

核技术利用建设项目  
102 工业探伤技术利用项目  
环境影响报告表

建设单位：重庆景申动力机械股份有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司



2026年4月

生态环境部监制

核技术利用建设项目  
102 工业探伤技术利用项目  
环境影响报告表

建设单位名称：重庆宗申动力机械股份有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）

通讯地址：重庆市巴南区炒油场

邮编：401320

联系人：张晓娅

电子邮箱：2\*\*\*\*\*7@qq.com

联系电话：18\*\*\*\*\*50



打印编号: 1775719606000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	nlbs8t		
建设项目名称	102工业探伤技术利用项目		
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)	重庆宗申动力机械股份有限公司		
统一社会信用代码	915000002023878998		
法定代表人 (签章)	黄培国		
主要负责人 (签字)	周贤荣		
直接负责的主管人员 (签字)	徐令		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	重庆宏伟环保科技有限公司		
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
任洪文	2016035550350000003511550220	BH001038	任洪文
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
白雪梅	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、环境质量现状和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、辐射安全管理、结论及建议	BH002264	白雪梅

## 关于“102 工业探伤技术利用项目”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《102 工业探伤技术利用项目环境影响报告表》目前属于上报审批阶段。我单位承诺，环评报告文本中内容不涉及国家机密、商业秘密、个人隐私以及国家安全、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，并愿意承担相关法律责任。

重庆宗申动力机械股份有限公司



## 目 录

表 1	项目基本情况 .....	1
表 2	放射源 .....	12
表 3	非密封放射性物质 .....	12
表 4	射线装置 .....	13
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	14
表 6	评价依据 .....	15
表 7	保护目标与评价标准 .....	17
表 8	环境质量和辐射现状 .....	21
表 9	项目工程分析与源项 .....	24
表 10	辐射安全与防护 .....	33
表 11	环境影响分析 .....	50
表 12	辐射安全管理 .....	67
表 13	结论和建议 .....	77

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		102 工业探伤技术利用项目			
建设单位		重庆宗申动力机械股份有限公司			
法人代表	黄培国	联系人	张晓娅	联系电话	18*****50
注册地址		重庆市巴南区炒油场			
项目建设地点		重庆市巴南区炒油场宗申工业园 102 厂房东北侧区域			
立项审批部门		重庆市巴南区发展和改革委员会	批准文号	2603-500113-07-02-609686	
建设项目总投资（万元）	155	项目环保投资（万元）	13	投资比例（环保投资/总投资）	8.38%
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> ）	约 40
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	/				
<b>1.1 建设单位简介</b>					
<p>重庆宗申动力机械股份有限公司（以下简称“宗申动力”）始建于 1992 年，是一家集摩托车、摩托车发动机、微型汽车发动机、高速艇、舷外机、通用汽油机及农用机械产品的研究、开发、制造、销售于一体的大型民营科工贸高科技集团企业。</p> <p>重庆宗申零部件制造有限公司于 2016 年在重庆市巴南区炒油场宗申工业园（以下简称“宗申工业园”）102 厂房投资建设了“年产 80 万套各类铝合金零部件生产线技改建设项目”。2016 年 10 月 14 日，该项目取得巴南区生态环境局下发的环境影响评价批准书，文号：渝（巴）环准[2016]091 号；2017 年 9 月</p>					

## 续表 1 项目基本情况

28 日，该项目取得巴南区生态环境局下发的竣工环境保护验收批复，文号：渝（巴）环验[2017]080 号。该项目主要是生产电控箱体（铝合金）等零部件，主要生产单元包括熔化、压铸、钻削、抛丸等。

### 1.2 项目由来

由于宗申动力内部运营调整，现计划将 204 厂房现有 3 台 X 射线数字成像检测系统搬迁至 102 厂房，同时新增 1 台 X 射线数字成像检测系统，实施“102 工业探伤技术利用项目”，主要服务于 102 厂房电控箱体的无损探伤检测工作。拟搬迁前宗申动力内部进行自查，现有 3 台 X 射线数字成像检测系统均运行良好，环保手续齐全，相关辐射防护措施及制度符合相关要求。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）的相关规定，“工业用 X 射线装置分为自屏蔽式 X 射线装置和其他工业用 X 射线探伤装置”“对自屏蔽式 X 射线探伤装置的生产、销售活动按 II 类射线装置管理；使用活动按 III 类射线装置管理”。

《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》（环保部，2018 年 2 月 12 日）对于自屏蔽 X 射线探伤装置的定义，应同时具备以下特征：“一是屏蔽体应与 X 射线探伤装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；二是屏蔽体能将装置产生的 X 射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；三是在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内。”

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

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，使用 X 射线检测系统项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》

## 续表 1 项目基本情况

中的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”，使用II类射线装置的项目应编制环境影响报告表。为此，建设单位特委托重庆宏伟环保工程有限公司开展“102 工业探伤技术利用项目”的环境影响评价工作。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 建设规模及工程内容

#### (1) 项目概况

本项目建设地点位于重庆市巴南区炒油场宗申工业园 102 厂房内东北侧区域，不涉及新增用地。项目拟搬迁 3 套 X 射线数字成像检测系统（编号为 1#~2#、4#实时成像系统）、新增 1 套 X 射线数字成像检测系统（编号为 3#实时成像系统），均属 II 类射线装置，用于电控箱体的无损探伤检测工作。项目总建设面积约 50m<sup>2</sup>。

项目组成见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

项目组成		主要内容及规模	备注
主体工程	设备	<p>4 套 X 射线数字成像检测系统（1#、2#、3#、4#），布置在 102 厂房内东北侧区域，包括铅房、操作台、X 射线机系统等。其中，1#型号为 UND-160 型，2#、3#、4#型号均为 XG—160ST/C 型；4 台设备均为内置一体化管头设计，均为定向型；4 套设备最大管电压、最大管电流以及最大功率均一致，最大管电压均为 160kV、最大管电流均为 3mA、最大功率均为 480W。</p> <p>UND-160 型铅房净空尺寸：884mm（长）×962mm（宽）×1746mm（高），铅房六面屏蔽体均为钢+铅+钢结构，设置 1 个单开工件铅门（用于工件进出）、1 个检修铅门（用于设备检修）；设置 1 个观察窗（铅窗）。操作台布置于铅房西南侧。</p> <p>XG—160ST/C 型铅房净空尺寸：1454mm（长）×1054mm（宽）×1777mm（高），铅房六面屏蔽体均为钢+铅+钢结构，设置 1 个双开铅门（同时用于工件进出以及检修）。各操作台布置于铅房西北侧。</p>	1#、2#、4# 为拟搬迁，3# 拟购置
	工作场所	工作场所：拟在 102 厂房东北侧生产线末端建设配套 4 台 X 射线数字成像检测系统及配套操作台。	依托
公	供配电	依托厂房供配电系统，厂房用电来源于市政供电。	依托

**续表 1 项目基本情况**

用 工 程	给水	依托厂房给水管网。	依托
	排水	工作人员生活污水依托宗申工业园污水处理站处理后排入市政污水管网。	依托
	通风	UND160 型实时成像系统：铅房顶部自带有 1 个排风扇，位于铅房顶部东侧，将铅房内废气排至所在厂房内，依托厂房排风系统排出室外。排风扇的风量约 15m <sup>3</sup> /h，换气次数约 10 次/h。	铅房 自带
		XG-160ST/C 型实时成像系统：铅房顶部自带有 1 个排风扇，位于铅房顶部，将铅房内废气排至所在厂房内，依托厂房排风系统排出室外。排风扇的风量约 27m <sup>3</sup> /h，换气次数约 10 次/h。	铅房 自带
环 保 工 程	污水	本项目无生产废水产生，不新增劳动定员，故无新增生活污水。生活污水经宗申工业园污水处理站（处理能力 1200m <sup>3</sup> /d，位于 102 厂房东侧约 200m 处）处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准再排入鱼洞污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入长江。	依托
	废气	各个实时成像系统所在铅房顶部均自带有 1 个排风扇，将铅房内废气排至所在厂房内，依托厂房排风系统排出室外。	铅房 自带
	噪声	本项目无高噪声设备。	/
	固废	工作人员生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。	依托
		X 射线数字成像检测系统报废后按照相关要求对设备去功能化后按照建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。	/
辐射防护	X 射线数字成像检测系统自带屏蔽铅房，采用铅+钢板，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。工件门设门机联锁，设备内外设置工作状态指示灯，设备箱体外设电离辐射警告标志，安装实时视频监控系统，视频监控屏幕设置在控制台上；安装固定式剂量报警仪和急停按钮等设施。公司已制定辐射防护管理制度，已成立辐射防护管理组织并指定专人负责公司日常辐射防护管理工作。	/	

**(2) 屏蔽防护情况**

本项目配套的 4 台（拟搬迁 3 台、新增 1 台）X 射线数字成像检测系统自带铅房，箱体采用铅板和钢板结构，面向工件防护门右侧箱体为主射线方向，面向铅房工件门各屏蔽体屏蔽防护情况如下表 1-2 所示。

## 续表 1 项目基本情况

表 1-2 X 射线数字成像检测系统屏蔽防护厚度			
名称	内空尺寸	设计情况	
1#铅房	884mm (长) ×962mm (宽) ×1746mm (高)	右面 (主射面)	内 3.5mm 钢+8mmPb+外 1.5mm 钢
		左面、正面、背面、顶棚、底板	内 3.5mm 钢+5mmPb+外 1.5mm 钢
		防护门 (正面+背面)	防护门 (检修): 内 3.5mm 钢+5mmPb+外 1.5mm 钢; 防护门四周搭接宽度均为 50mm; 防护门尺寸为 690mm×1640mm; 防护门 (工件进出门): 内 3.5mm 钢+5mmPb+外 1.5mm 钢; 防护门四周搭接宽度均为 50mm; 防护门尺寸为 690mm×780mm
		观察窗 (铅窗-正面)	铅窗尺寸为 250mm×300mm, 5mmPb
		排风出口防护罩	内 3.5mm 钢+5mmPb+外 1.5mm 钢
		电缆出口防护罩	内 3.5mm 钢+5mmPb+外 1.5mm 钢
		2#、3#、4#铅房	1454mm (长) ×1054mm (宽) ×1777mm (高)
左面、正面、背面、顶棚	内 2mm 钢+5mmPb+外 2.5mm 钢		
底板	内 6mm 钢+5mmPb+外 2.5mm 钢;		
防护门 (正面)	内 2mm 钢+5mmPb+外 2.5mm 钢, 双开门, 总尺寸为 700mm×1700mm; 检修和工件进出共用; 防护门左右两侧、上下两侧与门框搭接宽度分别为 50mm、50mm。		
排风出口防护罩	内 2mm 钢+5mmPb+外 2mm 钢		
电缆出口防护罩	内 2mm 钢+5mmPb+外 2mm 钢		
备注: 2#实时成像系统、3#实时成像系统、4#实时成像系统均在射线源管头背面补偿设置 3mm 铅板。			
<p><b>为方便描述, 1#铅房南面对应铅房正面 (铅门设置面), 北面对应铅房背面, 东面对应铅房右面, 西面对应铅房左面; 2#、3#、4#铅房西面对应铅房正面 (铅门设置面), 东面对应铅房背面, 南面对应铅房右面, 北面对应铅房左面; 后文方位和描述同此。</b></p>			
<p><b>(3) 设备概况</b></p> <p>本项目配置的主要设备见表 1-3。</p>			

## 续表 1 项目基本情况

表 1-3 项目主要设备一览表

序号	名称	数量	规格型号	额定参数	用途	其他
1	X 射线实时成像系统	1 套	UND-160 型	最大电压 160kV (电流 3mA)、最大功率 480W	无损检测	拟搬迁
		3 套	XG-160ST/C 型	最大电压 160kV (电流 3mA)、最大功率 480W	无损检测	拟搬迁 2 套, 拟新购 1 套
2	风机	1 台	/	15m <sup>3</sup> /h	通风换气	设备自带
		3 台	/	27m <sup>3</sup> /h		设备自带
3	个人剂量报警仪	8 台	/	/	实时监测辐射剂量	现有 2 台, 本次拟增配 6 台
4	个人剂量计	8 枚	/	/	记录个人受到的照射剂量	现有 2 枚, 本次拟增配 6 枚
5	固定式剂量率仪	4 台	/	/	实时监测辐射剂量	现有 3 个, 本次拟增配 1 台
6	便携式 X-γ 剂量率仪	3 台	JF510	/	实时监测辐射剂量	现有 3 台, 本次依托

### (4) 工件情况

本项目检测的工件主要为电控箱体, 工件相关参数见表 1-4。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工件名称	材质	工件最大尺寸 (mm)	工件厚度 (mm)
电控箱体	铝合金	Φ524×422	15~90

备注: 检测对象为公司生产的工件, 不对外服务, 根据每批次产品的要求, 采取抽检, 检测对象以小尺寸工件为主, 不存在开门探伤情况。

### (5) 计划工作量

根据建设单位提供资料及工件质量需求, 本项目仅针对部分工件进行抽检, 即对抽检工件进行 X 射线无损检测, 不进行全厂工件检测。根据建设单位提供的近几年设备运行情况统计, 1 套 X 射线数字成像检测系统预计日曝光次数共计约 1200 次, 单次曝光时间根据检测过程中发现的工件缺陷情况, 单个工件一次最大曝光时间为 3s。工作负荷见表 1-5。

## 续表 1 项目基本情况

设备	单次最大曝光时间	日最大曝光次数	周最大曝光次数	年最大曝光次数	周最大曝光时间	年最大曝光时间
UND160 型实时成像系统	3s	1200 次/天	6000 次/周	30 万次	5h/周	250h
单台 XG-160ST/C 型实时成像系统	3s	1200 次/天	6000 次/周	30 万次	5h/周	250h
总计	/	4800 次/天	24000 次/周	120 万次	20h/周	1000h

**(6) 工作制度和劳动定员**

宗申动力现已配置了 7 名辐射工作人员，其中 5 名辐射工作人员负责天明工业园厂区现有探伤，2 名辐射工作人员负责 204 厂房现有厂房探伤工作（即本次拟搬迁的 3 套设备）。本次拟从公司内部劳动定员中新增调配 6 名工作人员作为辐射工作人员。

根据建设单位提供资料，现有辐射工作人员自 2025 全年度的年剂量在 0.05-0.79mSv，辐射工作人员中均按照 II 类射线装置相关要求，培训考核合格后持证上岗。辐射工作人员情况表见支撑性材料附件 7。

### 1.4 项目选址可行性

本项目 4 台 X 射线数字成像检测系统选址于重庆市巴南区炒油场宗申工业园 102 厂房内东北侧区域，其周围为厂房内通道及其他生产工艺生产线。

本项目所在 102 厂房为单层结构，层高约为 10m，专用铅房相邻用房主要为本公司内的用房，不直接与其他单位或人员停留场所邻接，下方为实土层、上方为厂房内上空，且上空无行车等，本项目各个铅房紧邻工件生产线，可以减少工件运输时间以及运输距离，且相邻区域公众成员活动较少，有利于辐射防护和减少 X 射线对公众成员的影响。专用铅房工件进出门邻近厂房周转区，方便检测工件进出。X 射线数字成像检测系统所在厂区、厂房均封闭式管理，周围公众成员活动较少，便于辐射安全管理。根据现状监测结果，项目拟建址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

## 续表 1 项目基本情况

因此，本项目选址可行。

### 1.5 项目周围环境概况

重庆宗申动力机械股份有限公司位于重庆市巴南区炒油场宗申工业园。

**重庆宗申动力机械股份有限公司**东侧为渝南大道，南侧为申烨太阳城（居住小区），西侧为电建村（居住小区），北侧为民主新街。

本项目 4 套 X 射线数字成像检测系统放置于重庆市巴南区炒油场宗申工业园 102 厂房内东北侧区域，其中：

(1) **102 厂房**东侧为停车场及道路，之外为集团综合办公楼；南侧为厂区道路及绿化，之外为职工宿舍和零部件配送；西侧为厂区道路及绿化，之外为联合厂房；北侧为厂区道路及绿化，之外为总装车间；

(2) **1#、2#、3#、4#实时成像系统**位于 102 厂房东北侧区域，周边 50m 范围除北侧和东侧涉及厂区道路、其他厂房外，其余均在宗申工业园 102 厂房内，本项目辐射环境保护目标为项目射线装置屏蔽体周围 50m 范围内的本项目辐射工作人员和项目周围公众成员。

厂区总平面布置及周围环境概况示意图见附图 2。外环境关系一览表详见表 1-6 所示。

表 1-6 102 厂房外环境关系一览表

方位	外环境情况	最近距离	备注
东侧	停车场及道路	紧邻	厂房外区域及园区道路
	集团综合办公楼	48m	宗申动力办公楼
南侧	厂区道路及绿化	紧邻	市政道路
	职工宿舍和零部件配送	45m	宗申动力职工宿舍及配送仓库
西侧	厂区道路及绿化	紧邻	园区道路
	联合厂房	52m	宗申动力其他厂房
北侧	厂区道路及绿化	紧邻	园区道路
	总装车间	45m	宗申动力其他厂房

### 1.6 与项目有关的原有核技术利用项目情况

#### 1.6.1 项目用房环保手续情况

本项目所在生产线已完成环评手续，且已取得环境影响评价批准书，批复文

## 续表 1 项目基本情况

号：渝（巴）环准[2016]091号。该厂房产于2017年9月28日完成环境保护竣工验收，且已取得竣工环境保护验收批复，批复文号：渝（巴）环验[2017]080号。详见支撑性材料。

根据调查，宗申动力在建设和运营过程中，未曾发生过环保事故，也不存在环保遗留问题。此外，重庆市生态环境局、重庆市巴南区生态环境局均未收到核技术利用相关的环保投诉。

### 1.6.2 核技术利用项目开展情况

#### (1) 核技术利用项目调查

根据调查，宗申动力办理了辐射安全许可证（渝环辐证[00390]，有效期至2028年3月29日），宗申动力现使用6台II类射线装置，在许可范围内。具体如表1-7所示。

表 1-7 宗申动力核技术利用项目情况一览表

序号	项目名称	涉及的探伤机	环评		验收	位置
			时间	批复文号		
1	204项目工业探伤技术利用项目	1台UND-160型、2台XG-160ST/C型 <sup>①</sup>	2024.7.18	渝（辐）环准（2024）49号	2024.9.27	炒油场宗申工业园
2	高端零部件（新厂房）工业探伤技术利用项目	1台XG-200ST/C型	2024.2.29	渝（辐）环准（2024）16号	2025.5.11	天明工业园
3	高端零部件（新工厂）工业辐射探伤二期项目	1台E7-200型	2024.10.16	渝（辐）环准（2024）76号	2025.1.2	
4	工业辐射探伤机搬迁至高端零部件（新工厂）	1台XG-160ST/C型	2025.7.29	渝（辐）环准（2025）43号	2025.10.28	

注：①该项目环评以及辐射安全许可证办理阶段建设内容为4台，实际投运过程仅建成投运了3台设备，即本次拟搬迁的3台。

根据宗申动力提供的《辐射安全许可证》（渝环辐证[00390]），许可宗申动力在重庆市巴南区炒油场宗申工业园204厂房内使用3台II类射线装置、重庆巴南区天明工业园压铸厂房内使用3台II类射线装置，许可证均在有效期内，见表1-8。根据现场调查，建设单位射线装置与许可情况一致。

## 续表 1 项目基本情况

序号	设备名称	设备型号	类别	工作场所	数量	备注
1	工业用 X 射线探伤装置	XG-160ST/C	II 类	天明工业园压铸厂房内	1 台	/
2	工业用 X 射线探伤装置	XG-200ST/C	II 类		1 台	/
3	工业用 X 射线探伤装置	E7-200 型	II 类		1 台	/
4	工业用 X 射线探伤装置	XG-160ST/C 型	II 类	炒油场宗申工业园 204 厂房内	3 台	实际仅投运了 2 台
5		UND-160 型	II 类		1 台	/

### (2) 辐射工作场所监测

建设单位按照要求每年 1 月 31 日之前提交了《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告表》，根据 2026 年 1 月填报的《2025 年度放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》及辐射工作场所监测报告，宗申动力在重庆市巴南区炒油场宗申工业园以及天明工业园压铸厂房内使用的 X 射线数字成像检测系统辐射工作场所辐射环境监测结果达标。

### (3) 辐射工作人员情况

根据宗申动力提供的资料可知，建设单位目前共配置 7 名辐射工作人员，建立了辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康档案，辐射工作人员自 2025 年第一季度至 2025 年第四季度的年剂量最大值为 0.79mSv。经调查，7 名辐射工作人员均按照使用 II 类射线装置要求进行了培训考核。

建设单位核技术利用项目运营至今，X 射线数字成像检测系统运营良好，无辐射安全事故发生，无环保投诉。

## 1.7 依托可行性分析

项目依托可行性分析见表 1-9。

表 1-9 项目依托可行性分析

依托工程		可行性分析	结论
主体工程	设备	3 套 X 射线数字成像检测系统（1#、2#、4#），本项目依托现有 3 台设备，仅进行搬迁，即从 204 厂房搬迁至 102 厂房。	可行

**续表 1 项目基本情况**

公用工程	供配电系统	厂房用电来源于市政供电，本项目依托可行。	可行
	给水系统	厂房内部给水系统完善，工作人员日常办公用水依托可行。	可行
	通风系统	厂房内通风系统完善，各个铅房排出的废气能经厂房的通风系统排出厂外。	可行
环保工程	生活污水	本项目辐射工作人员在宗申动力现有劳动定员内，故运营期不新增厂房生活污水。厂房现有的排水系统完善，工作人员生活污水依托现有设施处理后能达标排放。	可行
	固废处理	本项目辐射工作人员在宗申动力现有劳动定员内，故运营期不新增生活垃圾，厂房生活垃圾集中收集到厂区生活垃圾暂存处后，交由环卫部门统一处理。	可行
辐射工作人员		本项目现有 2 名辐射工作人员，已按要求完成职业健康体检，培训考核合格且在有效期内，本次可依托；另外新增配 6 名辐射工作人员依托宗申动力现有人员调配，并按要求参加辐射安全与防护培训考核，并考核合格。	可行
辐射安全管理		宗申动力已成立辐射安全与防护工作领导小组，并制定了相应的辐射安全管理制度和应急预案等，本项目可依托。应修订完善并落实年度评估制度、辐射监测计划、辐射工作人员安全防护培训方案及安全设施检查维护制度，方可满足本项目的辐射安全管理要求。	可行

由表 1-8 可知，本项目公用工程、环保工程均可依托宗申动力现有设施，因此，本项目依托厂房内现有设施以及辐射工作人员、辐射安全管理是可行的。

### 1.8 遗留环保问题

本项目拟搬迁的 3 台 X 射线数字成像检测系统运行至今未发生辐射事故，无环保投诉事件发生。根据现场调查，无遗留环保问题及整改措施。

**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 射线数字成像检测系统	II 类	3 台	XG—160ST/C	160	3	无损检测	重庆市巴南区炒油场宗申工业园 102 厂房内东北侧区域	拟搬迁 2 台，拟购 1 台
2	X 射线数字成像检测系统	II 类	1 台	UND-160 型	160	3	无损检测	重庆市巴南区炒油场宗申工业园 102 厂房内东北侧区域	拟搬迁
以下空白									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	依托铅房和厂房排风系统排出室外
生活污水	液态	/	/	/	/	/	/	污水处理站处理后排入市政污水管网
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	厂区生活垃圾暂存点	环卫部门统一处置
报废的 X 射线数字成像检测系统	固态	/	/	/	/	/	/	设备去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/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) 《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修正；</p> <p>(4) 《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>(5) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行；</p> <p>(6) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日施行修订版；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日第四次修正实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 关于发布《射线装置分类》的公告，原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日修订；</p> <p>(14) 《重庆市辐射污染防治办法》，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)；                  (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；                  (3) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)；                  (4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；                  (5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；                  (6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》及第 1 号修改单(GBZ/T250-2014)；                  (7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；                  (8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；                  (9) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；                  (10) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)；                  (11) 《环境空气质量标准》(GB3095-2026)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 委托书；                  (2) 项目投资备案证；                  (3) 项目辐射环境监测报告；                  (4) 设备相关资料；                  (5) ICRP33、《辐射防护导论》等参考文献；                  (6) 《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》。</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，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，本环评以 X 射线数字成像检测系统铅房外周围 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

重庆市巴南区炒油场宗申工业园 102 厂房为单层建筑，本项目拟建的 4 套 X 射线数字成像检测系统均位于宗申工业园 102 厂房内东北侧区域内，除北侧和东侧涉及厂区道路以及其他厂房外，50m 评价范围其余区域均在 102 厂房内，因此，本项目环境保护目标主要为工作场所所在建筑内区域和厂区其他区域活动的人群以及周边道路可能驻留的公众等。

本项目拟建的 4 套 X 射线数字成像检测系统之间间隔较近，均小于 50m。4 套 X 射线数字成像检测系统中间为厂房内通道及生产线等，遵循最不利原则，各环境保护目标与设备的水平距离，按其与任一台设备的最小距离进行评价。

本项目环境保护目标分布情况见表 7-1。所在厂区总平面布置及周围环境概况示意图见附图 2，设备所在厂房布置图见附图 3。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 本项目铅房周围环境保护目标一览表						
2#、3#、4#铅房						
序号	环境保护目标名称	方向	最近水平距离约(m)	基本情况	影响人群	影响因素
1	操作台	西北侧	1	项目探伤范围内，辐射工作人员，约 6 人	辐射工作人员	电离辐射
2	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	东侧	2-40	厂房内区域，公众，约 20 人	公众成员	
3	零部件事业部三坐标检测室、设备动力部、机加一部办公室等		12-44	厂房外区域，公众，约 30 人	公众成员	
4	停车场及厂区道路		44-50	厂房外区域，公众，约 5 人	公众成员	
5	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	南侧	2-42	厂房内区域，公众，约 20 人	公众成员	
6	锯床、淬火、切割区等		42-50	厂房内区域，公众，约 10 人	公众成员	
7	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	西侧	2-50	厂房内区域，公众，约 20 人	公众成员	
8	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	北侧	2-10	厂房内区域，公众，约 20 人	公众成员	
9	厂区道路及绿化		10-18	厂房外区域，公众，约 5 人	公众成员	
10	总装车间		18-50	厂房外区域（其他厂房），公众，约 30 人	公众成员	
1#铅房						
1	操作台	西南侧	1	项目探伤范围内，辐射工作人员，约 2 人	辐射工作人员	电离辐射
2	四代箱体、中心箱体等生产线及过道等	东侧	2-36	厂房内区域，公众，约 20 人		
3	零部件事业部三坐标检测室、设备动力部等		36-50	厂房外区域，公众，约 30 人	公众成员	
4	锯床、淬火、切割区以及会议办公区、PUT 箱生产线等	南侧	2-50	厂房内区域，公众，约 20 人	公众成员	
5	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	西侧	2-50	厂房内区域，公众，约 20 人	公众成员	
6	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	北侧	2-46	厂房内区域，公众，约 20 人	公众成员	
7	厂区道路及绿化		46-50	厂房外区域，公众，约 5 人	公众	

续表 7 保护目标与评价标准

					成员
--	--	--	--	--	----

备注：以上厂房均为单层厂房。

### 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。

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除 6.2.2 条规定的特殊情况外，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）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

##### B1.1 职业照射

应对任何工作人员的照射水平进行控制，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。

##### B1.2 公众照射

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

#### (2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了 X 射线和γ射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 600 kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

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 7-2）的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压, kV	漏射线所致周围剂量当量率, mSv/h
150~200	<2.5

续表 7 保护目标与评价标准

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  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

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

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

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

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

#### 3.2 需要屏蔽的辐射

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

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

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和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

### (4) 评价标准及相关参数取值

#### ①管理目标值

建设单位取 GB18871-2002 中工作人员职业照射剂量限值的四分之一即  $5\text{mSv}/\text{a}$  作为辐射工作人员的年有效剂量管理目标值；取公众照射剂量限值的十分之一即  $0.1\text{mSv}/\text{a}$  作为公众成员的年有效剂量管理目标值，满足 GB18871-2002

## 续表 7 保护目标与评价标准

的规定。

### ②项目剂量限值与污染物排放指标

综上所述，结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价标准要求见表 7-3 所示。

表 7-3 项目主要评价标准及相关要求汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标值	辐射工作人员：5mSv 公众成员：0.1mSv	GB18871-2002 公司管理要求
2	周剂量管理目标限值	职业工作人员周剂量：≤100μSv/周； 公众成员周剂量：≤5μSv/周	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
3	设备性能要求	距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率：<2.5mSv/h（管电压 150~200kV）	GBZ117-2022
4	剂量率参考控制水平	面向工件门，屏蔽体上、下、左、右、前、后 30cm 处，底部周围剂量当量率≤2.5μSv/h	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
5	通风要求	有效通风换气次数应不小于 3 次/h	GBZ117-2022

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 地理位置和场所位置

重庆宗申动力机械股份有限公司位于重庆市巴南区炒油场宗申工业园，本项目涉及工作场所位于重庆市巴南区炒油场宗申工业园 102 厂房内东北侧区域。本项目所在厂房楼上无建筑，且人员无法到达，楼下为实土层。

地理位置见附图 1。项目场所位置见附图 3，项目场址现状及周围环境现状见附图 6。

### 8.2 辐射背景情况

为掌握本项目场址及周围辐射环境背景水平，重庆泓天环境监测有限公司于 2026 年 3 月 9 日对本项目场址及周围的环境 $\gamma$ 辐射剂量率进行了监测，监测时设备未开机。监测结果见渝泓环（监）[2026] 154 号。

(1) 监测因子：环境 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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	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	2025112600812	2026.11.27	0.99

测量范围：10nSv/h-100 $\mu$ Sv/h。

(4) 监测点位

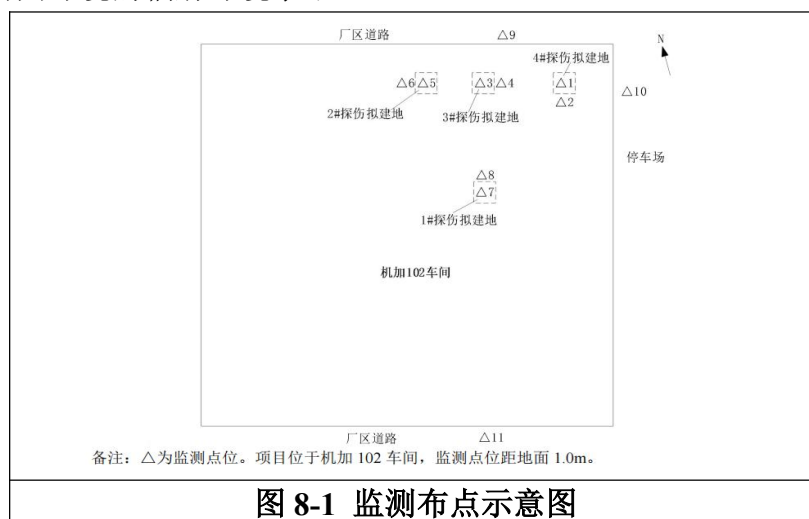
本次监测共布设了 11 个监测点，监测点位布点示意图见图 8-1。

监测布点合理性分析：

本项目各个 X 射线数字成像检测系统所在区域现状均为生产线、厂区内过道等，50m 范围内无其他影响源，现状环境基本一致，故本次监测在各个 X 射线数字成像检测系统所在区域均布设了 2 个监测点位；另外，本项目所在 102

## 续表 8 环境质量现状

厂房较大，本次在紧邻各个 X 射线数字成像检测系统厂房外均各设置了 1 个监测点位，布点覆盖了项目所在位置及区域环境，监测布点较全面，可以反映项目场址及其周围环境的辐射环境水平。



### (5) 质量保证措施

监测仪器每年送计量部门检定合格后在有效期内使用；监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度；监测人员经业务培训，考核合格并取得岗位合格证书，现场监测工作由两名监测人员进行。监测报告严格实行审核制度，经过审核，最后由授权签字人签发。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。

**表 8-3 监测结果统计**

监测点位	监测点位描述	环境 $\gamma$ 辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
△1	4#探伤拟建地	0.050
△2	4#探伤拟建地旁	0.052
△3	3#探伤拟建地	0.056
△4	3#探伤拟建地旁	0.051
△5	2#探伤拟建地	0.055
△6	2#探伤拟建地旁	0.052
△7	1#探伤拟建地	0.051
△8	1#探伤拟建地旁	0.052
△9	机加102车间北侧厂区道路	0.057

续表 8 环境质量现状

△10	机加102车间东侧停车场	0.052
△11	机加102车间南侧厂区道路	0.051

备注：结果=平均值（平均值为 10 次测量值平均）×校准因子，以上监测结果均未扣除宇宙射线响应值。

根据监测可知，本项目场址及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值范围为 50nGy/h~57nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。

本次监测期间，现有 3 套 X 射线数字成像检测系统正常运行；该 3 套 X 射线数字成像检测系统均布置于 204 厂房，距本次监测项目约 800m，已远超出 50m 评价范围，对本次监测结果基本无影响。

根据《2024 年重庆市辐射环境质量报告书（简化版）》，累积剂量测得的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 79.2~108nGy/h，平均值为 96.1nGy/h。对比可知，本项目场址及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在重庆市环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

**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**

本项目施工期主要为 X 射线数字成像检测系统管线安装调试，铅房为整体式，现场不进行组装，无土建工程。

施工期整个搬迁过程，现有 3 台 X 射线数字成像检测系统均断电搬迁，无 X 射线产生。

整个施工过程基本由人工完成，不使用大型机械。产生的废弃物主要为设备外包装、安装人员生活垃圾和生活污水等。施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理站处理，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾一起统一交由环卫部门处理。

因本项目施工期短、工程量小，施工范围小，且随着施工期的结束而结束。

**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 1 台 UND-160 型 X 射线数字成像检测系统、3 台 XG—160ST/C 型 X 射线数字成像检测系统，设备主要由铅房、X 射线系统、图像显示和处理系统、机械传动系统、电气控制系统等组成，设备配置清单见表 9-1，X 射线管头、高压发生器外观典型照片见图 9-1，典型实物照片见图 9-2。

**表9-1 单台设备配置清单**

序号	名称	型号/规格					
		UND-160 型			单台 XG—160ST/C 型		
		参数	品牌	数量	参数	品牌	数量
<b>1、铅房</b>							
1.1	铅房	/	日联科技	1 套	/	科述公司	1 套
1.2	门机联锁	/		1 套	/		1 套
1.3	钥匙开关	/		1 套	/		1 套
1.4	工作状态指示灯及灯机联锁	/		2 组	/		2 组
1.5	急停按钮	/		2 个	/		2 个
1.6	监控系统	/		2 个	/		2 个
<b>2、X 射线源</b>							
2.1	最大管电压	160kV	美国 VJ 公司	1 套	160kV	美国 VJ 公司	1 套
2.2	最大管电流	3mA			3mA		

2.3	最大持续输出功率	480W			480W		
2.4	X射线发射角	30°			40°		
2.5	焦点尺寸	D=0.5mm			D=0.5mm		
2.6	设备X射线管头过滤板	0.5mm 铜			2mm 铝		
2.7	冷却方式	内置风冷 (一体化)			油冷(油泵 内循环冷 却)		
2.8	焦距	850-900mm			850-900mm		
3、平板成像探测器							
3.1	平板	NDT1717M3		1台	NDT1717M3		1台
3.2	平板电源适配器	/		1台	/		1台
3.3	电源线	/		1根	/		1根
3.4	适配器输出线	/		1根	/		1根
3.5	CP软件	/	iRay	1套	/	iRay	1套
3.6	视频数据采集电缆	/		1根	/		1根
3.7	采集卡	/		1块	/		1块
4、图像处理系统							
4.1	图像处理主机	/	研华	1台			1台
4.2	显示器	2420	康冠	1台	RTX3060 16G	联想公司	1台
4.3	图像处理软件	V1.3	日联科技	1套	ADR	科述公司	1套
5、机械传动系统							
5.1	五轴运动机构	/			/		
5.2	操作台	/	日联科技	1套	/	科述公司	1套
5.3	载物台	360° 旋转			360° 旋转		
6、电气控制系统							
6.1	PLC	/	西门子		/	日本三菱	
6.2	接触器	/	施耐德		/	施耐德	
6.3	继电器	/	施耐德		/	施耐德	
6.4	空气开关	/	施耐德	1套	/	施耐德	1套
6.5	按钮	/	施耐德		/	施耐德	
6.6	伺服电机	/	西门子		/	日本三菱	

续表 9 项目工程分析与源项



X 射线管头和高压发生器(XG-160ST/C 型) X 射线管头和高压发生器 (UND-160 型)

图 9-1 X 射线管头、高压发生器外观典型照片



XG-160ST/C 型



UND-160 型

图 9-2 X 射线实时成像系统典型实物照片

①铅房

本项目 X 射线数字成像检测系统的铅房为 X 射线的屏蔽防护系统，屏蔽体主要由一定厚度的铅+钢组成，各铅房内空尺寸见表 1-2。

②X 射线系统

X 射线系统用于产生 X 射线，由 X 射线管、高压电缆、高压发生器、冷却系统等构成。

UND-160 型：高压发生器和冷却系统与 X 射线管集成为一体，冷却系统采用风冷，即内置风冷（一体化）方式。X 射线发射角为  $15^\circ$ （辐射角为  $30^\circ$ ）。

XG-160ST/C 型：高压发生器和冷却系统与 X 射线管集成为一体，冷却系统采用油冷的方式，冷却部件密闭，冷却使用的矿物油循环使用，不更换。X 射线发

## 续表 9 项目工程分析与源项

射角为  $20^{\circ}$ （辐射角为  $40^{\circ}$ ）。

### ③图像显示和处理系统

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

### ④机械运动机构

检测期间机械运动情况：X 射线管和平板探测器分别安装在铅房内部两侧，均固定在铅房上，不可移动和转动。根据建设单位提供的设计图纸数据测量可知：

**UND-160 型：**X 射线管距离铅房东侧屏蔽体外 30cm 距离为 0.98m、距离铅房南侧屏蔽体外 30cm 距离为 0.8m、距离铅房西侧屏蔽体外 30cm 距离为 0.5m、距离铅房北侧屏蔽体外 30cm 距离为 0.76m、距离铅房顶棚屏蔽体外 30cm 距离为 1.27m、X 射线管离地高度为 1.05m。

**XG—160ST/C 型：**X 射线管距离铅房东侧屏蔽体外 30cm 距离为 1.00m、距离铅房南侧屏蔽体外 30cm 距离为 1.42m、距离铅房西侧屏蔽体外 30cm 距离为 0.82m、距离铅房北侧屏蔽体外 30cm 距离为 0.78m、距离铅房顶棚屏蔽体外 30cm 距离为 1.30m、X 射线管离地高度为 1.03m。

根据检测需要，载物台通过滑轨上下、左右、前后移动载物台以及  $360^{\circ}$  旋转，来达到改变工件检测位置的目的。整个过程工作人员不需要进入铅房进行工件摆放。

### ⑤射线防护系统：

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

## (2) 工作方式

本项目配置的 2 种型号的 X 射线数字成像检测系统工作方式一致，均为定向

## 续表 9 项目工程分析与源项

照射，均为固定式探伤；X 射线管头为固定，仅有载物台的移动和旋转；具体如下：将工件放置在铅房内的载物台上，然后通过载物台轨道的移动和自身旋转，使工件在 X 射线球管照射范围内，达到无损检测的目的。位于 X 射线球管对侧的平板探测器将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，最终输出到操作台的显示器上，工作人员在操作台观察检测图像，确认工件是否合格。设备出束期间，工作人员均在操作台处操作。

### (3) 工作负荷

根据建设单位提供的设备现有运行情况，本项目 X 射线数字成像检测系统工作负荷见表 1-5。

## 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

X 射线数字成像检测系统的 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钨靶射击。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 9-3。

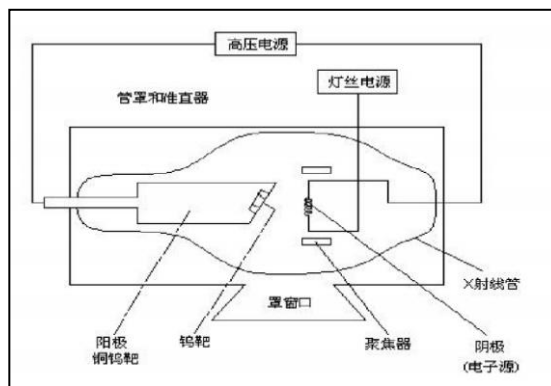


图 9-3 X 射线管原理示意图

#### ② 数字成像原理

## 续表 9 项目工程分析与源项

X 射线数字成像检测系统是新一代的无损检测设备，以数字实时成像的技术，取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减，由平板成像器接收并转换成数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出检测对象内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。

### (2) 工艺流程

本项目 X 射线数字成像检测系统主要工艺流程及产污环节见图 9-4。

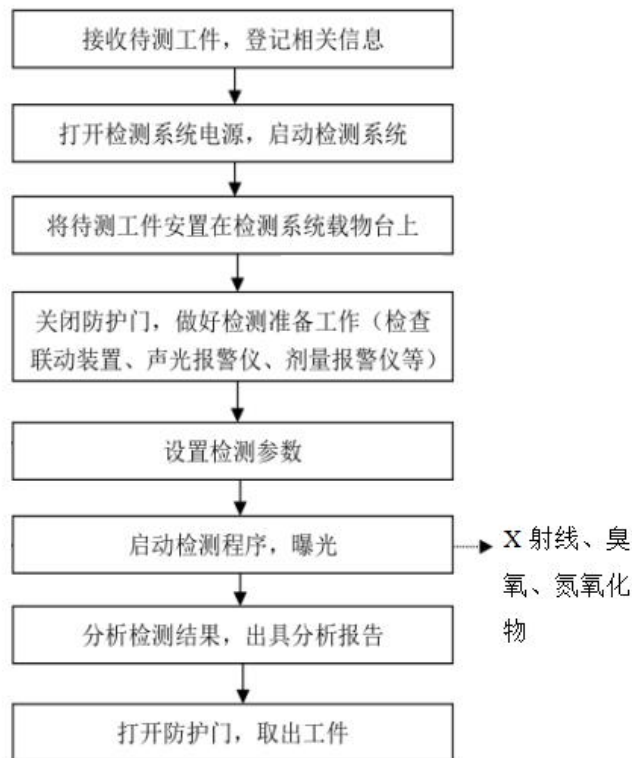


图 9-4 项目工艺流程及产排污简图

工艺流程概述主要如下：

- 1) 工作人员接收待测工件，并对工件数量等情况进行信息登记；
- 2) 开启设备电源，启动检测系统；
- 3) 在开始检验之前操作人员先打开铅房防护门，操作人员在铅房外将待检测工件放置在铅房内的行走小车旋转平台上，关闭铅房防护门，检查安全连锁设施运行情况。

## 续表 9 项目工程分析与源项

4) 工作人员确认防护门关闭后, 设置参数, 启动 X 射线发生装置;

5) 启动检测程序, 工件通过行走小车平台转动进行检测 (检测过程中, 平台根据检测要求, 可旋转和固定位置), 检测完成后结束出束; 显示器输出结果, 并显示图像 (本项目采用实时成像, 不洗片);

6) 分析检测结果, 并自动出具分析报告;

7) 打开铅房防护门, 取出工件; 同时, 将下一个待检测工件放置到样品扫描转台上, 准备下一个检测过程。

8) 全部工件检测完成, 关闭高压电源。再关闭软件和计算机。最后关闭总电源。

整个过程辐射工作人员均不进入铅门内部, 只有设备需要维修、维护时, 经过专业培训的维修人员在设备断电情况下佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪进入铅房。

### 9.3 路径规划

本项目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进入铅房旁操作台, 然后在操作台操作设备。

#### (2) 工件路径

待检工件由车间内其他工人运送至铅房外附近堆置, 再由本项目辐射工作人员放至工件载物台上, 搬运人员离开检测区, 辐射工作人员到铅房旁侧操作台进行检测, 检测完成后原路返回。

项目人流、物流图见图 9-5。

续表 9 项目工程分析与源项

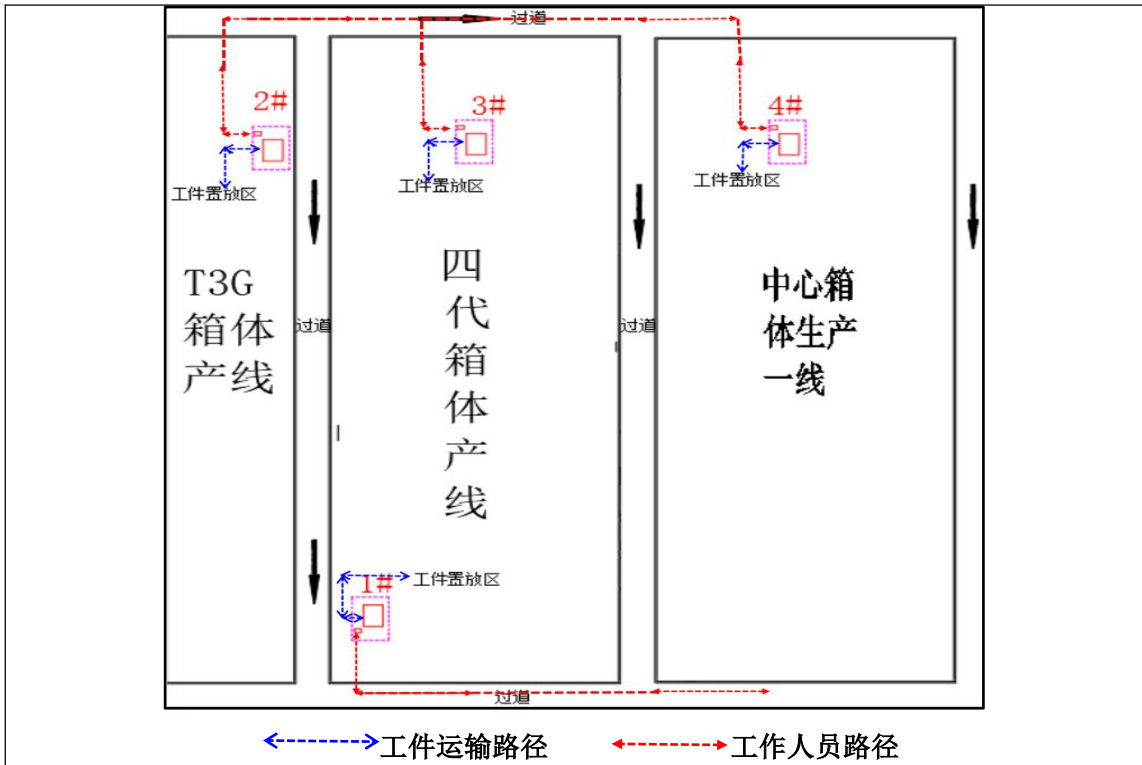


图 9-5 本项目设备人流物流路径图

#### 9.4 污染源项分析

根据工艺流程可知,本项目产生的污染物主要有 X 射线数字成像检测系统曝光时的电离辐射影响、废气(臭氧、氮氧化物)等。

##### 9.4.1 电离辐射

由 X 射线数字成像检测系统工作原理可知, X 射线是随机器的开、关而产生和消失, 本项目使用的 X 射线数字成像检测系统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 射线数字成像检测系统工作流程, X 射线数字成像检测系统与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线管出束照射期间, 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。X 射线数字成像检测系统射线能

## 续表 9 项目工程分析与源项

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。根据厂家提供资料，本项目 UND-160 型实时成像系统过滤板为 0.5mm 铜，XG—160ST/C 型实时成像系统过滤板为 2mm 铝；根据厂家提供资料，本项目 UND-160 型实时成像系统 X 射线机距辐射源点（靶点）1m 处的发射率为  $6.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，XG—160ST/C 型实时成像系统 X 射线机距辐射源点（靶点）1m 处的发射率为  $19\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。详见支撑性材料。

②漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 1，本项目管电压在 150~200kV，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应小于 2.5mSv/h。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、设备箱体等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线数字成像检测系统的 X 射线能量、输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离等有关。90° 散射线能量最高，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，160kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 kV 值为 150kV。

### 9.4.2 “三废”产排情况

本项目 X 射线数字成像检测系统采用数字成像，结果实时存档，不需洗片，无损检测作业过程中主要产生 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>）。X 射线数字成像检测系统位于厂房内，铅房顶部设置机械排风扇，废气依托铅房以及厂房内排风系统排放至厂房外。

#### （2）废水

本项目无生产废水产生。本项目不新增工作人员，不新增生活污水产生量，工作人员产生的生活污水经厂区污水处理站处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准再排入鱼洞污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入长江。

#### （3）噪声

## 续表 9 项目工程分析与源项

本项目各个铅房均设置排风扇进行通风换气，排风扇为低噪声设备，风机设置在厂房内，经距离衰减和厂房隔声等措施后排放。

### (4) 固体废物

本项目不新增工作人员，不新增生活垃圾产生量，工作人员产生的生活垃圾依托原有生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

X 射线数字成像检测系统报废后，对设备去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

### 9.4.3 项目产排污统计

项目产生的污染因子源强分析总体情况见表 9-2 所示。

表 9-2 项目污染物产排情况统计表

污染物	污染因子	产生量	处理处置方式
电离辐射	X 射线	UND160 型、XG-160ST/C 型实时成像系统最大能量均为 160kV，距靶 1m 处主射束的输出量分别不大于 6.4mGy·m <sup>2</sup> /mA·min、19mGy·m <sup>2</sup> /mA·min；漏射线周围剂量当量率均小于 2.5mSv/h；散射线能量均为 150kV。	设备自屏蔽
废气	O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub>	少量	机械排风
废水	生活污水	不新增	依托厂区污水处理站
噪声	噪声	低噪声设备	隔声、距离衰减
一般固废	生活垃圾	不新增	交环卫部门处理
	报废 X 射线数字成像检测系统	4 台	设备去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目布局与分区

#### 10.1.1 项目布局

GBZ/T250-2014 中对于探伤室布局的要求如下：探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设置人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

GBZ117-2022 中对于探伤室布局的要求如下：探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。

本项目 4 套 X 射线数字成像检测系统自带铅房和操作台，均固定安装在 102 厂房内，操作台和铅房分开布置。铅房防护门屏蔽材料及厚度与所在箱体侧防护厚度一致。根据现场用房布置及 X 射线数字成像检测系统拟安装位置，铅房周围除操作台外，无其他设备，操作台均避开了有用线束照射的方向，铅房所在区域布局单一，人流、物流路径清晰，路径便于管理。探伤工作区域内主要为辐射工作人员活动区域，设置警示标牌，要求非相关工作人员不要进入该区域，充分考虑了周围的辐射安全。铅房周围活动人员较少，有利于减少无损检测对公众成员的影响。同时铅房紧邻工件生产线，与厂房内产品工艺流程相衔接，待检测工件能有效避免远距离运输，方便工作人员进行无损检测。

因此，本项目平面布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，布局合理。

#### 10.1.2 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。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.2 款规定，应对探

## 续表 10 辐射安全与防护

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。

### 10.1.3 区域划分情况

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，建设单位对本项目 X 射线数字成像检测系统工作场所实行分区管理。将 X 射线数字成像检测系统铅房内部区域划为控制区，将铅房外部相邻区域划为监督区。项目具体区域划设情况如下表 10-1，分区布局示意图见图 10-1。

表 10-1 项目区域划设情况表

项目	控制区	监督区
3 台 XG-160ST/C 型 X 射线数字成像检测系统	铅房内部	除铅房外其他区域（包括铅房顶部）、操作台区域
1 台 UND160 型 X 射线数字成像检测系统	铅房内部	除铅房外其他区域（包括铅房顶部）、操作台区域

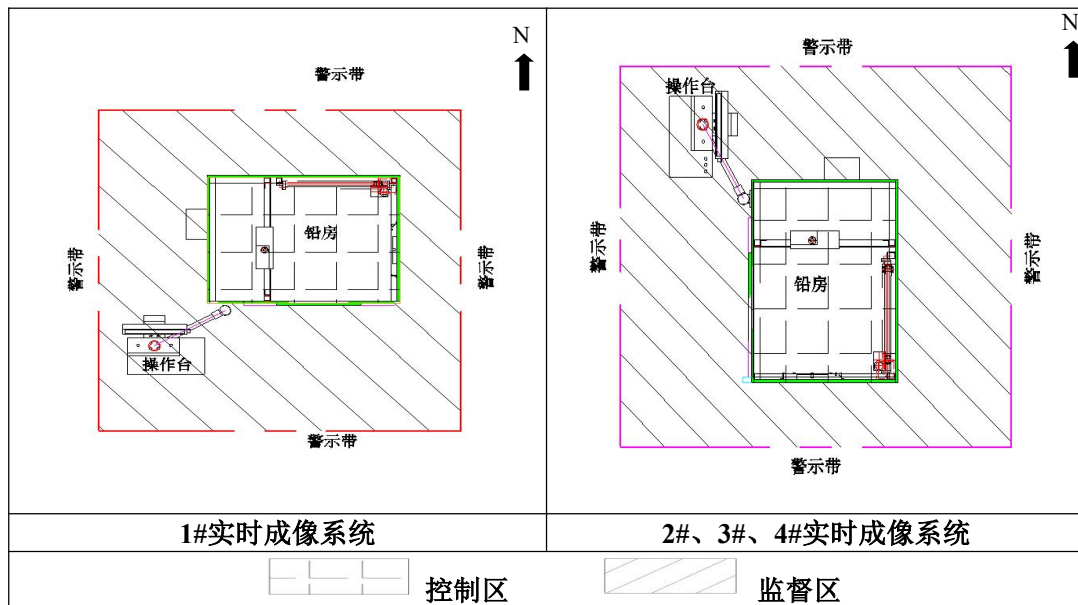


图 10-1 工作场所区域划分示意图

建设单位采取的分区管理措施如下：

①控制区：对控制区进行严格控制，设置醒目的声光报警、工作状态指示灯及电离辐射警告标志，以及门机联锁等防止人员误入的控制措施，X 射线数字成像检测系统在运行中严禁任何人进入铅房；在此区进行设备维修等工作人员应

## 续表 10 辐射安全与防护

当严格遵守防护规定和安全操作规程。

②监督区：监督区一般不设置专门管控设施，监督区为工作人员操作仪器时工作场所，设备运行时，禁止非放射工作人员进入，并在铅房门上张贴电离辐射警告标志以及探伤工作告知书，边界设置警示带并在地面设置监督区警示带，按要求定期检查辐射剂量水平，进行经常性的监督和评价。

③在 X 射线数字成像检测系统设备铅房四周、顶部、操作台及穿墙管线等处开展定期监测工作。

### 10.2 项目安全设施

本项目 X 射线数字成像检测系统主要污染因子为 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 设备固有安全性

本项目配置满足标准要求的具有相应安全性能的出厂合格的 X 射线数字成像检测系统设备，X 射线数字成像检测系统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，该设备会示意操作者可以进行曝光或训机操作；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

(2) 当 X 射线管接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线管的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线管的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线管的高压，提醒辐射工作人员发生了故障。

(3) 设备当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入待出束状态。

(4) 设备停止工作规定时间（一般不超过 48h）再使用时要进行预热训机后才可使用，避免 X 射线管损坏。

(5) 温度保护：X 射线数字成像检测系统设温度保护装置，当发生器内温度达到  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  时，设备会自动切断高压。

(6) 过失电流保护：设备带有过电流断路器，当管电流超过额定值时或高

## 续表 10 辐射安全与防护

压对地放电时，设备会自动切断高压；设备带有失电流保护继电器，当管电流低于 0.5mA 时，设备会自动切断高压。

(7) 过电压保护：设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

(8) 继电保护：冷却循环继电器、温度继电器及铅房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 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。

#### 10.2.2.1 屏蔽体屏蔽防护措施

##### (1) 屏蔽体设计情况

根据建设单位提供的资料，本项目拟建的 4 台（拟搬迁 3 台、新增 1 台）X 射线数字成像检测系统自带铅房，铅房与 X 射线装置主体结构一同设计和制造：

1#铅房：右面（主射面）为内 3.5mm 钢+8mmPb+外 1.5mm 钢，左面、正面、背面、顶棚、底板均为内 3.5mm 钢+5mmPb+外 1.5mm 钢；防护门（检修和工件进出门）均为内 3.5mm 钢+5mmPb+外 1.5mm 钢；铅窗为 5mmPb。

2#、3#、4#铅房：右面（主射面）为内 2mm 钢+8mmPb+外 2.5mm 钢，左面、正面、背面、顶棚均为内 2mm 钢+5mmPb+外 2.5mm 钢，底板为内 6mm 钢+5mmPb+外 2.5mm 钢；防护门为内 2mm 钢+5mmPb+外 2.5mm 钢。

经后文核算，铅房的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)标准要求。

(2) 防护门、屏蔽体的安装、搭接等均拟按相关要求进行了，铅门搭接处设置足够长的铅门对左右两边进行搭接防护，防护门与屏蔽箱体之间的搭接宽度不小于门缝的 10 倍，确保屏蔽箱体的整体屏蔽能力。

##### (3) 电缆穿线孔以及排风口屏蔽补偿

铅房主体结构焊接密闭，开设铅防护门，各铅房均设置两个穿孔，分别为电缆孔和排风口。穿孔处均为直穿且设置排风出口罩、电缆进出口罩。

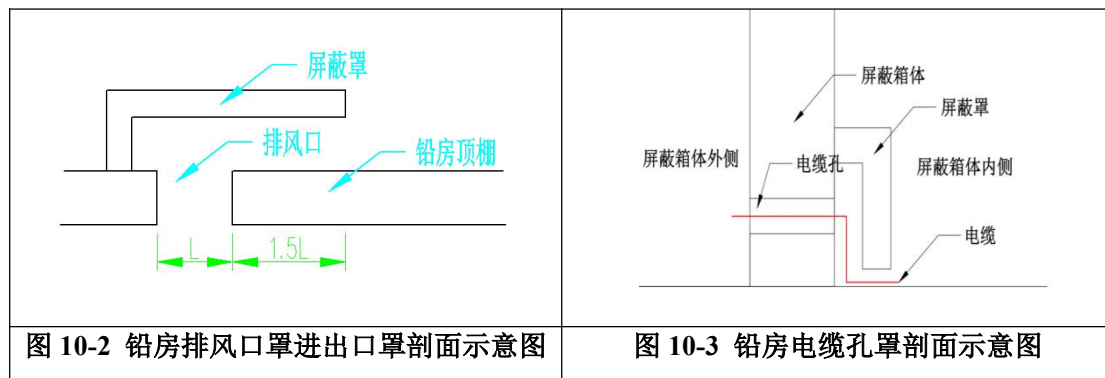
①UND-160 型实时成像系统铅房排风处位于铅房顶部，且排风口处设置排

## 续表 10 辐射安全与防护

风扇防护罩，防护罩材质为内 3.5mm 钢+5mm 铅+外 1.5mm 钢，排风口孔径约 60mm，铅板防护罩能够完全盖住孔径（至少为孔洞的 1.5 倍）；排风口位于非主射方向上，散射线均需经过多次散射才能穿出，经多次散射后剂量很低。穿越防护墙的电缆呈“L”型穿越，穿越孔的直径约 130mm，设置 1 个内 3.5mm 钢+5mm 铅+外 1.5mm 钢的电缆进出口防护罩，位于铅房西南侧角落，铅板防护罩能够完全盖住孔径，电缆在铅房南侧穿越，穿越处离地高度约 1400mm，不会受到主射线照射。

②XG—160ST/C 型实时成像系统排风口位于铅房顶部，且排风口处设置排风扇防护罩，防护罩材质为内 2mm 钢+5mm 铅+外 2mm 钢，排风口孔径约 60mm，铅板防护罩能够完全盖住孔径（至少为孔洞的 1.5 倍）；排风口均位于非主射方向上，散射线均需经过多次散射才能穿出，经多次散射后剂量很低。穿越防护墙的电缆呈“L”型穿越，穿越孔的直径约 130mm，设置 1 个 2mm 钢+5mm 铅+外 2mm 钢的电缆进出口防护罩，位于铅房西北侧角落，铅板防护罩能够完全盖住孔径，电缆在铅房西侧穿越，穿越处离地高度约 1400mm，不会受到主射线照射。

排风口罩示意图 10-2；电缆孔罩示意图见图 10-3。



### 10.2.2.2 安全联锁

(1) 工作状态指示灯：

1#铅房顶部设 1 组工作状态指示灯，工作状态指示灯与探伤机联锁，分为红黄绿三色，红色表示 X 射线出束警示，绿色代表设备有电但未出射线，黄色代表预备照射，并拟在工作灯旁设“红色：照射”、“黄色：预备”和“绿色：通电”的工作灯信号意义说明。另探伤机铅房顶部设置红色声光报警灯，设备出束，

## 续表 10 辐射安全与防护

警报灯亮起的同时，有声音警示。

2#、3#、4#铅房内部和铅房外顶部均设有 1 组有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，铅房内安装具有声音报警功能的红色报警灯，设备出束时，红色灯闪烁并发出蜂鸣声音，表示设备为“照射”状态，蜂鸣器声音达到声音提示装置功能，铅房内外均能听到报警声音，并在适当位置张贴“预备”和“照射”信号意义的中文说明。

(2) 门机联锁：X 射线装置铅防护门设置门机联锁。铅门未关闭的情况下 X 射线不能出束；门关闭后，在 X 射线出束的情况下，铅门不能打开；门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

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

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

### (5) 紧急停机







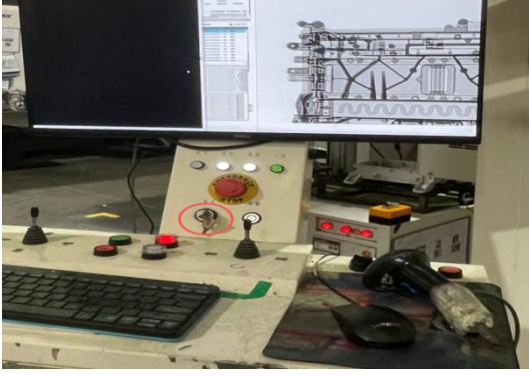
1#铅房屏蔽箱体外和内部易于接触的地方均设置 1 个急停按钮，2#、3#、4#铅房设备操作台上及屏蔽箱体内部易于接触的地方均设置 1 个急停按钮，按下按钮，X 射线高压电源立即被切断，设备停止出束。急停按钮旁设置中文标识和使用方法的相关说明。且设备内部的急停按钮具有紧急开门的功能，按下按钮，设备停止出束的同时，防护门会打开。设备内部急停按钮设置在靠防护门侧的位置，避开主射线方向，且设备后侧主要为机械运动构件，人员站立位置位于靠防护门侧，发生意外情况下，可不经主射线区域即按下急停按钮。

(6) 每套铅房均配置 1 套固定式场所辐射探测报警装置，其中，在每套铅房内安装 1 个固定式剂量报警仪探头。报警仪控制面板设置在操作台处，实时监控探伤机内辐射水平。相关设施情况详见图 10-4 所示。

续表 10 辐射安全与防护

	
<p>工作状态指示灯</p>	<p>急停按钮（铅房内）</p>
	
<p>急停按钮（铅房外）</p>	<p>钥匙</p>
	
<p>固定式场所辐射探测报警装置及探头</p>	
<p>1#铅房相关照片</p>	

续表 10 辐射安全与防护

	
<p>固定式场所辐射探测报警装置及探头</p>	
	
<p>工作状态指示灯</p>	
	
<p>急停按钮（铅房内）</p>	<p>急停按钮（铅房外控制台上）</p>
	
<p>钥匙</p>	
<p>2#、3#、4#相关照片</p>	
<p>图 10-4 相关设施照片</p>	

## 续表 10 辐射安全与防护

### 10.2.2.3 监控装置

每台设备铅房内角落均拟设置 1 个监控探头，显示器设置在操作台处，设备铅房空间较小，监控拟设置在铅房内一角，可以查看探伤设备内情况，同时操作台设置在铅房防护门所在方向上，工作人员可监视铅房入口和设备情况。

### 10.2.2.4 通风

UND160 型实时成像系统：铅房顶部自带有 1 个排风扇，位于铅房顶部东侧，将铅房内废气排至所在厂房内，依托厂房排风系统排出室外。排风扇的风量约  $15\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数约 10 次/h。

XG-160ST/C 型实时成像系统：铅房顶部自带有 1 个排风扇，位于铅房顶部，将铅房内废气排至所在厂房内，依托厂房排风系统排出室外。排风扇的风量约  $27\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数约 10 次/h。

铅房内换风次数应满足标准要求的不小于 3 次/h 的通风换气量，满足要求。

### 10.2.2.5 电离辐射警示标志

严格按照控制区和监督区实行“分区”管理，且在每台铅房门、探伤工作区域边界均张贴固定的电离辐射警示标志，用于警示公众成员非必要情况不要靠近该区域。

### 10.2.2.6 检修时的防护措施

设备检修由设备厂家进行，同时检修工作在宗申动力工作人员的陪同下完成。检修时，除检修人员和公司辐射工作人员外，要求无其他人员驻留。并在门外设置非请勿入的提示牌。检修后，要及时检查设备连锁有效性，确保连锁生效情况下再使用设备。

工作场所安全防护措施拟安装位置见图10-5。

续表 10 辐射安全与防护

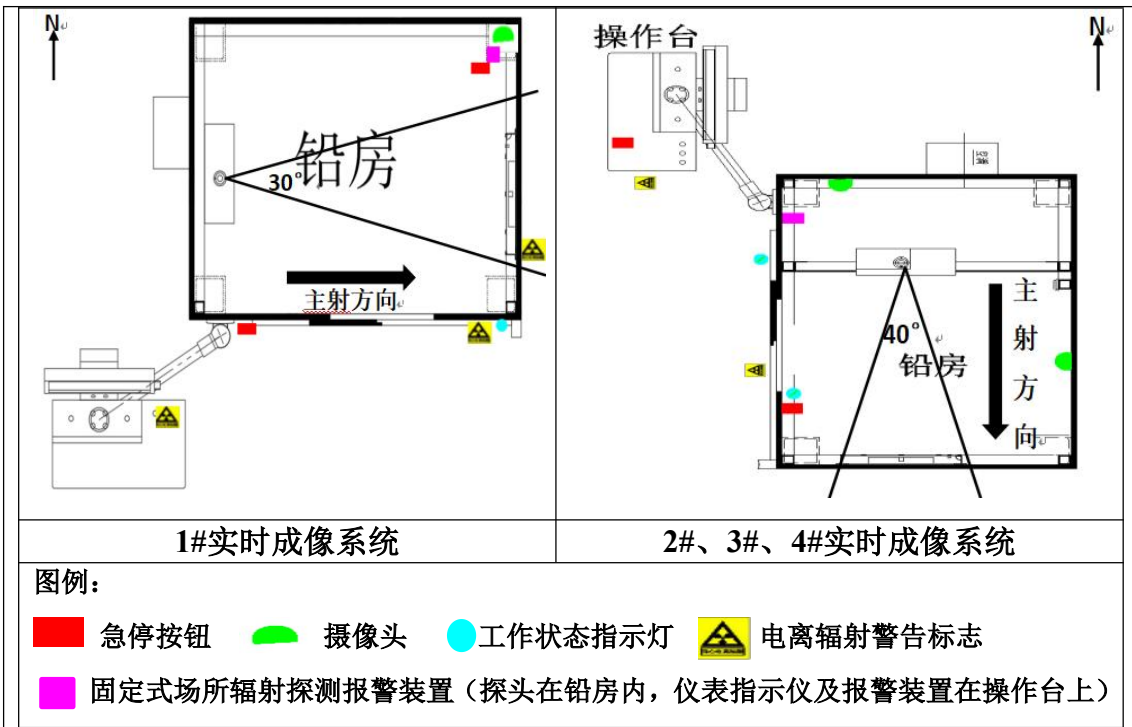


图10-5 工作场所辐射安全设施布置示意图

本项目辐射安全联锁逻辑见图 10-5。只有在铅门关闭、急停按钮复位和系统自检正常的情况下，设备才能启动，设备出束时，铅房内外工作状态指示灯（警示灯）中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，仪表指示仪进行光报警。设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关或铅门意外打开，设备会立即停止运行，铅房内外工作状态指示灯（警示灯）中红灯灭，固定式场所辐射探测报警装置的仪表警示仪无读数。

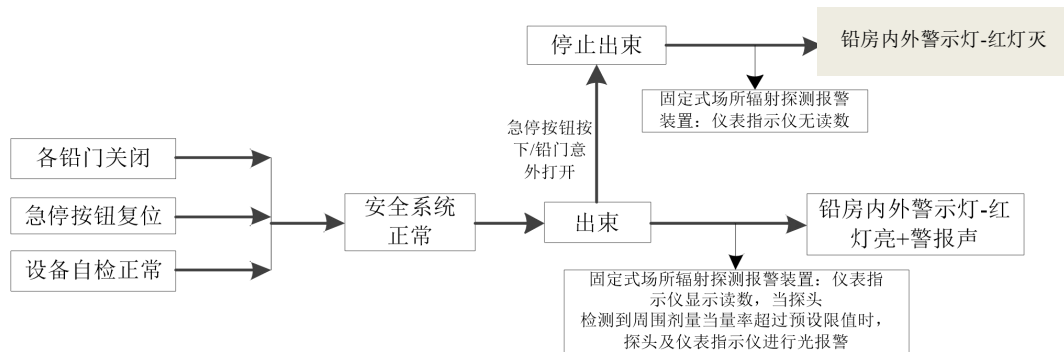


图 10-6 辐射安全联锁逻辑图

## 续表 10 辐射安全与防护

综上，本项目各 X 射线数字成像检测系统安全与防护设施布置见表 10-2。

### 10.3 个人防护用品及监测仪器

建设单位已为现有每名辐射工作人员配备了个人剂量计，公司还将根据本次评价增配相关设备，本项目监测仪器具体见表 10-2。

表 10-2 本项目监测仪器一览表

序号	名称	用途	现有	拟购置	本项目建成后
1	个人剂量计	工作期间辐射工作人员佩戴，记录个人受到的照射剂量。	2 枚	拟增 6 枚	8 枚
2	便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量巡测仪	铅房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。	3 台，已按要求每年质检	/	3 台
3	个人剂量报警仪	辐射工作人员佩戴，实时监测辐射剂量是否超标。	2 台	拟增 6 台	8 台
4	固定式辐射探测报警仪	实时监测各 X 射线数字成像检测系统铅房内的辐射剂量率并报警。	3 套	拟增 1 套	4 套

### 10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

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

根据表 10-3 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足参考《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）和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求。

### 10.5 三废的治理

本项目 X 射线数字成像检测系统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 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ17-2022)	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。	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。	建设单位已建立辐射安全与防护工作领导小组，已明确放射防护管理人员及其职责，已建立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。	建设单位现有辐射工作人员已按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，已按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护，拟为本项目增配 6 名辐射工作人员。
		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。	建设单位现有辐射工作人员已取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格，拟为本项目增配的辐射工作人员将按要求取得相应工作资格后再上岗。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	本项目已配备 3 台便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪、2 台个人剂量报警仪，拟为本项目补充配置 6 台个人剂量报警仪。
		4.6 应制定辐射事故应急预案。	建设单位已制定辐射安全应急预案。
	5 探伤机的放射防护要求	5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 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。	建设单位购买的 X 射线数字成像检测系统设备符合标准要求。
		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。	建设单位已制定 X 射线探伤装置操作规程，要求辐射工作人员开展工作前按要求检查相关项目。
		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	建设单位已制定设备维修保养制度，设备维修必须由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并按制度规定开展设备维护工作并做好

续表 10 辐射安全与防护

		护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；d) 应做好设备维护记录。	维护记录。
《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	6 固定式探伤的放射防护要求	6.1 探伤室放射防护要求	
		6.1.1 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。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。	本项目各 X 射线数字成像检测系统的安装位置已充分考虑了周围的辐射安全，操作台设置在铅房外，且均避开了有用线束照射方向。铅房屏蔽厚度已充分考虑了源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素，X 射线数字成像检测系统防护门的防护性能不低于同侧铅房的防护性能。
		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。	本项目拟将 X 射线数字成像检测系统铅房内部划为控制区，将铅房外相邻区域划为监督区，分区管理符合 GB 18871 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 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h。	根据后文核算，X 射线数字成像检测系统铅房和防护门的辐射屏蔽满足标准要求。
		6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 $\mu$ Sv/h。	根据后文核算，X 射线数字成像检测系统顶的辐射屏蔽满足标准要求，本评价 X 射线数字成像检测系统顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平保守取 2.5 $\mu$ Sv/h。
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	本项目所使用的固定式探伤设备拟设置门-机联锁装置，只有当防护门关闭后 X 射线装置高压才能启动并产生 X 射线。设备内设置的急停按钮有紧急停机和开门的双重功能，按下可停止出束并打开防护门。设备运行过程中，防护门意外开启，设备将停止出束。		

续表 10 辐射安全与防护

		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。	
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ17-2022)	6 固定式探伤的放射防护要求	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 X 射线数字成像检测系统铅房内空间较小，正常工作模式下人员无需进入铅房内。 1#铅房工件进出铅门配套观察窗（铅窗），可从铅房外观察内部情况，故 1#铅房仅铅房外顶部设置 1 组工作状态指示灯，工作状态指示灯与探伤机联锁，分为红黄绿三色，红色表示 X 射线出束警示，绿色代表设备有电但未出射线，黄色代表预备照射，并拟在工作灯旁设“红色：照射”、“黄色：预备”和“绿色：通电”的工作灯信号意义说明。 2#、3#、4#铅房内安装具有声音报警功能的红色报警灯，设备出束时，红色灯闪烁并发出蜂鸣声音，表示设备为“照射”状态，蜂鸣器声音达到声音提示装置功能，铅房内外均能听到报警声音，并在适当位置张贴“预备”和“照射”信号意义的中文说明。 工作状态指示灯和红色闪烁报警灯均与探伤机联锁。
		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。	本项目各操作台位于防护门旁，能实时观察到防护门外情况，因此，项目拟在各铅房内配备有 2 个监视摄像头，并连接到操作台旁计算机显示器，能全方位拍到铅房内的工作情况以及防护门的情况。
		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。	本项目 4 台 X 射线数字成像检测系统防护门上均设置有电离辐射警告标志和中文警示说明。
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6 固定式探伤的放射防护要求	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。	本项目各 X 射线数字成像检测系统铅房内均设置有 1 个红色蘑菇头急停按钮，出现紧急事故时，能立即停止照射。本项目各 X 射线数字成像检测系统铅房尺寸空间较小，人员在铅房内不需要穿过主射线束就能够直接按下急停按钮，急停按钮旁拟设置标签标明使用方法。
		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。	设备各个铅房自带机械通风装置，排风口位于铅房顶，远离人员活动的密集区，通风次数不低于 10 次/h，符合要求。

续表 10 辐射安全与防护

		<p>6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。</p>	<p>本项目各 X 射线数字成像检测系统配套 1 套固定式场所辐射探测报警装置。</p>
		<p>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。</p>	<p>建设单位已制定操作规程，辐射工作人员检查 X 射线数字成像检测系统防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。</p>
		<p>6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。</p>	<p>本项目正常工作模式下人员无需进入铅房，已制定设备维修保养制度要求维修人员进入铅房维修时佩戴常规个人剂量计、个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪，当剂量率达到设定的报警阈值报警时，维修人员应立即退出铅房，同时防止其他人进入铅房，并立即向辐射防护管理人员报告。</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>建设单位已制定监测方案，定期测量铅房外周围区域的剂量率水平，包括操作台和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较，当测量值高于参考控制水平时，立即终止探伤工作并向辐射防护管理人员报告。</p>
<p>《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)</p>	<p>6 固定式探伤的放射防护要求</p>	<p>6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。</p>	<p>建设单位已制定监测计划，规定交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作，则不得开始探伤工作。</p>
		<p>6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。</p>	<p>本项目 X 射线数字成像检测系统的准直器等辐射防护装置与设备一体化设置，辐射工作人员不能随意拆除。</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>建设单位制定了操作规程，规定在每一次照射前，辐射工作人员都需确认铅房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>

续表 10 辐射安全与防护

		<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>本项目检测工件均为小型工件，X 射线数字成像检测系统防护门和铅房空间尺寸均能满足工件进出，不存在开门探伤情形。</p>
		<p>6.3 探伤设施的退役 当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容： c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。</p>	<p>本项目不再使用后，X 射线数字成像检测系统去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。建设单位还应按照监管部门要求办理后续手续。清除工作场所内电离辐射警告标志和安全告知等各类说明。</p>
<p>《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T2 50-2014)</p>	<p>3 探伤室屏蔽要求</p>	<p>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零星小型工件探伤室，可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。</p>	<p>本项目的各铅房设置为钢+铅+钢结构。且铅房面积小，工件需要通过载物轨道由托盘运进检测设备，检测工件较小，工件摆放时辐射工作人员不会进入铅房，因此各铅房仅设置 1 个门。</p>
		<p>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。</p>	<p>本项目各 X 射线数字成像检测系统操作台均设置在铅房旁，均避开了有用线束照射的方向。</p>
		<p>3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。</p>	<p>本项目 X 射线数字成像检测系统缝隙采用错位重叠搭接方式，穿墙孔洞均采取屏蔽补偿措施。</p>
		<p>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该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。</p>	<p>本项目各 X 射线数字成像检测系统均为单管头设备，已按最高管电压和管电流设计屏蔽。</p>
		<p>3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。</p>	<p>本项目各 X 射线数字成像检测系统屏蔽材料为铅和钢板。</p>
<p>《职业性外照射个人监测规范》</p>	<p>5.3 佩戴</p>	<p>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。</p>	<p>本项目辐射工作人员主要辐射来自铅房内 X 射线，为辐射工作人员配备了个人剂量计，要求辐射工作人员佩戴在胸口位置。</p>

**续表 10 辐射安全与防护**

(GBZ12 8-2019)	7.3 实施 监测 过程 的质 量保 证	7.3.2 个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射	个人剂量计在非工作期间保管于远离 X 射线数字成像检测系统的区域。
-------------------	--	--------------------------------	-----------------------------------

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设备的安装和调试。施工过程中主要有施工机械噪声、包装垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。施工人员产生的少量生活废水依托厂区现有污水处理设施处理，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾一起统一交由环卫部门处理。因本项目施工期短、工程量小，施工范围小，且随着施工期的结束而结束，因此施工对环境产生的影响小。

设备调试期产生的 X 射线影响与运行阶段相同，不需单独进行核算，设备调试期需加强管理。

**运行阶段对环境的影响**

**11.1 屏蔽能力理论预测**

**11.1.1 辐射屏蔽核算公式**

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

(1) 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 (11-1) 计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots(11-1)$$

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——见附录表 B.2 或辐射防护导论表 3.5 内插计算。

(2) 有用线束

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式 (11-1) 计算，有用线束在关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按式 (11-2) 计算：

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

式中：

## 续表 11 环境影响分析

I—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；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

### （3）泄漏辐射屏蔽

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（11-1）计算，关注点的泄漏辐射剂量率  $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-3）计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots(11-3)$$

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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）见表 1。

### （4）散射辐射屏蔽

c) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（11-1）计算，关注点的散射辐射剂量率  $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-4）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_o^2} \dots\dots\dots(11-4)$$

式中：

I—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

## 续表 11 环境影响分析

散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率之比。

$R_0$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

### 11.1.2 屏蔽防护核算参数

#### ①核算距离、方向等条件参数

本项目配置 UND-160 型定向 X 射线实时成像系统（1#实时成像系统）额定功率 480W，最大运行电压为 160kV 对应的运行电流为 3mA；X 射线发生器和平板探测器分别固定在铅房西侧和东侧，不可移动和转动；根据表 9-1，X 射线发射角为  $15^\circ$ （辐射角为  $30^\circ$ ），主射线影响范围为铅房东侧。本项目配置 XG—160ST/C 型定向 X 射线实时成像系统（2#实时成像系统，3#实时成像系统，4#实时成像系统）额定功率 480W，最大运行电压为 160kV 对应的运行电流为 3mA。X 射线发生器和平板探测器分别固定在铅房北侧和南侧，不可移动和转动；根据表 9-1，X 射线发射角为  $20^\circ$ （辐射角为  $40^\circ$ ），主射线影响范围为铅房南侧。

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。

计算点位示意图 11-1、图 11-2。

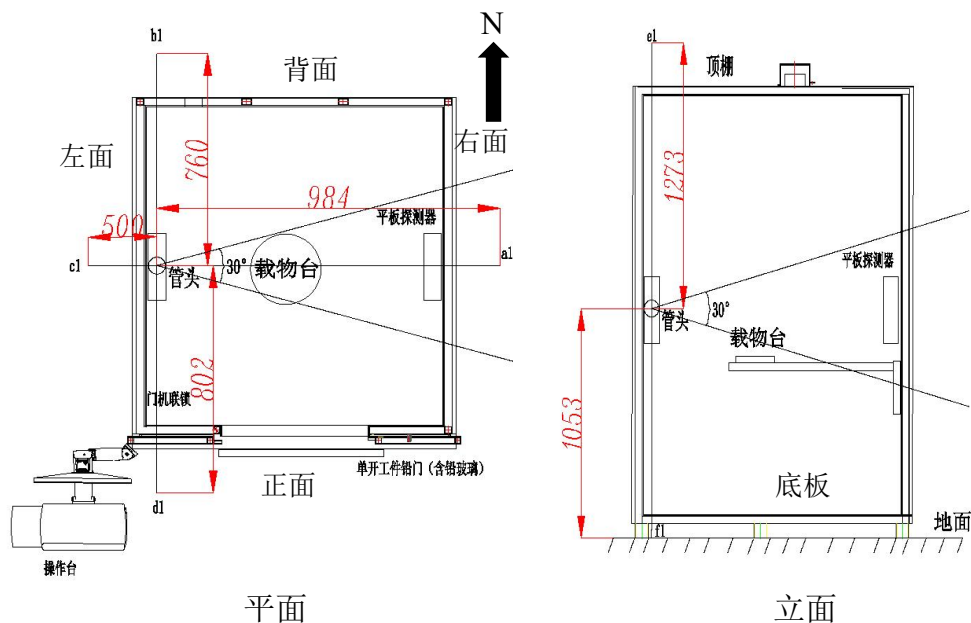


图 11-1 UND-160 型定向 X 射线实时成像系统计算参考点位图

续表 11 环境影响分析

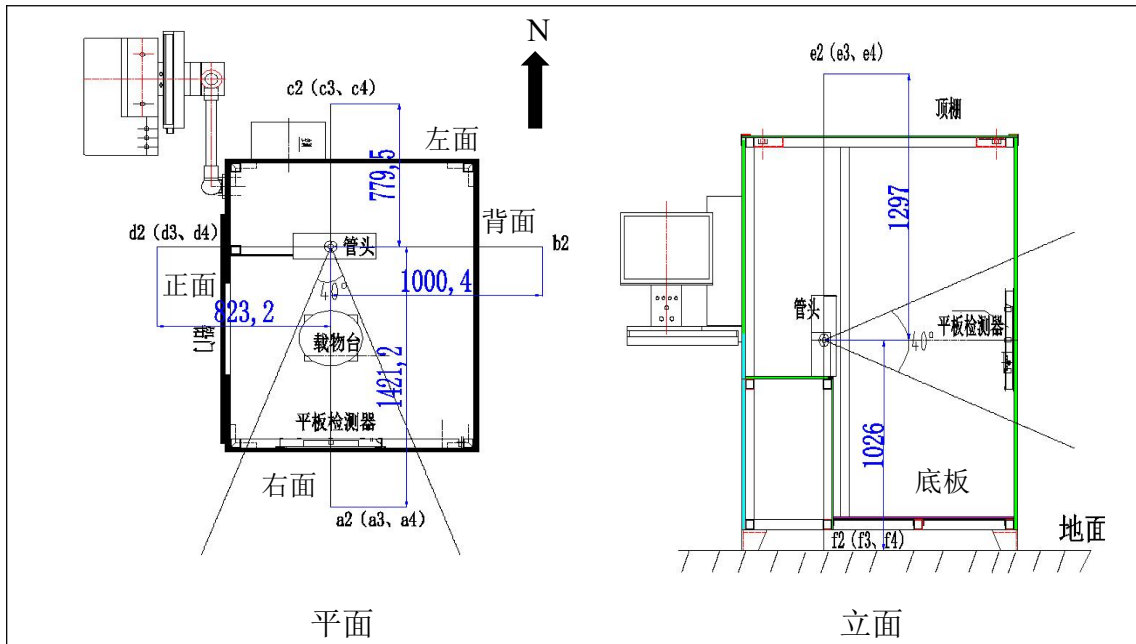


图 11-2 XG—160ST/C 型定向 X 射线实时成像系统计算参考点位图  
表 11-1 核算距离一览表

考察点		核算距离 m	
<b>1#铅房</b>			
铅房东侧 (a1)	屏蔽体外 30cm	主射	0.98 (图上量出)
铅房北侧 (b1)	屏蔽体外 30cm (含铅门)	散射、漏射	0.76 (图上量出)
铅房西侧 (c1)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	0.5 (图上量出)
铅房南侧 (d1)	屏蔽体外 30cm (含铅门、铅窗)	散射、漏射	0.8 (图上量出)
铅房顶棚 (e1)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	1.27 (图上量出)
铅房底板 (f1)	屏蔽体外到地面距离	散射、漏射	1.05 (图上量出)
<b>2#、3#、4#铅房</b>			
铅房南侧 (a2、a3、a4)	屏蔽体外 30cm	主射	1.42 (图上量出)
铅房东侧 (b2、b3、b4)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	1 (图上量出)
铅房北侧 (c2、c3、c4)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	0.78 (图上量出)
铅房西侧 (d2、d3、d4)	屏蔽体外 30cm (含铅门)	散射、漏射	0.82 (图上量出)
铅房顶棚 (e2、e3、e4)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	1.30 (图上量出)

续表 11 环境影响分析

e4)			
铅房底板 (f2、f3、f4)	屏蔽体外到地面距离	散射、漏射	1.03 (图上量出)

备注：①距离保留两位小数；②由于本项目所有铅房下方为实土层，底板核算仅考虑到地面的位置。

②其他相关参数

本项目屏蔽体核算过程中的其他参数见表 11-2 所示。

表 11-2 屏蔽核算相关参数

参数	数值				来源	
设备基础参数	UND-160 型定向 X 射线实时成像系统		额定电压 160kV，电流 3mA		建设单位提供	
	XG—160ST/C 型定向 X 射线实时成像系统		额定电压 160kV，电流 3mA			
G (mGy·m <sup>2</sup> /mA·min)	6.4 (0.5mm 铜过滤条件下)				设备厂家提供	
	19 (2mm 铝过滤条件下)					
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)) ①	160kV (0.5mm 铜过滤条件下) : 3.84×10 <sup>5</sup>					
	160kV (2mm 铝过滤条件下) : 1.14×10 <sup>6</sup>					
$\frac{R_0^2}{F \times \alpha}$	UND-160 型: 100				R <sub>0</sub> =0.4m, F=3.14×0.11×0.11=0.04m <sup>2</sup> , 参照 GBZ/T250-2014 附录 B.4.1, 保守取 α=1.6×10 <sup>-3</sup> ×10000/400=0.04	
	XG—160ST/C 型: 50				GBZ/T250-2014 附录 B.4.2 (保守按 200~400kV)	
泄漏辐射剂量率 H <sub>L</sub> (μSv/h)	2.5×10 <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	150				GBZ/T250-2014 表 2	
什值层 (TVL) 半值层 (HVL) ②		TVL (mm)		HVL (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	铅	钢	
	160kV	1.05	12.5	0.32	/	
150 kV	0.96	10	0.29	/		

备注：①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250—2014) 及 2017 年修改单中表 B.1: 在本标准中以等量值的 mSv·m<sup>2</sup>/mA·min 进行屏蔽计算，因此本次 Sv/Gy 转换系数取 1。②为采用内插法计算得到。③XG—160ST/C 型实时成像系统 X 射线最大辐射角为 40°，R<sub>0</sub><sup>2</sup>/Fα 的值按照 B.4.2 的常用值 (50) 取值较保守，本报告按此取值计算，不单独细化

## 续表 11 环境影响分析

计算。

### ③铅房屏蔽防护效能核实原则

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)。

#### 11.1.4 铅房屏蔽防护核算结果

本项目 X 射线数字成像检测系统屏蔽防护效能核算结果见表 11-3。

表 11-3 X 射线数字成像检测系统屏蔽效能核算表

关注点	剂量率 参考控制水平 Hc ( $\mu\text{Sv/h}$ )	距离 (m)	计算厚度 (mmPb)		设计厚度	设计厚度下关注点周围 剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		是否 达到 屏蔽 要求	
1#铅房 (UND-160 型)									
a1	主射	2.5	0.98	5.5	5.5	8mmPb+5mm 钢	$1.15 \times 10^{-2}$	$1.15 \times 10^{-2}$	是
b1	散射	2.5	0.76	3.3	3.62	5mmPb+5mm 钢	$3.90 \times 10^{-2}$	$6.89 \times 10^{-2}$	是
	漏射	2.5	0.76	3.0			$2.98 \times 10^{-2}$		
c1	散射	2.5	0.5	3.6	3.92	5mmPb+5mm 钢	$9.02 \times 10^{-2}$	0.16	是
	漏射	2.5	0.5	3.4			$6.89 \times 10^{-2}$		
d1	散射	2.5	0.8	3.2	3.52	5mmPb+5mm 钢	$3.52 \times 10^{-2}$	$6.21 \times 10^{-2}$	是
	漏射	2.5	0.8	2.9			$2.69 \times 10^{-2}$		
	散射	2.5	0.8	3.7	4.02	5mmPb	$1.11 \times 10^{-1}$	0.18	是
	漏射	2.5	0.8	3.4			$6.76 \times 10^{-2}$		
e1	散射	2.5	1.27	2.8	3.12	5mmPb+5mm 钢	$1.40 \times 10^{-2}$	$2.47 \times 10^{-2}$	是
	漏射	2.5	1.27	2.5			$1.07 \times 10^{-2}$		
f1	散射	2.5	1.05	3.0	3.32	5mmPb+5mm 钢	$2.05 \times 10^{-2}$	$3.61 \times 10^{-2}$	是
	漏射	2.5	1.05	2.7			$1.56 \times 10^{-2}$		

续表 11 环境影响分析

2#、3#、4#铅房 (XG—160ST/C 型)									
a2、 a3、 a4	主射	2.5	1.42	5.7	5.7	8mmPb+4.5m m 钢	0.02	0.02	是
b2、 b3、 b4	散射	2.5	1	3.8	4.12	5mmPb+4.5m m 钢	0.15	0.17	是
	漏射	2.5	1	2.8			0.02		
c2、 c3、 c4	散射	2.5	0.78	4.0	4.32	5mmPb+4.5m m 钢	0.25	0.28	是
	漏射	2.5	0.78	3.0			3.1×10 <sup>-2</sup>		
d2、 d3、 d4	散射	2.5	0.82	4.0	4.32	5mmPb+4.5m m 钢	0.22	0.25	是
	漏射	2.5	0.82	3.0			0.03		
e2、 e3、 e4	散射	2.5	1.30	3.6	3.6	5mmPb+4.5m m 钢	0.09	0.10	是
	漏射	2.5	1.30	2.5			0.01		
f2、 f3、 f4	散射	2.5	1.03	3.4	3.72	5mmPb+8.5m m 钢	0.06	0.07	是
	漏射	2.5	1.03	2.4			0.01		

备注：①计算厚度保守考虑仅计算铅。当散射和漏射计算结果相差不足一个半值层时，在较高值的基础上增加一个半值层。②\*表示射线管背面补偿 3mmPb，但本次计算保守考虑不将该补偿铅板计入屏蔽。③根据 GBZ/T250-2014 图 B.1 透射曲线图及本项目设备最大管电压，本项目主射线方向的透射因子低于曲线内最小数值，因此本项目主射线方向的屏蔽体厚度无法在图上查出相应的透射因子，保守以本报告公式 11-3 理论计算所得。

根据上表可知，本项目专用铅房四周墙体、顶棚、铅门、观察窗（铅窗）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 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，故本次评价不考虑天空散射。

另据建设单位 2025 年度放射防护检测报告（渝质控（放检）字（2025）12701 号，支撑性材料附件 4-3），现场监测结果表明，专用铅房四周墙体、顶棚、铅门外 30cm 处周围剂量当量率均小于 0.05μSv/h，进一步验证本项目专用铅房屏蔽防护措施满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）屏蔽防护的要求。

### 11.2 年有效剂量估算

## 续表 11 环境影响分析

### 11.2.1 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：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \dots\dots\dots(11-5)$$

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。

### 11.2.2 估算结果

由于本项目配备的辐射工作人员可能会操作四台设备。故本次计算铅房外辐射工作人员剂量时考虑两种情况：①1 组辐射工作人员仅操作 1 台设备，估算表见表 11-4（1）；②考虑最不利情况，4 台设备均由同 1 组辐射工作人员操作，估算表见表 11-4（2）。

**表 11-4（1） 设备工作时铅房外辐射工作人员剂量估算表**

UND-160 型						
估算人员	外环境	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	操作台	西南	0.16	250	1	0.04
XG—160ST/C 型						
估算人员	外环境	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	操作台	西北	0.28	250	1	0.07

备注：操作台辐射工作人员剂量率取值相邻方向的最大值。

**表 11-4（2） 设备工作时铅房外辐射工作人员剂量估算表**

估算人员	年有效剂量 mSv/a				总年有效剂量 mSv/a
	UND-160 型	XG—160ST/C 型			
辐射工作人员	0.04	0.07	0.07	0.07	0.25

根据上表可知，考虑最不利情况，4 台设备均由同 1 组辐射工作人员操作，本项目辐射工作人员受到本项目的年附加有效剂量为 0.25mSv/a，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。周受照剂量最高为 15.8μSv，远小于本项目辐

## 续表 11 环境影响分析

射工作人员周剂量管理目标值  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求。

根据建设单位提供资料，现有辐射工作人员自 2025 年全年度的年剂量在  $0.05\text{-}0.79\text{mSv}$ ，小于本项目辐射工作人员年剂量管理目标值  $5\text{mSv}/\text{a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

建设单位应在后续运行中加强管理，并定期对铅房周围开展辐射环境监测，确保设备安全运行，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，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。

### （2）公众成员

根据前文的核算，单台设备在运行工况下，铅房外各关注点的周围剂量当量率均处于较低水平。本项目各设备间均有一定的距离，在考虑距离衰减效应后，各环境保护目标处的周围剂量当量率进一步降低。即使在多台设备同时运行的条件下，公众成员可能受到的年附加有效剂量仍远低于相关标准限值。

本项目周围公众成员剂量估算结果见表 11-5。

表 11-5 公众成员剂量估算表

分类	保护目标名称	方向	最近水平距离约 (m)	保护目标处周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	周最大曝光时间 (h)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	周剂量 ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	年有效剂量 ( $\text{mSv}/\text{a}$ )
1# 铅房	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	东侧	2-36	$1.24\times 10^{-3}$	5	250	1	$6.21\times 10^{-3}$	$3.10\times 10^{-4}$
	零部件事业部三坐标检测室、设备动力部等		36-50	$8.06\times 10^{-6}$	5	250	1	$4.03\times 10^{-5}$	$2.02\times 10^{-6}$
	锯床、淬火、切割区以及会议办公区、	南侧	2-50	$1.46\times 10^{-2}$	5	250	1	$7.31\times 10^{-2}$	$3.65\times 10^{-3}$

续表 11 环境影响分析

2#、3#、4#铸房	PUT 箱生产线等								
	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	西侧	2-50	$6.36 \times 10^{-3}$	5	250	1	$3.18 \times 10^{-2}$	$1.59 \times 10^{-3}$
	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	北侧	2-46	$5.22 \times 10^{-3}$	5	250	1	$2.61 \times 10^{-2}$	$1.31 \times 10^{-3}$
	厂区道路及绿化		46-50	$1.82 \times 10^{-5}$	5	250	1/1 6	$5.68 \times 10^{-2}$	$2.84 \times 10^{-7}$
	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	东侧	2-40	$1.88 \times 10^{-2}$	5	250	1	$9.39 \times 10^{-3}$	$4.70 \times 10^{-3}$
	零部件事业部三坐标检测室、设备动力部、机加一部办公室等		12-44	$1.00 \times 10^{-3}$	5	250	1	$5.00 \times 10^{-3}$	$2.50 \times 10^{-4}$
	停车场及厂区道路		44-50	$8.35 \times 10^{-5}$	5	250	1/1 6	$4.18 \times 10^{-4}$	$2.09 \times 10^{-5}$
	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	南侧	2-42	$3.07 \times 10^{-3}$	5	250	1	$1.53 \times 10^{-2}$	$7.67 \times 10^{-4}$
	锯床、淬火、切割区等		42-50	$1.90 \times 10^{-5}$	5	250	1	$9.52 \times 10^{-5}$	$4.76 \times 10^{-6}$
	四代箱体、中心箱体等生产线及过道	西侧	2-50	$2.13 \times 10^{-2}$	5	250	1	$1.06 \times 10^{-1}$	$5.32 \times 10^{-3}$
四代箱体、中心箱体等生产线及过道	北侧	2-10	$2.19 \times 10^{-2}$	5	250	1	$1.09 \times 10^{-1}$	$5.47 \times 10^{-3}$	
厂区道路及绿化		10-18	$1.46 \times 10^{-3}$	5	250	1/1 6	$7.28 \times 10^{-3}$	$3.67 \times 10^{-4}$	
总装车		18-50	$4.79 \times 10^{-4}$	5	250	1	$2.40 \times 10^{-3}$	$1.20 \times 10^{-4}$	

续表 11 环境影响分析

间								
备注：预测距离及参数选择按照最不利进行考虑，车间生产线工作区居留因子取 1，厂外外部道路居留因子取 1/16。								
<p>根据估算可知，本项目公众成员受到的年附加有效剂量最大约 <math>2.19 \times 10^{-2} \text{mSv}</math>（单台为 <math>5.47 \times 10^{-3} \text{mSv}</math>，考虑最不利情况为 4 台叠加值），小于本项目公众成员年有效剂量管理目标值 <math>0.1 \text{mSv/a}</math>，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。周受照剂量最高为 <math>4.36 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}</math>（单台为 <math>1.09 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}</math>，考虑最不利情况为 4 台叠加值），满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求。</p>								
<h3>11.3 对周围环境保护目标的影响分析</h3> <p>本项目各环境保护目标受到的辐射影响估算结果见表 11-5。根据估算可知，本项目各 X 射线数字成像检测系统周围 50m 范围内环境保护目标处公众成员受到本项目的附加年有效剂量低于 <math>0.1 \text{mSv/a}</math>。估算结果只考虑了距离的衰减，实际上 X 射线在传播过程中可能有其他设备等的阻挡。因此，项目周围 50m 范围内环境保护目标的影响较小，对环境的影响可以接受。</p>								
<h3>11.4 其他影响</h3> <h4>（1）废气对环境的影响分析</h4> <p>在探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（<math>\text{O}_3</math>）和氮氧化物（<math>\text{NO}_x</math>）。X 射线实时成像系统工作时产生的废气。</p> <p>本项目设置的各个铅房有良好的通风，铅房换气次数不低于 10 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。能够保证铅房内空气的流通，使少量的 <math>\text{O}_3</math>、<math>\text{NO}_x</math> 得以快速扩散，曝光时产生的废气不会对铅房外工作人员造成不利影响。</p> <p>因此，项目废气依托 102 厂房内部的排风系统排至室外，对周围环境影响小。</p>								
<h4>（2）废水环境影响</h4> <p>本项目无生产废水产生，辐射工作人员在现有劳动定员内，其产生的少量生活污水经污水处理站处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准再排入鱼洞污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入长江，对地表水环境影响较小。</p>								

## 续表 11 环境影响分析

### (3) 噪声影响

本项目各个铅房均设置排风扇进行通风换气，排风扇为低噪声设备，风机设置在厂房内，距离厂界较远，经距离衰减和厂房隔声等措施后，对厂界噪声的贡献较小。

因此，本项目对厂界噪声的贡献很小，周围 50 米范围内也无声环境敏感目标，项目对区域声环境影响较小。

### (4) 固废环境影响

本项目工作人员产生的生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。X 射线数字成像检测系统报废后建设单位按照相关要求对设备去功能化，保留相关手续，并做好记录存档。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。

## 11.5 实践正当性分析

本项目使用 X 射线数字成像检测系统的目的是对所生产的电控箱体等工件的无损探伤检测，以确保产品质量与安全。项目 X 射线数字成像检测系统的应用，对产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，项目建设进一步为公司生产质量提供无损探伤检测保障，对其产品质量保证可以起到十分重要的作用，具有明显的社会效益；同时也将为建设单位创造更大的经济效益。项目采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。

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

## 11.6 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本）“第一类 鼓励类”中“三十一、科技服务业”中的第 1 条“质量认证和检验检测服务”，项目 X 射线数字成像检测系统用于建设单位生产产品质量检测，属于产业结构调整指导目录中的鼓励类。项目建设符合国家产业政策。

## 11.7 事故影响分析

### (1) 风险事故类型

## 续表 11 环境影响分析

本项目出现的辐射事故主要是辐射工作人员或公众成员遭到误照射从而受到不必要的超剂量照射。

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

### ①安全联锁装置失效

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

### ②人员滞留铅房内

辐射工作人员或设备维修人员通过防护门进入铅房内，开机出束前辐射工作人员未对铅房内部进行充分确认，从而导致滞留在铅房内的人员被误照射。

### ③屏蔽体出现膨胀变形

本项目 X 射线数字成像检测系统铅房各屏蔽体使用多年以后，可能因铅的自重等原因引起屏蔽体搭接、铆钉等处空隙增大，从而漏出射线，使铅房周围的人员受到误照射。

### ④X 射线管丧失自身屏蔽

X 射线管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上的屏蔽块移走，使 X 射线管丧失自身屏蔽作用，导致铅房周围均受主射线照射，导致部分屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

## (2) 后果分析

本项目 4 台 X 射线数字成像检测系统虽然放在一个厂房内，但 4 台设备同时发生同种事故情形的可能性很小，因此本次主要考虑为单台设备事故情形，并选择某一事故情况下，最不利设备条件进行核算。

### 事故情景①安全联锁失效

考虑最不利情况，安全联锁装置失效的事故下，设备考虑最大管电压 160kV

## 续表 11 环境影响分析

和最大管电流 3mA 运行，事故时间考虑为单次检测出束时间 3s。考虑防护门在未关闭情况下开展检测工作，防护门不在主射方向上，考虑散射、漏射，铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-7。

表 11-7 铅房处人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	防护门处剂量率值 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	误照射时间	吸收剂量 (Gy)
UND-160 型	联锁装置失效	$2.19 \times 10^4$	3s	$1.83 \times 10^{-5}$
XG—160ST/C 型		$1.05 \times 10^5$	3s	$8.79 \times 10^{-5}$

### 事故情景②人员误入

因各种原因，X 射线装置运行时，人员滞留在铅房内发生误照射情况，考虑最不利情况，考虑最大管电压 160kV，最大管电流 3mA 运行，事故时间考虑为 3s，并考虑人员在距离辐射源点 0.5m 处受到误照射（主射线）。铅房内人员误照射最大剂量估算情况见表 11-8。

表 11-8 铅房内人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	误照射时间	吸收剂量 (Gy)
UND-160 型	人员滞留铅房内	$4.61 \times 10^6$	3s	$3.84 \times 10^{-3}$
XG—160ST/C 型		$1.37 \times 10^7$	3s	$1.14 \times 10^{-2}$

### 事故情景③屏蔽体变形

当铅屏蔽体出现膨胀变形后且长时间未发现，即射线不经过屏蔽对铅房外的人员进行误照射情况，操作人员携带个人剂量报警仪，能及时发现并紧急关停设备出束，但当未佩戴个人剂量报警仪，也可能导致无法及时发现该种事故。同时非工作人员驻留区域发生此事故情形时，也很难被公众发现，因此造成此事故的发生。

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

表 11-9 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表

事故情景	剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	误照射时间	吸收剂量 Gy
UND-160 型设备	$1.2 \times 10^6$	3s	$1.00 \times 10^{-3}$

**续表 11 环境影响分析**

屏蔽体膨胀变形		1h (60min)	1.20
XG—160ST/C 型 设备屏蔽体膨胀 变形	1.7×10 <sup>6</sup>	3s	1.41×10 <sup>-3</sup>
		1h (60min)	1.70

**事故情景④球管丧失自身屏蔽**

设备 X 射线球管丧失自身屏蔽，使非主射方向也受到主射线照射，按最大管电压和最大管电流运行，单次事故时间考虑为 3s，选择距离 X 射线球管最近的一侧以及铅房屏蔽防护能力最弱处（铅窗）进行试算，X 射线球管最近的一侧更不利，故选择距离 X 射线球管最近的一侧作为关注点。假定未发现该事故情形的时长为 1 天（设备一天检测时间取 60min），人员可能受到更大剂量照射。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-10。

**表11-10 铅房外人员误照射最大剂量估算表**

名称	事故情景	受照时间 (h)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
UND-160 型	X 射线球管丧失自身屏蔽	3s	2.65×10 <sup>-8</sup>	2.65×10 <sup>-8</sup>
		1h (60min)	3.17×10 <sup>-5</sup>	3.17×10 <sup>-5</sup>
XG—160ST/C 型	X 射线球管丧失自身屏蔽	3s	3.54×10 <sup>-8</sup>	3.54×10 <sup>-8</sup>
		1h (60min)	4.25×10 <sup>-5</sup>	4.25×10 <sup>-5</sup>

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

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率(而非其严重程度)与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在组织反应阈剂量。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受

## 续表 11 环境影响分析

照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈剂量的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，减少随机性效应产生的概率。

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

### (4) 事故分级

结合前面事故情景的剂量估算，射线不经过屏蔽对铅房外的人员进行误照射情况下，辐射工作人员及公众成员受到吸收剂量最高为 1.70Gy，对辐射工作人员及公众成员发生误照射不会导致较严重的辐射损伤，可能增加发生随机性效应的概率。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定，本项目可能发生辐射事故等级为一般辐射事故，不会导致较严重的辐射损伤。

### (5) 辐射事故防范措施

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

①定期检查设备的门机联锁、钥匙开关、急停按钮、工作状态指示灯和声音

## 续表 11 环境影响分析

提示装置等安全措施的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对于本项目涉及的安全控制措施各机构及电控系统，制定定期检查和维护的制度，确保安全装置随时处于正常工作状态。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。

②严格按照操作规程开展工作，除维修情况下，设备内不进入，设备出束前必须确认铅房内无人员滞留，关闭防护门后才能开始进行出束操作。如发生出束时维修人员滞留铅房内的事故时，立即按下急停按钮，设备断电，门机连锁失效，人员可以在设备内手动推开防护门离开。

③日常工作和设备维修时，辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。工作人员进入设备内维修时还应携带便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪。

④利用便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪，定期巡查 X 射线数字成像检测系统屏蔽体的屏蔽效能，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作业。

⑤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，保证按照要求进行无损探伤检测工作。

## 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》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。

建设单位已成立辐射安全与防护工作领导小组负责本项目的辐射安全与环境保护管理工作，管理机构主要职责包括以下几个方面：

(1) 做好辐射工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作；

(2) 组织实施本公司辐射工作人员上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康检查建立个人健康监护档案，做到一人一档；

(3) 定期对辐射安全与防护工作进行督查，检查本公司辐射工作人员的技术操作情况，指导做好辐射工作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

建设单位成立的辐射安全与防护工作领导小组满足相关要求，本项目建成后纳入其管理范围。

### 12.2 辐射工作人员配置

根据调查，建设单位现有7名辐射工作人员，均按照使用II类射线装置要求进行了自主培训考核，均在考核有效期内；建设公司拟为本项目增配6名辐射工作人员。本评价要求建设单位按照使用II类射线装置管理要求安排从事本项目的辐射工作人员按照《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》要求通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识和报名并参加相应类别考核，考核合格后方能上岗，并定期参加复训。

### 12.3 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，建

## 续表 12 辐射安全管理

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

建设单位已经制定了《辐射安全与防护管理领导小组职责》（该制度中明确领导小组职责）、《X射线实时成像检测装置安全防护管理制度》、《X射线实时成像检测装置操作人员健康管理规定》、《辐射安全事故应急预案》、《个人剂量检测、工作场所检测及场所外的环境检测计划和频度》、《人员培训计划》、《操作规程》、《设备检修维护制度》、《台账管理制度》、《X射线探伤工岗位职责》、《辐射安全防护监测方案》等辐射安全管理规章制度。建设单位的辐射安全管理制度基本健全且具有可操作性，满足本项目辐射安全管理要求，在此之前建设单位一直按照各项管理制度执行落实，到目前为止未曾发生过辐射事故。

本评价要求建设单位根据运行管理需求进一步适时修订完善并落实相关辐射安全管理规章制度。

### （2）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，建设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。

建设单位已制定《个人健康及个人剂量管理制度》，现有辐射工作人员已进行了个人剂量监测，未发现个人剂量监测结果异常。建设单位应要求本项目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。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。

## 续表 12 辐射安全管理

### (3) 职业健康检查

建设单位已制定《个人健康及个人剂量管理制度》，现有 7 名辐射工作人员均进行了职业健康体检，其结论为“可继续原放射工作”。建设单位应继续对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) 年度评估

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

建设单位《辐射防护与安全保卫制度》中包含年度评估相关规定，并按照规定已提交过《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，年度评估报告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，符合要求。建设单位每年均在规定时间内完成《年度评估》文件的编制和上报工作，后续应继续按照规定按时提交《年度评估》文件。本项目建成后，拟将本项目纳入年度评估管理中。

### (5) 档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

建设单位现有 7 名辐射工作人员建立了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。

建设单位已建立了辐射环境管理档案，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

## 续表 12 辐射安全管理

案”“培训档案”“年度评估”“辐射应急资料”。

为保持档案的动态更新，单位需及时完善个人辐射监测与辐射场所监测台账，并确保所有资料归档保存。同时，辐射工作人员应及时填写辐射工作人员巡查记录，及时完善辐射工作人员巡查台账，并归档保存

### (6) 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其全体工作人员的责任心。对于核技术利用项目核安全文化建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化，核安全文化表现在从事核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，增强并保持核安全意识。

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

具体操作参考如下：

- ①建设单位应组织核安全文化培训，制定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实到员工的工作过程中，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

## 续表 12 辐射安全管理

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。	已成立辐射安全与防护工作领导小组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。	已制定人员培训计划，拟增配的操作本项目Ⅱ类射线装置辐射工作人员应按要求参加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。	本项目 X 射线数字成像检测系统设置门机联锁、钥匙开关、工作状态指示灯和声音提示装置、急停按钮、固定式场所辐射探测报警装置、电离辐射警告标志等防止误操作、防止辐射工作人员和公众受到意外照射的安全措施。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	本项目已配备了 2 枚个人剂量计、3 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪、3 套固定式场所辐射探测报警装置等，拟增加配备 6 枚个人剂量计、1 套固定式场所辐射探测报警装置等监测仪器。
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。	建设单位建立了操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护保养制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等辐射安全管理规章制度。
有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射安全应急预案，拟进行修订完善。

根据表 12-1 可知，建设单位已建立有相应的辐射环境管理体系，已具备了一定的能力，但建设单位还应针对本项目射线装置的特点，认真落实上述要求后方具备从事本项目辐射活动的能力。

### 12.5 辐射监测

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

建设单位已制定监测计划，并按监测计划的要求开展了个人剂量监测和工作

## 续表 12 辐射安全管理

场所的辐射环境监测，根据个人剂量检测报告，辐射工作人员受照剂量低于建设单位的年有效剂量管理目标值，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，根据对已运行设备的工作场所的辐射环境监测，各个工作场所的监测点均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）要求。建设单位已配备 1 台便携式 X- $\gamma$  辐射剂量率仪，定期自行对铅房周围进行了辐射环境监测；建设单位拟增加配备与辐射类型和辐射水平相适应的个人剂量报警仪和固定式场所辐射探测报警装置等监测仪器，或委托有资质的单位定期对射线装置进行监测，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）工作场所监测

建设单位应对 X 射线数字成像检测系统外周围剂量当量率进行监测，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；自行监测每天一次并记录监测数据；每年委托有资质单位监测一次；涉及 X 射线数字成像检测系统额定电压增大时或防护设施维修后监测一次；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：X 射线数字成像检测系统设备外 30cm 处以及铅房门缝、穿墙管线等薄弱处、操作台位置。

### （2）个人剂量监测

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

监测频率：一般为 1 个月测读一次，最长不超过 3 个月，如发现异常可加密监测频率。

建设单位应结合以上要求对《监测方案》中工作场所监测部分内容加以完善。

## 续表 12 辐射安全管理

### 12.6 安全检查维护

建设单位应按照相关法规及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求定期对 X 射线数字成像检测系统进行安全检查维护，并建立相应的检查维护制度。安全检查维护要求见表 12-2。

表 12-2 安全检查维护要求

类型	对象	内容	频次
检查	X 射线数字成像检测系统	防护门-机联锁装置，以及出束信号指示灯	日检
检查		a) 外观是否存在可见的损坏；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；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	日检
		a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；b) 冷却单元检查；c) 所有的联锁和紧急停机开关的检查；d) 制造商推荐的其他常规检测项目。	定期(建议月检)
维护		设备维护包括 X 射线数字成像检测系统的彻底检查和所有零部件的详细检测。当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件都来自设备制造商。应做好设备维护记录。	年检

### 12.7 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》及《重庆市辐射污染防治办法》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和具有针对性与操作性的应急措施。

#### 12.7.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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 4 台 II 类射线装置，可能发生的辐射风险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，造成一般辐射事故的发生。

建设单位已制定《辐射事故应急预案》，明确应急响应程序，报告电话等，

## 续表 12 辐射安全管理

但尚未结合可能发生的辐射风险事故开展辐射事故应急演练。建设单位应根据本项目 X 射线数字成像检测系统特点修订完善《辐射事故应急预案》，包括应急机构组织、应急能力的培训、演习和应急响应能力的保持等，提升应急预案的针对性、可行性和可操作性。并按照完善之后的《辐射事故应急预案》要求，定期组织辐射事故的应急演练，做好演习记录。

### 12.7.2 事故应急程序与措施

#### (1) 事故报告程序

本项目发生辐射事故时，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。对可能受到辐射损伤人员，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) 辐射事故后续处理

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，据此进一步修订完善辐射事故应急方案或应急措施。

### 12.8 辐射安全与管理投资估算

本项目环保投资约 13 万元，环保投资估算表见表 12-3。

表 12-3 环保投资估算

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急预	制度修订后上墙，张贴规范，有中文说明	0.5

**续表 12 辐射安全管理**

案、警告标志		
辐射防护与安全措施	工作状态指示灯、报警灯和声音提示装置、电离辐射警告标志等	0.5
防护监测设备	个人剂量报警仪等	5
环保手续办理	环境影响评价、竣工环境保护验收、验收监测等	7
合计		13

**12.9 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。建设单位应按有关规定和《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）等要求进行竣工环境保护自主验收。本项目竣工环境保护验收要求见表 12-4。

**表 12-4 竣工环境保护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	4 台 X 射线数字成像检测系统（II类射线装置），最大管电压 160kV，最大管电流 3mA。	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	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
		屏蔽体外剂量率控制	X 射线数字成像检测系统设备外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。 GBZ117-2022

续表 12 辐射安全管理

5	辐射安全防护措施	<p>门机连锁：X 射线数字成像检测系统设置门—机连锁装置；</p> <p>声光警示：①1#铅房工件进出铅门配套观察窗（铅窗），可从铅房外观察内部情况，故 1#铅房仅铅房外顶部设置 1 组工作状态指示灯，工作状态指示灯与探伤机连锁，分为红黄绿三色，红色表示 X 射线出束警示，绿色代表设备有电但未出射线，黄色代表预备照射，并拟在工作灯旁设“红色：照射”、“黄色：预备”和“绿色：通电”的工作灯信号意义说明。②2#、3#、4#铅房内安装具有声音报警功能的红色报警灯，设备出束时，红色灯闪烁并发出蜂鸣声音，表示设备为“照射”状态，蜂鸣器声音达到声音提示装置功能，铅房内外均能听到报警声音，并在适当位置张贴“预备”和“照射”信号意义的中文说明。③工作状态指示灯和红色闪烁报警灯均与探伤机连锁。</p> <p>警告标志：X 射线数字成像检测系统防护门上设置电离辐射警告标志和中文警示说明；</p> <p>钥匙开关：操作台设置防止非辐射工作人员操作的钥匙开关；</p> <p>紧急停机：X 射线数字成像检测系统内和操作台设置紧急停机按钮，按下任意一个按钮 X 射线数字成像检测系统高压电源立即被切断，X 射线数字成像检测系统停止出束；</p> <p>机械通风：各个铅房设置排风扇通风，有效通风换气次数不小于 3 次/h；</p> <p>视频监控：X 射线数字成像检测系统设置视频监控系统、观察窗，能全方位不留死角地监控 X 射线数字成像检测系统内和防护门的情况；</p> <p>监测设备：每名辐射工作人员各配置 1 枚个人剂量计、1 台个人剂量报警仪；每台设备配置 1 套固定式场所辐射探测装置；建设单位宗申工业园区配置有 3 台便携式 X-γ辐射剂量率仪。</p>
6	人员要求	<p>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。按照要求定期复训。</p>

**表 13 结论和建议**

### **13.1 结论**

#### **13.1.1 项目概况**

本项目建设地点位于重庆市巴南区炒油场宗申工业园 102 厂房内东北侧区域，不涉及新增用地。项目拟搬迁 3 套 X 射线数字成像检测系统（编号为 1#~2#、4#实时成像系统）、新增 1 套 X 射线数字成像检测系统（编号为 3#实时成像系统），均属 II 类射线装置，用于电控箱体的无损探伤检测工作。项目总建设面积约 50m<sup>2</sup>。

4 套 X 射线实时成像系统最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 3mA。总投资约 155 万元，其中环保投资约 13 万元。

#### **13.1.2 产业政策符合性**

根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本）“第一类 鼓励类”中“三十一、科技服务业”中的第 1 条“质量认证和检验检测服务”，项目 X 射线数字成像检测系统用于建设单位生产产品质量检测，属于产业结构调整指导目录中的鼓励类。项目建设符合国家产业政策。

#### **13.1.3 实践正当性**

本项目使用 X 射线数字成像检测系统开展无损探伤检测工作，为建设单位产品质量提供有效保障，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，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**

本项目场址及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值范围为 50nGy/h~57nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。根据《2024 年重庆市辐射环境质量报告书（简化版）》，累积剂量测得的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 79.2~108nGy/h，平均值为 96.1nGy/h。对比可知，本项目场址及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在重庆市环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

## 续表 13 结论和建议

### 13.1.5 选址可行性及布局合理性

本项目 4 台 X 射线数字成像检测系统选址于重庆市巴南区炒油场宗申工业园 102 厂房内东北侧区域，其周围为厂房内通道及其他生产工艺生产线。

本项目所在 102 厂房为单层结构，层高约为 10m，专用铅房相邻用房主要为本公司内的用房，不直接与其他单位或人员停留场所邻接，下方为实土层、上方为厂房内上空，且上空无行车等，本项目各个铅房紧邻工件生产线，可以减少工件运输时间以及运输距离，且相邻区域公众成员活动较少，有利于辐射防护和减少 X 射线对公众成员的影响。专用铅房工件进出门邻近厂房周转区，方便检测工件进出。X 射线数字成像检测系统所在厂区、厂房均封闭式管理，周围公众成员活动较少，便于辐射安全管理。根据现状监测结果，项目拟建址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

本项目 4 套实时成像系统自带铅房和操作台，均固定安装在 102 厂房内，操作台和铅房分开布置。铅房防护门屏蔽材料及厚度与所在箱体侧防护厚度一致。根据现场用房布置及 X 射线数字成像检测系统拟安装位置，铅房周围除操作台外，无其他设备，操作台均避开了有用线束照射的方向，铅房所在区域布局单一，人流、物流路径清晰，路径便于管理。探伤工作区域内主要为辐射工作人员活动区域，设置警示标牌，要求非相关工作人员不要进入该区域，充分考虑了周围的辐射安全。铅房周围活动人员较少，有利于减少无损检测对公众成员的影响。同时铅房紧邻工件生产线，与厂房内产品工艺流程相衔接，待检测工件能有效避免远距离运输，方便工作人员进行无损检测。

因此，本项目选址可行、布局合理。

### 13.1.6 辐射防护与安全措施

建设单位对各 X 射线数字成像检测系统辐射工作场所进行分区管理，X 射线数字成像检测系统铅房内部为控制区，X 射线数字成像检测系统铅房外相邻区域为监督区。

X 射线数字成像检测系统设备自带多种固有安全性，如：开机时系统自检、温度保护、过失电流保护、过电压保护、继电保护等，能很好地保证 X 射线数

## 续表 13 结论和建议

字成像检测系统自身的稳定性和安全性。

本项目 X 射线数字成像检测系统铅房主要采用铅+钢的屏蔽体结构对 X 射线进行屏蔽防护，屏蔽厚度充分考虑了 X 射线主射、散射、漏射影响。根据核算，各铅房屏蔽体防护厚度均能满足《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）屏蔽防护的节等铸造工件的无损检测。本项目 X 射线数字成像检测系统屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。缝隙处屏蔽体之间有足够的搭接宽度，穿越屏蔽体的线缆口均采用了不低于同侧屏蔽体防护厚度的铅防护罩进行屏蔽补偿，不影响屏蔽效果。

本项目 X 射线数字成像检测系统设计建设具有冗余性、多元性与独立性的辐射防护安全连锁设施与措施，包括主控钥匙、门机连锁、紧急停机按钮、工作状态指示灯和声音提示装置、视频监控装置、电离辐射警告标志和中文警示说明等辐射安全防护措施，配备符合开展项目要求的监测仪器设备。

综上所述，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）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

根据核算，本项目 X 射线数字成像检测系统铅房外周围剂量当量率均小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于年有效剂量管理目标值（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。本项目周围 50m 范围内环境保护目标的影响较小，对环境的影响可以接受。

本项目不产生放射性“三废”，少量臭氧和氮氧化物经铅房顶部机械排风扇，废气依托铅房以及厂房内排风系统排放至厂房外。曝光时产生的废气不会对工作人员造成影响，项目废气排放口避开了人员活动密集区，对周围环境影响小。

X 射线数字成像检测系统报废后建设单位按照相关要求拆解去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

## 续表 13 结论和建议

### 13.1.8 辐射事故分析

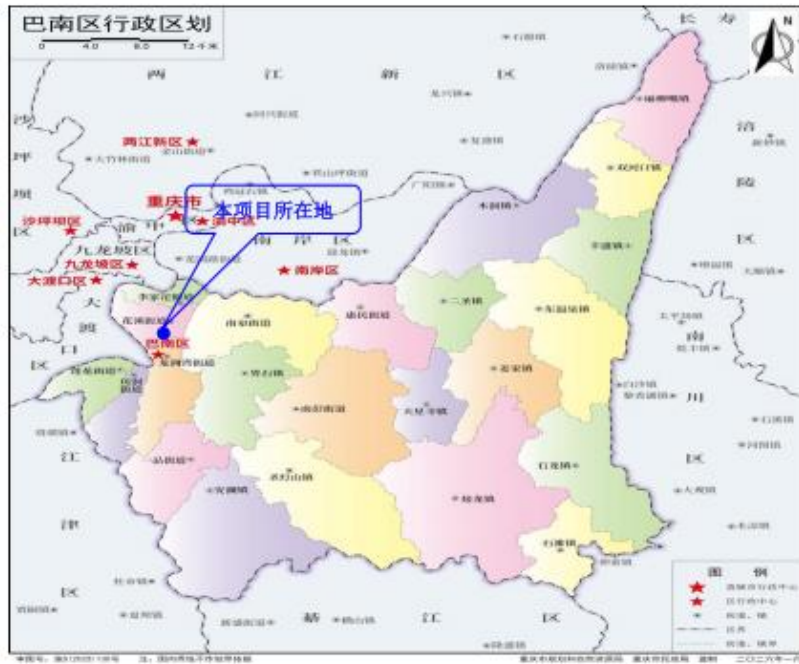
根据预测，射线装置事故情况下，会造成一般辐射事故发生，公司通过定期检查设备的门机联锁装置及钥匙开关的有效性；对辐射安全防护措施及电控系统制定定期检查和维护的制度；开始出束前应观察铅房内有无人员停留，确认无人停留在内后才能开始进行操作，遇 X 射线出束情况下人员滞留铅房内，操作台人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射；定期进行仪器维护，并做好记录；制定辐射工作人员管理制度，操作射线装置的主控钥匙由专人保管，禁止无关人员进入；设备故障报警系统，如过压、欠压、过流报警、消除电流冲击等功能需定期检查、发现问题及时维护，辐射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，培养辐射工作安全文化素养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实监测频率，保证按照要求进行无损检测工作等措施后，本项目风险可控。

### 13.1.9 辐射环境管理

建设单位已成立了辐射安全与防护工作领导小组，建立了操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护保养制度、人员培训计划、监测方案等规章制度和辐射事故应急措施，建立了辐射工作人员个人剂量监测、职业健康体检等档案。建设单位应按照规定重新办理《辐射安全许可证》并在许可的种类和范围内从事辐射活动，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。

### 13.1.10 综合结论

综上所述，102 工业探伤技术利用项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在完善相应的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全的目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。



附图1 本项目地理位置示意图