

核技术利用建设项目
新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具
生产线建设项目（探伤部分）

环境影响报告表

建设单位：重庆美利信科技股份有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2023年7月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具生产
线建设项目（探伤部分）
环境影响报告表

建设单位名称：重庆美利信科技股份有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：余克飞

通讯地址：重庆市巴南区天安路1号附1号、附2号

邮政编码：401320

联系人：赵建洪

电子邮箱：z*****@*****.com 联系电话：18*****20



余克飞

赵建洪

编制单位和编制人员情况表

项目编号	91q16c		
建设项目名称	新能源汽车系统、5G通信零配件及模具生产线建设项目（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）	重庆美利信科技股份有限公司		
统一社会信用代码	91500113709375029C		
法定代表人（签章）	余克飞 		
主要负责人（签字）	余亚军 		
直接负责的主管人员（签字）	赵建洪 		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
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
刘媛	2014035550350000003511550046	BH001056	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
罗红梅	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废气物（重点是放射性废弃物）、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH057691	

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具生产线建设项目(探伤部分)				
建设单位		重庆美利信科技股份有限公司				
法人代表		余克飞	联系人	赵建洪	联系电话	18*****20
注册地址		重庆市巴南区天安路 1 号附 1 号、附 2 号				
项目建设地点		重庆市巴南区天安路 1 号附 1 号、附 2 号二期压铸车间内				
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	2102-500113-04-01-937268	
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)	4%
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)	/
应用 类 型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其他						
<p>1.1 建设单位简介</p> <p>重庆美利信科技股份有限公司（以下简称“公司”）创立于 2001 年 5 月，主要从事通信领域和汽车领域铝合金精密压铸件的研发、生产和销售。2015 年，根据企业发展需要，公司在巴南经济园区天明汽摩产业园（现巴南区天安路 1 号附 1 号、附 2 号）征地 12000m²，建设联合厂房 1 栋、综合楼 1 栋、以及门卫室等配套设施，主要生产汽车件、通讯件、一般压铸件、锌合金件等。</p> <p>2020 年，公司名称由重庆美利信科技有限责任公司更名为重庆美利信科技股份有限公司。2022 年，根据公司发展，开展“新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具生产线建设项目”（公司二期建设项目），新增占地 30300m²，新建压铸车间、模具车间、机加车间及配套办公用房等。目前该项目主体工程已建成，正在进行验收中。</p>						

续表 1 项目基本情况

1.2 项目由来

为配套“新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具生产线建设项目”的生产使用，公司拟配置一套 X 射线数字成像检测设备(UND225 型,单管头,最大管电压为 225kV,最大管电流为 8mA)和一套双源 X 射线数字成像检测设备(UND160 型,双管头,最大管电压均为 160kV,最大管电流均为 11mA), 固定在安装在二期压铸车间内,在其自带的专用铅房内进行新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具的无损检测。

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

本项目 X 射线数字成像检测设备、双源 X 射线数字成像检测设备带有专用屏蔽铅房,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 X 射线数字成像检测设备、双源 X 射线数字成像检测设备不是自屏蔽式 X 射线探伤装置,其使用活动按 II 类射线装置管理。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定,该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(生态环境部令第 16 号)的要求,本项目属于“172 核技术利用建设项目使用 II 类射线装置的”,应编制环境影响报告表。为保护环境,保障公众健康,严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》,重庆美利信科技股份有限公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位组织专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集,结合项目特点、性质、

续表 1 项目基本情况

规模和环境状况，并按照国家核技术应用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了该项目的环境影响报告表。

1.3 建设内容及工程规模

(1) 项目概况

本项目拟配置一套 X 射线数字成像检测设备（UND225 型，单管头，最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA，以下简称“UND225 型实时成像系统”），布置于公司二期压铸车间西南侧品质探伤室内；一套双源 X 射线数字成像检测设备（UND160 型，双管头，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 11mA，以下简称“UND160 型实时成像系统”），布置于公司二期压铸车间东北侧检测区内。操作台均设置于铅房外，对新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具进行无损检测。本项目总使用面积约 256.6m²。

项目建设工期约 6 个月。

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	实时成像系统	拟在公司二期压铸车间西南侧品质探伤室（四周均为普通砖墙，使用面积约 100.5 m ² ）内配置 1 套 UND225 型实时成像系统，射线检测部分（X 射线管头、探测器、C 臂等）固定安装于一体式铅房内（铅房净空尺寸：2300mm（长）×2010mm（宽）×2115mm（高）），单管头，最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA；操作台布置于 UND225 型实时成像系统东南侧。	新购
		拟在公司二期压铸车间东北侧设置 1 个检测区（东北侧为普通砖墙，其余三侧为钢板围栏，使用面积约 156.1 m ² ）内配置 1 套 UND160 型实时成像系统，射线检测部分（X 射线管头、探测器、C 臂等）固定安装于一体式铅房内（铅房净空尺寸：7660mm（长）×2940mm（宽）×2600mm（高）），双管头，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 11mA；操作台布置于 UND225 型实时成像系统西北侧。	新购
公用工程	供配电系统	依托二期压铸车间供配电系统，二期压铸车间用电来源于市政供电。	依托
	给水系统	依托厂区给水管网。	依托
环保工程	废水处理	项目工作人员生活污水依托厂内二期污水站处理后进入市政污水管网。	依托
	固废处	项目工作人员生活垃圾依托公司现有的生活垃圾收集系统收集后	依托

续表 1 项目基本情况

	理	交由环卫部门统一处理。 报废的射线装置按照相关要求对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，交由资质的单位处理。	
	废气治理	①UND225型实时成像系统：专用铅房顶部自带2个排风扇，总风量为330m ³ /h，换气次数约20次/h。 ②UND160型实时成像系统：专用铅房顶部自带2个排风扇，总风量为1400m ³ /h，换气次数约20次/h。 各铅房内废气排至二期压铸车间，依托二期压铸车间排风系统排出室外。	铅房自带
	辐射防护	UND225 型实时成像系统、UND160 型实时成像系统自带屏蔽铅房，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。铅房采用钢+铅+钢的屏蔽结构。	/
其他	辐射工作人员	在公司内部培养 1 名辐射工作人员并新聘 3 名辐射工作人员开展检测工作。	/

(2) 本项目设备铅房设计

本项目设备铅房的具体设计如下表 1-2 所示。为更好的区分实时成像系统与周围工作区域，UND225 型实时成像系统铅房布置于二期压铸车间品质探伤室西侧一角，在 UND225 型实时成像系统东南侧、东北侧铅房外 1m 处设置 1.1m 高围栏；UND160 型实时成像系统铅房布置于二期压铸车间检测区东侧一角，在 UND160 型实时成像系统西北侧、西南侧铅房外 1m 处设置 1.1m 高围栏。

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
UND225 型实时成 像系统铅 房	2300mm (长) ×2010mm (宽) ×2115mm (高)	西南侧、东南侧、东北侧及顶棚屏蔽体：内4mm钢+9mmPb+外3.5mm钢； 西北侧屏蔽体：内4mm钢+17mmPb+外3.5mm钢 底板：内3mm钢+9mmPb+外3mm钢； 排风出口罩：2mm钢+9mm铅+外2mm钢（2层）； 电缆及冷却水管进出口罩：内 2mm 钢+9mmPb+外 2mm 钢； 主射方向为西北侧、顶棚及底板。	设备 厂家 提供
		工件进出铅门：内 3.5mm 钢+9mmPb+外 2mm 钢。	
UND160 型实时成 像系统铅 房	7660mm (长) ×2940mm (宽) ×2600mm (高)	四面屏蔽体：内4mm钢+8mmPb+外2mm钢； 顶棚、底板：内4mm钢+8mmPb+外2mm钢； 排风出口罩：2mm钢+8mmPb+2mm钢（2层）； 电缆及冷却水管进出口罩：内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢； 主射方向为西南侧、东北侧及底板。	
		工件进出铅门：内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢； 检修门：内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢。	

续表 1 项目基本情况

(3) 设备概况

本项目设备情况表见表 1-3。

表 1-3 设备基本情况表

UND225 型实时成 像系统	系统组成	X 射线探伤机（II 类 X 射线装置，定向型）、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、X 射线防护单元、排风系统。
	X 射线管	定向，1 支，最大管电压为 225kV、最大管电流为 8mA
	焦点、X 射线束辐射角、焦距	0.4/1.0mm，21°，1300mm
	C 型臂	长度固定，垂直方向上下移动，相对于垂直方向，可上下偏转 15°
	铅房尺寸	内空尺寸：2300mm（长）×2010mm（宽）×2115mm（高）； 工件进出口门尺寸：900mm×1910mm（工件进出、检修人员进出，铅门左右搭接扣边各为 50mm）。
	铅房材质及厚度（Pb 当量）	见表1-2。
	辐射防护设施	配置有安全联锁装置、工作状态指示灯、钥匙开关、警示灯、急停开关、固定式场所辐射探测报警装置、警示标志、视频监控系统、个人防护用品及监测仪器等。
	生产厂家	重庆日联科技有限公司
UND160 型实时成 像系统	系统组成	X 射线探伤机（II 类 X 射线装置，定向型）、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、X 射线防护单元、排风系统。
	X 射线管	定向，2 支，最大管电压均为 160kV、最大管电流均为 11mA
	焦点、X 射线束辐射角、焦距	0.4/1.0mm，30°，1150mm
	C 型臂	长度固定，可旋转 180°，相对于垂直方向，可前后偏转 15°，相对于水平方向，可左右偏转 15°
	铅房尺寸	内空尺寸：7660mm（长）×2940mm（宽）×2600mm（高）； 工件进出口门尺寸：1800mm×1800mm（供工件进出，铅门左右搭接各为 50mm）； 两侧检修门尺寸：2200mm×1350mm（仅检修时人员进出）。
	铅房材质及厚度（Pb 当量）	见表1-2。
	辐射防护设施	配置有安全联锁装置、工作状态指示灯、钥匙开关、警示灯、急停开关、固定式场所辐射探测报警装置、警示标志、视频监控系统、个人防护用品及监测仪器等。
	生产厂家	重庆日联科技有限公司

(4) 探伤工件情况

本项目主要对公司汽车零配件、5G 通信结构件进行抽检。检测工件的参数见表 1-4。

续表 1 项目基本情况

工件名称	材质	直径	最大厚度	工件形状	适用机型
汽车零部件、通信零配件	铝合金	150-1000mm	130mm	不规则	UND225 型实时成像系统
		800-1600mm	90mm	板状	UND160 型实时成像系统

(5) 计划工作量

公司年工作 260 天，每周工作 5 天，两班制，每班工作 8h。

根据建设单位提供数据，其工作情况见表 1-5。

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
UND225 型实时成像系统	1min	270 次/天	1350 次/周	70200 次	22.5h/周	1170h
UND160 型实时成像系统	2min	200 次/天	1000 次/周	52000 次	33.3h/周	1733.3h

(6) 劳动定员

项目拟在公司内部调配 1 名辐射工作人员并新聘 3 名辐射工作人员从事本项目 X 射线无损检测工作，具体人员待定，新聘人员在公司总劳动定员内。

1.4 项目外环境概况

公司厂区西北侧、东北侧紧邻重庆宗申航空发动机制造有限公司厂区（在建）；西南侧紧邻天辰大道；东南侧紧邻天安路。项目周围环境卫星图及保护目标布置示意图见附图 2，项目所在厂房平面布局图见附图 3，项目与用地规划图的关系见附图 5。

项目所在二期压铸车间，西北侧紧邻厂区道路，之外约 10m 为重庆宗申航空发动机制造有限公司厂区（在建）；西南侧紧邻厂区道路，之外约 23m 为危险废物暂存间、污水处理站、联合厂房等；东南侧紧邻研发中心大楼、之外约 14m 为厂区道路，约 25m 为天安路；东北侧紧邻厂区道路，之外约 9m 为二期机加车间。项目所在二期压铸车间周围外环境见表 1-6。

表 1-6 本项目所在二期压铸车间周围外环境一览表

序号	名称	方向	与厂房的距离	高差	基本情况
1	厂区道路		紧邻	0m	厂区道路
2	重庆宗申航空发动机制造有限公司厂区（在建）	西北侧	约 10~300m	0m	重庆宗申航空发动机制造有限公司施工区，4F，约 30 人

续表 1 项目基本情况

3	厂区道路	西南侧	紧邻	0m	厂区道路
4	危废暂存间、污水处理站、联合厂房等		约 23m	0m	厂区用房, 1F, 约 300 人
5	研发中心大楼	东南侧	紧邻	0m	办公楼, -1~4F, 约 100 人
6	厂区道路		约 14~25m	0m	厂区道路
7	天安路		约 25~63m	0m	路面宽约 30m, 双向 4 车道
8	厂区道路	东北侧	紧邻	0m	厂区道路
9	二期机加车间		约 9~56m	0m	厂区用房, 3F, 约 300 人

项目专用铅房 50m 范围内主要为公司内道路、研发中心大楼、其他车间及重庆宗申航空发动机制造有限公司厂区（在建）等，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。

1.5 工作场所选址可行性分析

UND225 型实时成像系统拟设置在公司二期压铸车间西南侧品质探伤室内，UND160 型实时成像系统拟设置在公司二期压铸车间东北侧检测区内，品质探伤室、检测区分别位于二期压铸车间两侧，中部为车间压铸区，便于将待检工件运送至品质探伤室、检测区内；实时成像系统专用铅房固定安装在品质探伤室、检测区内，内部无其他人员活动，有利于辐射防护，品质探伤室、检测区外周围活动人员较少，有利于减少无损检测对公众成员的影响；品质探伤室、检测区内有工件待检区及安全通道，方便工作人员将工件运输至品质探伤室、检测区内的检测区域。因此，项目选址可行。

1.6 与项目有关的原有核技术应用及污染状况

根据调查，重庆美利信科技股份有限公司办理了辐射安全许可证（渝环辐证[00392]，有效期至 2028 年 1 月 17 日），重庆美利信科技股份有限公司现有 2 台 III 类射线装置、1 台 II 类射线装置，均在许可范围内。

重庆美利信科技股份有限公司现有辐射装置具体情况见表 1-7 所示。

表 1-7 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	XG-160ST/C 型 X 射线成像检测系统	III 类	无损检测	1	重庆美利信科技股份有限公司联合厂房探伤室	已验收、办证
2	MU2000-D225 型 X 射线实时成像系统	III 类	无损检测	1	重庆美利信科技股份有限公司联合厂房探伤室	已验收、办证
3	UND160 型双源 X 射线数字成像检测设备	II 类	无损检测	1	重庆美利信科技股份有限公司联合厂房压铸车间检测区	已验收、办证

根据现场调查以及建设单位提供资料，公司已制定有相应的辐射防护制度，目前

续表 1 项目基本情况

配置有 5 名辐射工作人员，定期进行了职业健康体检，并建立了档案、辐射工作人员均配备了个人剂量计等，建立了个人剂量计档案（根据公司统计，现有辐射工作人员上一年度个人剂量在 0.15mSv/a~0.20mSv/a，远低于公司的管理目标值 5mSv/a），定期进行了辐射工作防护与安全培训，并取得合格成绩单，做到了持证上岗。公司委托有资质单位对运行的射线装置探伤室的辐射环境进行了监测，现有整体探伤室屏蔽能力满足要求。公司上述设备运行至今使用情况良好，无辐射安全事故发生，未发生环保纠纷，未收到环保投诉，无环保遗留问题。

1.7 项目所在厂区环保手续情况

2021 年 3 月，重庆美利信科技股份有限公司拟建设“新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具生产线建设项目”，该项目在建设期间考虑到公司发展，对建设内容进行了调整，属于重大变动，于 2022 年 12 月进行重新报批，取得了《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（巴）环准〔2022〕061 号），目前正在开展环保竣工验收工作。

1.8 与项目依托可行性

项目依托可行性分析见表 1-8。

表 1-8 项目依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
公用工程	供电、供水等公用工程依托已有设施	本项目供电、供水设施依托现有工程。厂区为市政供电，市政管网供水。因此，项目依托公司现有的公用设施可行。	可行
环保工程	生活污水	项目辐射工作人员在公司总劳动定员内，故运营期厂区总体不新增生活污水，本项目可依托公司现有二期污水站。	可行
	废气	项目铅房内废气排至二期压铸车间后，依托二期压铸车间排风系统排出室外，现有二期压铸车间排风系统完善，本项目可依托。	可以
	生活垃圾	项目工作人员生活垃圾依托公司现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。	可行
劳动定员	依托公司已有工作人员开展相关工作	项目拟在公司内部调配 1 名辐射工作人员并新聘 3 名辐射工作人员从事本项目 X 射线无损检测工作，具体人员待定，不新增公司总劳动定员，需参加辐射安全与防护知识培训，并考核合格后方可上岗。	可行
辐射安全管理	依托公司已有辐射工作安全管理领导	重庆美利信科技股份有限公司现已成立辐射工作安全管理领导小组；现有辐射安全管理规章制度符合相关	可行

续表 1 项目基本情况

	小组及辐射安全管理规章制度	规范和要求，根据本项目情况，完善现有辐射安全管理规章制度后本项目可依托。	
<p>根据上表可知，本项目公用工程、环保工程均可依托公司的现有设施；辐射安全管理现有辐射工作安全管理领导小组可依托，根据本项目情况，完善后的辐射安全管理制度管理可依托，公司培养的辐射工作人员参加辐射安全与防护知识培训，并考核合格后方可上岗。因此，项目依托公司现有设施、工作人员以及辐射安全管理是可行的。</p>			

表2 放射源

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

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

表3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线数字成像检测设备	II	1	UND225 型	225	8	无损检测	二期压铸车间西南侧品质探伤室内	/
2	双源 X 射线数字成像检测设备	II	1	UND160 型	160	11	无损检测	二期压铸车间东北侧检测区内	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，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 日施行修订版；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日修订施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国国务院生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行；中华人民共和国国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(9) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(10) 《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》（环保部，2018 年 2 月 12 日）；</p> <p>(11) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日修订发布；</p> <p>(12) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，自 2021 年 1 月 1 日修订发布；</p> <p>(13) 《重庆市放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（渝环〔2017〕242 号），2017 年 12 月 14 日施行。</p>
------	--

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) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ61-2021) ;</p> <p>(7) 《环境 γ 辐射剂量率监测技术规范》 (HJ1157-2021) ;</p> <p>(8) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》 (GBZ2.1 -2019) ;</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019) 。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 项目备案证, 支撑性材料附件 1;</p> <p>(2) 评价内容确认函, 支撑性材料附件 2;</p> <p>(3) 项目所在大厂房环评批复, 支撑性材料附件 3;</p> <p>(4) 本项目监测报告, 支撑性材料附件 4;</p> <p>(5) 辐射安全许可证, 支撑性材料附件 5;</p> <p>(6) 辐射相关制度, 支撑性材料附件 6;</p> <p>(7) 项目设计等相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《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 UND225 型实时成像系统、UND160 型实时成像系统铅房屏蔽体外 50m 的范围作为项目辐射环境影响的评价范围。

7.2 保护目标

二期压铸车间为 1F 厂房，本项目 UND225 型实时成像系统的铅房和操作台放置于二期压铸车间品质探伤室内，铅房顶部周围无行车，品质探伤室内未布置其他工作区域。UND225 型实时成像系统的铅房东北侧为压铸区；西北侧为楼梯、纯水间、划线室、实验室等；西南侧为厂内道路、危废暂存间、联合厂房压铸车间等；东南侧为操作台、卫生间、厂内道路、二期污水站等。

UND160 型实时成像系统的铅房和操作台放置于二期压铸车间东北侧检测区内，铅房顶部周围无行车，检测区内未布置其他工作区域。UND160 型实时成像系统的铅房东北侧为厂内道路、二期机加车间等；西北侧为操作台、清理校正区、产品存放区等；西南侧为压铸区、模具维修区；东南侧为厂内过道、三坐标室、表面清理区等。

本项目 UND225 型实时成像系统、UND160 型实时成像系统铅房屏蔽体外 50m 评价范围内环境保护目标情况见表 7-1。

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	方位	水平距离 (m)	高差 (m)	敏感目标特征	影响人群	影响因素
UND225 型实时成像系统							
1	压铸区	东北侧	约 9.6~50	0	厂房工作区，约 30 人	公众成员	电离辐射
2	楼梯	西北侧	约 1.2	0	约 1 人	公众成员	
	纯水间、划线室、实验室		约 5~50	0	厂房辅助用房，约 10 人	公众成员	
3	厂内道路	西南侧	约 1	0	约 5 人	公众成员	
	危废暂存间、联合厂房压铸车间		约 24.5~50	0	辅助用房及车间等，约 300 人	公众成员	

续表 7 保护目标与评价标准

续表 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	方位	水平距离 (m)	高差 (m)	敏感目标特征	影响人群	影响因素
4	操作台	东南侧	约 1.1	0	约 2 人	辐射工作人员	电离辐射
	卫生间、厂内道路、二期污水站		约 13.6~50	0	厂内辅助用房, 约 20 人	公众成员	
UND160 型实时成像系统							
1	厂内道路	东北侧	约 1.5	0	约 3 人	公众成员	电离辐射
	二期机加车间		约 12.6~50	0	厂房 (1~3F), 活动人员约 300 人	公众成员	
2	操作台	西北侧	约 1.5	0	约 2 人	辐射工作人员	
	清理校正区、产品存放区		约 4.4~50	0	厂房工作区, 约 10 人	公众成员	
3	压铸区、模具维修区	西南侧	约 15.1~50	0	厂房工作区, 约 30 人	公众成员	
4	厂内过道	东南侧	约 1.1	0	约 2 人	公众成员	
	三坐标室、表面清理区		约 9.4~50	0	厂房工作区, 约 20 人	公众成员	
7.3 评价标准							
(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)							
本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。							
第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限值, 以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。							
B1 剂量限值							
第 B1.1.1.1 款 应对任何工作人员的照射水平进行控制, 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							

续表 7 保护目标与评价标准

述限值：年有效剂量，1mSv。

(2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

该标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

第 5 条 探伤机的放射防护要求

第 5.1 条 X 射线探伤机

第 5.1.1 条 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1（本报告表 7-2）的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。

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控制值, mSv/h
150~200	<2.5
>200	<5

第 6 条 固定式探伤的放射防护要求

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：

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： $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$

续表 7 保护目标与评价标准

公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$

第 3.1.2 条 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

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

第 3.2 条 需要屏蔽的辐射

第 3.2.2 条 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

(4) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》
(GBZ2.1-2019)

室内：臭氧浓度的接触限值： $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；氮氧化物的接触限值： $5\text{mg}/\text{m}^3$ ；

(5) 评价标准及相关参数值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求，放射工作人员年有效剂量不超过 20mSv ，公众成员年有效剂量不超过 1mSv ；根据建设单位的提供的资料，重庆美利信科技股份有限公司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 。铅房周围剂量当量率以不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 进行控制。

综上所述，结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价要求见表 7-3 所示。

表 7-3 项目主要评价标准及相关参数汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标限值	辐射工作人员： 5mSv 公众成员： 0.1mSv	GB18871-2002、公司管理要求
2	周剂量管理目标限值	职业工作人员周剂量： $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 公众成员周剂量： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$	GBZ/T250—2014
3	铅房外剂量要求	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	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 辐射环境质量现状

本项目位于重庆市巴南区天安路 1 号附 1 号、附 2 号二期压铸车间探伤室内，为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，2023 年 5 月 26 日重庆泓天环境监测有限公司对项目所在位置的辐射环境质量进行了现状监测，监测结果见渝泓环(监)[2023]338 号（见附件）。

(1) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率（未扣除宇宙射线）

(2) 监测方法和依据：

表 8-1 监测方法和依据

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

(3) 监测仪器

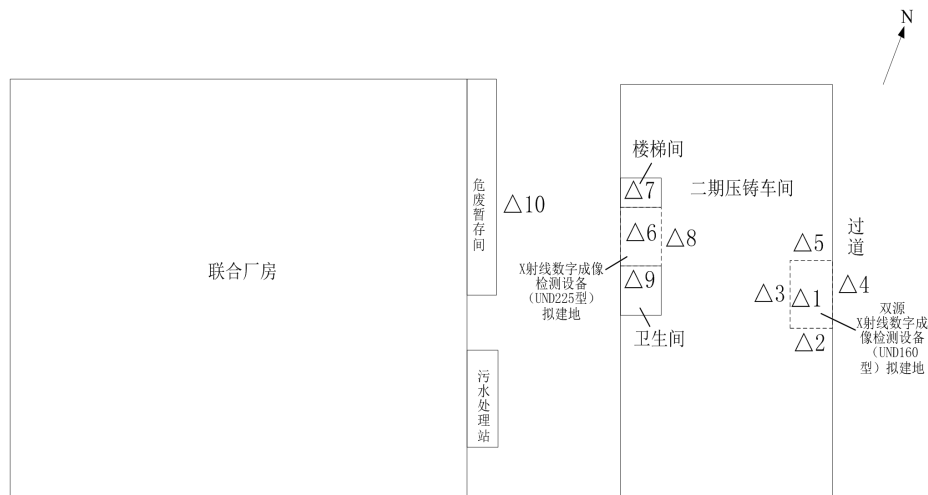
监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

监测仪器名称及型号	仪器编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境级 x、 γ 辐射 巡检仪 RGM5200	1222203004 005	HT20221201	Y2022-0108 775	2023.11.13

测量范围：1nSv/h-100 μ Sv/h。

(4) 监测点位：共设 10 个点。具体监测布点见图 8-1。



备注：△为监测点位，监测点位距地面 1.0m，项目位于巴南区天安路 1 号附 2 号美利信二期压铸车间。

图 8-1 监测布点图

续表 8 环境质量和辐射现状

监测布点合理性分析：

监测点位分别布设在项目铅房拟建址、项目所在二期压铸车间内外最近环境保护目标处。监测布点较全面的考虑了项目所在位置及其周围辐射环境水平，总体上可以反映项目所在地辐射环境水平。

(5) 质量保证措施

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数据量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核、审定，最后由授权签字人签发。

(6) 监测结果统计：监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 拟建项目辐射环境监测结果统计

监测点位编号	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
$\Delta 1$	美利信二期压铸车间内 (UND160 型实时成像系统拟建地)	0.054
$\Delta 2$	美利信二期压铸车间内 (UND160 型实时成像系统拟建地东南侧)	0.061
$\Delta 3$	美利信二期压铸车间内 (UND160 型实时成像系统拟建地西南侧)	0.054
$\Delta 4$	美利信二期压铸车间外东北侧过道上	0.053
$\Delta 5$	美利信二期压铸车间内 (UND160 型实时成像系统拟建地西北侧)	0.052
$\Delta 6$	美利信二期压铸车间内 (UND225 型实时成像系统拟建地)	0.068
$\Delta 7$	美利信二期压铸车间内 (UND225 型实时成像系统拟建地西北侧楼梯间)	0.072
$\Delta 8$	美利信二期压铸车间内 (UND225 型实时成像系统拟建地东北侧)	0.064
$\Delta 9$	美利信二期压铸车间内 (UND225 型实时成像系统拟建地东南侧卫生间)	0.091
$\Delta 10$	美利信二期压铸车间西南侧危险废物暂存间旁	0.089

根据监测统计结果可知，本项目所在位置及周围环境 γ 剂量率的监测值在 $52\text{nGy/h} \sim 91\text{nGy/h}$ ($1\mu\text{Gy}=1000\text{nGy}$) 之间 (未扣除宇宙射线)，根据《2022 年

重庆市辐射环境质量报告书》，重庆市 γ 辐射累积剂量各点位测量均值范围为78.0~119nGy/h，全市各点位年均值为94.5nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值），两者相比，项目所在地的环境 γ 辐射剂量率监测值在正常涨落范围内。

表9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺流程及产污环节

施工期仅需进行成套设备的安装（不焊接）和调试，因此，施工过程中主要有少量的施工机械噪声、包装垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活废水和生活垃圾。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 设备基本情况

本项目拟配置1台UND225型X射线探伤机、1台UND160型X射线探伤机，设备组成均主要由X射线机系统、数字成像系统、图像处理系统、电气控制系统、机械传动系统、射线防护系统、现场监视系统等组成，设备配置清单见表9-1。

表9-1 设备配置清单

UND225 型实时成像系统					
序号	名称	规格	产地	数量	备注
1	X 射线探伤机系统				
1.1	金属陶瓷 X 射线管	MXR-225HP/11	瑞士 COMET	1 支	/
1.2	高压线缆	P3/250		1 根	
1.3	高频高压发生器	iVario-225/2.25		1 台	/
1.4	水冷却器	XRC-3023-WA		1 台	冷却介质：蒸馏水、容积：4L
1.5	低压连接线缆及水管	/		1 套	/
2	高分辨率实时成像单元				
2.1	平板探测器	UN-UNT 1012M	iRay	1 台	/
2.2	万兆网线		iRay	1 套	/
2.3	万兆网卡		iRay	1 套	/
2.4	平板防护装置		日联科技	1 套	/
3	计算机图像处理单元				
3.1	工控机	UN-AT-32	研华	1 台	/
3.2	显示器	24 英寸液晶	飞利浦	2 台	/
3.3	软件	工业 X 光数字图像处理软件 V1.3	日联科技	1 套	/
3.4	现场监控	/	/	1 套	/
4	机械传动单元				
4.1	C 型臂检测机构	UN-M1	日联科技	1 套	/
4.2	旋转载物台	UN-M2		1 套	/
4.3	无线扫码枪	/	/	1 套	/
5	电气控制单元				
5.1	电气控制柜	UN-C1	日联科技	1 套	/
5.2	外围模块	UN-C2		1 套	/

表9 项目工程分析与源项

6	X 射线防护单元				
6.1	铅防护房	UN-LS225	日联科技	1 套	定制
7	排风系统				
7.1	排风扇及排风出口罩	/	日联科技	2 套	总排风量为 330m ³ /h
8	操作台				
8.1	电脑启动显示灯	/	日联科技	1 个	/
8.2	电源钥匙开关	/		1 个	/
8.3	急停按钮	/		1 个	/
8.4	射线启动按钮	/		2 个	/
8.5	工作指示灯（三色灯）	/		1 个	红绿黄三色，红色代表 X 射线出束警示；绿色代表设备启动正常，未出射线；黄色代表设备故障，布置于操作台上
9	其他				
9.1	安全连锁单元	/	日联科技	1 套	/
9.2	安全报警单元	报警灯		2 组	预备状态时内外的黄灯闪烁，出束时内外的红灯闪烁发出警报声音，铅房内外各一组
9.3	急停按钮	/		2 个	/
9.4	固定式场所辐射探测报警装置	待定	建设单位自购	1 个	探头安装在铅房内，仪表指示仪安装在操作台上
UND160 型实时成像系统					
序号	名称	规格	产地	数量	备注
1	X 射线探伤机系统				
1.1	金属陶瓷 X 射线管	MXR-160HP/11	瑞士 COMET	2 支	/
1.2	高压线缆	160kV		2 根	/
1.3	高频高压发生器	iVario-160/2.25		2 台	/
1.4	水冷却器	XRC-3023-WA		2 台	冷却介质：纯净水或水-乙醇的混合液（1:1）、容积：4L
1.5	低压连接线缆及水管	/		2 套	/
2	高分辨率实时成像单元				
2.1	平板探测器	NN -1717HS	iRay	2 台	/
2.2	光纤		iRay	2 套	/
2.3	平板防护装置		日联科技	2 套	/
3	计算机图像处理单元				
3.1	工控机	UN-AT-33	研华	1 台	/
3.2	显示器	27 英寸液晶	联想	2 台	/

表9 项目工程分析与源项

3.3	软件	工业 X 光数字图像处理软件 V1.3	日联科技	1 套	/
		AI 全自动识别软件 V1.0		1 套	/
		MES 系统接口		1 套	/
3.4	现场监控	高清摄像头、录像机及显示器		1 套	/
4	机械传动单元				
4.1	移动载物台	UN-M1	日联科技	1 套	/
4.2	C 型臂检测机构	UN-M2		1 套	/
4.3	机械手	R-2000iC/210F	发那科	2 套	C 型臂固定在机械手上
5	电气控制单元				
5.1	电气控制柜	UN-C1	日联科技	1 套	/
5.2	外围模块	UN-C2		1 套	/
5.3	操作台	UN-C3		1 套	/
5.4	产品工装	UN-C4		1 套	/
6	X 射线防护单元				
6.1	铅防护房	UN-LS160	日联科技	1 套	定制
7	排风系统				
7.1	排风扇及排风出口罩	/	日联科技	2 套	总排风量为 1400m ³ /h
8	操作台				
8.1	电脑启动显示灯	/	日联科技	1 个	/
8.2	电源钥匙开关	/		1 个	/
8.3	急停按钮	/		1 个	/
8.4	射线启动按钮	/		2 个	/
8.5	工作指示灯（三色灯）	/		1 个	红绿黄三色,红色代表 X 射线出束警示;绿色代表设备启动正常,未出射线;黄色代表设备故障,布置于操作台上
9	其他				
9.1	安全联锁单元	/	日联科技	1 套	/
9.2	安全报警单元	报警灯		2 组	预备状态时内外的黄灯闪烁,出束时内外的红灯闪烁发出警报声音,铅房内外各一组
9.3	急停按钮	/		3 个	/
9.4	遥控手柄	/		2 个	控制机械手移动及 C 臂转动
9.5	固定式场所辐射探测报警装置	待定	建设单位自购	1 个	探头安装在铅房内,仪表指示仪安装在操作台上

续表 9 项目工程分析与源项

(1) X 射线机系统组成

本项目设备 X 射线机系统主要由 X 射线管、高频高压发生器、水冷却器组成。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。



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

X 射线机系统所有操作在操作台上进行，通过面板上的开关及电脑软件进行操作。操作台外观典型照片见图 9-2。

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-2 操作台外观典型照片

设备主要性能参数见表 9-2，设备典型照片见图 9-3 和图 9-4。

表 9-2 设备主要性能参数

UND225 型实时成 像系统	最大管电压	X 射线管头为225kV
	最大管电流	X 射线管头为8mA
	冷却方式	水冷
	X 射线束辐射角	21°
	射线管焦点尺寸	d=0.4mm/1.0mm
	电压、电流可调节范围	10~225kV 连续和可调； 3.5~8mA 可调。
	最大穿透 (Al)	150mm
	焦距	1300mm
UND160 型实时成 像系统	最大管电压	两个 X 射线管头均为160kV
	最大管电流	两个 X 射线管头均为11mA
	冷却方式	水冷
	X 射线束辐射角	30°
	射线管焦点尺寸	d=0.4mm/1.0mm
	电压、电流可调节范围	7.5~160kV 连续和可调； 5~11mA 可调。
	最大穿透 (Al)	100mm
	焦距	1150mm

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-3 本项目 UND225 型实时成像系统内外观典型照片



图 9-4 (1) 本项目 UND160 型实时成像系统外观典型照片

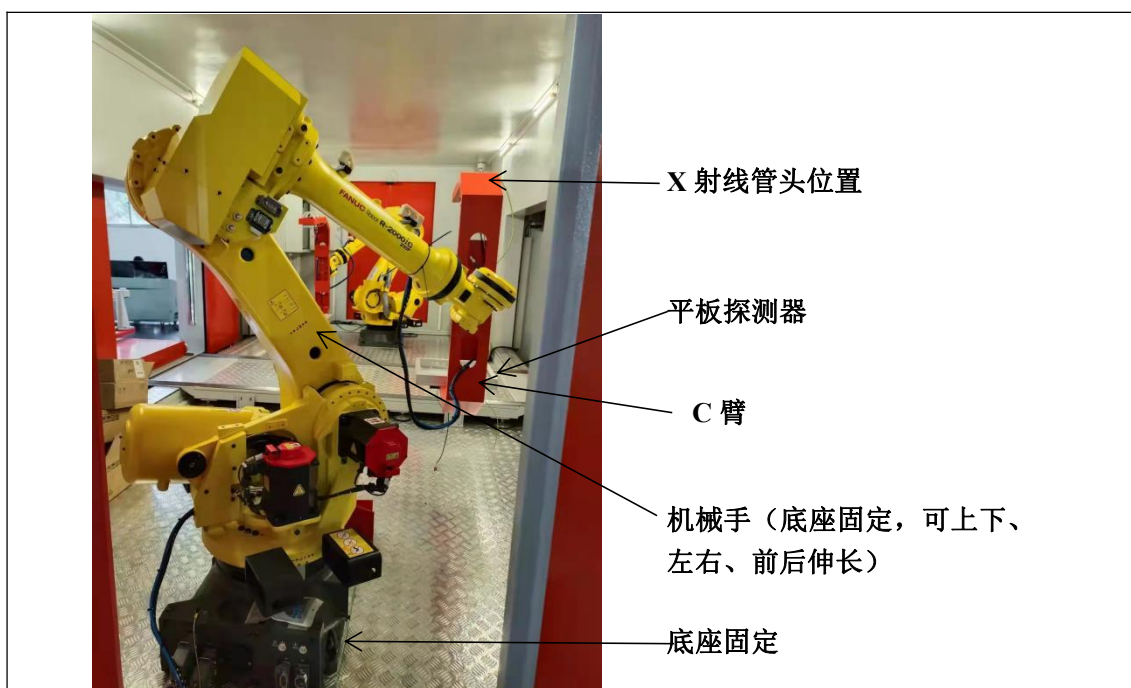


图 9-4 (2) UND160 型实时成像系统内部典型图片

9.2.2 工作原理及产污环节

(1) 工作原理及工作方式

1) X 射线产生原理

X 射线管主要由射线管和高压电源组成, X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成, 阴极是钨制灯丝, 它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时, 电子就“蒸发”出来, 聚焦杯使这些电子聚集成束, 直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 X 射线管的两极之间, 使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。高速电子与靶物质发生碰撞, 就会产生韧致 X 射线和低于入射电子能量的特征 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 9-5。

续表 9 项目工程分析与源项

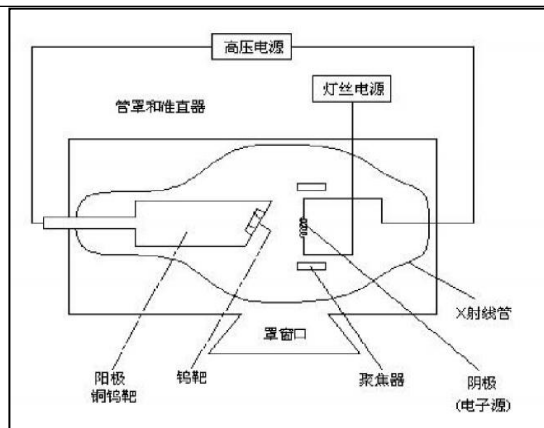


图 9-5 X 射线管原理示意图

2) X 射线系统实时成像原理

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，调节电流电压及 C 型臂位置、角度来对工件进行 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。

3) 工作方式

UND225 型实时成像系统通过 C 型臂（长度固定）垂直方向移动（距离铅房地面约 470~1470mm）并可垂直方向±15 度摆动，配合载物台（可自旋转、可在水平轨道上前后左右平移）来对工件进行扫描，X 射线管距东南侧屏蔽体内侧约 410mm，X 射线管距西北侧屏蔽体内侧约 460mm，X 射线管与探测器之前的距离为 1300mm。

UND160 型实时成像系统载物台固定，通过机器人机械手前后、左右移动配合 C 型臂（长度固定，可旋转 180°，相对于垂直方向，可前后偏转 15°，相对于水平方向，可左右偏转 15°）对工件进行扫描，检测时控制 X 射线管头位于载物台上方，且机械手控制 C 臂运动时，使 X 射线管头主射方向始终不朝向顶棚，X 射线管头距离西南侧、东北侧屏蔽体内侧水平距离不小于 400mm，距离顶棚屏蔽体内不大于 400mm，距离西北侧、东南侧屏蔽体内侧约 1800~3300mm，X 射线管与探测器之前的距离为 1150mm。本项目探伤机工作时运动方式见图 9-6。

续表 9 项目工程分析与源项

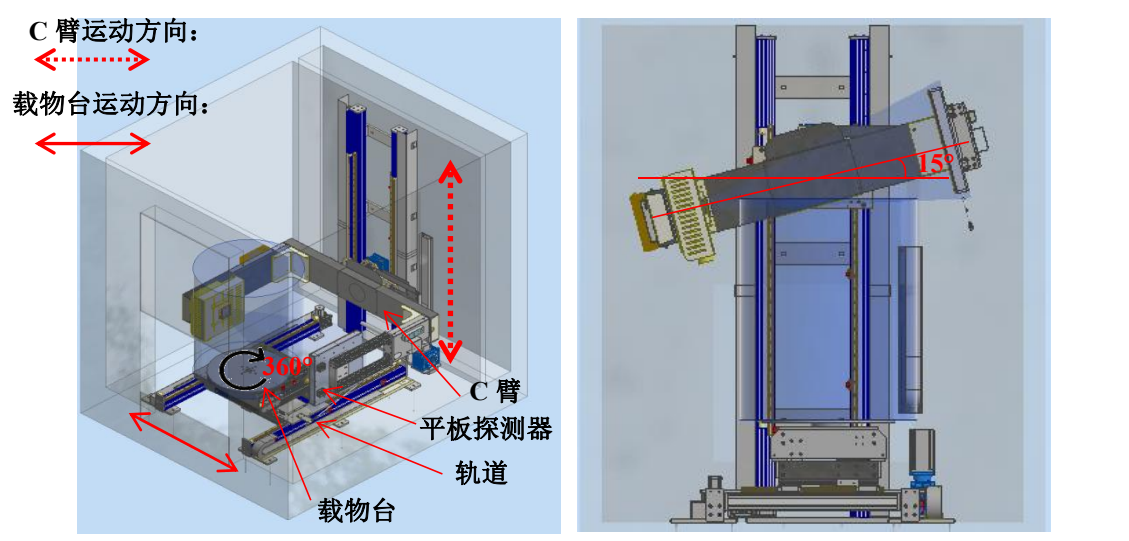
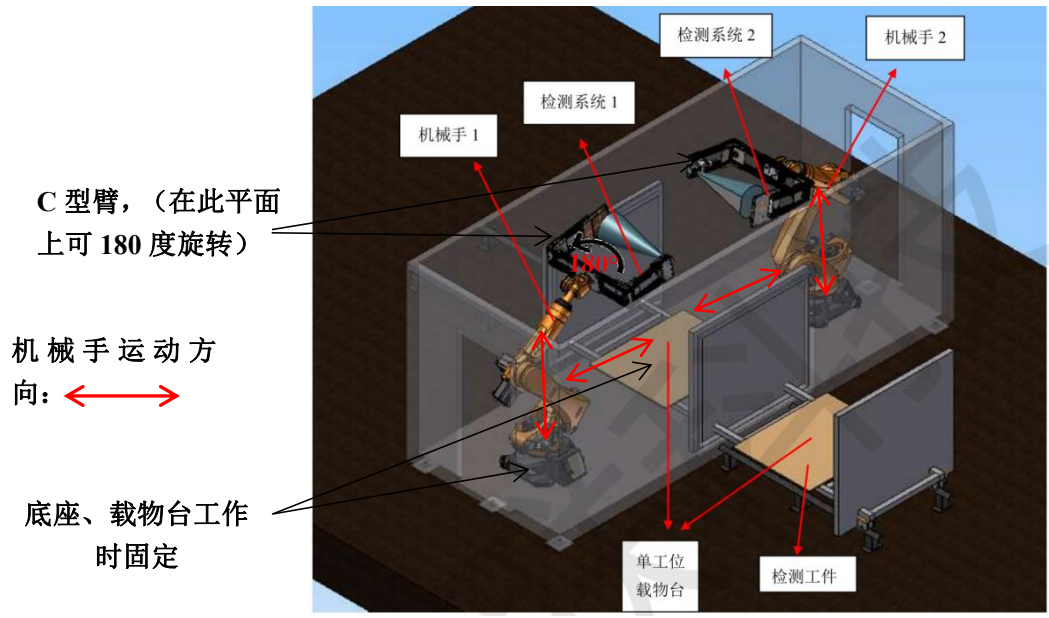
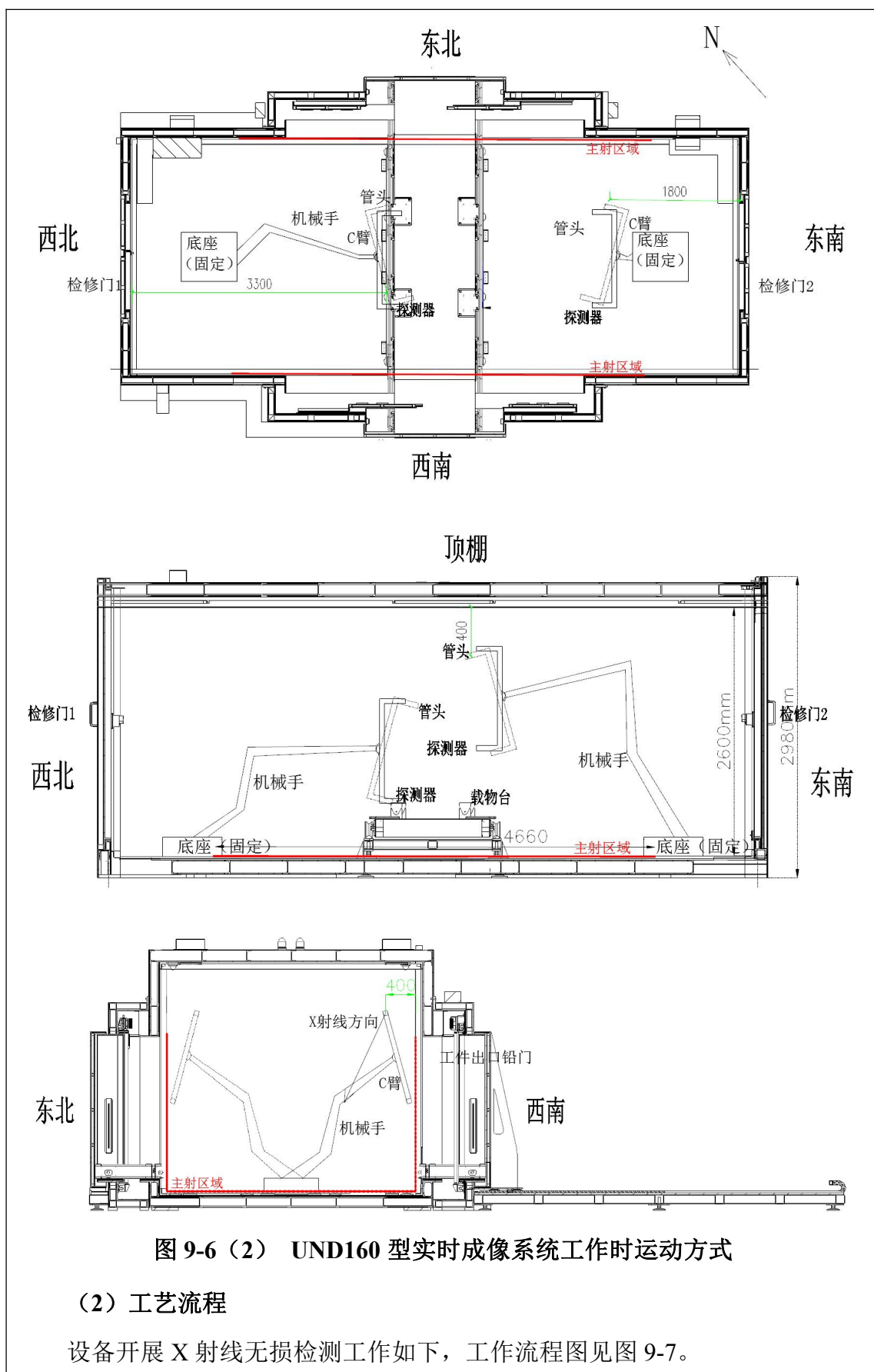


图 9-6 (1) UND225 型实时成像系统工作时运动方式



续表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

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检测区,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,打开电脑限位界面铅门开限位及 C 型臂中限位亮红色指示灯,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 型实时成像系统对受检工件进行检测时,受检工件由工作人员使用推车运至检测区内,待设备初始化完成后辐射工作人员将工件放置于设备内载物台上;使用 UND160 型实时成像系统对受检工件进行检测时,受检工件由工作人员使用推车运至检测区内,待设备初始化完成后将工作人员工件放置于工件载物台上,由传送带送至设备内。

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,载物台相对位于铅房中部。UND225 型实时成像系统通过软件控制载物台位置、C 型臂高度来检测工件,检测完毕后铅门打开,由工作人员取走工件,以此方式检测下一个工件;UND160 型实时成像系统机械手底座固定在铅房内,通过遥控手柄来控制机械手上下、左右、前后伸长以控制 C 臂来检测工件不同部位,检测完毕传送带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。

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。

续表 9 项目工程分析与源项

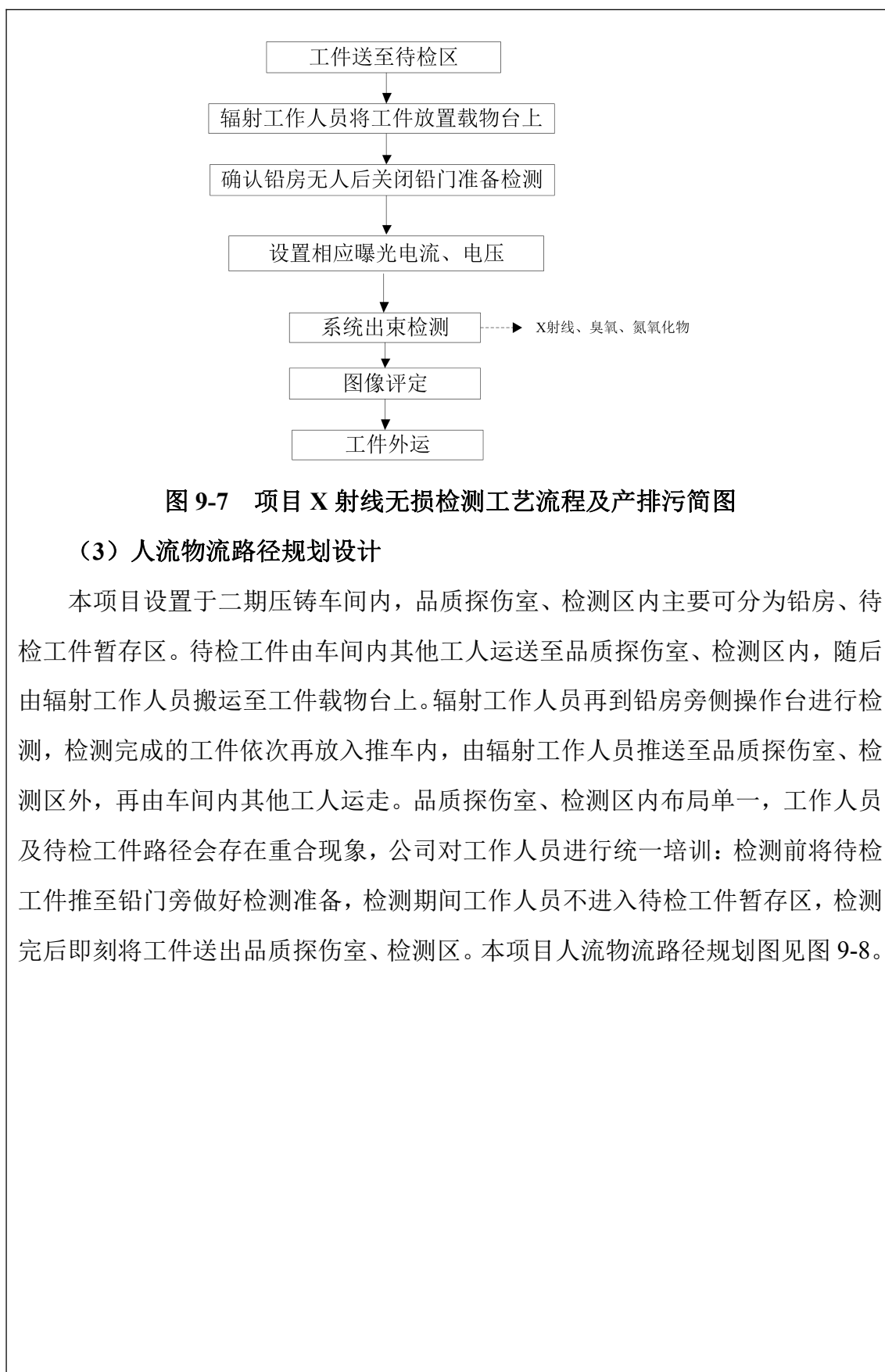


图 9-7 项目 X 射线无损检测工艺流程及产排污简图

(3) 人流物流路径规划设计

本项目设置于二期压铸车间内，品质探伤室、检测区内主要可分为铅房、待检工件暂存区。待检工件由车间内其他工人运送至品质探伤室、检测区内，随后由辐射工作人员搬运至工件载物台上。辐射工作人员再到铅房旁侧操作台进行检测，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品质探伤室、检测区外，再由车间内其他工人运走。品质探伤室、检测区内布局单一，工作人员及待检工件路径会存在重合现象，公司对工作人员进行统一培训：检测前将待检工件推至铅门旁做好检测准备，检测期间工作人员不进入待检工件暂存区，检测完后即刻将工件送出品质探伤室、检测区。本项目人流物流路径规划图见图 9-8。

续表 9 项目工程分析与源项

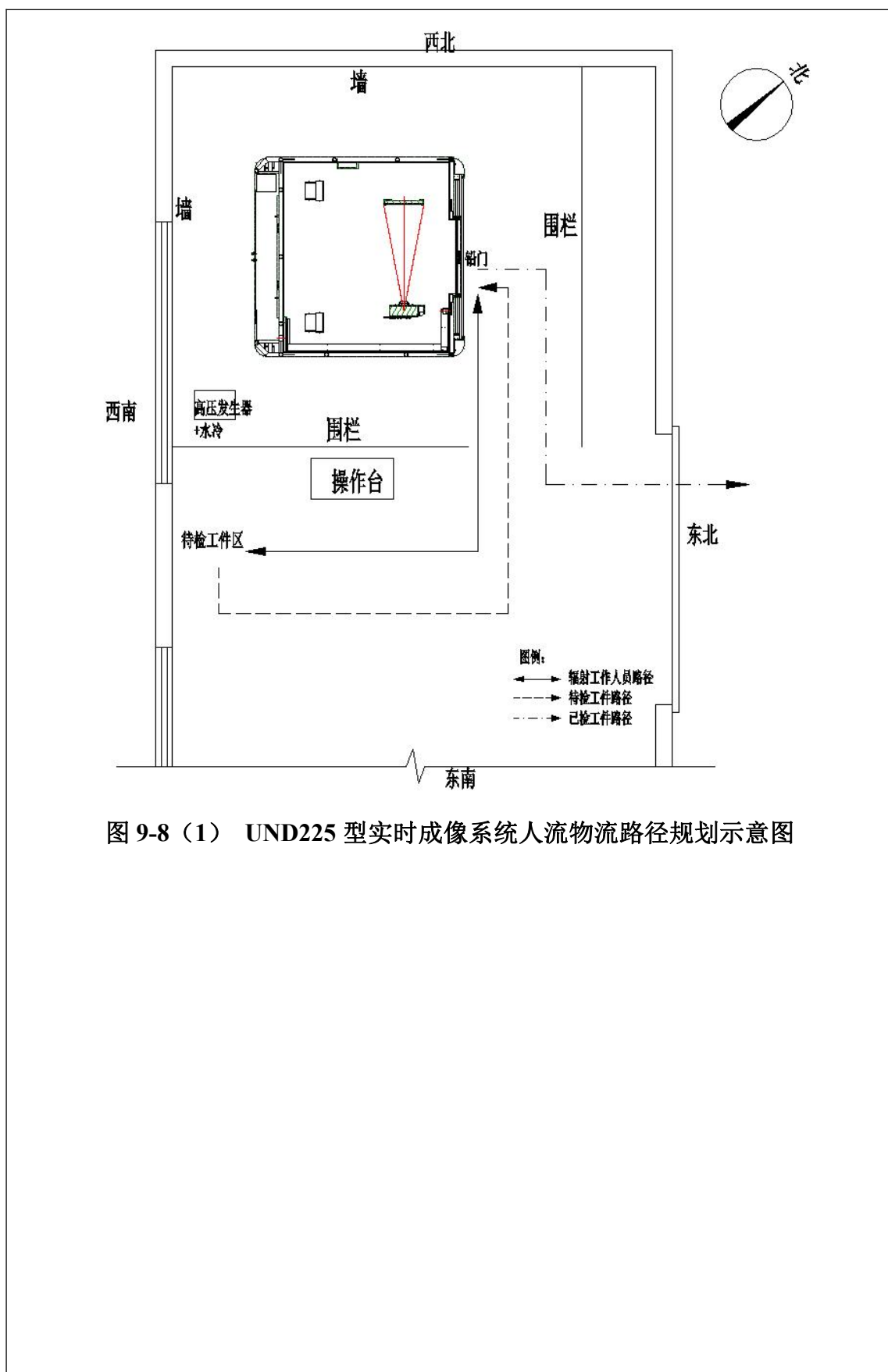


图 9-8 (1) UND225 型实时成像系统人流物流路径规划示意图

续表 9 项目工程分析与源项

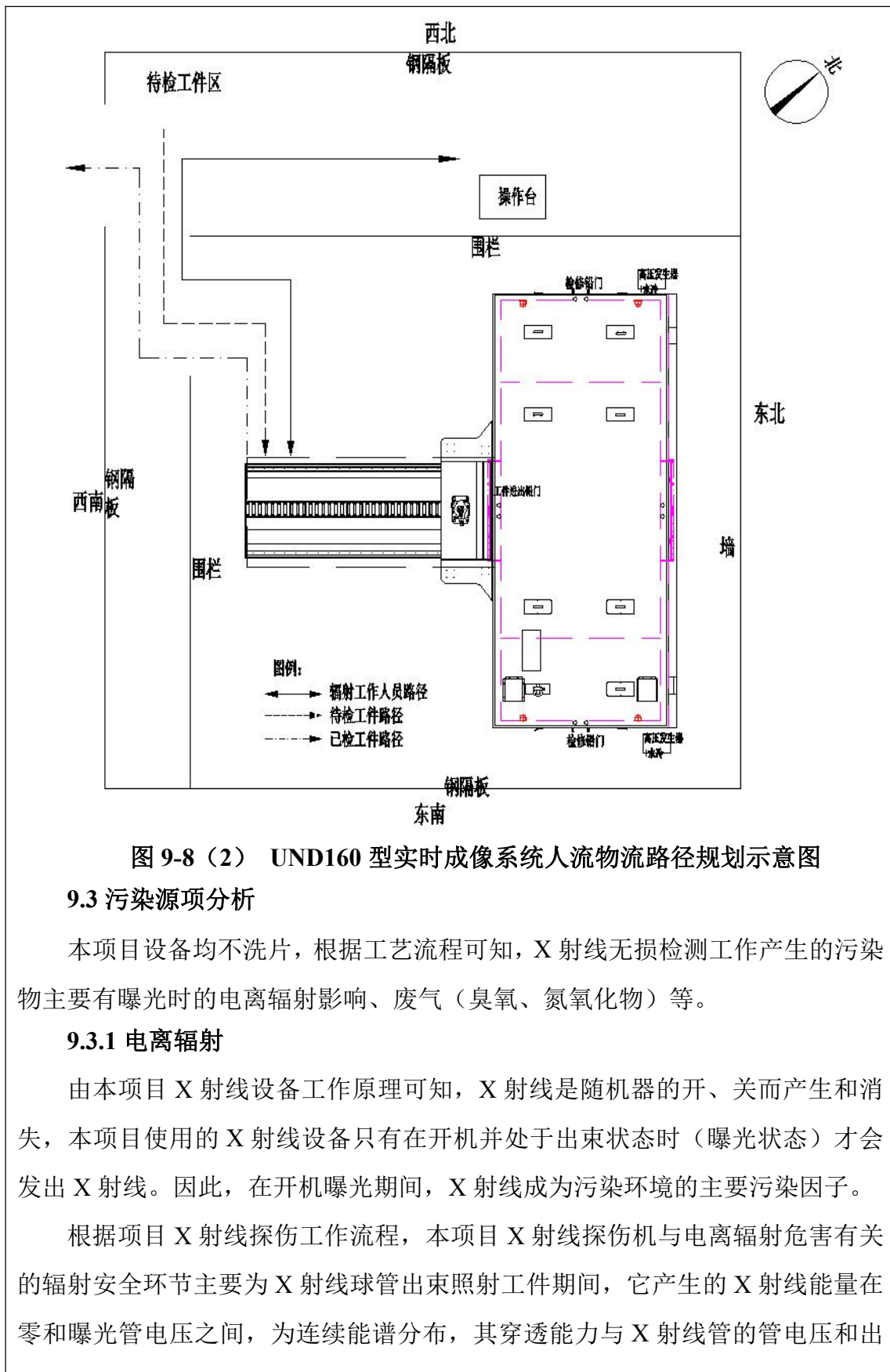


图 9-8 (2) UND160 型实时成像系统人流物流路径规划示意图

9.3 污染源项分析

本项目设备均不洗片，根据工艺流程可知，X 射线无损检测工作产生的污染物主要有曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）等。

9.3.1 电离辐射

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

根据项目 X 射线探伤工作流程，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

续表 9 项目工程分析与源项

口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

①有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线用来照射工件，形成工件无损检测的射线。根据厂家提供资料，本项目 UND160 型实时成像系统、UND225 型实时成像系统过滤板均为 0.5mm 铜根据 ICRP33 报告（第 55 页图 2、图 3）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录表 B.1 可知，确定 225kV 的 X 射线机距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量按照 0.5mm 铜为过滤板，发射率为 $14.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；确定 160kV 的 X 射线机距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量按照 0.5mm 铜为过滤板，发射率为 $6.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。X 射线设备射线能量、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 射线管的管电流越高，光子束流越强。

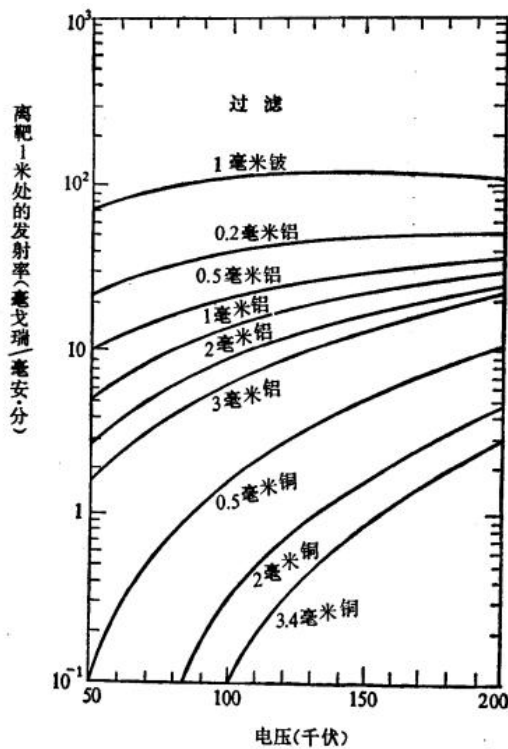


图 2 在各种线束过滤和钨反射靶情况下恒电位 X 线发生器，在离靶 1 米处的发射率，管窗是 1 毫米厚的铍

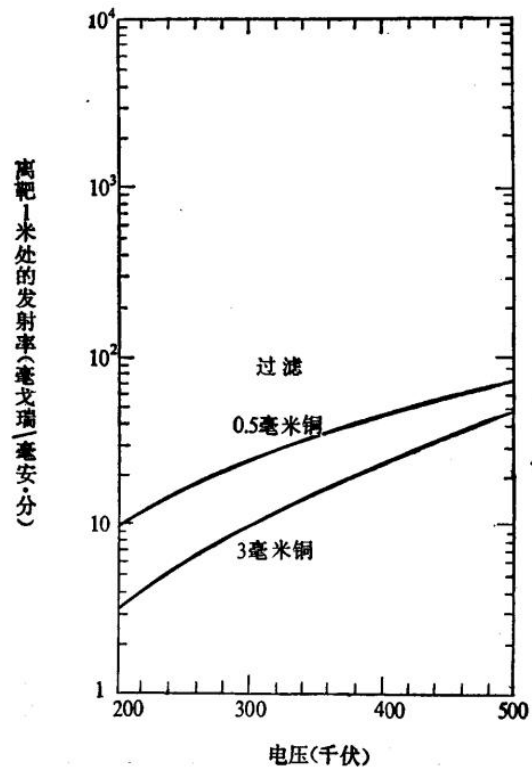


图 3 在不同线束过滤情况下恒电位 X 线发生器在离靶 1 米处的发射率

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，X 射线探伤机管电压为 150~200kV 时，

续表 9 项目工程分析与源项

X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率小于 2.5mGy/h, X 射线探伤机管电压大于 200kV 时, X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率小于 5mGy/h。

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

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 2, 本项目 UND225 型实时成像系统 X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV, UND160 型实时成像系统 X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值为 150kV。

9.3.2“三废”产排情况

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

(1) 废气

在无损检测作业时, X 射线使空气电离产生少量臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)。废气由铅房排风扇引至铅房外, 依托二期压铸车间通风系统引至室外排放。

(2) 废水

本项目无生产废水产生。本项目废水主要为辐射工作人员产生的少量生活污水, 依托建设单位现有污水处理站处理达标后排入市政污水管网。

(3) 固体废物

本项目产生的固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及报废的 X 射线设备。

少量生活垃圾依托现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

X 射线设备使用一定年限后, 射线装置可能报废, 报废的高压射线管去功能化后交由物资回收单位处置, 报废的阴极射线管属于《国家危险废物名录》中 HW49 其他废物(废物代码: 900-044-49), 作为危险废物交有资质的单位处置。

9.3.3 项目产排污统计

项目产生的污染因子源强分析总体情况见表 9-3 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-3 项目污染物产排情况统计表		
污染物	污染因子	产生量
电离辐射	X 射线	最大能量 225kV，距靶 1m 处主射束的输出量不大于 14.9mGy·m ² /mA·min，漏射线空气比释动能率小于 5mGy/h。 最大能量 160kV，距靶 1m 处主射束的输出量不大于 6.4mGy·m ² /mA·min，漏射线空气比释动能率小于 2.5mGy/h。
废气	O ₃ 、NO _x	少量
废水	生活污水	少量
一般固废	生活垃圾	少量
	报废的设备	2 个，射线装置内的高压射线管去功能化后交由物资回收单位处置，报废的阴极射线管属于危险废物（废物代码：900-044-49），交有资质的单位处置

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 射线设备自带铅房和操作台，UND225 型实时成像系统固定安装在二期压铸车间西南侧品质探伤室内，操作台位于铅房东南侧，操作台避开了有用线束照射的方向，工件从东北侧进入铅房，检测完后从东侧运走，路径便于管理；UND160 型实时成像系统固定安装在二期压铸车间东北侧检测区内，操作台位于铅房西北侧，检修门 1、2 分别位于西北侧和东南侧，均避开了有用线束照射的方向；工件从西南侧进入铅房，检测完成后从西南侧运走，工件进出口分开布置，便于管理。因此，本项目平面布局合理。

10.1.2 分区管理

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。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.2 要求：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。

控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”

根据上述要求，拟对项目工作区域进行分区管理，项目用房具体分区情况如下表 10-1，分区布局示意图见图 10-1。

表 10-1 项目分区管理情况表

类别	UND225 型实时成像系统	UND160 型实时成像系统
控制区	实时成像系统铅房内	实时成像系统铅房内
监督区	二期压铸车间西南侧品质探伤室内、实时成像系统铅房外区域	二期压铸车间东北侧检测区内、实时成像系统铅房外区域

建设单位严格限制无关人员进出监督区、控制区，在正常检测过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全，控制区边界铅门设置电离辐射警告标识、拟设置门灯联锁装置。监督区进行日常的监测和评估。

续表 10 辐射安全与防护

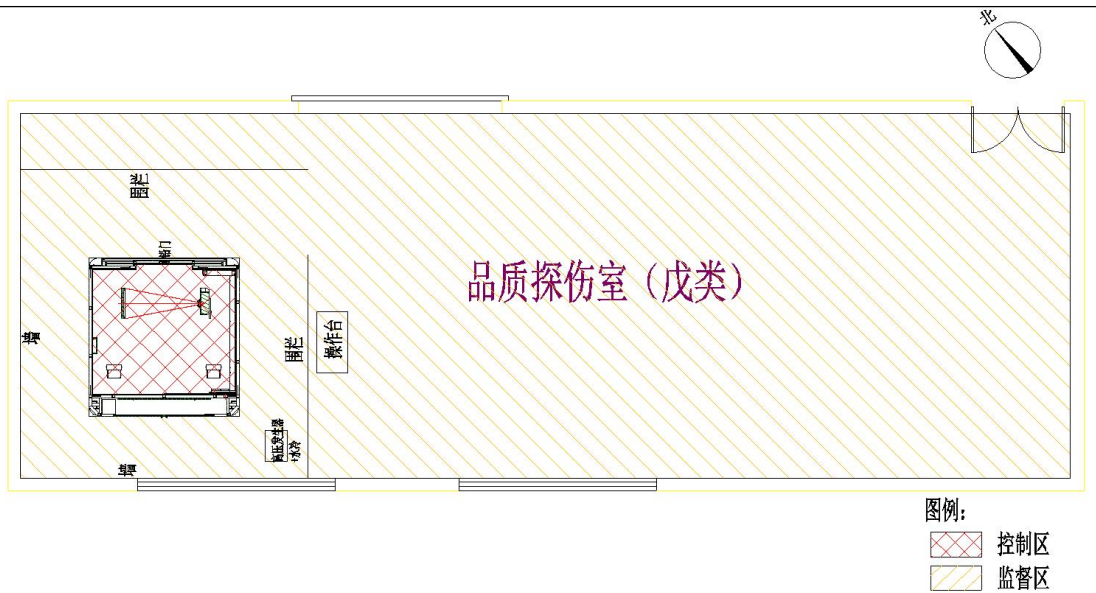


图 10-1 (1) UND225 型实时成像系统所在探伤室分区布置示意图

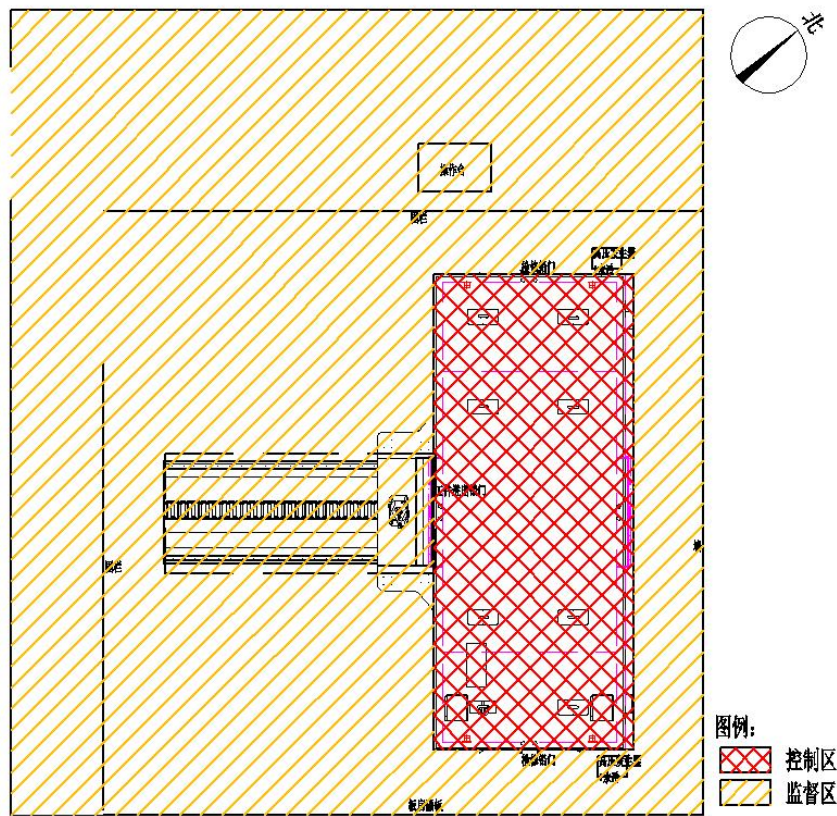


图 10-1 (2) UND160 型实时成像系统所在探伤室分区布置示意图

10.2 辐射安全与防护措施

本项目 X 射线装置曝光时产生 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。

10.2.1 本项目 X 射线设备固有安全性

续表 10 辐射安全与防护

X 射线设备固有安全性包括以下几个部分：

(1) 开机时系统自检

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

(2) 当 X 射线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) 操作台锁定开关：操作台均设置钥匙开关控制总电源，控制设备整体电源；当控制电源钥匙开关打开，且送电正常，电源指示灯亮，仅在钥匙插入后操作台才能操作，钥匙由专人保管，且只有在停机或待机状态时才能拔出。电脑操作界面设置管理员进入检测界面密码。

(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，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

(6) 过电流保护

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

(7) 失电流保护

设备带有失电流保护继电器，当管电流低于 0.25mA 时，自动切断高压。

(8) 过电压保护

设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

(9) 继电保护

冷却循环水流量继电器、温度继电器及防护门开关的触点均为串联，在正常时均接通；若有一个没接通，不能达到高压。

10.2.2 实体屏蔽防护措施

(1) 公司拟购买的设备自带铅房，经后文核算，铅房的屏蔽能力满足《工

续表 10 辐射安全与防护

业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)标准限值要求。铅房的屏蔽质量由设备厂家负责。

(2) 铅房主体结构焊接密闭, 开设铅防护门, 设置排风出口罩、电缆及冷却水管进出口罩。

UND225 型实时成像系统排风出口罩设置 2 个, 均位于铅房南侧顶部, 铅房排风口处设置 2 层 2mm 钢+9mmPb+2mm 钢的防护罩, 排风口孔径约 120mm; 电缆及冷却水管进出口罩设置 1 个, 位于铅房南侧屏蔽体下方, 电缆及冷却水管呈向下的“U”型穿越, 穿越孔径约 180mm, 穿越处离地高度约 460mm, 铅房内设置 2mm 钢+9mmPb+2mm 钢的防护罩, 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。

UND160 型实时成像系统排风出口罩设置 2 个, 均位于铅房东南侧顶部, 铅房排风口处设置拟错位设置双层 2mm 钢+8mmPb+2mm 钢的铅板防护罩, 排风口孔径约 120mm, 铅板防护罩能够完全盖住孔径; 电缆及冷却水管进出口罩设置 1 个, 位于铅房东南侧屏蔽体下方, 电缆及冷却水管呈向下的“U”型穿越, 穿越孔径约 180mm, 铅板防护罩能够完全盖住孔径, 穿越处离地高度约 460mm, 铅房内设置 2mm 钢+8mmPb+2mm 钢的防护罩, 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。

排风出口罩具体尺寸见图 10-2; 电缆及冷却水管进出口罩具体尺寸见图 10-3。

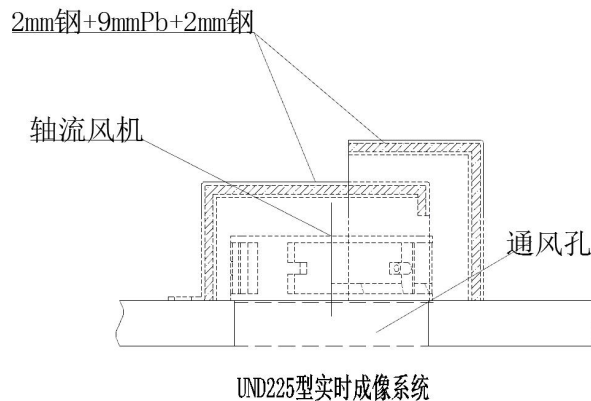


图 10-2 (1) UND225 型实时成像系统排风出口罩进出口罩剖面图

续表 10 辐射安全与防护

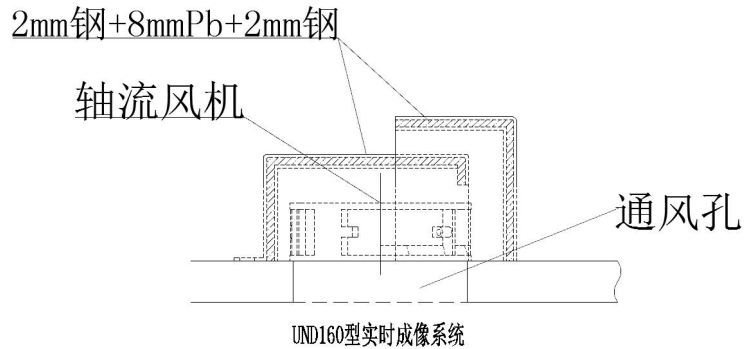


图 10-2 (2) UND160 型实时成像系统排风口罩进出口罩剖面图

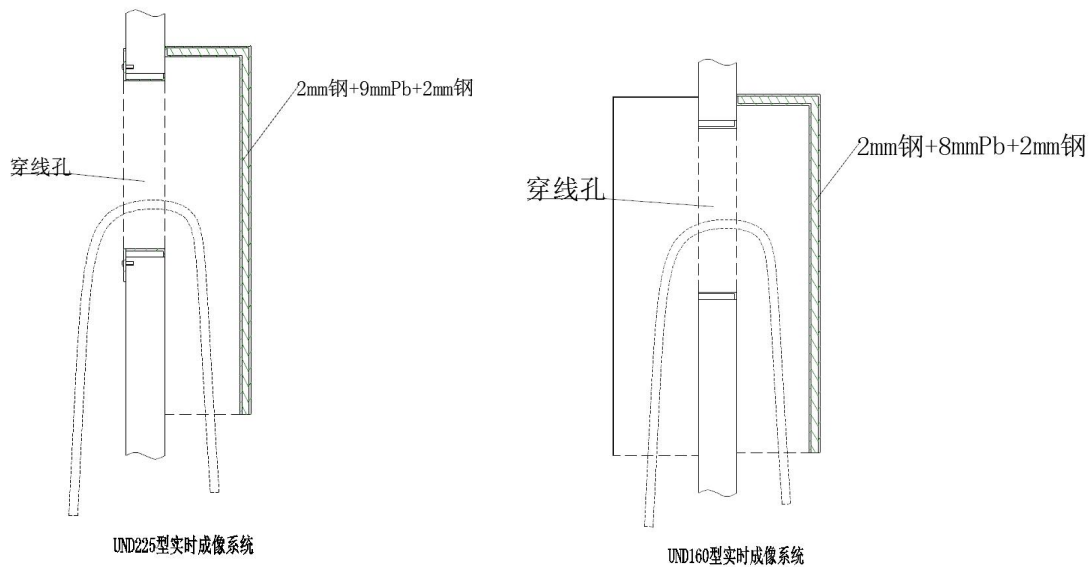


图 10-3 电缆及冷却水管进出口罩剖面图

(3) 防护门与铅房屏蔽体的搭接由有资质的生产厂家（日联科技）承担，防护门与铅房屏蔽体的搭接长度需保证铅房的整体屏蔽能力，根据厂家提供的数据，本项目的 X 射线装置工件进出口铅门左右两侧搭接宽度均为 50mm。

10.2.3 安全联锁及紧急停机

本项目 UND225 型实时成像系统和 UND160 型实时成像系统的安全联锁及紧急停机装置有：

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

(2) 灯机联锁：铅房外顶部和铅房内均分别设置一组警示灯（由黄灯和红灯组成），预备状态时内外的黄灯闪烁，X 射线装置出束时内外的红灯闪烁发出

续表 10 辐射安全与防护

警报声音)。

(3) 工作状态指示灯: 操作台均设 1 组工作状态指示灯, 分为红绿黄三色, 红色代表 X 射线出束警示; 绿色代表设备启动正常, 未出射线; 黄色代表设备故障。

(4) 紧急停机: 设备操作台上均设 1 个急停按钮, UND225 型实时成像系统铅房内设置 1 个急停按钮, UND160 型实时成像系统铅房内设置 4 个急停按钮。急停按钮相互串联, 按下按钮, X 射线设备高压电源立即被切断, 设备停止出束, 防护门无应急开门按钮, 在铅房内放一个撬棒, 可从内侧将门撬开。急停按钮旁设置中文标识和相关说明。

(5) 警示灯: 本项目实时成像系统铅房内外均设 1 组警示灯, 分为红黄两色, 红色表示 X 射线出束警示, 红灯亮伴随蜂鸣声响; 黄色代表设备启动正常, 未出射线。

10.2.4 通风

X 射线设备工作时产生的废气, 经铅房顶部排风扇排至二期压铸车间, 再依托车间排风系统排出室外。UND225 型实时成像系统铅房拟设两台排风扇, 总排风量为 330m³/h, 通风次数约 20 次/h, UND160 型实时成像系统铅房拟设两台排风扇, 总排风量为 1400m³/h, 通风次数约 20 次/h。

10.2.5 其他辐射防护措施

(1) 固定式场所辐射探测报警装置

UND225 型实时成像系统和 UND160 型实时成像系统各配置 1 套, UND225 型实时成像系统探头设置于铅房西南侧屏蔽体内, UND160 型实时成像系统探头设置于铅房东南侧屏蔽体内, 仪表指示仪及报警装置安装在品质探伤室、检测区操作台上。铅房内探头实时监测铅房内周围剂量当量率, 操作台上仪表指示仪显示铅房内周围剂量当量率读数, 当装置检测到周围剂量当量率超过预设限值时, 探头及仪表指示仪进行光报警。

(2) 电离辐射警示标志

X 射线设备检测区严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理, 且拟在铅房周围(含防护门)及划分工作区与的围栏上等醒目位置张贴固定的电离辐射

续表 10 辐射安全与防护

警告标志。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。电离辐射警示标志规范图见图 10-4 所示。



图 10-4 电离辐射警示标志图

(3) 视频监控系统

UND225 型实时成像系统铅房内拟配备 1 个监视摄像头，UND160 型实时成像系统铅房内拟配备 2 个监视摄像头，并连接到操作台，能全方位拍到铅房内的工作情况。视频监控屏幕位置设置在操作台上，工作人员能在操作台上实时监控探伤过程铅房内情况，如果出现异常能迅速启动紧急制动装置。

(4) 主射线方向

UND225 型实时成像系统设备固定安装，不移动；主射方向为西北侧、顶棚和底板。东北侧、西南侧、东南侧屏蔽体采用内 4mm 钢+9mmPb+外 3.5mm 钢，西北侧屏蔽体为内 4mm 钢+17mmPb+外 3.5mm 钢；顶棚、地板屏蔽体为内 4mm 钢+9mmPb+3.5mm 钢，地下无建筑；铅门为内 3.5mm 钢+9mmPb+外 2mm 钢。

UND160 型实时成像系统设备固定安装，不移动；主射面为一定范围内的四周屏蔽体及底板（地下无建筑）。四周屏蔽体、顶棚及地板为内 4mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢；工件进出铅门、检修铅门均为内 2mm 钢+8mmPb+2mm 钢。

本项目辐射防护安全措施图见图 10-5。

续表 10 辐射安全与防护



图 10-5 (1) UND225 型实时成像系统辐射防护安全措施图

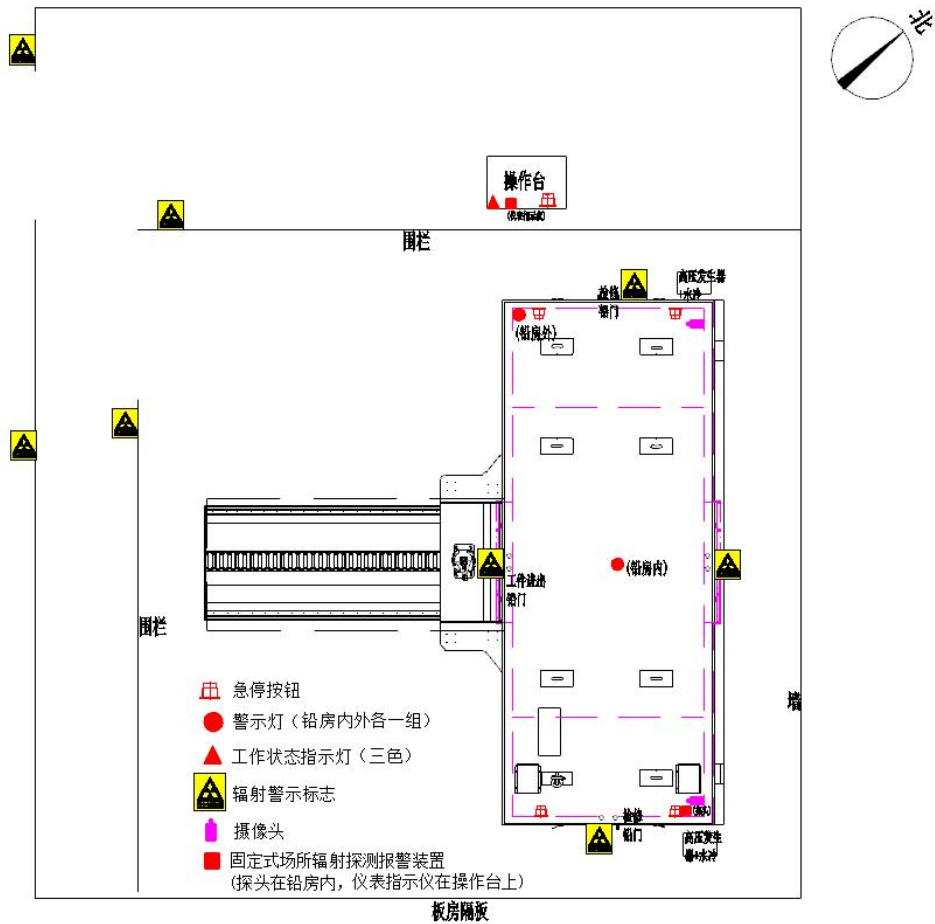


图 10-5 (2) UND160 型实时成像系统辐射防护安全措施图

本项目辐射安全联锁逻辑见图 10-6。只有在急停按钮复位、系统自检正常的情况下，设备才能启动，设备启动时操作台上工作状态指示灯绿灯亮，设备出束

续表 10 辐射安全与防护

时，操作台上工作状态指示灯红灯亮、铅房内外警示灯红灯亮并发出警报声，同时操作台上的仪表指示仪上显示读数，当探头检测到周围剂量当量率超过预设限值时，探头及仪表指示仪进行光报警，同理，设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关，设备会立即停止运行，操作台上工作状态指示灯黄灯亮、铅房内外警示灯黄灯亮，固定式场所辐射探测报警装置的仪表警示仪无读数。

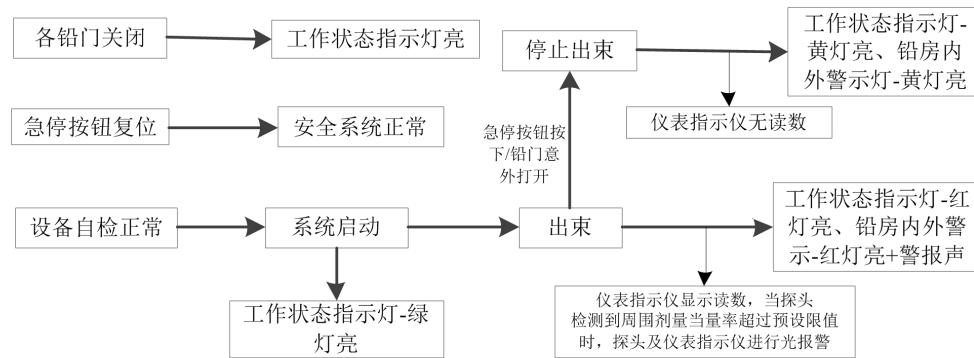


图 10-6 辐射安全联锁逻辑图

10.3 个人防护用品及监测仪器

配置的个人防护用品及监测仪器如下表 10-2 所示。

表 10-2 个人防护用品及监测仪器

序号	名称	数量	用途	备注
1	便携式 X-γ 剂量率仪	2 个	UND225 型实时成像系统和 UND160 型实时成像系统各配置 1 个，实时监测铅房外周围剂量当量率	拟配置
2	个人剂量报警仪	2 个	UND225 型实时成像系统和 UND160 型实时成像系统各配置 1 个，实时监测辐射工作人员剂量是否超标。	拟配置
3	个人剂量计	4 个	4 名辐射工作人员各佩戴 1 个，工作期间佩戴，对个人受到的附加剂量进行记录。	拟配置

根据上表可知，本项目劳动定员 4 人，拟配置的个人防护用品和监测仪器能满足项目运行的需求。

10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

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

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (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，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。	本项目操作台与铅房均分开布置。UND225 型实时成像系统为定向 X 射线探伤装置，主射面为西北侧、顶棚和底板，操作台位于东南侧；UND160 型实时成像系统为 X 射线探伤装置，主射面为东北侧、西南侧及底板，操作台位于东南侧；操作台均不在主射线方向；根据后文核算，本项目设备铅房铅房各屏蔽体外周围的剂量当量率均不大于 2.5μSv/h，屏蔽效果良好。
	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。	项目拟对工作区域进行分区管理，分区满足该条的要求。
	6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周；b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。	经后文核算，人员在关注点的周剂量参考控制水平能满足职业工作人员不大于 100μSv/周，公众不大于 5μSv/周，项目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，将委托资质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。	本项目上方无建筑物，其他人员可达到场所，经后文核算，铅房顶部外表面 30cm 处的剂量率不大于 2.5μSv/h。
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。	本项目铅房各铅门均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；门关闭后，在开高压产生射线的情况下，铅门不能打开；门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。	

续表 10 辐射安全与防护

		<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>本项目的铅房内和铅房外醒目位置均拟设置一组警示灯，一组警示灯分为黄色和红色，黄色代表“预备”状态，红色代表“照射”状态。操作台设视频监控影像显示屏，操作屏幕上“预备”和“照射”均有显示。同时出束时发出警报声音提示。</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>本项目铅房内均拟安装监控系统，能够观察到铅房内以及各铅门口情况。</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>各铅房防护门上均拟设置电离辐射警告标识，并设置中文警示说明。</p>
		<p>6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。</p>	<p>设备铅房内均设置急停按钮。UND225 型实时成像系统铅房小，因此铅房内拟设置 1 个急停按钮，位于东南侧方便人员接触的位置，不在主射方向上，且拟设置中文标识；UND160 型实时成像系统铅房内拟设置 4 个急停按钮，位于西北和东南侧方便人员接触的位置，不在主射方向上，且拟设置中文标识。</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>各设备铅房自带机械通风装置，排风口均位于铅房顶，远离人员活动的密集区，UND225 型实时成像系统总排风量为 330m³/h，通风次数约 20 次/h，UND160 型实时成像系统总排风量为 1400m³/h，通风次数约 20 次/h，均符合要求。</p>

续表 10 辐射安全与防护

		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	UND225 型实时成像系统和 UND160 型实时成像系统各配置 1 套, UND225 型实时成像系统探头设置于铅房西南侧屏蔽体内, UND160 型实时成像系统探头设置于铅房东南侧屏蔽体内, 仪表指示仪及报警装置安装在品质探伤室、检测区操作台上。铅房内探头实时监测铅房内周围剂量当量率, 操作台上仪表指示仪显示铅房内周围剂量当量率读数, 当装置检测到周围剂量当量率超过预设限值时, 探头及仪表指示仪进行光报警。
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。	拟每日对各铅房的门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护措施检查一次, 确保门-机联锁装置、照射信号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, 拟为本项目各设备均配备 1 台个人剂量报警仪和 1 个便携式 X- γ 剂量率仪, 制定相关制度, 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。
		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。	拟定期对本项目各铅房外周围区域、包括操作者工位、周围毗邻区域人员居留处的剂量率水平进行监测, 并制定相关制度, 当测量值高于参考控制水平时, 应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。
		6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前, 应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作, 则不应开始探伤工作。	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。	拟制定相关制度, 操作人员每次检测工作前确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门, 且只有在防护门关闭、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。

续表 10 辐射安全与防护

		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。	本项目各设备铅房大小满足现有公司生产的工件大小使用，不会出现工件过大情况，并拟制定相关制度，不得开门探伤。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3.3 其他要求	3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。	本项目属于整体探伤项目，实时成像系统自带铅房屏蔽体，铅房屏蔽体内除检修情况下，不进入，因此不设人员门，仅设置单独工件门；针对检修情况，UND160 型实时成像系统在非主射方向上设置 2 个单独的检修门，UND225 型实时成像系统铅房小，检修门与工件进出门共用。
		3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用射线束照射方向	本项目 UND225 型实时成像系统操作台置于铅房外东南侧，不在主射线方向，主射面可为西北侧、顶棚及底板屏蔽体，操作台不在主射线方向；UND160 型实时成像系统操作台置于铅房外西北侧，主射面可为东北侧、西南侧及底板屏蔽体，操作台不在主射线方向，检修门分别位于西北侧和东南侧，仅检修时才会有人员通过检修门进入铅房，也不在主射线方向上。
		3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	本项目铅房主体结构密闭，开设铅防护门，在铅门搭接处设置足够长的铅门对左右两边进行搭接防护，设置的排风出口罩、电缆出口罩屏蔽能力与主体结构一致，详见表 1-2。
		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	根据后文计算，本项目 UND225 型实时成像系统、UND160 型实时成像系统设备各 X 射线管头同时开启时，主射方向和其它侧屏蔽体均能满足额定工况下的辐射防护要求。

根据上表可知，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。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

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

运行阶段对环境的影响

11.1 铅房屏蔽能力理论预测

11.1.1 铅房辐射屏蔽的剂量参考控制水平

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

(1) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($\dot{H}_{c,d}$) :
人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下:

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

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

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

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

式中:

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

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子;

T —人员在相应关注点驻留的居留因子;

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

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

式中:

W —X 射线探伤的周围工作负荷 (平均每周 X 射线探伤照射的累积

续表 11 环境影响分析

“mA·min”值)， mA·min/周；

60—小时与分钟的换算关系；

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)。

b)关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ：

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

c)关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

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

11.1.2 铅房辐射屏蔽估算公式

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

(1) 有用线束

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

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

式中：

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

R—辐射源点(靶点)至关注点的距离，单位为米(m)；

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)；

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

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

续表 11 环境影响分析

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

式中:

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

H_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;

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m)。

(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

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

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

式中:

X——屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL——查表。

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

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

式中:

TVL——查表;

B—达到剂量参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子。

(3) 泄漏辐射屏蔽

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

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

式中:

续表 11 环境影响分析

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

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

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

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

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

式中:

B—屏蔽透射因子;

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

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

(4) 散射辐射屏蔽

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

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

式中:

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

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

续表 11 环境影响分析

散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按照式（5）计算。关注点的

散射辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（10）计算：

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

式中：

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

11.1.2 铅房防护核算原则及主要技术参数

（1）主要技术参数

①核算距离、方向

本项目 UND225 型实时成像系统工作时，主射面为西北侧、顶棚和底板屏蔽体，其余方向（含防护门）考虑为散射和漏射；本项目 UND160 型实时成像系统工作时，主射面可为东北侧、西南侧及底板屏蔽体，其余方向（含防护门）考虑为散射和漏射。

续表 11 环境影响分析

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

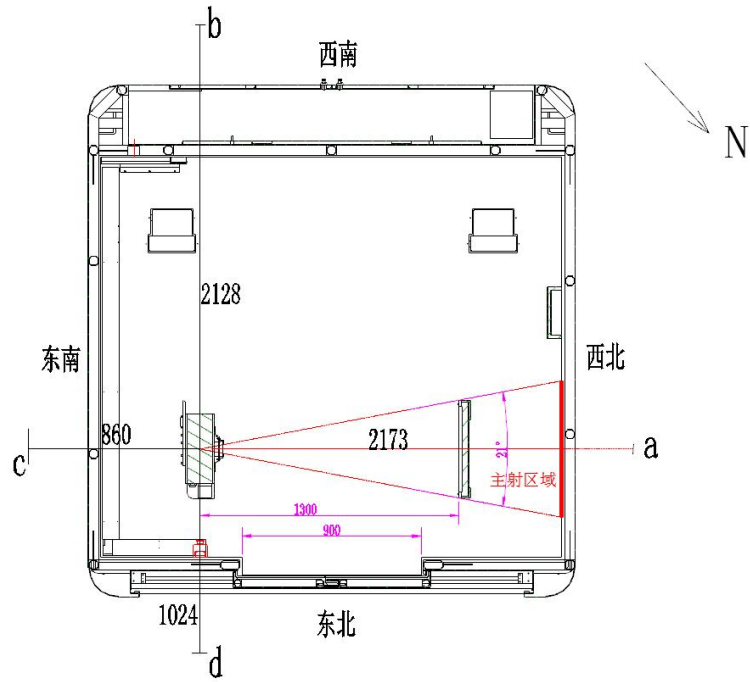


图 11-1 (1) UND225 型实时成像系统计算点位示意图 (平面)

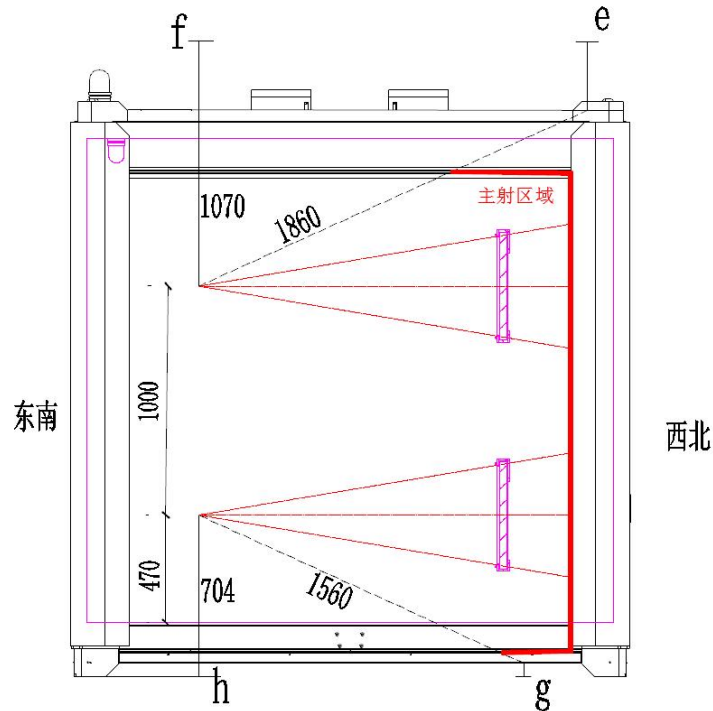


图 11-1 (2) UND225 型实时成像系统计算点位示意图 (剖面)

续表 11 环境影响分析

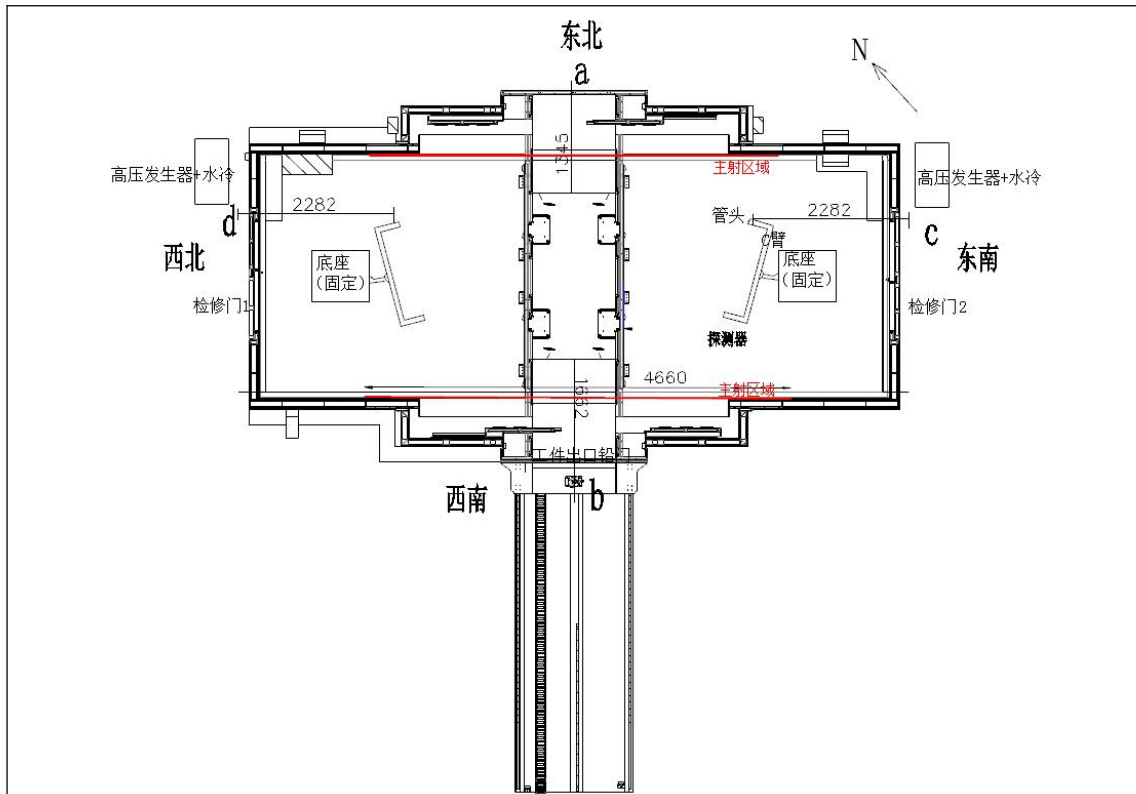


图 11-2 (1) UND160 型实时成像系统计算点位示意图 (平面)

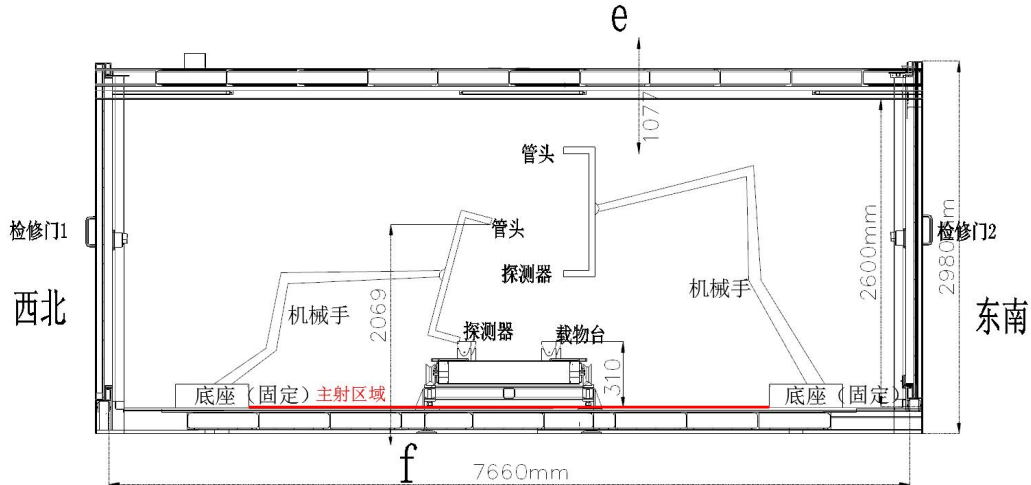


图 11-2 (2) UND160 型实时成像系统计算点位示意图 (剖面)

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

UND225 型实时成像系统			
考察点		核算距离 (m)	
铅房西北侧	屏蔽体外 30cm	主射	a: 2.1 (图上量出)
铅房西南侧	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	b: 2.1 (图上量出)
铅房东南侧	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	c: 0.8 (图上量出)

续表 11 环境影响分析

铅房东北侧	屏蔽体外 30cm (含铅门)	散射、漏射	d: 1 (图上量出)		
铅房顶棚	屏蔽体外 30cm	主射*	e: 1.8+0.3=2.1 (图上量出)		
		散射、漏射	f: 1 (图上量出)		
铅房底板	屏蔽体外 10cm	主射*	g: 1.5+0.3=1.8 (图上量出)		
		散射、漏射	h: 0.7 (图上量出)		
UND160 型实时成像系统					
考察点			核算距离 (m)		
铅房东北侧	屏蔽体外 30cm (含铅门)	主射	a: 1.3 (图上量出)		
铅房西南侧	屏蔽体外 30cm (含铅门)	主射	b: 1.6 (图上量出)		
铅房东南侧	屏蔽体外 30cm (含铅门)	散射、漏射	c: 3.4 (图上量出)		
铅房西北侧	屏蔽体外 30cm (含铅门)	散射、漏射	d: 3.4 (图上量出)		
铅房顶棚	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	e: 1 (图上量出)		
铅房底板	屏蔽体外 10cm	主射	f: 2 (图上量出)		
<p>备注：因铅房底板距地面的距离约 10cm，且为地上 1F，底部人员无法到达，因此底部选取距离屏蔽体外 10cm；*：UND225 型实时成像系统常用情况下主射方向为西北侧，在 C 臂垂直偏转 ±15 度情况下，顶棚与地板成为主射方向。</p>					
②剂量率参考控制水平的确定					
<p>本项目设备周工作负荷见表 11-2；根据 GBZ/T250-2014 附录 A，居留因子取值原则见表 11-3；剂量率参考控制水平核算表见表 11-4。</p>					
表 11-2 设备工作负荷					
设备型号	最大电压	最大电流	周最大曝光次数	单次曝光	周最大照射时间
UND225 型	225kV	8mA	1350 次/周	1min /次	22.5h/周
UND160 型	160kV	11mA	1000 次/周	2min /次	33.3h/周
表 11-3 不同工作场所与环境条件下的居留因子					
场所	居留因子	示例	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			

续表 11 环境影响分析

表 11-4 铅房剂量率参考控制水平核算表								
UND225 型								
方向	U	T	t	Hc (μSv/周)	$\dot{H}_{c \cdot d}$ (μSv/h)	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c \cdot \max}$ (μSv/h)	本项目剂量率参考控制水平 Hc (μSv/h)	需屏蔽的辐射源
西北侧	1	1	22.5	5	2.5	4.44	2.5	主射
西南侧	1	1	22.5	100	2.5	4.44	2.5	泄漏辐射 散射辐射
东南侧	1	1	22.5	5	2.5	4.44	2.5	
东北侧	1	1	22.5	5	2.5	4.44	2.5	
顶棚	1	1/40	22.5	100	2.5	177.8	2.5	主射/泄漏辐射、散射辐射
底板	1	1/40	22.5	100	2.5	177.8	2.5	
UND160 型								
方向	U	T	t	Hc (μSv/周)	$\dot{H}_{c \cdot d}$ (μSv/h)	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c \cdot \max}$ (μSv/h)	本项目剂量率参考控制水平 Hc (μSv/h)	需屏蔽的辐射源
东北侧	1	1	33.3	5	2.5	3	2.5	主射
西南侧	1	1	33.3	100	2.5	3	2.5	
东南侧	1	1	33.3	5	2.5	3	2.5	泄漏辐射 散射辐射
西北侧	1	1	33.3	5	2.5	3	2.5	
顶棚	1	1/40	33.3	100	2.5	120.1	2.5	
底板	1	1/40	33.3	100	2.5	120.1	2.5	主射

备注： \dot{H}_c 为 $\dot{H}_{c \cdot d}$ 和 $\dot{H}_{c \cdot \max}$ 二者的较小值，铅房分别位于品质探伤室、检测区内，铅房四周均为工作人员活动区域，故周剂量参考控制水平均按 100μSv/周考虑，居留因子按工作人员在检测室内的活动，考虑不利情况，取 1。

③其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见计算表格所示。

(2) 铅房屏蔽防护效能核实原则

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

续表 11 环境影响分析

11.1.3 铅房防护核算结果

(1) 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修改单中表 B.1: 在本标准中以等量值的 $mSv \cdot m^2/mA \cdot min$ 进行屏蔽计算, 因此本次转换系数取 1;

(2) 根据建设单位资料提供, 本项目 UND225 型设备额定电压为 225kV, 额定电流为 8mA; UND160 型设备额定电压为 160kV 时, 额定电流为 11mA, 本次屏蔽效能核算按照设备的最大工况进行核算;

(3) UND160 型实时成像系统核算时, 在最不利位置按两个 X 射线管同时开启叠加;

(4) 经核算, 主射方向上散射和漏射的剂量很小, 因此表中不再列出。

本项铅房的屏蔽体屏蔽能力核实结果见表 11-6。

表 11-6 铅房屏蔽效能核算表

UND225 型						
考察点		剂量率参考控制水平 H_c ($\mu Sv/h$)	距离 (m)	设计厚度	设计厚度下瞬时剂量 ($\mu Sv/h$)	是否达到屏蔽要求
a: 西北侧	主射	2.5	2.1	内 4mm 钢+17mmPb+外 3.5mm 钢	5.3×10^{-3}	是
b: 西南侧	散射	2.5	2.1	内 4mm 钢+9mmPb+外 3.5mm 钢	3.2×10^{-3}	是
	漏射				2.1×10^{-2}	
c: 东南侧	散射	2.5	0.8	内 4mm 钢+9mmPb+外 3.5mm 钢	2.2×10^{-2}	是
	漏射				0.1	
d: 东北侧	散射	2.5	1	内 4mm 钢+9mmPb+外 3.5mm 钢	1.4×10^{-2}	是
	漏射				9.4×10^{-2}	
	散射			内 3.5mm 钢+9mmPb+外 2mm 钢 (铅门)	2.6×10^{-2}	
	漏射				0.2	
e、f: 顶棚	主射*	2.5	2.1	内 8.5 钢+21.8mmPb+外 4.8mm 钢 (斜穿厚度)	1.3×10^{-5}	是
	散射		1	内 4mm 钢+9mmPb+外 3.5mm 钢	2.6×10^{-2}	是
					漏射	
g、h: 底板	主射*	2.5	1.8	内 7.2 钢+21.7mmPb+外 7.2mm 钢 (斜穿厚度)	1.5×10^{-5}	是
	散射		0.7	内 4mm 钢+9mmPb+外 3.5mm 钢	5.4×10^{-2}	是
					漏射	
UND160 型						
考察点	剂量率参考	距离	设计厚度	设计厚度下	是否达到	

续表 11 环境影响分析

		控制水平 H _c (μSv/h)	(m)		瞬时剂量 (μSv/h)	屏蔽要求
a: 东北侧	主射	2.5	1.3	内 4mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢	4×10 ⁻²	是
	主射			内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢 (铅门)	5.8×10 ⁻²	是
b: 西南侧	主射	2.5	1.6	内 4mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢	2.6×10 ⁻²	是
	主射			内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢 (工件进出铅门)	3.8×10 ⁻²	是
c: 东南侧	散射	2.5	2.2	内 4mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢	3.4×10 ⁻⁵	是
	漏射				8.2×10 ⁻⁶	
	散射			内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢 (检修铅门)	5.4×10 ⁻⁵	是
	漏射				1.2×10 ⁻⁵	
d: 西北侧	散射	2.5	2.2	内 4mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢	3.4×10 ⁻⁵	是
	漏射				8.2×10 ⁻⁶	
	散射			内 2mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢 (检修铅门)	5.4×10 ⁻⁵	是
	漏射				1.2×10 ⁻⁵	
e: 顶棚	散射	2.5	1	内 4mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢	1.6×10 ⁻⁴	是
	漏射				4×10 ⁻⁵	是
f: 底板	主射	2.5	2	内 4mm 钢+7mmPb+外 2mm 钢	2.4×10 ⁻²	是

备注：散射射线均需经过多次反射才能穿出各管线孔，经多次反射剂量很低，能满足要求，此处不再核算；UND225 型实时成像系统顶棚、底板的主射方向核算时，设计厚度取射线斜穿屏蔽体的厚度。

根据表 11-6 计算结果可知，本项目设备工作时，铅房的四周屏蔽体、防护门外 30cm 处的瞬时剂量均小于 2.5μSv/h，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：四周屏蔽体、顶棚及防护门外 30cm 处周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h。本次计算顶棚外 30cm 处周围剂量当量率远低于标准限值 100μSv/h，故本次评价不考虑天空散射。

11.1.4 年有效剂量估算

(1) 估算公式

X-γ射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

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

式中：

续表 11 环境影响分析

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, $\mu\text{Sv/h}$;

t: X 或 γ 射线照射时间, 小时。

(2) 辐射工作人员剂量估算

铅房外辐射工作人员剂量估算表见表 11-7。

表 11-7 设备工作时铅房外辐射工作人员剂量估算表

UND225 型						
估算人员	外环境	方位	设计厚度下剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	年有效剂量 mSv/a
辐射工作人员	操作台	东南侧	0.2	1170	1	0.2
UND160 型						
估算人员	外环境	方位	设计厚度下剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	年有效剂量 mSv/a
辐射工作人员	操作台	西北侧	6.6×10^{-5}	1733.3	1	1.1×10^{-4}

根据上表计算可知, 辐射工作人员所受的年有效剂量远低于本评价管理目标值 5mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 及公司管理要求。

(3) 公众人员剂量估算

本项目铅房周围公众成员剂量结果见表 11-8。

表 11-8 本项目铅房周围公众成员剂量结果一览表

UND225 型实时成像系统							
序号	环境保护目标名称	方向	最近水平距离(m)	预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年最大曝光时间 (h)	年有效剂量(mSv/a)
1	压铸区*	东北侧	约 9.6	1.8×10^{-3}	1	1170	2.8×10^{-3}
2	楼梯	西北侧	约 1.2	2.8×10^{-3}	1/40	1170	8.3×10^{-5}
	纯水间、划线室、实验室		约 5	5.5×10^{-4}	1	1170	6.5×10^{-4}
3	厂内道路	西南侧	约 1	1.4×10^{-2}	1/40	1170	4×10^{-4}
	危废暂存间、联合厂房压铸车间		约 24.5	1.6×10^{-4}	1	1170	1.8×10^{-4}
4	卫生间、厂内道路、二期污水站	东南侧	约 13.6	5.4×10^{-4}	1/5	1170	1.3×10^{-4}
UND160 型实时成像系统							
序号	环境保护目标名称	方向	最近水平距离(m)	预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年最大曝光时间 (h)	年有效剂量(mSv/a)

续表 11 环境影响分析

1	厂内道路	东北侧	约 1.5	1.6×10^{-2}	1/40	1733.3	6.7×10^{-4}
	二期机加车间		约 12.6	5.3×10^{-4}	1	1733.3	9.1×10^{-4}
2	清理校正区、产品存放区	西北侧	约 4.4	7.3×10^{-6}	1	1733.3	1.3×10^{-5}
3	压铸区、模具维修区*	西南侧	约 15.1	3.6×10^{-4}	1	1733.3	2.8×10^{-3}
4	厂内过道	东南侧	约 1.1	2.9×10^{-5}	1/5	1733.3	1×10^{-5}
	三坐标室、表面清理区		约 9.4	2.4×10^{-6}	1	1733.3	4.1×10^{-6}

备注：居留因子取自 GBZ/T250-2014 中表 A.1；*敏感目标位于二期压铸车间中部，同时受 UND225 型实时成像系统与 UND160 型实时成像系统影响，其年有效剂量值为二者叠加后的值。

根据上表可知，在铅房周围活动的公众成员最大年有效剂量均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）及公司管理要求。

11.2 环境保护目标辐射环境影响分析

本项目铅房各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂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 11-8 可知，各铅房外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率远低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，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甚微，本项目对周围各环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。

11.3 其他影响

（1）废气对环境的影响分析

在探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。本项目 X 射线设备工作时产生的废气，经铅房顶部排风扇排出铅房，然后通过二期压铸车间排风系统排至室外。UND225 型实时成像系统铅房设置 2 个排风扇，排风扇的总风量约 330m³/h，换气次数约 20 次/h；UND160 型实时成像系统铅房设置 2 个排风扇，排风扇的总风量约 1400m³/h，换气次数约 20 次/h，能保证铅房内空气的流通，使少量的 O₃、NO_x 得以快速扩散，不会对工作人员造成影响，故项目产生的废气对周围环境影响小。

（2）废水环境影响分析

续表 11 环境影响分析

辐射工作人员产生的生活污水依托厂区二期污水处理站处理后排入污水管网，对地表水环境影响较小。

(3) 固废环境影响分析

生活垃圾依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理；报废的射线装置按照相关要求射线装置内的高压射线管去功能化后交由物资回收单位处置，报废的阴极射线管属于危险废物（废物代码：900-044-49），交有资质的单位处置，不会对环境产生不利影响。

11.5 实践正当性分析

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

11.6 产业政策符合性分析

本项目配置的 X 射线设备用于对工件无损检测，属于《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此，项目符合国家产业政策。

11.7 事故影响分析

(1) 风险事故类型

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。

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联锁装置失效

由于门机联锁装置失效，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。

续表 11 环境影响分析

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。

④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。

(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，UND225 型实时成像系统考虑最大管电压 225kV，最大管电流 8mA 运行，事故时间考虑为 1min；UND160 型实时成像系统考虑双管头同时开启，最大管电压 160kV，最大管电流 11mA 运行，事故时间考虑为 2min。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-9。

表 11-9 铅房外人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	有效剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
UND225 型实时成像系统	设备自身丧失屏蔽	2.4×10^2	4×10^{-6}	4×10^{-3}
	联锁装置失效	6.1×10^4	1×10^{-3}	1×10^{-3}
UND160 型实时成像系统	设备自身丧失屏蔽	5.8×10^{-2}	$1.9 \times 10^{-9}\text{Sv}$	$1.9 \times 10^{-9}\text{Gy}$
	联锁装置失效	5×10^6	1.7×10^{-1}	1.7×10^{-1}

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 UND225 型实时成像系统铅房屏蔽体外周围剂量当量率可达 1.6Sv/h （距辐射源 2.1m 处主射方向），单次照射下（1min）铅房四周屏蔽体外停留的人员受照剂量最大约 $2.7 \times 10^{-2}\text{Sv}$ （ $2.7 \times 10^{-2}\text{Gy}$ ）；UND160 型实时成像系统铅房屏蔽体外周围剂量当量率可达 5Sv/h （距辐射源 1.3m 处主射方向），单次照射下（2min）铅房四周屏蔽体外停留的人员受照剂量最大约 $1.7 \times 10^{-1}\text{Sv}$

续表 11 环境影响分析

($1.7 \times 10^{-1} \text{Gy}$)。

因该风险发生后，若建设单位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而增加。假定辐射工作人员漏戴个人剂量报警仪的时长为 1 天（UND225 型实时成像系统一天最多检测 200 次，UND160 型实时成像系统一天最多检测 120 次），在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-10。

表 11-10 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表

UND225 型实时成像系统			
误照射次数 (次)	受照射时间	受照射剂量	
		剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
1	1min	2.7×10^{-2}	2.7×10^{-2}
10	10min	2.7×10^{-1}	2.7×10^{-1}
50	50min	1.3	1.3
100	100min	2.7	2.7
200	200min	5.3	5.3
UND160 型实时成像系统			
误照射次数 (次)	受照射时间	受照射剂量	
		剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
1	2min	1.7×10^{-1}	1.7×10^{-1}
10	20min	1.7	1.7
50	100min	8.3	8.3
100	200min	16.7	16.7
120	240min	20	20

2) 铅房内人员误照射

风险事故情景③：

因各种原因，X 射线装置运行时，人员滞留在铅房内发生误照射情况，考虑最不利情况，UND225 型实时成像系统考虑最大管电压 225kV，最大管电流 8mA 运行，事故时间考虑为 1min；UND160 型实时成像系统考虑双管头同时开启，最大管电压 160kV，最大管电流 11mA 运行，事故时间考虑为 2min，并均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 11-11。

续表 11 环境影响分析

表 11-11 铅房内人员误照射最大剂量估算表				
名称	事故情景	有效剂量 (Sv/h)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
UND225 型实时成像系统	人员滞留铅房内	28.6	4.8×10^{-1}	4.8×10^{-1}
UND160 型实时成像系统	人员滞留铅房内	33.8	5.6×10^{-1}	5.6×10^{-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(而非其严重程度)与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在组织反应阈剂量。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

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

项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的

续表 11 环境影响分析

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 11-12。

表 11-12 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
<0.25 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液变化，但不伴有临床症状
1~2 2~3.5 3.5~5.5 5.5~10	骨髓型 急性 放射病	轻度 中度 重度 极重度	乏力，不适，食欲减退 头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降 多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降 多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹痛，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)和《辐射防护导论》P33。

根据表 11-10 不同照射剂量对人体损伤的估计，结合上诉后果分析可知，单次误照射下受照剂量均小于 1Gy，受照人员可能会出现机能变化、血液变化，但无明显临床症状；但是在铅屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，会造成非常大的辐射危害。

(4) 事故分级

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，绝不允许随便拆走 X 射线实时成像系统及机架上的屏蔽材料，不允许加大照射面积。不得擅自改变、削弱或破坏 X 射线设备的铅屏蔽体和铅防护门，如开孔洞

续表 11 环境影响分析

等。

②辐射工作人员用视频监控系统对铅房内进行扫视，按搜寻程序进行查找，确认无人停留在内后才能开始进行操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留铅房内，操作室人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

③定期检查铅房的门机联锁、灯机联锁装置、声光警示系统的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关进行显著的标识，出现问题时，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施的各机构及电控系统，制定有定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。辐射工作场地因某种原因损坏，公司应立即停止使用，修复后再投入使用。

④定期检查固定式场所辐射探测报警装置的有效性，固定式场所辐射探测报警装置实时监测铅房内剂量发生变化时，告知周围工作人员铅房内设备正在出束，不能靠近。相关工作人员佩戴射线辐射检测报警仪，实时监测 X 射线照射剂量是否超标，若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

⑤定期使用便携式 X- γ 剂量率仪对 X 射线设备铅房外周围剂量率进行监测，若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

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

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

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

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

12.2 辐射安全管理

(1) 辐射安全管理规章制度

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

目前，公司已成立辐射工作安全管理领导小组，制定了《辐射工作安全防护管理制度》、《X 射线机探伤室辐射防护规章制度》、《设备检修维护制度》、《台账管理制度》、《X 射线探伤工岗位职责》、《人员培训计划》、《辐射安全防护监测方案》、《辐射安全事故应急预案》等制度，将根据新增 X 射线装置性质对现有辐射安全管理规章制度进行修订。在项目运营前，公司拟根据本项目新增 X 射线装置运行管理和设备操作需求，制定相关操作规程、岗位职责等制度，并将本项目相关制度粘贴在辐射工作场所。

(3) 辐射工作人员

项目拟在公司内部调配 1 名辐射工作人员并新聘 3 名辐射工作人员从事本项

续表 12 辐射安全管理

目 X 射线无损检测工作，具体人员待定，不新增公司总劳动定员。

①配置数量合理可行性

根据探伤装置的操作需求，项目拟配置 4 名辐射工作人员（每台设备 2 人，两班制，每班 1 名）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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。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），有辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。

公司现有辐射工作人员中均取得了辐射安全培训合格证书，并定期复训，满足上述规定要求，本项目新聘人员将按要求经过培训考核合格后方可上岗，并定期复训，建立培训档案。

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。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。另外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

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

后续公司应按照规定为本项目新聘的每名放射工作人员配置了个人剂量计，

续表 12 辐射安全管理

并按照要求进行了剂量监测，建立了个人剂量档案。

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，放射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。建设单位应建立和保存放射工作人员的健康档案。

公司现有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，本项目新聘辐射工作人员落实到位后，应按照规定进行岗前职业健康体检，按照相关要求定期进行复检，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。

公司《辐射工作安全防护管理制度》中包含年度评估相关规定，并按照规定已提交过《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，年度评估报告包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容，符合要求。建设单位每年均在规定时间内完成《年度评估》文件的编制和上报工作，后续应继续按照规定按时提交《年度评估》文件。本项目建成后，拟将本项目纳入年度评估管理中。

(4) 档案管理

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

续表 12 辐射安全管理

75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

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”。医院应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

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

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

（5）核安全文化建设

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

具体操作参考如下：

①建设单位应组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

②建设单位应当建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

12.3 从事辐射活动能力评价

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

续表 12 辐射安全管理

表 12-1 从事辐射活动能力的评价	
应具备条件	拟落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	本项目辐射安全与环境保护管理机构依托公司已有辐射工作安全管理领导小组。
从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	项目拟在公司内部培养 1 名辐射工作人员并新聘 3 名辐射工作人员，具体人员待定，不新增公司总劳动定员，将按照规定参加培训并考核合格后上岗。
射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	设备在铅房内工作，铅房有足够厚的铅板以及铅门进行屏蔽；设备安装到位后，配置安全联锁装置、工作状态指示灯、钥匙开关、警示灯、急停开关、固定式场所辐射探测报警装置、警示标志、视频监控系統、个人防护用品及监测仪器等。
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。	辐射工作人员均拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	公司制度满足现有工作运行要求，本项目依托公司已有辐射安全管理规章制度，待本项目建成运营前，将按照相关规定和要求进一步完善相关操作规程、岗位职责、辐射事故应急措施等制度，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	公司已制定了辐射事故应急措施，项目投运前拟根据本项目进一步完善辐射事故应急预案。

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

12.3 辐射环境监测

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》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，公司已制定有监测计划，包括工作场所监测及个人剂量监测等，公司每年均委托有资质单位对现有射线装置等屏蔽体外辐射环境及辐射工作人

续表 12 辐射安全管理

员个人剂量进行监测，满足相关要求，还应进一步细化监测方案。

本项目建设后，在验收及每年例行监测时应委托资质单位对设备铅房及操作位进行监测，日常使用便携式 X- 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：3 个月测读一次个人剂量计，如发现异常可加密监测频率。

(2) 工作场所外环境监测

建设单位在项目建成后应对铅房外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

监测计划应包括以下内容：

监测频度：验收时监测一次，维修导致屏蔽防护措施或设备剂量率发生变化时监测一次。

监测项目：周围剂量当量率；

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

12.4 辐射事故应急

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

公司制定了《辐射安全事故应急预案》，具体内容包括辐射事故分级、辐射安全事故报告和辐射事故应急处理。公司应根据辐射源项不断完善应急预案，定期进行辐射事故应急演练，并做好演练记录。

续表 12 辐射安全管理

(1) 辐射事故分级

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

根据本报告表 11 分析，项目发生的单次误照射可能会造成人员受到超过年剂量限值，属于一般辐射事故，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。

(2) 辐射安全事故报告

探伤室发生或发现辐射安全事故必须立即报告公司应急小组，公司在 2 小时内向生态环境主管部门报告，造成人员受超剂量照射应同时报告健康委行政相关部门。

政务服务便民热线电话：12345； 急救电话：120

巴南区生态环境局电话：023-89888609

巴南区卫健委：023-66246621

公司应急小组成员电话：赵建洪 15*****91，车单 15*****93

(3) 发生辐射事故时应急处置流程

一是使用部门现场应紧急停机断电，疏散探伤室及周边附近人员；二是发生事故班组立即组织将事故受照射人员撤离现场并简单急救；三是人力资源部检查人员受危害程度，并采取急救措施，并立即联系送医检查治疗；四是保护事故现场，安全部门迅速向当地生态环境行政主管部门等相关部门报告。任何单位和个人不得拖延、隐瞒不报或者谎报；五是安全部门调查事故及纠正或配合相关部门调查。

(4) 辐射事故后处理

①发生辐射事故，立即安排受照人员送专业医院检查，并实施专业救治；对可能受到辐射伤害人员，人力部应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

②配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。

续表 12 辐射安全管理

③联系厂商配合查找事故原因，排除事故隐患，总结分析事故原因、制定纠正措施并整改，杜绝事故的再次发生。

12.5 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见表 12-2。

表 12-2 辐射安全与管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框，上墙	1
电离辐射警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	门机连锁、灯机连锁、紧急停机按钮、警示灯等	实时成像系统配套措施
防护监测设备	个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 剂量率仪、固定式场所辐射探测报警装置	13
环保手续办理	/	11
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。建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 环保设施竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	建设内容	UND225 定向 X 射线数字成像检测设备 1 台，最大电压≤225kV，电流≤8mA	均不发生重大变更
		UND160 定向双源 X 射线数字成像检测设备 1 台，最大电压≤160kV，电流≤11mA	
2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等	齐全
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包含操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备保养制度、人员培训计划、监测方案、应急预案等。	齐全
4	铅房防护措施	①工作场所分区管理； ②铅房各屏蔽体、铅门有足够的屏蔽能力，通风口、管线口不影响屏蔽效果 ③设置安全连锁系统，包括门机连锁、灯机连锁；操作台上设工作状态指示灯；铅房内、操作台上	符合相关要求

续表 12 辐射安全管理

		设急停按钮； ④通风：X射线设备工作时产生的废气，经铅房顶部排风扇排至二期压铸车间内，依托二期压铸车间排风系统排至室外，铅房内每小时有效通风换气次数应不小于3次； ⑤铅房周围（含防护门）及划分工作区与的围栏上等醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志； ⑥铅房内安装摄像头，监视器设在操作台。		
5	防护监测设备	每名辐射工作人员均配备个人剂量计，每台实时成像系统配置1台个人剂量报警仪、1台便携式X-γ剂量率仪和一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；铅房内剂量率监测。
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，按要求定期复训		环境保护部令第3号、第18号、公告2019年第57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 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为配套“新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具生产线建设项目”的生产使用，公司拟配置一套 X 射线数字成像检测设备（UND225 型，单管头，最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA），布置于公司二期压铸车间西南侧品质探伤室内；一套双源 X 射线数字成像检测设备（UND160 型，双管头，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 11mA），布置于公司二期压铸车间东北侧检测区内。操作台均设置于铅房外，对新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具进行无损检测。本项目总使用面积约 256.6m²。

项目总投资 630 万元，其中环保投资约 25 万元。

13.1.2 产业政策符合性

本项目配置的 X 射线设备用于对工件无损检测，属于《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此，项目符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性

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

13.1.4 辐射环境质量现状

本项目建设位置的环境 γ 辐射剂量率的监测值在 52nGy/h~91nGy/h 之间（未扣除宇宙射线）。根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》，重庆市 γ 辐射累积剂量各点位测量均值范围为 78.0~119nGy/h，全市各点位年均值为 94.5nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值），两者相比，项目所在地的环境 γ 辐射剂量率监测值在正常涨落范围内。

13.1.5 选址可行性及布局合理性

UND225 型实时成像系统拟设置在公司二期压铸车间西南侧品质探伤室内，

续表 13 结论及建议

UND160 型实时成像系统拟设置在公司二期压铸车间东北侧检测区内，品质探伤室、检测区分别位于二期压铸车间两侧，中部为车间压铸区，便于将待检工件运送至品质探伤室、检测区内；实时成像系统专用铅房固定安装在品质探伤室、检测区内，内部无其他人员活动，有利于辐射防护，品质探伤室、检测区外周围活动人员较少，有利于减少无损检测对公众成员的影响；品质探伤室、检测区内有工件待检区及安全通道，方便工作人员将工件运输至品质探伤室、检测区内的检测区域。因此，项目选址可行。

本项目 X 射线设备自带铅房和操作台，UND225 型实时成像系统操作台位于铅房东南侧，操作台避开了有用线束照射的方向，工件从东北侧进入铅房，检测完后从东侧运走，路径便于管理；UND160 型实时成像系统操作台位于铅房西北侧，检修门 1、2 分别位于西北侧和东南侧，均避开了有用线束照射的方向；工件从西南侧进入铅房，检测完成后从西南侧运走，工件进出口分开布置，便于管理。因此，本项目平面布局合理。

13.1.6 辐射防护与安全措施

建设单位拟对本项目两台探伤机均进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为铅房内部，监督区分别为二期压铸车间西南侧品质探伤室内、实时成像系统铅房外区域和二期压铸车间东北侧检测区内、实时成像系统铅房外区域。

设备均自带有多种固有安全性，如：设备铅房具有足够的屏蔽能力、带监控系统、设门机联锁、灯机联锁、急停按钮等，能很好的保证 X 射线设备自身的稳定性和安全性。

铅房的屏蔽体均采用钢+铅+钢结构以及铅门。根据效核，在现有屏蔽体设计厚度下，本项目 X 射线设备工作时，铅房四周屏蔽体、顶棚、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求，铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。铅房主体结构焊接密闭，开设铅防护门，设置具有屏蔽能力的排风出口罩、管线出口罩。

X 射线设备产生的废气经铅房顶部排风扇排至二期压铸车间，再依托二期压

续表 13 结论及建议

铸车间通风系统排至室外，通风次数均不小于 3 次/h。

综上所述，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）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.1.7 环境影响分析结论

根据核算，辐射工作人员、公众成员的年有效剂量均低于本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

本项目运行时，在周围环境保护目标处的辐射影响很小，对其产生的影响有限，满足相关要求。

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

13.1.8 辐射环境管理

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

13.1.9 综合结论

综上所述，新能源汽车系统、5G 通信零配件及模具生产线建设项目（探伤部分）符合国家产业政策，选址和布局合理。在完善相应的污染防治措施和环境管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。因此，从环境保护的角度来看，该建设项目是可行的。