤项目

建设单位：四川绿杉机械设备有限责任公司

建设性质：新建

建设地点：四川省资阳市雁江区中和工业园区管理服务用房 401 号

四川绿杉机械设备有限责任公司厂房

### （二）建设内容与规模

四川绿杉机械设备有限责任公司拟在厂房新建 1 间 X 射线探伤室，含曝光室、操作室、暗室、评片室、晾片室、危废暂存间，均为一层建筑。公司厂房尺寸为：长 130m、宽 120 米、高 15m。X 射线探伤室占地面积约 218.4m<sup>2</sup>，其中曝光室净空



面积 127.5m<sup>2</sup>、净空尺寸长 17m\*宽 7.5m\*高 6.7m，操作室面积 14.3m<sup>2</sup>，暗室面积 10.2m<sup>2</sup>，危废暂存间 3.6m<sup>2</sup>，晾片室面积 8.3m<sup>2</sup>，评片室面积 8.5m<sup>2</sup>。在 X 射线探伤室内使用 2 台 X 射线探伤机，1 台 XXG3005 定向探伤机(300kV 5mA)、1 台 XXH3005 周向探伤机(300kV 5mA)，属于 II 类射线装置。

曝光室四面墙体为 600mm 厚钢筋混凝土；屋顶为 450mm 厚钢筋混凝土；曝光室东南侧有“Z”型迷道，迷道西南墙体为 400mm 厚钢筋混凝土，其余迷道墙体为 600mm 厚钢筋混凝土；工件进出门为 23mm 铅当量的电动轨道平移铅钢防护门，迷道门为 8mm 铅当量的电动轨道平移铅钢防护门。

本项目被探工件主要为不锈钢、碳钢、铝合金材质的压力容器、压力管道。直径小于 500mm，长度 100mm~2000mm，厚度 3mm~10mm 探伤工件为小型工件，该工件年探伤数量为 7200 件，该类型工件探伤时间约 2min/次。直径 500mm~3000mm，长度 2000mm~6000mm，厚度 10mm~28mm 探伤工件为中型工件，该工件年探伤数量为 2000 件，该类型工件探伤时间约 5min/次。直径 3000mm~4500mm，长度 6000mm~15000mm，厚度 28mm~40mm 探伤工件为大型工件，该类型工件年探伤数量为 1000 件，该类型工件探伤时间约 10min/次。考虑工件有重复曝光情形，按 20%的重复报告率核算，小型工件年探伤时间约 240h，中型工件年探伤时间约 200h，大型工件年探伤时间约 200h，共计年曝光时间约 640h。

探伤室辅助用房含新建危废暂存间，危废暂存间位于曝光室东南侧，紧邻暗室。危废暂存间将采取“防渗、防雨、防倾倒”等措施。本项目产生的危险废物暂存于贴有危废标识的专用塑料容器内（防倾倒、防渗漏），该容器放置于危废暂存间内，将与有相应处理资质的单位签订回收合同，不外排。

本项目只开展探伤室室内探伤，不涉及野外（室外）探伤，不存在一间探伤室内同时使用 2 台或多台探伤装置的情况。

项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	占地面积	探伤室占地面积约 218.4m <sup>2</sup> ，其中曝光室净空面积 127.5m <sup>2</sup> ，操作室面积 14.3m <sup>2</sup> ，暗室面积 10.2m <sup>2</sup> ，危废暂存间 3.6m <sup>2</sup> ，晾片室面积 8.3m <sup>2</sup> ，评片室面积 8.5m <sup>2</sup> 。	扬尘 废水 固体废物 噪声	探伤机工作时产生的 X 射线、臭氧，换气风机产生的噪声
	曝光室结构	曝光室四面墙体为 600mm 厚钢筋混凝土；屋顶为 450mm 厚钢筋混凝土；曝光室东南侧有“Z”型迷道，迷道西南墙体为 400mm 厚钢筋混凝土，其余迷道墙体为 600mm 厚钢筋混凝土；工件进出门为 23mm 铅当量的电动轨道平移铅钢防护门，迷道门为 8mm 铅当量的电动轨道平移铅钢防护门。曝光室内配置有行车。		
	探伤机情况	新增 1 台 XXG3005 型定向 X 射线探伤机和 1 台 XXH3005 型周向 X 射线探伤机。		
	探伤地点	探伤机放置在曝光室内使用，不涉及室外（野外）探伤。		
	曝光时间	2 台探伤机年累积曝光时间约 640h。		
环保工程	曝光室设置有排风系统、新建危废暂存间、固体废物收运设施等		扬尘、 废水、 固体废物、 噪声	废显、定影液、 废胶片、 洗片废水
辅助工程	操作室、暗室、评片室、晾片室等			
公用工程	依托厂区已建的卫生间，园区污水收集处理设施等			生活污水 生活垃圾
办公生活设施	依托厂区已建办公设施、固体废物收运设施等		/	
仓储其它	厂区其他设施			/

(三) 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-3。

表 1-3 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年耗量(单位)	来源	主要化学成分
主(辅)料	胶片	20kg	外购	卤化银
	显影液	320kg	外购	溴化钾、无水亚硫酸钠
	定影液	350kg	外购	硫代硫酸钠(Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )、无水亚硫酸钠
水量	电(度)	—	2000 度	—
	水	—	3t	—

#### (四) 本项目涉及射线装置

本项目涉及射线装置的情况见表 1-4。

表 1-4 本次环评涉及射线装置情况一览表

序号	射线装置名称	使用场所	型号	投射方向	活动种类	主要参数	数量	管理类别	备注
1	X 射线探伤机	曝光室	XXG3005	定向	使用	300kV /5mA	1 台	II	新增
2	X 射线探伤机	曝光室	XXH3005	周向	使用	300kV /5mA	1 台	II	新增

#### (五) 项目选址、外环境关系及实践正当性分析

##### 1、外环境关系及选址合理性分析

##### (1) 厂区外环境

本项目位于四川省资阳市雁江区中和工业园区管理服务用房 401 号，厂区周边均为工业园区环境，距离厂房东南侧约 12m 为四川伟俊玩具有限公司厂区，距离厂房西南侧约 17m 为香港豪庭电子厂区，距离厂房东北侧约 30m 为四川骏誉科技有限公司厂区，厂房南侧和东侧为空地。本项目外环境关系见附图 2。

##### (2) 项目外环境

本项目选址位于四川绿杉机械设备有限责任公司厂房。根据现场踏勘，本项目外环境关系如下：以曝光室四周墙体为边界，曝光室东南侧边界紧邻操作室、距离约 24m~50m 处为四川伟俊玩具有限公司厂区；距离曝光室西南侧边界约 48m~50m 处为香港豪庭电子厂区、约 5.4m~21m 处为酸洗车间；距离曝光室西侧边界约 24m~32m 处为卷板区；距离曝光室西北侧边界约 45m~50m 处为切割区、约 44m~50m 处为焊接区、约 49m~50m 处为组装区、约 14.5m~35m 处为工件堆放区；距离曝光室东北侧边界约 8m~17m 处为试压车间、约 30m~49m 为油漆车间。操作室、暗室、评片室、晾片室、危废暂存间位于曝光室东南侧。本项目厂区平面布置图，见附图 3。

##### (3) 选址合理性分析

四川绿杉机械设备有限责任公司所在厂房已取得资阳市生态环境局《关于四川绿杉机械设备有限责任公司新建深冷液化设备、液氢储罐、氢气压缩机、传热设备生产线及焊接研究所项目环境影响报告表的批复》批复文号为：资环审批雁（2023）7号。该公司选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为其配套建设

项目，不新增用地。项目建设的X射线室内探伤项目为专用辐射工作场所，且有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，满足报告表确定的剂量约束限值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

## 2、实践正当性分析

X射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用，本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于X射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在探伤过程中射线装置的应用可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响，同时射线装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故。建设单位在开展X射线探伤过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

## （六）劳动定员及工作制度

本项目拟配备辐射工作人员2人，一天工作时间8小时，年工作时间为300天。建设单位今后可根据开展的项目和工作量等实际情况适当增加人员编制。

公司应该严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗。

## 四、原有核技术利用情况

本项目为新建项目，该公司未从事过任何核技术应用类项目活动，本次为首次申请辐射安全许可证，不存在原有核技术利用遗留的污染和环境问题。

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
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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》（GB18871-2002）。

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
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(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 射线定向探伤机	Ⅱ类	1	XXG3005	300	5	无损检测	探伤室	拟购
2	X 射线周向探伤机	Ⅱ类	1	XXH3005	300	5	无损检测	探伤室	拟购
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(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	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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
废胶片	固态	—	—	—	20kg/a	—	暂存	交由有资质的单位回收处理
废显影液	液态	—	—	—	320kg/a	—	暂存	交由有资质的单位回收处理
废定影液	液态	—	—	—	350kg/a	—	暂存	交由有资质的单位回收处理
洗片废水	液态	—	—	—	3t/a	—	—	经园区预处理池处理后，通过市政污水管网排入中和工业污水处理厂处理
臭氧	气态	—	—	—	—	少量	—	高于屋顶1.5m排放

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/m<sup>3</sup>，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/m<sup>3</sup>)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 日实施）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）；</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 日实施）；</p> <p>(5) 《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 1 日实施）；</p> <p>(6) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日实施）；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号），2017 年 11 月 22 日起实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局第 31 号令（2021 年 1 月 4 日修订）；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日实施）；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号，原国家环保总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日实施）；</p> <p>(12) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发〔2012〕77 号，原环保部文件，2012 年 7 月 3 日）；</p> <p>(13) 《射线装置分类》（原环保部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 66 号）；</p> <p>(14) 《国家危险废物名录（2021 年版）》（2021 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(15) 《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》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）。</p>
------------------	---

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《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>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB21848-2008)；</p> <p>(7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)；</p> <p>(8) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽, 原子能出版社, 1987)；</p> <p>(3) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》；</p> <p>(4) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》(环境保护部环发【2008】13号)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

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）要求，确定本项目辐射评价范围为曝光室实体屏蔽体边界外 50m 以内的区域。

保护目标

根据本项目周围的外环境关系、探伤室的平面布局及外环境关系，确定本项目主要环境保护目标为辐射工作人员以及探伤室附近的其他岗位工作人员等。保护目标情况详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

序号	保护目标	位置	距辐射源最近距离 (m)	人流量 (人次/d)	照射类型	年剂量约束值 (mSv)
1	操作室工作人员	东南侧	2.8	2	职业照射	5.0
2	四川伟俊玩具有限公司厂区职员	东南侧	24	15	公众照射	0.1
3	香港豪庭电子厂区职员	西南侧	48	20	公众照射	0.1
4	酸洗车间工作人员	西南侧	5.4	3	公众照射	0.1
5	卷板区工作人员	西侧	24	2	公众照射	0.1
6	切割区工作人员	西北侧	45	2	公众照射	0.1
7	焊接区工作人员	西北侧	44	3	公众照射	0.1
8	组装区工作人员	西北侧	49	2	公众照射	0.1
9	工件堆放区工作人员	西北侧	14.5	2	公众照射	0.1
10	试压车间工作人员	东北侧	8	2	公众照射	0.1
11	油漆车间工作人员	东北侧	30	2	公众照射	0.1

## 评价标准

### 一、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类标准。

### 二、污染物排放标准

- (1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；
- (2) 废水：污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准；
- (3) 噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准限值；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准；
- (4) 一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

### 三、电离辐射剂量限值和剂量约束值

#### （一）剂量限值

(1) 职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第4.3.2.1条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。本项目环评取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的1/4（即5mSv/a）作为职业人员的年剂量约束值。

(2) 公众照射：第B1.2.1条的规定，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应超过年有效剂量1mSv。本项目环评取上述标准中规定的公众照射年剂量限值的1/10（即0.1mSv/a）作为公众的年剂量约束值。

#### （二）辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）相关规定，在距离曝光室屏蔽体外表面30cm处，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于2.5 $\mu$ Sv/h。

### 四、臭氧浓度限值

本项目辐射工作场所臭氧浓度限值为：《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）室内臭氧最高允许浓度  $0.30\text{mg}/\text{m}^3$ ；曝光室外臭氧排放浓度限值为：《环境空气质量标准》（GB3095—2012）规定的室外臭氧小时平均浓度二级标准  $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

### 环境质量和辐射现状

#### 一、本项目所在地 X-γ辐射空气吸收剂量现状监测

本项目选址位于四川省资阳市雁江区中和工业园区管理服务用房 401 号公司厂房东南侧。根据现场踏勘，以曝光室四周墙体为边界，曝光室东南侧边界紧邻操作室、距离约 24m~50m 处为四川伟俊玩具有限公司厂区；距离曝光室西南侧边界约 48m~50m 处为香港豪庭电子厂区、约 5.4m~21m 处为酸洗车间；距离曝光室西侧边界约 24m~32m 处为卷板区；距离曝光室西北侧边界约 45m~50m 处为切割区、约 44m~50m 处为焊接区、约 49m~50m 处为组装区、约 14.5m~35m 处为工件堆放区；距离曝光室东北侧边界约 8m~17m 处为试压车间、约 30m~49m 为油漆车间。操作室、暗室、评片室、晾片室、危废暂存间位于曝光室东南侧。

在接受本项目环境影响评价委托后，编制人员对项目拟建场所进行了勘察，拟建场所现状见图8-1。



探伤室所在位置



曝光室东北侧



曝光室东南侧四川伟俊玩具有限公司



曝光室西南侧香港豪庭电子有限公司

图 8-1 拟建场所现状图

#### 二、现状监测及评价

本项目主要的污染因子为 X 射线，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目所在地的辐射环境现状，受四川同佳检测有限责任公司委托，四川同佳检测有限责任公司技术人员于 2023 年 05 月 12 日按照要求对四川绿杉机械设备有限责任公司新建 X 射线室内探伤项目拟建场所进行了 X-γ辐射环境剂量率的布点监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1，8-2。监测报告见附件 4。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源

检测项目	检测设备			使用环境		
	名称及编号	技术指标	校准情况			
X-γ辐射剂量率	名称:环境监测用 X-γ辐射空气比释动能率仪 型号:NT6101 编号:TJHJ2021-49	①能量响应: 48KeV~3MeV	校准单位:上海市计量测试技术研究院 校准字号: 2022H21-20-402852 2001 校准日期: 2022 年 07 月 28 日 有效期至: 2023 年 07 月 27 日	天气: 晴 温度: 29.6 °C 湿度: 59%		
		②测量范围:10nGy/h~200μGy/h				
		③能量响应:				
		能量响应				
		空气比释动能率 (mGy/h)			X 管电压 (kV)	校准因子 (C <sub>f</sub> )
		0.06			60	0.94
					80	0.79
					100	1.13
					150	0.88
		200			0.94	
④剂量响应:	剂量响应 (使用 <sup>137</sup> CS 辐射源)					
空气比释动能率 (mGy/h)	校准因子 (C <sub>f</sub> )					
0.13	1.00					
0.06	1.00					
0.01	0.97					
0.002	0.95					

辐射监测仪已经由计量部门年检，且在有效期内，测量方法按国家相关标准实施，测量不确定度符合统计学要求，布点合理、人员合格、结果可信，可以作为评价电离辐射环境现状的科学依据。

### 三、质量保证

本项目环境现状监测单位四川同佳检测有限责任公司，该公司通过了计量认

证，具备完整、有效的质量控制体系。

四川同佳检测有限责任公司质量管理体系：

(1) 计量认证

从事监测的单位四川同佳检测有限责任公司通过了四川省监督管理局的计量认证（计量认证号：222312051472），有效期至 2028 年 11 月 21 日

(2) 仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

(3) 记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

#### 四、监测结果与评价

**表 8-3 本项目拟建场所 X-γ辐射空气吸收剂量监测结果 单位：nGy/h**

点位	测量位置	测量值	标准差(S)	备注
1	拟建探伤室位置	106	3	见检测布点图
2	拟建探伤室西北侧	105	4	
3	拟建探伤室东北侧	105	4	
4	拟建探伤室东南侧	106	3	
5	拟建探伤室西南侧	105	4	
6	拟建探伤室东南侧四川伟俊玩具有限公司	105	3	
7	拟建探伤室西南侧香港豪庭电子公司	105	3	

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值

监测表明：根据现场监测报告，本项目所在区域的 X-γ辐射空气吸收剂量率背景值为 105~106nGy/h，与生态环境部《2021 年全国辐射环境质量报告》中四川省空气吸收剂量率年均值范围（67.0nGy/h~120.2nGy/h）处在同一水平，属于当地正常天然本底辐射水平。



表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 一、施工期

本项目施工过程中的扬尘、噪声、废水、固废，主要是通过施工管理等措施来进行控制。具体施工流程产污环节如下所述：

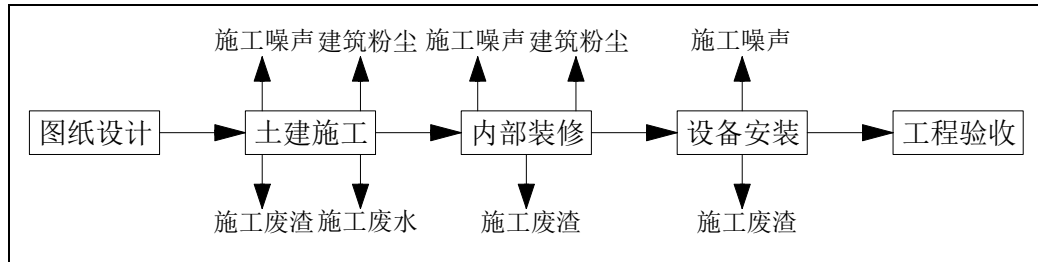


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

为保证曝光室满足辐射防护要求，曝光室四周墙体和屋顶混凝土浇筑工序要整体连续浇注，避免墙体或两面墙体衔接处有漏缝。曝光室的工件大门设计为钢铅结构，在门洞前的地沟内安装一条平车轨道，大门门体底部左右两侧安装主动轮箱和从动轮箱，门体上部设有导轮组，在墙体上部设有上部支撑架和上导轨，门体运行的两个终点均设置有软、硬限位及缓冲机构。门体采用摆线针轮减速机作为驱动机构，通过主动轮箱内齿轮间的啮合来实现门体的左右移动，门体上导轨防止门体的左右倾斜，使门体平稳移动，软、硬限位和缓冲机构保证门体精确的行程，以达到门体安全精确的开启和关闭。

#### （一）施工期扬尘

探伤室施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，主要是通过施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

#### （二）施工期噪声

施工期噪声包括探伤室施工过程、防护设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。

#### （三）施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水，经园区预处理池处理达标后，通过

市政污水管网排入中和工业污水处理厂处理。

#### （四）施工期固废

施工期固废主要是装修过程中产生的固体废物和施工人员的生活垃圾，装修固体废物为一般固废，部分回收利用；部分与生活垃圾一同依托厂区垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

#### （五）设备安装调试期间的工艺分析

本项目探伤机的安装调试阶段，会产生X射线，造成一定的辐射影响，探伤机由厂家专业人员进行调试安装。安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示标识，人员离开时探伤室上锁。

## 二、运营期

### （一）工作原理

X射线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，就会发生韧致辐射，产生低于入射电子能量的特征X射线。其发射率随靶材料原子序数和电子能量的增加而增加。从系统管头组装体窗口发出的X射线称为主射束或有用线束；通过管头组装体泄漏出的X射线称为泄漏辐射。有用线束和泄漏辐射中，有一部分照射到墙面发生散射，称为散射辐射。通常散射辐射的能量小于泄漏辐射，其在建筑物中的衰减远大于初级X射线，X射线产生原理见图9-2。

根据不同材料及厚度对X射线吸收程度的差异，通过X射线透视摄片，从胶片上显示出材料、零部件及焊缝的内部缺陷。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定材料或制品的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。本项目所用X射线装置的靶材料均为金属钨。

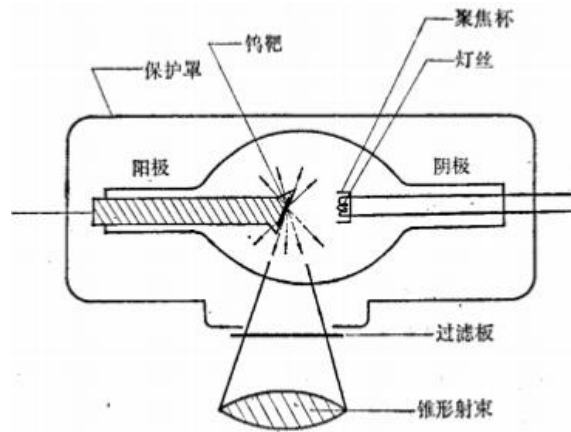


图 9-2 X 射线探伤机工作原理示意图

## (二) 项目流程及产污染环节

X 射线探伤机探伤的工艺流程主要有：配戴个人剂量计、携带剂量报警仪、运输（对于大型工件采用平车移动运输）、放置固定好探伤工件、待检工件准备、人员撤离并关闭工件进出门、设置电压和曝光时间、调整焦距离、贴置胶片、人员撤离、关闭铅门、曝光拍片、胶片显影、定影、清洗和评片归档等，X 射线探伤工艺流程及污染物产生环节见图 9-3。

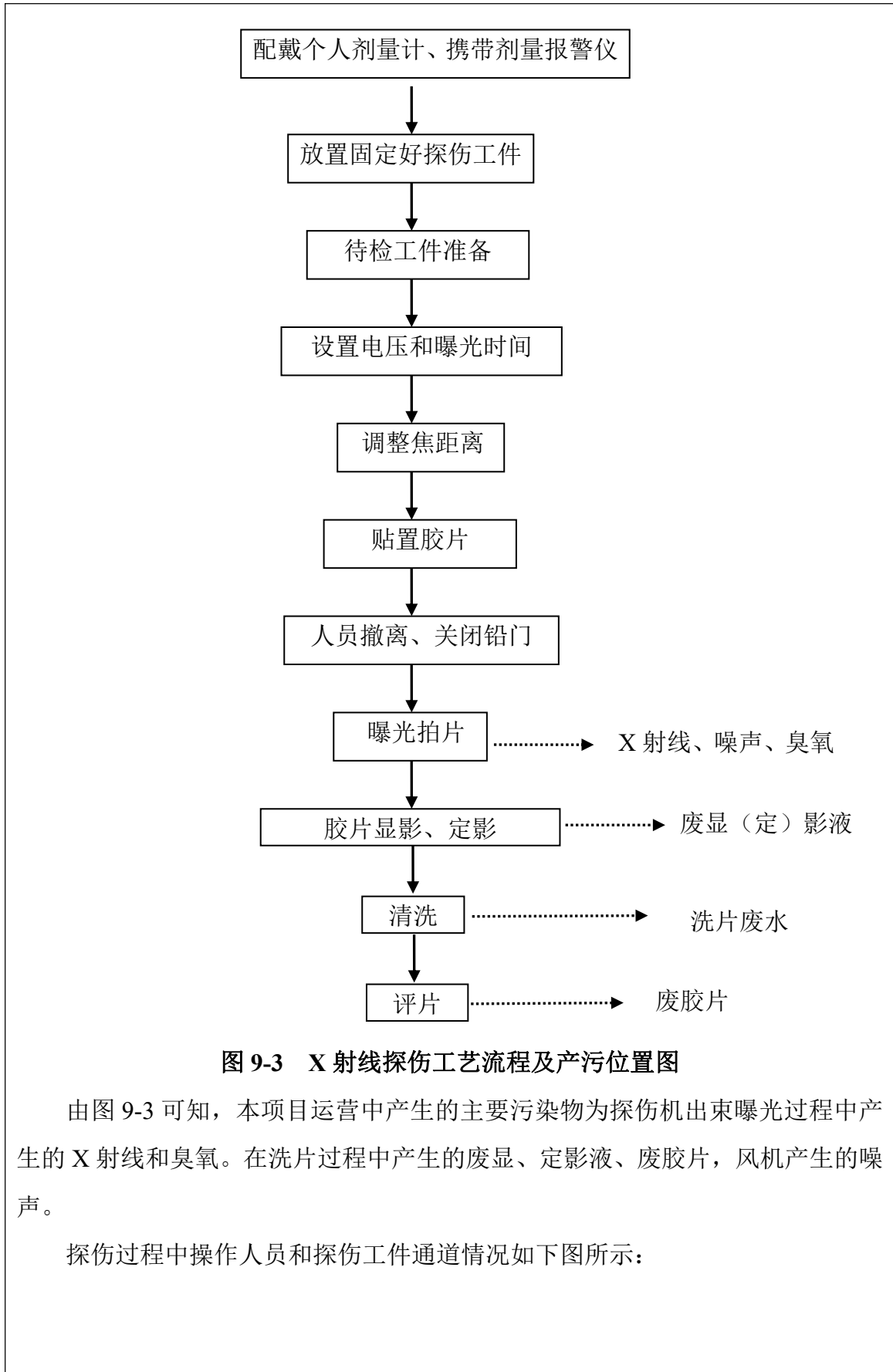


图 9-3 X 射线探伤工艺流程及产污位置图

由图 9-3 可知，本项目运营中产生的主要污染物为探伤机出束曝光过程中产生的 X 射线和臭氧。在洗片过程中产生的废显、定影液、废胶片，风机产生的噪声。

探伤过程中操作人员和探伤工件通道情况如下图所示：

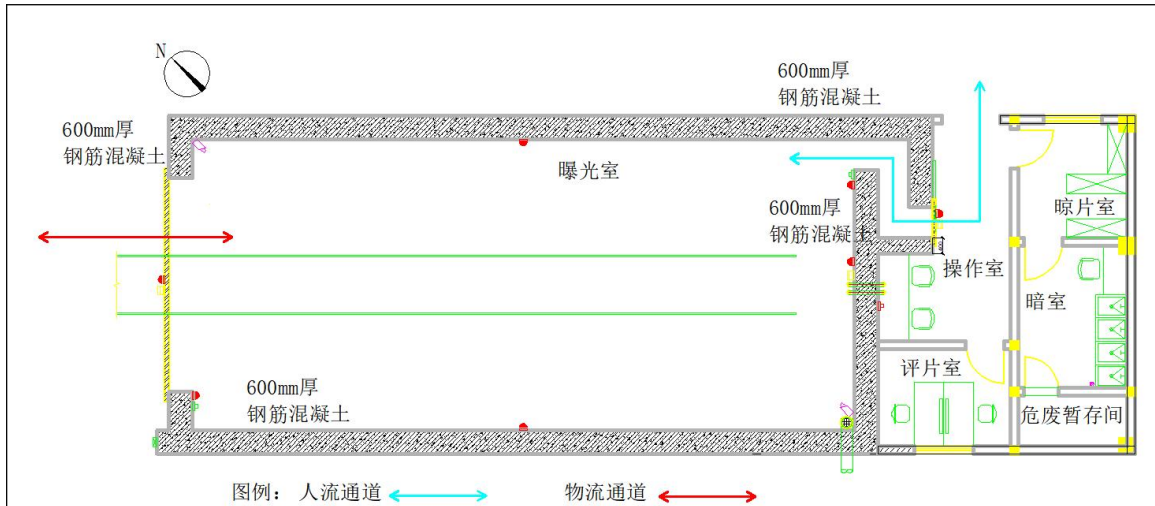


图 9-4 探伤室人流物流通道图

### (三) 工况分析

本项目曝光室净空面积 127.5m<sup>2</sup>，净空尺寸为长 17m\*宽 7.5m\*高 6.7m。四面墙体为 600mm 厚钢筋混凝土；屋顶为 450mm 厚钢筋混凝土。工件进出门尺寸为宽 5.5m\*高 6.5m，拟配置屏蔽防护为 23mm 铅当量电动轨道平移铅钢防护门。探伤室主要用于对压力容器和压力管道进行无损检测。

#### 1、探伤工件尺寸及曝光时间

本项目被探工件主要为不锈钢、碳钢、铝合金材质的压力容器、压力管道。直径小于 500mm，长度 100mm~2000mm，厚度 3mm~10mm 探伤工件为小型工件，该工件年探伤数量为 7200 件，该类型工件探伤时间约 2min/次。直径 500mm~3000mm，长度 2000mm~6000mm，厚度 10mm~28mm 探伤工件为中型工件，该工件年探伤数量为 2000 件，该类型工件探伤时间约 5min/次。直径 3000mm~4500mm，长度 6000mm~15000mm，厚度 28mm~40mm 探伤工件为大型工件，该类型工件年探伤数量为 1000 件，该类型工件探伤时间约 10min/次。考虑工件有重复曝光情形，按 20%的重复报告率核算，小型工件年探伤时间约 240h，中型工件年探伤时间约 200h，大型工件年探伤时间约 200h，共计年曝光时间约 640h。

表 9-1 探伤工件尺寸及曝光时间统计表

工件类型	工件直径 (mm)	工件长度 (mm)	工件厚度 (mm)	数量 (件/年)	重复探伤率	曝光时间 min/件	年累计曝光时间 (h)	
小型工件	小于 500	100~2000	3~10	7200	20%	2	240	
中型工件	500~3000	2000~6000	10~28	2000		5	200	
大型工件	3000~4500	6000~15000	28~40	1000		10	200	
总计								640

## 2、探伤机移动范围

根据企业探伤工件尺寸以及小型工件探伤位置选取,综合考虑企业实际需求,考虑探伤工件距离曝光室墙体预留人员通道至少为 1.2m,另外探伤机 X 射线管距离工件距离约 0.7m,故划定探伤机 X 射线管距离曝光室四周墙体约 1.9m 的矩形区域为 X 射线探伤机探伤时的移动范围, X 射线探伤机离地高度最高为 2m,见图 9-5 所示。

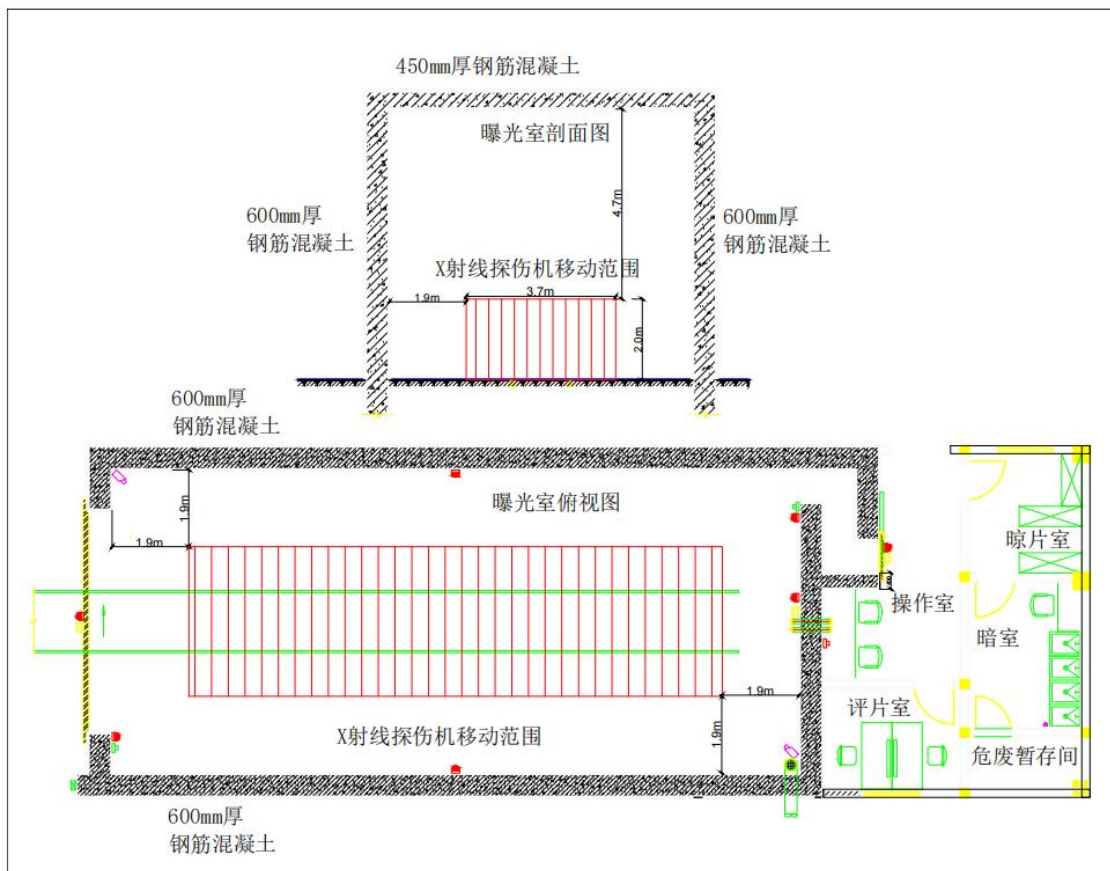


图 9-5 X 射线探伤机移动范围

工件进出方式为平车轨道输送，探伤室内尺寸能满足件探伤要求，公司只开展探伤室内的探伤，不涉及野外（室外）探伤项目。

## 污染源项描述

### 一、电离辐射

X射线探伤机开机工作时，通过高频高压发生器和X射线管产生高速电子束，放出具有确定能量的X射线，对探伤现场工作人员和公众产生一定外照射，本项目产生的X射线最大能量为300kV。不开机状态不产生X射线。

### 二、废气

本项目曝光室内空气在强辐射照射下，会使氧分子重新组合产生臭氧。本项目X射线探伤产生的臭氧量很小。

### 三、废水

清洗胶片时产生洗片废水约3t/a，工作人员生活污水产生量约0.5m<sup>3</sup>/d经园区预处理池处理达标后，通过市政污水管网排入中和工业污水处理厂处理，中和工业污水处理厂可同时接纳工业废水和生活污水。

### 四、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约1.0kg/d，依托厂区垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

### 五、噪声

本项目产生的噪声主要来自X射线探伤机和通风设备，建设单位拟采用低噪声设备（噪声源强低于65dB（A）），对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响较小。

### 六、危险废物

本项目拍片完成后，在暗室洗片槽洗片过程中将产生废显影液、废定影液，在评片过程中将产生废弃胶片。废显影液中含有溴化钾、无水亚硫酸钠等强氧化剂；废定影液主要含有硫代硫酸钠和无水亚硫酸钠等化学物质。根据《国家危险废物名录（2021年本）》（生态环境部令 第39号，2021年1月1日起实施）中的危险废物划分类别，该废显影液、废定影液和废胶片属于感光材料危险废物，其危废编号为HW16，在危废储存桶外需贴上标识。

危废暂存间及暗室需严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中规定的要求，采取“防渗、防雨、防倾倒”等措施。具体防渗

要求有：危废暂存间及暗室为可密闭房间，具有防雨措施，采用防渗混凝土+HDPE膜防渗，暂存间设置围堰，防止危废因倾倒而流失。

本项目产生的危险废物暂存于贴有危废标识的专用容器里，放置于危废暂存间内，将与有相应危废处理资质的单位签订回收合同，不外排。



表 10 辐射安全与防护

## 项目安全设施

### 一、总平布置及两区划分

#### 1、总平面布局合理性分析

拟建探伤室位于厂房南侧，以曝光室四周墙体为边界，曝光室东南侧边界紧邻操作室、距离约 24m~50m 处为四川伟俊玩具有限公司厂区；距离曝光室西南侧边界约 48m~50m 处为香港豪庭电子厂区、约 5.4m~21m 处为酸洗车间；距离曝光室西侧边界约 24m~32m 处为卷板区；距离曝光室西北侧边界约 45m~50m 处为切割区、约 44m~50m 处为焊接区、约 49m~50m 处为组装区、约 14.5m~35m 处为工件堆放区；距离曝光室东北侧边界约 8m~17m 处为试压车间、约 30m~49m 为油漆车间。工件进出大门距离工件堆放区较近，方便探伤工件进出和探伤作业的开展。在探伤室东南侧设有操作室、暗室、评片室、晾片室、危废暂存间，方便探伤、评片工作的开展。危险废物存放于危废暂存间，为人员不常到的地方，方便危废的放置，人员过往亦不会对危废暂存装置产生倾倒等事故。危险废物存放于危废暂存间，为人员不常到的地方，方便危废的放置，人员过往亦不会对危废暂存装置产生倾倒等事故。

拟建探伤室位于厂房东侧，探伤室在厂区内的选址尽量规避作业密集区，距离最近岗位为曝光室西南侧 5m 处的酸洗车间。在曝光室的东南侧和西南侧无岗位作业区。X 射线探伤室平面布局图见 10-1。通过本项目外环境分析可知，探伤室布置相对独立，检测过程中产生的 X 射线经实体屏蔽防护后对周围环境的辐射影响是可以接受的。总体来看，铅房的平面布置既能满足被检测工件检测的需要，又便于进行分区管理和辐射防护，从辐射安全防护的角度分析，其总平布置是合理的。

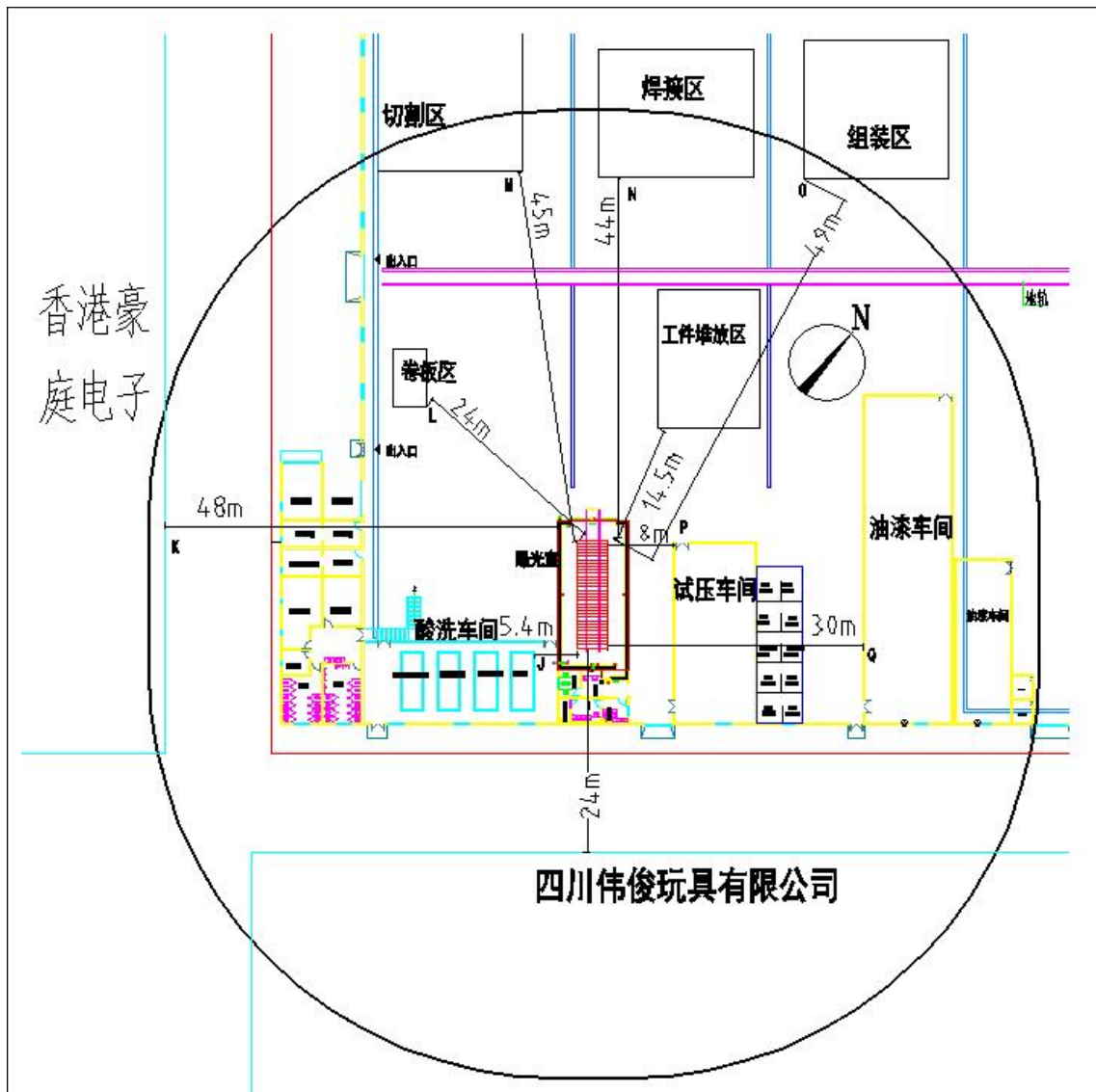


图 10-1 X 射线探伤室平面布局图

## 2、辐射工作场所两区划分

为便于管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。

**控制区：**在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

**监督区：**未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措

施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

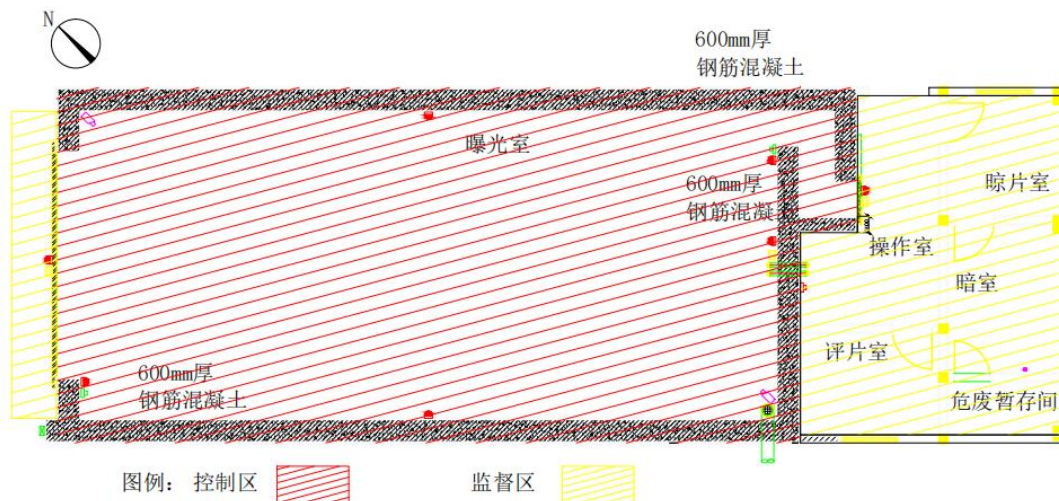
本次环评将曝光室及迷道实体区域划为控制区，将曝光室工件进出门前 1m 内区域、操作室、暗室、评片室、晾片室、危废暂存间划为监督区，地上用醒目的红线标识进行划定，在探伤机工作期间不允许非操作人员在此范围内活动。

本项目辐射工作场所两区划分见表 10-1。

**表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况**

项目	控制区	监督区
新建 X 射线室内探伤项目	曝光室（含迷道）	曝光室工件进出门前 1m 内区域、操作室、暗室、评片室、晾片室、危废暂存间
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，探伤机在曝光过程中严禁任何人员进入。根据《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB21848-2008）规定，控制区应有明确的标记，并设置红色的“禁止进入”字样的警告标志。	监督区为工作人员操作仪器、洗片和评片的工作场所，禁止非职业人员进入，避免受到不必要的照射，并设置黄色“非职业人员禁入”字样。

两区划分示意图见图 10-2：



**图 10-2 新建 X 射线室内探伤项目两区划分示意图**

## 二、工作场所实体辐射防护情况及设备固有安全性分析

### (1) 工作场所实体辐射防护情况

**表 10-2 探伤室实体防护设施表**

防护措施								
工作场所	曝光室墙体	工件进出大门	迷道屏蔽门	排风口	电缆埋管	迷道	通风系统	屋顶
X 射线探伤室	四面墙体均为 600mm 厚钢筋混凝土	23mmPb 铅门	8mmPb 铅门	曝光室西南侧底部地面	电缆预埋通道(2 根 U 形线孔)	迷道西南墙体 400mm 厚钢筋混凝土, 其余 600mm 厚钢筋混凝土	采用轴流风机进行通风换气	450mm 厚钢筋混凝土

通排风系统：曝光室设置有轴流风机进风，进风口位于曝光室西北侧顶层。排风洞口位于曝光室西南侧底部地面，排气洞口设置有铅防护罩，并通过排风管道引至厂房顶上排放；风机换气量为 4000m<sup>3</sup>/h。

本项目考虑到不削弱屏蔽墙的辐射防护效果，进出曝光室的电线、电缆，通过埋于地下 2 根直径 200mm 的 U 型管进出，并采用铅防护罩进行辐射防护。

### (2) 工件防护门的地沟、平车轨道处的辐射防护情况

工件防护门地沟采用下沉式地沟，关闭工件铅防护门时，产生射线没有可直射透过的门缝。下沉地沟可有效屏蔽 X 射线，防止射线通过门缝泄露。平车轨道共计 2 根，其间距约 1.5m。轨道采用外凸方式固定，在工件铅防护门处采取断开轨道的方式，避开工件铅防护门地沟，不影响工件铅防护门的关闭，确保铅防护门的辐射屏蔽防护效果。

### (3) 设备固有安全性分析

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，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，蜂鸣器会持续响，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，在休息阶段将不理睬任何按键，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

④设备停止工作一定时数以上，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过流保护：设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值或高压对地放电时，设备会自动切断高压；当管电压低于相关限值时，自动切断高压。

⑥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。

### (3) 应配备的安全装置

曝光室门与探伤机实现门机联锁、与工作状态指示灯实现门灯联锁，曝光室工作人员通道门与工件进出大门入口处应设置电离辐射警示标志和工作状态指示灯，并在各个探伤室内安装紧急制动装置和监控装置等，避免工作人员和公众受到误照射。

①门机联锁：探伤室防护门（工件进出大门）与X射线探伤机高压电源联锁，如关门不到位，高压电源不能正常启动，高压电源未关闭，门不能正常打开。

②门灯联锁：探伤室防护门外侧及控制台上拟设置工作状态警示灯，并与工件进出大门联锁，工作状态指示灯显示正在进行探伤作业时，防护门不能被打开，防止探伤作业期间人员误入发生辐射事故。

③紧急制动装置：在探伤室内墙和办公室操作台上易于接触的地方应设置紧急停止按钮并有中文标识，探伤室迷道出口处设有紧急开门按钮且门内设置了紧急停止按钮并有中文标识，紧急停止按钮相互串联，如发生事故按下按钮，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，以便工作人员紧急逃离事故现场。

④视频监控系统：每个探伤室内各安装实时视频监控系统和对讲装置，并连接到办公室操作台上。视频探头安装于探伤室内，能拍到探伤室内探伤机的工作情况，并能看到迷道门和工件大门处的情况，保证探伤室内各个地方都能拍摄到，不留死角；视频监控屏幕位置位于办公室内，工作人员能在办公室内实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急制动装置。

⑤固定式场所辐射探测报警装置：在铅房内安装固定式场所辐射探测报警装

置探头，该系统的数字显示装置应安装在控制台，当辐射剂量超过预定水平时，该装置的音响和（或）灯光警告装置发出警告信号。

⑥警告标志：探伤室防护门外和迷道门旁醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯箱，探伤作业时，应有声光警示，控制区边界应设置明显可见的警告标志。电离辐射警告标志如图 10-3 所示。

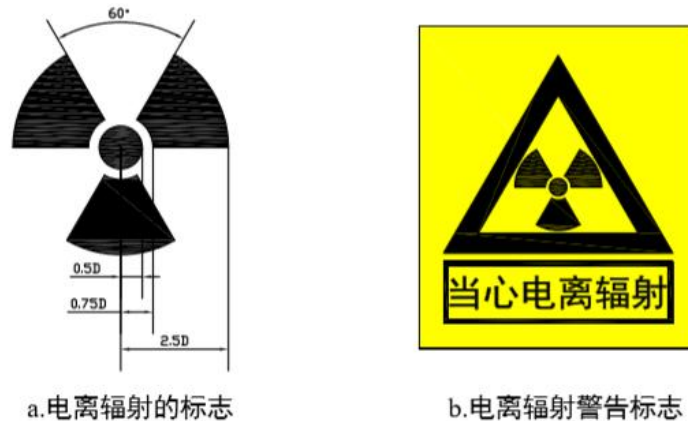


图 10-3 电离辐射警告标志

⑦钥匙控制：探伤机的电源启动钥匙与人员通道门的钥匙以及控制台上的钥匙应牢固连接。

⑧危险废物暂存设施：废显、定影液应有单独的暂存设施，暂存设施需防渗、防水、防倾倒、防腐等工作。

#### （4）施工辐射防护措施

为保证探伤室满足辐射防护要求，探伤室四周墙体和屋顶混凝土浇筑工序要整体连续浇注，避免墙体或两面墙体衔接处有漏缝，浇筑前事先预留 U 形穿墙管孔；探伤室的工件大门设计为钢铅结构，在门洞前的地沟凹槽内安装一平车轨道，大门门体底部左右两侧安装主动轮箱和从动轮箱，门体上部设有导轮组，在墙体上部设有上部支撑架和上导轨，门体运行的两个终点均设置有软、硬限位及缓冲机构。门体采用摆线针轮减速机作为驱动机构，通过主动轮箱内齿轮间的啮合来实现门体的左右移动，门体上导轨防止门体的左右倾斜，使门体平稳移动，软、硬限位和缓冲机构保证门体精确的行程，以达到门体安全精确的开启和关闭。

### 三、辐射安全防护设施对照分析

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）、

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第 31 号)、《环保部监测安全与防护监督检查技术程序》，《关于 X 射线探伤装置的辐射安全要求》(川环发[2007]42 号)和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》(川环函[2016]1450 号)相关要求，将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-3。

**表 10-3 本项目辐射安全防护设施对照分析表**

项目	具体要求	本项目实际情况
曝光室屏蔽设计	曝光室(包括辐射防护墙、屋顶、门)的防护厚度应充分考虑 X 射线直射、散射、漏射效应。	设计中具备
门机连锁	工件进出大门和迷道门应与探伤机连锁。	设计中具备
门灯连锁	探伤室防护门外侧及控制台上拟设置工作状态警示灯，并与门连锁，工作状态指示灯显示正在进行探伤作业时，防护门不能被打开。	设计中具备
紧急止动装置	在曝光室迷道内应设置紧急逃生按钮并有中文标识，各个紧急逃生按钮相互串联，按下按钮，探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束，工件进出防护门和迷道门可从紧急逃生按钮处打开。	设计中具备
视频监控系统	探伤室内安装 4 套实时视频监控系统，并连接到操作室操作台。视频探头安装于曝光室内，能拍到曝光室内探伤机的工作情况，并能看到迷道门和工件大门处的情况，保证曝光室内各个地方都能拍摄到，不留死角；视频监控屏幕位置位于办公室操作台上，工作人员能在办公室内实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急停机装置。	设计中具备
钥匙控制	探伤机的电源启动钥匙与人员通道门的钥匙以及控制台上的钥匙应牢固连接。该串钥匙应与便携式 X 辐射剂量仪连在一起，随操作员进出探伤室。	该串钥匙应与便携式辐射监测仪连在一起，随操作人员进出。
无人复位开关	曝光室内靠近迷道处安装 1 个无人复位开关，探伤室工作人员离开曝光室前应按下无人复位开关，确认门机连锁处于可运行状态。	设计中具备
警告标志	曝光室工作人员入口门外和探伤工件出入大门外应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱，探伤作业时，应有声光警示，控制区边界应设置明显的警告标志。	设计中具备
通风系统	根据曝光室空间大小、X 射线机的管电压和管电流、以及探伤作业时间，曝光室内应设置相应排风量的通风系统，使臭氧浓度低于国家标准要求。	设计中具备
入口处工作状态显示	灯箱应醒目显示“预备”、“照射”。	设计中具备

监测设备	固定式场所辐射探测报警装置	拟新增
	便携式辐射监测仪器	拟新增
	个人剂量计	拟新增
	个人剂量报警仪	拟新增
应急物资	灭火器材	拟新增

建设单位按照表 10-3 中提出的要求落实，本项目辐射防护措施合理可行。

#### 四、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，公司需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-4。

**表 10-4 环保设施及投资估算一览表**

类别		环保设施	投资金额（万元）	备注
新建 X 射线室内探伤项目	屏蔽措施	曝光室	110	新增
		工件进出铅门 1 套		
		迷道门 1 套		
	安全装置	门机联锁装置 1 套	10	新增
		门灯联锁装置 1 套		新增
		视频监控 4 套		新增
		通风系统 1 套		新增
		紧急制动装置 4 个、 紧急开门按钮 1 个		新增
		电离辐射警告标志若干		新增
	监测仪器	固定式场所辐射探测报警装置 1 套	0.5	新增
		个人剂量计 2 套	0.2	新增
		便携式辐射监测仪 1 台	0.6	新增
		个人剂量报警仪 2 台	0.2	新增
	设备维护	每个月对探伤装置的配件、机电设备进行检查、维护、及时更换部件。	0.2	应预留
人员培训	辐射工作人员及应急人员的组织培训	0.2	应预留	
应急预案	应急和救助的资金、物资准备	0.2	应预留	



	其他	重点防渗措施	1.5	新增
		废显、定影液及废胶片处理费用	2.0	新增
合计			10	——

本项目总投资 140 万元，环保投资 125.6 万元，占总投资的 89.7%。今后公司在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。公司应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

## 三废的治理

### 一、废气

X 射线探伤机在曝光过程中会产生有害气体臭氧，为防止臭氧在曝光室内不断累积导致室内臭氧浓度超标，因此曝光室内需设置强制通风装置。

通排风系统：曝光室设置轴流风机进行通风换气，进风洞口位于曝光室顶部东南侧，排风洞口位于曝光室西北墙底部地面，排风洞口设置有铅防护罩，并通过排风管道引至厂房顶高于 1.5m 排放；风机换气量为 4000m<sup>3</sup>/h，曝光室体积约 900m<sup>3</sup>，故曝光室内一小时换气次数为 4 次，高于《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中 6.1.10 每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

### 二、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 1.0kg/d，依托厂区垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

### 三、危险废物

本项目产生的废显影液约 320kg/a、定影液约 350kg/a，根据生态环境部和国家发展改革委联合发布《国家危险废物名录（2021 年版）》中的危险废物划分类别，废显影液、定影液及胶片属于编号为 HW16 的危险废物。公司已与有危废处理资质的单位签订回收处理协议，在探伤过程中产生的所有危险废物将交由有危废资质的单位处理，不外排。

探伤产生的废显、定影液和废胶片暂存在专用的、设置了危废标志的容器中，定期交由有危废资质的单位进行处理并填写危险废物转移联单。同时，危废暂存点及危废处置应做好以下几点：

- ①危废暂存间应严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）

中规定的要求，采取“防渗、防雨、防倾倒”等措施。具体防渗要求有：危废暂存间为可密闭房间，具有防雨措施，采用防渗混凝土+HDPE膜防渗，暂存间设置围堰，防止危废流失。

②危险废物贮存设施应按环境保护图形标志要求设置警示标志。

③危险废物转移应按照《危险废物转移联单管理办法》的有关要求规定填写五联单。同时，要求建设单位加强危险废物的管理，严禁随意露天堆放、随意倾倒和将危险固废混入一般固废中，以避免污染周边环境和防止发生泄漏污染地下水。

项目产生的危险废物在收集、暂存过程中，应严格遵守下列要求：

危险废物的贮存

①危险废物贮存可分为产生单位内部贮存、中转贮存及集中性贮存。所对应的贮存设施分别为：产生危险废物的单位用于暂时贮存的设施；拥有危险废物收集经营许可证的单位用于临时贮存的设施；以及危险废物经营单位所配置的贮存设施。

②危险废物贮存设施应配备通讯设备、照明设施和消防设施。

③贮存危险废物时应按危险废物的种类和特性进行分区贮存，每个贮存区域之间宜设置挡墙间隔，并应设置防雨、防火、防雷、防扬尘装置。

④危险废物贮存单位应建立危险废物贮存的台帐制度，危险废物出入库交接需进行记录。

#### 四、废水

本项目清洗胶片时有洗片废水，洗片废水产生量约为 3t/a，废水中含有少量的 AgBr、显影剂及氧化物。根据《污水综合排放标准》（GB8978-1996），从暗室排出的洗片废水总银最高排放浓度不得大于 0.5mg/L。工作人员生活污水产生量约 0.5m<sup>3</sup>/d。生活污水和洗片废水经厂区所在园区预处理池处理达标后，通过市政污水管网排入中和工业污水处理厂处理。

表 11 环境影响分析

### 施工期环境影响分析

#### 1、土建、装饰施工的环境影响分析

本项目在施工活动中，会产生施工噪声、建筑垃圾、施工扬尘和污水，对环境存在一定影响。为此，评价特作如下建议：

(1) 对施工时间、时段、施工进度，施工原材料购进时间作精心安排、系统规划；对可能受影响和破坏的对象加以保护；

(2) 施工中应防止机械噪声的超标，特别是应避免机械噪声夜间作业；应使用商品混凝土，不得使用混凝土搅拌机现场作业；

(3) 施工中产生的废弃物（如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等）应妥善保管、及时处理；

(4) 施工中产生的弃土应及时回填和清运；

(5) 长期干燥无雨天气应定期洒水，防止弃土扬尘；

(6) 保持施工场地清洁卫生。

由此，只要工程施工期严格做到以上基本要求，就可以使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响即可消除。

#### 2、设备安装调试期间的环境影响分析

本环评要求设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在曝光室门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时各机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入探伤室，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在探伤室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，建设方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

### 运行期环境影响分析

本项目在探伤室内使用 1 台 XXG3005 型定向探伤机及 1 台 XXH3005 型周向探伤室实施探伤作业，定向 X 射线探伤机和周向 X 射线探伤机年累积曝光时

间约 500h。公司只开展探伤室内探伤，不涉及野外（室外）探伤。探伤室探伤主要用于压力容器最大直径为 4m，长度最大为 9m，壁厚最大为 0.40m；压力管道尺寸 20mm（外径）×3mm（壁厚）~500mm（外径）×12mm（壁厚），长度 200mm~6000mm。

本项目运营期的环境影响因素为：X 射线探伤机工作时产生的 X 射线、臭氧，洗片过程中产生的废显、定影液、废胶片、洗片废水，风机产生的噪声。

### 一、X 射线的环境影响分析

本项目使用的探伤机相关参数见下表：

表 11-1 本项目使用的探伤机相关参数

设备型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	投射类型	使用场所	辐射角度	穿透厚度 (mm)	曝光时间 (min/次)	年曝光时间 (h)
XXG3005	300	5	定向	探伤室	40+5°	40	2~10	640
XXH3005	300	5	周向		360°	40	2~10	

综合考虑本项目确定的年剂量约束值和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）（距探伤室屏蔽体外表面 30cm 外控制目标处剂量值不大于 2.5μSv/h），本次评价以两者中相对更严格的剂量水平进行墙体校核；对于人不可到达的屋顶，取 10μSv/h 控制限值。

#### 1、探伤室屏蔽厚度合理性分析

本项目探伤室内安装 1 台定向和 1 台周向探伤机，以下分析中保守选取 X 射线探伤机较大电压参数 300kV，电流参数 5mA，出束时间为 640 小时/年；探伤机有用线束方向按实际操作不向工件大门照射。探伤室下方为地基，人员不可达，地面防护不予考虑。

##### 1.1 关注点剂量控制水平

各侧墙体外关注点导出控制剂量按下式进行计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots(\text{式 11-1})$$

式中： $\dot{H}$  —— 导出剂量率参考控制水平，μSv/h；

$\dot{H}_c$  —— 年剂量参考控制水平，职业人员取 5000μSv/年，公众取 100μSv/年；

U —— 探伤装置向关注点照射的使用因子，此处取 1；

T —— 人员在相应关注点驻留的居留因子；

t —— 探伤装置年工作时间，640h。

X射线探伤室关注点示意图如图 11-1、11-2；剂量率参考控制水平参数 $\dot{H}_c$ 选取计算结果见表 11-2。

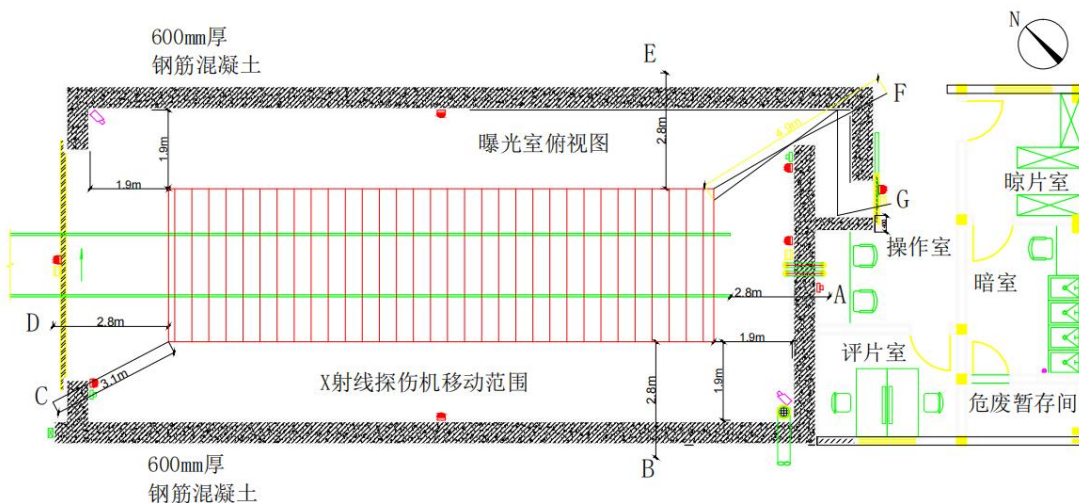


图 11-1 X射线探伤室关注点示意图（一）

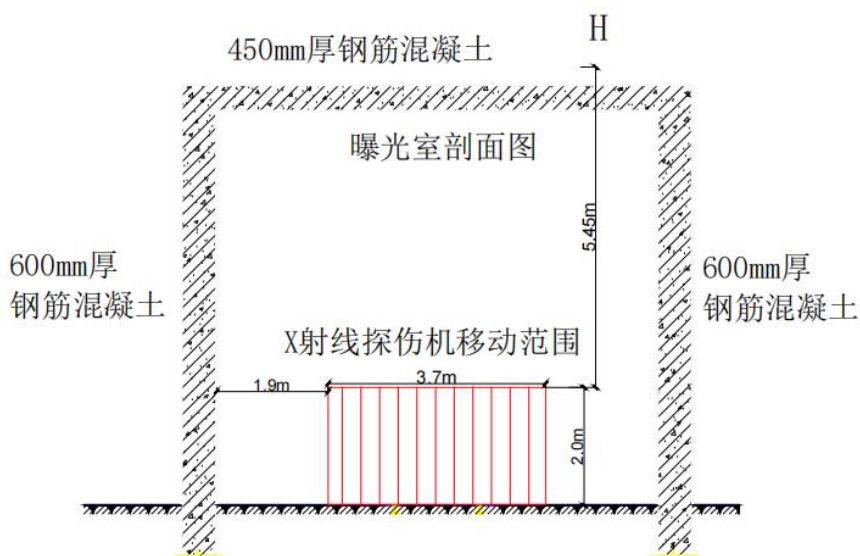


图 11-2 X射线探伤室关注点示意图（二）

表11-2 关注点控制剂量水平参数选取及计算结果表

关注点	受照类型	居留因子	剂量率参考 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	关注点的最高剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量参考控制水平 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
曝光室东南墙A	职业	1	6.9	2.5	2.5

迷道外墙F	职业	1	6.9	2.5	2.5
迷道门G	职业	1	1.25	2.5	2.5
曝光室西南墙B	公众	1/8	1.25	2.5	1.25
曝光室西北面C	公众	1/8	1.25	2.5	1.25
曝光室东北墙E	公众	1/8	1.25	2.5	1.25
工件进出门D	公众	1/8	1.25	2.5	1.25
曝光室屋顶上方 H	公众	1/64	10.0	100	10.0

注：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）①关注点的最高剂量率参考控制水平（ $H_{c,max}$ ）为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，本次评价参考  $\dot{H}$  和  $2.5\mu\text{Sv/h}$  中较小水平进行评价。②本项目探伤室上方及邻近无建筑物，屋顶不可到达，故剂量率参考控制水平取  $10\mu\text{Sv/h}$ 。

### 1.2 探伤室墙体及防护门屏蔽厚度核算

有用线束屏蔽因子由式 11-2、11-3 计算。

$$B = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{I \cdot H_0} \dots\dots\dots(\text{式 11-2})$$

$$X = -TVL \cdot \lg B \dots\dots\dots(\text{式 11-3})$$

式中： $\dot{H}$  —— 剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R —— 辐射源至关注点的距离，取 m；

I —— 最大管电流，取 5mA；

$H_0$  —— 距辐射源点（靶点）1m 处输出量，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1，本项目保守估算采用管电压为 300kV 的探伤机计算。300kV 探伤机靶过滤参数为 3mm 铝， $H_0$  保守取值  $20.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即  $1.26 \times 10^6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

TVL——什值层厚度，管电压 300kV 的探伤机 X 射线束在混凝土的什值层取值 100mm，铅中保守取值 5.7mm；可在《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2 中查得；

B —— 屏蔽透射因子公式见（式 11-2）；

工件门考虑漏射和散射辐射影响，漏射屏蔽透射因子用 11-4 计算

$$B_{\text{工件进出门}} = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{H_L} \dots\dots\dots(\text{式 11-4})$$

$H_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希伏每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ )，当管电压 $\geq 200\text{kV}$  时距靶点 1m 处 X 射线管组装体的漏射辐射剂量率取值为  $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 1 中可得；

X 射线探伤机排放范围位置如图 11-1，辐射源漏射距离工件门外表面 30cm 处距离为 2.8m；辐射源散射距离迷道门的散射路径距离为 7.4m。

迷道门的辐射剂量率考虑散射辐射的影响，由式11-5核算。屏蔽物质厚度由式11-6计算。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B \cdot F \cdot a}{R_s^2 \cdot R_0^2} \dots\dots\dots(\text{式11-5})$$

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \dots\dots\dots(\text{式11-6})$$

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2 \cdot R_0^2}{I \cdot H_0 \cdot F \cdot a} \dots\dots\dots(\text{式11-7})$$

$\dot{H}_c$ —表11-1中确定的剂量率参考水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}$ —关注点散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，m；

$R_0$ —靶点至探伤工件的距离，取 0.5m；

$I$ —最大管电流，取 5mA；

$X$ —屏蔽体厚度，mm；

$B$ —屏蔽透射因子。由GBZ/T250-2014中的要求，在给定屏蔽物质厚度 $X$ 时，相应的屏蔽透射因子 $B$ ，按表2查出原始X射线电压值介于300kV与400kV之间，X射线90°散射辐射电压取值为250kV；

TVL—查附录表B.2查出，探伤机散射辐射管电压取250kV，铅值层厚度2.9mm；

$H_0$ —距辐射源点（靶点）1m 处输出量；

$F$ — $R_0$  处的辐射野面积；

$\alpha$ — 散射因子可保守取值为 $\alpha_w \cdot 10000/400$ ， $\alpha_w$ 保守取 $1.9 \times 10^{-3}$ ，则 $\alpha$ 取值

0.0475，见GBZ/T250-2014附录B中表B.3。

本次评价中，保守选取 X 射线周向探伤机最大电压参数 300kV，电流参数 5mA 计算，探伤室四周墙面屏蔽参数选取及计算结果见表 11-3。探伤室四周墙面屏蔽参数选取及计算结果见表 11-3。

表 11-3 探伤室屏蔽体屏蔽理论厚度计算表

墙体	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	关注点至辐射源的距离 R(m)	透射因子 B	理论计算屏蔽厚度 (mm)	实际设计厚度 (mm)
曝光室东南墙A	2.5	2.8	$3.11 \times 10^{-6}$	551mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
迷道外墙F	2.5	4.9	$9.53 \times 10^{-6}$	502mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
曝光室西南墙B	1.25	2.8	$1.56 \times 10^{-6}$	581mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
曝光室东北墙E	1.25	2.8	$1.56 \times 10^{-6}$	581mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
曝光室西北墙C	1.25 (漏射)	3.1	$2.4 \times 10^{-3}$	262mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
	1.25 (散射)	3.1	$9.53 \times 10^{-5}$	346mm 厚钢筋混凝土	
曝光室屋顶上方H	10	5.45	$4.71 \times 10^{-5}$	433mm 厚钢筋混凝土	450mm 厚钢筋混凝土
工件进出门D	1.25 (漏射)	2.8	$1.96 \times 10^{-3}$	15.4mmPb 铅门	23mmPb 铅门
	1.25 (散射)	2.8	$7.77 \times 10^{-5}$	5.8mmPb 铅门	
迷道门G	2.5 (散射)	7.4	$1.08 \times 10^{-3}$	4.2mmPb 铅门	8mmPb 铅门

注：混凝土密度为 2.35 g/m<sup>3</sup>；铅的密度为 11.3 g/m<sup>3</sup>。

由表 11-3 可以看出，经过校核，本项目曝光室设计屏蔽厚度均满足屏蔽设计要求。

## 1.2、X射线探伤室屏蔽复合分析

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），漏射辐射的屏蔽厚度与散射辐射的屏蔽厚度相差一个什值层（TVL）厚度或更大时，采用其中较厚的屏蔽；相差不足一个什值层（TVL）厚度时，在较厚的屏蔽上增加一个半值层（HVL）厚度。本项目在铅中取TVL=5.7mm、HVL=1.7mm；在混凝土中取TVL=100mm、HVL=30mm。考虑漏射和散射计算结果，该工件门屏蔽厚度为



15.4mmPb，曝光室西北墙C取376mm厚混凝土。综上，X射线探伤室屏蔽体厚度汇总下表11-4。

**表11-4 X射线探伤室屏蔽厚度计算与实际设计厚度汇总表**

关注点	有用线束辐射屏蔽厚度 (mm)	漏射辐射屏蔽厚度 (mm)	散射辐射屏蔽厚度 (mm)	理论计算屏蔽厚度 (mm)	屏蔽厚度设计值
曝光室东南墙A	588mm 厚钢筋混凝土	/	/	551mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
迷道外墙F	588mm 厚钢筋混凝土	/	/	502mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
曝光室西南墙B	588mm 厚钢筋混凝土	/	/	581mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
曝光室东北墙E	553mm 厚钢筋混凝土	/	/	581mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
曝光室东南墙A	407mm 厚钢筋混凝土	/	/	551mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
曝光室西北墙C	/	262mm 厚钢筋混凝土	/	376mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚钢筋混凝土
	/	/	346mm 厚钢筋混凝土		
曝光室屋顶上方H	433mm 厚钢筋混凝土	/	/	433mm 厚钢筋混凝土	450mm 厚钢筋混凝土
工件进出门D	/	15.4mmPb 铅门	/	15.4mmPb 铅门	23mmPb 铅门
	/	/	5.8mmPb 铅门		
迷道门G	/	/	4.2mmPb 铅门	4.2mmPb 铅门	8mmPb 铅门

根据表11-4，X射线探伤室屏蔽墙体、工件门、迷道门设计屏蔽厚度均能满足屏蔽要求。

## 2、运行阶段对环境的影响

本项目正常运行期间，对环境的影响主要分为放射性影响和非放射性影响两个方面。其中放射性环境影响是主要的，放射性环境影响主要是射线装置在作业过程中产生的 X 射线对辐射工作人员、公众和环境造成的辐射影响；对其产生的非放射性污染物的环境影响只进行简单的分析。

## 2.1 正常运行辐射环境影响

本项目涉及2台X射线探伤机，属于II类射线装置。由于2台探伤机的位置、管电流、管电压、发射率存在差异，因此本次评价对2台探伤机进行预测，对于探伤机，采用理论计算方法，按最不利情况（选取300kV、5mAX射线探伤机进行预测，出束时间640小时/年）将曝光室东南墙、西南墙、东北墙、屋顶当作是主射方向来计算对周围环境的影响；对工件门和工件门同侧墙体当做泄露辐射和散射辐射来计算预测X射线探伤机运行产生的贯穿辐射影响。

### 2.2.1 探伤室周围环境各房间的功能及用途

在探伤室东南侧设有操作室、暗室、评片室、晾片室、危废暂存间。距离曝光室东南侧边界约24m处为四川伟俊玩具有限公司；距离曝光室西南侧边界约48m处为香港豪庭电子公司。曝光室其他3面墙体紧邻过道。

### 2.2.2 预测点选取

选取四川伟俊玩具有限公司、香港豪庭电子公司、操作室、酸洗车间、卷板区、切割区、焊接区、组装区、工件堆放区、试压车间、油漆车间及曝光室过道处。共计14个预测点，参照表7-1本项目环境保护目标一览表中的保护目标距离源距离等参数计算。

### 2.2.3 有用线束（主射）辐射影响

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），由式11-9~11-11计算有用线束辐射影响。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots(\text{式 11-9})$$

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots(\text{式 11-10})$$

式中：H —— 参考点的附加有限剂量，mSv/a；

$\dot{H}$  —— 关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R —— 参考点离靶的距离，m；

$H_0$  —— 距辐射源点（靶点）1m处输出量，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.1，管电压为300kV探伤机， $H_0$ 保守取值 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.25 \times 10^6 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

I —— 管电流，5mA；

t —— 年工作时间，取定向探伤机 640h/年；

T —— 人员在相应关注点驻留的居留因子；

B —— 屏蔽材料对初级 X 射线束的屏蔽透射因子；参照式 11-6；  
本项目探伤机有用线束辐射剂量率计算参数和预测结果见表 11-5。

#### 2.2.4 漏射辐射影响

受漏射辐射照射的预测点位为曝光室西北侧墙体30cm处（过道）、曝光室西北侧（切割区）、西北侧（焊接区）。以漏射线朝曝光室西北墙照射对以上3个预测点的漏射辐射进行计算。

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），已知屏蔽体厚度，漏射屏蔽透射因子可根据（式11-10）进行计算，由（式11-12）和（式11-11）计算漏射辐射对周围环境的影响。

$$\dot{H}_{漏} = \frac{\dot{H}_L \cdot B_2}{R^2} \dots\dots\dots(式11-12)$$

式中：

B<sub>2</sub>—漏射屏蔽透射因子；

$\dot{H}_{漏}$ —预测点剂量率（μSv/h）；

$\dot{H}_L$ —距离靶点1m处X射线管组装的漏射辐射剂量率，μSv/h；根据（GBZ/T250-2014），取5×10<sup>3</sup>μSv/h；

R—参考点离靶点的距离，m。

各参数取值及各个关注点漏射辐射年照射剂量率计算结果见表11-5。

#### 2.2.5 散射辐射影响

受散射辐射照射的预测点位为曝光室西北侧墙体30cm处（过道）、曝光室西北侧（切割区）、西北侧（焊接区）。以散射线朝曝光室西北墙照射对以上3个预测点的漏射辐射进行计算。

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），由（式11-13）和（式11-11）计算散射辐射影响。

$$\dot{H}_{散} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_3}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots(\text{式11-13})$$

式中：

$B_3$ —散射屏蔽透射因子；

$\dot{H}_{散}$ —预测点剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，m；

$R_0$ —靶点至探伤工件的距离，均取0.5m；

$I$ —额定管电流，5mA；

$H_0$ —距辐射源点（靶点）1m处输出量，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.1，管电压为300kV探伤机， $H_0$ 保守取值 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.25\times 10^6\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

$F$ — $R_0$ 处的辐射野面积；

$\alpha$ —散射因子，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表2，X射线 $90^\circ$ 散射辐射最高能量对应的kV值，当原始X射线 $300 < \text{kV} \leq 400\text{kV}$ 时，X射线 $90^\circ$ 散射辐射为250kV，因此根据（GBZ/T250-2014）中表B.3散射因子保守取值0.0475；

$t$ —探伤装置年工作时间，640h；

$T$ —居留因子。

各参数取值及各个关注点散射辐射年照射剂量率计算结果见表11-5。

### 2.2.6 对关注点及保护目标的综合分析

表 11-5 各环境保护目标辐射剂量预测结果

预测点位置	距靶点距离 m	屏蔽体	受照者类型	照射类型	居留因子	透射因子	关注点的剂量率	年有效剂量
曝光室东南侧操作室工作人员	2.8	600mm厚钢筋混凝土	职业	有用线束	1	$10^{-6}$	$0.8\mu\text{Sv/h}$	$0.51\text{mSv/a}$
曝光室东南侧四川伟俊玩具有限公司职员	24	600mm厚钢筋混凝土	公众	有用线束	1/4	$10^{-6}$	$1.09\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$	$1.75\times 10^{-3}\text{mSv/a}$

曝光室西南侧 香港豪庭电子 厂区职员	48	600mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	10 <sup>-6</sup>	2.73×10 <sup>-3</sup> μSv/h	4.36×10 <sup>-4</sup> mSv/a
曝光室西南侧 酸洗车间工作 人员	5.4	600mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	10 <sup>-6</sup>	0.22	3.44×10 <sup>-2</sup> mSv/a
曝光室西南侧卷 板区工作人员	24	600mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	10 <sup>-6</sup>	1.09×10 <sup>-2</sup> μSv/h	1.75×10 <sup>-3</sup> mSv/a
曝光室西北侧 切割区工作 人员	45	23mmP b铅门	公众	漏射	1/4	10 <sup>-4</sup>	2.47×10 <sup>-4</sup> μSv/h	3.95×10 <sup>-5</sup> mSv/a
				散射		10 <sup>-16</sup>	3.11×10 <sup>-13</sup> μSv/h	5.0×10 <sup>-14</sup> mSv/a
曝光室西北侧 焊接区工作 人员	44	23mmP b铅门	公众	漏射	1/4	10 <sup>-4</sup>	2.58×10 <sup>-4</sup> μSv/h	4.13×10 <sup>-5</sup> mSv/a
				散射		10 <sup>-16</sup>	3.25×10 <sup>-13</sup> μSv/h	5.2×10 <sup>-14</sup> mSv/a
曝光室西北侧 工件堆放区工 作人员	14.5	600mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	10 <sup>-6</sup>	2.99×10 <sup>-2</sup>	4.78×10 <sup>-3</sup>
曝光室西北侧 组装区工作 人员	49	600mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	10 <sup>-6</sup>	2.61×10 <sup>-3</sup>	4.18×10 <sup>-4</sup>
曝光室东北侧 试压车间工作 人员	8	600mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	10 <sup>-6</sup>	9.81×10 <sup>-2</sup> μ Sv/h	1.57×10 <sup>-2</sup> mSv/a
曝光室东北侧 油漆车间工作 人员	30	600mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	10 <sup>-6</sup>	1.7×10 <sup>-2</sup> μSv/h	2.72×10 <sup>-3</sup> mSv/a
曝光室西南侧 墙体30cm处 (过道)	2.8	600mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/8	10 <sup>-6</sup>	0.8μSv/h	6.4×10 <sup>-2</sup> mSv/a
曝光室西北工 件 门 30cm 处 (过道)	2.8	23mmP b铅门	公众	漏射	1/8	10 <sup>-4</sup>	6.4×10 <sup>-2</sup> μSv/h	5.1×10 <sup>-3</sup> mSv/a
				散射		10 <sup>-16</sup>	8.03×10 <sup>-11</sup> μSv/h	6.4×10 <sup>-12</sup> mSv/a
曝光室东北侧 墙 体 30cm 处 (过道)	2.8	600mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/8	10 <sup>-6</sup>	0.8μSv/h μSv/h	6.4×10 <sup>-2</sup> mSv/a

曝光室上方及上方相邻区域仅有检修屋顶人员到达，无行车等作业人员。探伤室辅助用房内职业照射关注点选取居留因子为1；以曝光室边界50m评价范围内岗位居留因子取1/4；曝光室墙体边界30cm外逗留公众，居留因子取1/8。从表11-5中预测结果可以看出，本项目建成后，探伤机在正常运行工况下，所致工作人员最大年有效剂量值为0.51mSv，满足5.0mSv/a的剂量约束限值；所致公众最大年有效剂量值为 $6.4 \times 10^{-2}$ mSv，满足0.1mSv/a的剂量约束限值。

### 三、臭氧的环境影响分析

X射线与空气中的氧气作用产生少量臭氧和氮氧化物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，且臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸，标准中对大气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物。因此本报告表主要对臭氧的产生及排放进行分析。

本项目采用专用排风轴流风机，拟配置风机最大通风量为4000m<sup>3</sup>/h，第三曝光室设计容积为854.25m<sup>3</sup>，则曝光室内每次换气时间为0.21h，每小时换气4.7次，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求。

臭氧产额的计算公式：

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \dots\dots\dots (11-14)$$

式中：

$Q_0$ ：臭氧产额，mg/h；

$G$ ：离辐射源1m处的辐射剂量率，Gy/h；本项目为1.25Gy/h；

$S_0$ ：射束在离源点1m处的照射面积，m<sup>2</sup>，本项目中取值为1；

$R$ ：射束径迹长度，m，本项目中取值为1；

$g$ ：空气每吸收100eV辐射能量产生的O<sub>3</sub>的分子数，本项目中取值为10。

如照射时间足够长，浓度均匀，则可根据以下公式计算探伤室内臭氧的浓度：

$$C = \frac{QT}{V} \dots\dots\dots (11-15)$$

$$T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \dots\dots\dots (11-16)$$

式中：

C：室内臭氧平衡浓度，mg/m<sup>3</sup>；

Q：臭氧产额，mg/h；

T：臭氧有效清除时间，h；

V：室内体积，m<sup>3</sup>，本项目中曝光室内体积为 854.25m<sup>3</sup>

t<sub>v</sub>：平均每次换气时间，0.17h；

t<sub>d</sub>：臭氧分解时间，h（0.83h）。

根据以上公式可计算出使用探伤机工作时，曝光室室内 O<sub>3</sub> 的平衡浓度为 1.34×10<sup>-5</sup>mg/m<sup>3</sup>，臭氧浓度远低于《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中室内臭氧符合最高容许浓度 0.3mg/m<sup>3</sup> 的要求。

X 射线曝光室采用轴流风机进排风。在曝光室顶部设置轴流风机进风口，曝光室地面设置轴流风机排风口，进排风口采用 35mm 铅当量铅防护罩进行屏蔽，臭氧通过探伤室排风管道引至厂房屋顶排出，经大气自然扩散后，对周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准（0.20mg/m<sup>3</sup>）的要求，对大气环境影响较小。

#### 四、危险废物环境影响分析

公司每年探伤作业预计产生废显影液 320kg/a、废定影液共 350kg/a、废胶片 20kg/a。根据生态环境部和国家发展改革委联合发布《国家危险废物名录（2021 年本）》（生态环境部令 第 39 号，2021 年 1 月 1 日起实施）中的危险废物划分类别，废显影液、定影液及胶片属于编号为 HW16 的危险废物。其显影废液主要成分为无水亚硫酸钠、碳酸钠（Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>），定影废液主要成分为溴化钾、无水亚硫酸钠；废胶片主要成分为卤化银。产生的废显影液、定影液及废胶片需用专用的、设置了危险识别标志的容器进行收集贮存，公司拟与有危废处理资质的单位签订回收处理协议，公司须严格落实实施。

废显影液、定影液不得外排，废胶片不得作为一般固体废物处理。产生的废显影液、定影液采用未破损的密封桶包装，包装桶的材质为能够完全防渗漏的钢、铁和高密度塑料，选用的包装容器不能与所装的废显、定影液发生化学反应，所装废显、定影液的液面须距桶盖 10cm，桶重量不能超过 50kg。废胶片可用中度强度以上的不破损的塑料编制袋进行包装，装袋完毕，封口严实，每袋重量不超

过 50kg。应在废显、定影液和废胶片的包装物上粘贴包括“危废标识和危废类别、存放时间、责任人及处置单位”等相关信息标签，并醒目显示收集废液的名称。废液收集桶及废胶片暂存柜放置地点应做好防渗、防水、防倾倒、防腐等工作，防止泄漏后造成二次污染，严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中要求：①产生的废显影液、定影液及废胶片需用专用的容器进行收集贮存，存放容器及暂存间应当设置危险识别标志；②禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装，不相容的危险废物必须分开存放，并设有隔离间隔断；③危险废物贮存容器：应当使用符合标准的容器盛装，容器及材质要满足相应的强度要求，容器必须完好无损，盛装容器的材质和衬里要与危险废物相容（不相互反应）；④危险废物暂存间地面与裙脚要用坚固、防渗的材料建造（建筑材料必须与危险废物相容），必须有耐腐蚀的硬化地面，且表面无裂隙，暂存间要有安全照明设施和观察窗口；⑤应设计堵截泄漏的裙脚，地面与裙脚所围建的容积不低于堵截最大容器的最大储量。

公司需加强废显定影液、废胶片的产生、贮存、转运、处置等环节的管理，由专人负责管理，建立完整的台帐，对产生的数量和去向进行严格登记，填报危废转移联单。

## 五、射线装置报废处理

按照国务院 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 33 条要求“报废的射线装置应去功能化处理”和《四川省辐射污染防治条例》要求“射线装置在报废处置时，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”。本项目涉及的 X 射线探伤机涉及报废时，必须进行去功能化（如将探伤机高压射线管进行拆卸并破碎处理，同时将探伤机主机的电源线绞断），使探伤机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

## 六、噪声环境影响分析

轴流风机工作时将产生一定噪声，本项目拟采用低噪声设备使厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准限值要求。

## 七、废水

洗片废水和生活污水依托厂区所在园区预处理设施处理达到《污水综合排放



标准》（GB8978-1996）中的三级标准后排入市政污水管网进入中和工业污水处理厂处理。

## 八、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约1.0kg/d, 依托厂区垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

## 事故影响分析

### 一、事故风险识别

本项目所用探伤机属II类射线装置，其风险因子为 X 射线，按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事事故等级列于表 11-6 中。

**表11-6 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级**

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II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 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III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 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或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。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表 11-7）：

**表11-7 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系**

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/ Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

### 二、源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂

量照射，X射线探伤机只有在开机状态下才会产生X射线，一旦切断电源，探伤机便不会再有射线产生。

本项目可能发生的辐射事故如下：

①装置在运行时，人员误入或滞留在曝光室内而造成误照射；

②辐射工作人员或公众还未全部撤离曝光室，操作人员启动设备，造成滞留人员的误照射；

③安全联锁装置发生故障，探伤机工作时无关人员打开铅门并误入，造成有关人员被误照射；

④在产品检测时门机联锁失灵，人员在检测装置工作时在设备门打开情况下逗留在装置附近，造成有关人员被误照射；

⑤射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；

⑥辐射工作人员由于缺乏操作经验和防护知识，安全观念淡薄等，违反操作规程和有关规定，造成有关人员误照射，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

### 三、辐射事故影响分析

假定在事故情况下，人员误入探伤室，X射线直接照射到人员，人员受到的有效剂量与探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用式 11-17 计算：

$$D = I\delta_x / r^2 \dots\dots\dots (11-17)$$

式中：

$D$ ：空气吸收剂量率， $\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

$I$ ：管电流， $\text{mA}$ ；本项目取  $5\text{mA}$ ；

$\delta_x$ ：发射率常数：距辐射源点（靶点） $1\text{m}$  处输出量；本项目  $300\text{kV}$  探伤机取  $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot(\text{mA}\cdot\text{min})^{-1}$ ；

$r$ ：参考点距 X 射线管焦斑的距离， $\text{m}$ 。

人员受到的有效剂量可用式 11-18 计算：

$$E = D \cdot \sum W_T \cdot \sum W_R \dots\dots\dots (11-18)$$

式中：

$E$ ：人员受到的有效剂量率， $\text{mSv}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

$W_T$ ：组织权重因数，全身为 1；

$W_R$ ：辐射权重因数，X 射线为 1。

根据式 11-14 及式 11-15，探伤机管电流越大，受照人员的所受的辐射有效剂量越大。由于本项目均在探伤室内实施，因此事故情况下，只会局限在探伤室内。同时由于曝光室和迷道内均安装有紧急止动开关按钮，当发生辐射事故时候，相关人员可以立即通过曝光室或迷道内紧急止动开关中断电源，按最不利情况曝光来计算，辐射事故受照射剂量计算结果见表 11-8。

**表11-8 维修人员、公众受到的有用线束照射剂量估算结果**

探伤机型号	时间 (s)	30s	60s	90s	120s
	受照剂量 (mSv/次) 距离 (m)				
3005	1.0	52.3	104.6	156.9	209.2
	2.0	13.1	26.2	39.3	52.4
	3.0	5.8	11.6	17.4	23.2
	4.0	6.5	13	19.5	26

若人员误入探伤机正在出束的曝光室内，受到误照射，保守选取受照时间为 2 分钟，距离辐射源 1.5m。根据表 11-8，按此情形受到的照射累积剂量为 92.8mSv，超过职业人员连续 5 年的年平均有效剂量 20mSv，参照表 11-6，本项目可造成一般辐射事故。根据上述情况及其危害结果，其所引发的放射性事故等级见表 11-9。

**表11-9 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级**

项目装置名称	环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
X 射线探伤机	X 射线	X 射线超剂量照射	事故状态下受照射有效剂量最大为 209.2mSv/次，导致误入人员最大受照射剂量超过连续 5 年的年平均有效剂量 20mSv 的 10.46 倍	一般辐射事故

根据分析，本项目探伤机为II类射线装置，可能发生的事故为一般辐射事故。

#### 四、事故预防措施

建设单位采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

## 五、辐射安全管理

①建设单位已成立辐射防护领导小组，负责全公司辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收集、整理、分析全公司辐射防护的有关资料，掌握辐射防护的发展趋势，及时制定并采取防护措施；督促各有关人员采取有效的防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护守则，使个人辐射剂量保持在最低水平，并对辐射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。

②建设单位需制定辐射事故预防措施及应急处理预案。根据中华人民共和国原环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位应急方案，做好应急准备”。

应急方案的内容应包括：应急机构和职责分工；应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；辐射事故分级与应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序；辐射事故信息公开、公众宣传方案。”项目建设单位应按上述要求制定辐射事故预防措施及应急处理预案。

③项目建设单位应制定辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、操作规程等。

## 六、设备固有安全设施

本项目建设单位按照表10-4中各项要求落实到位后，工业X射线实时成像检测系统自身采取了多重安全措施，可以防止辐射事故的发生，如“紧急停机”按钮、门灯联锁与门机联锁等。

表 12 辐射安全管理

## 辐射安全与环境保护管理机构的设置

### 一、辐射防护与安全管理机构

建设单位成立了 X 射线探伤辐射安全与防护领导小组（附件 3），其职责如下：防范突发辐射环境污染事故，做好辐射事故应急准备及响应工作，在辐射事故发生后，及时准确掌握、分析、评价事故状态，采取必要和适当的处理措施，确保辐射事故得到安全处置，减轻事故可能造成的后果，保障人员健康及环境安全。

### 二、辐射工作人员配置

本项目配备辐射工作人员 2 人，一天工作时间 8 小时，年工作时间为 300 天。

(1)单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗。

(2)单位应当确保探伤操作时有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备个人剂量计。

(3)个人剂量计应编号定人配戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案，完善个人剂量监测及健康档案管理制度。个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因并解决发现的问题。

(4)辐射工作人员需熟悉专业技术，使之能胜任探伤实践，而且对安全防护与相关法规知识也需作相应了解，实际操作中须按安全操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作。

## 辐射安全档案资料管理和规章管理制度

### 一、档案管理分类

辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。档案资料可分以下包括以下九大类：“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”、“辐射应急资料”和“废物处置记录”。

建设单位应当根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

### 二、须建立的主要规章制度

建设单位目前需制定一系列辐射安全规章制度，制度清单分析及执行情况见表 12-1。

**表12-1 项目单位辐射安全管理制度及执行情况**

序号	需定制度名称	公司制定情况
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	需指定
3	辐射工作设备操作规程	需指定
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	需指定
5	辐射工作人员岗位职责	需指定
6	射线装置台账管理制度	需指定
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需指定
8	监测仪表使用与校验管理制度	需指定
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	需指定
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	需指定
11	辐射事故应急预案	需指定

公司应认真组织学习《核安全文化宣贯推进专项行动教材——核安全文化培训手册》（国家核安全局二零一四年十一月），重视并加强核安全文化建设。

在制定规章制度时，需注意以下几个问题：

（1）《辐射监测方案》中应包含：公司应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；公司定期对辐射工作场所进行监测，

随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。

(2) 《辐射工作人员个人剂量管理制度》中应包含：对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，公司应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测数据超过个人剂量年度管理限值 5.0mSv 的，公司应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查。

(3) 《辐射工作人员培训制度》中应包括：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，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（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

**需要上墙的规章制度：**《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

公司应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对各项规章制度及时补充修改，使之更能符合实际需要。

### 三、辐射安全许可证发放条件

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2019 年修订，原环保部第 31 号令）中第十六条使用放射性同位素、射线装置的单位申领辐射安全许可证时，应当具备一些条件，具体要求见表 12-2。

**表 12-2 《辐射安全许可证》发放条件对照分析**

序号	原环境保护部令第 3 号要求	项目实际情况分析
1	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 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	建设单位成立了辐射安全管理领导小组，具有本科及以上学历的技术人员负责辐射安全与环境保护工作
2	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	建设单位组织辐射工作人员和管理人员参加辐射安全与防护专业知识学习和考核通过后满足
3	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	设备有电离辐射警告标志和工作状态指示灯，控制台上设有设置紧急止动开关等
4	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、辐射	建设单位须为每名辐射工作人员配备个人剂量计，个人剂量报警仪，并配备 1



	测量等仪器	台便携式辐射监测仪，配备后满足
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等	建设单位需按要求制定相应的规章制度，要求上墙的规章制度需按具体要求悬挂于辐射工作场所
6	有完善的辐射事故应急措施	建设单位需制定辐射事故应急预案和事故应急响应程序，并及时修订。

建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于使用II类射线装置的许可条件。建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后，及时到四川省生态环境厅申请办理相关业务。

## 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量检测。

1、年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、自主验收监测：项目在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展1次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

3、日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

### （1）公司自我监测

建设单位定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备案。公司可通过采购便携式辐射监测仪自行监测，也可以委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。

### （2）监测内容和要求

1) 监测内容：x-γ空气吸收剂量率。

2) 监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-3）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表12-3 工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测周期	监测点位
辐射工作场所	X-γ空气吸收剂量率	委托有资质的单位监测，周期为1次/年；自行定期开展辐射监测	曝光室四周墙壁外
			曝光室防护门门缝处
			曝光室迷道门及缝隙处
			办公室、暗室、危废暂存间
			曝光室四周保护目标处

3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

## 二、个人剂量检测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季。

(1) 当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

(4) 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。公司应当将个人剂量档案保存终身。

公司辐射工作人员需佩戴个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《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 18 号）要求建立个人剂量档案。

### 三、年度监测报告情况

公司应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。公司应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。公司必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <http://rr.mee.gov.cn/>)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

### 辐射事故应急

辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。

#### （1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即断电停机，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、省生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健行政部门报告。

#### （2）辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ① 确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ② 根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③ 现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计。

④ 应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤ 事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

单位应当根据以上要求，同时结合本项目来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合单位实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

## 结论

### 一、项目概况

项目名称：新建 X 射线室内探伤项目

建设单位：四川绿杉机械设备有限责任公司

建设性质：新建

建设地点：四川省资阳市雁江区中和工业园区管理服务用房 401 号  
四川绿杉机械设备有限责任公司厂房

本项目建设内容：四川绿杉机械设备有限责任公司拟在厂房新建 1 间 X 射线探伤室，含曝光室、操作室、暗室、评片室、晾片室、危废暂存间，均为一层建筑。在 X 射线探伤室内使用 2 台 X 射线探伤机，1 台 XXG3005 定向探伤机（300kV 5mA）、1 台 XXH3005 周向探伤机(300kV 5mA)，属于 II 类射线装置。本项目探伤只开展室内探伤，不涉及野外（室外）探伤。探伤机的检修等均由设备厂家负责，本项目只负责探伤机的使用。

### 二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>有关条款的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家现行产业发展政策。

### 三、本项目选址合理性分析

四川绿杉机械设备有限责任公司所在厂房已取得资阳市生态环境局《关于四川绿杉机械设备有限责任公司新建深冷液化设备、液氢储罐、氢气压缩机、传热设备生产线及焊接研究所项目环境影响报告表的批复》批复文号为：资环审批雁（2023）7 号，见附件 2。厂区整体项目选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为其配套建设项目，不新增用地，且建设的探伤室为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐

射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

#### 四、工程所在地区环境质量现状

监测表明：根据现场监测报告，本项目所在区域的 X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率背景值为 105~106nGy/h，与生态环境部《2021 年全国辐射环境质量报告》中四川省空气吸收剂量率年均值范围（67.0nGy/h~120.2nGy/h）处在同一水平，属于当地正常天然本底辐射水平。

#### 五、环境影响评价分析结论

##### 1、施工期环境影响分析

本项目在施工活动中，会产生施工噪声、施工废渣、施工废水，对环境存在一定影响。经过采取合理的防护措施后，对周围环境的影响较小。

##### 2、营运期环境影响分析

###### （1）电离环境影响

本项目建成后，探伤机在正常运行工况下，所致工作人员最大年有效剂量值为0.51mSv，满足5.0mSv/a的剂量约束限值；所致公众最大年有效剂量值为 $6.4 \times 10^{-2}$ mSv，满足0.1mSv/a的剂量约束限值。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

###### （2）大气环境影响

采用换气系统排入环境大气后，经自然分解和稀释，也符合《环境空气质量标准》（GB3095—2012）中臭氧小时平均浓度二级标准（0.20mg/m<sup>3</sup>）的要求，不会对环境空气造成明显影响。

###### （3）水环境影响

清洗胶片时产生洗片废水约 3t/a，工作人员生活污水产生量约 0.5m<sup>3</sup>/d；洗片废水和生活污水依托厂区所在园区预处理设施处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准后排入市政污水管网进入中和工业污水处理厂处理。

###### （4）固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 1.0kg/d，依托厂区现有垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

本项目探伤作业预计产生废显影液 320kg/a、废定影液共 350kg/a、废胶片 20kg/a，属于危险废物，其危废编号为 HW16。公司已与有处理资质的单位签订回收处理协议，探伤过程中产生的所有危险废物将交由有资质的单位处理，不外排。本项目探伤产生危险废物暂存在设置了危废标志的专用容器中，放置于危废暂存间内，已与有相应处理资质的单位签订回收合同，不外排。

## 六、环保设施与保护目标

按照要求落实后，建设单位环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的绝大多数保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

## 七、事故风险与防范

建设单位按照要求修订或制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

## 八、辐射安全管理的综合能力

按照要求落实后，对本项目辐射设备和场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。

## 九、项目环保可行性结论

坚持“三同时”原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

## 十、项目环保竣工验收检查内容

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十一条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建

设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

(3) 除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据生态环境部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：

(1) 建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/other>）。

(2) 项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。

(3) 本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

(4) 本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经生态环境行政主管部门验收合格后，该建设项目方可投入生产或者使用。

(5) 除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

根据《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环办发〔2016〕1400号）文件，建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205>）中备案，同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目		设施	备注
X 射线 探伤室	辐射屏蔽措施	屏蔽墙体	新增
		工件门 1 扇、迷道门 1 扇	新增
	安全装置	门机联锁装置 1 套	新增
		门灯联锁装置 1 套	新增



		固定式剂量报警仪 1 套	新增
		视频监控 3 套	新增
		进排风孔 2 个	新增
		紧急制动装置 5 个、紧急开门按钮 2 个	新增
		电离辐射警告标志若干	新增
	监测设备	便携式辐射监测仪 1 台	新增
		个人剂量计 2 套	新增
		个人剂量报警仪 2 台	新增
	设备维护	每个月对探伤装置的配件、机电设备进行检查、维护、及时更换部件。	新增
	人员培训	辐射工作人员及应急人员的组织培训	新增
	应急设施	应急和救助的资金、物资准备、应急演练	新增
	其他	灭火器材	新增

## 建议和承诺

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习与考核。公司应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训成绩合格单，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再考核，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。
- 3、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。
- 4、每年要对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。
- 5、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

6、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

7、单位在申办辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），完善相关信息。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。