

# 核技术利用建设项目

新建工业 X 射线和  $\gamma$  射线室内探伤项目

环境影响报告表

(公示本)



生态环境部监制

## 目 录

表 1 项目概况 .....	1
表 2 放射源 .....	11
表 3 非密封放射性物质 .....	12
表 4 射线装置 .....	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	14
表 6 评价依据 .....	15
表 7 保护目标与评价标准 .....	18
表 8 环境质量和辐射现状 .....	21
表 9 项目工程分析与源项 .....	25
表 10 辐射安全与防护 .....	37
表 11 环境影响分析 .....	50
表 12 辐射安全管理 .....	72
表 13 结论与建议 .....	80

**表 1 项目概况**

建设项目名称	新建工业 X 射线和 $\gamma$ 射线室内探伤项目				
建设单位	什邡市同佳机械有限公司				
法人代表	**	联系人	**	联系电话	**
注册地址	四川省德阳市什邡市沱江路西段 82 号				
项目建设地点	四川省德阳市经济技术开发区金沙江西路 706 号生产厂房内				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)	**	项目环保投资(万元)	**	投资比例(环保投资/总投资)	**
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> )	**
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input checked="" 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	/				

## 项目概述

### 一、建设单位简介

什邡市同佳机械有限公司（以下简称“同佳机械”）注册地址位于德阳市什邡市沱江路西段 82 号，主要从事炼油、化工生产专用设备及环保设备的制造与销售，还包括通用设备制造（不含特种设备制造），普通机械设备安装服务，金属表面处理及热处理加工等一般项目，以及特种设备制造、设计、安装改造修理等许可项目。

为适应企业发展需要，并响应下游客户持续增长的需求，同佳机械计划进一步扩大生产规模、丰富产品种类。鉴于现有场地受限，公司决定租赁位于德阳市经济技术

开发区金沙江西路 706 号四川同佳检测有限责任公司（以下简称“同佳检测”）内的闲置厂房，在该厂房内建设“清洁能源装备专业配套生产线技术改造项目”。项目聚焦清洁能源装备配套领域，产品涵盖压力容器、核电再热管道、汽缸与阀壳等关键部件，直接服务于东方电气等客户在核电、高效燃汽轮机等板块的核心配套需求。

## 二、项目由来

建设单位现有生产厂房位于德阳市什邡市沱江路西段 82 号，现有场地及产能不能满足市场需求，为提高公司产能，同佳机械租赁同佳检测闲置厂房作为“清洁能源装备专业配套生产线技术改造项目”建设用地（租赁合同见附件 4-2），目前《清洁能源装备专业配套生产线技术改造项目》正在开展相关环评工作，已通过环评评审（评审意见见附件 3）。

同佳机械将根据生产线需求对租用厂房进行改造，为保障新建生产线产品质量，公司拟开展 X 射线和 $\gamma$ 射线探伤项目，拟在厂房西南角建设 1 座探伤室，并在探伤室内使用 4 台 X 射线探伤机（属于 II 类射线装置）和 3 台 $\gamma$ 射线探伤机（属于 II 类放射源），用于产品焊缝的质量检测。

## 三、编制目的

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》《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》的规定和要求，本项目涉及使用 II 类射线装置和 II 类放射源，需进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行），本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用II类射线装置、使用II类放射源”，应编制环境影响报告表。按照四川省生态环境厅《关于印发<四川省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录（2025年本）>的通知》（川环规〔2025〕1号），本项目环境影响评价报告表应报四川省生态环境厅审查批准。因此，什邡市同佳机械有限公司委托四川省中栎环保科技有限公司编制该项目的环境影响报告表（委托书见附件1）。编制单位接受委托后，通过现场勘察、收集资料等，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《新建工业X射线和 $\gamma$ 射线室内探伤项目环境影响报告表》。

## 四、项目概况

## (一) 项目名称、性质、地点

项目名称：新建工业 X 射线和 $\gamma$ 射线室内探伤项目

建设单位：什邡市同佳机械有限公司

建设性质：新建

建设地点：四川省德阳市经济技术开发区金沙江西路 706 号生产厂房内

## (二) 建设内容与规模

什邡市同佳机械有限公司拟在租赁的生产厂房（在建，地上一层，局部二层，无地下室）西南角新建 1 座探伤室，并在探伤室内使用 4 台 X 射线探伤机（II 射线装置）和 3 台 $\gamma$ 射线探伤机（II 放射源），探伤作业均在探伤室内开展，不涉及野外和室外探伤，且室内不存在两台及两台以上探伤设备同时运行的情况。

### 1、探伤室设计方案

本次新建探伤室为地上建筑，曝光室采用 1 层设计（约 8.4m），配套用房采用 2 层设计（约 8.4m），无地下室。

**①曝光室：**曝光室（不含迷道）占地面积为 120m<sup>2</sup>（净空尺寸为：长 15.0m×宽 8.0m×高 7.5m），四周墙体均为 1.2m 厚钢筋混凝土，西南侧“Z 字形”迷道内、外墙体均为 1.2m 厚钢筋混凝土，屋顶为 0.9m 厚钢筋混凝土，东南侧工件进出门为 1.2m 厚钢筋混凝土电动推拉门（长 7.0m×高 6.8m），西南侧迷道门为 25mmPb 铅钢电动推拉门。

曝光室内设工件运输轨道和储源坑。轨道主体沿探伤室地面预设凹槽敷设，轨道两端延伸至探伤室工件进出门，与车间平板车轨道平顺衔接，用于承载探伤工件的平板车通行，实现工件在探伤室内的精准定位与移动（平板车高度约 0.75m），人行通道环绕轨道周边，便于人员通行需求（通道设有步梯，与轨道槽底形成 0.75m 高度差、与平板车高度齐平）；1#储源坑（长 0.5m×高 0.5m×深 0.5m）、2#储源坑（长 1.2m×高 0.9m×深 1.0m）位于曝光室西南角，储源坑上盖 16mm 厚钢盖板，1#储源坑用于存放<sup>192</sup>Ir- $\gamma$ 射线探伤机、<sup>75</sup>Se- $\gamma$ 射线探伤机，2#储源坑用于存放<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线探伤机。

**②配套用房：**位于曝光室西南侧，采用 2 层设计，1 层为操作室（45.2m<sup>2</sup>）、干暗室（10.1m<sup>2</sup>）、湿暗室（10.0m<sup>2</sup>）、危废暂存间（3.2m<sup>2</sup>），2 层为晾片室（27.1m<sup>2</sup>）、评片室（19.4m<sup>2</sup>）、办公室（26.5m<sup>2</sup>）。

### 2、拟使用探伤设备情况

本次拟在探伤室内使用 4 台 X 射线探伤机和 3 台 $\gamma$ 射线探伤机。

**X 射线探伤机**包括 1 台最大电压为 450kV、最大电流为 10mA 的定向探伤机（以下简称“4510 定向 X 射线探伤机”），1 台最大电压为 300kV、最大电流为 5mA 的定向探伤机（以下简称“3005 定向 X 射线探伤机”），1 台最大电压为 200kV、最大电流为 5mA 的定向探伤机（以下简称“2005 定向 X 射线探伤机”），1 台最大电压为 300kV、最大电流为 5mA 的周向 X 射线探伤机（以下简称“3005 周向探伤机”），设备厂家、型号待定，均属于 II 射线装置。

**$\gamma$  射线探伤机**包括 1 台  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机（装源 1 枚，出厂活度  $3.70\text{E}+12\text{Bq}$ ）、1 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机（装源 1 枚，出厂活度  $3.70\text{E}+12\text{Bq}$ ）、1 台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机（装源 1 枚，出厂活度  $3.70\text{E}+12\text{Bq}$ ），厂家待定，均属 II 类放射源。

### 3、探伤工件情况

项目探伤工件为公司生产厂房生产的压力容器、核电再热管道、汽轮机汽缸、阀壳等，工件直径/宽度约 0.4m~5m，长度约 5m~15m，厚约 2.5~200mm，工件形状为圆柱状或异形，主要材质为碳钢、不锈钢、铸钢等。

### 4、工作负荷

根据建设单位提供的资料，当工件厚度  $<50\text{mm}$  选用 X 射线探伤机或  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机，工件厚度  $\geqslant 50\text{mm}$  时选用  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机或  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机。公司使用 X 射线探伤机单次曝光时间约 3~5min，单个工件需拍片 1~10 次，年探伤工件约 480 件，年最大曝光时间约 400h；使用 $\gamma$ 射线探伤机单个工件曝光时间  $\leqslant 3\text{h}$ ，年探伤工件约 200 件，年最大曝光时间约 600h。

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	营运期
主体工程	曝光室（不含迷道）占地面积为 $120\text{m}^2$ （净空尺寸为：长 $15.0\text{m} \times$ 宽 $8.0\text{m} \times$ 高 $7.5\text{m}$ ），四周墙体均为 $1.2\text{m}$ 厚钢筋混凝土，西南侧“Z 字形”迷道内、外墙体均为 $1.2\text{m}$ 厚钢筋混凝土，屋顶为 $0.9\text{m}$ 厚钢筋混凝土，东南侧工件进出门为 $1.2\text{m}$ 厚钢筋混凝土电动推拉门（长 $7.0\text{m} \times$ 高 $6.8\text{m}$ ），西南侧迷道门为 $25\text{mmPb}$ 电动防护门。 曝光室内设平车轨道和储源坑，轨道主体沿探伤室地面预设凹槽敷设，轨道两端延伸至探伤室工件进出门，与车间平板车轨道平顺衔接；1#储源坑（长 $0.5\text{m} \times$ 高 $0.5\text{m} \times$ 深 $0.5\text{m}$ ）。	扬尘 废水 固体废物 噪声	X 射线 $\gamma$ 射线 噪声 臭氧 氮氧化物 废放射源

	0.5m）、2#储源坑（长 1.2m×高 0.9m×深 1.0m）位于曝光室西南角，储源坑上盖 16mm 厚钢盖板。		
探伤装置情况	(1) 拟使用 4 台 X 射线探伤机：4510 型定向、3005 型定向、2505 型定向、3005 型周向 X 射线探伤机各 1 台，均属于 II 射线装置。 (2) 拟使用 3 台 $\gamma$ 射线探伤机：1 台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机、1 台 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机、1 台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机，均属 II 类放射源。	/	
存放地点	不使用时 X 射线探伤机存放在曝光室内， $\gamma$ 射线探伤机存放在曝光室内的储源坑内。	/	
曝光时间	(1) X 射线探伤机年总出束时间约 400h； (2) $\gamma$ 射线探伤机年总出束时间约 600h。	/	
辅助工程	操作室、干/湿暗室、危废暂存间，晾片室、评片室、办公室		
环保工程	(1) 废水：运营期产生的生活污水、洗片废水经同佳检测已建预处理池（处理能力 5m <sup>3</sup> /d）处理后由污水管网排放至德阳市石亭江城市生活污水处理厂处理，达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB51/2311—2016) 标准后排入石亭江。 (2) 废气：排风系统采用地沟式设计，排风口（尺寸 600mm×600mm）设置于平板车轨道地沟内，并安装轴流风机（风量 5000m <sup>3</sup> /h，换气次数约为 5 次/h），排风管道经探伤室西北侧屏蔽墙体穿出，延伸至厂房外墙处排放（距地高度约 6.8m）。 (3) 固废：生活垃圾经分类收集后，由环卫部门统一清运处理；废胶片、废显影液和废定影液暂存在危废暂存间内，定期委托有资质的单位处理。	扬尘 废水 固废 噪声	废显影液 废定影液 废胶片 洗片废水
公用工程	依托同佳检测的供水、供电等设施。		
办公及生活设施	依托同佳检测的办公及生活设施。	/	生活污水 生活垃圾

### （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 1-2。

表 1-2 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	10000 张	外购	卤化银
	显影液	240L/a	外购	溴化钾、无水亚硫酸钠
	定影液	240L/a	外购	硫代硫酸钠 ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )、无水亚硫酸钠
	$^{60}\text{Co}$ 放射源	1 枚	外购	约 12 年更换 1 次
	$^{192}\text{Ir}$ 放射源	2 枚	外购	约 6 个月更换 1 次
	$^{75}\text{Se}$ 放射源	1 枚	外购	约 1 年更换 1 次
能源	电	10000kWh	市政	—
水量	水	200m <sup>3</sup>	市政	—

### （四）本项目涉及的射线装置和放射源

本项目涉及的射线装置包括 X 射线探伤机，放射源包括  $^{192}\text{Ir}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{75}\text{Se}$ ，具体情况见表 1-3~表 1-5。

表 1-3 本项目拟使用的 X 射线探伤机情况

使用场所	设备名称	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	曝光时间 (min/次)	管理类别	辐射角度	最大穿透钢板厚度 (mm)	投射类型	数量 (台)
曝光室	4505	450	5	3~5	II	40°	70	定向	1
	3005	300	5	3~5	II	40°	35	定向	1
	2505	250	5	3~5	II	40°	15	定向	1
	3005	300	5	3~5	II	360°	35	周向	1

表 1-4 本项目  $\gamma$  射线探伤机情况

使用场所	设备名称	可移动性类别	放射源核素	放射源数量 (枚)	出厂活度 (Bq)	放射源类别	最大穿透钢板厚度 (mm)	数量 (台)
曝光室	$^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机	M 类	$^{60}\text{Co}$	1 枚/台	3.70E+12	II	200	1
	$^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机	P 类	$^{192}\text{Ir}$	1 枚/台	3.70E+12	II	100	1
	$^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机	P 类	$^{75}\text{Se}$	1 枚/台	3.70E+12	II	20	1

表 1-5 放射源基本参数情况

核素种类	半衰期	能量 keV	周围剂量当量率常数 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$ )
$^{60}\text{Co}$	5.3a	1170 和 1330	0.35
$^{192}\text{Ir}$	74d	206-612	0.17
$^{75}\text{Se}$	120d	97-104	0.072

注：数据来自《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 A.1。

## （五）项目外环境关系及选址合理性分析

### 1、生产厂房外环境关系

由项目总平面布置及外环境关系图可知，同佳机械技术改造项目生产厂房整体位于同佳检测厂界内，评价范围内东北侧为同佳检测办公楼，西北侧为厂区道路、德阳市铸钢厂，西南侧为同佳检测的食堂及倒班楼、四川宝烨金属制品有限公司，东南侧为厂区道路、四川中衡检测技术有限公司。本项目外环境关系图见附图 2。

### 2、曝光室外环境关系

本项目探伤室位于生产厂房西南角，曝光室西南侧0-5m为配套用房（1层为操作室、干暗室、湿暗室，2层为晾片室、评片室、办公室），5-10m为厂区道路，10-30m

为同佳检测食堂及倒班楼，约30-50m为四川宝烨金属制品有限公司；曝光室西北侧0-1.8m为封闭空间（人员无法通行），3.5-19m厂区道路，19-50m为德阳市铸钢厂；曝光室东北侧0-50m范围均位于生产厂房内，依次为原材料堆放区域、机加工区域；曝光室东南侧0-45m范围位于生产厂房内，为焊装区域、喷砂打磨区域，45-50m为厂区道路。本项目探伤室下方无地下室，探伤室顶部为不可上人屋面。

### 3、选址合理性分析

本项目所在厂房位于四川省德阳市经济技术开发区金沙江西路 706 号，位于德阳经济技术开发区，根据租赁合同及不动产权证书（附件 4-1），建设用地用途为工业用地，厂房整体项目选址合理性已在《清洁能源装备专业配套生产线技术改造项目环境影响报告表》中进行了论述分析，厂房选址符合规划要求。

本项目新建探伤室位于厂房西南角，辐射工作场所周围 50m 范围内无学校、医院、居民等敏感目标；50m 评价范围大部分位于同佳检测厂界内，包括同佳机械生产厂房其他生产区域、道路、车棚、停车场、同佳检测食堂及倒班楼等，超出同佳检测厂界外评价范围内为园区内其他公司。本项目仅为生产线的配套建设项目，不新增用地，且项目拟建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周围环境影响较小。因此，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

### （六）实践正当性分析

同佳机械因产品检测需要，拟在探伤室内使用 4 台 X 射线探伤机和 3 台 $\gamma$ 射线探伤机。使用 X 射线探伤机、 $\gamma$ 射线探伤机进行无损检测时，X 射线、 $\gamma$ 射线在穿透物体过程中与物质发生相互作用，缺陷部位和完好部位的透射强度不同，底片上相应部位会呈现黑度差，评片人员根据黑度变化判断缺陷情况，评价焊接焊缝的质量，以此判断产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。因此，该项目的实践是必要的。

由于探伤装置的应用可能会给周围环境和人员造成一定的辐射影响，探伤装置的使用或管理失误还可能造成辐射安全事故。建设单位在开展 X 射线和 $\gamma$ 射线探伤过程中，对射线装置、放射源的使用将严格按照国家相关的辐射安全防护要求落实相应措施，建立辐射安全管理规章制度并严格落实。在正确使用和严格管理好射线装置、辐

射源的情况下，可以将辐射产生的影响降至尽可能小。因此，本项目产生的辐射危害远小于企业和社会从中取得的利益，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的辐射防护“实践正当性”的要求。

### （七）劳动定员及工作制度

**劳动定员：**本项目拟配备4名探伤机操作人员（包含1名管理人员），均为新增辐射工作人员，本次新增人员仅开展本项目辐射工作。公司拟将辐射工作人员分为2组，每组2人共同负责曝光室的探伤工作。今后根据开展的项目、工作量等实际情况适当增加人员编制。

**工作制度：**实行8小时工作制，年工作时间300天。

公司应严格执行辐射工作人员培训制度，组织本项目新增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，在成绩单时间超过有效期之前，应再次进行考核并通过考核。

## 五、产业政策符合性

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（2024年本）》相关规定，本项目属于第一类“鼓励类”—第三十一项“科技服务业”中第1条“质量认证和检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

## 六、本项目依托情况

**（1）废水治理措施：**运营期产生的生活污水、洗片废水经同佳检测已建污水预处理池（位于同佳检测厂区西北部）处理后，排入园区污水管网经德阳市石亭江城市生活污水处理厂处理达标后排入石亭江。德阳市石亭江城市生活污水处理厂服务范围为宝成铁路以东、二重厂以南、岷山路以西的生活污水和工业废水，本项目生产厂房位于该服务范围内。污水处理厂工艺为“预处理+生化池（A<sup>2</sup>O）+高密度沉淀池+反硝化深床滤池+紫外线消毒”，具备处理工业废水的能力，经处理后的尾水达到排放标准要求后经管道排入石亭江。

**（2）固体废物治理措施：**运营期产生的生活垃圾依托同佳检测厂区内垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

综上所述，本项目依托相关设施是可行的。

## 七、原有核技术利用情况

### (一) 原有辐射安全许可证情况

同佳机械持有四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》(川环辐证[00260]号)，许可的种类和范围为：使用II类放射源、II类射线装置；发证日期：2024年11月12日，有效期至2029年09月25日。

已许可使用的II类放射源具体情况见表1-6。

表 1-5 公司已获许可使用的放射源

序号	工作场所	核素	类别	总活度(贝可)/活度(贝可)×枚数	用途	活动种类	备注
1	探伤室	Ir-192	II类	3.70E+12Bq/3.70E+12Bq×1	固定使用γ探伤机	使用	在用

已许可使用的II类射线装置共4台，具体情况见表1-7。

表 1-7 公司已获许可使用的射线装置

序号	装置名称	型号	技术参数(最大)	管理类别	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	4510	450 kV/10mA	II类	探伤室 (什邡市 生产车间 内)	已上 证
2	X 射线探伤机	RX3005GC	300 kV/5mA	II类		
3	X 射线探伤机	XXG2005D	200kV/5mA	II类		
4	X 射线探伤机	XXG3005	300 kV/5mA	II类		

### (二) 辐射工作人员培训及个人剂量情况

**1、培训情况：**建设单位现有辐射工作人员3名，其中1名为辐射安全管理人员，均取得了成绩合格单，所有人员均严格按照国家相关规定参加培训并取得了成绩合格单，目前均在有效期内。

表 1-8 已有辐射工作人员培训情况

序号	姓名	培训时间	证书编号	培训计划
1	刘焕斌	2022.10	FS22SC1100024	到期复训
2	卿成	2022.10	FS22SC1100015	到期复训
3	钟涛	2022.10	FS22SC1100025	到期复训

**2、个人剂量情况：**建设单位为每名辐射工作人员均配备了个人剂量计，编号定人佩戴，每季度定期交有资质的机构进行检测，并建立了个人剂量档案，根据最新四个季度个人剂量检测报告（情况说明见附件7），所有在岗辐射工作人员的个人剂量检测结果均未超过单季度个人剂量1.25mSv和年剂量5mSv的剂量约束值。

### **(三) 辐射工作场所监测情况**

建设单位已委托四川同佳检测有限责任公司进行了 2024 年度辐射环境现状监测（情况说明见附件 7），监测结果数据表明，什邡市生产厂房的探伤室屏蔽体外 30cm 处 X- $\gamma$  空气吸收剂量率均未超过  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关要求。

### **(四) 年度评估报告**

建设单位在全国核技术利用申报系统中提交了“2024 年度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”，包括基本信息、辐射安全许可证符合性检查及变更情况、本年度放射性同位素与射线装置使用台账及变更情况、辐射防护设施设备及废物处置、辐射安全与防护制度的修订和落实情况、辐射工作人员和个人剂量情况、场所辐射环境监测及监测数据、辐射事故及应急响应情况、辐射安全隐患及整改情况等。

### **(五) 辐射管理规章制度管理情况**

根据相关文件的规定和实际情况，公司成立了辐射安全与环境保护管理领导小组（附件 5），并制定有相对完善的管理制度，包括《辐射安全管理规定（综合性文件）》《辐射工作设备操作规程》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《放射源与射线装置台账管理制度》《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《监测仪表使用与校验管理制度》《辐射从业人员培训制度（或培训计划）》《辐射从业人员个人剂量管理制度》《辐射事故应急预案》。建设单位辐射安全管理机构健全，人员责任明确，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度后，可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。公司应严格落实台账管理制度，对本次项目建设内容补充完善，并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补充修改。

### **(六) 无辐射事故发生的情况说明**

建设单位已制定有《辐射事故应急预案》，并于 2024 年 9 月开展了辐射事故应急救援演练。经建设单位核实，自开展辐射活动以来，未发生过辐射事故。

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
1	$^{60}\text{Co}$	$3.70\text{E+12Bq}/3.70\text{E+12Bq} \times 1$	II	使用	$\gamma$ 射线无损检测	曝光室	曝光室储源坑内	拟购
2	$^{192}\text{Ir}$	$3.70\text{E+12Bq}/3.70\text{E+12Bq} \times 1$	II	使用	$\gamma$ 射线无损检测	曝光室	曝光室储源坑内	拟购
3	$^{75}\text{Se}$	$3.70\text{E+12Bq}/3.70\text{E+12Bq} \times 1$	II	使用	$\gamma$ 射线无损检测	曝光室	曝光室储源坑内	拟购

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	4510 定向 X 射线探伤机	II类	1	待定	450	10	无损检测	曝光室内	拟购
2	3005 定向 X 射线探伤机	II类	1	待定	300	5	无损检测	曝光室内	拟购
3	2005 定向 X 射线探伤机	II类	1	待定	200	5	无损检测	曝光室内	拟购
4	3005 周向 X 射线探伤机	II类	1	待定	300	5	无损检测	曝光室内	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	—	—	—	300张/a	—	暂存于危废暂存间	交由有资质的单位回收处理
废显影液	液态	—	—	—	240kg/a	—	暂存于危废暂存间	交由有资质的单位回收处理
废定影液	液态	—	—	—	240kg/a	—	暂存于危废暂存间	交由有资质的单位回收处理
洗片废水	液态	—	—	—	40m <sup>3</sup> /a	—	—	经同佳检测厂区内污水预处理设施处理后排入园区污水管网经德阳市石亭江城市生活污水处理厂处理达标后排入石亭江
废放射源	固态	<sup>60</sup> Co	<3.70E+12Bq	1枚，约12年更换1次			暂存于曝光室储源坑内	由供源单位回收处理
废放射源	固态	<sup>192</sup> Ir	<3.70E+12Bq	1枚，约6个月更换1次			暂存于曝光室储源坑内	由供源单位回收处理
废放射源	固态	<sup>75</sup> Se	<3.70E+12Bq	1枚，约1年月更换1次			暂存于曝光室储源坑内	由供源单位回收处理
臭氧	气态	—	—	—	—	少量	—	大气环境

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

	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，2014年4月24日修订）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号，2018年12月29日修正）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起施行）；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（1995年10月30日第八届全国人民代表大会常务委员会第十六次会议通过，2020年4月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订）；</p> <p>(5) 《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>(6) 《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>(7) 《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日起实施，2019年修订）；</p> <p>(8) 《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令第31号发布，生态环境部令第20号第四次修订，自2021年1月4日起施行）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原中华人民共和国环境保护部第18号令，2011年5月1日起施行）；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行）；</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》（国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日）；</p> <p>(12) 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日起施行）；</p> <p>(13) 关于发布《射线装置分类》的公告（原中华人民共和国环境保护部、国家卫生和计划生育委员会第66号令，2017年12月6日起施行）；</p>
--	--

	<p>(14) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省第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日起施行）；</p> <p>(15) 《国家危险废物名录（2025年版）》（生态环境部2024年第5次部务会议审议通过，2025年1月1日起施行）。</p>
技术标准	<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》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB 22448-2008）；</p> <p>(7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）；</p> <p>(8) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</p> <p>(9) 《γ射线探伤机》（GB/T 14058-2023）；</p> <p>(10) 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）；</p> <p>(11) 《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006）；</p> <p>(12) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》（第一、第三分册，原子能出版社，1987）；</p> <p>(3) 《辐射防护导论》（方杰主编）；</p> <p>(4) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（生态环境部（国家核安全局））；</p> <p>(5) 《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）；</p> <p>(6) 《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>(8) 《关于印发&lt;四川省生态环境厅（四川省核安全管理局）辐射事故应急预案（2020 版）&gt;的通知》（川环发〔2020〕2 号）；</p> <p>(9)《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〕</p>

77 号，原环保部文件，2012 年 7 月 3 日起施行）；

（10）关于发布《放射源分类办法》的公告（原国家环保总局公告 2005 年 第 62 号，2005 年 12 月 23 日）。

## 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)中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书(表)的评价范围和保护目标的选取原则：放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”，确定本项目以曝光室实体边界外50m区域作为评价范围。

### 保护目标

根据本项目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曝光室周围50m范围内其他工位的工作人员。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

保护目标		与曝光室相对方位	与辐射源最近距离(m)	最大人流量(人次/d)	照射类型	年剂量约束值(mSv)
厂区 内	1#操作室的辐射工作人员	西南侧	4.5	4	职业	5.0
	2#干/湿暗室的人员		4.5	4	职业	5.0
	3#晾片室、评片室、办公室的人员		4.5	10	公众	0.1
	4#同佳检测食堂及倒班楼的人员		15.5	100	公众	0.1
	5#原材料堆放区域的流动人员	东北侧	4.0	5	公众	0.1
	6#机加工区域的人员		25	5	公众	0.1
	7#装焊区域、喷砂喷漆打磨区域的人员	东南侧	8.0	10	公众	0.1
厂区 外	8#厂区道路的流动人员	西北侧(最近)、西南侧、东南侧	6.5	150	公众	0.1
	9#四川宝烨金属制品有限公司的人员	西南侧	34.7	200	公众	0.1
	10#德阳市铸钢厂的人员	西北侧	21.7	200	公众	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) 固体废物：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）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

## 三、辐射环境评价标准

### (一) 剂量限值及剂量约束值

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《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：b) 屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。”以及“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  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。”的要求确定本项目曝光室屏蔽体外关注点处剂量率控制水平如下：

本项目曝光室四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ； 曝光室顶部没有人员到达，本项目曝光室顶部外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平保守取不大于  $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

**表 8 环境质量和辐射现状**

## 环境质量和辐射现状

### 一、项目地理位置和场所位置

什邡市同佳机械有限公司新租赁生产厂房位于四川省德阳市经济技术开发区金沙江西路 706 号。

本项目探伤室位于生产厂房西南角，曝光室西南侧 0-5m 为配套用房（1 层为操作室、干暗室、湿暗室，2 层为晾片室、评片室、办公室），5-10m 为厂区道路，10-30m 为同佳检测食堂及倒班楼，约 30-50m 为四川宝烨金属制品有限公司；曝光室西北侧 0-1.8m 为封闭空间，3.5-19m 厂区道路，19-50m 为德阳市铸钢厂；曝光室东北侧 0-50m 范围均位于生产厂房内，依次为原材料堆放区域、机加工区域；曝光室东南侧 0-45m 范围位于生产厂房内，为焊装区域、喷砂喷漆打磨区域，45-50m 为厂区道路。本项目探伤室下方无地下室，探伤室顶部为不可上人屋面。目前生产厂房正在修建中。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。



图 8-1 拟建厂房现状监测时照片

## 二、本项目拟建场所环境现状监测

### 1、环境现状评价对象及监测因子

建设单位在厂房探伤室内开展室内探伤，在运营期对环境空气、水环境和声环境质量影响较小，对周围环境的主要影响因素为电离辐射（X射线和 $\gamma$ 射线）。因此，本次仅重点对评价区域开展辐射环境现状监测和评价。

### 2、监测方法及仪器

为掌握项目所在地的辐射环境现状，2025年9月30日，四川永坤环境监测有限公司对本次新建工业X射线和 $\gamma$ 射线室内探伤项目现场及周边环境进行了辐射现状监测，监测报告见附件6。

本次环境影响评价现场监测的监测项目、分析方法及来源见表8-1。

表8-1 监测项目、方法及方法来源

项目	检测方法
X- $\gamma$ 辐射剂量率	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

表8-2 检测项目及使用设备一览表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	测量范围	检定/校准情况	
环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率	RJ32-3602 型 分体式多功能 辐射剂量率仪 编号： YKJC/YQ-40	1nGy/h~1.2mGy/h 20keV~3.0MeV	检定/校准单位： 中国测试技术研究院 证书编号：202412102810 检定/校准有效期： 2024.12.13~2025.12.12 校准因子：0.96 (校准源： $^{137}\text{Cs}$ )	天气：晴 温度：23.6°C 湿度：58.3%

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。

### 3、监测点位布置及合理性分析

参照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的方法布设监测点，根据本次新建项目拟建位置及周围环境现状，监测点位的选取覆盖新建项目拟建区域和周围50m公众人员区域。本项目监测点位布置图如下图所示：

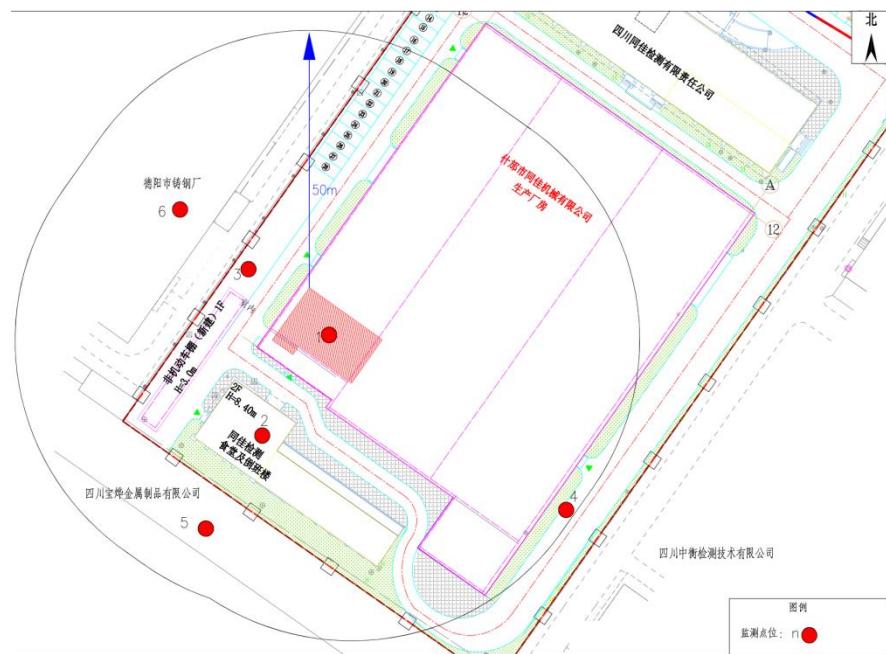


图 8-2 监测布点示意图

本项目拟建位置目前为空地状态，在拟建位置中心、同佳检测厂界内敏感目标处、同佳检测厂界外敏感目标处均布设监测点位，点位覆盖新建项目拟建区域和周围50m公众人员区域，布置合理。

### 三、质量保证

该公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行数据处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系：

#### (一) 资质认证

从事监测的单位四川省永坤环境监测有限公司通过了四川省质量监督管理局的计量认证（计量认证号：242312051074）。

#### (二) 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。

#### (三) 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。

监测所用仪器已由计量部门年检，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，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

#### 四、监测结果

表 8-3 本项目拟建场所空气吸收剂量率监测结果 单位：nGy/h

点位	监测位置	环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
1#	探伤室拟建位置	82	2.1	室外
2#	生产厂房西南侧（食堂及倒班楼）	80	3.0	室外
3#	生产厂房西北侧（厂区道路）	79	2.5	室外
4#	生产厂房东南侧（厂区道路）	71	1.9	室外
5#	厂区外西南侧	81	2.4	室外

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

根据监测数据，本项目所在区域的 X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景值为 71nGy/h~82nGy/h，与四川省生态环境厅发布的《2024 四川省生态环境状况公报》中德阳市环境 $\gamma$  辐射剂量率连续自动监测年均值范围（70~100nGy/h）基本一致，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

本项目探伤室位于什邡市同佳机械有限公司新租赁的生产厂房内，不新增用地。《清洁能源装备专业配套生产线技术改造项目》正在开展相关环评工作，本项目为该生产线配套建设项目，拟在厂房西南角新建1座探伤室，本次仅对本项目施工期间产生的施工废水、扬尘、噪声、建筑垃圾、施工人员生活污水和生活垃圾等简要分析。

本项目为新建项目，施工环节主要包括：探伤室和配套辅助用房的土建施工及装修、设施设备安装和调试等，施工期主要环境污染因子包括施工扬尘、装修废气、施工废水、噪声和固体废物等。项目施工期工艺流程及产污环节如下图所示。

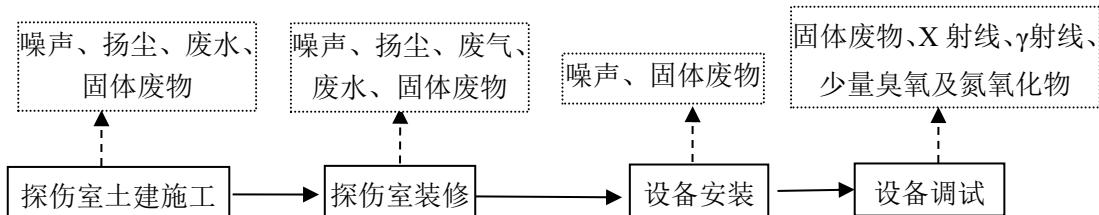


图9-1 施工期工艺流程及产污环节图

#### (一) 土建施工阶段

##### 1、扬尘

主要来自土建阶段的基础施工、混凝土浇筑、运输车辆装卸材料和行驶、建筑材料（混凝土、砖等）的现场搬运和堆放、施工垃圾清理和堆放，以及人来车往产生的道路扬尘。

##### 2、噪声

施工期噪声主要来自探伤室施工过程、防护设备安装过程中各类机械设备产生的噪声。

##### 3、废水

施工期废水主要为建筑施工产生的生产废水及施工人员生活污水。

##### 4、废气

施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时产生的废气，该废气的排放属

于无组织排放。

### 5、固体废物

施工期固废主要是建筑垃圾、装修过程中产生的固体废物和施工人员的生活垃圾。建筑垃圾由建设单位统一清运至政府指定的弃渣场；装修固体废物为一般固废，部分回收利用，部分与生活垃圾集中暂存，由市政环卫部门统一清运。

## （二）曝光室屏蔽结构施工质量要求

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筑，避免出现缝隙。工件大门和防护门由生产厂家负责订做和安装，工件大门和防护门应考虑门因自身重量而发生形变、频繁开关门致使其连接松动、屏蔽体老化龟裂等问题。工件大门和防护门应尽可能减小与曝光室墙体之间的缝隙，从而减少射线泄露辐射，防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍，墙体与防护门应有足够的搭接宽度，并预留防护门下沉沟槽。

曝光室工件大门为钢筋混凝土结构，在门洞前的地沟安装一条平车轨道，大门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）设备安装调试阶段

本项目调试期间重点为设备相关系统和联锁装置的性能检测及调整优化，X射线探伤机调试运行期间将主要产生X射线， $\gamma$ 探伤机调试期间主要产生 $\gamma$ 射线，可能对环境造成一定的影响。

本项目探伤设备安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在探伤设备安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，试运行前应保证曝光室屏蔽防护设施、通排风设施及相关安全联锁全部建成，并在曝光室外设立辐射警示标志和管控措施，禁止无关人员靠近。在设备的调试过程中，探伤设备的控制钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在曝光室入口等关键处设置醒目的警示牌，现场准备就绪，屏蔽体关闭到位，经巡查确认满足调试运行条件且无人员在曝光室内滞留之后，启动安全联锁，并经确认系统正常后才能启动设备。

由于本项目探伤设备的安装和调试均在曝光室内进行，调试运行的时间短，因此，经过各曝光室混凝土墙体的屏蔽和距离衰减后，对环境造成的辐射影响较小。

## 二、运营期

### (一) 探伤设备配备情况

公司拟在生产厂房新建1座探伤室，拟配备X射线探伤机和 $\gamma$ 射线探伤机。所有探伤作业仅在曝光室内，不存在室外或野外探伤，且同一曝光室内不存在两台及两台以上探伤设备同时运行的情况。项目拟配备的探伤设备见下表。

表 9-1 本项目 X 射线探伤机和  $\gamma$  射线探伤机参数情况一览表

X 射线探伤机								
序号	设备名称	数量	类别	投射类型	额定参数	辐射角度	最大穿透厚度	照射方向
1	4510 定向 X 射线探伤机	1 台	II 类射线装置	定向	管电压 450kV、管电流 10mA	40°	70mm (钢)	不固定
2	3005 定向 X 射线探伤机	1 台	II 类射线装置	定向	管电压 300kV、管电流 5mA	40°	35mm (钢)	不固定
3	2505 定向 X 射线探伤机	1 台	II 类射线装置	定向	管电压 250kV、管电流 5mA	40°	15mm (钢)	不固定
4	3005 周向 X 射线探伤机	1 台	II 类射线装置	周向	管电压 300kV、管电流 5mA	360°	35mm (钢)	不固定

$\gamma$ 射线探伤机						
序号	设备名称	数量	类别	放射源数量	出厂活度	最大穿透厚度
1	$^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机	1 台	II 类放射源	1 枚	3.70E+12Bq	200mm (钢)
2	$^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机	1 台	II 类放射源	1 枚	3.70E+12Bq	100mm (钢)
3	$^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机	1 台	II 类放射源	1 枚	3.70E+12Bq	20mm (钢)

### (二) 运行工况和人员配置情况

#### 1、运行工况

##### (1) 探伤机的选择

根据 X 射线与  $\gamma$  射线的穿透能力差异性，X 射线探伤机穿透能力中等，更适合中薄壁工件，X 射线能清晰呈现内部气孔、未焊透等缺陷，且成像分辨率高于  $\gamma$  射线，对结构复杂的薄壁件（如多通道阀壳的交叉焊缝）能精准区分微小缺陷，避免误判； $\gamma$  射线探伤机穿透能力更强，适合厚壁或超厚工件，对于存在“检测死角”的复杂结构（如压力容器接管与筒体的角接焊缝、阀壳的异形腔室）， $\gamma$  射线可通过调整放射

源位置（如倾斜照射、深入腔室）覆盖盲区，而 X 射线因设备固定难以实现。

通常情况下，工件厚度 $<50\text{mm}$  的选用 X 射线探伤机或  $^{75}\text{Se}-\gamma$  射线探伤机，工件厚度 $\geqslant 50\text{mm}$  的选用  $^{60}\text{Co}-\gamma$  射线探伤机、 $^{192}\text{Ir}-\gamma$  射线探伤机。

### （2）探伤工件

探伤工件主要为公司生产的铸造件，如压力容器、核电再热管道、汽轮机汽缸、汽轮机阀壳等。检测方式为“分级检测”，即核心承压工件、关键焊缝需 100% 全检，次要部件或非关键区域可按比例抽检。工件材质为碳钢、不锈钢、铸钢，形状多为不规则圆柱状，工件尺寸见表 9-2。

表 9-2 项目主要探伤工件

名称	材质	年探伤工件数量	工件尺寸	产品照片
压力容器	碳钢、不锈钢、铸钢	420 件	直径 3-4.5m 长度 8-15m 厚 10-200mm	
核电再热管道		60 件	直径 0.4-3m 长度 5-13m 厚 2.5-40mm	
汽轮机汽缸		120 件	长最大 8m 宽最大 5m 高最大 3.5m 厚 30-50mm	
汽轮机阀壳		80 件	长最大 8m 宽最大 5m 高最大 3.5m 厚 60-200mm	

### （3）工作负荷

建设单位根据现有探伤作业经验，保守估计探伤设备年工作负荷，具体情况见表 9-3。

表 9-3 项目年探伤工作负荷统计表

\*\*\*

根据表 9-3, 4 台 X 射线探伤机年总出束时间合计约 400h, 3 台 $\gamma$ 射线探伤机年总出束时间合计约 600h。

## 2、人员配置

本项目拟配置 4 名辐射工作人员，均为新增人员，其中 1 名负责辐射安全管理，同时也参与探伤装置操作；分为 2 组，每组 2 人共同负责曝光室的探伤工作。

### (三) X 射线探伤机设备组成及工作原理

#### 1、设备组成

X 射线探伤机主要由控制箱、X 射线发生器和连接电缆等部件构成。控制箱用于调节探伤机开关、管电压、曝光时间等设置。连接电缆用于连接控制器与 X 射线发生器。X 射线发生器用于在控制器设置条件进行曝光探伤。



图 9-2 常见 X 射线探伤机示意图

#### 2、X 射线产生原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚光杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚光杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 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。这些高速电子到达靶面作用的轫致辐射即为 X 射线。

典型的 X 射线管结构见图 9-3。

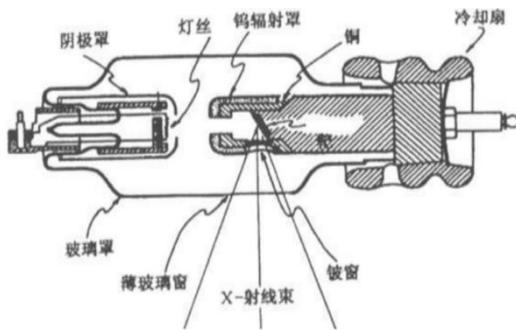


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

### 3、X 射线探伤原理

X 射线探伤机是利用 X 射线对物件进行透射拍片的检测装置。通过 X 射线管产生的 X 射线对受检工件焊缝处所贴的 X 线感光片进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机据此实现探伤目的。

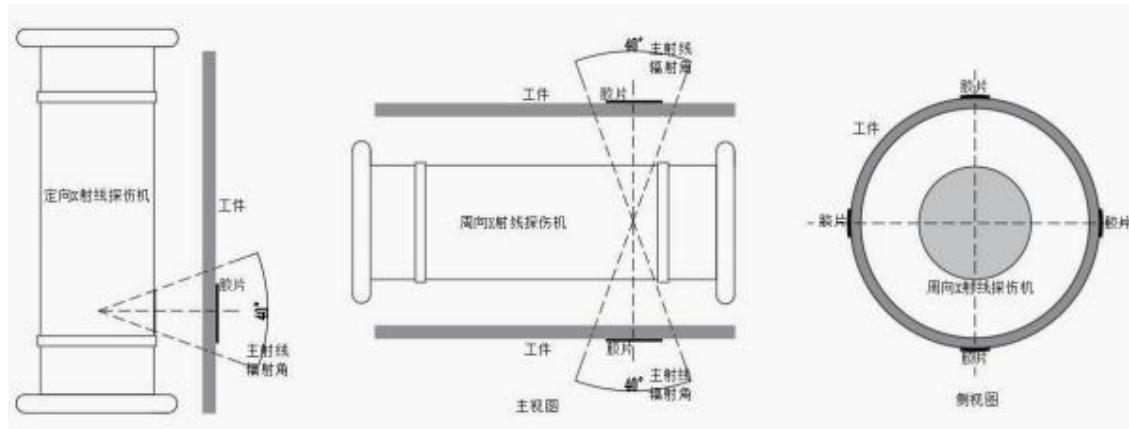


图 9-4 X 射线探伤机照射工件示意图

### 4、X 射线探伤工艺流程和产污环节

#### (1) 探伤机摆放及照射范围

由于本项目拟探伤的工件尺寸较大，因此工件通过轨道平板车运至曝光室内之后，工件的摆放位置总体上靠近曝光室中部，探伤时多为将探伤机固定在容器内部进行探伤（采用内照法），为便于工作人员进行探伤机放置和胶片张贴等操作，本次保守考虑探伤机摆放位置距离四周墙体最小距离为 1.5m，距东南侧工件进出门最小距离为 2.7m，距离地面高度范围约为 1m-4m。本项目拟配置 3 台定向机和 1 台周向机，因此，曝光室的四周和顶、底面均可能受到有用线束照射。

\*\*\*

图 9-5 X/γ射线探伤机摆放范围俯视图

\*\*\*

图 9-6 X/ $\gamma$ 射线探伤机摆放范围立面图

## (2) X 射机探伤工作流程

X 射线探伤机探伤时辐射工作人员通过轨道将探伤工件从工件门运至曝光室内，工作人员在操作室内隔室操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

①工作人员工作前需要开展各项准备工作，包括检查曝光室防护门机联锁装置、工作状态警示灯等防护安全措施。进入曝光室时，工作人员配戴个人剂量计、携带个人剂量报警仪。

②开展探伤检测前根据探伤机日常使用情况选择训机，操作 X 射线探伤机进行训机曝光；

③训机结束后，通过轨道平板车将工件从工件门外运至曝光室内，使用专用支架将探伤机固定在工件附近合适位置，在工件待检部位张贴胶片，检查无误后，工作人员撤离曝光室，并将工件门关闭；

④按照检测标准选择透照方式，根据工件规格选择一次透照长度及张数，根据曝光曲线选择合适的管电压以及曝光时间，现场检查无误后工作人员即在操作室启动曝光，当达到预定的照射时间后，关闭电源；

⑤待工件全部曝光摄片完成后，工作人员进入曝光室，收集已经曝光的胶片，打开工件门将探伤工件运送出曝光室外，收集后的胶片待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤业务。

X 射线探伤工艺流程及污染物产生环节见图 9-7。

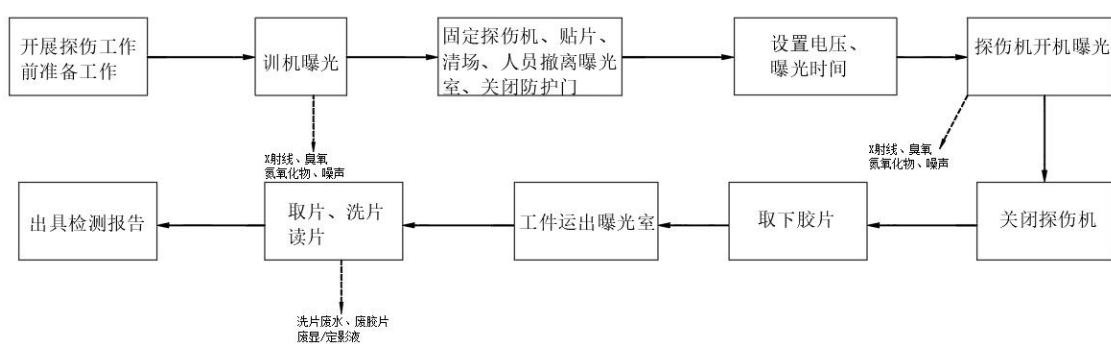


图 9-7 X 射线探伤工艺流程及产污环节图

由图 9-7 可知，本项目 X 射线探伤装置在运营过程中，产生的主要污染物为曝

光拍片中产生的X射线、少量氮氧化物和臭氧，在洗片过程中产生的废显影液、废定影液、废胶片及洗片废水，室内探伤时风机产生的噪声。

#### (四) $\gamma$ 射线探伤机设备组成及工作原理

##### 1、设备组成

$\gamma$ 射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器，其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆，另一端通过管接头和输源管连接。未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端构成照射头，用钥匙打开储源器的安全锁，再转动安全闸环到停止位置，使其指针对准红字“打开”处（即快门已开）；操作自控仪预置启动延迟时间、输源管距离、曝光时间，然后按下“启动”按钮，自控仪将自动完成“送源→曝光→收源”的检测照相过程。典型的 $\gamma$ 射线探伤机外观和结构图如下。



图 9-8  $\gamma$ 射线探伤机外观图

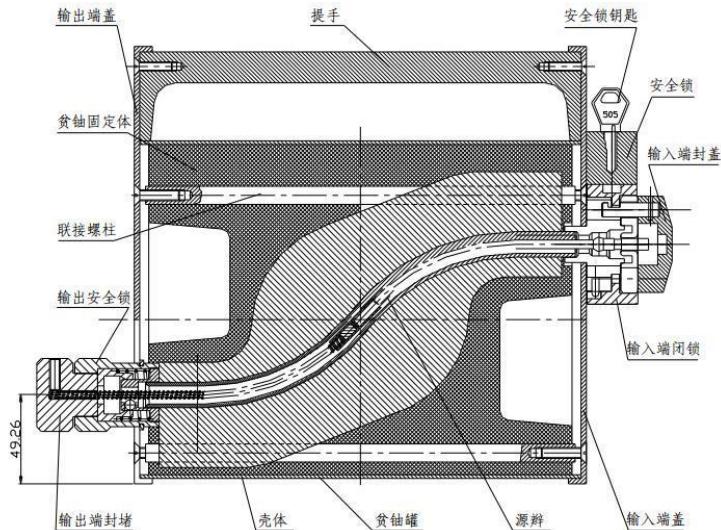


图 9-9  $\gamma$ 射线探伤机内部结构图

## 2、工作原理

$\gamma$ 射线探伤机在工作过程中通过 $\gamma$ 放射源产生的 $\gamma$ 射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像显示裂缝所在的位置， $\gamma$ 射线探伤机据此实现探伤目的。

## 3、 $\gamma$ 射线探伤工艺流程和产污环节

### (1) 探伤机活动及照射范围

由于本项目拟探伤的工件尺寸较大，因此工件通过轨道平板车运至曝光室内之后，工件的摆放位置总体上靠近曝光室中部，探伤时多为将探伤机固定在容器内部进行探伤（采用内照法），为便于工作人员进行探伤机放置和胶片张贴等操作，本次保守考虑探伤机摆放位置距离四周墙体最小距离为1.5m，距东南侧工件进出门最小距离为2.7m，距离地面高度范围约为1m-4m。

本项目拟配置3台 $\gamma$ 射线探伤机，曝光室的四周和顶、底面均可能受到有用线束照射。 $\gamma$ 射线探伤机在曝光室中的活动范围见图9-5、图9-6。

### (2) $\gamma$ 射线探伤工作流程

$\gamma$ 射线探伤机探伤时辐射工作人员通过轨道将探伤工件从工件门运至曝光室内，工作人员在操作室内隔室操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

①工作人员工作前需要开展各项准备工作，包括检查曝光室防护门门机联锁装置、工作状态警示灯等防护安全措施。进入曝光室时，工作人员配戴个人剂量计、携带个人剂量报警仪。

②通过轨道平板车将工件从工件门外运至曝光室内，人员进入曝光室固定工件并在工件待检部位张贴胶片；

③关闭曝光室工件门，将 $\gamma$ 射线探伤机从储源坑内取出，并将探伤机使用专用支架固定到工件附近适当位置，开启探伤机闭锁装置，工作人员清场退出曝光室，关闭曝光室迷道防护门；

④工作人员在控制室内，接通探伤机电源，通过探伤设备控制面板遥控操作，将放射源推送至曝光位置进行曝光；

⑤曝光结束后，通过遥控装置再将放射源收回探伤机贮源位，放射源回位后关

闭安全锁。工作人员打开防护门进入曝光室，将探伤机放回储源坑，取下胶片。收集已经曝光的胶片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤业务。

$\gamma$ 射线探伤工艺流程及污染物产生环节见图 9-10。

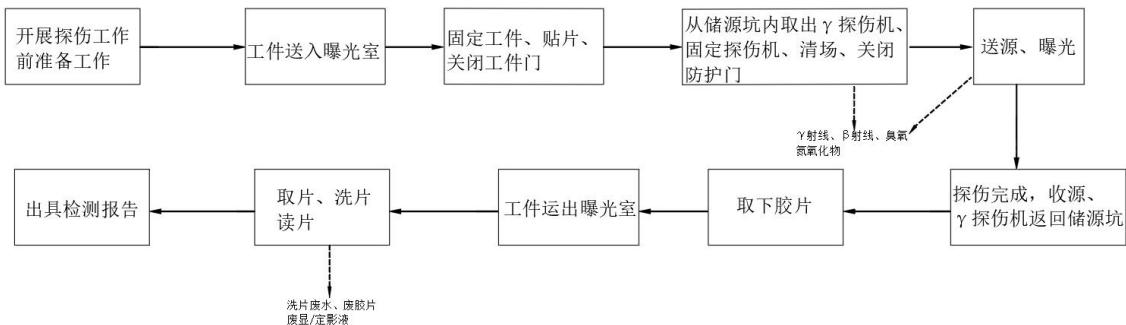


图 9-10  $\gamma$  射线探伤工艺流程及产污环节图

由图 9-10 可知，本项目 $\gamma$ 射线探伤装置在运营过程中，产生的主要污染物为 $\gamma$ 射线探伤机内放射源产生的 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线、少量氮氧化物和臭氧，在洗片过程中产生的废显影液、废定影液、废胶片及洗片废水，室内探伤时风机产生的噪声。

### (五) 人流、物流路径

工件路径：在生产车间内加工焊接后的工件经过轨道运入曝光室内合适位置进行探伤，探伤结束后的工件原路径返回车间内。

工作人员路径：工作人员依次经过操作室和迷道后进入曝光室内进行相关操作，完成相关操作后，沿原路径返回；探伤任务结束后，工作人员从曝光室取下的胶片放至湿暗室进行洗片工作，再至干暗室进行晾片工作，最终在评片室（2F）进行评片，产生的危险废物由工作人员带入危废暂存间。

\*\*\*

图 9-11 X 射线/ $\gamma$  射线探伤工件及人员路径示意图

## 污染源项描述

### 一、电离辐射

#### (一) X 射线探伤机

X 射线探伤机只有在开机其 X 射线管组件处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，不开机状态不产生辐射。

#### (二) $\gamma$ 射线探伤机

$\gamma$ 射线探伤机中含有密封放射源，一直会发出 $\gamma$ 射线和 $\beta$ 射线， $\beta$ 射线射程较短，

能量较小，对工作人员和周围环境的影响较小。 $\gamma$ 射线探伤机主要利用 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$ 、 $^{75}\text{Se}$ 衰变时发射的 $\gamma$ 射线， $\gamma$ 射线具有较强贯穿能力，因此 $\gamma$ 射线探伤机的主要污染因子是 $\gamma$ 射线；含放射源的 $\gamma$ 射线探伤机在贮存过程中有少部分 $\gamma$ 射线穿过探伤机屏蔽体和储源坑盖板泄漏到工作场所及周围环境中，对周围的工作人员和公众产生 $\gamma$ 射线外照射。

## 二、废气

X射线探伤机和 $\gamma$ 探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生臭氧和少量氮氧化物。

## 三、废水

本项目产生的废水主要包括洗片废水和工作人员生活废水，其中洗片废水约40m<sup>3</sup>/a，工作人员生活污水产生量约25.5m<sup>3</sup>/a。本项目产生的废水经同佳检测已建污水处理设施处理后排入园区污水管网，进入经德阳市石亭江城市生活污水处理厂处理，处理达标后排入石亭江。

## 四、噪声

本项目噪声源主要为通风设备，建设单位拟采用低噪音风机，其噪声值不超过65dB（A）。

## 五、固体废物

本项目工作人员产生的生活垃圾约2.0kg/d，依托厂区垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

本项目拟使用3台 $\gamma$ 射线探伤机（包括1台 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机、1台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机、1台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机），共使用3枚密封性放射源。放射源使用到一定时间不能满足探伤要求后，将退役成为废放射源。项目拟使用的 $^{60}\text{Co}$ 放射源约12年更换一次， $^{192}\text{Ir}$ 放射源约6个月更换1次， $^{75}\text{Se}$ 放射源约1年更换1次。建设单位承诺将按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源回收协议。

## 六、危险废物

本项目探伤拍片完成后，需对拍摄胶片进行显（定）影，在此过程产生一定数量的废显影液、废定影液、废胶片，均属于《国家危险废物名录（2025年版）》中

的感光材料废物，其危险废物编号为 HW16 (900-019-16)。据建设单位提供的资料，本项目年拍片量约 10000 张，每年约产生废胶片 300 张（废片率按 3% 考虑），每年约产生废显影液 240kg、废定影液 240kg。生产的危险废物均暂存于危废暂存间中，公司承诺及时与有处理危废资质的单位签订回收处理协议，不外排。

根据《承压设备无损检测 第 1 部分：通用要求》（NB/T 47013.1-2015）中第 7.3.3 条款要求，无损检测记录的保存期应符合相关法规标准的要求，且不得少于 7 年。7 年后若用户需要，可将原始检测数据转交用户保管。建设单位承诺本项目存档期满的胶片与同年既有探伤洗片产生的废胶片全部作为危废交有资质单位处理处置。

**表 10 辐射安全与防护**

## 项目安全设施

### 一、平面布局

#### (一) 项目平面布局及合理性分析

本项目探伤室位于生产厂房西南角，曝光室西南侧0-5m为配套用房（1层为操作室、干暗室、湿暗室，2层为晾片室、评片室、办公室），5-10m为厂区道路，10-30m为同佳检测食堂及倒班楼，约30-50m为四川宝烨金属制品有限公司；曝光室西北侧0-1.8m为封闭空间，1.8-19m厂区道路，19-50m为德阳市铸钢厂；曝光室东北侧0-50m范围均位于生产厂房内，依次为原材料堆放区域、机加工区域；曝光室东南侧0-45m范围位于生产厂房内，为装焊区域、喷砂打磨区域，45-50m为厂区道路。本项目探伤室下方无地下室，探伤室顶部为不可上人屋面。

根据设计方案，本项目探伤室在厂房西南角，探伤工作区域较为独立，利于人员的辐射防护；相关配套用房位于曝光室西南侧，便于评片工作的开展；探伤室工件进出门外靠近装焊区域，便于工件运输；探伤机工作过程产生的X射线和 $\gamma$ 射线经混凝土墙体和铅防护门的屏蔽并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。

综上，本项目平面布置既便于探伤各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，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，该项目平面布置是合理可行的。

#### (二) 辐射工作场所两区划分

##### 1、分区原则

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。

**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。

##### 2、控制区和监督区的划分

本次环评根据控制区和监督区的定义,结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。将探伤场所曝光室(含迷道、储源坑)划为控制区,将操作室、干暗室、湿暗室、危废暂存间、工件进出门外1m的区域划为监督区。本项目辐射工作场所两区划分见表10-1、两区划分示意图见下图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
新建工业X射线和 $\gamma$ 射线室内探伤项目	曝光室(含迷道、储源坑)	操作室、干暗室、湿暗室、危废暂存间、工件进出门外1m的区域
分区管理措施	对控制区进行严格控制,探伤机在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本要求标准》(GB18871-2002)6.4.1.4 c)在控制区的进出口及其合适位置设置处设立醒目的、符合附录F规定的警告标志。	禁止非相关人员进入,避免受到不必要的照射,并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本要求标准》(GB18871-2002)6.4.2.2 b)在监督区入口处适当地点设立表明监督区的标牌。

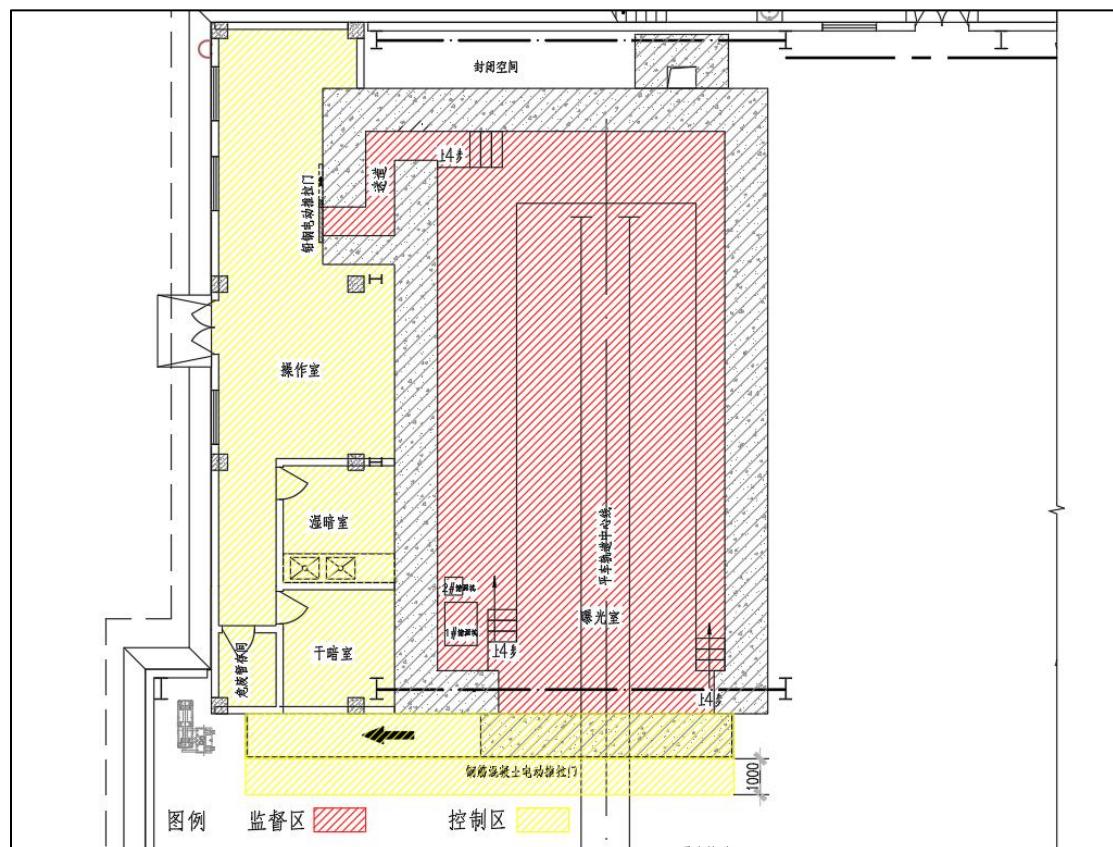


图10-1 项目两区划分示意图

### 3、控制区防护手段及安全措施

- ①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志,见图10-2;

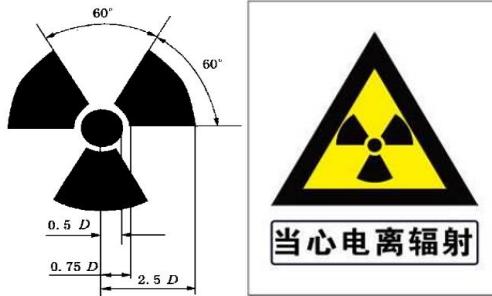


图10-2 电离辐射警告标志

- ②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- ③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（包括门锁和门禁）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开；
- ④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施。

#### 4、监督区防护手段与安全措施

- ①在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警告标志，并在监督区的入口处适当位置设立醒目的“监督区”字样等监督区提示或标牌；控制区地上用醒目的黄线标识进行划定，在探伤机工作期间不允许非操作人员在此范围内活动；
- ②人员离开时，操作室内 X 射线/γ射线钥匙关闭，钥匙由专人保管，防止其他人员误操作；
- ③定期检查该区域的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

## 二、辐射安全防护措施

### （一）工作场所实体屏蔽防护情况

#### 1、曝光室屏蔽设计

本项目曝光室屏蔽设计方案见表 10-2。

表 10-2 曝光室屏蔽设计方案一览表

工作场所	项目	屏蔽设计方案
曝光室	四周墙体	1.2m 厚钢筋混凝土
	屋顶	0.9m 厚钢筋混凝土
	迷道	位于西南侧“Z 字形”迷道，迷道内、外墙均为 1.2m 厚钢筋混凝土
	工件进出门	1.2m 厚钢筋混凝土电动推拉门
	人员进出门（迷道门）	25mmPb 电动防护门
	储源坑	位于曝光室西南角, 1#储源坑尺寸长 0.5m×宽 0.5m×

	深 0.5m, 2#储源坑尺寸长 1.2m×宽 0.9m×深 1.0m, 储源坑上方均设置 16mm 钢盖板
--	---

注：本项目曝光室拟使用的混凝土密度不低于  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅的密度不低于  $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ；屋顶无建筑且无人员居留，下方为土层。

## 2、通排风系统及电缆敷设情况

**通排风系统：**曝光室设置了通排风系统，曝光室进风系统采用顶部进风设计（进风口尺寸 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ ），在曝光室顶部设有凸起式风井结构，入口处安装轴流风机；排风系统采用地沟式设计，排风口（尺寸 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ ）设置于平板车轨道地沟内并安装轴流风机（风量 $5000^3\text{m}/\text{h}$ ，换气次数约5次），排风管道经探伤室西北侧屏蔽墙体穿出，延伸至厂房外墙处排放（距地高度约 $6.8\text{m}$ ），排风口不朝向人员活动密集区。

进风通道内侧采用 $40\text{mmPb}$ 的铅板做防护补偿；排气管道采用地沟形式，通过弯折的管道布设可防止射线泄露。

**电缆敷设：**为确保探伤室辐射防护效果，电缆采用“U”型穿墙，利用“U”型的“弯折路径”，射线经过多次反射衰减，无法沿直线穿出室外，从而弥补孔道间隙可能带来的屏蔽缺陷，维持墙体整体屏蔽效果，电缆沟上方采用不锈钢板覆盖。

## 3、防护门与墙体的搭接

工件进出门尺寸为 $7\text{m} \times 6.8\text{m}$ ，预留门洞尺寸为 $6\text{m} \times 6\text{m}$ ；其门体与门套（平面重叠）的两侧搭接各约 $0.5\text{m}$ ，上搭接 $0.5\text{m}$ ，下搭接 $0.3\text{m}$ 。

人员进出门（迷道门）尺寸为 $1.2\text{m} \times 2.3\text{m}$ ，预留门洞尺寸为 $0.8 \times 2\text{m}$ ；其门体与门套（平面重叠）的左右搭接各 $0.2\text{m}$ ，上搭接 $0.2\text{m}$ ；下搭接 $0.1\text{m}$ 。本项目防护门关闭后，均可完全遮挡门洞，防止了射线漏射。

## 4、储源坑屏蔽防护

本项目拟在曝光室西南角设置 1#储源坑用于储存 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机，2#储源坑用于储存 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机、 $^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机。1#储源坑尺寸长 $0.5\text{m} \times$ 宽 $0.5\text{m} \times$ 深 $0.5\text{m}$ ，2#储源坑尺寸长 $1.2\text{m} \times$ 宽 $0.9\text{m} \times$ 深 $1.0\text{m}$ ，底部及四周均采用混凝土（厚度 $0.1\text{m}$ 或 $0.2\text{mm}$ ），上方均设置 $16\text{mm}$ 钢盖板。

### （二）设备固有安全性分析

#### 1、X 射线探伤机

设备拟购买于正规厂家，各项安全措施齐备，设备本身采取了多种安全防护措施：

①开机自检系统：X射线探伤机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设备停止工作较长时间后，再次使用时需要进行训机操作后才可使用，避免X射线发生器损坏。

⑤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。

## 2、 $\gamma$ 射线探伤机

① $\gamma$ 射线探伤机具有放射源贮存和运输的屏蔽容器，其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层，能够有效屏蔽放射源产生的 $\gamma$ 射线。

②源容器的一端有安全联锁装置，可连接控制缆，另一端通过管接头和输源管连接。

③ $\gamma$ 射线探伤机配有驱动/遥控装置和输源管道，通过输源管道将放射源输送到较远的照射头位置，可有效减小工作人员与放射源之间的距离。

④ $\gamma$ 射线探伤机配置有安全锁钥匙，在探伤作业时，未开启安全锁钥匙，不能出源；结束探伤照射后，放射源收回至探伤机贮源位，放射源回位时安全锁自动关闭；如需要继续出源照射，则需要再次开启安全锁钥匙。

⑤安全锁锁死时，源辫不能移动，探伤机不会出源；安全锁打开时，源辫才能移动离开探伤机源容器。

⑥ $\gamma$ 射线探伤机出厂时，探伤机容器已经进行了相关性能检测，表面辐射剂量率满足《 $\gamma$ 射线探伤机》（GB/T14058-2023）和《工业探伤放射防护标准》

(GBZ117-2022) 中的相关要求。

⑦γ射线探伤机配置有源辩位置指示器系统，具有显示放射源的具体位置、数字显示源辩离开源容器的距离和音响提示源辩已离开源容器的功能。

⑧γ射线探伤机配置有自动回源装置、专用源顶鞭和专用止动弹簧，自动回源装置可确保非工作状态时放射源（源辩）自动锁闭在屏蔽容器内，且工作状态下可通过驱动装置快速回源；专用源顶鞭可确保源辩更换需使用原生产单位提供的新源辩，进口设备可更换国产源辩但需经放射源生产单位认可；专用止动弹簧属于连接结构的一部分，用于固定源辩位置，防止因机械失效导致放射源意外移动或脱落。

### （三）辐射安全防护措施

**1、安全联锁切换功能：**本项目拟在探伤室内使用多台射线装置，场所辐射安全防护联锁措施需具备切换功能。每台探伤机的控制台配备安全联锁电缆线插口，配备一套安全联锁电缆线。当需要使用某台探伤机时，将安全联锁电缆线插入该探伤机控制台的插口，此时该探伤机满足启动条件，可开启电源进行出束作业。若要切换到另一台探伤机，将电缆线从当前探伤机控制台拔出，插入拟启动的探伤机控制台即可。

**2、门机联锁：**曝光室工件进出门、人员进出门拟设置门-机联锁装置，即探伤设备与防护门形成联锁，只有在防护门关闭后探伤机才能出束探伤；防护门被意外打开时，X射线探伤机立即停止照射、γ射线探伤机则立即回源停止照射。

**3、工作状态指示灯和声音提示装置：**曝光室工件进出门及人员进出门顶部拟各设置1个显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。工作状态指示灯应与探伤机状态进行连接，“预备”信号应持续足够长的时间，“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

**4、门灯联锁：**曝光室工件进出门及人员进出门顶部拟各设置1个工作状态指示灯，并与防护门联锁，防护门关闭时，工作状态指示灯亮，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯熄灭。

**5、急停按钮及紧急开门按钮：**本项目曝光室内拟设置5个急停按钮（西南侧墙体上1个、西北侧墙体上1个、东北侧墙体上2个、迷道内墙1个），同时在控制室上设置1个急停按钮并张贴中文标识，在紧急情况下按下按钮可立即停

止探伤设备出束。在曝光室防护门内侧拟设置 1 个紧急开门装置，在紧急情况下按下按钮可以从曝光室内侧打开防护门，门机联锁装置随即启动，探伤设备立即停止出束。

**6、钥匙控制开关：**操作室内控制台上设置钥匙控制开关，工作人员插入钥匙时设备才能被启动，拔出钥匙设备立即停止运行。

**7、视频监控：**曝光室、迷道均安装有视频监控，确保曝光室内全覆盖，在控制台操作人员可以在控制室内屏幕上监视曝光室内探伤作业过程，查看是否有人员滞留在曝光室内。

**8、固定式场所辐射探测报警装置：**在曝光室设置固定式辐射监测报警装置（带剂量显示功能），监测探头安装在迷道内靠近曝光室一侧的入口处，主机显示屏安装于控制台上；当迷道内靠近防护门处剂量水平超过预设的阈值，报警装置就会报警提示。

#### （四）放射源管理措施

公司对于拟使用 3 台含II类放射源的 $\gamma$ 射线探伤机，在曝光室设置储源坑暂存含放射源探伤机。曝光室具有防水、防火、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”管控措施，具体见下表。

表 10-3 曝光室“六防”措施一览表

措施类别	措施内容
防火	曝光室为钢筋混凝土结构，储源坑四周为混凝土坑壁，采用钢板作为盖板；曝光室内拟安装烟雾报警装置，配备灭火器，不暂存易燃、易爆、腐蚀性物品，能够有效防火。
防水	曝光室在位于生产车间内部西南角，厂区内设有雨污分流设施，曝光室墙体四周和顶部均为钢筋混凝土，具有较好防水效果。
防盗、防丢失和防破坏	①曝光室墙体四周和顶部均为钢筋混凝土，并设有工件门和迷道门，场所内设置有无死角监控摄像头 24h 实时监控，公司专人值守； ②拟对储源坑采用 16mm 钢板作为盖板，并且落实双人双锁和出入库台账管理。
防泄漏	①项目拟使用的 $\gamma$ 放射源探伤机均购置于正规厂家，探伤机具有牢固的源容器，且在出厂前均进行了辐射剂量检测，满足剂量标准方可出厂； ②项目拟配备个人剂量报警仪和便携式辐射剂量率仪，可以对探伤机进行辐射剂量率水平监测； ③项目拟在曝光室设固定式辐射剂量报警仪，发现辐射剂量超过设定阈值，立即处理。

此外，建设单位还应做好以下管理措施：

1、明确 2 名以上工作人员专职负责放射源的保管工作。

- 2、 $\gamma$ 射线探伤机的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的 $\gamma$ 射线探伤机。
- 3、每月定期对 $\gamma$ 射线探伤机的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。
- 4、探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备 1 台个人剂量报警仪，并佩戴个人剂量计，个人剂量计应定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。
- 5、每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示、输源管、驱动装置等性能。
- 6、每次探伤作业完成后，探伤工作人员应对探伤装置进行目视检查，确保设备完整没有被损坏。并采用便携式辐射剂量监测仪对探伤机表面进行检测，确认放射源回到源容器的屏蔽位置。
- 7、更换放射源时，建设单位应向所在地省级生态环境主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起 20 日内，分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。
- 8、放射源换源工作必须由探伤机生产单位或有资质的专业机构进行，并做好必要的防护。

### 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》（原环保部第 18 号令）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第 31 号）《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》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〕1400 号）相关要求，将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-4。

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

序号	项目	具体要求	落实情况	备注
1	实体 防护	曝光室（含储源坑）	已设计	/
		防护门	已设计	/
2	场所	入口电离辐射警告标志	拟设置 2 个	/

3	设施	入口处工作状态指示灯	拟设置 2 套	/
4		准备出束声光提示	拟设置 2 套	/
5		场所分区	拟设置	/
6		门机联锁	拟设置 2 套	/
7		门-剂量联锁	拟设置 2 套	/
8		带中文标识的紧急停机按钮	拟设置 6 个	/
9		紧急开门按钮	1 个	
10		控制台有钥匙控制	拟设置	/
11		固定式场所辐射探测报警装置	拟设置	/
12		视频监控	拟设置	/
13		通排风系统	已设计	/
14	$\gamma$ 射线探伤机	源容器电离辐射标志	设备自带	/
		探伤机表面金属铭牌文字和标识	设备自带	/
		放射源编码卡	设备自带	/
		安全锁和专用钥匙	设备自带	/
		探伤装置外观无明显缺损	设备自带	/
		探伤装置在有效期内（10 年）	设备自带	每台 $\gamma$ 探伤装置使用不得超过 10 年
		贮存场所安保措施	拟设置	双人双锁和 24 小时视频监控
15	监测设备	便携式辐射监测仪（高量程满足 10mSv/h 以上）	拟配备 1 台	/
16		个人剂量报警仪	拟配备 2 台	/
17		个人剂量计	拟配备 4 套	/
18	应急物资	个人防护用品（铅衣）	拟配备 2 套	/
		应急处理工具（如长柄夹具等）	拟配备 1 套	/
		放射源应急屏蔽材料	拟配备 1 套	/
		灭火器材	拟配备 1 套	/

#### 四、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，建设单位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。本项目总投资\*\*\*，环保投资\*\*\*元，占总投资的\*\*\*。本项目辐射安全防护和环保设施（措施）及投资见表 10-4。

表 10-4 环保设施及投资估算一览表

项目	设备设施	环保设施	数量	投资金额(万元)
新建工业 X 射	实体防护场所	曝光室（含储源坑）	1 座	***
		防护门	2 扇	***
		入口电离辐射警告标志	2 套	***

线和 γ射 线室 内探 伤项 目	设施	入口处工作状态指示灯	2 套	***	
		准备出束声光提示	2 套	***	
		控制区、监督区标识	1 套	***	
		门机联锁	7 套	***	
		门-剂量联锁	2 套	***	
		带中文标识的紧急停机按钮、紧急开门按钮	6 个、1 个	***	
		控制台有钥匙控制	1 套	***	
		固定式场所辐射探测报警装置	1 套	***	
		危废暂存间（重点防渗处理）	1 间	***	
		废定、显影液、废胶片收集桶	各 1 个	***	
		通排风系统	1 套	***	
		视频监控系统	1 套	***	
监测 设备		个人剂量计	4 套	***	
		个人剂量报警仪	2 个	***	
		便携式辐射剂量率仪（高量程满足 10mSv/h 以上）	1 台	***	
应急 物资		个人防护用品（铅衣）	1 套	***	
		应急处理工具（如长柄夹具等）	1 套	***	
		放射源应急屏蔽材料	1 套	***	
		灭火器材	1 套	***	
其他		废显、定影液及废胶片处理	---	***	
		辐射安全与防护学习及考核	---	***	
		合计	/	***	

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

本项目拟使用的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机在探伤过程中会产生臭氧和少量氮氧化物，为了防止臭氧在曝光室内累积导致室内臭氧浓度超标，探伤室设置了通排风系统。

曝光室进风系统采用顶部进风设计（进风口尺寸 400mm×400mm），在曝光室顶部设有凸起式风井结构，入口处安装轴流风机；排风系统采用地沟式设计，排风口（尺寸 600mm×600mm）设置于平板车轨道地沟内并安装轴流风机（风量 5000m<sup>3</sup>/h，换气次数约 5 次/h），排风管道经曝光室西北侧屏蔽墙体穿出，延伸至厂房外墙处排放（距地高度约 6.8m），排风口不朝向人员活动密集区。

本项目排风次数满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“每小时有效排风换气次数应不小于 3 次”的要求，产生的臭氧经自然分解和稀释，对周围环境影响较小。

## 二、废水

本项目产生的废水主要包括洗片废水和工作人员生活废水，其中洗片废水约  $40\text{m}^3/\text{a}$ ，工作人员生活污水产生量约  $25.5\text{m}^3/\text{a}$ 。本项目产生的废水经同佳检测已建污水预处理设施处理后排入园区污水管网，进入经德阳市石亭江城市生活污水处理厂处理，处理达标后排入石亭江。

## 三、固体废物

### 1、生活垃圾

本项目工作人员产生的生活垃圾约  $2.0\text{kg/d}$ ，依托厂区垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

### 2、废放射源

公司拟使用 1 枚  $^{60}\text{Co}$  放射源、1 枚  $^{192}\text{Ir}$  放射源、1 枚  $^{75}\text{Se}$  放射源，放射源使用一定时间不能满足无损检测要求后，将退役成为废放射源。根据建设单位提供资料和行业经验， $^{60}\text{Co}$  放射源约 12 年更换一次、 $^{192}\text{Ir}$  放射源约 6 个月更换一次、 $^{75}\text{Se}$  放射源约 1 年更换一次。公司将按照国家废放射源处置的相关规定要求，在购买放射源时与供源单位同时签订废放射源回收协议，及时将产生的退役放射源返回生产厂家处理。

## 四、危险废物

本项目每年约产生废胶片 300 张、废显影液 240kg、废定影液 240kg，属于《国家危险废物名录(2025 年版)》中的感光材料废物，其危险废物编号为 HW16 (900-019-16)。本项目探伤洗片过程中产生的废显影液、废定影液、废胶片暂存在专用的、设置了危废标志的容器中，并在危废暂存间中暂存，相关危险废物均定期交有资质的单位回收、处置。存档期满的胶片作为废胶片委托有资质单位回收处理。

同时，危废暂存间及危废处置应做好以下几点：

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

中规定的要求，采取防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐等措施，不应露天堆放危险废物。

(2) 应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。

(3) 危废暂存间内地面、墙面裙角、堵截防漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝。

(4) 危废暂存间须做好防渗措施，防渗层为至少 1m 厚的黏土层（渗透系数 $\leq 10^{-7}\text{cm/s}$ ），或 2mm 厚的高密度聚乙烯，或至少 2mm 厚的其它人工材料（渗透系数 $\leq 10^{-10}\text{cm/s}$ ）。

(5) 危废暂存间应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

(6) 应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。

(7) 危险废物贮存区域和危险废物收集桶上必须按《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022) 和《环境保护图形标志 固体废物贮存(处置)场》(GB 15562.2-1995) 2023 年修改单的规定设置危险废物标签，相关标志、标签如下。



图 10-8 危险废物相关标志、标签

(8) 危险废物转移应按照《危险废物转移管理办法》的有关要求规定填写危险废物转移联单。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。

## 五、射线装置报废处置

根据《四川省辐射污染防治条例》及《工业探伤放射防护标准》(GBZ

117-2022) 有关规定, 射线装置在报废处置时, 使用单位(本项目建设单位) 应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。本项目生产使用的 X 射线管需要报废时, 应将 X 射线的真空玻璃部件、陶瓷部件和灯丝等破碎损坏, 使射线管无法通电运行。

对于 $\gamma$ 射线探伤机内置放射源, 建设单位将按照国家废旧放射源处置相关规定和要求, 与供源单位签订废放射源回收协议, 及时将退役的废放射源返回生产厂家处理。

**表 11 环境影响分析**

## 建设阶段对环境的影响

### 一、施工阶段的环境影响

由于本项目对租用厂房改造，拟在租赁的生产厂房西南角新建1座探伤室，探伤室施工期主要包括对曝光室采用钢筋混凝土连续浇筑，浇筑完成后对屏蔽墙体及辅助用房进行装修和辐射防护设施设备安装。施工期将会产生施工废水、扬尘、机械噪声、建筑垃圾以及施工人员生活污水和生活垃圾等。本次仅对探伤室施工期的环境影响进行简单分析。

#### （一）大气环境影响分析

施工期的大气污染物主要是扬尘和装修废气，主要污染因子为无组织排放的TSP和装修材料释放的少量有机废气。

施工期间，施工单位主要通过施工管理和洒水降尘等措施进行扬尘控制，并通过选用优质建材和加强装修施工期间的室内通排风，加快废气扩散降解，对环境影响很小。

#### （二）声环境影响分析

施工期的噪声主要来源于施工现场的各类机械设备，项目所在同佳检测内，设有厂界围墙，且装修施工主要在室内进行。因此，经过建筑隔声和距离衰减后，施工噪声对周围环境影响较小。

#### （三）水环境影响分析

本项目施工期产生的废水包括施工作业废水和施工人员生活污水。

##### 1、施工废水

施工废水主要为施工机械、车辆冲洗废水，主要污染物是悬浮物和石油类等。本项目依托在同佳检测施工场地修建的临时沉淀池对施工废水沉淀处理后回用于场地洒水降尘，不排放。

##### 2、生活污水

施工人员生活污水依托同佳检测厂区已建污水预处理设施处理后排入园区污水管网，进入经德阳市石亭江城市生活污水处理厂处理，处理达标后排入石亭江，对环境影响很小。

#### （四）固体废物影响分析

施工期固体废物主要包括少量建筑垃圾和施工人员生活垃圾。

##### 1、建筑垃圾

施工过程中会产生少量建筑垃圾，建设单位拟将可回收利用的废料回收利用或收集后销售处理，不能回收利用的由施工单位统一运送至政府指定建筑垃圾堆放场。

##### 2、生活垃圾

项目施工期产生的生活垃圾经分类收集后由环卫部门统一处理。

**本项目施工期较短，施工量较小，且施工对环境产生的影响随着施工结束而消除，因此项目施工期对环境造成的影响较小。**

## 二、设备安装及调试阶段

本项目 X 射线、 $\gamma$  射线探伤装置安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线探伤装置安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在曝光室门外设立当心电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，探伤机开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在曝光室入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线探伤装置；人员离开时曝光室上锁并派人看守。

根据《关于<关于 $\gamma$ 射线探伤装置的辐射安全要求>的通知》（原国家环境保护总局文件 环发〔2007〕8号）的要求：“探伤装置装源（包括更换放射源）应由放射源生产单位进行操作，并承担安全责任。生产、销售、使用探伤装置单位不得自行进行装源操作”，本项目 $\gamma$ 射线探伤机内置放射源将由放射源生产单位定期更换，建设单位不涉及换源工作， $\gamma$ 射线探伤机换装放射源具体实施过程不会对本项目辐射工作人员产生辐射影响。

本项目探伤设备调试时间较短，且 X 射线探伤机和 $\gamma$  射线探伤机均位于曝光室内，曝光室内每次只会调试单台设备，不会出现多台探伤设备同时调试的情况；调试过程中产生的射线经墙体和防护门屏蔽防护后，屏蔽体外周围剂量当量率水平能满足相关标准要求，因此，本项目设备调试阶段对环境和辐射工作人员的影响较小。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

### 一、辐射环境影响分析

#### (一) 探伤室及探伤设备基本情况

本项目拟建1座探伤室（1间曝光室），曝光室四周墙体均为1.2m厚钢筋混凝土，西南侧“Z字形”迷道内、外墙体均为1.2m厚钢筋混凝土，屋顶为0.9m厚钢筋混凝土，东南侧工件进出门为1.2厚钢筋混凝土电动推拉门，西南侧迷道门为25mmPb铅钢电动防护门。曝光室内设1#、2#储源坑用于 $\gamma$ 射线探伤机的储存，曝光室下方无地下室，所以地面防护不予考虑。

拟在曝光室内使用4台X射线探伤机和3台 $\gamma$ 射线探伤机，4台X射线探伤机年总出束时间合计约400h，3台 $\gamma$ 射线探伤机年总出束时间合计约600h。X射线探伤机和 $\gamma$ 射线探伤机有用线束可能照向曝光室各面墙体，因此对各面墙体均考虑有用线束影响。所有探伤作业仅在曝光室内，不存在室外或野外探伤，且曝光室内不存在两台及两台以上探伤设备同时运行的情况。

探伤设备基本情况如下：

表 11-1 本项目探伤设备情况一览表

X射线探伤机					
序号	设备名称	数量	额定参数	输出量	照射方向
1	4510定向X射线探伤机	1台	管电压450kV、管电流10mA	55mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	不固定
2	3005定向X射线探伤机	1台	管电压300kV、管电流5mA	20.9mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	不固定
3	2505定向X射线探伤机	1台	管电压250kV、管电流5mA	16.5mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	不固定
4	3005周向X射线探伤机	1台	管电压300kV、管电流5mA	20.9mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	不固定

$\gamma$ 射线探伤机				
序号	设备名称	数量	出厂活度	周围剂量当量率常数
1	$^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机	1台/1枚	3.70E+12Bq	0.35 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$
2	$^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机	1台/1枚	3.70E+12Bq	0.17 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$
3	$^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机	1台/1枚	3.70E+12Bq	0.072 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$

注：①X射线探伤机输出量：参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

表 B.1, 本项目保守按照管电压 250kV 下过滤条件为 2mm 铝进行取值, 即输出量为  $16.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ; 管电压 300kV 下过滤条件为 3mm 铝进行取值, 即输出量为  $20.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。管电压 450kV 的 X 射线探伤机根据《辐射防护导论》附图 4, 取 0.5mmCu 过滤片对应的 1m 处的输出量, 即  $55 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

②γ射线探伤机周围剂量当量率常数参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表A.1。

## (二) X 射线环境影响分析

本次拟配备的 4 台 X 射线探伤机中，4510 定向 X 射线探伤机电压、电流、输出量均为最大，且探伤机可能朝向曝光室各面墙体出束，对各面墙体均考虑有用线束影响，本次预测选择 4510 定向 X 射线探伤机在探伤活动时，进行探伤室周围辐射剂量率代表性分析。

## 1、探伤室关注点设置及参考剂量率水平

本项目关注点选取如图11-1所示：

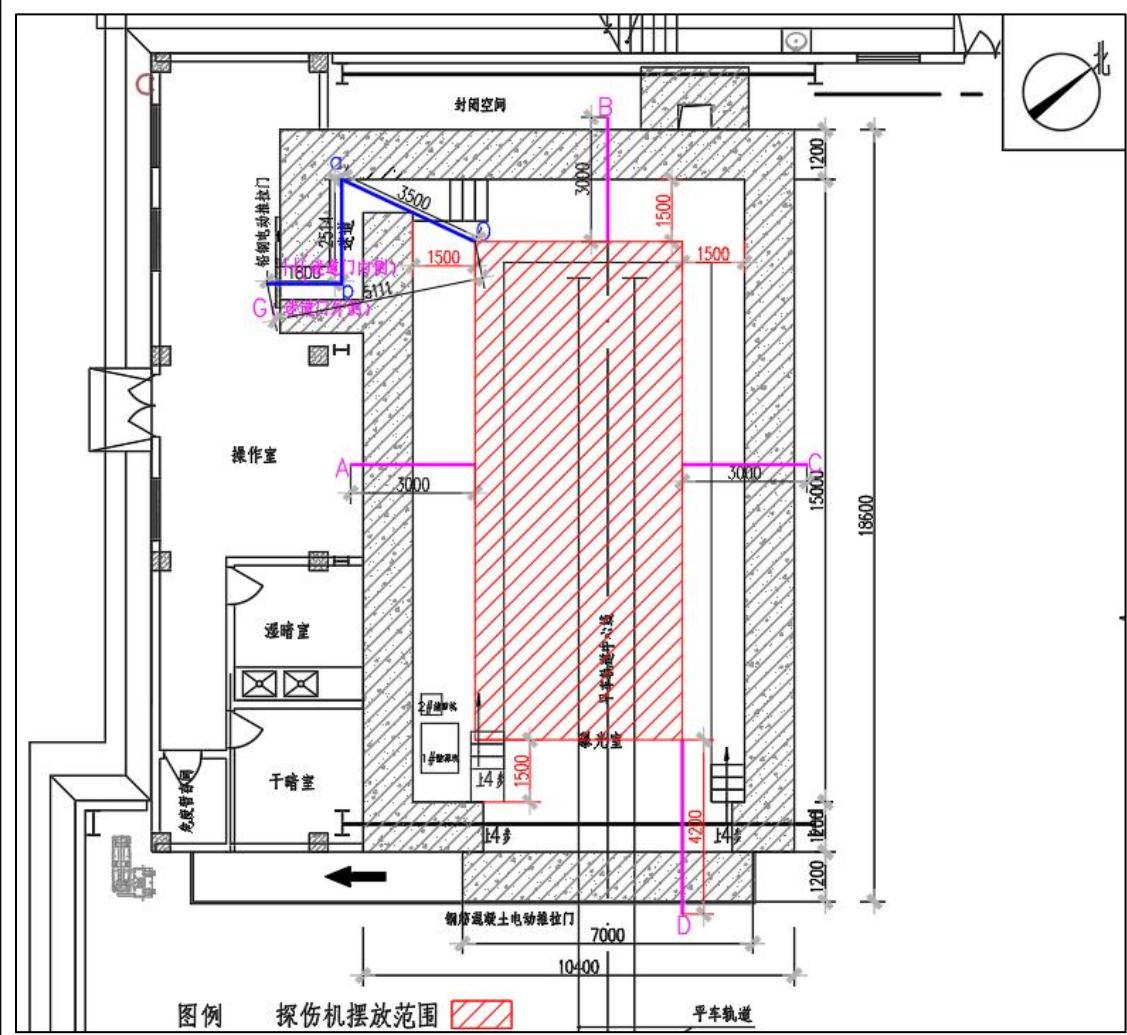




图11-1 本项目曝光室关注点布置示意图

本项目曝光室外关注点参考剂量率水平见表 11-2:

表11-2 本项目探伤情况一览表

关注点	位置描述	照射途经	距离	剂量参考控制水平
A	曝光室西南侧墙体外30cm处 (1F)	有用线束	3.0m	2.5 $\mu$ Sv/h
B	曝光室西北侧墙体外30cm处	有用线束	3.0m	2.5 $\mu$ Sv/h
C	曝光室东北侧墙体外 30cm 处	有用线束	3.0m	2.5 $\mu$ Sv/h
D	曝光室东南侧工件进出门外 30cm 处	有用线束	4.2m	2.5 $\mu$ Sv/h
E	曝光室屋顶外 30cm 处	有用线束	4.7m	10 $\mu$ Sv/h
F	曝光室西南侧墙体外 30cm 处 (2F)	有用线束	3.0m	2.5 $\mu$ Sv/h
G	曝光室西南侧迷道门外 30cm 处	散射、漏射	7.9m	2.5 $\mu$ Sv/h

注: 本项目曝光室屏蔽体外周围剂量率控制水平参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 标准要求: 四周屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 $\mu$ Sv/h; 曝光室屋顶没有人员到达, 本项目保守取屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平不大于10 $\mu$ Sv/h。

## 2、关注点处剂量率水平估算

### ①屏蔽墙体外关注点处剂量率估算

曝光室外关注点处的辐射剂量率计算模式根据《工业 X 射线探伤室辐射屏

蔽规范》（GBZ/T250-2014），主射线所致关注点辐射剂量率由下列公式计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{(式 11-1)}$$

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{(式 11-2)}$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

X—屏蔽物质厚度；

TVL—屏蔽物质什值层，根据《辐射防护导论》表 3.5 查得，管电压为 400kV 和 0.5MV 下混凝土的什值层， $TVL_{(400kV, \text{混凝土})} = 10\text{cm}$ 、 $TVL_{(0.5MV, \text{混凝土})} = 11.9\text{cm}$ ，采用插值法，本项目  $TVL_{(450kV, \text{混凝土})}$  取  $10.95\text{cm}$ ； $TVL_{(400kV, \text{铅})} = 0.82\text{cm}$ 、 $TVL_{(0.5MV, \text{铅})} = 1.03\text{cm}$ ，采用插值法，本项目  $TVL_{(450kV, \text{铅})}$  取  $0.925\text{cm}$

I—最大管电流，取  $10\text{mA}$ ；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$H_0$ —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，本项目取  $55\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即  $3.3 \times 10^6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

表 11-3 曝光室墙外关注点剂量率预测结果

\*\*\*

由表 11-3 可知，X 射线正常运行时，曝光室墙外关注点最大剂量率为  $9.02 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ （顶部）。

## ②迷道入口关注点处剂量率估算

在 X 射线探伤机进行探伤作业时，迷道入口处的散射辐射剂量率可参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式进行计算：

$$\dot{H}_{\text{散}} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{(式 11-3)}$$

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{(式 11-4)}$$

式中：

B—散射屏蔽透射因子；

TVL—屏蔽物质什值层，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 中 X 射线  $90^\circ$  散射辐射最高能量对应的 kV 值，根据表中

数据，当300kV探伤机散射一次时对应的散射辐射为200kV，400kV探伤机散射一次时对应的散射辐射为250kV，因此可得出450kV探伤机散射对应的散射辐射约为300kV，根据（GBZ/T250-2014）表B.2查得，300kV探伤机TVL<sub>铅</sub>取5.7mm。

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

R<sub>s</sub>—散射体至关注点的距离，根据前文描述，本项目X射线探伤机可能朝向任意方向出束，因此本次保守考虑探伤机直接向迷道出束，即以迷道墙体为散射体，取4.3m（散射路径为a→b→H， $2.5\text{m}+1.8\text{m}=4.3\text{m}$ ）；

R<sub>0</sub>—靶点至检测工件的距离，本项目取靶点到迷道墙体距离即3.5m（o→a）；

I—最大管电流，10mA；

H<sub>0</sub>—距辐射源点（靶点）1m处输出量，本项目取55mGy·m<sup>2</sup>/（mA·min），即3.30E+06 $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

F—R<sub>0</sub>处的辐射野面积，取第一个迷道截面积1.68m<sup>2</sup>；

$\alpha$ —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°散射辐射最高能量对应的kV值，当300kV探伤机散射一次时对应的散射辐射为200kV，400kV探伤机散射一次时对应的散射辐射为250kV，因此可得出450kV探伤机散射一次时对应的散射辐射约为300kV，因此根据（GBZ/T250-2014）中表B.3散射因子保守取值0.0475。

表 11-4 曝光室迷道入口处散射剂量率预测结果

\*\*\*

迷道防护门外除迷道散射辐射外，还受到墙体漏射剂量的叠加，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。

$$B = 10^{-XTVL} \quad \dots \quad (\text{式 } 11-5)$$

$$\dot{H}_{漏} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots \quad (\text{式 } 11-6)$$

式中：

B—漏射屏蔽透射因子；

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

$H_L$ —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 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )，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  $5.00E+03\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 1 中可得；

R—参考点离靶点的距离，m。

表 11-5 曝光室迷道入口处漏射剂量率预测结果

\*\*\*

综上，迷道门外剂量率为 **6.50E-01 $\mu\text{Sv}/\text{h}$** 。

### (三) $\gamma$ 射线环境影响分析

#### 1、 $\gamma$ 射线探伤机未探伤时的辐射环境影响

未开展探伤作业时，放射源贮存在 $\gamma$  射线探伤机的源容器内，探伤机存放在曝光室内的储源坑内。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 和《 $\gamma$  射线探伤机》(GB/T 14058-2023) 表 2，本项目拟使用的  $^{60}\text{Co}$  放射源 $\gamma$  射线探伤机属于 M 类移动式 $\gamma$  射线探伤机，离容器外表面 5cm 处周围当量剂量率极限值不超过  $1\text{mSv}/\text{h}$ ，离容器外表面 100cm 处周围当量剂量率极限值不超过  $0.05\text{mSv}/\text{h}$ ； $^{192}\text{Ir}$  放射源 $\gamma$  射线探伤机、 $^{75}\text{Se}$  放射源 $\gamma$  射线探伤机属于 P 类便携式 $\gamma$  射线探伤机，离容器外表面 5cm 处周围当量剂量率极限值不超过  $0.5\text{mSv}/\text{h}$ ，离容器外表面 100cm 处周围当量剂量率极限值不超过  $0.02\text{mSv}/\text{h}$ 。

#### (1) 未采取屏蔽防护时 $\gamma$ 射线探伤机不同距离处剂量率

根据空气比释动能率与距离平方成反比的规律，可计算得出距离探伤机不同位置处的辐射剂量率水平。

$$\dot{K} = K \cdot \frac{R_0^2}{R_1^2} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

$\dot{K}$ —距探伤机表面  $R_1$  处的空气比释动能率， $\text{mSv}/\text{h}$ ；

K—距离探伤机表面 5cm 或 100cm 处的空气比释动能率；

$R_0$ —源容器表面外 0.05m；

$R_1$ —关注点与容器表面的距离，m。

距 $\gamma$ 射线探伤机源容器表面不同距离处的辐射剂量率见下表。

表 11-6 距 $\gamma$ 射线探伤机源容器表面不同距离处的辐射剂量率估算结果

\*\*\*

由表 11-6 计算数据可以看出， $\gamma$ 射线探伤机未工作时由于探伤机自身源容器的屏蔽防护，放射源对探伤机周围环境辐射影响较小，但工作人员在曝光室内移动探伤机或进行其他活动中将受到一定外照射。因此，在实际工作过程中，工作人员应注意保持尽量远离 $\gamma$ 射线探伤机，并减少必需的近距离接触时间。

### (2) $\gamma$ 射线探伤机在储源坑暂存时不同距离处剂量率

当 $\gamma$ 射线探伤机处于暂存状态时，主要可能对曝光室内的辐射工作人员和曝光室外的公众产生一定影响。本项目曝光室墙体四周墙体厚度为 1.2m，探伤机内的放射源经贮源容器和曝光室墙体的屏蔽后， $\gamma$ 射线对曝光室外公众的影响可忽略不计。因此，当 $\gamma$ 射线探伤机处于储源坑内时，受辐射影响的对象主要为曝光室内的辐射工作人员。

储源坑位于曝光室西南角， $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机暂存于 1# 储源坑（长 1.2m×宽 0.9m×深 1.0m）， $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机、 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机暂存于 2# 储源坑（长 0.5m×宽 0.5m×深 0.5m），源坑上方均设置 16mm 厚钢盖板。

本项目储源坑设置在曝光室内靠近角落位置，可以使工作人员尽量远离放射源。储源坑距离曝光室内的辐射工作人员最近距离约 2m，工作人员受到的辐射剂量可通过下式进行计算：

$$\dot{H} = H \bullet 2^{-X/HVL} \dots \quad (\text{式 11-8})$$

$\dot{H}$ —储源坑外关注点处的空气比释动能率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

H—距离探伤机源容器表面不同距离关注点处空气比释动能率见表 11-6；

X—屏蔽材质的厚度，储源坑盖板为 16mm 钢；

HVL—屏蔽材料的半值层厚度，mm。 $^{60}\text{Co}$  对钢的 HVL 为 24mm， $^{192}\text{Ir}$  对钢的 HVL 为 14mm， $^{75}\text{Se}$  对钢的 HVL 为 9mm。

表 11-7 距 $\gamma$ 射线探伤机储源坑不同距离处的辐射剂量率估算结果

\*\*\*

### (3) $\gamma$ 射线探伤机探伤时各关注点处剂量率水平估算

本项目拟采用 100Ci 的  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$ 、 $^{75}\text{Se}$  射线探伤机进行探伤，由于  $^{60}\text{Co}$  周围剂量当量率常数最大，因此本次预测选择  $^{60}\text{Co}-\gamma$  射线探伤机（额定装源活度为 3.70E+06MBq）在探伤活动时，进行探伤室周围辐射剂量率代表性分析。

根据《辐射防护导论》（方杰主编），在  $^{60}\text{Co}-\gamma$  射线探伤机进行探伤作业时，对关注点处的辐射环境影响可以通过下式进行计算：

$$K = \frac{A \cdot \Gamma_k \cdot B}{R^2} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-9})$$

$$B = 2^{-X/HVL} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-10})$$

式中：

K—关注点的空气比释动能率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

A—放射性活度，MBq；

$\Gamma_k$ —周围剂量当量率常数，单位为微希沃特平方米每兆贝可每小时 [ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ]，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）“表 A.1”，对于  $^{60}\text{Co}$ ， $\Gamma_k=0.35\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ；

R—关注点与放射源的距离，m；

X—屏蔽体厚度，mm；

B—屏蔽透视因子；

HVL—屏蔽体的半值层厚度，对于  $^{60}\text{Co}$ ，HVL<sub>混凝土</sub> 取值为 70mm，HVL<sub>铅</sub> 取值为 13mm。

根据上述公式，代入相关参数，可以得出项目  $^{60}\text{Co}-\gamma$  探伤机探伤作业时曝光室外关注点处剂量率如下。

表 11-8 曝光室墙外关注点剂量率预测结果

\*\*\*

由表 11-8 可知， $\gamma$  射线探伤机正常运行时，曝光室墙外最大剂量率为  $7.9\mu\text{Sv}/\text{h}$ （顶部）。

#### （4） $\gamma$ 射线探伤机探伤时迷道防护门处剂量率水平估算

##### ① 迷道入口处剂量率估算

本项目曝光室采用迷道设计，保守以射线直接照射迷道，射线进入迷道后散射示意图见图 11-1。有用线束经迷道内 2 次散射到达人员门，散射路径为

$$\text{O} \rightarrow \text{a} \rightarrow \text{b} \rightarrow \text{H}_\circ$$

根据美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告：无屏蔽防护时，经  $i$  次散射后迷道外入口的剂量率计算公式如下：

$$H_s = \frac{H_0 \alpha_1 A_1 \alpha_2 A_2}{(d_1 \cdot d_2 \cdot d_3)^2} \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-11})$$

式中：

$H_s$ —关注点处的散射辐射剂量率,  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;

$H_0$ ——对于 $\gamma$ 辐射源，数值上由  $A\Gamma_K$  确定，其中  $A$  是放射源活度，均为  $3.70E+06\text{MBq}$ ，对于  $^{60}\text{Co}$ ， $\Gamma_K=0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{(MBq}\cdot\text{h})$ ，则  $H_0=1.30E+06\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$a_1$ —入射到第一个散射体的 $\gamma$ 射线的散射系数;

$a_2$ —从以后的物质散射出来的 $\gamma$ 射线的散射系数；本次保守考虑， $\gamma$ 射线散射后能量等同原射线，对于后续散射过程，假设能量不在改变，由 NCRP51 号报告中 P110 附录 E.15，本项目  $a_1$  保守取 0.01，第二次以上散射的散射系数均取 0.02；

$A_1$ — $\gamma$ 射线入射到第一散射物质的散射面积,  $1.68\text{m}^2$ ;

$A_2$ —迷道的截面积,  $4.41\text{m}^2$ ;

$d$ — $\gamma$ 射线源与散射物质的距离,  $d_1$ 取3.5m( $O \rightarrow a$ )、 $d_2$ 取2.5m( $a \rightarrow b$ )、 $d_3$ 取1.8m( $b \rightarrow H$ )；

将表 11-9 中数据及相关参数代入上述公式，可得到本项目曝光室迷道入口处剂量率见下表。

表 11-9  $\gamma$  射线探伤时曝光室迷道防护门内侧处剂量率预测结果

\* \* \*

## ②迷道防护门外关注点处剂量率估算

本项目曝光室迷道使用 25mmPb 防护门，可以得出本项目迷道门外 30cm 处的剂量率，见表 11-10。

表 11-10  $\gamma$  射线探伤时曝光室迷道防护门外关注点处剂量率预测结果

\* \* \*

#### (四) 辐射环境影响综合分析

## 1、曝光室外关注点外辐射剂量率水平

本项目 $\gamma$ 射线探伤机未使用时暂存在储源坑内，探伤机内的放射源经贮源容器和储源坑墙体的屏蔽后， $\gamma$ 射线对曝光室外公众的影响可忽略不计对周围影响较小，因此本次关注点处辐射剂量率不考虑 $\gamma$ 射线探伤机储存时的影响。

表 11-11 曝光室外关注点处剂量率预测结果汇总表

\* \* \*

综上，本项目曝光室四周屏蔽体外 30cm 处的剂量率最大为  $9.94\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的剂量率参考控制水平；曝光室屋顶处的最大剂量率为  $7.90\mu\text{Sv/h}$ ，低于  $10\mu\text{Sv/h}$  的剂量率参考控制水平，均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）标准要求。

## 2、项目运行对保护目标的年有效剂量分析

①X射线探伤机和 $\gamma$ 射线探伤机运行时对保护目标的辐射剂量

保护目标人员的年有效剂量由式进 11-12 进行估算，计算结果见表 11-12。

式中：

$\dot{H}$  —预测点综合剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) ;

t—年受照射时间:

T—居留因子，全居留取1，部分居留取1/4，偶然居留取1/16。

表 11-12 本项目保护目标辐射剂量率计算结果

\*\*\*

由表11-12结果可知，本项目探伤设备运行，所致职业人员年总附加有效剂量最大为 $2.65\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，所致公众受年附加有效剂量最大为 $8.39\text{E-}02\text{mSv/a}$ 。

## ② $\gamma$ 射线探伤机暂存时对工作人员的剂量

本项目实行 8 小时工作制, 年工作 300 天, 辐射工作人员在进行探伤活动时, 在曝光室内停留时间(进行设备摆放、贴片等工作) 约 2h/d。根据表 11-7, 本次假设工作人员距源坑 2m 处, 同时受到 3 台 $\gamma$ 射线装置暂存时产生的辐射影响。

表 11-13  $\gamma$  射线探伤机暂存时对工作人员的剂量计算结果

\* \* \*

③γ射线探伤机搬移和准备过程对工作人员的辐射剂量

根据建设单位提供的资料，曝光室每天借出、归还γ射线探伤机最多共4次，

每次搬移探伤机和准备及归还过程约 10min，则工作人员近距离接触 $\gamma$ 射线探伤机时间约为 200h/a；搬移过程中操作人员与 $\gamma$ 射线探伤机源容器最近距离约 0.5m，根据表 11-6 可知，保守按照  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机考虑，则工作人员在搬运和准备过程受到的辐射剂量最大可能为 **2mSv/a**。

#### ④放射源管理人员所受剂量

放射源管理人员每次负责对 $\gamma$ 射线探伤机的借出前外观检查、归还 $\gamma$ 射线探伤机前屏蔽体外辐射剂量率检测，曝光室每天借出和归还总共最多 4 次，检查和检测时间每次最多 1min，每次距离探伤机源容器最近距离约为 1m，贮存状态下距离源容器 1m 处最大辐射剂量率见表 11-6，本次保守按照  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机考虑，放射源管理人员每年近距离接近 $\gamma$ 射线探伤机的时间总共为约 20h，则放射源管理人员每年受到最大辐射剂量为 0.05mSv/a。

#### ⑤本项目辐射工作人员受照剂量综合分析

公司共配置辐射工作人员 4 人，分为 2 组，每次 1 组人员执行探伤作业。据实际情况工作人员工作时间很难平均分配，本次预测取单组辐射工作人员工作时间不超过平均受照时间的 1.2 倍保守考虑。

表 11-15 本项目关注点及保护目标辐射剂量率计算结果汇总表

\*\*\*

由表11-15结果可知，本项目探伤室建成投用后，所致职业人员年总附加有效剂量最大为1.61mSv/a，所致公众受年附加有效剂量最大为8.39E-02mSv/a，均低于本次评价确定的职业人员5mSv/a、公众0.1mSv/a的管理约束值，也均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员20mSv/a、公众1mSv/a的剂量限值。

## 二、大气环境影响分析

本项目曝光室设置了排风系统，排风系统采用地沟式设计，排风口（尺寸 600mm×600mm）设置于平板车轨道地沟内并安装轴流风机（风量5000<sup>3</sup>m/h，换气次数约5次/h），排风管道经探伤室西北侧屏蔽墙体穿出，延伸至厂房外墙处排放（距地高度约6.8m），排风口不朝向人员活动密集区。产生的臭氧经自然分解和稀释，对周围环境影响较小。

## 三、声环境影响分析

本项目噪声主要来源于通排风装置运行所产生的噪声，配备的风机为低噪声设备，经建筑物墙体隔声及厂区场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3类标准要求，对周围环境影响较小。

#### 四、水环境影响分析

本项目产生的废水主要包括洗片废水和工作人员生活废水，其中洗片废水约40m<sup>3</sup>/a，工作人员生活污水产生量约25.5m<sup>3</sup>/a。本项目产生的废水经厂区已建污水处理设施处理后排入园区污水管网，进入经德阳市石亭江城市生活污水处理厂处理，处理达标后排入石亭江。

#### 五、固体废物影响分析

本项目产生的固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾，约2kg/d，依托厂区垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运，对周围环境的影响较小。

本项目拟使用的 $\gamma$ 射线探伤机放射源将按照协议由设备厂家更换，每次更换后放射源由设备厂家回收处置。

#### 六、危险废物环境影响分析

本项目产生的废显影液约40kg/a、定影液约40kg/a，废胶片约800张/a，属于《国家危险废物名录（2025年版）》中的感光材料废物，其危险废物编号为HW16（900-019-16），形态为液体和固体。本项目探伤洗片过程中产生的废显影液、废定影液、废胶片暂存在专用的、设置了危废标志的容器中，于危废暂存间中暂存，相关危险废物均定期交有资质的单位回收、处置。存档到期的胶片将作为废胶片委托有资质单位回收处理。

#### 七、射线装置报废和放射源退役处理

根据《四川省辐射污染防治条例》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）有关规定“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”本项目使用的射线装置在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理等去功能化措施并按相应要求执行报废程序。

对于退役的 $\gamma$ 射线探伤机内置放射源，建设单位将按照国家废旧放射源处置

相关规定和要求，与供源单位签订废放射源回收协议，及时将退役的废放射源返回生产厂家处理。

## 辐射事故影响分析

### 一、事故风险识别

本项目拟使用的 X 射线探伤机均属II类射线装置， $\gamma$ 射线探伤机使用的  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$ 、 $^{75}\text{Se}$  放射源属于II类放射源，其风险因子为 X 射线和 $\gamma$ 射线。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（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故等级列于表 11-16 中。

表11-16 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《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表 11-17。

表 11-17 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度/症状	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	重度	20.0Gy~50.0Gy
脑型急性放射病	出现共济失调现象、定向力和判断力障碍等征象	50.0Gy~100.0Gy
	意识丧失、死亡	>100Gy

### 二、源项分析及最大可能性事故分析

### (一) X 射线探伤机最大可能性事故情景

项目拟使用的 X 射线探伤机属于II类射线装置，设备只有在通电加高压的情况下才会产生射线，其余时间不产生射线，项目运行过程中可能发生的主要事故情景有：

①探伤工件搬运人员还未全部撤出探伤室，操作人员意外启动探伤机，造成曝光室内滞留人员被误照。

②曝光室安全联锁装置或声光报警系统发生故障，无关人员在探伤机工作时打开探伤室工件大门或迷道门误入曝光室被误照。

③由于门-机联锁装置失效，曝光室防护门未完全关闭或射线装置工作时门被部分开启射线装置仍能开机出束，造成射线外泄，对曝光室防护门周围人员造成误照。

### (二) $\gamma$ 射线探伤机最大可能性事故情景

项目拟使用的  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机、 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机、 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机内含的放射源，均为II类放射源，项目运行过程中可能发生的主要事故情景有：

①放射源丢失或被盗。

②人员滞留曝光室内尚未完全撤出， $\gamma$ 射线探伤机启动探伤，造成工作人员被误照。

③ $\gamma$ 射线探伤机在对工件探伤过程中，曝光室门机联锁失效，工作人员误入曝光室；或防护门未完全关闭，致使射线泄漏到曝光室外面，对曝光室防护门周围人员造成误照。

④出源或回源过程中，输源管或控制缆经过挤压、弯曲后不能保持结构完整导致放射源不能在导管内运动导致卡源，工作人员在不知情的情况下误入曝光室受到误照。

## 三、辐射事故影响分析

### (一) X 射线探伤机事故情景及后果

#### 1、事故情景

本次保守按照输出量最大的 4510 定向 X 射线探伤机，最长受照时间为单次最大曝光时间（5min），未撤离曝光室人员或误入人员在未采取任何防护的情况下，受到主射方向的照射进行分析。

## 2、事故后果

在无屏蔽防护设施情况下，人员受到的有效剂量与 X 射线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下式计算：

$$D = I\delta_x / r^2 \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-13})$$

式中：

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

*I*—管电流, mA; 本项目取 10mA;

$\delta_x$ —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，本项目取  $55\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{(mA}\cdot\text{min)}$ ；

$r$ —参考点距 X 射线管焦斑的距离, m。

人员可能受到的有效剂量可用下式计算：

$$E = D \cdot t \cdot W_T \cdot W_R \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-14})$$

式中：

E—受照剂量, mSv;

t—受照时间, min;

$W_T$ —组织权重因子，全身取 1；

$W_R$ —辐射权重因子, 1。

距 X 射线探伤机不同距离、不同接触时间下的受照剂量估算见下表。

表 11-18 X 射线探伤机事故情况下所致人员受照剂量估算结果

\* \* \*

由上表可知，本项目 X 射线探伤机作业时，按照单次最长出束时间 3min 考虑，在主射方向 1m 处受照剂量可达 2.75Sv/次，已超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871- 2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值和公众 1mSv/a 的剂量限值；根据表 11-7，可能会造成中度骨髓型急性放射病，因此可能发生的事故为一般辐射事故。

## (二) $\gamma$ 射线探伤机事故情景及后果

## 1、事故情景

(1) 放射源丢失或被盗。由于各种原因，导致曝光室内的放射源丢失或被盗。本项目使用的放射源均贮存在 $\gamma$ 射线探伤机内暂存在双人双锁的储源坑中，公司拟配专人负责设备管理，并做好设备的日常检查，并在曝光室设置24h视频监控探头和报警装置，确保放射源安全。因此，本项目放射源被盗或丢失事件发生的概率相对很小。

由于放射源正常情况下是贮存在探伤机的源容器内，因此，丢失后，一般情况下是处于探伤机内的源容器中；极端情况下，也有可能放射源脱离探伤机源容器。一旦发生放射源丢失或被盗，建设单位应立即启动辐射事故应急预案，并报公安、生态环境和卫生等相关部门。

(2) 人员误入曝光室和卡源。当 $\gamma$ 射线探伤机在出源探伤过程中有人员误入曝光室，由于曝光室空间及探伤工件尺寸均较大，误入人员距离放射源的距离大约在1-12m之间，曝光室四周墙壁、迷道内墙上和操作室控制台上均设有急停按钮，出现意外情况可立即按下按钮停止出束，因此，从发现情况到按下急停按钮受照时间范围最长考虑1min。

当探伤结束后放射源未正常回源，即出现卡源，此时工作人员携带个人剂量报警仪进入曝光室，从进入曝光室到发现异常再到退出曝光室，整个过程按3min考虑。

## 2、事故后果

### (1) 放射源丢失、被盗和失控

①根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号），II类放射源丢失、被盗、失控，属于重大辐射事故。

②假设本项目1枚钴-60放射源丢失，在放射源丢失、被盗失控过程中，当放射源离开探伤机源容器，相关人员接触放射源在不同时间和距离情况下的剂量可按下式计算。

$$K = \frac{A \cdot \Gamma_k}{R^2} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-15})$$

$$E = K \cdot t \cdot W_T \cdot W_R \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-16})$$

式中：

$K$ —无屏蔽防护时，在距离放射源 $R$ （m）处的空气比释动能率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$A$ —放射源的活度,  $3.70E+06\text{MBq}$ ;  
 $\Gamma_k$ —周围剂量当量率常数, 根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)表 A.1, 取  $0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{(MBq}\cdot\text{h})$ ;  
 $R$ —关注点与放射源之间距离, m;  
 $E$ —受照剂量,  
 $t$ —受照时间, h;  
 $W_T$ —组织权重因子, 全身取 1;  
 $W_R$ —辐射权重因子, 1。

根据上述公式, 是丢失后的放射源离开探伤机屏蔽, 随着时间的推移, 人员与放射源不同距离处可能受到的剂量估算见下表。

表 11-19 人员接触放射源不同时间、距离处有效剂量估算 (放射源离开源容器)

\*\*\*

由表 11-19 可知, 若 1 枚  $^{60}\text{Co}$  放射源在丢失后 12 小时内寻回, 在距离放射源 0.5m 处的受照剂量可达  $6.22E+04\text{mSv}$ , 远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871- 2002)规定的职业人员  $20\text{mSv/a}$  的剂量限值和公众  $1\text{mSv/a}$  的剂量限值; 根据表 11-17 可知, 该剂量可致脑型急性放射病 (出现共济失调现象、定向力和判断力障碍等征象), 因此可能发生的事事故为**重大辐射事故**。

若是丢失后的放射源未离开探伤机, 即放射源处于探伤机源容器屏蔽防护的情况下, 随着时间的推移, 人员与放射源不同距离处可能受到的剂量估算见下表。

表 11-20 人员接触放射源不同时间、距离处有效剂量估算 (放射源处于探伤机内)

\*\*\*

由表 11-20 可知, 若 1 枚在探伤机内的  $^{60}\text{Co}$  放射源在丢失后 12 小时内寻回, 在距离探伤机 0.5m 处的受照剂量约为  $1.25E-01\text{mSv}$ , 未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871- 2002)规定的职业人员  $20\text{mSv/a}$  的剂量限值和公众  $1\text{mSv/a}$  的剂量限值; 但根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号), II类放射源丢失、被盗、失控, 属于**重大辐射事故**。

## (2) 人员误入曝光室和卡源

本次保守按照  $^{60}\text{Co}-\gamma$  射线探伤机出源探伤过程中, 人员误入或工作人员进入

曝光室位于有用射线束方向，在无其他屏蔽防护的情况下，在不同时间和距离情况下的剂量可按下式 11-13、式 11-14 计算。

表 11-21  $\gamma$  射线探伤事故状态下不同时间、距离处有效剂量估算

\*\*\*

由上表可知，当  $\gamma$  探伤机出源探伤时人员误入曝光室，在无其他屏蔽防护的情况下，误入人员位于有用线束方向 1m 处 1min 所受有效剂量为 2.16mSv，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值和公众 1mSv/a 的剂量限值，构成一般辐射事故。

卡源时工作人员进入曝光室，在无其他屏蔽防护的情况下，位于有用线束方向 1m 处 3min 所受有效剂量为 6.48mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值，不构成辐射事故。

### （三）辐射事故风险综合分析

根据上述各种辐射事故分析，本项目主要辐射事故风险综合分析见下表。

表 11-20 项目辐射事故风险综合分析

设备名称	风险因子	事故场景	事故结果	事故等级
X 射线探伤机	X 射线	①探伤工件搬运人员还未全部撤出探伤室，操作人员违反操作规程启动探伤机，造成曝光室内滞留人员被误照。 ②曝光室安全联锁装置或声光报警系统发生故障，无关人员在探伤机工作时打开探伤室工件大门或迷道门误入曝光室被误照。 ③由于门-机联锁装置失效，曝光室防护门未完全关闭或射线装置工作时门被部分开启射线装置仍能开机出束，造成射线外泄，对曝光室防护门周围人员造成误照。	在主射方向 1m 处受照剂量可达 2.75Sv/次	一般辐射事故
$\gamma$ 射线探伤机	$\gamma$ 射线	①放射源丢失或被盗。	1 枚 $^{60}\text{Co}$ 放射源在丢失后 12 小时内寻回，距离放射源 0.5m 处的剂量为 62.2Sv	重大辐射事故
		②人员滞留曝光室内尚未完全撤出， $\gamma$ 射线探伤机启动探伤，造成工作人员被误照。 ③ $\gamma$ 射线探伤机在对工件探伤过程中，曝光室门机联锁失效，工作人员误入曝光室；或防护门	1m 处 1min 所受有效剂量为 2.16mSv	一般辐射事故

	<p>未完全关闭，致使射线泄漏到曝光室外面，对曝光室防护门周围人员造成误照。</p> <p>④出源或回源过程中，放射源源闸开关出现故障导致卡源，工作人员在不知情的情况下误入曝光室受到误照。</p>		
<p>根据上述辐射事故情景及后果分析，若本项目发生辐射事故，最大可信辐射事故为重大辐射事故，随着照射时间的增加，有可能造成事故等级升级。</p>			
<h2>四、事故防范措施</h2> <p>为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、制定完善的辐射安全管理规章制度，设专人监督核实各项规章制度的执行情况，定期检查或检测各探伤场所辐射安全和防护措施、设施的安全防护效果，对发现的安全隐患立即整改，避免发生事故。</li> <li>2、辐射工作人员必须严格按照操作规程操作探伤设备，每间曝光室开展探伤作业时，至少同时有2名操作人员在场，并做好个人的防护，佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪。</li> <li>3、每天检查辐射工作场所的视频监控系统、门机联锁装置、门灯联锁装置、声光报警装置、通排风系统和固定式辐射剂量监测仪等，确保定向安全设施、设备状态正常，方可开展探伤作业。</li> <li>4、在每一次出束检测前，操作人员都应该检查确认曝光室内无人员滞留后才关闭防护门。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。</li> <li>5、定期对探伤装置进行维护和保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换，确保设备处于正常状态。</li> <li>6、建设单位所有辐射工作人员均需参加辐射安全与防护培训，并经考核合格后方可上岗作业。</li> <li>7、每次<math>\gamma</math>射线探伤结束后，均应使用监测仪器对探伤机进行辐射水平测量，以确认放射源回到探伤机的贮源容器内。</li> <li>8、公司不得自行进行倒源操作，所有换源工作均根据协议由放射源生产厂家或有资质的第三方专业机构负责，倒源的安全责任由负责实施的单位负责。</li> <li>9、当<math>\gamma</math>射线探伤机在工作状态下发生“卡源”、“源掉出”、自动回源装置失效</li> </ol>			

等情况时，工作人员应实施手动回源。一旦发生无法回源等放射源失控的故障，应关闭曝光室防护门，立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入探伤室。同时，现场的工作人员第一时间联系放射源生产厂家，在专业人员的指导下严格按照生产厂家提供的操作规程处理卡源故障。处理卡源故障的工作人员应穿戴好个人防护用品（铅衣、铅手套、铅眼镜等），佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，利用长柄夹等辅助工具进行操作。如公司不具备能力处理卡源故障，应在放射源生产厂家工作人员到场前封锁并保护好现场，严禁无关人员靠近，待处理完卡源故障后，尽快对处理卡源故障的工作人员个人剂量计进行监测，一旦发现个人剂量超标，应及时采取相应措施。建设单位应做好设备维护保养，杜绝此类事故发生。

## 五、事故应急措施

假若本项目发生了辐射事故，公司应迅速、有效地采取以下应急措施：

①当 X 射线探伤机发生意外事故时，应立即关机断电；当 $\gamma$ 射线探伤机探伤过程中发生意外事故时，操作人员应立即将放射源收回探伤机贮源位，并对探伤设备、设施进行检查、检测，以确定其是否处于已停机状态。

②一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案并采取必要的防范措施。发生辐射事故时，应立即向公司领导及生态环境、公安和卫生部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。由辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，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。

③事故发生后，应立即安排受照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治，并保护好现场，如实向调查人员报告情况，以利于估算受照剂量，判定事故等级，提出控制措施，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作，不得隐瞒事故的真实情况。

④迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

⑤事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

⑥当发生放射源丢失、被盗或失控事件，应立即报告公安部门、生态环境主管部门和卫生行政主管部门。

**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**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置、II类放射源的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构。

建设单位在本项目之前已取得使用II类射线装置和II类放射源的辐射安全许可，已成立了“辐射安全与环境保护管理小组”（见附件5），机构设置如下：

#### **1、领导小组组成**

组 长：\*\*\*

副组长：\*\*\*

成 员：\*\*\*

#### **2、工作职责**

组长职责

①研究确定公司辐射防护的方针、目标、长期规划、年度计划和阶段性工作安排，组织制定上述各项工作的管理制度、操作规程、实施细则、办法、措施指导、监督、检查各部门落实；

②定期召开会议，听取有关职能部门关于公司环境保护、辐射防护阶段性工作汇报，分析、研究、解决环境保护、辐射防护的重大问题，对存在的重大环境问题和辐射防护隐患作出整改决定，并责成相关部门执行；

③定期和不定期组织开展环境保护、辐射防护检查，针对发现的问题和隐患，协调、督导有关部门及时整改；

④组织开展事故调查、分析，听取各类事故的调查处理情况汇报，对环境污染事故及辐射安全事故进行调查、分析并作出事故处理决定；

⑤审批决定公司重大环境保护、辐射防护活动，研究决定公司内部环境保护和辐射安全防护方面的奖惩，审查环保经费的使用情况；

⑥负责审查、批准重大环保技术措施计划，研究决定有关环境保护、辐射防护的表彰、奖励、惩处，及时推广、应用现代管理方法、新技术和新经验；

⑦组织制定各种预案，监督公司进行演练。

副组长职责：

①认真学习、贯彻执行国家、上级部门和公司环委会关于环境保护、辐射防护的方针、政策、法律、法规、技术规范，在公司环委会的领导下，具体负责公司环境保护管理、辐射防护管理日常工作；

②接收国家和上级部门有关环境保护、辐射防护文件，及时向组长汇报根据公司决定，起草公司环委会文件，并及时传达和落实；

③负责对公司各单位的环境保护、辐射防护工作进行考评。经常深入到公司各单位了解环境保护、辐射防护工作情况，掌握公司环境保护、辐射防护工作的动态，及时向组长报告，并提出合理化建议：指导、督促和协助各基层单位建立健全环境保护、辐射防护管理机制，并检查各项规章制度和措施的落实情况。督促和指导各基层单位开展管理、宣传教育、竞赛及总结与表彰活动。汇总、分析各单位有关环境保护、辐射防护的隐患和建议，及时向公司报告；

组员职责：

①公司所属各单位环境保护领导小组成员要按“一岗双责”的要求，严格履行本单位环保监督管理职责，建立健全环保责任制，加强监督检查，切实抓好环境保护工作；

②贯彻落实国家有关环境保护法律法规和标准，认真执行公司有关环境保护的规章制度和决定，组织制定本单位环境保护管理制度并监督实施；

③组织实施本单位环境保护检查和隐患排查，编制本单位环境污染事故应急救援预案及环境污染风险较大的环境保护专项施工、检修方案等。

## 二、辐射工作人员配置

本项目配备辐射工作人员 4 人，均为新增人员。

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

(3) 个人剂量计应编号定人佩戴，定期送交有资质的检测单位进行测量，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，使之能胜任探伤工作，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制度

### 一、档案管理分类

建设单位的辐射安全管理相关资料应按照档案管理的要求进行分类存档。档案资料可以分为以下九大类：“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、辐射安全综合管理要求

本项目涉及使用II类射线装置和II类放射源，根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020年发布版）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〕1400号）相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见表 12-1。

表 12-1 辐射安全管理制度对照表

序号	项目	管理制度	具体要求	备注
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员，落实部门和人员全面负责辐射安全管理的具体工作。	已制定 需修订
2		辐射安全与防护管理规定		已制定 需修订
3		X 射线探伤机操作规程	应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸不小于 400mm×600mm。	已制定 需修订
4		γ射线探伤机操作规程		已制定 需修订
5		辐射工作人员岗位职责		已制定 需修订
6		辐射安全与防护设施维修制度	应定期检查辐射安全防护设施的有效性。	已制定 需修订
6		辐射防护和安全保卫制度	制定辐射防护和安全保卫制度，严防放射源和射线装置损坏、丢失或被破坏等事件的发生。	已制定 需修订

7	放射源	放射源管理规定	放射源台账和国家辐射安全管理系统档案是否一致，每枚放射源与源容器的对应关系是否名曲；台账内容应包括：放射源名称、初始活度、放射源编码、购买时间、收贮时间。	已制定 需修订
8		放射源台账管理制度	台账内容应包括射线装置型号、管电压、管电流、购买时间、报废时间等。	已制定 需修订
9	射线装置	射线装置台账管理制度	每年委托有资质的单位进行1次场所年度监测；平时应定期开展自行监测，并做好记录；取得《辐射安全许可证》后3个月内完成验收监测。	已制定 需修订
9	监测	工作场所及环境监测方案	确保监测仪表数据的准确性和有效性。	已制定 需修订
10		监测仪表使用与校验管理制度	个人剂量检测频率为1次/季。当单个季度个人剂量超过1.25mSv/季时，建设单位应对该辐射工作人员进行干预，要调查明确原因，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，经本人签字确认后，上报发证机关。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。建设单位应当将个人剂量档案终生保存。	已制定 需修订
11	人员	辐射工作人员个人剂量管理制度	辐射工作人员和辐射防护负责人均应登录国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址： <a href="http://fuShe.mee.gov.cn">http://fuShe.mee.gov.cn</a> ），学习辐射安全与防护知识并通过考核。	已制定 需修订
12		辐射工作人员培训/再培训管理制度	辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织机构、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。应悬挂于辐射工作场所。上墙的应急响应程序应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸不小于400mm×600mm。	已制定 需修订
13	应急	辐射事故应急预案	明确危险废物的种类、产生量、处理量、处理方式、危险废物处置单位、危险废物转移联单情况等。	已制定 需修订
14	危废	危险废物管理规定		已制定 需修订

建设单位已制定有整套辐射安全管理规章制度，满足原有核技术利用项目管理要求。由于本项目是在新租赁的生产厂房内建设新的辐射工作场所，因此需要根据上表中的内容修订完善现有辐射安全管理制度，使之满足本项目管理要求，并指定专人监督各相关部门和人员对规章制度的执行情况。建设单位应定期对辐射工作人员进行辐射安全防护知识培训，强化辐射工作人员的辐射安全意识。

本项目在辐射工作场所需做好制度上墙，《辐射安全与防护管理规定》《辐射工作人员岗位职责》《X射线探伤机操作规程》《γ射线探伤机操作规程》和《辐射事故应急预案》应悬挂于辐射工作场所内工作人员经常停留的醒目位置。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，且尺寸不小于400mm×600mm。

### 三、辐射安全许可证发放条件对照分析

结合《辐射安全许可证》发放条件和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017年修订，原环保部第31号令），本项目应采取的辐射安全防护措施见下表。

表 12-2 《辐射安全许可证》发放条件对照表

序号	环保部第3号令要求	项目拟落实情况	评价结果
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	公司已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，拟为本项目配备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。	人员配置到位后符合要求
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	公司需在项目建成之前组织辐射工作人員通过辐射安全与防护培训，并考核合格。	人员通过考核后符合要求
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	本项目各曝光室均设计了辐射安全联锁及电离辐射警告标志和工作状态指示灯等安全措施	按要求配置后符合要求
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，包括个人剂量报警仪、辐射测量仪器等	本项目拟根据探伤设备类型配备便携式X-γ辐射监测仪和个人剂量报警仪	按要求配备后符合要求
5	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	公司已建立有辐射安全管理相关规章制度，需根据本项目对现有规章制度进行修订完善	修订完善后符合要求
6	有完善的辐射事故应急措施	公司已建立有《辐射事故应急预案》和辐射事故应急措施，需根据本项目情况进行修订和完善	修订完善后符合要求
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	本项目不产生放射三废，拟使用的放射源退役后，将按协议返回生产厂家回收处理。	符合要求
8	使用射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有1名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作	本项目不涉及诊断和治疗	/

建设单位按照上述内容落实后，将具备《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类射线装置和II类放射源的许可条件。建设单位在本项目建成具备《辐射安全许可证》申领条件后，应及时到四川省生态环境厅申

请办理相关增项业务。

## 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。

### 一、工作场所监测

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》的重要组成内容一并提交给发证机关。

2、自主验收监测：建设单位在取得《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：建设单位应结合项目实际制定辐射工作场所的自行监测制度和监测方案，定期开展自行监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），监测周期为1次/月，监测记录数据应存档备案。

#### 4、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- $\gamma$ 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
探伤室	X- $\gamma$ 空气吸收剂量率	验收监测：委托有资质的单位监测，监测1次； 年度监测：委托有资质的单位监测，频率为1次/年； 自行监测：可自行开展监测或委托有资质单位开展，频率不低于1次/月	曝光室四周屏蔽墙体外30cm处、工件门外及门缝处、迷道门外及门缝处、操作室、管线穿墙处及曝光室四周保护目标处等。

(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 $1.25\text{mSv}$ 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 $5\text{mSv}$ 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》的重要组成内容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，个人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。

## 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》的重要组成内容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”

(<https://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。

### 一、事故报告程序

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即停机，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、县生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

### 二、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配戴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，可减少或避免辐射事故的发生率，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。公司应当根据以上要求，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，结合公司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：新建工业 X 射线和 $\gamma$ 射线室内探伤项目

建设单位：什邡市同佳机械有限公司

建设性质：新建

建设地点：四川省德阳市经济技术开发区金沙江西路 706 号生产厂房内

建设内容：公司拟在新租赁的生产厂房（新建，地上一层，局部二层，无地下室）西南角新建 1 座探伤室，并在探伤室内使用 4 台 X 射线探伤机（Ⅱ射线装置）和 3 台 $\gamma$ 射线探伤机（Ⅱ射线源），探伤作业均在探伤室内开展，不涉及野外和室外探伤，且曝光室内不存在两台及两台以上探伤设备同时运行的情况。

#### 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（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令，2024 年 2 月 1 日起施行）相关规定，本项目属于第一类“鼓励类”—第三十一项“科技服务业”中第 1 条“质量认证和检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

#### 三、本项目选址合理性分析

本项目所在厂房位于四川省德阳市经济技术开发区金沙江西路 706 号，位于德阳经济技术开发区内，根据租赁合同及不动产权证书（附件 4-1），建设用地用途为工业用地，厂房整体项目选址合理性已在《清洁能源装备专业配套生产线技术改造项目环境影响报告表》中进行了论述分析，厂房选址符合规划要求。

本项目新建探伤室位于厂房西南角，辐射工作场所周围 50m 范围内无学校、医院、居民等敏感目标；50m 评价范围大部分位于同佳检测厂界内，包括同佳机械生产厂房其他生产区域、道路、车棚、停车场、同佳检测食堂及倒班楼等，超出同佳检测厂界外评价范围内为园区内其他公司。本项目仅为生产线的配套建设项目，不新增用地，且项目拟建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周围环境影响较小。因此，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

根据现状监测报告，本项目所在区域的 X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景值为  $71\text{nGy/h} \sim 82\text{nGy/h}$ ，与四川省生态环境厅发布的《2024 四川省生态环境状况公报》中德阳市环境 $\gamma$  辐射剂量率连续自动监测年均值范围（ $70\text{~}100\text{nGy/h}$ ）基本一致，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

### （一）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、施工废水、固体废物，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。

### （二）营运期环境影响分析

#### 1、电离环境影响

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射  $5\text{mSv/a}$ 、公众照射  $0.1\text{mSv/a}$ ）。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

本项目射线装置产生的臭氧经自然分解和稀释，不会对周围大气环境造成明显影响。

#### 3、水环境影响

本项目产生的废水主要包括洗片废水和工作人员生活废水。本项目产生的废水经同佳检测厂区已建污水预处理设施处理后排入园区污水管网，进入经德阳市石亭江城市生活污水处理厂处理，处理达标后排入石亭江。

#### 4、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约  $2\text{kg/d}$ ，依托厂区垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

公司将按照国家废放射源处置的相关规定要求，在购买放射源时与供源单位

同时签订废放射源回收协议，及时将产生的退役放射源返回生产厂家处理。

### 5、危险废物

本项目产生废胶片、废显影液、废定影液，属于《国家危险废物名录（2025年版）》中的感光材料废物，其危险废物编号为HW16（900-019-16）。危险废物均暂存于贴有危废标识的专用容器里，放置于危废暂存间中；公司承诺及时与有处理危废资质的单位签订回收处理协议，不外排。本项目存档期满的胶片与同年既有探伤洗片产生的废胶片全部作为危废交有资质单位处理处置。

## 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

在坚持“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的前提下，本项目在德阳市经济技术开发区金沙江西路706号生产厂房内建设从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

## 十、项目环保竣工验收检查内容

（一）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。

(二) 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) 建设单位可登录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/hjbhbz/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。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	设备设施	环保设施	数量
新建工业X射线和γ射线室内探伤项目	实体防护	曝光室(含储源坑)	1座
		防护门	2扇
	场所设施	入口电离辐射警告标志	2套
		入口处工作状态指示灯	2套
		准备出束声光提示	2套
		声光报警装置	2套
		控制区、监督区标识	1套
		门机联锁	6套
		门-剂量联锁	2套
		带中文标识的紧急停机按钮、紧急开门按钮	6个、1个
		控制台钥匙控制	1套
		固定式场所辐射探测报警装置	1套

	危废暂存间(重点防渗处理)	1 间
	废定影液、废显影液、废胶片收集桶	各 1 个
	通排风系统	1 套
	视频监控	1 套
监测设备	个人剂量计	4 套
	个人剂量报警仪	2 个
	便携式辐射剂量率仪	1 台
应急物资	个人防护用品(铅衣等)	1 套
	应急处理工具(如长柄夹具等)	1 套
	放射源应急屏蔽材料	1 套
	灭火器材	1 套

## 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。
- 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，且在培训有效期 5 年届满之前进行再培训考核。
- 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（<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（<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。