

核技术利用建设项目  
无损检测设备技术改造  
环境影响报告表



重庆界石仪表有限公司

2019年8月

环境保护部制

核技术利用建设项目  
无损检测设备技术改造  
环境影响报告表



建设单位名称：重庆界石仪表有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

龚莉

通讯地址：重庆市巴南区界石镇界南街 129 号

邮政编码：401346

联系人：龚西

电子邮箱：397746256@qq.com

联系电话：17783887078

### 编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	无损检测设备技术改造		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
建设单位（签章）	重庆界石仪表有限公司		
法定代表人或主要负责人（签字）			
主管人员及联系电话	龚西 17783887078		
<b>二、编制单位情况</b>			
主持编制单位名称（签章）	重庆宏伟环保工程有限公司		
社会信用代码	915001126912004062		
法定代表人（签字）			
<b>三、编制人员情况</b>			
编制主持人及联系电话	肖英 13271946226		
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书编号	签字	
肖英	0008219		
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
肖英	0008219	项目基本情况、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	
<b>四、参与编制单位和人员情况</b>			
<p>编制单位情况：重庆宏伟环保工程有限公司为依法登记的独立法人，并具备统一社会信用代码 915001126912004062。重庆宏伟环保工程有限公司不属于下列单位：（一）生态环境主管部门或者其他有关审批部门设立的事业单位和作为业务主管单位或者挂靠单位的社会组织，以及受生态环境主管部门或者其他有关审批部门委托，开展环境影响报告书（表）技术评估的单位；（二）第一项中的事业单位、社会组织以及技术评估单位出资的企业法人；（三）第二项中的企业法人出资的企业法人。</p> <p>编制人员情况：肖英为重庆宏伟环保工程有限公司中具备环境影响评价技术能力的专职人员，且具备环境影响评价工程师职业资格。</p>			

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		无损检测设备技术改造			
建设单位		重庆界石仪表有限公司			
法人代表	穆莉	联系人	龚西	联系电话	17783887078
注册地址		重庆市巴南区界石镇界南街 129 号			
项目建设地点		重庆市巴南区界石镇界南街 129 号公司调压柜车间东侧			
立项审批部门		重庆市巴南区经信委会	批准文号	2019-500113-34-03-082413	
建设项目总投资 (万元)	120	项目环保投资 (万元)	10	投资比例(环保 投资/总投资)	8.3%
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> )	85.5
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>重庆界石仪表有限公司(以下简称界石仪表公司)创建于 1985 年,是专业生产燃气调压设备、计量仪表、高中压阀门的企业,是一个可以为用户提供燃气调压与安全、配气、控制调节与计量等完整解决方案的供应商。公司位于重庆市巴南区界石镇界南街 129 号,占地 17512m<sup>2</sup>,主要包括调压器(箱)车间,调压柜车间,机加车间,库房,配套办公室和宿舍等,建筑面积 3900m<sup>2</sup>,现有职工 200 余人。</p> <p>本项目涉及到的公司调压柜车间已于 2015 年委托宜宾华洁环保工程有限责任公司开展了环境影响评价工作,编制完成了《节能型智能燃气调压装置建设项目环境影响报</p>					

## 续表 1 项目基本情况

告表》，并于 2015 年 11 月 23 日取得了原重庆市巴南区环境保护局的批准书，批准文号为：渝（巴）环准（2015）99 号。项目建成后于 2016 年 11 月 7 日进行了竣工环境保护验收，验收文号为：渝（巴）环验（2016）071 号。

### 1.2 项目由来

为满足公司压力管道、压力容器的产品质量要求，界石仪表公司目前使用超声波进行无损检测。为满足公司长远发展需要，界石仪表公司拟投资建设无损检测设备技术改造项目，将超声波无损检测改为 X 射线无损检测。项目建设内容主要为：在调压柜车间东侧新建一座专用探伤室，配置 1 台定向型 X 射线探伤机（额定电压 250kV，额定电流 5mA）。

根据《关于发布射线装置分类的公告》（环境保护部、国家卫生计生委公告，2017 年 12 月 5 日颁布实施）的相关规定，工业用 X 射线探伤装置属于 II 射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》中的“五十 核与辐射 191 核技术利用建设项目”，使用 II 类射线装置的项目应编制环境影响报告表。因此，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，重庆界石仪表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，并按照国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了该项目的辐射环境影响报告表。

### 1.3 建设规模及工程内容

#### （1）项目概况

本项目拟在公司调压柜车间东侧新建一座专用探伤室，配置 1 台定向型 X 射线探伤机（额定电压 250kV，额定电流 5mA），开展无损检测工作。本项目仅开展专用探伤室内探伤，无现场探伤作业。

**续表 1 项目基本情况**

项目由曝光室、操作室、洗片室、评片室组成，总建筑面积约 85.5m<sup>2</sup>。其中曝光室、操作室为新建，洗片室、评片室由综合楼 3 楼读书室、会议室改造，仅改变使用功能，不改变房屋结构。

项目工期 1 个月。

项目组成见表 1-1。

**表 1-1 项目组成一览表**

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	曝光室	曝光室位于调压柜车间内东侧，1F，钢+铅结构，长 6m，宽 4.5m，建筑面积内空约 27m <sup>2</sup> ，建筑高度 3m。铅防护门洞宽 4m，高 2.8m。	新建
	设备	新购 XXQ-2505D 型定向探伤机 1 台。	新购
辅助工程	操作室	位于曝光室东侧，建筑面积约 13.5m <sup>2</sup> 。	新建
	洗片室	位于调压柜车间东侧综合楼 3 楼，建筑面积约 22m <sup>2</sup> 。采用人工洗片。	改造
	评片室	位于调压柜车间东侧综合楼 3 楼，建筑面积约 23m <sup>2</sup> 。	改造
储运工程	/	项目胶片存储在评片室内，项目胶片存放时间至少 7 年。	改造
公用工程	供配电系统	依托厂房供配电系统，厂房用电来源于市政供电。	依托
	给水系统	依托厂区给水管网供辐射工作人员生活和洗片用。	依托
	排水系统	项目工作人员生活污水依托厂区污水处理站处理达标后排入市政污水管网。	依托
环保工程	污水	项目工作人员生活污水依托厂区东侧的污水处理装置（处理能力 37m <sup>3</sup> /d）处理后进入市政污水管网。	依托
	固废	项目在洗片室设置一个废液收集桶，废显影液、定影液、清洗废液在洗片室危废收集桶内暂存，下设防渗托盘。废胶片和存档到期的胶片在评片室内收纳箱内暂存。危险废物均定期交有资质单位收运处理。	依托
	废气	曝光室西北角地面设置一个排风口，拟安装一个风机，排风量为 4600m <sup>3</sup> /h，通风次数大于 3 次/h。废气通过地下管道“U”型穿	新建

**续表 1 项目基本情况**

		越屏蔽体和厂房外墙后，引至调压柜车间顶部排放。	
	辐射防护	曝光室采用足够厚的铅+钢对射线进行屏蔽，保证曝光室满足辐射防护要求。	新建

**(2) 项目建筑设计情况**

本项目探伤室的设计情况如下表 1-2 所示。

**表 1-2 项目用房设计情况表**

建筑名称	尺寸（长×宽×高）	设计情况		备注
曝光室	6m×4.5m×3m	四周墙体	3mm 钢+13mm 铅+3mm 钢，以 10#槽钢做支撑架	新建
		顶棚	3mm 钢+8mm 铅+3mm 钢，以 12#槽钢做支撑架	
		防护门	3mm 钢+13mm 铅+3mm 钢，以 8#槽钢做支撑架	
操作室	4.5m×3m×3m	墙体和顶棚均采用防护彩钢夹心板		新建
洗片室	4m×5.5m×3m	墙体、顶棚和地板依托现有，对地面进行防渗防漏处理，修建显影池、定影池和清洗池。		改造
评片室	4m×5.75m×3m	墙体、顶棚和地板依托现有，配置桌椅和收纳箱等。		改造

备注：铅密度 11.3g/cm<sup>3</sup>，钢密度 7.85g/cm<sup>3</sup>。

**(3) 设备概况**

本项目设备清单见表 1-3。

**表 1-3 项目设备一览表**

序号	名称	数量	规格型号	用途	备注
1	X 射线探伤机	1	XXQ-2505D 型	无损检测	II 类射线装置 额定电压 250kV，额定电流 5mA
2	风机	1	待定	废气排放	风量为 4600m <sup>3</sup> /h

**(4) 探伤工件情况**

本项目主要对重庆界石仪表有限公司生产的天然气管道、天然气压力容器等工件进行无损检测。检测工件的参数见表 1-4。

**表 1-4 检测工件的相关参数一览表**

工件名称	材质	最大尺寸	厚度
压力管道	钢	长 3000mm，直径 600mm	≤30mm
压力容器	钢	长 3000mm，直径 1000mm	≤30mm

## 续表 1 项目基本情况

### (5) 计划工作量

项目拟配置 1 台 X 射线探伤机，仅在曝光室内使用。项目对公司生产的压力管道和压力容器焊缝均进行无损检测。全年曝光次数约 5000 次（5000 张片），单次曝光时间为 1~3min。探伤机工作情况见表 1-5。

表 1-5 探伤机工作负荷一览表

设备型号	单次曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间
XXQ-2505D 型	1~3min	5000 次	250h

### (6) 主要原辅材料

项目原辅材料情况见表 1-6。

表 1-6 原辅材料一览表

序号	名称	使用量	来源	主要化学成分
1	胶片	5000 张/a	外购	卤化银和涤纶
2	定影液	100kg/a	外购	卤化银、硫代硫酸钠
3	显影液	125kg/a	外购	米吐尔（N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐）、菲尼酮、对苯二酚、无水硫酸钠、碳酸钠

### (7) 工作制度和劳动定员

公司年工作 300 天，实行一班制，每班工作 10h。

项目拟从公司人员中调配 3 人从事 X 射线无损检测工作（成为辐射工作人员），同时承担洗片、评片、存档等工作。辐射工作人员已纳入公司总劳动定员中。

## 1.4 与公司衔接与依托可行性

本项目建成运行前，公司使用超声波进行无损检测，本项目建成运行后，公司的无损检测方式发生改变，变为 X 射线无损检测。超声波无损检测工作表面要求平滑、要求富有经验的检验人员才能辨别缺陷种类、对缺陷没有直观性；且超声波探伤适合于厚度较大的零件检验。X 射线无损检测影像直观、影像可以长期保存，探伤灵敏度很高，对体积状缺陷敏感，缺陷影象的平面分布真实、尺寸测量准确，对被测物的表面光洁度没有严格要求，材料晶粒度对检测结果影响不大，可以适用于各种材料内部缺陷检测，在压力容器焊接质量检验中得到广泛应用。根据公司产品的情况，X 射线无损检测更有利于提高公司产品的质量，且本次建设自有专用探伤室探伤，能保护周围环境和人员，预



## 续表 1 项目基本情况

防辐射事故的发生概率。项目依托可行性分析见表 1-7。

表 1-7 项目依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
公用工程	供电、供水等公用工程依托已有设施	项目位于公司调压柜车间内，供电、供水设施依托现有工程。厂区为市政供电，市政管网供水。因此，项目依托公司现有的公用设施可行。	可行
环保工程	生活污水	项目工作人员为公司现有人员调配培养，生活污水在企业预算范围内，本项目可依托。	可行
劳动定员	依托公司已有工作人员开展相关工作	项目拟从公司人员中调配 3 人从事 X 射线无损检测工作，该 3 名工作人员在公司的劳动定员内。其在参加了辐射安全与防护知识培训，并考核合格后持证上岗。	可行

由表 1-7 可知，本项目公用工程、废水处理均可依托公司的现有设施；设备操作依托公司的人员进行培训后可上岗。因此，项目依托公司现有设施和人员是可行的。

### 1.5 项目选址可行性

项目位于公司调压柜车间内东侧，公司实行封闭式管理，公众成员未经允许不得入内，且曝光室远离公司办公人员活动区域，因此，曝光室周围活动人员较少，有利于减少无损检测对公众成员的影响。项目位于公司调压柜车间内东侧，能有效避免探伤工件的远距离运输。曝光室东面为操作室和厂区内通道，其余区域均紧邻调压柜车间内生产线，有利于辐射防护。

综上所述，项目选址是合理的。

### 1.6 项目周边保护目标

本项目选址于公司调压柜车间内东侧，其东面为厂区通道（雨棚）、公司综合楼、公司办公楼；南侧为车间内喷塑生产线和卷板机工作区；西南侧和东南侧为香林府邸居民小区居民楼；西侧为车间内焊材库；北侧为车间内调压柜装配线和钢材堆放区，之外为公司厂房和重庆界石燃气设备有限公司办公楼。项目为 1F 建筑，探伤室顶部有无人行车可以经过，地下无建筑。因此，项目周边保护目标主要为从事本项目设备操作的辐射工作人员以及曝光室周围活动的其他公众成员。

### 1.7 与项目有关的原有核技术应用及污染状况

重庆界石仪表有限公司为首次开展核技术利用工作，根据现场监测，拟建址的环境

## 续表 1 项目基本情况

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。

根据调查，本项目涉及到的公司调压柜车间环保手续齐全，其在建成运行后，至今为止未发生环保投诉事件。

**表 2 放射源**

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

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

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

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注	
1	X 射线探伤机	II	1	XXQ-2505D 型 (定向)	250	5	无损检测	调压柜车间东侧曝光室	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
废显影液	液态	/	/	/	约 0.125t	/	洗片室内 危废收集桶	交有资质 单位处理
废定影液	液态	/	/	/	约 0.1t	/		
清洗废液	液态	/	/	/	约 0.72t	/		
废胶片	固态	/	/	/	约 0.05t	/	评片室专 用收纳箱 暂存	交由有资 质单位进 行处理
报废 X 射线机	固态	/	/	/	/	/	曝光室内 暂存	去功能化 后交物资 回收单位 处理

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/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 日最新修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部第 44 号令，2017 年 9 月 1 日施行；</p> <p>(6) 《关于修改《建设项目环境影响评价分类管理名录》部分内容的决定》，生态环境部部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日施行；</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 21 日施行；国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日修订实施；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护部令第 3 号，2017 年 12 月 20 日施行修订版；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《国家危险废物名录》，环境保护部令第 39 号，2016 年 8 月 1 日施行；</p> <p>(11) 《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>(12) 《重庆市放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（渝环〔2017〕242 号），2017 年 12 月 14 日施行；</p> <p>(13) 《重庆市环境保护条例》，2017 年 6 月 1 日施行修订版。</p>
------	--

续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修订；</p> <p>(6) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) (2013 年修订)；</p> <p>(7) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(8) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》(GBZ2.1-2007)；</p> <p>(9) 《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》(GBZ/T144-2002)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书；</p> <p>(2) 企业项目环评批准书及验收文件；</p> <p>(3) 项目辐射环境监测报告；</p> <p>(4) 项目类比监测报告；</p> <p>(5) 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**

根据本项目放射源为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）的相关规定，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。因此，本项目以曝光室边界周围 50m 的范围作为项目辐射环境影响评价的范围。

**7.2 环境保护目标**

**(1) 项目所在厂房周围环境状况**

本项目探伤室位于公司调压柜车间内，调压柜车间为 1 层建筑，厂房高度 8m。调压柜车间东侧为公司厂区通道（雨棚）、公司综合楼、公司办公楼，西南侧和东南侧为香林府邸居民小区，西侧为厂外绿化，北侧为公司厂房，之外为重庆界石燃气设备有限公司办公楼。

**(2) 项目曝光室周围环境状况**

本项目曝光室位于公司调压柜车间内东侧。其东面为操作室、公司厂区通道（雨棚）、公司综合楼、公司办公楼；南侧为车间内喷塑生产线和卷板机工作区；西南侧和东南侧为香林府邸居民小区居民楼；西侧为车间内焊材库；北侧为车间内调压柜装配线和钢材堆放区，之外为公司厂房和重庆界石燃气设备有限公司办公楼。探伤室顶部有无人行车可以经过，地下无建筑。

项目地理位置图见附图一，项目周围环境及保护目标布置示意图见附图二，项目现场照片见附图三，项目所在厂房内布置示意图见附图四。本项目外环境关系一览表见表 7-1，项目环境保护目标统计见表 7-2。



## 续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 调压柜车间外环境一览表				
序号	外环境名称	方向	与调压柜车间的距离	与项目曝光室的距离
1	公司综合楼	东侧	紧邻	约 10m
2	公司办公楼	东侧	约 35m	约 40m
3	香林府邸小区居民楼	西南侧	约 10m	约 25m
4	香林府邸小区居民楼	东南侧	约 10m	约 25m
5	公司厂房	北侧	紧邻	约 20m
6	重庆界石燃气设备有限公司办公楼	北侧	约 15m	约 30m

表 7-2 项目环境保护目标一览表						
序号	环境保护目标名称	方向	距离	基本情况	影响因素	影响人群
1	公司厂区通道(雨棚)、公司综合楼、公司办公楼	东侧	5~50m	综合楼 4F, 办公楼 5F, 企业内部, 活动人员不定	X 射线	公众成员
2	操作室	东侧	0~5m	项目辅助用房, 活动人员 3 人		辐射工作人员
3	香林府邸小区居民楼	西南侧	约 25~50m	7F 居民楼, 约 200 人		公众成员
4	香林府邸小区居民楼	东南侧	约 25~50m	7F 居民楼, 约 200 人		公众成员
5	公司厂房	北侧	约 20~35m	厂房 6F, 主要布置焊接车间、调压箱车间、调压器车间等, 活动人员约 100 人		公众成员
6	重庆界石燃气设备有限公司办公楼	北侧	约 30~50m	2F 办公楼, 活动人员约 50 人		公众成员
7	调压柜车间工作区	北侧、南侧、西侧	约 10~20m	南侧喷塑生产线和卷板机工作区; 西侧为车间内焊材库; 北侧调压柜装配线和钢材堆放区, 活动人员约 10 人		公众成员

注: 环境保护目标与曝光室基本无高差。

## 续表 7 保护目标与评价标准

### 7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

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

#### B1 剂量限值

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

#### 第 B1.2 款 公众照射

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

#### (2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

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

#### 第 3 条 工业 X 射线探伤装置放射防护的性能要求

##### 第 3.1.1.5 条 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

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

表 7-3 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率控制值

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

#### 第 4 条 工业 X 射线探伤室探伤的放射防护要求

##### 第 4.1 条 防护安全要求

## 续表 7 保护目标与评价标准

第 4.1.3 条 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

第 4.1.4 条 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

第 4.1.11 条 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

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

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

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

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平  $H_c$  如下：

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

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）》(GBZ2.1-2007)

室内：臭氧浓度的接触限值： $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### (5) 评价标准及相关参数值

根据 GBZ117-2015、GBZ/T250-2014 推导出年剂量控制值为工作人员： $\leq 5\text{mSv}/\text{a}$  ( $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ , 50 周/a)，公众成员： $\leq 0.25\text{mSv}/\text{a}$  ( $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ , 50 周/a)。同时，根据建设单位的管理目标确定项目工作人员年剂量管理目标限值： $5\text{mSv}$ ，公众成员年剂量管

## 续表 7 保护目标与评价标准

理目标限值：0.25mSv。根据 GB18871-2002 的 11.4.3.2 规定：剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%-30%（即 0.1mSv/a-0.3mSv/a），本项目建设单位的公众照射剂量管理取值在上述取值范围内，满足 GB18871-2002 要求。

探伤室周围剂量当量率从严考虑，以不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 进行控制。

综上所述，结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价要求见表 7-4 所示。

表 7-4 项目主要评价标准及相关参数汇总表

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

## 表 8 环境质量现状

为掌握拟建项目所在地辐射环境质量现状，重庆泓天环境监测有限公司于 2019 年 7 月 15 日对本项目拟建地的环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率背景值进行了监测。

(1) 监测因子： $\gamma$ 辐射剂量率。

(2) 监测方法和依据：

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率	仪器法	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》GB/T14583-1993

(3) 监测仪器

监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

监测仪器名称及型号	仪器编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率 JB4010	09031	2019022701665	2020.3.7	1.04

(4) 监测点位：共设 3 个点。具体监测布点见表 8-3。

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、操作室拟建址、无损检测设备拟建处东侧车间外。监测布点较全面的考虑了项目所在位置及其周围辐射环境水平，总体上可以反应项目所在地辐射环境水平。

(5) 质量保证措施

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

(6) 监测结果统计：

监测结果统计见表 8-3。

## 续表 8 环境质量现状

表 8-3 拟建项目辐射环境监测结果统计

监测点位编号	监测点位描述	$\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)
1	项目曝光室拟建位置	70
2	项目操作室拟建位置	70
3	无损检测设备拟建处东侧车间外	71

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 70nGy/h~71nGy/h 之间(未扣除宇宙射线)。根据《2018 年全国辐射环境质量报告》(中华人民共和国生态环境部),重庆市多个点位的 2018 年环境地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测值范围在 64.4~168.7nGy/h(未扣除宇宙射线)之间。两者相比,拟建址场址及临近环境 $\gamma$ 辐射剂量率在其本底涨落范围内。

**表 9 项目工程分析与源项**

**9.1 施工期工艺流程及产污环节**

本项目施工期主要工作流程为：曝光室地基开挖→曝光室屏蔽体安装→设备线缆/风机安装→设备调试。

项目曝光室地基开挖深度约 10cm，挖方量约 0.2m<sup>3</sup>。

项目曝光室屏蔽体采用钢+铅结构，具体施工方式为：标准铅板宽 1m，项目使用铅板提前定制相应的厚度和长度，将定制后的铅板两两相拼后焊接在一起，再用铅板封缝，以保证焊缝的屏蔽能力；铅板拼接好后，一面使用钢板，另一使用槽钢和钢板对铅板进行包夹固定、支撑，固定过程采用铅房紧固螺钉，并用专用封孔铅帽遮挡铅孔，阻止射线泄露。曝光室角落的搭接也采用铅房紧固螺钉、封孔铅帽，施工工艺同前一致。

因此，施工过程中主要有少量的施工机械噪声、施工粉尘、建筑垃圾产生。

**9.2 营运期工艺流程及产污环节**

**9.2.1 设备基本情况**

**(1) 设备组成**

XXQ-2505D 型探伤机为工业 X 射线定向探伤机，采用拍片成像系统。探伤机由控制器、X 射线发生器、连接电缆、电源电缆组成。

**①控制器**

XXQ-2505D 型探伤机控制器为立式结构，所有操作均有面板上的轻触开关进行。电缆插座、电源开关及接地端设置在接线盒内。控制器由控制板、电容板、供电电源板、前面板、电感线圈、IGBT 斩波模块构成。

**②X 射线发生器**

XXQ-2505D 型探伤机 X 射线发生器为组合式，X 射线管、高压发生器与绝缘气体（SF<sub>6</sub>）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。

XXQ-2505D 型探伤机主要性能参数见表 9-1，探伤机典型照片见图 9-1。

## 续表 9 项目工程分析与源项

表 9-1 XXQ-2505D 型主要性能参数

设备类型	定向探伤机	射线管焦点尺寸	2.0×2.0mm
额定电压	250kV	电压可调节范围	150~250kV 连续和可调
额定电流	5mA	最大穿透 (Fe)	40mm
冷却方式	风冷	焦距	600mm
X 射线束辐射角	40°±5°	曝光时间	0.5~5min



图 9-1 XXQ-2505D 型探伤机典型照片

### (2) 工作原理及工艺流程

#### ① 工作原理

##### A、X 射线产生原理

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

##### B、胶片成像原理

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



## 续表 9 项目工程分析与源项

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，从而达到无损检测的目的。

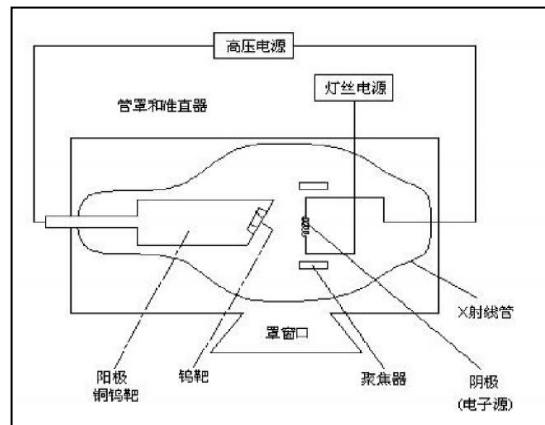


图 9-2 X 射线管原理示意图

### ②工艺流程

XXQ-2505D 型探伤机的操作流程可简单描述为：确定曝光时间和曝光位置；铺设胶片于需探伤工件或部件；曝光照片；冲洗胶片及评片。XXQ-2505D 型探伤机无损检测工作如下，工作流程图见图 9-3。

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

①将工件运送进曝光室；

②根据探伤工件大小、尺寸，确定探伤机的位置布置（探伤机不在工件内）；

③贴片：选择合适的位置，在工件上贴片；

④根据探伤规范要求，开启控制器电源，确认数码管显示与拨号盘一致、初级电压指示表指针在一半位置上，否则严禁开启高压；当电源电压正常时，调节千伏选择按钮，调整到需要的值；调节时间按钮，选择需要的曝光时间，准备进行下一步骤；

⑤确认曝光室内无人后，关闭防护门，按下探伤机高压按钮并持续 1 秒钟，即可启动曝光操作，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。

## 续表 9 项目工程分析与源项

此时，“准备”灯灭，等到与上次工作时间相等时，“准备”灯亮；

⑥探伤结束时，关闭 X 射线探伤机，取下胶片；

⑦取下的胶片在洗片室内洗片，工艺流程如下：

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

B 停影：将显影后的胶片从显影槽中取出，在显影池上方停留 2~3s 使滞留的药液流离洗片夹，放入装有清水的停影槽内将其上面残留的显影液清洗干净至停显。

C 定影：将停影后的胶片浸入定影液中，实现定影；

D 清洗：将定影后的胶片从定影槽中取出，放入装有自来水的漂洗槽中漂洗。

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

⑧进行评片和审片，评定合格的底片填写评定报告，评定不合格的产品，返修检测。

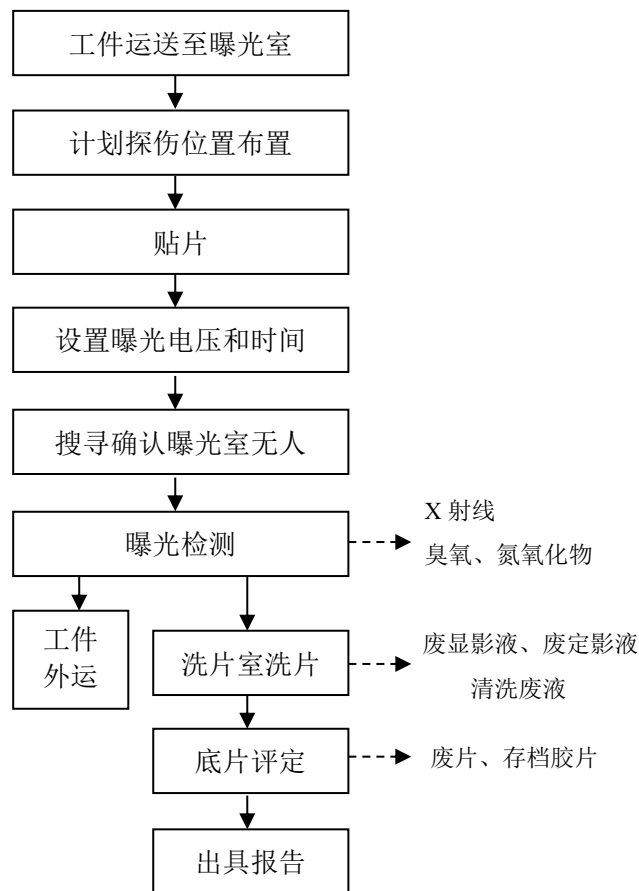


图 9-3 项目 X 射线无损检测工艺流程及产排污简图

## 续表 9 项目工程分析与源项

### 9.3 污染源项分析

根据工艺流程可知,无损检测工作产生的污染物主要有 X 射线探伤机曝光时的电离辐射影响、废液(废显影液、废定影液、清洗废液)、固废(废片)、废气(臭氧、氮氧化物)。

#### 9.3.1 电离辐射

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

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

①有用线束:直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件,形成工件无损检测的射线。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 B.1, 250kV 的 X 射线机距辐射源点(靶点) 1m 处 X 射线输出量按照不利情况以 0.5mm 铜为过滤板,则值为  $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数,加在 X 射线管的管电压、管电流越高,光子束流越强。

②漏射线:由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据相关标准要求,距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率小于  $5\text{mGy/h}$ 。

③散射线:由有用线束及漏射线在各种散射体(检测工件、射线接收装置、地面、墙壁等)上散射产生的射线。一次散射或多次散射,其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

#### 9.3.2“三废”产排情况

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

##### (1) 废气

在无损检测作业时, X 射线使空气电离产生少量臭氧( $\text{O}_3$ )和氮氧化物(主要为

## 续表 9 项目工程分析与源项

NO<sub>2</sub>)。废气经抽风机引至厂房外排放。

### (2) 废水

本项目废水主要为辐射工作人员产生的少量生活污水。生活污水一般约 150L/d, 45t/a, 依托建设单位现有污水处理设施处理后进入市政污水管网。本项目辐射工作人员均为公司现有人员调配培养, 因此, 项目不新增废水产生量。

### (3) 噪声

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

### (4) 固体废物

#### ①一般固废

本项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及报废的探伤机。

生活垃圾产生量约 0.45t/a, 依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。同上, 项目不新增生活垃圾产生量。

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

#### ②危险废物

##### A: 废胶片

本项目探伤机曝光时产生的废片和存档到期的胶片成为危险废物。界石仪表公司的胶片暂存于评片室的收纳箱内, 其要求存档时间不定, 最短存档时间不低于 7 年。废片产生量约 240 张/年, 每年存档胶片最多 5000 张(单张胶片重约 10g, 共约 0.05t), 7 年共存档胶片约 0.35t, 每年处理胶片约 0.05t/a。废胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16, 无放射性, 交有危废资质的公司单位处理。

##### B: 洗片废液

洗片废液分为废定影液、废显影液、废清洗液。

本项目全年洗片量约 5000 张(包含废片), 根据建设单位提供的资料, 25L 显影液能洗约 1000 张片, 全年需 125L 显影液洗片, 洗片效果不能满足要求时更换, 则废显影液年产生量最多 125kg/a(显影液密度按照 1g/cm<sup>3</sup>); 20L 定影液能洗约 1000 张片,

## 续表 9 项目工程分析与源项

全年需 100L 定影液洗片，洗片效果不能满足要求时更换，则废定影液年产生量最多 100kg/a（定影液密度按照  $1\text{g/cm}^3$ ）。

本项目洗片过程中进行两次自来水清洗（停影槽、漂洗槽），清洗水循环使用，直到不能满足清洗要求后再行更换。根据公司的洗片量，一般清洗废液一个月更换一次，一次产生清洗废液约 60kg，年产生量约 720kg/a。

上述废显影液、废定影液、清洗废液主要成分为苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银，属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，无放射性。废液单独收集后在洗片室的危废收集桶内暂存，然后交有资质单位外运处置。

本项目危险废物产排情况见表 9-2 所示。

表 9-2 危废产生量及处理处置措施

危废名称	危废类别	危废代码	产生量 (t/a)	形态	主要成分	有害成分	产生周期	暂存时间	危险特性	处置措施
废显影液	HW16	900-019-16	0.125	液态	对苯二酚 亚硫酸钠 重金属银	重金属银	/	约 10d	T	在洗片室内危废收集桶内，定期交有危废资质单位收运处置
废定影液	HW16	900-019-16	0.1	液态		重金属银	/	约 10d	T	
清洗废液	HW16	900-019-16	0.72	液态		重金属银	1 个月	约 10d	T	
废胶片	HW16	900-019-16	0.05	固态	明胶 卤化银	重金属银	每次探伤	约 1 年	T	在评片室存放，定期交有危废资质单位收运处置
存档胶片								≥7 年		

### 9.3.3 项目产排污统计

项目产生的污染因子源强分析总体情况见表 9-3 所示。

表 9-3 项目污染物产排情况统计表

污染物	污染因子		产生量
电离辐射	X 射线		能量 250kV，距靶 1m 处主射束的输出量不大于 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，漏射线空气比释动能率小于 $5\text{mGy/h}$ 。
废气	$\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$		少量
废水	生活污水		不单独产生
噪声	设备噪声		65dB (A)
固废	一般固废	生活垃圾	不单独产生
		报废的探伤机	1 台（约 10 年报废一次）
	危险	废显影液	0.125t/a

续表 9 项目工程分析与源项

	废物	废定影液	0.1t/a
		清洗废液	0.72t/a
		废胶片和存档到期的胶片	0.05t/a

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 布局与分区

#### 10.1.1 布局合理性分析

项目探伤室共包含曝光室、操作室、洗片室、评片室，其中评片室还兼做胶片存储、胶片评定等功能，房间布置紧凑，方便探伤工作操作及后续洗片工作。本项目探伤工件比较单一，探伤室的曝光室采用单层钢+铅结构，且工件进入曝光室时人员必须跟进，故项目曝光室仅设置一个防护门作为工件和辐射工作人员的出入口，减小因屏蔽体搭接等产生的射线泄露概率。因此，本项目曝光室平面布局基本合理。

#### 10.1.2 分区

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，界石仪表公司拟对项目工作区域进行分区管理，控制区即为曝光室，监督区包括操作室以及曝光室其余方向上的屏蔽体外 30cm 的范围。项目用房具体分区情况如下表 10-1，分区布局示意图见图 10-1。

表 10-1 项目分区管理情况表

类别	用房
控制区	曝光室
监督区	操作室及曝光室北侧、南侧、西侧屏蔽体外 30cm 范围内

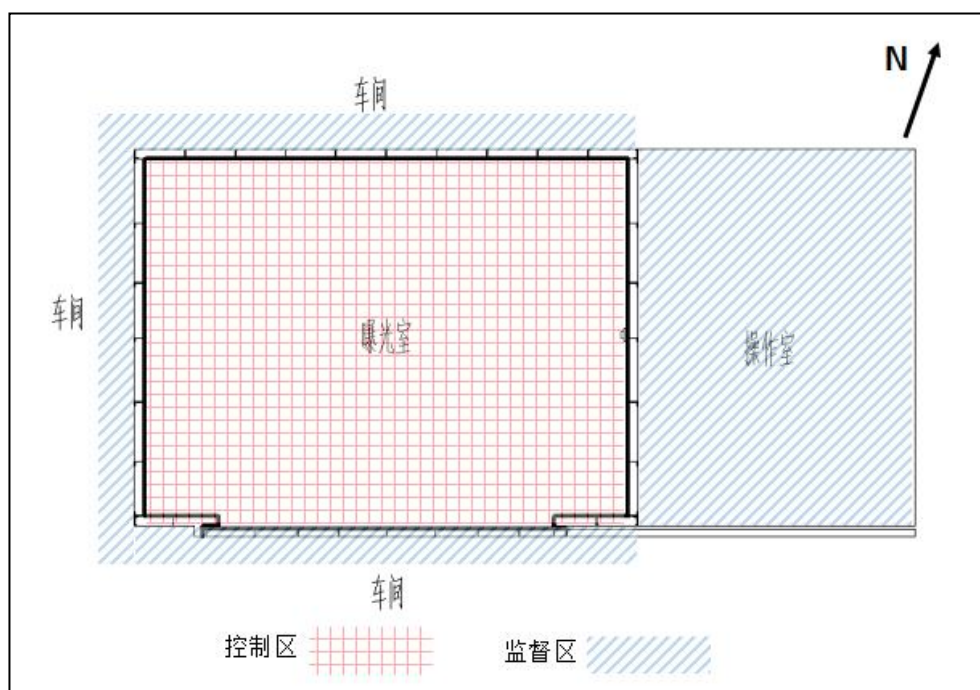


图 10-1 探伤室工作场所分区布置图

## 续表 10 辐射安全与防护

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

界石仪表公司还采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：对控制区进行严格控制，射线装置在运行中严禁任何人进入。

②监督区：监督区为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非辐射工作人员进入。设置电离辐射警示标识。

③在监督区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

### 10.2 辐射安全与防护措施

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

#### 10.2.1 X 射线探伤机固有安全性

X 射线探伤机的固有安全性包括以下几个部分：

##### (1) 开机时系统自检

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

##### (2) 延时启动功能

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

(3) 当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，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



## 续表 10 辐射安全与防护

员发生了故障。

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

(5) 设备停止工作 48 小时以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

### (6) 过电流保护

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

### (7) 失电流保护

设备带有失电流保护继电器，当管电流低于 0.25mA 时，自动切断高压。

### (8) 过电压保护

设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

### (9) 继电保护

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

## 10.2.2 实体屏蔽防护措施

### (1) 屏蔽体设计情况

根据建设单位提供的资料，本项目曝光室采用铅+钢架结构，以屏蔽防护 X 射线，防护厚度充分考虑了 X 射线直射、散射、漏射效应。

曝光室净空尺寸长 6.0m×宽 4.5m×高 3m。曝光室四周铅板和防护门均厚 13mm，顶棚铅板厚 8mm（具体情况见表 1-2 所示）。铅防护门同时作为屏蔽室进料大门、探伤人员出入口，防护门为电动滑门，铅防护门尺寸宽 4.3m×高 3.1m。曝光室为一层结构，房顶无人员活动。根据后文核算，曝光室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h，满足辐射防护要求。

(2) 屏蔽体的安装、搭接等均由有资质的生产厂家承担；防护门与曝光室屏蔽墙体的搭接长度大于间隙宽度的 10 倍。曝光室屏蔽墙体的接缝进行焊接，并用铅板封缝，铅板与钢板、槽钢等的固定采用铅房紧固螺钉、专用封孔铅帽遮挡铅孔，以保证曝光室

## 续表 10 辐射安全与防护

的整体屏蔽能力。

(3) 穿越防护墙的管道采用“U”型，排风口穿墙位置设置于西北墙地下，采用“U”型曝光室内。穿墙接口在屏蔽体的基座建设时进行预留，穿墙深度为 350mm，穿墙管道高于地面约 100mm，避免穿墙管道积水。具体见图 10-2 所示。

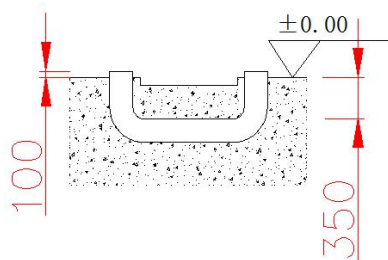


图 10-2 项目穿墙管线大样图（管道、排风口）

### 10.2.3 安全联锁及紧急停机

#### (1) 门机联锁

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

#### (2) 灯机联锁

在曝光室内外拟安装工作状态指示灯，能正确显示探伤机的工作状态。

#### (3) 声光警示

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

#### (4) 控制台锁定开关

控制台有防止非工作人员操作的锁定开关，钥匙由探伤机操作人员携带保管，换班、检修时检查钥匙交接情况，防止非工作人员误操作探伤机。

#### (5) 紧急停机

在曝光室内墙和操作室操作台上易于接触的地方拟设置紧急停止开关，其中曝光室四个内墙上各设置 1 个，离地高度约 1.5m，操作室操作台上设置 1 个。紧急停止开关相互串联，按下按钮，探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束，防护门可从内侧打

## 续表 10 辐射安全与防护

开。紧急停止开关旁拟设置中文标识。

### 10.2.4 通风

本项目曝光室采用自然进风、机械排风的方式。废气排放口位于曝光室西北角，离地高度约 0.3m，排气口通过地下“U 型”穿越屏蔽体和厂房外墙后，沿厂房外墙至顶部排放。拟安装一个风机，风机风量为 4600m<sup>3</sup>/h，通风次数大于 3 次/h。

### 10.2.5 其他辐射防护措施

#### (1) 警示标志

曝光室严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在曝光室周围（含防护门）的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。电离辐射警示标志规范图见图10-3所示。



图 10-3 电离辐射警示标志图

#### (2) 视频监控系统

曝光室内拟安装一套实时视频监控系统，并连接到操作室。视频探头安装于曝光室内，能拍到曝光室内探伤机的工作情况，并能看到防护门处的情况，保证曝光室内各个地方都能拍摄到，不留死角；视频监控屏幕位置拟设置在操作室内，工作人员能在控制室内实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急止动装置。

#### (3) 主射线方向

项目曝光室四周均按照主射线进行屏蔽设计，实际工作中主射线方向拟定为东西南北四面墙体和地下，主射不朝向顶棚。

## 10.3 个人防护用品及监测仪器

## 续表 10 辐射安全与防护

界石仪表公司拟配置的个人防护用品及监测仪器如下表 10-2 所示。

表 10-2 个人防护用品及监测仪器

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

根据上表可知，本项目劳动定员 3 人，界石仪表公司拟配置的个人防护用品和监测仪器能满足项目运行的需求。

### 10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目拟采取的辐射防护措施其与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-3 所示。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《工业 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015)	4.1 防护安全要求	4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。	项目操作室与曝光室分开布置。本项目 X 射线探伤机为便携式，主射线方向虽朝向西侧、北侧，但曝光室四周均按主射线进行屏蔽防护，且设计厚度远大于需要的屏蔽厚度。
		4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区,与墙壁外部相邻区域划为监督区。	项目拟划定控制区和监督区，实行分区管理，分区满足该条的要求。
		4.1.5 探伤室应设置门—机联锁装置，并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。	拟设置门机联锁装置，只有当防护门关闭后探伤机高压才能启动产生 X 射线。防护门关闭后，设备不能自动开启。
		4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间,以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。	曝光室门口和内部拟设置工作状态指示灯和声光警示装置。探伤机准备、出束时指示灯有明显的区别，与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。
		4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。	曝光室防护门上方拟设置的工作状态指示灯，与 X 射线探伤机联锁。
		4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	曝光室内、外醒目位置拟设置清晰的对工作状态指示灯各种显示信号的意义说明。
		4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。	项目曝光室防护门上拟设置电离辐射警告标识，并设置中文警示说明。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《工业 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015)	4.1 防护安全要求	4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳, 确保出现紧急事故时, 能立即停止照射。按钮或拉绳的安装, 应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签, 标明使用方法	曝光室内拟安装紧急停机按钮, 探伤机出束时, 滞留在曝光室内的人员均可以绕行后不穿过主射线束就能够使用。急停按钮拟设置中文说明, 并标明使用方法。
		4.1.11 探伤室应设置机械通风装置, 排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次	曝光室拟设置机械排风装置, 废气排放口远离人员活动的密集区, 每小时有效通风换气次数大于 3 次/h, 符合要求。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3.3 其他要求	3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室, 可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式	项目曝光室设置为钢+铅结构, 工件需要通过人员、叉车运进曝光室, 人员必须通过工件门进出, 因此, 本项目未设置专用人员进出通道, 且未设置迷路, 但曝光室四周屏蔽体均按主射线方向设计, 屏蔽能力满足要求。
		3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外, 控制室和人员门应避开有用射线束照射方向	项目控制室置于曝光室外, X 射线探伤机的有用射线束照射朝向四面墙体和地下, 未避开控制室和防护门, 但是曝光室四面墙体均按主射进行屏蔽设计。
		3.3.3 屏蔽设计中, 应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	防护门、屏蔽体等之间的搭接长度大于缝隙的 10 倍; 线管、通风口均采用“U”型方式穿越屏蔽体, 且穿越位置低于屏蔽体较长 (0.35m), 不影响屏蔽体的屏蔽能力。
		3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时, 按最高管电压和相应管电压下的常用最大管电流设计屏蔽	本项目仅配置 1 台探伤机。屏蔽体均能满足额定工况下的辐射防护要求。
<p>根据表 10-3 可知, 本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 的要求。</p>			

## 续表 10 辐射安全与防护

### 10.5 三废的治理

#### (1) 废气

在探伤机出束时，X 射线使空气电离产生少量臭氧(O<sub>3</sub>)和氮氧化物(主要为 NO<sub>2</sub>)。废气通过机械抽风引至调压柜车间楼顶排放。

#### (2) 废水

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

#### (3) 固体废物

##### ①一般固废

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

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

##### ②危险废物

A 废胶片：曝光时产生的废片和存档到期的胶片交由有危废资质的单位处理。

B 洗片废液：废显影液、废定影液、清洗废液交由有危废资质的单位处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

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

运行阶段对环境的影响

11.1 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

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

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

人员在关注点的周围剂量参考控制水平  $H_c$  如下:

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

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

(2) 相应  $H_c$  的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c\cdot d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 按式 (1) 计算:

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

式中:

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

$U$ —探伤装置向关注点方向照射的使用因子;

$T$ —人员在相应关注点驻留的居留因子;

$t$ —探伤装置周照射时间, 单位为小时每周 ( $\text{h}/\text{周}$ )。  $t$  按式 (2) 计算:

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

式中:

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



续表 11 环境影响分析

60—小时与分钟的换算关系；

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。

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

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

c)关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ：

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

### 11.1.2 曝光室辐射屏蔽估算公式

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

(1) 有用线束

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

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

式中：

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

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率  $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按 (4) 计算：

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

式中：

续表 11 环境影响分析

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式（5）计算：

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

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——查表。

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

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

式中：

TVL——查表；

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

(3) 泄漏辐射屏蔽

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

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

式中：

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

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

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

续表 11 环境影响分析

( $\mu\text{Sv/h}$ )。

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

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

式中:

$B$ —屏蔽透射因子;

$R$ —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

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

#### (4) 散射辐射屏蔽

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

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

式中:

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

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

$B$ —屏蔽透射因子;

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

$\alpha$ —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)。

## 续表 11 环境影响分析

### 11.1.2 曝光室防护核算原则及主要技术参数

#### (1) 主要技术参数

##### ①核算距离、方向

本项目配置一台 XXQ-2505D 型定向探伤机 1 台，探伤机电流随电压变化自动调节。根据项目探伤工件基本情况，探伤机工作时，主射线方向朝向四面墙体和地下，顶棚考虑为散射和漏射。考虑不利因素，主射线计算时考虑探伤机位于曝光室中间位置。曝光室所在的车间内空高 8m，距离曝光室顶部较高，因此，本次效核曝光室顶棚的屏蔽能力的考察点设置曝光室顶棚处。曝光室内探伤机移动范围示意图 11-1，屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-1。

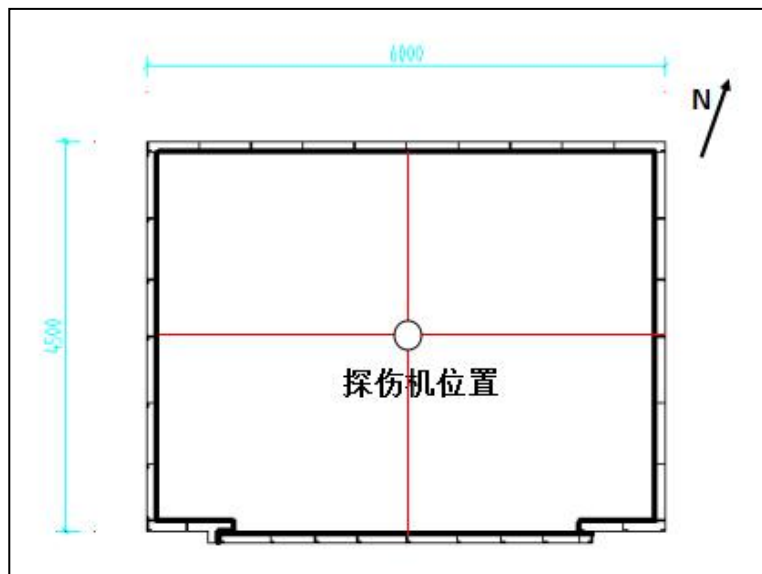


图 11-1 曝光室探伤机位置

表 11-1 各方向核算距离一览表

考察点			核算距离 m
北面（车间）、南面（车间）	铅屏蔽体外 30cm	主射	$4.5/2+0.3=2.55$
东面（控制室）、西面（车间）	铅屏蔽体外 30cm	主射	$6/2+0.3=3.3$
顶棚（无法到达）	铅屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$2.0+0.3=2.3$

注：钢结构和铅板厚度在核算距离中不予考虑。探伤机离地高度按 1.0m 计。

##### ②剂量率参考控制水平的确定

X 射线探伤机周工作负荷见表 11-2；根据 GBZ/T250-2014 附录 A，居留因子取值原

续表 11 环境影响分析

则见表 11-3, ; 剂量率参考控制水平核算表见表 11-4。

表 11-2 X 射线探伤装置工作负荷

设备型号	额定电压	额定电流	周最大曝光次数	单次曝光	周最大照射时间
XXQ-2505D 型	250kV	5mA	100 次/周	1~3min /次	5h/周

表 11-3 不同工作场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子	示例
全居留	1	控制室、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

表 11-4 剂量率参考控制水平核算表

方向	U	T	T(h/周)	Hc ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	$\dot{H}_{c \cdot d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	剂量率参考 控制水平 Hc ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	需屏蔽的辐射 源
西面 (车间)	1	1/4	5	5	4	2.5	有用线束
北面 (车间)	1	1/4	5	5	4	2.5	
东面 (操作室)	1	1	5	100	20	2.5	泄漏辐射 散射辐射
南面 (车间)	1	1/4	5	5	4	2.5	
顶棚 (无法到达)	1	1/16	5	5	16	2.5	

③其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-5 所示。

表 11-5 屏蔽体核算相关参数

参数	数值	来源
设备基础参数	额定电压 250kV, 电流 5mA	设备说明书
G ( $\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ )	16.5 (0.5mm 铜过滤条件下)	GBZ/T250-2014 表 B.1
转换系数	$6 \times 10^4$	GBZ/T250-2014 4.1 a)
H <sub>0</sub> ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ )	$1.44 \times 10^6$ *	GBZ/T250-2014 表 B.1
$\frac{R_0^2}{F \times \Omega}$	50	GBZ/T250-2014 附录 B.4.2
泄漏辐射剂量率 H <sub>L</sub> ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$5 \times 10^3$	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
十值层 (TVL)	铅	GBZ/T250-2014 表 B.2

**续表 11 环境影响分析**

半值层 (HVL)	电压等级	TVL	HVL
	250 kV	2.9 mm	0.86 mm
	200 kV	1.4 mm	0.42 mm

备注：\*根据《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T144-2002）：当电压 250kV 时，Sv/Gy=1.45。

**(2) 曝光室屏蔽防护效能核实原则**

墙体厚度确定原则：当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射、散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度 (TVL) 或更大时，采用其中较厚的屏蔽厚度，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度 (HVL)。

**11.1.3 曝光室防护核算结果**

本项目曝光室的屏蔽体屏蔽能力核实结果见表 11-6。

**表 11-6 曝光室屏蔽效能核实表**

考察点		剂量率参考控制水平 H <sub>c</sub> (μSv/h)	距离 (m)	计算厚度 (mmPb)	设计厚度 (mm)	设计厚度下瞬时剂量 (μSv/h)	是否达到屏蔽要求
北面 (车间)、 南面 (车间)	主射	2.5	2.55	11.5 (B=2.265×10 <sup>-6</sup> , 查 GBZ/T250-2014 图 B.1 及表 3)	13Pb+6 钢 (约 17Pb)	1.10	是
东面 (控制室)、 西面 (车间)	主射	2.5	3.3	10.7 (B=3.793×10 <sup>-6</sup> , 查 GBZ/T250-2014 图 B.1 及表 3)	13Pb+6 钢 (约 17Pb)	0.66	是
顶棚 (无法到达)	散射	2.5	2.3	5.65	8.33	8Pb+6 钢 (约 12Pb)	是
	漏射			7.47			

备注：1mm 铅板=1mmPb 当量。铅密度 11.3g/cm<sup>3</sup>，钢密度 7.85g/cm<sup>3</sup>。

根据表 11-6 计算结果可知，XXQ-2505D 型探伤机工作时，曝光室的四周屏蔽体、顶棚、防护门的建设厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

**11.1.4 年有效剂量估算**

**(1) 估算公式**

## 续表 11 环境影响分析

X-γ射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

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

式中：

$H_{Er}$ ：X 或γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_{(10)}$ ：X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

T：居留因子；

t：X 或γ射线照射时间，小时。

### (2) 估算结果

曝光室外剂量估算表见表 11-7。

表 11-7 探伤机工作时剂量估算表

估算人员	外环境	方位	建设厚度下瞬时剂量 (μSv/h)	年最大曝光 时间	居留 因子	剂量估算 mSv/a
辐射工作人员	操作室	东面	0.66	250h	1	0.165
公众成员	车间	北面	1.10	250h	1/4	0.069

根据表 11-7 可得出以下结论：

#### ①辐射工作人员

该公司共配备 3 名辐射工作人员共同承担探伤、洗片、评片及存档工作，但每名辐射工作人员探伤工作时间不均分。因此，按保守情况估计，每年探伤、洗片、评片及存档工作全部由一个人完成，则辐射工作人员所受的年有效剂量不大于 0.165mSv/a，低于本评价管理目标值 5mSv/a，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

#### ②公众成员

项目探伤机开展无损检测工作时，在曝光室周围活动的公众成员所受的最大年附加有效剂量为 0.069mSv，低于本评价管理目标值 0.25mSv/a，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

## 11.2 曝光室屏蔽能力类比分析

### (1) 类比对象选择

**续表 11 环境影响分析**

为了解与本项目相同的钢+铅结构的探伤曝光室在实际探伤过程中屏蔽体外的辐射环境情况，本评价采用选取相同类型的曝光室、探伤机运行现场检测结果进行分析。类比对象选择江苏天梯自动化设备股份有限公司的曝光室及探伤机。其与本项目的探伤基本情况对比分析见表 11-8 所示。

**表 11-8 探伤基本情况对比表**

对比项目	本项目	类比对象	对比情况
设备名称和型号	XXQ-2505D 型 X 射线探伤机	XXG-2505 型 X 射线探伤机	基本一致
射线管额定参数	管电压：250kV 管电流：5mA	管电压：250kV 管电流：5mA	一致
布置位置	曝光室内	曝光室内	一致
屏蔽材质及厚度	铅房 四周：3mm 钢+13mm 铅+3mm 钢，10#槽钢作支撑架； 顶棚：3mm 钢+8mm 铅+3mm 钢，12#槽钢作支撑架； 防护门：3mm 钢+13mm 铅+3mm 钢	铅房 四周：3mm 钢+14mm 铅+3mm 钢，10#槽钢作支撑架； 顶棚：3mm 钢+10mm 铅+3mm 钢，12#槽钢作支撑架； 防护门：3mm 钢+14mm 铅+3mm 钢	屏蔽材质一致，钢厚度一致，铅厚度本项目较小
屏蔽体尺寸	长×宽×高：6m×4.5m×3m	长×宽×高：6m×4m×3.5m	长一致，本项目较宽，高度较小
铅房设计安装单位	无锡海洲防护器材有限公司	无锡市科瑞祥特种设备科技有限公司	类似
主射方向	西侧（车间） 北侧（车间）	监测时：曝光室各方向	本项目更有利
工件进出方式	由工人从铅门放入	由工人从铅门放入	相同
外环境	工业区	工业区	相同

根据表 11-8 可知，本项目与江苏天梯自动化设备股份有限公司的探伤项目基本情况相比：

①本项目探伤机与类比对象探伤机基本一致，主要技术参数（额定电流和额定电压）一致。

②曝光室（铅房）的屏蔽材料一致，尺寸也基本一致，钢厚度一致，铅厚度本项目四周和防护门小1mmpb，顶棚小2mmpb；类比对象各方位监测值基本为本底值，减去1mmpb和2mmpb，屏蔽体外周围剂量率变化情况很小，能满足标准要求，因此能反应本项目建成后的铅房外辐射影响情况。

③类比对象对各方位均在主射线时进行监测，本项目主射线方向仅朝向曝光室（铅



**续表 11 环境影响分析**

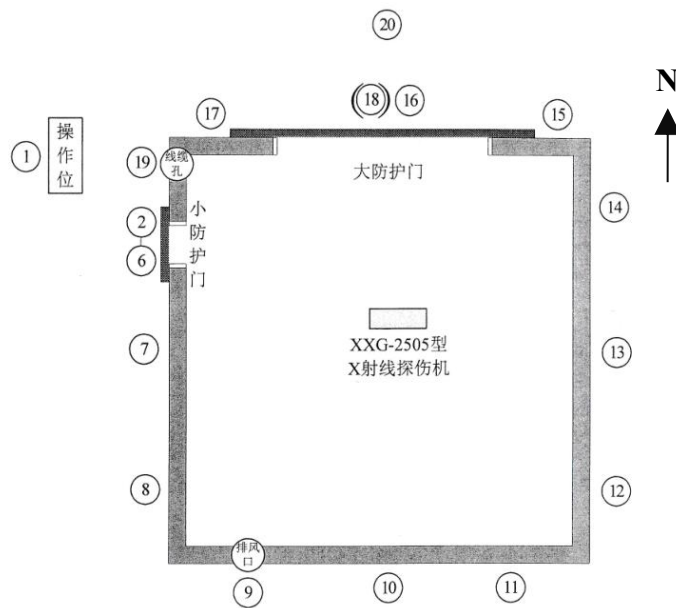
房) 北侧、西侧, 监测结果更能反映最不利情况;

④工件进出方式均相同。

综上所述, 采用江苏天梯自动化设备股份有限公司的探伤项目作为本项目的类比对象可行, 其在运行过程时曝光室外的辐射环境监测结果能反映本项目运行后曝光室外的辐射环境情况。

**(2) 类比监测结果**

2019年4月1日, 江苏省核辐射科技有限责任公司对江苏天梯自动化设备股份有限公司曝光室外辐射环境现状进行了监测, 监测时工况: 220kV, 5mA, 无工件; 监测报告: (2019) 苏核辐科(综)字第(0269)号, 见附件四, 监测布点示意图见图 11-2 所示, 监测结果统计见表 11-9 所示。



**图 11-2 类比监测布点示意图**

**表 11-9 类比监测结果统计表**

监测点位	监测点位描述	周围剂量当量率 (nSv/h)	备注
1	操作位	65	射线朝向 西墙照射
2	小防护门北缝外 30cm	74	
3	小防护门中表面外 30cm	59	
4	小防护门南缝外 30cm	76	
5	小防护门顶缝外 30cm	70	
6	小防护门底缝外 30cm	84	
7	西墙外 30cm (中)	127	

**续表 11 环境影响分析**

8	西墙外 30cm (南)	81	射线朝向 南墙照射
9	排风口外 30cm	166	
10	南墙外 30cm (中)	176	
11	南墙外 30cm (东)	96	
12	东墙外 30cm (南)	81	射线朝向 东墙照射
13	东墙外 30cm (中)	130	
14	东墙外 30cm (北)	90	
15	大防护门东缝外 30cm	94	射线朝向 北墙照射
16	大防护门中表面外 30cm	103	
17	大防护门西缝外 30cm	82	
18	大防护门底缝外 30cm	215	
19	线缆孔外 30cm	152	
20	大防护门外 10m	84	射线朝向 屋顶照射

备注：表中结果未扣除宇宙辐射响应值。

根据监测结果，在 220kV、5mA 条件下，江苏天梯自动化设备股份有限公司曝光室外 X-γ辐射剂量率监测值在 59-215nSv/h 之间，远低于《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的屏蔽防护的要求（不大于 2.5μSv/h）。

因此，根据类比可行性分析可以预测，本项目曝光室建成后，曝光室外 30cm 处的周围剂量当量率也能满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的屏蔽防护的要求（不大于 2.5μSv/h）。

### 11.3 对周围环境保护目标的影响分析

曝光室各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线随距离的增加而快速减弱的特性可知，距离 X 射线曝光室更远的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求。项目曝光室屏蔽体外 0.3m 处最大的周围剂量当量率为 1.1μSv/h，则距离曝光室屏蔽体外 1m、5m、6m、50m 处的周围剂量当量率分别为 0.57μSv/h、0.13μSv/h、0.1μSv/h、0.003μSv/h。根据上述核算，距离曝光室屏蔽体外约 6m 处贡献的周围剂量当量率已接近本底水平。在此之外，对环境基本无影响。实际上 X 射线在传播过程中有墙体等各种屏蔽体的阻挡，因此，项目曝光室外 50m 范围内的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求，对环境保护目标的影响很小。

### 11.4 其他影响

## 续表 11 环境影响分析

### (1) 废气对环境的影响分析

在探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（主要为 NO<sub>2</sub>）。曝光室设计有 1 个排风口，位于曝光室西北角地面设置一个排风口，废气通过地下管道“U”型穿越屏蔽体和厂房外墙后，引至调压柜车间顶部排放。曝光室安装一台抽风机，换气次数大于 3 次/h，能保证室内空气的流通，使少量的 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub> 得以快速扩散。废气不在厂房内聚集，曝光时产生的废气不会对厂房内工作人员造成影响。

项目废气排放口周围地势开阔，利于 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub> 废气的扩散。故项目产生的废气对周围环境影响小。

### (2) 废水环境影响

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

### (3) 噪声影响

本项目拟使用的通排风系统为低噪声节能排风机，风机风量 4600m<sup>3</sup>/h，其噪声值一般低于 65dB（A），噪声源强较小，对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声学环境影响轻微。

### (4) 固废环境影响

#### ①一般固废

生活垃圾依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。报废的探伤机去功能化后交由物资回收单位处置。

#### ②危险废物

曝光时产生的废片和存档到期的胶片暂存在评片室内收纳箱内，交由有危废资质的单位处理。

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

另外，洗片室地面要进行硬化，敷设环氧树脂膜进行防渗、防漏处理。危废暂存桶设置两个，废液单独收集和暂存，不混合暂存。因项目废液产生周期较长，两个可满足暂存要求。废液收集桶材质不得与废液相溶。废液收集桶应有明显的标示，标示内容应

## 续表 11 环境影响分析

符合要求（包含废液名称、产生时间、重量等）；废液桶下方设置防漏托盘，避免废液桶渗漏后废液漫流。建立废液的产生、暂存、移交的台账管理制度；废液的处理按照相关要求要求进行联单管理，联单存档。

综上所述，建设单位按照以上措施对产生的固体废物进行处理后，对环境基本无影响。

### 11.5 实践正当性分析

项目使用 X 射线探伤的目地是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全。该项目的建设有利于发展社会经济，为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

### 11.6 产业政策符合性分析

项目主要是配置 X 射线探伤机用于对工件无损检测，属于《产业结构调整指导目录》（2011 年本）（2013 修正）“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此，项目符合国家产业政策。

### 11.7 事故影响分析

#### （1）风险事故类型

X 射线探伤机产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。由于本项目电缆线埋地穿墙敷设，被盗的可能性较小，仅有探伤机和控制器丢失或被盗时，无法开机工作，设备丢失、被盗产生的影响较小。

因此，本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

#### ① 丧失屏蔽

X 射线探伤机机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将探伤机的屏蔽块、机架上的屏蔽物等移走，或随意加大照射野，使设备丧失自身屏蔽作用，导致相邻的屏蔽墙外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

#### ② 人员滞留在曝光室内

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

#### ③ 联锁装置失效

## 续表 11 环境影响分析

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

### ④铅屏蔽体出现裂缝

本项目曝光室四周使用钢+铅结构，在曝光室建设多年以后，可能因铅板的自重等原因引起铅板之间的搭接、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。

## (2) 后果分析

### ①探伤机失去自身屏蔽能力

探伤机失去自身屏蔽能力后，可导致曝光室四周墙体均为主射墙，经计算曝光室屏蔽体外周围剂量当量率可达  $4.25\mu\text{Sv/h}$ （探伤机距离曝光室屏蔽体  $1\text{m}$ ），远大于屏蔽体外  $30\text{cm}$  处  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的限值要求，单次照射下（ $3\text{min}$ ）曝光室四周墙体外停留的人员受照剂量最大约  $0.0002\text{mSv}$ （ $0.0001\text{mGy}$ ）。

### ②联锁失效

每次开展探伤工作前，辐射工作人员均会进入曝光室，故仅考虑单次照射对曝光室外停留人员的误照射造成的伤害。项目防护门不在主射方向上（散射、漏射），防护门在未关闭情况下开展探伤工作，门外周围剂量当量率约为  $236.9\text{mSv/h}$ ，则单次照射下（ $3\text{min}$ ）曝光室防护门外停留的人员受照剂量最大约  $11.84\text{mSv}$ （ $8.17\text{mGy}$ ）。

### ③人员滞留曝光室内

每次开展探伤工作前，辐射工作人员均会进入曝光室，故考虑单次照射对滞留在曝光室内人员误照射造成的伤害。当探伤机工作时，因项目无损检测工件较大，则考虑人员在距离辐射源点  $2\text{m}$  处受到误照射（主射线）。在无屏蔽体屏蔽情况下，人员所在位置的周围剂量当量率为  $1.79\text{Sv/h}$ ，单次照射下受照剂量最大为  $89.7\text{mSv}$ （ $61.9\text{mGy}$ ）。

### ④铅屏蔽体出现裂缝

当铅屏蔽体出现裂缝后，考虑最不利情况的主射线影响。即主射线不经过屏蔽对曝光室的人员进行误照射。经计算曝光室屏蔽体外周围剂量当量率可达  $497\text{mSv/h}$ （探伤机距离曝光室屏蔽体  $2.55\text{m}$ ），单次照射下（ $3\text{min}$ ）曝光室四周墙体外停留的人员受照剂量最大约  $55.2\text{mSv}$ （ $48.8\text{mGy}$ ）。

因该风险发生后，若建设单位长时间不对屏蔽外进行巡测，则该事故不易被发现。

### 续表 11 环境影响分析

则随着时间的推移，屏蔽体外人员受到的误照射而增加。项目拟一周进行一次屏蔽体外巡测，在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-8。

表 11-8 项目铅屏蔽体裂缝后事故受照剂量估算表

误照射次数	受照射时间	受照射剂量	
		剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
1	3 min	0.055	0.049
5	15 min	0.275	0.244
10	30 min	0.551	0.488
50	150 min	2.759	2.442

#### (3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。

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

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

表 11-9 不同照射剂量对人体损伤的估计

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

**续表 11 环境影响分析**

肠型放射病	10~50	肠上皮、隐窝损伤
脑型放射病	>50	小脑、大脑损伤

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

本项目 X 射线探伤机属于 II 类放射装置，在没有防护情况下，工作人员或患者受到这类射线装置照射，会对身体造成一定的影响。

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

#### **(4) 事故分级**

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

#### **(5) 辐射事故防范措施**

①检修、调试应由专业技术人员进行，绝不允许随便拆走探伤机及机架上的屏蔽材料，不允许加大照射面积。完好的便携式 X- $\gamma$  辐射剂量率仪和辐射报警仪、联锁装置等，可提供纵深防御。不得擅自改变、削弱、或破坏 X 射线曝光室的铅屏蔽体和铅防护门，如开孔洞、挖沟、取土等。

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，按搜寻程序进行查找，确认无人停留在内后才能开始进行操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留曝光室内，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示，出现问题时，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施各机构及电控系统，制定有定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。辐射工作场地因某种原因损坏，公司应立即停止使用，修复后再投入使用。

④配置便携式 X- $\gamma$  辐射剂量率仪，定期巡查（每周）曝光室屏蔽体的屏蔽效能，做

## 续表 11 环境影响分析

好记录，重点巡查铅板接缝、铆焊处，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

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



**表 12 辐射安全管理**

### **12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》，环境保护部令第 3 号第十六条要求：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。

界石仪表公司原未开展过核技术利用项目，尚未配置辐射防护与安全管理人员。待项目建成后，建设单位应按照上述要求成立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人从事辐射环境管理工作。管理主要涉及到以下几个方面：①全面负责辐射安全防护管理工作。②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、验收、人员培训、个人剂量送检、体检和辐射安全年度评估等。③负责日常防护设备维护。

### **12.2 辐射安全管理**

#### **（1）辐射安全管理规章制度**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，重庆界石仪表有限公司必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，公司应按照相关规定制定相应的管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线置装使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案、辐射事故应急措施等。

各制度应健全，内容齐全。且在项目运营前，应将操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射事故应急措施等制作后悬挂于辐射工作场所。

另外，建设单位应在工作中认真落实相关制度，并不断更新和完善。

#### **（2）辐射工作人员**

界石仪表公司拟从公司员工中培养 3 名辐射工作人员，具体目前尚未确定。

##### **①配置数量合理可行性**

根据本项目探伤装置的操作需求，进行无损检测时，至少应保证 2 名工作人员同时在场。本项目仅配置 1 台探伤机，年工作时间较短，因此，项目拟配置 3 名辐射工作人员是可行的。

**表 12 辐射安全管理**

②辐射安全培训

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）规定，项目单位应对直接使用活动的操作人员及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训，再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。项目单位应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

因此，公司配备的辐射工作人员及管理人员应在项目运营前，经过培训考核合格后，做到持证上岗。在取得辐射安全培训合格证书后，辐射工作人员均将每四年接受一次再培训，并建立培训档案。

③个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，项目单位应对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。项目单位应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。

另外，辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

④职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

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

**(3) 射线装置台账管理**

项目建设单位应制定射线装置台帐管理制度，记载射线装置的名称、型号、射线种

**表 12 辐射安全管理**

类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行无损检测应进行基本信息记录。

#### **(4) 档案管理**

建设单位应按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。

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

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

#### **(5) 年度评估**

根据环境保护部令第 18 号第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

建设单位应建立《年度评估》制度，对射线装置的运行和辐射防护等进行总结，编制《放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告》，并于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交。

#### **(6) 核安全文化建设**

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事企业核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的辐射防护与安全知识。界石仪表公司应建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

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

## 表 12 辐射安全管理

实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

### 12.3 从事辐射活动能力评价

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 界石仪表公司从事辐射活动能力的评价

应具备条件	界石仪表公司拟落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或至少有一名具有大专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。	辐射专职管理人员尚未定员。建设单位将按要求定员定岗。
从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	项目所有辐射工作人员尚未到岗，尚未参加培训并考核合格。
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	设备在曝光室内工作，曝光室有足够厚的铅房进行屏蔽；设备安装到位后，拟设置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	专职辐射工作人员均拟配备个人剂量计、辐射报警仪、便携式 X-γ 辐射剂量率仪。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	尚未建立健全的规章制度。待本项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	尚未制定，待本项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成。

从表 12-1 可知，因建设单位尚未开展过核技术利用项目，尚无相应的辐射安全与防护管理机构，辐射工作人员和管理人员尚未到位，因此，尚未形成相应的辐射环境管理体系，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。

### 12.3 辐射环境监测

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

**表 12 辐射安全管理**

建设单位可配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对探伤室曝光室周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

**(1) 个人剂量监测**

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

监测频率：90 天检测一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

**(2) 工作场所外环境监测**

建设单位在项目建成后应对探伤室的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，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

监测计划应包括以下内容：

监测频度：验收时监测一次；公司日常巡测每周一次，年度评估委托有资质单位每年监测一次；涉及设备大修后等也应进行监测；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：探伤室的曝光室周围屏蔽体外、防护门外 30cm 处、屏蔽体搭接处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等辐射防护薄弱处。

**12.4 辐射事故应急**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）及《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》（渝环〔2017〕242 号）要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

**12.4.1 事故分级**

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

**表 12 辐射安全管理**

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

#### **12.4.2 事故应急方案与措施**

##### **(1) 事故报告程序**

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

报告联系电话如下：

公司联系电话：18896099068

环境保护 24 小时举报热线电话：12369

重庆市辐射环境监督管理站：15998981300

重庆市卫生健康委员会电话：（023）67706707

巴南区生态环境局：（023）89812369

巴南区卫生健康委员会：（023）66212345

巴南区公安局：（023）110、（023）66221475

##### **(2) 辐射事故应急处置措施**

本项目设备发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，迅速控制事故发展，消除事故源。

##### **(3) 辐射事故后处理**

启动并组织实施应急方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害人员，事故单位应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的

## 表 12 辐射安全管理

经验教训，杜绝事故的再次发生。

### 12.5 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见表 12-2。

表 12-2 辐射安全与管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框，上墙	1.0
警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	曝光室门机联锁、灯机联锁、紧急停机按钮、声光警示装置等 (曝光室防护体计入项目投资)	4.0
防护监测设备	个人剂量计、辐射报警仪、便携式 X-γ辐射剂量率仪	3.0
废胶片、定影液、显影液、清洗废液	交有危废处理资质的单位，签定的收集处理协议	2.0
合计	/	10.0

### 12.6 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 辐射安全管理

表 12-3 保设施竣工验收内容和要求一览表				
序号	验收内容	验收要求		备注
1	设备	定向探伤机 1 台，额定电压≤250kV，电流≤5mA。		不发生 重大变更
2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等		齐全
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包含操作规程、射防护和安全保卫制度、设备保养制度、人员培训计划、监测方案、年度评估制度、应急预案等。		齐全
4	环保措施	<p>曝光室的穿墙电缆线、管线孔等均采用“U”型走向，不影响曝光室的屏蔽能力。</p> <p>曝光室和操作室之间安装有监视系统（全方位监控）、对讲设备；曝光室内和操作台上均设置急停按钮，其中曝光室内墙体上设置急停按钮（4 个）。</p> <p>探伤机与防护门连锁，在防护门未关闭时，探伤机不能出束。设置灯机连锁，工作状态指示灯能正常显示探伤机的工作状态。</p> <p>曝光室外电离辐射警示标志等设置位置合理；室内及室外声光警示装置（共 3 个）等正常运行。</p> <p>设置视频监控系统，能全方位观察曝光室情况。</p> <p>每名辐射工作人员各配置 1 枚个人剂量计，配置 2 个辐射报警仪，曝光室配置 1 台便携式 X-γ辐射剂量率仪。</p>		符合相关要求
5	人员要求	配置不少于 2 名辐射工作人员，持证上岗，4 年进行 1 次复训。		原环保部令 3、 18 号
6	废胶片、定影液、显影液、清洗废液	废胶片存放在评片室收纳箱内，洗片废液在洗片室内危废收集桶内暂存，交有危废处理资质的单位收集处置，并与之签订收集处理协议。危废收集桶不少于两个，废液不混合暂存。废液收集桶应有明显的标示，标示内容应符合要求；废液桶下方设置防漏托盘；建立废液的台账管理制度；废液的处理按照相关要求要求进行联单管理，联单存档。		/
7	电离辐射	剂量管理目标限值	辐射工作人员≤5mSv/a 公众成员≤0.25mSv/a	GB18871-2002 GBZ117-2015 GBZ/T250-2014
		墙体外剂量率控制	曝光室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。	



## 表 13 结论和建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

重庆界石仪表有限公司为保障产品质量，拟在重庆市重庆市巴南区界石镇界南街 129 号公司调压柜车间内东侧建设一座专用探伤室（包括曝光室、操作室、洗片室），并配置 1 台定向型 X 射线探伤机（额定电压 250kV，额定电流 5mA），开展 X 射线无损检测工作。

项目总建筑面积约 85.5m<sup>2</sup>，劳动定员 3 人，曝光室采用钢+铅结构，全年曝光次数约 5000 次（5000 张片），年有效曝光时间 250h。

项目总投资 120 万元，其中环保投资约 10 万元。

#### 13.1.2 产业政策符合性

项目属于《产业结构调整指导目录》（2011 年本）（2013 修正）“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

#### 13.1.3 实践正当性

项目使用 X 射线探伤的目地是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全。其为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

#### 13.1.4 辐射环境质量现状

本项目建设位置的地表 $\gamma$ 剂量率的监测值在 70nGy/h~71nGy/h（未扣除宇宙射线），与重庆市多个点位的 2018 年环境地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率测量值 64.4~168.7nGy/h（未扣除宇宙射线）相比较处于本底涨落范围内。项目周围的辐射环境质量现状无异常。

#### 13.1.5 选址可行性及布局合理性

项目位于公司内部，公众成员一般很少进入，同时，曝光室设置在调压柜车间东侧，位于调压柜车间一端，曝光室周围流动人员很少，有利于曝光室辐射防护的

## 表 13 结论和建议

管理，项目选址合理。

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

### 13.1.6 辐射防护与安全措施

建设单位拟对探伤室进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为曝光室，监督区范围为曝光室外的操作室，及曝光室其余方向屏蔽外 30cm 范围内区域。

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

曝光室的屏蔽体采用钢+铅结构。根据效核，在现有屏蔽体设计厚度下，探伤机工作时，曝光室四周屏蔽体、顶棚、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业 X 射线探伤放射防护要求》

（GBZ117-2015）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5  $\mu$  Sv/h。屏蔽体的安装、搭接等均由有资质的生产厂家承担；防护门与曝光室屏蔽墙体的搭接长度大于间隙宽度的 10 倍。曝光室的屏蔽体采用钢+铅结构，屏蔽墙体的屏蔽厚度满足要求。屏蔽墙体接缝进行焊接，并用铅板封缝，铅板与钢板、槽钢等的固定采用铅房紧固螺钉、专用封孔铅帽遮挡铅孔，以保证曝光室的整体屏蔽能力。穿越防护墙的管道（电缆线管、排风管）采用“U”型，穿墙深度低于地面 0.35m，不削弱曝光室的屏蔽能力。

曝光室内外安装紧急停机按钮，设置门机联锁装置、灯机联锁装置、声光警示装置、视频监控系统，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。

曝光室设计有机械排风系统，具有良好的通风。

## 表 13 结论和建议

综上所述，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）及《工业 X 射线曝光室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

### 13.1.7 环境影响分析结论

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

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

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

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

### 13.1.8 辐射环境管理

建设单位应按照相关要求建立辐射环境管理机构，配置辐射环境专职管理人员，制定相应的管理制度，保证辐射工作人员持证上岗，并四年复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等，并及时办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

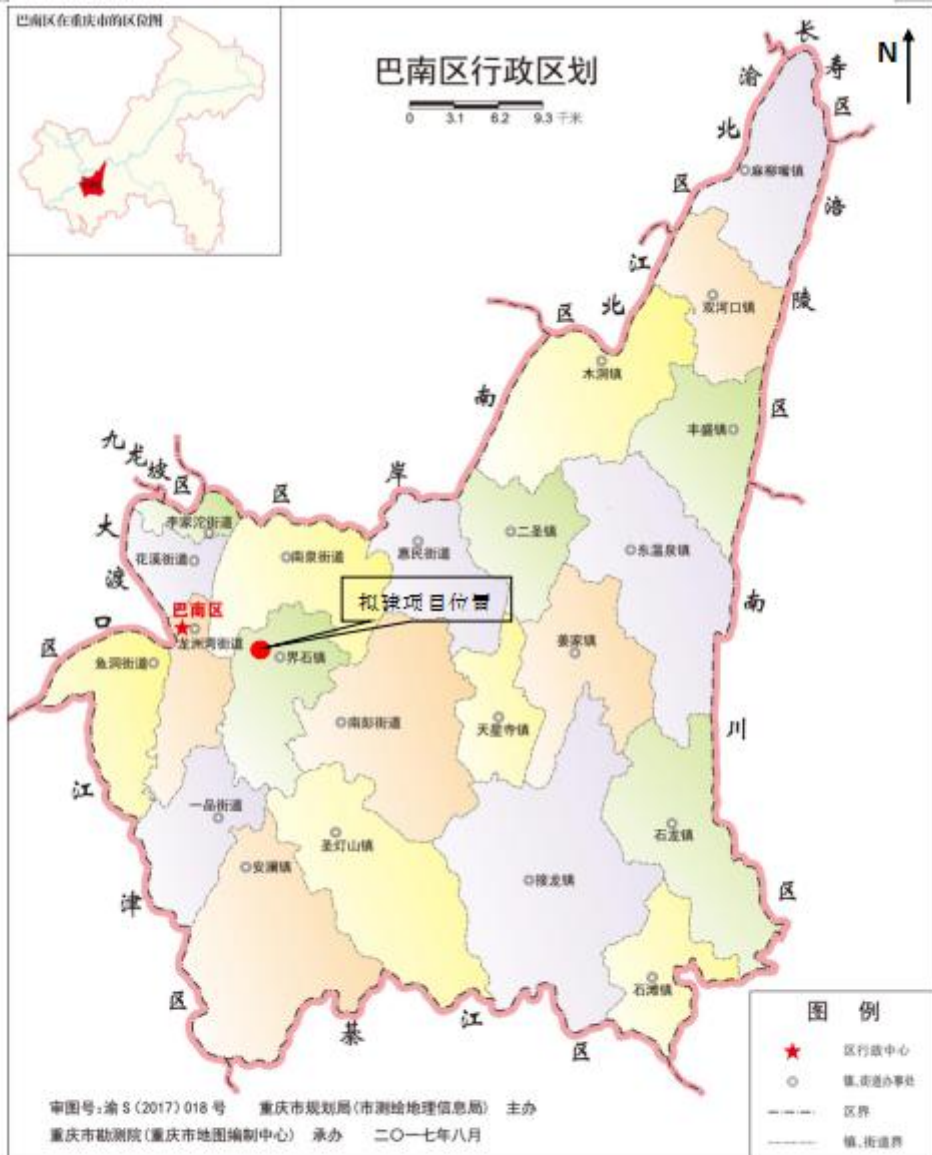
### 13.1.9 综合结论

综上所述，重庆界石仪表有限公司无损检测设备技术改造符合国家产业政策，选址和布局合理。在完善相应的污染防治措施和环境管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。因此，从环境保护的角度来看，该建设项目是可行的。

## 13.2 建议

### 表 13 结论和建议

加强辐射工作人员专业知识学习，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。



附图一 项目地理位置图