

**核技术利用建设项目**  
**高端零部件（新厂房）工业探伤技术利用项目**  
**环境影响报告表**

（公示版）

建设单位：重庆宗申动力机械股份有限公司

编制单位：重庆市辐射技术服务中心有限公司

编制时间：2024年1月

生态环境部监制

核技术利用建设项目  
高端零部件（新厂房）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

邮政编码：401320

电子邮箱：12\*\*\*\*67@qq.com



联系人：蒋亚会

联系电话：18\*\*\*\*\*13

打印编号: 170503018000

### 编制单位和编制人员情况表

项目编号	zhw81		
建设项目名称	高端零部件（新厂房）工业辐射技术利用项目。		
建设项目类别	55-472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	9150000202387893		
法定代表人（姓名）	黄建国		
主要负责人（签字）	黄建国		
直接负责的主管人员（签字）	蒋英会		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	重庆川辐射技术服务中心有限公司		
统一社会信用代码	9150000668942647P		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书编号	信用编号	签字
黄义	2017035630250000003517630065	B1041032	黄义
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编制内容	信用编号	签字
陶洪刚	1. 项目基本情况；2. 辐射源；3. 工业辐射装置情况；4. 辐射装置；5. 辐射防护；6. 评价依据；7. 辐射剂量评价标准；8. 辐射剂量和剂量率；9. 项目工程设计与建设；10. 辐射安全防护；11. 环境影响分析；12. 辐射安全管理；13. 结论与建议。	B1052054	陶洪刚

关于高端零部件（新厂房）工业探伤技术利用项目  
的公示说明

重庆市生态环境局：

我单位委托重庆市辐射技术服务中心有限公司编制的《高端零部件（新厂房）工业探伤技术利用项目环境影响报告表》目前处于上报审批阶段。环评报告文本中不涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私和不涉及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，同意环评报告全本公开。本单位愿意承担由该环评文件带来的一切后果和法律责任。

重庆宗申动力科技股份有限公司



## 目录

表 1	项目基本情况 .....	7
表 2	放射源 .....	15
表 3	非密封放射性物质 .....	15
表 4	射线装置 .....	16
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	17
表 6	评价依据 .....	18
表 7	保护目标与评价标准 .....	20
表 8	环境质量和辐射现状 .....	27
表 9	项目工程分析与源项 .....	30
表 10	辐射安全与防护 .....	40
表 11	环境影响分析 .....	51
表 12	辐射安全管理 .....	66
表 13	结论及建议 .....	75



**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		高端零部件（新厂房）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	蒋亚会	联系电话	18*****13
注册地址		重庆市巴南区炒油场			
项目建设地点		重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园大江科创城（PO1-07-7/07 地块） 高端零部件生产基地压铸车间质量检测区内			
立项审批部门		重庆市巴南区经济和信 息化委员会	批准文号	2308-500113-04-03-310978	
建设项目总投资 （万元）	64	项目环保投资 （万元）	18	投资比例（环保 投资/总投资）	28.1%
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> ）	10
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>重庆宗申动力机械股份有限公司（以下简称“重庆宗申”）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>重庆宗申动力机械股份有限公司现有 2 个厂区（老厂区 and 高端零部件生产基地），分别位于重庆市巴南区宗申工业园和重庆市巴南区天明工业园大江科创城（P01-07-7/07 地块）。其中，重庆宗申于 2021 年 12 月在重庆市巴南区天明工业园大江科创城（P01-07-7/07 地块）投资建设“宗申高端零部件产业化项目”，2021 年 12 月 17 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[2021]073 号。该工程主要是生产福克斯、沃尔沃、长安等铝合金零部件，主要</p>					

续表 1 项目基本情况

生产单元包括熔炼、压铸、覆膜、抛丸等。

### 1.2 项目由来

为满足重庆宗申动力机械股份有限公司高端零部件生产基地铝合金零部件的产品质量要求，重庆宗申动力机械股份有限公司拟在重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园大江科创城（PO1-07-7/07 地块）高端零部件生产基地压铸车间质量检测区内（以下简称“压铸车间质量检测区内”）实施“高端零部件（新厂房）工业探伤技术利用项目”，主要建设内容包括 1 套工业 X 射线实时成像系统（XG-200ST/C，单管头，定向，固定式，最大电压 200kV（电流 3mA）、最大功率 600W）。

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。”

本项目拟配置的工业 X 射线实时成像系统带有专用屏蔽铅房，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，人员接近时无需额外屏蔽，铅房设置 1 个铅门，工件与检修人员共用，人员可能存在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，因此本项目拟配置的工业 X 射线实时成像系统不是自屏蔽式 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，该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号）的要求，本项目属于“172 核技术利用建设项目使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，重庆宗



**续表 1 项目基本情况**

申动力机械股份有限公司委托重庆市辐射技术服务中心有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位组织专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集，结合项目特点、性质、规模和环境状况，并按照国家核技术应用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了该项目的环境影响报告表。

**1.3 建设内容及工程规模**

**(1) 项目概况**

本项目共设 1 套工业 X 射线实时成像系统，拟布置于重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园大江科创城（PO1-07-7/07 地块）高端零部件生产基地压铸车间质量检测区内。

项目基本组成情况详见表 1-1。

**表 1-1 项目基本组成**

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	设备	工业 X 射线实时成像系统位于压铸车间质量检测区内，包括铅房、操作台、X 射线机系统等。其 X 射线机系统内置一体化管头设计，定向型，最大管电压 200kV（管电流 3mA），最大功率 600W。铅房外观尺寸 1900mm（长）×2010mm（宽）×2330mm（高），净空尺寸：1680mm（长）×1820mm（宽）×2050mm（高），铅房六面屏蔽体均为钢+铅+钢结构，设置 1 个双开工件铅门。操作台布置于铅房东南侧。	拟购
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	依托厂房给水管网。	依托
环保工程	废水处理	项目工作人员生活污水依托厂内污水处理装置（处理能力 1200m <sup>3</sup> /d）处理后进入市政污水管网接入鱼洞污水处理厂处理后排入长江。	依托
	固废处理	项目工作人员生活垃圾依托厂房内现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。	依托
		报废 X 射线机去功能化后（不含阴极射线管）交由物资回收单位处置。	/
		废阴极射线管单独收集后运至公司厂区现有危废暂存间（依托现有，位于厂区东北侧，建筑面积约 60m <sup>2</sup> ），定期交有资质单位处理。	依托
	废气治理	铅房顶部自带有 1 个排风扇，位于铅房顶部西北侧，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 30m <sup>3</sup> /h，换气次数约 5 次/h。	铅房自带
辐射防护	工业 X 射线实时成像系统自带屏蔽铅房，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。铅房采用钢+铅+钢的屏蔽结构，并按相关标准要求配置辐射安全设施（如门机连锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯等）。	/	

## 续表 1 项目基本情况

### (2) 项目铅房建设方案

本项目购买上海科述无损检测设备有限公司生产的整套设备，工业 X 射线实时成像系统出厂时配置一套铅房，根据厂家提供铅房平面布置图，铅房采用钢+铅+钢的屏蔽结构。铅房共设置 1 个铅门（双开铅门），工件与检修人员共用；禁止工作人员在工作状态下由双开工件铅门进入铅房，仅在需要检修时，检修人员由铅门进入（设备呈关机状态）。

铅房：因项目铅房不是正北向布置，为本文描述方便，参考者面向铅房铅门，C 臂平行底板，C 臂左侧为 X 射线发生器，右侧为平板探测器。圆形载物台位于 X 射线发生器与平板探测器之间，载物台可 360° 水平方向旋转。

铅房具体设计如下表 1-2 所示。

表 1-2 本项目铅房设计情况表

名称	内空尺寸 (长×宽×高) (mm)	设计情况	
铅房	1680mm (长) × 1820mm (宽) × 2050mm (高)	东北侧(主射)	内 2.5mm 钢+8mm 厚铅+外 2.5mm 钢
		顶棚(主射)	内 2.5mm 钢+8mm 厚铅+外 2.5mm 钢
		东南侧、西南侧、西北侧、底面	内 2.5mm 钢+7mm 厚铅+外 2.5mm 钢
		铅门 (位于东南侧、工件与检修共用)	防护门: 内 2.5mm 钢+7mm 厚铅+外 2.5mm 钢 防护门四周搭接宽度均为 100mm
		排风出口防护罩	内 2.5mm 钢+8mm 厚铅+外 2.5mm 钢
		电缆出口防护罩	内 2.5mm 钢+7mm 厚铅+外 2.5mm 钢

### (3) 设备概况

上海科述无损检测设备有限公司 XG-200ST/C 型工业 X 射线实时成像系统基本组成见表 1-3。

续表 1 项目基本情况

装置型号/名称	XG-200ST/C 型/工业 X 射线实时成像系统
系统组成	X 射线机系统（II 类 X 射线装置，定向型）、数字成像系统及计算机图像处理、操作控制台、机械运动系统、铅房
X 射线管	定向，1 个，最大电压 200kV（电流 3mA）、最大功率 600W
焦点尺寸、散射角、焦距	80.0 $\mu$ m $\times$ 80.0 $\mu$ m，30 $^\circ$ ，1100mm
铅房尺寸	铅房外观尺寸 1900mm（长） $\times$ 2010mm（宽） $\times$ 2330mm（高） 净空尺寸：1680mm（长） $\times$ 1820mm（宽） $\times$ 2050mm（高） 铅门尺寸：1530mm $\times$ 700mm（工件与检修共用）
铅房材质及厚度（Pb 当量）	见表 1-2
辐射防护设施	配置有安全联锁装置、急停开关、工作状态指示灯、电离辐射警告标志等。

**(4) 探伤工件情况**

本项目对部分铝合金箱体进行 X 射线无损检测，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

设备型号	工件名称	材质	工件类型	尺寸范围	厚度范围
XG-200ST/C 型	箱体	铝合金	铸件	最大尺寸 485mm*340mm*80mm	$\leq$ 80 mm

**(5) 计划工作量**

根据建设单位提供资料，根据产品质量需求，本项目针对高端零部件生产基地铝合金零部件进行无损检测；1 套工业 X 射线实时成像系统预计全年曝光次数共计约 10000 次（200 次/周），单次曝光时间根据检测过程中发现的工件缺陷情况，平均单个工件曝光时间为 2min，其工作情况见表 1-5。

表 1-5 本项目工业 X 射线实时成像系统工作负荷一览表

设备型号	平均单次曝光时间	最大曝光次数		最大曝光时间	
		年	周	年	周
XG-200ST/C 型	2min	10000 次	200 次	333.3h	6.7h

**(6) 劳动定员及工作制度**

重庆宗申拟配置 2 名放射工作人员从事本项目 X 射线无损检测工作，放射工作人员均为内部培养，生产线工件搬运工人不纳入本次劳动定员范围内，检修人员由设备

## 续表 1 项目基本情况

厂家专业检修人员进行，不纳入本次劳动定员范围内；重庆宗申年工作 250 天，工作制度为一班制，每班工作人员不少于 2 人，每班 8h。

### 1.4 与项目依托可行性

项目依托可行性分析见表 1-6。

表 1-6 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厂房内现有	本项目供电、供水设施依托现有厂房。厂房为市政供电，市政管网供水。因此，项目依托厂房现有公用设施可行。	可行
环保工程	生活污水	项目放射工作人员在重庆宗申现有劳动定员内，故运营期不新增厂房生活污水，本项目可依托厂内污水处理装置（处理能力 1200m <sup>3</sup> /d），依托可行。	可行
	生活垃圾	项目工作人员生活垃圾依托该厂房现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理，依托可行。	可行
	危险废物	本项目废阴极射线管单独收集后运至公司厂区现有危废暂存间，危险废物定期交有资质单位处理，依托可行。	可行
劳动定员	依托公司已有工作人员开展相关工作	在重庆宗申内部培养 2 名工作人员从事 X 射线无损检测工作，具体人员待定，人员按照放射工作人员进行管理，完善培训、职业健康体检、个人剂量计配置及检测。	可行
辐射环境管理	辐射环境管理	重庆宗申已成立辐射工作安全管理领导小组，设置了专人管理辐射环境，并制定了相应的辐射安全管理制度和应急预案等。因此，现有辐射工作安全管理领导小组和管理制度等能满足本项目的管理要求。	可行

由表 1-6 可知，本项目公用工程、环保工程均可依托厂房内现有设施；劳动定员依托现有工作人员进行调配，培训后持证上岗；本工程依托现有辐射工作安全管理可行，本项目建成后纳入重庆宗申统一管理。

因此，项目依托厂房内现有设施以及工作人员、辐射环境管理是可行的。

### 1.5 外环境概况

重庆宗申动力机械股份有限公司高端零部件生产基地位于重庆市巴南区天明工业园大江科创城（P01-07-7/07 地块）。

重庆宗申动力机械股份有限公司高端零部件生产基地东侧和东南侧均为荒地（规划为工业用地），东北侧和西北侧均为重庆铃耀汽车有限公司，西南侧为重庆宗申航空发动机股份有限公司，南侧为重庆大江美利信压铸有限责任公司。

## 续表 1 项目基本情况

本项目 1 套工业 X 射线实时成像系统放置于重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园大江科创城（PO1-07-7/07 地块）高端零部件生产基地压铸车间质量检测区内。

**压铸车间**东侧为荒地（规划为工业用地）；西南侧为重庆宗申航空发动机股份有限公司，南侧为大江美立信压铸有限责任公司；西北侧为公司熔炼厂房，之外为重庆铃耀汽车有限公司。

**质量检测区**东北侧为过道，之外为压铸生产线；北侧为危废暂存间、污水处理站及配套用房等；东南侧为过道，之外为预留区；西北侧为过道，之外为熔炼厂房等；西南侧为过道，之外为压铸生产线、打磨区等。

本项目所在的重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园大江科创城（PO1-07-7/07 地块）高端零部件生产基地压铸车间质量检测区外环境见表 1-7，周围外环境示意图见附图 2。

表 1-7 本项目所在压铸车间质量检测区外环境情况一览表

序号	名称	方向	与厂房最近距离（m）
1	过道	东北侧	0
	压铸生产线		20
	危废暂存间、污水处理站及配套用房等	北侧	30
2	过道	东南	0
	预留区		4
3	过道	西北侧	0
	熔炼厂房等		8
4	过道	西南侧	0
	压铸生产线		4
	打磨区		10

### 1.6 工作场所选址可行性分析

项目位于压铸车间质量检测区内，该厂房实行封闭式管理，非厂内工作人员未经允许不得入内。铅房紧邻压铸生产线，经压铸工艺后工件能有效避免远距离运输，方便工作人员将工件运输至铅房内进行无损检测。铅房周围活动人员较少，有利于辐射防护。另外，根据辐射环境质量现状监测结果可知，本项目所在地环境 $\gamma$ 辐射剂量率均在重庆市 2022 年环境 $\gamma$ 空气吸收剂量率涨落范围内。

综上，项目选址可行。

### 1.7 与项目有关的原有核技术应用及辐射环境问题

根据调查，重庆宗申于 2023 年 4 月 6 日办理了辐射安全许可证（渝环辐证[00390]），

## 续表 1 项目基本情况

有效期至 2028 年 3 月 29 日），该辐射安全许可证许可使用 2 台 II 类射线装置，目前 1 台已上证且投入使用，计入台账；1 台 II 类射线装置已报废，已下台账；2023 年 11 月 6 日，重庆宗申新增 1 台 II 类射线装置，且已取得环评批复，文号：渝（辐）环准（2023）85 号，正在积极办理许可证相关事宜。

重庆宗申现有辐射装置具体情况见表 1-8 所示。

**表 1-8 现有辐射工作情况一览表**

序号	设备名称及型号	类别	用途	数量（台）	位置	环保手续
1	工业 X 射线实时成像系统	II 类	无损检测	1	重庆宗申压铸车间内（老厂区）	已环评，已验收、已办证
2	工业 X 射线实时成像系统	II 类	无损检测	1	重庆宗申压铸车间内（老厂区）	已报废且已下台账
3	工业 X 射线实时成像系统	II 类	无损检测	1	重庆宗申机加车间内（老厂区）	已环评，正在积极办理许可证相关事宜。

根据现场调查以及建设单位提供资料，公司已制定有相应的辐射防护制度，目前配置有 2 名放射工作人员（剂量检测报告为 3 人，其中廖荣已离职），定期进行了职业健康体检，并建立了档案、放射工作人员均配备了个人剂量计等，建立了个人剂量计档案（根据公司统计，现有放射工作人员上一年度个人剂量均为 0.2mSv/a，远低于公司的管理目标值 5mSv/a），定期进行了辐射工作防护与安全培训，并取得合格成绩单，做到了持证上岗。公司委托有资质单位对运行的射线装置探伤室的辐射环境进行了监测，现有整体探伤室屏蔽能力满足要求。公司上述设备运行至今使用情况良好，辐射防护及管理措施均按照现行规范施行，无辐射安全事故发生，未发生环保纠纷，未收到环保投诉。

### 1.8 项目所在厂房环保手续情况

本项目所在厂房已完成环评手续，且已取得环境影响评价批准书，批复文号：渝（巴）环准[2021]073 号，详见支撑性材料附件 4。另外，该厂房已建设完成，正在进行环境保护竣工验收调查工作。

根据现场调查和咨询，厂房内无遗留环保问题。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
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)	管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 X 射线实时成像系统	II	1	XG-200ST/C 型	200	3	无损检测	重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园大江科创城 (PO1-07-7/07 地块) 高端零部件生产基地压铸车间质量检测区内	拟购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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





表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令 16 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(9) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(10) 《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》，环保部，2018 年 2 月 12 日；</p> <p>(11) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日起施行修订版；</p> <p>(12) 《重庆市辐射污染防治办法》渝府令〔2020〕338 号自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 《重庆市辐射污染防治“十四五”规划》，2022 年 3 月 11 日。</p>
------	--

续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 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) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及 2017 年修改单；</p> <p>(6) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(7) 《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)；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书，支撑性文件附件 1；</p> <p>(2) 项目辐射环境监测报告，支撑性文件附件 3；</p> <p>(3) 项目所在厂房环评批复文件，支撑性文件附件 4；</p> <p>(4) 厂家提供相关设备资料等，等相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，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，本项目以工业 X 射线实时成像系统中铅房周围 50m 的范围作为项目辐射环境影响评价的范围。

### 7.2 保护目标

重庆宗申现有射线装置位于重庆宗申老厂区压铸车间、机加车间内，距离本项目较远，因此本项目不考虑现有射线装置与本项目的叠加影响。铅房 50m 范围内主要是压铸车间内其他作业区等。

工业 X 射线实时成像系统拟布置于重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园大江科创城（PO1-07-7/07 地块）高端零部件生产基地压铸车间质量检测区内，操作台位于铅房东南侧，紧邻铅房，设备主射方向朝向东北侧（铅房右侧）、顶棚。铅房所在建筑范围为 2F 建筑，其中，2F 为预留区域，本项目位于 1F。铅房内只安放 1 台工业 X 射线实时成像系统，铅房东侧为检测及扫描区，之外为会议室、物资存放区；东北侧为预留区、3D 扫描检测区，之外为过道、压铸生产线；东南侧为操作台，之外为过道、压铸生产线；西南侧为过道、压铸生产线；西北侧为过道、工具设备间及会议室，之外为配电室、过道；铅房顶部为 2F 预留区，铅房地下均无建筑，且铅房顶部无行车经过。

续表 7 保护目标与评价标准

本项目铅房 50m 范围内主要是压铸车间内其他作业区等，即项目所在的机加车间周边保护目标主要为从事本项目设备操作的放射工作人员以及铅房周围活动的其他公众成员。详见表 7-1 所示。

表 7-1 本项目铅房外环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方向	与铅房最近距离	基本情况	主要影响因素	影响人群
1	检测及扫描区	东	约 5m	项目压铸车间内部，活动人员约 2-4 人	X 射线	公众成员
	会议室		约 21m	项目压铸车间内部，活动人员约 5-10 人		公众成员
	物资存放区		约 35m	项目压铸车间内部，活动人员约 2-4 人		公众成员
2	预留区	东北侧	约 2m	项目压铸车间内部，活动人员约 10-20 人		公众成员
	3D 扫描检测区		约 5m	项目压铸车间内部，活动人员约 5-10 人		公众成员
	过道		约 12m	项目压铸车间内部，活动人员约 5-10 人		公众成员
	压铸生产线		约 16m	项目压铸车间内部，活动人员约 10-30 人		公众成员
3	操作台	东南侧	约 1m	1~2 名操作人员		放射工作人员
	过道		约 3m	项目压铸车间内部，活动人员约 5-10 人		公众成员
	压铸生产线		约 7m	项目压铸车间内部，活动人员约 10-30 人		公众成员
4	过道	西南侧	约 2m	项目压铸车间内部，活动人员约 2-4 人		公众成员
	压铸生产线		约 6m	项目压铸车间内部，活动人员约 10-30 人		公众成员
5	过道	西北侧	紧邻	项目压铸车间内部，活动人员约 2-4 人	公众成员	
	工具设备间及会议室		约 2m	项目压铸车间内部，活动人员约 5-10 人	公众成员	
	配电室		约 20m	项目压铸车间内部，活动人员约 1-2 人	公众成员	
	过道		约 35m	项目压铸车间内部，活动人员约 2-4 人	公众成员	
6	2F 预留区	顶部	约 3m	项目压铸车间内部，活动人员约 5-10 人	公众成员	

备注：除 2F 外其余保护目标无高差。

### 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)

## 续表 7 保护目标与评价标准

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应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

### （2）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

该标准规定了工业 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 5.1 条 X 射线探伤机

第 5.1.1 条 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。

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

### 第 6.1 条 探伤室放射防护要求

第 6.1.3 条 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。

第 6.1.4 条 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

续表 7 保护目标与评价标准

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。

第 6.1.5 条 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

第 6.1.10 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 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求：

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

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平  $H_c$  如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$

公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$

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 $\mu$ Sv/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) 评价标准及相关参数值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，放射工作人员年有效剂量不超过 20mSv，公众成员年有效剂量不超过 1mSv；根据建设单位的提供的资料，重庆宗申动力机械股份有限公司放射工作人员年剂量管理目标限值：5mSv，公众成员年剂量管理目标限值：0.1mSv。铅房周围剂量当量率以不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 进行控制。

## 7.4 铅房辐射屏蔽的剂量参考控制水平

续表 7 保护目标与评价标准

(1) 相关要求

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

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

人员在关注点的周剂量参考控制水平  $H_c$  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  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 按式 (1) 计算:

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

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 (h/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“mA·min”值), mA·min/周;

60—小时与分钟的换算关系;

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

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

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

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。

(2) 剂量率参考控制水平的确定



续表 7 保护目标与评价标准

根据建设单位同单位提供资料，本项目工业 X 射线实时成像系统周工作负荷见表 7-3；根据 GBZ/T250-2014 附录 A，居留因子取值原则见表 7-4，剂量率参考控制水平核算表见表 7-5。

表 7-3 X 射线探伤装置工作负荷

设备型号	最大电压	最大电流	周最大曝光次数	平均单次曝光	周最大照射时间 (t)
XG-200ST/C 型	200kV	3mA	200 次/周	2min /次	6.7h/周

表 7-4 不同工作场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子	示例	备注
全居留	1	控制室、洗片室、办公室、邻近建筑物中的驻留区	GBZ/T250-2014 附录 A
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 7-5 铅房剂量率参考控制水平核算表

方向	U	T	t (h/周)	H <sub>c</sub> (μSv/周)	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ (μSv/h)	本项目剂量率参考控制水平 H <sub>c</sub> (μSv/h)	需屏蔽的辐射源	
右侧 (东北侧)	1	1/5	6.7	5	3.75	2.5	2.5	有用线束	
左侧 (西南侧)	1	1/5	6.7	5	3.75	2.5	2.5	泄漏辐射 散射辐射	
前侧 (东南侧)	1	1	6.7	100	14.99	2.5	2.5		
后侧	西北侧	1	1/5	6.7	5	3.75	2.5		2.5
	西北侧会议室	1	1/4	6.7	5	2.99	2.5		2.5
底板	1	1/40	6.7	5	29.98	2.5	2.5		
顶部	铅房顶棚	1	-	-	-	2.5	2.5	主射/ 泄漏辐射、 散射辐射	
	2F (楼上)	1	1/5	6.7	5	3.75	2.5		2.5

备注：①  $\dot{H}_c$  为  $\dot{H}_{c,d}$  和  $\dot{H}_{c,max}$  二者的较小值；②顶棚无人到达，铅房所在区域 2F 为预留区，

## 续表 7 保护目标与评价标准

用房功能拟用作会议室，居留因子取 1/4。

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 7-6 所示。

表 7-6 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	年剂量管理目标值	放射工作人员：5mSv 公众成员：0.1mSv	GB18871-2002 及 建设单位管理要求
2	周剂量管理目标值	职业工作人员周剂量： $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 公众成员周剂量： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$	GBZ/T250-2014
3	铅房外周围剂量当量率	各屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
4	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 项目地理位置和场所位置

重庆宗申动力机械股份有限公司高端零部件生产基地位于重庆市巴南区天明工业园大江科创城（P01-07-7/07 地块），本项目位于重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园大江科创城（P01-07-7/07 地块）高端零部件生产基地压铸车间质量检测区内，地理位置图见附图 1，具体场所位置见附图 3。

### 8.2 辐射环境质量现状

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，2023 年 11 月 16 日重庆市辐射技术服务中心有限公司对项目所在地的辐射环境质量进行了现状监测，监测结果见渝辐(监)[2023]492 号。

(1) 监测因子：环境 $\gamma$ 辐射剂量率（未扣除宇宙射线）

(2) 监测方法和依据：

表 8-1 监测方法和依据

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

(3) 监测仪器

监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
X- $\gamma$ 辐射仪	JB4010	1404	2023011204048	20240202	0.80

(4) 监测点位：共设 7 个点。具体监测布点见图 8-1。

续表 8 环境质量和辐射现状

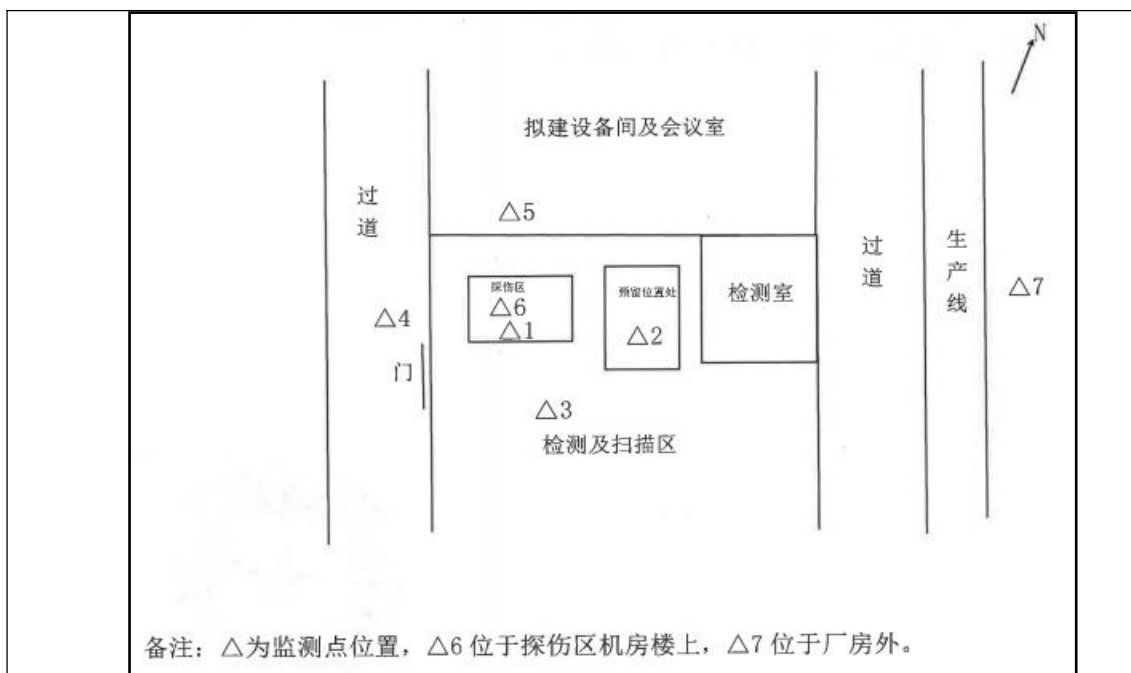


图 8-1 监测布点图

监测布点合理性分析：监测时，监测点位分别布设在项目铅房所在位置、操作台、铅房周围工艺区以及铅房顶部。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，总体上可以反映项目所在地辐射环境水平。

(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；监测时获取足够的的数据量，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，经过编制、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 本项目辐射环境监测结果统计

监测点位编号	监测点位描述	环境 $\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)
△1	铅房拟建位置处	49
△2	预留区 (东北侧)	48
△3	拟建操作台侧	42
△4	过道	44
△5	设备间及会议室	43
△6	拟建铅房区域楼上	45
△7	厂房外	47

**续表 8 环境质量和辐射现状**

根据监测统计结果可知，本项目所在位置及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率的监测值在 42~49nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》，重庆市 2022 年环境  $\gamma$  辐射水平年均值范围为 78.0~119nGy/h，全市各点位年均值为 94.5nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，本项目所在地环境 $\gamma$ 辐射剂量率均在重庆市 2022 年环境 $\gamma$ 空气吸收剂量率涨落范围内。

**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 射线探伤设备管线安装调试，无土建工程。

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污水依托厂区现有污水处理装置处理，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**

本项目 XG-200ST/C 型工业 X 射线实时成像系统设备配置清单见表 9-1。

**表 9-1 设备配置清单一览表**

序号	名称	规格或型号	品牌	单位
<b>1、X 射线机系统</b>				
1.1	X 射线机	XG-200ST/C	美国 VJ 公司	1 个
<b>2、数字成像系统</b>				
2.1	数字平板成像器	NDT1717M 139μm	上海奕瑞公司	1 套
2.2	系统驱动软件			
2.3	平板电源线			
2.4	平板电源			
<b>3、图像采集及处理系统</b>				
3.1	计算机主机	联想	联想公司	1
3.2	图像处理软件	4.0 版	科述公司	1
3.3	显示器	24	市场配套	1
<b>4、电气控制系统</b>				
4.1	操作台	XG	科述公司	1
4.2	总配电柜	(与铅房分体)		
4.3	控制及动力电缆	(与铅房分体)	科述公司	1
4.4	控制软件	XDR2.0	科述公司	1
4.5	铅门连锁控制单元	日本川崎品牌	科述公司	1
4.6	应急连锁控制单元	日本富士品牌	科述公司	1
<b>5、机械传动系统</b>				
5.1	检测载物台	JF	科述公司	1
5.2	C 型臂		科述公司	1
<b>6、射线防护系统</b>				
6.1	铅房	/	科述公司	1
6.2	射线警示单元	双色报警	科述公司	1

**表 9 项目工程分析与源项**

6.3	门机联锁	/	/	
6.4	钥匙开关	/	/	2 套
6.5	工作状态指示灯	/	/	2 套
6.6	声光装置	/	/	2 个
6.7	急停按钮	/	/	2 套
<b>7、相关监测仪器</b>				
7.1	个人剂量报警仪	/	/	2 个
7.2	个人剂量计	/	/	2 个
7.3	便携式 X-γ 辐射剂量率仪	/	/	1 台
7.4	固定式场所辐射探测报警装置	/	/	1 台
<b>8、其他部分</b>				
<b>现场监视系统</b>				
8.1	摄像机	JD-150	深圳配套	1
	监视器	软件主屏显示	市场配套	1
	硬盘录像机	电脑硬盘取代	联想工控机	1

## 续表 9 项目工程分析与源项

### 9.2.2 设备主要组成

#### (1) X 射线机系统

本项目 XG-200ST/C 型 X 射线机系统为工业 X 射线实时成像系统主要组成部分，其 X 射线机系统为一体式，由 X 射线管、低压连接电缆、电源盒子、高压发生器、冷却系统等组成。具体详见表 9-2 所示。X 射线管头、高压发生器外观典型照片见图 9-1，设备示意照片见图 9-2。

表 9-2 X 射线机系统主要性能参数

设备类型	XG-200ST/C 型工业 X 射线实时成像系统（数字成像式）
最大管电压	200kV
管电流	3mA
冷却方式	内置风冷（一体化）
X 射线束辐射角	30°
射线管焦点尺寸	d=0.5mm
电压、电流、最大功率	60~200kV 连续和可调；最大功率600W，管电压200kV 对应管电流3mA
焦距	1100mm



X 射线管头



高压发生器

图 9-1 X 射线管头、高压发生器外观典型照片



续表 9 项目工程分析与源项



图 9-2 设备示意照片

### (2) 操作台

操作台上配置有铅门开关、电脑启动指示灯、急停按钮、电脑操作显示器、电源钥匙开关，载物台移动摇杆、X 射线发生器及平板探测器移动摇杆。

### (3) 铅房

铅房四周除右侧（主射面）为内 2.5mm 钢+8mm 厚铅+外 2.5mm 钢外，其余面及防护门均为内 2.5mm 钢+7mm 厚铅+外 2.5mm 钢，防护门与同侧屏蔽体厚度一致。

铅房外观尺寸：1900mm（长）×2010mm（宽）×2330mm（高）

净空尺寸：1680mm（长）×1820mm（宽）×2050mm（高）

铅门尺寸：1530mm×700mm（工件与检修共用）。

### (4) 工作方式

工件固定在载物台，根据检测需要，通过旋转载物台和前后移动载物台，来达到改变工件检测位置的目的；X 射线管和探测器分别安装在 C 臂的两端，C 臂可沿垂直滑轨上下移动（距离铅房地面约 610~1630mm），不能前后移动，C 臂可在垂直方向任一位置旋转±15°，C 臂两端不可伸缩；通过载物台和 C 臂的配合来对工件进行扫描。整个过程工作人员不需要进入铅房进行工件摆放。运动轨迹示意图如图 9-4.1 所示，运动方式如图 9-4.2 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

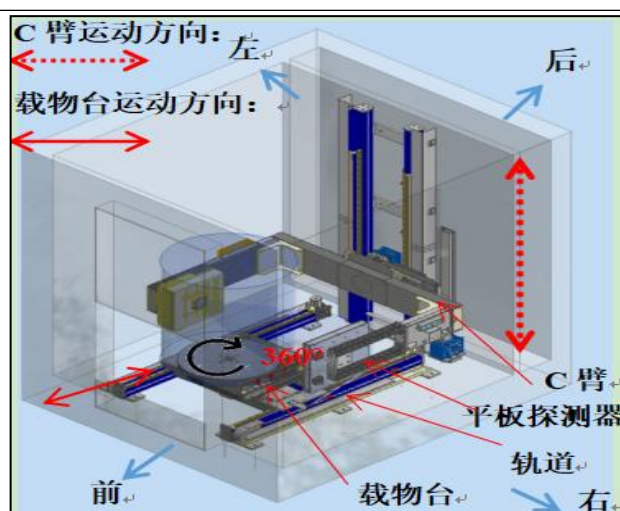
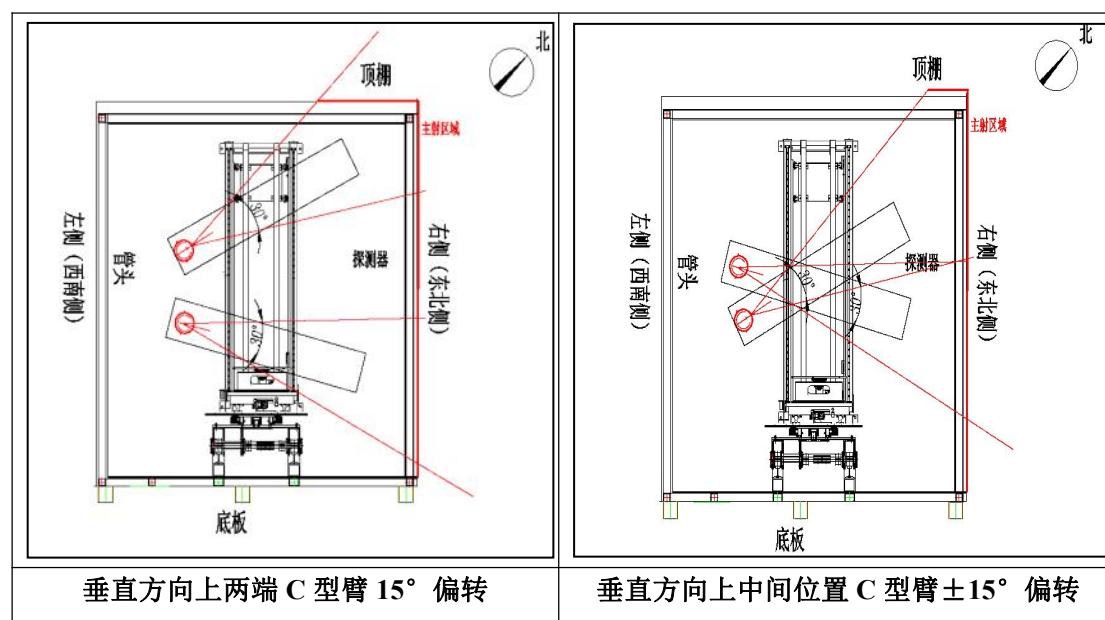


图 9-4.1 运动轨迹示意图



垂直方向上两端 C 型臂 15° 偏转

垂直方向上中间位置 C 型臂 ±15° 偏转

图 9-4.2 运动方式示意图

### 9.2.3 工作原理及工作流程

#### (1) 工作原理

##### ① X 射线产生原理

X 射线管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

## 续表 9 项目工程分析与源项

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。

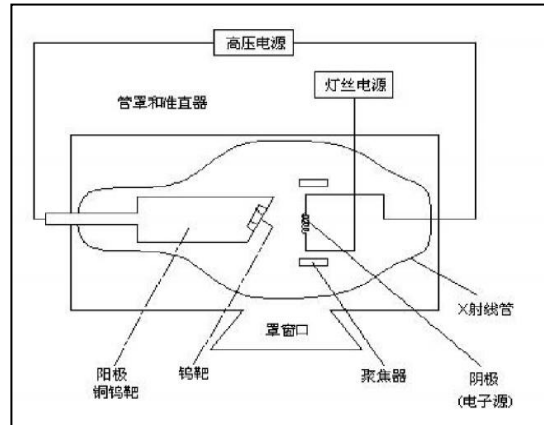


图 9-3 X 射线管原理示意图

### ②实时成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 线束朝探测器方向出束，根据工件的摆放位置、厚度等，调节电流电压等来对工件进行 X 射线检测。当 X 线射向工件时，射线穿过工件被探测器接收，产生信号。因为物体各种组件的疏密程度不同，X 线的穿透能力不同，所以探测器接收到的射线就有了差异。将所接收的这种有差异的射线信号，转变为数字信息后由计算机进行处理，输出到显示的荧光屏上显示出图像。就可判断出缺陷图像，从而达到 X 射线无损检测的目的。

### (2) 工艺流程

在工作前必须做好一切准备，根据探伤规范要求，调节好所需要的电流电压，准备检测后，任何人员不得进入铅房内部，以免发生误照事故。

①检测前将系统电源打开，打开铅门。在控制台上启动电源开关钥匙、启动电脑、将铅门旋钮至打开铅门。

②打开图像处理软件。铅门完全打开，打开电脑限位界面铅门开限位，按下按钮，系统进行初始化操作（不出射线）。

③受检工件待设备初始化完成后载物台移动到铅门前，工作人员自行将工件放置于载物台上。

检测过程为：确保无人员在铅门处逗留后关闭铅门，根据工件大小及形状设置相应参数，打开射线检测工件。

续表 9 项目工程分析与源项

检测期间，工件固定在载物台上，载物台相对位于铅房中部。实时成像系统通过软件控制载物台位置、C型臂高度来检测工件，检测完毕后铅门打开，由工作人员取走工件，以此方式检测下一个工件。

④全部工件检测完成，关闭高压电源，分析检测结果，出具电子分析报告（不需洗片）。再关闭软件和计算机。最后关闭总电源。

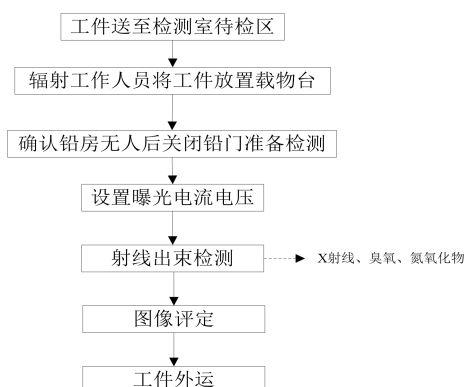


图 9-5 项目 X 射线无损检测工艺流程及产排污简图（XG-200ST/C 型）

### 9.3 人流物流路径

（1）**物流路径：**待检工件由工件生产线工人搬运至铅房附近堆置，再由放射工作人员将工件从铅房双开工件铅门放入铅房内载物台，检测完成后原路返回。

（2）**人员路径：**检修人员由铅房铅门进入，检修完成后原路返回，除检修外人员不进入铅房，检修必须是设备呈关机状态下进行；放射工作人员仅在铅房外周围及操作台附近活动，不进入铅房；生产线工件搬运工人不进入探伤区域。

本项目人流物流路径规划图见图 9-6。

续表 9 项目工程分析与源项

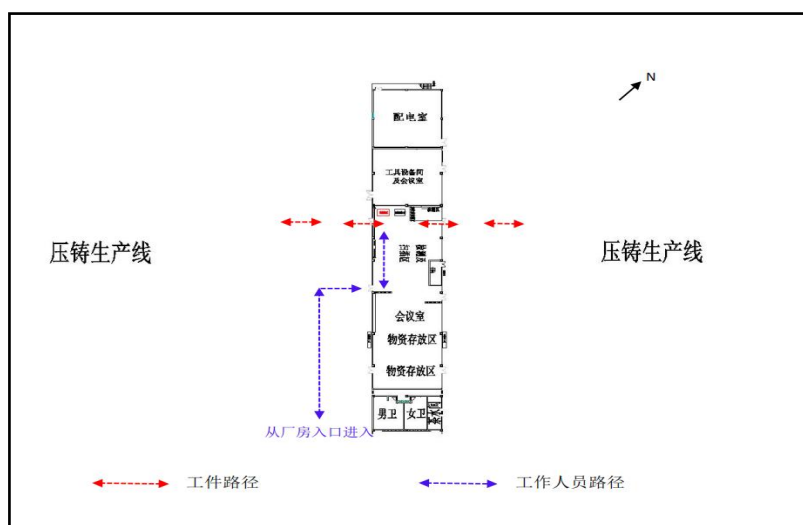


图 9-6 项目人流物流路径规划示意图

#### 9.4 污染源项分析

根据工艺流程可知，X 射线无损检测工作产生的污染物主要有曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物），本项目 X 射线机使用一定年限后报废的 X 射线机以及废阴极射线管等。

##### 9.4.1 电离辐射

由工业 X 射线实时成像系统工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的工业 X 射线实时成像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 射线探伤工作流程，工业 X 射线实时成像系统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 射线用来照射工件，形成工件无损检测的射线。根据厂家提供资料，根据 ICRP33 报告（第 56 页图 3）可知，确定 200kV 的 X 射线机距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量按照 0.5mm 铜为过滤板，发射率为  $11.59 \text{ mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。工业 X 射线实时成像系统射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质

续表 9 项目工程分析与源项

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《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 1 可知：XG-200ST/C 型（200kV）距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线周围剂量当量率小于 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、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。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 可知，本项目 XG-200ST/C 型 X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值为 150kV。

#### 9.4.2“三废”产排情况

本项目主要是在无损检测过程中产生的 X 射线、废气（臭氧、氮氧化物），本项目 X 射线机使用一定年限后报废的 X 射线机、废阴极射线管。本项目放射工作人员均在该公司现有劳动定员内，故不新增生活垃圾和生活污水量。

##### (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（NO<sub>x</sub>）；铅房顶部自带有 1 个排风扇，位于铅房顶部西北侧，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。

##### (2) 废水

本项目废水主要为放射工作人员产生的少量生活污水。生活污水依托厂内污水处理装置处理后进入市政污水管网接入鱼洞污水处理厂进一步处理达标后排放。

##### (3) 固体废物

###### ①一般固废

本项目一般固废主要为放射工作人员产生的生活垃圾及报废的 X 射线机（不含废阴极射线管）。

生活垃圾产生量约 0.25t/a，生活垃圾经收集后交由环卫部门统一处理。

本项目 X 射线机使用一定年限后（一般约 10 年）可能不能正常工作，报废成为固体废物，建设单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，

续表 9 项目工程分析与源项

报废的 X 射线机（不含废阴极射线管）交由物资回收单位处置。

②危险废物

X 射线机使用一定年限后（一般约 10 年）可能不能正常工作，建设单位拟对 X 射线机进行报废去功能化，每台 X 射线机拆解产生 1 个废阴极射线管，单个废阴极射线管重约 1.5kg。本项目预计废阴极射线管最大产生量约 1.5kg/年（一般约 10 年 1 次）。废阴极射线管属于国家危险废物名录中其他废物 HW49（900-044-49），拟交由有资质的单位处理。

本项目危险废物产排情况见表 9-3 所示。

表 9-3 危废产生量及处理处置措施

危废名称	危废类别	危废代码	产生量 (t/a)	形态	主要成分	有害成分	产生周期	暂存时间	危险性	处置措施
废阴极射线管	HW49	900-044-49	0.0015	固态	钨靶、焊锡	重金属钨、锡	10 年	约 1 年	T	暂存在危险废物暂存间，定期交由有资质单位处置

9.4.3 项目产排污统计

本项目污染因子及源强分析汇总见表 9-4 所示。

表 9-4 本项目产排污一览表

污染物	污染因子	产生量
电离辐射	X 射线	XG-200ST/C型：最大能量200kV，距靶1m处主射束的输出量不大于 11.59 mGy·m <sup>2</sup> /mA·min；漏射线周围剂量当量率小于 2.5mSv/h；散射线能量150kV
废气	O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub>	少量
废水	生活污水	少量
一般固废	生活垃圾	少量
	报废的设备	对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，报废的 X 射线机（不含废阴极射线管）交由物资回收单位处置
危险废物	废阴极射线管	最大产生量 0.0015t/a

**表 10 辐射安全与防护**

**10.1 布局与分区**

**10.1.1 工作场所布局合理性分析**

本项目工业 X 射线实时成像系统配置有铅房和操作台，均固定安装；设备主射线朝向避开了双开工件铅门及操作台。铅房所在区域布局单一，人流、物流路径清晰；铅房紧邻压铸生产区，经压铸作业后工件可直接进行无损检测，铅房与厂房内产品工艺流程相衔接。因此，本项目平面布局合理。

**10.1.2 分区**

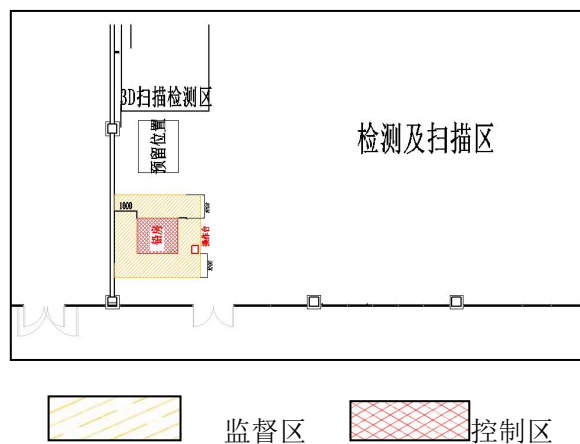
为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，对项目工作区域进行分区管理。

铅房：控制区即为工业 X 射线实时成像系统铅房内部，监督区为铅房外部区域（包括铅房顶部到 1F 顶部区域以及铅房外四周 1m 的区域），并在监督区边界处设置警戒线（地标）。

项目用房具体分区情况如下表 10-1，分区局示意图见图 10-1。

**表 10-1 项目分区管理情况表**

类别	用房
控制区	铅房内
监督区	铅房外部区域 (包括铅房顶部到 1F 顶部区域以及铅房外四周 1m 的区域)



**图10-1 XG-200ST/C型工作场所分区布置示意图**



## 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安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。一般将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。因此，本项目分区满足上述要求。已采取的分区管理措施如下：

①控制区：在该区的放射工作人员应当严格遵守防护规定和安全操作规程，铅房的出入口处设置醒目的声光报警、工作状态指示器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。

②监督区：监督区为工作人员操作仪器时工作场所，铅房门上张贴电离辐射警告标志，边界设置警戒线。

③在监督区与控制区边界及管线连接（排风出口）等处开展定期监测工作。

### 10.2 辐射安全与防护措施

本项目 X 射线装置曝光时产生 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 工业 X 射线实时成像系统固有安全性

工业 X 射线实时成像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，与厂家联系并检修。

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

（3）当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段。

## 续表 10 辐射安全与防护

(4) 设备停止工作 72 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，单次训机约为 10min。

### (5) 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。

### (6) 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。

### (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

冷却循环水流量继电器、温度继电器及防护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) 重庆宗申购买整套设备厂家生产铅房，其具有足够的屏蔽能力。其中：铅房四周除右侧（主射面）为内 2.5mm 钢+8mm 厚铅+外 2.5mm 钢外，其余面及防护门均为内 2.5mm 钢+7mm 厚铅+外 2.5mm 钢，防护门与同侧屏蔽体厚度一致。

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）要求。

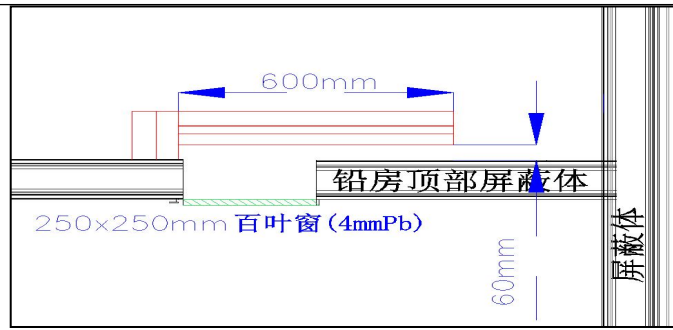
(2) 铅房主体结构焊接密闭，开设铅防护门，设置排风出口罩和电缆进出口罩。

铅房排风出口罩设置 1 个，位于铅房西北侧顶部，排风口呈“L”型，铅房内部排风口设置 4mmPb 的百叶窗，外部屏蔽罩材料与铅房顶部一致，为内 2.5mm 钢+8mm 铅+外 2.5mm 钢。排风口出口位于非主射方向上，铅房散射线均需经过多次反射才能穿出，经多次反射剂量很低。

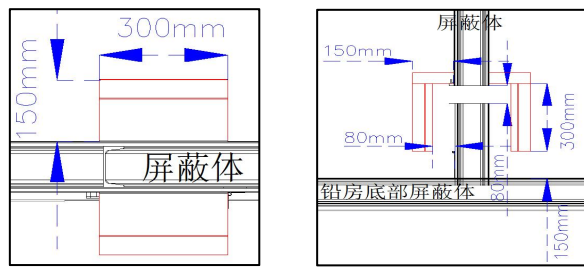
电缆进出口罩设置 1 个，位于铅房西南侧蔽体下方，电缆呈向下的“U”型穿越，屏蔽材料与西南侧屏蔽体一致，为内 2.5mm 钢+7mm 铅+外 2.5mm 钢。

详见图 10-2。

续表 10 辐射安全与防护



排风出口罩立面图



电缆平面

电缆立面

图 10-2 铅房排风及电缆出口罩立面图

### 10.2.3 拟采取的安全联锁、紧急停机、工作状态指示灯等

(1) 门机联锁：本项目工业 X 射线实时成像系统铅防护门（双开铅门）设置门机联锁。铅门未关闭的情况下不能打开高压产生射线；门关闭后，在开高压产生射线的情况下，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。

(2) 声光警示：本项目铅房外顶部和铅房内部拟同时设置显示“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，以确保铅房周围人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号拟分别采用有明显区别的黄色和红色指示，该工作场所内无其他报警信号。照射状态指示灯拟与 X 射线探伤装置联锁。铅房内、外醒目位置处拟张贴清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明（黄色为预备，红色为照射）。

(3) 操作台钥匙开关：本项目操作台设置钥匙开关控制总电源，控制整机电源。当控制电源钥匙开关打开，电源接通灯亮，仅在钥匙插入后操作台才能操作，钥匙由专人保管，且只有在停机或待机状态时才能拔出。张贴禁止非授权使用的警告标识。

(4) 紧急停机：本项目工业 X 射线实时成像系统操作台设 1 个急停按钮，

### 续表 10 辐射安全与防护

铅房内设置 1 个急停按钮（位于铅房内东南侧）。急停按钮相互串联，按下按钮，工业 X 射线实时成像系统高压电源立即被切断，工业 X 射线实时成像系统停止出束，急停按钮旁设置中文标识和相关说明。此外，防护门内的急停按钮同时具备自动开门按钮，铅房内出现滞留人员情况下，内部可自动开启铅门，并在铅房内放一个撬棒，可从内侧将门撬开，以便停电时使用。

#### （5）视频监控系统

铅房内配备有 1 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铅房防护门情况。视频监控屏幕位置设置在操作台上，操作人员能在操作台上实时监控检测过程铅房内以及铅房防护门情况，如果出现异常能迅速启动紧急制动装置。

#### （6）电离辐射警告标志

严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在铅房周围（含防护门）的醒目位置处张贴固定的电离辐射警告标志并在铅房外顶部和铅房内部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。

#### （7）安全联锁逻辑

工业 X 射线实时成像系统在铅门关闭、操作台及铅房内急停按钮复位、设备自检正常的情况下才能出束，出束时相应状态指示灯亮。当按下急停按钮或者铅门意外打开，设备立即停止出束，安全联锁逻辑图见图 10-3。

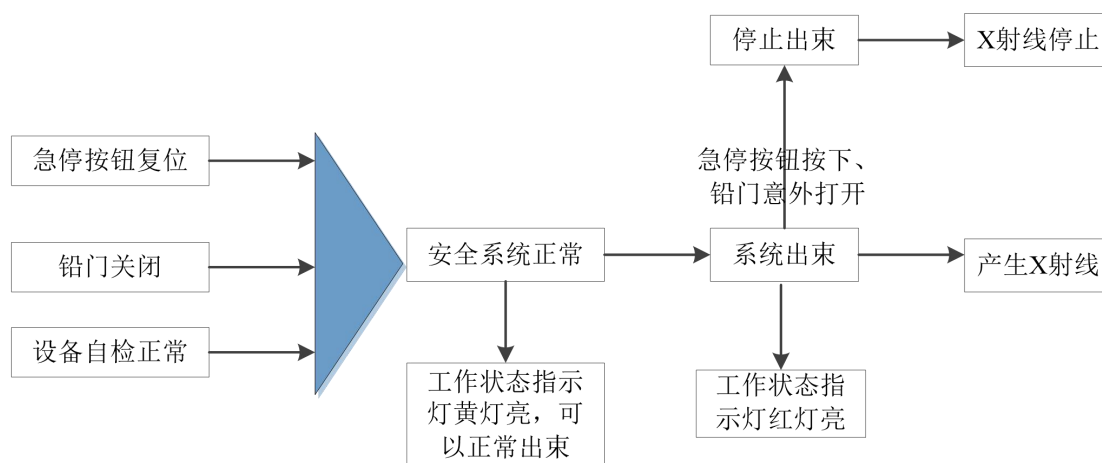


图 10-3 辐射安全联锁逻辑图

本项目辐射防护安全措施图详见图 10-4 所示。

续表 10 辐射安全与防护

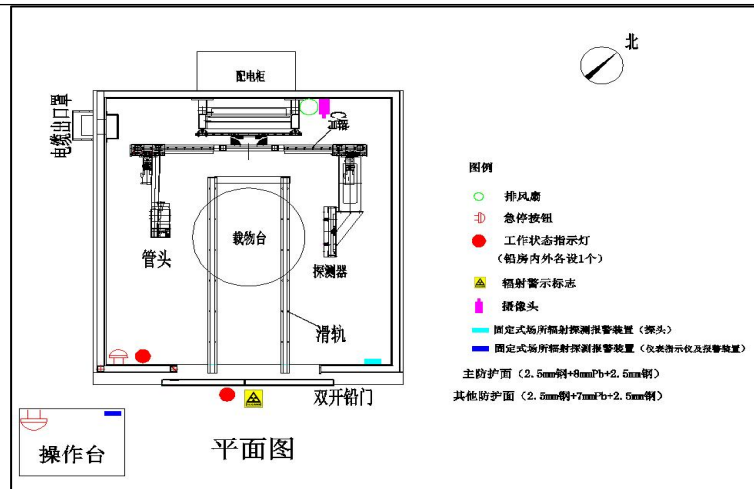


图 10-4 辐射防护安全措施图

### 10.2.4 通风

铅房顶部自带有 1 个排风扇，位于铅房顶部西北侧，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 30m<sup>3</sup>/h，换气次数约 5 次/h。

### 10.2.5 相关监测仪器

本项目拟配置的相关监测仪器如下表 10-2 所示。

表 10-2 相关监测仪器一览表

序号	名称	数量	用途	备注
1	个人剂量报警仪	2 个	实时监测辐射工作场所是否超标。	拟配置
2	个人剂量计	2 个	放射工作人员在工作期间佩戴。	拟配置
3	便携式 X-γ辐射剂量率仪	1 台	铅房屏蔽体外（包括监督区）定期剂量监测，保证屏蔽体的屏蔽效果。	拟配置
4	固定式场所辐射探测报警装置	1 台	实时监测铅房内剂量。	拟配置，探头安装在铅房内，仪表指示仪、报警装置安装在操作台上

## 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其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《工业探伤放射防

**续表 10 辐射安全与防护**

护标准》(GBZ117-2022)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)的要求。

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》 (GBZ117-2022)	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全,操作室应避免开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。	本项目属于整体探伤项目,操作台与铅房均分开布置。项目操作台置于铅房外,XG-200ST/C型X射线发生器及平板探测器位于铅房内,设备主射线朝东北侧(右侧)、顶棚;设备主射方向避开了操作台和铅门。 经后文核算,人员在关注点的周剂量参考控制水平不大于100μSv/周,公众不大于5μSv/周,项目使用的铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于2.5μSv/h。
	6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理,分区管理应符合GB18871的要求。	项目实行分区管理,控制区即为工业X射线实时成像系统铅房内部,监督区为铅房外部区域(包括铅房顶部到1F顶部区域以及铅房外四周1m的区域),分区满足要求。
	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100μSv/周,对公众场所,其值应不大于5μSv/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2.5μSv/h。	经后文核算,人员在关注点的周剂量参考控制水平不大于100μSv/周,公众不大于5μSv/周,项目使用的铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于2.5μSv/h,且拟委托有资质单位对每年对铅房各关注点进行监测。
	6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足: a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时,探伤室顶的辐射屏蔽要求同6.1.3; b) 对没有人员到达的探伤室顶,探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100μSv/h。	a、本项目所在为2F建筑,探伤室上方为预留区域,探伤室顶的辐射屏蔽要求满足6.1.3,即人员在关注点的周剂量参考控制水平不大于100μSv/周,公众不大于5μSv/周,项目使用的铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于2.5μSv/h,且拟委托有资质单位对每年对铅房各关注点进行监测。

续表 10 辐射安全与防护

	<p>6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。</p>	<p>铅房配置有门机联锁装置，双开铅门未关闭的情况下不能打开高压产生射线；门关闭后，在开高压产生射线的情况下，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。</p>
<p>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。</p>	<p>本项目铅房外顶部和内部拟同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号持续时间约 1 分钟，以确保铅房周围人员安全离开。“预备”和“照射”信号拟分别采用有明显区别的黄色和红色指示，该工作场所内无其他报警信号。在醒目的位置处张贴对“照射”和“预备”信号意义的说明。</p>	
<p>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。</p>	<p>本项目仅铅房内配备有 1 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铅房防护门情况。视频监控屏幕位置设置在操作台上，操作人员能在操作台上实时监控检测过程铅房内情况。</p>	
<p>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。</p>	<p>项目铅房防护门上设置电离辐射警告标识，并设置中文警示说明。</p>	
<p>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。</p>	<p>铅房内设置 1 个急停按钮，位于铅房内东南侧；急停按钮位置位于人员方便接触的位置，且不在主射方向上，且带有中文标识。</p>	
<p>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。</p>	<p>铅房自带排风口，用于废气排放，废气排放口远离人员活动的密集区；铅房排风口位于铅房西北侧顶部，风量约 30m<sup>3</sup>/h，换气次数约 5 次/h，通风换气次数不小于 3 次。</p>	
<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>本项目拟配置固定式场所辐射探测报警装置。</p>	



续表 10 辐射安全与防护

	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	拟每日对铅房的门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护措施检查一次，确保门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护安全措施正常后，方可开展检测工作。
		6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，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。	从事本项目的探伤工作人员配备个人剂量计后方可上岗，拟为本项目配备 1 个便携式 X-γ 剂量率仪、2 台个人剂量报警仪、1 台固定式场所辐射探测报警装置，执行现有辐射相关制度，规定当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员立即退出 X 射线检测室，同时防止其他人进入 X 射线检测室，并立即向辐射防护负责人报告。
		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。	拟定期对本项目铅房外周围区域、包括操作者工作位、周围毗邻区域人员居留处的剂量率水平进行监测，并制定相关制度，当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。
		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。	建设单位已制定交接班制度，工作人员交接班时按照现有要求检查剂量仪是否正常工作，发现不能正常工作时将暂停检测工作。
		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。	在每一次照射前，放射工作人员会检查铅房内是否会有人员驻留，且检查相关防护措施均能正常运行才开始检测工作。
		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。	本项目设备铅房大小满足现有公司生产的工件大小使用，不会出现工件过大情况，并拟制定相关制度，不得开门探伤。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)	3.3 其他要求	3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。	本项目属于整体探伤项目，实时成像系统自带铅房屏蔽体，铅房屏蔽体内除检修情况下，人员不进入，因此不设人员门，仅设置单独工件门；针对检修情况，X 射线实时

续表 10 辐射安全与防护

			成像系统铅房小，检修门与工件进出门共用。
		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	项目操作台置于铅房外东南侧，XG-200ST/C 型 X 射线发生器及平板探测器位于铅房内，设备主射线朝东北侧（右侧）、顶棚；设备主射方向避开了操作台和铅门。
		3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	铅房主体钢结构焊接密闭；开设铅防护门，在铅门搭接处设置足够长的铅门对左右两边进行搭接防护。设置的排风出口罩、电缆出口罩屏蔽能力与主体结构一致。
		3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽	本项目铅房仅使用 1 台 X 射线装置，同时，根据后文计算，主射方向和其它侧屏蔽体均能满足额定工况下的辐射防护要求。

表 11 环境影响分析

11.1 铅房辐射屏蔽估算公式

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

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<sub>c</sub>。

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

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

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

式中：

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

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

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:

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

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 ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

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

a) 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）。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定  $90^\circ$  散射辐射的 TVL，然后按照式（5）计算。关注点的散射辐射剂量率  $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（10）计算：

$$\dot{H}_c = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{式（10）}$$

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)。

## 11.2 铅房防护核算原则

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。

## 11.3 主要技术参数的选择及剂量率控制水平

### (1) 参考点的选择以及核算距离、方向

本项目 X 射线实时成像系统工作时，主射线朝向右侧（东北侧）、顶棚，核算距离为主射线的最短距离，其余方向（含防护门）考虑为散射和漏射。

根据表 9 的本项目设备工作方式，本次校核铅房的屏蔽能力的考察点设置铅房四周及铅房底板、顶棚，按 X 射线管头离屏蔽体最近的距离计算。计算点位示意图 11-1、图 11-2。

续表 11 环境影响分析

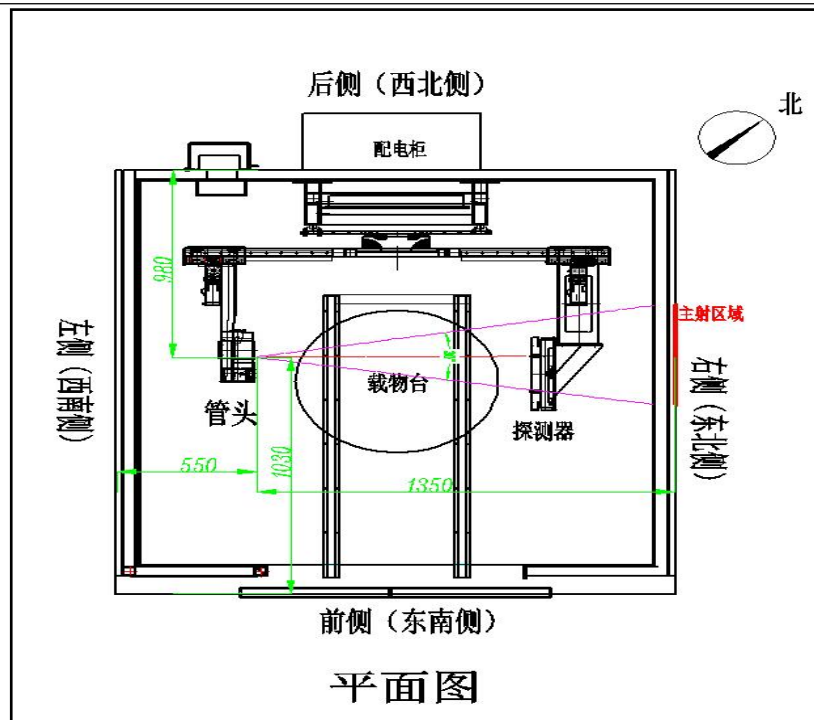


图 11-1 (1) X 射线实时成像系统计算点位示意图 (平面)

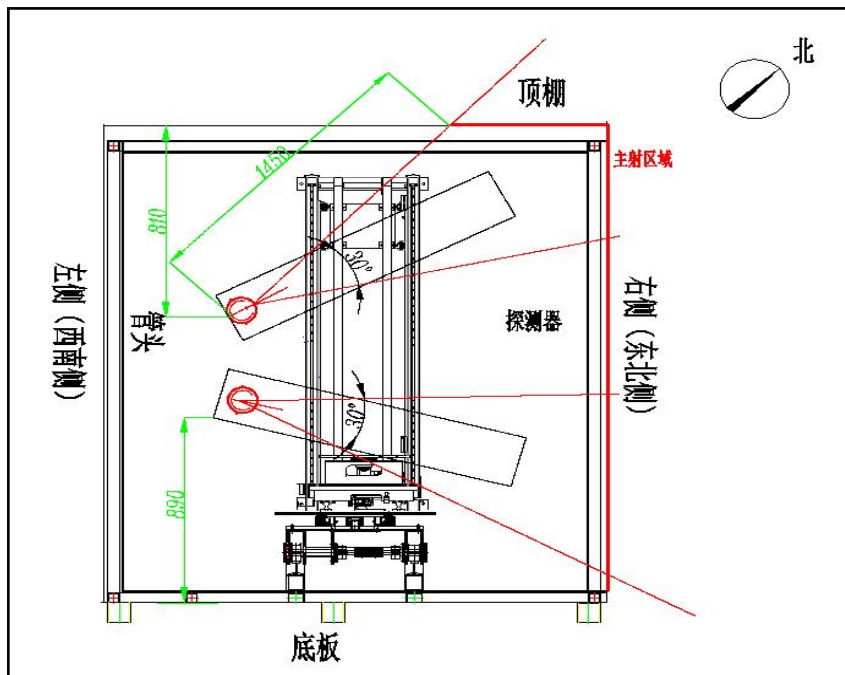


图 11-1 (2) X 射线实时成像系统计算点位示意图 (立面)

续表 11 环境影响分析

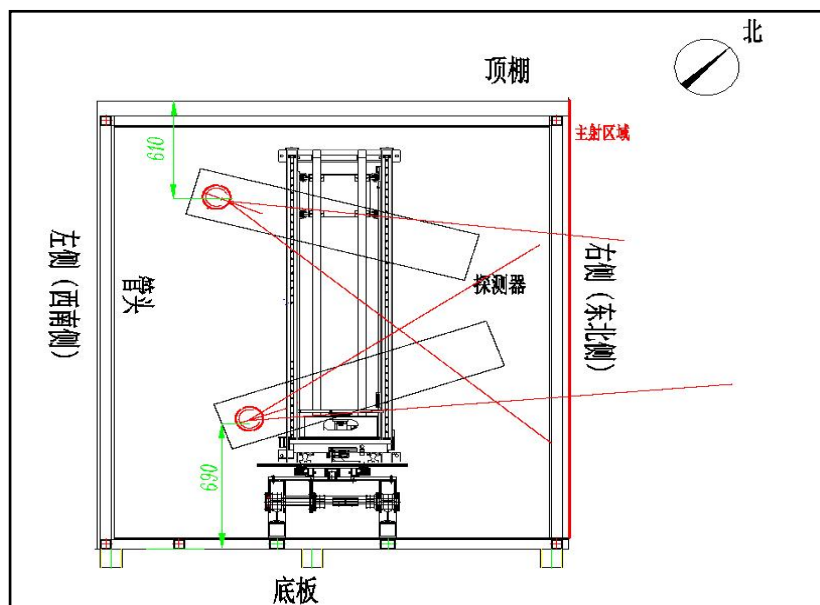


图 11-1 (3) X 射线实时成像系统计算点位示意图 (立面)

屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-1。

表 11-1 各方向核算距离一览表

考察点			核算距离 (m)
铅房右侧	屏蔽体外 30cm	主射	$1.35^{\text{①}}+0.3=1.65$
铅房后面	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$0.98+0.3=1.28$
铅房左侧	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$0.55+0.3=0.85$
铅房前面	屏蔽体外 30cm (含铅门)	散射、漏射	$1.03+0.3=1.33$
铅房顶棚	屏蔽体外 30cm	主射 <sup>②</sup>	$1.45+0.3=1.75$
	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$0.61+0.3=0.91$
铅房底面	屏蔽体外 10cm <sup>③</sup>	散射、漏射	$0.69+0.1=0.79$

备注：①均为图上量出；②X 射线实时成像系统常用情况下主射方向为铅房右侧，在 C 臂垂直偏转±15 度情况下，铅房顶棚成为主射方向；③因铅房底面距地面的距离约 10cm，且为地上 1F，底部人员无法到达，因此底部选取距离屏蔽体外 10cm。距离保留两位小数。

### (2) 设备参数等

本项目铅房核算过程中的相应其他参数见表 11-2 所示。

表 11-2 屏蔽体核算相关参数

参数	数值	来源
设备参数	运行最大电压 200kV，电流 3mA	设备说明书



续表 11 环境影响分析

G (mGy·m <sup>2</sup> /mA·min)	200kV: 11.59 (0.5mm 铜过滤条件下)	ICRP33 报告 (第 56 页图 3)	
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))	200kV: 6.95×10 <sup>5</sup> ①		
$\frac{R_0^2}{F \times \alpha}$	200kV: 50	GBZ/T250-2014 附录 B.4.2 可知, 当 X 射线探伤装置 圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时, 200kV 的 R <sub>0</sub> <sup>2</sup> /F·α 取 50, 本 项目夹角为 15°, R <sub>0</sub> <sup>2</sup> /F·α 取值 >50, 本次评价根据保守原则, 取 50。	
泄漏辐射剂量率 H <sub>L</sub> (μSv/h)	200kV: 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)	铅		GBZ/T250-2014 表 B.2
	电压等级	TVL	
	200kV	1.4mm	
	150kV	0.96mm	
	钢或铁		《辐射防护导论》(方杰主编, P103, 附图 3.23) 查图
	电压等级	TVL	
	200kV	13mm	
	150kV	10mm	

11.4 铅房防护核算结果

本项目铅房的屏蔽体屏蔽能力核实结果见表 11-3。

表 11-3 铅房屏蔽效能核算表

考察点	剂量率参考 控制水平 H <sub>c</sub> (μSv/h)	铅房外 30cm 距离 (m)	实际厚度	实际厚度下铅房 外瞬时剂量 (μSv/h)	是否达到 屏蔽要求	
铅房 右侧	主射	2.5	1.65	内 2.5mm 钢+8mm 厚铅+ 外 2.5mm 钢	0.61	是
铅房 后侧	散射 漏射	2.5	1.28	内 2.5mm 钢+7mm 厚铅+ 外 2.5mm 钢	6.70×10 <sup>-3</sup>	是
铅房 左侧	散射 漏射	2.5	0.85	内 2.5mm 钢+7mm 厚铅+ 外 2.5mm 钢	1.52×10 <sup>-2</sup>	是
铅房 前侧	散射 漏射	2.5	1.33	内 2.5mm 钢+7mm 厚铅+ 外 2.5mm 钢 (铅门)	6.21×10 <sup>-3</sup>	是
顶棚	主射	2.5	1.75	内 2.5mm 钢+8mm 厚铅+ 外 2.5mm 钢	0.54	是
	散射	2.5	0.91		1.33×10 <sup>-2</sup>	是

续表 11 环境影响分析

	漏射					
底板	散射	2.5	0.79	内 2.5mm 钢+7mm 厚铅+ 外 2.5mm 钢	1.76×10 <sup>-2</sup>	是
	漏射					

备注：①散射线均需经过多次反射才能穿出各管线孔，经多次反射剂量很低，能满足要求，此处不再核算。②本项目铅房所在区域上方（2F）为已建建筑（预留区），参考 GBZ/T250-2014 中 3.1.2a 可知，关注点最高剂量率参考控制水平取 2.5μSv/h，不再进行天空反散射核算。

根据表 11-3 计算结果可知，X 射线出束时，铅房的屏蔽体、防护门外 30cm 处的瞬时剂量在 6.21×10<sup>-3</sup>~0.61 μSv/h 之间，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。

### 11.5 年有效剂量估算

#### (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：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad \text{式 (11)}$$

式中：

$H_{Er}$ ：X 或γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_{(10)}$ ：X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X 或γ射线照射时间，小时。

#### (2) 估算结果

铅房外剂量估算表见表 11-4。

表 11-4 铅房外人员剂量估算

估算人员	活动场所	实际厚度下剂量率 (μSv/h)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	有效剂量 mSv/a
铅房放射工作人员	铅房东南侧操作台	6.21×10 <sup>-3</sup>	333.3	1	2.07×10 <sup>-3</sup>

根据表 11-4 可知，铅房外放射工作人员所受的年有效剂量远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。

### 11.6 对周围环境保护目标的影响分析

铅房各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线

续表 11 环境影响分析

随距离的平方快速减弱的特性可知，距离 X 射线铅房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。本项目铅房外环境保护目标预测结果见表 11-5。

表 11-5 本项目铅房外环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方向	与铅房最近距离	保护目标处周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留因子	最大曝光时间	有效剂量 $\text{mSv/a}$
1	检测及扫描区	东	约 5m	$3.75 \times 10^{-2}$	1/5	333.3h	$2.50 \times 10^{-3}$
	会议室		约 21m	$3.24 \times 10^{-3}$	1/5		$< 1.00 \times 10^{-3}$
	物资存放区		约 35m	$1.24 \times 10^{-3}$	1/4		$< 1.00 \times 10^{-3}$
2	预留区	东北侧	约 2m	0.12	1		0.04
	3D 扫描检测区		约 5m	$3.75 \times 10^{-2}$	1		$1.25 \times 10^{-2}$
	过道		约 12m	$8.91 \times 10^{-3}$	1/4		$< 1.00 \times 10^{-3}$
	压铸生产线		约 16m	$5.33 \times 10^{-3}$	1		$1.78 \times 10^{-3}$
3	操作台	东南侧	约 1m	$2.02 \times 10^{-3}$	1		$< 1.00 \times 10^{-3}$
	过道		约 3m	$< 1.00 \times 10^{-3}$	1/4		$< 1.00 \times 10^{-3}$
	压铸生产线		约 7m	$< 1.00 \times 10^{-3}$	1		$< 1.00 \times 10^{-3}$
4	过道	西南侧	约 2m	$1.35 \times 10^{-3}$	1/4	$< 1.00 \times 10^{-3}$	
	压铸生产线		约 6m	$< 1.00 \times 10^{-3}$	1	$< 1.00 \times 10^{-3}$	
5	过道	西北侧	紧邻	$6.70 \times 10^{-3}$	1/4	$< 1.00 \times 10^{-3}$	
	工具设备间及会议室		约 2m	$1.02 \times 10^{-3}$	1/5	$< 1.00 \times 10^{-3}$	
	配电室		约 20m	$< 1.00 \times 10^{-3}$	1/8	$< 1.00 \times 10^{-3}$	
	过道		约 35m	$< 1.00 \times 10^{-3}$	1/4	$< 1.00 \times 10^{-3}$	
6	2F 预留区	顶部	约 3m	$7.36 \times 10^{-2}$	1/5	$4.91 \times 10^{-3}$	

根据表 11-5 可知，铅房邻近各环境保护目标周围剂量当量率均低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，在铅房周围活动的公众成员及放射工作人员所受的最大年有效剂量均低于本评价管理目标值，本项目建设对各环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。

### 11.7 其他影响

#### (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 ( $\text{O}_3$ ) 和氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ )。工业 X 射线实时成像系统工作时产生的废气。

铅房有良好的通风，铅房换气次数约 5 次/h，能够保证铅房内空气的流通，

续表 11 环境影响分析

使少量的 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub> 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。

因此，项目废气依托厂房内部的排风系统排至室外，对周围环境影响小。

### (2) 废水环境影响

本项目废水主要为放射工作人员产生的少量生活污水。生活污水依托厂内污水处理装置处理后进入市政污水管网接入鱼洞污水处理厂进一步处理达标后排放，对地表水环境影响较小。

### (3) 固废环境影响

#### ①一般固废

生活垃圾经收集后交由环卫部门统一处理。

报废的 X 射线机（不含废阴极射线管）交由物资回收单位处置。

#### ②危险废物

废阴极射线管暂存在危废间专用容器中，然后由有资质单位外运处置。

本项目所在厂区设有 1 处危险废物暂存间（位于厂区西北侧），建筑面积约 60m<sup>2</sup>，废阴极射线管暂存在专用容器中，依托现有危险废物暂存间进行储存，严格执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的有关规定。危废间专用容器占用建筑面积约 0.5m<sup>2</sup>，本项目危险废物暂存间建筑面积能够满足暂存要求。

本项目应建立危险废物的产生、暂存、移交的台账管理制度；危险废物的处理按照《危险废物转移管理办法》（生态环境部 公安部 交通运输部 部令第 23 号）相关要求实行联单管理，联单存档。

综上所述，建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后，对环境基本无影响。

## 11.8 实践正当性分析

本项目工业 X 射线实时成像系统在研发、中试和生产中的应用，对铝合金箱体产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，项目建设为重庆宗提供更加先进的检测手段，对其产品质量保证可以起到十分重要的作用；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

续表 11 环境影响分析

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 政策符合性分析

项目主要是配置 X 射线实时成像系统（数字成像式）用于铝合金箱体进行无损检测，属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）“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。

### 11.9 事故影响分析

#### （1）风险事故类型

X 射线实时成像系统和 X 射线拍片成像系统产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。

本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

#### ①X 射线管头失去自身屏蔽能力

X 射线管头是用金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试等）可能无意中 X 射线管头及探测器上的屏蔽块移走，使设备丧失自身屏蔽作用，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

#### ②人员滞留在铅房内

正常情况下，工作人员不需要进入铅房，检修工作由厂家完成。检修时厂家检修人员可能需要进入铅房，操作人员未通过监控系统对铅房内部进行充分确认，从而导致滞留在铅房内的人员在工作模式下被误照射。

#### ③联锁装置失效

由于门机联锁装置失效，防护门未关闭或工业 X 射线实时成像系统工作时门被开启，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屏蔽体出现膨胀变形

本项目铅房屏蔽体使用多年以后，可能因自重等原因引起屏蔽体搭接等处空隙增大，从而漏出射线，使铅房周围的人员受到误照射。

续表 11 环境影响分析

## (2) 后果分析

### ① X 射线检测设备失去自身屏蔽能力

工业 X 射线实时成像系统失去自身屏蔽能力后，可导致铅房四周屏蔽体均为主射墙，经计算铅房屏蔽体外 30cm 周围剂量当量率可达  $1.22\mu\text{Sv/h}$ ，单次照射下（事故状态下考虑最极端情况下，即 2min，下同）铅房四周屏蔽体外停留的人员受照剂量最大约  $4.07\times 10^{-5}\text{mGy}$ 。

### ② 人员滞留铅房内

人员在工作模式下滞留在铅房内而被误照射，由于铅房内安装摄像头，操作人员在操作台可以实时监控铅房内状态，发现有人时，立即断开出束，对其造成的伤害按照照射时间 2min 计算，考虑人员在距离辐射源点 0.5m 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  $1.67\times 10^7\mu\text{Sv/h}$ ，单次照射下受照剂量最大为  $5.57\times 10^2\text{mGy}$ 。

### ③ 联锁失效

每次开展探伤工作前，放射工作人员均会进入检测区，故仅考虑单次照射对检测区内停留人员的误照射造成的伤害。项目工件进出口不在主射方向上，防护门在未关闭情况下开展探伤工作，铅房门外周围剂量当量率约为  $2.50\times 10^4\mu\text{Sv/h}$ ，则单次照射下铅房防护门外停留的人员受照剂量最大约 0.83 mGy。

### ④ 屏蔽体出现膨胀变形且长时间未发现

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，操作人员位于操作台、携带个人剂量报警仪，因此在发生此情形事故时，操作位能及时发现并紧急关停设备出束。

考虑最不利情况，当铅屏蔽体出现膨胀变形后且长时间未发现，即主射线不经过屏蔽对检测区的人员进行误照射。经计算铅房屏蔽体外周围剂量当量率可达  $1.53\times 10^6\mu\text{Sv/h}$ （距辐射源 1.65m 处主射方向），单次照射下（2min）铅房四周屏蔽体外停留的人员受照剂量最大约 51mGy。

假定未发现该事故情形的时长为 1 天（X 射线管实时成像系统一天最多检测 100 次），在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-6。

续表 11 环境影响分析

表 11-6 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表		
误照射次数 (次)	受照射时间	受照射剂量
		铅房
		吸收剂量 (mGy)
1	2min	51
10	20min	510
50	100min	2550
100	200min	5100

**(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，由此所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

续表 11 环境影响分析

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。

不同照射剂量的 X、 $\gamma$ 射线对人体损伤估计见表 11-7。

表 11-7 不同照射剂量的 X、 $\gamma$ 射线对人体损伤的估计表

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

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

本工业 X 射线实时成像系统属于 II 类放射装置，在没有防护情况下，工作人员受到这类射线装置照射，单次可能超过人员年有效剂量管理目标值，导致一般辐射事故。在铅房屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，受照人员可能会出现多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降；达到发生确定性效应剂量阈值，发生随机性效应概率增加。甚至导致较为严重的辐射损伤，造成较大及以上级别辐射事故的发生。

(4) 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻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，见表 11-8。

表 11-8 辐射事故等级分级一览表

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



续表 11 环境影响分析

较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，其中造成最大影响的事故情形为屏蔽体出现膨胀变形且长时间未发现，在此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，但未造成急性重度放射病。因此，假若本项目发生事故，事故等级为一般辐射事故。

### (5) 辐射事故防范措施

①检修、调试应由生产厂家专业技术人员进行，项目放射工作人员配合，禁止随便拆走工业 X 射线实时成像系统及机架上的屏蔽材料，随意调整加大照射面积。不得擅自改变、削弱或破坏 X 射线设备的铅房屏蔽体和防护铅门及孔洞等。

②放射工作人员使用视频监控系统对铅房内进行检查，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铅房内，操作室人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

③定期检查设备的安全联锁装置、声光警示系统的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对铅房内及操作台急停开关进行显著的标识，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施的各机构及电控系统，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。辐射工作场所因某种原因损坏，应立即停止使用，修复后再投入使用。

④放射工作人员佩戴个人剂量报警仪，实时监测 X 射线照射剂量是否对放射工作人员超标，若发现问题，及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续开机检测工作。对工业 X 射线实时成像系统铅房外定期进行曝光时的巡检，若发现铅房有变形、射线泄漏的情况，立即停止工作。

另外，放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 X 射线无损检测工作。

**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。

公司已按照相关要求制定了相应的管理制度，成立了辐射工作安全管理领导小组，设置了专职人员负责辐射安全与环境保护管理工作，明确了小组职责，并负责制定并实施辐射工作安全管理制度，采取切实有效的措施，预防和控制辐射事故发生，保障设备使用安全及工作人员、社会公众的健康与安全，公司的辐射工作安全管理领导小组满足相关要求。

**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，重庆宗申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。

目前，重庆宗申已成立辐射工作安全管理领导小组，已按照相关规定制定了相应的管理制度，包括《辐射工作安全防护管理制度》、《X 射线机探伤室辐射防护规章制度》、《设备检修维护制度》、《台账管理制度》、《X 射线探伤工岗位职责》、《人员培训计划》、《辐射安全防护监测方案》、《辐射安全事故应急预案》等制度，现有制度具有可实施性，具备指导本项目实时成像系统安全使用，在项目运营前，公司拟根据本项目新增实时成像系统运行管理和设备操作需求，制定相关操作规程、岗位职责等制度，并将本项目相关制度粘贴在辐射工作场所。

**(2) 放射工作人员**

重庆宗申拟配置 2 名放射工作人员从事本项目 X 射线无损检测工作，目前具体人员未定，但均为内部培养。具体情况见表 1-6。

**①配置数量合理可行性**

续表 12 辐射安全管理

根据工业 X 射线实时成像系统的操作需求，项目配置 2 名放射工作人员操作设备在工作时间上分配是可行的。

②辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。

公司现有放射工作人员中均取得了辐射安全培训合格证书，并定期复训，满足上述规定要求；建设单位承诺组织本项目新上岗的放射工作人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，通过培训平台报名并参加考核，考核合格方能正式上岗，在合格证/合格成绩单有效期到期前，按规定参加复训和考核，考核合格后才能继续上岗。

③个人剂量管理

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

公司现有放射工作人员均配置了个人剂量计，并按照规定进行了剂量监测，建立了个人剂量档案，满足上述规定要求。

后续公司应按照规定为本项目拟内部培养的每名放射工作人员配置个人剂量计，并按照规定进行了剂量监测，建立个人剂量档案。

④职业健康检查

**续表 12 辐射安全管理**

放射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合放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，放射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，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。建设单位应建立和保存放射工作人员的健康档案。

公司现有放射工作人员均已进行了职业健康体检，符合放射工作人员健康标准，本项目拟内部培养的放射工作人员落实到位后，应按要求进行岗前职业健康体检，按照相关要求进行了复检，并建立相应档案。

### **(3) 射线装置台账管理**

项目建设单位应制定射线装置台账管理制度，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，记录每次检修、保养情况，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。

### **(4) 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，建立放射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。公司应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

公司认真落实了相关制度和规定，所有放射工作人员均进行职业健康体检（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）、个人剂量检测、辐射安全与防护培训，并将职业健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案进行了保存。

本项目运营后，拟将本项目相关的档案资料建立档案，并纳入现有档案管理中，档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规

续表 12 辐射安全管理

定执行。

#### (5) 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、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。

重庆宗申《辐射工作安全防护管理制度》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、放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。

#### (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放射防护与安全知识。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在单位内开展核安全文化宣贯推进专项培训，严格落实岗位职责，对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。

②建设单位应不断总结、汲取经验教训，培植核技术利用项目领导及员工的全员核安全文化素养。

### 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

续表 12 辐射安全管理

12-1。

**表 12-1 从事辐射活动能力的评价**

应具备条件	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。	本项目辐射安全与环境保护管理机构依托公司已有辐射工作安全管理领导小组。
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。	项目拟在公司内部培养 2 名放射工作人员，具体人员待定，不新增公司总劳动定员，将按照相关规定参加培训并考核合格后上岗。
射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	铅房有足够厚的铅板以及铅门进行屏蔽；设备配置门机联锁（工件进出的门和检修防护门）、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。	放射工作人员均拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪。
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。	公司制度满足现有工作运行要求，本项目依托公司已有辐射安全管理规章制度，待本项目建成运营前，将按照相关规定和要求进一步完善相关操作规程、岗位职责、辐射事故应急措施等制度，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	公司已制定了辐射事故应急措施，项目投运前拟根据本项目进一步完善辐射事故应急预案。

从表 12-1 可知，本项目的管理工作依托公司现有的管理体系，已具备了一定的能力，但还应在本项目建设完成运营前，针对本项目的管理需求完善相应管理规定，认真落实上述要求后，方具备从事本项目辐射活动的能力，本项目方可投入正式运行。

### 12.4 辐射监测

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 5.1.3 设备维护要求，运营单位应对工业 X 射线实时成像系统的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，设备维护包括工业 X 射线实时成像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，且做好设备维护记

续表 12 辐射安全管理

录。

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，必须对放射工作人员个人剂量进行监测、探伤工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

根据调查，公司已制定有监测计划，包括工作场所监测及个人剂量监测等，公司每年均委托有资质单位对现有射线装置等屏蔽体外辐射环境及放射工作人员个人剂量进行监测，满足相关要求，还应进一步细化监测方案。

本项目建设后，在验收及每年例行监测时应委托资质单位对设备铅房及操作位进行监测，日常使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪，或委托有资质的单位定期对铅房周围环境（包括监督区）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**

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

监测频率：常规检测一般为 1 个月，最长不超过 3 个月；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铅房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：项目竣工后及涉及设备发射剂量率或防护设施维修后进行验收监测，委托有资质单位监测。

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：铅房屏蔽体外、防护门外 30cm 处、屏蔽体搭接处以及屏蔽体进出管线、门缝等搭接薄弱位置。

监测方案中可补充日常自行监测频次的要求，每日交接班由操作人员利用现有监测仪器，开展自行巡测。

## 续表 12 辐射安全管理

### 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《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 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。重庆宗申已制定《辐射安全事故应急预案》，应急预案中包括应急响应措施、应急报告电话等，项目投运前拟根据本项目进一步完善辐射事故应急预案。

#### （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 小时内立即填写《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。

政务服务便民热线电话：12345； 急救电话：120

巴南区生态环境局电话：023-89888609

巴南区卫健委：023-6624662

公司应急小组成员电话：蒋亚会 18\*\*\*\*\*13

#### （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，配合相关部门做好事故调查处理，并做好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害的人员，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、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

建设单位应加强应急事故演练，并做好演练记录。

### 12.5 辐射安全与管理投资估算



续表 12 辐射安全管理

项目环保投资估算表见表 12-2。

表 12-2 辐射安全管理投资估算

内容	措施	投资 (万元)
操作制度、应急流程、电离辐射警告标志张贴	按规范制度、张贴上墙	0.5
辐射防护与安全措施	门机联锁、灯机联锁、紧急停机按钮等	计入设备投资
	工作状态指示灯、摄像机及视频监控器	3.5
	个人剂量计	
防护监测设备	个人剂量报警仪、便携式 X-γ辐射剂量率仪等	4
	固定式场所辐射探测报警装置	
环保手续办理	环评、验收监测等	10
合计	/	18

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。建设项目正式运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 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	工业 X 射线实时成像系统 1 台（型号 XG-200ST/C，定向，固定式），最大电压 ≤200 kV，电流 ≤3mA。	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、监测方案	齐全

续表 12 辐射安全管理

4	铅房防护措施	①铅房内安装摄像头，监视器设在操作台旁； ②双开铅门设置门机联锁； ③铅房内、外均设工作状态指示灯，设灯机联锁。 ④铅房内、操作台上设急停按钮； ⑤铅房四周张贴电离辐射警告标志； ⑥通风：铅房每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。		符合相关要求
5	防护监测设备	每名放射工作人员均配备个人剂量计，2 台个人剂量报警仪，1 台 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪。铅房配备 1 套固定式场所辐射探测报警装置。		个人剂量计按规定定期进行计量检定；定期对铅房屏蔽体外（包括监督区）进行剂量监测。
6	人员要求	培训合格上岗，定期复训。		《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》
7	电离辐射	年剂量管理目标限值	放射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ 公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
		屏蔽体周围剂量当量率控制	铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	

**表 13 结论及建议**

### **13.1 结论**

#### **13.1.1 项目概况**

为满足重庆宗申动力机械股份有限公司高端零部件生产基地铝合金零部件的产品质量检测需求，重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园大江科创城（PO1-07-7/07 地块）高端零部件生产基地压铸车间质量检测区内实施“高端零部件（新厂房）工业探伤技术利用项目”，主要建设内容包括 1 套工业 X 射线实时成像系统（II 类射线装置，型号为 XG-200ST/C，单管头，定向，固定式，最大电压 200kV（电流 3mA）、最大功率 600W）。

项目总投资约 64 万，其中环保投资约 18 万。

#### **13.1.2 产业政策符合性**

项目主要是配置工业 X 射线实时成像系统对铝合金箱体进行无损检测，属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）“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。

#### **13.1.3 实践正当性**

项目使用 X 射线探伤的目的是开展铝合金箱体 X 射线无损质量检验，为单位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**

本项目建设位置的环境 $\gamma$ 辐射剂量率的监测值在 42nGy/h~49nGy/h 之间（未扣除宇宙射线）。根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》，重庆市 2022 年环境  $\gamma$  辐射水平年均值范围为 78.0~119nGy/h，全市各点位年均值为 94.5nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，本项目所在地环境 $\gamma$ 辐射剂量率均在重庆市 2022 年环境 $\gamma$ 空气吸收剂量率涨落范围内。

#### **13.1.5 选址可行性及布局合理性**

### 续表 13 结论及建议

项目位于重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园大江科创城(PO1-07-7/07 地块) 高端零部件生产基地压铸车间质量检测区内,该厂房实行封闭式管理,非厂内工作人员未经允许不得入内。铅房紧邻压铸生产线,经压铸工艺后工件能有效避免远距离运输,方便工作人员将工件运输至铅房内进行无损检测。铅房周围活动人员较少,有利于辐射防护。

本项目工业 X 射线实时成像系统配置有铅房和操作台,均固定安装;设备主射线朝向避开了工件铅门及操作台。铅房所在区域布局单一,人流、物流路径清晰;铅房紧邻压铸生产区,经压铸作业后工件可直接进行无损检测,铅房与厂房内产品工艺流程相衔接。

因此,本项目选址可行、平面布局合理。

#### 13.1.6 辐射防护与安全措施

(1) 分区管理:建设单位对铅房进行分区管理,划分为控制区和监督区。控制区即为工业 X 射线实时成像系统铅房内部,监督区为铅房外部区域(包括铅房顶部到 1F 顶部区域以及铅房外四周 1m 的区域)。

(2) 设备已具备的辐射防护与安全措施:设备自带有多种固有安全性。工业 X 射线实时成像系统铅房采用钢+铅+钢的屏蔽结构。

铅房四周除右侧(东北侧)及顶棚为 2.5mm 厚钢+8mm 厚铅板+2.5mm 厚钢外,其余面及防护门均为 2.5mm 厚钢+7mm 厚铅板+2.5mm 厚钢,防护门与同侧屏蔽体厚度一致;铅房主体结构焊接密闭,防护门左右两侧、上下两侧与门框搭接宽度分别为 100mm、100mm;并设置 2.5mm 厚钢+8mm 厚铅板+2.5mm 厚钢的排风出口防护罩,以避免影响辐射屏蔽防护效果。

经核算,项目工业 X 射线实时成像系统、铅房等设施的屏蔽防护能力符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)与《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)等标准要求。

项目配置防护性能符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)等标准要求的射线装置,设备自带有多种固有安全性,包括开机自检、过电流保护、过电压保护、继电保护等;项目配置辐射安全联锁装置(设施),包括操作台钥匙

### 续表 13 结论及建议

开关、门机联锁、急停按钮、高压接通时的外部报警指示装置和工作状态指示灯、电离辐射警告标志、视频监控系统等。

(3) 建设单位拟在铅房内和铅房外均设置工作状态指示灯，“预备”信号和“照射”信号有明显的区别。拟配置 2 台个人剂量报警仪，2 枚个人剂量计，1 台便携式 X- $\gamma$  辐射剂量率仪，1 台固定式场所辐射探测报警装置。

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 环境影响分析结论

根据核算，放射工作人员、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（放射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/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。若本项目发生事故，事故等级应为一般辐射事故。

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；生活污水依托厂内污水处理装置处理后进入市政污水管网接入鱼洞污水处理厂处理后排入长江，不会对地表水产生不利影响；生活垃圾依托厂区内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 X 射线机去功能化后（不含阴极射线管）交由物资回收单位处置，废阴极射线管单独收集后运至公司厂区现有危废暂存间，定期交由资质单位处理，不会对周围环境产生不利影响。

#### 13.1.8 辐射环境管理

重庆宗申应按照规定制定相应的管理制度，包括：辐射安全与环境保护工作领导职责、X 射线检测系统安全操作规程、X 射线机维护保养制度、X 射线装置台账管理制度、人员培训制度、辐射安全监测方案、辐射防护安全管理制度、辐射安全事故应急预案、个人剂量监测规定等。

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

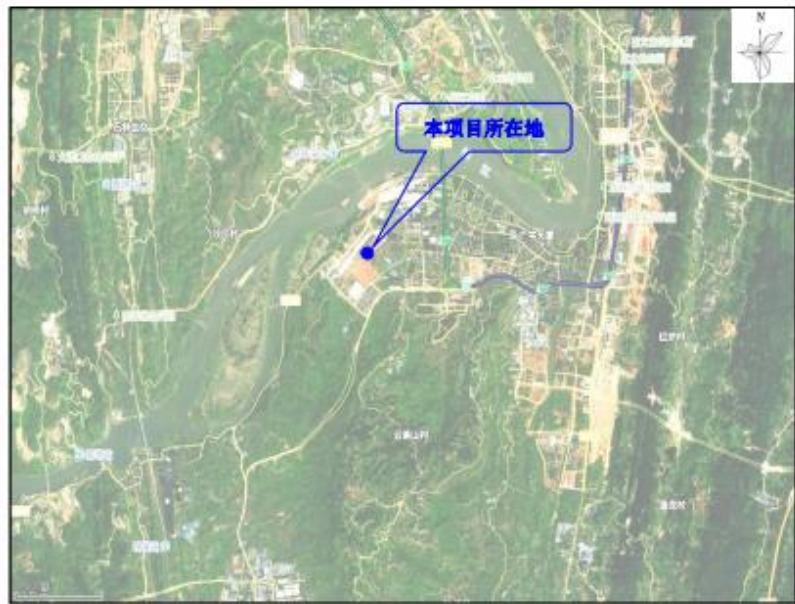
### 续表 13 结论及建议

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。

在今后的工作中，还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故发生。

#### 13.1.9 综合结论

综上所述，高端零部件（新厂房）工业探伤技术利用项目符合国家产业政策，选址和布局合理。在完善相应的辐射防护与安全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。



附图1 本项目地理位置示意图