

核技术利用建设项目

重庆志成机械有限公司
新增工业CT探伤机项目
环境影响报告表
(公示版)

建设单位：重庆志成机械有限公司

编制单位：重庆朕尔医学研究院有限公司

编制时间：2024年08月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

重庆志成机械有限公司 新增工业CT探伤机项目 环境影响报告表

建设单位名称：重庆志成机械有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路9号

邮政编码：400051

电子邮箱：40*****39@qq.com

联系人：刘绍苇

联系电话：157*****538



重庆志成机械有限公司
关于同意《重庆志成机械有限公司新增工业 CT 探伤机
项目环境影响报告表》（公示版）
进行公示的说明

重庆市生态环境局：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等有关规定，我司委托重庆朕尔医学研究院有限公司编制了《重庆志成机械有限公司新增工业 CT 探伤机项目环境影响报告表》，报告表内容及附图附件等资料均真实有效，我司作为环境保护主体责任，愿意承担相应的责任。报告表（公示版）不涉及技术和商业秘密的章节。我司同意对报告表（公示版）进行公示。

特此说明。

重庆志成机械有限公司



编制单位和编制人员情况表

项目编号	23836v		
建设项目名称	重庆志成机械有限公司新增工业CT探伤机项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆志成机械有限公司		
统一社会信用代码	91500107009293786A		
法定代表人 (签章)	曾平		
主要负责人 (签字)	孙兵法 		
直接负责的主管人员 (签字)	滕湖兰 		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆联尔医学研究院有限公司		
统一社会信用代码	91500103MA5U53FM41		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
孟楠	2016035410352015411801000074	BH005013	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
孟楠	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物 (重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标与评价标准	BH005013	
李高福	环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH064832	
刘涛	环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护	BH063232	

环评编制主持人职业资格证书（复印件）

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00019684
No.:



孟楠
HP00019684

持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号: 2016035410352
证书编号: HP00019684

姓名: 孟楠
Full Name _____
性别: 男
Sex _____
出生年月: 1988.06
Date of Birth _____
专业类别: _____
Professional Type _____
批准日期: 2016.05
Approval Date _____

签发单位盖章:
Issued by

签发日期: 2016 12 月 30 日
Issued on



目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	8
表 3	非密封放射性物质	8
表 4	射线装置	9
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6	评价依据	11
表 7	保护目标与评价标准	13
表 8	环境质量和辐射现状	21
表 9	项目工程分析与源项	24
表 10	辐射安全与防护	35
表 11	环境影响分析	46
表 12	辐射安全管理	62
表 13	结论及建议	70

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆志成机械有限公司新增工业 CT 探伤机项目				
建设单位		重庆志成机械有限公司				
法人代表	曾平	联系人	刘绍苇	联系电话	157*****538	
注册地址		重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号				
项目建设地点		重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号 机加工联合厂房				
立项审批部门		重庆市九龙坡区发展和改革委员会	批准文号	2404-500107-04-03-958462		
建设项目总投资 (万元)	400	项目环保投资 (万元)	15	投资比例(环保 投资/总投资)	3.75%	
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)	40	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其他					
	<p>1.1 建设单位简介</p> <p>重庆志成机械有限公司（以下简称“志成机械”）始建于 1994 年，主要生产摩托车气缸头和发动机铝合金相关产品；因自身发展需要，于 2013 年 11 月在重庆市九龙坡区西彭工业园区 J 标准分区 J43-1-01 地块(即重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号)投资建设“年产 1600 万件摩托车气缸头生产线及配套设施项目”，2013 年 11 月 26 日，该项目取得重庆市九龙坡区环境保护局下发的重庆市建设项目环境影响评价文件批准书，文号：渝(九)环准[2013]302 号。该项目的总占地面积 149075m²，总建筑面积 121977m²，建设 2 条铸造线、40 条机加线、2 条热处理线、1 条表面处理线、2 条模具加工线等，年产 1600 万只摩托车发动机缸头；目前，该投资项目已建成并投入运营。</p>					

续表 1 项目基本情况

1.2 项目由来

因摩托车发动机缸头零配件质检需求，志成机械拟将重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号机加工联合厂房内原计量室改设为 CT 检测室，并在 CT 检测室内实施“新增工业 CT 探伤机项目”，主要建设内容包括 1 台数字成像及 CT 扫描复合检测系统（以下简称：工业 CT）（UX20，单管头，定向，固定式，最大电压 225kV，最大管电流 8mA），固定安装在机加工联合厂房 CT 检测室内，用于志成机械生产的摩托车发动机缸头零配件的无损检测。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行）的相关规定，工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置属于 II 类射线装置。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环境影响评价文件类别为环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，志成机械委托重庆朕尔医学研究院有限公司对本项目进行环境影响评价。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、收集资料和现状监测等工作，并结合项目特点、性质、规模，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.3 建设内容及工程规模

（1）项目概况

本项目拟将机加工联合厂房（单层厂房）内原计量室改设为 CT 检测室，并拟配置 1 台工业 CT（UX20 型，单管头，定向，固定式，最大电压 225kV，最大管电流 8mA，用于志成机械生产的摩托车发动机缸头零配件的无损检测；本项目所在机加工联合厂房已建设完成并投入运营，已通过竣工环境保护验收。

本项目占地面积约 40m²，总投资 400 万元，其中环保投资约 15 万元。

续表 1 项目基本情况

项目基本组成情况详见表 1-1。			
表 1-1 项目基本组成			
类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	设备	项目工业 CT 拟位于机加工联合厂房 CT 检测室内，包括铅房、操作台、X 射线机系统等。其 X 射线机系统内置一体化管头设计，定向型，最大管电压 225kV，最大管电流 8mA。铅房外观尺寸：2550mm（长）×1768mm（宽）×2365mm（高），铅房六面屏蔽体均为钢结构+铅板+钢结构，设置 1 个单开铅门。操作台布置于铅房前侧。	新购
公用工程	供配电系统	依托机加工联合厂房供配电系统，厂房用电来源于市政供电。	依托
	给水系统	依托机加工联合厂房内部给水系统。	依托
环保工程	废水处理	本项目辐射工作人员在志成机械现有劳动定员内，故运营期不新增废水，本项目所在厂房产生废水依托厂区污水处理站（处理能力 800m ³ /d）。	依托
	固废处理	本项目辐射工作人员在志成机械现有劳动定员内，故运营期不新增生活垃圾，厂房生活垃圾集中收集到厂区生活垃圾暂存区后由环卫部门统一处理。	依托
		废 X 射线管交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续。	依托
	废气治理	铅房内部完全封闭，除设备检修外人员不进入工业 CT 铅房，铅房通过进出门采用自然进风与排风的通风方式，项目运行时产生的废气经铅房所在 CT 检测室机械排风系统排至所在机加工联合厂房内，依托机加工联合厂房排出室外。	依托
辐射防护	项目工业 CT 自带屏蔽铅房，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。铅房采用钢板+铅板+钢板屏蔽结构，并按相关标准要求配置辐射安全设施（如门机联锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯等）。	/	
其他	辐射工作人员	在志成机械内部调配培养 2 名辐射工作人员开展检测工作。	/

(2) 项目铅房建设方案

本项目设备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	外观尺寸（长×宽×高）	设计情况	备注
UX20 型工业 CT 铅房	2550mm（长）×1768mm（宽）×2365mm（高）	前侧屏蔽体：8mmPb； 后侧屏蔽体：9mmPb； 左侧屏蔽体：15mmPb； 右侧屏蔽体：10mmPb； 顶棚屏蔽体：13mmPb； 底板屏蔽体：13mmPb。	建设单位提供
		铅门：8mmPb；	

续表 1 项目基本情况

	线缆进出口防护罩：13mmPb。
--	------------------

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

(3) 设备概况

UX20 型工业 CT 基本组成见表 1-3。

表 1-3 本项目工业 CT 基本情况表

装置型号/名称	UX20 型/工业 CT
系统组成	X 射线机系统（II类 X 射线装置，定向型）、数字成像系统及计算机图像处理、操作控制台、机械运动系统、铅房
X 射线管	定向，1 个，最大管电压 225kV，最大管电流 8mA，最大功率 1800W
焦点尺寸、散射角、焦距	0.4/1mm，30°/40°，1150mm
铅房尺寸	铅房外观尺寸：2550mm（长）×1768mm（宽）×2365mm（高） 净空尺寸：1810mm（长）×1640mm（宽）×1850mm（高） 铅门尺寸：1730mm×890mm（工件与检修共用）
铅房材质及厚度（Pb 当量）	见表1-2
辐射防护设施	配置有安全联锁装置、急停开关、工作状态指示灯、电离辐射警告标志等。

(4) 探伤工件情况

本项目对摩托车发动机缸头零配件进行 X 射线无损检测，检测工件的参数见表 1-4。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

设备型号	工件名称	材质	工件类型	最大尺寸	厚度范围
UX20 型	摩托车发动机缸头零配件	铝合金件	铸件	500mm*400mm*200mm	≤200mm

(5) 计划工作量

根据志成机械提供资料，根据产品质量需求，本项目针对摩托车发动机缸头零配件进行无损检测；项目工业 CT 预计全年曝光次数共计约 1000 次（20 次/周），单次曝光时间根据检测过程中发现的工件缺陷情况，平均单个工件曝光时间为 30min，其工作情况见表 1-5。

表 1-5 本项目工业 CT 工作负荷一览表

设备型号	平均单次曝光时间	最大曝光次数		最大曝光时间	
		年	周	年	周
UX20 型	30min	1000 次	20 次	500h	10h

续表 1 项目基本情况

(6) 劳动定员及工作制度

志成机械本项目拟配置 2 名辐射工作人员从事本项目 X 射线无损检测工作，均为内部调配培养，不新增劳动定员；检修人员由设备厂家专业检修人员进行，不纳入本次劳动定员范围内，志成机械年工作 300 天，工作制度为一班制，每班 8h。

1.4 与项目依托可行性

项目依托可行性分析见表 1-6。

表 1-6 项目依托可行性分析

依托工程		可行性分析	结论
公用工程	供配电系统	本项目供配电依托机加工联合厂房现有供配电系统，机加工联合厂房用电来源于市政供电。	可行
	给水系统	本项目给水依托机加工联合厂房内部给水系统。	可行
	通风系统	铅房通风：本项目铅房内部完全封闭，靠铅房门开闭通风。 CT 检查室通风：CT 检测室采取机械排风，安装 1 个风机，铅房正上方即 CT 检测室顶端设置一个排风口，距离地面约 3.6m；排风量为 500m ³ /h，将铅房内废气排至所在机加工联合厂房内，依托机加工联合厂房排风系统再排出室外。	可行
环保工程	生活污水	本项目辐射工作人员在志成机械现有劳动定员内，故运营期不新增厂房生活污水，本项目所在厂房产生生活污水依托厂区污水处理站（处理能力 800m ³ /d）。	可行
	固废处理	本项目辐射工作人员在志成机械现有劳动定员内，故运营期不新增生活垃圾，厂房生活垃圾集中收集到厂区生活垃圾暂存区后由环卫部门统一处理。	可行
		废 X 射线管交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续。	可行
辐射工作人员		本项目在志成机械内部培养 2 名辐射工作人员从事 X 射线无损检测工作，具体人员待定，人员按照辐射工作人员进行管理，完善培训、职业健康体检、个人剂量计配置及检测。	可行
辐射安全管理		志成机械已成立辐射安全与防护工作领导小组，设置了专人管理辐射环境，并制定了相应的辐射安全管理制度和应急预案等。因此，现有辐射安全与防护工作领导小组和管理制度等能满足本项目的管理要求。	可行

由表 1-6 可知，本项目公用工程、环保工程均可依托机加工联合厂房内现有设施；劳动定员依托现有工作人员进行调配，培训后持证上岗；本工程依托现有辐射安全管理可行，本项目建成后纳入志成机械统一管理。

因此，本项目依托加工联合厂房内现有设施以及辐射工作人员、辐射安全管理是可行的。

续表 1 项目基本情况

1.5 外环境概况

本项目拟建于机加工联合厂房内靠西位置，机加工联合厂房西北侧至东南侧为绿化带及厂内道路；东北侧约 14m 为热处理厂房；西北侧约 25m 为铸造厂房；西南侧紧邻为恒温车间；东南侧约 14m 为停车场，约 36m 为其他单位厂房；本项目所在机加工联合厂房外环境见表 1-7。

表 1-7 项目所在机加工联合厂房外环境一览表

序号	名称	方向	最近距离	高差	环境特征
1	绿化带及厂内道路	西北侧、东北侧、东南侧	紧邻	无	绿化、车行道及人行道
2	热处理厂房	东北	约 14m	无	生产厂房（1F）
3	铸造厂房	西北	约 25m	无	生产厂房（1F）
4	恒温车间	西南	紧邻	无	生产厂房（2F）
5	停车场	东南	约 14m	无	停车场
6	其他单位厂房		约 36m	-15m	厂区外厂房（1F）

注：1.本项目所在机加工联合厂房为单层厂房；2.“-”表示低于机加工联合厂房地面。

1.6 项目选址可行性分析

本项目拟建于机加工联合厂房西南侧CT检测室内，使用工业CT对摩托车发动机缸头零配件进行无损检测，运行过程中产生电离辐射影响；一体式铅房所在CT检测室四周为过道、检测室等，楼上楼下均无建筑；本项目所在区域相对独立，远离公众聚集区域，周围一般公众成员较少，且铅房六面体采用了自屏蔽防护措施，经过屏蔽后对周围环境辐射影响较小；根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

因此，从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行。

1.7 与项目有关的原有核技术应用及辐射环境问题

根据调查，志成机械于 2024 年 1 月 18 日办理了辐射安全许可证（渝环辐证[15132]，有效期至 2029 年 1 月 17 日），该辐射安全许可证许可使用 4 台 III 类射线装置，均已上证且投入使用，计入台账。

志成机械现有辐射装置具体情况见表1-8所示。

续表 1 项目基本情况

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	活动种类	数量(台)	位置	环保手续
1	XYD-225 型 X 光探伤仪	III 类	使用	1	志成机械热处理厂 房 X 探伤室	已上证
2	XYD-225 型 X 光探伤仪	III 类	使用	1		已上证
3	AXF R-225 型 X 光探伤仪	III 类	使用	1		已上证
4	XYG-225HP 型 X 光探伤仪	III 类	使用	1		已上证

根据现场调查以及建设单位提供资料，志成机械已制定有相应的辐射防护制度，目前配置有 6 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（根据志成机械统计，2023 年 12 月份辐射工作人员个人剂量在 0.15mSv/a~0.23mSv/a, 2024 年第一季度辐射工作人员个人剂量在 0.05mSv/a~0.15mSv/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。志成机械委托有资质单位对运行的射线装置探伤室的辐射环境进行了监测，现有 X 探伤室屏蔽能力满足要求。志成机械上述设备运行至今使用情况良好，辐射防护及管理措施均按照现行规范施行。

1.8 项目所在厂房环保手续情况

本项目所在厂房已取得环境影响评价批准书，批复文号：渝(九)环准[2013]302 号，详见支撑性材料附件 3。另外，该厂房已建设完成并运营，已通过竣工环境保护验收；因此，该厂房环保手续齐全，详见支撑性材料附件 4。

根据现场调查和咨询，厂房内无遗留环保问题。

表2 放射源

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

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

表3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 CT	II	1 台	UX20 型	225	8	无损检测	重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号 机加工联合厂房 CT 检测室内	拟购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
本项目不产生放射性废物。								
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	经铅房所在CT检测室机械排风系统排至所在机加工联合厂房内，依托机加工联合厂房排出室外
废 X 射线管	固态	/	/	/	/	/	/	交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	/	收集后运至厂区生活垃圾暂存处，统一交由环卫部门统一处理

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法规文件	<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》（2021 年版），中华人民共和国生态环境部令第 18 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 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》，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) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号修改，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行）；</p> <p>(12) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日修订实施；</p> <p>(13) 《重庆市辐射污染防治办法》，渝府令〔2020〕338 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行。</p>
------	---

续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及 2017 年修改单；</p> <p>(6) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(7) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(9) 《环境γ辐射剂量率监测技术规范》(HJ1157-2021)。</p> <p>(10) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 1；</p> <p>(2) 重庆市企业投资项目备案证，支撑性材料附件 2；</p> <p>(3) 项目所在厂房环评批复，支撑性材料附件 3；</p> <p>(4) 项目所在厂房环境保护验收批复，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 6；</p> <p>(6) 辐射安全相关管理制度，支撑性材料附件 7；</p> <p>(7) 本项目环境现状监测报告，支撑性材料附件 8；</p> <p>(8) ICRP 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》；</p> <p>(9) 项目设计等其他相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。因此，本项目以工业 CT 铅房屏蔽体外 50m 的范围作为项目辐射环境影响评价的范围。

7.2 保护目标

项目工业 CT 拟布置于机加工联合厂房 CT 检测室内，操作台位于铅房前侧，紧邻铅房，设备主射方向朝向西侧（铅房左侧）、顶棚、底板。铅房所在 CT 检测室为单层建筑，且位于单层机加工联合厂房内，铅房内只安置 1 台工业 CT；铅房所在 CT 检测室东北侧为三坐标检测室、外检室、机房，之外为工具库、模具设计中心、磨具区值班室、模具检测中心；西北侧为综合检测室、杂物区，之外为会议室及计量室、样件检测室、备件库房，车行/人行道及绿化带，铸造厂房等；西南侧为投影仪检测室、洗手区，之外为过道、质检部、质检二科、三科，备件库房，电工维修室，配电房；东南侧为过道，之外为生产车间过道及生产车间各生产线。

续表 7 保护目标与评价标准

本项目铅房 50m 范围内主要为机加工联合厂房内生产车间各生产线、检测室，以及厂房外车行/人行道及绿化带、空压站、冷却塔、铸造厂房等，即本项目周边保护目标主要为从事本项目设备操作的辐射工作人员以及铅房周围活动的其他公众成员。详见表 7-1 所示。

表 7-1 本项目铅房外环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方向	与铅房最近距离	敏感目标特征	主要影响因素	影响人群
1	CT 检测室	四周	紧邻	项目用房，约 2 人	X 射 线	辐射工作人员
2	三坐标检测室、外检室、机房、工具库、模具设计中心、模具区值班室、模具检测中心等	东北侧	约 1.5~50m	厂房辅助用房(1F)，约 30 人		公众成员
3	综合检测室、杂物区、样件检测室、计量室、会议室、夹具检验室、待检区、备件库房等	西北侧	约 1~35m	厂房辅助用房(1F)，约 20 人		公众成员
4	车行/人行道及绿化带、空压站、冷却塔	西北侧	约 23~42m	厂房辅助用房(1F)，约 30 人		公众成员
5	铸造厂房	西北侧、东北侧	约 42~50m	厂房辅助用房(1F)，约 300 人		公众成员
6	投影仪检测室、洗手区、公共设施科、质检部、质检二科、三科、备件库房、电工维修室、配电房等	西南侧	约 6~50m	厂房辅助用房(1F)，约 50 人		公众成员
7	过道	西北侧、西南侧、东南侧、东北侧	约 1~26m	过道，约 5 人		公众成员
8	生产车间过道及各生产线	西南侧、东南侧、东北侧	约 5~50m	过道，约 120 人		公众成员

备注：1.机加工联合厂房内各保护目标均无高差；2.铅房所在 CT 检测室楼上楼下均无建筑（下文不再赘述）。

7.3 评价标准

续表 7 保护目标与评价标准

(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) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

第 5.1 条 X 射线探伤机

第 5.1.1 条 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1（本报告表 7-2）的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压, kV	漏射线所致周围剂量当量率, mSv/h
>200	<5

第 6.1 条 探伤室放射防护要求

第 6.1.3 条 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周；

续表 7 保护目标与评价标准

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

第 6.1.4 条 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

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

第 6.1.6 条 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“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。

第 6.1.7 条 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

第 6.1.8 条 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

第 6.1.9 条 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

第 6.1.10 条 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

第 6.1.11 条 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

第 6.2 条 探伤室探伤操作的放射防护要求

第 6.2.1 条 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

续表 7 保护目标与评价标准

第 6.2.2 条 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

第 6.2.3 条 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

第 6.2.4 条 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

第 6.2.5 条 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

第 6.2.6 条 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

第 8.3 条 探伤室放射防护要求

第 8.3.1 条 检测条件

检测条件应符合如下要求：

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

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

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

第 3.1.1 条 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求：

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： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

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： $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(5) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)

二级标准：臭氧 1 小时平均限值为 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.2\text{mg}/\text{m}^3$)。

(6) 评价标准及相关参数值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求，辐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，志成机械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。

7.4 铅房辐射屏蔽的剂量参考控制水平

(1) 相关要求

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

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

人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

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

公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$

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

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

式中：

续表 7 保护目标与评价标准

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

U—探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子；

t—探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）。t 按式（2）计算：

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

式中：

W—X 射线探伤的周围工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积“mA·min”值），mA·min/周；

60—小时与分钟的换算关系；

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。

b)关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ ：

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

c)关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

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

(2) 剂量率参考控制水平的确定

根据志成机械提供资料，本项目工业 CT 周工作负荷见表 7-3；根据 GBZ/T250-2014 附录 A，居留因子取值原则见表 7-4，剂量率参考控制水平核算表见表 7-5。

表 7-3 X 射线探伤装置工作负荷

设备型号	最大电压	最大电流	周最大曝光次数	平均单次曝光	周最大照射时间 (t)
UX20 型	225kV	8mA	20 次/周	30min /次	10h/周

表 7-4 不同工作场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子	示例	备注
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区	GBZ/T250-2014 附录 A

续表 7 保护目标与评价标准

部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

表 7-5 铅房剂量率参考控制水平核算表

方向与关注点		U	T	t (h/周)	Hc (μSv/周)	$\dot{H}_{c\cdot d}$ (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 \dot{H}_c (μSv/h)	需屏蔽的辐射源
铅房左侧	CT检测室	1	1	10	100	10.00	2.5	2.5	有用线束
铅房后侧	CT检测室	1	1	10	100	10.00	2.5	2.5	泄漏辐射、散射辐射
铅房右侧	CT检测室	1	1	10	100	10.00	2.5	2.5	
铅房前侧	CT检测室	1	1	10	100	10.00	2.5	2.5	
顶棚		1	/	/	/	/	100	2.5	有用线束/泄漏辐射、散射辐射
底板		1	/	/	/	/	/	2.5	

备注：① \dot{H}_c 为 $\dot{H}_{c\cdot d}$ 和 $\dot{H}_{c\cdot\max}$ 二者的较小值；②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顶棚和底板无人到达， \dot{H}_c 保守取 2.5μSv/h。

综上所述，结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价要求见表 7-6 所示。

表 7-6 项目主要评价标准及相关参数汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标值	辐射工作人员：5mSv 公众成员：0.1mSv	GB18871-2002 及建设单位管理要求
2	周剂量管理目标值	职业工作人员周剂量：≤100μSv/周 公众成员周剂量：≤5μSv/周	GBZ/T250-2014
3	铅房外周围剂量当量率	专用铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率：≤2.5μSv/h	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
4	通风要求	CT 检测室有效通风换气次数应不小于 3 次/h	/
5	臭氧浓度限值	室内：臭氧浓度的接触限值：0.3mg/m ³ 二级标准：臭氧 1 小时平均限值为 200μg/m ³	GB3095-2012 GBZ2.1-2019

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

志成机械位于重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号，本项目拟位于机加工联合厂房 CT 检测室内，地理位置图见附图 1，具体场所位置见附图 2。

8.2 辐射环境质量现状

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，2024 年 4 月 10 日重庆联尔医学研究院有限公司对项目所在地的辐射环境质量进行了现状监测，监测结果见渝联辐环检字[2024]0006 号。

(1) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率

(2) 监测方法和依据：

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境 γ 辐射剂量率	仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021

(3) 监测仪器

监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
便携式X- γ 剂量率仪	BH3103B	2016008	DLjl2023-07768	2024 年 6 月 13 日	0.98

(4) 监测点位：共设 8 个点。具体监测布点见图 8-1。

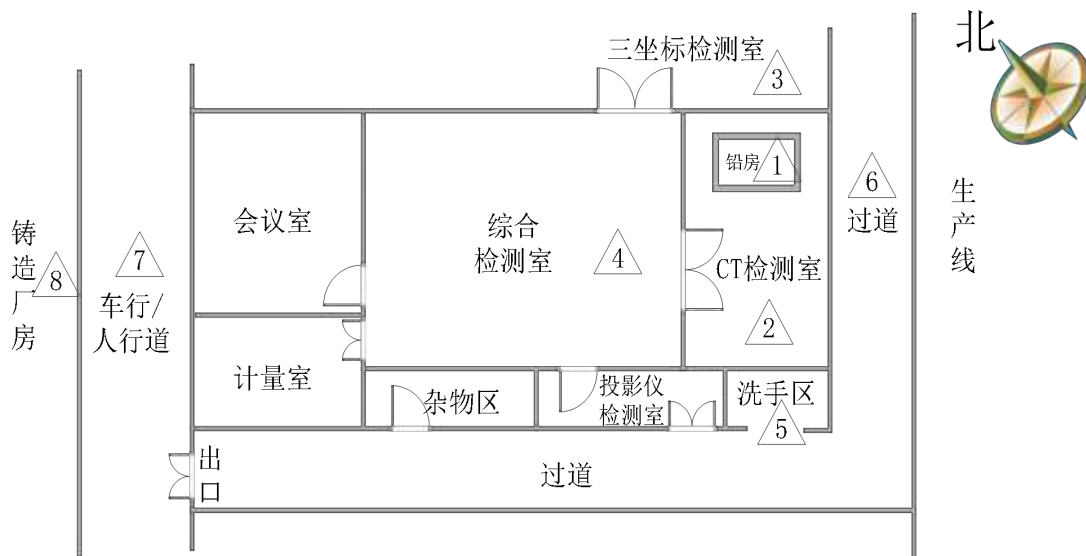


图 8-1 拟建项目监测布点图

续表 8 环境质量和辐射现状

监测布点合理性分析：监测时，监测点位分别布设在项目铅房所在位置、检测室内、铅房周围区域等。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

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

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

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

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

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

(6) 监测结果统计：监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 本项目辐射环境监测结果统计

监测点位编号	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h)
△1	拟建铅房位置处	93
△2	拟建 CT 检测室内	93
△3	拟建 CT 检测室东北侧墙外三坐标检测室	94
△4	拟建 CT 检测室西北侧墙外综合检测室	91
△5	拟建 CT 检测室西南侧墙外洗手区	92
△6	拟建 CT 检测室东南侧墙外过道	94
△7	机加工联合厂房西北侧车行/人行道	92
△8	铸造厂房	93

注：监测结果未扣除宇宙射线响应值。

根据监测统计结果可知，本项目所在位置及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值

续表 8 环境质量和辐射现状

在 91~94nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》，重庆市 2022 年环境 γ 辐射水平年均值范围为 78.0~119nGy/h，全市各点位年均值为 94.5nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，本项目所在地环境 γ 辐射剂量率均在重庆市 2022 年环境 γ 空气吸收剂量率正常涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工艺流程及产污环节

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

建设过程中主要有施工机械噪声、包装垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理站，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾一起统一交由环卫部门处理。

9.2 运行阶段（含调试阶段）工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成及工作方式

本项目 UX20 型工业 CT 设备配置清单见表 9-1。

表 9-1 设备配置清单一览表

序号	名称	规格或型号	品牌	单位
1、X 射线机系统				
1.1	工业 CT	UX20	德国 Comet Yxlon	1 个
2、数字成像系统				
2.1	数字平板成像器	4343	VAREX	1 套
2.2	系统驱动软件			
2.3	平板电源线			
2.4	平板电源			
3、图像采集及处理系统				
3.1	计算机主机	Comet Yxlon 定制	Comet Yxlon	1 套
3.2	图像处理软件			
3.3	显示器			
4、电气控制系统				
4.1	操作台	Comet Yxlon 定制	Comet Yxlon	1 套
4.2	总配电柜			
4.3	控制及动力电缆			
4.4	控制软件			
4.5	铅门连锁控制单元			
4.6	应急连锁控制单元			
5、机械传动系统				
5.1	检测载物台	Comet Yxlon 定制	Comet Yxlon	1 个
5.2	C 型臂		Comet Yxlon	1 个
6、射线防护系统				
6.1	铅房	/	Comet Yxlon	1 个
6.2	射线警示单元	单色报警	Comet Yxlon	1 个
6.3	门机联锁	/	/	1 套
6.4	钥匙开关	/	/	2 套

表 9 项目工程分析与源项

6.5	工作状态指示灯	/	/	2 套
6.6	声光装置	/	/	2 个
6.7	急停按钮	/	/	2 套
7、相关监测仪器				
7.1	个人剂量报警仪	/	/	2 个
7.2	个人剂量计	/	/	2 个
7.3	便携式 X-γ辐射剂量率仪	/	/	1 台
7.4	固定式场所辐射探测报警装置	/	/	1 台
8、其他部分				
现场监视系统				
8.1	摄像机	Comet Yxlon 定制	Comet Yxlon	1 套
	监视器			
	硬盘录像机			

9.2.2 设备主要组成及工作方式

(1) X 射线机系统

本项目 X 射线机系统为一体式，由 X 射线管、低压连接电缆、电源盒子、高压发生器、冷却系统等组成。具体详见表 9-2 所示。X 射线管头、高压发生器外观典型照片见图 9-1，设备示意照片见图 9-2。

表 9-2 X 射线机系统主要性能参数

设备类型	UX20型工业 CT
最大管电压	225kV
最大管电流	8mA
冷却方式	内置风冷（一体化）
X 射线束辐射角	30°/40°
射线管焦点尺寸	d=0.4mm（小焦点）、d=1.0mm（大焦点）
电压、电流、最大功率	10~225kV 连续和可调，0~8mA，最大功率1800W
滤过条件	3mmAl
焦距	1150mm
倾斜角度，斜度	±55°

注：保守估计后文 X 射线管辐射角度水平和垂直方向均按40°估算辐射范围估算。

续表 9 项目工程分析与源项



X 射线管头



高压发生器

图 9-1 X 射线管头、高压发生器外观典型照片



图 9-2 本项目 UX20 型工业 CT 外观典型照片

(2) 操作台

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

(3) 铅房

铅房外观尺寸：2550mm（长）×1768mm（宽）×2365mm（高）；

净空尺寸：1810mm（长）×1640mm（宽）×1850mm（高）；

铅门尺寸：1730mm×890mm（工件与检修共用）。

(4) 工作方式

续表 9 项目工程分析与源项

项目为工业 X 射线固定式探伤，探伤曝光铅房与操作台分开设置，工业 CT 的工作方式为将检测工件从进样门（人员不进去铅房内）放置在铅房内的载物台上，根据检测需要，通过旋转载物台和前后左右移动载物台，来达到改变工件检测位置的目的；X 射线管和探测器分别安装在 C 臂的两端，C 臂可沿竖直滑轨上下移动（距离铅房地面约 580~1680mm），不能前后移动，C 臂可在垂直方向最大旋转 $\pm 55^\circ$ ，C 臂两端不可伸缩；通过载物台和 C 臂的配合来对工件进行定向式扫描。整个过程工作人员不需要进入铅房进行工件摆放。运动轨迹示意图如图 9-3.1 所示，运动方式如图 9-3.2 所示。

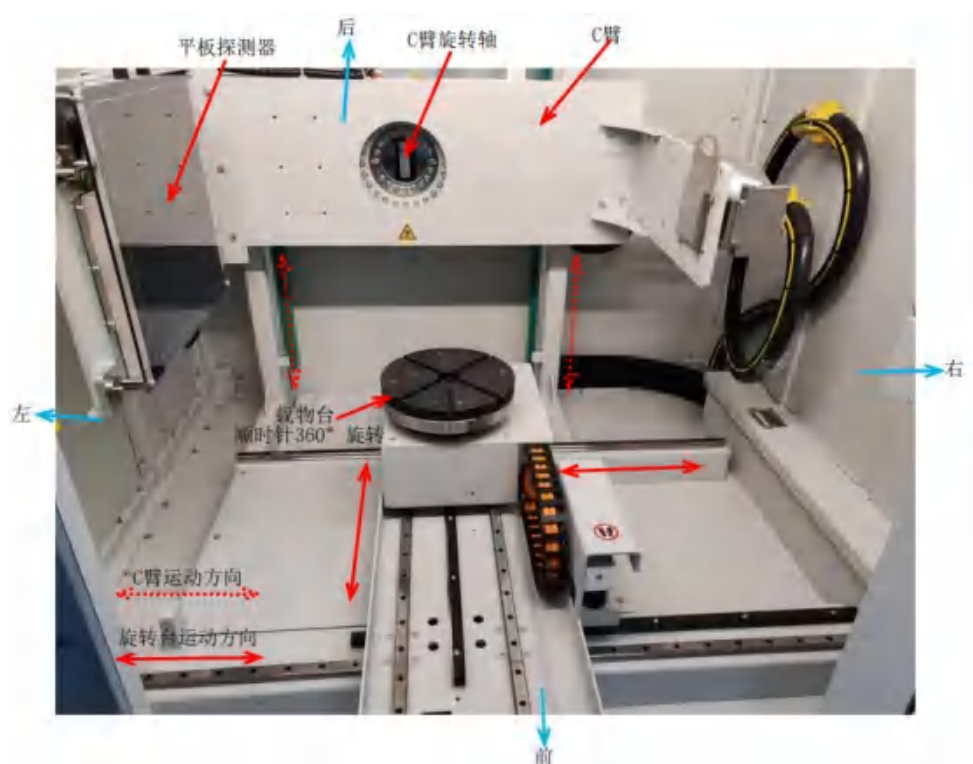


图 9-3.1 运动轨迹示意图

续表 9 项目工程分析与源项

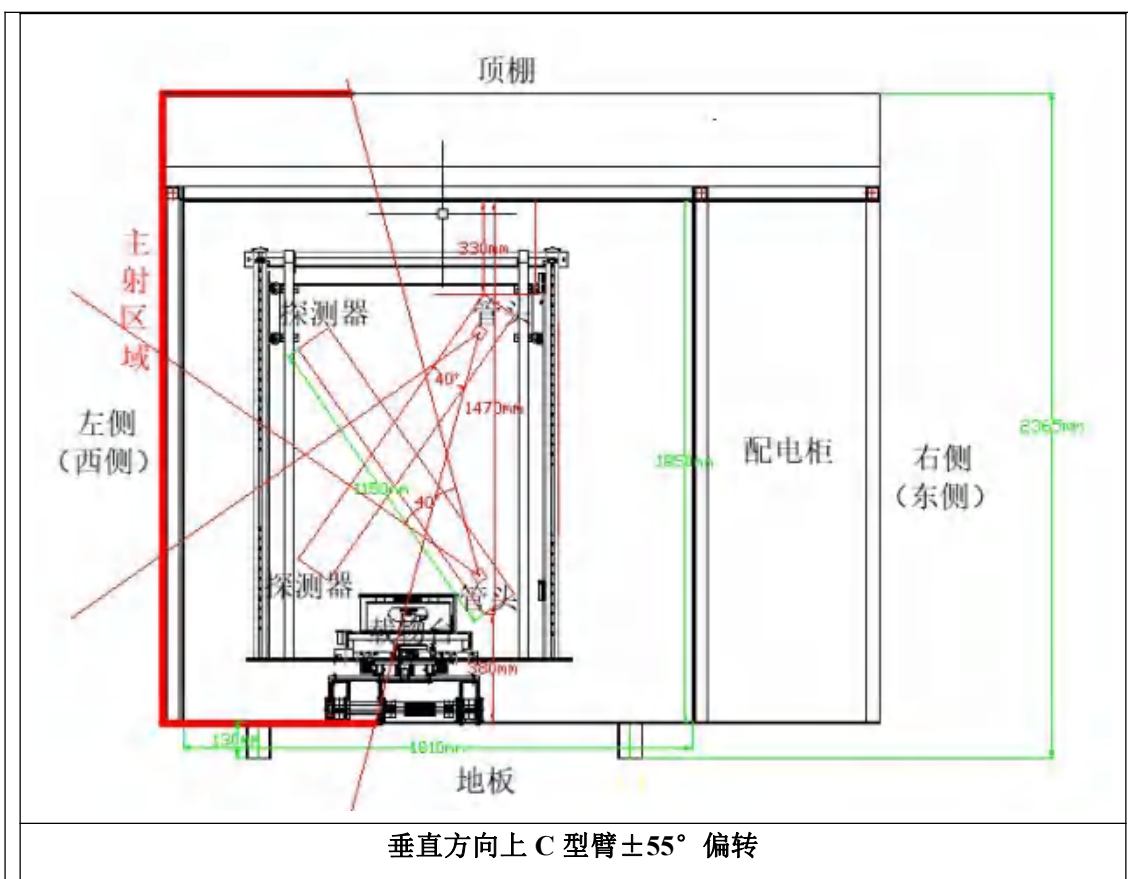


图 9-3.2 运动方式示意图

9.2.3 工作原理及工作流程

(1) 工作原理

① X 射线产生原理

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

续表 9 项目工程分析与源项

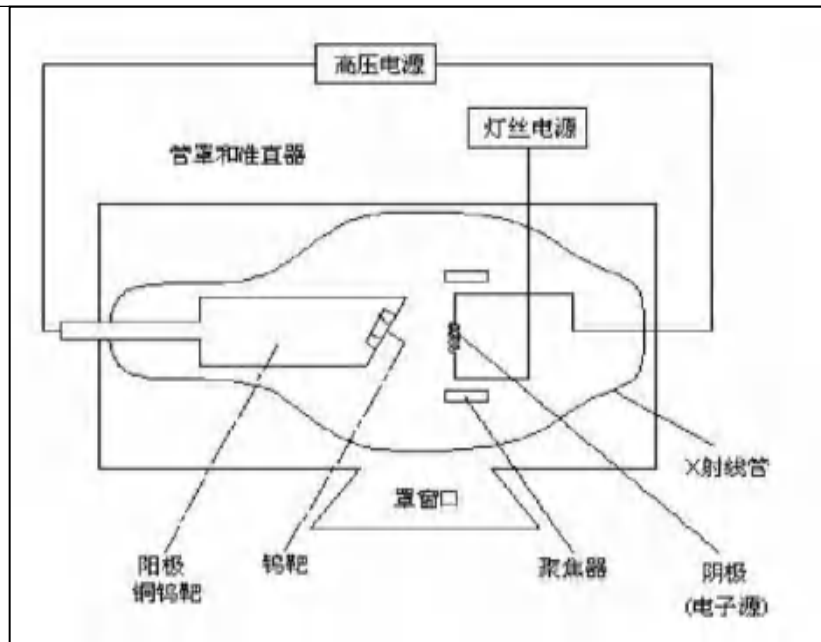


图 9-4 X 射线管原理示意图

②实时成像原理

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

(2) 工艺流程

在工作前必须做好一切准备，根据探伤规范要求，调节好所需要的电流电压，准备检测后，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使用工业 CT 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。

续表 9 项目工程分析与源项

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。工业 CT 通过软件控制载物台位置、C 型臂高度来检测工件，检测完毕后铅门打开，由工作人员取走工件，以此方式检测下一个工件。

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

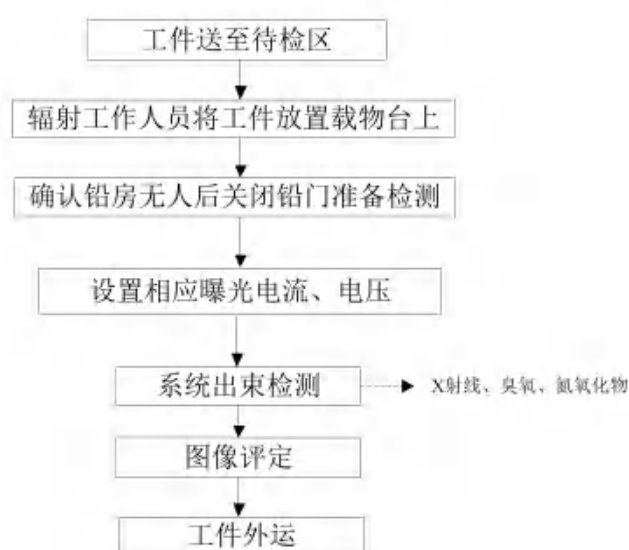


图 9-5 项目 X 射线无损检测工艺流程及产排污简图

9.3 人流物流路径

(1) **物流路径：**待检工件由生产车间各生产线工人搬运至 CT 检测室东南侧窗台上堆置（即待检工件放置区），再由辐射工作人员将工件从铅房铅门放入铅房内载物台，检测完成后由辐射工作人员将已检工作放置在东南侧窗台上堆置（即已检工件放置区）；之后由生产车间各生产线工人原路运回。

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

本项目人流物流路径规划图见图 9-6。

续表 9 项目工程分析与源项

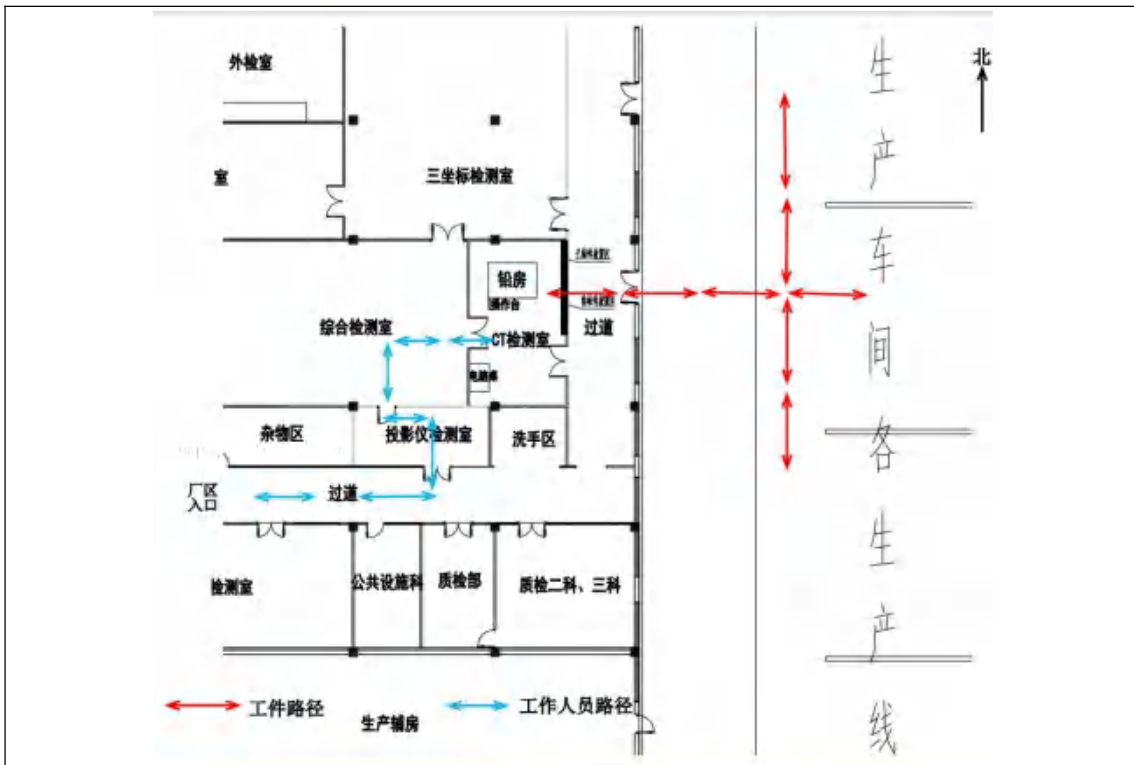


图 9-6 项目人流物流路径规划示意图

9.4 污染源项分析

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

9.4.1 电离辐射

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

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

（1）有用线束：本项目工业 CT 为 225kV 射线源，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1，拟合可得 225kV 射线源距靶 1m 处主射束在 3mm 铝的过滤条件下的最大输出量不大于 10.68mGy/mA·min。工业 CT 机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序

续表 9 项目工程分析与源项

数越高，加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

(2) 漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 1 可知，UX20 型（225kV）距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线周围剂量当量率小于 5mSv/h。

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

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 可知，本项目 UX20 型 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV。

9.4.2“三废”产排情况

本项目主要是在工业 CT 无损检测作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性“三废”。在无损检测作业时，X 射线使空气电离产生臭氧和氮氧化物。废气中以臭氧为主且危害较大，氮氧化物产生量少且危害较小，故本评价废气主要考虑臭氧。项目辐射工作人员均在志成机械现有劳动定员内，故不新增生活垃圾和生活污水量。

(1) 废气

本项目铅房内部完全封闭，除设备检修外人员不进入工业 CT 铅房；铅房通过进出门采用自然进风与排风的通风方式，由于探伤铅房体积较小，铅防护门打开后废气可及时排出，且铅房所在 CT 检测室顶端设置机械排风装置排至所在机加工联合厂房排出室外，经 CT 检测室排风后有害气体对环境的影响较小。

参考文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期）中给出的扩展射线束所致 O₃ 产额的公式进行估算，其计算公式如下：

$$P = 2.43 \times D_0 (1 - \cos\theta) RG \quad (9-1)$$

式中：

P：扩展射线束单位时间内产生的 O₃ 的总质量，mg/h；

D₀：距射线束源点 1m 处的空气比释动能率，Gy·m²/min；

R：射线束中心轴上源点至铅房内壁的距离，m；

续表 9 项目工程分析与源项

G: 空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数, 取值为 10;

θ: 射线束的半张角, 取值为 40°/2=20°。

铅房屏蔽体外部非有用线束区域的漏射线所致臭氧产额为有用线束的 10%, 因此本项目臭氧的实际产额按照上述公式计算值的 1.1 倍取值。各参数的取值和计算结果见表 9-2。

表 9-2 CTS240 铅房的 O₃ 产额的计算参数和计算结果

名称	D ₀ (Gy·m ² /min)	R (m)	G	θ (°)	P (mg/h)
CTS240 铅房	0.1112	1.78	10	20	0.32

氮氧化物（主要为二氧化氮）产额考虑为 O₃ 产额的一半, 则工业 CT 运行时, 铅房内氮氧化物产额为 0.16mg/h。

(2) 废水

本项目辐射工作人员在志成机械现有劳动定员内, 故运营期不新增厂房生活污水, 本项目所在厂产生废水依托厂区污水处理站（处理能力 800m³/d）。

(3) 固体废物

项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及废 X 射线管。

本项目不新增劳动定员, 不新增生活垃圾产生量; 本项目工作人员生活垃圾经该厂房现有的生活垃圾收集系统收集后运至厂区生活垃圾暂存处, 统一交由环卫部门统一处理; 废 X 射线管交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续。

9.4.3 项目产排污统计

本项目污染因子及源强分析汇总见表 9-3 所示。

表 9-3 本项目产排污一览表

污染物	污染因子	产生量	处理方式
电离辐射	X 射线	UX20型: 最大能量225kV, 225kV射线源距靶1m处主射束的输出量不大于10.68mGy·m ² /mA·min; 漏射线周围剂量当量率小于5mSv/h; X射线90° 散射辐射最高能量相应的kV值为200kV。	专用铅房四周墙体、顶棚、底板、防护门等屏蔽
废气	O ₃ 、NO _x	少量	废气经CT检测室顶端机械排风装置排至所在机加工联合厂房再排出室外

续表 9 项目工程分析与源项

废水	生活污水	不新增	本项目所在厂产生生活污水依托厂区污水处理站（处理能800m ³ /d）。
固废	生活垃圾	不新增	统一收集后交由环卫处理
	废 X 射线管	1 个	交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续

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

项目为固定式 X 射线探伤，拟设置工业 CT 探伤铅房和操作台，固定安装在机加工联合厂房 CT 检测室内，其中操作台、进样门及检修门共用，位于铅房前侧（西南侧），检修工作由设备厂家负责，避开了有用线束（西北侧）照射的方向。铅房所在区域布局单一，人流、物流路径清晰；铅房紧邻生产车间各生产线，各生产线工件可直接进行无损检测，铅房与机加工联合厂房内产品工艺流程相衔接。因此，本项目平面布局合理。

10.1.2 分区

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《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，对本项目工作区域进行分区管理。

铅房：控制区即为工业 CT 铅房内部，监督区为 CT 检测室除铅房以外的区域。

本项目用房具体分区情况如下表 10-1，分区布置示意图见图 10-1。

因此，本项目分区满足相关标准要求。拟采取的分区管理措施如下：

①控制区：在该区的辐射工作人员应当严格遵守防护规定和安全操作规程，铅房的出入口处设置醒目的工作状态指示器及电离辐射警告标志，以及门机联锁等防止人员误入的控制措施。

②监督区：监督区为工作人员操作仪器时工作场所，CT 检测室门外拟设置监督区标识及电离辐射警示标志。

③在监督区与控制区边界等处开展定期监测工作。

续表 10 辐射安全与防护

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	CT 检测室除铅房以外的区域



图10-1 本项目工作场所分区布置示意图

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 工业 CT 固有安全性

工业 CT 的固有安全性包括以下几个部分：

(1) 开机时系统自检

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

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

(3) 当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段。

(4) 设备停止工作 72 小时以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

续表 10 辐射安全与防护

10.2.2 铅房屏蔽防护措施

(1) 志成机械购买整套一体式铅房，其具有足够的屏蔽能力；本项目铅房的防护具体参数见表 10-2。

表 10-2 本项目铅房防护设计情况表

名称	铅房内净尺寸 (长×宽×高) (mm)	设计情况 (屏蔽铅当量)	
		前侧屏蔽体	8mmPb
铅房	1810mm (长) ×1640mm (宽) ×1850mm (高)	后侧屏蔽体	9mmPb
		左侧屏蔽体	15mmPb
		右侧屏蔽体	10mmPb
		顶棚屏蔽体	13mmPb
		底板屏蔽体	13mmPb
		铅门	8mmPb
		主射线方向	左侧、部分顶棚和部分底板

经后文核算，铅房的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)要求。

(2) 铅房主体结构焊接密闭，开设铅防护门，设置线缆进出口罩。线缆进出口罩设置 1 个，位于铅房靠北侧蔽体下方，屏蔽材料与地板屏蔽体一致，详见图 10-2。

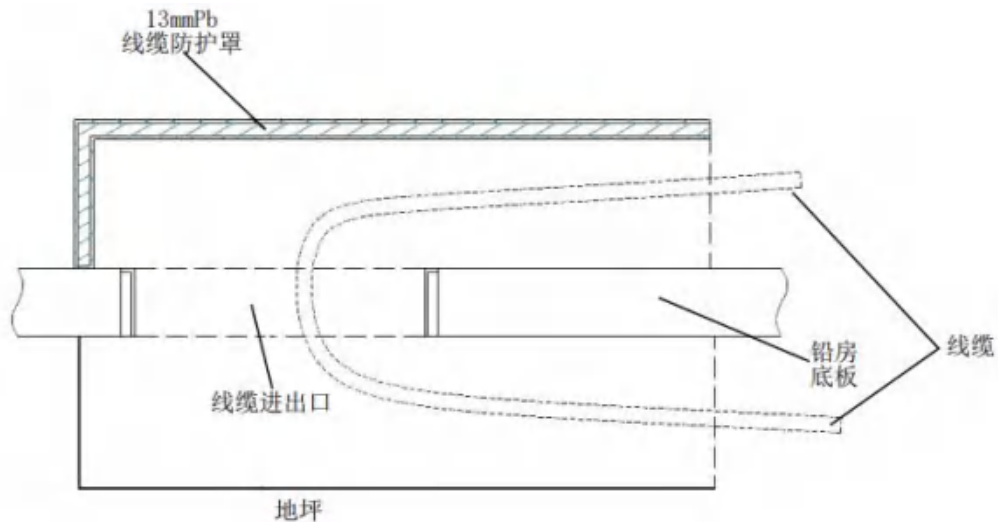


图 10-2 电缆进出口罩剖面图

10.2.3 拟采取的安全联锁、紧急停机、工作状态指示灯等

(1) 门机联锁：本项目工业 CT 铅防护门（单开铅门）设置门机联锁。铅门未关闭的情况下不能打开高压产生射线；门关闭后，在开高压产生射线的情况下，

续表 10 辐射安全与防护

铅门不能打开；门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

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

(3) 设备上设有主电源开关，操作台上设有钥匙开关。主电源开关包括主机电源、计算机电源、动力电源开关，只有主机电源开通，计算机进入扫描界面后，才能启动动力电源。启动动力电源后系统将自动进行自检，若自检正常，则电源指示灯变绿，操作人员可进行放样，参数设置，然后关闭防护门。只有当自检指示灯变绿，才能打开钥匙开关。钥匙开关打开后，观察确认铅门处及铅房内无人员逗留后，才能启动 X 射线高压电源。

(4) 紧急停机：本项目工业 CT 项目操作台上及铅房内防护门旁均拟设置 1 个急停按钮，急停按钮旁拟设置中文标识和相关说明，铅房内防护门旁拟设置急停按钮，人员处在铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。急停按钮相互串联，按下按钮工业 CT 高压电源立即被切断，工业 CT 停止出束。此外，防护门内的急停按钮同时具备自动开门按钮，铅房内出现滞留人员情况下，内部可自动开启铅门，并在铅房内放一个撬棒，可从内侧将门撬开，以便停电时使用。

(5) 视频监控系统

铅房内配备有 1 个监视摄像头，并连接到操作台旁计算机显示器，能全方位拍到铅房内的工作情况以及铅房防护门情况。视频监控屏幕位置设置在操作台上，操作人员能在操作台上实时监控检测过程铅房内以及铅房防护门情况，如果出现异常能迅速启动紧急制动装置。

(6) 电离辐射警告标志

严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在铅房周围（含防护门）的醒目位置处张贴固定的电离辐射警告标志并在铅房外顶棚和铅房内部安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

10.2.4 安全联锁逻辑

续表 10 辐射安全与防护

(1) 本项目辐射防护安全措施图详见图 10-3 所示。

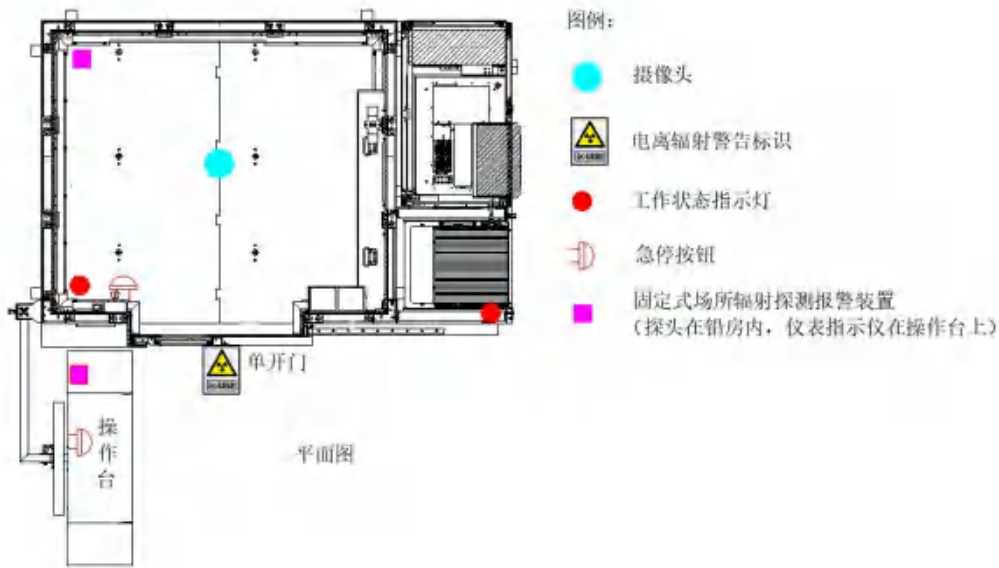


图 10-3 辐射防护安全措施图

(2) 安全联锁逻辑分析

工业 CT 在铅门关闭、操作台及铅房内急停按钮复位、设备自检正常的情况下才能出束，出束时相应状态指示灯亮。当按下急停按钮或者铅门意外打开，设备立即停止出束，安全联锁逻辑图见图 10-4。

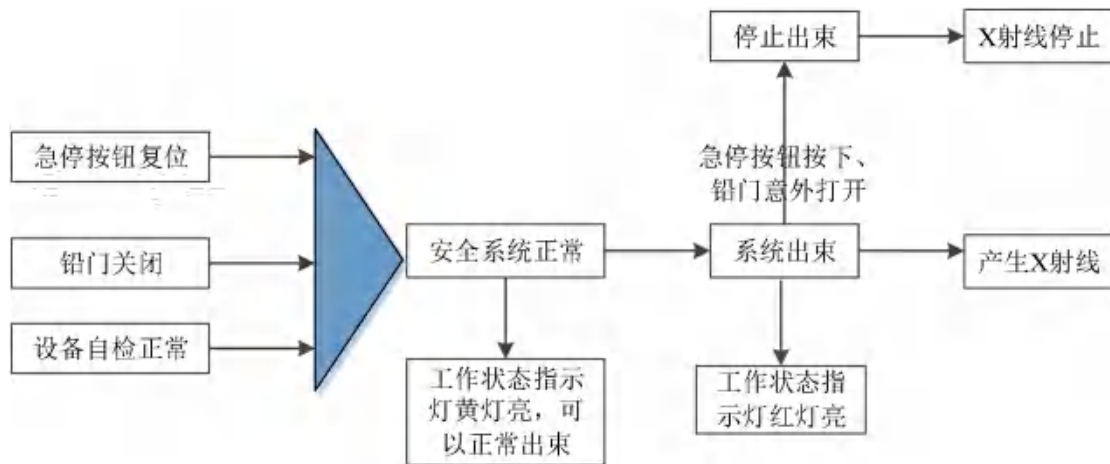


图 10-4 辐射安全联锁逻辑图

10.2.4 通风

本项目铅房内部完全封闭，除设备检修外人员不进入工业 CT 铅房；铅房通过进出门采用自然进风与排风的通风方式，铅房内废气排至 CT 检测室内，依托 CT 检测室排风口排至所在机加工联合厂房再排出室外。CT 检测室采取机械排风，安装 1 个风机，铅房正上方即 CT 检测室顶端设置一个排风口，距离地面约 3.6m，

续表 10 辐射安全与防护

排风量为 500m³/h；CT 检测室体积约 144m³，故通风换气次数大于 3 次/h。

10.2.5 相关监测仪器

本项目拟配置的相关监测仪器如下表 10-3 所示。

表 10-3 相关监测仪器一览表

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

10.3 三废的治理

项目主要是在工业 CT 作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性三废。

10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目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 10-4 所示。

根据表 10-4 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-4 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)	5.1 X 射线探伤机	
	5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下,距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求,在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。	X 射线探伤机在额定工作条件下,距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率,管电压为 240kV 时,应小于 5mSv/h。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。
	5.1.2 工作前检查项目应包括: a)探伤机外观是否完好; b)电缆是否有断裂、扭曲以及破损; c)液体制冷设备是否有渗漏; d) 安全连锁是否正常工作; e)报警设备和警示灯是否正常运行; f) 螺栓等连接件是否连接良好; g)机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	工作前检查项目应包括: a)探伤机外观是否完好; b)电缆是否有断裂、扭曲以及破损; c)液体制冷设备是否有渗漏; d) 安全连锁是否正常工作; e)报警设备和警示灯是否正常运行; f)螺栓等连接件是否连接良好; g)机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。
	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。	本项目属于整体探伤项目,操作台与铅房均分开布置。项目操作台置于铅房外,X 射线发生器及平板探测器位于铅房内,设备主射线朝左侧、部分顶棚和部分底板;设备主射方向避开了操作台和铅门。 经后文核算,本项目使用的铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h。
6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理,分区管理应符合 GB 18871 的要求。	项目实行分区管理,控制区即为工业 CT 铅房内部,监督区为铅房外部区域(包括铅房顶棚到 1F 顶棚区域以及铅房外 CT 检测室内部区域),分区满足要求。	

续表 10 辐射安全与防护

	<p>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。</p>	<p>经后文核算，人员在关注点的周剂量参考控制水平不大于 100μSv/周，公众不大于 5μSv/周，项目使用的铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h，且项目建成后，将委托资质单位对铅房各关注点进行监测。</p>
	<p>6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足： a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3； b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100μSv/h。</p>	<p>本项目铅房所在 CT 检测室为单层建筑，CT 检测室上方无建筑物，其他人员可达到场所，经后文核算，铅房顶棚外表面 30cm 处的剂量率不大于 2.5μSv/h，且拟委托有资质单位对每年对铅房各关注点进行监测。</p>
	<p>6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。</p>	<p>铅房配置有门机联锁装置，单开铅门未关闭的情况下不能打开高压产生射线；门关闭后，在开高压产生射线的情况下，铅门不能打开；门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。</p>
	<p>6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。</p>	<p>本项目铅房外顶棚和内部拟同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号持续时间约 1 分钟，以确保铅房周围人员安全离开。“预备”和“照射”信号拟分别采用有明显区别的黄色和红色指示，该工作场所内无其他报警信号。在醒目的位置处张贴对“照射”和“预备”信号意义的说明。</p>
	<p>6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。</p>	<p>本项目铅房内配备有 1 个监视摄像头，并连接到操作台旁计算机显示器，能全方位拍到铅房内的工作情况以及铅房防护门情况。视频监控屏幕位置设置在操作台上，操作人员能在操作台上实时监控检测过程铅房内情况。</p>

续表 10 辐射安全与防护

		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。	项目铅房防护门上设置电离辐射警告标识,并设置中文警示说明。
		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。	铅房内设置 1 个急停按钮,位于铅房内西南侧;急停按钮位置位于人员方便接触的位置,且不在主射方向上,且带有中文标识。
		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。	本项目铅房内部完全封闭,靠铅房门开闭通风;CT 检测室采取机械排风,安装 1 个风机,铅房正上方即 CT 检测室顶端设置一个排风口,距离地面约 3.6m;排风量为 500m ³ /h,将铅房内废气排至所在机加工联合厂房排出室外。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目拟配置固定式场所辐射探测报警装置。
	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	拟每日对铅房的门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护措施检查一次,确保门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护措施正常后,方可开展检测工作。
		6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时,除佩戴常规个人剂量计外,还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时,探伤工作人员应立即退出探伤室,同时防止其他人进入探伤室,并立即向辐射防护负责人报告。	从事本项目的探伤工作人员配备个人剂量计后方可上岗,拟为本项目配备 1 个便携式 X-γ 剂量率仪、1 台个人剂量报警仪、1 台固定式场所辐射探测报警装置,执行现有辐射相关制度,规定当剂量率达到设定的报警阈值报警时,探伤工作人员立即退出 X 射线检测室,同时防止其他人进入 X 射线检测室,并立即向辐射防护负责人报告。
		6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平,包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时,应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	拟定期对本项目铅房外周围区域、包括操作台、周围毗邻区域人员居留处的剂量率水平进行监测,并制定相关制度,当测量值高于参考控制水平时,应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

续表 10 辐射安全与防护

		6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前, 应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作, 则不应开始探伤工作。	建设单位拟制定交接班制度, 工作人员交接班时按照现有要求检查剂量仪是否正常工作, 发现不能正常工作时将暂停检测工作。
		6.2.6 在每一次照射前, 操作人员都应该确认探伤室内没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下, 才能开始探伤工作。	在每一次照射前, 辐射工作人员会检查铅房内是否会有人员驻留, 且检查相关防护措施均能正常运行才开始检测工作。
		6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作, 如工件过大等特殊原因必须开门探伤的, 应遵循本标准第 7.1 条~第 7.4 条的要求。	本项目设备铅房大小满足志成机械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。
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	8.1 检测的一般要求	8.1.1 使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定, 并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。	志成机械拟制定放射防护检测计划。在检测计划中对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定, 并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。
		8.1.2 应选用合适的放射防护检测仪器, 并按规定进行定期检定/校准, 取得相应证书。使用前, 应对辐射检测仪器进行检查, 包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。	志成机械拟选用合适的放射防护检测仪器, 并按规定进行定期检定/校准, 取得相应证书。使用前, 对辐射检测仪器进行检查, 包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。
	8.2 探伤机检测	8.2.1.2 使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后, 应进行安全装置的性能检测。	志成机械计划每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后, 拟进行安全装置的性能检测。
	8.5 放射工作人员个人监测	8.5.1 射线探伤作业人员(包括维修人员), 应按照 GBZ128 的相关要求进行外照射个人监测。	志成机械拟按照 GBZ128 的相关要求对射线探伤作业人员进行外照射个人监测。
《工业 X 射线探伤室	3.3 其他	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	本项目属于整体探伤项目, 铅房自带屏蔽体, 铅房屏蔽体

续表 10 辐射安全与防护

辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	要求	工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。	内除检修情况下，人员不进入，因此不设人员门，仅设置单独工件门；针对检修情况，本项目铅房体积小，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	本项目操作台置于铅房外西南侧，X 射线发生器及平板探测器位于铅房内，设备主射线朝左侧、部分顶棚和部分底板；设备主射方向避开了操作台和铅门。
		3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	铅房主体结构焊接密闭；设置铅防护门，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。设置电缆出口罩屏蔽能力与主体结构一致。
		3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽	本项目铅房仅使用 1 台 X 射线装置，同时，根据后文计算，主射方向和其它侧屏蔽体均能满足额定工况下的辐射防护要求。
《职业性外照射个人监测规范》 GBZ128-2019	5.监测系统与使用要求	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体北面时，剂量计应佩戴在背部中间。	项目工作人员主要辐射来自于身体前方，已要求工作人员在胸口位置佩戴个人剂量计。
	7.质量保证	7.3.1 制定和严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。	志成机械拟制定和严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。
		7.3.2 个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。	志成机械拟严格要求辐射工作人员个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

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

建设过程中主要有施工机械噪声、包装垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理站，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾一起统一交由环卫部门处理。

本项目建设期短、工程量小，施工范围小，且随着建设期的结束而结束。

11.2 运行阶段（含调试阶段）环境影响分析

11.2.1 铅房辐射屏蔽核算公式

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

①有用线束

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式（11-1）计算，然后由 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X_c 。

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

式中：

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

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

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

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

续表 11 环境影响分析

式中：

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

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

B —屏蔽透射因子；

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)。

②屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (11-3)

计算：

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

式中：

X —屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—查表。

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 (11-4) 计算：

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

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

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

式中：

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

续表 11 环境影响分析

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

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

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（11-3）计算，然后按式（11-6）计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

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

式中：

B —屏蔽透射因子；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

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

④ 散射辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式（11-7）计算。然后按式（11-4）计算出所需的屏蔽物质厚度 X 。

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

式中：

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B —屏蔽透射因子；

F — R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α —散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的

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（11-3）计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-8）计算：

$$\dot{H}_c = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (11-8)$$

式中：

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B—屏蔽透射因子；

F — R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α —散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_S —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

11.2.2 铅房防护核算原则

①根据建设单位提供资料，本项目工业 CT，在评估过程中取其装置的最大能量开机运行时工业 CT 所需满足的屏蔽能力进行评价。

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

③本项目工业 CT 电流随电压变化自动调节，本项目按照其以最大射线能量工作时进行核算；本项目工业 CT 进行无损检测过程中工件可以移动。相同条件下，射线能量越大，距离辐射源点（靶点）1m 处的剂量率越大，因此，本次核

续表 11 环境影响分析

算最大输出量按照 225kV、8mA 条件下的相关参数进行核算。

11.2.3 主要技术参数选择及剂量率控制水平

(1) 参考点的选择以及核算距离、方向

本项目工业 CT 工作时，主射线朝左侧、部分顶棚、部分底板，核算距离为主射线的最短距离，其余方向（含防护门）考虑为散射和漏射。

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

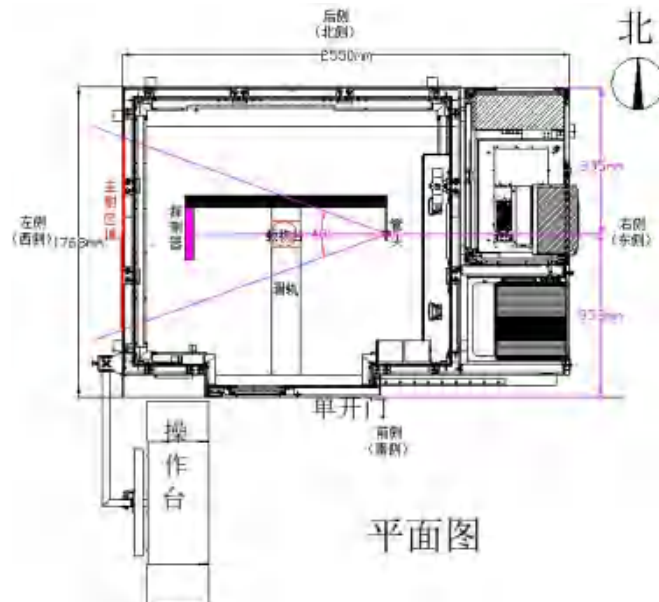


图 11-1 工业 CT 计算点位示意图（平面）

续表 11 环境影响分析

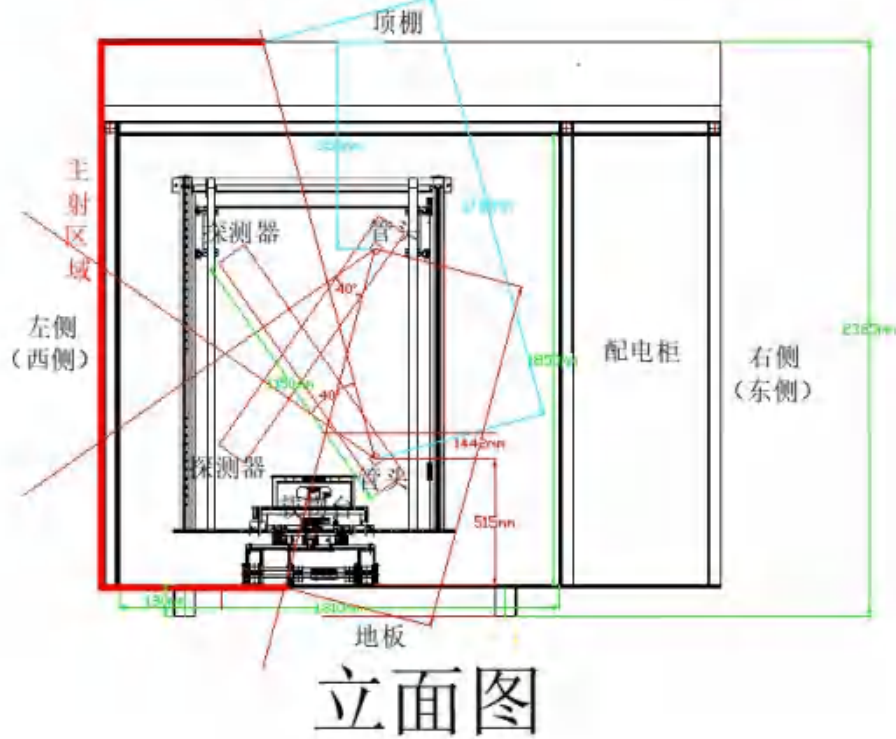


图 11-2 工业 CT 计算点位示意图 (立面)

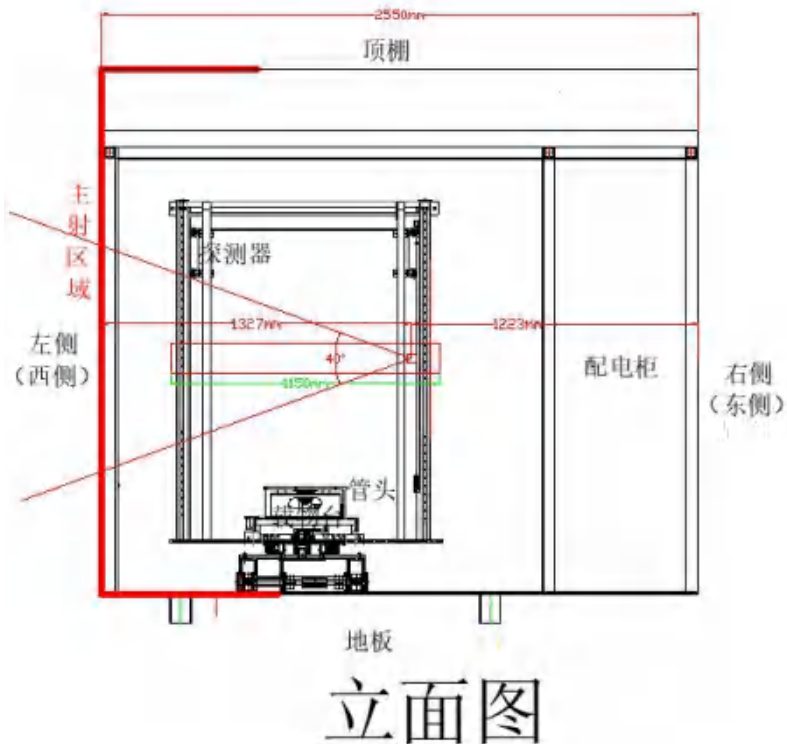


图 11-3 工业 CT 计算点位示意图 (立面)

屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-1。

续表 11 环境影响分析

表 11-1 各方向核算距离一览表			
考察点			核算距离 (m)
铅房左侧 (西北侧)	屏蔽体外 30cm	主射	$1.327^{①}+0.3=1.62$
铅房后面 (东北侧)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$0.835^{①}+0.3=1.13$
铅房右侧 (东南侧)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$1.223^{①}+0.3=1.52$
铅房前面 (西南侧)	屏蔽体外 30cm (含铅门)	散射、漏射	$0.933^{①}+0.3=1.23$
铅房顶棚	屏蔽体外 30cm	主射 ^②	$1.78^{①}+0.3=2.08$
	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$0.85^{①}+0.3=1.15$
铅房底板	屏蔽体外 30cm	主射 ^②	$1.442^{①}+0.1=1.54$
	屏蔽体外 10cm ^③	散射、漏射	$0.515^{①}+0.1=0.61$

备注：①均为图上量出；②工业 CT 主射方向为铅房左侧 (西北侧)，在 C 臂垂直偏转 $\pm 55^\circ$ 情况下，铅房顶棚、底板均成为主射方向；③因铅房底板距地面的距离 13cm，下为地基，底板人员无法到达，因此底板选取距离屏蔽体外 10cm；④后侧、右侧、顶棚和底板散射线为工件散射至屏蔽体外，其散射距离大于漏射线距离，此处保守按漏射线距离取值；⑤距离保留两位小数。

(2) 设备参数等

本项目铅房核算过程中的相应其他参数见表 11-2 所示。

表 11-2 屏蔽体核算相关参数			
参数	数值		来源
设备参数	运行最大管电压 225kV，最大管电流 8mA		建设单位提供
G (mGy·m ² /mA·min)	225kV: 10.68 (3mm 铝过滤条件下)		GBZ/T250-2014 表 B.1
转换系数	6×10^4		GBZ/T250-2014 4.1 a)
H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	6.41×10^5		
	50		GBZ/T 250-2014 附录 B.4.2
泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)	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	200		GBZ/T250-2014 表 2
什值层 (TVL)	铅		GBZ/T250-2014 表 B.2
	电压等级	TVL	
	200kV	1.4mm	
	225kV	2.15mm	
	250kV	2.9mm	

注：1.225kV (3mm 铝过滤条件下) 1m 处输出量通过表 B.1 的数据拟合而来；
2.225kV 铅的 TVL 通过 250kV、200kV 的参数内插法计算而来。

续表 11 环境影响分析

11.2.4 铅房防护核算结果

本项目铅房的屏蔽体屏蔽能力核实结果见表 11-3。

表 11-3 铅房屏蔽效能核算表

考察点		剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	铅房外 30cm 距离 (m)	设计厚度	实际厚度下铅房外瞬时剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否达到屏蔽要求
铅房左侧	主射	2.5	1.62	15mmPb	2.06×10^{-1}	是
铅房后侧	散射	2.5	1.13	9mmPb	2.85×10^{-1}	是
	漏射					
铅房右侧	散射	2.5	1.52	10mmPb	5.15×10^{-2}	是
	漏射					
铅房前侧	散射	2.5	1.23	8mmPb	7.59×10^{-1}	是
	漏射					
顶棚	主射	2.5	2.08	13mmPb	1.06	是
	散射	2.5	1.15		3.44×10^{-3}	是
	漏射					
底板	主射	2.5	1.54	13mmPb	1.94	是
	散射		0.61		1.22×10^{-2}	是
	漏射					

注：①散射线均需经过多次反射才能穿出各管线孔，经多次反射剂量很低，能满足要求，此处不再核算；②顶棚外 30cm 处周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，故本次评价不考虑天空散射。

根据表 11-3 计算结果可知，X 射线出束时，铅房的屏蔽体、防护门外 30cm（底板屏蔽体 10cm 外）处的瞬时剂量最大值为 $1.94\mu\text{Sv/h}$ ，均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。

11.2.5 年有效剂量估算

(1) 估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

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

式中：

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) 估算结果

铅房外剂量估算表见表 11-4。

表 11-4 铅房外人员剂量估算

估算人员	活动场所	实际厚度下剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	有效剂量 mSv/a
铅房辐射工作人员	铅房前侧操作台	7.59×10^{-1}	500	1	3.80×10^{-1}

根据表 11-4 可知, 铅房外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。

11.2.6 对周围环境保护目标的影响分析

志成机械现有射线装置位于志成机械热处理厂房内, 距离本项目较远, 因此本项目不考虑现有射线装置与本项目的叠加影响。铅房 50m 范围内主要是机加工联合厂房各生产线、检测室等。

本项目铅房外环境保护目标预测结果见表 11-5。

表 11-5 本项目铅房外环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方向	与铅房最近距离	保护目标处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	最大曝光时间 (h)	有效剂量 mSv/a
1	三坐标检测室、外检室、机房、工具库、模具设计中心、模具区值班室、模具检测中心等	东北侧	约 1.5m	1.09×10^{-1}	1	500	5.43×10^{-2}
2	综合检测室、杂物区、样件检测室、计量室、会议室、夹具检验室、待检区、备件库房等	西北侧	约 1m	1.00×10^{-1}	1	500	5.02×10^{-2}
3	车行/人行道及绿化带、空压站、冷却塔	西北侧	约 23m	9.14×10^{-4}	1/5	500	9.14×10^{-5}
4	铸造厂房	西北侧、东北侧	约 42m	3.99×10^{-4}	1	500	1.99×10^{-4}
5	投影仪检测室、洗手区、公共设施科、质检部、质检二科、三科、	西南侧	约 6m	2.39×10^{-2}	1	500	1.20×10^{-2}

续表 11 环境影响分析

	备件库房、电工维修室、配电房等						
6	过道	西北侧、西南侧、东南侧、东北侧	约 1m	3.70×10^{-1}	1/5	500	3.70×10^{-2}
7	生产车间过道及各生产线	西南侧、东南侧、东北侧	约 5m	3.27×10^{-2}	1	500	1.63×10^{-2}

根据表 11-5 可知，铅房外公众所受的年有效剂量不超过 0.0543mSv/a，小于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.7 环境保护目标辐射环境影响分析

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 11-5 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低于 2.5 μ 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有限，对环境的影响可以接受。

11.2.8 其他影响

(1) 废气对环境影响分析

在无损检测作业时，X 射线使空气电离产生臭氧和氮氧化物。废气中以臭氧为主且危害较大，氮氧化物产生量少且危害较小，故本评价废气主要考虑臭氧。

本项目铅房内部完全封闭，除设备检修外人员不进入工业 CT 铅房；铅房通过进出门采用自然进风与排风的通风方式，铅房内废气排至 CT 检测室内，依托 CT 检测室排风口排至所在机加工联合厂房再排出室外。根据建设单位提供的资料，CT 检测室排风量为 500m³/h。根据工程分析，铅房内臭氧产额为 0.32mg/h。

参考文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期），考虑工业 CT 运行时的 CT 检测室的排风和 O₃ 的分解，CT 检测室内空气中 O₃ 的平均浓度可由下式计算。

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 T}{V} (1 - e^{-t/T}) \quad (11-10)$$

式中：Q_(t)：t 时刻 CT 检测室内 O₃ 的平均浓度，mg/m³；

续表 11 环境影响分析

Q_0 : O_3 的产生率, mg/h;

V : CT 检测室体积, m^3 ;

T : 有效清除时间, h。

有效清除时间 T 可由下式计算。

$$T = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (11-11)$$

式中: t_v : 换气一次所需要的时间, h;

t_d : O_3 的有效分解时间, 取 0.83h。

本次核算考虑 1h 产生的臭氧在 CT 检测室通风情况下 CT 检测室内的臭氧浓度。各参数的取值和 O_3 浓度的计算结果见表 11-6。

表 11-6 CT 检测室内 O_3 浓度计算结果表

名称	Q_0 (mg/h)	V (m^3)	t_v (h)	t_d (h)	T (h)	t (h)	$Q(t)$ (mg/m^3)
CT 检测室	0.32	144	0.29	0.83	0.21	1	4.69×10^{-4}

由上表可知, 1h 后 CT 检测室内臭氧的浓度为 $4.69 \times 10^{-4} mg/m^3$, 低于《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》(GBZ2.1-2019)中规定的臭氧浓度限值 $0.3 mg/m^3$, 也低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准中规定的臭氧 1 小时平均限值 $0.2 mg/m^3$ 。

根据前文核算, 项目排放废气中臭氧浓度很低, 低于 GBZ2.1-2019、GB3095-2012 标准的限值要求, 依托 CT 检测室排风口排至所在机加工联合厂房再排出室外, 排放后经大气扩散和分解后, 浓度将进一步降低。因此, 工业 CT 产生的废气对周围环境影响小。

(2) 废水环境影响

本项目不新增劳动定员, 不新增废水产排量; 本项目所在厂产生废水依托厂区污水处理站(处理能力 $800 m^3/d$)处理达标后进入市政污水管网, 对环境影响较小。

(3) 固废对环境影响分析

生活垃圾依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后运至厂区生活垃圾暂存处, 统一交由环卫部门统一处理; 废 X 射线管交由有相关资质的单位回收

续表 11 环境影响分析

并保管好回收手续，不会对环境产生不利影响。

11.2.9 实践正当性分析

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

工业 X 射线 CT 探伤检测设备的应用，对产品等工件的无损质量检验有其他技术无法替代的特点；项目拟使用工业 CT 探伤的目的是开展公司生产产品的无损质量检测分析，确保产品质量与安全。项目建设进一步提高公司生产摩托车发动机缸头零配件的无损探伤检测分析能力，对其产品质量保证可以起到十分重要的作用，具有明显的社会效益；同时也将为企业创造更大的经济效益提供保障。项目拟采取的辐射安全防护措施符合相关要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。

项目对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

11.2.10 政策符合性分析

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

11.2.11 事故影响分析

（1）风险事故类型

本项目 X 射线设备产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。

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。

续表 11 环境影响分析

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。

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，本项目工业 CT 考虑最大管电压 225kV，最大管电流 8mA 运行，事故时间考虑为 30min。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-6。

表 11-6 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)
工业 CT	设备自身丧失屏蔽	6.44×10^2	3.22×10^{-4}	3.22×10^{-4}
	联锁装置失效	7.11×10^4	3.55×10^{-2}	3.55×10^{-2}

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。经计算工业 CT 铅房屏蔽体外周围剂量当量率可达 1.95Sv/h (距辐射源 1.62m 处主射方向)，单次照射下 (30min) 铅房四周屏蔽体外停留的人员受照剂量最大约 $9.77 \times 10^{-1}\text{Sv}$ ($9.77 \times 10^{-1}\text{Gy}$)。

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 4 次)，在此期间

续表 11 环境影响分析

内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-7。

表 11-7 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表

误照射次数 (次)	受照 射时间 (min)	受照射剂量	
		剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
1	30	9.77×10^{-1}	9.77×10^{-1}
2	60	1.95	1.95
3	120	2.93	2.93
4	180	3.91	3.91

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, 考虑最不利情况工业 CT 考虑最大管电压 225kV, 最大管电流 8mA 运行, 由于铅房内安装摄像头, 声光报警, 操作人员在操作台可以实时监控铅房内状态, 发现有人时, 立即断开出束或利用急停开关停止出束, 对其造成的伤害按照照射时间 10min 计算, 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 11-8。

表 11-8 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)
工业 CT	人员滞留铅房内	20.5	3.42	3.42

(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

续表 11 环境影响分析

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。

本项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，减少随机性效应产生的概率。

不同照射剂量的 X、 γ 射线对人体损伤估计见表 11-9。

表 11-9 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，血液学变化，但不伴有临床症状
1~2 2~3.5 3.5~5.5 5.5~10	骨髓型 急性 放射病	轻度 中度 重度 极重度	乏力，不适，食欲减退 头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降 多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降 多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

根据表 11-9 不同照射剂量对人体损伤的估计，结合上述后果分析可知，本项目工业 CT 属于 II 类射线装置，X 射线装置运行时，人员滞留在铅房内发生误照射，工作人员可能会出现中度急性放射病。在铅房屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，工作人员可能会出现重度急性放射病，达到发生确定性效应剂量阈值，发生随机性效应概率增加，甚至导致较为严重的辐射损伤，造成较大

续表 11 环境影响分析

及以上级别辐射事故的发生。

(4) 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定“一般辐射事故：是指IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”。由前述事故工况下的辐射影响估算可知，在上述事故情景下部分事故受照剂量已超过辐射工作人员的年剂量限值，其中造成最大影响的事故情形为人员在工作模式下滞留在铅房内而被误照射。因此，假若本项目发生事故，事故等级应为一般辐射事故，此外，不排除在铅屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，造成较大及以上级别的辐射事故。

(5) 辐射事故防范措施

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

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

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

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

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

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

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

志成机械已按照相关要求制定了相应的管理制度，成立了辐射安全与防护工作领导小组，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，志成机械的辐射安全与防护工作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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

目前，志成机械已成立辐射安全与防护工作领导小组，已按照相关规定制定了相应的管理制度，包括《关于组建公司辐射安全与防护工作领导小组的通知》、《辐射安全管理机构及职责》、《安全操作规程》、《X 探伤室辐射安全监测计划》、《辐射防护和安全制度》、《辐射事故应急预案》、《人员培训制度》、《设备检修维护保养制度》等制度，现有制度具有可实施性，具备指导本项目实时成像系统安全使用，在项目运营前，志成机械拟根据本项目新增工业 CT 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。

上述各种制度考虑到了核技术利用项目的操作使用和安全防护，制度基本健全，具有一定的可操作性。志成机械在此之前按照各项管理制度执行，到目前为止未发生过放射事故。

本项目运行后，志成机械还应根据实际使用情况和新发布更新的法律法规等，对现有制度进行不断的完善和修订。

续表 12 辐射安全管理

(2) 辐射工作人员

志成机械拟配置 2 名辐射工作人员从事本项目 X 射线无损检测工作，目前具体人员未定，但均为内部培养。

①配置数量合理可行性

根据工业 CT 的操作需求，项目拟配置 2 名辐射工作人员操作设备在工作时间上分配是可行的。

②辐射安全培训

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

③个人剂量管理

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

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

后续志成机械应按要求为本项目拟内部培养的每名辐射工作人员配置个人剂量计，并按照要求进行了剂量监测，建立个人剂量档案。

④职业健康检查

续表 12 辐射安全管理

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

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

志成机械现有辐射工作人员均已进行了职业健康体检，符合辐射工作人员健康标准，本项目拟内部培养的辐射工作人员落实到位后，应按要求进行岗前职业健康体检，按照相关要求复检，并建立相应档案。

(3) 射线装置台账管理

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

(4) 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。

志成机械拟制定年度评估制度，并拟按照规定提交《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，年度评估报告包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容，符合要求。建设单位应按照规定按时提交《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。

(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

续表 12 辐射安全管理

层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①在单位内开展核安全文化宣贯推进专项培训，严格落实岗位职责，对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。

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

(6) 档案管理

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

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。志成机械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。

志成机械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、个人剂量监测报告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。

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志成机械已有辐射安全与防护工作领导小组。
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。	项目拟在志成机械内部培养 2 名辐射工作人员，具体人员待定，不新增志成机械总劳动定员，将按照相关规定参加培训并考核合格后上岗。
射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	铅房有足够厚的铅板以及铅门进行屏蔽；设备配置门机联锁（铅防护门）、灯机联锁、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	辐射工作人员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。	志成机械制度满足现有工作运行要求，本项目依托志成机械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安全操作规程、辐射防护和安全制度、人员培训制度、辐射事故应急预案等制度，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	志成机械已制定了辐射事故应急预案，项目投运前拟根据本项目进一步完善辐射事故应急预案。

从表 12-1 可知，本项目的管理工作依托志成机械现有的管理体系，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。

12.4 辐射监测

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 5.1.3 设备维护要求，使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测，当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件都来自设备制造商，且做好设备维护记录。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对辐射工作人员个人剂量进行监测、探伤工作场所外的环境监测，开展常规的防

续表 12 辐射安全管理

护监测工作。

根据调查，志成机械已制定有 X 探伤室辐射安全监测计划，包括工作场所监测及个人剂量监测等，志成机械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，日常使用便携式 X- γ 剂量率仪，或委托有资质的单位定期对铅房周围环境（包括监督区）进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

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

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

(2) 工作场所外环境监测

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。

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

12.4 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。

志成机械已制定《辐射安全事故应急预案》，应急预案中包括应急组织指挥机构及职责、辐射事故分级、应急响应措施、后期处置、应急联系电话等，项

续表 12 辐射安全管理

目投运前拟根据本项目进一步完善辐射事故应急预案。

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

12.5 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 辐射安全管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
操作制度、应急流程、电离辐射警告标志张贴	按规范制度、张贴上墙	0.5
辐射防护与安全措施	门机联锁、灯机联锁、紧急停机按钮等	计入设备投资
	工作状态指示灯、摄像机及视频监视器	3.5
	个人剂量计	
防护监测设备	个人剂量报警仪、便携式 X-γ辐射剂量率仪等	4
	固定式场所辐射探测报警装置	
环保手续办理	环评、验收监测等	7
合计	/	15

12.6 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	建设内容	工业 CT1 台（型号 UX20，定向，固定式），最大电压≤225 kV，电流≤8mA。	不发生重大变更
2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等。	齐全
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案。	齐全

续表 12 辐射安全管理

4	铅房防护措施	①铅房内安装摄像头，监视器设在操作台旁； ②双开铅门设置门机连锁； ③铅房内、外均设声光警示灯。 ④铅房内、操作台上设急停按钮； ⑤铅房所在检测室外拟设置监督区标识及电离辐射警示标志； ⑥设置钥匙开关等多重安全连锁装置； ⑦铅房有足够的屏蔽防护能力，管线不得影响屏蔽防护效果。		符合相关要求
5	防护监测设备	每名辐射工作人员均配备个人剂量计，1台个人剂量报警仪，1台X-γ辐射剂量率仪。铅房配备1套固定式场所辐射探测报警装置。		个人剂量计按规定定期进行计量检定；定期对铅房屏蔽体外（包括监督区）进行剂量监测。
6	人员要求	配置符合要求的辐射工作人员，按照要求组织放射工作人员均经考核合格后上岗，按要求定期培训。		原环境保护部令第3号、第18号
7	电离辐射	年剂量管理目标限值	辐射工作人员≤5mSv/a； 公众成员≤0.1mSv/a。	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
		屏蔽体周围剂量当量率控制	铅房屏蔽体外30cm处周围剂量当量率≤2.5μSv/h。	

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为满足摩托车发动机缸头零配件质检需求，志成机械拟将重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号机加工联合厂房内原计量室改设为 CT 检测室，并在 CT 检测室内实施“新增工业 CT 探伤机项目”，主要建设内容包括 1 台工业 CT（II 类射线装置，型号为 UX20，单管头，定向，固定式，最大管电压 225kV，最大管电流 8mA，最大功率 1800W）。

项目总投资约 400 万，其中环保投资约 15 万。

13.1.2 产业政策符合性

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

13.1.3 实践正当性

工业 X 射线 CT 探伤检测设备的应用，对产品等工件的无损质量检验有其他技术无法替代的特点；项目拟使用工业 CT 探伤的目的是开展公司生产产品的无损质量检测分析，确保产品质量与安全。项目建设进一步提高公司生产摩托车发动机缸头零配件的无损探伤检测分析能力，对其产品质量保证可以起到十分重要的作用，具有明显的社会效益；同时也将为企业创造更大的经济效益提供保障。项目拟采取的辐射安全防护措施符合相关要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。

项目对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

13.1.4 辐射环境质量现状

本项目所在位置及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 91~94nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》，重庆市 2022 年环境 γ 辐射水平年均值范围为 78.0~119nGy/h，全市各点位年均值为 94.5nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，本项目所在地环境 γ 辐射剂

续表 13 结论及建议

量率均在重庆市 2022 年环境 γ 空气吸收剂量率正常涨落范围内。

13.1.5 选址可行性及布局合理性

本项目铅房拟位于机加工联合厂房西南侧 CT 检测室内，使用工业 CT 对摩托车发动机缸头零配件进行无损检测，运行过程中产生电离辐射影响；一体式铅房所在 CT 检测室四周拟为过道、检测室等，楼上楼下均无建筑；本项目所在区域相对独立，远离公众聚集区域，周围一般公众成员较少，且铅房六面体采用了自屏蔽防护措施，经过屏蔽后对周围环境辐射影响较小；根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

项目为固定式 X 射线探伤，拟设置工业 CT 探伤铅房和操作台，固定安装在机加工联合厂房 CT 检测室内，其中操作台、进样门及检修门共用，位于铅房前侧（西南侧），检修工作由设备厂家负责，避开了有用线束（西北侧）照射的方向。铅房所在区域布局单一，人流、物流路径清晰；铅房紧邻生产车间各生产线，各生产线工件可直接进行无损检测，铅房与机加工联合厂房内产品工艺流程相衔接。

因此，本项目选址可行、平面布局合理。

13.1.6 辐射防护与安全措施

（1）分区管理：建设单位对铅房进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区即为工业 CT 铅房内部，监督区为 CT 检测室除铅房以外的区域。

（2）设备具备的辐射防护与安全措施：本项目拟配置射线装置自带有多种固有安全性，包括开机自检、过电流保护、过电压保护、继电保护等；本项目拟配置辐射安全联锁装置（设施），包括操作台钥匙开关、门机联锁、急停按钮、高压接通时的外部报警指示装置和工作状态指示灯、电离辐射警告标志、视频监控系统等。

铅房前侧屏蔽体：8mmPb；铅房后侧屏蔽体：9mmPb；铅房左侧屏蔽体：15mmPb；铅房右侧屏蔽体：10mmPb；铅房顶棚屏蔽体：13mmPb；铅房底板屏蔽体：13mmPb；铅房铅门 8mmPb；并设置线缆进出口防护罩，以避免影响辐射屏蔽防护效果。

续表 13 结论及建议

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

综上所述, 本项目采取的辐射安全与防护措施符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 的相关要求。

13.1.7 环境影响分析结论

(1) 屏蔽体的辐射防护

本项目工业 CT 自带屏蔽铅房。根据核算, 在最大工况下, 屏蔽体厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 屏蔽防护的要求, 屏蔽体外关注点处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 剂量估算结果

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

(3) 环境保护目标影响

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

(4) “三废”影响

项目运行不产生放射性废水、放射性废气、放射性固废。少量的臭氧和氮氧化物在机械排风下能迅速排出和扩散, 不会对周围环境产生不利影响; 项目工作人员产生的生活污水依托厂区污水处理站处理后排入污水管网, 对环境影响较小; 生活垃圾依托建设单位生活垃圾收集系统收集后运至厂区生活垃圾暂存处, 统一交由环卫部门统一处理; 废 X 射线管交由有相关资质的单位回收并保管好

续表 13 结论及建议

回收手续，不会对环境产生不利影响。

(5) 事故风险

根据后果分析可知，事故情景下人员滞留在铅房内发生误照射，工作人员可能会出现中度急性放射病。在铅房屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，工作人员可能会出现重度急性放射病，达到发生确定性效应剂量阈值，发生随机性效应概率增加，甚至导致较为严重的辐射损伤，造成较大及以上级别辐射事故的发生。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，假若本项目发生事故，事故等级为：一般辐射事故。

建设单位通过定期检查工业 CT 的门机联锁装置的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作；定期进行仪器维护，并做好记录；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，培植辐射工作安全文化素养，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，落实监测频率，保证按照要求进行无损检测工作；制定检测室人员管理制度，进入检测室的钥匙由专人保管，禁止无关人员进入检测室等措施后，本项目风险可控。

13.1.8 辐射环境管理

志成机械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。

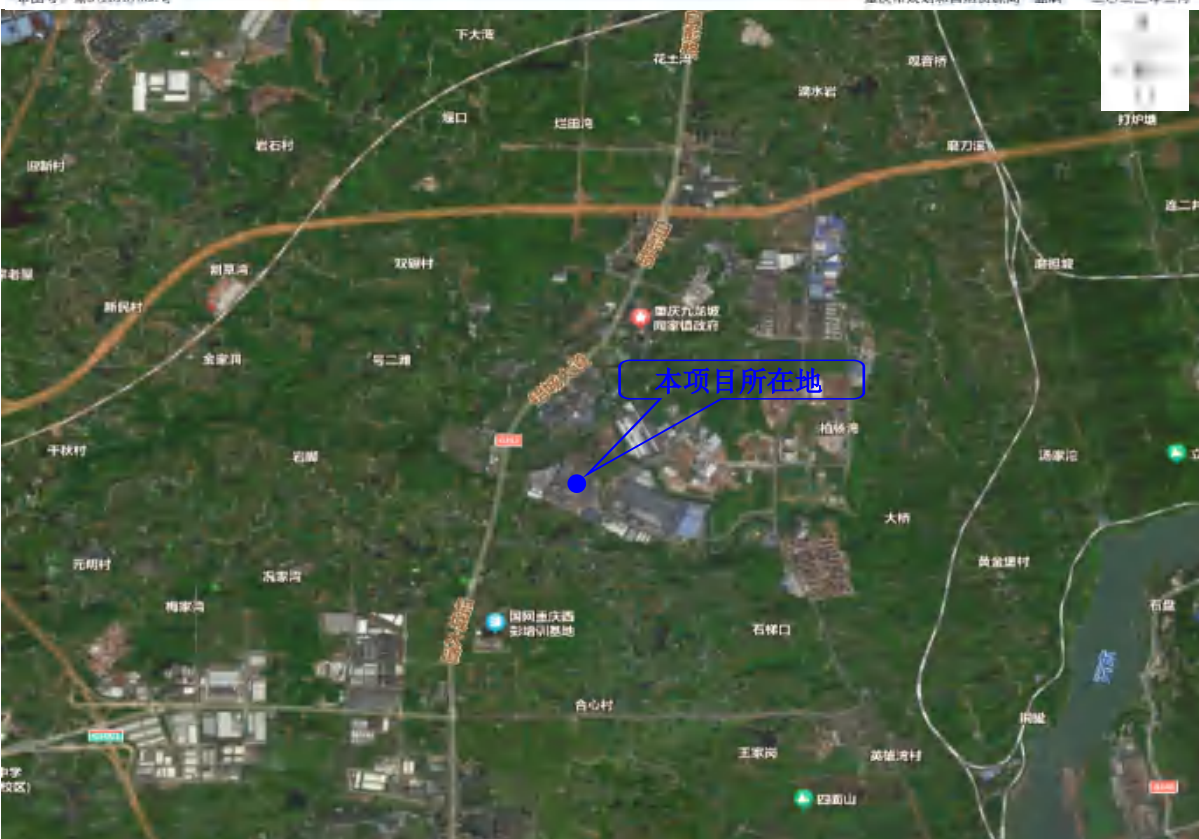
13.1.9 综合结论

综上所述，重庆志成机械有限公司新增工业 CT 探伤机项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”原则，选址和布局合理，辐射安全与防护措施可行。在完善相应的辐射防护与安全措施和环境管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。因此，从环境保护的角度来看，该建设项目是可行的。

附图

附图 1 本项目地理位置图

附图 2-1 本项目周围外环境示意图



附图1 本项目地理位置图



- 图例：**
- ：建设单位红线
 - ：探伤所在区域
 - ：50m评价范围线
 - ：污水处理厂
 - ：危险废物贮存场
 - ：生活垃圾暂存处

50m

附图2-1 本项目周围外环境示意图