

核技术利用建设项目

重庆宗申动力机械股份有限公司
高端零部件（新工厂）工业辐射探伤二期项目
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：重庆朕尔医学研究院有限公司

编制时间：2024年09月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

重庆宗申动力机械股份有限公司 高端零部件（新工厂）工业辐射探伤二期项目 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（签名或签章）：

通讯地址：重庆市巴南区鱼洞组团天明工业园

邮政编码：401320

联系人：张晓娅

电子邮箱：241 *** 817@qq.com

联系电话：187 *****450

重庆宗申动力机械股份有限公司

关于同意《重庆宗申动力机械股份有限公司高端零部件
(新工厂)工业辐射探伤二期项目环境影响报告表》

(公示版)进行公示的说明

重庆市生态环境局:

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》和《建设项目环境保护管理条例》等有关规定,我司委托重庆朕尔医学研究院有限公司编制了《重庆宗申动力机械股份有限公司高端零部件(新工厂)工业辐射探伤二期项目环境影响报告表》,报告表内容及附图附件等资料均真实有效,我司作为环境保护主体责任,愿意承担相应的责任。报告表(公示版)不涉及技术和商业秘密的章节。我司同意对报告表(公示版)进行公示。

特此说明。

重庆宗申动力机械股份有限公司



编制单位和编制人员情况表

项目编号	0bx0y1		
建设项目名称	重庆宗申动力机械股份有限公司高端零部件（新工厂）工业辐射探伤二期项目		
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		
一、建设单位情况			
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	915000002023878993		
法定代表人（签章）	黄培国		
主要负责人（签字）	黄文华		
直接负责的主管人员（签字）	王涛		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆朕尔医学研究院有限公司		
统一社会信用代码	91500103MA5U53FM41		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
孟楠	2016035410352015411801000074	BH005013	孟楠
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
孟楠	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	BH005013	孟楠
刘涛	环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护	BH063232	刘涛
韩邦秀	环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH063234	韩邦秀

环评编制主持人职业资格证书（复印件）



表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆宗申动力机械股份有限公司高端零部件（新工厂）工业辐射探伤二期项目			
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	187*****450
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厂房质量检测区内			
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	2407-500113-07-03-276263	
建设项目总投资 （万元）	50.5	项目环保投资 （万元）	13.5	投资比例（环保 投资/总投资）	26.73%
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 ² ）	13
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 type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他					

1.1 建设单位简介

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1989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。

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）。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

续表 1 项目基本情况

准（2021）073号，总占地面积 97255m²，总建筑面积 69430m²，主要是生产福克斯、沃尔沃、长安等铝合金零部件，主要包括熔炼、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厂房质量检测区内（以下简称“压铸厂房质量检测区内”）实施“高端零部件（新工厂）工业辐射探伤二期项目”，主要建设内容包括 1 套工业 X 射线实时成像系统（E7-200，单管头，定向，最大电压 200kV，最大管电流 6mA，最大连续功率 500W，以下简称“X 射线探伤机”），固定安装在压铸厂房质量检测区内，用于公司生产的铝合金零部件的无损检测。

根据关于《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部、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）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》（中华人民共和国生态环境部，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 X 射线探伤机带有专用屏蔽铅房，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 个双开式铅门，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 X 射线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。

续表 1 项目基本情况

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关规定，本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）》（中华人民共和国生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置”，环境影响评价文件类别为环境影响报告表。

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》，重庆宗申委托重庆朕尔医学研究院有限公司对本项目进行环境影响评价。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘查、收集资料和现状监测等工作，并结合项目特点、性质、规模，按照《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）等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.3 建设内容及工程规模

（1）项目概况

本项目拟设 1 台 X 射线探伤机，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厂房质量检测区内，项目厂房内总占地面积约 13m²。

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	X 射线探伤机拟位于压铸厂房质量检测区内，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，最大管电流 6mA。铅房外观尺寸：2616mm（长）×2264mm（宽）×2244mm（高），内空尺寸：1950mm（长）×1750mm（宽）×2000mm（高），铅房六面屏蔽体均拟为钢结构+铅板+钢结构，拟设 1 个电动双开式铅门，铅门门洞尺寸 1650mm×880mm（同时用于工件进出及检修）；操作台拟布置于铅房南侧；探伤机主射线方向朝铅房右侧（东北侧）、顶部和底部部分区域。	新购
公用工程	供配电系统	依托压铸厂房供配电系统，厂房用电来源于市政供电。	依托
	给水系统	依托压铸厂房内部给水系统。	依托
环保工程	废水处理	本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 ³ /d）处理达标后进入市政污水管网接入鱼洞污水处理厂处	依托

续表 1 项目基本情况

		理后排入长江。	
	噪声	本项目无高噪声设备。	/
	固废处理	本项目辐射工作人员在重庆宗申现有劳动定员内，故运营期不新增生活垃圾，厂房生活垃圾集中收集到厂外市政垃圾箱中后由环卫部门统一处理。	依托
		报废的 X 射线探伤机按照相关要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，整体交由有相关资质的单位回收，保留回收手续并做好相关记录存档。	/
	废气治理	铅房顶部自带 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 300m ³ /h，换气次数约 43 次/h。	/
	辐射防护	X 射线探伤机自带屏蔽铅房，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。铅房采用钢板+铅板+钢板屏蔽结构，并按相关标准要求配置辐射安全设施（如门机联锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯等）。	/
其他	辐射工作人员	依托公司现有辐射工作人员 2 名，另内部再培养 4 名开展检测工作。	/

(2) 项目铅房建设方案

本项目拟购买河南华探检测技术有限公司生产的整套设备，X 射线探伤机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（双开式），工件与检修人员共用；禁止工作人员在工作状态下由铅门进入铅房，仅在需要检修时，检修人员由铅门进入（设备呈关机状态）。本项目 X 射线探伤机铅房的具体设计如下表 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）	设计情况	备注
铅房	1950mm（长） ×1750mm（宽）× 2000mm（高）	前侧屏蔽体：内3mm钢+10mm厚铅+外2mm钢； 后侧屏蔽体：内2mm钢+10mm厚铅+外2mm钢； 左侧屏蔽体：内2mm钢+9mm厚铅+外2mm钢； 右侧屏蔽体：内2mm钢+11mm厚铅+外2mm钢； 顶部屏蔽体：内2mm钢+8mm厚铅+外2mm钢； 底部屏蔽体：内 2mm 钢+11mm 厚铅+外 2mm 钢。	重庆宗申 提供
		铅门：内2mm钢+10mm厚铅+外2mm钢； 线缆进出口防护罩：内2mm钢+9mm厚铅+外2mm钢； 排风出口防护罩：内2mm钢+9mm厚铅+外2mm钢。	

注：1.铅密度为 11.3g/cm³，钢密度为 7.89g/cm³（后文不再赘述）；2.依铅房摆设情况，东南侧即为前侧，西北侧即为后侧，西南侧即为左侧，东北侧即为右侧（后文不再赘述）。

续表 1 项目基本情况

(3) 设备概况

本项目 X 射线探伤机基本组成见表 1-3。

表 1-3 本项目 X 射线探伤机基本情况表

装置型号/名称	E7-200 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)、数字平板成像系统、图像采集及处理系统、电气控制系统、机械传动系统、铅房、操作控制台
X 射线管	定向, 1 个, 最大管电压 200kV, 最大管电流 6mA、最大连续功率 500W
焦点尺寸、散射角、焦距	0.8mm, 40°, 800~1200mm
铅房尺寸	铅房净空尺寸: 1950mm (长) × 1750mm (宽) × 2000mm (高) 铅门门洞尺寸: 1659mm (高) × 880mm (宽) (工件与检修共用)
铅房材质及厚度 (铅当量)	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零部件进行 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	最大尺寸	厚度范围
E7-200 型	铝合金零部件	铝合金件	铸件	485mm×340mm×80mm	≤80mm

(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 台 X 射线探伤机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 3min, 其工作情况见表 1-5。

表 1-5 本项目 X 射线探伤机工作负荷一览表

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
E7-200 型	3min	10000 次	200 次	500h	10h

(6) 劳动定员及工作制度

续表 1 项目基本情况

重庆宗申配置 6 名辐射工作人员从事本项目 X 射线无损检测工作，均为新工厂内部人员，不新增劳动定员，该 6 名辐射工作人员轮班操作压铸厂房质量检测区内的探伤机；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 2 班制，每班工作人员为 1 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		可行性分析	结论
公用工程	供配电系统	本项目供配电依托厂房现有供配电系统，由市政供电。	可行
	给水系统	本项目给水依托厂房现有给水系统，由市政管网供水。	可行
环保工程	生活污水	本项目辐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，本项目依托厂内污水处理装置（处理能力 1200m ³ /d）。	可行
	废气	本项目铅房中废气经铅房顶部设置的排风扇排至所在厂房内，后依托厂房内的排风系统排出室外。	可行
	生活垃圾	本项目辐射工作人员在重庆宗申现有劳动定员内，故运营期不新增生活垃圾，生活垃圾集中收集到厂外市政垃圾箱中后交由环卫部门统一处理。	可行
辐射工作人员		本项目拟依托重庆宗申已有的 2 名辐射工作人员及内部再培养 4 名从事 X 射线无损检测工作，人员按照辐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
辐射安全管理		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；辐射工作人员一部分为依托现有工作人员进行调配，另一部分人为内部培养，均培训后持证上岗；本项目依托现有管理制度和机构，建成后纳入重庆宗申统一管理。因此，本项目依托厂房内现有设施以及工作人员、辐射安全管理是可行的。

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）。

续表 1 项目基本情况

本项目 1 台 X 射线探伤机拟安放于重庆宗申高端零部件生产基地压铸厂房质量检测区内。

压铸厂房东北侧和西南侧均为重庆宗申厂区内部过道，西北侧为重庆宗申熔炼厂房，东南侧为重庆宗申厂区门卫、内部过道及停车场。

质量检测区东北侧为车间过道，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；东南侧为车间过道，之外为抛丸区、预处理区；西北侧为厂区过道和绿化带，之外为熔炼厂房等；西南侧为车间过道，之外为压铸生产线、模具库、检修区等。

本项目所在重庆宗申高端零部件生产基地压铸厂房质量检测区外环境见表 1-7，周围环境关系示意图见附图 2。

表 1-7 本项目所在压铸厂房质量检测区外环境情况一览表

序号	名称	方位	与质量检测区最近距离 (m)	高差	环境特征
1	车间/厂区过道	西北侧	0	无	绿化、车行道及人行道
2	熔炼厂房		约 23	无	生产厂房 (1F)
3	车间过道	西南侧	0	无	人行道
4	压铸生产线		约 5	无	生产厂房 (1F)
5	车间过道	东南侧	0	无	人行道
6	抛丸区/预处理区		约 8	无	配套用房 (1F)
7	车间过道	东北侧	0	无	人行道
8	压铸生产线		约 3	无	生产厂房 (1F)
9	危废暂存间、污水处理站及配套用房等	北侧	约 103	无	配套用房 (1F)

1.6 项目选址可行性分析

根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

本项目铅房拟位于压铸厂房质量检测区内，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。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

续表 1 项目基本情况

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],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(位于老厂区)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;另有 4 台(位于老厂区)已进行环评,目前未使用,未验收;2024 年 2 月 29 日,重庆宗申在高端零部件生产基地新增 1 台 II 类射线装置,且已取得环评批复,文号:渝(辐)环准(2024)16 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(XG-160ST/C)	II 类	无损检测	1	重庆宗申压铸车间(204 厂房)内(老厂区)	已验收、已办证
2	工业 X 射线实时成像系统(UND-160 型)	II 类	无损检测	1		已进行环评,未使用、未验收、未办证
3	工业 X 射线实时成像系统(XG-160ST/C)	II 类	无损检测	3		
4	工业 X 射线实时成像系统(XG-200ST/C)	II 类	无损检测	1	重庆宗申高端零部件生产基地压铸厂房质量检测区内(新厂区)	已环评,已验收,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的资料,公司已制定有相应的辐射防护制度,目前配置有 2 名辐射工作人员,配备了个人剂量计(2023 年度个人剂量检测报告为 3 人,其中廖荣已离职),并定期进行职业健康体检,建立了健康体检档案和个人剂量监测档案(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 X 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。

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 3。另外,该厂房已建设完成,正在进

续表 1 项目基本情况

行环境保护竣工验收调查工作。

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 (套)	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类	1	E7-200 型	200	6	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厂房质量检测区内	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 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
本项目不产生放射性废物。								
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	经铅房拟配的排风系统排至质量检测区后，再依托质量检测区所在厂房的排风系统排出厂外。
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	于厂外市政垃圾箱中暂存	交环卫部门处置
报废的 X 射线探伤机（含铅房）	固态	/	/	/	/	/	/	按照相关要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，整体交由有相关资质的单位回收，保留回收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，固态为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量 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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，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》，2005 年 12 月 21 日施行；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》，原环保部令 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》（2021 年版），中华人民共和国生态环境部令 18 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》（原环境保护部、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) 《国家危险废物名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令 15 号），2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令 7 号修改，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》，中华人民共和国生态环境部，2018 年 2 月 12 日；</p> <p>(13) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日起施行修订版；</p> <p>(14) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令 338 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行。</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>(9) 《环境γ辐射剂量率监测技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(10) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 1</p> <p>(2) 重庆市企业投资项目备案证，支撑性材料附件 2；</p> <p>(3) 项目所在厂房环评批复文件，支撑性文件附件 3；</p> <p>(4) 营业执照，支撑性文件附件 4；</p> <p>(5) 辐射安全许可证，支撑性材料附件 5；</p> <p>(6) 本项目环境现状监测报告，支撑性材料附件 6；</p> <p>(7) 辐射管理相关制度，支撑性材料附件 7；</p> <p>(8) 本项目相邻 X 射线探伤机的环评批复，文号：渝(辐)环准〔2024〕16 号及其验收监测报告、验收意见，支撑性材料附件 8.1、附件 8.2、附件 8.3；</p> <p>(9) 评价内容情况说明，支撑性材料附件 9；</p> <p>(10) 计算附表，支撑性材料附件 10；</p> <p>(11) ICRP 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》，《放射防护实用手册》(主编：赵兰才、张丹枫，济南出版社 2009.7)；</p> <p>(11) 项目设计等其他相关资料。</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 E7-200 型 X 射线探伤机铅房屏蔽体外 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

本项目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厂房质量检测区内，操作台位于铅房南侧，紧邻铅房，X 射线探伤机主射方向拟朝向东北侧（铅房右侧）、部分顶棚和地板区域。铅房所在质量检测区为 1F~2F 建筑，其中，2F 为预留区域，本项目位于 1F。

本项目铅房内拟安放 1 台 X 射线探伤机，铅房东南侧为检测及扫描区，之外为铸造质量部办公区、物资存放区、过道、卫生间（男卫和女卫）及茶水间；东侧为三坐标检测室，之外为楼梯间和压铸生产线；东北侧为三坐标检测区，之外为车间过道、压铸生产线；南侧为操作台；西南侧相邻一台 XG-200ST/C 型工业 X 射线实时成像系统（已做环评、已做验收）、车间过道及压铸生产线；西南侧为车间过道、压铸生产线；西北侧为工具设备间及会议室，之外为配电室、车间过道、厂区过道和熔炼厂房；铅房顶部为 2F 预留区，且无行车经过，铅房地下无建筑。

本项目铅房 50m 范围内均在重庆宗申厂区内，主要是压铸厂房内其他作业区及一部分熔炼厂房区域、厂区过道等，即项目所在的质量检测区周边保护目标主要为从事本项目设备操作的辐射工作人员以及铅房周围活动的其他公众成员。详见表 7-1 所示。

续表7 保护目标与评价标准

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	敏感目标特征	主要影响因素	影响人群
1	操作台	南侧	紧邻	项目用房, 6 人	X 射 线	辐射 工作人员
2	另一台 X 射线探伤机及操作台	西南侧	约 1m	厂房辅助用房 (1F), 6 人		
3	压铸生产线		约 10m~50m	厂房辅助用房 (1F), 约 10~30 人		公众成员
4	工具设备间及会议室、配电室、熔炼厂房等	西北侧	约 1.5m~50m	厂房辅助用房 (1F), 约 1~10 人		公众成员
5	三坐标检测区、压铸生产线等	东北侧	约 2m~12m	厂房辅助用房 (1F), 约 1~30 人		公众成员
6	三坐标检测室、楼梯间、压铸生产线等	东侧	约 4m~20m	厂房辅助用房 (1F), 约 1~30 人		公众成员
7	检测及扫描区、铸造质量部办公区、物资存放区、卫生间 (男卫和女卫) 及茶水间等	东南侧	约 2m~42m	厂房辅助用房 (1F), 约 1~10 人		公众成员
8	车间/厂区过道	西北侧、东北侧、东南侧、西南侧	约 1m~33m	过道, 约 5~10 人		公众成员
9	2F 预留区	顶部	约 3m	厂房辅助用房 (2F), 约 1~10 人		公众成员

注: 除 2F 外其余保护目标均无高差。

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)

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的安全。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制, 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

续表7 保护目标与评价标准

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）

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 600kV 及以下的 X 射线探伤机。

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 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ 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 μ 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 μ 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

续表7 保护目标与评价标准

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 6.1.6 条 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。

第 6.1.7 条 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。

第 6.1.8 条 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。

第 6.1.9 条 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。

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。

第 6.1.11 条 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

第 6.2 条 探伤室探伤操作的放射防护要求

第 6.2.1 条 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。

第 6.2.2 条 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。

第 6.2.3 条 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。

第 6.2.4 条 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。

第 6.2.5 条 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。

续表7 保护目标与评价标准

第 6.2.6 条 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。

第 8.3 条 探伤室放射防护要求

第 8.3.1 条 检测条件

检测条件应符合如下要求:

a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置,如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态;主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行,副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。

b) γ 射线探伤验收检测时,应在额定装源活度、没有探伤工件、探伤机置于与测试点可能的最近位置进行;常规检测时,按照实际工作状态进行检测。

(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:(此内容详见下文 7.4 铅房辐射屏蔽的剂量参考控制水平(1)相关要求)

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:

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,距探伤室顶外表面 30cm 处和(或)在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处,辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2a) 的条件外,应考虑下列情况:

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

第 3.2 条 需要屏蔽的辐射

第 3.2.2 条 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 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,辐

续表7 保护目标与评价标准

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，重庆宗申辐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。

7.4 铅房辐射屏蔽的剂量参考控制水平

(1) 相关要求

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

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：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \times U \times T) \quad (7-1)$$

式中：

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

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子；

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

t 按式 (2) 计算：

$$t = \frac{W}{60 \times I} \quad (7-2)$$

式中：

W —X 射线探伤的周工作负荷（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)。

续表7 保护目标与评价标准

b)关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$:

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

c)关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c :

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

(2) 剂量率参考控制水平的确定

根据建设单位提供资料,本项目 X 射线探伤机周计划工作负荷见表 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 本项目 X 射线探伤机计划工作负荷

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)
E7-200 型	200kV	6mA	200 次/周	3min /次	10h/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、暗室、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

方向与关注点	U	T	t (h/周)	Hc (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 \dot{H}_c (μSv/h)	需屏蔽的辐射源
铅房右侧	1	1	10	100	10	2.5	2.5	有用线束
铅房左侧	1	1	10	100	10	2.5	2.5	泄漏辐射、散射辐射
铅房前侧	1	1	10	100	10	2.5	2.5	
铅房后侧	1	1	10	100	10	2.5	2.5	
铅房顶部 (1F)	1	1/5	10	5	2.5	2.5	2.5	有用线束/泄漏辐射、散射辐射
底部	1	/	10	/	/	2.5	2.5	

注: ① \dot{H}_c 为 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值; ②铅房四周辐射工作人员均可到达, 故周剂量参考控制水平平均按 100μSv/周, 居留因子除铅房顶部外均按 1 考虑; ③铅房底部无人到达。

续表7 保护目标与评价标准

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	辐射工作人员：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：≤100μSv/周 公众成员周剂量：≤5μSv/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： ≤2.5μSv/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

重庆宗申(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,本项目拟位于压铸厂房质量检测区内,地理位置图见附图 1。

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,2024 年 7 月 24 日重庆联尔医学研究院有限公司对项目所在地的辐射环境质量进行了现状监测,监测结果见渝朕辐环检字[2024]0010 号。

(1) 监测因子: 环境 γ 辐射剂量率

(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 γ 辐射剂量率	仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021

(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
便携式 X- γ 剂量率仪	BH3103B	2016008	DLjl2024-10690	2025 年 7 月 11 日	1.02

(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

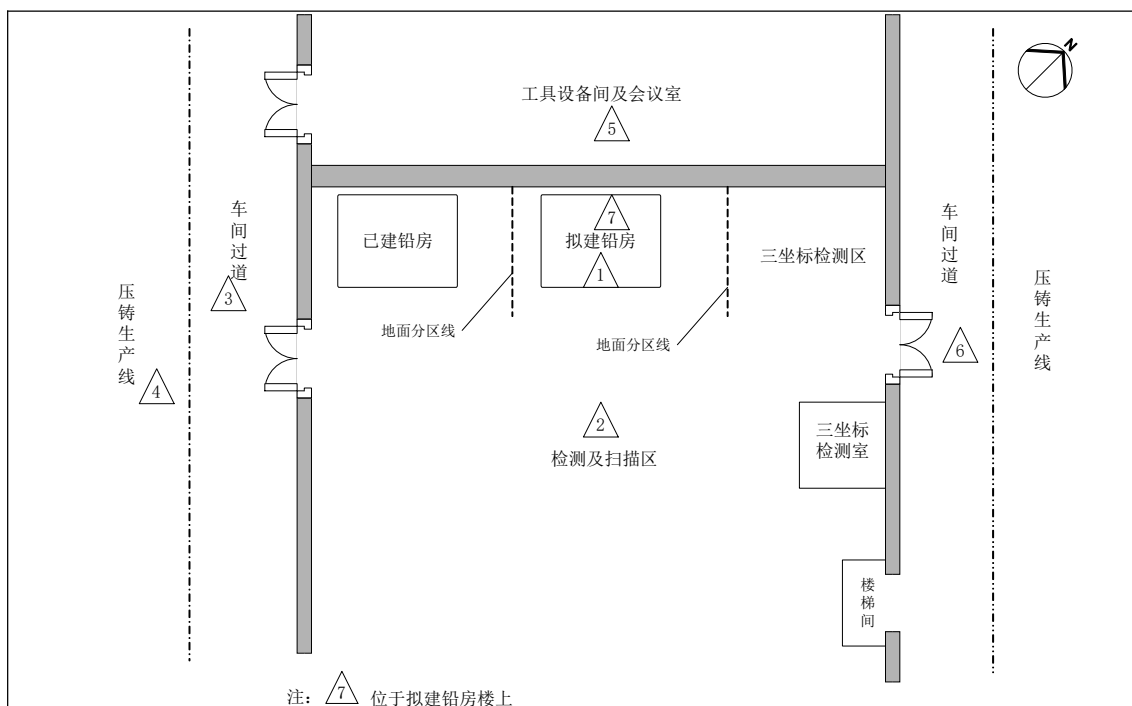


图 8-1 监测布点图

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、铅房周围区域。监测布点较全面地考虑了项目所在位置及其周围辐射环境水平，总体上可以反映项目所在地辐射环境水平。

(5) 质量保证措施

1) 本项目辐射环境监测单位为重庆朕尔医学研究院有限公司，具有重庆市市场监督管理局颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

2) 采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

4) 监测实行全过程的质量控制，严格按照重庆朕尔医学研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

续表 8 环境质量和辐射现状

5) 监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

(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 γ 辐射剂量率 (nGy/h)
△1	拟建铅房位置处	58
△2	拟建铅房东南侧检测及扫描区处	58
△3	拟建铅房西南侧车间过道处	59
△4	拟建铅房西南侧压铸生产线处	59
△5	拟建铅房西北侧工具设备间及会议室处	59
△6	拟建铅房东北侧车间过道处	59
△7	拟建铅房楼上	59

注：监测结果未扣除宇宙射线响应值。

根据监测统计结果可知，本项目所在位置及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 58nGy/h~59nGy/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 γ 辐射水平年均值范围为 78.0nGy/h~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 γ 辐射剂量率均在重庆市 2022 年环境 γ 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 建设阶段工艺流程及产污环节

本项目建设阶段主要为 X 射线探伤设备管线（含铅房）安装，不涉及装修和土建。

建设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站，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾，交由环卫部门统一处理。

9.2 运行阶段（含调试阶段）工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成

本项目拟配的 1 台 E7-200 型 X 射线探伤机配置清单见表 9-1，X 射线管、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 设备配置清单一览表

序号	名称	参数	品牌	数量
1、铅房				
1.1	铅板	8mmPb、9mmPb、10mmPb、11mmPb	贵溪三元金属/南牌	以满足铅房需求配置
1.2	钢材/内外保护层钢板/冷扎钢板	50×50 方管、2mm~12mm/5mm/2mm	江苏沙钢集团/武汉钢铁	
1.3	铅门运行上、下直线轨道/铅门承重滑块/铅门减速机	/	HGH25/HGHCA25	以满足门体运行需求配置
1.4	急停/行程连锁装置	/	正泰电器/施耐德元器件	1 套
1.5	电动门控制箱，线管/线缆、照明	LED 三防灯	施耐德元器件/江苏奥斯威/飞利浦	1 套
1.6	警示系统	NDT1-52G3CF2A11	正泰	1 套
1.7	监控系统	DS-2CD3146FWD-1	海康威视	1 套
1.8	抽风送风装置	KS12025HS2-T5B	康双	1 套
1.9	急停开关按钮	红色、绿色、急停按钮头、按钮基组	施耐德	1 套
2、X 射线源				
2.1	管电压	50kV~200kV 可调	Hatatest-E7-200	1 套
2.2	管电流	0.2mA~6mA		
2.3	最大连续功率	500W		
2.4	X 射线发射角	40°		

续表9 项目工程分析与源项

续表 9-1 设备配置清单一览表				
序号	名称	参数	品牌	数量
2.5	焦点	0.8mm	Hatatest-E7-200	1 套
2.6	焦距	800mm~1200mm		
2.7	X 射线管头过滤板	管窗 1mm 铍，附加过滤板 0.5mm 铜		
2.3	冷却方式	热交换器（风扇和油泵）		
3、平板成像系统				
3.1	平板探测器	4343 灰阶	HT	1 套
4、图像处理系统				
4.1	图像处理主机	CPU:四核 i7 处理器，内存：16G，硬盘：2T，显卡：8G	DELL	1 台
4.2	显示器	27 寸	DELL	1 台
5、自动化控制系统				
5.1	C 臂运动模组	/	河南华探	1 套
5.2	转台运动模组	/		1 套
5.3	操作控制台	/	河南华探 CMDR-C	1 套
6、电气控制系统				
6.1	PLC	/	/	1 套
6.2	继电器	/	/	
6.3	传感器	/	/	
6.4	断路器	/	/	
6.5	操作开关	/	/	
6.6	按钮	/	/	
6.7	指示灯	/	/	
7、监控系统				
7.1	摄像头	/	海康威视	2 台
7.2	录像机	/		1 台
7.3	显示器	/	DELL	1 台

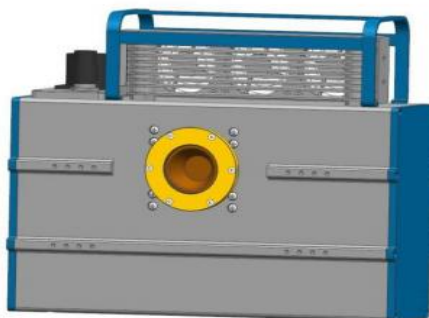


图 9-1 本项目 X 射线管和高压发生器集成一体机外观照片

续表9 项目工程分析与源项



图 9-2 本项目 E7-200 型 X 射线探伤机外观典型照片

9.2.2 设备工作方式

本项目X射线探伤机工作方式为：待检工件放置在载物台上，根据检测需要，通过旋转载物台和前后左右移动载物台，来改变工件的检测位置；X射线管头和探测器分别安装在C臂的两端，X射线管头固定，可手动调整焦点到探测器的距离（调节范围为：800mm~1200mm）；C臂可沿竖直滑轨上下移动（球管距离铅房地面约650mm~1050mm），可在垂直方向最大倾斜旋转 $\pm 45^\circ$ ，C臂两端不可伸缩，不能前后移动；运动轨迹示意图如图9-3所示。

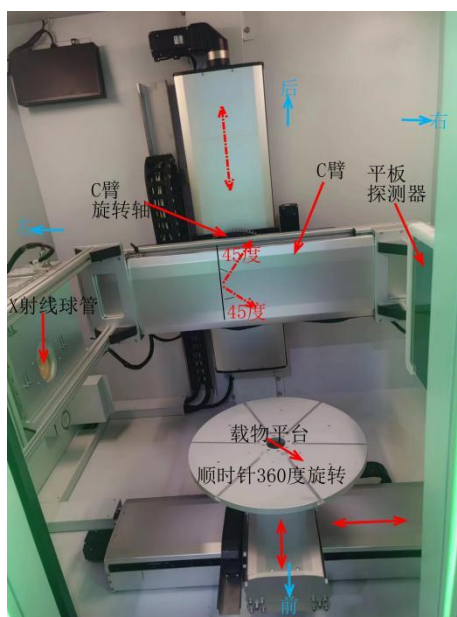


图9-3 运动轨迹示意图

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 射线探伤机为利用 X 射线进行显像，产生 X 射线的装置，主要由 X 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（见图 9-4），阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生韧致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。

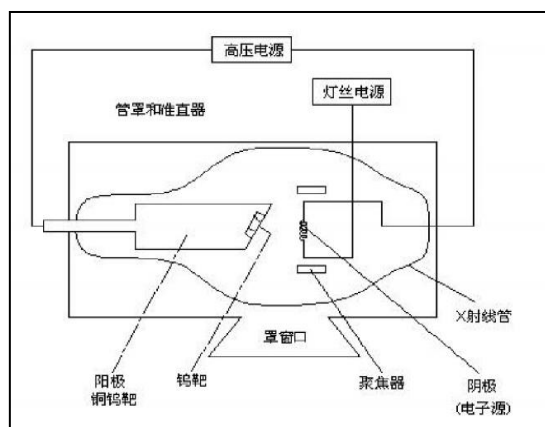


图 9-4 X 射线管工作原理示意图

② 实时成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线朝探测器方向出束，根据待检工件的摆放位置、厚度等，调节电流电压等来对工件进行 X 射线检测。当 X 射线射向工件时，射线穿过工件被探测器接收，产生信号。因为工件内部疏密程度不同，X 射线的穿透能力不同，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，输出到荧光屏上显示出图像，就可判断出具有缺陷的图像，从而达到 X 射线无损检测的目的。

(2) 工艺流程

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

续表9 项目工程分析与源项

电脑、将铅门按钮至打开铅门。

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待检工件待设备初始化完成后载物台移动到铅门前，工作人员自行将待检工件放于载物台上。

检测过程为：确保无人员在铅门内逗留后关闭铅门，根据待检工件大小及形状设置合适的管电压、管电流和曝光时间，并根据探伤的具体部位调整焦距，打开本项目 X 射线探伤机高压电源，射线出束对工件进行检测（平均时间约 3min）。

检测期间，工件固定放于载物台上，载物台根据需要可以顺时针 360° 旋转、前后移动和左右移动。成像系统通过软件控制载物台位置、C 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，以此方式重复检测下一个工件。

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，已检工件外送。

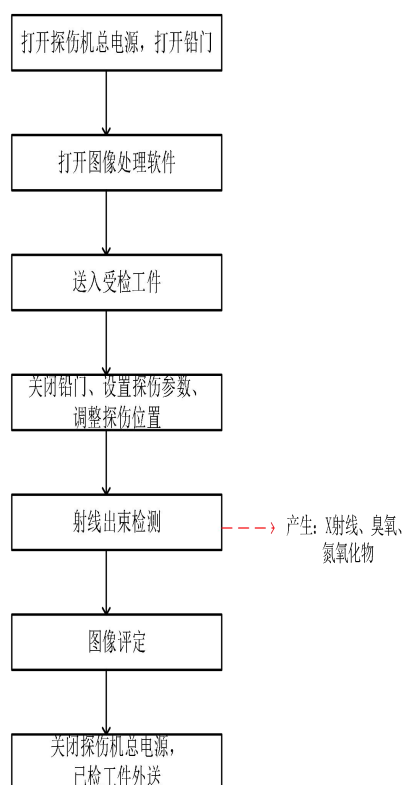


图9-5 本项目X射线无损检测工艺流程及产排污简图

9.3 人流物流路径

续表9 项目工程分析与源项

(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，再由辐射工作人员将工件从铅房的双开式铅门放入铅房内载物台上，检测完成后原路返回。

(2) 人员路径

①工作人员先从厂房入口经过车间过道进入质量检测区，再到 X 射线探伤机探伤区域；

②辐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；检修人员由铅房铅门进入，检修完成后原路返回，除检修人员外的其他人员不进入铅房，检修必须是设备呈关机状态下进行；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。

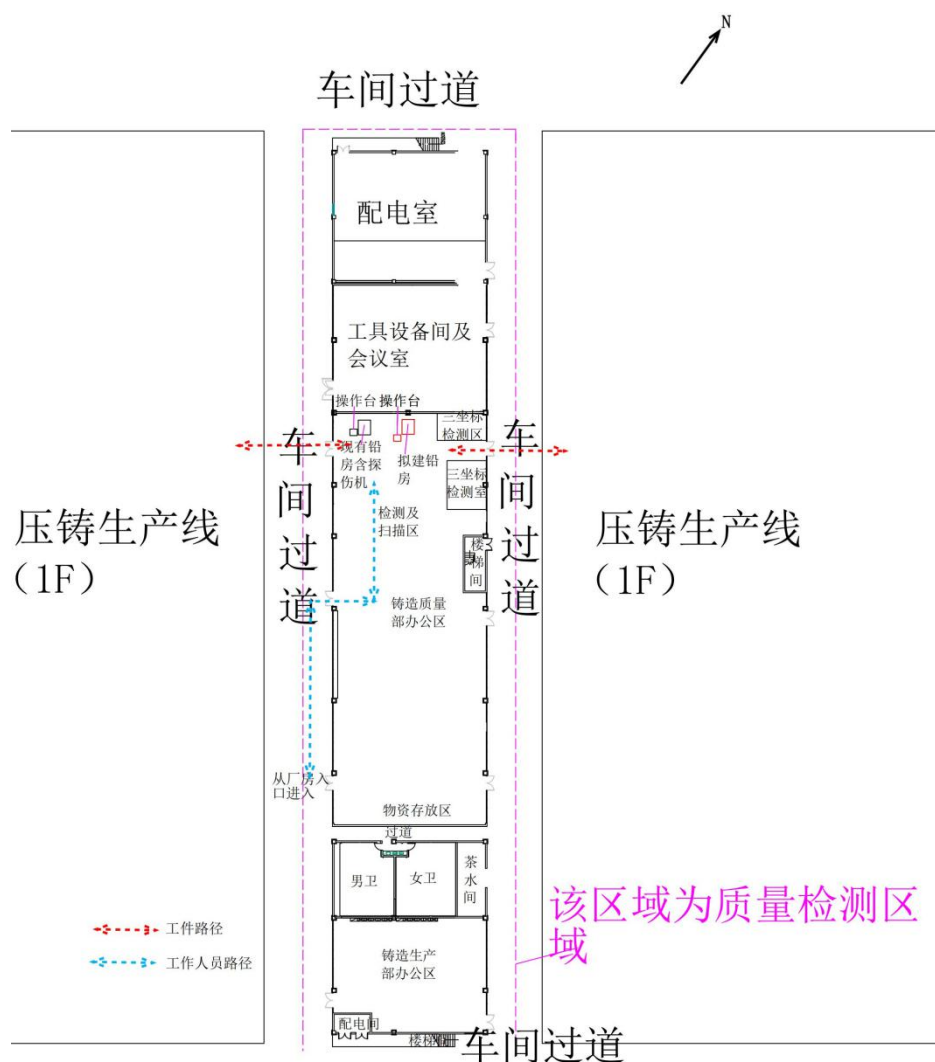


图 9-6 项目人流、物流路径规划示意图

续表9 项目工程分析与源项

9.4 污染源项分析

根据工艺流程可知，本项目 X 射线探伤机无损检测工作产生的污染物主要有曝光时产生的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）及其使用一定年限后产生的固废（整体报废的 X 射线探伤机及其铅房）。

9.4.1 电离辐射

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

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

（1）有用线束：本项目 X 射线探伤机为 200kV 的射线装置，保守考虑，按 200kV 管电压下的输出量核算，查 ICRP33 号出版物（P55 图 2），可知：在 200kV 管电压，0.5mm 铜的过滤条件下，距靶 1m 处的发射率（即输出量）约为 $13.31\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，见图 9-7。X 射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越高，加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

续表9 项目工程分析与源项

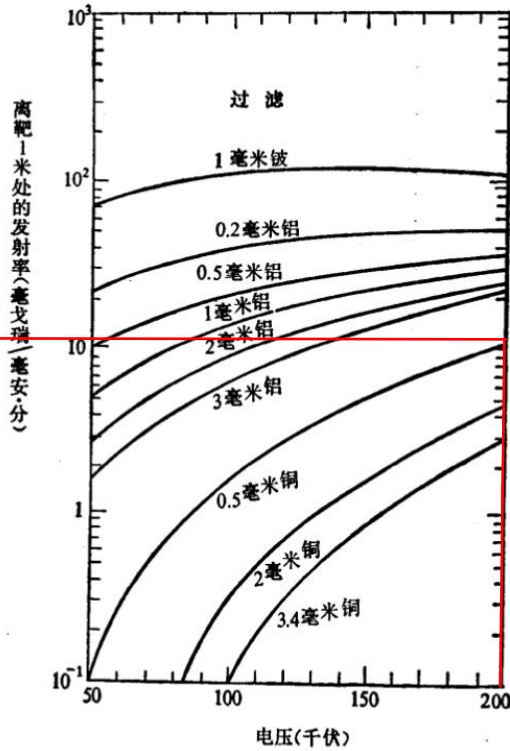


图 2 在各种线束过滤和钨反射靶情况下恒电位 X 线发生器，在离靶 1 米处的发射率，管窗是 1 毫米厚的铍

图 9-7 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

(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：本项目 E7-200 型（200kV）距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致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（被检工件、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 X 射线探伤机 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 150kV。

9.4.2 其他源项分析

本项目主要在 X 射线探伤作业过程中产生 X 射线，不产生放射性“三废”。

(1) 废气

在 X 射线无损检测时，X 射线使空气电离产生少量的臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；本项目产生的废气依托铅房以及厂房内的排风系统排放至厂房外。

续表9 项目工程分析与源项

(2) 废水

本项目辐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，生活污水依托厂区污水处理装置（处理能力 1200m³/d）处理达标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。

(3) 固体废物

①一般固废

一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾，本项目不新增劳动定员，不新增生活垃圾，生活垃圾经收集后交由环卫部门统一处理。

②报废的设备（含铅房）

本项目 X 射线探伤机（含铅房）使用一定年限后可能不能正常工作，报废成为固体废物，建设单位应当对射线装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化，整体交由有相关资质的单位回收，保留回收手续并做好相关记录存档。

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 9-2 所示。

表 9-2 本项目产排污一览表

污染物	污染因子	产生量	处置方式/去向
电离辐射	X 射线	距靶 1m 处主射束的输出量约 13.31mGy·m ² /(mA·min)；距焦点 1m 处，漏射线所致周围剂量当量率小于 2.5mSv/h；散射线能量为 150kV	专用铅房四周、顶部、底部和防护门等屏蔽
废气	O ₃ 、NO _x	少量	机械排风
废水	生活污水	不新增	依托厂区污水处理站
固体废物	生活垃圾	不新增	统一收集后交环卫部门处理
	报废的设备(含铅房)	1 个	对射线装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化，整体交由有相关资质的单位回收

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 X 射线探伤机拟配置有铅房和操作台，且分开布置，均固定安装在压铸厂房质量检测区内，设备有用线束照射方向避开了铅门及操作台；本项目铅房西南侧相邻一台工业 X 射线探伤机（已做环评、已做验收），之外为压铸生产区，与厂房内产品工艺流程相衔接，经压铸作业后的待检工件可避免远距离运输，方便工作人员进行无损检测，铅房所在区域的人流、物流路径清晰，便于管理；铅房楼下无建筑物，楼上为预留区。

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

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），第 6.1.2 款规定“应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。”

《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。”

为加强管理，切实做好辐射安全防范工作，重庆宗申拟对本项目工作区域进行分区管理。拟将本项目铅房围成的内部区域划为控制区，与铅房外部相邻区域划为监督区。

本项目拟分区管理情况见表 10-1 所示，分区布局示意图见图 10-1、图 10-2。

表 10-1 项目拟分区管理情况表

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

续表10 辐射安全与防护

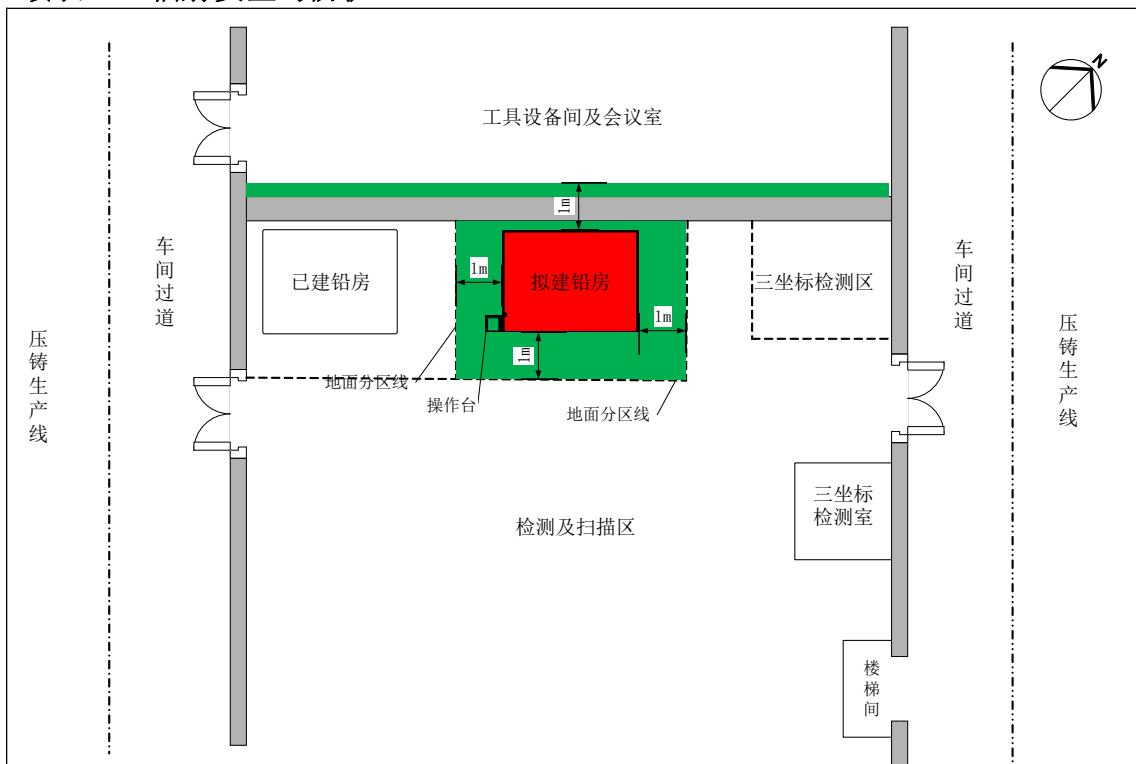


图10-1 本项目工作场所平面分区布置示意图

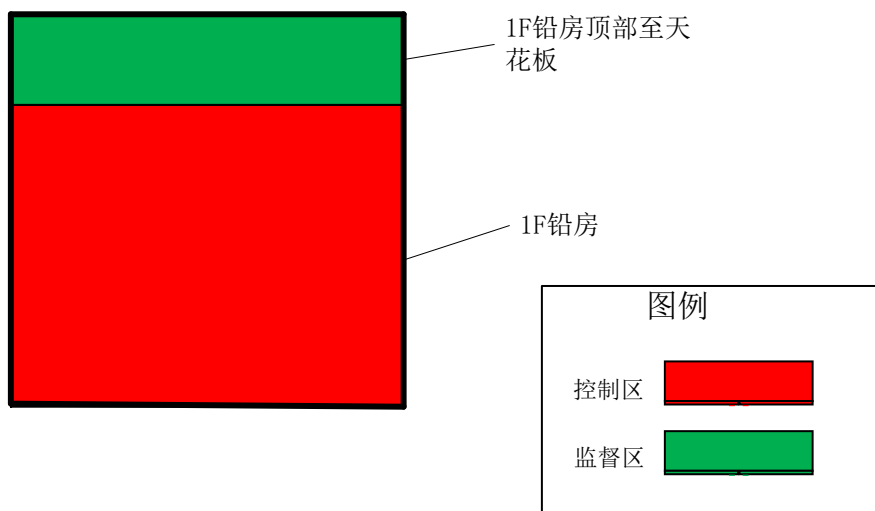


图10-2 本项目工作场所立面分区布置示意图

重庆宗申还拟采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：在该区的辐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：监督区为辐射工作人员操作位，铅房顶部位置及铅房外 1m 范围

续表10 辐射安全与防护

内的场所，定期进行监测。

③在监督区与控制区边界等处开展定期监测工作。

10.2 辐射安全与防护措施

根据前文“污染源项分析”得知，本项目的电离辐射影响即为 X 射线探伤机曝光时产生的 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。

10.2.1 X射线探伤机固有安全性

本项目X射线探伤机的固有安全性包括以下几个部分：

(1) 开机时系统自检

开机后控制器首先进行系统诊断测试。若诊断测试正常，该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。

(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。

(5) 控制台安全措施

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

②控制台上拟设置与专用铅房防护门联锁的接口，当铅防护门未关闭时不能接通 X 射线管；已接通的 X 射线管在任何铅防护门开启时能立即切断。

③控制台拟设置紧急停机开关，拟设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

续表10 辐射安全与防护

10.2.2 铅房屏蔽防护措施

(1) 本项目拟配置的X射线探伤机自带铅房，与X射线探伤机主体结构一同设计和制造，具有足够的屏蔽能力，本项目铅房的防护设计具体参数见表10-2所示。

表10-2 本项目铅房防护设计情况表

名称	铅房内净尺寸 (长×宽×高、mm)	设计情况(屏蔽铅当量, mmPb) *			
铅房	1950(长)×1750(宽) ×2000(高)	前侧屏蔽体		约 10.4	
		后侧屏蔽体		约 10.3	
		左面屏蔽体		约 9.3	
		主射线 方向	右面屏蔽体		约 11.3
			顶部屏蔽体		约 8.3
			底部屏蔽体		约 11.3
		双开式铅门		约 10.3	
排风出口防护罩/线缆进出口防护罩		约 9.3			

注: *查《放射防护实用手册》(赵兰才) P105 表 6 可知, 在管电压 200kV 下, 钢(密度 7.89g/cm³)材料厚度为 12mm 时相对于 1mmPb。

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, 铅房各屏蔽体之间的搭接、铅门与铅房之间的搭接均拟呈“L”型、拟用 10mmPb 铅板搭接, 搭接长度 50mm; 铅房拟设 1 个排风出口防护罩和 2 个线缆进出口罩; 搭接示意图、排风口防护罩示意图和线缆孔防护罩示意图分别见图 10-3、图 10-4 和图 10-5 所示。

铅房排风口位于铅房顶部, 拟设的排风防护罩材质为内 2mm 钢+9mm 铅+外 2mm 钢; 排风口位于非主射方向上, 散射线均需经过多次反射才能穿出, 经多次散射后剂量很低。

拟穿越铅房的线缆呈“L”型穿越, 穿越孔的直径约 150mm, 拟设置 2 个内 2mm 钢+9mm 铅+外 2mm 钢的线缆进出口防护罩, 拟位于铅房顶部和铅房左侧, 属于非主射方向上, 散射线均需经过多次反射才能穿出, 经多次散射后剂量很低。

经后文核算, 铅房顶部非主射方向外 30cm 处满足《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)标准限值要求。

续表10 辐射安全与防护

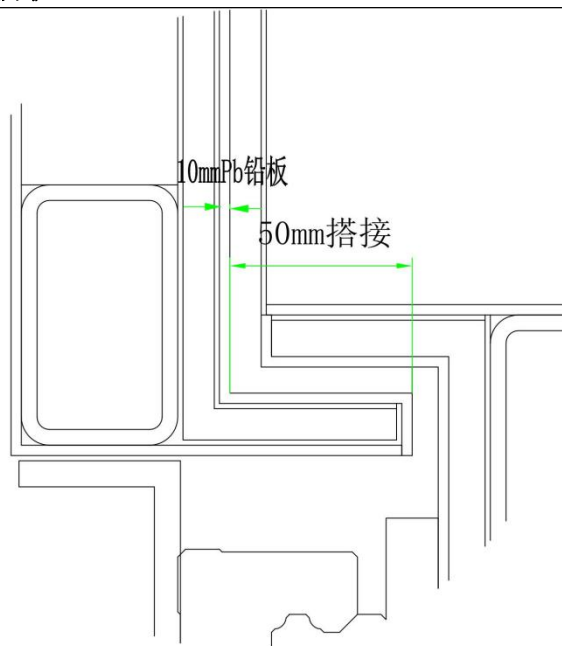


图 10-3 搭接示意图

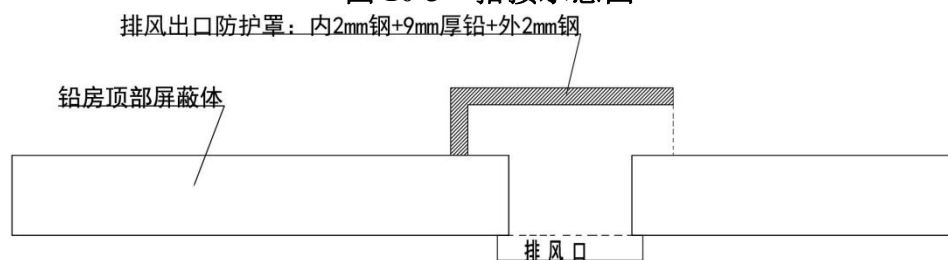


图 10-4 排风出口防护罩示意图

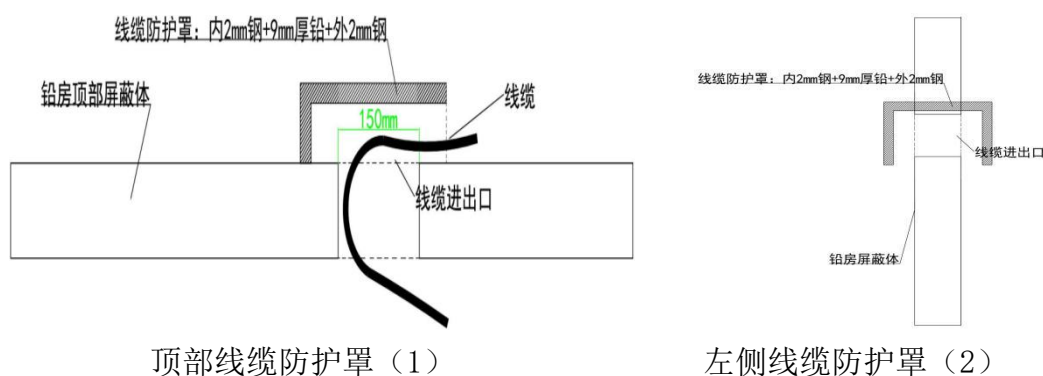


图 10-5 线缆防护罩示意图

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

X 射线探伤机铅门拟设门-机联锁。在铅门未关闭的情况下，X 射线不能出束；铅门关闭后，在 X 射线出束的情况下，铅门不能打开；铅门打开时，自动断开探伤机高压，X 射线立即停止出束，关上门后不能自动开始 X 射线照射。

续表10 辐射安全与防护

(2) 灯-机联锁及工作状态指示

铅房内外各拟设 1 组工作状态指示灯, X 射线探伤机的探伤管头与工作状态指示灯联锁。当操作台接通电源时对应的“预备”指示灯亮(黄色), 出束时灯闪烁并发出警告声音(红色), 灯旁设置文字说明, “预备”信号和“照射”信号有明显的区别。

(3) 紧急停机

本项目急停按钮操作台上拟设 1 个, 铅房内拟设 2 个, 铅房外拟设 1 个。急停按钮相互串联, 按下按钮, X 射线探伤机高压电源立即被切断, 设备停止出束, 急停按钮旁设置中文标识和相关说明。

(4) 视频监控系统

铅房内拟配 2 个监控摄像头, 并连接到操作台旁计算机显示器处, 能全方位监控到铅房内的情况。视频监控屏幕位置拟设在操作台上, 操作人员能在操作台处实时监控检测过程中铅房内部情况, 如果出现异常能迅速启动紧急制动装置。

(5) 电离辐射警告标志

拟严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理, 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。

(6) 固定式剂量监测报警装置

拟在铅房内铅门旁侧设 1 个固定式剂量监测报警装置的剂量探头, 剂量监测主机(显示器)安放在操作台上。当剂量探头监测到铅房内的周围剂量当量率超过预设限值时, 剂量监测主机(显示器)进行光报警。操作人员可通过观察显示器上的剂量数值, 其值显示为环境本底辐射水平大小时, 即可放心地打开铅房门。

(7) 安全联锁逻辑总结

本项目 X 射线探伤机在铅房门关闭、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房门意外打开, X 射线探伤机立即停止出束。

本项目辐射安全联锁逻辑图、辐射防护与安全措施示意图分别见图 10-5、图

续表10 辐射安全与防护

10-6 所示。

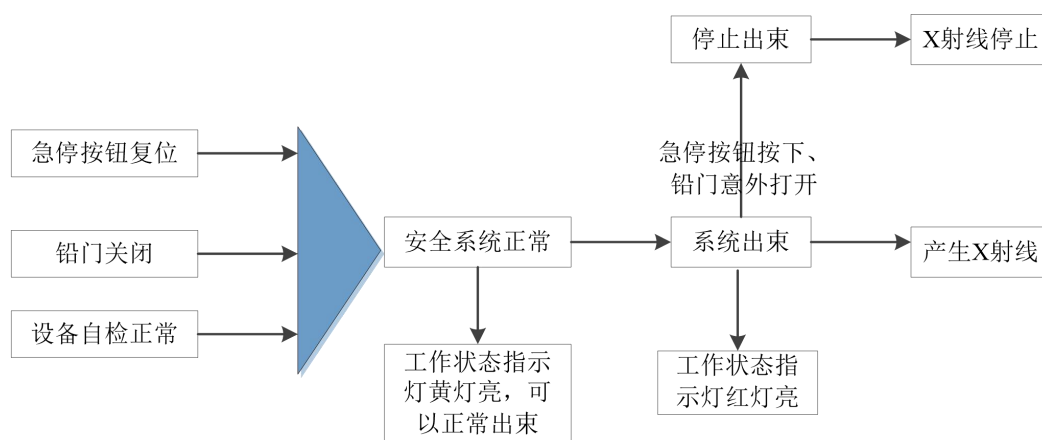


图 10-5 本项目辐射安全联锁逻辑图

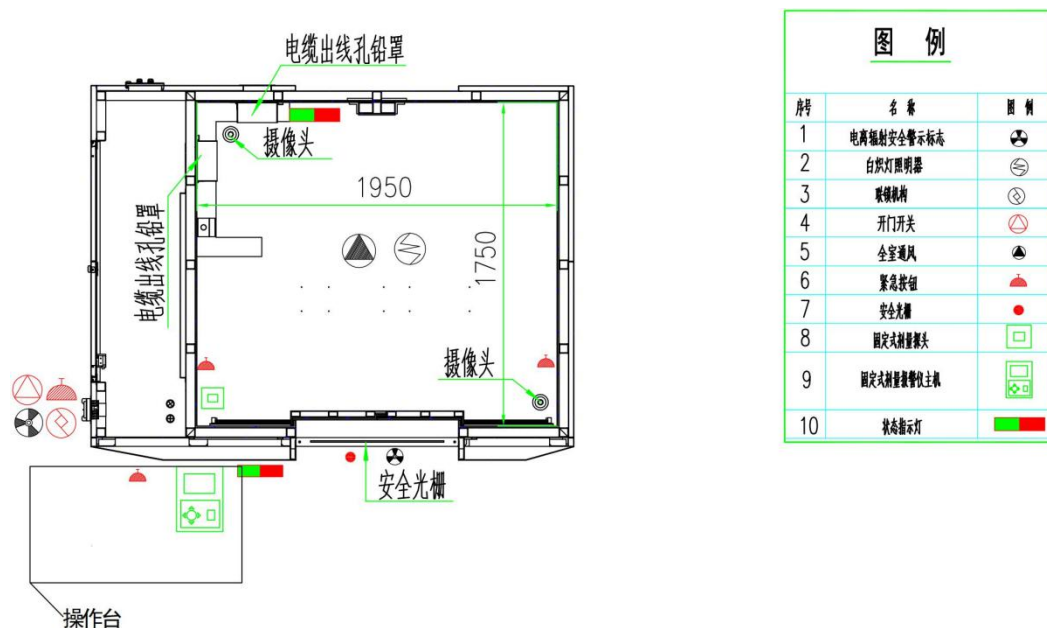


图 10-6 本项目辐射防护安全措施图

10.2.4 通风

采用自然进风、机械排风的方式。本项目铅房顶部拟自带 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厂区外。拟配排风扇的风量约为 300m³/h，由本项目铅房体积 6.82m³，计算可出换气次数约为 43 次/h。

10.3 个人防护用品及监测仪器

本项目拟配置 1 台个人剂量报警仪，为每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并拟配置相关监测仪器，详细情况如表 10-3 所示。

续表10 辐射安全与防护

表 10-3 防护用品及监测仪器				
序号	名称	数量	用途	备注
1	个人剂量报警仪	1 台	实时监测辐射工作场所是否超标	拟配置
2	个人剂量计	6 个	累计记录辐射工作人员个人受到的照射剂量	现有 2 人已配置，其余 4 人拟配置
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	依托现有
4	固定式剂量监测报警装置	1 套	实时监测铅房内辐射剂量水平	拟配置，探头安装在铅房内，显示器放在操作台上

10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目拟采取的辐射防护措施与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-4 所示。根据表 10-4 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《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 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，操作室应避免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，操作台与铅房拟分开布置。操作台拟放铅房外，X射线球管及平板探测器拟放铅房内，X射线探伤机主射线方向朝右侧（东北侧）、顶部和底部部分区域；故主射方向避开了操作台和铅门。 经后文核算，本项目拟配置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 GB 18871 的要求。	项目拟实行分区管理，控制区即铅房内部区域，监督区为铅房外部区域（包括铅房顶部到 1F 顶部区域，铅房顶部 2F 区域以及铅房外的压铸厂房质量检测区内部区域），故分区计划满足要求。
		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，人员在关注点的周围剂量当量参考控制水平不大于 100μSv/周，公众不大于 5μSv/周，项目拟配的铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h，且项目建成后，将委托有资质的单位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。	本项目铅房所在压铸厂房质量检测区为两层建筑，上方为预留区，下方无建筑物；其他人员可到达的场所，经后文核算，铅房顶部外表面 30cm 处的剂量率不大于 2.5μSv/h，且拟委托有资质的单位每年对其铅房外各关注点进行监测。

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>铅房拟配门-机联锁装置，铅房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，铅房门不能打开；门打开时立即停止出束，关上门后不能自动开始 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>本项目铅房内拟配 2 个监控摄像头，并连接到操作台旁计算机显示器处，能全方位拍到铅房内部情况。视频监控屏拟设在操作台上，操作人员能在操作台处实时监视探伤检测过程中铅房内部情况。</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>项目铅房门上拟设电离辐射警告标志，并拟设中文警示说明。</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>急停按钮铅房外拟设 1 个，位于铅房外左侧（西南侧）；操作台上拟设 1 个，另铅房内拟设 2 个；拟设位置便于人员接触，拟设的 3 个急停按钮不在主射线方向，且拟带中文标识。</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>铅房拟自带机械通风装置，排风口位于铅房顶部，远离人员活动的密集区，通风次数约 43 次/h，符合要求。</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 1 个固定式剂量监测报警装置。</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、1 台个人剂量报警仪，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铅房，同时防止其他人进入，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、包括操作台、周围毗邻区域人员居留处的辐射剂量水平进行监测，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。	重庆宗申拟制定交接班制度，工作人员交接班时按照要求检查剂量仪是否正常工作，发现不能正常工作时将暂停检测工作。
		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，辐射工作人员将会检查铅房内是否有人员驻留，且检查相关防护措施均能正常运行才会开始检测工作。
		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。	本项目拟配铅房大小满足重庆宗申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，铅房拟自带屏蔽体，铅房屏蔽体内除检修情况下，人员不进入，因此不设人员门，仅设单独的工件门；针对检修情况，本项目铅房体积小，检修门与工件进出门共用。

续表10 辐射安全与防护

		<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>本项目操作台拟放于铅房外南侧，X射线球管及平板探测器位于铅房内，设备主射线方向拟朝右侧（东北侧）、顶部和底部部分区域照射，避开了操作台和铅门。</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>铅房主体钢结构焊接密闭，铅房各屏蔽体之间的搭接、铅门与铅房之间的搭接均拟呈“L”型、拟用10mmPb铅板搭接，搭接长度50mm；拟设排风出口罩和线缆出口罩屏蔽厚度均约为9.3mmPb，不低于铅房主体屏蔽结构。</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>本项目铅房内仅拟使用1台X射线探伤机，同时，根据后文计算，主射线方向和其它侧屏蔽体的屏蔽设计厚度均能满足额定工况下的辐射防护要求。</p>

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设阶段主要为 X 射线探伤机管线（含铅房）安装，不涉及装修和土建。

建设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站，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾，交由环卫部门统一处理。

本项目建设期短、工程量小，施工范围小，且随着建设期的结束而结束。

11.2 运行阶段（含调试阶段）环境影响分析

11.2.1 铅房辐射屏蔽估算公式

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

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（11-1）计算，然后由 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X。

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

式中：

\dot{H}_c —按 7.4 章节确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见 GBZ/T250-2014 附录表 B.1。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按（11-2）计算：

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

续表11 环境影响分析

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 6×10^4 ，见 GBZ/T250-2014 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 (11-3) 计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (11-3)$$

式中：

X —屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—查 GBZ/T250-2014 附录表 B.2。

b) 对于估算出的屏蔽透射因子 B ，所需的屏蔽物质厚度 X 按式 (11-4) 计算：

$$X = -\text{TVL} \times \lg B \quad (11-4)$$

式中：

TVL—查 GBZ/T250-2014 附录表 B.2；

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 (11-5) 计算，然后按式 (11-4) 计算所需的屏蔽物质厚度 X 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \times R^2}{\dot{H}_L} \quad (11-5)$$

式中：

\dot{H}_c —按 7.4 章节确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时

续表11 环境影响分析

($\mu\text{Sv/h}$) ;

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 (11-3) 计算, 然后按式 (11-6) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} , 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$):

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \times B}{R^2} \quad (11-6)$$

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 (11-7) 计算。然后按式 (11-4) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \times R_s^2}{I \times H_0} \times \frac{R_0^2}{F \times \alpha} \quad (11-7)$$

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 6×10^4 , 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 (m^2) ;

α —散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^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;

续表11 环境影响分析

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 GBZ/T250-2014 表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按照式（11-3）计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-8）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{r^2} \times \frac{F \times \alpha}{r^2} \quad (11-8)$$

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 6×10^4 ，见 GBZ/T250-2014 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（ m^2 ）；

α —散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^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）。

11.2.2 铅房防护核算原则

①根据重庆宗申提供的资料，本项目 X 射线探伤机，在评估过程中取其装置的最大能量开机运行时探伤机所需满足的屏蔽能力进行评价。

②屏蔽体厚度确定原则：当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射。

③本项目 X 射线探伤机电流随电压变化自动调节，本项目按照其以最大射线能量工作时进行核算；本项目 X 射线探伤机进行无损检测过程中工件可以移动。相同条件下，射线能量越大，距离辐射源点（靶点）1m 处的剂量率越大，本项目 X 射线探伤机最大功率为 500W，因此，本次核算最大输出量按照 200kV、

续表11 环境影响分析

2.5mA 条件下的相关参数进行核算。

11.2.3 主要技术参数的选择及剂量率控制水平

(1) 关注点的选择以及核算距离、方向

本项目 X 射线探伤机工作时，主射线方向朝铅房右侧、顶部和底部部分区域照射，核算距离为主射线方向的最短距离，其余方向（含防护门）考虑为散射和漏射。

根据表 9 本项目探伤机工作方式，本次校核铅房屏蔽效能的关注点选取铅房四周及铅房底部、顶部，按 X 射线管头离屏蔽体最近的距离计算。计算点位示意图见图 11-1 所示。

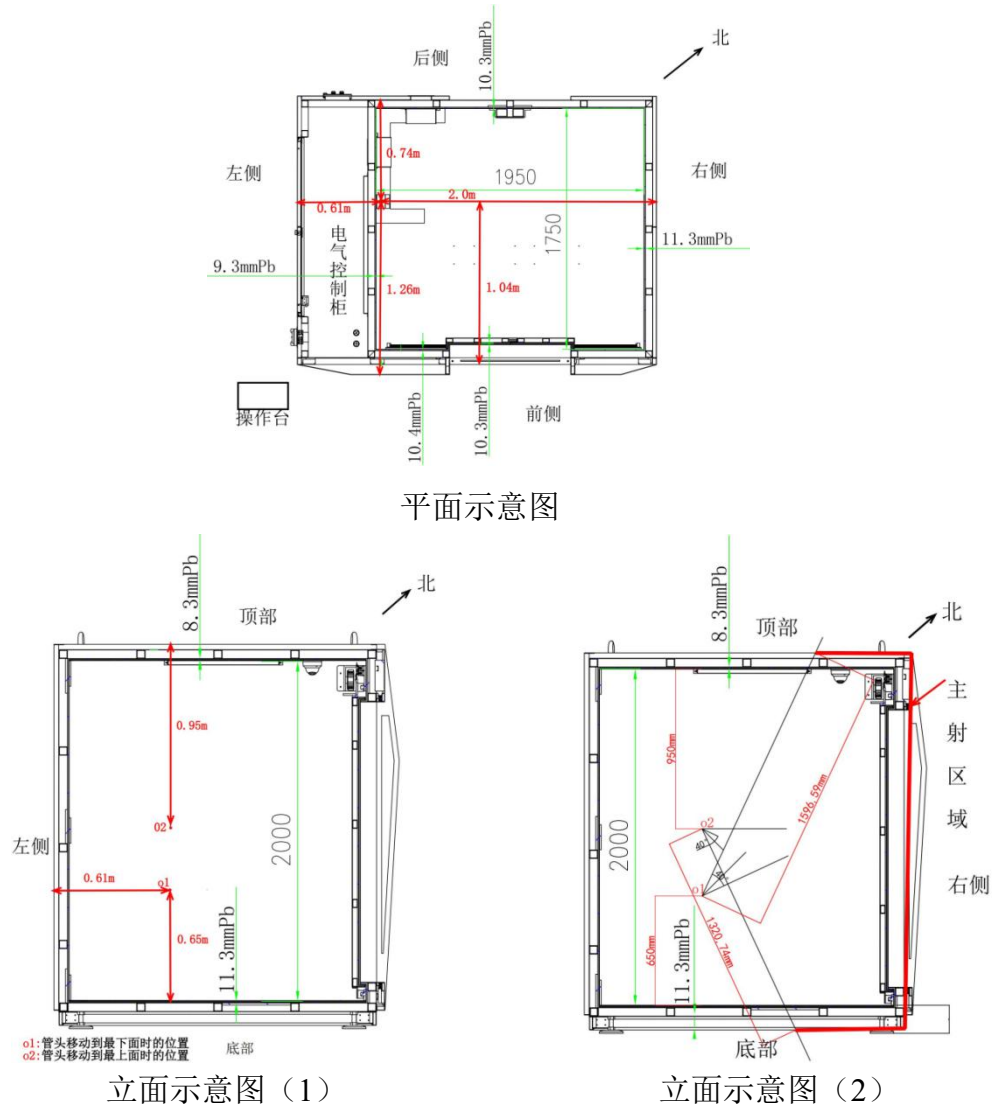


图 11-1 X 射线探伤机计算点位示意图（平面、立面）

续表11 环境影响分析

屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-1。

表 11-1 探伤机各方向核算距离一览表

关注点			核算距离 ^① (m)
铅房右侧 (东北侧)	屏蔽体外 30cm	主射	2.0+0.3=2.30
铅房左面 (西南侧)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	0.61+0.3=0.91
铅房后侧 (西北侧)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	0.74+0.3=1.04
铅房前面 (东南侧)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	1.26+0.3=1.56
铅房前面 (东南侧)	屏蔽体铅门外 30cm	散射、漏射	1.04+0.3=1.34
铅房顶部	屏蔽体外 30cm	主射	1.6+0.3=1.90
	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	0.95+0.3=1.25
铅房底部	屏蔽体外 30cm	主射	1.32+0.16=1.48
	屏蔽体外 16cm ^③	散射、漏射	0.65+0.16=0.81

注：①均为图上量出；②X 射线探伤机主射线方向为铅房右侧 (东北侧)，在 C 臂垂直偏转±45° 情况下，铅房顶部和底部部分区域将成为主射方向；③因铅房底部距地面的距离 16cm，下为地基，底板人员无法到达，因此底部选取距离屏蔽体外 16cm；④后侧、右侧、顶棚和底板散射为工件散射至屏蔽体外，其散射距离大于漏射线距离，此处保守按漏射线距离取值；⑤距离保留两位小数。

(2) 其他相关参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-2 所示。

表 11-2 屏蔽体核算相关参数

参数	数值		来源
设备参数	运行最大管电压 200kV，最大功率 500W 下，管电流为 2.5mA		厂家提供
G (mGy·m ² /(mA·min))	200kV: 13.31 (0.5mm 铜过滤条件下)		ICRP33 报告(第 55 页图 2)
转换系数	6×10 ⁴		GBZ/T250-2014 4.1 a)
H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	7.99×10 ⁵		
$\frac{R_0^2}{F \times d}$	50		GBZ/T 250-2014 附录 B.4.2
泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)	2.5×10 ³		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	TVL	
	200kV	1.4mm	
	150kV	0.96mm	

注：1. 200kV (0.5mm 铜过滤条件下) 1m 处输出量通过 ICRP33 报告 (第 55 页图 2) 拟合数据而来；2. 本次 Sv/Gy 转换系数取 1。

续表11 环境影响分析

11.2.4 铅房防护核算结果

本项目铅房的屏蔽体屏蔽效能核实结果见表 11-3。

表 11-3 铅房屏蔽效能核算表

关注点		剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	铅房外 30cm 距离 (m)	设计厚度	实际厚度下铅房外瞬时剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否达到屏蔽要求
铅房右侧	主射	2.5	2.30	11.3mmPb	3.20×10^{-3}	是
铅房左侧	散射	2.5	0.91	9.3mmPb	6.97×10^{-4}	是
	漏射					
铅房后侧	散射	2.5	1.04	10.3mmPb	1.02×10^{-4}	是
	漏射					
铅房前侧	散射	2.5	1.56	10.4mmPb	3.85×10^{-5}	是
	漏射					
铅房前侧 (防护门)	散射	2.5	1.34	10.3mmPb	6.16×10^{-5}	是
	漏射					
顶部	主射	2.5	1.90	8.3mmPb	6.52×10^{-1}	是
	散射	2.5	1.25		1.94×10^{-3}	是
	漏射					
底部	主射	2.5	1.48	11.3mmPb	7.73×10^{-3}	是
	散射		0.81		3.24×10^{-5}	是
	漏射					

注：1.拟设排风出口罩和线缆出口罩屏蔽厚度均约为 9.3mmPb，与铅房主体屏蔽结构厚度相当，故不对其单独核算 2.顶部外 30cm 处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，故本次评价不考虑天空散射。

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（顶部屏蔽体 30cm 外）处的瞬时剂量最大值为 $6.52 \times 10^{-1}\mu\text{Sv/h}$ ，故铅房各屏蔽体的屏蔽厚度均能满足《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。

11.2.5 年有效剂量估算

根据现场调查，重庆宗申现有射线装置一部分位于重庆宗申老厂区压铸车间（204 厂房）内，距离本项目 9km 之外；另有一台 XG-200ST/C 型工业 X 射线实时成像系统位于高端零部件生产基地压铸厂房质量检测区内，距离本项目约 1m，故本项目需考虑此射线装置与本项目的剂量叠加影响。

(1) 估算公式

续表11 环境影响分析

X-γ射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-9)$$

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) 辐射工作人员剂量估算

① 本项目辐射工作人员剂量

本项目铅房外辐射工作人员剂量估算表见表 11-4。

表 11-4 铅房外辐射工作人员剂量估算

估算人员	活动场所	设计厚度下剂量率 (μSv/h)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	有效剂量 mSv/a
辐射工作人员	铅房南侧操作台	3.85×10^{-5}	500	1	1.93×10^{-5}

② 辐射工作人员总剂量

根据调查，XG-200ST/C 型 X 射线探伤机于 2024 年 4 月 12 日委托重庆辐射技术服务中心有限公司对其电离辐射工作环境做了验收监测（详见附件 8.2），监测结果摘录各监测位置最大值，见表 11-5 所示。

表 11-5 XG-200ST/C 型探伤机工作环境辐射剂量监测结果

监测位置	周围剂量当量率 (uSv/h)	
	计算值	修正值
X 射线机门左侧表面 30cm	0.11±0.01	0.09
X 射线机门中间表面 30cm	0.10±0.01	0.09
X 射线机门右侧表面 30cm	0.11±0.01	0.09
X 射线机门左门缝表面 30cm	0.11±0.01	0.09
X 射线机门右门缝表面 30cm	0.11±0.01	0.09
X 射线机门上门缝表面 30cm	0.11±0.01	0.09
X 射线机门下门缝表面 30cm	0.11±0.01	0.09
X 射线机正面表面 30cm	0.11±0.01	0.09
X 射线机右面表面 30cm	0.11±0.01	0.09
X 射线机后面表面 30cm	0.11±0.01	0.09
X 射线机左面表面 30cm	0.11±0.01	0.09

续表11 环境影响分析

续表 11-5 XG-200ST/C 型探伤机工作环境辐射剂量监测结果		
监测位置	周围剂量当量率 (uSv/h)	
	计算值	修正值
X 射线机上表面 30cm	0.11±0.01	0.09
工作人员操作位	0.10±0.01	0.09

注：本底值为 0.09uSv/h，以上监测数据均未扣除本底值，修正值=计算值×校准因子。

从表 11-5 可知，XG-200ST/C 型 X 射线探伤机工作人员操作位的剂量监测结果为 0.09uSv/h（未扣除本底值 0.09uSv/h），再根据此台探伤机竣工环境保护验收监测报告表上给出的最大年曝光时间为 333.3h，可知，此台探伤机对辐射工作人员附加年有效剂量为 0.030mSv/a。

故，结合表 11-4 可知，重庆宗申高端零部件生产基地的辐射工作人员所受的总年有效剂量为 0.030mSv/a，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。

(3) 公众人员剂量估算

①本项目公众人员剂量

本项目铅房 50m 范围内均在重庆宗申厂区内，主要是压铸厂房内其他作业区及一部分熔炼厂房区域、厂区过道等，本项目周围公众成员剂量估算结果见表 11-6。

表 11-6 铅房外公众人员剂量估算

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 (μSv/h)	居留因子	最大曝光时间 (h)	有效剂量 mSv/a
1	压铸生产线	西南侧	约 10m	5.43×10^{-6}	1	500	2.71×10^{-6}
2	工具设备间及会议室、配电室、熔炼厂房等	西北侧	约 1.5m	2.94×10^{-5}	1		1.47×10^{-5}
3	三坐标检测区、压铸生产线等	东北侧	约 2m	1.24×10^{-3}	1		6.19×10^{-4}
4	三坐标检测室、楼梯间、压铸生产线等	东侧	约 4m	6.72×10^{-4}	1		3.36×10^{-4}

续表11 环境影响分析

续表 11-6 铅房外公众人员剂量估算							
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 (h)	有效剂量 mSv/a
5	检测及扫描区、铸造质量部办公区、物资存放区、卫生间（男卫、女卫）及茶水间等	东南侧	约 2m	2.00×10^{-5}	1	500	9.98×10^{-6}
6	车间/厂区过道	西北侧、东北侧、东南侧、西南侧	约 1m	2.32×10^{-3}	1/5		2.32×10^{-4}
7	2F 预留区	顶部	约 3m	1.27×10^{-1}	1		6.36×10^{-2}

根据表 11-6 可知，本项目铅房外公众所受的年有效剂量最大不超过 0.0636mSv/a。

②公众人员总剂量

从表 11-5 可知，XG-200ST/C 型 X 射线探伤机工作环境辐射剂量监测结果均为 0.09 $\mu\text{Sv/h}$ （未扣除本底值 0.09 $\mu\text{Sv/h}$ ），再根据此台探伤机竣工环境保护验收监测报告表上给出的最大年曝光时间为 333.3h，可知，此台探伤机对公众人员附加年有效剂量为 0.030mSv/a。

故，重庆宗申高端零部件生产基地的公众人员所受的总年有效剂量为 0.0936mSv/a，远低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.6 环境保护目标辐射环境影响分析

根据核算可知，铅房各屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线衰减规律，辐射影响按距离的平方进行衰减，即距离辐射源越远，受到的影响越小。根据表 11-4、表 11-6 可知，铅房外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率均低于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，铅房周围辐射工作人员受到的年有效剂量低于 5mSv/a，公众成员受到的年有效剂量低于 0.1mSv/a；再剂量叠加相邻那台 XG-200ST/C 型 X 射线探伤机的辐射剂量影响后，铅房外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率亦低于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，铅房周围公众成员受到的年

续表11 环境影响分析

有效剂量亦低于 0.1mSv/a。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响有限，对环境的影响可以接受。

11.2.7 其他影响

(1) 废气对环境的影响分析

在无损检测作业时，X 射线使空气电离产生臭氧和氮氧化物（主要为二氧化氮）。

本项目设置的铅房有良好的通风，铅房换气次数约为 43 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 O₃、NO_x 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

本项目不新增劳动定员，不新增废水产生量；本项目所在厂房产生的废水依托厂区污水处理站（处理能力 1200m³/d）处理达标后进入市政污水管网，对环境影响较小。

(3) 固废对环境的影响分析

生活垃圾集中收集到厂外市政垃圾箱中后交由环卫部门统一处理；报废的 X 射线探伤机按照相关要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，整体交由有相关资质的单位回收，保留回收手续并做好相关记录存档，不会对环境产生不利影响。

11.2.8 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

X 射线探伤机在生产、建设中的应用，对相关产品的无损质量检验有其他技

续表11 环境影响分析

术无法替代的特点，本项目拟使用 X 射线探伤机开展铝合金零部件的无损检测，目的是确保产品质量与安全，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。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合相关要求，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。

11.2.9 政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“质量认证和检验检测服务”，属于鼓励类。所以，本项目 X 射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

11.2.10 事故影响分析

(1) 风险事故类型

本项目 X 射线探伤机产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。

本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

①设备自身丧失屏蔽

X 射线探伤机机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将探伤机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联锁装置失效

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

③人员滞留铅房内

工作人员或设备维修人员通过铅门可进入铅房内，在开机前，工作人员未通过监控或现场未对铅房内部情况进行充分的确认，从而导致滞留在铅房内的人员

续表11 环境影响分析

在工作模式下被误照射。

④屏蔽体出现膨胀变形

本项目铅房各方向屏蔽体、线缆出口防护罩、风机排风口防护罩，使用多年以后，可能因铅门的自重等原因引起铅门之间的搭接、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。

(2) 后果分析

1) 铅房外人员误照射

风险事故情景①、风险事故情景②：

考虑最不利情况，本项目 X 射线探伤机考虑在最大功率 500W 条件下，最大管电压 200kV，管电流 2.5mA 运行，事故时间考虑单次最大曝光时间 3min。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-7。

表 11-7 铅房外人员误照射最大剂量估算表

事故情景	距离 (m)	有无屏蔽	剂量率 (μSv/h)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
设备自身丧失屏蔽	2.30m (东北侧)	有	3.20×10^{-3}	1.60×10^{-10}	1.60×10^{-10}
联锁装置失效	1.34m (防护门)	无	2.36×10^4	1.18×10^{-3}	1.18×10^{-3}

风险事故情景④：

当铅屏蔽体出现膨胀变形后且长时间未发现，即射线不经过屏蔽对检测区的人员进行误照射。经计算本项目铅房屏蔽体外周围剂量当量率最大值为 0.377Sv/h (距辐射源 2.30m 主射方向)，单次照射下 (3min) 铅房四周屏蔽体外停留的人员受照剂量最大约 1.89×10^{-2} Sv (1.89×10^{-2} Gy)。

因该风险发生后，若重庆宗申辐射工作人员不佩戴个人剂量报警仪，则该事故不易被发现。则随着时间的推移，屏蔽体外人员受到的误照射会随之增加。假定未发现该事故情形的时长为 5 天 (一天最多检测 40 次)，在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-8。

续表11 环境影响分析

表 11-8 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 (min)	受照射剂量	
		剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
1	3	1.89×10^{-2}	1.89×10^{-2}
20	60	3.77×10^{-1}	3.77×10^{-1}
40	120	7.55×10^{-1}	7.55×10^{-1}
200	600	3.77	3.77

2) 铅房内人员误照射

风险事故情景③:

因各种原因, X 射线探伤机运行时, 人员滞留在铅房内发生误照射情况, 考虑最不利情况, 在最大功率 500W 条件下, 最大管电压 200kV, 管电流 2.5mA 运行。因铅房内拟设置视频监控, 铅房外操作台处能看见铅房内的情况, 且拟设置有急停按钮, 人员滞留在铅房内, 能够及时做出反应并按下急停按钮, 事故时间考虑为 2.5min, 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 11-9。

表 11-9 铅房内人员误照射最大剂量估算表

事故情景	有效剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
人员滞留铅房内	7.99×10^6	3.33×10^{-1}	3.33×10^{-1}

(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

续表11 环境影响分析

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、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。

本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 射线对人体损伤估计见表 11-10。

表 11-10 不同照射剂量的 X 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			不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5	/		可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1			机能变化，血液学变化，但不伴有临床症状
1~2	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
2~3.5		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
3.5~5.5		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
5.5~10		极重度	多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，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

注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

根据表 11-10 不同照射剂量对人体损伤的估计，结合上述后果分析可知，单次发生误照射情况下，人员滞留在铅房内发生误照射的事故状态，人员受到的辐射剂量最大，工作人员可能会出现急性放射病，不会达到发生确定性效应剂量阈

续表11 环境影响分析

值，事故导致的辐射照射可能增加随机性效应的发生概率，这种情况下可能发生超年有效剂量限值照射的事故，造成一般辐射事故。

在铅房屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，工作人员可能会出现急性放射病，达到或可能达到发生确定性效应剂量阈值，发生随机性效应概率也随之增加，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》规定“一般辐射事故：是指IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”。由前述事故工况下的辐射影响估算可知，在上述事故情景下部分事故受照剂量已超过辐射工作人员的年剂量限值，其中造成最大影响的事故情形为人员在工作模式下滞留在铅房内而被误照射。因此，假若本项目发生事故，事故等级应为一般辐射事故，此外，不排除在铅屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，造成较大及以上级别的辐射事故。

(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，项目辐射工作人员配合，禁止随便拆走X射线探伤机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射线探伤机的铅房屏蔽体和防护铅门及孔洞等。

②辐射工作人员使用视频监控系统对铅房内进行查看，确认无人停留在内后才能开始进行操作。同时，如遇X射线出束情况下有人员滞留铅房内，操作台人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

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辐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辐

续表11 环境影响分析

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 X 射线探伤机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，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 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。

重庆宗申已按照相关要求制定了相应的管理制度，成立了辐射安全管理小组，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，重庆宗申的辐射安全管理小组满足相关要求。

12.2 辐射安全管理

(1) 辐射安全管理规章制度

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：（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案”等。

目前，重庆宗申已成立辐射安全管理小组，已按照相关规定制定了相应的管理制度，包括《辐射安全事故应急预案》《辐射工作场所管理制度》《辐射岗位工作人员健康管理制度》《辐射工作场所及工作人员个人剂量监测制度》《辐射设备检修维护制度》《X射线探伤机操作规程》《辐射监测仪表使用与检验管理制度》《放射性设备台账管理制度》《人员培训计划》等制度。

现有制度具有可实施性，无辐射安全事故的发生，具备指导本项目实时成像系统安全使用。

根据现场调查，重庆宗申已将相关制度粘贴在本项目邻近的辐射工作场所墙上（详见附件图4）；待项目建成后，重庆宗申还应根据实际使用情况和新发布更新的法律法规等，对现有制度进行不断地完善和修订。

续表12 辐射安全管理

(2) 辐射工作人员

重庆宗申目前有 2 名辐射工作人员, 已按国家相关标准的要求进行了辐射安全防护专业知识培训, 培训并考核合格, 辐射安全防护培训合格证均在有效期内。且定期委托有资质单位对辐射工作人员进行了个人剂量监测。

本项目拟配置的 6 名辐射工作人员, 其中 4 人均为内部培养, 待通过辐射防护与安全培训并考核合格后方可上岗。

①配置数量合理可行性

根据 X 射线探伤机的操作需求, 项目拟依托配置的 6 名辐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.mec.gov.cn>) 免费学习相关知识; 新从事辐射活动的人员, 应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核, 做到考核合格后持证上岗。

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, 建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的, 应当立即核实和调查, 并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。个人剂量档案应当终生保存。另外, 辐射工作人员上岗期间, 必须正确佩戴个人剂量计, 并对个人剂量计严格管理, 不允许将个人剂量片相互传借, 不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

续表12 辐射安全管理

重庆宗申现有辐射工作人员均配置了个人剂量计，并按照要求进行了剂量监测，建立了个人剂量档案，满足上述规定要求。

后续重庆宗申应按照要求为本项目拟内部培养的每名辐射工作人员配置个人剂量计，并按照要求进行了个人剂量监测，建立个人剂量档案。

④职业健康检查

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

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，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。重庆宗申应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

重庆宗申现有辐射工作人员均已进行了职业健康体检，符合辐射工作人员健康标准，本项目拟内部培养的辐射工作人员落实到位后，应按照要求进行岗前职业健康体检，按照相关要求每两年进行职业健康体检，并建立相应档案。

(3) 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，后续拟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。

(4) 核安全文化建设

续表12 辐射安全管理

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感，对于核技术利用项目核安全文化建设要求重庆宗申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重庆宗申应不断总结、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。

(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”。重庆宗申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。

重庆宗申认真落实了相关制度和规定，对现有辐射工作人员均进行了职业健康体检（两次检查的时间间隔不超过2年）、个人剂量监测、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，重庆宗申拟将本项目新增辐射工作人员及其他相关档案资料建立档案，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

续表12 辐射安全管理

线装置安全和防护管理办法》规定执行。

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见表12-1所示。

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。	重庆宗申已经以文件的形式建立了辐射安全管理领导小组，管理人员配置满足要求。 本项目辐射安全与环境保护管理机构依托重庆宗申已有的辐射安全管理领导小组。
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。	项目拟依托重庆宗申现有的2名辐射工作人员，另内部再培养4名辐射工作人员，不新增总劳动定员，将按照规定参加培训并考核合格后上岗。
射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	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（铅防护门）、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。	辐射工作人员拟配备个人剂量计、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。	重庆宗申制度满足现有工作运行要求，本项目依托重庆宗申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，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	重庆宗申已制定辐射事故应急预案，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重庆宗申现有的管理体系，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，并及时按照辐射环境管理要求办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事辐射工作，最终在本项目通过竣工环境保护验收后，方可投入运行。

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，使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专

续表12 辐射安全管理

业培训的工作人员或设备制造商进行，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，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，必须对辐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，重庆宗申已制定有监测计划，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。

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- γ 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

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

监测频率：常规检测一般为 1 个月，最长不超过 3 个月；如发现异常可加密监测频率。

(2) 工作场所环境监测

重庆宗申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。

根据调查，重庆宗申已制定有监测计划，包括工作场所监测及个人剂量监测等，拟每年委托有资质单位对现有射线装置等屏蔽体外辐射环境及辐射工作人员个人剂量进行监测，监测结果均满足相关标准要求。

12.5 辐射事故应急

续表12 辐射安全管理

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

重庆宗申已制定的辐射安全事故应急预案较为完善，符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，具有一定可行性。重庆宗申后期应根据具体情况细化完善应急预案的内容，增设应急演练方案，并定期组织开展应急预案演练工作，防止辐射事故的发生。

12.6 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见表12-2。

表12-2 辐射安全管理投资估算

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、紧急停机按钮等工作状态指示灯、摄像机及视频监视器	计入设备投资 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	5.5
合计	/	13.5

12.7 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，重庆宗申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。

续表12 辐射安全管理

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	建设内容	X 射线探伤机 1 台（型号 E7-200，单管头，定向），最大电压≤200kV，电流≤6mA。		不发生重大变更
2	环保资料	项目建设的环评影响评价文件、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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案。		齐全
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、铅房外和操作台上设急停按钮； ⑤铅房防护门上设置电离辐射警告标志和中文警示说明； ⑥铅房设置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/h； ⑦铅房有足够的屏蔽防护能力，管线不得影响屏蔽防护效果。		符合相关要求
5	防护监测设备	每名辐射工作人员均配备个人剂量计，1 台个人剂量报警仪，1 台 X-γ 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	配置符合要求的辐射工作人员，按照要求组织放射工作人员均经考核合格后上岗，按要求定期培训。		原环境保护部令第 3 号、第 18 号
7	电离辐射	年剂量管理目标限值	辐射工作人员≤5mSv/a； 公众成员≤0.1mSv/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≤2.5μSv/h。	

表 13 结论与建议

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，重庆宗申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厂房质量检测区内实施“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 E7-200，单管头，定向，固定式，最大电压 200kV 最大电流 6mA、最大功率 500W）。

项目总投资约 50.5 万，其中环保投资约 13.5 万。

13.1.2 产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“质量认证和检验检测服务”，属于鼓励类。所以，本项目 X 射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

13.1.3 实践正当性

X 射线探伤机在生产、建设中的应用，对相关产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，本项目拟使用 X 射线探伤机开展铝合金零部件的无损检测，目的是确保产品质量与安全，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。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合相关要求，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。

13.1.4 辐射环境质量现状

本项目所在位置及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 58nGy/h~59nGy/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 γ 辐射水平年均值范围为 78.0nGy/h~119nGy/h，全市各点位

续表13 结论与建议

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 γ 辐射剂量率均在重庆市 2022 年环境 γ 空气吸收剂量率正常涨落范围内。

13.1.5 选址可行性及布局合理性

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厂房质量检测区内，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 X 射线探伤机拟配置有铅房和操作台，且分开布置，均固定安装在压铸厂房质量检测区内，设备有用线束照射方向避开了铅门及操作台；本项目铅房西南侧相邻一台工业 X 射线探伤机（已做环评、已做验收），之外为压铸生产区，与厂内产品工艺流程相衔接，经压铸作业后的待检工件可避免远距离运输，方便工作人员进行无损检测，铅房所在区域的人流、物流路径清晰，便于管理；铅房楼下无建筑物，楼上为预留区。

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：重庆宗申对铅房进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区即为 X 射线探伤机铅房内部，监督区为铅房外部区域（包括铅房顶部到 1F 顶部区域，铅房顶部 2F 区域以及铅房外四周 1m 区域）。

（2）设备具备的辐射防护与安全措施：本项目拟配置 X 射线探伤机自带多种固有安全性，包括开机自检、过电压保护等；拟配置辐射安全联锁装置（设施），包括操作台门机联锁、紧急停机、声光警示灯、电离辐射警告标志、视频监控系统等。

铅房拟采取的屏蔽材料如下：

前侧屏蔽体：内 3mm 钢+10mm 厚铅+外 2mm 钢（约 10.4mmPb）；铅房后侧屏蔽体：内 2mm 钢+10mm 厚铅+外 2mm 钢（约 10.3mmPb）；铅房左侧屏蔽

续表13 结论与建议

体：内 2mm 钢+9mm 厚铅+外 2mm 钢（约 9.3mmPb）；铅房右侧屏蔽体：内 2mm 钢+11mm 厚铅+外 2mm 钢（约 11.3mmPb）；铅房顶部屏蔽体：内 2mm 钢+8mm 厚铅+外 2mm 钢（约 8.3mmPb）；铅房底部屏蔽体：内 2mm 钢+11mm 厚铅+外 2mm 钢（约 11.3mmPb）；铅房铅门：内 2mm 钢+10mm 厚铅+外 2mm 钢（约 10.3mmPb）；并均拟设内 2mm 钢+9mm 厚铅+外 2mm 钢（约 9.3mmPb）的线缆进出口防护罩和排风出口防护罩，以避免影响辐射屏蔽防护效果；铅房主体结构焊接密闭，铅房各屏蔽体之间的搭接、铅门与铅房之间的搭接均拟呈“L”型、拟用 10mmPb 铅板搭接，搭接长度 50mm。

（3）重庆宗申拟在铅房内、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 1 台个人剂量报警仪，1 台 X-γ辐射剂量率仪，1 套固定式场所辐射探测报警装置，每名辐射工作人员均拟配个人剂量计（计划 6 枚个人剂量计）。

综上所述，本项目采取的辐射安全与防护措施符合《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）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

（1）屏蔽体的辐射防护

本项目 X 射线探伤机自带屏蔽铅房。根据核算，在最大工况下，屏蔽体厚度均能满足《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，屏蔽体外关注点处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

（2）剂量估算结果

辐射工作人员和公众成员受到的附加年有效剂量分别低于本评价剂量：辐射工作人员的剂量管理目标值 5mSv/a，公众成员的剂量管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准要求。

（3）环境保护目标影响

续表13 结论与建议

根据核算，铅房外 50m 范围内环境保护目标处的周围剂量当量率满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，同时也低于其年剂量管理目标值。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响有限，对环境的影响可以接受。

（4）其他影响

项目运行不产生放射性废水、放射性废气、放射性固废。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；项目工作人员产生的生活污水依托厂区污水处理站处理达标后排入市政污水管网，对环境影响较小；生活垃圾集中收集到厂外市政垃圾箱中后交由环卫部门统一处理；报废的 X 射线探伤机按照相关要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，整体交由有相关资质的单位回收，保留回收手续并做好相关记录存档，不会对环境产生不利影响。

（5）事故风险

根据后果分析可知，单次发生误照射情况下，人员滞留在铅房内发生误照射的事故状态，人员受到的辐射剂量最大，工作人员可能会出现急性放射病，不会达到发生确定性效应剂量阈值，事故导致的辐射照射可能增加随机性效应的发生概率，这种情况下可能发生超年有效剂量限值照射的事故，造成一般辐射事故；在铅房屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，工作人员可能会出现急性放射病，达到或可能达到发生确定性效应剂量阈值，造成轻度骨髓型急性放射病发生，发生随机性效应概率也随之增加。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，假若本项目发生事故，事故等级为：一般辐射事故。

重庆宗申通过定期检查本项目 X 射线探伤机的门机联锁装置的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作；定期做好设备质控检测、进行仪器维护，使设备始终保持在最佳状态下工作，并做好相关记录；辐射工作人员正确佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，加强专业知识学习，严格遵守操作规程和规章制度，定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目风险可控。

续表13 结论与建议

13.1.8 辐射环境管理

重庆宗申成立有辐射安全管理小组，并明确了职责与任务；制定了相关管理制度及应急预案，能满足辐射环境管理要求。在今后的工作中，还应进一步完善管理制度，加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

13.1.9 综合结论

综上所述，重庆宗申动力机械股份有限公司高端零部件（新工厂）工业辐射探伤二期项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”原则，选址和布局合理，辐射安全与防护措施可行。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

附图 1 拟建项目地理位置图

