

核技术利用建设项目
厦门海辰储能西南智能制造中心及
研发中心项目（一期）-工业 CT 部分
环境影响报告表

(公示版)

建设单位：重庆海辰储能科技有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2025 年 2 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
厦门海辰储能西南智能制造中心及
研发中心项目（一期）-工业 CT 部分
环境影响报告表

建设单位名称：重庆海辰储能科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：王鹏程

通讯地址：重庆市铜梁高新区产业大道 57 号重庆海辰储能科技有限公司

邮政编码：402560

联系人：唐清祥

电子邮箱：tangqx@hithium.com 联系电话：173*****2

表 1 项目基本情况

建设项目名称		厦门海辰储能西南智能制造中心及研发中心项目（一期）-工业 CT 部分				
建设单位		重庆海辰储能科技有限公司				
法人代表		王鹏程	联系人名称	唐清祥	联系人电话	173*****2
注册地址		重庆市铜梁区东城街道龙安大道 29 号科创中心				
项目建设地点		重庆市铜梁高新区产业大道 57 号重庆海辰储能科技有限公司凹版车间 1 层中部测试房 1				
立项审批部门		重庆市铜梁区发展和改革委员会		批准文号	2208-500151-04-01-275517	
建设项目总投资（万元）		280（工业 CT 部分）	项目环保投资（万元）	15	投资比例（环保投资/总投资）	5.36%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类		☐ III 类	
		☐ 销售	☐ II 类		☐ III 类	
		☒ 使用	☒ II 类		☐ III 类	
	其他	/				

1.1 建设单位简介

锂离子电池广泛应用于水力、火力、风力和太阳能电站等储能电源系统，邮电通讯的不间断电源，以及电动工具、电动自行车、电动摩托车、电动汽车、军事装备、航空航天、通讯等多个领域。随着能源的紧缺和世界的环保方面的压力。锂电被广泛应用于电动车行业，特别是磷酸铁锰锂材料电池、三元材料电池的出现，更推动了锂离子电池产业的发展和应用。厦门海辰储能科技股份有限公司（简称“海辰储能”）是一家专注于储能电池及系统研发、生产和销售的高新技术企业。海辰储能是行业领先的储能电池系统生产商，主营业务为磷酸铁锂电芯、模组及储能系统的研发、生产和销售，产品广泛应用于光电及风电电网储能、工商企业储能、基站配储、光储充电站等场景，并积极布局家用储能市场。

根据海辰储能产业布局发展规划，2022 年，海辰储能成立了重庆海辰储能科技有限公司（简称“重庆海辰”），海辰储能为公司总部，重庆海辰为西南地区分部。2022 年 5 月，“厦门海辰储能西南智能制造中心及研发中心项目”签约落户重庆市铜梁区，目前是我国西南地区单体产能最大的储能电池工厂，也是重庆首个储能整装项目，对完善重庆市工业体系，推进重庆市新能源产业高质量发展，助力实现“双碳”目标，推动产业转型升级具有重要意义。

重庆海辰储能科技有限公司成立于 2022 年 06 月 17 日，经营范围包括一般项目：电池制造，新兴能源技术研发，储能技术服务，新材料技术推广服务，新材料技术研发，新型膜材料制造，技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广，软件开发，5G 通信技术服务，电力设施器材制造，金属制品研发，通用零部件制造，金属链条及其他金属制品制造，货物进出口，技术进出口等。

目前，重庆海辰拟投资 130 亿元在重庆市铜梁区东城街道产业大道 57 号（产业大道 57 号、电力廊道东侧）地块建设“厦门海辰储能西南智能制造中心及研发中心项目”，主要生产锂离子电池及相关储能产品。根据建设单位发展规划，拟分两期实施，一期工程投资 70 亿元，主要生产锂离子电池产品。

续表 1 项目基本情况

1.2 项目由来

“厦门海辰储能西南智能制造中心及研发中心项目（一期）”项目建设内容主要为：电芯厂房 1、电芯厂房 2、凹版车间、模组厂房及储能装配车间、动力站、原料仓、NMP 罐区、电解液储罐区、电解液仓以及所有厂房的生产线和环保工程等。据现场调查，该项目电芯厂房 1 的整体厂房及所有生产线、凹版车间整体厂房以及底涂涂布生产线、动力站、原料仓、NMP 罐区、电解液储罐区、电解液仓和环保工程已建设完成并进行了自主验收，电芯厂房 2 整体厂房及所有生产线待建、模组厂房及储能装配车间整体厂房已建生产线在建、凹版车间 MIC 电芯生产线（本次新增 CT 检测电芯来源）在建。本项目为“厦门海辰储能西南智能制造中心及研发中心项目（一期）”项目的工业 CT 部分。

为了确保凹版车间 MIC 电芯生产线生产的电芯质量，本次拟在凹版车间 1F 测试房 1（预留用房）内配置 1 台 TSOL-CT225H 型 X 射线工业数字断层扫描设备（以下简称工业 CT，带有自屏蔽铅房），进行电芯的无损检测。

根据《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）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。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。本项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》

（2021 版）中的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”，使用Ⅱ类射线装置的项目应编制环境影响报告表。因此，本项目环境影响评价报告文件形式为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》，重庆宏伟环保工程有限公司接受了委托，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，并按照国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了该项目的环境影响报告表。

1.3 建设规模及工程内容

在高新区产业大道 57 号重庆海辰储能科技有限公司凹版车间 1 层预留的测试房 1

续表 1 项目基本情况

内配置 1 台工业 CT，用于对凹版车间内生产的电芯进行 X 射线无损检测。用房建筑面积约 32m²。

项目组成见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	设备	本项目拟购置 1 台工业 CT，II 类射线装置，设备共配置 1 个 X 射线球管，最大管电压 225kV、最大管电流 0.5mA。自带屏蔽铅房，进样门、CT 操作面板位于铅房正面（西北侧）；设备检修门位于铅房后侧（东南侧）。	拟购置
辅助工程	测试房 1	本项目工业 CT 拟安装在凹版车间 1F 预留的测试房 1 内（内空：6.0m×5.4m×3.6m），测试房 1 墙体采用彩钢夹芯板（金属包裹石棉），测试房 1 面积约 32m ² ，工业 CT 拟安装在房间东南侧，检测室西北侧设门（与走廊相通）。	预留用房
公用工程	供配电系统	项目位于研发中心厂区内部，用电来源于市政供电，厂区配电。	依托
	给水系统	工作人员生活用水依托厂区原有给水设施。	依托
	排水系统	工作人员生活污水依托厂区新建污水处理设施。	依托
环保工程	生活污水	本项目生活污水经厂区内部管道收集后接入厂区生活污水处理系统，设计处理规模为 800m ³ /d，处理达标后通过生活污水排放口（DW002）接入市政污水管网，最终排入蒲吕污水处理厂。	依托
	固废	项目工作人员生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。 设备报废后按照相关要求拆解去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。	危险废物交有资质单位处置
	废气	铅房通风：铅房顶部安装 2 个机械排风扇，排风量约为 60×2=120m ³ /h，通风次数约 16 次/h。 测试房 1 通风：测试房 1 顶棚设置 1 个排风口，房间内废气通过新建管道接入厂区废气处理管道预留口，最终引至凹版车间楼顶排放。	/
	辐射防护	工业 CT 自带屏蔽铅房，采用铅+钢板，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。	/
其他	工作人员	拟培养 2 名放射工作人员开展检测工作。	/

（2）项目工作场所建设情况

本项目拟购置工业 CT，其箱体采用铅板和钢板结构，安装在测试房 1 东南侧，进样门正对测试房 1 的进出口门，面对设备进样门右侧箱体为主射线方向。工业 CT 箱体屏蔽材料及厚度情况如下表 1-2 所示。

续表 1 项目基本情况

表 1-2 工业 CT 屏蔽防护材料及厚度表					
名称	尺寸	屏蔽体	总屏蔽厚度		
工业 CT 屏蔽箱体	设备铅房内尺寸： 长约 2.64m×宽 1.31m×高 2.16m； 设备外部尺寸： 长 3.25m×宽 1.65m×高 2.46m；	设备前侧（西北侧）	2mm 钢+15mm 铅+2mm 钢（主屏蔽带及其外 230mm 区域）/2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢（其他区域）		
		设备后侧（东南侧）	2mm 钢+15mm 铅+2mm 钢（主屏蔽带）/2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢（其他区域）		
		设备左侧（东北侧）	2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢		
		设备右侧（西南侧），为主射方向	2mm 钢+15mm 铅+2mm 钢		
		设备底部	2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢		
		设备顶部	2mm 钢+15mm 铅+2mm 钢（主屏蔽带及其外 290mm 区域）/2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢（其他区域）		
		线缆穿孔（不在主屏蔽带内）	2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢		
		进出风口（不在主屏蔽带内）	2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢		
		工件进样门	2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢		
		检修门（2 个）	主射方向：2mm 钢+15mm 铅+2mm 钢		
非主射方向：2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢					
备注：①工业 CT 箱体外部尺寸为整台设备最大尺寸，包括铅房外电气柜、设备下方支撑角（与地面的高度 0.11m）等。 ②本项目方位描述以进样门侧为前侧，检修门侧为后侧，主射线方向为右侧。 ③铅密度 11.34g/cm ³ ，钢密度 7.85g/cm ³ 。					
(3) 设备概况					
本项目设备清单见表 1-3。					
表 1-3 项目设备一览表					
序号	名称	数量	规格型号	用途	设备设施说明
1	离线双立柱 CT(工业 CT)	1 个	TSOL-CT225H	无损检测	II类射线装置，设备为固定式和定向型；射线管最大管电压 225kV，最大管电流 0.5mA，最大功率 10kW。

续表 1 项目基本情况

2	上料小车	4 台	/	运输工件、上料	入壳电芯和未入壳电芯上料各配置 2 台
3	便携式辐射检测仪	1 台	待定	监测工作场所防护	定期监测，按要求进行校验
4	排风扇	2 个	/	废气排放	设备自带，风量为 60m³/h×2（单个 60m³/h）
5	固定式剂量报警仪	1 台	待定	监测工作场所实时剂量	配备 1 个探头，拟安装在工业 CT 铅房内，显示屏位于测试房 1 内的操作计算机上。
6	个人剂量报警仪	1 台	待定	剂量报警	操作出束的放射工作人员随身携带

备注：工业 CT 详细结构及参数见表 9。

（4）探伤工件情况

本项目工业 CT 机无损检测工件为凹版车间内生产的电芯（分为未入壳和入壳两种），详见表 1-4。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工件类型	材质/组成	形状	尺寸
未入壳电芯	正极材料、负极材料、电解液、隔膜	长方形	长 644mm，宽 201.5mm，厚 33.4mm
入壳电芯	正极材料、负极材料、电解液、隔膜和外壳	长方形	长 580mm，宽 75mm，厚 216.2mm

（5）计划工作负荷

本项目工业 CT 检测对象为生产的电芯（抽测），根据建设单位提供的资料，未入壳电芯年曝光时长为 1022h，入壳电芯年曝光时长为 365h，具体见表 1-5。

表 1-5 检测工件的相关参数一览表

工件类型	单个曝光最大时间/次（min）	每天检测数量（个）	年曝光时长（h）
未入壳电芯	3.5	48	1022
入壳电芯	30	2	365
合计			1387

（6）工作制度和劳动定员

项目拟在公司内部调配 2 名工作人员从事本项目 X 射线无损检测工作（含检测工件在测试房 1 和铅房的运进和运出），不使用公司现有辐射工作人员。本项目具体人员待定，公司总劳动定员不变；公司年工作 365 天。设备的维修由设备厂家负责。

续表 1 项目基本情况

1.4 外环境概况

本项目用房位于铜梁区产业大道东侧凹版车间 1F，凹版车间四周相邻区域均为厂区内道路、绿化和厂区厂房等。

凹版车间外环境关系情况见表 1-6，四周分布情况见附图 2。

表 1-6 公司凹版车间外环境关系一览表

方位	外环境情况	最近距离	备注
西北	绿化、道路	紧邻	厂区内道路及绿化
	电芯厂房 1	约 15m	厂区内厂房 1F
东北	厂区道路和绿化	紧邻	厂区内道路及绿化
	二期预留用地	约 15m	厂区预留用地
东南	绿化、道路	紧邻	厂区内道路及绿化
	原料仓厂房	约 15m	厂区内厂房（1/4F）
	动力站厂房	约 15m	厂区内厂房（1/3F）
西南	绿化、道路	紧邻	厂区内道路及绿化
	NMP 罐区	约 15m	厂区内设施

1.5 选址可行性

本项目是利用 X 射线对测试对象（电芯）进行无损检测，确保其质量。项目不涉及生物、化学实验，不进行生产。

本项目位于重庆市铜梁区东城街道产业大道57号，属于重庆铜梁高新技术产业开发区中的蒲吕片区，根据《重庆铜梁高新区铜梁片区及全蒲片区规划环境影响跟踪评价报告书》及其审查意见（渝环函〔2019〕94 号）、《重庆市铜梁区规划局关于铜梁高新技术产业开发区范围及面积的说明》、《铜梁区工业发展规划（2017-2025）》等相关规划可知，蒲吕片区产业定位为发展电子信息、装备制造、新材料、适当发展大健康等产业，“厦门海辰储能西南智能制造中心及研发中心项目（一期）”为电芯生产，符合发展电子信息的产业定位，本项目为厦门海辰储能西南智能制造中心及研发中心项目（一期）的工业CT部分，主要用于凹版车间生产的电芯检测服务，与区域发展定位不冲突，符合相关准入要求。

本项目工业 CT 拟安装在制造中心及研发中心凹版车间 1F 中部预留的测试房 1 内，凹版车间为 1/3F 建筑，无地下室。测试房 1 上方为 2F 架空区和 3F 的厂房（现状为空房间），四周相邻区域分别为走廊、测试房 2、打包区（含风淋室）等。工业 CT 固定安装在测试房 1 内，内部无其他人员活动，有利于辐射防护。本项目检测工件来源为凹

续表 1 项目基本情况

版车间，均位于本项目附近，便于检测工作开展。根据辐射环境监测结果，本项目所在区域环境γ辐射剂量率在重庆市整体辐射水平的正常涨落范围内。因此，项目整体选址可行。

1.6 与项目有关的环境保护问题

1.6.1 项目相关环保手续情况

本项目用房位于重庆海辰储能科技有限公司制造中心及研发中心凹版车间内，凹版车间属于一期建设内容。厦门海辰储能西南智能制造中心及研发中心项目(一期)于 2024 年 9 月取得了重庆市铜梁区生态环境局下发的建设环境影响评价文件批准书：渝（铜）环准[2024]59 号。

该项目已取得重庆市铜梁区发展和改革委员会下发的投资项目备案证（项目代码：2208-500151-04-01-275517）。

1.6.2 公司现有核技术利用情况

（1）现有核技术利用项目及辐射安全许可情况

重庆海辰储能科技有限公司注册地址为重庆市铜梁区东城街道龙安大道 29 号科创中心。重庆海辰使用 V 类放射源 Kr-85，配置了 1 台在线 X 射线检测仪、4 台离线 X 射线检测仪和 1 台 X 荧光光谱仪，放射源用于电芯厂房 1、凹版车间阳极涂布线，在线 X 射线检测仪用于电芯厂房 1 装配车间，离线 X 射线检测仪用于电芯厂房 1 装配区测量房，X 荧光光谱仪用于原料仓 RoHS 检测室。重庆海辰已办理了辐射安全许可证，证号为：渝环（辐）证 10078 号，有效期至 2028 年 7 月 6 日，开展的核技术利用项目为：使用 V 类放射源、使用 III 类射线装置。现有核技术利用项目情况见表 1-7。

表 1-7.1 建设单位现有射线装置情况一览表

装置名称	设备型号	类别	场所
在线 X-ray 装置	XG5200A	III	电芯厂房 1-1F 装配车间
离线 X-ray 装置	AX8200B	III	电芯厂房 1-1F 装配区测量房
X 荧光光谱仪	EDX2800B	III	原料仓 RoHS 检测室

表 1-7.2 建设单位现有放射源情况一览表

放射源	用途	类别	总活度(贝可)/ 活度（贝可）×枚数	场所
Kr-85	测厚仪	V 类	1.11E+10×1	凹版车间 1F 阳极 Demo 拉线
			1.85E+10×4	

续表 1 项目基本情况

Kr-85	测厚仪	V 类	1.11E+10×10 1.85E+10×24	电芯厂房 1-1F 阳极涂布车间
(2) 辐射安全管理情况 根据调查,重庆海辰目前从事辐射工作的工作人员共29人,其中16人参加了辐射安全与防护培训,并考核合格,做到持证上岗,13人参加公司自主考核并通过考试,均到有放射工作人员体检资质的单位进行职业健康体检,体检合格。根据调查,公司所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计,每3个月将个人剂量计交有资质单位进行检测,并建立了个人健康档案。根据公司最近4个季度个人剂量监测报告,公司现有辐射工作人员年受照剂量均低于5mSv且单个季度最高未超过1.25mSv。 公司按照要求每年对现有核技术利用项目进行监测,根据公司提供的资料,各射线装置工作场所监测结果满足评价标准要求。 重庆海辰成立有辐射防护管理机构,制定了相应的管理制度和应急预案,并张贴上墙。 (3) 小结 根据上述调查,公司核技术利用项目运行至今,无辐射安全事故发生,运行总体良好,无环保遗留问题。				
1.7 依托可行性 项目依托可行性分析见表 1-8。				
表 1-8 项目与公司厂区依托可行性分析				
依托工程	依托情况	可行性分析		结论
辅助工程	依托测试房 1	本项目为工业 CT,拟安装在凹版车间 1F 预留的测试房 1 内,不新增用地,不新增建筑面积。 该设备只在该预留用房内使用,满足设备运行和无损检测工作的开展。		可行
公用工程	供电、供水等公用工程依托厂区设施	本项目供电、供水设施依托厂区公用设施。厂区为市政供电,市政管网供水。因此,项目依托厂区现有的公用设施可行。		可行
环保工程	依托厂区生活污水处理设施	项目工作人员依托厂区内生活设施,生活污水单独收集后接入厂区生活污水处理系统,设计处理规模为 800m ³ /d,进行处理后排入市政管网。本项目不产生生产废水,辐射工作人员由公司劳动定员内部调配,不新增工作人员总数,工作人员产生的生活污水依托原有设施处理可行。		可行
	一般固废	工作人员产生的生活垃圾依托厂区现有生活垃圾处置		可行

续表 1 项目基本情况

		设施处置，本项目不新增工作人员数量，依托可行。	
	危险废物	设备报废后按照相关要求拆解去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。 本项目危险废物暂存于厂区已建的危废贮存仓内，废物间按照危废储存用房要求进行管理，依托该存放用房可行。	可行
管理	辐射环境管理	重庆海辰已经建立了辐射防护管理机构，设置了专人负责管理公司辐射防护工作，公司现有使用射线装置不包括工业 CT，本项目依托公司原有管理体系，并拟在项目运行前根据设备情况制定操作规程。依托管理体系可行。	可行

由表 1-7 可知，本项目辅助工程、公用工程、环保工程、辐射环境管理均可依托厂区公用设施。

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	TSOL-CT225H	225	0.5	无损检测	重庆海辰凹版车间 1F 测试房 1	拟购
以下空白。									

(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
臭氧、氮氧化物	/	/	/	/	/	/	/	凹版车间楼顶排放
生活污水	/	/	/	/	/	/	/	生化池处理后排入市政污水管网
生活垃圾	/	/	/	/	/	/	厂区生活垃圾暂存点	环卫部门统一处置
报废的工业CT	/	/	/	/	/	/	/	设备报废后按照相关要求拆解去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修正； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版； (5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行）； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行；国务院令第 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； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日第四次修正实施； (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； (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； (10) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日施行修订版； (11) 《重庆市辐射污染防治办法》重庆市人民政府令第 338 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行； (12) 《国家危险废物名录》，自 2025 年 1 月 1 日起施行； (13) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2024 年 2 月 1 日起施行。
------	--

续表 6 评价依据

技术标准	(1) 《建设项目环境影响技术导则 总纲》(HJ2.1—2016)； (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1—2016)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)； (4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—2022)； (5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250—2014) 及 2017 年修改单； (6) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)； (7) 《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)； (8) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)； (9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (10) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2008)。 (11) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (12) 《环境γ辐射剂量率监测技术规范》(HJ1157-2021)。
其他	(1) 委托书，附件 1； (2) 项目投资备案证，附件 2； (3) 《厦门海辰储能西南智能制造中心及研发中心项目（一期）》环境影响报告表及其批准书，批准书见附件 3； (4) 公司辐射安全许可证，附件 4 (5) 项目辐射环境监测报告，附件 5； (6) 项目设计等相关资料； (7) 《重庆铜梁高新区铜梁片区及全蒲片区控制性详细规划》(2017 年修编)； (8) 《重庆铜梁高新区铜梁片区及全蒲片区规划环境影响跟踪评价报告书》的审查意见的函（渝环函〔2019〕94 号）； (9) ICRP33、《辐射防护导论》等参考文献。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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）的相关规定，并结合该项目射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以该项目设备箱体边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 环境保护目标

本项目设备为工业 CT，拟安装在凹版车间 1F 中部预留的测试房 1 内。凹版车间为 1/3F，无地下室。

本项目评价范围 50m 范围环境保护目标均在厂区内，统计见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方位	水平距离	高差	环境特征及主要影响人群
1	测试房 1	工业 CT 四周相邻区域（西北侧约 0~3.6m，西南侧约 0~1m，东南侧约 0~0.8m，东北侧约 0~1.1m）		平层	工业 CT 所在房间，辐射工作人员，约 2 人
2	走廊	西北侧	约 3.6~9m	平层	凹版车间内区域，公众成员，约 5 人
	焊接区		约 9~23m	平层	凹版车间内区域，公众成员，约 10 人
3	其他生产线及通道等	东南侧	约 23~50m	平层	凹版车间内区域，公众成员，约 20 人
4	走廊	西南侧	约 1~9m	平层	凹版车间内区域，公众成员，约 5 人
5	装配段		约 9~50m	平层	凹版车间内区域，公众成员，约 5 人
6	走廊	南侧	约 1~7m	平层	凹版车间内区域，公众成员，约 5 人
7	拆包间、存放间		约 7~40m	平层	凹版车间内区域，公众成员，约 20 人
8	室外道路和绿化	东南侧	约 40~50m	平层	厂区内（凹版车间外）道路和绿化，公众成员，约 5 人
9	打包区（含风淋室）		约 0.8~26m	平层	厂区内（凹版车间外）道路和绿化，公众成员，约 5 人
10	室外道路和绿化		约 26~43m	平层	厂区其他厂房，公众成员，约 20 人
11	动力站房		约 43~50m	平层	厂区其他厂房 1/3F，公众成员，约 20 人
12	测试房 2 及其他辅助用房	东北侧	约 1.1~50m	平层	厂区其他厂房，公众成员，约 20 人
13	3F 预留用房	楼上	正对上方(高于铅房 12.65m)	楼上	凹版车间 3F 区域，公众成员，约 2 人

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)

该标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。适用于使用 600 kV 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。

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下,距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1(本报告表 7-2)的要求,在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压, kV	漏射线所致周围剂量当量率, mSv/h
150~200	<2.5
>200	<5

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足:

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

周，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

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。

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

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

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 条 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 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，当它们的屏蔽厚度相差一个什值厚度 (TVL) 或更大时，采用其中较厚的屏蔽，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)。

(5) 评价标准及相关参数值

①年剂量约束值

根据建设单位提供的资料，本项目取 GB18871-2002 中工作人员职业照射剂量限值四分之一即 5mSv/a 作为辐射工作人员的年有效剂量管理目标值，取公众照射剂量限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众成员的年有效剂量管理目标值，满足 GB18871-2002 的规定。

②设备屏蔽体外控制水平核算

上述标准中《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对探伤室屏蔽体外周围剂量当量率参考控制水平有规定，本评价按照其相关要求保守计算屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算如下：

A:居留因子

根据 GBZ/T250-2014 附录 A，不同场所的居留因子选取如表 7-3 所示。

表 7-3 不同场所的居留因子

场所	居留因子	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
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

备注：后文计算中的居留因子参照本表取值，后文不再提及。

B:设备屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算

本项目工业CT每年检测未入壳电芯单次曝光时长为3.5min，一周检测336个，曝光时长为19.6h，入壳电芯单次曝光时长为30min，一周检测14个，曝光时长为7h，共计周曝光时长26.6h。

设备屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算结果见表7-4，导出剂量率参考控制水平按照GBZ/T250-2014条款3的计算要求进行。

关注点剂量率控制水平计算公式：

$$H_{c,d}=H_c/(t.U.T)$$

H_c —周剂量参考控制水平（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）

t —探伤装置周照射时间，h

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子，本项目取1

T —人员在相应关注点驻留的居留因子

表 7-4 剂量率控制水平核算表 单位: $\mu\text{Sv/h}$

铅房-测试房 1 内									备注	最终剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)
屏蔽体外关注点/方向	U	T	t	H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	$H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	本项目剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	源点与设备表面 30cm 的距离 (m)	/	
右侧-主	1	1	26.6	100	3.8	2.5	2.5	2.06	/	
左侧	1	1	26.6	100	3.8	2.5	2.5	1.79	/	
前侧	1	1	26.6	100	3.8	2.5	2.5	1.18	/	
后侧	1	1	26.6	100	3.8	2.5	2.5	1.03	最严格	右侧: 0.36 左侧: 1.82 前侧: 0.38
顶棚	1	1	26.6	100	3.8	2.5	2.5	0.91	最严格	后侧、顶棚、底板: 2.5
铅房-测试房 1 外保护目标处										
屏蔽体外关注点/方向	U	T	t	H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	保护目标处核算剂量率	设备表面与考察点的距离	源点与考察点的距离	校核到铅房表面 30cm 处的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	/	
右侧-主	1	1	26.6	5	0.2	1.1	2.86	0.36	最严格	
左侧	1	0.2	26.6	5	0.9	1	2.49	1.82	最严格	
前侧	1	1	26.6	5	0.2	0.8	1.68	0.38	最严格	
后侧	1	0.2	26.6	5	0.9	3.55	4.28	16.23	/	
顶棚	1	1	26.6	5	0.2	12.65	13.26	39.91	/	

注: ①考虑厂房远期使用情况, 预留房间居留因子取最大 1;

②经过效核, 左侧和后侧更远处的剂量率核算结果大于上表核算值。

③项目剂量限值与污染物排放指标

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 7-5 所示。

表 7-5 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 公司管理要求
2	设备性能要求	距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率：<5mSv/h（管电压>200kV）	GBZ117-2022
3	设备屏蔽箱体 外剂量要求	工业 CT 屏蔽箱体外 30cm 处周围剂量当量率应满足：右侧≤0.36μSv/h，左侧≤1.82μSv/h，前侧≤0.38μSv/h，后侧、顶棚、底板≤2.5μSv/h。	GBZ117—2022 GBZ/T250—2014
4	通风要求	有效通风换气次数应不小于 3 次/h	GBZ117—2022

表 8 环境质量现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于重庆市铜梁高新区产业大道 57 号重庆海辰储能科技有限公司凹版车间 1 层。项目地理位置见附图 1，项目场所位置见附图 3，场址现状及周围环境现状情况见附图 7。

8.2 辐射环境现状评价

本项目工业 CT 拟安装在预留用房内，因此对项目用房及周边环境的辐射环境背景水平进行了监测，监测时间为 2024 年 12 月 20 日，监测结果和监测布点见监测报告：渝辐（监）[2024]1271 号。

8.2.1 监测因子

环境γ辐射剂量率。

8.2.2 监测方案

（1）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

（2）监测点位选取

本项目工作场所利用现有预留用房，项目评价范围内无其他核技术利用项目。根据现场情况，共设置 7 个监测点位，在拟建址及四周、上方、所在车间外厂内道路均进行了布点，布点时考虑了项目用房和周围相邻区域，并在最近公众长时间驻留区域布点，本次监测布点能够反映本项目涉及工作场所的辐射环境背景水平。

监测布点图见图 8-1。

续表 8 环境质量现状

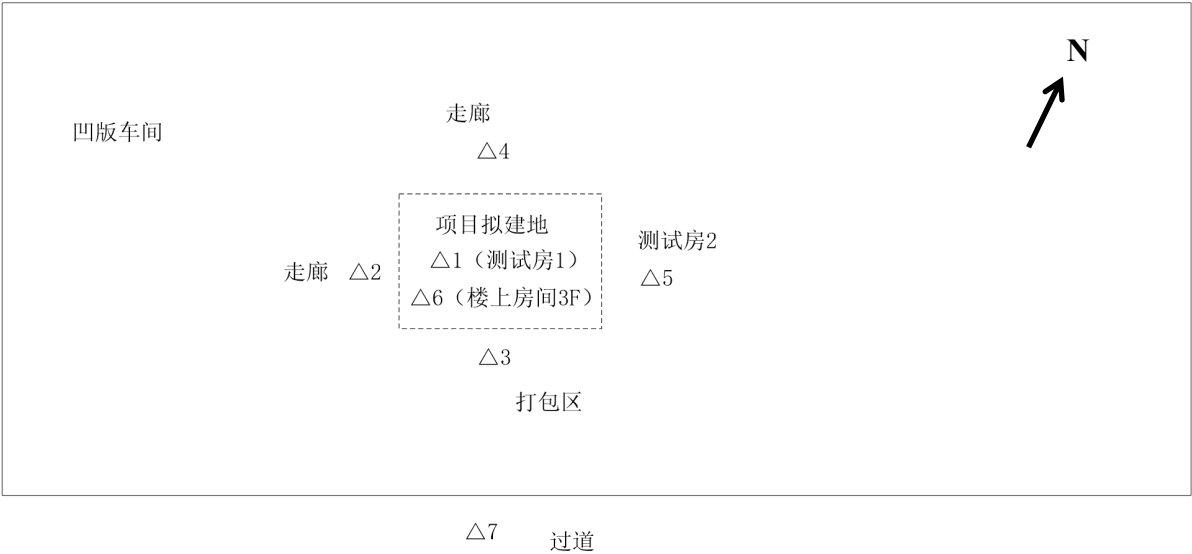


图 8-1 监测点示意图

(3) 测定方式

本项目选取的测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

8.3 质量保证措施

8.3.1 监测仪器

监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器及检定情况

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
环境监测 X、γ剂量率仪	RGM5200	1222203004005	2024112106273	2025.12.2	1.12

8.3.2 监测人员及报告审核制度

监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核、审定，最后由授权签字人签发。

8.4 监测结果

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 项目所在区域辐射环境监测结果统计

监测点位	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率测量值 ($\mu\text{Gy/h}$)
$\Delta 1$	项目拟建地（测试房 1）	0.082
$\Delta 2$	项目拟建地西南侧走廊	0.083
$\Delta 3$	项目拟建地东南侧打包区	0.072
$\Delta 4$	项目拟建地西北侧走廊	0.075
$\Delta 5$	项目拟建地东北侧测试房 2	0.077
$\Delta 6$	项目拟建地楼上房间 3F	0.075
$\Delta 7$	凹版车间西南侧过道	0.085

根据监测统计结果可知，拟建项目所在位置环境 γ 剂量率的监测值在 $72\text{nGy/h} \sim 85\text{nGy/h}$ 之间（未扣除宇宙射线响应值），根据《2023年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版），2023年重庆市X- γ 辐射累积剂量监测结果，累积剂量测得的 γ 辐射空气吸收剂量率年均值为 $76.8 \sim 93.3\text{nGy/h}$ 之间（未扣除宇宙射线响应值）。因此，项目所在场址及邻近环境的环境 γ 辐射剂量率与重庆市2023年环境 γ 辐射剂量率相比，在其正常涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺流程及产污环节

本项目拟直接购置整体式工业 CT 设备，放置在研发中心凹版车间 1F 预留的测试房 1 内，设备拟安装场所已建设完成，本项目施工期主要为工业 CT 及各类防护设施的安装（工业 CT 为成套设备的组装，不需要现场焊接）及调试。整个施工过程基本由人工完成，不使用大型机械。产生的废弃物主要为设备外包装、安装人员生活垃圾和生活污水等，包装垃圾和生活垃圾均统一收集后由当地环卫部门集中处置，生活污水由厂区内已建污水处理设施处理后排入市政管网。调试过程的影响因子主要为电离辐射，与营运期一致，其影响和污染防治措施参考营运期内容。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成

项目拟配置 1 台工业 CT 机，为 II 类射线装置，设备组成为 X 射线系统、数字成像系统、高精密度数控样品扫描转台、图像处理系统、控制系统、视频监控系统、辐射报警系统与防护设施等同时搭配自动上料系统。设备具体情况见表 9-1 所示。

表 9-1 设备情况表

类别	主要技术参数	指标
X 射线系统		
射线源与探测器	射线源最高管电压	225kV
	射线源最高管电流	0.5mA
	射线源最大功率	10kw
	射线辐射角度	垂直方向 44°/ 水平方向 67°
	射线源焦点尺寸	7~150μm
	射线源焦距	200~700mm
	射线源与探测器升降运动行程	690mm
	探测器在水平面内沿平行中心射线束方向（转台 X 轴），平移（放大）运动行程	500-1200mm
	探测器在水平面内沿垂直中心射线束方向（转台 Y 轴），平移（放大）运动行程	250mm
过滤板	材质和厚度	0.5mmAl
数字成像系统		
平板探测器	探测器像素尺寸	0.139mm
	探测器有效面积	43 cm（宽度）× 43 cm（高度）
	探测器类型	非晶硅面阵列探测器

表 9 项目工程分析与源项

	A/D转换位数	16bit
	接收能量范围	最高达到450 kV
系统驱动软件	型号/规格	idetector
电源线、网卡	型号/规格	/
光纤线	型号/规格	15m
组件电缆	型号/规格	10m
高精密度数控样品扫描转台		
定位精度	型号/规格	优于0.05°
夹持方式	型号/规格	自动夹持
转台旋转范围	型号/规格	360°连续旋转
承重	型号/规格	不低于50kg
材料	型号/规格	耐腐蚀材料
检测机构	轴数量	10轴
	转台在水平面内沿平行中心射线束方向（转台X轴），平移（放大）运动行程	0-800mm
	转台在水平面内沿垂直中心射线束方向（转台Y轴），平移（放大）运动行程	250mm
图像处理系统		
图像处理器	图像处理主机	台式计算机
控制系统		
①设备设有操作面板、总配电柜、控制软件等； ②检测机构的各个运动轴均实时显示其运动状态、技术参数和位置，并具备防碰撞措施； ③设备冷却方式：风冷。		
视频监控系统		
铅房内配置1个监视器，摄像头采用自动变焦，像素不低于200万，可进行局部放大操作。		
辐射报警系统与防护设施		
辐射监测报警系统	在铅房内部配置1套监测探头和报警灯，用于显示当前剂量水平和状态。	
辐射防护设施	①设备铅房采用铅+钢屏蔽（详见表 1-2） ②配置门机联锁等安全联锁装置 ③配置工作状态指示灯、警示灯、电离辐射警告标志、急停装置等	

本项目设备示意图见图 9-1~图 9-5。

表 9 项目工程分析与源项

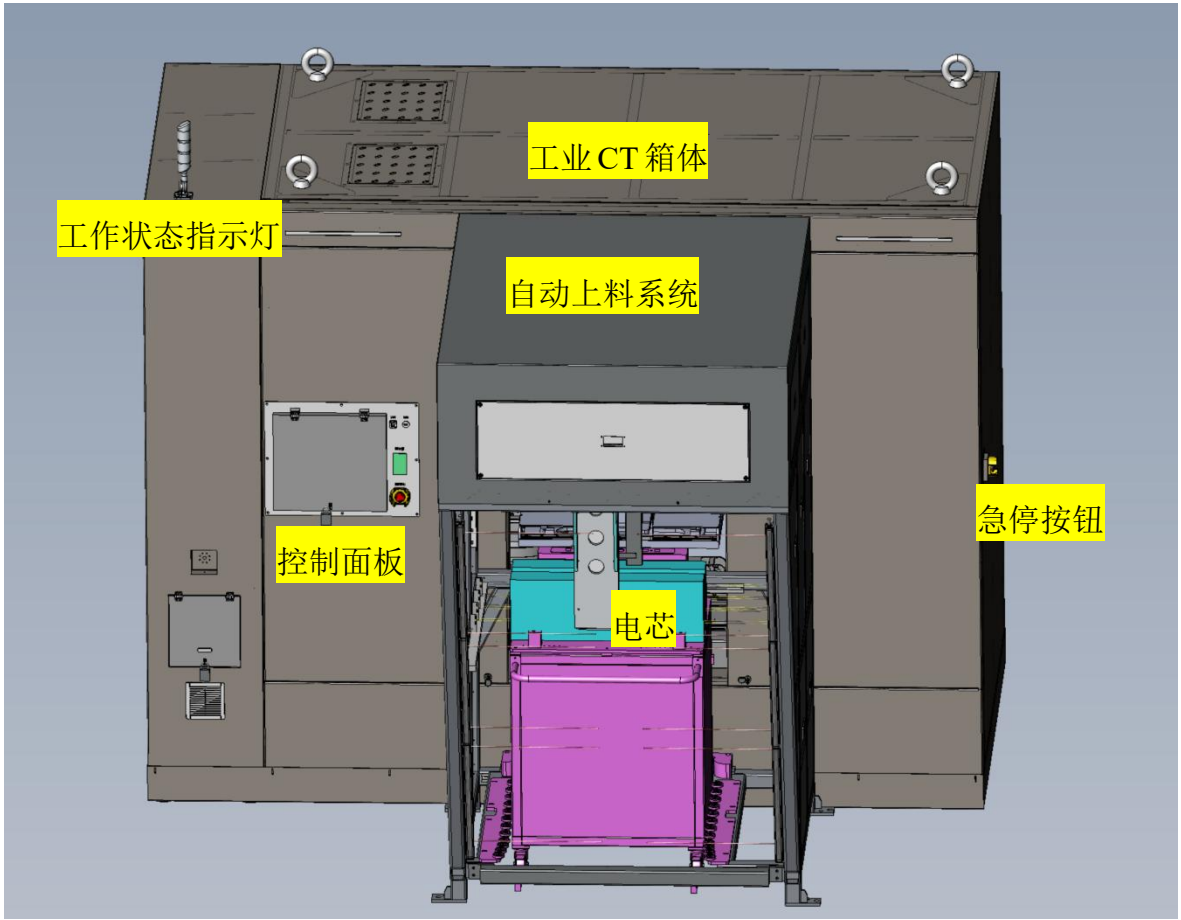


图 9-1 设备整体外观示意图

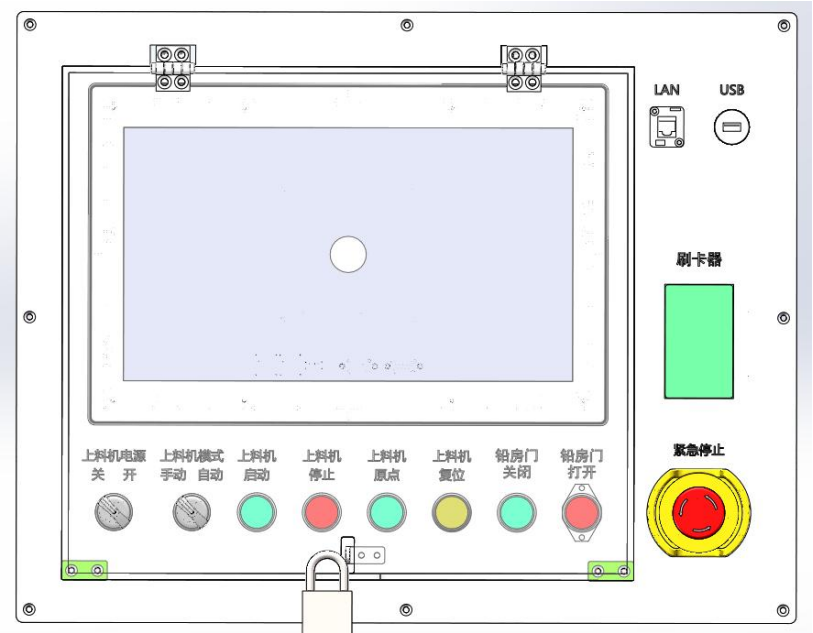


图 9-2 工业 CT 控制面板功能示意图

表 9 项目工程分析与源项

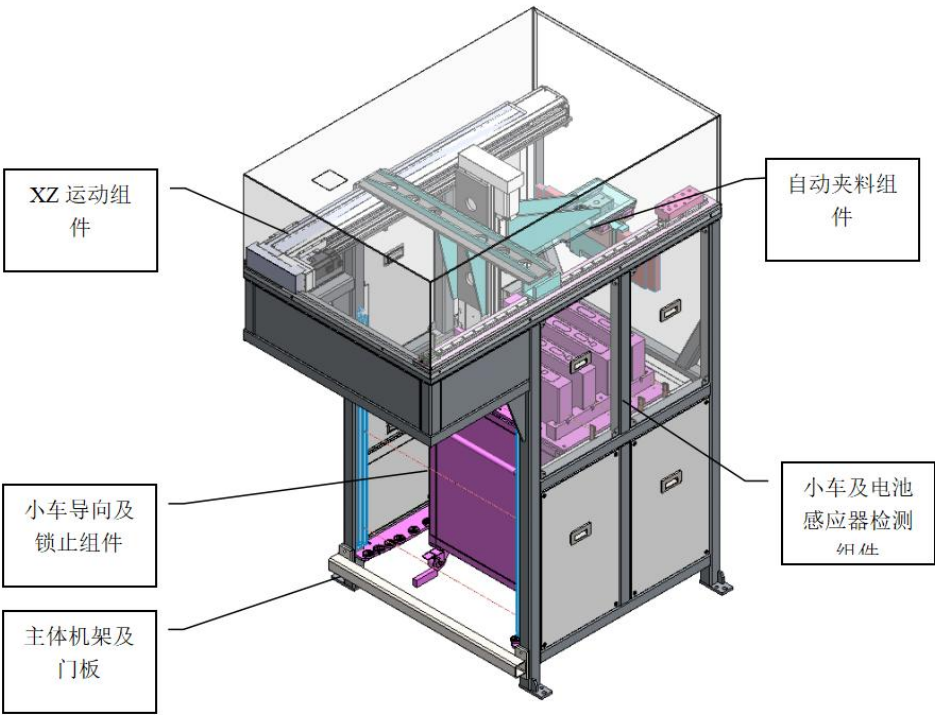


图 9-3 自动上料系统设备外观示意图

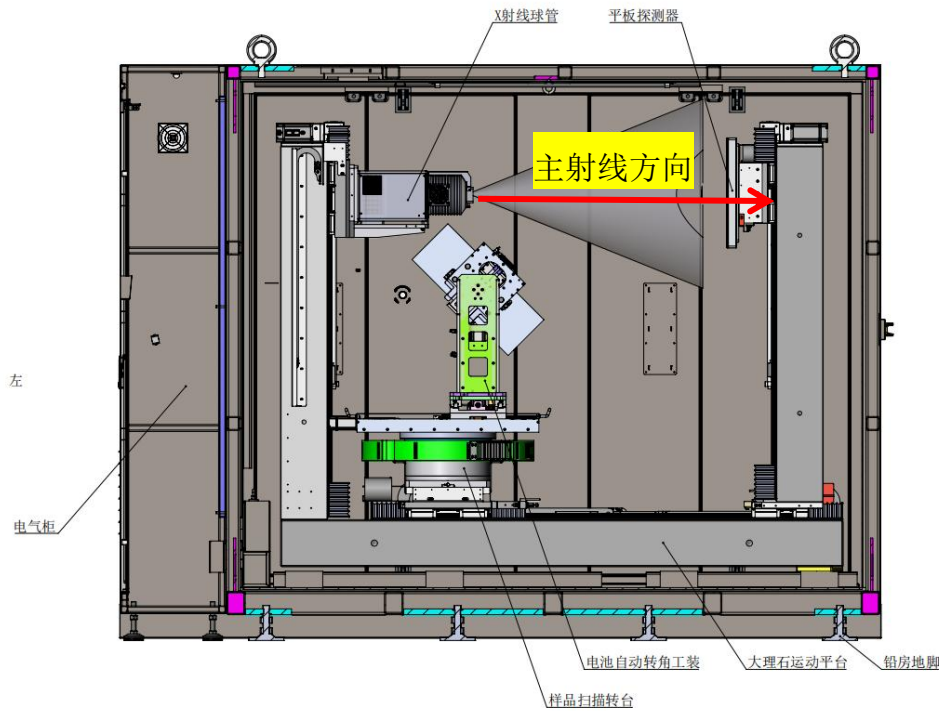
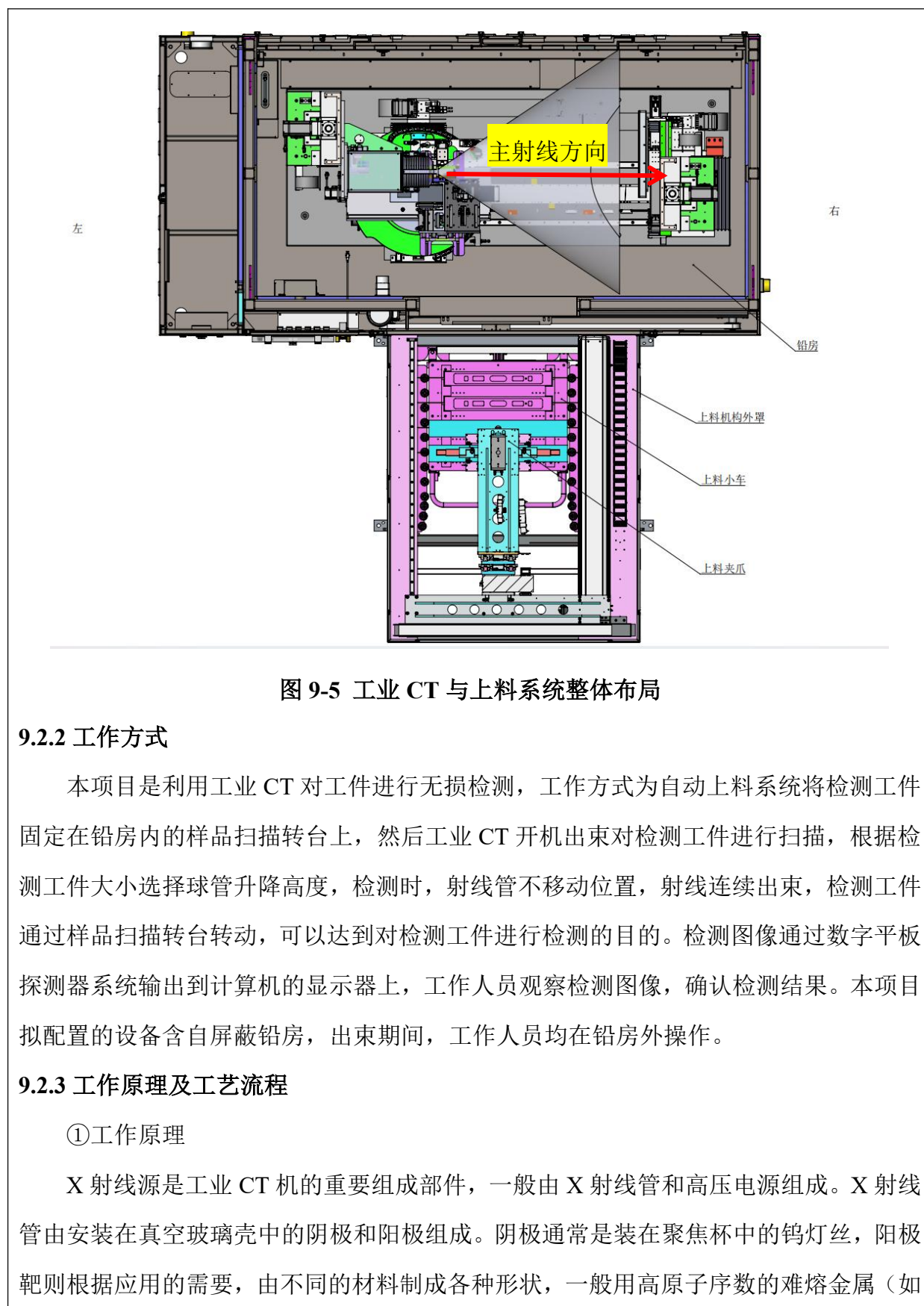


图 9-4 工业 CT 机内部整体布局

表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

钨、铂、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，X 射线管两极间的高压使电子束向阳极靶射击，高速电子轰击靶体产生 X 射线。工业 CT 设备系统组成见图 9-6 ， X 射线源组成图见图 9-7。

本项目工业 CT 利用 X 射线源提供 X 射线，根据 X 射线透过工件的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的计算机扫描图像重建。高精度数控样品扫描转台实现扫描时工件的旋转或平移；探测器系统用来接收穿过工件的射线信号，经放大和模数转换后传入计算机；计算机系统包括软件和硬件，主要进行图像采集和三维重建，从而获得物体内部结构信息；安全防护屏蔽室用于射线安全防护。工业 CT 机工作原理见图 9-8。

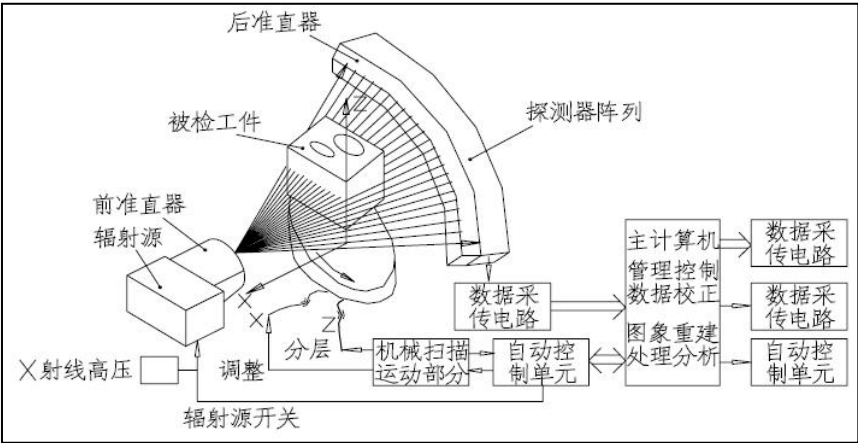


图 9-6 工业 CT 设备系统组成图

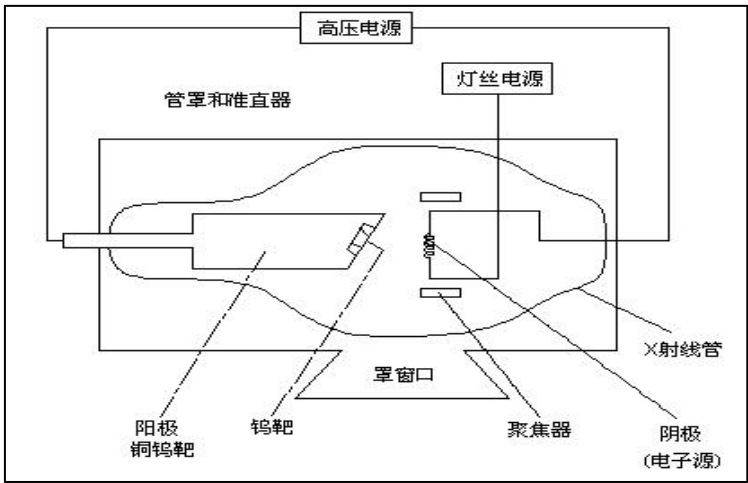


图 9-7 X 射线源组成图

续表 9 项目工程分析与源项

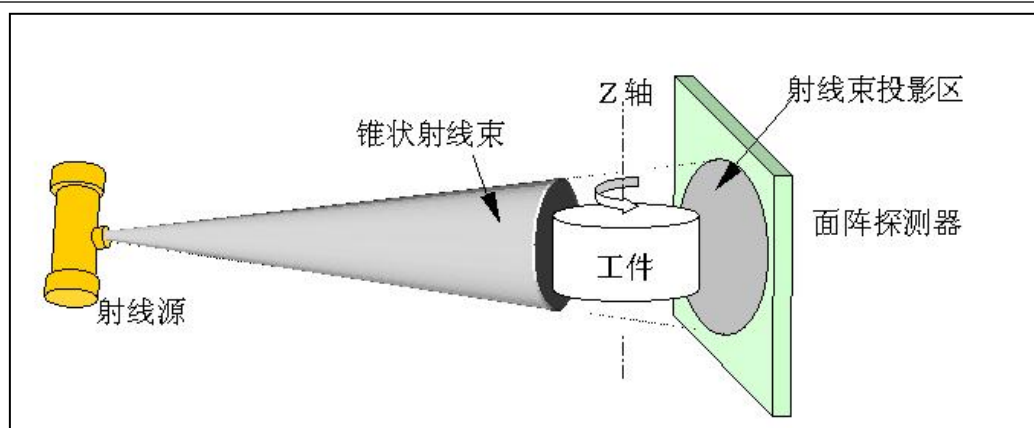


图 9-8 工业 CT 机结构工作原理简图

②工艺流程

工艺流程主要如下图 9-9 所示。

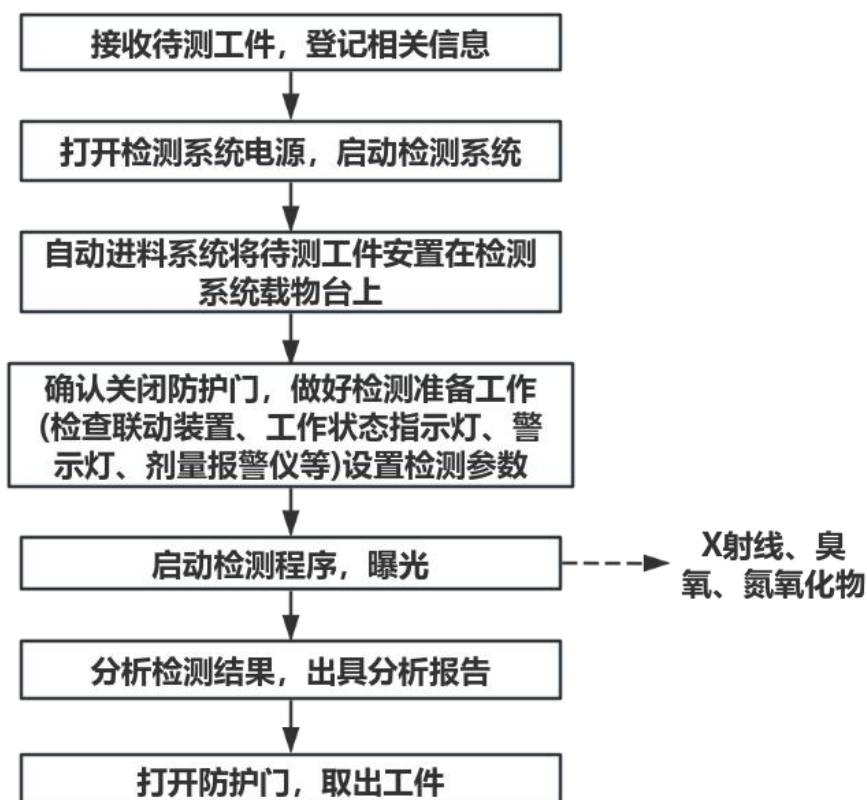


图 9-9 检测工艺流程图

续表 9 项目工程分析与源项

本项目上下料均为自动上料系统操作,共配置 4 台上料小车(入壳和未入壳各 2 台),系统内一个,其他几个轮流替换使用。

工艺流程概述主要如下:

(1) 工作人员进入测试房 1 后需先检查计算机设备和工业 CT、辐射安全防护设施是否正常,确认无误准备操作后开启测试房 1 门口的警示灯(亮红色)。

(2) 放射工作人员首先用上料小车从电芯生产厂房取出需要检测的电芯从车间走廊送入测试房 1 内(其他人员一般不进入测试房 1 内),工作人员进入测试房 1,启动主机电源及计算机电源开关,双击计算机操作面上的 CT 扫描图标,进入 CT 扫描工作主画面。

(3) 操作人员在 CT 扫描工作主画面下,单击控制面板上电源开关按钮,即可打开动力电源。此时系统将自动进行自检,若自检正常,则操作系统的指示灯变绿。自检完成后操作流程如下:

1) 在开始检验之前操作人员先在将待检测工件安放在自动进料装置的小车上(一次最多放置 4 块电芯),将上料小车推入自动上料系统中(与进样门相连,进样门与自动上料系统联锁),准备完毕后进样门会自动开启,待测电芯通过自动上料系统内的机械臂送到铅房内的样品扫描转台上准备进行检测,机械臂撤出后进样门自动关闭。

2) 工作人员根据工件的尺寸自动调用数据库里预先设置好的参数组合进行检测;确认进样门关闭后,点击扫描,则启动 X 射线发生装置;

3) 工件通过样品扫描转台转动进行检测,检测完成后结束出束;

4) 显示器输出结果,并显示图像;

5) 判断级别(合格或不合格);

6) 检测到设备射线停止出束后,进样门会自动开启,自动上料系统的机械臂将已经检测的工件取出;同时,将下一个待检测工件放置到铅房内的样品扫描转台上,准备下一个检测过程;

7) 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

9.3 工作场所人员、物品路径情况

本项目为工业 CT，设备安装在测试房 1 内，工作人员在设备旁操作。

工作人员路径：设备操作人员通过西北侧走廊与测试房 1 之间的门进入检测室内，然后在计算机处操作设备。

工件运输路径：检测对象主要为车间内生产的电芯，没有大型工件。工件由西北侧走廊与测试房 1 之间的门运入测试房 1 内，然后工作人员通过测试房 1 内的上料小车将工件放入工业 CT 内部进行检测，检测结束，原路退回。

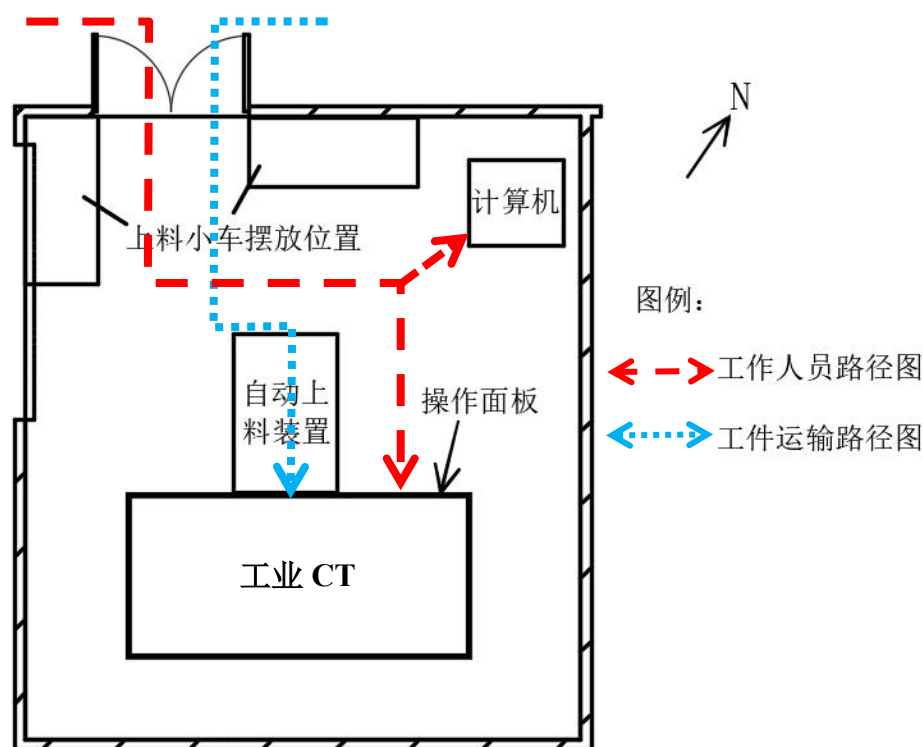


图 9-10 工作场所路径示意图

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设备曝光时的 X 射线、废气（臭氧、氮氧化物）等。

9.4.1 电离辐射

由工业 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

续表 9 项目工程分析与源项

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 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。本项目工业 CT 机为 225kV 射线源，根据厂家提供资料，本项目过滤条件为 0.5mm 铝。根据 ICRP33 图 2，225kV 射线源距靶 1m 处主射束在 0.5mm 铝的过滤条件下的最大发射率约为 32mGy/mA•min（采用外推法）。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，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 225kV 时，应小于 5mSv/h。

（3）散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（限束装置、受检者、射线接收装置及检查床、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 2，225kV 的散射能量为 200kV。

9.4.2 非放射性废物产排情况

（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）。铅房内部机械排风，排风量为 120m³/h，通风次数约 16 次/h，机械排风扇位于设备顶部。房间内废气通过新建管道接入厂区废气处理管道预留口，最终引至凹版车间楼顶排放。

（2）废水

本项目废水主要为工作人员产生的生活污水，本项目工作人员在制造中心及研发中心一期项目的总劳动定员内，不增加人员数量和生活污水产生量。工作人员生活设施依

续表 9 项目工程分析与源项

托厂区现有污水处理设施处理达标后排入市政污水管网，进入污水处理厂进行处理。

项目无生产废水产生。

(3) 固体废物

本项目不需要洗片，固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾。

生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

工业 CT 使用一定年限后，可能不能正常工作，工业 CT 报废成为固体废物，建设单位对工业 CT 报废后按照相关要求拆解去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

9.4.3 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 9-2 所示。

表 9-2 项目污染物产排情况统计表

污染物	污染因子	产生量	处理方式
电离辐射	X 射线	X 射线球管能量为 225kV, 距靶 1m 处主射束的输出量不大于 32mGy·m ² /mA·min, 漏射线周围剂量当量率小于 5mSv/h。散射能量为 200kV。	利用设备屏蔽箱体屏蔽
废气	O ₃ 、NO _x	少量	机械抽风引至室外排放
废水	生活污水	少量	依托厂区污水处理设施处理达标后接入市政污水管网排入污水处理厂，污水处理厂处理后达标排放
固废	生活垃圾	少量	统一收集后交环卫处理
	报废的工业 CT	1 台	设备报废后按照相关要求拆解去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

备注：本项目无生产废水产生。

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 项目布局合理性分析

GBZ117-2022 中对于探伤室布局的要求如下：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。

本项目工业 CT 自带铅房，设备固定安装在测试房 1 内东南侧，与测试房 1 的四周墙体均有一定的距离。本项目检测对象均为电芯，设置 1 个进料门并由自动上料系统进行上料和出料，进样门位于铅房西北侧即正面。设备的操作和图像处理均在测试房 1 北侧一角的计算机上，距离设备有一定的距离，能增加放射工作人员与辐射源之间的距离，减少影响。铅房共设置 2 个设备检修门，位于铅房后侧，其中左侧门（后视图的左侧，下同）属于主射线投照范围，右侧门不在主射线投照范围内，左侧门与主线束方向铅房屏蔽体防护厚度一致。测试房 1 内布局单一，不放置与本项目不相关的设施设备，自动上料系统配置 4 个上料小车，可以轮流运输工件，布置在测试房 1 门口，便于待检工件和已检工件的运输。。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。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.2 要求：应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

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

工业 CT 作为一个整体设备，在运行时，各设备门保持关闭，电气柜等设施内嵌在设备箱体内部，因此，将工业 CT 整体划为控制区，测试房 1 内其他区域划为监督区。对照 GB18871-2002 及 GBZ117-2022 的分区原则，建设单位分区合理。分区图见图 10-1。

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	工业 CT 机（含电气柜）
监督区	工业 CT 机外测试房 1 内其他区域

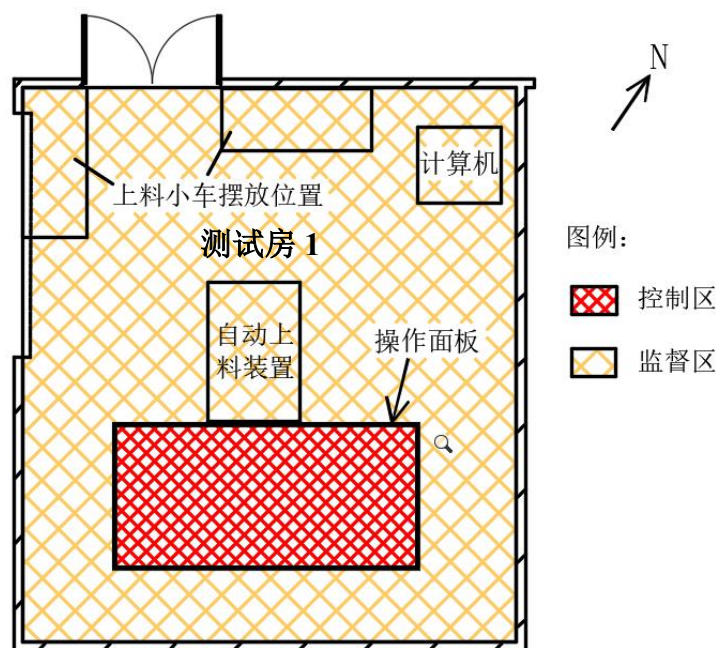


图 10-1 工作场所分区示意图

重庆海辰还拟采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：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。在进样门和检修门处设置门机联锁、电离辐射警告标志。

②监督区：监督区一般不设置专门管控设施，设置监督区标识，加强周边活动人员管理，测试房 1 为工作人员工作场所，无关人员禁止进入，在测试房 1 门口设置警示灯，工作人员准备出束之前需手动开启，灯亮则警示无关人员不在该处长时间停留；并在地面设置警示线，提醒人员不要驻留。

③在监督区开展定期监测工作，特别需注意防护门、穿墙管线洞口等薄弱部位。

续表 10 辐射安全与防护

10.2 辐射安全与防护措施

本项目射线装置主要辐射为 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 设备屏蔽体屏蔽防护措施

(1) 屏蔽体设计情况

企业拟购买的设备自带铅房，屏蔽能力如下：以面对工业 CT 进样门作为参考，工业 CT 右侧箱体（主射线方向）屏蔽厚度均为 2mm 钢+15mmPb+2mm 钢，顶棚主屏蔽带及其外 290mm、前侧主屏蔽带及其外 230mm 屏蔽厚度为 2mm 钢+15mmPb+2mm 钢，主射线方向检修门屏蔽厚度为 2mm 钢+15mmPb+2mm 钢，其余箱体、检修门、进料门的屏蔽厚度均为 2mm 钢+10mmPb+2mm。经后文核算，铅房的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准限值要求。

(2) 防护门与铅房屏蔽体的搭接由设备生产厂家承担。根据厂家提供的数据，本项目的进料门采用电动推拉式防护门，防护门尺寸大于铅房门洞开孔尺寸，防护门四周与设备铅房的搭接宽度不小于缝隙的 10 倍，不影响屏蔽体的屏蔽能力。检修门（背面）采用双扇平开门，两扇门板闭合位置，采用交错叠加的方式，防护门与铅房屏蔽体的搭接可以保证铅房的整体屏蔽能力。

(3) 管线进出口屏蔽补偿

本项目工业 CT 铅房开孔共 4 个，分别为 2 个电缆孔和 2 个机械排风扇孔。

① 电缆孔

根据设备厂家提供的资料，工业 CT 电缆穿铅房孔洞位于左侧屏蔽箱体下方靠近底板处（不在主射线范围内），为直接在屏蔽箱体上开设的两个孔洞，然后在屏蔽箱体内外侧开孔处，各设置 1 个 10mmPb 屏蔽罩，作为屏蔽防护补偿设施，两个电缆孔总截面尺寸分别为 180mm×80mm 和 180mm×100mm，经过屏蔽补偿后不影响屏蔽效能。电缆口防护屏蔽示意图见下图。

续表 10 辐射安全与防护

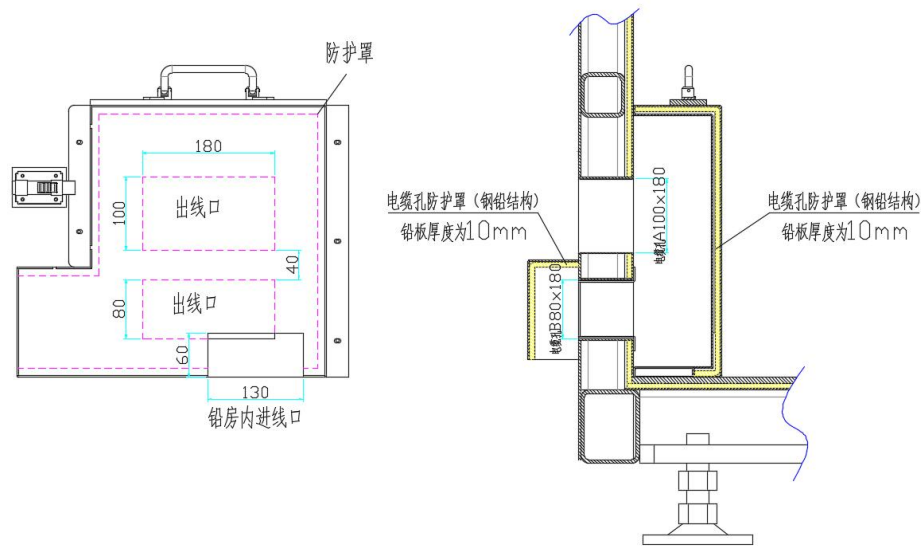


图 10-2 电缆管线穿孔屏蔽防护示意图

②机械排风扇孔

根据设备厂家提供的资料，工业 CT 机械排风扇（两扇）穿铅房孔洞位于顶部屏蔽箱体左侧靠近电气柜处（不在主射线范围内），为直接在屏蔽箱体上垂直开设的两个孔洞（间隔约 0.9m），然后在屏蔽箱体内侧开孔处，设置 2 个 10mmPb 屏蔽罩，作为屏蔽防护补偿设施，排风扇开孔截面为直径 110mm 的圆形，经过屏蔽补偿后不影响屏蔽效能。排风扇开孔防护屏蔽示意图见下图。

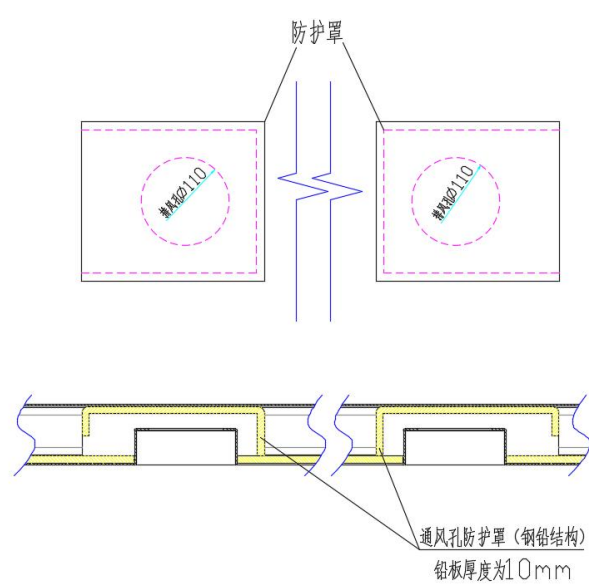


图 10-3 排风扇穿孔屏蔽防护示意图

续表 10 辐射安全与防护

10.2.2 设备固有安全性

拟配置满足标准要求的有相应安全性能的合格出厂的工业 CT:

(1) 开机时系统自检

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

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

(3) 设备出束时, 打开任一铅门控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压, 停止 X 射线出束。

(4) 当曝光阶段正常结束后, 系统将自动切断高压, 进入休息阶段。

(5) 设备停止工作 48 小时以上, 再使用时要进行训机操作后才可使用, 避免 X 射线发生器损坏。

(6) 过电流保护

设备带有断路器, 当管电流超过额定值时或高压对地放电时, 设备会自动切断高压。

10.2.3 安全联锁

(1) 门机联锁: 进样门、检修门均与工业 CT 实行门机联锁, 只有当所有防护门关闭, 才能启动 X 射线高压电源; 在防护门未关闭或者没有关到位的情况下, 高压电源无法打开; 出束状态下, 防护门打开时高压电源将随即关闭, 重新关上防护门后不会自动出束。

(2) 紧急停机: 本项目操作面板上、进样门旁及铅房内均拟设置 1 个急停按钮, 急停按钮旁设置中文标识和相关说明。急停按钮相互串联, 按下任意一个按钮, X 射线设备高压电源立即被切断, 设备停止出束, 急停按钮需要手动复位, 复位后设备不能直接出束。

(3) 操作面板上和操作计算机上拟设置开门按钮, 按下开门按钮可开启铅门。

(4) 工作状态指示灯和警示灯: 设备铅房外顶部设 1 个工作状态指示灯, 分为红

续表 10 辐射安全与防护

绿黄三色，绿色亮代表 X 射线预备出束；黄色亮代表 X 射线正在出束；红色代表设备故障或剂量超标，提示工作人员需停止运行设备并进行检查；并拟在警示灯旁设“绿色亮：预备”、“黄色亮：照射”和“红色亮：设备故障或剂量超标”信号意义的说明。另在设备铅房内顶部设 1 个警示灯（红灯），灯闪烁并伴随蜂鸣声表示设备 X 射线为预备出束状态，常亮则表示设备正常出束，并拟在警示灯旁设“红色常亮：照射”和“红色闪烁：预备”信号意义的说明。

（6）在设备铅房内安装固定式剂量报警仪探头，实时监控铅房内的辐射水平，超过阈值会进行声光报警。

10.2.4 监控装置

设备铅房内拟设置 1 个监控探头，可以全方位查看工业 CT 设备内工件检测和射线管位置等情况，监控显示屏位于测试房 1 内操作计算机上，操作人员可以随时查看设备内运行情况。

10.2.5 通风

采用自然进风、机械排风的方式。测试房 1 排风管道设置见附图 6。

工业 CT 设备顶部设置 2 个机械排风扇，总排风量为 $120\text{m}^3/\text{h}$ ，排风次数约为 16 次/h，满足要求。

工业 CT 内的空气通过设备顶部机械排风扇排放，房间内废气通过新建管道接入厂区废气处理管道预留口，最终引至凹版车间楼顶排放。

10.2.6 电离辐射警告标志

严格按照控制区和监督区实行“两区”管理，且在工业 CT 铅房门、测试房 1 入口处张贴固定的电离辐射警告标志，用于警示公众成员非必要情况不要靠近该区域。

工作场所安全防护场所拟安装位置见图10-4。

续表 10 辐射安全与防护

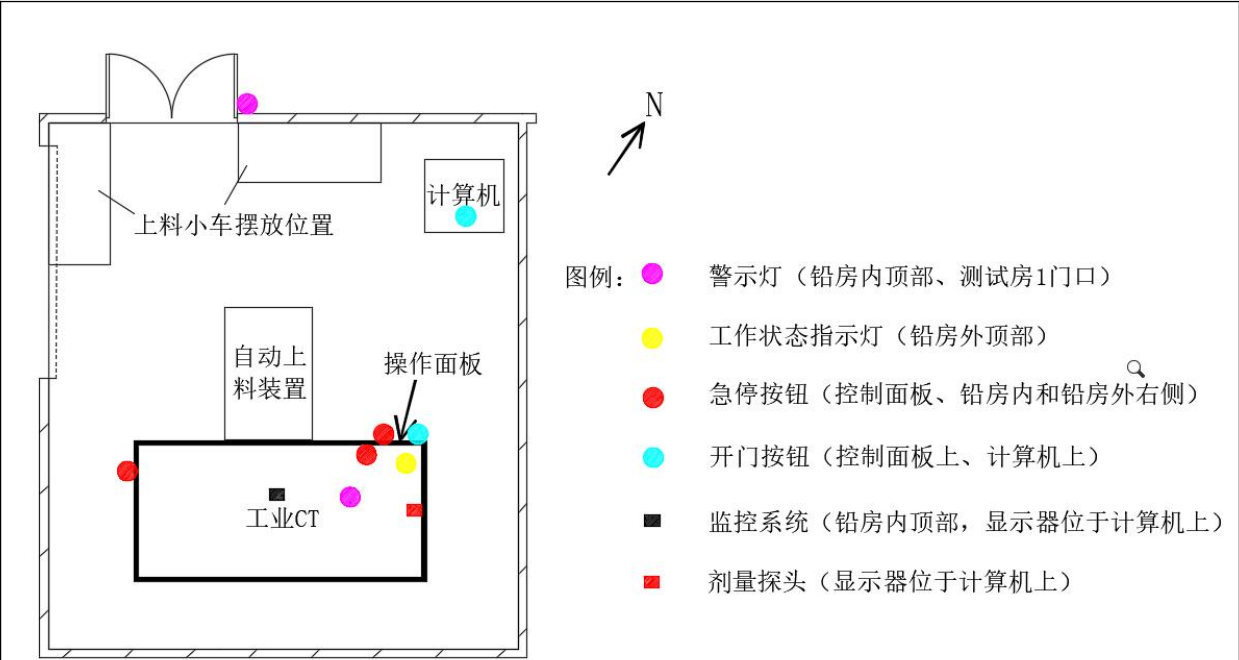


图10-4 工作场所辐射安全设施布置示意图

本项目辐射安全连锁逻辑见图 10-3。只有在铅门关闭、急停按钮复位和系统自检正常的情况下，设备才能启动，设备出束时，设备机箱上的工作状态指示灯黄灯亮，同时操作面板旁固定式场所辐射探测报警装置的仪表指示仪上显示读数，当探头检测到周围剂量当量率超过预设限值时，仪表指示仪进行声光报警。设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关或铅门意外打开，设备会立即停止运行。

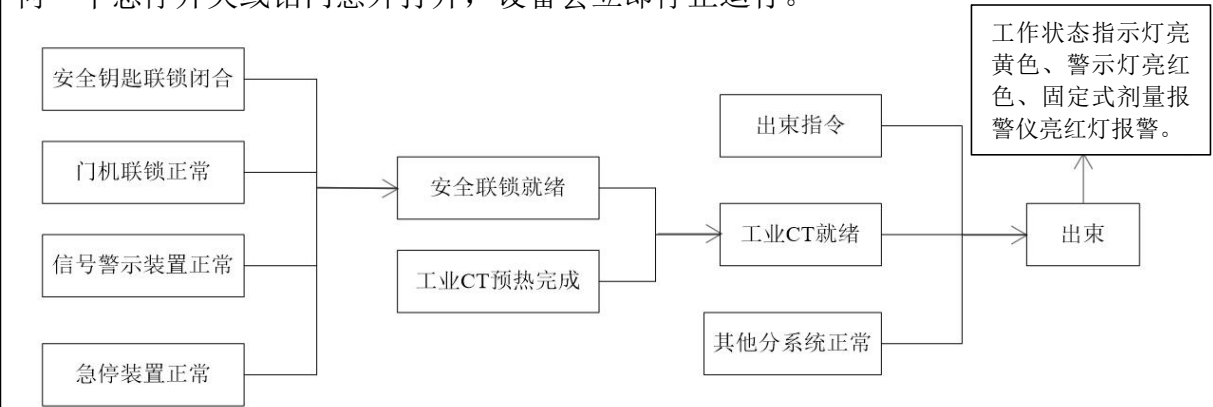


图 10-3 辐射安全连锁逻辑图

10.3 个人防护用品及监测仪器

项目拟配置的个人防护用品及监测仪器如下表 10-2 所示。

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 台	辐射工作人员佩戴，实时监测辐射剂量是否超标	拟购
2	个人剂量计	2 个	工作期间辐射工作人员佩戴，对个人受到的照射剂量进行记录	拟购
3	便携式 X-γ辐射剂量巡测仪	1 台	定期对设备屏蔽体外周围剂量当量率进行监测，保证屏蔽体的屏蔽效果。	拟购
4	固定式剂量报警仪	1 套	探头安装在设备铅房内，监测铅房内的实时剂量，超过阈值会进行声光报警。	拟购

10.4 放射性“三废”的处理

根据工程分析，本项目不涉及放射性“三废”。

10.5 项目措施与相关要求的符合性分析

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

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	4 使用单位放射防护要求	4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。	使用单位作为探伤工作主体承担主要安全责任。
		4.2 应建立放射防护管理组织,明确放射防护管理人员及其职责,建立和实施放射防护管理制度和措施。	公司成立了放射防护管理组织,并明确管理人员及组织职责,制定辐射防护管理制度。
		4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测,按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。	公司拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计并定期送交监测,辐射工作人员拟按照要求进行职业健康检查。
		4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。	本项目拟配备辐射工作人员需取得 X 射线无损检测工作资格证再上岗。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	本项目拟购置 1 台固定式剂量报警仪和 1 台个人剂量报警仪。
		4.6 应制定辐射事故应急预案。	公司制定有辐射事故应急预案,待本项目运行前再根据实际情况进行完善。
	5 探伤机的放射防护要求	5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下,距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求,在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T26837 的要求。表 1 内容略。	本项目设备拟购买合格出厂的设备。设备的漏射线所致周围剂量当量率能满足标准要求,设备随机文件有这些指标的说明。
		5.1.2 工作前检查项目应包括: a) 探伤机外观是否完好; b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损; c) 液体制冷设备是否有渗漏; d) 安全联锁是否正常工作; e) 报警设备和警示灯是否正常运行; f) 螺栓等连接件是否连接良好; g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	本项目辐射工作人员开展放射工作前检查以上项目是否异常,若无异常则正常工作;有异常立即停止工作,联系生产厂家检查维修。

续表 10 辐射安全与防护

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 探伤机的放射防护要求	5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求： a) 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； b) 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； c) 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为合格产品； d) 应做好设备维护记录	本项目制定满足标准要求的设备检修维护制度，设备维护由生产厂家负责，维护后做好维护记录。
	6.1 探伤室放射防护要求	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。	设备自带屏蔽铅房。设备屏蔽箱体材料和厚度充分考虑了设备辐射防护要求。工业 CT 主射线朝向一侧箱体(右侧)，操作面板防护门均不在主射线投照范围内，根据后文核算，设备屏蔽箱体均满足防护要求。
		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。	工作场所分区管理，分区满足 GB18871 的要求。
		6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周； b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。	根据后文核算，设备屏蔽体均满足要求。
		6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足： a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；	根据后文核算，工业 CT 顶的辐射屏满足标准要求，本评价工业 CT 顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平保守取 2.5 μ Sv/h。

续表 10 辐射安全与防护

		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。	
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.1 探伤室放射防护要求	6.1.5 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。	工业 CT 拟设置门机联锁装置,只有当设备铅房防护门关闭后工业 CT 高压才能启动产生 X 射线。门打开状态下,设备无法正常运行,防护门关闭后,需由工作人员手动开启设备,且运行过程中门意外打开,自动停止设备运行。除检修情况下,设备内不进入,紧急情况,铅房内人员按下急停按钮,设备断电,门机联锁失效,人员可以在设备内推开防护门离开。
		6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置,并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间,以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目为整体式设备,除检修外,设备内无人员驻留,工作人员在进样门外,将待检工件放至自动上料系统,由其运至检测台。设备铅房外顶部设 1 个工作状态指示灯,分为红绿黄三色,绿色亮代表 X 射线预备出束;黄色亮代表 X 射线正在出束;红色代表设备故障或剂量超标,提示工作人员需停止运行设备并进行检查;并拟在警示灯旁设“绿色亮:预备”、“黄色亮:照射”和“红色亮:设备故障或剂量超标”信号意义的说明。另在设备铅房内顶部设 1 个警示灯(红灯),灯闪烁并伴随蜂鸣声表示设备 X 射线为预备出束状态,常亮则表示设备正常出束,并拟在警示灯旁设“红色常亮:照射”和“红色闪烁:预备”信号意义的说明。
		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。	设备铅房内拟安装 1 个监控探头,显示器位于测试房 1 内操作计算机上,可以观察到设备内部运行情况。工作人员在设备旁进行操作,可以及时观察设备周围情况。测试房 1 内安装监控。

续表 10 辐射安全与防护

《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)		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。	工业 CT 各防护门、测试房 1 门外均拟粘贴符合要求的电离辐射警告标志。
		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。	设备铅房内、进料门外及操作面板处均拟设置 1 个急停按钮，按下按钮，可以停止设备照射。急停按钮设置位置避免主射线方向，工作人员可以不需要穿过主射线，急停开关处拟设置中文标签，注明使用方法。
	6.1 探伤室放射防护要求	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。	设备顶部设排风口并安装机械排风扇，总排风量为 120m³/h，通风次数约 16 次/h。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	设备铅房内配置 1 个固定式剂量报警仪探头，显示屏位于测试房 1 内操作计算机上。
	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。	拟制定工业 CT 操作规程，规定每天工作前，检查门机联锁装置和工作状态指示灯等防护安全措施是否正常。
		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。	拟配备 1 台个人剂量报警仪（要求工作人员工作期间随身携带）和 1 台固定式剂量报警仪，仪器报警，立刻关闭铅门，切断设备电源，退出测试房 1，并防止人员误入。
		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。	拟配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪，每季度对设备周围剂量率水平进行监测，设备外周围剂量当量率工业 CT 屏蔽箱体外 30cm 处周围剂量当量率右侧>0.36μSv/h，左侧>1.82μSv/h，前侧>0.38μSv/h，后侧、顶棚、底板>2.5μSv/h。时，及时进行整改。
		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	使用辐射巡测仪前，检查是否可以正常运行，发现异常，及时维修。

续表 10 辐射安全与防护

		不应开始探伤工作。	
		6.2.5 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。	操作规程中拟要求工作人员规范使用辐射防护装置。
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。	操作规程拟要求工作人员每次操作前，需要确认设备内无人员驻留，并关闭防护门。确认所有防护和安全装置都正常运行后，再启动设备。
		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。	本项目是给电芯进行无损检测，进料门和设备检测区域的尺寸满足工件探伤要求，不需要开门探伤。
	6.3 探伤设施的退役	当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容： c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。 e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。 f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。 g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。	本项目不再使用后，设备报废后按照相关要求拆解去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。清除工作场所内电离辐射警告标志和各类说明。
	3 探伤室屏蔽要求	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。	设备自带铅房屏蔽体，铅房屏蔽体内除检修情况下，不进入，因此不设人员门，仅设置进样门。
		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免有用线束照射的方向。	本项目操作面板位于铅房外左前方，X 射线发生器位于铅房内，设备主射线朝向设备一侧箱体，工件进样门和操作面板均不在主射线方向。
		3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。	本项目铅房主体结构密闭，开设铅防护门，在铅门搭接处

续表 10 辐射安全与防护

			设置足够长的屏蔽体对四周两边进行搭接防护，搭接足够长，不影响屏蔽体的屏蔽能力。各管线开孔区域内均设置铅防护罩。
	3 探伤室屏蔽要求	3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。	本项目拟购置整体式设备，采用铅+钢板作为屏蔽材料。
《职业性外照射个人监测规范》 GBZ128-2019	5.3 佩戴	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背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	项目工作人员主要辐射来自于前方，拟为工作人员配备个人剂量计，要求工作人员佩戴在胸口位置。
	7.3 实施监测过程的质量保证	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。	个人剂量计拟设置专人保管，在非工作期间统一保管于非辐射照射区。
根据表 10-3 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求。在设备安装和运行阶段，应严格落实相关辐射安全防护措施。			

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工期的环境影响主要是设备的安装和调试。施工过程中主要有包装垃圾产生，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污水处理设施处理，一般固废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，固废能得到妥善处置，因此施工对环境产生的影响小。根据后文核算，调试阶段的电离辐射影响同运行阶段的影响，设备屏蔽体外剂量率达标。

运行阶段对环境的影响

11.1 工业 CT 屏蔽能力理论预测

11.1.1 工业 CT 辐射屏蔽估算公式

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

（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。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0}$$

式（11-1）

式中：

$\dot{H}_c$ —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 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式 11-2)计算：

续表 11 环境影响分析

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

式中:

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安(mA);

H_0 ——距辐射源点(靶点)1m 处输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$, 以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 , 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 (11-3) 计算:

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

式中:

X——屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL——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:

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

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。

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

式中:

$\dot{H}_c$ ——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);

续表 11 环境影响分析

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

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

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

式中：

B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

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

（4）散射辐射屏蔽

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

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

式中：

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

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，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 ；

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；

B—屏蔽透射因子；

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B，查表得出 90° 散射辐射的

续表 11 环境影响分析

TVL，然后按照式（3）计算。关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按照式（11-8）计算。

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

式中：

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B—屏蔽透射因子；

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 工业 CT 防护核算原则及主要技术参数

（1）主要技术参数

①关注点的选取与距离、方向的核算

关注点选择屏蔽铅房外表面 30cm 处（地板选择设备下方地面处），其顶板可能位于主射线投照范围，分别计算主射线和散射、漏射区域的防护屏蔽。另工业 CT 作为一个整体，运行过程中，电气柜保持关闭，因此左侧关注点设置在电气柜外面 30cm 处。

根据项目基本情况，工业 CT 工作时，主射线方向朝向右侧箱体。根据工程分析内容，X 射线球管为 225kV），根据主射线实际投照范围和距离进行估算。

工业 CT 周围各点位估算示意图 11-1 和图 11-2，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 关注点选取情况一览表			
关注点	位置	辐射类型	核算距离 (m)
a	顶部	散射、漏射	0.91
b		主射线	2.44
c	右侧	主射线	2.06
d	底部	散射、漏射	1.16
e	左侧	散射、漏射	1.79
h	前侧	主射线	1.96
k		散射、漏射	1.18
k'		散射、漏射	1.21
g	后侧	主射线	1.90
f		散射、漏射	1.03

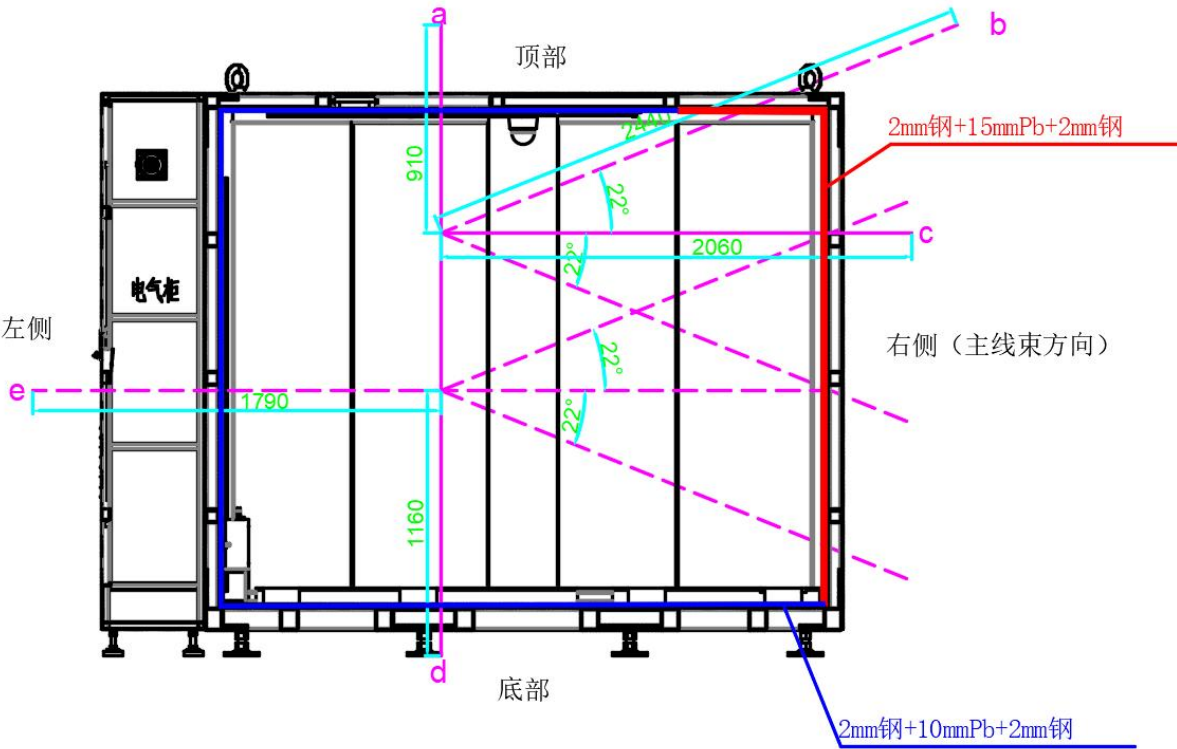


图 11-1 工业 CT（225kV）屏蔽计算点位示意图

续表 11 环境影响分析

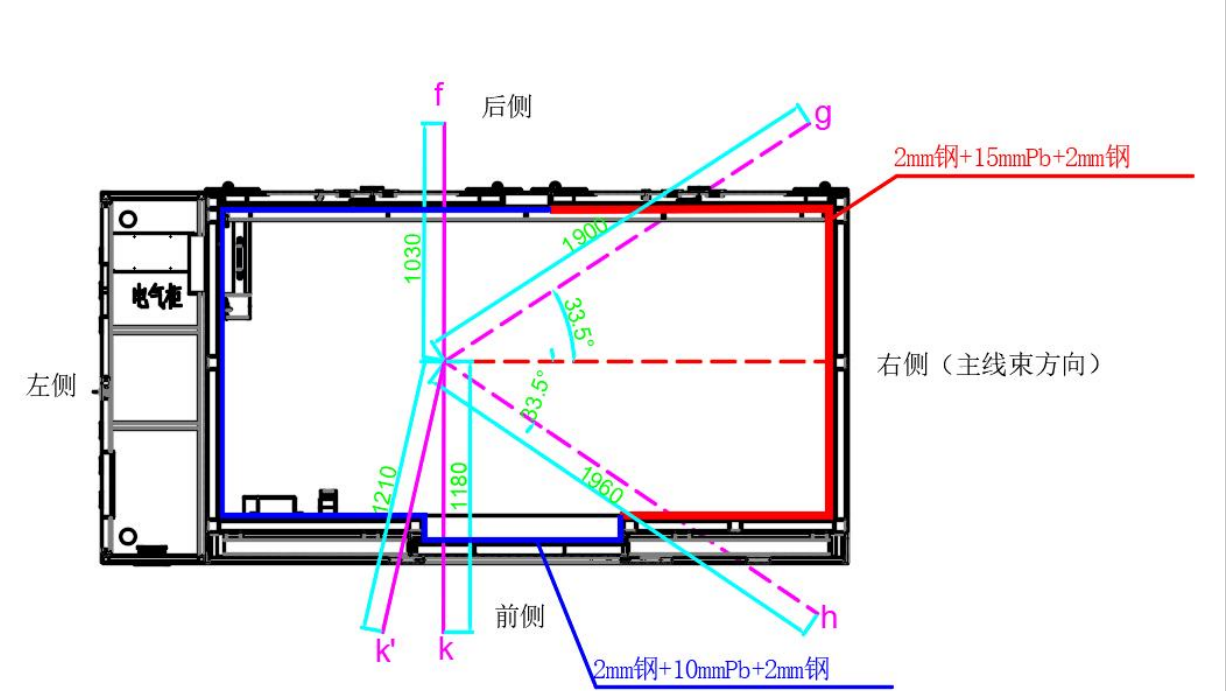


图 11-2 工业 CT（225kV）屏蔽计算点位示意图

②其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-2 所示。

表 11-2 屏蔽体核算相关参数

参数	数 值	来源
设备基础参数	X 射线管最高电压 225kV，最大电流 0.5mA；	建设单位提供
G（mGy·m ² /mA.min）	0.5mmAl 条件下，225kV 为 32	ICRP33，外推计算
转换系数	6×10 ⁴	/
H ₀ （μSv·m ² /(mA·h)）	1.92×10 ⁶	
R ₀ （m）	0.7	设计资料
F（m ² ）	0.524	设计资料
α	0.048	参照 GBZ/T250-2014 附录 B.4.1，取 a=1.9×10 ⁻³ ×10000/400≈0.048
$\frac{R_0^2}{F \times \alpha}$	19.5	根据 GBZ/T250-2014 计算：
泄漏辐射剂量率 H _L （μSv/h）	5000	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（mm）	GBZ/T250-2014 表 B.

续表 11 环境影响分析

半值层 (HVL)	电压	TVL	HVL	2, 内插法计算
	225kV	2.15	0.63	
	200kV	1.4	0.42	
	钢或铁			《辐射防护导论》(方杰主编, P103, 附图 3.23) 查图
	电压等级	TVL	HVL	
	225kV	14mm	/	
	200kV	13mm	/	

备注: ①Sv、Gy 转换因子取 1, 其余位置同此;

②运行电流保守按照设备最大管电流 0.5mA 进行考虑。

(2) 屏蔽防护效能核算原则

墙体厚度确定原则: 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)。

本项目工作场所屏蔽计算选择设备最大参数条件, 且不考虑工件本身的防护效果。

本项目的工业 CT 的 X 射线球管额定电压为 225kV, 在 GBZ/T250-2014 中附录 B.1 的曲线中无对应的曲线, 因此采用公式 (1) 和 (3) 进行理论计算。

11.1.3 工业 CT 防护核算结果

本项目工业 CT 的屏蔽体屏蔽能力核算结果见表 11-3。

表 11-3 工业 CT 屏蔽效能核实表

关注点		距离 (m)	设计厚度	设计厚度下瞬时剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)		剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	是否达到屏蔽要求
a	散射	0.91	2mm 钢 +10mmPb+2mm 钢	2.1×10^{-3}	7.2×10^{-2}	2.5	是
	漏射			7.0×10^{-2}			
b	主射线	2.44	2mm 钢 +15mmPb+2mm 钢	8.8×10^{-3}	8.8×10^{-3}	2.5	是
c	主射线	2.06	2mm 钢 +15mmPb+2mm 钢	1.2×10^{-2}	1.2×10^{-2}	0.36	是
d	散射	1.16	2mm 钢 +10mmPb+2mm 钢	1.3×10^{-3}	4.4×10^{-2}	2.5	是
	漏射			4.3×10^{-2}			
e	散射	1.79	2mm 钢 +10mmPb+2mm 钢	5.4×10^{-4}	1.9×10^{-2}	1.82	是
	漏射			1.8×10^{-2}			
h	主射线	1.96	2mm 钢 +15mmPb+2mm 钢	1.4×10^{-2}	1.4×10^{-2}	0.38	是

续表 11 环境影响分析

k	散射	1.18	2mm 钢 +10mmPb+2mm 钢	1.3×10 ⁻³	4.3×10 ⁻²	0.38	是
	漏射			4.2×10 ⁻²			
k'	散射	1.21	2mm 钢 +10mmPb+2mm 钢	1.2×10 ⁻³	4.1×10 ⁻²	0.38	是
	漏射			3.9×10 ⁻²			
g	主射线	1.90	2mm 钢 +15mmPb+2mm 钢	1.5×10 ⁻²	1.5×10 ⁻²	2.5	是
f	散射	1.03	2mm 钢 +10mmPb+2mm 钢	1.6×10 ⁻³	5.6×10 ⁻²	2.5	是
	漏射			5.5×10 ⁻²			

综上所述,根据计算结果可知,设备工作时,屏蔽箱体的四周、顶棚、底板及防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)屏蔽防护的要求。设备剂量率最高值为 7.1×10⁻²μSv/h,经过距离衰减后,该部分剂量率对周围环境的辐射影响是很小的,不考虑天空散射。

11.1.4 工作人员年有效剂量估算

(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:

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

式中:

H_{Er} : X 或γ射线外照射人均年有效剂量当量, mSv;

$H_{(10)}$: X 或γ射线周围剂量当量率, μSv/h;

t: X 或γ射线照射时间, 小时。

(2) 估算结果

工作人员剂量估算表见表 11-4。

表 11-4 工作人员工作时剂量估算表

估算人员	工作场所	设计厚度下剂量率 (μSv/h)	年受照时间 (h)	年受照剂量 (mSv/a)
辐射工作人员	测试房 1	7.2×10 ⁻²	1387	0.1

备注: 保守直接取设备表面 30cm 处剂量率最大值进行估算。

根据表 11-4 可得出以下结论:

该项目辐射工作人员所受的年有效剂量为 0.2mSv/a, 低于本评价管理目标值

续表 11 环境影响分析

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。

11.3 对周围环境保护目标的影响分析

工业 CT 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 射线随距离的增加而快速减弱的特性可知, 距离设备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。

本项目设备周围环境保护目标预测结果见表 11-5。

表 11-5 环境保护目标处公众周围剂量当量率预测结果表

序号	环境保护目标名称	方位	水平距离 (距箱体)	保护目标处剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作时间	居留因子	年受照剂量 (mSv)
1	走廊	西北侧	约 3.6~9m	2.4×10^{-3}	1387	1/5	6.61×10^{-4}
	焊接区		约 9~23m	6.0×10^{-4}	1387	1	8.26×10^{-4}
2	其他生产线及通道等		约 23~50m	1.0×10^{-4}	1387	1	1.43×10^{-4}
3	走廊	西南侧	约 1~9m	6.6×10^{-3}	1387	1/5	1.84×10^{-3}
4	装配段		约 9~50m	4.9×10^{-4}	1387	1	6.83×10^{-4}
5	走廊	南侧	约 1~7m	1.5×10^{-2}	1387	1/5	4.13×10^{-3}
6	拆包间、存放间		约 7~40m	9.3×10^{-4}	1387	1	1.29×10^{-3}
7	室外道路和绿化		约 40~50m	3.5×10^{-5}	1387	1/40	1.23×10^{-6}
8	打包区 (含风淋室)	东南侧	约 0.8~26m	9.3×10^{-4}	1387	1	1.29×10^{-3}
9	室外道路和绿化		约 26~43m	8.2×10^{-5}	1387	1/40	2.83×10^{-6}
10	动力站房		约 43~50m	3.1×10^{-5}	1387	1	4.27×10^{-5}
11	测试房 2 及其他辅助用房	东北侧	约 1.1~50m	5.8×10^{-3}	1387	1	8.08×10^{-3}
12	3F 预留用房	楼上	正对上方 (高于铅房 12.65m)	3.0×10^{-4}	1387	1	4.22×10^{-4}
	凹版车间内 2~3F 区域		其他区域 (高于铅房 5.15~12.65m)	1.73×10^{-3}	1387	1	2.29×10^{-3}

续表 11 环境影响分析

注：①考虑厂房远期使用情况，预留房间居留因子取最大 1；
②同一保护目标存在不同场所与环境条件时居留因子取大者；
③核算距离取整处理。

根据表 11-5，项目设备开展 X 射线无损检测工作时，在设备周围活动的公众成员所受的最大年附加有效剂量为 $8.08 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，低于本评价管理目标值 0.1mSv/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。且估算结果只考虑了距离的衰减，实际上 X 射线在传播过程中有墙体等各种屏蔽体的阻挡，因此，项目设备屏蔽体外 50m 范围内的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求，对环境保护目标的影响很小。

11.4 其他影响

（1）废气对环境影响分析

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（主要为 NO₂）。设备顶板拟设置两个排风口，并安装机械排风机，整体换气次数约为 16 次/h。房间内废气通过新建管道接入厂区废气处理管道预留口，最终引至凹版车间楼顶排放。

项目废气通过通风系统引至室外排放，项目用房周边均为厂区内部。同时，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

项目无生产废水产生，本项目废水主要为重庆海辰辐射工作人员产生的生活污水。

工作人员生活污水依托厂区污水处理设施处理达标后，接入市政污水管网，排入污水处理厂进行处理，对地表水环境影响较小。本项目工作人员在制造中心及研发中心一期项目的总劳动定员内，不增加人员数量和生活污水产生量。

（3）固废环境影响

生活垃圾依托厂区现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

设备报废后按照相关要求拆解去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

综上所述，建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后，对环境基本无影响。

11.5 实践正当性分析

续表 11 环境影响分析

项目拟配置 X 射线实时成像系统在生产中的应用,对产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点,项目的建设对公司生产的零部件提供了先进的检测手段,对验证结果有效性可以起到十分重要的作用,具有明显的社会效益;同时也将为公司创造一定的经济效益。项目采取的辐射安全与防护措施符合要求,对环境的辐射影响在可接受范围内,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

项目主要是配置工业 CT 用于对工件进行无损检测,属于《产业结构调整指导目录》(2024 年本)“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 1 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此,项目符合国家产业政策。

11.7 事故影响分析

(1) 风险事故类型

本项目出现的辐射事故主要是辐射工作人员或公众成员遭到误照射从而受到不必要的超剂量照射。

X 射线装置产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因 X 射线装置设置有专用屏蔽体,基本不会发生固定性屏蔽体损坏而致人员受到误照射的事故,即使发生,也能一目了然而不再开机曝光,即不会受到误照射。X 射线看不见、摸不着,因此,更多的辐射事故是因为管理等不到位,而导致无关人员受到误照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面:

① 设备自身丧失屏蔽或系统故障

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 X 射线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。或者系统故障,导致 X 射线球管朝向其他非主射线方向投照。

② 安全联锁装置失效:由于门机联锁装置失效,设备出束时,防护门未关闭或门被开启,射线仍然能发射,造成射线外泄,可能对辐射工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

续表 11 环境影响分析

③人员滞留铅房内

工作人员或设备维修人员通过检修门可进入铅房内，在开机出束前，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

事故情景①工业 CT 球管丧失自身屏蔽或系统故障

设备 X 射线球管丧失自身屏蔽或系统故障，使非主射方向也受到主射线照射，考虑最大管电压 225kV，最大管电流 0.5mA 运行，事故时间考虑设备 1 天照射时长 3.8h，选择距离 X 射线球管最近的一侧（顶部：0.91m）作为关注点。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	剂量率 (μSv/h)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
工业 CT	X 射线球管丧失自身屏蔽	13.41	5.1×10^{-5}	5.1×10^{-5}

事故情景②安全联锁失效

考虑最不利情况，安全联锁装置失效的事故下，设备考虑最大管电压 225kV，最大管电流 0.5mA 运行，事故时间考虑设备 1 天照射时长 3.8h。设备检修门常闭，因此考虑进料门在未关闭情况下开展检测工作，225kV 条件下运行时，防护门不在主射方向上，考虑散射、漏射，铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-7。

表 11-7 铅房处人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	防护门处有效剂量 (μSv/h)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
工业 CT	联锁装置失效	3.9×10^4	0.15	0.15

备注：Sv/Gy=1，下同。

事故情景③人员误入

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

续表 11 环境影响分析

情况，考虑最大管电压 225kV，最大管电流 0.5mA 运行，事故时间考虑反应时长 2min 和最大照射时长 30min，并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	事故时间	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
工业 CT	人员滞留铅房内	考虑反应时长 2min	3.8×10^6	0.13	0.13
		考虑最大照射时长 30min	3.8×10^6	1.92	1.92

事故情景④屏蔽体变形

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铅房外的人员进行误照射情况，操作人员携带个人剂量报警仪，因此在发生此情形事故时，能及时发现并紧急关停设备出束；若操作人员未携带个人剂量报警仪，便很难被发现，因此造成此事故的发生。

设备考虑设备前侧最近处操作人员驻留区域（控制面板处）。经计算没有屏蔽防护情况下，控制面板处周围剂量当量率可达 $6.6 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ ，事故事件考虑设备 1 天照射时长 3.8h，铅房四周屏蔽体外敏感目标处停留的人员受照剂量最大约 2.49Sv（2.49Gy）。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 (天)	受照射时间	受照射剂量	
		剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
1	3.8h	2.49	2.49

(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。

续表 11 环境影响分析

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率(而非其严重程度)与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在组织反应阈剂量。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

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

项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，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 11-10。

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

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

根据上述后果分析可知，本项目事故后果最严重为铅屏蔽体膨胀变形事故，其可能造成人员中度骨髓型急性放射病，出现头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降等情况。

(4) 事故分级

续表 11 环境影响分析

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，本项目各类辐射事故中，影响最大的为铅屏蔽体膨胀变形事故，该种情况下，人员可能受到辐射损伤，导致中度放射病。

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，**事故等级为：一般辐射事故。**

(5) 辐射事故防范措施

由于各种管理不善或人误等造成的误照射，导致人员的照射方式是外照射，因此发生误照射事故应第一时间切断设备电源，确保设备停止出束。建设单位应采取以下措施防范风险事故发生。

(1) 定期检查设备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。对于本项目涉及的安全控制措施的各机构及电控系统，制定定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。

(2) 定期进行工业 CT 的维护检查，并做好记录。设备维护工作，由设备厂家派专业人员负责，由重庆海辰工作人员全程陪同。维护时，要求现场工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。工作人员进入设备内，维修时，射线装置不能出束，并安排专人现场监督，禁止无关人员靠近。

(3) 设备故障报警系统，如过压、欠压、过流报警、消除电流冲击等功能需定期检查、发现问题及时维修，保证其正常运行，以及时发现设备可能出现的故障。同时，辐射监测器和报警系统可用作针对这类事件进行人员防护和纵深防御措施。

(4) 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，培养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。

(5) 本项目测试房 1 为独立用房，出入口只通向相邻装配段走廊，设备操作人员为工业 CT 相关工作人员，一般情况下，无关人员不会在该区域驻留。工作人员工作时，注意查看设备周边情况，避免无关人员靠近，并通过监控确认设备内部情况。

续表 11 环境影响分析

（6）制定测试房 1 人员管理制度，进入测试房 1 的钥匙由专人保管，禁止无关人员进入检测室。

（7）设备 2 扇检修防护门的钥匙单独配置并交给专人管理，妥善保存。除设备检修期间外，不能打开检修门，避免人员误入。同时在设备运行前，确认检修门是否上锁且不能随意打开。

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；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

公司已开展有核技术利用项目，按照要求成立了辐射安全管理委员会，其主要职责为制定公司辐射防护管理制度，定期组织辐射工作人员进行培训、体检和个人剂量监测，对工作场所辐射防护安全设施进行定期检查等。根据公司情况，各射线装置使用部门分别指定一名专职辐射安全管理员，管理员学历为本科及以上，满足要求。本项目拟按照要求指定专人负责该设备、相关场所及人员的辐射防护管理工作并更新辐射安全管理委员会成员，将本项目的专职人员纳入其中。

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，重庆海辰必须培养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、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。

重庆海辰制定有多项辐射防护管理制度，包括：《辐射安全防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员健康管理规定》、《设备维修维护制度》、《岗位职责制度》、《人员培训计划和监测方案》、《辐射安全事故应急预案》、《操作规程》等。上述管理制度考虑到了公司现有核技术利用项目类别以及相关辐射设备的操作使用和安全防护，制度健全，具有可操作性。部分制度张贴在射线装置工作场所内。公司之前严格按照上述管理制度落实。本项目建成后根据设备说明书制定本设备的操作规程并完善相应制度及应急预案，并纳入建设单位的管理体系中。

表 12 辐射安全管理

(2) 辐射工作人员管理

重庆海辰现有 29 名辐射工作人员，已按照要求进行了职业健康检查（两年一次）、个人剂量监测（三个月一次），其中 16 人持有辐射防护培训合格证（五年有效期内），其余辐射工作人员参加了建设单位组织的考核并通过考试，辐射工作人员管理符合要求。本项目拟重新配备辐射工作人员，在项目建设过程中，拟组织辐射工作人员通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识并参加考核，考核合格后再上岗工作。另重庆海辰将委托有资质单位对辐射工作人员的个人剂量计进行定期监测，监测周期不超过 3 个月并要求工作人员工作期间必须正确佩戴个人剂量计，对个人剂量计严格管理，防止个人剂量计遗失和监测结果异常，并到有辐射工作人员体检资质的单位进行职业健康检查。

(3) 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

建设单位已建立了年度评估制度，并按照规定于每年 1 月 31 日前向发证机关提交了上一年度的评估报告。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。本项目建成运行后应继续按照年度评估制度要求对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估。

(4) 档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

重庆海辰建立了辐射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量

表 12 辐射安全管理

监测结果等材料，并且组织上岗后的辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过2年。个人剂量档案和职业监控检查资料终生保存。

档案信息和保存等按照环境保护令第 18 号规定执行。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”。建设单位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。本项目建成后将本项目的档案纳入公司档案管理中。

(5) 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其全体工作人员的责任心。对于核技术利用项目核安全文化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核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，提高并保持核安全意识。

建设单位已建立了辐射环境安全管理体系，设立核安全保障机构，明确了单位各层级人员的职责，将良好的核安全文化融汇于运营和管理的各个环节；持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①建设单位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，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

表 12 辐射安全管理

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

建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，并指定专人负责各射线装置相关管理工作，本项目拟增设一名专职人员负责工业 CT 是辐射安全与环境保护管理工作。
从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	项目辐射工作人员将在上岗前按照规定参加培训并考核合格。
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目设备自带屏蔽铅房，且固定在一个房间内使用，设备屏蔽能力满足要求；设备拟设置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、警示灯、紧急停机按钮等安全防护措施。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	本项目拟配置个人剂量计、个人辐射报警仪和便携式 X-γ 辐射剂量率仪等。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	重庆海辰制定有全面的辐射防护制度，并按照制度要求进行管理，同时本项目拟根据设备说明书另行制定操作规程。
有完善的辐射事故应急措施。	制定了辐射事故应急处理相关制度，明确了发生辐射事故后的应急处理要求，待本项目运行前拟根据实际情况补充完善。

根据上表可知，建设单位已建立有相应的辐射环境管理体系，因此本项目的管理工作依托现有的管理体系，已具备了一定的能力，但建设单位还应针对本项目射线装置的特点，认真落实上述要求后，方具备从事本项目辐射活动的能力。

重庆海辰根据相应管理规定，在落实辐射防护管理和现场设施等要求后重新申请辐射安全许可证，具备从事本项目辐射活动的能力。

12.3 辐射监测

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

建设单位已制定《人员培训计划和监测方案》、《辐射工作人员健康管理规定》等，

表 12 辐射安全管理

并按要求开展了个人剂量监测和工作场所的环境监测。建设单位应为本项目配备与辐射类型和辐射水平相适应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对射线装置周围环境进行监测，按规定要求开展各项监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

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

监测频率：一般为1个月测读一次，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

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

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

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

③日常监测：按照监测计划开展日常监测，日常监测由建设单位自行监测。做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。同时，每次进行检测作业时的，设备运行条件及工件、操作人员信息等也应记录在案。

④监测点位：设备周围屏蔽体外、防护门外、顶棚上方30cm处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等辐射防护薄弱处。在巡测时发现数值异常高的区域，进行定点监测。监测点位按照防护门左中右侧和门缝四周各一个点、主线束范围内5个点、其余屏蔽体各3个点。人员经常活动的区域需要重点关注。

监测开始前确认设备内没有人员，确认设备正常，监测使用设备最大运行条件，检测主射线方向时不使用工件，监测其他方向时使用工件。

(3) 安全检查维护

建设单位应按照相关法规及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求对工

表 12 辐射安全管理

业 CT 进行安全检查维护，建立相应的检查维护制度。安全检查维护见表 12-2。

表 12-2 安全检查维护要求

类型	对象	内容	频次
检查	工业 CT	防护门-机联锁装置，以及出束信号指示灯	日检
		a) 外观是否存在可见的损坏；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；c) 安全联锁是否正常工作；d) 报警设备和警示灯是否正常运行；e) 螺栓等连接件是否连接良好。	日检
检查	工业 CT	a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；b) 冷却单元检查；c) 所有的联锁和紧急停机开关的检查；d) 制造商推荐的其他常规检测项目。	定期（建议每季度一检）
维护	工业 CT	设备维护包括工业 CT 的彻底检查和所有零部件的详细检测。当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件都来自设备制造商。应做好设备维护记录。	每年

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）和《重庆市辐射污染防治办法》要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

在本项目建成运行前，建设单位应根据实际情况完善应急预案内容。

12.4.1 应急处理小组

由公司主要负责人及 X 射线装置使用相关管理人员组成了辐射事故应急领导小组，其主要职责是发生辐射事故后，对现场进行及时处理，对受到事故辐射照射的人员剂量进行估算，安排其就医，和上级主管部门报告辐射事故处理情况，事故处理结束后，总结经验，防止事故的发生。

12.4.2 事故分级

根据《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）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

本项目使用Ⅱ类射线装置，可能发生的辐射事故主要为人员滞留设备内、联锁失效等情况，导致人员受到不必要的误照射，事故情况下，辐射工作人员或公众成员可能造

表 12 辐射安全管理

成中度放射病，因此，本项目事故等级为一般辐射事故。

12.4.2 事故应急方案与措施

(1) 事故报告程序

一旦发生辐射事故，现场人员应迅速电话向公司辐射事故应急小组报告，应急小组需在事故发生后2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向重庆市铜梁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，配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害人员，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辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生原因，杜绝事故的再次发生。

(3) 应急演练

组织工作人员根据项目运行过程中可能产生的各类辐射事故定期进行辐射事故演练，提高人员对突发事件的应急处理能力。应急演练过程记录在案，针对演练过程中发现的问题，及时整改，避免发生事故后，应急处置工作的不当。公司暂未开展过辐射事故应急演练活动，应按照规范要求执行，定期组织人员进行辐射事故应急处置演练，确保应急能力。

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

表 12 辐射安全管理

警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	设备灯机联锁、门机联锁、紧急停机按钮、工作状态指示灯、警示灯等	5
防护监测设备	个人剂量计、个人辐射报警仪、便携式 X-γ辐射剂量率仪、固定式剂量报警仪	4.5
合计	环保手续：环评、验收、监测、办证等	5
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。建设项目正式投产运行前，建设单位应取得辐射安全许可证、进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 环保设施竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	设备	工业 CT 机 1 台，射线管最大管电压 $\leq 225\text{kV}$ ，最大管电流 $\leq 0.5\text{mA}$ 。	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、辐射防护和安全保卫制度、设备维修保养制度、人员培训计划、监测方案、应急预案、人员岗位职责等。	齐全
4	环保措施	①工作场所分区管理； ②设备铅房各屏蔽体、铅门有足够的屏蔽能力，管线口不影响屏蔽效果； ③设置安全联锁系统，包括门机联锁、灯机联锁；设备设警示灯和工作状态指示灯，能表达预备和照射的工作状态；铅房内、铅房外、操作面板上设急停按钮；防护门设紧急开门设施； ④通风：设备顶部安装机械排风扇，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次； ⑤铅房周围（含防护门）等醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志； ⑥铅房内安装摄像头； ⑦每名辐射工作人员均配备个人剂量计，配置 1 台个人剂量报警仪、1 台便携式 X-γ剂量率仪和 1 套固定式场所辐射探测报警装置。	符合相关要求

表 12 辐射安全管理

5	人员要求	配置不少于 2 名辐射工作人员，持证上岗，定期进行复训。		环境保护令第 3 号、第 18 号
6	电离辐射	剂量管理目标限值	辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ 公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
		屏蔽体外剂量率控制	工业 CT 屏蔽箱体外 30cm 处周围剂量当量率应满足：右侧 $\leq 0.36\mu\text{Sv/h}$ ，左侧 $\leq 1.82\mu\text{Sv/h}$ ，前侧 $\leq 0.38\mu\text{Sv/h}$ ，后侧、顶棚、底板 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	

表 13 结论和建议

13.结论

13.1 项目概况

在海辰公司凹版车间 1 层预留的测试房 1 内配置 1 台工业 CT，用于对生产的电芯进行 X 射线无损检测。用房建筑面积约 32m²。

项目总投资 280 万元，其中环保投资约 5 万元。

13.2 产业政策符合性

项目属于《产业结构调整指导目录》（2024 年本）“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 1 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

13.3 实践正当性

项目使用工业 CT 开展工件无损质量检验，确保工件质量。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。

13.4 辐射环境质量现状

拟建项目所在位置环境 γ 剂量率的监测值在72nGy/h~85nGy/h之间（未扣除宇宙射线响应值），根据《2023年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版），2023年重庆市X- γ 辐射累积剂量监测结果，累积剂量测得的 γ 辐射空气吸收剂量率年均值为76.8~93.3nGy/h之间（未扣除宇宙射线响应值）。因此，项目所在场址及邻近环境的环境 γ 辐射剂量率与重庆市2023年环境 γ 辐射剂量率相比，在其正常涨落范围内。

13.5 选址可行性及布局合理性

本项目工业 CT 拟安装在制造中心及研发中心凹版车间 1F 中部的预留测试房 1 内，凹版车间为 1/3F 建筑，无地下室。测试房 1 上方为 2F 吊顶区和 3F 的厂房（现状为空房间），四周相邻区域分别为走廊、测试房 2、打包区（含风淋室）等。工业 CT 固定安装在测试房 1 内，内部无其他人员活动，有利于辐射防护。本项目检测工件来源为凹版车间的电芯生产厂房，均位于本项目附近，便于检测工作开展。根据辐射环境监测结果，本项目所在区域环境 γ 辐射剂量率在重庆市整体辐射水平

表 13 结论和建议

的正常涨落范围内。因此，项目整体选址合理。

本项目工业 CT 自带铅房，设备固定安装在测试房 1 内东南侧，与测试房 1 的四周墙体均有一定的距离。本项目检测对象均为电芯，设置 1 个进料门并由自动上料系统进行上料和出料，进样门位于铅房西北侧即正面。设备的操作和图像处理均在测试房 1 北侧一角的计算机上，距离设备有一定的距离，能增加放射工作人员与辐射源之间的距离，减少影响。铅房共设置 2 个设备检修门，位于铅房后侧，其中左侧门（后视图的左侧，下同）属于主射线投照范围，右侧门不在主射线投照范围内，左侧门与主线束方向铅房屏蔽体防护厚度一致。测试房 1 内布局单一，不放置与本项目不相关的设施设备，自动上料系统配置 4 个上料小车，可以轮流运输工件，布置在测试房 1 门口，便于待检工件和已检工件的运输。因此，本项目平面布局合理。

13.6 辐射防护与安全措施

建设单位拟对工作场所进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为工业 CT 设备内，监督区范围为测试房 1。

拟采购设备自带有多种固有安全性，如：开机时系统自检、过电流保护、过电压保护、失电流保护、X 射线球管超温保护等，能很好的保证工业 CT 自身的稳定性和安全性。

工业 CT 右侧箱体（主射线方向）屏蔽厚度均为 2mm 钢+15mmPb+2mm 钢，顶棚主屏蔽带及其外 290mm、前侧主屏蔽带及其外 230mm 屏蔽厚度为 2mm 钢+15mmPb+2mm 钢，主射线方向检修门屏蔽厚度为 2mm 钢+15mmPb+2mm 钢，其余箱体、检修门、进料门的屏蔽厚度均为 2mm 钢+10mmPb+2mm。铅房主体结构焊接密闭，设置 10mmPb 管线口防护罩，不影响屏蔽防护效果。防护门与设备屏蔽箱体之间有足够的搭接宽度。

工业 CT 内外均拟安装紧急停机按钮，拟设置门机联锁装置、灯机联锁装置、声光警示装置、视频监控系统，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。

表 13 结论和建议

工业 CT 安装有机械排风系统，具有良好的通风，每小时换气次数满足标准规定的 3 次/h。

综上所述，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.7 环境影响分析结论

根据核算，在屏蔽体设计厚度下，设备工作时，工业 CT 屏蔽箱体、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率满足右侧 $\leq 0.36\mu\text{Sv/h}$ ，左侧 $\leq 1.82\mu\text{Sv/h}$ ，前侧 $\leq 0.38\mu\text{Sv/h}$ ，后侧、顶棚、底板 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 的控制要求。辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

本项目运行时，在周围环境保护目标处的辐射影响很小，对其产生的影响有限，能为环境所接受。

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。

13.8 事故风险分析结论

本项目可能产生的辐射事故主要包括人员误入铅房内、屏蔽体变形等使人员受到意外照射等，可能发生一般辐射事故。本项目在采取相应措施后风险可防可控。公司制订的辐射事故应急预案和安全规章制度内容较全面、措施可行，在进一步完善和后应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.9 辐射环境管理

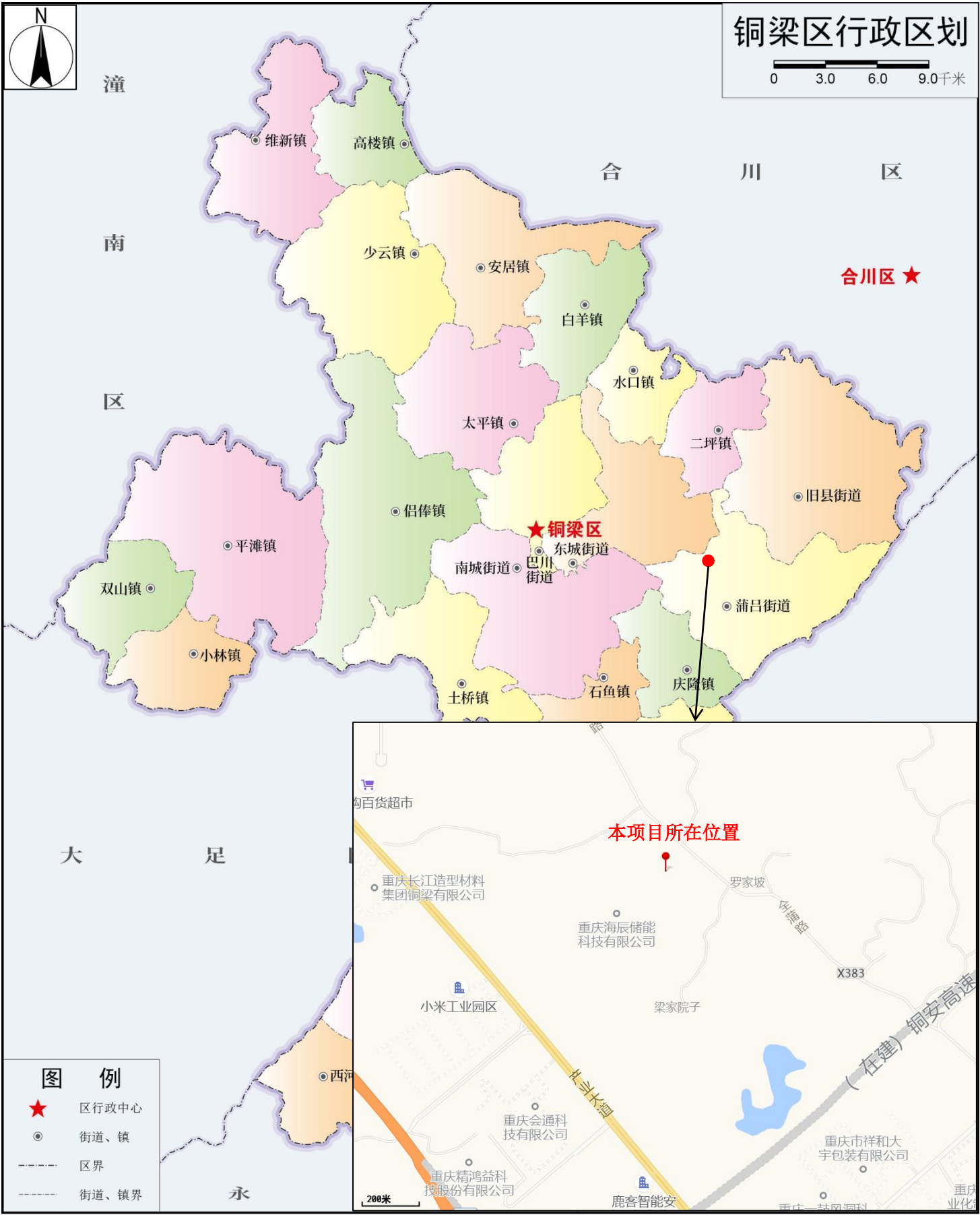
本项目运行前，建设单位将按照要求组织辐射工作人员进行辐射防护培训并持证上岗，工作时必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排健康体检。建设单位制定有操作流程、设备维修、人员培训、工作场所监测等制度。制定详实、可操作性

表 13 结论和建议

强的应急预案，配备相关应急物资并定期开展应急演练。公司还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

13.10 综合结论

综上所述，厦门海辰储能西南智能制造中心及研发中心项目（一期）-工业 CT 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，风险可防可控，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 1 项目所在地理位置示意图