

核技术利用建设项目
5G通信结构件数字化压铸车间
(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：2022年4月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
5G 通信结构件数字化压铸车间
(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）：

余建洪

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：zhaojh@djmillison.com

联系电话：189*****0

编制单位和编制人员情况表

项目编号	86nhtc		
建设项目名称	5G通信结构件数字化压铸车间（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	915001137093750290		
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
刘露丹	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、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	BH002262	

表 1 项目基本情况

建设项目名称		5G 通信结构件数字化压铸车间（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	189*****0
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 号联合厂房压铸车间检测区			
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	2203-500113-07-02-698439	
建设项目总投资 （万元）	510	项目环保投资 （万元）	13	投资比例（环保 投资/总投资）	2.55%
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 ）	140
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，建设了压铸、机加项目，厂区现有联合厂房 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。</p>					

续表 1 项目基本情况

1.2 项目由来

2022年3月,公司拟在联合厂房压铸车间建设“5G通信结构件数字化压铸车间”项目,建设相关生产线3条,生产5G基站散热器、壳体、屏蔽盖子等关键部件,该部分为简单机械加工,无需进行环境影响评价,目前正在建设中。

公司目前已有两套自屏蔽X射线探伤装置,主要进行汽车零件等的无损检测。为了配合5G通信结构件的生产,精确检查5G通信结构件的缺陷(内部疏松、缩孔、气孔、冷隔、沙眼、夹渣、裂缝等缺陷),公司拟购买一套含专用铅房的双源X射线数字成像检测设备(UND160型,双管头,最大电压均为160kV,最大电流均为11mA),固定安装在联合厂房压铸车间检测区,在该专用铅房内进行5G通信结构件的无损检测。

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,人员接近时无需额外屏蔽,但是专用铅房设置四个铅门,其中两个用于工件进出,两个用于检修,且铅门尺寸较大,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》中的二、三条要求,因此本项目双源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

续表 1 项目基本情况

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、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辐射环境影响报告表。

1.3 建设内容及工程规模

(1) 项目概况

本项目拟购买一套含专用铅房的双源 X 射线数字成像检测设备（UND160 型，双管头，最大电压均为 160kV，最大电流均为 11mA），固定安装在联合厂房压铸车间检测区，在该专用铅房内进行 5G 通信结构件的无损检测。压铸车间为 1F 建筑，高约 11m，本项目检测区占地面积约 140m²。

项目建设工期约 1 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	检测区	检测区位于厂区压铸车间内，1F，占地长约 12.96m，宽约 10.80m，占地面积约 140m ² ，四周设置 1.2m 高安全防护栏，东南和西南侧设待检工件进、出口门。	新建
	设备	1 套定向型双源 X 射线数字成像检测设备，型号为 UND160 型（双管头，最大电压均为 160kV，最大电流均为 11mA），固定安装于专用铅房内； UND160 型铅房净空尺寸：7560mm(长)×2940mm(宽)×2970mm(高)，铅房六面屏蔽体为钢+铅+钢结构。	新购
公用工程	供配电系统	依托联合厂房供配电系统，联合厂房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污水处理站处理后进入市政污水管网。	依托
	固废处理	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。 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，按照一般固体废物处置。	依托
	废气治理	专用铅房顶部自带有 2 个排风扇（一用一备），将铅房内废气排至压铸车间，依托压铸车间排风系统排出室外。单台排风扇的风量约 360m ³ /h，换气次数约 5 次/h。	铅房自带

续表 1 项目基本情况

	辐射防护	双源 X 射线数字成像检测设备自带屏蔽铅房，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 2 名辐射工作人员开展检测工作。	/

(2) 项目双源 X 射线数字成像检测设备铅房设计

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	内空尺寸 (长×宽×高)	设计情况		备注
专用铅房	7560mm (长) ×2940mm (宽) ×2970mm (高)	四面屏蔽体、顶棚、底板	四面屏蔽体：东北和西南侧为内3mm钢+8mmPb+外2mm钢，东南和西北侧为内3mm钢+7mmPb+外2mm钢； 顶棚：内3mm钢+8mmPb+外2mm钢； 底板：内3mm钢+7mmPb+外2mm钢； 排风出口罩：内3mm钢+8mm铅+外2mm钢； 电缆出口罩（铅房底部）：内3mm钢+8mm铅+外2mm钢； 主射方向朝向底板，因 C 臂的偏转角度和主射角，主射面可为东北侧、西南侧屏蔽体及底板。	设备厂家提供
		防护门	工件进、出口铅门：内 3mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢； 检修门 1、2：内 3mm 钢+7mmPb+外 2mm 钢。	
检测区	12960mm (长) ×10800mm (宽)	四周设置 1.2m 高安全防护栏		/

备注：铅房采用钢+铅+钢的屏蔽结构。

(3) 设备概况

本项目设备情况表见表 1-3。

表 1-3 双源 X 射线数字成像检测设备基本情况表

装置型号/名称	UND160 型双源 X 射线数字成像检测设备
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，最大均为电压 160kV、最大电流均为 11mA
焦点、散射角、焦距	0.4/1.0mm，40°，550~900mm
C 型臂旋转角度	±15°
铅房尺寸	内空尺寸：7560mm (长) × 2940mm (宽) × 2970mm (高)； 工件进出口门尺寸：1000mm × 1885mm (供工件进出 (人工搬至载物台) 铅门左右搭接各为 85mm)； 两侧检修门尺寸：1540mm × 2295mm (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、急停开关、警示灯、警示标志等。

续表 1 项目基本情况

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 5G 通信结构件进行抽检。检测工件的参数见表 1-4。			
表 1-4 检测工件的相关参数一览表			
工件名称	材质	直径	厚度
5G 通信结构件	铝合金	100-1100mm	5-40mm
(5) 计划工作量			
公司年工作 270 天，每周工作 6 天，两班制，每班工作 8h。			
根据建设单位提供数据，本项目对公司生产的 5G 通信结构件进行 X 射线无损检测，双源 X 射线数字成像检测设备预计全年曝光次数共计约 54000 次（200 次/天，1200 次/周），单次最大曝光时间为 2min。设备无固定的检测工况，电流电压将根据检测工件的形状、厚度的特性进行调整，工件由辐射工作人员放置在铅房自带传送带上的载物台上，由传送带运进铅房，检测完成后，再从另一侧运出铅房，再进行下一个工件的检测，其工作情况见表 1-5。			
表 1-5 双源 X 射线数字成像检测设备工作负荷一览表			
设备型号	单次最大曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间
UND160 型	2min	54000 次（1200 次/周）	1800h（40h/周）
(6) 劳动定员			
项目拟在公司内部培养 2 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。			
1.4 与项目依托可行性			
项目依托可行性分析见表 1-6。			
表 1-6 项目依托可行性分析			
依托工程	依托情况	可行性分析	结论
公用工程	供电、供水等公用工程依托已有设施	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污水处理站。	可行
	废气	项目铅房内废气排至压铸车间后，依托压铸车间排风系统排出室外，现有压铸车间排风系统完善，本项目可依托。	可以

续表 1 项目基本情况

	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	项目拟在公司内部培养 2 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小组	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，将根据新增 X 射线装置的特点和需求对现有辐射安全管理规章制度进行修改，使其符合相关规范和要求，因此本项目可依托。	可行

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；辐射安全管理可依托现有辐射工作安全管理领导小组管理，并根据本项目具体情况修订和新增符合项目安全运行的辐射安全管理制度，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。

1.5 项目外环境概况

公司厂区东北侧紧邻空地；东南侧至南侧紧邻天安路，之外约 30m 为光宇工业等企业厂房；西南侧至西侧紧邻天辰大道，之外约 25m 为空地，西北侧紧邻施工板房及空地。

项目所在联合厂房东侧紧邻厂区危废暂存间、污水处理站、循环水站、空压房等，之外约 25m 为厂区道路，之外约 35m 为空地；东南侧紧邻厂区道路，之外约 35m 为天安路，之外约 65m 为光宇工业等企业厂房；南侧紧邻厂区道路，之外约 20m 为厂区门卫室；西南侧紧邻厂区道路，之外约 15m 为公司综合楼和厂区绿化景观等；西北侧紧邻厂区道路，之外约 15m 为施工板房。项目所在联合厂房周围外环境见表 1-7。

表 1-7 本项目所在联合厂房周围外环境一览表

序号	名称	方向	与厂房最近距离	高差	基本情况
1	危废暂存间、污水处理站、循环水站、空压房等	东北侧	紧邻	0m	厂区用房，1F，活动人员约 20 人
2	厂区道路		约 25m	0m	厂区道路
3	空地		约 35m	0m	空地
4	厂区道路	东南侧	紧邻	0m	厂区道路
5	天安路		约 35m	0m	路面宽约 30m，双向 4 车道
6	光宇工业等企业厂房		约 65m	0m	厂房，1F，约 300 人
7	厂区道路	南侧	紧邻	0m	厂区道路

续表 1 项目基本情况

8	厂区门卫室		约 20m	0m	厂区用房, 1F, 约 4 人
9	厂区道路	西南侧	紧邻	0m	厂区道路
10	综合楼		约 15m	0m	厂区用房, 5F, 约 300 人
11	厂区绿化景观等		约 15m	0m	厂区绿化景观用地
12	厂区道路	西北侧	紧邻	0m	厂区道路
13	施工板房		约 15m		厂外施工板房, 2F, 约 30 人

项目专用铅房 50m 范围内主要有公司联合厂房及公司厂外活动板房, 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。

1.6 工作场所选址可行性分析

项目位于公司联合厂房压铸车间内, 设置有独立的检测区, 专用铅房固定安装在检测区内, 内部无其他人员活动, 有利于辐射防护。同时本项目与现有整体探伤室相邻, 远离公司西南侧综合楼中的办公区域, 检测区距离待检工件近, 待检工件进出有独立的物流通道, 能有效避免待检工件的远距离运输。因此, 项目选址可行。

1.7 与项目有关的原有核技术应用及污染状况

根据现场调查和咨询, 重庆美利信科技股份有限公司于 2021 年申领了辐射安全许可证: 渝环辐证[00392] (有效期至 2024 年 7 月 9 日), 重庆美利信科技股份有限公司目前取得许可并使用的有 2 台 III 类射线装置, 与现场探勘情况一致。

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1-8所示。

表 1-8 现有辐射工作情况一览表

序号	设备名称及型号	类别	用途	数量 (台)	位置	环保手续
1	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内的整体探伤室	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内的整体探伤室	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, 目前配置有 4 名辐射工作人员, 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 0.05 mSv/a~0.20mSv/a, 远低于公司的管理目标值 5mSv/a) 和健康档案, 进行了辐射工作安全防护培训, 并取得合格证, 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。

1.8 项目所在厂区环保手续情况

续表 1 项目基本情况

2015 年公司委托有资质单位编制了《重庆美利信科技有限责任公司压铸、机加项目环境影响报告表》，并取得了原重庆市巴南区环境保护局的批准书（渝（巴）环准[2015]113 号），该项目一期已于 2017 年 11 月进行了竣工验收并取得了验收组意见，二期于 2021 年 12 月进行了竣工验收并取得了验收组意见。目前公司已取得了排污许可证。

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	双源 X 射线数字成像检测设备	II	1	UND160 型	160	11	无损检测	联合厂房 压铸车间 检测区专用铅房内	/

(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

<p>法规文件</p>	<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 日最新修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《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，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》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行；国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日修订实施；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，2006 年 3 月 1 日施行；生态环境部令第 20 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》，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) 《重庆市环境保护条例》，2018 年 7 月 26 日施行修订版；</p> <p>(11) 《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 号），2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(12) 《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> <p>(13) 《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>
-------------	---

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 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修改单；</p> <p>(6) 《职业性外照射慢性放射病诊断》(GBZ105-2017)；</p> <p>(7) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 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) 厂区验收批复，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，本项目以双源 X 射线数字成像检测设备中铅房周围 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

本项目的双源 X 射线数字成像检测设备铅房和操作台放置于联合厂房压铸车间检测区内，铅房东北至东侧约 6m 为压铸车间压铸区；东南侧紧邻操作台，之外约 4m 为时效炉区、自动化清理区等；西南至西北侧约 8m 为手工打磨区、加工区等；西北侧约 4m 为现有探伤室，约 40m 为厂外施工板房；北侧约 10m 为熔炼炉、除尘器区域等。项目所在联合厂房压铸车间高度约为 11m，铅房顶部及地下均无建筑，顶部也无行车。

项目地理位置见附图 1，项目周围环境及保护目标见附图 2，项目所在厂房内布置见附图 3，项目现场照片见附图 5。本项目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	方向	与铅房最近距离	高差	基本情况	影响因素	影响人群
1	压铸车间压铸区	东北至东侧	约 6m	0m	联合厂房内部，活动人员约 20 人	X 射线	公众成员
2	操作台	东南侧	紧邻	0m	项目辅助用房，活动人员约 2 人		本项目辐射工作人员
	时效炉区、自动化清理区等		约 4m	0m	联合厂房内部，活动人员约 10 人		公众成员
3	手工打磨区、加工区等	西南至西北侧	约 8m	0m	联合厂房内部，活动人员约 20 人		公众成员
4	现有探伤室	西北侧	约 4m	0m	联合厂房内部，约 4 人		辐射工作人员
5	施工板房		约 40m	0m	厂外施工板房，2F，约 30 人		公众成员
6	熔炼炉、除尘器区域等	北侧	约 10m	0m	联合厂房内部，活动人员约 20 人	公众成员	

续表 7 保护目标与评价标准

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 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

该标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

第 3 条 工业 X 射线探伤装置放射防护的性能要求

第 3.1.1.5 条 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

X 射线探伤装置在额定工作条件下,距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 1(本报告表 7-2)的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率控制值

管电压, kV	漏射线空气比释动能率, mGy/h
150~200	<2.5

第 4 条 工业 X 射线探伤室探伤的放射防护要求

第 4.1 条 防护安全要求

第 4.1.3 条 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足:

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平,对职业工作人员不大于 100 μ Sv/

续表 7 保护目标与评价标准

周，对公众不大于 5 μ Sv/周；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

第 4.1.4 条 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

b) 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 4.1.11 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}_{cd} ）：

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。

(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：0.3mg/m³；氮氧化物的接触限值：5mg/m³；

(5) 评价标准及相关参数值

根据 GBZ117-2015、GBZ/T250-2014 推导出年剂量控制值为工作人员： $\leq 5\text{mSv/a}$ （100 μ Sv/周，50 周/a），公众成员： $\leq 0.25\text{mSv/a}$ （5 μ Sv/周，50 周/a）。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：0.25mSv。根据 GB18871-2002 的 11.4.3.2 规定：剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%-30%

续表 7 保护目标与评价标准

(即 0.1mSv/a-0.3mSv/a) 的范围之内, 本项目建设单位的公众照射剂量管理取值为 25%, 在上述取值范围内, 满足 GB18871-2002 要求。

铅房周围剂量当量率以不大于 2.5 μ Sv/h 进行控制, 铅房顶棚周围剂量当量率以不大于 100 μ Sv/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: 0.25mSv	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: $\leq 100\mu$ Sv/周 公众成员周剂量: $\leq 5\mu$ Sv/周	GBZ/T250-2014
3	铅房外剂量要求	铅房顶棚外 30cm 处周围剂量当量率: $\leq 100\mu$ Sv/h; 铅房其他方向屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率: $\leq 2.5\mu$ Sv/h	GBZ117-2015 GBZ/T250-2014
4	通风要求	有效通风换气次数应不小于 3 次/h	GBZ117-2015

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 号联合厂房压铸车间检测区，为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，2022 年 3 月 25 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)[2022]334 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

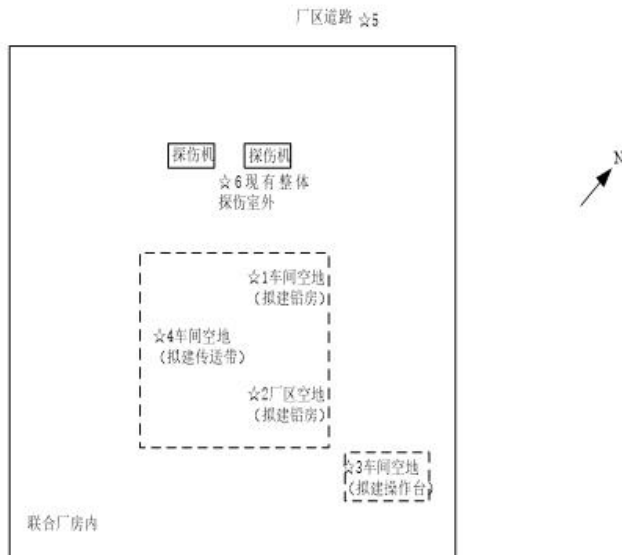
(3) 监测仪器

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
环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率 JB4010	09031	2021H21-20-3220801001	2022.4.25	0.93

(4) 监测点位：共设 6 个点。具体监测布点见图 8-1。



监测布点示意图

备注：☆为环境 γ 辐射剂量率监测点位，监测时，现有探伤机未启动。

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、操作台的拟建址以及联合厂房内、外。监测布点较全面的考虑了项目所在位置及其周围辐射环境水平，总体上可以反映项目所在地辐射环境水平。

(5) 质量保证措施

监测仪器每年送计量部门检定合格后在有效期内使用；监测时获取足够的的数据量，以保证监测结果的统计学精度；监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，最后由技术负责人审定。因此，监测结果有效。

(6) 监测结果统计：监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 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 (nGy/h)
☆1	车间空地 (拟建铅房)	34
☆2	车间空地 (拟建铅房)	33
☆3	车间空地 (拟建操作台)	32
☆4	车间空地 (拟建传送带)	31
☆5	厂区道路	39
☆6	现有整体探伤室外	33

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 31nGy/h~39nGy/h 之间（未扣除宇宙射线）。根据《2020 年重庆市生态环境质量公报》，重庆市 2020 年环境 γ 空气吸收剂量率平均值为 95.9nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。两者相比，本项目所在地环境 γ 辐射剂量率均低于重庆市 2020 年环境 γ 空气吸收剂量率平均值。

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 X 射线实时成像系统设备的安装和调试。

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

本项目拟配置一套双源X射线数字成像检测设备，设备主要由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 双源X射线数字成像检测设备配置清单

序号	名称	规格	产地	数量	备注
1	UND160 型 X 射线探伤机				
1.1	X 射线管	MXR-160HP/11	瑞士 COMET	2 支	/
1.2	高频高压发生器	iVario-160/2.25		2 套	/
1.3	水冷却器	XRC-3023-WA		2 台	冷却介质：纯净水、容积：4L
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	2 台	/
3.2	显示器	27 寸液晶	联想	2 台	/
3.3	图像处理软件	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	大华	1 套	/
4	机械传动单元				
4.1	机器人机械手	R-2000iC/210F	发那科	2 套	C 型臂固定在机器人机械手上
4.2	C 型臂检测工装	UN-M2	日联科技	2 套	
4.3	双工位载物台	UN-M1		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	日联科技	1 套	/
5.3	操作台	UN-C3	日联科技	1 套	/
5.4	动力单元	/	日联科技	1 套	/
5.5	CNC 示教单元	/	日联科技	1 套	/

表 9 项目工程分析与源项

X 射线防护单元					
6	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	一用一备，单台排风扇风量为 360m 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	/	日联科技	1 个	/
8.3	急停按钮	/	日联科技	1 个	/
8.4	射线启动按钮	/	日联科技	2 个	/
8.5	工作指示灯（三色灯）	/	日联科技	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
9	其他				
9.1	遥控手柄	/	日联科技	2 个	控制机械手移动及 C 臂转动
9.2	安全连锁单元	/	日联科技	1 套	/
9.3	安全报警单元	报警灯	日联科技	2 组	一组由黄灯和红灯组成，黄色代表预备状态，红色代表照射状态，出束时蜂鸣器同时响应
9.4	急停按钮	/	日联科技	3 个	/

(1) X 射线机系统组成

设备 X 射线机系统主要由两个 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

图 9-1.1 X 射线管头、高频高压发生器外观典型照片

续表 9 项目工程分析与源项

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，两个机械手分别设置一个遥控手柄（放置在操作台使用）。

X 射线系统主要性能参数见表 9-2，设备典型照片见图 9-2 和图 9-3。

表 9-2 X 射线系统主要性能参数

设备类型	UND160型定向探伤机
最大电压	两个 X 射线管头均为160kV
最大电流	两个 X 射线管头均为11mA
冷却方式	水冷
X 射线束辐射角	40°
射线管焦点尺寸	d=0.4mm
	d=1.0mm
电压、电流可调节范围	30~160kV 连续和可调； 0.2~11mA 可调。
最大穿透（Al）	110mm
焦距	550~900mm
曝光时间	1~2min

续表 9 项目工程分析与源项

(2) 工作原理及工作流程

1) 工作原理

A、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 9-4。

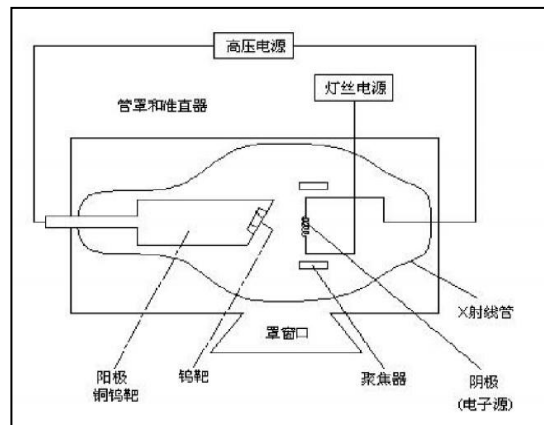


图 9-4 X 射线管原理示意图

B、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，设备将根据工件的摆放位置、厚度等，通过调节电流电压、C 型臂角度来对工件进行扫描。当 X 线射向工件时，部分射线被工件吸收，部分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。就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，从而达到 X 射线无损检测的目的。

2) 工艺流程

双源 X 射线数字成像检测设备开展 X 射线无损检测工作如下，工作流程图见图 9-5。

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自行将工件放置于工件进口铅门外载物台上,载物台带工件进入铅房内。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选择单管头或双管头并设置相应参数,打开射线检测工件。双管头同时开启检测主要是在工件较大且检测部位较多的情况。

检测期间,工件固定在载物台上,载物台可沿图中方向移动,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,检测完毕载物台带工件退至工件出口铅门外,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

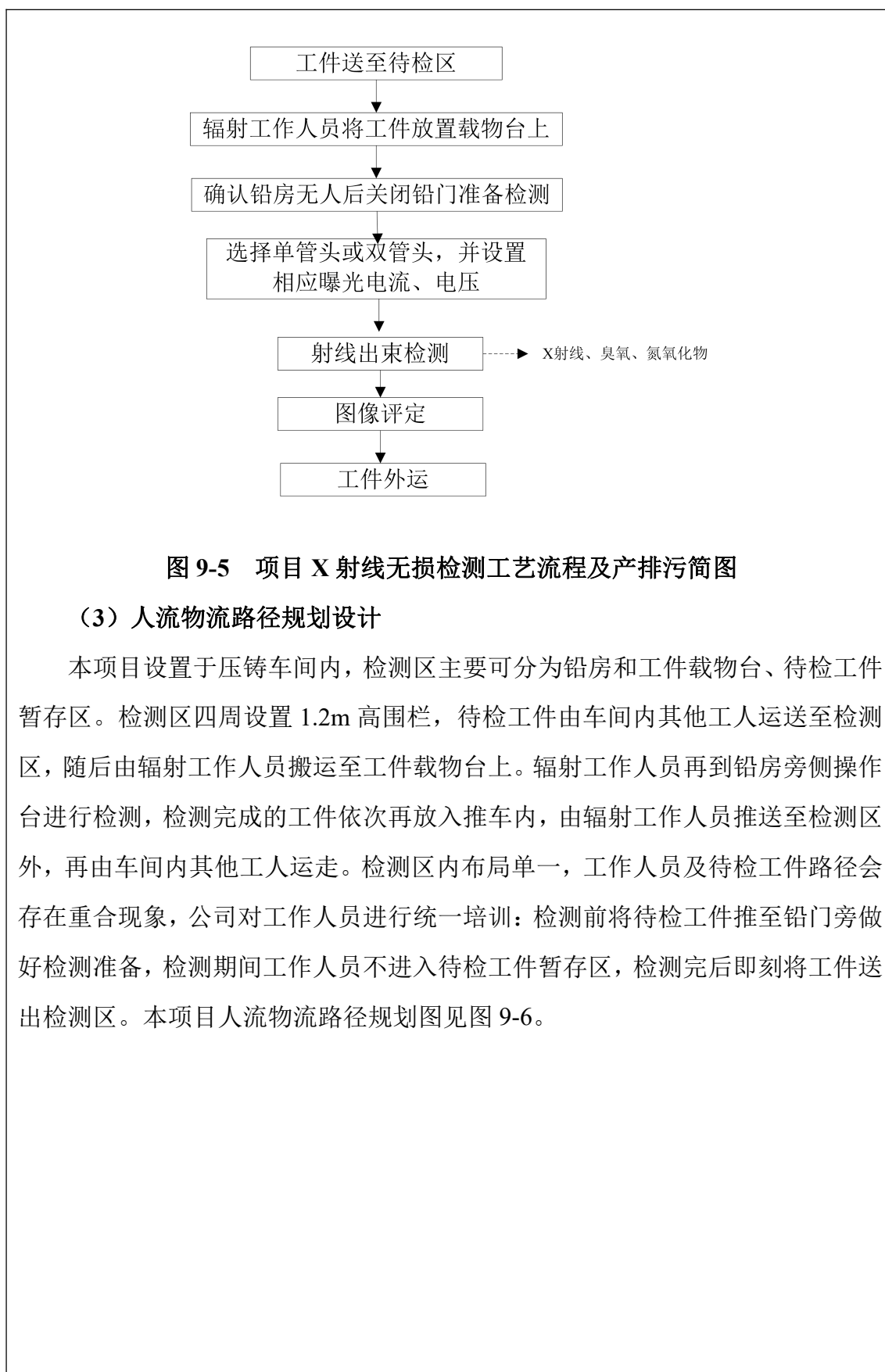


图 9-5 项目 X 射线无损检测工艺流程及产排污简图

(3) 人流物流路径规划设计

本项目设置于压铸车间内，检测区主要可分为铅房和工件载物台、待检工件暂存区。检测区四周设置 1.2m 高围栏，待检工件由车间内其他工人运送至检测区，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检测区外，再由车间内其他工人运走。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检测区。本项目人流物流路径规划图见图 9-6。

续表 9 项目工程分析与源项

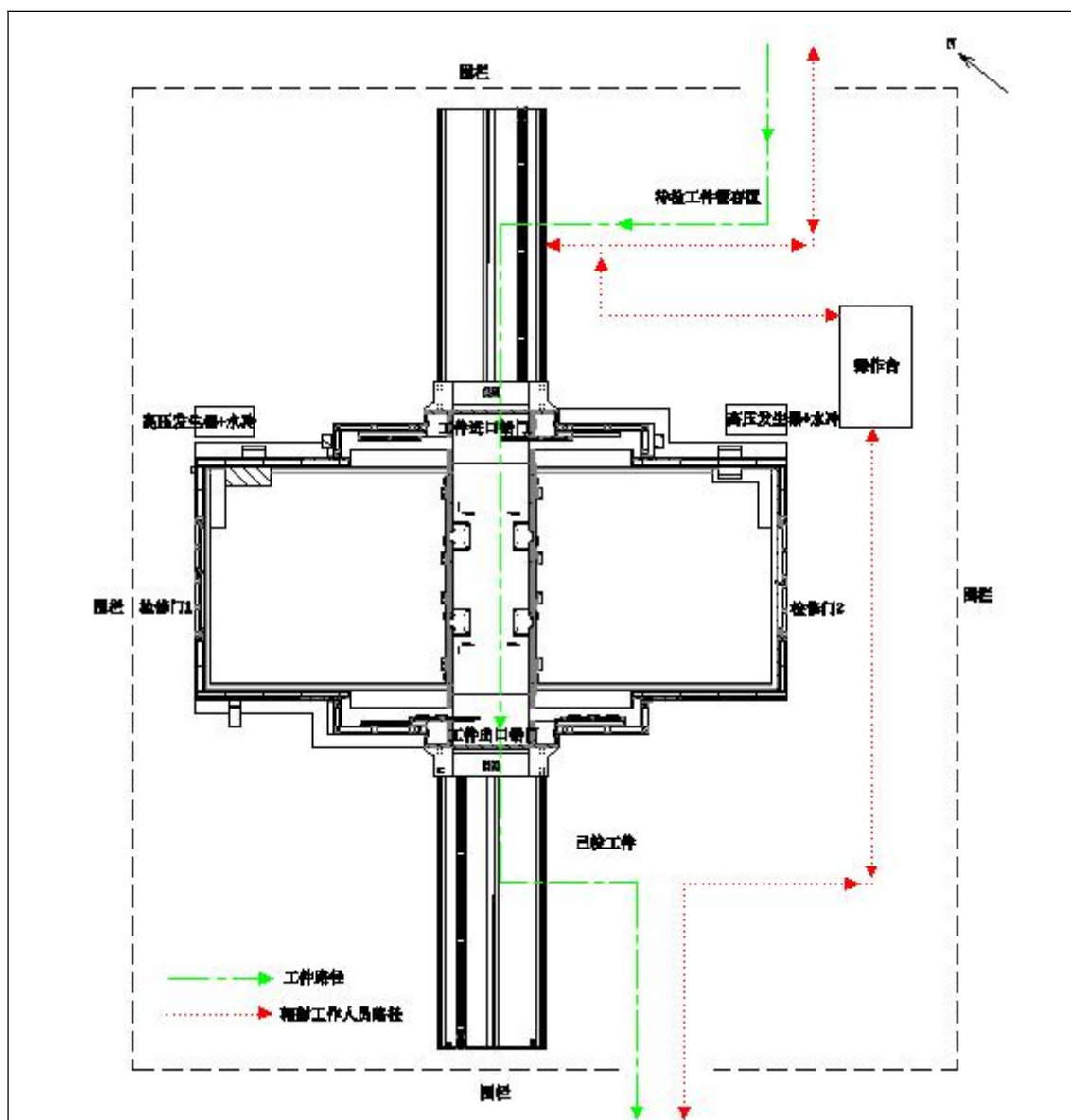


图 9-6 项目人流物流路径规划示意图

9.3 污染源项分析

本项目为双源 X 射线数字成像检测设备，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

由双源 X 射线数字成像检测设备工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的双源 X 射线数字成像检测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

续表 9 项目工程分析与源项

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，双源 X 射线数字成像检测设备与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

①有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线用来照射工件，形成工件无损检测的射线。根据厂家提供资料，本项目设备过滤板为 0.5mm 铜，根据 ICRP33 报告（第 55 页图 2）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 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 $6.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。双源 X 射线数字成像检测设备射线能量、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，加在 X 射线管的管电流越高，光子束流越强。

续表 9 项目工程分析与源项

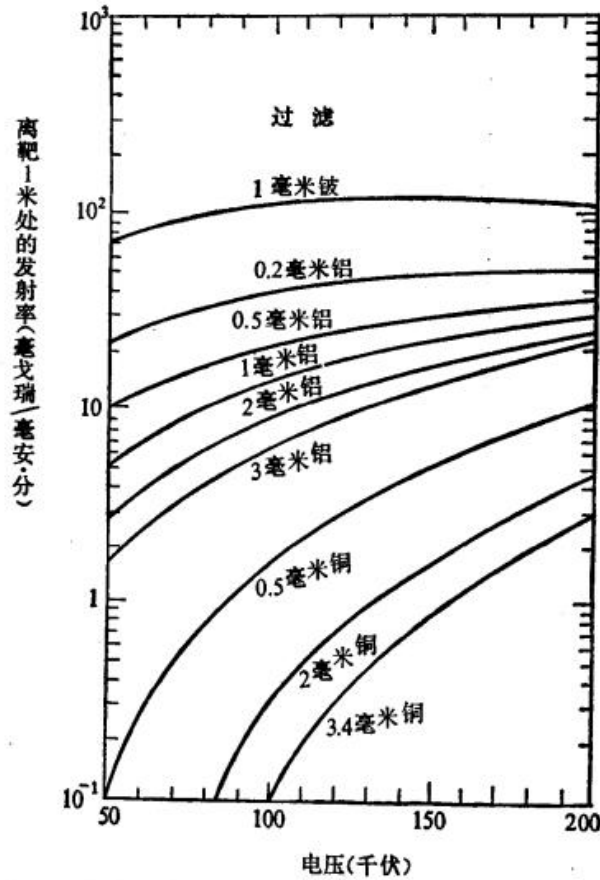


图 2 在各种线束过滤和钨反射靶情况下恒电位 X 线发生器，在离靶 1 米处的发射率，管窗是 1 毫米厚的铍

图 9-7 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

②漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）表 1，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率小于 2.5mGy/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，本项目双源 X 射线数字成像检测设备 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

续表 9 项目工程分析与源项

本项目主要是在双源 X 射线数字成像检测设备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后排入市政污水管网。本项目辐射工作人员均为公司现有工作人员，因此项目不新增废水产生量。

(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双源 X 射线数字成像检测设备。

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。本项目辐射工作人员均为公司现有工作人员，故项目不新增生活垃圾产生量。

双源 X 射线数字成像检测设备使用一定年限后，射线装置可能报废，报废成为固体废物，使用单位应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，按照一般固体废物处置。

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。

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 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	对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化后按照一般固体废物处置

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

本项目双源 X 射线数字成像检测设备带铅房和操作台，固定安装在检测区内，其操作台位于铅房东南侧，检修门 1、2 分别位于西北侧和东南侧，操作台和检修门均避开了有用线束照射的方向；工件设置进口铅门和出口铅门，从东北侧进入铅房，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

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，拟对项目工作区域进行分区管理，控制区即为双源 X 射线数字成像检测设备铅房内部，监督区为铅房外检测区。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	用房
控制区	铅房内
监督区	铅房外检测区

续表 10 辐射安全与防护

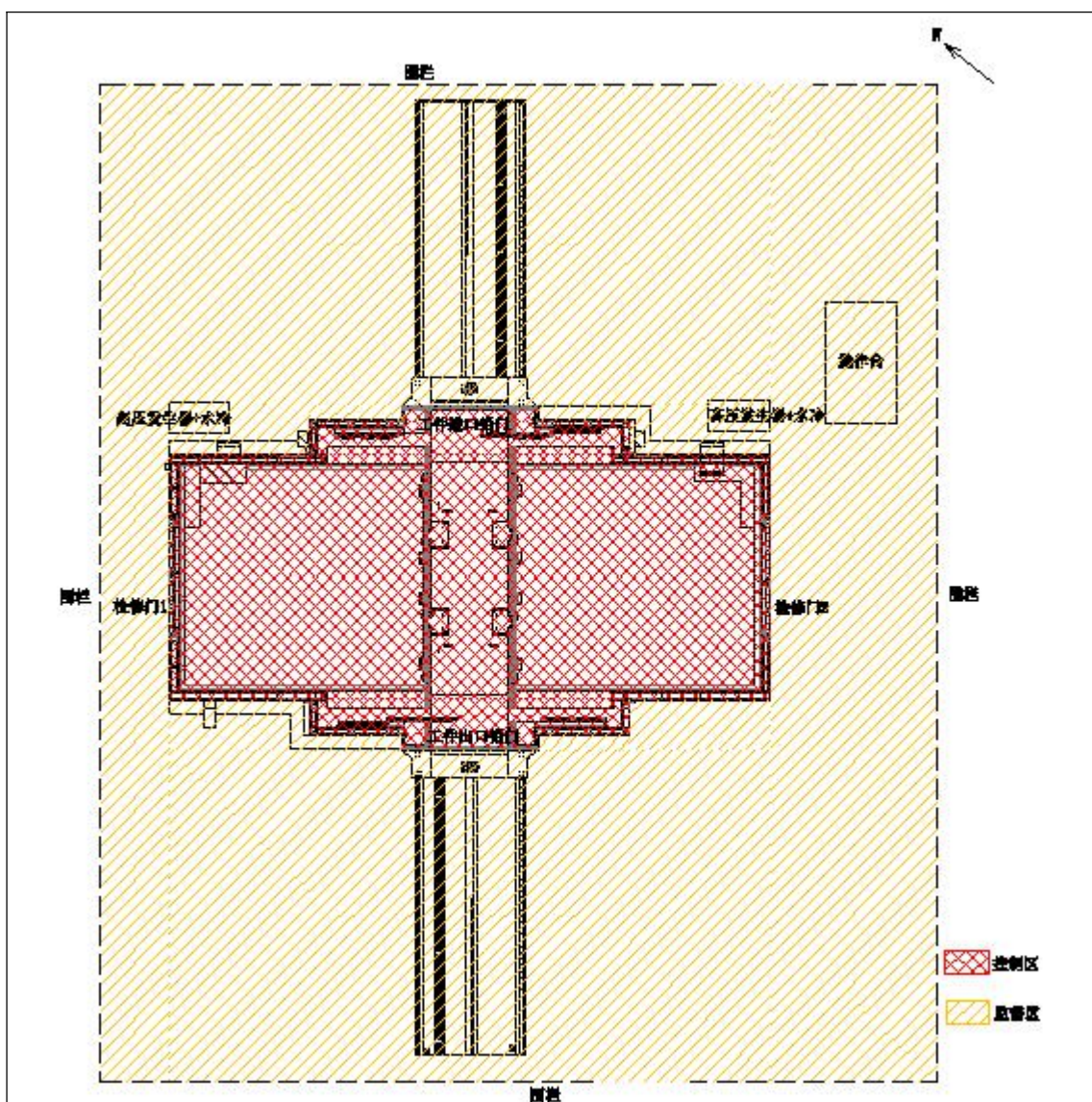


图 10-1 项目分区布置示意图

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措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.2 要求：应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。因此，本项目分区满足上述要求。

还采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

续表 10 辐射安全与防护

①控制区：对控制区进行严格控制，射线装置在运行中严禁任何人进入。

②监督区：监督区为工作人员操作仪器时工作场所，设备运行时，禁止非辐射工作人员进入，并在检测区四周围栏上设禁止进入标志。

③在监督区边界、控制区与监督区之间的管线连接等处开展定期监测工作。

10.2 辐射安全与防护措施

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

10.2.1 双源 X 射线数字成像检测设备固有安全性

双源 X 射线数字成像检测设备的固有安全性包括以下几个部分：

(1) 开机时系统自检

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

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

(3) 当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段。

(4) 设备停止工作 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。

(5) 过电流保护

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

(6) 失电流保护

设备带有失电流保护继电器，当管电流低于 0.25mA 时，自动切断高压。

(7) 过电压保护

设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

(8) 继电保护

续表 10 辐射安全与防护

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《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）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、电缆出口罩。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，本项目的设备工件进出口铅门左右两侧搭接宽度均为 85mm。

10.2.3 安全联锁及紧急停机

①门机联锁：双源 X 射线数字成像检测设备铅防护门设置门机联锁。铅门未关闭的情况下 X 射线不能出束；门关闭后，在 X 射线出束的情况下，铅门不能打开；门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

②灯机联锁：铅房外顶部和铅房内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，且在警示灯闪烁时蜂鸣器响应。

③工作状态指示灯：操作台设 1 个工作状态指示灯，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操作台锁定开关：操作台设置钥匙开关控制总电源，控制设备整体电源；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。

⑤紧急停机：设备操作台设 1 个急停按钮，铅房内设置 2 个急停按钮。急停按钮相互串联，按下按钮，双源 X 射线数字成像检测设备高压电源立即被切断，双源 X 射线数字成像检测设备停止出束，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。

10.2.4 通风

续表 10 辐射安全与防护

双源 X 射线数字成像检测设备工作时产生的废气，经铅房顶部排风扇排至压铸车间，再依托车间排风系统排出室外。铅房拟设两台排风扇，一用一备，排风量均为 360m³/h，通风次数约 5 次/h。

10.2.5 其他辐射防护措施

(1) 电离辐射警示标志

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）的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。电离辐射警示标志规范图见图 10-2 所示。



图 10-2 电离辐射警示标志图

(2) 视频监控系统

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。

(3) 主射线方向

本项目双源 X 射线数字成像检测设备固定安装，不移动；主射面可为东北侧、西南侧屏蔽体及底板，地下无建筑，东北侧、西南侧屏蔽体为内 3mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢，底板屏蔽体为内 3mm 钢+7mmPb+外 2mm 钢。

续表 10 辐射安全与防护

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	个人剂量报警仪	1 个	实时监测辐射工作人员剂量是否超标。	拟配置
2	个人剂量计	2 个	2 个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 2 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 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)	3.1.1.1 移动式或固定式的 X 射线装置管头组装体应能固定在任何需要的位置上并加以锁紧。	本项目 X 射线管头固定在 C 型臂上一端。
	3.1.1.2 X 射线管头应设有限束装置。	本项目 X 射线管头自带限束装置。
	3.1.1.3 X 射线管头窗口孔径不得大于额定最大有用线束射出所需尺寸。	设备厂家已调试, X 射线管头窗口孔径小于额定最大有用线束射出所需尺寸。
	3.1.1.4 X 射线管头应具有如下标志: a) 制造厂名称或商标; b) 型号及出厂编号; c) X 射线管的额定管电压、额定管电流; 焦点的位置; e) 出厂日期; f) 电离辐射标志。	本项目 X 射线管头上铭牌, 包括制造厂名称, 型号及出厂编号, 最大管电压、最大管电流, 焦点的位置, 出厂日期; 并设置有电离辐射标志。
	3.1.2.1 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示, 以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。	操作台旁设 1 个状态指示灯, 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。操作台显示器上可以选取及设定管电压、管电流和照射时间。
	3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。	铅房外顶部设 1 组警示灯, 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, 且在警示灯闪烁时蜂鸣器响应。
	3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口, 当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管电压; 已接通的 X 射线管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。	本项目设备四个铅防护门均拟设置门机联锁, 门未关闭时 X 射线管不能出束。
3.1.2.4 应设有钥匙开关, 只有在打开控制台钥匙开关后, X 射线管才能出束; 钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。	操作台设置钥匙开关, 插入钥匙打开操作台后才能操作, 钥匙由专人保管, 且只有在停机或待机状态时才能拔出。	

续表 10 辐射安全与防护

		3.1.2.5 应设置紧急停机开关。	操作台上设 1 个急停按钮，铅房内设置 2 个急停按钮。
		3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。	铅房周围（含防护门）的醒目位置拟张贴固定的电离辐射警告标志，出束时铅房内外警示灯中红灯呈闪烁状态，操作台需要工作人员专用钥匙才能获得授权打开；操作台拟张贴禁止非授权使用的警告等标识。
	4.1 防护安全要求	4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。	项目操作台与铅房分开布置。本项目设备为定向 X 射线探伤装置，主射面可为东北侧、西南侧屏蔽体及底板，操作台位于东南侧，不在主射线方向。
		4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。	项目拟将铅房内划定控制区，铅房外检测区划定为监督区，实行分区管理，分区满足该条的要求。
		4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 100 μ Sv/周，对公众不大于 5 μ Sv/周； b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。	经后文核算，人员在关注点的周剂量参考控制水平不大于 100 μ Sv/周，公众不大于 5 μ Sv/周，项目使用的铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5 μ Sv/h，且待项目建成后，将委托资质单位对铅房各关注点进行监测。
		4.1.4 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 4.1.3； b) 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。	本项目上方无建筑物，且人员不可达到，经后文核算，铅房顶部外表面 30cm 处的剂量率不大于 100 μ Sv/h。
		4.1.5 探伤室应设置门机联锁装置，并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。	铅房四个铅门均你配置门机联锁装置，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。
		4.1.6 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	本项目的铅房内和铅房外醒目位置均拟设置一组警示

续表 10 辐射安全与防护

		灯和声音提示装置。“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。	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。同时出束时蜂鸣器会发出声音提示。
		4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。	铅房内、外照射状态警示灯与 X 射线探伤装置联锁。
		4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	拟在铅房内、外醒目位置处张贴清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。
		4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。	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。
《工业 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015)	4.1 防护安全要求	4.1.10 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。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法	设备铅房内拟设置 2 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。
		4.1.11 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	铅房自带排风口，废气排放口远离人员活动的密集区，铅房设置两台排风扇，一用一备，单台排风量为 360m ³ /h，通风次数约 5 次/h，符合要求。
	4.2 安全操作要求	4.2.1 探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开探伤室，同时阻止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。	工作人员进入检测区前将按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。公司已制定辐射应急预案，在发生剂量报警的情况下将按应急处置流程上报相关负责人，且检测区除辐射工作人员外，其他人不得进入。
		4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当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。	公司计划委托有资质单位定期检测铅房外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率。当测量值高于参考控制水平时，将终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

续表 10 辐射安全与防护

		4.2.3 交接班或当班使用剂量仪前,应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作, 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。
		4.2.5 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。	在开始检测工作前, 辐射工作人员会检查铅房内是否会有人员驻留, 且检查相关防护措施均能正常运行才开始检测工作。
《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。探伤室人员门宜采用迷路形式	项目铅房设置为钢+铅+钢结构, 设置单独的工件进、出口铅门和检修门 1、2, 工件通过载物台运进铅房内, 人无需进入铅房进行摆件, 同时仅检修时才会有人员通过检修门进入铅房。
		3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外, 控制室和人员门应避开有用射线束照射方向	项目操作台置于铅房外东南侧, 主射面可为东北侧、西南侧屏蔽体及底板, 操作台不在主射线方向。检修门 1、2 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	铅房主体结构焊接密闭, 开设铅防护门, 在铅门搭接处设置足够长的铅门对左右两边进行搭接防护, 设置的排风出口罩、电缆出口罩屏蔽能力与主体结构一致, 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, 本项目设备两个 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。
<p>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 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 的要求。</p>			

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目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);

H₀—距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, μSv·m²/(mA·h), 以 mSv·m²/(mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴, 见附录表 B.1;

B—屏蔽透射因子;

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m)。

(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

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

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

式中:

X——屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL——查表。

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

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

式中:

TVL——查表;

B—达到剂量参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子。

(3) 泄漏辐射屏蔽

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

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

式中:

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}_c （ $\mu\text{Sv/h}$ ）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

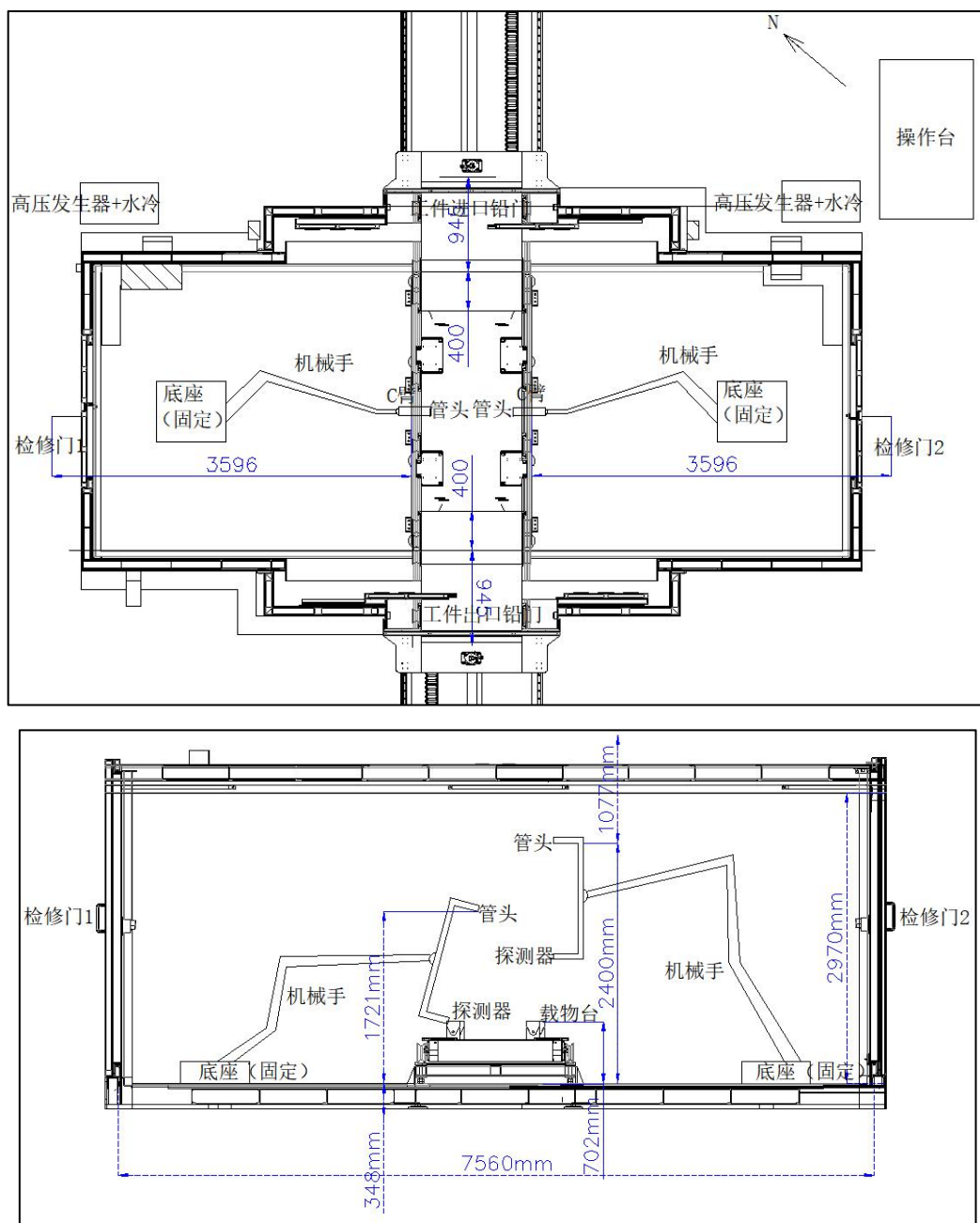
①核算距离、方向

本项目配置的设备电流随电压变化自动调节，待检工件通过载物台运送进出铅房。根据项目待检工件基本情况，设备工作时，主射面可为东北侧、西南侧屏蔽体及底板，其余方向（含防护门）考虑为散射和漏射。

考虑本项目实际情况，本项目设备 X 射线管头固定在铅房内 C 臂上一端，

续表 11 环境影响分析

机器人机械手可控制 C 臂上下、左右、前后伸长，C 臂长度固定，探测器位于 X 射线管管头对侧，从 X 射线管头到探测器距离约 1.1m，C 臂可左右、前后分别偏转 15°，检测时，控制 X 射线管距离东北和西南两侧铅房墙体水平距离不低于 0.4m，根据检测工件大小、尺寸及检测的不同部位，X 射线管头距离地面垂直高度在 1.7-2.4m 之间。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。



续表 11 环境影响分析

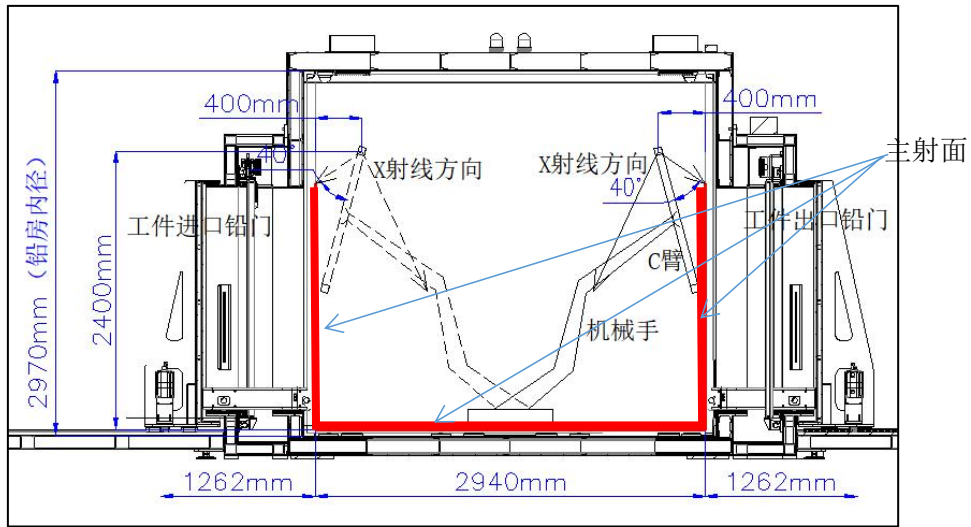


图 11-1 计算点位示意图

屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-1。

表 11-1 各方向核算距离一览表

考察点		核算距离 m	
铅房东北侧	屏蔽体外 30cm (含铅门)	主射	$0.40+1.26=1.66$ (图上量出)
		散射、漏射	$0.40+0.95=1.35$ (图上量出)
铅房东南侧	屏蔽体外 30cm (含铅门)	散射、漏射	3.60 (图上量出)
铅房西南侧	屏蔽体外 30cm (含铅门)	主射	$1.26+0.40=1.66$ (图上量出)
		散射、漏射	$0.40+0.95=1.35$ (图上量出)
铅房西北侧	屏蔽体外 30cm (含铅门)	散射、漏射	3.60 (图上量出)
铅房底板	屏蔽体外 10cm	主射	$1.72+0.35=2.07$ (图上量出)
铅房顶棚	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	1.08 (图上量出)

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。

②剂量率参考控制水平的确定

双源 X 射线数字成像检测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。

表 11-2 X 射线探伤装置工作负荷

设备型号	最大电压	最大电流	周最大曝光次数	单次曝光	周最大照射时间
UND160 型	160kV	11mA	1200 次/周	2min /次	40h/周

备注：根据建设单位资料提供，本项目双源 X 射线数字成像检测设备运行过程中：设备最

续表 11 环境影响分析

大电压为 160kV 时，最大电流为 11mA。

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	

表 11-4 铅房剂量率参考控制水平核算表

方向	U	T	H _c (μSv/周)	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ (μSv/h)	本项目剂量率参考控制水平 H _c (μSv/h)	需屏蔽的辐射源
东北侧	1	1	100	2.5	2.5	2.5	泄漏 辐射 散射 辐射
东南侧	1	1	100	2.5	2.5	2.5	
西南侧	1	1	100	2.5	2.5	2.5	
西北侧	1	1	100	2.5	2.5	2.5	
顶棚	1	1/40	100	100	100	100	

备注： \dot{H}_c 为 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值，铅房位于检测区内，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可能到达频率考虑取值。

③其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-5 所示。

表 11-5 屏蔽体核算相关参数

参数	数值			来源
设备型号	UND160 型			厂家
设备基础参数	最大电压 160kV，电流 11mA			设备说明书
G (mGy·m ² /mA·min)	6.4 (0.5mm 铜过滤条件下)			ICRP33 报告图 2
转换系数	6×10 ⁴			GBZ/T250-2014 4.1 a)
H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	3.84×10 ⁵ ①			
$\frac{R_0^2}{F \times Q}$	60			GBZ/T250-2014 附录 B.4.2
泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)	2.5×10 ³			GBZ/T250-2014 表 1
X 射线 90° 散射辐射最高能量 相应的 kV 值	150			GBZ/T250-2014 表 2
什值层 (TVL) 半值层 (HVL) ②	铅			GBZ/T250-2014 表 B.2
	电压等级	TVL	HVL	
	160kV	1.05mm*	0.32mm*	

续表 11 环境影响分析

	150kV	0.96mm	0.29mm	《辐射防护导论》（方杰主编，P103，附图 3.23）查图
	钢或铁			
	电压等级	TVL	HVL	
	160kV	12.5	/	
	150kV	10	/	

备注：①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250—2014）及 2017 年修改单中表 B.1：在本标准中以等量值的 $mSv \cdot m^2 / mA \cdot min$ 进行屏蔽计算，因此本次 Sv/Gy 转换系数取 1；②*为采用内插法计算得到。

(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半值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽厚度，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

11.1.3 铅房防护核算结果

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

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
东北侧	主射	2.5	1.66	内 3mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢（含铅门）	2.93×10^{-2}	是
东南侧	散射	2.5	3.60	内 3mm 钢+7mmPb+外 2mm 钢（含铅门）	1.76×10^{-4}	是
	漏射				3.31×10^{-5}	
西南侧	主射	2.5	1.66	内 3mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢（含铅门）	2.93×10^{-2}	是
西北侧	散射	2.5	3.60	内 3mm 钢+7mmPb+外 2mm 钢（含铅门）	1.76×10^{-4}	是
	漏射				3.31×10^{-5}	
底板	主射	2.5	2.07	内 3mm 钢+7mmPb+外 2mm 钢	1.69×10^{-1}	是
顶棚	散射	100	1.08	内 3mm 钢+8mmPb+外 2mm 钢	1.77×10^{-4}	是
	漏射				4.10×10^{-5}	

备注：①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250—2014）及 2017 年修改单中表 B.1：在本标准中以等量值的 $mSv \cdot m^2 / mA \cdot min$ 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，本项目双源 X 射线数字成像检测设备运行过程中：设备电压为 160kV 时，最大电流为 11mA，本次屏蔽效能核算按照设备的最大工况进行核算，同时按两个 X 射线管同时开启叠加。③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。

续表 11 环境影响分析

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 2.5 μ Sv/h，能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）屏蔽防护的要求：四周屏蔽体及防护门外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h，顶棚外 30cm 处周围剂量当量率小于 100 μ Sv/h。本次计算顶棚外 30cm 处周围剂量当量率远低于标准限值 100 μ Sv/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：

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， μ Sv/h；

t：X 或 γ 射线照射时间，小时。

(2) 估算结果

铅房外剂量估算表见表 11-7。

表 11-7 双源 X 射线数字成像检测设备工作时剂量估算表

估算人员	外环境	方位	设计厚度下剂量率 (μ Sv/h)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	有效剂量 mSv/a
辐射工作人员	操作台	东南侧	2.09×10^{-4}	1800	1	3.76×10^{-4}
公众成员	压铸车间内	铅房四周	2.93×10^{-2}	1800	1/2	2.64×10^{-2}

根据表 11-7 可得出以下结论：

①辐射工作人员

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《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②公众成员

项目双源 X 射线数字成像检测设备开展 X 射线无损检测工作时，在周围活

续表 11 环境影响分析

动的公众成员所受的最大年有效剂量远低于本评价管理目标值 0.25mSv/a，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2 对周围环境保护目标的影响分析

铅房各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线随距离的平方快速减弱的特性可知，距离 X 射线铅房更远的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求。

本项目铅房周围环境保护目标预测结果见表 11-8。

表 11-8 本项目铅房环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方向	最近水平距离(m)	预测结果(μSv/h)	居留因子	有效剂量 mSv/a
1	压铸车间压铸区	东北至东侧	约 6m	1.38×10^{-3}	1/2	1.24×10^{-3}
2	操作台	东南侧	紧邻	2.09×10^{-4}	1	3.76×10^{-4}
3	效炉区、自动化清理区等		约 4m	4.68×10^{-5}	1/2	4.21×10^{-5}
3	手工打磨区、加工区等	西南至西北侧	约 8m	8.66×10^{-4}	1/2	7.79×10^{-3}
4	现有探伤室	西北侧	约 4m	4.68×10^{-5}	1	8.42×10^{-5}
5	施工板房		约 40m	1.42×10^{-6}	1	2.56×10^{-6}
6	熔炼炉、除尘器区域等	北侧	约 10m	5.95×10^{-5}	1/2	5.36×10^{-4}

备注：项目周围工人均为两班制，因此居留因子取 1/2。

根据上表可知，铅房邻近各环境保护目标周围剂量当量率均远低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，在铅房周围活动的公众成员及辐射工作人员所受的最大年有效剂量均低于本评价管理目标值，因此，本项目建设对各环境保护目标不会带来不利影响，满足要求。

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）。双源 X 射线数字成像检测设备工作时产生的废气，经铅房顶部排风扇排出铅房，然后通过压铸车间排风系统排至室外。铅房设置 2 个排风扇，一用一备，单台排风扇的风量约 360m³/h，换气次数约 5 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。

续表 11 环境影响分析

项目废气依托压铸车间内的排风系统排至室外，周围地势开阔，利于 O₃、NO_x 废气的扩散。故项目产生的废气对周围环境影响小。

(2) 废水环境影响

辐射工作人员产生的生活污水依托厂区现有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

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对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，按照一般固体废物处置，不会对环境造成不利影响。

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

项目主要是配置双源 X 射线数字成像检测设备用于对工件无损检测，属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此，项目符合国家产业政策。

11.7 事故影响分析

(1) 风险事故类型

双源 X 射线数字成像检测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

双源 X 射线数字成像检测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）可能无意中将双源 X 射线数字成像检测设备管头及探测器上的屏蔽块移走，或随意加大照射野，使设备丧失自身屏蔽作用，

续表 11 环境影响分析

导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

②人员滞留在铅房内

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，工作人员未对铅房内部进行充分搜寻，从而导致滞留在铅房内的人员在工作模式下被误照射。

③联锁装置失效

由于门机联锁装置失效，防护门未关闭或双源 X 射线数字成像检测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。

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。

⑤维修时误操作

当铅房门打开进行维修时，检修人员可能位于铅房内，操作人员进行误操作，打开了出束按钮，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) 后果分析

所有后果分析考虑最不利情况，设备双管头同时开启。

①双源 X 射线数字成像检测设备失去自身屏蔽能力

X 射线实时成像系统失去自身屏蔽能力后，可导致铅房四周屏蔽体均为主射墙，经计算铅房屏蔽体外 30cm 周围剂量当量率可达 $5.59 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的限值要求，单次照射下（事故状态下考虑最极端情况下，即 2min，下同）铅房四周屏蔽体外停留的人员受照剂量最大约 $1.86 \times 10^{-6} \text{mSv}$ （ $1.86 \times 10^{-6} \text{mGy}$ ，转换系数 $\text{Sv/Gy}=1$ ，下同）。

②联锁失效

每次开展探伤工作前，辐射工作人员均会进入检测区，故仅考虑单次照射对检测区内停留人员的误照射造成的伤害。项目工件进出口铅门在主射方向上，防护门在未关闭情况下开展探伤工作，门外周围剂量当量率约为 $3.07 \times 10^6 \mu\text{Sv/h}$ ，则单次照射下检测区防护门外停留的人员受照剂量最大约 $1.02 \times 10^{-1} \text{Sv}$

续表 11 环境影响分析

($1.02 \times 10^{-1} \text{Gy}$)。

③人员滞留铅房内

人员在工作模式下滞留在铅房内而被误照射，由于铅房内安装射线头，操作人员在操作台可以实时监控铅房内状态，发现有人时，立即断开出束，对其造成的伤害按照照射时间 1min 计算，考虑人员在距离辐射源点 0.5m 处受到误照射（主射线），在无屏蔽体屏蔽情况下，人员所在位置的周围剂量当量率为 33.79Sv/h，单次照射下受照剂量最大为 0.56Sv（0.56Gy）。

④屏蔽体出现膨胀变形且长时间未发现

考虑最不利情况，当铅屏蔽体出现膨胀变形后且长时间未发现，即主射线不经过屏蔽对检测区的人员进行误照射。经计算铅房屏蔽体外周围剂量当量率可达 3.07Sv/h（距辐射源 1.66m 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 $1.02 \times 10^{-1} \text{Sv}$ （ $1.02 \times 10^{-1} \text{Gy}$ ）。

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（一天最多检测 200 次），在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-9。

表 11-9 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表

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	1.02×10^{-1}	1.02×10^{-1}
10	20min	1.02	1.02
50	100min	5.10	5.10
100	200min	1.02×10^1	1.02×10^1
200	400min	2.04×10^1	2.04×10^1

⑤维修时误操作

当铅房门打开进行维修时，操作人员进行误操作时存在两种情况，一种是工作人员在工作模式下滞留在铅房内而被误照射，一种是铅房内没人，铅房外工作人员在工作模式下被误照射，最不利后果为铅房内有人。由于操作台上有状态显示灯，操作人员在发现误操作时可以立即断开出束，对其造成的伤害按照照射时间 1min 计算，考虑人员在距离辐射源点 0.5m 处受到误照射（主射线），在无屏蔽

续表 11 环境影响分析

体屏蔽情况下，人员所在位置的周围剂量当量率为 33.79Sv/h，单次照射下受照剂量最大为 0.56Sv（0.56Gy）。

（3）事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是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。这类症状存在阈值效应，其严重程度取决于剂量大小，只有在剂量超过一定的阈值时才能发生，我们称之为确定性效应，该效应是高水平辐射照射导致细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果。确定性效应常出现在短时间间隔内的高剂量照射的情况（急性照射）。除了受控制的医学照射外，高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此，确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所，仅在事故情况下被观察到。

确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，超过阈值时，剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-11 所示。

表 11-11 不同照射剂量对人体损伤的估计

类型	受照剂量参考值 (Gy)	初期症状和损伤程度
骨髓型急性放射病	1.0~2.0	轻度：乏力，不适，食欲减退
	2.0~4.0	中度：头昏，乏力，食欲减退，恶心，1~2h 后呕吐，白细胞短暂上升后下降
	4.0~6.0	重度：1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞明显下降
	6.0~10.0	极重度：1h 内多次呕吐和腹泻，休克、腮腺肿大，白细胞明显下降
肠型放射病	10~50	肠上皮、隐窝损伤
脑型放射病	>50	小脑、大脑损伤

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

根据表 11-11 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

续表 11 环境影响分析

成非常大的辐射危害。

(4) 事故分级

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。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”。因此,假若本项目发生事故,事故等级应为一般辐射事故,但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、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。

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，已成立了辐射工作安全管理领导小组，明确了各位成员的岗位职责，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、辐射事故应急措施等制度并粘贴在辐射工作场所。

(3) 辐射工作人员

项目拟在公司内部培养2名辐射工作人员从事本项目X射线无损检测工作，

续表 12 辐射安全管理

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，年工作时间较短，因此，项目拟配置 2 名辐射工作人员（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》第十五条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台免费学习相关知识。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核，2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

本项目拟配备的 2 名辐射人员，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

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，项目单位应对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。项目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监测档案。内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量监测档案应当终生保存。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，不允许将个人剂量计相互传借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

④职业健康检查

厂内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。

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，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。项目单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

续表 12 辐射安全管理

(3) 射线装置台账管理

项目建设单位应制定射线装置台账管理制度，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行无损检测应进行基本信息记录。

(4) 档案管理

建设单位应按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。公司辐射类档案主要分为：“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”和“辐射应急资料”等。另外，建设单位项目建成运行后，应及时组织验收并办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

(5) 年度评估

根据环境保护部令第 18 号第十二条规定：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。建设单位应在规定时间内完成《年度评估》文件的编制和上报工作。

(6) 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任感，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。

续表 12 辐射安全管理

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。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	本项目辐射安全与环境保护管理机构依托公司已有辐射工作安全管理领导小组。
从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	项目拟在公司内部培养 2 名辐射工作人员，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。	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，配置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	辐射工作人员均拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	公司制度满足现有工作运行要求，本项目依托公司已有辐射安全管理规章制度，待本项目建成运营前，将按照相关规定和要求进一步完善相关制度，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

续表 12 辐射安全管理

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，日常工作建设单位可配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对铅房周围环境（包括监督区）进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

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

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

(2) 工作场所外环境监测

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。

续表 12 辐射安全管理

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）及《重庆市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》，具体内容包括应急处理原则、应急预案措施、应急报告电话。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。

（1）事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级，本项目一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、区生态环境局、市生态环境局报告，并在事故发生后立即填写《辐射事故初始报告表》，向区生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（2）辐射事故应急处置措施

本项目设备发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，迅速控制事故发展，消除事故源。

（3）辐射事故后处理

启动并组织实施应急方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门做好事故调查处理，并做好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害的人员，事故单位应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

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	0.5
电离辐射警示标志	张贴正确，有中文说明	

续表 12 辐射安全管理

辐射防护与安全措施	门机联锁、灯机联锁、 紧急停机按钮、警示灯等	专用铅房配套
防护监测设备	个人剂量计、个人剂量报警仪	0.5
环保手续办理	/	12
合计	/	13

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 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	设备	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。	不发生 重大变更	
2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等	齐全	
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包含操作规程、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铅房内安装摄像头，监视器设在操作台； ②设置门机联锁； ③铅房内、外设警示灯，设灯机联锁。 ④铅房内、操作台上设急停按钮； ⑤操作台设工作状态指示灯； ⑥铅房铅门处张贴电离辐射警告标志。 ⑦通风：双源 X 射线数字成像检测设备工作时产生的废气，经铅房顶部排风扇排至压铸车间内，依托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。	符合相关要求	
5	防护监测设备	每名辐射工作人员均配备个人剂量计、个人剂量报警仪。	个人剂量计按规定定期进行计量检定；定期对铅房屏蔽体外（包括监督区）进行剂量监测。	
6	人员要求	培训合格上岗，定期复训。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》	
7	电离辐射	剂量管理	辐射工作人员≤5mSv/a	GB18871-2002

续表 12 辐射安全管理

		目标限值	公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$	GBZ117-2015 GBZ/T250-2014
		屏蔽体周围剂量当量率控制	铅房顶棚外 30cm 处周围剂量当量率： $\leq 100\mu\text{Sv/h}$ ； 铅房其他方向屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为保障产品质量，公司拟购买一套含专用铅房的双源 X 射线数字成像检测设备（UND160 型，双管头，最大电压均为 160kV，最大电流均为 11mA），固定安装在联合厂房压铸车间检测区，在该专用铅房内进行 5G 通信结构件的无损检测。压铸车间为 1F 建筑，高约 11m，本项目检测区占地面积约 140m²。

项目总投资 510 万元，其中环保投资约 13 万元。

13.1.2 产业政策符合性

项目主要是配置双源 X 射线数字成像检测设备用于对工件无损检测，属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此，项目符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性

项目使用 X 射线探伤的目的是开展工件无损质量检验，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 31nGy/h~39nGy/h 之间（未扣除宇宙射线）。根据《2020 年重庆市生态环境质量公报》，重庆市 2020 年环境 γ 空气吸收剂量率平均值为 95.9nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。两者相比，本项目所在地环境 γ 辐射剂量率均低于重庆市 2020 年环境 γ 空气吸收剂量率平均值。

13.1.5 选址可行性及布局合理性

项目位于公司联合厂房压铸车间内，设置有独立的检测区，专用铅房固定安装在检测区内，内部无其他人员活动，有利于辐射防护。同时本项目与现有整体探伤室相邻，远离公司办公区域，检测区距离工件近，工件进出有独立的物流通道，能有效避免待检工件的远距离运输。因此，项目选址可行。

续表 13 结论及建议

本项目设备带铅房和操作台，固定安装在检测区内，其操作台位于铅房东南侧，检修门 1、2 分别位于西北侧和东南侧，操作台和检修门均避开了有用线束照射的方向；工件设置进口铅门和出口铅门，从东北侧进入铅房，检测完成后从西南侧运走，工件进出口分开布置，不存在交叉。因此，本项目平面布局合理。

13.1.6 辐射防护与安全措施

建设单位拟对项目进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为铅房内部，监督区为铅房外检测区。

设备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，能很好的保证双源 X 射线数字成像检测设备自身的稳定性和安全性。

铅房的屏蔽体采用钢+铅+钢结构以及铅门。根据效核，在现有屏蔽体设计厚度下，双源 X 射线数字成像检测设备工作时，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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）屏蔽防护的要求，铅房顶棚外 30cm 处周围剂量当量率小于 100 μ Sv/h，铅房其他方向屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ 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、高压电缆出口罩。

双源 X 射线数字成像检测设备产生的废气经铅房顶部排风扇排至压铸车间，再依托压铸车间通风系统排至室外，通风次数不小于 5 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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）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 0.25mSv/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

续表 13 结论及建议

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

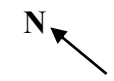
建设单位应按照相关要求建立辐射环境管理机构，配置辐射环境专职管理人员，制定相应的管理制度，保证辐射工作人员持证上岗，定期复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等，并及时办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

13.1.9 综合结论

综上所述，5G 通信结构件数字化压铸车间（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。

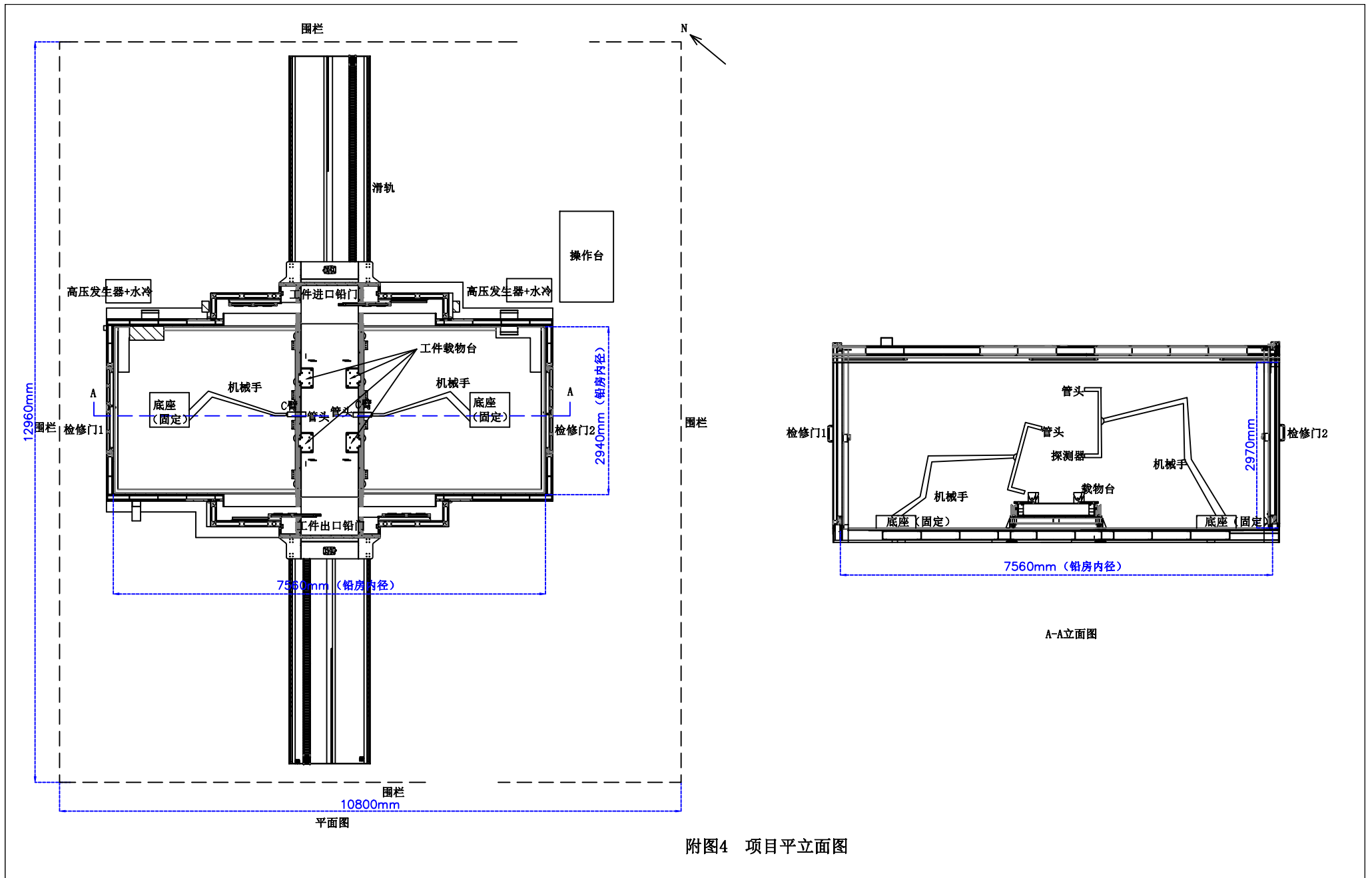


附图 2 项目周围环境卫星图及保护目标布置示意图



图例：
：项目铅房
：项目检测区

附图3 项目所在厂房平面布局图



附图4 项目平立面图



附图 5 项目现场照片