

编号：渝朕辐环评字[2026]0011 号

核技术利用建设项目

重庆綦美智能科技
高端铝合金零部件项目（探伤部分）

环境影响报告表

（公示版）

建设单位：重庆綦美智能科技有限公司

编制单位：重庆朕尔医学研究院有限公司

编制时间：2026年7月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

重庆綦美智能科技
高端铝合金零部件项目（探伤部分）
环境影响报告表



建设单位名称：重庆綦美智能科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

余军
5002221022557

通讯地址：重庆市綦江区古南街道科创中心 1 号楼 305 室

邮政编码：401420

联系人：程里炜

电子邮箱：c*****w@djmillison.com 联系电话：185 *****002

编制单位和编制人员情况表

项目编号	0nb400		
建设项目名称	重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目（探伤部分）		
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）	重庆綦美智能科技有限公司		
统一社会信用代码	91500110MA60D4K13P		
法定代表人（签章）	余亚军		
主要负责人（签字）	肖宇		
直接负责的主管人员（签字）	程里炜		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆联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
李高福	表1~表13	BH064832	李高福

重庆綦美智能科技有限公司
关于同意对《重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目（探伤部分）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，我单位委托重庆联尔医学研究院有限公司编制了《重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目（探伤部分）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，我单位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。我单位同意对报告表（公示版）进行公示。

特此说明。

重庆綦美智能科技有限公司



2026年7月

环评编制主持人职业资格证书（复印件）



 孟楠 HP00019684	姓名: 孟楠 Full Name _____
	性别: 男 Sex _____
	出生年月: 1988. 06 Date of Birth _____
	专业类别: _____ Professional Type _____
	批准日期: 2016. 05 Approval Date _____
持证人签名: Signature of the Bearer _____	签发单位盖章: Issued by 
管理号: 2016035410352 证书编号: HP00019684	签发日期: 2016 12 月 30 日 Issued on

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	10
表 3	非密封放射性物质	10
表 4	射线装置	11
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6	评价依据	13
表 7	保护目标与评价标准	15
表 8	环境质量和辐射现状	20
表 9	项目工程分析与源项	23
表 10	辐射安全与防护	37
表 11	环境影响分析	53
表 12	辐射安全管理	74
表 13	结论及建议	82

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目（探伤部分）			
建设单位		重庆綦美智能科技有限公司			
法人代表		余亚军	联系人	程里炜	联系电话 185*****002
注册地址		重庆市綦江区古南街道科创中心 1 号楼 305 室			
项目建设地点		重庆市綦江区古南街道北渡铝产业园 A03-03/03 地块 重庆綦美智能科技有限公司 1#-大压铸车间 1F 北侧			
立项审批部门		重庆市綦江区发展和改革委员会		批准文号	2510-500110-04-05-131837
建设项目总投资（万元）		630	项目环保投资（万元）	25	投资比例（环保投资/总投资） 3.97%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ） 660
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			
	1.1 建设单位简介 重庆綦美智能科技有限公司（以下简称“建设单位”）成立于 2025 年 10 月 13 日，注册住所位于重庆市綦江区古南街道科创中心 1 号楼 305 室，经营范围包括汽车零部件研发、汽车零部件及配件制造、通信设备制造、计算机软硬件及外围设备制造等，于 2026 年 1 月在重庆市綦江区古南街道北渡铝产业园 A03-03/03 地块投资建设“重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目”，2026 年 2 月 9 日，该项目取得重庆市綦江区生态环境局下发的重庆市建设项目环境影响评价文件批准书，批复文号：渝（綦）环准〔2026〕15 号。目前该项目正处于建设阶段。 1.2 项目由来 建设单位为保证产品质量要求，拟配置 1 台 X 射线实时成像系统（UND160 型，				

续表 1 项目基本情况

双管头，定向照射，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 22.5mA，以下简称“UND160 探伤机”）和 1 台 X 射线实时成像系统（UND225 型，单管头，定向照射，最大管电压为 225kV，最大管电流为 15mA，以下简称“UND225 探伤机”），均固定在 1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内，仅用于建设单位生产的高端铝合金零部件的固定式无损检测，不对外检测。

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》（原环境保护部，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 UND160 探伤机、UND225 探伤机均带有专用屏蔽铅房，铅房与 X 射线探伤装置主体结构一体设计和制造，但铅房为非统一制式，且专用铅房铅门尺寸较大，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。

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》等相关法律法规要求，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》，建设单位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察、收集资料和现状监测等工作，并结

续表 1 项目基本情况

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》（HJ 10.1-2016）等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.3 评价思路

本项目属于重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目的一部分，X-Ray 检测室的设计、建设与整体建设工程同步进行，其中 1#-大压铸车间施工期环境影响已在《重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目环境影响报告表》中进行详细分析，且本项目施工期涉及的 UND160 探伤机、UND225 探伤机安装是由设备厂家负责安装，因此，本次评价仅对施工期的环境影响进行简要分析，重点对营运期辐射环境影响进行评价。建设单位的环保设施设计规模能容纳本项目产生的废水、固废处理需求，本环评就本项目依托建设单位的环保设施依托可行性进行分析的基础上，对非放射性三废进行简要评价。

1.4 建设内容及工程规模

（1）项目概况

本项目拟在 1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内配置 1 台 UND160 探伤机（II 类射线装置，UND160 型，双管头，定向照射，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 22.5mA）和 1 台 UND225 探伤机（II 类射线装置，UND225 型，单管头，定向照射，最大管电压为 225kV，最大管电流为 15mA），用于建设单位生产的高端铝合金零部件的固定式无损检测。

本项目占地面积约 660m²，总投资 630 万元（重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目总投资 59816 万，其中本项目 630 万），其中环保投资 25 万元。施工期预计 3 个月。

项目基本组成情况详见表 1-1 所示。

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	UND160 探伤机	本项目拟在 1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内，拟配置 1 台/套 UND160 探伤机（II 类射线装置，UND160 型，双管头，定向照射，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 22.5mA，最大功率均为 1800W）。自带屏蔽铅房，铅房外观尺寸：7908mm（长）×3686mm（宽）×2911mm（高），铅房内空尺寸：7660mm（长）×2840mm（宽）×2599mm（高），UND160 探伤机铅房六面屏蔽体均为钢板+铅板+钢板结构，设置 2 个工件进出门和 2	新增

续表 1 项目基本情况

		个检修门,操作台位于 UND160 探伤机铅房外工件进出门 1 右侧。	
	UND225 探伤机	本项目拟在 1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内,拟配置 1 台/套 UND225 探伤机 (II类射线装置,UND225 型,单管头,定向照射,最大管电压为 225kV,最大管电流为 15mA,最大功率 1800W)。自带屏蔽铅房,铅房外观尺寸: 2443mm (长)×2572mm (宽)×2512mm (高),铅房内空尺寸: 2301.5mm (长)×2013mm (宽)×2115mm (高),UND225 探伤机铅房六面屏蔽体均为钢板+铅板+钢板结构,设置 1 个工件进出门、操作台位于 UND225 探伤机铅房外西南侧。	新增
辅助工程	X-Ray 检测室	X-Ray 检测室尺寸: 44.6m (长)×11.9m (宽)×6.0m (高),面积约 530m ² ,吊顶高度约 3.0m。	依托
	工件已检区、待检区	依托 1#-大压铸车间划分已检区、待检区,面积约 130m ² 。	依托
公用工程	供配电系统	依托 1#-大压铸车间供配电系统,来源于市政供电。	依托
	给水系统	依托 1#-大压铸车间市政给水管网供水。	依托
	排水系统	采用雨污分流制,雨水排入雨水管网。 项目工作人员生活污水依托建设单位污水处理站 (处理能力 150m ³ /d) 处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准后依托旗能电铝污水处理厂处理达《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T19923-2024) 中对“敞开式循环冷却水系统补水”水质要求后,旗能电铝全部回用,不外排。 远期 (北渡铝产业园区污水处理厂投运后),排入市政污水管网进入北渡铝产业园区污水处理厂进一步处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 B 标准后排入綦江。	依托
环保工程	废水处理	本项目无生产废水,辐射工作人员在建设单位劳动定员内,故运营期不新增废水,项目工作人员生活污水依托建设单位污水处理站 (处理能力 150m ³ /d) 处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准后依托旗能电铝污水处理厂处理达《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T19923-2024) 中对“敞开式循环冷却水系统补水”水质要求后,旗能电铝全部回用,不外排。 远期 (北渡铝产业园区污水处理厂投运后),排入市政污水管网进入北渡铝产业园区污水处理厂进一步处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 B 标准后排入綦江。	依托
	固废处理	本项目辐射工作人员在建设单位劳动定员内,故运营期不新增生活垃圾,本项目产生的生活垃圾,袋装分类收集后,由环卫部门统一处理。 报废的 2 台探伤机对其装置去功能化后,根据建设单位相关要求进行处理,保留相关手续并做好记录存档。	依托
	废气治理	①UND160探伤机: 专用铅房顶部自带2个排风扇,总风量为 1400m ³ /h。②UND225探伤机: 专用铅房顶部自带2个排风扇,	设备 自带

续表 1 项目基本情况

		总风量为330m³/h。 各铅房内废气排至 X-Ray 检测室，再通过 X-Ray 检测室北墙外墙上安装的 2 个低噪声排风扇（总排风量为 6000m³/h，安装高度 3m）排至室外。	和新 建
	噪声处理	项目噪声源主要为铅房排风扇，属于低噪声设备；X-Ray 检测室北墙外墙上安装的 2 个低噪声排风扇。	/
	辐射防护	本项目 UND160 探伤机、UND225 探伤机均自带屏蔽铅房，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	在建设单位内部调配培养 6 名辐射工作人员开展检测工作。	/

注：铅房外观高度尺寸未包含铅房顶部的穿墙补偿、警示灯等高度。

（2）项目铅房建设方案

本项目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	尺寸	设计情况	
UND160 探伤机铅房	铅房外观尺寸：7908mm（长）×3686mm（宽）×2911mm（高） 铅房内空尺寸：7660mm（长）×2840mm（宽）×2599mm（高） 2个工件进出门洞尺寸：2000mm×1760mm 2个工件进出门尺寸：2058mm×1840mm 2个检修门洞尺寸：1350mm×2200mm 2个检修门尺寸：1450mm×2300mm	前侧（东） （主射方向）	内 2mm 钢+8mmPb+外 4mm 钢
		后侧（西） （主射方向）	内 2mm 钢+8mmPb+外 4mm 钢
		左侧（南） （主射方向）	内 2mm 钢+8mmPb+外 4mm 钢
		右侧（北） （主射方向）	内 2mm 钢+8mmPb+外 4mm 钢
		顶部（主射方向）	内 2mm 钢+8mmPb+外 4mm 钢
		底部（主射方向）	内 2mm 钢+8mmPb+外 4mm 钢
		工件进出门	内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢
		检修门	内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢
		穿线孔防护罩	内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢
UND225 探伤机铅房	铅房外观尺寸：2443mm（长）×2572mm（宽）×2512mm（高），铅房内空尺寸：2301.5mm（长）×2013mm（宽）×2115mm（高） 1个工件进出门洞尺寸：	前侧（南）	内 3.5mm 钢+9mmPb+外 4mm 钢
		后侧（北）	内 4mm 钢+9mmPb+外 3.5mm 钢
		左侧（西）	内 3.5mm 钢+9mmPb+外 4mm 钢
		右侧（东） （主射方向）	内 4mm 钢+17mmPb+外 3.5mm 钢
		顶部	内 3.5mm 钢+9mmPb+外 4mm 钢

续表 1 项目基本情况

900mm×1911mm 1个工件进出门尺寸： 994mm×2021mm	底部	内 3mm 钢+9mmPb+外 3mm 钢
	工件进出门	内 2mm 钢+9mmPb+外 3.5mm 钢
	穿线孔防护罩	内 2mm 钢+9mmPb+外 2mm 钢
	排风孔防护罩	内 2mm 钢+9mmPb+外 4mm 钢

注：1.铅密度为 11.3g/cm³、钢密度为 7.8g/cm³（后文不再赘述）；2.本项目 UND160 探伤机方位描述以铅房工件进出铅门 1 为前侧、以辐射工作人员面对工件进出铅门 1 右手边为右侧、面对工件进出铅门 1 左手边为左侧，后文按前侧、后侧、左侧、右侧进行方位描述；UND225 探伤机方位描述以铅房工件进出铅门为前侧、以辐射工作人员面对工件进出铅门右手边为右侧、面对工件进出铅门左手边为左侧，后文按前侧、后侧、左侧、右侧进行方位描述；3.UND160 探伤机的孔洞建设单位采取 8mmPb 铅帘补偿处理。

（3）设备概况

项目设备清单见表 1-3 所示。

表 1-3 设备一览表

序号	名称	数量	用途	设备设施说明
1	UND160 探伤机	1 台	用于建设单位生产的高端铝合金零部件的无损检测	II类射线装置，UND160 型，双管头，定向照射，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 22.5mA，最大功率均为 1800W。
	UND225 探伤机	1 台		II类射线装置，UND225 型，单管头，定向照射，最大管电压为 225kV，最大管电流为 15mA，最大功率 1800W。
2	个人剂量计	6 枚	个人剂量监测	工作人员工作时随身携带，拟配置 6 枚。
3	便携式 X-γ辐射剂量率仪	1 台	防护监测	自行定期监测，按要求校验，拟购置。
4	固定式场所辐射探测报警装置	3 套	辐射探测报警	UND160 探伤机拟配备 2 个探头、UND225 探伤机拟配备 1 个探头，拟安装在 UND160 探伤机、UND225 探伤机铅房内，显示器均拟位于铅房外侧上，临近操作台位置。
5	个人剂量报警仪	6 个	剂量检测报警	工作人员工作时随身携带，拟配置 6 个。

（4）检测工件情况

本项目用于建设单位生产的高端铝合金零部件的无损检测，进行抽检，不对外开展无损检测服务，检测工件的参数见表 1-4 所示。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工件名称	材质	最大尺寸	最大厚度	工件形状	设备
高端铝合金零部件	铝合金	1600mm	90mm	板状	UND160 探伤机
		1000mm	130mm	不规则	UND225 探伤机

（5）计划工作量

根据建设单位提供资料，本项目探伤机工作情况见表 1-5 所示。

续表 1 项目基本情况

表 1-5 本项目探伤机工作负荷一览表						
设备	单次最大曝光时间	日最大曝光次数	周最大曝光次数	年最大曝光次数	周最大曝光时间	年最大曝光时间
UND160 探伤机	2min	100 次/天 ^①	500 次/周 ^①	52000 次 ^①	16.67h/周	866.67h
UND225 探伤机	1min	270 次/天	1350 次/周	70200 次	22.5h/周	1170h

注：1.单次最大曝光时间已考虑设备训机时间；2.①表示 UND160 探伤机两个球管共同曝光次数。

（6）劳动定员及工作制度

本项目拟新配置 6 名辐射工作人员从事 X 射线检测工作，均为内部调配培养，不新增劳动定员；工件搬运工人不纳入本次劳动定员范围内，检修工作仍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，建设单位总劳动定员不变；建设单位本项目辐射工作人员年工作 260 天，两班制，每班 8 小时。

1.5 与项目依托可行性

本项目依托可行性分析见表 1-6 所示。

表 1-6 本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	依托 1#-大压铸车间供配电系统，来源于市政供电。	可行
	给水系统	依托 1#-大压铸车间市政给水管网供水。	可行
辅助工程	X-Ray 检测室	X-Ray 检测室尺寸：44.6m（长）×11.9m（宽）×6.0m（高），面积约 530m ² ，吊顶高度约 3.0m。	可行
	工件已检区、待检区	依托 1#-大压铸车间划分已检区、待检区，面积约 130m ² 。	可行
环保工程	生活污水	本项目无生产废水，辐射工作人员在建设单位劳动定员内，故运营期不新增废水，项目工作人员生活污水依托建设单位污水处理站（处理能力 150m ³ /d）处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后依托旗能电铝污水处理厂处理达《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）中对“敞开式循环冷却水系统补水”水质要求后，旗能电铝全部回用，不外排。 远期（北渡铝产业园区污水处理厂投运后），排入市政污水管网进入北渡铝产业园区污水处理厂进一步处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准后排入綦江。	可行
	固废处理	本项目辐射工作人员在建设单位劳动定员内，故运营期不新增生活垃圾，本项目产生的生活垃圾，袋装分类收集后，由环卫部门统一处理。	可行
		报废的 2 台探伤机对其装置去功能化后，根据建设单位相关要求进行处理，保留相关手续并做好记录存档。	可行

续表 1 项目基本情况

劳动定员	本项目在建设单位内部培养 6 名辐射工作人员从事 X 射线检测工作, 具体人员待定, 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。	满足要求后可行
------	--	---------

由表 1-6 可知, 本项目公用工程、辅助工程、环保工程均可依托 1#-大压铸车间内的现有设施; 劳动定员依托建设单位现有工作人员进行调配培养, 经培训考试取得合格证后持证上岗。因此, 本项目依托 1#-大压铸车间内现有设施和劳动定员是可行的。

1.6 外环境概况

本项目所在的 1#-大压铸车间南侧为生产区 (1F), 层高约 18m, 北侧为辅助用房 (1F/3F), 1F 层高约 6m。本项目位于车间北侧辅助用房 1F 的 X-Ray 检测室内, 检测室楼上为办公室、会议室等区域, 下方为基土层。

本项目所在 1#-大压铸车间北侧紧邻为停车场及绿化, 约 6m 外为厂区道路及停车场, 约 22m 外重庆裕能新材料有限公司厂房及过道; 西侧紧邻为绿化、厂区道路及 1#-大压铸车间和 2#-压铸车间连廊, 约 13m 外为污水处理站区域, 约 21m 外为 2#-压铸车间; 南侧紧邻为绿化、厂区道路, 约 20m 为 6#-员工宿舍和食堂 (1F/2F), 约 45m 外停车场; 东侧紧邻为绿化、厂区道路, 约 11m 外为钢筋加工棚 (临时), 约 12m 外为重庆旗能电铝有限公司铝业分公司。本项目所在 1#-大压铸车间外环境见表 1-7 和附图 2。

表 1-7 本项目所在 1#-大压铸车间外环境一览表

序号	名称	方向	距楼最近距离	高差	环境特征
1	停车场及绿化	北	紧邻	无	绿化、厂区配套设施
2	厂区道路及停车场		约 6m	无	道路、厂区配套设施
3	重庆裕能新材料有限公司厂房及过道		约 22m	无	建筑物 (1F)、过道
4	绿化、厂区道路	西	紧邻	无	绿化、人行车道
5	1#-大压铸车间和 2#-压铸车间连廊		紧邻	+6m	连廊 (2F)
6	污水处理站区域		约 13m	无	厂区配套设施
7	2#-压铸车间		约 21m	1F 与 1#-大压铸车间 1F 齐平	车间 (1F)、辅助用房 (1F/3F)
8	绿化、厂区道路	南	紧邻	无	绿化、人行车道
9	6#-员工宿舍和食堂 (1F/2F)、停车场		约 20m	1F 与 1#-大压铸车间 1F 齐平	建筑物 (1F/2F)、厂区配套设施
10	绿化、厂区道路	东	紧邻	无	绿化、人行车道

续表 1 项目基本情况

11	钢筋加工棚（临时）		约 11m	无	临时建筑物（1F）
12	重庆旗能电铝有限公司铝业分公司		约 12m	-1m	人行车行道、绿化、建筑物等

注：“+”表示高于 1#-大压铸车间 1F 地面，“-”表示低于 1#-大压铸车间 1F 地面。

本项目探伤机的铅房周围 50m 评价范围内除北侧为其他企业外，其余均在公司厂区内，本项目周边保护目标主要为从事本项目设备操作的辐射工作人员以及铅房周围活动的公众成员。

1.7 项目选址可行性分析

本项目 1 台 UND160 探伤机、1 台 UND225 探伤机铅房均拟位于 1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内，所在地块为工业用地，该地块属于綦江工业园区北渡铝产业园。根据《重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目环境影响报告表》，綦江工业园区北渡铝产业园的主导产业为铝及合金材料，建设单位生产高端铝合金零部件，本项目主要为建设单位生产的高端铝合金零部件提供无损探伤检测技术保障，是其配套项目，与所在园区的主导产业不冲突，符合园区规划。

本项目 1 台 UND160 探伤机、1 台 UND225 探伤机铅房均拟位于 1#-大压铸车间北侧辅助用房 1F 的 X-Ray 检测室内，检测室楼上为办公室、会议室等区域，下方为基土层。公司检测用房集中布置在车间北侧的辅助用房内，南侧为车间生产区，本项目所在场址与生产区相邻，便于工件、人员进出，利于开展无损探伤检测工作，周围活动人员较少，且铅房六面体采用了自屏蔽防护措施，经过屏蔽后对周围环境辐射影响较小；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。

因此，从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行。

1.8 与项目有关的原有核技术应用及环境问题

建设单位成立于 2025 年 10 月 13 日，目前正处于建设阶段，尚未开展过核技术利用活动。

1.9 项目所在车间环保手续情况

本项目所在车间已取得环境影响评价批准书，批复文号：渝（綦）环准〔2026〕15 号，详见支撑性材料附件 4。目前正处于建设阶段。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线实时成像系统	II	1 台	UND160 型 (双管头)	160	22.5	无损检测	1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内	新增
2	X 射线实时成像系统	II	1 台	UND225 型	225	15	无损检测	1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内	新增

（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	/	/	/	/	/	/	各铅房内废气排至 X-Ray 检测室，再通过 X-Ray 检测室北墙外墙上安装的 2 个低噪声排风扇排至室外
报废的 2 台探伤机	固态	/	/	/	/	/	/	对其装置去功能化后，根据建设单位相关要求进行处理，保留相关手续并做好记录存档
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	/	袋装分类收集后，由环卫部门统一处理
生活污水	液态	/	/	/	/	/	/	依托建设单位污水处理站（处理能力 150m³/d）处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后依托旗能电铝污水处理厂处理达《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）中对“敞开式循环冷却水系统补水”水质要求后，旗能电铝全部回用，不外排。 远期（北渡铝产业园区污水处理厂投运后），排入市政污水管网进入北渡铝产业园区污水处理厂进一步处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准后排入綦江

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；年排放总量用 kg。

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日最新修正； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版； (5) 《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，2021 年 1 月 1 日施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日修订实施； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行； (9) 《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第 7 号修改，2024 年 2 月 1 日起施行； (10) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，2025 年 1 月 1 日起施行； (11) 《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）； (12) 《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》（原环境保护部，2018 年 2 月 12 日）； (13) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日修正施行； (14) 《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。
------	---

续表 6 评价依据

技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)； (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)； (5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及 2017 年修改单； (6) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)； (7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (8) 《无损检测仪器 500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2025) (9) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。
其他	(1) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 1； (2) 营业执照，支撑性材料附件 2； (3) 重庆市企业投资项目备案证，支撑性材料附件 3； (4) 重庆市建设项目环境影响文件批准书，支撑性材料附件 4； (5) 设备参数，支撑性材料附件 5； (6) 本项目环境现状监测报告，支撑性材料附件 6； (7) 类比报告，支撑性材料附件 7； (8) 《重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目环境影响报告表》，2026 年 1 月； (9) 本项目设计等其他相关资料。

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 UND160 探伤机铅房、UND225 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 1 台 UND160 探伤机、1 台 UND225 探伤机铅房均拟位于 1#-大压铸车间北侧辅助用房 1F 的 X-Ray 检测室内，X-Ray 检测室上方无行车通过，检测室楼上为办公室、会议室等区域，下方为基土层。本项目探伤机的铅房周围 50m 评价范围内除北侧为其他企业外，其余均在公司厂区内，本项目周边保护目标主要为从事本项目设备操作的辐射工作人员以及铅房周围活动的公众成员。本项目 UND160 探伤机铅房、UND225 探伤机铅房外环境保护目标见表 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	最低高差	敏感目标特征	主要影响因素	影响人群
1	拟建探伤机四周 X-Ray 检测室内	四周	UND 160 北：约 0~3m 西：约 0~12m 南：约 0~1.5m 东：约 0~30m	无	项目工作区域，约 6 人	X 射线	辐射工作人员
			UND 225 北：约 0~1.5m 西：约 0~2m 南：约 0~9m 东：约 0~42m				
2	停车场、绿化、厂区道路等	北侧	UND 160 约 3~50m	无	厂内公共区域，约 5 人		公众成员
			UND 225 约 1.5~50m				
3	重庆裕能新材料有限公司厂房及过道等	西侧	UND 160 约 25~50m	无	厂外区域，约 20 人		公众成员
			UND 225 约 23~50m				
4	3D 检测室	西侧	UND 160 约 12~22m	无	车间内辅助用房，约 3 人		公众成员
			UND 225 约 2~11m				

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		最低高差	敏感目标特征	主要影响因素	影响人群
5	强电井、弱电井、楼梯间、过道等	西侧	UND 160	约 22~31m	无	车间内辅助用房，约 2 人	X 射线	公众成员
			UND 225	约 11~20m				
6	绿化、厂区道路、1#-大压铸车间和 2#-压铸车间连廊等		UND 160	约 31~50m	连廊+6m，其他无	厂内公共区域，约 5 人		公众成员
			UND 225	约 20~50m				
7	2#-压铸车间（1F/3F）		UND 225	约 41~50m	无	车间内生产区、辅助用房，约 20 人		公众成员
8	污水处理站（含控制室）		UND 160	约 44~50m	无	车间内辅助用房，约 2 人		公众成员
			UND 225	约 34~50m				
9	过道		UND 160	约 1.5~3.5m	无	车间内生产区，约 2 人		公众成员
			UND 225	约 9~11m				
10	3D 检测-已检区、3D 检测-待检区、3D 检测-质量隔离、X-Ray-已检区、X-Ray-待检区、质量问题、铝水中转区、大压铸机加区、WIP-压铸毛坯、压铸区等		南侧	UND 160	约 3.5~50m	无		车间内生产区，约 20 人
		UND 225		约 11~50m				
11	车间管理办公室	东侧	UND 160	约 30~44m	无	车间内辅助用房，约 5 人	公众成员	
			UND 225	约 42~50m				
12	洁具/盥洗、拖把池、卫生间、过道等		UND 160	约 44~50m	无	车间内辅助用房，约 5 人	公众成员	
13	1#-大压铸车间 2F（办公室、会议室等）~楼顶	楼上	UND 160	/	+6m	车间内辅助用房，约 20 人	公众成员	
			UND 225					

注：1. “+”表示高于铅房所在地面，“-”表示低于铅房所在地面；2.1#-大压铸车间内行车上无人，行车到不了 X-Ray 检测室，停车检修点距离本项目超过 50m。

7.3 评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安

续表 7 保护目标与评价标准

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）	
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 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），探伤机探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。	
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
>200	<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 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。	

续表 7 保护目标与评价标准

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 6.1.10 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 μ 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。

7.4 评价标准及控制目标

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，辐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；根据重庆綦美智能科技有限公司提供的资料，重庆綦美智能科技有限公司辐射工作人员年剂量控制目标值：5mSv，公众成员年剂量控制目标值：0.1mSv。

综上所述，结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价标准见表 7-3 所示。

表 7-3 项目主要评价标准及相关要求汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标值	辐射工作人员：5mSv 公众成员：0.1mSv	GB18871-2002 及建设单位管理要求

续表 7 保护目标与评价标准

2	周剂量管理目标值	职业工作人员周剂量： $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 公众周剂量： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$	GBZ/T250-2014、 GBZ117-2022
3	铅房外周围剂量当量率	专用铅房屏蔽体外 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	铅房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

本项目拟位于重庆市綦江区古南街道北渡铝产业园 A03-03/03 地块重庆綦美智能科技有限公司 1#-大压铸车间 1F 北侧，地理位置图见附图 1，具体场所位置见附图 2、附图 3、附图 6。

8.2 辐射环境质量现状

为掌握本项目所在场址的辐射环境背景水平，2026 年 6 月 11 日重庆联尔医学研究院有限公司对项目拟所在场址的辐射环境进行了现状监测，监测结果见渝联辐环检字[2026]0011 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	ZRSB-FS-30	DLjl2025-09777	2026.7.27	1.08

(4) 监测点位：共设 12 个点。具体监测布点见图 8-1、8-2 所示。

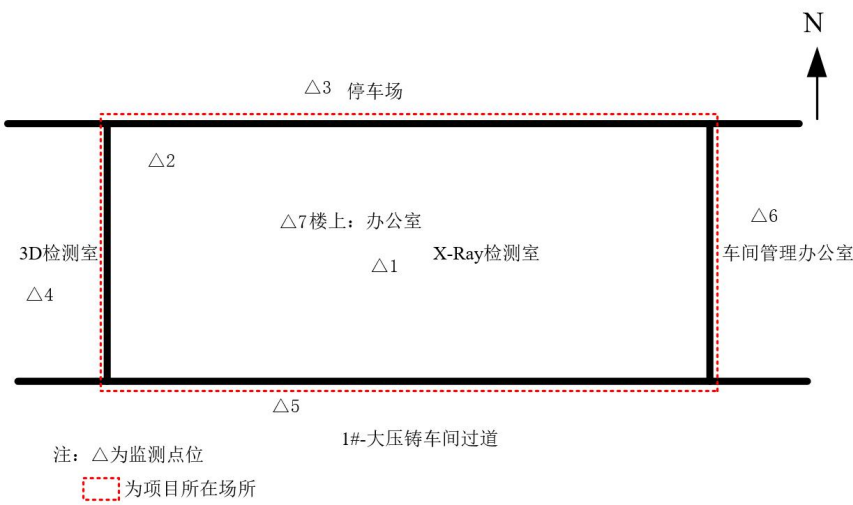
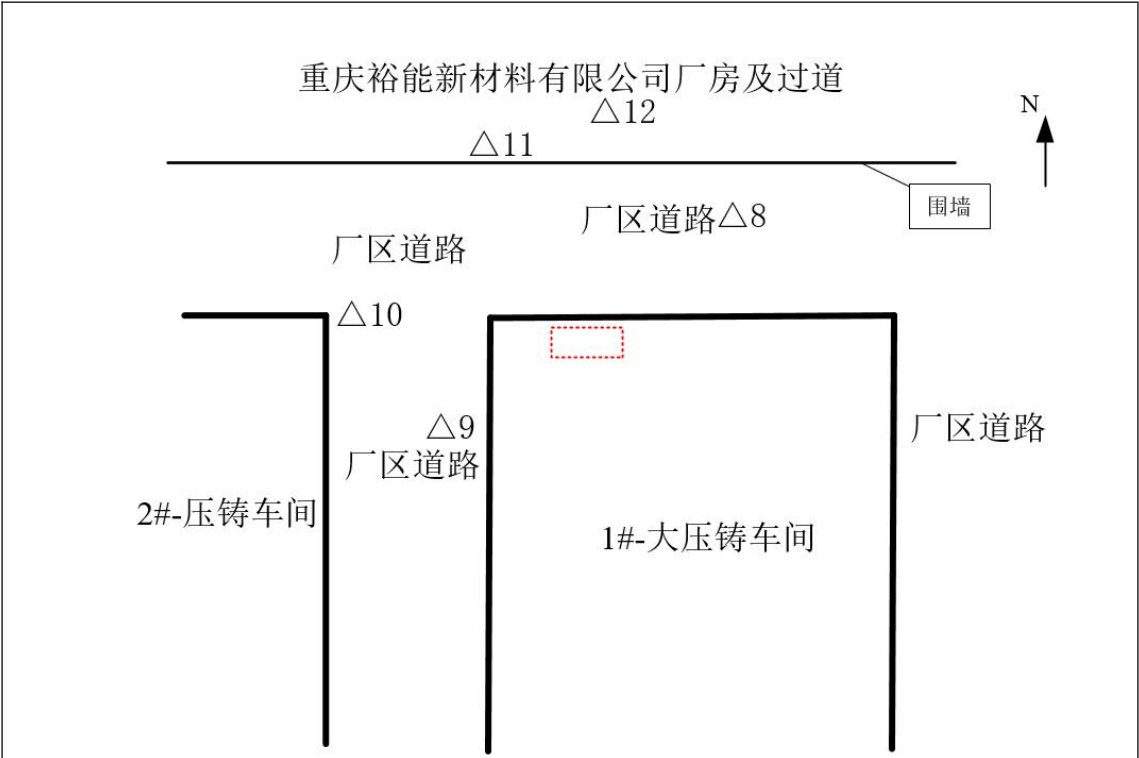


图 8-1 拟建项目监测布点图

续表 8 环境质量和辐射现状



注：△ 为监测点位
▭ 为项目所在场所

图 8-2 拟建项目监测布点图

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拟安装位置、铅房周围区域等。监测布点较全面的考虑了项目所在场址及其周围环保目标，总体上可以反映项目拟所在场址、临近（周围）环境辐射环境水平。

（5）质量保证措施

监测单位具备所监测项目的资质；监测仪器每年送计量部门检定合格后在有效期内使用；监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度；监测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。因此，监测结果合法有效。

（6）监测结果统计：监测结果统计见表 8-3 所示。

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	项目拟建 X-Ray 检测室	100
△2	项目拟建 X-Ray 检测室	99

续表 8 环境质量和辐射现状

△3	停车场	97
△4	3D 检测室	96
△5	1#-大压铸车间过道	98
△6	车间管理办公室	97
△7	楼上办公室	95
△8	北侧厂区道路	96
△9	西侧厂区道路	97
△10	2#-大压铸车间旁厂区道路	98
△11	重庆裕能新材料有限公司过道	99
△12	重庆裕能新材料有限公司厂房	97

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，本项目拟建场址及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 95~100nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2024 年重庆市辐射环境质量报告书（简化版）》中辐射环境质量状况数据，累积剂量法测得的重庆市 γ 空气吸收剂量率年均值范围为 79.2nGy/h~108nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），全市点位年均值为 96.1nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，本项目拟建场址环境 γ 辐射剂量率均在重庆市 2024 年环境 γ 空气吸收剂量率正常涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工艺流程及产污环节

本项目属于重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目的一部分，X-Ray 检测室的设计、建设与整体建设工程同步进行，其中 1#-大压铸车间施工期环境影响已在《重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目环境影响报告表》中进行详细分析。

本项目拟配置的 1 台 UND160 探伤机、1 台 UND225 探伤机为整体式 X 射线探伤设备，自带屏蔽铅房，拟放置在 1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内，本项目施工期主要为两台探伤机成套设备的组装与调试，及配套工件检测轨道组装等，均不需要现场焊接。整个施工过程基本由人工完成，不使用大型机械。产生的废弃物主要为设备外包装、安装人员生活垃圾和生活污水等，包装垃圾和生活垃圾均采用袋装分类收集后，统一由环卫部门处置，生活污水依托建设单位污水处理站处理达标后排入市政污水管网。调试过程的影响因子主要为电离辐射，与营运期一致，其影响和污染防治措施参考营运期内容。

9.2 运行阶段（含调试阶段）工艺流程及产污环节

9.2.1 设备主要组成及工作方式

（1）X 射线机系统基本情况

本项目拟配置 1 台 UND160 探伤机、1 台 UND225 探伤机，设备组成均主要由 X 射线探伤机、高分辨率实时成像单元、计算机图像处理单元、机械传动单元、电气控制单元和射线防护系统等。X 射线探伤机利用 X 射线源提供 X 射线，根据 X 射线透过工件的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的计算机扫描图像重建，高分辨率实时成像单元用来接收穿过工件的射线信号，经放大和模数转换后传入计算机图像处理单元，计算机图像处理单元包括软件和硬件，主要进行图像采集和三维重建，从而获得物体内部结构信息，机械传动单元实现扫描时对工件的旋转或平移，电气控制单元则采用中央集成式控制方式达到自动精确运动控制，X 射线防护单元用于射线安全防护，保证人员和设备安全。

（1）X 射线探伤机

X 射线探伤机用于产生 X 射线，采用一体化 X 射线管，它集成了高压变压器、灯丝电源、X 射线管和热转换器。

（2）高分辨率实时成像单元

续表 9 项目工程分析与源项

实时成像单元主要由平板探测器组成，平板探测器将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，完成光电信号的转换工作。然后通过专用的高分辨率图像采集器将图像转换为视频信号，输出到终端监视器上，完成图像的拾取过程。

(3) 计算机图像处理单元

计算机图像处理单元为实现系统控制、人机交互操作，完成扫描，并对采集的数据进行重建、处理分析，包括采集控制软件、重建及图像查看软件、计算机工作站等，主要由计算机硬件和图像处理软件两部分组成。

(4) 机械传动单元

①UND160 探伤机

UND160 探伤机的机械传动单元主要由两个 C 臂、机械手和两个载物台构成，可完成动作有：机器人通过机械手旋转、前后、左右、上下移动配合 C 臂对工件进行扫描，载物台可沿行车轨道方向平移运动，其中两个 C 臂（X 射线管、探测器各固定在 C 臂一端，水平和垂直方向均可旋转 180° ，X 射线管与探测器之前的距离为 1200mm）。因碰撞限位装置，检测时通过程序编辑控制 X 射线管距离前后、顶部屏蔽体内侧水平距离不小于 400mm，距离底部屏蔽体内侧不小于 700mm，距离左右屏蔽体内侧不小于 1800mm，X 射线管与探测器之前的距离为 1200mm。两个球管可同时照射，球管朝前后照射时，球管与铅房前后内侧的距离为 1600mm，球管朝左右照射时，球管与铅房左右内侧的距离为 1800mm，球管朝顶部照射时，球管与铅房顶部内侧的距离为 1600mm，球管朝底部照射时，球管与铅房底部内侧的距离为 1900mm。

②UND225 探伤机

UND225 探伤机的机械传动单元主要由 C 臂、载物台构成，可完成动作有：C 臂升降运动和 $\pm 15^{\circ}$ 摆动运动、载物台平移运动、载物台 360° 旋转运动。其中 C 臂（X 射线管、探测器各固定在 C 臂一端，本身无法活动，X 射线管与探测器之前的距离为 1300mm）在支撑立柱上下移动行程为 1000mm，以支撑立柱中间连接处为圆心做 $\pm 15^{\circ}$ 摆动，不能前后左右移动。X 射线管最低点距探伤机铅房内底面约 470mm，最高点距探伤机铅房内顶面约 645mm，当 X 射线管位于最高点和最低点时，C 臂无法摆动。因支撑结构设置限位装置，X 射线管摆动过程中，球管最高点和最低点不会超过水平最高和最低位置。载物台可 360° 旋转

续表 9 项目工程分析与源项

运动，沿平行射线方向左右移动行程 200mm，沿垂直射线方向前后移动行程 1200mm。

（5）电气控制单元

电气控制单元采用中央集成式控制方式达到自动精确运动控制，同时保证人员和设备安全。电气控制单元由计算机处理系统、安全联锁单元、安全报警单元、高压使能单元等组成。计算机处理系统可在软件界面实现对各运动轴的控制，完成全自动检测。安全联锁单元在维修或紧急情况下，切断安全联锁单元，可断开射线源，各运动轴停止运动，为设备及人身安全提供保障措施。安全报警单元包括铅门上方安装有声光警示灯，当射线开启时，声光提醒工作人员注意辐射安全。高压使能单元可以通过硬件钥匙开关，切断高压系统输出，使设备更加安全可靠。

（5）射线防护系统

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

本项目设备主要性能参数见表 9-1 所示，X 射线管头、高频高压发生器、水冷却器外观典型照片见图 9-1 所示，设备典型照片见图 9-2~图 9-5 所示。

表 9-1 设备主要性能参数

型号	主要技术参数		指标
UND160 探伤机 (双管头)	单个管头最大管电压		160kV
	单个管头最大管电流		22.5mA
	单个管头最大功率		1800W
	出束方式		定向照射
	冷却方式		水冷
	X 射线束辐射角		30°
	射线管焦点尺寸		0.4mm/1mm
	焦距		1200mm
	滤过条件		0.5mm 铜
	X 射线距辐射源点（靶点）1m 处发射率		6.4mGy·m ² /mA·min
	机械传动单元	C 臂	水平和垂直方向均可旋转 180°，随机械手前后、左右、上下移动
		机械手	可旋转，前后、左右、上下移动

续表 9 项目工程分析与源项

		载物台	可沿轨道方向平移运动
	通过程序编辑控制每个射线源移动到位置后到铅房内壁距离		顶部不小于400mm，底部不小于700mm，左侧不小于1800mm，右侧不小于1800mm，前侧不小于400mm，后侧不小于400mm
UND225 探伤机	最大管电压		225kV
	最大管电流		15mA
	最大功率		1800W
	出束方式		定向照射，水平方向
	冷却方式		水冷
	X 射线束辐射角		21°
	射线管焦点尺寸		1mm
	焦距		1300mm
	滤过条件		3mm 铝
	X 射线距辐射源点（靶点）1m 处发射率		11.4mGy·m ² /mA·min
	机械传动单元	C 臂	上下移动行程1000mm，以支撑立柱中间连接处为圆心做±15° 摆动，不能前后左右移动
		载物台	360° 旋转，沿平行射线方向左右移动行程200mm，沿垂直射线方向前后移动行程1200mm
	射线源移动到极限位置后到铅房内壁距离		顶部645mm，底部470mm，左侧489mm，右侧1812.5mm，前侧548mm，后侧1465mm



X 射线管头



高频高压发生器



水冷却器

图 9-1 X 射线管头、高频高压发生器、水冷却器外观典型照片

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-2 UND160 探伤机外观典型示意图

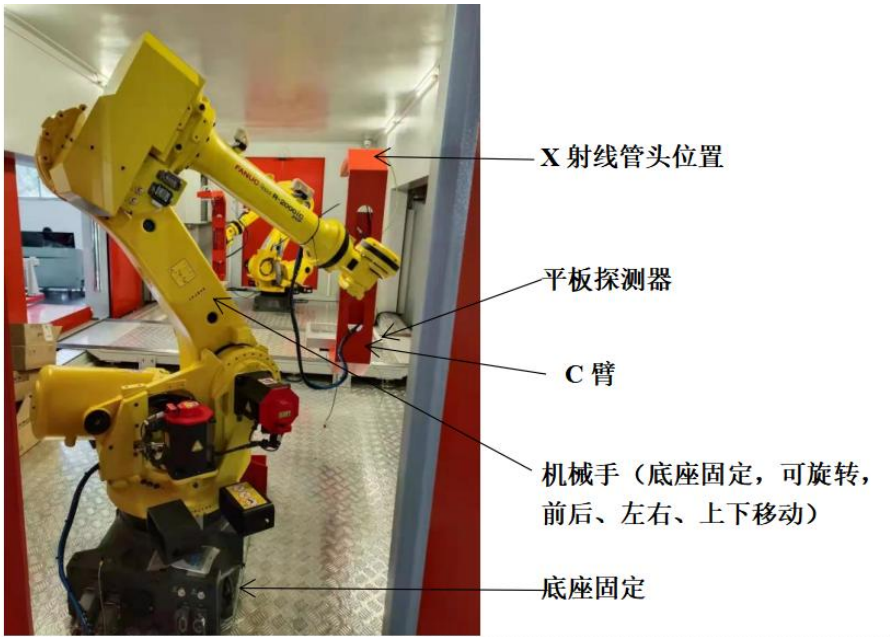


图 9-3-1 UND160 探伤机内部典型图片

续表 9 项目工程分析与源项

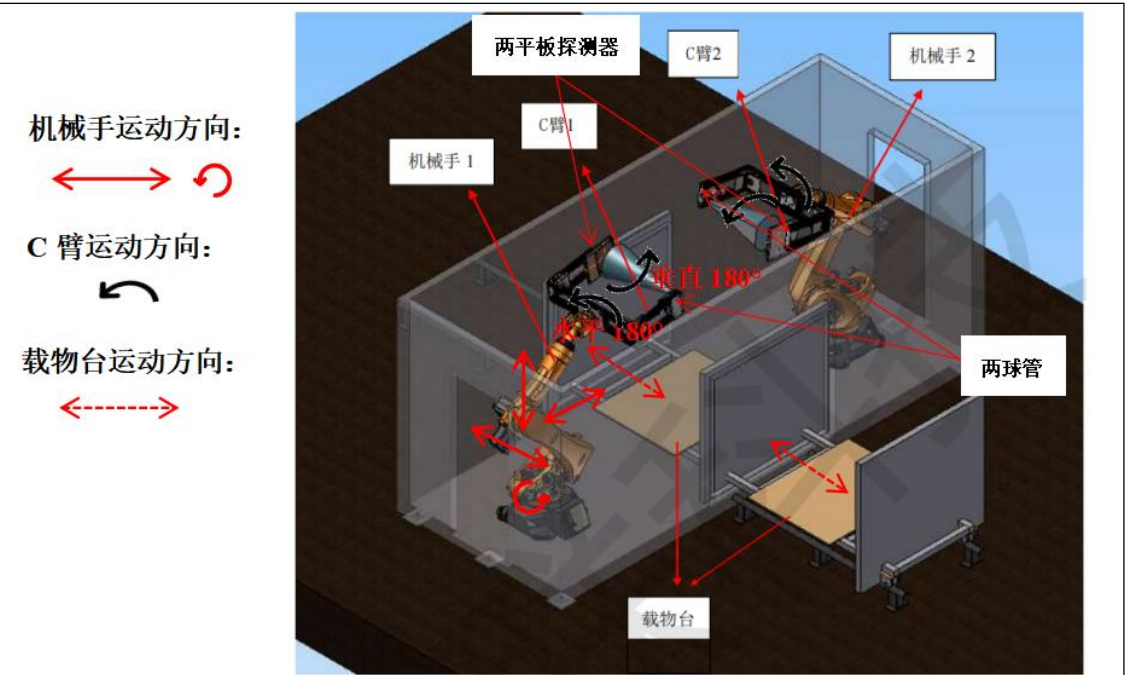


图 9-3-2 UND160 探伤机内部示意图



图 9-4 UND225 探伤机外观典型示意图

续表 9 项目工程分析与源项

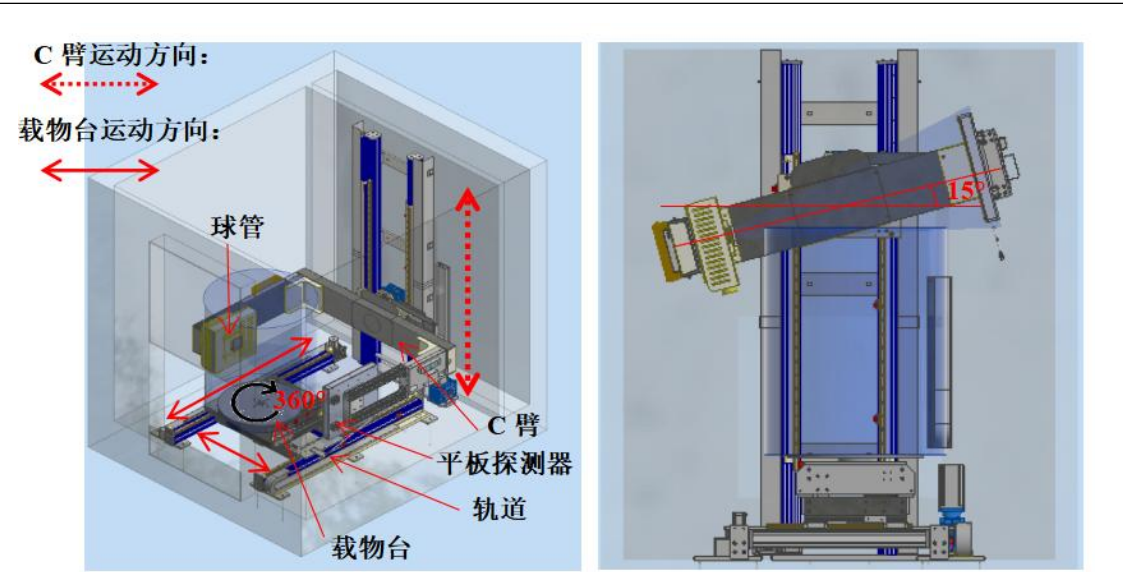


图 9-5 UND225 探伤机内部典型图片

(2) 工作方式

①UND160 探伤机

本项目 UND160 探伤机为整体式 X 射线探伤，探伤设备自带屏蔽铅房。工作方式为先将工件放置在探伤机外行走小车的前后载物台上，然后前后两个载物台根据行车轨道，依次进入铅房内，对前载物台上的工件扫描结束后，前载物台退出铅房，后载物台才能进入铅房内，机器人通过两个机械手旋转、前后、左右、上下移动分别配合两个 C 臂对工件进行扫描，从而达到无损检测的目的。位于 X 射线球管对侧的平板探测器将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，最终输出到操作台的显示器上，工作人员在操作台观察检测图像，确认工件是否合格。正常工作期间，工作人员均在设备铅房外完成操作，仅在维护维修时才进入铅房。

②UND225 探伤机

本项目 UND225 探伤机为整体式 X 射线探伤，探伤设备自带屏蔽铅房。工作方式为先将工件放置在探伤机内的载物台上，然后载物台根据行车轨道和自身旋转，结合 X 射线球管的运动，使工件在 X 射线球管照射范围内，从而达到无损检测的目的。位于 X 射线球管对侧的平板探测器将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，最终输出到操作台的显示器上，工作人员在操作台观察检测图像，确认工件是否合格。正常工作期间，工作人员均在设备铅房外完成操作，

续表 9 项目工程分析与源项

仅在维护维修时才进入铅房。

9.2.2 工作原理及工作流程

(1) 工作原理

①X 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，就会产生轫致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。X 射线管结构及原理示意图见图 9-6 所示。

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。

本项目 UND160 探伤机、UND225 探伤机利用 X 射线源提供 X 射线，根据 X 射线透过工件的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的计算机扫描图像重建。高精度数控样品扫描转台实现扫描时工件的旋转或平移；探测器系统用来接收穿过工件的射线信号，经放大和模数转换后传入计算机；计算机系统包括软件和硬件，主要进行图像采集和三维重建，从而获得物体内部结构信息；安全防护屏蔽室用于射线安全防护。探伤机工作原理见图 9-7 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

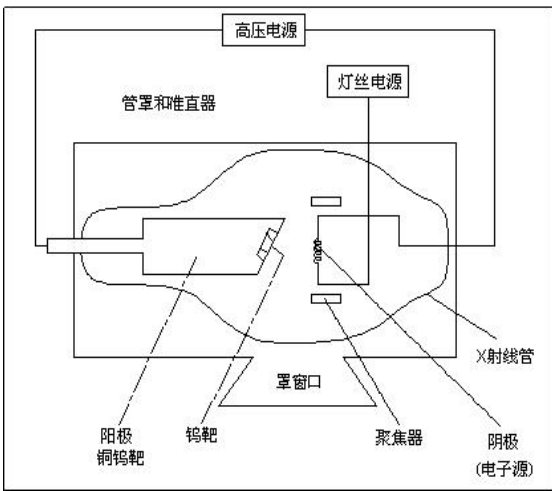


图 9-6 X 射线管原理示意图

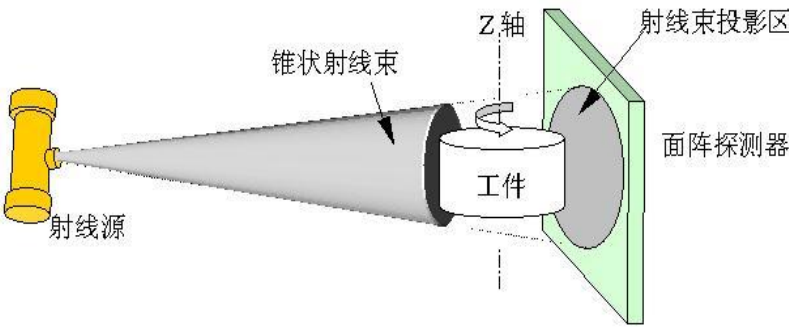


图 9-7 探伤机结构工作原理简图

(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，非辐射工作人员不得进入 X-Ray 检测室，以免发生误照事故。

①检测前将系统电源打开，打开计算机图像显示器等。确保检测前平台无其他物品影响检测。

②打开图像处理软件。铅门完全打开，打开电脑限位界面开启限位，按下操作台电脑启动按钮，系统进行启动操作（不出射线），电脑启动指示灯闪烁，当指示灯常亮则表示电脑启动初始化完成。

③使用 UND225 探伤机对受检工件进行检测时，待检工件由辐射工作人员将工件放置于设备内载物台上；使用 UND160 探伤机对受检工件进行检测时，待检工件放置于载物台上，根据行车轨道送至设备内。

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

续表 9 项目工程分析与源项

置相应参数，打开射线检测工件。

检测期间，工件固定在载物台上。UND225 探伤机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，由辐射工作人员取走工件，以此方式检测下一个工件；UND160 探伤机机械手底座固定在铅房内，通过遥控手柄来控制机械手旋转、上下、左右、前后伸长以控制 C 臂来检测工件不同部位，检测完毕行走小车将载物台与工件运至工件铅门外，卸下工件，以此方式检测下一个工件，手动示教后，可进行自动检测。

④辐射工作人员通过操作台处的显像器对工件内部缺陷进行辨别；

⑤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。

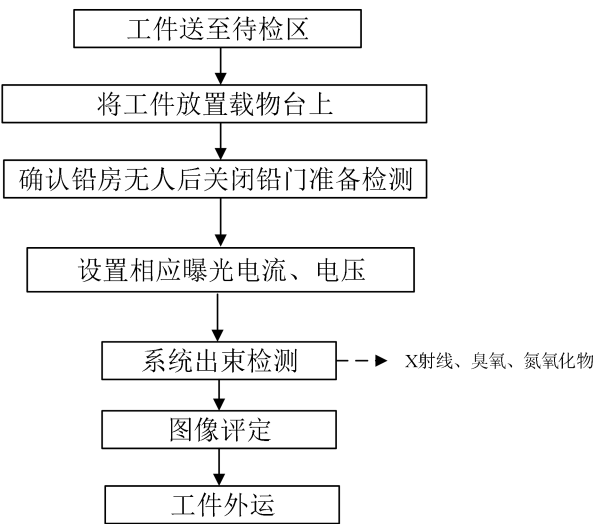


图 9-8 本项目 X 射线检测分析工艺流程及产排污简图

9.3 人流物流路径

UND160 探伤机：待检工件由车间内搬运工人运送至 UND160 探伤机指定的 X-Ray-待检区，随后由辐射工作人员将工件放置于工件载物台上，由行走小车送至设备内，辐射工作人员到铅房旁操作台进行检测，检测完成的工件由行走小车送至设备外，再放入推车内，由辐射工作人员推送至 UND160 探伤机指定的 X-Ray-已检区，再由车间内搬运工人运走。

UND225 探伤机：待检工件由车间内搬运工人运送至 UND225 探伤机指定的 X-Ray-待检区，随后由辐射工作人员将工件放至载物台上，辐射工作人员到铅房

续表 9 项目工程分析与源项

旁操作台进行检测，检测完成的工件依次再放入推车内，由辐射工作人员推送至 UND225 探伤机指定的 X-Ray-已检区，再由车间内搬运工人运走。

辐射工作人员仅在铅房外、X-Ray 检测室内活动，不进入 UND160 探伤机铅房和 UND225 探伤机铅房内；除检修人员外不进入铅房，检修必须是设备呈关机状态下进行；搬运工人不进入 X-Ray 检测室内。

本项目人流物流路径规划图见图 9-9 所示。

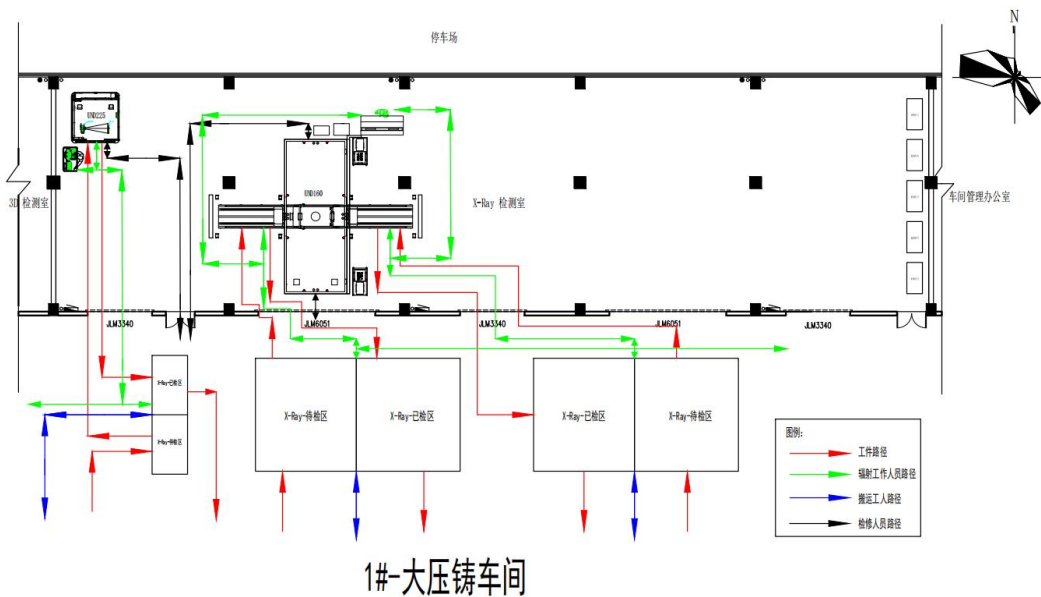


图 9-9 项目人流物流路径规划示意图

9.4 污染源项分析

根据工艺流程可知，本项目 UND160 探伤机、UND225 探伤机产生的污染物主要有设备曝光时的 X 射线、废气（臭氧、氮氧化物）等。

9.4.1 电离辐射

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

根据项目 X 射线检测分析工作流程，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。

续表 9 项目工程分析与源项

(1) 有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。X 射线探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数、加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。本项目 UND160 探伤机单个管头为 160kV 射线源，根据厂家提供的资料可知，160kV 射线源距靶 1m 处主射束在 0.5mm 铜的过滤条件下的发射率为 $6.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；UND225 探伤机为 225kV 射线源，根据厂家提供的资料可知，225kV 射线源距靶 1m 处主射束在 3mm 铝的过滤条件下的发射率为 $11.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越高，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，X 射线球管电压为 160kV 时，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 ，X 射线球管电压为 225kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线周围剂量当量率小于 5mSv/h 。

(3) 散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测样品、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 UND160 探伤机为 160kV 射线源，X 射线 90° 散射辐射能量最高，其能量相应的 kV 值为 150kV，UND225 探伤机为 225kV 射线源，X 射线 90° 散射辐射能量最高，其能量相应的 kV 值为 200kV。

9.4.2 其他源项分析

本项目主要是在探伤机检测作业过程中产生的 X 射线，采用数字成像方式，在显示屏上直接显示检测结果，无洗片、评片等环节，不涉及胶片、影液等等感光材料废物，不产生放射性“三废”。

(1) 废气

在 X 射线检测分析作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ），各铅房内废气经设备顶部排风口排至 X-Ray 检测室，再通过 X-Ray

续表 9 项目工程分析与源项

检测室北墙外墙上安装的 2 个低噪声排风扇排至室外。			
(2) 废水 本项目无生产废水，辐射工作人员在建设单位劳动定员内，故运营期不新增废水，项目工作人员生活污水依托建设单位污水处理站（处理能力 150m³/d）处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后依托旗能电铝污水处理厂处理达《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）中对“敞开式循环冷却水系统补水”水质要求后，旗能电铝全部回用，不外排。 远期（北渡铝产业园区污水处理厂投运后），排入市政污水管网进入北渡铝产业园区污水处理厂进一步处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准后排入綦江。 (3) 固体废物 本项目探伤机采用水冷。项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及报废的 2 台探伤机。 本项目不新增劳动定员，不新增生活垃圾产生量；本项目产生生活垃圾经袋装分类收集后，由环卫部门统一处理；报废的 2 台探伤机对其装置去功能化后，根据建设单位相关要求进行处理，保留相关手续并做好记录存档。 (4) 噪声 项目噪声源主要为铅房排风扇，属于低噪声设备；X-Ray 检测室北墙外墙上安装的 2 个低噪声排风扇。			
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 9-3 所示。			
表 9-3 本项目产排污一览表			
污染物	污染因子	产生量	处理方式
电离辐射	X 射线	①UND160探伤机：单个管头为160kV射线源，根据厂家提供的资料可知，160kV射线源距靶1m处主射束在0.5mm铜的过滤条件下的发射率为6.4mGy•m²/（mA•min）；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；X射线90° 散射辐射能量最高，其能量相应的kV值为150kV。 ②UND225探伤机：为225kV射线源，根据厂家提供的资料可知，225kV射线源距靶1m处主射束在3mm铝的过滤条件下的发	专用铅房四周墙体、顶棚、底板、防护门等屏蔽。

续表 9 项目工程分析与源项

		射率为11.4mGy•m ² /（mA•min）； 距X射线管焦点1m处的漏射线周围剂量 当量率小于5mSv/h；X射线90° 散射辐射 能量最高，其能量相应的kV值为200kV。	
废气	O ₃ 、NO _x	少量	本项目运行时产生的废气经各铅房内废气经设备顶部排风口排至X-Ray检测室，再通过X-Ray检测室北墙外墙上安装的2个低噪声排风扇排至室外。
噪声	噪声	低噪声	项目噪声源主要为铅房排风扇，属于低噪声设备；X-Ray检测室北墙外墙上安装的2个低噪声排风扇。
废水	生活污水	不新增	本项目工作人员生活污水依托建设单位污水处理站(处理能力150m³/d)处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后依托旗能电铝污水处理厂处理达《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）中对“敞开式循环冷却水系统补水”水质要求后，旗能电铝全部回用，不外排。 远期（北渡铝产业园区污水处理厂投运后），排入市政污水管网进入北渡铝产业园区污水处理厂进一步处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级B标准后排入綦江。
固废	生活垃圾	不新增	经袋装分类收集后，由环卫部门统一处理。
	报废的探伤机	2台	对其装置去功能化后，根据建设单位相关要求进行处理，保留相关手续并做好记录存档。

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

X-Ray 检测室位于 1#-大压铸车间 1F 北侧，南侧为车间生产区。项目 2 台探伤机为整体式 X 射线探伤，探伤设备自带屏蔽铅房，设备固定安装在 X-Ray 检测室内，UND160 探伤机位于西部南侧，UND225 探伤机位于西北端，两台设备之间有一定的距离，减少辐射叠加影响。UND160 探伤机操作台位于 UND160 探伤铅房外工件进出门 1 右侧，因设备铅房的六面均可能称为主射线方向，操作台、防护门、电缆孔、排气孔在主射线投照范围，无法避开，操作台设置位置远离铅房屏蔽体，能有效减少探伤工作对辐射工作人员的影响；UND225 探伤铅房的工件进出门位于铅房前侧，不在主射线投照范围内，铅门厚度与同侧铅房屏蔽体防护厚度一致，UND225 探伤机的主射方向朝向铅房右侧（即东侧），电缆孔、排气孔均不在主射线投照范围，操作台位于铅房前侧（即西南侧），避开了有用线束照射的方向，且距离设备有一定的距离，能增加辐射工作人员与辐射源之间的距离，减少影响。UND160 探伤铅房设 1 个工件进出门，UND225 探伤铅房设 2 个工件进出门和 2 个检修门。X-Ray 检测室内布局单一，人流、物流路径清晰。项目布局满足 GBZ 117-2022 要求，因此，本项目平面布局合理。

10.1.2 分区

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”。

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，对本项目工作区域进行分区管理。

控制区：探伤检测设备配套整体屏蔽铅房内；

监督区：铅房外 X-Ray 检测室（包括铅房顶部）。

本项目用房具体分区情况如下表 10-1，分区布置示意图见图 10-1、图 10-2。

续表 10 辐射安全与防护

因此，本项目分区满足相关标准要求。拟采取的分区管理措施如下：

①控制区：在此区进行设备维修等工作人员应当严格遵守防护规定和安全操作规程，铅房顶部靠近铅门处拟设置醒目的声光警示灯、工作状态指示灯、控制区标识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：X-Ray 检测室除铅房以外的区域（包括铅房顶部），X-Ray 检测室门外拟设置监督区标识及电离辐射警示标志。

本项目工作场所按照相关要求进行了分区，控制区、监督区互不交叉，分区合理，分区及其管理措施符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关要求。

表 10-1 项目分区管理情况表

类别	用房
控制区	UND160 探伤机铅房内、UND225 探伤机铅房内
监督区	X-Ray 检测室除 UND160 探伤机铅房、UND225 探伤机铅房以外的区域（包括铅房顶部）

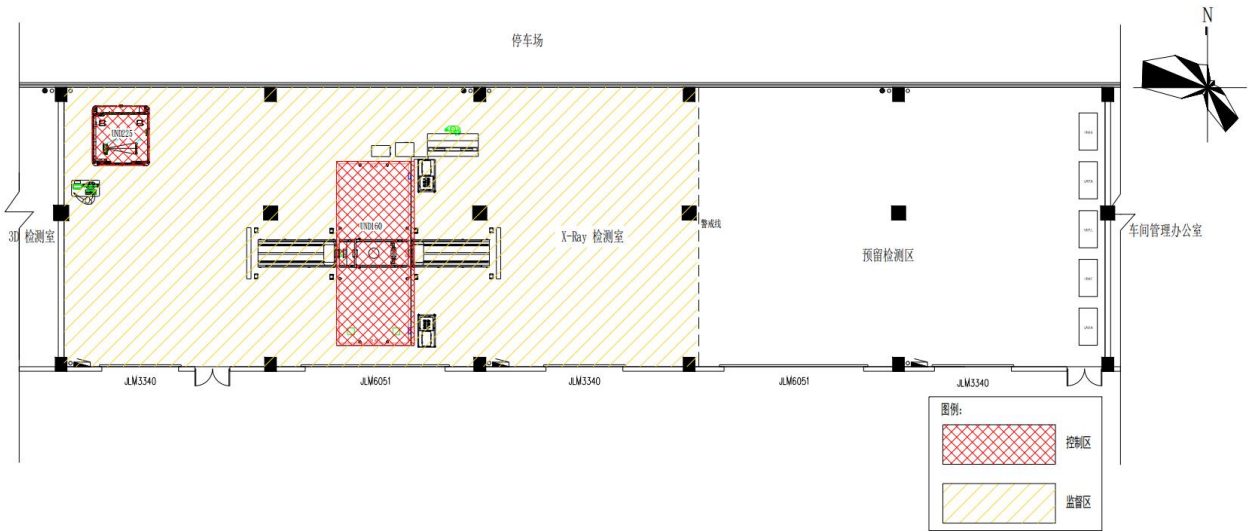


图10-1 本项目工作场所分区布置示意图（平面）



图10-2 本项目工作场所分区布置示意图（立面）

续表 10 辐射安全与防护

10.2 辐射安全与防护措施

本项目探伤机曝光时产生 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。

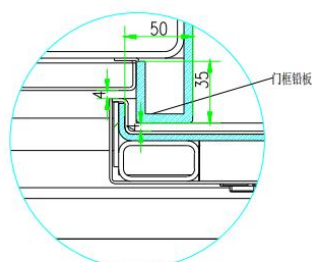
10.2.1 铅房屏蔽防护措施

(1) 屏蔽体设计情况

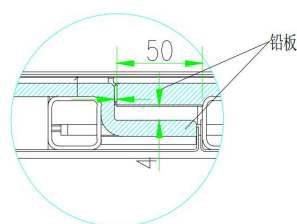
建设单位拟购买的探伤机为自屏蔽铅房，其具有足够的屏蔽能力，具体设计参数见表 1-2。经后文核算，铅房的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准限值要求。

(2) 防护门缝搭接

根据设备厂家提供的资料，本项目铅门拟采用左右滑动电动门，铅房各屏蔽体之间、防护门与铅房之间均拟采用重叠方式搭接，由表 1-2 可知，铅门尺寸大于铅房门洞开孔尺寸，防护门与各屏蔽体之间的搭接宽度不小于缝隙的 10 倍，不影响屏蔽体的屏蔽能力。门缝及中缝搭接示意图见下图。

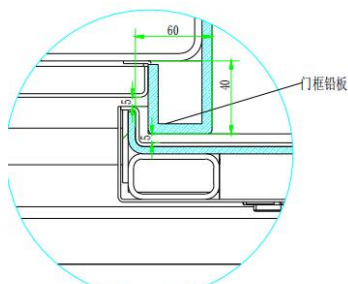


门扣边搭接示意图

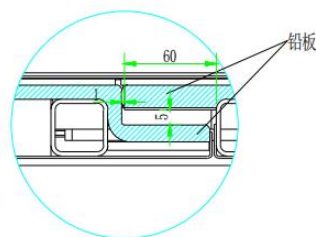


门中缝搭接示意图

UND160 探伤机



门扣边搭接示意图



门中缝搭接示意图

UND225 探伤机

图 10-3 门缝及门中缝搭接示意图

(3) 管线和通风口

① 电缆孔

根据设备厂家提供的资料，UND160 探伤机电缆穿铅房孔洞位于铅房前侧屏蔽箱体左、

续表 10 辐射安全与防护

右下方靠近底板处，其直接在屏蔽箱体上开设的 2 个孔洞，然后在屏蔽箱体孔洞外侧，设置内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢的屏蔽罩，与同侧屏蔽体的铅厚度一致，作为屏蔽防护补偿设施，经过屏蔽补偿后不影响屏蔽效能；UND225 探伤机电缆穿铅房孔洞位于铅房后侧屏蔽箱体右下方靠近底板处（避开主射线方向和不在主射线照射范围），其直接在屏蔽箱体上开设的 1 个孔洞，然后在屏蔽箱体孔洞外侧，设置 1 个内 2mm 钢+9mmPb+外 2mm 钢的屏蔽罩，与同侧屏蔽体的铅厚度一致，作为屏蔽防护补偿设施，经过屏蔽补偿后不影响屏蔽效能。电缆进出口罩剖面图见下图。



图 10-4 电缆口防护屏蔽示意图

②机械排风扇孔

根据设备厂家提供的资料，UND160 探伤机机械排风扇（两扇）穿铅房孔洞位于顶部屏蔽箱体右侧，其直接在屏蔽箱体上开设 2 个孔洞，然后在屏蔽箱体孔洞外侧设置内 2mm 钢+8mmPb+外 4mm 钢的屏蔽罩，与同侧屏蔽体的铅厚度一致，经过屏蔽补偿后不影响屏蔽效能；UND225 探伤机机械排风扇（两扇）穿铅房孔洞位于顶部屏蔽箱体后侧（避开主射线方向和不在主射线照射范围），其直接在屏蔽箱体上开设 2 个孔洞，然后在屏蔽箱体孔洞内侧设置内 2mm 钢+9mmPb+外 4mm 钢的屏蔽罩，与同侧屏蔽体的铅厚度一致，经过屏蔽补偿后不影响屏蔽效能。排风扇防护罩剖面图见下图。

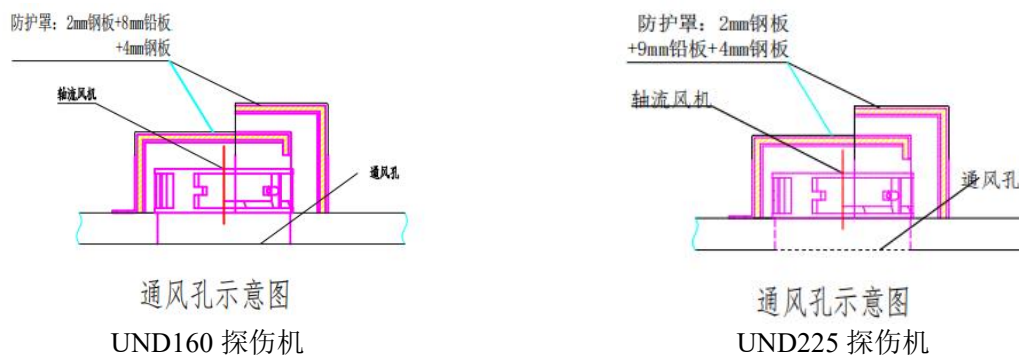


图 10-5 排风扇防护罩剖面图

续表 10 辐射安全与防护

10.2.2 设备固有安全性

拟配置满足标准要求的有相应安全性能的合格出厂的探伤机：

(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（控制界面显示设备正常）操作者可以进行曝光或训机操作；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

(2) 当 X 射线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) 设备出束时，打开铅门，控制器将立即切断 X 射线发生器的高压，停止 X 射线出束。

(4) 当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段。

(5) 设备停止工作 24 小时以上，系统提示要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

(6) 过电流保护

设备带有断路器，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。

10.2.3 拟采取的安全联锁、紧急停机、工作状态指示灯等

(1) 门机联锁系统：本项目探伤机铅防护门设置门机联锁系统。铅门未关闭的情况下不能打开高压产生射线；铅门关闭后，在开高压产生射线的情况下，铅门不允许打开；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：本项目铅房外顶棚和铅房内部拟同时设置显示“预备”、“照射”和“通电”工作状态指示灯，“预备”信号、“照射”信号和“通电”信号拟分别采用有明显区别的黄色、红色和绿色指示；本项目 UND160 探伤机铅房外上方拟设置 4 个声光警示灯，铅房内拟设置 1 个声光警示灯，UND225 探伤机铅房内外各拟设置 1 个声光警示灯，当工作状态指示灯为红色“照射”信号时，该声光警示灯同时灯亮并伴随蜂鸣声响。铅房内、外醒目位置处拟张贴清晰的对“预备”、“照射”和“通电”信号意义的说明（黄色为预备，红色为照射，绿色为通电）。

(3) 操作台设置钥匙开关控制总电源，控制设备整体电源，钥匙由本项目辐射工作人员管理，工作结束关闭探伤机时，工作人员将钥匙拔下，单独存放；当控制电源钥匙开关

续表 10 辐射安全与防护

打开，且送电正常，电源指示灯亮。钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出，拔出钥匙，设备无法开机。

（4）紧急停机：本项目 UND160 探伤机拟设置 9 个急停按钮，分别位于铅房内共设置 8 个（工件进出门 1、2 左右两侧各 2 个，维修门 1、2 左右两侧各 2 个）、操作台上 1 个，急停按钮旁拟设置中文标识和相关说明，人员处在铅房内任何位置，都可以快速的使用急停按钮；UND225 探伤机拟设置 2 个急停按钮，分别位于铅房内前侧 1 个、操作台上 1 个，急停按钮旁拟设置中文标识和相关说明，人员处在铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。急停按钮相互串联，按下按钮探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束；铅门无应急开门按钮，在铅房内放一个撬棒，可从内侧将门撬开。

（5）视频监控系统

X-Ray 检测室南北墙上拟各设置 1 个摄像头，UND160 探伤铅房内拟设 2 个摄像头，UND225 探伤铅房内拟设 1 个摄像头，显示器均拟位于操作台上，通过显示器可观察到铅房内实时情况及观察到铅门的开闭情况。

（6）电离辐射警告标志

UND160 探伤机和 UND225 探伤机铅房各铅门上、X-Ray 检测室的人员门和工件运输门处拟张贴固定的电离辐射警告标志。警示无关人员进入，以免受到不必要的照射。

（7）固定式场所辐射探测报警装置

固定式场所辐射探测报警装置探头拟安装在 UND160 探伤机铅房内右前侧、左前侧靠顶部位置和 UND225 探伤机铅房内右前侧靠顶部位置，监测铅房内的实时剂量，超过设定值会进行声光报警；显示器均拟位于铅房外侧上，临近操作台位置。

10.2.4 安全联锁逻辑

本项目探伤机拟设计具有冗余性、多元性与独立性的辐射防护安全联锁设施与措施，钥匙开关转到开机位置，防护门关闭到位、所有急停按钮均已复位，安全联锁系统才能建立，安全联锁系统建立后在设备自检正常的前提下，操作人员通过监视系统确认铅房内无人员滞留后方能启动探伤机进行出束曝光。启动探伤机曝光后进入“预备”状态，“预备”信号结束后探伤机进入“照射”状态，此时“照射”状态指示灯亮，铅房内的红色报警灯闪烁报警并有蜂鸣声音，固定式辐射探测装置在操作台显示铅房内剂量率；探伤机“照射”过程中，任一急停按钮按下或防护门意外打开均会导致安全联锁系统中断，此时 X 射线管高压会立即断开，即立即停止 X 射线出束。

续表 10 辐射安全与防护

本项目安全联锁逻辑图见图 10-6 所示，本项目辐射防护安全措施图详见图 10-7、图 10-8 所示。

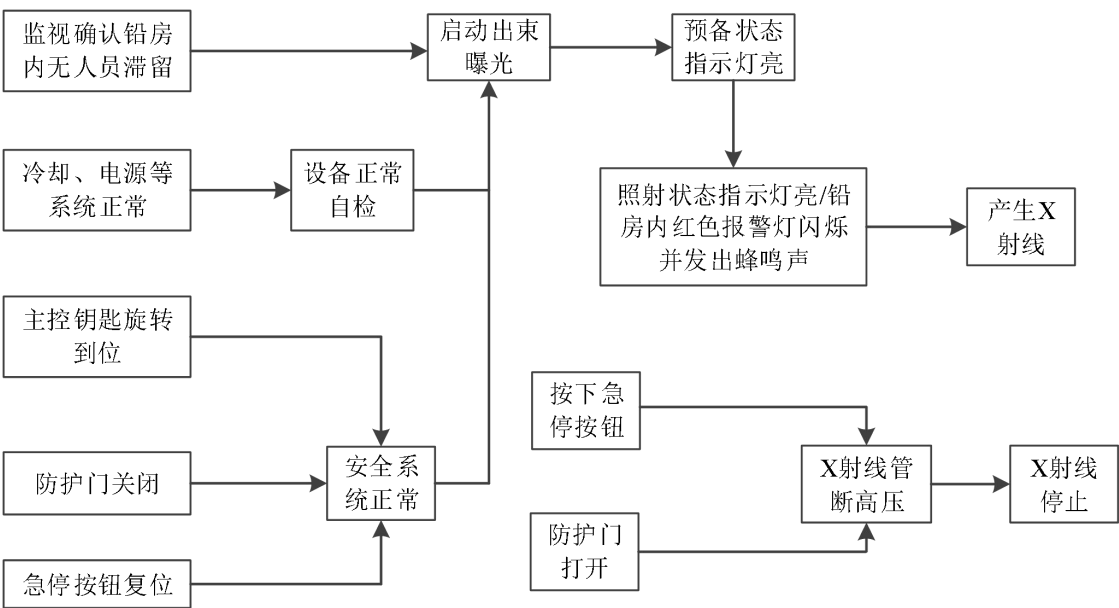
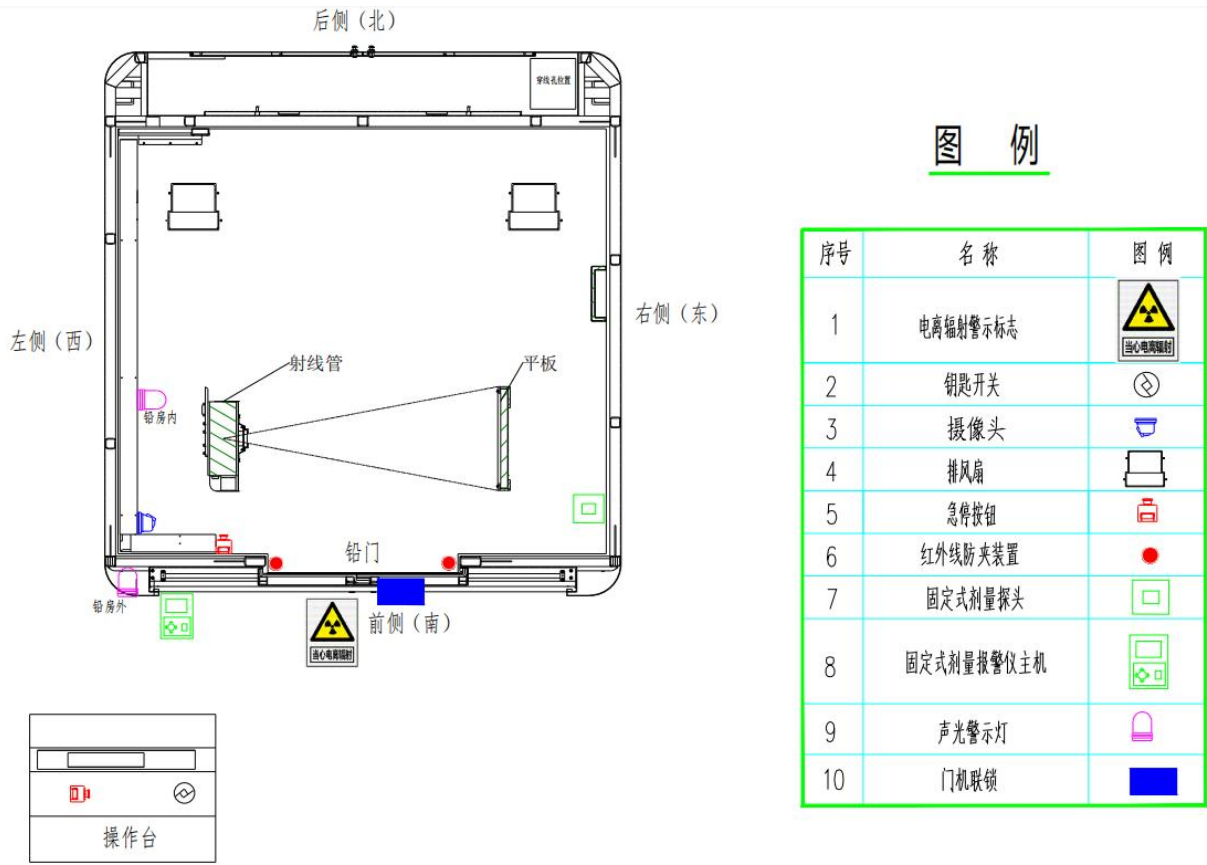


图 10-6 辐射安全联锁逻辑图



铅房安全配置图

图 10-7 UND225 探伤机辐射防护安全措施图

续表 10 辐射安全与防护

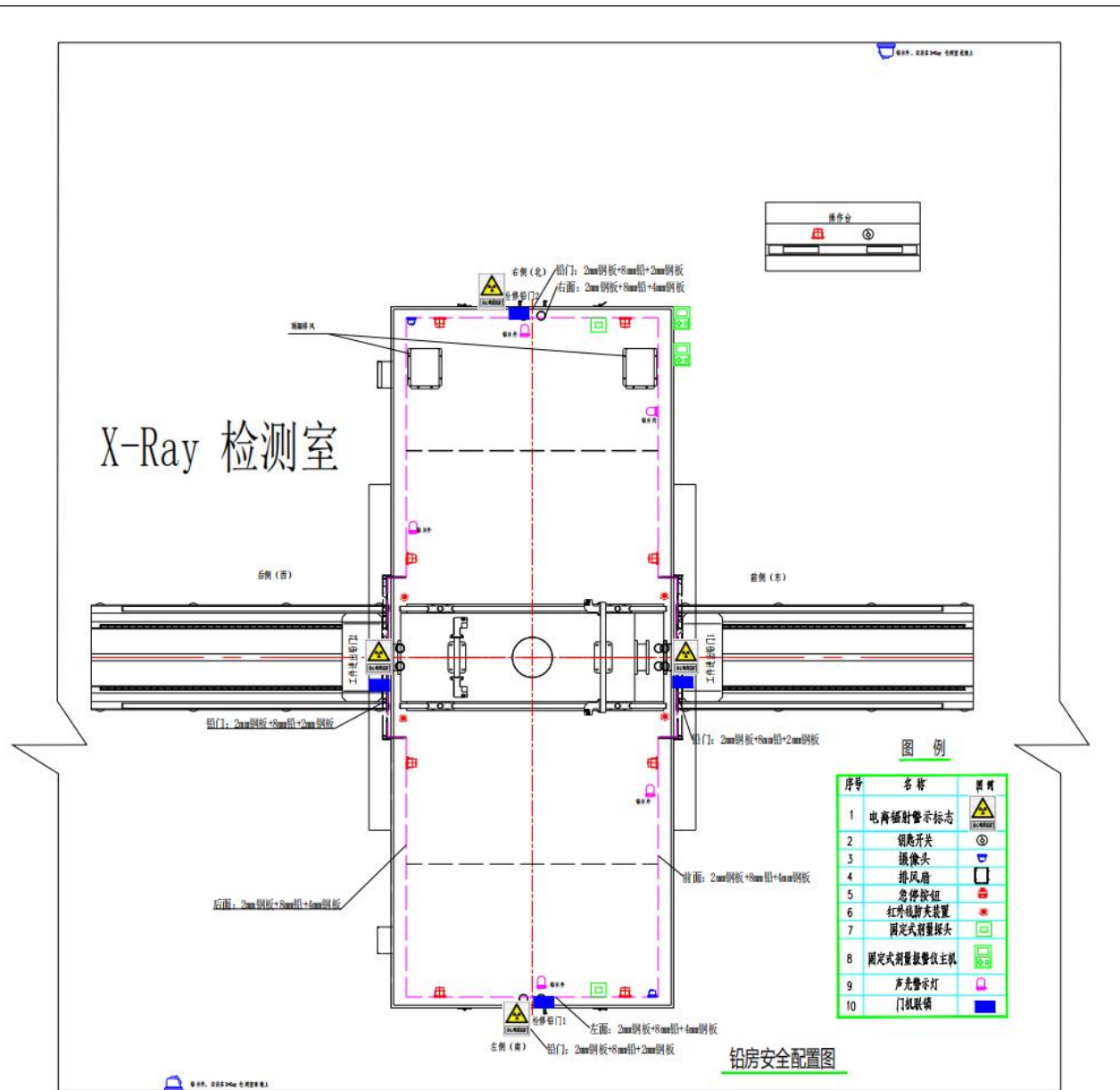


图 10-8 UND160 探伤机辐射防护安全措施图

10.2.4 通风

UND160 探伤机铅房顶部右侧拟设置 2 个排风口，总排风量为 1400m³/h，铅房内空尺寸：7660mm（长）×2840mm（宽）×2599mm（高），排风次数约为 24 次/h，满足要求；UND225 探伤机铅房顶部后侧拟设置 2 个排风口，总排风量为 330m³/h，铅房内空尺寸：2301.5mm（长）×2013mm（宽）×2115mm（高），排风次数约为 33 次/h，满足要求。各铅房内废气排至 X-Ray 检测室，再通过 X-Ray 检测室北墙外墙上安装的 2 个排风扇排至厂房外，总排风量为 6000m³/h，X-Ray 检测室尺寸：44.6m（长）×11.9m（宽）×3m（吊顶高），排风次数约为 3.7 次/h，满足要求。

续表 10 辐射安全与防护

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	6 个	实时监测辐射工作场所是否超标。	拟配置
2	个人剂量计	6 枚	辐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	3 套	实时监测铅房内剂量。	拟配置

10.3 放射性三废的治理

本项目主要是在探伤机开机检测作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性三废。

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 10-3 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)	4 使用单位放射防护要求	4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。	建设单位对放射防护安全负主体责任。
		4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。	建设单位拟成立辐射安全管理领导小组，并明确放射防护管理人员及其职责，拟制定辐射防护管理制度。
		4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。	建设单位拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计并定期送交监测，辐射工作人员拟按照要求进行职业健康检查。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	拟为本项目配置便携式 X-γ 辐射剂量率仪 1 台和个人剂量报警仪 4 个。
		4.6 应制定放射事故应急处置预案。	建设单位拟制定放射事故应急处置预案。
	5.1 X 射线探伤机	5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T26837 的要求。	本项目拟购买合格出厂的设备。设备的漏射线所致周围剂量当量率能满足标准要求，设备随机文件有这些指标的说明。
		5.1.2 工作前检查项目应包括：a) 探伤机外观是否完好；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；c) 液体制冷设备是否有渗漏；d) 安全联锁是否正常工作；e) 报警设备和警示灯是否正常运行；f) 螺栓等连接件是否连接良好；g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常工作。	建设单位拟制定安全检查相关制度，本项目辐射工作人员开展放射工作前检查以上项目是否异常，若无异常则正常工作；有异常立即停止工作，联系生产厂家检查维修。

续表 10 辐射安全与防护

	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 X 射线固定式探伤拟使用的 2 台探伤机为整体式 X 射线探伤装置，设备自带屏蔽铅房，操作台与铅房分开布置。UND160 探伤机操作台位于铅房外工件进出门 1 右侧，设置位置远离铅房屏蔽体，能有效减少探伤工作对辐射工作人员的影响；UND225 探伤机的主射方向朝向铅房右侧（即东侧），操作台位于铅房前侧（即南侧），避开了有用线束（右侧）照射的方向；本项目铅门防护性能与同侧屏蔽体防护性能一致。
		6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	项目实行分区管理，控制区即为探伤机铅房内部，监督区为 X-Ray 检测室除铅房以外的区域（包括铅房顶部架空层），分区与分区管理措施均符合 GB18871 等标准要求。
		6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 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。	经后文核算，关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值不大于 5 μ Sv/周；本项目使用的 UND160 探伤机和 UND225 探伤机铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5 μ Sv/h，设备屏蔽体均满足要求。
		6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足： a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3； b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 μ Sv/h。	根据后文核算，本项目探伤机顶部外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平保守取 2.5 μ Sv/h，UND160 探伤机和 UND225 探伤机铅房顶部的辐射屏蔽满足标准要求。

续表 10 辐射安全与防护

		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。	铅房拟配置门机联锁装置，铅门未关闭的情况下不能打开高压产生射线；在探伤过程中，铅门被意外打开时，能立刻停止出束。除检修情况下，设备内不进入，紧急情况，铅房内人员按下急停按钮，设备断电，门机联锁失效，人员可以在铅房内使用撬棒从内侧将门撬开。
		6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目铅房外顶棚和铅房内部拟同时设置显示“预备”、“照射”和“通电”工作状态指示灯，“预备”信号、“照射”信号和“通电”信号拟分别采用有明显区别的黄色、红色和绿色指示；本项目 UND160 探伤机铅房外门上上方拟设置 4 个声光报警器，铅房内拟设置 1 个声光报警器，UND225 探伤机铅房内外各拟设置 1 个声光报警器，当工作状态指示灯为红色“照射”信号时，该声光报警器同时灯亮并伴随蜂鸣声响。铅房内、外醒目位置处拟张贴清晰的对“预备”、“照射”和“通电”信号意义的说明（黄色为预备，红色为照射，绿色为通电）。
		6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的工作人员操作区（上料区、下料区）、操作展示区应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	X-Ray 检测室南北墙上各设置 1 个摄像头，UND160 探伤铅房内拟设 2 个摄像头，UND225 探伤铅房内拟设 1 个摄像头，显示器均拟位于操作台上，通过显示器可观察到铅房内实时情况及观察到铅门的开闭情况。
		6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	UND160 探伤机和 UND225 探伤机铅房各铅门上、X-Ray 检测室人员门和工件门处拟张贴固定的电离辐射警告标志，并设置中文警示说明。

续表 10 辐射安全与防护

		6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目 UND160 探伤机拟设置 9 个急停按钮，分别位于铅房内共设置 8 个（工件进出门 1、2 左右两侧各 2 个，维修门 1、2 左右两侧各 2 个）、操作台上 1 个，急停按钮旁拟设置中文标识和相关说明，人员处在铅房内任何位置，都可以快速的使用急停按钮；UND225 探伤机拟设置 2 个急停按钮，分别位于铅房内前侧 1 个、操作台上 1 个，急停按钮旁拟设置中文标识和相关说明，人员处在铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。
		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。	UND160 探伤机铅房顶部右侧拟设置 2 个排风口，未朝向人员活动密集区，总排风量为 1400m³/h，排风次数约为 24 次/h，满足要求；UND225 探伤机铅房顶部后侧拟设置 2 个排风口，未朝向人员活动密集区，总排风量为 330m³/h，排风次数约为 33 次/h，满足要求；各铅房内废气排至 X-Ray 检测室，再通过 X-Ray 检测室北墙外墙上安装的 2 个排风扇排至厂房外，总排风量为 6000m³/h，排风次数约为 3.7 次/h，满足要求。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目固定式场所辐射探测报警装置探头拟安装在 UND160 探伤机铅房内右前侧、左前侧靠顶部位置和 UND225 探伤机铅房内右前侧靠顶部位置。
	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-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	拟每日对各铅房的门机连锁系统、工作状态指示灯等防护措施检查一次，确保门机连锁系统、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，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，拟为本项目配备便携式 X-γ 剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 6 个、固定式场所辐射探测报警装置 3 套。探伤检测正常运行工况下辐射工作人员不进入铅房内部。

续表 10 辐射安全与防护

		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。	本项目为两班制,工作人员上班时按照相关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。	本项目各铅房大小满足建设单位工件大小使用,不会出现样品过大情况,并拟制定相关制度,不得开门检测分析。
	6.3 探伤设施的退役	当工业探伤设施不再使用,应实施退役程序。包括以下内容: c) X 射线发生器应处置至无法使用,或经监管机构批准后,转移给其他已获许可机构。 e) 当所有辐射源从现场移走后,使用单位按监管机构要求办理相关手续。 f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。 g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测,以确认现场没有留下放射源,并确认污染状况。	报废的 2 台探伤机对其装置去功能化后,根据建设单位相关要求进行处理,保留相关手续并做好记录存档。
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	8.1 检测的一般要求	8.1.1 使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定,并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。	建设单位拟制定探伤机放射防护检测计划。在检测计划中对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定,并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

续表 10 辐射安全与防护

		8.1.2 应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。	建设单位拟选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。
	8.2 探伤机检测	8.2.1.2 使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。	建设单位拟计划每年对 UND160 探伤机和 UND225 探伤机的防护性能进行检测。UND160 探伤机和 UND225 探伤机移动后，拟进行安全装置的性能检测。
《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 X 射线固定式探伤拟使用的 2 台探伤机为整体式 X 射线探伤装置，设备自带屏蔽铅房，除设备检修外人员不进入探伤机铅房内，因此不设人员门，仅设置工件进出门、检修门；针对检修情况，检修门仅在检修的情况下才能打开，检修时设备处于关闭状态。
		3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用射线束照射方向。	本项目 UND160 探伤机操作台位于铅房外工件进出门 1 右侧，不设人员门；UND225 探伤机的主射方向朝向铅房右侧（即东侧），操作台位于铅房前侧（即南侧），避开了有用线束（右侧）照射的方向，不设人员门。
		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+铅+钢结构焊接密闭；拟设置左右滑动铅防护门，在铅门搭接处设置合理尺寸铅门对左右上下进行搭接防护。拟设置的排风出口罩、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 UND160 探伤机铅房使用 2 套 X 射线装置，UND225 探伤机铅房仅使用 1 套 X 射线装置，同时，根据后文计算，均能满足额定工况下的辐射防护要求。
《职业性外照射个人监测规范》	5.监测系统与使用	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的	本项目辐射工作人员主要辐射来自于身体前方，拟要求辐射工作人员在左胸前佩戴个人剂量计。

续表 10 辐射安全与防护

GBZ128-2019	要求	领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	
	7.质量保证	7.3.1 制定和严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。	建设单位拟制定《个人剂量管理制度》，并严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。
		7.3.2 个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。	建设单位拟严格要求辐射工作人员个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

本项目 2 台探伤机使用场所，X-Ray 检测室与整体建设工程同步进行，建设阶段主要为 X 射线设备管线和铅房安装，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建设单位污水处理站处理达标后排入市政管网，生活垃圾、包装垃圾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。

通过对建设期施工现场采取相应管理措施，可使本项目建设期环境影响可接受。

11.2 运行阶段（含调试阶段）环境影响分析

11.2.1 铅房辐射屏蔽核算公式

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_e 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot \dot{H}_0} \quad \text{式 (11-1)}$$

式中：

$\dot{H}_c$ —按（7-1）式确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

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：

续表 11 环境影响分析

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

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 ；

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：

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

式中：

X —屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—什值层厚度。

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：

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

式中：

TVL—什值层厚度。

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 。

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

式中：

续表 11 环境影响分析

$\dot{H}_c$ —按 GBZ/T250-2014 第 3.1 条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（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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

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

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 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_o} \cdot \frac{R_o^2}{F \cdot \alpha} \quad \text{式（11-7）}$$

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_o —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 ；

B —屏蔽透射因子；

续表 11 环境影响分析

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）至探伤样品的距离，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 ，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 $\dot{H}$ （ $\mu Sv/h$ ）按式（11-8）计算：

$$\dot{H}_C = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_S^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{式 (11-8)}$$

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， $\mu Sv \cdot m^2 / (mA \cdot h)$ ，以 $mSv \cdot m^2 / (mA \cdot min)$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

B —屏蔽透射因子；

F — R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ 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根据重庆綦美智能科技有限公司提供的资料，对本项目 2 台探伤机，取其装置的最大能量开机运行时 2 台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，分别估算泄漏辐射和各项散射辐射。

③本项目 2 台探伤机电流随电压变化自动调节，本项目按照其以最大功率

续表 11 环境影响分析

1800W 工作时进行核算；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，因此，本次 UND160 探伤机每个管头按照 160kV、11.25mA（最大功率 1800W 下的电流值）条件下的相关参数进行核算，UND225 探伤机按照 225kV、8mA（最大功率 1800W 下的电流值）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) 参考点的选择以及核算距离、方向

项目 UND160 探伤机工作时，主射线朝铅房六面；UND225 探伤机工作时，主射线朝铅房右侧，主射线范围涉及顶部和底部，其余方向考虑为散射和漏射。

根据表 9 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。UND160 探伤机未考虑射线管必须照射到工件的情况，只考虑到射线管的极限位置情况，计算点位示意图 11-1、图 11-2，UND225 探伤机计算点位示意图 11-3、图 11-4。

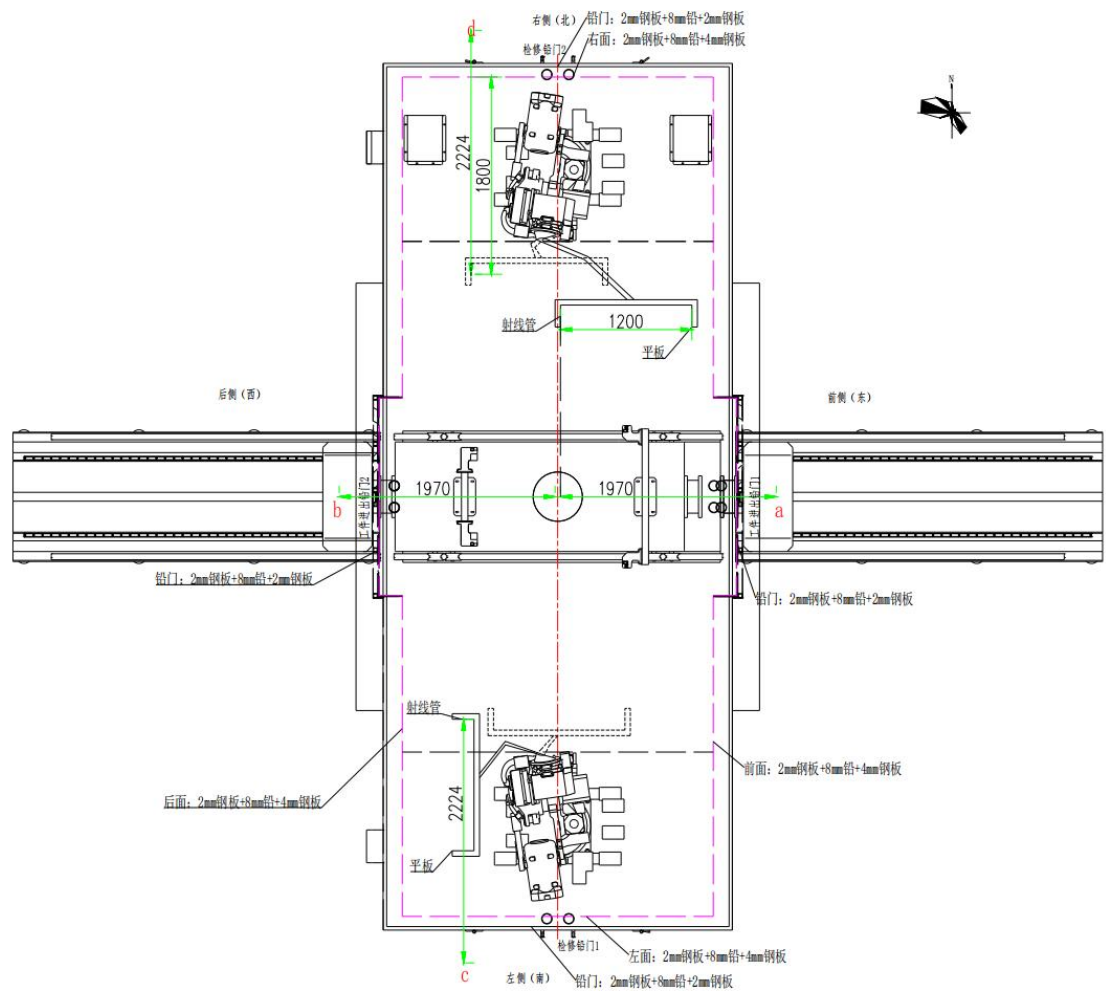


图 11-1 UND160 探伤机计算点位示意图（平面）

图 11-2 UND160 探伤机计算点位示意图（立面）

续表 11 环境影响分析

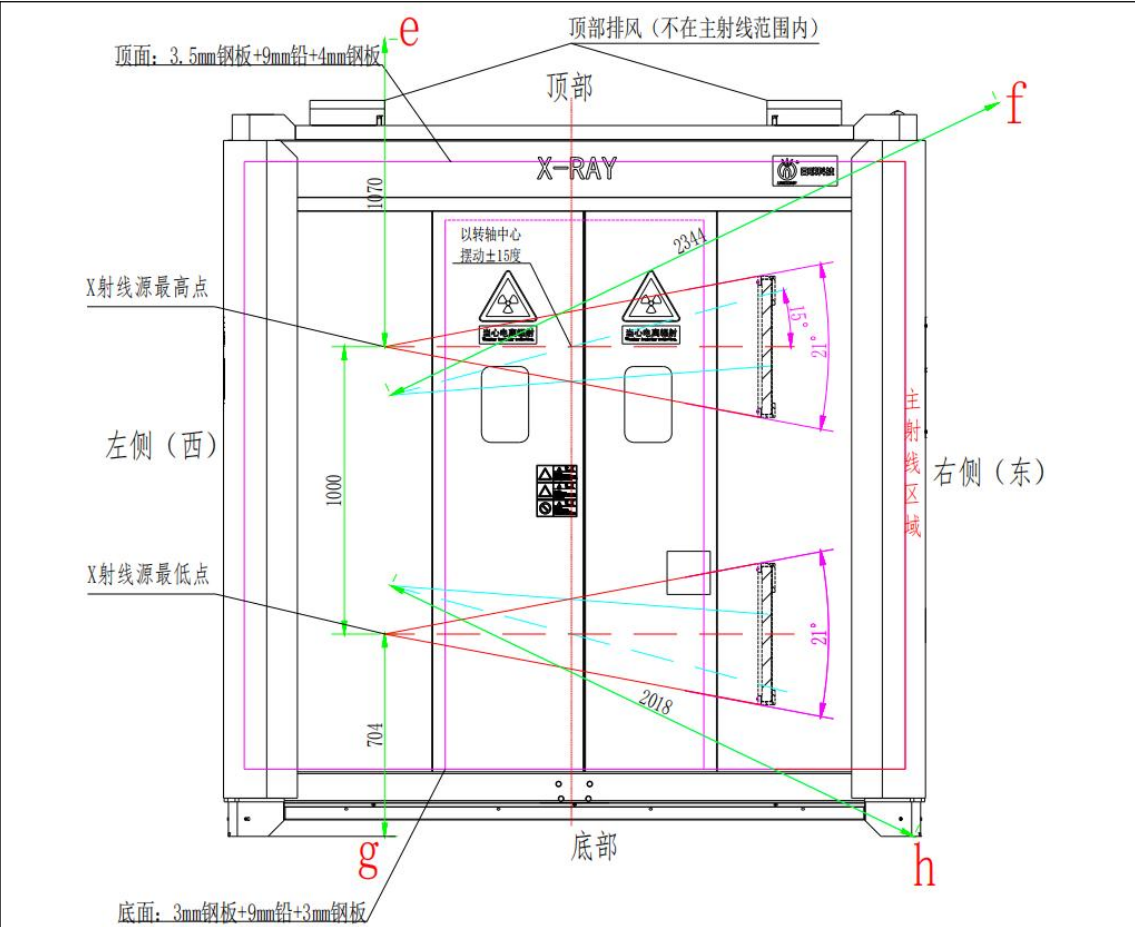


图 11-4 UND225 探伤机计算点位示意图（立面）

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

UND160 探伤机				
考察点				核算距离（m）
铅房前侧（东侧）	a	屏蔽体外 30cm（含铅门）	主射	1.97
铅房后侧（西侧）	b	屏蔽体外 30cm（含铅门）	主射	1.97
铅房左侧（南侧）	c	屏蔽体外 30cm（含铅门）	主射	2.22
铅房右侧（北侧）	d	屏蔽体外 30cm（含铅门）	主射	2.22
铅房顶部	e	屏蔽体外 30cm	主射	2.09
铅房底部	f	地板	主射	2.08
孔洞		通风孔外 30cm	主射	2.09
			散射、漏射	2.42
UND225 探伤机				
考察点				核算距离（m）
铅房前侧（南侧）	a	屏蔽体外 30cm（含铅门）	散射、漏射	1.02

续表 11 环境影响分析

铅房后侧(北侧)	b	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	2.13
铅房左侧(西侧)	c	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	0.86
铅房右侧(东侧)	d	屏蔽体外 30cm	主射	2.18
铅房顶部	f	屏蔽体外 30cm	主射*	2.34
	e		散射、漏射	1.07
铅房底部	h	地板	主射*	2.02
	g		散射、漏射	0.70

注：①均为图上量出；②铅房底部下为地基，底部人员无法到达，UND160 探伤机底部距地距离 36mm，UND225 探伤机底部距地距离 57mm；③*为 UND225 探伤机常用情况下主射方向为铅房右侧（东侧），在 C 臂垂直偏转±15 度情况下，顶部与底部成为主射方向。

(2) 设备参数等

本项目 UND160 探伤机额定管电压为 160kV，过滤材质 0.5mm 铜，UND225 探伤机额定管电压为 225kV，过滤材质 3mm 铝，均在 GBZ/T250-2014 中附录 B.1 的曲线中无对应的曲线，因此采用相应公式进行理论计算。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	UND160	单个管头最大管电压 160kV， 单个管头最大功率下的最大管电流 11.25mA（最大功率 1800W）	厂家提供的参数
	UND225	最大管电压 225kV， 最大功率下的最大管电流 8mA（最大功率 1800W）	
G (mGy·m ² /(mA·min))	UND160	160kV: 6.4 (0.5mm 铜过滤条件下)	厂家提供的参数
	UND225	225kV: 11.4 (3mm 铝过滤条件下)	
转换系数		6×10 ⁴	GBZ/T 250-2014 4.1 a)
H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	160kV	3.84×10 ⁵	
	225kV	6.84×10 ⁵	
$\frac{R_0^2}{F \times d}$	UND160	60	GBZ/T 250-2014 附录 B.4.2
	UND225	50	
泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)	160kV	2.5×10 ³	GBZ/T 250-2014 表 1
	225kV	5×10 ³	
X 射线 90° 散射辐射 能量最高，其能量相应的 kV 值	160kV	150	GBZ/T 250-2014 表 2
	225kV	200	
什值层 (TVL)		铅	GBZ/T 250-2014

续表 11 环境影响分析

			电压等级	TVL	附录 表 B.2		
			150kV	0.96mm			
			160kV	1.05mm			
			200kV	1.4mm			
			225kV	2.15mm			
			250kV	2.9mm			
注：160kV 和 225kV 铅的 TVL 通过内插法计算而来。							
11.2.4 铅房防护核算结果							
(1) 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							
UND160 探伤机							
考察点			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 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否达 到屏蔽 要求
铅房前侧（东侧）	a	主射	2.5	1.97	8mmPb	5.35E-02	是
铅房后侧（西侧）	b	主射	2.5	1.97	8mmPb	5.35E-02	是
铅房左侧（南侧）	c	主射	2.5	2.22	8mmPb	4.21E-02	是
铅房右侧（北侧）	d	主射	2.5	2.22	8mmPb	4.21E-02	是
铅房顶部	e	主射	2.5	2.09	8mmPb	4.76E-02	是
铅房底部	f	主射	2.5	2.08	8mmPb	4.80E-02	是
孔洞（采取 8mmPb 铅帘补偿处理）		主射	2.5	2.09	8mmPb	2.40E-02	是
		散射	2.5	2.42	8mmPb		
		漏射	2.5	2.42	8mmPb		
UND225 探伤机							
考察点			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 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否达 到屏蔽 要求
铅房前侧（南侧）	a	散射	2.5	1.02	9mmPb	3.52E-01	是
		漏射	2.5				
铅房后侧（北侧）	b	散射	2.5	2.13	9mmPb	8.08E-02	是
		漏射	2.5				
铅房左侧（西侧）	c	散射	2.5	0.86	9mmPb	4.96E-01	是
		漏射	2.5				
铅房右侧（东侧）	d	主射	2.5	2.18	17mmPb	1.43E-02	是
铅房顶部	f	主射	2.5	2.34	20.5mmPb (斜穿厚度)	2.92E-04	是
		散射	2.5	1.07	9mmPb	3.20E-01	是
	e	漏射	2.5				
铅房底部	h	主射	2.5	2.02	20.5mmPb (斜穿厚度)	3.91E-04	是

续表 11 环境影响分析

	g	散射	2.5	0.70	9mmPb	7.48E-01	是
		漏射	2.5				

注：①顶棚外 30cm 处周围剂量当量率均小于 2.5 μ Sv/h，故本次评价不考虑天空散射；②本次评价屏蔽物质厚度 X 保守仅考虑铅层进行核算；③UND160 探伤机铅房六面体保守按照单个管头的两倍影响值进行核算。

根据表 11-3 计算结果可知，本项目 UND160 探伤机和 UND225 探伤机在最大工况时，屏蔽体防护厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）屏蔽防护的要求，剂量率叠加后也满足标准要求。

（2）类比分析

UND160 探伤机(双管头)在市面上不常见，故本报告进行类比分析；UND225 探伤机在市面上比较常见，本次不进行类比分析。

①类比条件

为了解同类型的 UND160 探伤机在实际运行下对周围环境的影响情况，本评价采用重庆美利信科技股份有限公司的 UND160 探伤机作为类比对象。类比对象的 UND160 探伤机与本项目的 UND160 探伤机类比条件分析见表 11-4。

表 11-4 探伤机可类比分析一览表

类比项目	本项目探伤机	类比对象	类比分析
型号	UND160 型（双管头）	UND160 型（双管头）	一致
设备参数	最大管电压均为 160kV， 最大管电流均为 22.5mA， 最大功率 1800W	最大管电压均为 160kV， 最大管电流均为 22.5mA， 最大功率 1800W	一致
过滤条件	0.6mm 铜	0.6mm 铜	一致
X 射线距辐射源点（靶点）1m 处发射率	6.4mGy·m ² /mA·min	6.4mGy·m ² /mA·min	一致

根据表 11-4 可知，类比探伤机型号、设备参数、过滤条件、X 射线距辐射源点（靶点）1m 处发射率等均与本项目相同，有很好的类比性。

②类比结果分析

类比对象重庆美利信科技股份有限公司的 UND160 探伤机运行过程中的辐射工作环境现状进行了监测，监测报告见附件 7。

根据监测结果，类比对象重庆美利信科技股份有限公司的 UND160 探伤机 UND160 探伤铅房外 30cm 处周围剂量当量率均为本底值，满足相关标准要求。与理论预测结果相比，影像均很小，理论预测结果可信。

续表 11 环境影响分析

11.2.5 辐射工作人员剂量估算

(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：

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

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，h。

(2) 估算结果

铅房外辐射工作人员剂量估算表见表 11-5，详见附件 8。

表 11-5 铅房外辐射工作人员剂量估算

估算人员	活动场所	实际厚度下 剂量率 (μSv/h)	居留 因子	年最大曝 光时间(h)	有效剂量			
					周 (μSv/周)		年 (mSv/a)	
辐射工作 人员	X-Ray 检测室	5.35E-02	1	866.67	0.89	12.04	0.05	0.63
		4.96E-01	1	1170.00	11.15		0.58	

注：取两台设备屏蔽体外四周剂量率最大值进行估算。

根据表 11-4 和附件 7 可知，本项目铅房外辐射工作人员所受的周有效剂量叠加后最大为 12.04μSv，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）“职业工作人员周剂量：≤100μSv/周”的要求。所受年有效剂量叠加后最大为 0.63mSv/a，低于本评价管理目标值 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

11.2.6 环境保护目标剂量估算

本项目铅房外环境保护目标预测结果见表 11-6，详见附件 7。

表 11-6 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	关注点 核算距离 (m)	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	
								周 (μSv/周)	年 (mSv/a)
1	停车场、绿化、厂区道路	北侧	UND160 铅房约	4.92	8.58E-03	1/8	866.67	1.11E-01	5.76E-03

续表 11 环境影响分析

	等		3~50m						
			UND225 铅房约 1.5~50m	3.33	3.31E-02	1/8	1170		
2	重庆裕能新材料有限公司厂房及过道等	北侧	UND160 铅房约 25~50m	26.92	2.87E-04	1	866.67	1.82E-02	9.44E-04
			UND225 铅房约 23~50m	24.83	5.95E-04	1	1170		
3	3D 检测室	西侧	UND160 铅房约 12~22m	13.67	1.11E-03	1	866.67	1.28E+00	6.64E-02
			UND225 铅房约 2~11m	2.56	5.59E-02	1	1170		
4	强电井、弱电井、楼梯间、过道等	西侧	UND160 铅房约 22~31m	23.67	3.71E-04	1/5	866.67	1.36E-02	7.06E-04
			UND225 铅房约 11~20m	11.56	2.74E-03	1/5	1170		
5	绿化、厂区道路、1#-高压铸车间和 2#-压铸车间连廊等	西侧	UND160 铅房约 31~50m	32.67	1.95E-04	1/8	866.67	2.84E-03	1.48E-04
			UND225 铅房约 20~50m	20.56	8.67E-04	1/8	1170		
6	2#-压铸车间（1F/3F）	西侧	UND225 铅房约 41~50m	41.56	2.12E-04	1	1170	4.78E-03	2.48E-04
7	污水处理站（含控制室）	西侧	UND160 铅房约 44~50m	45.67	9.96E-05	1	866.67	8.57E-03	4.45E-04
			UND225 铅房约 34~50m	34.56	3.07E-04	1	1170		
8	过道	南侧	UND160 铅房约 1.5~3.5m	3.42	1.78E-02	1/5	866.67	7.67E-02	3.99E-03

续表 11 环境影响分析

			UND225 铅房约 9~11m	9.72	3.88E-03	1/5	1170		
9	3D 检测-已检区、3D 检测-待检区、3D 检测-质量隔离、X-Ray-已检区、X-Ray-待检区、质量问题、铝水中转区、大压铸机加区、WIP-压铸毛坯、压铸区等	南侧	UND160 铅房约 3.5~50m	5.42	7.07E-03	1	866.67	1.78E-01	9.25E-03
			UND225 铅房约 11~50m	11.72	2.67E-03	1	1170		
10	车间管理办公室	东侧	UND160 铅房约 30~44m	31.67	2.07E-04	1	866.67	4.24E-03	2.21E-04
			UND225 铅房约 42~50m	43.88	3.52E-05	1	1170		
11	洁具/盥洗、拖把池、卫生间、过道等	东侧	UND160 铅房约 44~50m	45.67	1.99E-04	1/8	866.67	4.15E-04	2.16E-05
12	1#-大压铸车间 2F（办公室、会议室等）~楼顶	楼上	/	5.18	7.74E-03	1	866.67	5.27E-01	2.74E-02
				4.56	1.77E-02	1	1170		

注：1.居留因子按照 GBZ/T 250-2014 附录 A 表 A.1 保守取值：控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区取 1，走廊、休息室、杂物间取 1/2，厕所、楼梯、人行道取 1/8；2.叠加影响的预测原则：不考虑设备之间的距离等各方向上的影响，两台设备影响值直接相加。

根据表 11-5 和附件 7 可知，本项目铅房外公众所受的周有效剂量叠加后最大为 1.28 μ Sv，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）“公众周剂量： $\leq 5\mu$ Sv/周”的要求。所受年有效剂量叠加后最大为 6.64E-02mSv/a，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）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

11.2.7 环境保护目标辐射环境影响分析

续表 11 环境影响分析

本项目铅房各屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率均满足国家相关标准要求，根据 X 射线随距离的平方快速减弱的特性可知，距离辐射源越远，受到的影响越小，根据表 11-5 可知，铅房外 50m 范围内各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求，铅房周围公众成员受到的年有效剂量低于 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。

11.2.8 其他影响

(1) 废气对环境影响分析

在检测分析作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（主要为 NO₂）。各铅房内废气排至 X-Ray 检测室，在 X-Ray 检测室北墙外墙上安装的 2 个低噪声排风扇排至厂房外，排放口外为厂内绿化带和道路，排放口高度为 3m，避开人员活动密集区，扩散条件良好。项目产生的废气对周围环境影响小。

(2) 废水环境影响

本项目无生产废水，辐射工作人员在建设单位劳动定员内，故运营期不新增废水，项目工作人员生活污水依托建设单位污水处理站（处理能力 150m³/d）处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后依托旗能电铝污水处理厂处理达《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）中对“敞开式循环冷却水系统补水”水质要求后，旗能电铝全部回用，不外排，对环境的影响较小。

远期（北渡铝产业园区污水处理厂投运后），排入市政污水管网进入北渡铝产业园区污水处理厂进一步处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 B 标准后排入綦江。

(3) 固废对环境影响分析

生活垃圾经袋装分类收集后，由环卫部门统一处理；报废的 2 台探伤机对其去功能化后，根据建设单位相关要求处理，保留相关手续并做好记录存档。

综上，本项目产生的固体废物均得到妥善处理，对环境的影响很小。

(4) 噪声对环境影响分析

项目噪声源主要为铅房排风扇，属于低噪声设备，经距离衰减及铅房隔声后排放，项目运行时的噪声对铅房外的贡献值很小；X-Ray 检测室北墙外墙上安装

续表 11 环境影响分析

的 2 个低噪声排风扇，噪声源强较小，经距离衰减和厂房隔声后排放，对项目所在区域声环境影响小。

11.2.9 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。

本项目 2 台探伤机应用的目的是用于建设单位生产的高端铝合金零部件的无损检测，具有其他质量检验检测技术无法替代的特点；项目建设为建设单位的生产提供无损探伤检测保障，对其产品质量及安全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提供保障。项目在采取符合相关要求的辐射防护安全措施后，对环境的辐射影响在可接受范围内。

本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。

11.2.10 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 2 台探伤机的使用符合国家的产业政策。

11.2.11 事故影响分析

（1）风险事故类型

本项目 X 射线设备产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。

辐射工作人员会定期巡检并且 X 射线装置和铅房均为合格产品，两台设备同时出现辐射事故的概率极低，本次主要考虑每次一台设备发生辐射事故的情况。本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

①联锁装置失效等

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

②人员滞留铅房内

续表 11 环境影响分析

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屏蔽体出现膨胀变形

本项目铅房各方向屏蔽体、电缆出线口罩、风机排风口罩，使用多年以后，可能因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。

④设备自身丧失屏蔽

X 射线设备机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将设备管头及探测器上的屏蔽块移走，使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）后果分析

本项目 UND160 探伤机正常工作模式下单次最长曝光时间约 2min，UND225 探伤机正常工作模式下单次最长曝光时间约 1min，本次估算考虑单次事故不同误照射时间的后果。

①联锁装置失效

安全联锁装置失效情况下，设备出束时防护门未关闭或门被意外开启，射线外泄导致铅房外人员受到误照射，事故发生时可立即按下急停按钮停止 X 射线出束，UND160 探伤机事故风险时间考虑 2min，UND225 探伤机事故风险时间考虑 1min，此种事故情景的后果估算见表 11-7。

表 11-7 安全联锁装置失效事故后果估算表

UND160 探伤机			
事故情景	铅房外剂量率 (前侧防护门外) (μGy/h)	误照射时间	吸收剂量 (mGy)
联锁装置 失效	4.23E+06	2s	1.24
		10s	6.18
		30s	18.55
		1min	37.10
		2min	74.21
UND225 探伤机			
事故情景	铅房外剂量率 (前侧防护门外) (μGy/h)	误照射时间	吸收剂量 (mGy)

续表 11 环境影响分析

联锁装置失效	1.10E+05	2s	0.06
		10s	0.31
		30s	0.92
		1min	1.83

②人员滞留铅房内

人员滞留铅房内可能受到有用线束误照射，考虑人员在距离辐射源点 0.5m 处受到误照射（主射线），此类事故发生时滞留人员可按下铅房内急停按钮，铅房外人员也可按下工作人员操作台急停按钮，按下急停按钮均能停止 X 射线出束，UND160 探伤机事故风险时间考虑 2min，UND225 探伤机事故风险时间考虑 1min，此种事故情景的后果估算见表 11-8。

表 11-8 人员滞留铅房内事故后果估算表

UND160 探伤机			
事故情景	铅房内 0.5m 处剂量率（μGy/h）	误照射时间	吸收剂量（mGy）
人员滞留铅房内	3.46E+07	2s	19.20
		10s	96.00
		30s	288.00
		1min	576.00
		2min	1152.00
UND225 探伤机			
事故情景	铅房内 0.5m 处剂量率（μGy/h）	误照射时间	吸收剂量（mGy）
人员滞留铅房内	2.19E+07	2s	12.16
		10s	60.80
		30s	182.40
		1min	364.80

③屏蔽体出现膨胀变形

X 射线机设备铅屏蔽体出现膨胀变形而未发现，即射线不经过屏蔽对铅房外的人员误照射情况，若工作人员佩戴个人剂量报警仪则此类事故容易被发现，及时按下急停按钮即能停止 X 射线出束，假设工作人员 1h 内未佩戴个人剂量报警仪，此种事故情景的后果估算见表 11-9。

表 11-9 屏蔽体出现膨胀变形事故后果估算表

UND160 探伤机			
事故情景	铅房外剂量率（μGy/h）	误照射时间	吸收剂量（mGy）
屏蔽体出现膨胀变形	2.23E+06	2min	74.21
		30min	1113.14

续表 11 环境影响分析

		1h	2226.29
UND225 探伤机			
事故情景	铅房外剂量率（μGy/h）	误照射时间	吸收剂量（mGy）
屏蔽体出现膨胀变形	1.15E+06	1min	19.19
		30min	575.71
		1h	1151.42

④X 射线管丧失自身屏蔽

X 射线管失去自身屏蔽后可导致铅房各侧均受到有用线束的照射，此时防护厚度最薄、距离最短的铅房前侧屏蔽体外剂量率最大，若工作人员佩戴个人剂量报警仪则此类事故容易被发现，及时按下急停按钮即能停止 X 射线出束，假设工作人员 1h 未佩戴个人剂量报警仪，此种事故情景的后果估算见表 11-10。

表 11-10 X 射线管丧失自身屏蔽事故后果估算表

UND160 探伤机			
事故情景	铅房外剂量率（μGy/h）	误照射时间	吸收剂量（mGy）
X 射线管丧失自身屏蔽	4.24E-01	2s	2.36E-07
		10s	1.18E-06
		2min	1.41E-05
		30min	2.12E-04
		1h	4.24E-04

UND225 探伤机			
事故情景	铅房外剂量率（μGy/h）	误照射时间	吸收剂量（mGy）
X 射线管丧失自身屏蔽	4.82E+02	2s	2.68E-04
		10s	1.34E-03
		1min	8.03E-03
		30min	2.41E-01
		1h	4.82E-01

(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性

续表 11 环境影响分析

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、 γ 射线对人体损伤估计见表 11-11。

表 11-11 不同照射剂量的 X、 γ 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	来源
<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
1.0~2.0 2.0~4.0 4.0~6.0 6.0~10.0	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，1h~2h 后呕吐、 白细胞数短暂上升后下降 1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数 明显下降 1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞 数急剧下降	②
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐、严重腹泻以及水电解质代谢紊乱	
>50	脑型急性放射病		意识障碍、定向力丧失、共济失调、肌张力增强、 角弓反张、抽搐和震颤等中枢神经系统症状	

续表 11 环境影响分析

注：①《辐射防护导论》P33；②《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

（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 11-12。

表 11-12 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。
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。

根据表 11-10 不同照射剂量对人体损伤的估计及表 11-11 辐射事故等级分级，结合上述后果分析可知，本项目各类事故误照射导致人员受照剂量最大约为 2226.29mGy，因此，本项目可能发生的辐射事故风险等级为较大辐射事故。

（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，本项目辐射工作人员配合，禁止随便拆走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，工作人员操作台人员或滞留人员应立即就近按下急停按钮，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

续表 11 环境影响分析

测工作。对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 射线检测工作。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

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

建设单位尚未开展核技术利用项目，承诺将根据实际进度和工作需要，适时成立辐射安全与环境保护管理机构，或至少配备 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，并及时按照辐射环境管理要求办理《辐射安全许可证》后，方才开展核技术利用项目。

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。

建设单位尚未开展核技术利用项目，计划按照上述规定要求，承诺在本项目建成前制定完成操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保护制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等相关制度。在项目运营前，将上述制度悬挂于辐射工作场所，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。

（2）辐射工作人员

本项目拟新配置的 6 名辐射工作人员，均为内部培养，承诺组织本项目相关辐射工作人员参加 X 射线探伤的辐射安全与防护考核，合格后方可上岗。

①配置数量合理可行性

根据探伤机的操作需求，本项目拟新配置 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

续表 12 辐射安全管理

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；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，并定期参加复训。

建设单位承诺在开展 X 射线探伤工作过程中，根据项目开展情况适时配置符合要求的辐射工作人员，并按照规定报名并参加 X 射线探伤考核，做到考核合格后方可上岗。

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转借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

建设单位承诺按上述规定要求，为辐射工作人员配备个人剂量计，进行个人剂量监测，安排专人负责个人剂量监测管理，建立个人剂量档案，个人剂量档案包括个人基本信息、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。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。并要求辐射工作人员在岗期间，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转借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

④职业健康检查

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

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时

续表 12 辐射安全管理

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。重庆綦美智能科技有限公司应建立和保存辐射工作人员的职业健康档案。

建设单位承诺按上述规定要求,在项目辐射工作人员上岗前,按规定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。后续按照相关要求进行了复检,并建立相应档案。

本项目运营前,建设单位承诺将认真落实相关制度和规定,确保辐射工作人员已进行职业健康体检、配置个人剂量计、参加辐射安全与防护考核并取得合格证,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或成绩单等建立档案保存。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》规定执行。

(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。

建设单位承诺按上述规定要求,提交《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》,年度评估报告包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容,符合要求。建设单位承诺按照规定按时提交《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,组织开展年度评估工作,对检查中发现的问题进行整改,及时消除安全隐患。

(4) 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感,对于核技术利用项目核安全文化的建设要求重庆綦美智能科技有限公司树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事核技术利用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。核技术利用单位应建立安全管理体系,明确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之处并

续表 12 辐射安全管理

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。

(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”。重庆綦美智能科技有限公司应根据自身核技术利用项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

建设单位承诺按上述规定要求，建立辐射工作安全管理档案，职业健康档案，人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

12.3 从事辐射活动能力评价

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

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	建设单位拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并指定 1 名本科以上学历技术人员负责单位日常辐射防护管理工作。
从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	本项目拟配置的 6 名辐射工作人员拟按要求参加 X 射线探伤辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

续表 12 辐射安全管理

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。	本项目探伤机拟设置操作台钥匙开关、门机联锁、紧急停机按钮、电离辐射警告标志等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	本项目拟配置个人剂量计 4 枚和便携式 X- γ 辐射剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 4 个和固定式剂量监测报警装置 2 套。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位拟制定操作规程、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、监测方案等辐射安全管理规章制度。
有完善的辐射事故应急措施。	待本项目建成运营前，建设单位拟按照相关规定和要求完成制定辐射事故应急预案及风险防范措施。

根据上表可知，建设单位承诺根据相应管理规定，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，并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《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。

建设单位拟按规定制定辐射监测计划，包括个人剂量监测、辐射工作场所监测等，建设单位拟配备与辐射类型和辐射水平相适应和监测仪器，或委托有资质的单位定期对探伤机周围环境进行监测，按规定要求开展各项监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

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

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

(2) 工作场所与环境监测

续表 12 辐射安全管理

为保证本项目辐射工作场所的安全，本项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和日常监测。

①验收监测：项目建成后、辐射防护设施等发生大的变化、设备大修等之后进行验收监测，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门备案。

②例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。

③日常监测：按照监测计划开展日常监测，日常监测由重庆綦美智能科技有限公司自行监测。做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。同时，每次进行探伤检测作业时，设备运行条件及工件、操作人员信息等也应记录在案。

④监测点位：设备周围屏蔽体外、防护门外、顶部和底部处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等辐射防护薄弱处。在巡测时发现数值异常高的区域，进行定点监测。人员经常活动的区域需要重点关注。

(3) 安全检查维护

建设单位应按照相关法规及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求对探伤机进行安全检查维护，建立相应的检查维护制度。安全检查维护见表 12-2。

表 12-2 安全检查维护要求

类型	内容	频次
检查	防护门-机联锁装置，声光报警灯以及出束信号指示灯	日检
	a) 外观是否存在可见的损坏；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；c) 安全联锁是否正常工作；d) 报警设备和警示灯是否正常运行；e) 螺栓等连接件是否连接良好；f) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	日检
检查	a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；b) 冷却单元检查；c) 门机联锁和紧急停机开关的检查；d) 制造商推荐的其他常规检测项目。	定期（建议每季度一检）
维护	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。应做好设备维护记录。	每年

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》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。

续表 12 辐射安全管理

建设单位尚未开展核技术利用项目，拟制定辐射安全事故应急预案，预案内容包括应急机构组织、辐射事故分级、应急准备与响应程序、应急能力的培训、应急联系电话、演练和应急响应能力的保持等。

12.5 辐射安全与管理投资估算

本项目环保投资估算表见表 12-3。

表 12-3 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	1
辐射防护与安全措施	门机联锁、声光报警灯、紧急停机按钮、工作状态指示灯、摄像机及视频监视器等	设备自带
防护监测设备	个人剂量计	16.5
	个人剂量报警仪、便携式 X-γ 辐射剂量率仪等	
	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	7.5
合计	/	25

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，重庆綦美智能科技有限公司应进行自主竣工环保验收，按照 HJ1326-2023 等组织验收工作。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-4。

表 12-4 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	本项目拟在 1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内，拟配置 UND160 探伤机（II 类射线装置，UND160 型，双管头，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 22.5mA，最大功率均为 1800W）。 本项目拟在 1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内，拟配置 UND225 探伤机（II 类射线装置，UND225 型，单管头，定向照射，最大管电压为 225kV，最大管电流为 15mA，最大功率为 1800W）。	环办辐射函〔2025〕313 号，不发生重大变动
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

续表 12 辐射安全管理

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、人员培训计划、监测方案。		齐全
4	铅房防护措施	①工作场所分区及其分区管理措施； ②设备铅房各屏蔽体、铅门有足够的屏蔽能力，管线口不影响屏蔽效果； ③设置安全联锁系统，包括门机联锁、固定式场所辐射探测报警装置、声光报警器，能表达预备、照射和通电的工作状态；铅房内、铅房外设急停按钮； ④通风：UND160 探伤机和 UND225 探伤机专用铅房顶部自带排风扇，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次；各铅房内废气排至 X-Ray 检测室，再通过 X-Ray 检测室北墙外墙上安装的排风扇排至厂房外； ⑤铅房各铅门上、X-Ray 检测室的人员门和工件运输门处等醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志； ⑥X-Ray 检测室南北墙上各设置 1 个摄像头，UND160 探伤铅房内设 2 个摄像头，UND225 探伤铅房内设 1 个摄像头。		符合相关要求
5	监测设备	每名辐射工作人员配备个人剂量计，配置个人剂量报警仪 6 个、便携式 X- γ 剂量率仪 1 台和固定式场所辐射探测报警装置 3 套。		符合相关要求
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。		生态环境部公告 2019 年第 57 号等相关要求
7	电离辐射	年剂量管理目标限值	辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ； 公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 。	GB18871-2002、GBZ117-2022、GBZ/T250-2014 和建设单位管理要求
		周剂量参考控制水平	职业工作人员周剂量： $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ； 公众周剂量： $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。	
		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

本项目拟在 1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内配置 1 台 UND160 探伤机（Ⅱ类射线装置，UND160 型，双管头，定向照射，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 22.5mA）和 1 台 UND225 探伤机（Ⅱ类射线装置，UND225 型，单管头，定向照射，最大管电压为 225kV，最大管电流为 15mA），用于建设单位生产的高端铝合金零部件的固定式无损检测。

本项目总投资 630 万元，其中环保投资 25 万元。施工期预计 3 个月。

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 2 台探伤机的使用符合国家的产业政策。

13.1.3 实践正当性

项目 2 台探伤机应用的目的是用于建设单位生产的高端铝合金零部件的无损检测，具有其他质量检验检测技术无法替代的特点；项目建设为建设的生产提供无损探伤检测保障，对其产品质量及安全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提供保障。项目在采取符合相关要求的辐射防护安全措施后，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

本项目拟建场址及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 95~100nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2024 年重庆市辐射环境质量报告书（简化版）》中辐射环境质量状况数据，累积剂量法测得的重庆市 γ 空气吸收剂量率年均值范围为 79.2nGy/h~108nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），全市点位年均值为 96.1nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，本项目拟建场址环境 γ 辐射剂量率均在重庆市 2024 年环境 γ 空气吸收剂量率正常涨落范围内。

续表 13 结论及建议

13.1.5 选址可行性及布局合理性

本项目 1 台 UND160 探伤机、1 台 UND225 探伤机铅房均拟位于 1#-大压铸车间 1F 北侧 X-Ray 检测室内，所在地块为工业用地，该地块属于綦江工业园区北渡铝产业园。根据《重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目环境影响报告表》，綦江工业园区北渡铝产业园的主导产业为铝及合金材料，建设单位生产高端铝合金零部件，本项目主要为建设单位生产的高端铝合金零部件提供无损探伤检测技术保障，是其配套项目，与所在园区的主导产业不冲突，符合园区规划。本项目 1 台 UND160 探伤机、1 台 UND225 探伤机铅房均拟位于 1#-大压铸车间北侧辅助用房 1F 的 X-Ray 检测室内，检测室楼上为办公室、会议室等区域，下方为基土层。公司检测用房集中布置在车间北侧的辅助用房内，南侧为车间生产区，本项目所在场址与生产区相邻，便于工件、人员进出，利于开展无损探伤检测工作，周围活动人员较少，且铅房六面体采用了自屏蔽防护措施，经过屏蔽后对周围环境辐射影响较小；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。因此，从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行。

X-Ray 检测室位于 1#-大压铸车间 1F 北侧，南侧为车间生产区。项目 2 台探伤机为整体式 X 射线探伤，探伤设备自带屏蔽铅房，设备固定安装在 X-Ray 检测室内，UND160 探伤机位于西部南侧，UND225 探伤机位于西北端，两台设备之间有一定的距离，减少辐射叠加影响。UND160 探伤机操作台位于 UND160 探伤铅房外工件进出门 1 右侧，因设备铅房的六面均可能称为主射线方向，操作台、防护门、电缆孔、排气孔在主射线投照范围，无法避开，操作台设置位置远离铅房屏蔽体，能有效减少探伤工作对辐射工作人员的影响；UND225 探伤铅房的工件进出门位于铅房前侧，不在主射线投照范围内，铅门厚度与同侧铅房屏蔽体防护厚度一致，UND225 探伤机的主射方向朝向铅房右侧（即东侧），电缆孔、排气孔均不在主射线投照范围，操作台位于铅房前侧（即西南侧），避开了有用线束照射的方向，且距离设备有一定的距离，能增加辐射工作人员与辐射源之间的距离，减少影响。UND160 探伤铅房设 1 个工件进出门，UND225 探伤铅房设 2 个工件进出门和 2 个检修门。X-Ray 检测室内布局单一，人流、物流路径清晰。项目布局满足 GBZ 117-2022 要求，因此，本项目平面布局合理。

续表 13 结论及建议

13.1.6 辐射防护与安全措施

(1) 分区管理：建设单位对本项目进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区即为探伤机检测分析设备配套整体屏蔽铅房内，监督区为 X-Ray 检测室除 UND160 探伤机铅房、UND225 探伤机铅房以外的区域（包括铅房顶部）等控制区相邻场所区域；并采取相应的分区管理措施。

(2) 设备具备的辐射防护与安全措施：本项目拟配置射线装置自带有多种固有安全性，包括开机系统自检、过电流保护等；本项目拟配置辐射安全联锁装置（设施），包括钥匙开关、门机联锁系统、紧急停机、声光警示、电离辐射警告标志、视频监控系统等，能很好的保证探伤机自身的稳定性和安全性。

UND160 探伤机铅房前侧、后侧、左侧、右侧、顶部、底部屏蔽体：内 2mm 钢+8mmPb+外 4mm 钢，工件进出门、检修门屏蔽体：内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢，铅房主体结构焊接密闭，设置电缆进出口防护罩和排风扇防护罩；UND225 探伤机铅房前侧、左侧、顶部屏蔽体：内 3.5mm 钢+9mmPb+外 4mm 钢，后侧屏蔽体：内 4mm 钢+9mmPb+外 3.5mm 钢，右侧屏蔽体：内 4mm 钢+17mmPb+外 3.5mm 钢，底部屏蔽体：内 3mm 钢+9mmPb+外 3mm 钢，工件进出门屏蔽体：内 2mm 钢+9mmPb+外 3.5mm 钢，铅房主体结构焊接密闭，设置电缆进出口防护罩和排风扇防护罩。

(3) 相关监测仪器：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。本项目 UND160 探伤机铅房外拟设置 4 个声光报警器，铅房内拟设置 1 个声光报警器，UND225 探伤机铅房内外各拟设置 1 个声光报警器，拟配置个人剂量报警仪 6 个，个人剂量计 6 枚，便携式 X-γ 辐射剂量率仪 1 台，固定式场所辐射探测报警装置 3 套。

(4) 通风：UND160 探伤机铅房顶部右侧拟设置 2 个排风口，总排风量为 1400m³/h，排风次数约为 24 次/h，满足要求；UND225 探伤机铅房顶部后侧拟设置 2 个排风口，总排风量为 330m³/h，排风次数约为 33 次/h，满足要求。各铅房内废气排至 X-Ray 检测室，再通过 X-Ray 检测室北墙外墙上安装的 2 个排风扇排至厂房外，总排风量为 6000m³/h，排风次数约为 3.7 次/h，满足要求。

综上所述，本项目拟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）

续表 13 结论及建议

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 2 台探伤机自带屏蔽铅房。根据核算，在最大工况下，各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，各屏蔽体外各关注点处周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

（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目标：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

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较小，对环境的影响可以接受。

（4）其他影响

本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；本项目工作人员产生的生活污水依托建设单位污水处理站（处理能力 $150\text{m}^3/\text{d}$ ）处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后依托旗能电铝污水处理厂处理达《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）中对“敞开式循环冷却水系统补水”水质要求后，旗能电铝全部回用，不外排，对环境影响较小，远期（北渡铝产业园区污水处理厂投运后），排入市政污水管网进入北渡铝产业园区污水处理厂进一步处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准后排入綦江；生活垃圾经袋装分类收集后，由环卫部门统一处理；报废的 2 台探伤机对其去功能化后，根据建设单位相关要求处理，保留相关手续并做好记录存档；项目固废均得到妥善处理，对环境影响很小。

续表 13 结论及建议

项目噪声源主要为铅房排风扇,属于低噪声设备,经距离衰减及铅房隔声后排放,项目运行时的噪声对铅房外的贡献值很小;X-Ray 检测室北墙外墙上安装的 2 个低噪声排风扇,噪声源强较小,经距离衰减和厂房隔声后排放,对项目所在区域声环境影响小。

(5) 事故风险

本项目可能产生的辐射事故主要为联锁装置失效、X 射线管丧失自身屏蔽、人员滞留铅房内、屏蔽体出现膨胀变形等情况,本项目各类事故误照射导致人员受照剂量最大约为 2226.29mGy,因此,本项目可能发生的辐射事故风险等级为较大辐射事故。在探伤铅房内及控制台设置有紧急停机按钮,辐射工作人员通过加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备防护检测、加强设备维护、使设备始终保持在最佳状态下工作、正确佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪,辐射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后,本项目风险可控。

13.1.8 辐射环境管理

建设单位属于首次开展核技术利用项目,拟按照相关要求建立辐射环境管理机构,或至少配备 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,制定相应的管理制度,保证辐射工作人员考核合格后上岗,定期培训;建立辐射工作人员职业健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等,并及时办理辐射安全许可证,在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中,建设单位还应加强核安全文化建设,提高辐射安全管理能力,杜绝辐射事故的发生。

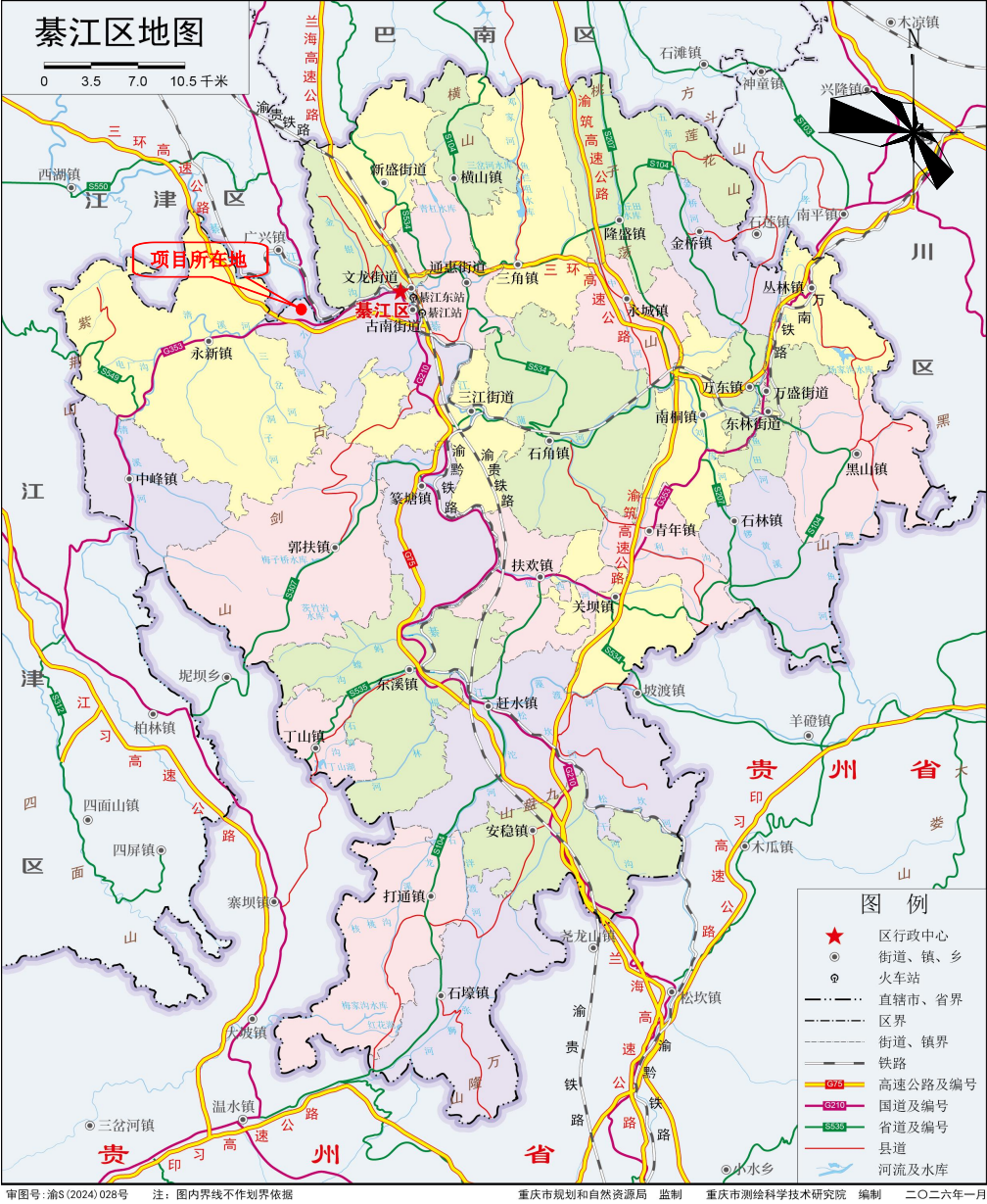
13.1.9 综合结论

综上所述,重庆綦美智能科技高端铝合金零部件项目(探伤部分)符合国家产业政策,符合辐射防护“实践的正当性”原则,选址可行和布局合理,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,其辐射事故风险可防可控。因此,从环境保护的角度来看,该建设项目是可行的。

附 录

附图

附图 1 本项目所在地理位置图



附图1 本项目所在地理位置图