

核技术利用建设项目

新建容器撬装设备 X 射线探伤室项目

# 环境影响报告表

建设单位：重庆瑞信工程技术技术有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：二〇二四年四月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新建容器撬装设备 X 射线探伤室项目

# 环境影响报告表



建设单位名称：重庆瑞信工程技术有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：



通讯地址：重庆市铜梁工业园区蒲吕街道办事处云飞路 26 号

邮编：402560

联系人：雷雨

电子邮箱：62\*\*\*\*\*31@qq.com

联系电话：185\*\*\*\*\*8195

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	mi trk9		
建设项目名称	新建容器撬装设备X射线探伤室项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	重庆瑞信信息技术有限公司		
统一社会信用代码	915002243224348056		
法定代表人 (签章)	金星屹		
主要负责人 (签字)	雷雨		
直接负责的主管人员 (签字)	李业		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
肖英	07355543507550272	BH001035	
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
向令	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物 (重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论和建议	BH042251	

# 关于新建容器撬装设备 X 射线探伤室项目的 公示说明

重庆市生态环境局：

我单位委托重庆宏伟环保工程有限公司编制的《新建容器撬装设备 X 射线探伤室项目环境影响报告表》目前处于上报审批阶段。环评报告文本中不涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私和不涉及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，同意环评报告全本公开。本单位愿意承担由该环评文件带来的一切后果和法律责任。

重庆瑞信工程技术有限公司



表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建容器撬装设备 X 射线探伤室项目			
建设单位		重庆瑞信信息技术有限公司			
法人代表	金星屹	联系人	雷雨	联系电话	185****8195
注册地址		重庆市铜梁工业园区蒲吕街道办事处云飞路 26 号			
项目建设地点		X 射线探伤室：重庆市铜梁工业园区蒲吕街道办事处云飞路 26 号 7#厂房东北侧 现场探伤：全国范围内			
立项审批部门		重庆市铜梁区经济和信 息化委员会	批准文号	2311-500151-07-02-705408	
建设项目总投资 (万元)	1000	项目环保投资 (万元)	35	投资比例(环保 投资/总投资)	3.5%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m <sup>2</sup> )	88
应用 类 型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射 性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其他					
<p><b>1.1 建设单位简介</b></p> <p>重庆瑞信信息技术有限公司 (以下简称“公司”) 是由重庆瑞信气瓶检测有限公司于 2023 年 6 月更名而来, 是由重庆瑞信气体有限公司 (以下简称“瑞信气体”) 投资组建具有独立法人资格的气瓶检验检测机构和设备生产单位, 已拥有中华人民共和国特种设备检验检测机构核准证 (气瓶检验机构)、质量管理体系认证证书、消防设施工程专业承包贰级资质、气体灭火设备及装置生产资质, 压力容器生产许可资质、压力管道安装许可资质等, 获准检验包括消防气瓶在内的钢质焊接气瓶, 钢质无缝气瓶和铝合金气瓶; 并从事工程施工、容器撬装设备的生产、安装。2023 年, 根据企业发展需要, 公司租赁瑞信气体位于重庆市铜梁工业园区蒲吕街道办事处云飞路 26 号现有 7#、8#生产厂房</p>					

## 续表 1 项目基本情况

建设“压力容器、撬装设备、气体灭火装置生产及气瓶检测项目”。

### 1.2 项目由来

随着企业的发展,公司的业务范围也逐渐扩大,公司着手发展装备制造及工业管道安装,装备制造主要是生产压力容器、撬装设备等,涉及的领域包括石油化工、煤化工及液化天然气。工业管道安装也主要涉及石油化工、煤化工及液化天然气企业厂区内部压力管道。为了保证公司生产的压力容器、撬装设备质量合格,公司拟在 7#厂房东北侧建设一座 X 射线探伤室,配备 4 台便携式 X 射线探伤机 (XXG2505 型:定向,最大管电压为 250kV,最大管电流为 5mA; XXGH2505 型:周向,最大管电压为 250kV,最大管电流为 5mA; XXQ1005 型:定向,最大管电压为 100kV,最大管电流为 5mA; XXH1005 型:周向,最大管电压为 100kV,最大管电流为 5mA) 对公司产品开展无损检测。另外,为保证公司对外开展的压力管道(外购)安装施工质量,还将利用上述 XXG2505 型定向 X 射线探伤机在各压力管道安装现场开展 X 射线无损检测,现场探伤工作在全国范围内开展。定向机和周向机均可以在曝光室使用,现场探伤只使用 XXG2505 型定向机。

根据关于发布《射线装置分类》的公告(原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号)的相关规定,工业用 X 射线探伤装置属于 II 类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定,该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(生态环境部令第 16 号)的要求,本项目属于“172 核技术利用建设项目使用 II 类射线装置的”,应编制环境影响报告表。为保护环境,保障公众健康,严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》,重庆瑞信信息技术有限公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位组织专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集,结合项目特点、性质、规模和环境状况,并按照国家核技术应用项目环境影响评价技术规范的要求,编制完成了该项目的环境影响报告表。

### 1.3 建设内容及工程规模

#### (1) 项目概况

本项目拟在重庆市铜梁工业园区蒲吕街道办事处云飞路 26 号 7#厂房东北侧建设 1

续表 1 项目基本情况

座 X 射线探伤室，包括曝光室及其配套的操作室、暗室等辅助用房，拟配置 4 台便携式 X 射线探伤机 (XXG2505 型：定向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA；XXGH2505 型：周向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA；XXQ1005 型：定向，最大管电压为 100kV，最大管电流为 5mA；XXH1005 型：周向，最大管电压为 100kV，最大管电流为 5mA) 对公司生产的压力容器、撬装设备进行无损检测，并利用 XXG2505 型定向 X 射线探伤机开展现场探伤，现场探伤工作在全国范围内开展。本项目总使用面积约 88m<sup>2</sup>。

项目工期约 1 年。

项目基本组成情况详见表 1-1。

表 1-1 项目基本组成

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	曝光室	曝光室位于 7# 厂房东北侧，设置迷道。曝光室内空尺寸为 11m×4.5m×5.4m (长×宽×高)，有效使用面积约 49.5m <sup>2</sup> (不含迷道)，迷道内空尺寸为 2.9m×0.9m×2.4m (长×宽×高)。工件门洞宽 4m，高 5m，工件门为电动平移型，宽 4.5m，高 5.3m。人员门洞宽 0.9m，高 2m，人员门为电动平移型，宽 1.2m，高 2.2m。	新购
	设备	配置 4 台便携式 X 射线探伤机： XXG2505 型：定向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA； XXGH2505 型：周向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA； XXQ1005 型：定向，最大管电压为 100kV，最大管电流为 5mA； XXH1005 型：周向，最大管电压为 100kV，最大管电流为 5mA。	新购
	工作内容	定向机和周向机均可以在曝光室使用，现场探伤只使用 XXG2505 型定向机。	/
辅助工程	操作室	位于迷道东侧，建筑面积约 12m <sup>2</sup> 。设备操作、胶片评定及存放等均在此室内进行。	新建
	暗室	位于曝光室东侧，建筑面积约 9.6m <sup>2</sup> 。室内探伤洗片、沥水、晾干、废物暂存在此室内进行。	新建
公用工程	供配电系统	用电来源于市政供电。	依托
	给水系统	用水来源于市政供水。	依托
	排水系统	本项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，生活污水依托 7# 厂房东侧瑞信气体现有 3# 生化池处理后排入市政污水管网。	依托
环保工程	废水处理	本项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，生活污水依托 7# 厂房东侧瑞信气体现有 3# 生化池 (设计处理能力 10m <sup>3</sup> /d) 处理后进入市政污水管网。	依托

续表 1 项目基本情况

	现场探伤时工作人员生活污水依托现场探伤所在办公场所污水处理设施处理。	
废气治理	<p>曝光室设置机械排风，安装一个排风机，排风量为1200m<sup>3</sup>/h，通风次数约为4次/h。排风管由曝光室下部（抽风口距离曝光室地面约0.4m）引至曝光室顶，通过曝光室顶棚北侧方形直孔引出，再引至厂房北侧墙外排放，排放口高约5.6m，在厂房外自然扩散。排风管穿曝光室顶棚处使用铅屏蔽材料进行防护补偿（排风管穿墙处设置铅防护罩外包）。</p> <p>现场探伤过程中产生少量废气通过自然扩散排放。</p>	新建
噪声	项目噪声源主要为风机，属于低噪声设备，经距离衰减及建筑隔声后，项目运行时的噪声对厂房外的贡献值很小。	/
固废处理	<p>探伤室工作人员生活垃圾依托公司生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。</p> <p>现场探伤工作人员生活垃圾依托探伤场地已有设施处理。</p>	依托
	<p>去功能化后的报废射线装置交由物资回收单位处置，报废的阴极射线管交有危废处理资质的单位收集处置。</p> <p>项目在暗室废物暂存区设置 1 个 50L 的废定影液收集桶,1 个 50L 的废显影液收集桶, 1 个 60L 的清洗废液收集桶, 地面采用防渗材料建设, 并在收集桶下设防渗托盘, 收集桶设置有明显的标识, 标示内容应符合要求 (包含废液名称、产生时间、重量等)。废显影液、定影液、清洗废液分别在对应的废液收集桶内暂存; 曝光室产生的废胶片和存档到期的胶片在操作室暂存。废显影液、定影液、清洗废液、废胶片定期交有危废处理资质的单位收集处置, 公司拟与有相应危废处理资质的单位签订处理协议。</p> <p>现场探伤周期一般较长 (2-3 个月), 需进行现场洗片。现场探伤作业前与当地有相应危废处理资质的企业签订危废处置协议, 现场探伤临时暗室地面贴塑料垫防渗, 设置废液收集桶, 下设防渗托盘。废显影液、定影液、清洗废液分别在对应的废液收集桶内暂存, 交当地已签订协议的有相应危废处置资质的企业收集处置。现场探伤产生的废片属于危险废物, 与危险废液一同交当地已签订协议的危废处置单位。现场探伤合格的胶片 (不属于危废) 运回操作室, 与曝光室产生的胶片一起暂存在操作室内, 存档到期后成为危废, 交有危废处理资质的单位收集处置。</p>	新建
辐射防护	<p>曝光室四周、顶棚、各防护门均采用足够厚铅当量对射线进行屏蔽, 保证曝光室满足辐射防护要求; 工件门及人员门均设门机联锁、灯机联锁装置, 门上设电离辐射警告标志, 曝光室内外均设声光警示灯; 曝光室安装一套实时视频监控系统, 视频监控屏幕设置在操作室内; 安装固定式剂量报警仪和急停按钮等设施。</p> <p>现场探伤配备个人剂量计、个人剂量报警仪、X-γ 辐射剂量率仪、声光报警灯、警戒绳、警告牌、设专人警戒等。</p>	新建

(2) 项目建筑设计方案

续表 1 项目基本情况

本项目曝光室的设计方案如下表 1-2 所示。

表 1-2 本项目曝光室设计情况表

建筑名称	内空尺寸 (长×宽×高)	设计情况		备注
曝光室	11m×4.5m×5.4m	曝光室四周	17mm 铅板+227mm 硫酸钡 (内外分别包 6mm 钢板固定)	新建
		顶棚	17mm 铅板+227mm 硫酸钡 (内外分别包 6mm 钢板固定)	
		工件门	17mm 铅板+183mm 硫酸钡 (内外分别包 6mm 钢板固定)	
		人员门	12mm 铅板+26mm 硫酸钡 (内外分别包 6mm 钢板固定)	
迷道	2.9m×0.9m×2.4m	迷道外墙	17mm 铅板+227mm 硫酸钡 (内外分别包 6mm 钢板固定)	
		迷道顶棚	17mm 铅板+227mm 硫酸钡 (内外分别包 6mm 钢板固定)	

备注：①铅密度 11.3g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡密度 3.2g/cm<sup>3</sup>，钢的密度 7.85g/cm<sup>3</sup>；

②主射方向为东侧、西侧、顶棚、地板；

③曝光室四周屏蔽墙体、迷道外墙、人员门嵌入厂房地面下 200mm 安装，工件门嵌入厂房地面下 350mm 安装，地下无建筑；

④穿墙电缆、排风口处均补偿不低于 2 倍孔宽度的铅板（17mmPb）。

### (3) 设备概况

本项目设备情况表见表 1-3。日常 4 台便携式 X 射线探伤机均存放在曝光室内，由专人负责管理。

表 1-3 设备基本情况表

序号	名称	数量	规格型号	使用场所	用途	备注
1	便携式 X 射线探伤机	1	XXG2505 定向型	曝光室及探伤现场	无损检测	Ⅱ类射线装置 额定电压 250kV，额定电流 5mA
2	便携式 X 射线探伤机	1	XXGH2505 周向型	曝光室		Ⅱ类射线装置 额定电压 250kV，额定电流 5mA
3	便携式 X 射线探伤机	1	XXQ1005 定向型	曝光室		Ⅱ类射线装置 额定电压 100kV，额定电流 5mA
4	便携式 X 射线探伤机	1	XXH1005 周向型	曝光室		Ⅱ类射线装置 额定电压 100kV，额定电流 5mA
5	洗片机	2	/	探伤室暗	洗片	主要由 1 个显影槽、1 个停影槽、1 个

**续表 1 项目基本情况**

				室及现场临时暗室		定影槽、1个清洗槽等构成，每个槽体大小均为 700*700*800，有效容积约 0.35m <sup>3</sup>
7	风机	1	/	曝光室	废气排放	风量为 1200m <sup>3</sup> /h

**(4) 探伤服务工作范围和性质**

本项目室内探伤主要对公司生产的压力容器、撬装设备质量进行 X 射线无损检测；现场探伤服务的企业涉及的行业包括石油化工、煤化工及液化天然气厂，主要针对以上企业厂区内压力管道安装进行无损检测，现场探伤在全国范围内开展。

**(5) 探伤工件情况**

本项目主要对公司生产的压力容器、撬装设备进行抽检。检测工件的参数见表 1-4。

**表 1-4 检测工件的相关参数一览表**

使用场所	工件名称	长度	直径	厚度	适用机型
曝光室	压力容器	600-9600mm	600-3000mm	3-30mm	XXG2505、XXGH2505
	压力容器		300-600mm	3-20mm	XXG2505/XXGH2505 XXQ1005/XXH1005
	撬装管道	600-8000mm	25-350mm	3-10mm	XXG2505/XXQ1005
探伤现场	现场管道	/	25-600mm	3-10mm	XXG2505

**(6) 计划工作量**

公司年工作 300 天，每天 1 班制，每班工作 8 小时。

根据建设单位提供数据，其工作情况见表 1-5。

**表 1-5 设备工作负荷一览表**

探伤类别	设备型号	单次曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间	周最大曝光次数	周最大曝光时间
室内探伤	XXG2505	1-5min	2000 次	166.67h	40 次	3.33h
	XXGH2505	1-5min	500 次	41.67h	10 次	0.83h
	XXQ1005	1-5min	200 次	16.67h	4 次	0.33h
	XXH1005	1-5min	100 次	8.33h	2 次	0.17h
现场探伤	XXG2505	1-5min	3000 次	250h	60 次	5.00h

**(7) 主要原辅材料**

项目原辅材料情况见表 1-6。

续表 1 项目基本情况

表 1-6 原辅材料一览表

序号	名称	使用量	来源	主要化学成分
1	胶片	约 10000 张/a	外购	卤化银和涤纶
2	定影液	35kg/a	外购	硫代硫酸钠、冰醋酸、硼酸硫酸铝钾、无水亚硫酸钠、溴化钾
3	显影液	70kg/a	外购	米吐尔 (N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐)、无水硫酸钠、对苯二酚、无水亚硫酸钠、溴化钾

定影液和显影液为浓缩型，使用时，以药水比 1:4 的比例兑水使用

(8) 劳动定员

本项目拟配置 3 名辐射工作人员，已纳入公司总劳动定员中。辐射工作人员同时承担洗片、评片、存档、设备管理等工作。室内探伤至少 1 名辐射工作人员；现场探伤至少 2 名辐射工作人员，同时根据现场情况至少安排 2 - 3 名警戒、巡视人员，警戒、巡视人员作为非辐射工作人员。辐射工作人员在上岗前应取得辐射安全防护培训合格证书。现场探伤非辐射工作人员不固定，根据每次探伤现场情况自行调配，在现场探伤工作开展前均应进行辐射防护与安全基础知识培训。

1.4 项目外环境概况

项目所在 7#厂房东侧紧邻厂区绿化带及道路，之外约 18m 为公司 8#厂房和瑞信气体 9#办公楼；南侧紧邻厂区绿化带及道路，约 7m 为在建停车场；西侧紧邻厂区绿化带及道路，之外最近约 20m 为重庆普利特斯材料有限公司宿舍楼；北侧紧邻厂区绿化带及道路，之外约 10m 为重庆新潮实业有限公司厂区。项目所在 7#厂房周围外环境见表 1-7。

表 1-7 本项目所在 7#厂房周围外环境一览表

序号	名称	方向	与厂房的距离	高差	基本情况
1	厂区绿化带及道路	东侧	紧邻	0m	厂区道路
2	8#厂房		约 18m	0m	厂房，1F，约 30 人
3	9#办公楼		约 18m	0m	瑞信气体办公楼，4F，约 30 人
4	厂区绿化带及道路	南侧	紧邻	0m	厂区道路
5	停车场		约 7m	0m	在建停车场
6	厂区绿化带及道路	西侧	紧邻	0m	厂区绿化带及道路
8	重庆普利特斯材料有限公司宿舍楼		约 20m	0m	其他工业企业，5F，约 300 人
9	厂区绿化带及道路	北侧	紧邻	0m	厂区道路
10	重庆新潮实业有限公司厂区		约 10m	0m	其他工业企业，1F，约 300 人

## 续表 1 项目基本情况

### 1.5 工作场所选址可行性分析

本项目曝光室位于公司 7#厂房内东北侧，为单层建筑，该厂房仅有一层，曝光室所在区域对应上方为厂房内空，且位于厂房一端。曝光室东侧为操作室、库房等场所，南侧为工件传输区、容器总装区等场所，西侧为碳钢板材区、碳钢部件制作区等场所，北侧为通道，曝光室周边基本为公众驻留时间很短的区域。曝光室工件门朝向工件传输区，便于工件传输，工件传输区南侧紧邻容器总装区，便于容器总装结束之后无损检测。根据后文环境辐射监测结果，本项目所在区域环境  $\gamma$  辐射剂量率在重庆市 2022 年天然辐射本底水平正常涨落范围内。因此，项目整体选址合理可行。

### 1.6 与项目有关的原有核技术应用及污染状况

重庆瑞信信息技术有限公司业务范围目前尚未涉及到核技术利用项目，该单位为首次涉及核技术利用领域。

根据监测，拟建址的环境地表  $\gamma$  辐射剂量率与重庆市的地表  $\gamma$  辐射剂量率无明显差异。因此，拟建址不存在与本项目有关的环境污染情况和环境问题。

### 1.7 项目所在厂区环保手续情况

公司在铜梁工业园区蒲吕街道办事处云飞路 26 号租用重庆瑞信气体有限公司现有生产厂房建设“压力容器、撬装设备、气体灭火装置生产及气瓶检测项目”，于 2024 年 4 月 1 日取得了《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（铜）环准〔2024〕14 号），目前正在开展建设工作。

### 1.8 与公司依托可行性

本项目的实施是对公司生产的压力容器、撬装设备进行无损检测，有利于控制产品质量，因此，项目建设与公司发展运行相适应。项目拟建探伤室依托已建 7#厂房进行建设，依托可行性分析见表 1-8。

表 1-8 项目依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
主体工程、辅助工程	依托已有 7#厂房	项目在公司 7#厂房内部建设，依托可行。	可行
公用工程	依托供电、供水等	项目位于公司 7#厂房，供电、供水设施依托公司公用设施。公司为市政供电，市政管网供水。依托可行。	可行
环保工程	依托生化池	项目无生产废水，不新增生活污水产生量，生活污水排入 7#厂房东侧瑞信气体现有 3#生化池（处理能力	可行

**续表 1 项目基本情况**

		10m <sup>3</sup> /d) 处理，根据公司非辐射环评可知，依托可行。	
	依托固废收集系统	项目不新增生活垃圾，生活垃圾依托公司收集系统收集后交市政环卫部门处理。依托可行	可行
劳动定员	依托已有工作人员进行调配培养	项目拟从原有工作人员中调配培养 3 人从事无损检测工作，在现有总劳动定员内，依托可行。	可行

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

现场探伤工作人员生活污水、生活垃圾依托探伤场地已有设施处理，依托可行。

**表 2 放射源**

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

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

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

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注	
1	便携式 X 射线探伤机	Ⅱ	1	XXG2505 型 (定向)	250	5	无损检测	曝光室及全国范围内探伤现场	拟购	
2	便携式 X 射线探伤机	Ⅱ	1	XXGH2505 型 (周向)	250	5	无损检测	曝光室	拟购	
3	便携式 X 射线探伤机	Ⅱ	1	XXQ1005 型 (定向)	100	5	无损检测	曝光室	拟购	
4	便携式 X 射线探伤机	Ⅱ	1	XXH1005 型 (周向)	100	5	无损检测	曝光室	拟购	
以下空白。										

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

**表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向	
室内探伤	废定影液	液态	/	/	/	约 0.08t	/	暗室设置 3 个废液收集桶，下设防渗托盘进出防渗处理。废定影液、废显影液、清洗废液分别在废液收集桶内暂存	定期交有危废处理资质的单位收集处置，并签订协议
	废显影液	液态	/	/	/	约 0.16t	/		
	清洗废液	液态	/	/	/	约 0.84t	/		
	废胶片（包含曝光室曝光产生的废片及曝光室合格胶片存档到期后成为的危废）	固态	/	/	/	约 0.1t	/	操作室暂存	交有危废处理资质的单位收集处置
现场探伤	废定影液	液态	/	/	/	约 0.06t	/	临时暗室设置废液收集桶，下设防渗托盘。废定影液、废显影液、清洗废液分别在废液收集桶内暂存	交当地已签订协议的有相应危废处置资质的企业收集处置
	废显影液	液态	/	/	/	约 0.12t	/		
	清洗废液	液态	/	/	/	约 0.6t	/		
	废胶片（现场探伤曝光时产生的废片）	固态	/	/	/	约 0.003t	/	现场探伤产生的废片与危险废液一同交当地已签订协议的危废处置单位处置	
	废胶片（现场探伤合格胶片）	固态	/	/	/	约 0.04t	/	运回厂区内部，与曝光室产生的胶片一起暂存在操作室内	
报废 X 射线探伤机	固态	/	/	/	/	/	曝光室内暂存	去功能化后交由物资回收单位处置	
报废的阴极射线管	固态	/	/	/	/	/	/	交有危废处理资质的单位收集处置	

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 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日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年-10月-1日施行修订版；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令-682号，2017年-10月-1日修订施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国生态环境部令-16号，2021年-1月-1日施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令-449号，2005年-12月-21日施行；中华人民共和国国务院令-709号，2019年-3月-2日修订实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令-31号，2021年-1月-4日修订实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令-18号，2011年-5月-1日施行；</p> <p>(9) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告-2017年第-66号，2017年-12月-5日施行；</p> <p>(10) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部-公安部-交通运输部-部令-23号，2022年-1月-1日施行；</p> <p>(11) 《重庆市环境保护条例》，2022年11月1日施行修订版；</p> <p>(12) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令-338号，2021年1月1日施行。</p>
------	---

续表 6 评价依据

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

**表 7 保护目标与评价标准**

**7.1 评价范围**

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1 - 2016) 的相关规定, 室内探伤取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围; 现场探伤工作场所不固定, 根据本项目射线装置的内容与规模, 考虑射线装置的类型、能量, 确定本项目评价范围为现场探伤监督区边界范围内区域, 按照后文理论计算监督区最大范围为距离射线装置约 880m。

**7.2 保护目标**

**(1) 室内探伤**

本项目曝光室为单层结构, 位于公司 7#厂房内北侧, 该厂房仅有一层, 层高为 15.3m。曝光室上方为厂房内空, 有行车 (高 12m) 等设施 (行车操作人员地面遥控, 行车检修区位于 7#厂房南侧, 不在曝光室上方), 下方为土层。

**①建筑内**

根据公司 7#厂房平面布置图, 曝光室东侧紧邻操作室、暗室、库房等, 之外约 5m 为通道, 约 8m 为焊接实验区、焊接试件库、部件焊接区等; 南侧紧邻工件传输区, 之外约 12m 为容器总装区、试压区、自动焊机区、冷箱装配区、撬装总装区、成形区等; 西侧紧邻碳钢板材区、碳钢部件制备区, 之外约 10m 为通道, 约 13m 为机械加工区、碳钢型材区等; 北侧紧邻通道。

**②建筑外**

曝光室东侧约 20m 为厂区绿化带及道路, 之外约 38m 为 8#厂房; 西侧约 25m 为厂区绿化带及道路; 北侧约 1m 为厂区绿化带及道路, 之外约 11m 为重庆新潮实业有限公司厂区。

本项目室内探伤环境保护目标统计见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

序号	环境保护目标名称	方位	水平距离 (m)	敏感目标特征	影响人群
1	操作室、暗室	东侧	紧邻	项目用房, 约 1 人	辐射工作人员
2	库房		紧邻	厂内部件存放库房, 约 2 人	公众成员
3	通道		约 5-8	厂内通道, 约 3 人	公众成员
4	焊接实验区、焊接试件库、部件焊接区等		约 8-20	厂内生产区, 约 10 人	公众成员
5	厂区绿化带及道路		约 20-38	厂区绿化及道路, 约 3 人	公众成员
6	8#厂房		约 38-50	建设单位生产厂房, 约 10 人	公众成员
7	工件传输区	南侧	紧邻	厂内辅助区, 约 1 人	公众成员
8	容器总装区、试压区、自动焊机区、冷箱装配区、撬装总装区、成形区等		约 12-50	厂内生产区, 约 10 人	公众成员
9	碳钢板材区、碳钢部件制备区		紧邻	厂内生产区, 约 10 人	公众成员
10	通道	西侧	约 10-13	厂内通道, 约 3 人	公众成员
11	机械加工区、碳钢型材区等		约 13-26	厂内生产区, 约 10 人	公众成员
12	厂区绿化带及道路		约 26-50	厂区绿化及道路, 约 3 人	公众成员
13	通道	北侧	紧邻	厂内通道, 约 1 人	公众成员
14	厂区绿化带及道路		约 1-11	厂区绿化及道路, 约 2 人	公众成员
15	重庆新潮实业有限公司厂区		约 11-50	其他企业厂房, 约 10 人	公众成员

注: 曝光室与环境保护目标地面处于同一水平面。对环境保护目标的影响因素均为电离辐射。

### (2) 现场探伤

本项目现场探伤工作场所基本不涉及一般公众密集活动场所, 主要环境保护目标是探伤工作场所外的辐射工作人员及公众成员。由于探伤地点不固定, 因此 X 射线探伤机在工作条件下的环境保护目标是不定的。本项目现场探伤环境保护目标见表 7-2。

表 7-2 本项目现场探伤环境保护目标一览表

保护目标	相对探伤机方位	与探伤机距离	人数
辐射工作人员	非主射方向	控制区外, 监督区内	每个探伤工作场所至少 2 人
公众成员	不定	监督区外	人员不定, 巡视、警戒人员及监督区外逗留公众成员

### 7.3 评价标准

#### (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

## 续表 7 保护目标与评价标准

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

### B1 剂量限值

第 B1.1.1.1 款 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,使之不超过下述限值:由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均), 20mSv 作为职业照射剂量限值。

### 第 B1.2 款 公众照射

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

## (2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

该标准规定了 X 射线和  $\gamma$  射线探伤的放射防护要求。

### 第 5 条 探伤机的放射防护要求

#### 5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下,距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 (本报告表 7-3) 的要求,在随机文件中应有这些指标的说明。

表 7-3 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压, kV	漏射线所致周围剂量当量率控制值, mSv/h
< 150	< 1
150~200	< 2.5
> 200	< 5

### 第 6 条 固定式探伤的放射防护要求

#### 6.1 探伤室放射防护要求

##### 6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足:

a)关注点的周围剂量当量参考控制水平,对放射工作场所,其值应不大于  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ,对公众场所,其值应不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ;

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

续表 7 保护目标与评价标准

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

### 第 7 条 探伤机的放射防护要求

#### 7.1 作业前准备

7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。

7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

#### 7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的区域划为控制区。

a) 对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7 h，控制区边界周围剂量当量率应按下列公式计算：

$$\dot{H} = \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$\dot{H}$ —控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) ；

续表 7 保护目标与评价标准

100—5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

$T$ —每周实际开机时间，单位为小时 (h)；

本项目现场探伤每周最大曝光时间约为 5.00h，小于 7h，故本项目现场探伤控制区范围取值  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或  $\gamma$  射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

### (3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

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

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

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平  $H_c$  如下：

**续表 7 保护目标与评价标准**

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

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$

第 3.1.2 条 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

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

第 3.2 条 需要屏蔽的辐射

第 3.2.2 条 散射辐射考虑以  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  散射辐射。

(4) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）

室内：臭氧浓度的接触限值： $0.3 \text{mg}/\text{m}^3$ ；氮氧化物的接触限值： $5 \text{mg}/\text{m}^3$ ；

(5) 评价标准及相关参数值

1) 年剂量管理目标值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，放射工作人员年有效剂量不超过  $20 \text{mSv}$ ，公众成员年有效剂量不超过  $1 \text{mSv}$ ；根据建设单位提供的资料，公司辐射工作人员年剂量管理目标限值： $5 \text{mSv}$ ，公众成员年剂量管理目标限值： $0.1 \text{mSv}$ 。

2) 居留因子

根据 GBZ/T250-2014 附录 A，居留因子取值原则见表 7-4。

**表 7-4 不同工作场所与环境条件下的居留因子**

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

备注：后文相应计算中的居留因子按照本表取值。同一方向不同房间，保守按照居留因子取最大值，距离取最小值进行计算。

3) 曝光室屏蔽体外控制水平核算

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

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

续表 7 保护目标与评价标准

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平  $H_c$  如下:

职业工作人员:  $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$

公众:  $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$

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

$$\dot{H}_{c \cdot d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots \dots \dots (2)$$

式中:

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

$U$  ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子;

$T$  ——人员在相应关注点驻留的居留因子;

$t$  ——探伤装置周照射时间, 单位为小时每周 (h/周)。

$t$  按式 (3) 计算:

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \dots \dots \dots (3)$$

式中:

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

60——小时与分钟的换算关系;

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

b) 关注点最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c \cdot \max}$  :

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

c) 关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  :

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

本项目配备 4 台便携式 X 射线探伤机 (定向、周向), 最大管电压为 100kV 的 X 射线探伤机 (XXQ1005、XXH1005) 在进行 X 射线无损检测时对曝光室周围环境和人员的影响很小, 核算时不予考虑, 本评价按最不利情况考虑最大管电压为 250kV 的 X 射

续表 7 保护目标与评价标准

线探伤机 (XXG2505、XXGH2505) , 周最大曝光次数考虑这两台 X 射线探伤机工作负荷的叠加, 使用因子 U 均取 1。X 射线探伤机周工作负荷见表 7-5, 剂量率参考控制水平核算表见表 7-6。

表 7-5 X 射线探伤装置工作负荷

额定电流	周最大曝光次数	单次曝光	周最大照射时间
5mA	50 次/周	1~5min/次	4.16h

表 7-6 剂量率参考控制水平核算表

关注点	U	T	t (h)	H <sub>c</sub> ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	$\dot{H}_{c \cdot d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$\dot{H}_{c \cdot \max}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
东(暗室、操作室)	1	1	4.16	100	24.0	2.5	2.5
南(工件传输区)	1	1/8	4.16	5	9.6	2.5	2.5
西(碳钢板材区、碳钢部件制备区)	1	1/2	4.16	5	2.4	2.5	2.4
北(厂区绿化带及道路)	1	1/8	4.16	5	9.6	2.5	2.5
顶棚	/	/	/	/	/	100	2.5

注:  $\dot{H}_c$  为  $\dot{H}_{c \cdot d}$  和  $\dot{H}_{c \cdot \max}$  二者的较小值。碳钢板材区、碳钢部件制备区未设置固定工位, 顶棚上方无法到达保守按照  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  控制。地板下方为泥土层, 不予考虑。

根据上表核算, 曝光室屏蔽墙体(东墙、南墙、北墙)、顶棚、人员门、工件门外周围剂量当量率不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  进行控制。西墙屏蔽体外周围剂量当量率不大于  $2.4\mu\text{Sv}/\text{h}$  进行控制。

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

表 7-7 项目主要评价标准及相关参数汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标限值	辐射工作人员: $5\text{mSv}$ ; 公众成员: $0.1\text{mSv}$ 。	GB18871-2002、公司管理要求
2	周剂量限值	辐射工作人员周剂量: $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ; 公众成员周剂量: $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。	GBZ/T250 - 2014
3	曝光室外剂量限值	曝光室屏蔽墙体(东墙、南墙、北墙)、顶棚、人员门、工件门外周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 进行控制。西墙屏蔽体外周围剂量当量率不大于 $2.4\mu\text{Sv}/\text{h}$ 进行控制。	GBZ117 - 2022、GBZ/T250 - 2014
4	现场探伤要求	将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的范围内划为控制区	GBZ117 - 2022

续表 7 保护目标与评价标准

		将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的范围划为监督区	
5	通风要求	曝光室有效通风换气次数应不小于 3 次/h。	GBZ117 - 2022

**表 8 环境质量和辐射现状**

**8.1 辐射环境质量现状**

本项目位于重庆市铜梁工业园区蒲吕街道办事处云飞路 26 号 7# 厂房探伤室内，为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，2023 年 12 月 7 日重庆泓天环境监测有限公司对项目曝光室拟建位置的辐射环境质量进行了现状监测，监测结果见渝泓环(监)[2023]1114 号（见附件）。

(1) 监测因子：环境  $\gamma$  辐射剂量率（未扣除宇宙射线）

(2) 监测方法和依据：

**表 8-1 监测方法和依据**

监测项目	监测方法	监测依据
环境 $\gamma$ 辐射剂量率	仪器法	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021

(3) 监测仪器

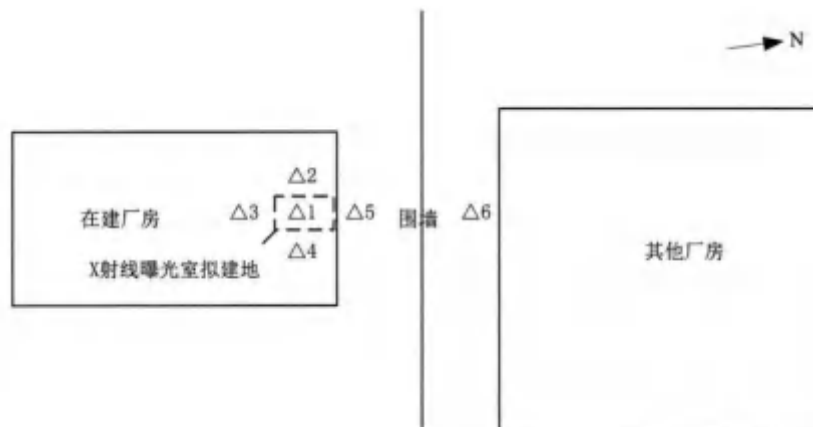
监测仪器情况见表 8-2。

**表 8-2 监测仪器情况**

监测仪器名称及型号	仪器编号	资产编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境级 X、 $\gamma$ 辐射巡检仪 RGM5200	1222203004005	HT20221201	2023110704836	2024.11.26	1.06

测量范围：0.01 $\mu$ Sv/h~15mSv/h。

(4) 监测点位：共设 6 个点。具体监测布点见图 8-1。



备注：△为环境  $\gamma$  辐射剂量率监测点位，监测高度距地面 1.0m，该项目位于蒲吕街道办事处云飞路 26 号。

**图 8-1 监测布点图**

## 续表 8 环境质量和辐射现状

### 监测布点合理性分析：

监测点位分别布设在项目曝光室拟建址及四周、项目所在 7# 厂房外最近环境保护目标处。监测布点较全面地考虑了项目所在位置及其周围辐射环境水平，总体上可以反映项目所在地辐射环境水平。

### (5) 质量保证措施

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

### (6) 监测结果统计：监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 拟建项目辐射环境监测结果统计

监测点位	监测点描述	环境 $\gamma$ 辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
$\triangle 1$	X 射线曝光室拟建地	0.060
$\triangle 2$	X 射线曝光室拟建地西侧	0.068
$\triangle 3$	X 射线曝光室拟建地南侧	0.068
$\triangle 4$	X 射线曝光室拟建地东侧	0.068
$\triangle 5$	X 射线曝光室拟建地北侧	0.080
$\triangle 6$	X 射线曝光室拟建地北侧其他厂房旁	0.071

备注：以上监测结果均未扣除宇宙射线响应值。

根据监测统计结果可知，本项目所在位置及周围环境  $\gamma$  剂量率的监测值在  $60\text{nGy/h} \sim 80\text{nGy/h}$  ( $1\mu\text{Gy}=1000\text{nGy}$ ) 之间（未扣除宇宙射线响应值）。根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版），2022 年重庆市  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率在  $78.0\sim 119\text{nGy/h}$  之间（未扣除宇宙射线响应值），全市点位年均值为  $94.5\text{nGy/h}$ ，与之相比较，本项目所在地环境  $\gamma$  辐射剂量率在重庆市 2022 年天然辐射本底水平正常涨落范围内。

表9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期工艺流程及产污环节

本项目曝光室四周屏蔽体及各防护门屏蔽材料为硫酸钡+铅板+钢板固定，屏蔽体组装施工流程为将铅板排放在钢板上，采用紧固螺钉固定，在内外钢板与铅板缝隙之间填充硫酸钡。以上施工均在生产厂家内完成，组装好的屏蔽体运至本项目探伤室施工现场进行屏蔽体安装。

施工期主要工作包括曝光室屏蔽防护体安装、曝光室配套用房建设、X射线探伤设备及管线安装等。曝光室四周沟槽及工件运输轨道开挖的施工内容已在“压力容器、撬装设备、气体灭火装置生产及气瓶检测项目”进行评价，曝光室四周屏蔽墙体、迷道外墙、人员门嵌入地面下200mm，工件门嵌入地面下350mm，则本项目施工流程主要为：曝光室四周及顶棚铅屏蔽体安装→设备线缆/风机安装→设备调试。施工过程中主要有少量的施工粉尘、生活污水、施工机械噪声、建筑垃圾及生活垃圾等产生。

扬尘：主要为施工时产生的粉尘，均在室内施工，产生量较少；

废水：主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水；

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

固体废物：主要为施工过程产生的建筑垃圾（约0.5t）以及施工人员产生的生活垃圾。

### 9.2 营运期工艺流程及产污环节

#### 9.2.1 设备组成及工作方式

##### (1) 设备组成

本项目拟配置4台便携式探伤机，分别为1台XXG2505型X射线探伤机、1台XXGH2505型X射线探伤机、1台XXQ1005型X射线探伤机、1台XXH1005型X射线探伤机，设备组成均主要由控制器、X射线发生器、电源电缆组成，设备配置清单见表9-1。

##### ① 控制器

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

## 续表 9 项目工程分析与源项

### ②X射线发生器

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

### (2) 工作方式

本项目分为室内探伤和现场探伤，室内探伤时辐射工作人员在操作室操作，现场探伤时，辐射工作人员在监督区内的操作位操作，监督区边界有巡视人员警戒。探伤作业时，X射线探伤机出束窗口对向待测工件，工件的另一端放置胶片，操作室内或现场探伤操作位的控制器控制X射线探伤机产生X射线照射工件，X射线透过工件在对面的胶片上成像，然后洗出胶片观察焊缝。

本项目拟购置探伤机主要性能参数见表 9-1，探伤机典型照片见图 9-1。

表 9-1 探伤机主要性能参数

设备类型	定向 X 射线探伤机		周向 X 射线探伤机	
	XXG2505	XXQ1005	XXGH2505	XXH1005
设备型号	XXG2505	XXQ1005	XXGH2505	XXH1005
数量	1 台	1 台	1 台	1 台
来源	拟购	拟购	拟购	拟购
厂家	丹东东方	丹东东方	丹东东方	丹东东方
额定电压	250kV	100kV	250kV	100kV
额定电流	5mA	5mA	5mA	5mA
X 射线束辐射角	40°	40°	平面 360°，侧向 40°	平面 360°，侧向 40°
射线管焦点尺寸	2.0×2.0mm	2.5×2.5mm	1.0×2.0mm	0.8×2.5mm
焦距	600mm	600mm	600mm	600mm
电压可调节范围	100 ~ 250kV	35 ~ 100kV	100 ~ 250kV	35 ~ 100kV
成像方式	拍片成像	拍片成像	拍片成像	拍片成像
过滤板厚度	3mmAl	3mmAl	3mmAl	3mmAl

续表 9 项目工程分析与源项

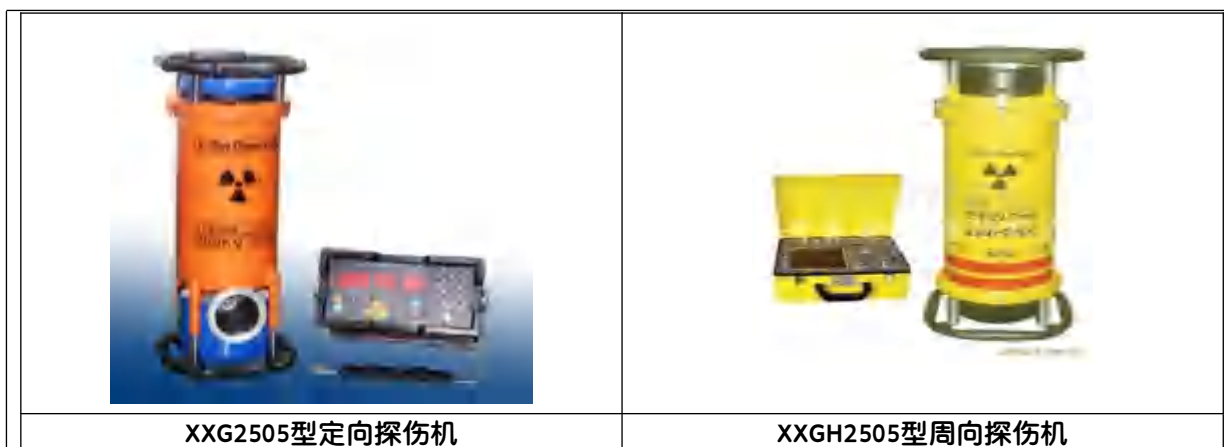


图 9-1 典型 X 射线探伤机照片

### 9.2.2 工作原理及工艺流程

#### (1) 工作原理

##### ① X 射线产生原理

探伤机主要由射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生韧致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、钼、金等制成。X 射线管结构及原理示意图见图 9-2。

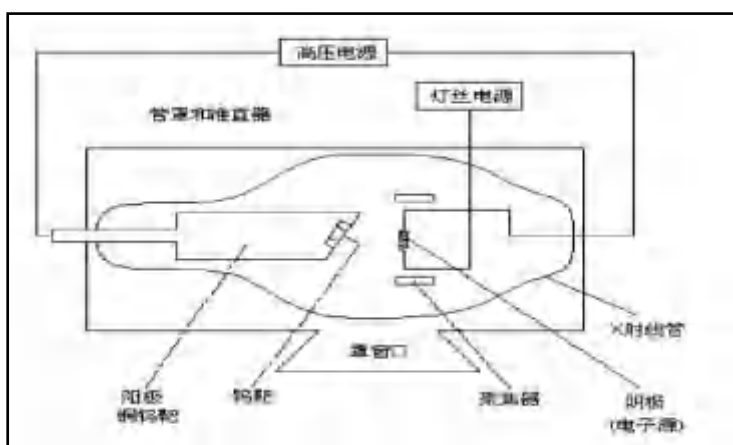


图 9-2 X 射线管原理示意图

##### ② 胶片成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线还有个重要性质，就是能使胶片感光，

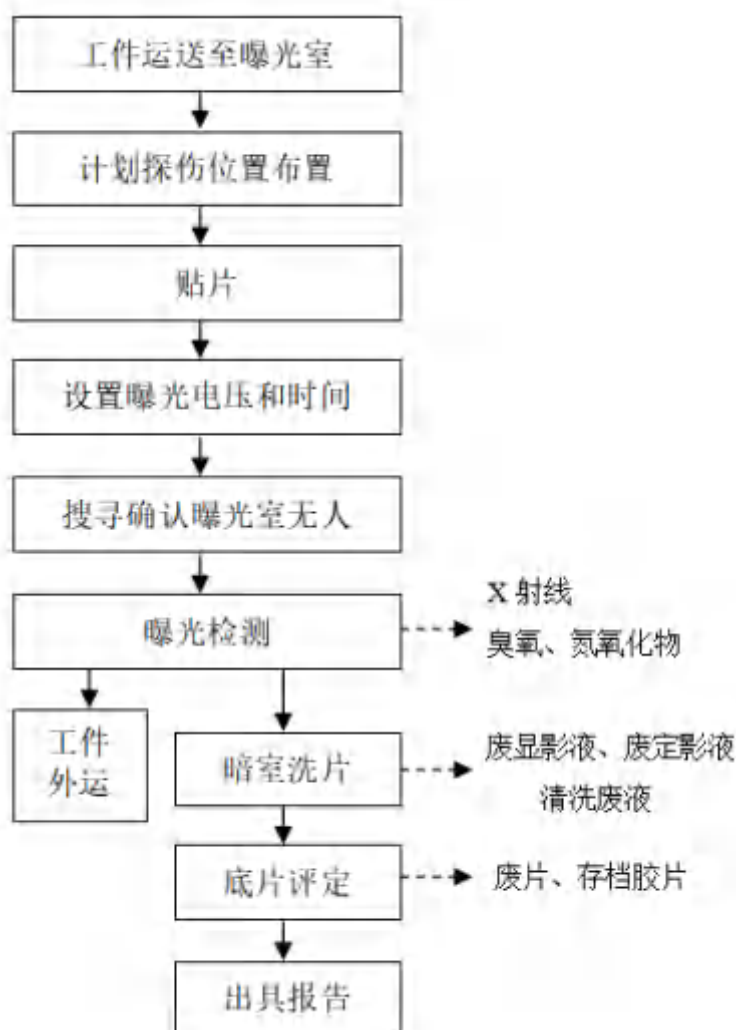
续表 9 项目工程分析与源项

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

## (2) 工艺流程

### 室内探伤：

本项目曝光室内主要开展压力容器、撬装设备的 X 射线检测工作，工艺流程图见图 9-3。



## 续表 9 项目工程分析与源项

图 9-3 项目工艺流程及产排污简图

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

②摆放检测部件：待检部件经过行车运至曝光室南侧轨道车上，辐射工作人员进行摆位，再运至曝光室内，根据检测需求将探伤机出束窗口对准焊接部件的待检部位，根据探伤工件大小、尺寸、待检部位，选择定向或周向 X 射线探伤机。

③贴胶片：在待检部件的检测位置贴上胶片，根据检测位置的情况，选择不同尺寸、不同数量的胶片，每个位置贴一张。

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

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

⑥开机曝光：按下探伤机高压按钮并持续 1 秒钟，系统将自己延时 1 分钟，在延时阶段，会听到“嘀……嘀”警报声，延时时间到后即可启动曝光操作，同时操作面板上的射线警示灯闪动，时间显示窗口开始倒计时，X 射线发生器开始工作，向外辐射 X 射线；当数码管显示“0.0”时，曝光结束。仪器自动切断高压，喇叭“嘟..嘟..嘟..”鸣叫 3 声，并进入 1:1 休息，数码管显示预选值，准备下一次曝光。此时，“准备”灯灭，等到与上次工作时间相等时，“准备”灯亮。

⑦洗片评片：探伤结束后由辐射工作人员取下胶片并在暗室内进行洗片，洗片完成后在暗室晾干区晾干，最后在操作室评片，评片完成后所有胶片存放在操作室内的档案柜。本项目洗片评片工艺流程如下：

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

b 停影：将显影后的胶片从显影槽中取出，在显影槽上方停留 2-3s 使滞留的药液

续表 9 项目工程分析与源项

流离洗片夹，放入装有清水的停影槽内将其上面残留的显影液清洗干净至停显；

c 定影：将停影后的胶片浸入定影液中，实现定影；

d 清洗：将定影后的胶片从定影槽中取出，放入装有自来水的清洗槽中漂洗；

e 晾干：将漂洗后的胶片在暗室内进行自然晾干；

f 对晾干后的胶片进行评片和审片。

⑧ 出具报告：根据评片结果，对受检工件出具检测报告。

本项目工艺流程中工作全部由辐射工作人员操作完成。

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

#### 现场探伤：

(1) 制定方案。接受探伤任务后，制订现场探伤作业方案，该作业方案包括探伤工况、时间、地点、控制区范围、监测方案、清场方式等，明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工等。

(2) 领取设备。将设备出入库管理制度纳入日常工作管理中，工作人员持任务单，在出入库台账上登记，经过探伤机管理人员（辐射工作人员）确认后，领取设备。

(3) 运输。采用车辆运输设备至检查地点，确保运输过程中设备的安全。

(4) 到达。现场探伤前的准备工作。到达后，在现场探伤曝光开始前，做好现场探伤作业前的各项准备工作，主要包括以下几方面：

① 对现场探伤作业的具体情况提前 24 小时进行公示，在作业边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将《辐射安全许可证》、辐射安全负责人、操作人员和安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督，拟设置 2-3 人警戒、巡查。

② 根据探伤规范要求，确定曝光时间、焦距、确定焦点位置，选择合适的屏蔽遮挡物，屏蔽遮挡物包括实体建筑物、可拆卸的屏蔽材料等。

③ 在探伤作业前进行清场，初步设置警戒线、控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”等警示标识。

④ 安排专人巡查警戒，确保探伤作业期间无公众误入作业区。每个探伤现场配备 2

续表 9 项目工程分析与源项

名操作人员，操作时同时在场。操作人员做好自身防护工作，每名操作人员配备 1 枚个人剂量计、1 台个人剂量报警仪（具有直读功能），剂量检测仪器保持开启状态。同一个探伤作业场所中，操作人员不兼任警戒人员。

⑤ X 射线探伤机操作人员检查电源盘、电源线有无破损、绝缘老化情况，检查电源搭接是否牢固，检查电源盘漏电保护器运行情况。操作人员连接设备，射线机通过电源线与控制箱相连，射线机控制箱与外部电源连接，控制箱接地。

⑥ 在条件及检测目的允许的情况下，合理选择主射方向及工作人员操作位。

⑦ X 射线探伤机关机 48 小时以上或工作电压达到 250kV 以上，再次使用前需进行训机，训机完成后才可以正常使用。

⑧ 首次曝光时，使用 X- $\gamma$  辐射剂量率仪进一步划定由远及近控制区和监督区边界。

(5) 确保探伤作业前的各项准备工作完成后，即可开启设备电源，进行探伤曝光作业。曝光结束后做好相关记录（参数、影像、照片和记录资料等），与方案一并存档备查。

(6) 单次曝光结束时，关闭 X 射线探伤机，继续进行下一轮探伤直至全部探伤工作完成后，关闭 X 射线探伤机，确认探伤机已经停止工作后拆除警戒，清理现场。

(7) 本项目现场探伤，一般探伤工期较长（2-3 个月），需要搭建临时暗室进行洗片，产生的废显影液、定影液、清洗废液交当地有相应危废处置资质的单位收集处置。现场探伤作业前与当地有资质的企业签订协议。

(8) 探伤设备由专用车辆运输设备至曝光室，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备归还。

探伤设备维护和维修均返回原厂家进行，不自行维护和维修。

探伤工艺流程图见附图 9-4。

续表 9 项目工程分析与源项

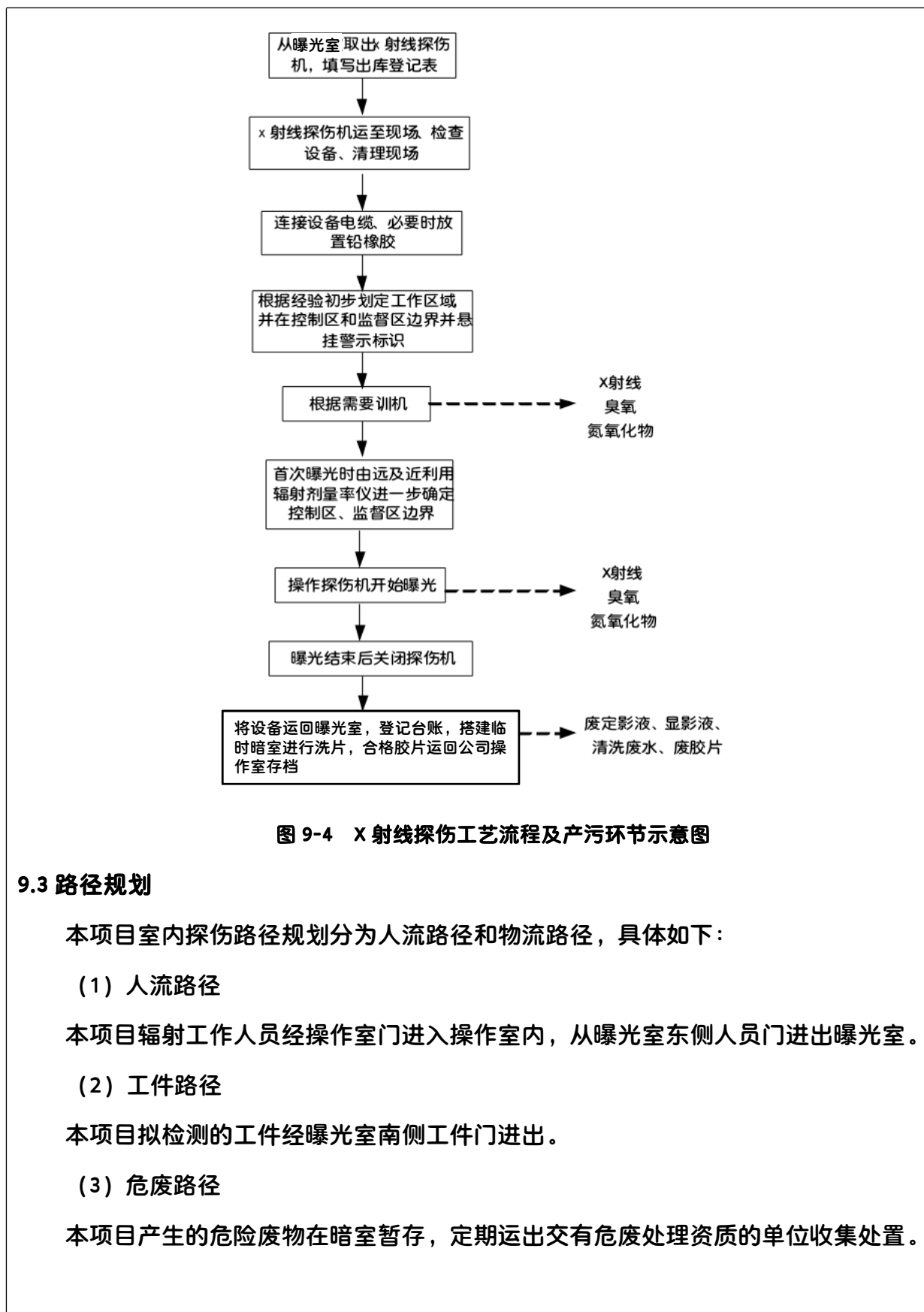


图 9-4 X 射线探伤工艺流程及产污环节示意图

### 9.3 路径规划

本项目室内探伤路径规划分为人流路径和物流路径，具体如下：

#### (1) 人流路径

本项目辐射工作人员经操作室门进入操作室内，从曝光室东侧人员门进出曝光室。

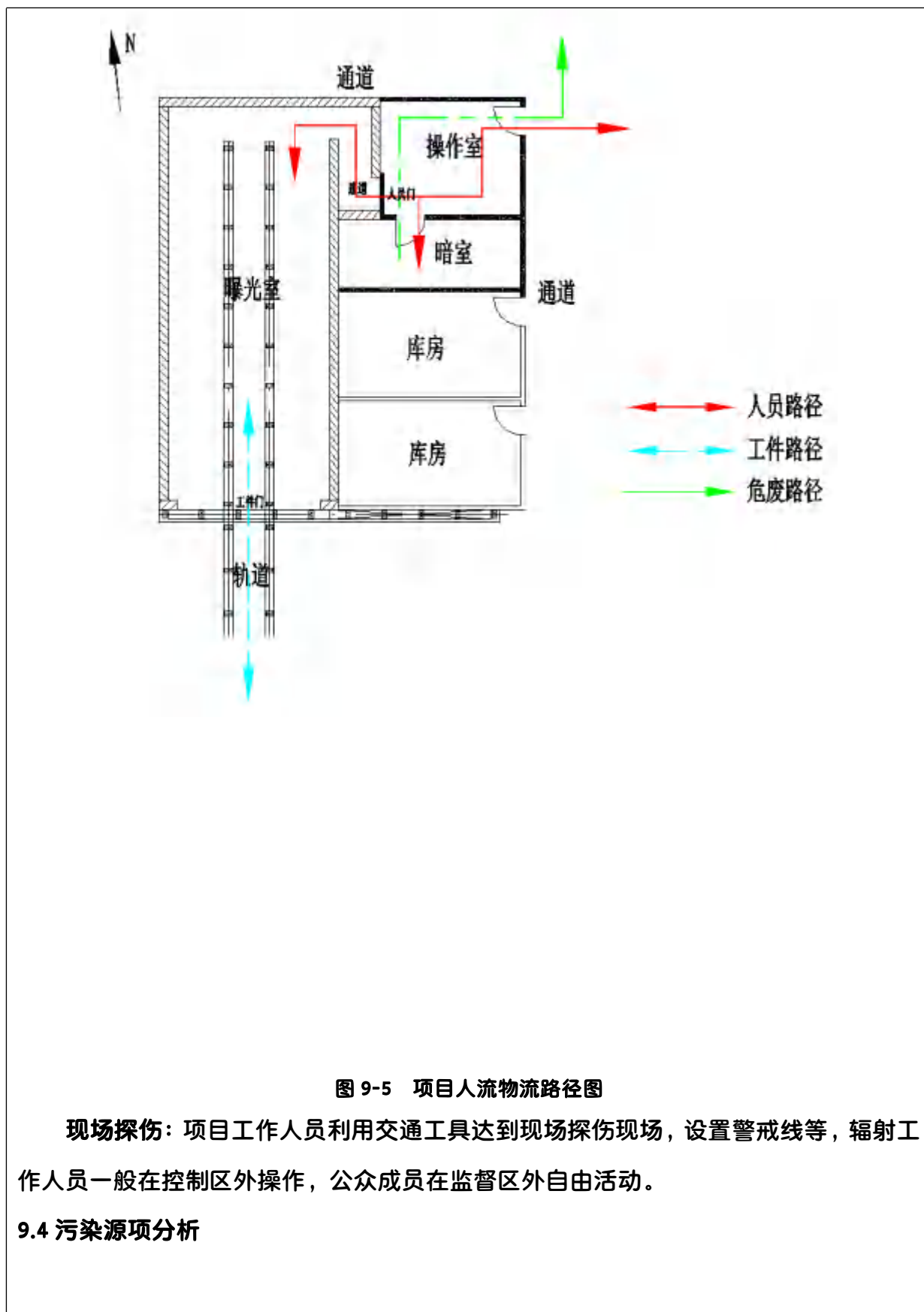
#### (2) 工件路径

本项目拟检测的工件经曝光室南侧工件门进出。

#### (3) 危废路径

本项目产生的危险废物在暗室暂存，定期运出交有危废处理资质的单位收集处置。

续表 9 项目工程分析与源项



**续表 9 项目工程分析与源项**

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

**9.4.1 电离辐射**

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

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

①有用线束: 直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件,形成工件无损检测的射线。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录 B 中表 B.1, 本项目 X 射线探伤机距辐射源点(靶点) 1m 处 X 射线输出量见表 9-2。本项目探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越高,加在 X 射线管的管电流越高,光子束流越强。

**表 9-2 探伤机 X 射线输出量**

设备类型	定向 X 射线探伤机		周向 X 射线探伤机	
	设备型号	设备型号	设备型号	设备型号
设备型号	XXG2505	XXQ1005	XXGH2505	XXH1005
额定电压	250kV	100kV	250kV	100kV
过滤板厚度	3mmAl	3mmAl	3mmAl	3mmAl
X 射线输出量 mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	13.9	6.6	13.9	6.6

注: 过滤板为 3mmAl、额定电压 100kV 距靶 1m 处 X 射线输出量根据射线衰减原理和《辐射防护导论》P342 附图 3 不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率查图得到。

②漏射线: 由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2022) 要求,管电压为 100kV 的 X 射线探伤机距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 1mGy/h;管电压为 250kV 的 X 射线探伤机距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 5mGy/h。

续表 9 项目工程分析与源项

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、地面、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线探伤机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 可知，管电压 250kV 的探伤机 90°散射辐射最高能量为 200kV，由于 GBZ/T250-2014 表 2 中没有管电压 100kV 的探伤机的散射辐射能量，本评价保守考虑管电压 100kV 的探伤机 90°散射辐射最高能量为 100kV。

#### 9.4.2 “三废”产排情况

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

##### (1) 废气

在 X 射线无损检测作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（主要为 NO<sub>2</sub>）。废气经抽风机由曝光室下部离地 0.4m 引至曝光室顶棚外，在经北侧墙体外排放，排放口高 5.6m，在厂房外自然扩散。

##### (2) 废水

本项目废水主要为工作人员产生的少量生活污水，本项目工作人员已纳入厂区劳动总定员中，生活污水产生、排放情况在公司《压力容器、撬装设备、气体灭火装置生产及气瓶检测项目》非辐射部分报告中统一进行核算，本评价不再核算。生活污水依托厂区生化池处理达标后排入市政污水管网。

##### (3) 噪声

本项目曝光室设置 1 套机械排风系统，排风系统风机噪声值约 60dB(A)，为低噪声设备，安装在曝光室排风口处。

##### (4) 固体废物

###### ①生活垃圾

本项目工作人员已纳入厂区劳动总定员中，生活垃圾产生量、处置情况已在公司《压力容器、撬装设备、气体灭火装置生产及气瓶检测项目》非辐射部分报告中统一核算，本评价不在进行核算。生活垃圾依托厂区的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

续表 9 项目工程分析与源项

②报废的探伤机

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

③废阴极射线管

射线装置报废的阴极射线管属于《国家危险废物名录》中 HW49 其他废物（废物代码：900-044-49），交有危废处理资质的单位收集处置。

④废胶片

本项目室内探伤每年曝光片子 7000 张（含废片约 700 张），现场探伤每年曝光片子数 3000 张（含废片约 300 张）。废胶片属于《国家危险废物名录》（2021 版）中感光材料废物 HW16，废物代码为 900-019-16，无放射性，交有危废处理资质的单位收集处置。

室内探伤产生的废胶片和存档到期的胶片在公司的操作室存放。根据公司资料，胶片存档至少 10 年，每张胶片重约 10g，废胶片及存档到期的胶片属于危险废物，室内探伤产生的废胶片及存档到期的胶片产生时预计年产生量约 0.1t/a。交有危废处理资质的单位收集处置。

现场探伤产生的废胶片属于危险废物，现场探伤产生的废胶片预计年产生量约 0.003t/a，在现场探伤所在地与有相应危废处置资质的单位签订协议，交当地已签订协议的危废处置单位。现场探伤合格的胶片（不属于危废）运回厂区内部，与曝光室产生的胶片一起暂存在操作室内，存档到期的胶片预计年产生量约 0.04t/a，存档到期后成为危废，交有危废处置资质的单位收集处置。

⑤洗片废液

洗片废液分为废定影液、废显影液、废清洗液。

a.室内探伤

废定影液、废显影液：根据《国家危险废物名录》（2021 版），废定影液、废显影液属于 HW16，废物代码为 900-019-16（其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸）。根据建设单位提供的资料，室内探伤定影液和显影液消耗量分别约 20kg/a、

**续表 9 项目工程分析与源项**

40kg/a，定影液和显影液为浓缩型，使用时，以药水比 1:4 的比例兑水使用，则每年配制定影液 80L、显影液 160L。由于配置好的定影液、显影液存放时间过久，洗片效果不能满足要求，因此公司预计每个月更新一次定影液、显影液，则废定影液、废显影液年产生量分别约 0.08t/a、0.16t/a。

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

由于清洗废液可生化性较差，且产生量小，单独处理效率低且投资成本高。建设单位拟将其作为危险废物管理，不外排且暗室内无排水点。该类清洗废液属于具有危险特性，可能对生态环境或者人体健康造成有害影响的废液，根据其成分，按照《国家危险废物名录》（2021 版）中 HW16 进行管理。根据探伤室的洗片量，一般清洗废液 1 个月更换一次，一次产生清洗废液约 70L，年产生量约 0.84t/a。

上述废显影液、废定影液、清洗废液主要成分为对苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银，属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，无放射性。清洗废液中含有 AgBr、显影剂及氧化物，公司暗室内拟设置 3 个废液收集桶（其中废显影液、废定影液、清洗废液的收集桶容积为 50L、50L、60L，能满足暂存要求），暗室地面做防渗处理，在各废液桶下设防渗托盘，定期交有危废处理资质的单位收集处置。

#### **b.现场探伤**

废定影液、废显影液：根据建设单位提供资料，现场探伤定影液和显影液消耗量分别约 15kg/a、30kg/a，定影液和显影液为浓缩型，使用时，以药水比 1:4 的比例兑水使用，则每年配制定影液 60L、显影液 120L。公司现场探伤时预计每两个月更新一次定影液、显影液，则废定影液、废显影液年产生量分别约 0.06t/a、0.12t/a。

清洗废水：根据现场探伤的洗片量，一般清洗废水 1 个月更换一次，一次产生清洗废水约 50L，年产生量约 0.6t/a。

**续表 9 项目工程分析与源项**

现场探伤设置临时暗室，地面做防渗处理，设置废液收集桶，下设防渗托盘。废显影液、定影液、清洗废液分别在对应的废液收集桶内暂存，交当地已签订协议的有相应危废处置资质的企业收集处置。

本项目危险废物产生及排放情况见表 9-3。

**表 9-3 危废产生量及处理处置措施**

危废名称	危废类别	危废代码	产生量 (t/a)	形态	主要成分	有害成分	产生周期	暂存时间	危险性	处置措施
废阴极射线管	HW49	900-044-49	/	固态	金属	重金属铅等	不定	不暂存	T	直接交有危废处理资质的单位收集处置
<b>室内探伤</b>										
危废名称	危废类别	危废代码	产生量 (t/a)	形态	主要成分	有害成分	产生周期	暂存时间	危险性	处置措施
废胶片	HW16	900-019-16	0.1	固态	明胶卤化银	重金属银	每次探伤	约 1 年	T	暂存操作室内，交有危废处理资质的单位收集处置
存档胶片								≥ 10 年	T	
废定影液	HW16	900-019-16	0.08	液态	对苯二酚亚硫酸钠 重金属银	重金属银	4 个月	4-6 个月	T	分类收集后暂存于公司暗室内的废液收集桶，定期交有危废处理资质的单位收集处置
废显影液	HW16	900-019-16	0.16	液态		重金属银	6 个月	4-6 个月	T	
清洗废液	HW16	900-019-16	0.84	液态		重金属银	1 个月	3 个月	T	
<b>现场探伤</b>										
危废名称	危废类别	危废代码	产生量 (t/a)	形态	主要成分	有害成分	产生周期	暂存时间	危险性	处置措施
废胶片	HW16	900-019-16	0.003	固态	明胶卤化银	重金属银	每次探伤	约 1 年	T	交当地危废资质单位收集处置
存档胶片			0.04					≥ 10 年	T	
废定影液	HW16	900-019-16	0.06	液态	对苯二酚亚硫酸钠 重金属银	重金属银	4 个月	约 2-3 个月	T	分类收集后暂存于临时暗室内的废液收集桶，定期交有危废处理资质的单位收集处置
废显影液	HW16	900-019-16	0.12	液态		重金属银	6 个月	约 2-3 个月	T	
清洗废液	HW16	900-019-16	0.6	液态		重金属银	1 个月	约 2-3 个月	T	

备注：T 毒性。

**9.4.3 项目产排污统计**

项目产排污总体情况见表 9-4 所示。

**表 9-4 项目污染物产排情况统计表**

污染物	污染因子	产生量	处理方式
-----	------	-----	------

续表 9 项目工程分析与源项

电离辐射	X 射线	250kV	距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $13.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率控制值小于 $5\text{mSv/h}$ ， $90^\circ$ 散射辐射最高能量为 200kV	曝光室四周墙体、顶棚、各防护门屏蔽	
		100kV	距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $6.6\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率控制值小于 $1\text{mSv/h}$ ， $90^\circ$ 散射辐射最高能量为 100kV		
废气	$\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$	少量		机械排风	
废水	生活污水	少量		依托厂区污水生化池处理	
噪声	设备噪声	$\leq 60\text{dB (A)}$		距离衰减、建筑隔声	
一般固废	生活垃圾	少量		交环卫部门处理	
	报废探伤机 (不含废阴极射线管)	约 10 年报废一次		去功能化后交由物资回收单位处置	
危险废物	废阴极射线管 (HW49)		/	交有危废处理资质的单位收集处置	
	室内探伤	废胶片 (HW16)	0.1t/a	暂存操作室内，交有危废处理资质的单位收集处置	
		存档到期的胶片 (HW16)			
		废定影液 (HW16)	0.08t/a		分类收集后暂存于公司暗室内的废液收集桶，定期交有危废处理资质的单位收集处置
		废显影液 (HW16)	0.16t/a		
		清洗废液 (HW16)	0.84t/a		
	现场探伤	废胶片 (HW16)	0.003t/a	交当地有危废资质单位收集处置	
		存档到期的胶片 (HW16)	0.4t/a	运回厂区内部，暂存操作室内，交有危废处理资质的单位收集处置	
		废定影液 (HW16)	0.06t/a	分类收集后暂存于临时暗室内的废液收集桶，定期交有危废处理资质的单位收集处置	
		废显影液 (HW16)	0.12t/a		
清洗废液 (HW16)		0.6t/a			

**表 10 辐射安全与防护**

**10.1 项目布局与分区**

**10.1.1 工作场所布局**

本项目包括曝光室及其配套的操作室、暗室等辅助用房，功能齐全，房间布置紧凑，方便探伤工作操作及后续洗片工作。本项目检测工件主要为压力容器及撬装设备，为便于工作人员进入曝光室更换胶片，在曝光室与操作室相邻侧开设人员门，并设置迷道墙，减小工作人员出入门区域的辐射剂量。另外，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开，本项目操作室与曝光室之间设置迷道相隔，为了使操作室不在主射线范围内，将探伤机活动区域设置在曝光室的南侧，根据室内探伤工件长度及焊接部位，探伤工件直径最大为 3m，最长 9.6m，探伤区域设置在距离南侧内墙约 1.3m，北侧内墙约 6.3m，探伤区域长约 3.4m，若是工件焊缝不在探伤区域范围内，则退出工件后旋转 180°后再进入曝光室进行检测，可以满足工作要求，探伤工作期间加强管理，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求。因此，本项目探伤室平面布局基本合理。

**10.1.2 分区**

**10.1.2.1 分区原则**

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

**(1) 室内探伤**

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117 - 2022），第 6.1.2 款规定“应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。”一般将曝光室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

**(2) 现场探伤**

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相应的规定及要求，建设单位应对每个野外探伤工作场所划分为控制区、监督区，并实行“两区”管理制度。控制区

边

续表 10 辐射安全与防护

界周围剂量当量率应不大于  $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

10.1.2.2 区域划分情况

(1) 室内探伤

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

表 10-1 项目区域划分情况表

类别	用房
控制区	曝光室
监督区	操作室、暗室、库房及曝光室周围相邻区域、上空相邻区域。

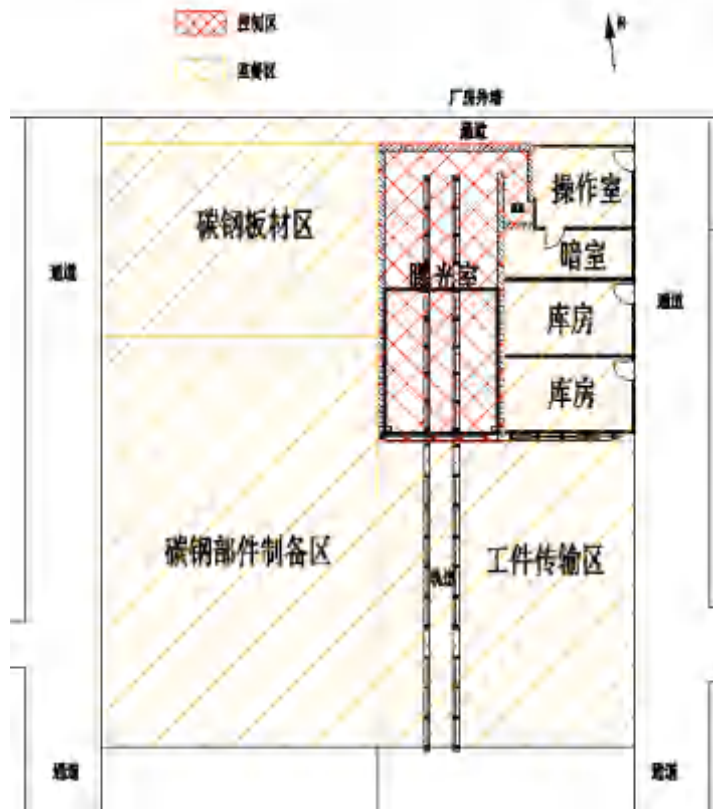


图 10-1 区域划分示意图

公司还拟采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：拟对控制区进行严格控制，探伤机在运行中严禁任何人进入。拟在曝光室各防护门上和内部同时设置工作状态指示灯和声音提示装置，拟在出入口设置电离辐射警告标志，警告人员远离曝光室区域。

②监督区：监督区一般不设置专门管控设施，但需加强周边活动人员管理，经常对

## 续表 10 辐射安全与防护

职业照射条件进行监督和评价。操作室为工作人员操作仪器的工作场所，禁止非辐射工作人员未经允许进入。监督区边界可设置分区标识。

③在控制区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

### (2) 现场探伤

现场探伤过程中，X 射线以探伤物体为轴中心发射形成一个弧形区域，野外探伤作业前，可根据探伤工况、探伤对象和探伤方案预估控制区和监督区的范围；探伤时亦可根据探伤现场条件，利用地形、构筑物等合理划定控制区和监督区范围。控制区边界周围剂量当量率应不大于  $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。控制区边界处应设置明显的警戒线和“禁止进入 X 射线区”的电离辐射警示标识，探伤时严禁任何人员在此区域内活动。监督区边界拉警戒线，其边界处应设置“无关人员禁止入内”的警示标识，必要时设专人警戒，防止公众成员进入该区域。公司进行野外现场探伤时拟按照标准要求将辐射工作场所划分为控制区、监督区，划分依据及防护措施见下表 10-2，具体划分示意图见图 11-4。

表 10-2 现场探伤两区管理

分区	划分依据	实体分区防护措施
控制区	将作业时被检工件周围的周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内，可根据当地实际情况设置控制区。	控制区边界拉警戒线，悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，由专人负责警戒。
监督区	将作业时被检工件周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围，根据野外探伤的地形，建筑物实际情况确定监督区。	监督区边界警戒线，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌及电离辐射警告标志，拟设置 2-3 人警戒、巡查。

## 10.2 辐射安全与防护措施

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

### 10.2.1 X 射线探伤机固有安全性

建设单位拟购的 X 射线探伤机的固有安全性包括以下几个部分：

#### (1) 开机时系统自检

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

续表 10 辐射安全与防护

(2) 延时启动功能

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

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

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

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

(6) 过电流保护

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

(7) 失电流保护

设备带有失电流保护继电器，当管电流低于 0.25mA 时，自动切断高压。

(8) 过电压保护

设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

(9) 继电保护

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

(10) 操作台安全措施

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

②操作台上拟设置与曝光室各防护门联锁的接口，当防护门未关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任一防护门开启时能立即切断。

③操作台拟设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥

续表 10 辐射安全与防护

匙只有在停机或待机状态时才能拔出。钥匙由探伤机操作人员随身携带保管，换班、检修时检查钥匙交接情况，防止非工作人员误操作探伤机。

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

### 10.2.2 曝光室辐射防护措施

#### (1) 实体屏蔽防护措施

##### ①屏蔽体设计情况

根据建设单位提供的资料，本项目曝光室主体结构采用铅板，各防护门均采用铅防护门，以屏蔽防护 X 射线，防护厚度充分考虑了 X 射线主射、散射、漏射影响。

曝光室内空尺寸为 11×4.5×5.4（长×宽×高、m），内空面积 49.5m<sup>2</sup>，四周墙体、顶棚均采用 17mm 铅板+227mm 硫酸钡(内外分别包 6mm 钢板固定)，工件门采用 17mm 铅板+183mm 硫酸钡（内外分别包 6mm 钢板固定），人员门采用 12mm 铅板+26mm 硫酸钡（内外分别包 6mm 钢板固定）。

②曝光室及各防护门的生产、安装由有资质的生产厂家承担，工件门门洞尺寸为 4×5（宽×高、m），工件门尺寸为 4.5×5.3（宽×高、m），人员门门洞尺寸为 0.9×2（宽×高、m），人员门尺寸为 1.2×2.2（宽×高、m），各防护门与墙体间缝隙小于 1cm，且与墙体间有 10cm 以上的搭接宽度，确保搭接宽度不小于缝隙的 10 倍。

③穿越防护墙的电缆呈“U”型穿越，穿越孔的直径约 100mm，穿越处位于曝光室东北侧，在电缆穿墙的另一端出口处（操作室电缆出线端）设置与墙体同等厚度的铅板（17mmPb）遮挡，且穿越孔处墙体补偿不低于 2 倍孔宽度。曝光室设置机械排风，排风管由曝光室下部（抽风口距离曝光室地面约 0.4m）引至曝光室顶，通过曝光室顶棚西北侧方形直孔引出，再引至厂房北侧墙外排放，排放口高 5.6m，在厂房外自然扩散。排风管穿曝光室顶棚处使用铅屏蔽材料（17mmPb）进行防护补偿（排风管穿墙处设置外包不低于 2 倍孔宽度的铅防护罩）。穿墙处均不在主射方向上，射线均需经过多次散射才能穿出，经多次散射后剂量很低，满足要求。

续表 10 辐射安全与防护

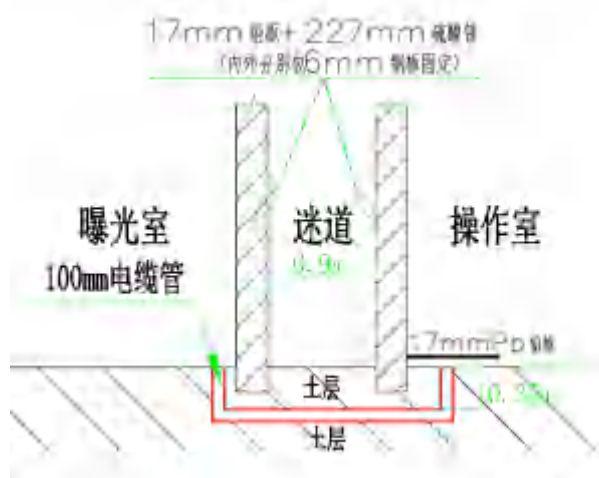


图 10-2 穿墙示意大样图 (电缆)

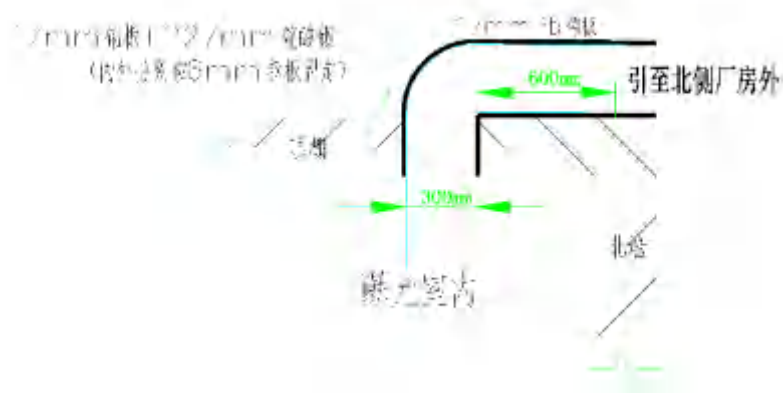


图 10-3 穿墙示意大样图 (通风管道)

## (2) 安全联锁及紧急停机

本项目每台 X 射线探伤机独立运行，不同时运行，单台设备工作前均与防护门、工作状态指示灯、紧急停机按钮等安全设施联锁。

### ① 门机联锁

本项目曝光室拟设置门机联锁装置，任一防护门未关闭的情况下 X 射线不能出束，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

### ② 工作状态指示灯和声音提示装置

曝光室外顶部和曝光室内均分别设置一组警示灯来表述 X 射线探伤机的工作状态 (红灯+黄灯)，预备状态时黄灯亮，探伤机出束时红灯亮并发出警报声音。警示灯与探伤机联锁。黄色代表“预备”状态，红色代表“照射”状态，并拟在警示灯旁设“照射”和“预备”信号意义的说明。

### ③ 紧急停机按钮

## 续表 10 辐射安全与防护

本项目拟在操作室操作台上设 1 个急停按钮，曝光室内设置 4 个急停按钮。急停按钮相互串联，按下任意一个按钮，探伤机高压电源立即被切断，设备停止出束，急停按钮旁设置中文标识和相关说明。

### (3) 通风

本项目曝光室采用自然进风、机械排风的方式。排风管由曝光室下部（抽风口距离曝光室地面约 0.4m）引至曝光室顶，废气通过曝光室顶棚西北侧方形直孔引出曝光室，再引至厂房北侧墙外排放，排放口高 5.6m，在厂房外自然扩散。曝光室安装一个机械排风扇，排风量均为  $1200\text{m}^3/\text{h}$ ，总体通风次数约为 4 次/h，满足标准要求的通风换气量（3 次/h）。排风管在穿墙孔使用铅屏蔽材料进行防护补偿（排风管穿墙处设置外包不低于 2 倍孔宽度的铅防护罩）。

### (4) 其他辐射防护措施

#### ① 固定式场所辐射探测报警装置

曝光室内人员门旁拟设置固定式场所辐射探测报警装置的探头，仪表指示仪及报警装置安装在操作室操作台上。曝光室内探头实时监测曝光室内周围剂量当量率，操作台上仪表指示仪显示曝光室内周围剂量当量率读数，当装置检测到周围剂量当量率超过预设限值时，仪表指示仪进行光报警。

#### ② 电离辐射警告标志

曝光室严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且拟在曝光室各防护门上张贴固定的电离辐射警告标志。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。电离辐射警告标志规范图见图 10-4 所示。



图 10-4 电离辐射警告标志图

#### ③ 视频监控系统

续表 10 辐射安全与防护

曝光室拟安装一套实时视频监控系统，在操作室的操作台设置专用的监视器，确保全方位监视曝光室内人员的活动和探伤设备的运行情况，如果出现异常能迅速启动设备急停装置。

#### ④主射线方向

本项目探伤机有定向机及周向机，根据业主提供的资料，本项目工件为圆形管道或容器，工件内径不大于 600mm 的，使用定向机检查；内径 600-3000mm，使用周向机或者定向机均可，将探伤机置于容器内部进行检查。定向机的主射方向朝一个方向，有 40°辐射角度；周向机主射方向为平面一周 360°，同时在侧向有 40°辐射角度。

由于主射线不能朝向各防护门和操作室，因此，周向机主射线方向拟定为东侧、西侧、顶棚及地面，定向机主射方向为东侧、西侧、顶棚。公司拟制定曝光室内探伤操作规程，明确规定探伤机使用过程中的要求，要求探伤机主射方向不朝向各防护门和操作室。

#### ⑤探伤机活动范围

为了避免探伤机临墙探伤，造成屏蔽体外剂量率较大，公司拟在曝光室内划定至少离墙 1m 照射的范围。本项目探伤机辐射角度 40°，结合本项目检测焊接部件的尺寸大小及确保各防护门不在主射线范围内，同时还要确保主射朝东时操作室避开主射，根据探伤机在东、西侧活动范围与搭接处、及迷道内外墙距离，通过三角函数计算出探伤机距离北侧墙体内墙距离不能小于 6.3m，距离南侧内墙距离不能小于 1.3m，若是工件焊缝不在探伤区域范围内，则退出工件后旋转 180°后再进入曝光室进行检测。探伤机活动范围详见图 10-5。

续表 10 辐射安全与防护



图 10-5 探伤机活动范围

为确保东侧操作室及各防护门不在主射线范围内,建设单位应根据主射方向及探伤机活动范围制定相关制度,并将注意事项张贴在曝光室内,探伤机活动范围贴条标识在曝光室内地面上,日常加强管理和培训,严格落实管理制度。

本项目辐射防护安全措施图见图 10-6。

续表 10 辐射安全与防护

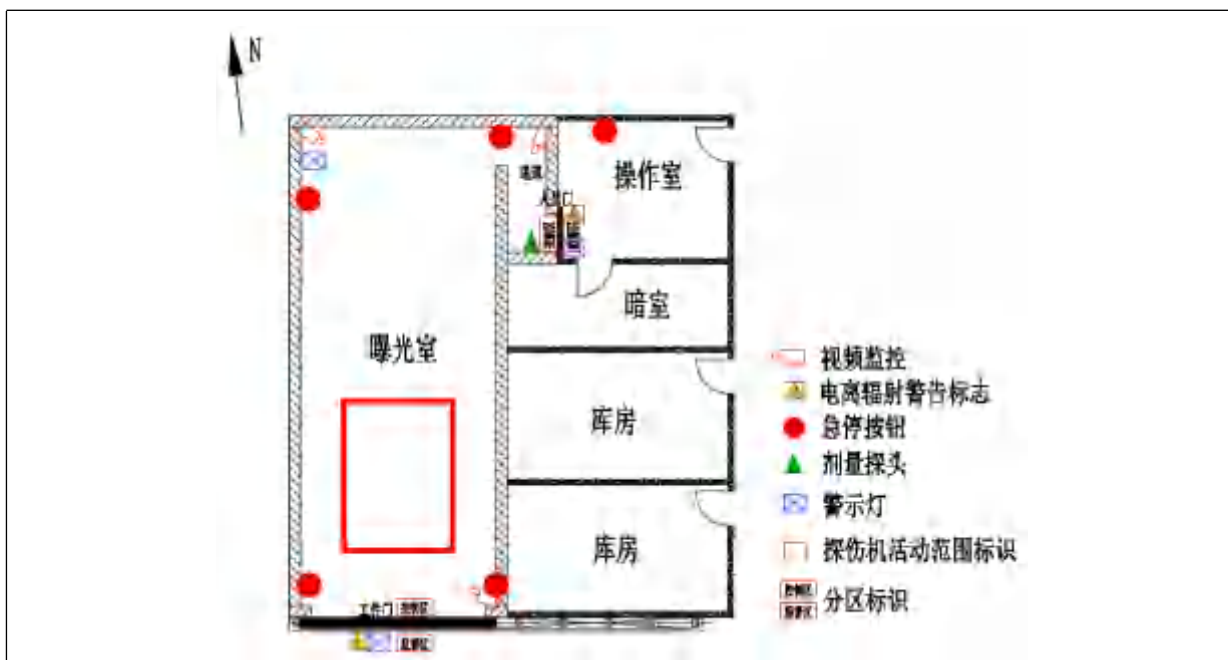


图 10-6 本项目辐射安全与防护设施布置示意图

本项目辐射安全联锁逻辑见图 10-7。只有在各防护门关闭、急停按钮复位（急停按钮均未被按下）和系统自检正常的情况下，设备才能启动，设备出束时，曝光室内外警示灯红灯亮并发出警报声，同时操作台上固定式场所辐射探测报警装置的仪表指示仪上显示读数，当探头检测到周围剂量当量率超过预设限值时，探头及仪表指示仪进行光报警。同理，设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关或任一防护门意外打开，设备会立即停止运行，曝光室内外警示灯黄灯亮，固定式场所辐射探测报警装置的仪表指示仪无读数。



图 10-7 辐射安全联锁逻辑图

### 10.2.3 现场探伤辐射防护措施

#### (1) 通用作业现场辐射防护与安全措施

##### 1) 警示标识和警示通告

拟配置若干套警示标识和警示通告，每个现场探伤工作场所，拟于监督区边界外悬

续表 10 辐射安全与防护

挂“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，同时悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，拟在控制区边界外悬挂“禁止进入 X 射线区”警示牌，同时现场探伤工作前，提前对现场探伤工作场所周围发出通告，告知周围工作人员在现场探伤时间内不要进入该区域内。

2) 警示设备（声光报警灯，扩音器等）

①拟配备声光报警灯，其“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，安放于控制区边界，进行曝光时警示灯长明并发出警报声音。

②辐射工作场所拟配备扩音器等声音提示装置，现场探伤工作前使用扩音器进行清场，使无关人员远离辐射工作场所。

③若现场探伤区域存在服务企业其他工作人员，应提前告知并做好清场工作。

4) 警戒线（警戒绳）

为现场探伤工作场所拟配备警戒线，进行现场探伤工作时，使用警戒线将控制区、监督区围起来，阻止其他无关人员进入。

5) 监测设备

公司拟为每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计、1 台个人剂量报警仪（具有直读功能），并配备 1 台 X- $\gamma$  辐射剂量率仪。

**(2) 现场探伤作业准备及其辐射防护与安全措施**

1) 探伤现场考察

在实施现场探伤工作之前，建设单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择，接触的工人与附近的公众，天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等，以便于制定符合实际情况的探伤工作方案，设置合理的控制区和监督区。

充分与安装现场探伤工作场所所在的其他单位负责人沟通，做好工作场地实施的准备和规划，协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。确保探伤工人充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

2) 探伤前警戒工作

划分控制区、监督区。在监督区边界外悬挂“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，同时悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，在控制区边界外悬挂“禁止进入 X 射线

续表 10 辐射安全与防护

区”警示牌，同时现场探伤工作前。探伤作业前进行公告，探伤前通知无关人员撤离到警戒线以外。现场配备便携式 X-γ 辐射剂量率仪随时监测工作区域的辐射剂量。

针对本项目特点及可能涉及的工作场所类型，如出现夜间或者照明条件不佳的情况也应在监督区边界设置好警示灯，在企业施工现场、管道安装施工现场外安排巡视人员，做好周围公众成员的清场，还应加强对监督区的巡视，警示“无关人员禁止入内”接近探伤工作场所。

### 3) 探伤作业中拟采取的措施

①在探伤现场考察的基础上，做好探伤前的警戒、清场工作基础上，工作人员每次在开展现场探伤工作前需要针对不同探伤场所制定详细的探伤作业方案，探伤作业方案主要包括：探伤工况、时间、探伤机及接收安装位置、控制区域范围、监测方案等，并明确相关探伤操作人员和警戒疏散人员的职责和分工。

②根据工作要求和探伤对象（设备、工件等）的材质、厚度等性质，合理选择探伤机型号，合理选择探伤参数，合理选择主射方向。

本项目拟购 X 射线探伤机的控制器与探伤机之间的连接电缆为 50m，且具有延时曝光功能，保证 X 射线探伤机曝光时工作人员位于控制区外进行操作，或利用现有建构物屏蔽。

③当 X 射线探伤机、工作场所、被检物品（材料、规格）、照射方向等条件发生变化时，均应重新使用 X-γ 辐射剂量率仪进行工作场所周围剂量当量率的巡测，重新划分控制区和监督区。

④本项目拟购便携式 X 射线探伤机的控制器与探伤机之间的连接电缆为 25m，且具有延时曝光功能，保证 X 射线探伤机曝光时工作人员位于控制区外进行操作，或利用现有建构物屏蔽。

⑤控制区及监督区边界尽可能设置实体屏障，包括利用临时屏障或拉起警戒线（绳）等。

⑥在进行 X 射线探伤过程可能会出现由于探伤作业环境条件限制，进行短距离操作，不能满足监督区防护距离的情况，此时应合理使用铅板减轻对非主射方向的影响。

⑦本项目现场施工现场，一般对人员进行疏散后开展探伤工作，周围基本无公众人员。探伤时设置声光报警灯，拉好警戒线并设置警示标语，监督区边界巡视人员做好巡视工作及人员管控，禁止公众成员进入探伤工作场所。操作人员无躲避条件可使用延

## 续表 10 辐射安全与防护

时曝光的功能，利用现有构建筑物躲避。

### 10.3 个人防护用品及监测仪器

本项目拟为每名辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，拟配置 2 台便携式 X- $\gamma$  辐射剂量巡测仪，详细情况如下表 10-3 所示。

表 10-3 防护用品及监测仪器

序号	名称	数量	用途	备注
1	个人剂量报警仪	3 个	辐射工作人员佩戴，实时监测辐射剂量是否超标	新购
2	个人剂量计	3 个	工作期间辐射工作人员佩戴，记录个人受到的照射剂量	新购
3	便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量巡测仪	2 台	曝光室屏蔽体外定期进行周围剂量当量率监测，核查屏蔽体的屏蔽效果。现场探伤前由远及近，由小到大确定控制区、监督区。曝光室和探伤现场各一台	新购
4	固定式剂量率仪	1 台	曝光室内实时监测辐射剂量水平	新购
5	提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置	4 组	探伤工作状态指示、提醒	新购
6	电离辐射警告标志	若干	曝光室各防护门上、现场探伤控制区边界设置，并有中文警示说明	新购
7	警告牌（“无关人员禁止入内”警告牌）	若干	现场探伤监督区边界外悬挂	新购
8	警告牌（“禁止进入 X 射线区”警告牌）	若干	现场探伤控制区边界外悬挂	新购
9	警戒线（警戒绳）	1 套	现场探伤时将控制区、监督区围起来，阻止其他无关人员进入	新购
10	扩音器	1 套	现场探伤清场，使无关人员远离辐射工作场所	新购

### 10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目拟采取的辐射防护措施与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-4 所示。根据表 10-4 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)、《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 等的要求。

### 10.5 三废的治理

本项目 X 射线探伤机在工作过程中不产生放射性三废。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-4 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	4 使用单位放射防护要求	4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。	本项目由建设单位对放射防护安全负主体责任。
		4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。	拟按要求建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。
		4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。	拟按要求对辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康监护。
		4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。	探伤工作人员正式工作前拟按要求取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	拟配备便携式 X-γ 辐射剂量巡测仪和个人剂量报警仪。
		4.6 应制定辐射事故应急预案。	拟制定辐射事故应急预案。
	5.1 X 射线探伤机	5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。	拟购买符合要求的探伤设备。
		5.1.2 工作前检查项目应包括：a)探伤机外观是否完好；b)电缆是否有断裂、扭曲以及破损；c)液体制冷设备是否有渗漏；d)安全联锁是否正常工作；e)报警设备和警示灯是否正常运行；f)螺栓等连接件是否连接良好；g)机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	拟按要求工作前对各项进行检查。
		5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：a)使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；b)设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；c)当设备有	拟制定探伤机维护制度，每年交原厂家进行维护至少一次，不自行维护，并做好设备维护记录。

续表 10 辐射安全与防护

		故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；d)应做好设备维护记录。	
6.1 探伤室放射防护要求	6.1.1	探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。	本项目操作室与曝光室分开布置，操作室避开了有用线束照射的方向；曝光室的屏蔽墙厚度考虑了各种因素，根据后文核算，曝光室屏蔽墙体（东墙、南墙、北墙）、顶棚、人员门、工件门外周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，西墙屏蔽体外周围剂量当量率不大于 $2.4\mu\text{Sv/h}$ ，屏蔽效果良好；各防护门的防护性能与同侧墙的防护性能一致。
	6.1.2	应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	项目拟对工作区域进行分区管理，分区满足该条的要求。
	6.1.3	探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ；b)屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	经核算，人员在关注点的周剂量参考控制水平能满足职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，公众不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ，项曝光室屏蔽墙体（东墙、南墙、北墙）、顶棚、人员门、工件门外周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，西墙屏蔽体外周围剂量当量率不大于 $2.4\mu\text{Sv/h}$ ，且项目建成后，将委托资质单位对曝光室各关注点进行监测。
	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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。	本项目上方无建筑物、邻近无高层建筑物，无其他人员可达到场所，曝光室顶部保守考虑按 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制。
	6.1.5	探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目曝光室的各防护门拟配置门机联锁装置，每台探伤机均与各防护门实现门机连锁，防护门未关闭的情况下不能打开高压产生射线；门关闭后，在开高压产生射线的情况下，防护门不能打开；门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

续表 10 辐射安全与防护

	6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目的曝光室内外醒目位置均拟设置一组警示灯，每组警示灯分为黄色和红色，黄色代表“预备”状态，红色代表“照射”状态，“预备”信号持续足够长的时间，确保曝光室内人员安全离开，并拟在警示灯旁设“照射”和“预备”信号意义的说明。操作台设视频监控影像显示屏，操作屏幕上“预备”和“照射”均有显示。同时出束时发出警报声音提示。
	6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目曝光室内拟安装监控系统，能够观察到曝光室内以及门口情况。
	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	曝光室各防护门上均拟设置电离辐射警告标识，并设置中文警示说明。
	6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	设备曝光室内拟设置 4 个急停按钮，设置在方便人员接触的位置，能使人员不需要穿过主射线束就能够使用，且拟设置中文标识。
	6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	曝光室拟设置机械通风装置，排风口位于曝光室顶，引至厂房北侧墙外排放，排放口下方主要为厂区绿化带及道路，人员流动少，总排风量为 1200m <sup>3</sup> /h，通风次数约 4 次/h，符合要求。
	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	探头拟设置于曝光室内的人员门旁，仪表指示仪及报警装置安装在操作室操作台上。曝光室内探头实时监测曝光室内周围剂量当量率，操作台上仪表指示仪显示曝光室内周围剂量当量率读数，当装置检测到周围剂量当量率超过预设限值时，仪表指示仪进行光报警。
	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	
6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	拟每日对曝光室的门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施检查一次，确保门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施正常后，方可开展检测工作。	
6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量	从事本项目的探伤工作人员配备个人剂量计后方可上岗，拟为本项	

续表 10 辐射安全与防护

	<p>计外, 还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时, 探伤工作人员应立即退出探伤室, 同时防止其他人进入探伤室, 并立即向辐射防护负责人报告。</p>	<p>目配备 1 台便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪、每个辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪, 制定相关制度, 规定当剂量率达到设定的报警阈值报警时, 探伤工作人员立即退出曝光室, 同时防止其他人进入曝光室。</p>
	<p>6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平, 包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时, 应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。</p>	<p>拟定期 (每个月一次) 对本项目曝光室外周围区域、包括操作者工作位、周围毗邻区域人员居留处的剂量率水平进行监测, 并制定相关制度, 当测量值高于参考控制水平时, 应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。</p>
	<p>6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪前, 应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪不能正常工作, 则不应开始探伤工作。</p>	<p>拟制定交接班制度。工作人员交接班时按照要求检查剂量仪是否正常工作, 发现不能正常工作时将暂停检测工作。</p>
	<p>6.2.6 在每一次照射前, 操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下, 才能开始探伤工作。</p>	<p>拟制定相关制度, 操作人员每次检测工作前确认曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门, 且只有在各防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下, 才能开始探伤工作。</p>
	<p>6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作, 如工件过大等特殊原因必须开门探伤的, 应遵循本标准第 7.1 条 ~ 第 7.4 条的要求。</p>	<p>本项目设备曝光室大小满足现有公司生产的工件大小使用, 不会出现工件过大情况, 并拟制定相关制度, 不得开门探伤。</p>
6.3 探伤设施的退役	<p>当工业探伤设施不再使用, 应实施退役程序。包括以下内容: c) X 射线发生器应处置至无法使用, 或经监管机构批准后, 转移给其他已获许可机构。e) 当所有辐射源从现场移走后, 使用单位按监管机构要求办理相关手续。 f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。</p>	<p>本项目 X 射线探伤装置不再使用时, 拟按照要求实施退役。</p>
7.1 作业前准备	<p>7.1.1 在实施移动式探伤工作之前, 使用单位应对工作环境进行全面评估, 以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响 (如烟雾报警器</p>	<p>在实施移动式探伤工作之前, 公司拟制定现场探伤操作规程, 将对工作环境的评估纳入操作规程中, 以保证实现安全操作。并考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响。</p>

续表 10 辐射安全与防护

	等)。	
	7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。	本项目开展移动式探伤工作的每次现场探伤至少 2 名辐射工作人员。
	7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划,使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等,避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	移动式探伤工作在委托单位的工作场地实施准备和规划时,本项目将与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等,避免造成混淆。确保委托单位给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。
7.2 分区设置	7.2.1 探伤作业时,应对工作场所实行分区管理,将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。	探伤作业时,将对工作场所实行分区管理,将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。
	7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。	本项目拟将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。
	7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌,探伤作业人员应在控制区边界外操作,否则应采取专门的防护措施。	拟在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌,探伤作业人员拟在控制区边界外操作,否则采取专门的防护措施。
	7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障,包括利用现有结构(如墙体)、临时屏障或临时拉起警戒线(绳)等。	控制区的边界拟尽可能利用现有结构(如墙体)、临时屏障或临时拉起警戒线(绳)等。
	7.2.5 移动式探伤作业工作过程中,控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小,应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。	本项目移动式探伤作业工作过程中,控制区内不同时进行其他工作。本项目使用定向探伤机并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。
	7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪,并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。	公司探伤现场拟配备一台便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪,并定期对其开展检定/校准工作。拟配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。
	7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进	探伤作业期间拟对控制区边界上代表点的剂量率进行检测,探伤的

续表 10 辐射安全与防护

		行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。	位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。
		7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。	拟将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设专人警戒。
		7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。	移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，拟采取措施防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。
		7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 Y 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。	探伤机控制台拟设置在控制区外合适位置并采用延时开机，出束时操作人员位于控制区外。
7.3 安全 警示		7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。	委托单位（业主单位）拟配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，通知到所有相关人员，防止误照射发生。
		7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。	拟设置提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。本项目拟配置声光警示灯，夜间探伤作业时可在控制区边界使用。
		7.3.3 X 和 Y 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。	本项目使用的 X 射线探伤的警示信号指示装置拟与探伤机联锁。
		7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。	本项目拟确保在控制区的所有边界都能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。
		7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	本项目拟在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。
7.4 边界 巡查与检 测		7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。	开始移动式探伤之前，探伤工作人员拟先确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。
		7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能	拟确保控制区的范围清晰可见，工作期间设置良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，拟安排

续表 10 辐射安全与防护

	看到，应安排足够的人员进行巡查。	足够的人员进行巡查。
	7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。	在试运行（或第一次曝光）期间，拟测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。
	7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。	开始移动式探伤工作之前，拟对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ 剂量率仪一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。
	7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均应使用。	移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，同时佩戴个人剂量报警仪，并携带便携式 X-γ 剂量率仪。
7.5 移动式探伤操作要求	7.5.1 X 射线移动式探伤 7.5.1.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。	本项目拟考虑电缆长度、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。
8.1 检测的一般要求	8.1.1 检测计划 使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。 8.1.2 检测仪器 应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。	建设单位拟购买符合要求的放射防护检测仪器，并定期检定/校准，取得相应证书，并制定放射防护检测计划，对曝光室进行日常监测。
8.2 探伤机检测	8.2.1 防护性能检测 8.2.1.1 检测方法 X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行。	建设单位拟按照要求，委托有资质单位，每年对探伤机的防护性能进行监测。

续表 10 辐射安全与防护

	<p>8.2.1.2 检测周期 使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。</p> <p>8.2.1.3 结果评价 X射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。</p>	
<p>8.3 探伤室放射防护检测</p>	<p>8.3.1 检测条件 检测条件应符合如下要求： a) X射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。</p>	<p>建设单位拟按照要求选取检测条件。</p>
	<p>8.3.2 辐射水平巡测 探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X-γ 剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意： a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响； b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门、门四周的辐射水平；探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。 c) 设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。</p>	<p>建设单位拟按照要求进行辐射水平巡测。</p>
	<p>8.3.3 辐射水平定点检测 一般情况下应检测以下各点： a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；</p>	<p>建设单位拟按照要求进行辐射水平定点检测。</p>

续表 10 辐射安全与防护

	<p>b)探伤室外 30cm 离地面高度为 1m 处, 门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 点; c)探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处, 每个墙面至少测 3 个点; d)人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层(方)外 30cm 处, 至少包括主射束到达范围的 5 个检测点; e)人员经常活动的位置; f)每次探伤结束后, 检测探伤室的入口, 以确保探伤机已经停止工作。</p>	
	<p>8.3.4 检测周期 探伤室建成后应进行验收检测; 投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当 <math>\gamma</math> 射线探伤放射源的活度增加时, 或者 X 射线探伤机额定电压增大时, 应重新测量上述辐射水平, 并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。</p>	<p>建设单位拟按照要求, 验收时监测一次; 每年委托有资质单位监测一次; 涉及 X 射线探伤机额定电压增大时或防护设施维修后监测一次; 日常由建设单位不定期自行监测; 如有必要, 根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。</p>
	<p>8.3.5 结果评价 探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。</p>	<p>曝光室周围辐射水平监测结果, 拟按照本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求进行评价。</p>
<p>8.4 移动式探伤放射防护检测</p>	<p>8.4.1 检测要求 8.4.1.1 进行移动式探伤时, 应通过巡测确定控制区和监督区。 8.4.1.2 当 X 射线探伤机或 <math>\gamma</math> 放射源、场所、被检物体(材料、规格、形状)、照射方向、屏蔽等条件发生变化时, 均应重新进行巡测, 确定新的划区界线。 8.4.1.3 在工作状态下应检测操作位置, 确保操作位置的辐射水平是可接受的。 8.4.1.4 探伤机停止工作时, 应检测操作者所在位置的辐射水平, 以确认探伤机确已停止工作。</p> <p>8.4.2 检测方法</p>	<p>进行移动式探伤时, 拟通过巡测确定控制区和监督区。当 X 射线探伤机、场所、被检物体(材料、规格、形状)、照射方向、屏蔽等条件发生变化时, 拟应重新进行巡测, 确定新的划区界线。在工作状态下拟检测操作位置, 确保操作位置的辐射水平是可接受的。探伤机停止工作时, 拟检测操作者所在位置的辐射水平, 以确认探伤机确已停止工作。</p> <p>在探伤机处于照射状态, 拟按照要求使用便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪从探</p>

续表 10 辐射安全与防护

		在探伤机处于照射状态,用便携式 X-γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率,参照本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界,以 2.5μSv/h 为监督区边界。γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置或 X 射线探伤机停止照射后,确定控制区边界和监督区边界。	伤位置四周由远及近测量周围剂量当量,确定控制区边界和监督区边界。
		8.4.3 检测周期 每次移动式探伤作业时,运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时,应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测: a)新开展现场射线探伤的单位; b)每年抽检一次; c)在居民区进行的移动式探伤; d)发现个人季度剂量(3 个月)可能超过 1.25mSv。	每次移动式探伤作业时,公司均拟按照要求进行相关检测。
		8.4.4 结果评价 控制区边界不应超过本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值,监督区边界不应超过 2.5μSv/h。	本项目控制区边界不应超过 15μSv/h,监督区边界不应超过 2.5μSv/h。
	8.5 放射工作人员个人监测	8.5.1 射线探伤作业人员(包括维修人员),应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。 8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测,并按规定格式记入个人剂量档案中。	本项目辐射工作人员拟按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。 作业人员进行涉源应急处理时,拟进行应急监测,并按规定格式记入个人剂量档案中。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)	3.3 其他要求	3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室,可以仅设人员门。	本项目曝光室南侧设置为工件门,东侧设置迷道并设置人员门。
		3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外,控制室和人员门应避开有用射线束照射方向	本项目操作室位于曝光室外,探伤机主射方向为东侧、西侧、顶棚及地面,建设单位拟设置探伤机活动范围,确保东侧操作室及各防护门避开有用射线束照射方向。
		3.3.3 屏蔽设计中,应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	本项目曝光室主体结构密闭,开设防护门,在各防护门搭接处设置足够长的铅门对左右两边进行搭接防护,设置的排风出口罩、电缆出口罩屏蔽能力与主体结构一致。
		3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时,按最高管电压和	根据后文计算,本项目设备 X 射线管头在最高管电压和最高管电流

续表 10 辐射安全与防护

		相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽	下，主射方向和其他侧屏蔽体均能满足额定工况下的辐射防护要求。
GBZ128-2019	5.3 剂量计的佩戴	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	拟为每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计，并佩戴于胸前。

表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

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

**运行阶段对环境的影响**

**计算公式：**

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

**(1) 有用线束**

a)关注点达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (4) 计算，然后按 X 射线在铅和混凝土中的透射曲线图查到所需的厚度。

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

式中：

$\dot{H}_c$  ——剂量控制值 (本项目控制区为  $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ )，单位  $\mu\text{Sv/h}$ ；

R ——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)；

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

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

则主射方向控制区、监督区距离计算公式为：

$$R = \sqrt{\frac{H_0 \cdot B \cdot I}{\dot{H}_c}} \dots \dots \dots (5)$$

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按 (6) 计算：

续表 11 环境影响分析

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots \dots \dots (6)$$

式中:

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

H<sub>0</sub>—距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, μSv·m<sup>2</sup>/(mA·h), 以 mSv·m<sup>2</sup>/(mA·min)为单位的值乘以 6×10<sup>4</sup>;

B—屏蔽透射因子;

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m)。

**(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系**

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X, 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (7) 计算:

$$B = 10^{-X / TVL} \dots \dots \dots (7)$$

式中:

X—屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL—见附录表 B.2。

b) 对于估算出的屏蔽透射因子 B, 所需的屏蔽物质厚度 X 按式 (8) 计算:

$$X = -TVL \cdot \lg B \dots \dots \dots (8)$$

式中:

TVL—见附录 B 表 B.2;

B—达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  时所需的屏蔽透射因子。

**(3) 泄漏辐射屏蔽**

a) 关注点达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  时所需的屏蔽透射因子 B 按式 (9) 计算, 然后按式 (8) 计算所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \dots \dots \dots (9)$$

式中:

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

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

续表 11 环境影响分析

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

则漏射方向控制区、监督区距离计算公式为:

$$R = \sqrt{\frac{B \cdot \dot{H}_L}{H_c}} \dots \dots \dots (10)$$

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按式 (7) 计算, 然后按 (11)

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

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots \dots \dots (11)$$

式中:

B—屏蔽透射因子;

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m) ;

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

**(4) 散射辐射屏蔽**

b) 关注点达到剂量率参考水平  $\dot{H}_c$  时, 屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (12) 计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \dots \dots \dots (12)$$

式中:

$R_s$ ——散射体至关注点的距离, 单位为米 (m) ;

$R_0$ ——辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, 单位为米 (m) ;

F—— $R_0$  处的辐射野面积, 单位为平方米 ( $\text{m}^2$ ) ;

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

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$  ——根据 GBZ/T250-2014 附录, B.4.2 当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥

续表 11 环境影响分析

边界的夹角为 20°时，该值为 50 (200kV)。

则散射方向控制区、监督区距离计算公式为：

$$R_s = \sqrt{\frac{B \cdot H_0 \cdot I \cdot F \cdot \alpha}{H_c \cdot R_0^2}} \dots \dots \dots (13)$$

c) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B，按表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值，确定 90°散射辐射的 TVL，然后按式 (7) 计算。关注点的散射辐射剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按式 (14) 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots \dots \dots (14)$$

式中：

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)；

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

B—屏蔽透射因子；

F— $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ )；

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

$R_0$ —辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离，单位为米 (m)；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，单位为米 (m)。

### 11.1 曝光室屏蔽能力理论预测

#### 11.1.1 曝光室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

曝光室辐射屏蔽的剂量参考控制水平见表 7-6。

#### 11.1.2 曝光室屏蔽防护核算参数

##### ①核算距离、方向等条件

本项目拟配置 4 台 X 射线探伤机，额定电压有两种 250kV 和 100kV，额定电流均为 5mA，曝光室屏蔽效能预测选取能量大的进行预测，即额定电压 250kV。

项目曝光室内布置载物轨道，南北方向布置。本项目同时配置定向机及周向机，额

## 续表 11 环境影响分析

定参数相同，根据建设单位提供资料，使用定向机、周向机时南、北侧不作为主射。综合考虑，东侧、西侧、地面、顶棚均按照主射进行屏蔽核算，南侧、北侧考虑为散射和漏射。

考虑不利因素，主射线计算时考虑探伤机位于轨道中央位置，散射、漏射计算时考虑探伤机距离东侧、西侧内墙 1m，距离北侧内墙 6.3m，距离南侧内墙 1.3m。设备距地高度取 1m。

计算时曝光室各屏蔽体硫酸钡厚度保守按照同等厚度的混凝土进行核算。

本项目探伤机活动使用范围如图 10-6。各核算点位置及距离见图 11-1、图 11-2 和表 11-1。因线缆穿墙和风管穿墙处均设置与墙体同等厚度的铅板作为补偿，补偿长度较长，不影响墙体的屏蔽防护能力，且不在主射方向上，射线需经多次散射才能穿出，剂量很小，因此不再对各穿墙孔位置进行核算。

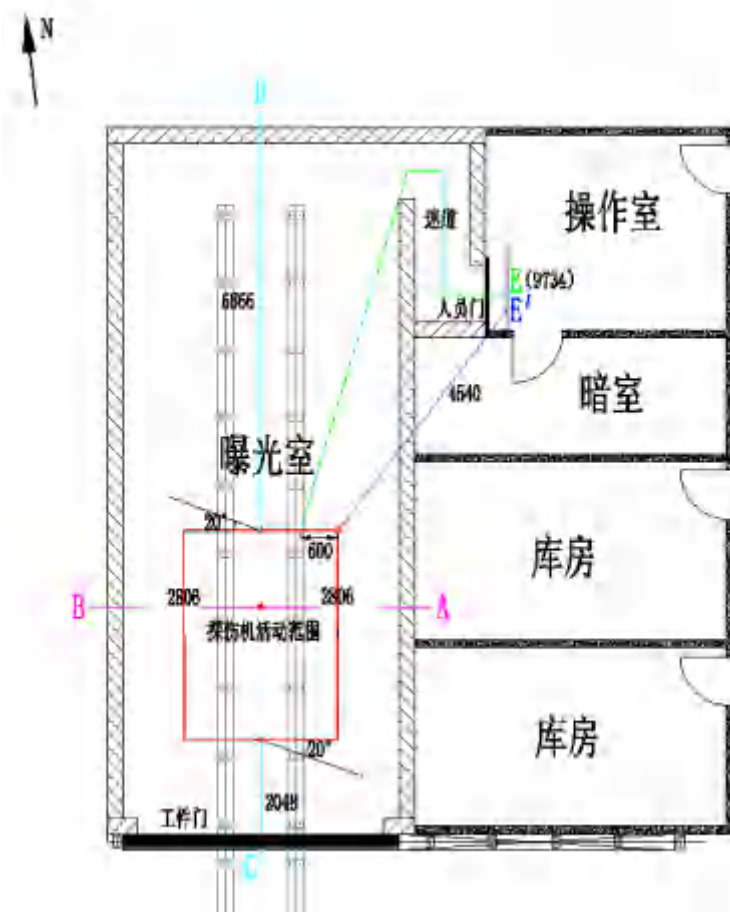


图 11-1 屏蔽核算点位示意图（平面）

续表 11 环境影响分析

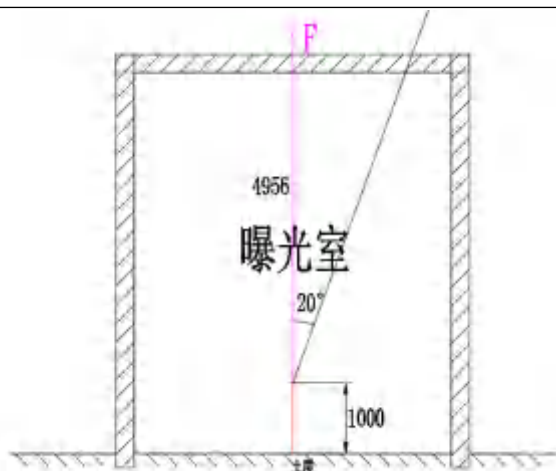


图 11-2 屏蔽核算点位示意图 (剖面)

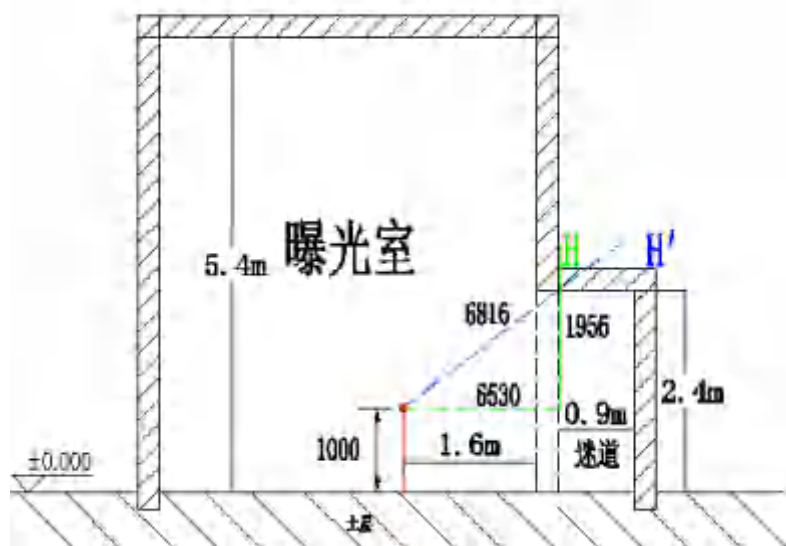


图 11-3 迷道顶棚屏蔽核算点位示意图 (剖面)

表 11-1 核算距离一览表

核算点位	屏蔽体	需要屏蔽的射线	核算距离 m
A	东墙	主射线	2.8
C	南侧工件门	漏射、散射	2.0
B	西墙	主射线	2.8
D	北墙	漏射、散射	6.8
E	人员门	散射	9.7
E'		漏射	4.5
F	曝光室顶棚	主射线	4.9
H	迷道顶棚	散射	8.4
H'		漏射	6.8

备注：各核算点均为屏蔽体外 30cm 处，核算距离按不利情况保留一位小数。地下无建筑，不进行

续表 11 环境影响分析

核算。

②其他相关参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-2 所示。在给定屏蔽物质厚度 X 时，GBZ/T250-2014 附录 B 中 B.1 曲线，X 射线在铅中的透射曲线无 3mm 铝过滤条件下额定电压 250kV 的透射曲线，X 射线在混凝土中的透射曲线有 3mm 铝过滤条件下额定电压 250kV 的透射曲线，本项目曝光室为铅板+硫酸钡（视为混凝土）两种材质共同防护，为方便计算，本次评价屏蔽透射因子 B 保守按照式（7）进行理论计算。

表 11-2 屏蔽体核算相关参数

参数	数值			来源		
设备基础参数	额定电压 250kV，电流 5mA			建设单位提供		
G (mGy·m <sup>2</sup> /mA·min)	13.9 (3mm 铝过滤条件下)			GBZ/T250-2014 附录 B 中表 B.1		
转换系数	6×10 <sup>4</sup>			GBZ/T250-2014 4.1 a)		
H <sub>0</sub> (μSv·m <sup>2</sup> /(mA·h))	8.34×10 <sup>5</sup>					
$\frac{R_0^2}{F \times D}$	50			GBZ/T250-2014 附录 B.4.2		
泄漏辐射剂量率 H <sub>L</sub> (μSv/h)	5×10 <sup>3</sup>			GBZ/T250-2014 表 1		
X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值	200			GBZ/T250-2014 表 2		
什值层 (TVL) 半值层 (HVL)	TVL (mm)			GBZ/T250-2014 表 B.2 及《辐射防护导论》(方杰主编, P103, 图 3.23)		
	电压等级	铅	钢		混凝土	铅
	200kV	1.4	13		86	0.42
250kV	2.9	18	90	0.86		

备注：根据 GBZ/T250-2014，Sv/Gy 取 1。

③曝光室屏蔽防护效能核算原则

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

11.1.3 曝光室防护核算结果

本项目曝光室屏蔽防护效能核算结果见表 11-3。

表 11-3 曝光室屏蔽效能核算表

关注点	剂量率参考	距离	计算厚度 (mmPb)	设计厚度	设计厚度下关注点周围	是否达标
-----	-------	----	-------------	------	------------	------

续表 11 环境影响分析

		控制水平 Hc ( $\mu\text{Sv/h}$ )	(m)			剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	到屏蔽 要求		
A	东墙	2.5	2.8	15.45		17mmPb+227mm 硫酸钡	$2.20 \times 10^{-3}$	是	
C	工件门	2.5	2.0	5.46	8.63	17mmPb+183mm 硫酸钡	$1.07 \times 10^{-10}$	$1.52 \times 10^{-5}$	是
		2.5	2.0	7.77			$1.52 \times 10^{-5}$		
B	西墙	2.4	2.8	15.50		17mmPb+227mm 硫酸钡	$2.19 \times 10^{-3}$	是	
D	北墙	2.5	6.8	4.00	5.60	17mmPb+227mm 硫酸钡	$2.98 \times 10^{-12}$	$4.46 \times 10^{-7}$	是
		2.5	6.8	4.74			$4.46 \times 10^{-7}$		
E	人员门	2.5	11.2	3.57	6.64	12mmPb+26mm 硫酸钡	$1.19 \times 10^{-6}$	$1.19 \times 10^{-6}$	是
E'		2.5	4.7	5.78			$3.63 \times 10^{-12}$		
F	曝光室 顶棚	2.5	4.9	14.04		17mmPb+227mm 硫酸钡	$7.17 \times 10^{-4}$	是	
H	迷道顶 棚	2.5	6.8	3.74	5.60	17mmPb+227mm 硫酸钡	$1.95 \times 10^{-12}$	$3.38 \times 10^{-12}$	是
H'		2.5	6.6	4.74			$1.43 \times 10^{-12}$		

备注：计算厚度保守考虑仅计算铅；设计厚度保守不考虑钢的屏蔽效果。

根据上表可知，本项目曝光室四周墙体、顶棚、各防护门设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 屏蔽防护的要求。

顶棚外 30cm 处周围剂量当量率远小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，故本次评价不考虑天空散射。

## 11.2 现场探伤辐射环境影响分析

### 11.2.1 现场探伤理论计算

本环评控制区和监督区边界按照《工业 X 射线探伤卫生防护标准》(GBZ117-2022) 的要求，综合考虑现场探伤拍片量、现场探伤时间以及本项目的实际可操作性确定：确定将作业时被检物体周围的周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的范围内划为控制区，在控制区边界外将作业时周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的范围内划定为监督区。本项目现场探伤的场所不固定，本评价通过理论计算确定控制区与监督区的划分范围。

#### (1) 计算参数

现场探伤主要核算参数表见表 11-2。

#### (2) 计算结果

本项目现场探伤工件厚度为 3~10mm，探伤机每次曝光时间不超过 5min，工件材料主要为钢板，按照设备额定电压下对应的不同厚度的工件进行核算。本项目现场探伤工件厚度为 3~10mm，现场探伤时使用定向机，射线从管道一边穿过另一边，实际相当于穿过两层工件厚度，因此本次理论计算按照穿过两层工件厚度计算，即 6~20mm。根

### 续表 11 环境影响分析

据上述公式，本项目现场探伤控制区、监督区的距离如下表 11-4。

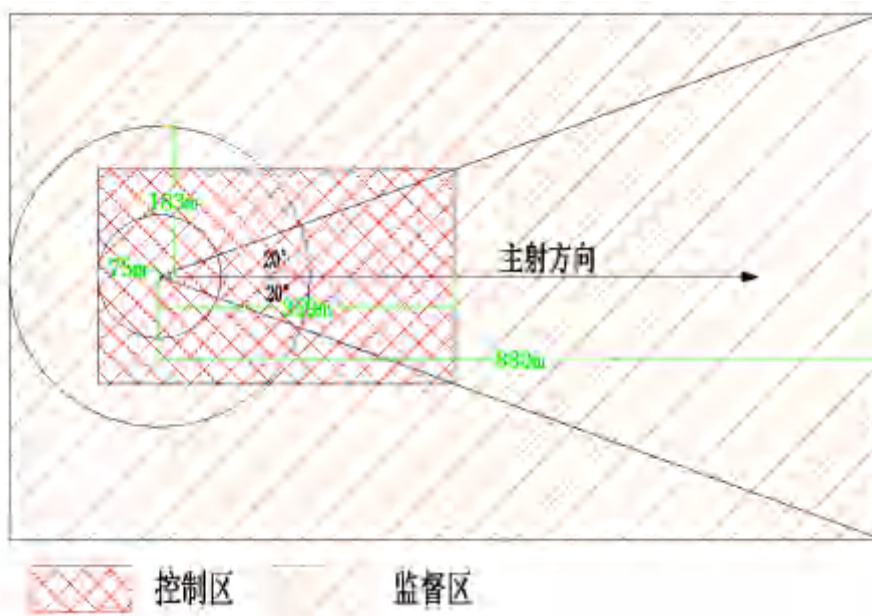
表 11-4 理论计算控制区、监督区边界距离

探伤机	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	工件厚度 (mm)	探伤工件材质	边界距离 (单位: m)					
					主射控制区	主射监督区	漏射方向控制区	漏射方向监督区	散射方向控制区	散射方向监督区
XXG-2505	250	5	6	钢	359	880	18	45	75	183
			20		147	359	18	45	75	183

注：①漏射线空气比释动能率限值按照表 7-1 规定的限值。②考虑工件厚度。

通过以上计算可知，按照设备在额定电压下对应不同厚度的工件进行核算，在不考虑空气衰减和屏蔽防护的情况下，在主射方向上本项目 X 射线探伤机在现场探伤工作时控制区边界的距离为 147 ~ 359m，监督区边界距离为 359 ~ 880m；非主射方向控制区边界距离取 75m，监督区边界距离取 183m。实际工作中，有建筑物及其他设备遮挡，控制区、监督区的范围比理论计算要小得多。本项目现场探伤使用的定向 X 射线探伤机的控制器与探伤机之间的连接电缆为 50m，且具有延时曝光功能，能保证 X 射线探伤机曝光时工作人员位于控制区外进行操作。

结合上述理论计算结果，本项目探伤机辐射角度为 40°，其控制区、监督图划分示意图见图 11-4。



续表 11 环境影响分析

图 11-4 控制区、监督图划分示意图

11.2.2 类比监测

(1) 类比条件分析

为了解同类型的探伤机在实际运行下对周围环境的影响情况，本评价采用类比方法进行分析。本环评选取重庆市莱朋船舶技术服务有限公司 1 台在用定向 X 射线探伤机作为类比对象。重庆泓天环境监测有限公司于 2021 年 7 月 8 日对设备开展 X 射线现场探伤进行了模拟监测，监测报告见附件 4（渝泓环（监）[2021]682 号）。可类比性分析见表 11-5。

表 11-5 X 射线探伤机可类比性分析一览表

类比项目	本项目探伤机	类比的重庆市莱朋船舶技术服务有限公司	类比分析
探伤机机型	XXG-2505 型	XXG-2505 型	一致
主要技术参数	250kV, 5mA	250kV, 5mA	一致
工作场所	野外探伤现场	野外探伤现场	一致
工件类型	钢制管道	委托检测的船舶制造及其配套产品等钢结构焊缝	一致
材质	钢	船舶制造钢板、钢管焊缝	一致
过滤板	3mmAl	3mmAl	一致

根据表 11-5 可知，类比探伤机型号、探伤工件类型、设备参数等均与本项目相同，有很好的类比性。

(2) 类比监测结果

①现场情况：XXG-2505型：模拟探伤地点位于重庆市莱朋船舶技术服务有限公司造船厂内，探伤工件20mm钢板，监测时未使用铅防护板。

②探伤条件：XXG-2505型，210kV、5mA

③监测结果见下表11-6。

表 11-6 有工件模拟探伤监测结果统计

设备型号	测量方位	与探伤机之间的距离（米）	
		修正后15 $\mu$ Sv/h处	修正后2.5 $\mu$ Sv/h处
XXG-2505型	前面（主射方向）	81	110
	后面	35	67
	左侧	42	66
	右侧	36	50

**续表 11 环境影响分析**

根据以上类比监测数据可知，XXG-2505型在20mm钢板照射情况下，主射方向控制区边界为距探伤机81m，监督区边界为距探伤机110m。

根据前文计算公式，根据监测条件进行计算，XXG-2505型在20mm钢板照射情况下，主射方向控制区边界为距探伤机116m，监督区边界为距探伤机283m。

与理论预测结果相比，类比监测结果中的主射方向控制区、监督区边界距离与理论预测结果有一定差距，理论预测结果更保守，主要是因为现场探伤所在地场地周围地形条件和周围遮挡物等影响造成实际距离更小。探伤现场以实际测量数据来划分监督区和控制区，并根据探伤工作方案对不同探伤工作场所采取针对性的辐射防护与安全措施。

综上所述，根据类比监测结果，非主射方向控制区距离均在50m范围以内，本项目拟配备探伤机电缆长度为50m，能满足要求；在实际现场探伤过程中，以实际测量数据来划分监督区和控制区，利用现场的遮挡或使用铅板等安全措施，保证操作人员在监督区范围内操作。

**11.3 年有效剂量估算**

**11.3.1 估算公式**

X-γ射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

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

式中：

$H_{Er}$ ：X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_{(10)}$ ：X 或 γ 射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X 或 γ 射线照射时间，小时。

**11.3.2 估算结果**

**(1) 室内探伤**

**① 辐射工作人员剂量估算**

曝光室外辐射工作人员剂量估算表见表 11-7。

**表 11-7 设备工作时曝光室外辐射工作人员剂量估算表**

人员	方位	设计厚度下剂量率 (μSv/h)	年最大曝光 时间 (h)	居留因子	年有效剂量 mSv/a
辐射工作人员	东侧 (人员门)	$1.19 \times 10^{-6}$	208.34	1	$2.47 \times 10^{-4}$

续表 11 环境影响分析

注：按最不利情况，年最大曝光时间考虑两台最大管电压为 250kV 的 X 射线探伤机工作负荷的叠加。

根据上表可知，本项目辐射工作人员受到本项目的年附加有效剂量为  $2.47 \times 10^{-4}$  mSv/a，远小于本项目辐射工作人员年剂量管理目标值 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②公众人员剂量估算

本项目曝光室周围公众成员剂量结果见表 11-8。

表 11-8 本项目曝光室周围公众成员剂量结果一览表

序号	环境保护目标名称	方位	最近水平距离	预测结果 ( $\mu$ Sv/h)	居留因子	年最大曝光时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
1	库房	东侧	紧邻	$2.20 \times 10^{-3}$	1/8	208.34	$5.72 \times 10^{-5}$
2	通道		约 5m	$2.83 \times 10^{-4}$	1/8	208.34	$7.37 \times 10^{-6}$
3	焊接实验区、焊接试件库、部件焊接区等		约 6m	$2.22 \times 10^{-4}$	1/2	208.34	$2.32 \times 10^{-5}$
4	厂区绿化带及道路		约 20m	$3.31 \times 10^{-5}$	1/8	208.34	$8.62 \times 10^{-7}$
5	8#厂房*		约 38m	$1.03 \times 10^{-5}$	1	208.34	$2.15 \times 10^{-6}$
6	工件传输区	南侧	紧邻	$1.59 \times 10^{-5}$	1/8	208.34	$4.14 \times 10^{-7}$
7	容器总装区、试压区、自动焊机区、冷箱装配区、撬装总装区、成形区等		约 12m	$3.25 \times 10^{-7}$	1/2	208.34	$3.38 \times 10^{-8}$
8	碳钢板材区、碳钢部件制备区	西侧	紧邻	$2.20 \times 10^{-3}$	1/2	208.34	$2.29 \times 10^{-4}$
9	通道		约 10m	$1.05 \times 10^{-4}$	1/8	208.34	$2.74 \times 10^{-6}$
10	机械加工区、碳钢型材区等		约 13m	$6.89 \times 10^{-5}$	1/2	208.34	$7.18 \times 10^{-6}$
11	厂区绿化带及道路		约 26m	$2.08 \times 10^{-5}$	1/8	208.34	$5.40 \times 10^{-7}$
12	通道	北侧	紧邻	$4.46 \times 10^{-7}$	1/8	208.34	$1.16 \times 10^{-8}$
13	厂区绿化带及道路		约 1m	$3.39 \times 10^{-7}$	1/8	208.34	$8.83 \times 10^{-9}$
14	重庆新潮实业有限公司厂区*		约 11m	$6.51 \times 10^{-8}$	1	208.34	$1.36 \times 10^{-8}$

备注：\*由于该方向有工作区域，保守考虑按照最大的居留因子进行估算。屏蔽能力保守不考虑钢的屏蔽效果，硫酸钡厚度保守按照混凝土厚度进行核算。管电压为 100kV 的 X 射线探伤机在进行 X 射线无损检测时对曝光室周围环境和人员的影响很小，核算时不考虑其曝光时间。

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

续表 11 环境影响分析

## (2) 现场探伤

根据建设单位提供的资料，本项目每年现场探伤曝光约 3000 次，每次曝光时间不超过 5min，每年曝光时间不超过 250h；此外，每次探伤工作开始前需打开探伤机进行巡测，划定实际的控制区、监督区范围。当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

### ①现场探伤操作人员

根据建设单位提供的资料，本项目操作人员位于控制区边界之外，且考虑人员居留情况，居留因子取 1（根据 GBZ/T250 取值），本次评价保守取控制区与监督区边界辐射剂量率（ $15\mu\text{Sv/h}$ ）作为操作人员受到的剂量率，项目现场探伤时间约 250h/a，全部现场探伤作业由一组 2 名辐射工作人员作业，估算辐射工作人员年有效剂量约  $3.75\text{mSv/a}$ （ $15\mu\text{Sv/h}\times 250\text{h/a}\div 1000\times 1=3.75\text{mSv/a}$ ），辐射工作人员受到的剂量低于年有效剂量管理目标值  $5\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求。本项目辐射工作人员存在室内探伤和现场探伤的交叉工作，经叠加辐射工作人员年有效剂量约  $3.75\text{mSv/a}$ （ $3.75+2.47\times 10^{-4}=3.75\text{mSv/a}$ ），辐射工作人员受到的剂量低于年有效剂量管理目标值  $5\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求。

### ②探伤现场监督区外的公众成员

主要包括监督区外探伤现场的警戒、巡视人员和其他公众成员，在进行探伤时监督区拉警戒线，公众成员位于监督区外，不得进入监督区内，本次评价保守取监督区边界辐射剂量率（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）作为公众成员受到的剂量率，由于现场探伤地点不固定，单个作业点按曝光 100 次计，每次最大曝光时间 5min（共计 8.3h/a），考虑人员居留情况，居留因子取 1，则该公众成员的年有效剂量为  $0.02\text{mSv}$ （ $2.5\mu\text{Sv/h}\times 8.3\text{h/a}\div 1000\times 1=0.02\text{mSv/a}$ ），远低于年有效剂量管理目标值  $0.1\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求。

## 11.4 对周围环境保护目标的影响分析

### (1) 曝光室

续表 11 环境影响分析

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

## (2) 现场探伤

现场探伤场所地点不固定，在进行探伤前划定监督区，其边界剂量率不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，设立警戒，公众成员不得进入该区域。本项目建设对周围环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。

## 11.5 其他影响

### (1) 废气对环境的影响分析

本项目曝光室拟设置 1 套风量约  $1200\text{m}^3/\text{h}$  机械排风系统，曝光室通风换气次数约 4 次/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117 - 2022）中有效通风换气次数应不小于 3 次/h 的要求。机械排风系统能保证曝光室内空气的流通，使少量的  $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$  得以快速扩散，不会对工作人员造成影响。废气经机械排风系统机引至曝光室外，再经排风管道收集引至北侧厂房外排放，排放口高约 5.6m，排放口下方主要为厂区绿化带及道路，人员流动少，因此本项目废气排放口避开了人员活动密集区，故项目产生的废气对周围环境影响小。

现场探伤过程中产生少量废气通过自然扩散排放。产生的废气不会对厂房内工作人员造成影响。本项目现场探伤场所在室外，空间开阔，废气很快能够扩散，对人员产生影响很小。

### (2) 废水环境影响

本项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，生活污水依托瑞信气体现有生化池（处理能力  $10\text{m}^3/\text{d}$ ）处理后进入市政污水管网，对地表水环境影响小。现场探伤时工作人员生活污水依托探伤所在办公场所污水处理设施处理。

续表 11 环境影响分析

(3) 噪声影响

本项目拟使用的排风系统风机为低噪声节能排风机，风机风量 1200m<sup>3</sup>/h，其噪声值一般低于 60dB (A)，噪声源强较小，经建筑隔声和距离衰减后对厂房外噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响小。

(4) 固废环境影响

①生活垃圾：探伤室工作人员的生活垃圾依托公司的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。现场探伤工作人员生活垃圾依托现场探伤场地现有设施处理。

②报废的探伤机：本项目探伤机使用一定年限后（一般约 10 年）可能不能正常工作，报废成为固体废物，建设单位应当对射线装置内的阴极射线管进行拆解和去功能化，报废的探伤机（不含废阴极射线管）交由物资回收单位处置。

③废阴极射线管：射线装置报废的阴极射线管不在公司暂存，直接交有危废处理资质的单位收集处置。

④废胶片：废胶片及存档到期的胶片属于危险废物，厂区内曝光室曝光产生的废片及合格胶片暂存在暗室。现场探伤产生的废片属于危险废物，与现场探伤产生的洗片废液一同交当地已签订协议的有资质的危废处置单位。现场探伤合格的胶片（不属于危废）运回厂区内，与曝光室产生的胶片一起暂存在操作室内，存档到期后成为危废，交厂区内已签订协议的有相应危废处置资质的单位收集处置。

⑤洗片废液：洗片废液包括废定影液、废显影液、清洗废液，分类收集后暂存于暗室塑料桶（拟设置 3 个）内，交有危废处理资质的单位收集处置。现场探伤临时暗室地面贴塑料垫防渗，临时暗室设置废液收集桶，下设防渗托盘，废定影液、废显影液、清洗废液单独在废液收集桶内暂存，现场探伤作业前应与当地有相应危废处理资质的企业签订危废处置协议，产生的废定影液、废显影液、清洗废液交当地已签订协议的有相应危废处置资质的企业收集处置。

本项目暗室拟由专人管理，拟进行重点防渗处理，地面采用防渗材料建设，暗室同时作为危废暂存场所，按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023），采取“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”等措施，地面采用防渗材料建设，满足 GB18597-2023 中“6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与

续表 11 环境影响分析

所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1m 厚黏土层（渗透系数不大于  $10^{-7}$  cm/s），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于  $10^{-10}$  cm/s），或其他防渗性能等效的材料。”

另外，暗室拟按照《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）的规定设置警示标志，包括危险废物标签、危险废物贮存分区标志、危险废物贮存设施标志等。废液收集桶拟设置明显的标识，包括危险废物类型、危险类型、危险情况以及安全措施等；废液收集桶下方拟设置防漏托盘，避免桶渗漏后废液漫流，托盘容积不小于塑料桶容积。

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

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

## 11.6 事故影响分析

### 11.6.1 风险事故类型

#### (1) 室内探伤

X 射线探伤机产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射，本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

##### ① 设备自身丧失屏蔽

X 射线设备机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将设备管头及探测器上的屏蔽块移走，使 X 射线设备丧失自身屏蔽作用，曝光室四周墙体均为主射墙，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

##### ② 联锁装置失效

续表 11 环境影响分析

由于门机联锁装置失效，任一防护门未关闭或设备工作时门被开启，射线仍然能发射，造成射线外泄，可能对工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

③人员滞留曝光室内

工作人员或设备维修人员通过防护门可进入曝光室内，在开机前，工作人员未通过监控或现场对曝光室内部进行充分确认，从而导致滞留在曝光室内的人员在工作模式下被误照射。

④屏蔽体出现膨胀变形

本项目曝光室各方向屏蔽体、电缆出线口罩、风机排风口罩，使用多年以后，可能因防护门的自重等原因引起防护门之间的搭接、铆钉等处空隙增大，从而漏出射线，使曝光室周围的人员受到误照射。

⑤任意改变主射方向

操作人员未按要求操作，任意改变主射方向，曝光室四周墙体均为主射墙，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

⑥改变探伤机活动范围

操作人员未按划分的探伤活动范围进行操作，X射线探伤机不在规定的探伤区域内探伤，造成防护门外人员受到不必要的照射。

(2) 现场探伤

本项目现场探伤拟配置 X 射线探伤机 1 台，最大管电压 250kV，X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出，因此断电状态下较为安全。在意外情况下，最大可能出现的辐射风险事故（事件）为误照射，主要是以下情景：

a.X 射线探伤机在最大工况运行时，无工件遮挡且无防护的情况，此时探伤操作人员和周围公众误入或滞留于控制区，造成有关人员误照射；

b.在进行现场探伤时，警示灯、警戒线和警示标识未发挥作用，清场工作不全面，导致非辐射工作人员或公众成员误入工作区域。

c.现场探伤工作结束后，探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致非辐射工作人员误通电，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。

续表 11 环境影响分析

11.6.2 后果分析

(1) 室内探伤

1) 曝光室外人员误照射

风险事故情景①、②、⑤、⑥：

考虑最不利情况，探伤机以最大管电压 250kV，最大管电流 5mA 运行，事故时间考虑单次最大曝光时间 5min。曝光室外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-9。

表 11-9 曝光室外人员误照射最大剂量估算表

事故情景		辐射类型	距离 (m)	有效剂量 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
设备自身丧失屏蔽/任意改变主射方向①/⑤	东/西侧	主射	1.5	$7.65 \times 10^{-3}$	$6.38 \times 10^{-10}$	$6.38 \times 10^{-10}$
	工件门		2.0	$1.33 \times 10^{-2}$	$1.11 \times 10^{-9}$	$1.11 \times 10^{-9}$
联锁装置失效②	工件门	散射	2.0	$2.09 \times 10^4$	$1.84 \times 10^{-3}$	$1.84 \times 10^{-3}$
		漏射	2.0	$1.25 \times 10^3$		
	人员门	散射	9.4	$8.86 \times 10^2$	$9.44 \times 10^{-5}$	$9.44 \times 10^{-5}$
		漏射	4.5	$2.47 \times 10^2$		
改变探伤机活动范围⑥	工件门	主射	4.2	$1.54 \times 10^{-18}$	$1.28 \times 10^{-25}$	$1.28 \times 10^{-25}$
		散射	1.0	$4.47 \times 10^{-10}$	$5.3 \times 10^{-12}$	$5.3 \times 10^{-12}$
		漏射	1.0	$6.36 \times 10^{-5}$		
	人员门	主射	4.0	$4.03 \times 10^{-8}$	$3.36 \times 10^{-15}$	$3.36 \times 10^{-15}$
		散射	5.4	$3.82 \times 10^{-6}$	$3.19 \times 10^{-13}$	$3.19 \times 10^{-13}$
		漏射	2.7	$1.06 \times 10^{-10}$		

备注：计算公式及参数取值同 11.1 章节。

风险事故情景④：

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

考虑主射方向敏感目标为东侧库房（居留因子为 1/8），西侧碳钢板材区、碳钢部件制备区（居留因子为 1/2），经计算曝光室屏蔽体外敏感目标处周围剂量当量率最大可达  $5.32 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ ；考虑居留因子，单次照射（5min）下主射方向西侧停留的人员受照剂量最大，约 0.02Sv（0.02Gy）。

## 续表 11 环境影响分析

假定未发现该事故情形的时长为一个月（最多检测 234 次），在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-10。

表 11-10 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表

误照射次数 (次)	受照射时间	受照射剂量	
		剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
1	5min	0.02	0.02
10	50min	0.2	0.2
50	250min	1.0	1.0
100	500min	2.0	2.0
150	750min	3.0	3.0
200	1000min	4.0	4.0
234	1170min	4.7	4.7

备注：计算公式及参数取值同 11.1 章节。

### 2) 曝光室内人员误照射

风险事故情景③：

因各种原因，X 射线装置运行时，人员滞留在曝光室内发生误照射情况，考虑最不利情况，最大管电压 250kV，最大管电流 5mA 运行，事故时间考虑为 5min，考虑人员在距离辐射源点 1m 处受到误照射（主射线）。曝光室内人员误照射最大剂量估算情况见表 11-11。

表 11-11 曝光室内人员误照射最大剂量估算表

事故情景	有效剂量 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
人员滞留曝光室内	$4.17 \times 10^6$	0.35	0.35

备注：计算公式及参数取值同 11.1 章节。

### (2) 现场探伤

根据前面描述的情景，本项目现场探伤可能发生的辐射风险事故（事件）主要为误照射，本评价对探伤机事故情况下主射方向周围人员受到有效剂量做以下大致估算（均按照主射无遮挡空照计算），见表 11-12。

表 11-12 误照射无工件主射方向不同距离剂量率估算

发射率	与焦点距离 (m)	电流 (mA)	不同距离下剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	单次照射受到的有效剂量 (mSv)
XXG-2505型 250kV	5	5	$1.67 \times 10^5$	13.90
	10	5	$4.17 \times 10^4$	3.48

续表 11 环境影响分析

13.9mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	15	5	1.85×10 <sup>4</sup>	1.54
	20	5	1.04×10 <sup>4</sup>	0.87
	30	5	4.63×10 <sup>3</sup>	0.39
	40	5	2.61×10 <sup>3</sup>	0.22
	50	5	1.67×10 <sup>3</sup>	0.14
	359 (主射方向控制区)	5	32.3	2.69×10 <sup>-3</sup>
	880 (主射方向监督区)	5	5.39	4.49×10 <sup>-4</sup>

备注：计算按照最大电压的设备考虑。

①对于事故情景 a：X 射线探伤机在最大工况运行时，无工件遮挡且无防护的情况，此时探伤操作人员和周围公众误入或滞留于监督区（靠近控制区边界）或控制区内，造成有关人员误照射；考虑滞留人员一直未被发现，直至探伤机开机曝光 5min 后，自动停止曝光，在 250kV 电压下，误入监督区的公众（考虑位于最小控制区边界警戒绳）受到的瞬时剂量率为 32.3 $\mu$ Sv/h，则单次误入监督区的公众成员受到有效剂量最高为 2.69×10<sup>-3</sup>mSv；误入控制区（取距焦点 5m 处）公众受到的瞬时剂量率为 1.67×10<sup>5</sup> $\mu$ Sv/h，则单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 13.90mSv。本项目为现场探伤，探伤工作场所不固定，公众误入位置具有不确定性，距离越近，受到的单次照射剂量越高，同一公众成员多次误入探伤工作场所的可能性很低。

②对于事故情景 b：在进行现场探伤时，警示灯、警戒线和警示标识未发挥作用，清场工作不全面，导致非辐射工作人员或公众成员误入工作区域，非辐射工作人员或公众成员受到照射情况同上。

③对于事故情景 c：现场探伤工作结束后，探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致非辐射工作人员误通电，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射。探伤机连续开机时间不超过 5min，则当 250kV 电压下，则距离探伤机主射方向 5m 处公众成员受到有效剂量最高为 13.90mSv。

### 11.6.3 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细

续表 11 环境影响分析

胞水平、器官水平的损伤,继而出现相应的生化代谢紊乱,并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类,分为随机性效应和确定性效应(组织反应)。

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

组织反应以存在阈值剂量并且反应严重程度随剂量增加而加重为特征的细胞群体的损伤。早期组织反应(照射后几个小时到几周)可能具有炎症性质,其发生是细胞渗透性改变和炎症介质释放的结果。随后的组织反应通常是细胞丢失(例如表皮组织黏膜炎和脱皮)的结果,尽管组织的非细胞毒性效应也会在该早期反应中起一定作用。晚期组织反应(照射后几个月到几年)如果是由于靶组织直接损伤(例如分割照射后血管阻塞导致的深层组织坏死)引起的就称为“一般性的”,如果是由严重早期反应(例如作为大面积表皮剥蚀或慢性感染的真皮坏死和严重黏膜溃疡导致的小肠狭窄的结果)引起的就称为“结果性的”。这两种情况并不相互排斥,常常是同时存在。

不同照射剂量对人体损伤的估计见表 11-13。

表 11-13 不同照射剂量对人体损伤的估计

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

续表 11 环境影响分析

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

根据上述后果分析可知，本项目探伤机对操作人员及公众发生单次误照射不会达到发生确定性效应阈值，但可能增加发生随机性效应的概率。

#### 11.6.4 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定“一般辐射事故：是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”。由前述事故工况下的辐射影响估算可知，假若本项目发生事故，事故等级应为一般辐射事故。

#### 11.6.5 辐射事故防范措施

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

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

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

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

(5) 定期认真的对本单位 X 射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故发生。

续表 11 环境影响分析

(6) 在现场探伤工作前, 按项目应制定工作方案, 该工作方案的主要包括探伤工况、时间、地点、控制区、监督区范围、监测方案、清场方式等, 明确设备操作人员、数据采集人员及监护人员的职责和分工, 工作期间做好相关记录。

(7) 在现场探伤作业应张贴公告, 包括作业性质、时间、地点、控制范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。

(8) 凡涉及对 X 射线探伤机进行操作, 必须有明确的操作规程; 现场探伤作业时至少有 4 名工作人员同时在场, 包括 2 名辐射工作人员及 2 名非辐射工作人员, 操作人员严格按照操作规程进行操作, 开机参数需两名辐射工作人员确认无误后方可进行; 并做好个人的防护, 并应将操作规程张贴在操作人员可见到的显眼位置。

(9) 现场探伤开机前仔细检查人员是否撤离完全, 确保开机前公众成员位于监督区外, 辐射工作人员位于控制区外。

(10) 现场探伤作业前, 仔细核实探伤机的类型, 根据探伤工件情况及使用的探伤参数, 初步划定控制区、监督区, 再使用 X-γ 辐射剂量率仪进一步由远及近确定控制区和监督区边界。控制区、监督区范围确定之后进行清场, 设置警戒线。控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌, 监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌。探伤作业前安排 2-3 人进行巡查、警戒, 确保探伤作业期间无公众误入作业区。夜间进行探伤作业时在控制区和监督区边界设立灯光警示和相应的警告牌, 并设专人警戒。

(11) 做好设备进出台账记录, 避免探伤工作结束后设备随意存放, 造成不必要的公众误照射。在现场探伤领取探伤机时, 应仔细核对探伤机型号、铭牌, 切勿错将周向机领出开展现场探伤。每月对使用 X 射线探伤机的安全装置进行维护、保养, 对可能引起的操作失灵的关键零配件定期进行更换, 加强对防护警示标志的检查, 避免失效。

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

### 11.7 实践正当性分析

项目工业 X 射线探伤机在生产、建设中的应用, 对相关产品的无损质量检验有其

## 续表 11 环境影响分析

他技术无法替代的特点，项目使用 X 射线探伤机开展曝光室及现场无损探伤检测作业，为无损检测服务提供更加先进的检测手段，具有明显的社会效益；同时也将为建设单位创造更大的经济效益。项目采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。

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

### 11.8 产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024）》中第一类鼓励类中第十四项中的第 1 小项“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，属于鼓励类。所以，本项目 X 射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

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

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

①全面负责辐射安全防护管理工作，制定辐射防护安全管理制度。

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

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

### 12.2 辐射工作人员配置

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

本项目拟配置 3 名辐射工作人员，待辐射工作人员通过辐射防护与安全培训并考核合格后方可上岗，并在有效期到期前进行复训和考核。

### 12.3 辐射安全管理

#### （1）辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同



## 续表 12 辐射安全管理

位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。

为此，建设单位拟按照相关规定制定相应的管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备出入库管理制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案、辐射事故应急措施等，并将探伤机活动范围、主射线方向、年度评估、洗片废液暂存处置等纳入管理制度中。

### （2）个人剂量管理

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

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

### （3）职业健康检查

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

### （4）射线装置台账管理

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

### （5）年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、

## 续表 12 辐射安全管理

使用放射性同位素与射线装置的单位,应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估,并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

公司拟建立年度评估制度,并按照规定于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。年度评估报告应包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容。

### (6) 档案管理

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

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

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

### (7) 核安全文化建设

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

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

具体操作参考如下:

- ①建设单位组织核安全文化培训,制定出符合自身发展规划的核安全文化;
- ②建设单位建立有关的部门管理,通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到

## 续表 12 辐射安全管理

员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

### 12.4 从事辐射活动能力评价

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

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

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

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

### 12.5 辐射监测

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

建设单位拟按规定制定监测计划，包括个人剂量监测、辐射工作场所监测、现场探伤的分区监测等，建设单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应和监测仪器，或委托

## 续表 12 辐射安全管理

有资质的单位定期对曝光室周围环境进行监测，按规定要求开展各项监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

### (1) 个人剂量监测

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

监测频率：常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月；如发现异常可加密监测频率；涉及涉源应急处理时，拟进行应急监测。

### (2) 工作场所外环境监测

建设单位在项目建成后应对曝光室外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测（每个月一次），发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

监测计划应包括以下内容：

监测频度：验收时监测一次；每年委托有资质单位监测一次；涉及 X 射线探伤机额定电压增大时或防护设施维修后监测一次；日常由建设单位不定期自行监测；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：曝光室四周墙体、顶棚、各防护门外 30cm 处以及屏蔽体穿墙管线等薄弱处。

### (3) 现场探伤的分区及监测

①监测因子：周围剂量当量率。

②监测内容：使用便携式 X 射线探伤装置进行探伤时，通过巡测划出控制区和监督区。每次探伤作业时，巡测划出控制区和监督区，当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，划定新的分区界线。

## 12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）等要求，使用 II 类以上（含 II 类）射线装置的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

## 续表 12 辐射安全管理

按照上述要求，建设单位应制定辐射事故应急预案，预案内容应包括需要考虑制定的应急机构组织、应急准备与响应程序、应急能力的培训、演练和应急响应能力的保持等。

### 12.6.1 事故分级

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

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

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

### 12.6.2 事故应急程序与措施

#### (1) 事故报告程序

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

#### (2) 辐射事故应急处置措施

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

#### (3) 辐射事故后处理

配合相关部门做好事故调查处理并做好事故的善后工作，查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生，据此

## 续表 12 辐射安全管理

进一步修订完善辐射事故应急方案或应急措施。

### 12.7 辐射安全与管理投资估算

本项目环保投资约 35 万元，环保投资估算表见表 12-2。

表 12-2 环保投资估算

内容	措施	投资 (万元)
管理制度、应急预案、警告标志	制度上墙，张贴规范	0.5
辐射防护与安全措施	曝光室屏蔽体、屏蔽补偿、门机联锁、灯机联锁、紧急停机按钮、警示灯等；现场探伤设专人警戒、配备警戒线、声光警示灯、警告牌（控制区边界应悬挂“禁止进入 X 射线区”警告牌，监督区边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌。	22
防护监测设备	个人剂量计、个人辐射报警仪、便携式 X-γ 辐射剂量率仪、固定式剂量率仪	4
危险废物处理	交有危废处理资质的单位收集处置，签订收集处理协议	0.5
环保手续办理	/	8
合计		35

### 12.8 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 保设施竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	建设内容	新建 1 座曝光室，配置 4 台 X 射线探伤机： XXG2505 型：定向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA； XXGH2505 型：周向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA； XXQ1005 型：定向，最大管电压为 100kV，最大管电流为 5mA； XXH1005 型：周向，最大管电压为 100kV，最大管电流为 5mA。	不发生 重大变更
2	环保资料	环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等	齐全
3	辐射环境管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估等管理制度和辐射事故应急预案。	齐全
4	电离辐射	年剂量管理目标值 辐射工作人员 ≤ 5mSv/a；公众成员 ≤ 0.1mSv/a	GB18871-2002 GBZ/T250-2014

续表 12 辐射安全管理

		屏蔽体外剂量率控制	曝光室屏蔽墙体（东墙、南墙、北墙）、顶棚、人员门、工件门外周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，西墙屏蔽体外周围剂量当量率不大于 $2.4\mu\text{Sv/h}$ 。	GBZ117 - 2022
		X 射线现场探伤要求	将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区	
			将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区	
5	辐射安全防护措施	<p>门机联锁：曝光室设置门-机联锁装置；</p> <p>声光警示：曝光室各防护门上和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示灯与 X 射线探伤装置联锁；</p> <p>警告标志：曝光室各防护门上、现场探伤控制区边界设置电离辐射警告标志，并有中文警示说明；</p> <p>紧急停机：曝光室内及操作室内设置紧急停机按钮，按下任意一个按钮探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束；</p> <p>机械通风：曝光室设置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/h；</p> <p>视频监控系统：曝光室安装一套实时视频监控系统，能全方位不留死角地监控曝光室的情况；</p> <p>监测设备：每名辐射工作人员各配置 1 枚个人剂量计、个人辐射报警仪，配置有 2 台便携式 X-<math>\gamma</math> 辐射剂量率仪，曝光室内配备 1 台固定式剂量率仪。</p> <p>防护用品：现场警戒绳 1 套、警告牌若干、声光报警灯 4 组、扩音器 1 套等</p>		
6	人员要求	按照要求组织辐射工作人员参加培训，考核合格后上岗，考核成绩在有效期内。		
7	危险废物	危险废物交有危废处理资质的单位收集处置，签订相应处置协议。危险废物暂存场所采取相应防渗、防泄漏等措施，建立危险废物产生与处置台账。		

## 表 13 结论和建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

本项目拟在重庆市铜梁工业园区蒲吕街道办事处云飞路 26 号 7# 厂房东北侧建设 1 座 X 射线探伤室，包括曝光室及其配套的操作室、暗室等辅助用房，拟配置 4 台便携式 X 射线探伤机 (XXG2505 型：定向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA；XXGH2505 型：周向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA；XXQ1005 型：定向，最大管电压为 100kV，最大管电流为 5mA；XXH1005 型：周向，最大管电压为 100kV，最大管电流为 5mA) 对公司生产的压力容器、撬装设备进行无损检测，并利用 XXG2505 型定向 X 射线探伤机开展现场探伤，现场探伤工作在全国范围内开展。

项目总建筑面积约 88m<sup>2</sup>，项目总投资约 1000 万元，其中环保投资约 35 万元。

#### 13.1.2 产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录 (2024)》中第一类鼓励类中第十四项中的第 1 小项“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，属于鼓励类。所以，本项目 X 射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

#### 13.1.3 实践正当性

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

#### 13.1.4 辐射环境质量现状

项目拟建址及周围的环境  $\gamma$  辐射剂量率为 60nGy/h ~ 80nGy/h (未扣除宇宙射线响应值)，在重庆市 2022 年天然辐射本底水平正常涨落范围内。

#### 13.1.5 选址可行性及布局合理性

本项目 X 射线探伤室选址于重庆市铜梁工业园区蒲吕街道办事处云飞路 26 号 7# 厂房内东北侧，为单层建筑，该厂房仅有一层，曝光室所在区域对应上方为厂房内空，且位于厂房一端。曝光室东侧为操作室、库房等场所，南侧为工件传输区、容器总装区等场所，西侧为碳钢板材区、碳钢部件制作区等场所。曝光室周边基本为公众驻留时间很短的区域，且曝光室工件门朝向工件传输区，便于工件传输，工件传输区南侧紧

邻容

### 续表 13 结论和建议

器总装区，便于容器总装结束之后无损检测。根据后文环境辐射监测结果，本项目所在区域环境 $\gamma$ 辐射剂量率在重庆市 2022 年天然辐射本底水平正常涨落范围内。因此，项目整体选址合理可行。

本项目包括曝光室及其配套的操作室、暗室等辅助用房，功能齐全。本项目操作室与曝光室之间设置迷道相隔，为了使操作室不在主射线范围内，将探伤机活动区域设置在曝光室的南侧，若是工件焊缝不在探伤区域范围内，则退出工件后旋转 180°后再进入曝光室进行检测，可以满足工作要求，符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)要求。因此，本项目探伤室平面布局基本合理。

#### 13.1.6 辐射防护与安全措施

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

##### (1) 室内探伤

建设单位拟对曝光室进行分区管理，曝光室墙壁围成的内部区域为控制区，与曝光室墙壁外部相邻区域及曝光室顶部相邻区域为监督区。

曝光室四周墙体、顶棚、迷道外墙及顶棚均采用 17mm 铅板+227mm 硫酸钡（内外分别包 6mm 钢板固定），工件门采用 17mm 铅板+183mm 硫酸钡（内外分别包 6mm 钢板固定），人员门采取 12mm 铅板+26mm 硫酸钡（内外分别包 6mm 钢板固定），经核算，屏蔽体设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117 - 2022)屏蔽防护的要求。各防护门与曝光室屏蔽墙体之间有足够的搭接宽度，穿越防护墙的线缆管线采用铅板进行了相应的补偿，不影响屏蔽效果。

曝光室拟设置门机联锁、工作状态指示灯及灯机联锁、紧急停机、视频监控系统，在各防护门外张贴电离辐射警告标志，配备符合开展项目要求的监测仪器设备。曝光室拟设置机械排风系统，确保曝光室具有良好的通风。为确保东侧操作室及各防护门不在主射线范围内，建设单位根据主射方向及探伤机活动范围，制定相关制度，并将注意事项张贴在曝光室内，探伤机活动范围贴条标识在曝光室内地面上，日常加强管理和培训，严格落实管理制度。

## 续表 13 结论和建议

### (2) 现场探伤

建设单位在进行野外现场探伤时将辐射工作场所划分为控制区、监督区，并实行分区管理，设置警戒线和相应的警示标识，有专人负责警戒、巡视和疏散工作。除此之外，建设单位拟采取探伤现场考察，制定现场探伤作业方案，探伤前公告，使用 X- $\gamma$  辐射剂量率仪划分控制区及监督区距离，探伤过程中采取使用铅板等安全措施。同时建设单位为每名辐射工作人员均配置 1 枚个人剂量计、1 台具有直读功能的个人剂量报警仪，工作场所控制区、监督区边界拉警戒绳、设置警告牌，并控制区设置声光报警灯。

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

### 13.1.7 环境影响结论

#### (1) 剂量估算结果

根据估算，曝光室屏蔽墙体（东墙、南墙、北墙）、顶棚、人员门、工件门外周围剂量当量率不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，西墙屏蔽体外周围剂量当量率不大于  $2.4\mu\text{Sv/h}$ ，辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于年剂量管理目标值的要求（辐射工作人员  $\leq 5\text{mSv/a}$ ，公众成员  $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。本项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响较小，满足相关标准要求。

#### (2) 废气环境影响

本项目不产生放射性“三废”，少量臭氧和氮氧化物废气通过机械排风管道引至厂房北侧外排放，废气排风口避开了人员活动密集区，现场探伤周围一般为空旷地带，曝光过程中产生的臭氧及氮氧化物自然扩散后对环境的影响甚微。项目产生的废气对周围环境影响小。

#### (3) 废水环境影响

本项目不产生废水，工作人员生活污水依托瑞信气体现有 3#生化池处理后排入市政管网；现场探伤工作人员生活污水依托周边现有设施处理。

#### (4) 噪声环境影响

本项目拟使用的排风系统风机为低噪声节能排风机，噪声源强较小，经建筑隔声和距离衰减后对厂房外噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响小。

## 续表 13 结论和建议

### (5) 固废环境影响

项目工作人员产生的生活垃圾收集后交由环卫部门统一处理。报废的 X 射线探伤机去功能化后交由物资回收单位处置。

在暗室内设置 3 个废液桶收集，暂存洗片过程产生的废液，暗室按照重点防渗区建设，废液桶下方设置防渗托盘，由专人管理，洗片过程产生的废液交有危废处理资质的单位收集处置。废胶片、存档到期的胶片、去功能化的阴极射线管属于危险废物，交有危废处理资质的单位收集处置，严格执行危险废物管理制度。

### (6) 事故风险

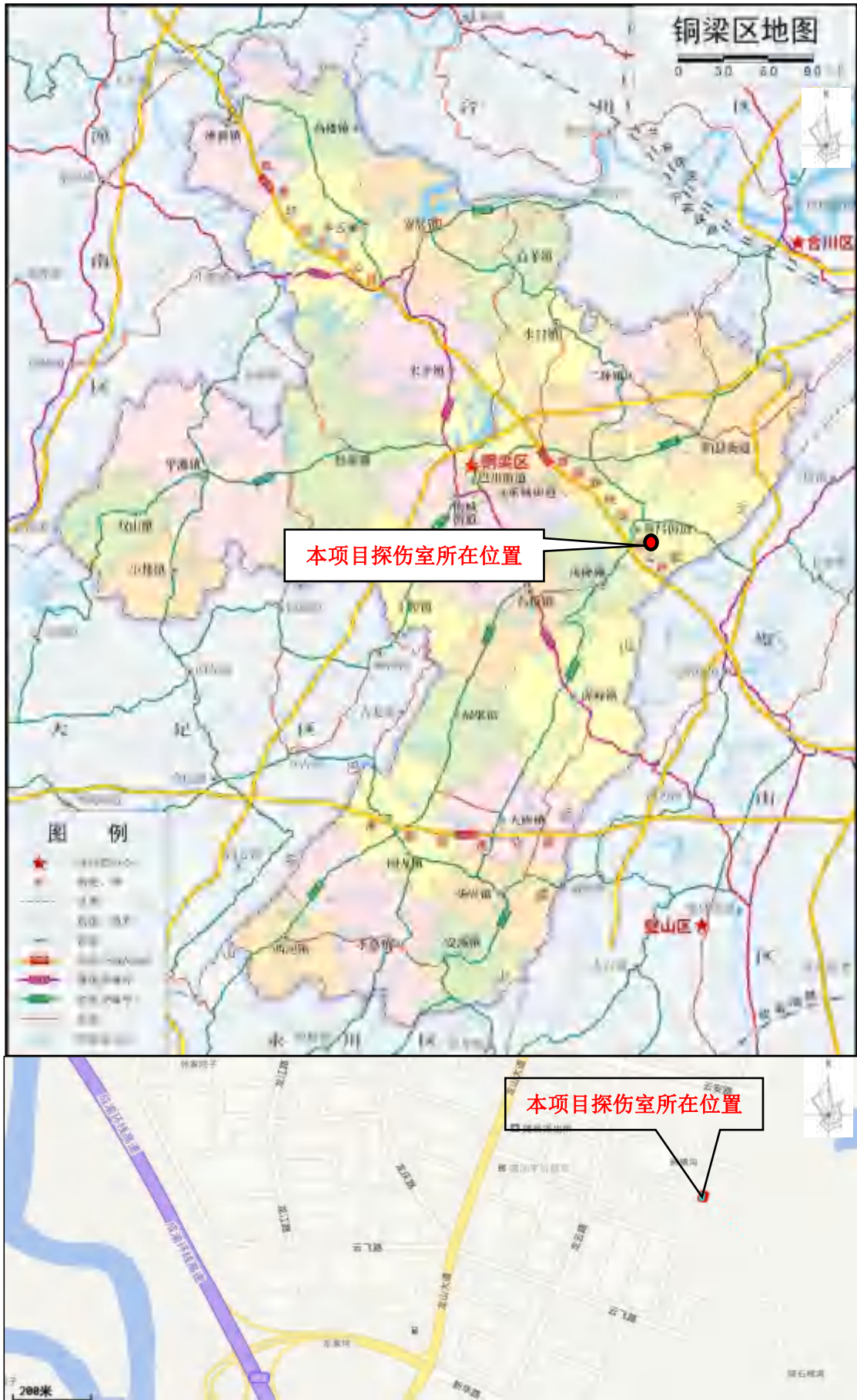
假若本项目发生事故，事故等级为一般辐射事故。通过落实撤离机房时清点人数、在曝光室内及操作台设置有紧急停机按钮、加强管理、辐射工作人员须加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备稳定性检测和质控检测、加强设备维护、使设备始终保持在最佳状态下工作、正确佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪、工作人员在探伤现场按照规范设置安全防护设施，辐射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目风险可控。

### 13.1.8 辐射环境管理

建设单位拟按照相关要求设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少配置 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理，建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备出入库管理制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案等规章制度和辐射事故应急措施，建立辐射工作人员个人剂量监测、职业健康体检等档案，并将探伤机活动范围、主射线方向、年度评估、洗片废液暂存处置等纳入管理制度中。按照规定办理《辐射安全许可证》，并在许可的种类和范围内从事辐射活动。建设单位还拟进行核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

### 13.1.9 综合结论

综上所述，重庆瑞信信息技术有限公司拟建的新建容器撬装设备 X 射线探伤室项目符合国家产业政策，选址可行、布局合理。在完善相应的污染防治措施和环境管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。因此，从环境保护的角度来看，该项目环境风险可控，其建设是可行的。



附图1 项目地理位置图



附图4 外环境及环境保护目标示意图