

核技术利用建设项目

重庆弗迪锂电池配套零部件生产项目
(ME 品质探伤部分)
环境影响报告表

(公示版)

建设单位：重庆弗迪锂电池有限公司

编制单位：四川众望安全环保技术咨询有限公司

编制时间：2025年3月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

重庆弗迪锂电池配套零部件生产项目
(ME 品质探伤部分)
环境影响报告表

建设单位名称：重庆弗迪锂电池有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

何龙

通讯地址：重庆市璧山区青杠街道虎峰大道8号

邮政编码：404100

联系人：兰豪

电子邮箱：[REDACTED].com 联系电话：186[REDACTED]1112

编制单位和编制人员情况表

项目编号	5rweiy		
建设项目名称	重庆弗迪锂电池配套零部件生产项目 (ME品质探伤部分)		
建设项目类别	55-172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆弗迪锂电池有限公司		
统一社会信用代码	91500227MA60E2DF5F		
法定代表人 (签章)	何龙		
主要负责人 (签字)	田维浩		
直接负责的主管人员 (签字)	涂中洪		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	四川众望安全环保技术咨询有限公司		
统一社会信用代码	915101057566343298		
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
张海波	2014035510350000003512510517	BH017375	张海波
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张海波	全部	BH017375	张海波
张磊	全部	BH035956	张磊



统一社会信用代码

915101057566343298

营业执照

(副本)

副本编号：7-1



扫描二维码登录
“国家企业信用
信息公示系统”
了解更多登记、
备案、许可、监
管信息。

名称 四川众望安全环保技术咨询有限公司

注册资本 壹仟万元整

类型 有限责任公司(自然人投资或控股)

成立日期 2020年01月29日

法定代表人 潘祖高

经营范围

一般项目：环保咨询服务；安全咨询服务；工程造价咨询；消防技术服务；水利相关咨询服务；水文服务；地质工程技术服务；合同能源管理；节能管理服务；工程管理服务；技术服务（规划、勘察、设计、监理除外）；土地调查服务；环境保护监测；系统集成服务；信息技术咨询服务；信息系统运行维护服务；数字内容制作服务（不含文字发表）；承接档案服务外包；软件开发；土壤环境污染防治服务；水污染治理与修复服务；水土流失防治服务；基础地质服务；地质勘查技术服务；人工智能行业应用系统集成服务；软件销售；规划设计管理；环境保护专用设备销售；生态环境监测及检测仪器仪表销售；业务培训（不含教育培训、职业技能培训等需取得许可的培训）（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）许可项目：安全评价业务；职业卫生技术服务；放射卫生技术服务；地质灾害危险性评估；检验检测服务；建设工程施工；建设工程监理；建设工程勘察；第二类增值电信业务；互联网信息服务。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）

登记机关

2024年11月22日

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
No. HP 00014835



张海波 00014835

持证人签名:

Signature of the Bearer

2014035510350000003512510517

管理号:
File No.

姓名: 张海波
Full Name
性别: 男
Sex
出生年月: 1971年07月
Date of Birth
专业类别: /
Professional Type
批准日期: 二〇一四年八月二十八日
Approval Date

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2014年 09 月 28 日
Issued on



表 1：项目基本情况

建设项目名称		重庆弗迪锂电池配套零部件生产项目（ME 品质探伤部分）			
建设单位		重庆弗迪锂电池有限公司			
法人代表	何龙	联系人	兰豪	联系电话	186****1112
注册地址		重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号			
建设地点		璧山区青杠街道虎峰大道 8 号 25#厂房一楼东侧 CT 室			
立项审批部门		重庆市璧山区发展和改革委员会	批准文号	2312-500120-04-01-952395	
建设项目总投资(万元)	400	项目环保投资(万元)	16.6	投资比例（环保投资/总投资）	4.15%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它		占地面积(m ²)	40
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	/			
	项目概述 一、概况 1、建设单位简介 重庆弗迪锂电池有限公司于 2019 年 06 月 12 日成立。法定代表人何龙，公司经营范围包括：一般项目：锂离子电池及材料的研发、生产和销售；小型储能系统及模组梯次利用的设计、制造；汽车关键零部件的研发、生产和销售；继电器、电容器、熔断器、电池保护箱、维修开关、注塑件、冲压件、压铸件、电池结构件、汽车液冷管的研发、生产和销售；电池的生产设备、夹具、模具的研发、生产和销售；电池管理系统的研发、生产和销售；电池包拆分的工艺设计、生产及拆分产物的销售；从事货物及技术进出口业务（国家禁止或涉及行政审批的货物和技术进出口除外）等。 2、项目由来 根据重庆弗迪电池有限公司的相关工艺，电池、结构件等在车间经过表面				

检测、物理检测等工艺，发现表面存在问题的电池、结构件等样品后，需要对其内部结构进行检测，并根据内部的检测情况，判定其是否合格。

为检测电池、结构件等的内部结构，提高产品质量，重庆弗迪电池有限公司拟在 25#厂房东侧 CT 室新增 1 台高分辨工业 CT 系统（HR300C 型，II 类射线装置，以下简称工业 CT），主要用于电池、结构件等的无损检测。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据对照《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），工业 CT 系统属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）的要求，本项目属于“172 核技术利用建设项目，生产、使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。因此，重庆弗迪锂电池有限公司委托四川众望安全环保技术咨询有限公司开展环境影响评价工作。我单位接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成该项目的辐射环境影响报告表。

二、项目概况

1、建设规模

本项目配置 1 套定向型工业 CT 系统开展无损检测工作，型号为 HR300C 型（最大管电压 300kV，最大管电流 3mA），工业 CT 系统带有专用屏蔽铅房，铅房与装置主体结构一体设计和制造，项目总占地面积约 40m²。本项目不涉及室外探伤操作，项目的建设内容见下表。

表 1-1 项目建设内容表

装置名称	射线装置类别	数量（台）	工作场所名称	活动种类	备注
HR300C 型高分辨工业 CT 系统	II 类	1 台	25#厂房一楼东侧 CT 室	使用	新增

2、项目组成及主要环境问题

具体项目组成及主要的环境问题见下表。

表 1-2 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	营运期
主体工程	设备	在 25#厂房（3F，净空高度 23m，总建筑面积 13000m ² ）拟建 CT 室（面积 40m ² ，高度 3m）内新增 1 套定向型工业 CT，型号为 HR300C 型（最大管电压 300kV，最大管电	施工噪声、施工废水等	X 射线、臭氧、NOx、

		流 3mA），固定安装于厂房内的铅房内，铅房外尺寸：3500mm（长）×2400mm（宽）×2750mm（高），内尺寸：3200mm（长）×2200mm（宽）×2300mm（高）； 工件门（自动门）位于铅房正面，尺寸：1300mm（宽）×1900mm（高）；工件门（自动门）屏蔽设计：2mm 钢板+20mm 铅板+2mm 钢板； 大维修门位于铅房背面，尺寸 2700mm（宽）×2239mm（高），小维修门位于铅房背面，尺寸 580mm（宽）×1646mm（高），维修门屏蔽设计：2mm 钢板+20mm 铅板+2mm 钢板； 工件门（自动门）上观察窗尺寸：300mm（宽）×400mm（高），观察窗屏蔽设计：铅玻璃厚度 65mm，铅当量 20mmPb； 铅房各面屏蔽体为钢+铅+钢结构，CT 房自带铅房屏蔽体，防护面均为铅钢结构。 装置左侧（射线源正照面，西南侧）为 2mm 钢板+24mmpb 铅板+2mm 钢板； 装置右侧（东北侧）为 2mm 钢板+19mmpb 铅板+2mm 钢板； 装置正面（东南侧）为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板； 装置背面（西北侧）为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板； 装置顶部为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板； 装置底部为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板； 排风出口、管线口通过“L”字型铅罩穿出铅房； 门缝：铅防护门与墙体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙； 设备冷却方式为水冷。	噪声
	电控柜及操作台	电控柜位于铅房右侧（东北侧），距离 0.6m，操作台位于铅房右侧（东北侧），距离约 0.8m。	/
公用工程	供电系统	依托厂房供配电系统，厂房用电来源于市政供电。	/
	给水系统	依托厂区给水管网。	/
环保工程	废水处理	项目工作人员生活污水依托厂内污水处理装置处理后进入市政污水管网随后进入璧山高新区污水处理厂处理。	废水
	固废处理	项目工作人员生活垃圾依托公司现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。报废的工业 CT 机按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，交	/

		有资质单位回收，保留回收手续并做好相关记录存档。		
	噪声治理	产噪设备如风机等，采取基础减振、厂房隔声等措施。		噪声
	废气治理	工业 CT 系统工作时产生的废气经铅房顶部排风扇排至 CT 室，再经 CT 室换气扇排至 25#车间内，最终经 25#车间无组织排放至大气环境；铅房配有 2 台风机，一用一备，每台风量约 300m ³ /h，换气次数为 13 次/h。		废气
	辐射防护	工业 CT 系统带屏蔽铅房，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。铅房采用钢+铅+钢的屏蔽结构。		/

3、主要设备配置及主要技术参数

本项目主要的设备配置见下表。

表 1-3 主要设备配置及主要技术参数

项目		参数		
型号		HR300C		
销售厂家		北京光影智测科技有限公司		
输出	最大管电压 (kV)	300		
	最大管电流 (mA)	3		
	最大管电压下最大管电流 (mA)	1.67		
	额定功率 (W)	500		
	辐射角	锥束 40°		
	距辐射源点 (靶点) 1m 处 X 射线输出量发射率	2mGy•m ² • (mA•min) ⁻¹		
距离箱体表面 20mm 处辐射泄漏率		≤1.0μSv/h		
运行参数	单次扫描最大曝光时间 min	3min	16min	60min
	年最大曝光次数	5000 次	1500 次	50 次
主射方向		向左 (以工件自动门为正面)		
过滤板厚度		3mmCu		
照射方式		定向		
成像方式		实时成像		
铅房尺寸		长×宽×高 (内尺寸): 3.2m×2.2m×2.3m 长×宽×高 (外尺寸): 3.5m×2.4m×2.75m		
自动门尺寸		1300mm×1900mm		
观察窗尺寸		300mm×400mm		

4、工作人员及工作制度

(1) 工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 330 天，年工作周数 52 周，平均每周工作 6.35 天，每周开展小时数为 13.46h，年累计出束时间为 700h。

(2) 人员配置：本项目新增 3 名辐射工作人员 (姚永林、曹雪苹、罗新瑞) 为现有厂内其他非辐射工作岗位调剂而来，全厂不新增劳动定员，每名辐

射工作人员检测工作时间不均分，但仅从事本项目设备的操作。

5、检查工件情况

本项目对建设单位工件进行 X 射线无损检测。检测工件的参数见表。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工件名称	材质	尺寸	年检测数量
电池、结构件	铝合金、磷酸铁锂、碳	1200mm×300mm×250mm 1200mm×50mm×250mm 800mm×170mm×330mm	6550 件

6、计划工作量

根据建设单位提供数据，本项目对公司生产的产品进行无损检测，其中 5000 件单次曝光时间最长为 3min，1500 件单次曝光时间最长为 16min，50 件单次曝光时间最长为 60min。预计全年曝光总时长约 700h，其工作情况见下表。

表 1-5 X 射线实时成像装置工作负荷一览表

设备型号	最长单次曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间
HR300C 型	3min	5000 次	250h
	16min	1500 次	400h
	60min	50 次	50h

7、依托可行性

项目依托可行性分析见下表。

表 1-6 项目依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
公用工程	供配电系统	项目区为市政供电，依托厂区公用设施。	可行
	给排水系统	项目区为市政给水管网，依托厂区公用设施。	可行
环保工程	生活污水	生活污水不新增，依托厂区东侧中部已建的污水处理设施（设计处理规模 2000m ³ /d）处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入污水管网，进入璧山高新区污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入璧南河。	可行
	一般固废	生活垃圾不新增，依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门处理。	可行

三、项目选址、外环境关系、布局合理性及实践正当性分析

1、工作场所选址合理性分析

本项目位于重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号重庆弗迪锂电池有限公司现有的 25 号厂房内，厂界周围均属于工业区，厂房周围为厂区其他厂房或者厂内道路。项目位于 25 号厂房东侧，公司实行封闭式管理，非厂内工作人员未经允许不得入内，铅房远离公司办公人员活动区域和其他生产区域，因此，铅房周围活动人员较少，有利于减少无损检测对公众成员的影响。厂房内铅房西南

侧为拟建线切割区，隔线切割区为铣床区和车床区，东北侧和东南侧为三坐标室，北侧为 CNC 区和磨床区，西侧为线切割区和 CNC 精铣区，南侧为 CNC 区、烧焊区，铅房顶部架空区距离本厂房二层底部距离约为 3m，二层对应区域主要为共同区实验室，三层对应区域主要为成品中间仓库。

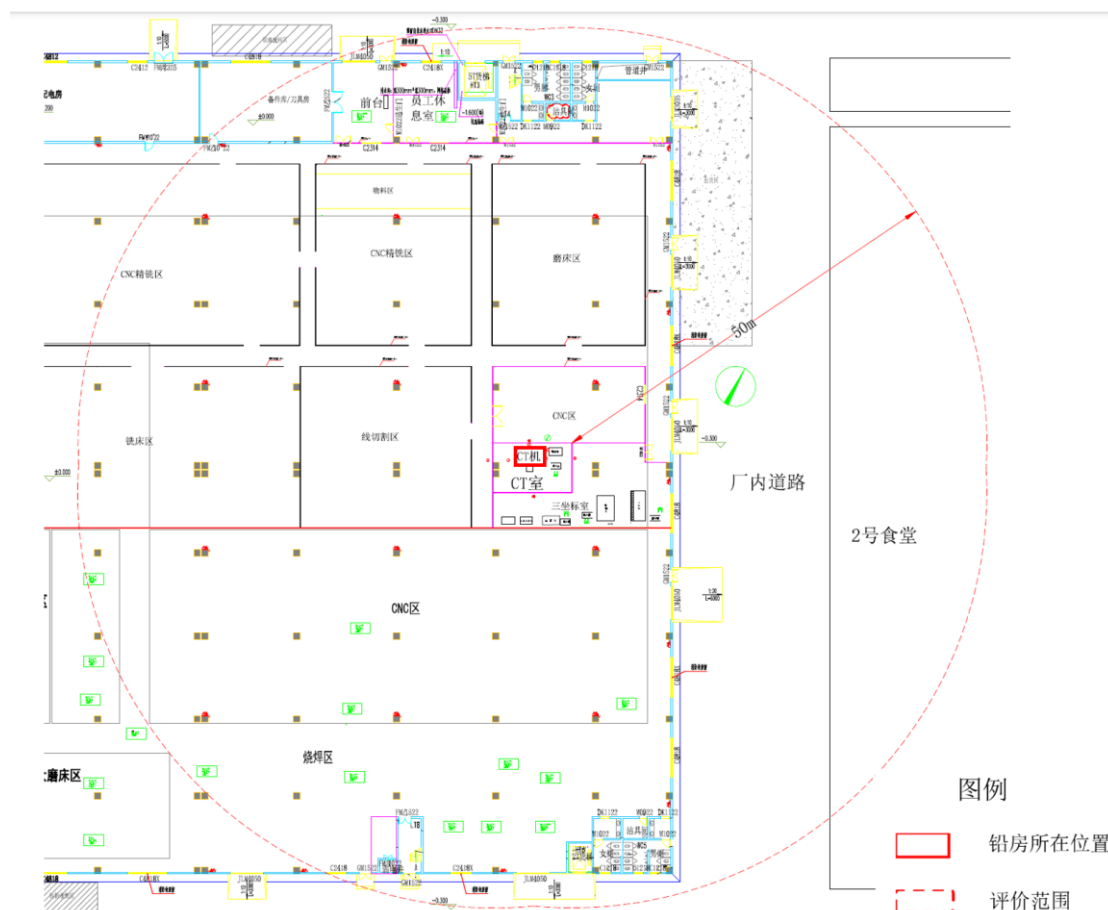


图 1-1 项目外环境关系图

根据现场踏勘，本项目铅房位于 25 号厂房一层，50m 评价范围内主要为公司其他的生产车间或办公室，外环境关系详见下表。

表 1-7 本项目外环境关系表

名称	人数	位置	高差	与铅房水平最近距离，约
CNC 区	30 人	南侧	0	7.4m
烧焊区	50 人		0	31m
25#车间南侧 厂区内道路	50 人/天（流动人员）		0	49m
西侧车间内走廊	20 人/天（流动人员）	西侧	0	2.6m
西侧 CNC 精铣区	10 人		0	28.6m
北侧 CNC 区	10 人	北侧	0	1.5m
北侧车间内走廊	20 人/天（流动人员）		0	9.7m
磨床区	10 人		0	12.2m
东北侧三坐标室	2 人	东北侧	0	3.4m

25#车间东北侧 厂区内道路	50 人/天（流动人员）		0	16.4m
员工食堂	200 人/天（流动人员）		0	35.4m
东南侧三坐标室	3 人	东南侧	0	3.1m
线切割区	2 人	西南侧	0	5.2m
铣床区	20 人		0	25.9m
西北侧 CNC 精铣区	10 人	西北侧	0	13.2m
CNC 精铣物料区	10 人		0	29m
磨床区西北侧车间内走廊	20 人/天（流动人员）		0	34.1m
员工休息室	20 人/天（流动人员）		0	36.6m
车间内厕所	30 人/天（流动人员）		0	36.6m
备件库/刀具房	10 人		0	42.6m
25#车间西北侧 厂区内道路	50 人/天（流动人员）		0	46.5m
车间 2 层共同区实验室	80 人	上侧	+6.3	/
车间 3 层成品中间仓库	40 人		+13.3	/



拟建 CT 室处



CT 室南侧拟建三坐标区



CT 室北侧拟建 CNC 区和磨床区



CT 室东侧车间外道路

图 1-2 项目外环境关系现状

同时，本项目所在厂区厂房属于重庆弗迪锂电池配套零部件生产项目，并于 2024 年 7 月 30 日取得重庆市建设项目环境影响评价文件批准书（渝（璧山）环准〔2024〕71 号）。建设单位所在厂房整体项目选址合理性已在《重庆弗迪锂电池配套零部件生产项目环境影响报告表》中进行了论述，本项目仅为整体项目的配套建设项目，不新增用地，本项目所在位置及周围环境 γ 剂量率的监

测值在 55nGy/h~66nGy/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）》（重庆市生态环境局），重庆市的环境地表伽玛空气吸收剂量率年均值范围为 76.8nGy/h~93.3nGy/h，平均值为 87.0nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。两者相比，在统计范围内无明显差异，属于当地正常天然本底辐射水平。拟建设的辐射工作场所将按照相关规范要求采用良好的实体屏蔽设施和安全防护措施，产生的电离辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

2、布局合理性分析

本项目工业 CT 系统铅房位于 25#厂房内东侧，该铅房西南侧为拟建线切割区，隔线切割区为铣床区和车床区，东北侧和东南侧为三坐标室，北侧为 CNC 区和磨床区，西侧为线切割区和 CNC 精铣区，南侧为 CNC 区、烧焊区，铅房顶部距离本厂房二层底部距离约为 3m，二层对应区域主要为共同区实验室，三层对应区域主要为成品中间仓库。铅房内射线照射方向为西南侧，高压发生器、控制柜等均位于铅房外的东侧电柜箱内（距离约 0.6m），待检产品放置在铅房控制柜的东南侧，铅房工件门（自动门）位于铅房正面（东南侧），便于与生产工艺进行衔接，厂房内人员活动主要集中在西北侧和东北侧，车间布局图具体见附图 6。

本项目 X 射线实时成像工作区主要由铅房、操作台组成，其中操作台布置于铅房东侧，布局较为紧凑。整个铅房设置避开了公司内部人群较多的办公场所，且于该区域其它非辐射工作人员活动区避开一定距离，整个铅房相对独立，工业 CT 系统工作过程产生的 X 射线经屏蔽墙和屏蔽门屏蔽后并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。本项目 X 射线实时成像工作区的平面布置既便于各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理可行的。

3、与周边环境的相容性分析

项目利用厂房内现有完善的水资源供给系统，生活污水排入市政污水管网，不会对当地水质产生明显影响；本项目运行阶段产生的电离辐射经铅房有效屏蔽后对周围环境影响较小，同时本项目建设不占用公司消防通道和内部公

共设施，与公司内部原有布置及周围环境相容。

4、实践正当性

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用，本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在探伤过程中射线装置的应用可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响，同时射线装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故。

建设单位在 X 射线装置使用过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

四、与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

1、核技术利用现状

根据现场调查和咨询，本项目所在厂区厂房属于重庆弗迪锂电池配套零部件生产项目，并于 2024 年 7 月 30 日取得重庆市建设项目环境影响评价文件批准书（渝（璧山）环准〔2024〕71 号）。

重庆弗迪锂电池有限公司现有 1 台 II 类射线装置（位于 4#车间 1 楼）、2 台 III 类射线装置（分别位于 4#车间 1 楼，17#车间 1 楼）、42 枚 Kr-85 V 类（ $1.11\text{E}+10\text{Bq}$ ）放射源（5#厂房 12 枚，6#厂房 12 枚，16-1 厂房 18 枚），具体布置详见图 1-3 及附图 8，均已进行了辐射环境影响评价工作，取得了环评批复，并取得重庆市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（渝环辐证〔00798〕），有效期至 2029 年 5 月 26 日），使用许可场所为璧山区青杠街道虎峰大道 8 号，并完成了验收。上述辐射设备及放射源运行至今使用情况良好，工作场所现有辐射工作人员均建立了个人剂量档案和健康档案。建设单位现有射线装置和射线源基本情况见表 1-8、1-9。

表 1-8 现有项目射线源基本情况一览表

序号	核素名称	出厂日期	出厂活度（贝可）	编码	使用或闲置	使用场所
1	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR004395	使用	负极制片车间
2	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR004415	使用	
3	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR004425	使用	
4	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR004435	使用	
5	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR004155	使用	
6	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR004165	使用	
7	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR004175	使用	正极制片车间
8	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR004445	使用	
9	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR003885	使用	
10	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR003895	使用	
11	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR003905	使用	
12	Kr-85	2019/9/17	1.11E+10	DE19KR003915	使用	
13	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002345	使用	负极制片车间
14	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002535	使用	
15	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002375	使用	
16	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002385	使用	
17	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002415	使用	正极制片车间
18	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002355	使用	
19	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002365	使用	负极制片车间
20	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002445	使用	正极制片车间
21	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002455	使用	
22	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002435	使用	
23	Kr-85	2020/5/5	1.11E+10	DE20KR002405	使用	负极制片车间
24	Kr-85	2020/1/20	1.11E+10	DE20KR000335	使用	正极制片车间
25	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000715	使用	制片车间
26	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000725	使用	
27	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000735	使用	
28	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000745	使用	
29	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000755	使用	
30	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000765	使用	
31	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000695	使用	
32	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000805	使用	
33	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000705	使用	
34	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000545	使用	

35	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000635	使用	
36	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000625	使用	
37	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000605	使用	
38	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000615	使用	
39	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000595	使用	
40	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000575	使用	
41	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000565	使用	
42	Kr-85	20210202	1.11E+10	DE21KR000555	使用	

表 1-9 现有项目射线装置基本情况一览表

序号	装置名称	型号	数量	参数	用途	类别	使用场所	备注
1	自屏蔽式 X 射线探伤装置（使用）	nanoVoxe l-5000	1 台	225kV 3mA	工业探伤	III	品质测试中心 1 楼	已有
2	工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	HR225C	1 台	225kV 3mA	工业探伤	II		已有
3	自屏蔽式 X 射线探伤装置（使用）	UND160	1 台	160kV 3.12mA	工业探伤	III	重庆三车间	已有

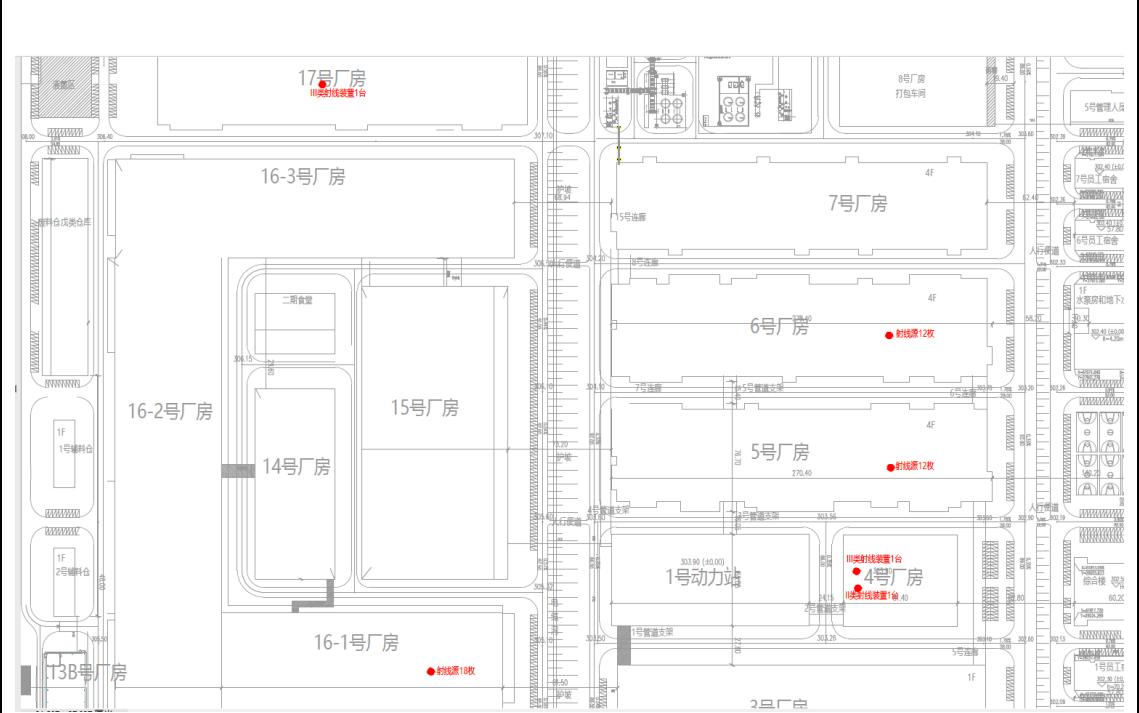


图 1-3 现有辐射源及辐射装置所在位置示意图

2、原有辐射工作人员配置及剂量监测情况

重庆弗迪锂电池有限公司现有辐射工作人员 93 名，本项目新增 3 名辐射工作人员。建设单位已为既有辐射工作人员配备个人剂量计，保证所有辐射工作

人员在进行辐射工作时专人佩戴，且每季度送有资质单位检测个人剂量，建立了个人剂量健康档案。建设单位既有辐射工作人员 2024 年年度个人剂量统计情况见表 1-10（检测报告详见附件 6）。

根据表 1-10 可知，在正常工作情况下，2024 年度辐射人员个人剂量监测结果均符合国家相关标准的要求，辐射工作场所屏蔽体外监测点位的辐射剂量率均小于 2.5 μ Sv/h 的最高剂量率参考控制水平，符合国家现相关标准要求，检测报告详见附件 6。

建设单位每年委托有资质单位对已运行的射线装置机房、密封放射源使用场所周围辐射环境进行了监测，各工作场所屏蔽能力满足要求。自投入运营以来未发生辐射安全事故和投诉事件，无环保投诉和环保遗留问题。

3、现有辐射人员培训情况

重庆弗迪锂电池有限公司现有辐射工作人员均在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加了辐射安全与防护培训，并取得了培训合格证书，所有人员证书均在有效期内，现有辐射工作人员培训及 2024 年剂量检测情况见表 1-10。

表 1-10 现有辐射工作人员培训及检测情况一览表

序号	姓名	工作岗位	培训时间	证书编号	2024 年剂量/mSv	目标管理值/mSv	是否达标
1	陈鹏	涂布	2020.1	FS20CQ1400018	0.15	5	达标
2	何建	涂布	2020.1	FS20CQ1400013	0.13	5	达标
3	游宇	涂布	2021.5.28	FS21CQ1400044	0.16	5	达标
4	陈世伟	涂布	2021.7.23	FS21CQ1400055	0.08	5	达标
5	赵方元	涂布	2021.7.23	FS21CQ1400056	0.1	5	达标
6	徐红	涂布	2021.7.23	FS21CQ1400057	0.1	5	达标
7	刘型强	涂布	2022.6.27	FS22CQ1400022	0.14	5	达标
8	徐海龙	涂布	2022.6.27	FS22CQ1400025	0.19	5	达标
9	补丹	涂布	2022.6.27	FS22CQ1400026	0.02	5	达标
10	陈晓霞	涂布	2022.6.27	FS22CQ1400029	0.15	5	达标
11	罗江六	涂布	2022.6.27	FS22CQ1400030	0.1	5	达标
12	鄢朝玫	涂布	2022.6.27	FS22CQ1400031	0.1	5	达标
13	陈秋利	涂布	2022.6.27	FS22CQ1400035	0.1	5	达标
14	殷友铃	涂布	2022.7.20	FS22CQ1400061	0.08	5	达标
15	吕成名	涂布	2022.7.20	FS22CQ1400057	0.11	5	达标
16	谢伟	涂布	2022.7.20	FS22CQ1400054	0.09	5	达标
17	舒少峰	涂布	2022.7.20	FS22CQ1400058	0.13	5	达标
18	陈华杨	涂布	2022.7.20	FS22CQ1400056	0.1	5	达标
19	李雨松	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400074	0.09	5	达标
20	郑古燕	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400087	0.1	5	达标
21	程军	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400082	0.13	5	达标

22	黄少梅	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400098	0.27	5	达标
23	胡顺金	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400071	0.15	5	达标
24	闫文娟	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400079	0.11	5	达标
25	安达会	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400078	0.1	5	达标
26	陶晟军	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400075	0.15	5	达标
27	陈丹	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400106	0.1	5	达标
28	伍友玲	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400107	0.12	5	达标
28	余忠锦	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400093	0.08	5	达标
30	杨斌	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400103	0.15	5	达标
31	赵海霞	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400105	0.09	5	达标
32	胡迎春	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400081	0.13	5	达标
33	王玉	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400076	0.11	5	达标
34	谭富强	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400077	0.1	5	达标
35	温陶	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400102	0.11	5	达标
36	谭勇	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400083	0.18	5	达标
37	蔡鹏君	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400104	0.1	5	达标
38	张成成	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400090	0.13	5	达标
39	刘边强	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400101	0.16	5	达标
40	李顺意	涂布	2022.8.17	FS22CQ1400085	0.1	5	达标
41	古小莲	涂布	2022.9.15	FS22CQ1400144	0.15	5	达标
42	潘海霞	涂布	2022.9.15	FS22CQ1400141	0.14	5	达标
43	倪红	涂布	2022.9.15	FS22CQ1400129	0.1	5	达标
44	殷秋芳	涂布	2022.9.15	FS22CQ1400137	0.04	5	达标
45	黄小雪	涂布	2022.9.15	FS22CQ1400136	0.11	5	达标
46	张宏伟	涂布	2022.9.15	FS22CQ1400134	0.12	5	达标
47	方子维	涂布	2022.9.15	FS22CQ1400130	0.08	5	达标
48	肖坤	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400008	0.11	5	达标
49	刘璨	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400002	0.08	5	达标
50	宋玉建	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400017	0.13	5	达标
51	陈禾	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400009	0.06	5	达标
52	余飞	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400016	0.02	5	达标
53	丁紫薇	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400018	0.02	5	达标
54	谢雕	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400003	0.08	5	达标
55	张金花	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400020	0.21	5	达标
56	叶德志	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400010	0.04	5	达标
57	刘兴强	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400011	0.11	5	达标
58	陈宗玲	涂布	2023.1.12	FS23CQ1400007	0.08	5	达标
59	刘贞玲	涂布	2023.2.25	FS23CQ1400065	0.08	5	达标
60	任杰	涂布	2023.2.25	FS23CQ1400071	0.11	5	达标
61	陶国庆	涂布	2023.2.25	FS23CQ1400066	0.02	5	达标
62	冯定国	涂布	2023.2.25	FS23CQ1400069	0.1	5	达标
63	黄滔	涂布	2023.2.25	FS23CQ1400070	0.06	5	达标
64	胡映林	涂布	2023.2.25	FS23CQ1400064	0.04	5	达标
65	马朝波	涂布	2023.2.25	FS23CQ1400067	0.11	5	达标
66	杨文星	涂布	2023.3.24	FS23CQ1400101	0.06	5	达标
67	魏澄澄	涂布	2023.3.24	FS23CQ1400104	0.09	5	达标
68	朱海燕	涂布	2023.3.24	FS23CQ1400121	0.08	5	达标
69	冯勤	涂布	2023.3.24	FS23CQ1400114	0.08	5	达标
70	林德娟	涂布	2023.3.24	FS23CO1400109	0.06	5	达标

71	安昌秀	涂布	2023.3.24	FS23CQ1400115	0.1	5	达标
72	古芳滕	涂布	2023.3.24	FS23CQ1400103	0.11	5	达标
73	霍利容	涂布	2023.3.24	FS23CQ1400113	0.1	5	达标
74	高冬梅	涂布	2023.3.24	FS23CQ1400116	0.1	5	达标
75	王明兰	涂布	2023.3.24	FS23CQ1400111	0.13	5	达标
76	吴小梅	涂布	2023.4.21	FS23CQ1400131	0.09	5	达标
77	周瑜	涂布	2023.4.21	FS23CQ1400124	0.08	5	达标
78	黄美波	涂布	2023.4.21	FS23CQ1400132	0.04	5	达标
79	程代杨	涂布	2023.4.21	FS23CQ1400139	0.11	5	达标
80	陈学忍	涂布	2023.4.21	FS23CQ1400140	0.06	5	达标
81	刘又铭	涂布	2023.4.21	FS23CQ1400129	0.1	5	达标
82	淡海龙	涂布	2023.4.21	FS23CQ1400142	0.08	5	达标
83	伍春涵	涂布	2023.4.21	FS23CQ1400136	0.13	5	达标
84	易永文	涂布	2023.5.24	FS23CQ1400162	0.1	5	达标
85	郭浩	涂布	2023.5.24	FS23CQ1400161	0.1	5	达标
86	程政	涂布	2023.5.24	FS23CQ1400160	0.02	5	达标
87	左启航	涂布	2023.5.24	FS23CQ1400163	0.11	5	达标
88	胡强	涂布	2023.6.28	FS23CQ1400176	0.02	5	达标
89	李美林	涂布	2023.6.28	FS23CQ1400188	0.08	5	达标
90	胡志东	涂布	2023.6.28	FS23CQ1400185	0.04	5	达标
91	何容	涂布	2023.6.28	FS23CQ1400177	0.04	5	达标
92	付春燕	涂布	2023.8.18	FS23CQ1400210	0.1	5	达标
93	王成	涂布	2023.11.20	FS23CQ1400261	0.1	5	达标

注：①检测结果均已扣除对照剂量；②监测结果小于 MDL 值时，数据记录为 MDL 值的一半，即 0.02mSv；③由于建设单位个人剂量监测服务采购周期与自然年不一致，因此 2024 年度由 2 个公司分别提供上下半年的个人剂量监测服务，无统一年剂量报告，表中数据为环评累加所得。

由上表可知，重庆弗迪锂电池有限公司现有辐射工作人员均已进行了培训且取得证书，2024 年度辐射人员个人剂量监测结果均符合国家相关标准要求。本项目新增的 3 名辐射工作人员（姚永林、曹雪苹、罗新瑞）为现有厂内其他非辐射工作岗位调剂而来，全厂不新增劳动定员，3 名人员仅从事本项目设备的操作，均已在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）培训并考核合格，且已取得辐射考试合格证书，证书编号分别为 FS25CQ1200025、FS25CQ1200017、FS24CQ1200269。本项目运行后，公司将继续按照人员培训组织辐射工作人员进行辐射安全和防护培训。

4、射线装置安全和防护状况年度评估报告情况

重庆弗迪锂电池有限公司于 2024 年 1 月编制了《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告表（2023 年度）》，并在全国核技术利用辐射安全申报系统上进行了提交。该年度评估报告内容包括建设单位基本信息、辐射安全和防护设施和监测设备的运行与维护情况、辐射安全管理制度、辐射工作人员安全培训管理情况、辐射工作人员个人剂量检测情况、本年度核技术应用

项目的办理情况、工作场所辐射环境监测情况、辐射事故及应急响应情况、存在的安全隐患及其整改情况、其他有关法律法规的落实情况等内容。

根据建设单位《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告表（2023 年度）》的相关内容：建设单位 2023 年度辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，未发现安全隐患问题，未发生辐射安全事件或者事故；根据 2023 年重庆市生态环境局的要求对管理文件进行了修订，完善了辐射安全和防护制度及措施；并于 2023 年 7 月开展了辐射事故处置应急预案演练，从演练前交底，辐射事故发生后应急处置，最后对应急演练进行总结，达到了演练的预期要求，演练影像已保存。建设单位委托有资质的单位开展了辐射工作场所的辐射环境监测和对辐射工作人员的个人剂量，结果表明均满足国家标准要求。

5、原有辐射安全管理制度落实情况

建设单位已建立了完善的辐射安全管理制度和相应的操作规程，制度按规定上墙，满足设备运行辐射安全管理的需要，合理可行，并执行较好。从建设单位辐射安全许可证持证情况，射线装置的使用情况，辐射工作人员的个人剂量监测管理，和辐射安全管理制度落实情况分析，建设单位原有核技术利用项目能正常工作，辐射工作人员按操作规程进行作业，辐射工作人员的剂量监测按规定开展执行，辐射安全管理执行到位，建设单位自开展工业探伤项目以来，未发生过辐射安全事件或事故。

五、本项目环保设施依托情况

1、本项目不新增废水，现有污水处理依托现有预处理池处理后，随园区污水管网进入璧山高新区污水处理厂。

2、本项目生活垃圾直接依托厂内已有垃圾桶进行收集处理。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等

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	高分辨工业 CT 系统	II	1	HR300C 型	300kV	3mA	无损检测	25#厂房东侧 CT 室	新增

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压（kV）	最大靶电 流（ μ A）	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	气态	—	—	—	—	少量	—	大气环境
氮氧化物	气态	—	—	—	—	少量	—	大气环境
生活污水	液态	—	—	—	—	不新增	—	壁南河
生活垃圾	固态	—	—	—	—	不新增	—	环卫部门
废 X 射线管	固态	—	—	—	—	少量	—	资质单位处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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 日实施）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日实施）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）； (4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院 682 号令）； (5) 《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； (6) 《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 18 号令，2011 年 5 月 1 日）； (8) 《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）； (9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日修订实施）； (10) 《重庆市环境保护条例》（2022 年 11 月 1 日修订版）； (11) 《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 号，2021 年 1 月 1 日施行）； (12) 《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》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ 21-2016）； (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)； (4) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； (5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

	(6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T 250-2014/XG1-2017) ; (7) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019) ; (8) 《职业性外照射急性放射病诊断》 (GBZ104-2017) ; (9) 《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) 。 (10) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》 (GB22448-2008)
其他	(1) 环评委托书; (2) 项目辐射环境监测报告; (3) 项目设计等相关资料; (4) 《辐射防护导论》方杰主编; (5) 《辐射防护手册》 (第一分册, 辐射源与屏蔽, 原子能出版社, 1987) 。 (6) 建设单位提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。

表 7：保护目标与评价标准

评价范围						
本项目为使用II类射线装置，且项目所在场所有实体边界，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）的有关规定，确定本项目评价范围为铅房屏蔽体边界外 50m。						
保护目标						
根据 X 射线实时成像铅房拟建地厂房周围的外环境关系、X 射线实时成像铅房的平面布局及外环境关系，确定本项目主要环境保护目标为铅房辐射工作人员以及铅房附近的其他区域或厂房工作人员等，具体分布情况见下表。						
表 7-1 主要环境保护目标						
	保护名单	人数	位置	高差	影响因素	与铅房水平最近距离，约
职业	操作区工作人员	3 人	东侧	0	X 射线	0.8m
公众	南侧 CNC 区	30 人	南侧	0		7.4m
	烧焊区	50 人		0		31m
	25#车间南侧厂区内道路	50 人/天 (流动人员)		0		49m
	西侧车间内走廊	20 人/天 (流动人员)	西侧	0		2.6m
	西侧 CNC 精铣区	10 人		0		28.6m
	北侧 CNC 区	10 人	北侧	0		1.5m
	北侧车间内走廊	20 人/天 (流动人员)		0		9.7m
	磨床区	10 人		0		12.2m
	东北侧三坐标室	2 人	东北侧	0		3.4m
	25#车间东北侧厂区内道路	50 人/天 (流动人员)		0		16.4m
	员工食堂	200 人/天 (流动人员)		0		35.4m
	东南侧三坐标室	3 人	东南侧	0		3.1m
	线切割区	2 人	西南侧	0		5.2m
	铣床区	20 人		0		25.9m
	西北侧 CNC 精铣区	10 人	西北侧	0		13.2m
	CNC 精铣物料区	10 人		0		29m
	磨床区西北侧车间内走廊	20 人/天 (流动人员)		0		34.1m
	员工休息室	20 人/天 (流动人员)		0		36.6m
	车间内厕所	30 人/天 (流动人员)		0		36.6m
	备件库/刀具房	10 人		0		42.6m
	25#车间西北侧厂区内道路	50 人/天 (流动人员)		0		46.5m
	2 层车间	80 人	上侧	+6.25		/
	3 层车间	40 人		+13.25		/

注：“+”表示保护目标在铅房的上方，与铅房顶部距离

评价标准

根据本项目所在位置及项目特点，应执行的环境保护标准如下。

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

第 4.3.2.1 款应对个人受到的正常照射加以限制，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

职业照射：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：由审批部门决定的连续 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。

公众照射：第 B1.2.1 条的规定，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年有效剂量 1mSv。

（2）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

该标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

第 5.1 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 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线周围剂量当量率

管电压, kV	漏射线周围剂量当量率, 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；

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

第 6.1.4 条探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

第 6.1.5 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。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014/XG1-2017)

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 ($H_c \cdot d$):

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

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

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:

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

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

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

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

(5) 评价标准及相关参数值

电离辐射执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的标准限值。

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第4.3.2.1条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均） 20mSv 。本次评价按上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 $1/4$ ，即 5mSv/a 作为的约束值。

②公众照射：第B1.2.1条的规定，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年有效剂量 1mSv 。本次评价按上述标准中规定的公众照射年有效剂量限值的 $1/10$ ，即 0.1mSv/a 作为约束值。

因此，建设单位确定的管理目标值为：职业工作人员年剂量管理目标值 5mSv/a ，公众成员年剂量管理目标值 0.1mSv/a ，满足 GB18871-2002 要求。

铅房周围 30cm 处剂量当量率以不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 进行控制。

综上，结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价要求见下表所示。

表 7-3 项目主要评价标准及相关参数汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标限值	辐射工作人员： 5mSv 公众成员： 0.1mSv	GB18871—2002及 公司管理要求
2	铅房外剂量要求	铅房屏蔽体外 30cm 处（底部 10cm ）周围剂量当量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ， 周剂量参考控制水平：职业： $100\mu\text{Sv/周}$ ， 公众： $5\mu\text{Sv/周}$	GBZ117—2022 GBZ/T 250-2014/XG1-2017
3	通风要求	有效通风换气次数应不小于 3次/h	GBZ117—2022

表 8：环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状 一、本项目地理位置 本项目拟建址位于璧山区青杠街道虎峰大道8号25#厂房一楼东侧CT室。 本项目拟建址地理位置图见附图1，地理位置示意图见图8-1。  图8-1 本项目拟建址地理位置示意图 二、本项目所在地 γ 辐射空气吸收剂量现状监测 本项目为工业X射线实时成像项目，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目拟建地辐射水平，建设单位委托重庆泓天环境监测有限公司对项目拟建地辐射环境进行了监测，由于本项目工业CT系统未投运，本次为辐射环境本底监测。 1、监测方法与标准 （1）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。 2、监测点位布设 根据现场踏勘以及本项目辐射工作场所布置情况，本次选择拟建 CT 室内及上方二层等布设监测点位以反映场址辐射环境质量本底状况，其监测点位布设合理。监测点位布设见下表 8-1，图 8-2。 表 8-1 监测点位布设表 <table><tr><th>序号</th><th>点位名称</th><th>监测因子</th></tr><tr><td>1</td><td>CT 室内</td><td>环境 γ 辐射剂量率</td></tr><tr><td>2</td><td>CT 室东北侧</td><td>环境 γ 辐射剂量率</td></tr></table>			序号	点位名称	监测因子	1	CT 室内	环境 γ 辐射剂量率	2	CT 室东北侧	环境 γ 辐射剂量率
序号	点位名称	监测因子									
1	CT 室内	环境 γ 辐射剂量率									
2	CT 室东北侧	环境 γ 辐射剂量率									

3	CT 室东南侧三坐标室	环境 γ 辐射剂量率
4	CT 室西南侧线切割区	环境 γ 辐射剂量率
5	CT 室西北侧 CNC 区	环境 γ 辐射剂量率
6	CT 室东北侧厂区道路	环境 γ 辐射剂量率
7	CT 室南侧 CNC 区	环境 γ 辐射剂量率
8	CT 室上方	环境 γ 辐射剂量率

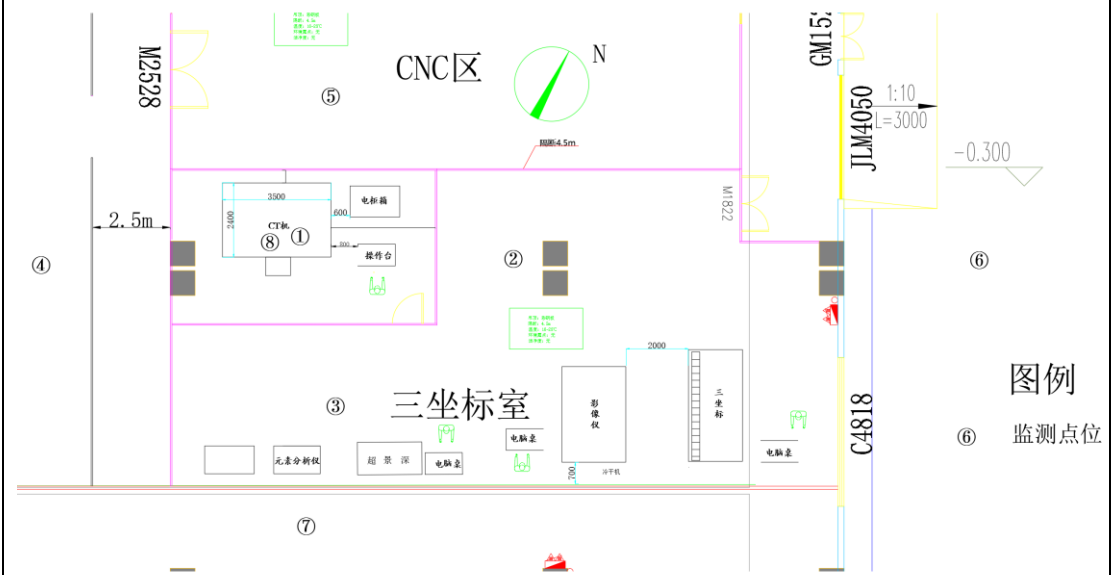


图 8-2 监测布点图

3、监测时间及现场环境状况

2024 年 9 月 20 日，监测人员对项目拟建 CT 室内外及上方二层等环境进行了现场监测，监测时环境温度：35.1~35.4℃；环境湿度：50.0-50.3%（RH）；天气状况：晴。

4、监测仪器

本次监测使用仪器及相关参数见下表。

表 8-2 本项目使用仪器及参数表

仪器名称	仪器型号	仪器编号	资产编号
环境级 χ 、 γ 辐射巡检仪	RGM5200	1222203004005	HT20221201
测量范围	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
1nSv/h-100 μ Sv/h	2023110704836	2024.11.26	1.06

5、质量保证

本次现状监测单位为重庆泓天环境监测有限公司，该公司具有重庆市市场监督管理局颁发的检验检测机构资质认定证书（证书号：232212050312），并在允许范围内开展监测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。具体质量保证措施如下：

- （1）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- （2）监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；

- (3) 监测仪器按规定定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- (4) 监测仪器经常参加国内各实验室间的比对，确保监测数据的准确性和可比性；
- (5) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好；
- (6) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- (7) 监测报告实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人审定。

6、监测结果

本项目辐射工作场所辐射剂量率本底值监测结果见下表。

表 8-3 本项目拟建场所本底值监测结果

测量点号	测量点位置	平均值 (nGy/h)	结果 (nGy/h)
1	CT 室内	60	64
2	CT 室东北侧	57	60
3	CT 室东南侧三坐标室	61	65
4	CT 室西南侧线切割区	53	56
5	CT 室西北侧 CNC 区	57	60
6	CT 室东北侧厂区道路	62	66
7	CT 室南侧 CNC 区	59	63
8	CT 室上方	52	55

注：平均值乘检测设备的校准因子 1.06 进行修约（四舍六入五成双）。

根据监测统计结果可知，本项目所在位置及周围环境 γ 剂量率的监测值在 55nGy/h~66nGy/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）》（重庆市生态环境局），重庆市的环境地表伽玛空气吸收剂量率年均值范围为 76.8nGy/h~93.3nGy/h，平均值为 87.0nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。两者相比，在统计范围内无明显差异，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期工艺分析

本项目建设施工主要是设备安装调试，不涉及土建工程。

施工过程中主要有施工机械噪声、包装垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理装置处理，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾一起统一交由环卫部门处理。因本项目施工期短、工程量小，施工范围小，且随着施工期的结束而结束。

二、 营运期工艺分析

1、设备基本情况

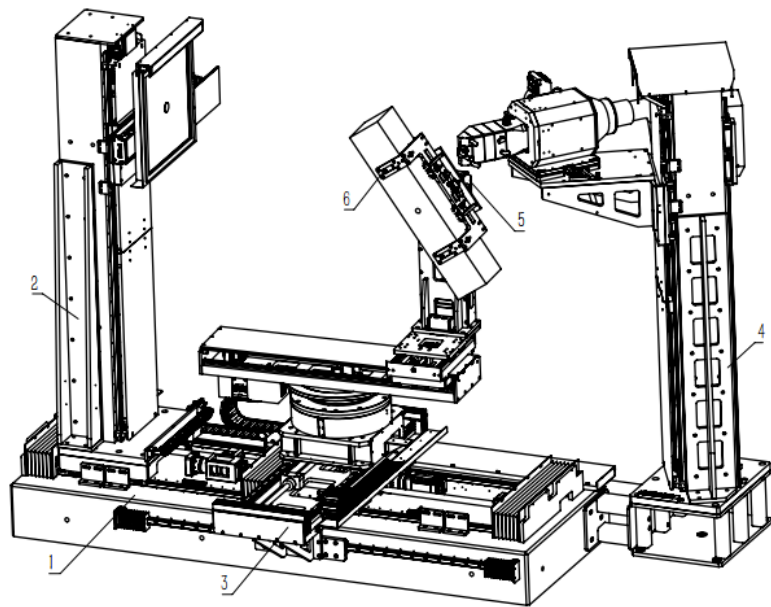
本项目工业 CT 系统主要由 X 射线机系统、数字成像系统、图像处理系统、电气控制系统、机械传动系统、射线防护系统、现场监视系统等组成，本项目辐射工作人员不进行设备维修，维修工作由设备厂家指派的专业人员进行。

表 9-1 工业 CT 系统设备配置清单

序号	名称	规格	产地	数量	备注
1	射线源				
1.1	X 射线管	iXRS-300(MXR-300MF)	瑞士	1	/
1.2	高压电缆	10m (standard)	瑞士	1	
1.3	高频高压发生器	300kV MF /0.5kW	瑞士	1	/
1.4	水冷却器	XRC-523-WA	瑞士	1	/
1.5	水管	10m (standard)	瑞士	1	/
2	高分辨率实时成像单元				
2.1	平板探测器	NDT1717HS	中国	1	/
2.2	通讯接头	光纤	中国	1	/
2.3	平板防护装置	铝合金和碳纤维板	中国	1	/
3	计算机图像处理单元				
3.1	计算机	英特尔 i9CPU+英伟达 4090 图像采集服务器	中国	1	/
3.2	显示器	27 寸液晶显示器	中国	1	/
3.3	软件	BII-ONE 扫描重建软件	中国	1	/
3.4	扫码枪	海康威视 MV-IDH3013	中国	1	
3.5	现场监控	海康威视 DS-2CD3146FWD-I	中国	1	/
4	机械传动单元				
4.1	检测装置	光影智测 HR300C	中国	1	/
4.2	旋转载物台	FD40-222L01ENNS275-P	日本	1	/
5	电气控制单元				
5.1	电气控制柜	1.6×1×1.95 (m)	中国	1	定制
5.2	运动控制器	PMAC 12 轴	中国	1	/
5.3	安全连锁单元	欧姆龙 D4NL-1AFG-B	日本	3	/
5.4	安全报警单元	正泰 NDT1-52G3CF2A11	中国	1	铅房外
5.5	动力单元	台达 A3 系列伺服电机	中国	9	
5.6	急停按钮	ZB2BS54C 施耐德	德国	6	铅房内外

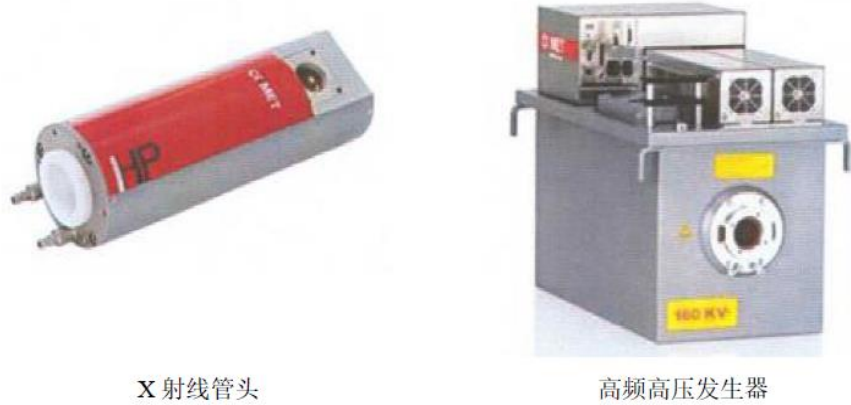
6	X 射线防护单元				
6.1	铅防护房	3.5×2.4×2.75 (m)	中国		定制
7	排风系统				
7.1	排风扇及排风出口罩 风量为 300m³/h	KS12025HS2-T5B 康双	中国	2	/
8	电控柜				
8.1	X 光电源开关	/			/
8.2	电源开关钥匙插孔	/			/
8.3	铅门开关按钮	ZB2BW34C\34C 施耐德	德国	2	
9	其他				
9.1	个人剂量计	FS2011+	中国	2 个	
9.2	铅房辐射检测剂量仪	中辐 FJ1200	中国	1 个	
9.3	固定式辐射探测报警 装置	/	中国	1 个	

HR300C 系统为工业定向工业 CT 主要组成部分，由 X 射线管、高压电缆、高频高压发生器、冷却器、低压连接电缆等组成。其内部示意图如下。



1.大理石底座，2.探测器运动机构，3.样品台运动机构，4.射线源运动机构，5.自动转角机构，6.检测夹具

图 9-1 本项目工业 CT 系统内部结构示意图



X 射线管头

高频高压发生器

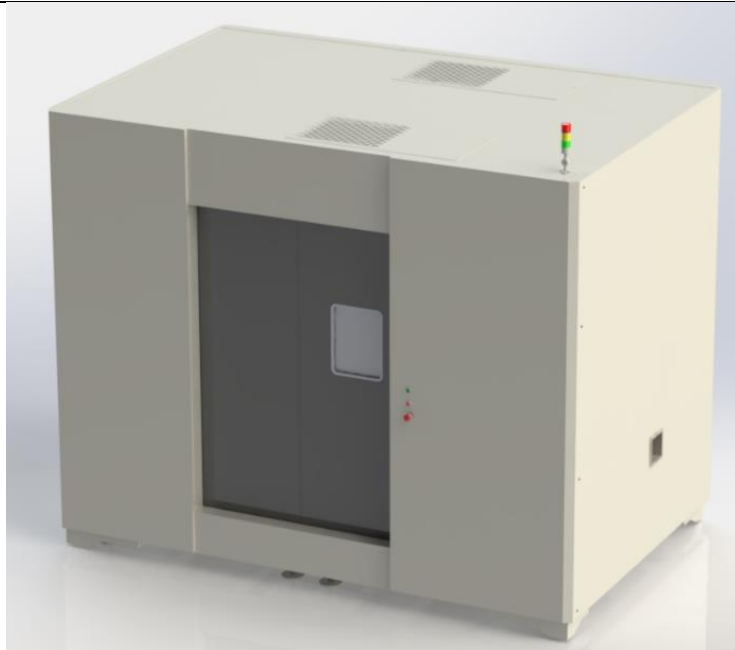


图 9-2 X 射线管头、高频高压发生器及铅房整体外观典型照片

2、工作原理及工艺流程

(1) 工作原理

①X 射线产生原理

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

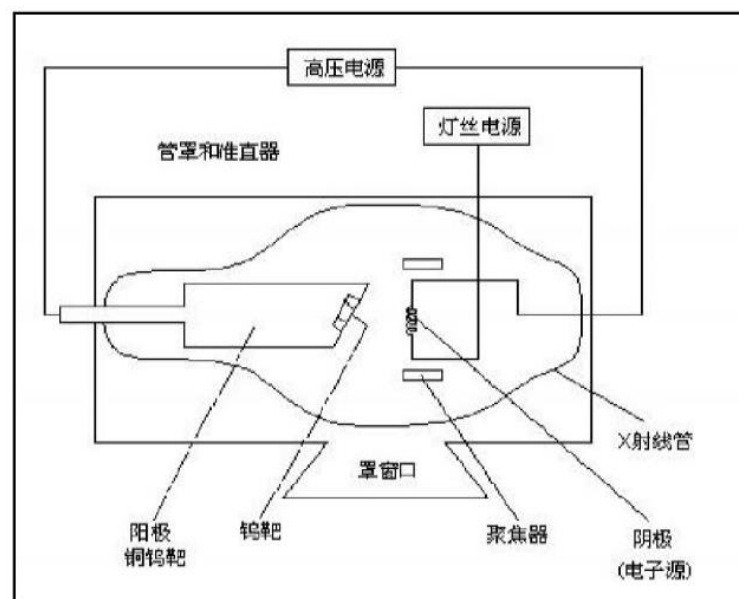


图 9-2 X 射线管原理示意图

②X 射线系统实时成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 线束朝探测器方向出束，当 X 线射向工件时，部分射线被工件吸收，部分射线穿过工件被探测器接收产生信号。因为物体各种组件的疏密程度不同，X 线的穿透能力不同，所以探测器接收到的射线就有了差异。将所接收的这种有差异的射线信号，转变为数字信息后由计算机进行处理，输出到显示的荧光屏上显示出图像。就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，从而达到 X 射线无损检测的目的。

(2) 工艺流程

在工作前必须做好一切准备，根据检测规范要求，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 CT 室，以免发生误照事故。工业 CT 系统开展 X 射线无损检测工作如下：

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

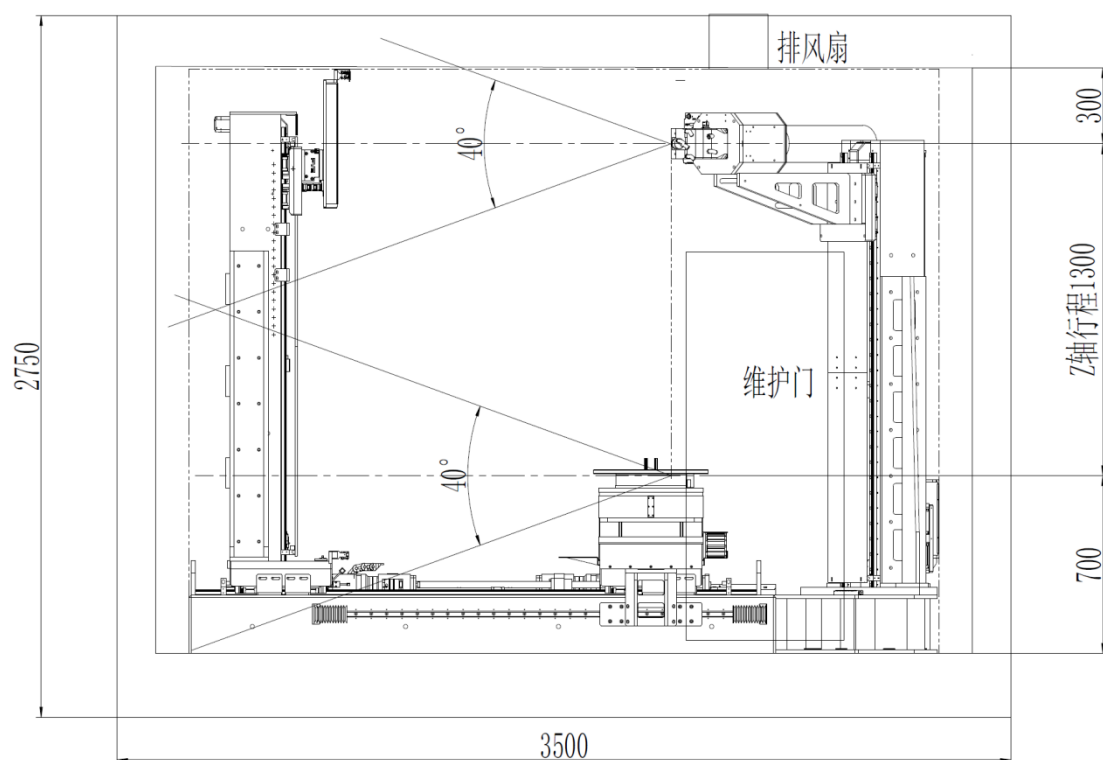
②打开图像处理软件。将 X 射线管调至水平，打开电脑限位界面铅门开限位及 X 射线管中限位亮红色指示灯，按下操作台初始化按钮，系统进行初始化操作，初始化指示灯闪烁，当初始化指示灯常亮则表示初始化完成。

③设备训机：自动暖机周期循环，对于 iVario 高压发生器达到运行就绪状态至关重要。如果高压发生器关机超过一天，则必须自动暖机周期循环：

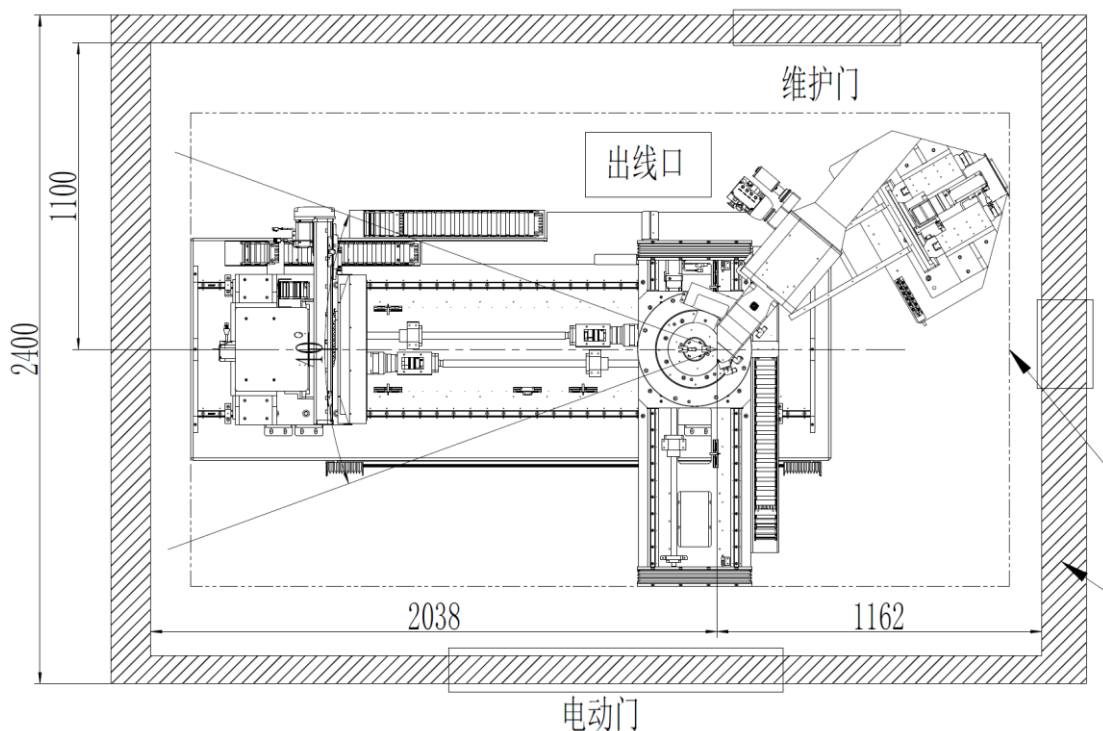
- 关机 12.5 小时至 4 天，短暖机 20 分钟。
- 关机 4 至 14 天，中暖机 40 分钟。
- 关机超过 14 天，长暖机 1 小时。

④受检工件由辐射工作人员使用推车运至 CT 室内，待设备初始化完成后托盘移动到铅门口，辐射工作人员自行将工件固定于检测夹具上，夹具带工件进入铅房内。检测过程为：确保无人员在铅门处及铅房内逗留后关闭铅门并开始射线检测工件，射线管头仅上下移动，工件由自动转角机构和检测夹具固定，可 360° 水平或竖直旋转，检测完毕托盘带工件退至铅门外，由辐射人员卸下工件，以此方式检测下一个工件。检测期间，工件固定在检测夹具上，根据检测需要，通过旋转自动转角机构和样品台运动机构，来达到改变工件检测位置的目的，管头沿竖直方向可上下移动，不可前后左右移动，探测器沿水平滑轨可分别上下移动，前后移动。整个过程工作人员不需要进入铅房进行工件摆放。

X 射线机主射束由铅房右侧（东北侧）朝铅房左侧（西南侧）照射，管头距铅房背面防护面内表面为 1100mm、距铅房正面内表面为 1100mm，距铅房左侧防护面内表面为 2038mm，距铅房右侧防护面内表面为 1162mm，X 射线管头上下方向可移动范围为距铅房内底板 700mm~2000mm。射线管辐射角度最大约为 40° ，有用束半张角为 20° 。



拟建 CT 铅房正视图



拟建 CT 铅房俯视图

图 9-3 X 射线管工作时平立面移动情况示意图

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。

具体检测工艺流程图如下：

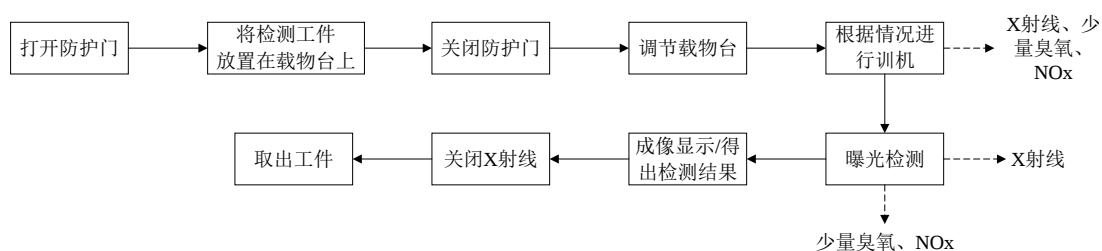


图 9-4 X 射线无损检测工艺流程及产排污简图

由图9-4可知，本项目营运期产生的主要污染物为X射线机训机和曝光时产生的X射线、臭氧和氮氧化合物；铅房通风设备风机运行产生的噪声。

3、人流、物流路径

本项目待测工件由建设单位生产线工作人员使用推车送至CT室门口，并交给本项目辐射工作人员，然后由辐射工作人员将工件运送至射线区指定区域内。辐射工作人员检查辐射安全装置运行情况并进行清场后，进入铅房放置待测工件，然后在铅房外控制台进行操作。本项目检测过程中人流、物流路径示意图见下图（图中设备门仅用于施工期设备进入使用，待设备安装完成后此门将永久封闭），检测完成后工件按原路返回。

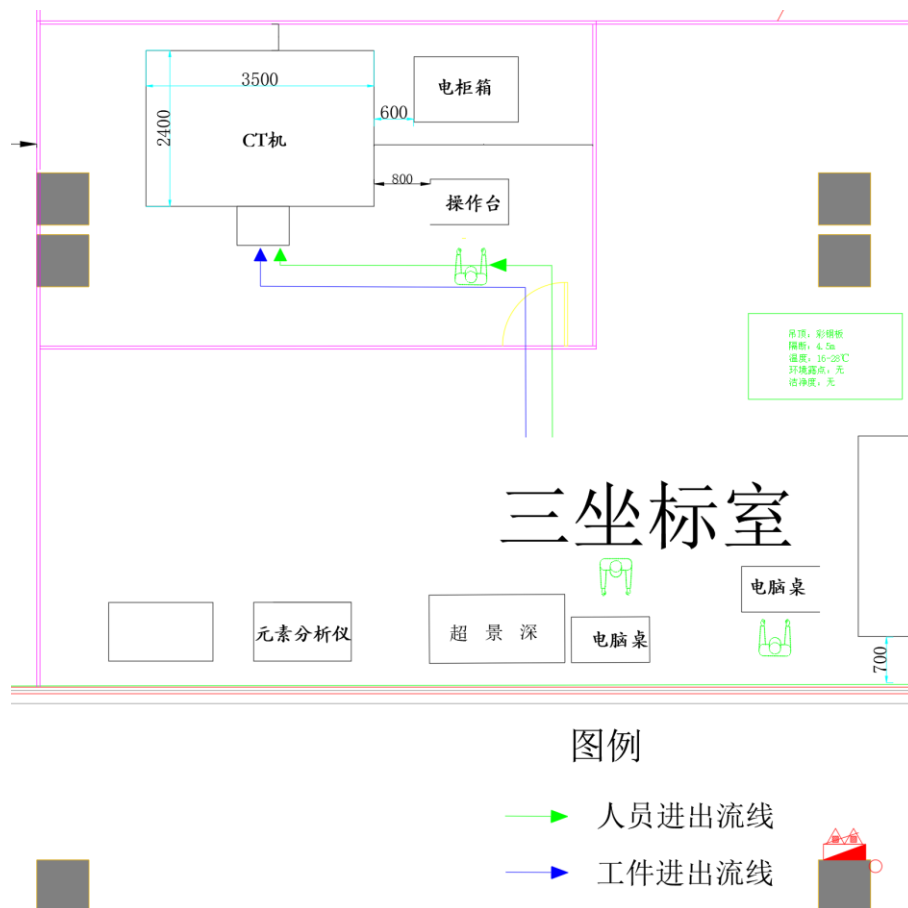


图 9-5 本项目人流、物流路径示意图

污染源项描述

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

一、电离辐射

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

①有用线束：直接由X射线管产生的电子通过打靶获得X射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。本项目设备管最大电压为300kV，根据厂家提供的资料可知，确定300kV的X射线机距辐射源点（靶点）1m处X射线输出量发射率为 $2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，工业CT系统射线能量、强度与X射线管靶物质、管电压、管电流有关。管电压越高，射线能量越大；管电流越大，束流强度越强。

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1m处的漏射线空气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/T 250-2014/XG1-2017）表2，本项目HR300C型工业CT系统X射线90°散射辐射最高能量相应的kV值为200kV。

二、“三废”产排情况

本项目主要是在工业CT系统无损检测作业过程中产生的X射线，不产生放射性“三废”。

（1）废气

在X射线无损检测作业时，X射线使空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧

化物（NO_x），产生的废气由铅房排风扇引至铅房外，经 CT 室内的换气扇引至室外排放。

（2）废水

本项目废水主要为辐射工作人员产生的少量生活污水。本项目新增辐射人员为厂内其他非辐射工作岗位调剂而来，全厂不新增劳动定员，因此不新增生活污水，现有生活污水依托建设单位现有污水处理设施处理后进入园区市政污水管网随后进入璧山高新区污水处理厂深度处理。

本项目冷却水循环使用，不外排，无生产废水产生。

（3）固体废物

本项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及报废的 X 射线管。生活垃圾依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。本项目的辐射工作人员均来自公司现有工作人员，故项目不新增生活垃圾产生量。

工业 CT 系统使用一定年限后，射线装置可能不能正常工作，报废的工业 CT 机按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，交有资质单位回收，保留回收手续并做好相关记录存档。

（4）噪声

设备在运行过程中，主要的产噪设备为水泵、风机等，经过基础减振等措施，对周边环境影响较小。

三、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下表所示。

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
电离辐射	HR300C 型 X 射线	能量 300kV，根据厂家提供的资料，距靶点 1m 处主射束的输出量不大于 2mGy·m ² /mA·min，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率小于 5mSv/h，根据 GBZ/T 250-2014/XG1-2017 表 2，原始 X 射线电压为 300kV 时，X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV。
废气	O ₃ 、NO _x	少量
废水	生活污水	不新增
一般固废	生活垃圾	不新增
危险废物	/	/
噪声	噪声	/

表 10：辐射安全与防护

项目布局与分区 本项目铅房位于 25#厂房东侧 CT 室内，CT 室内除设备铅房外还布置有操作台、电控柜，均位于铅房东北侧，最近距离分别为 0.8m 和 0.6m。25#厂房为三层建筑，工业 CT 系统主射方向为西南侧（铅房左侧），西南侧为拟建线切割区，隔线切割区为铣床区；人流路径、物流路径以及工件摆放区均在铅房的东南侧，已避开有用线束照射的方向；控制台位于铅房的东侧，工业 CT 系统固定使用，控制台已避开有用线束照射的方向。 因此，本项目铅房布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，合理可行。 项目安全设施 一、工作区域管理 为加强射线装置所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定辐射控制区和监督区。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辐射控制区和监督区。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）第 6.1.2 款规定，公司拟对 CT 室实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。 表 10-1 室内探伤“两区”划分与管理 <table><tr><th>室内探伤</th><th>控制区</th><th>监督区</th></tr><tr><td>“两区”划分范围</td><td>铅房内</td><td>铅房外 CT 室内</td></tr><tr><td>辐射防护措施</td><td>对控制区进行严格控制，铅房在曝光过程中严禁任何人员的进入。控制区应有明确的标记，铅房外醒目位置拟设声光报警、电离辐射警告标志</td><td>拟加强周边活动人员管理，在适当位置表明监督区的标牌，CT 室为工作人员操作仪器的工作场所，禁止非辐射工作人员进入。按要求定期检查辐射剂量水平，进行经常性监督和评价。</td></tr></table>			室内探伤	控制区	监督区	“两区”划分范围	铅房内	铅房外 CT 室内	辐射防护措施	对控制区进行严格控制，铅房在曝光过程中严禁任何人员的进入。控制区应有明确的标记，铅房外醒目位置拟设声光报警、电离辐射警告标志	拟加强周边活动人员管理，在适当位置表明监督区的标牌，CT 室为工作人员操作仪器的工作场所，禁止非辐射工作人员进入。按要求定期检查辐射剂量水平，进行经常性监督和评价。
室内探伤	控制区	监督区									
“两区”划分范围	铅房内	铅房外 CT 室内									
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，铅房在曝光过程中严禁任何人员的进入。控制区应有明确的标记，铅房外醒目位置拟设声光报警、电离辐射警告标志	拟加强周边活动人员管理，在适当位置表明监督区的标牌，CT 室为工作人员操作仪器的工作场所，禁止非辐射工作人员进入。按要求定期检查辐射剂量水平，进行经常性监督和评价。									

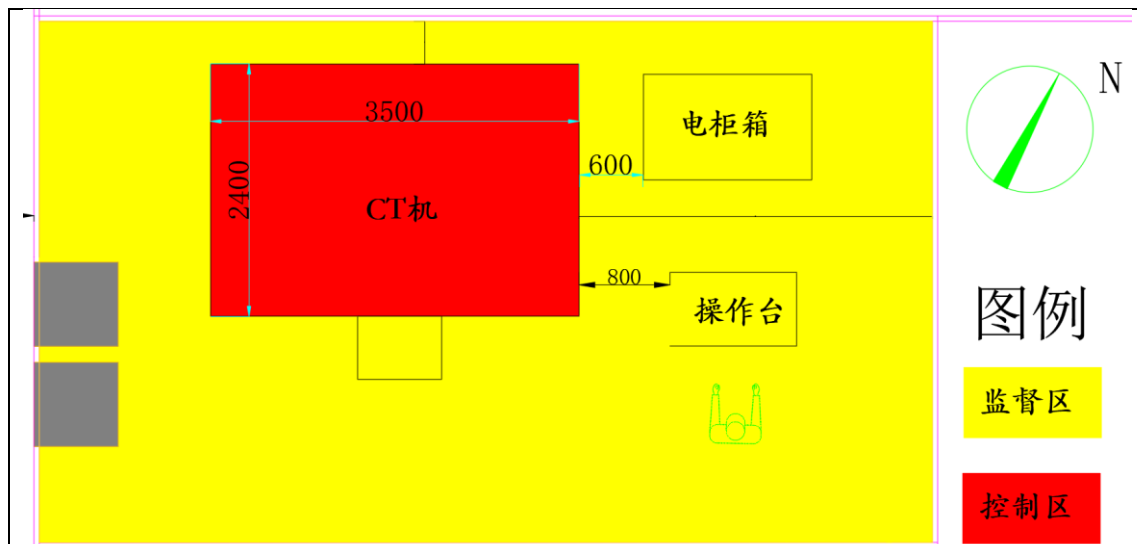


图 10-1 本项目 CT 室“两区”划分示意图

二、辐射安全及防护措施

本项目工业 CT 系统曝光时产生 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及必要的屏蔽。

1、铅房屏蔽体设计

（1）公司购买的工业 CT 系统，配有合格的铅房，其具有足够的屏蔽能力，各方向屏蔽体设置情况：

装置左侧（射线源正照面，西南侧）为 2mm 钢板+24mmpb 铅板+2mm 钢板；

装置右侧为 2mm 钢板+19mmpb 铅板+2mm 钢板；

装置正面为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板；

装置背面为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板；

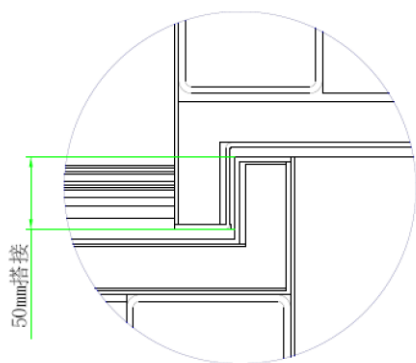
装置顶部为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板；

装置底部为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板。

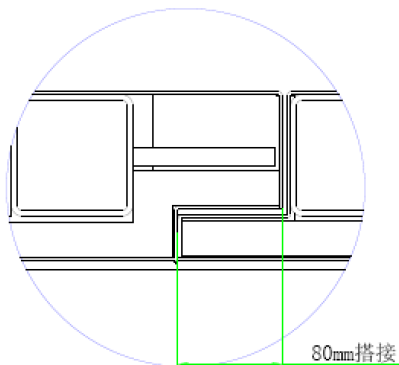
经后文核算，铅房的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准限值要求。铅房的屏蔽质量由设备厂家负责。

（2）铅房主体结构焊接密闭，开设铅防护门，设置排风出口罩、电缆出口罩，其屏蔽等级与铅房主体屏蔽等级一致，排风通过“L”字型铅罩穿过顶面防护面，会经过 3 次散射，水管和电缆管线通过“L”型线缆铅罩分别由铅房右侧和底部出线。本项目铅防护门与墙体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，能保证曝光室的整体屏蔽能力。本项目铅房自动门为对开平移门，大维修门为对开推拉门，小维修门为单推拉门；各门体及穿线孔防护措施如下：大维修门均为 L 型搭接，四周搭接 80mm，中

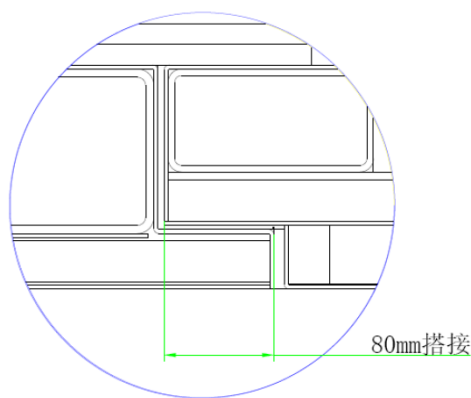
间搭接 100mm。门与墙体间隙 3mm；小维修门均为 L 型搭接，四周搭接 80mm。门与墙体间隙 3mm；自动门四周为双 L 型搭接，四周搭接 50mm，中间搭接 80mm，门与墙体间隙 3mm。



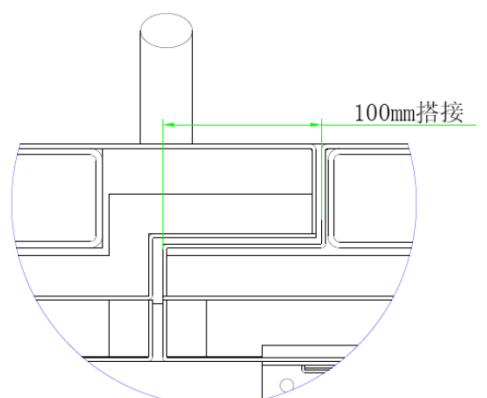
自动门四周“L”型搭接示意图



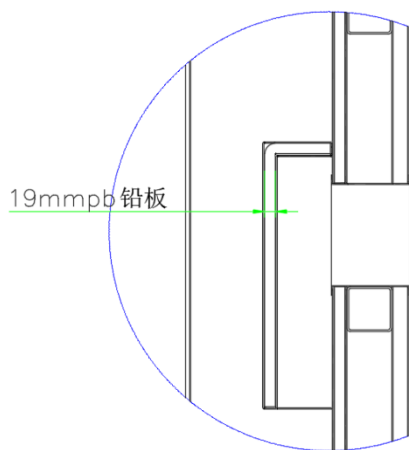
自动门中间“L”型搭接示意图



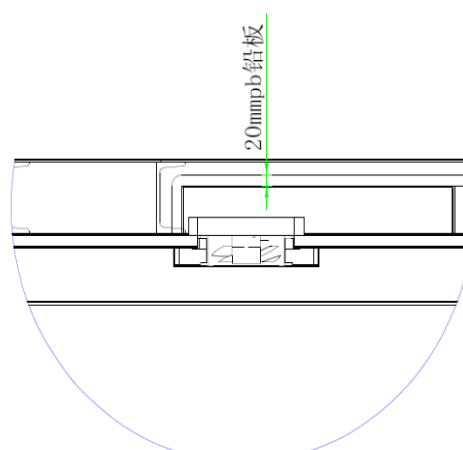
大维修门四周“L”型搭接示意图



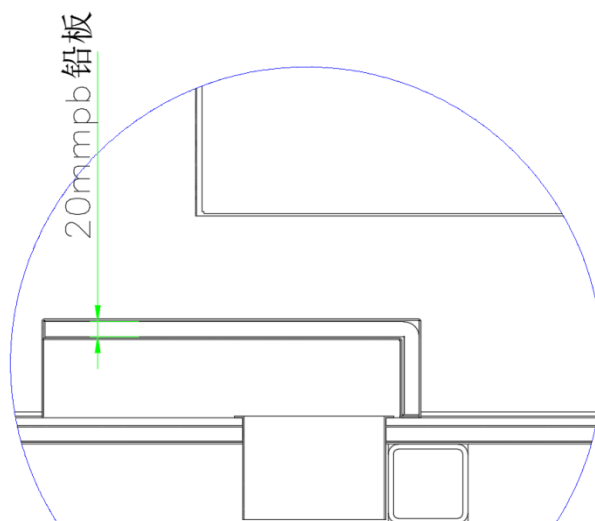
大维修门中间“L”型搭接示意图



铅房内侧面穿线孔防护措施示意图



铅房内顶部通风口防护措施示意图



铅房内底部穿线孔防护措施示意图
图10-2 本项目铅房泄漏辐射防护措施示意图

2、安全装置

(1) 门机联锁：工业 CT 系统防护铅房设置门机联锁。铅门在打开或没关闭到位的情况下射线不能开启；铅门关闭到位后，才能开启射线进行检测，在射线开启时，铅门无法打开，若强制（破坏性的）打开铅门，射线会立即停止照射。

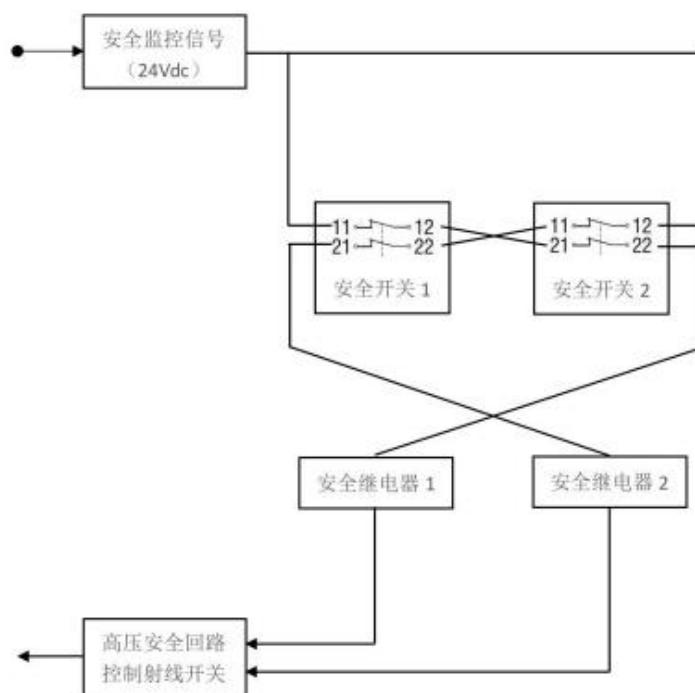


图 10-5 辐射安全联锁逻辑图

(2) 声光报警装置：铅房正面门口外部和内部同时拟设有“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号拟持续 2min，以确保铅房内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，预备为黄色灯，

照射为红色灯；并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。照射状态指示装置应与工业 CT 系统联锁，铅房内、外醒目位置处拟有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

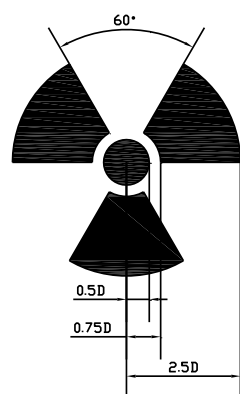
（3）工作状态指示灯（三色灯）：铅房右侧外安装工作状态指示灯（三色灯），并标有中文标识，其绿色代表通电正常待机状态，黄色代表故障状态，红色代表射线开启状态。照射状态指示装置应与工业 CT 系统联锁，并在醒目位置处拟有清晰的对红色、黄色、绿色信号意义的说明。

（4）电控柜锁定开关：电控柜设置钥匙开关，共有三个档位，从左往右依次是断电档，准备档，高压档，射线开启前钥匙开关需要转至高压档才能正常开启，同时，操作台面板上有电源指示灯，电脑启动指示灯，高压开启指示灯。

（5）紧急停机：电控柜设置 1 个急停按钮，铅房内设置 4 个急停按钮，分布在铅房的四个角落内。急停按钮相互串联，按下急停按钮，工业 CT 系统射线立即被切断。若人员不慎滞留铅房内部时只需按下铅房内部急停按钮铅门即可打开，确保人员安全。急停按钮旁设置中文急停标识。

（6）视频监控系统：铅房内安装实时视频监控系统，并连接到操作台显示器，工作人员在操作设备时可实时监控设备内部情况，如有异常能迅速被看到然后停止设备工作。

（7）警告标志：铅房正面右侧醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志。电离辐射警告标志如下图所示。



a. 电离辐射的标志



b. 电离辐射警告标志

图 10-3 电离辐射标志和电离辐射警告标志

（8）固定式场所辐射探测报警装置：拟在铅房外正面安装固定式场所辐射探测报警装置。

本项目铅房安全装置情况如下图所示。

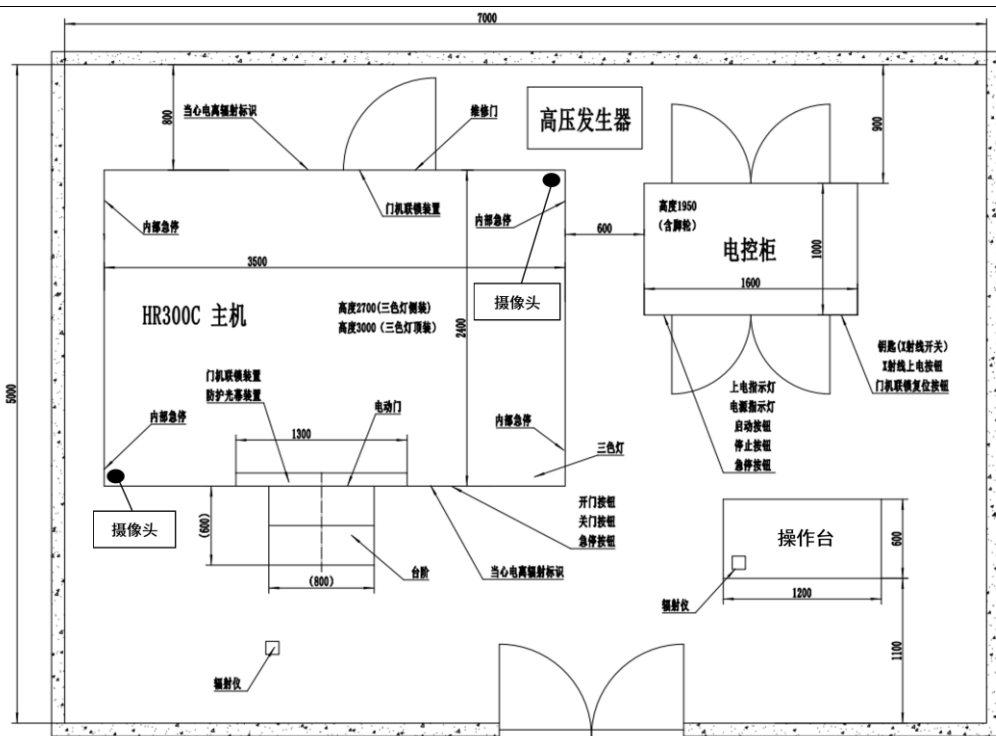


图 10-4 安全装置布置图（CT 室俯视图）

4、通风

工业 CT 系统工作时产生的废气，经铅房顶部排风扇排至 CT 室，再经 CT 室换气扇排至 25#车间内，最终经 25#车间无组织排放至大气环境；铅房的排风量为 300m³/h，通风次数为 13 次/h。

5、辐射防护安全设施配置要求综合对照

建设单位拟采取的辐射安全措施见下表。

表 10-2 铅房辐射安全措施

序号	项目	具体要求	落实情况
1	场所设施	射线屏蔽体	已设计
2		隔室操作	已设计
3		电离辐射警示标志	已设计
4		机器工作状态显示	已设计
5		控制台有防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
6		门机/灯机联锁系统	已设计
7		铅房内及入口监控设备	已设计
8		通风系统	已设计
9		铅房内外紧急停机按钮	已设计
10		控制台上紧急停机按钮	已设计
11		准备出束声光提示	已设计
12		铅房外开门/关门按钮	已设计
13	监测设备	便携式辐射监测仪表	拟配置
14		个人剂量计、个人剂量报警仪	拟配置
15		固定式场所辐射探测报警装置	拟配置

6、项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目拟采取的辐射防护措施与相关标准和规范的相关要求对比情况见下表所示。

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》 (GBZ 117-2022)	5.1X 射线探伤机	5.1.1X 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（其中管电压 > 200kV，漏射线所致周围剂量当量率应 < 5mSv/h），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。	经后文核算，本项目拟购买的 HR300C 型工业 CT 系统符合相关要求。
		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。	本项目工业 CT 机开机需进行外观、电缆、制冷系统以及安全连锁、报警设备、螺栓、辐射检测仪等相关检查。
		5.1.3X 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。	本项目辐射工作人员不进行设备维修，维修工作由设备厂家指派的专业人员进行，保证设备维护等全过程透明、可控，保证维护质量。
	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与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。	本项目操作人员操作位已避开有用线束照射的方向。本项目采用定向工业 CT 系统，铅房的屏蔽墙厚度已考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素，经计算四周屏蔽措施均符合要求。
		6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。	项目实行分区管理，控制区即为 X 射线系统铅房内部，监督区为 CT 室除铅房外区域。分区满足要求。
		6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。	经后文计算，本项目设备防护铅房外 30cm 处关注点辐射剂量率在 0.36~1.63μSv/h，探伤室墙体和门的辐射屏蔽防护满足要求；工业 CT 系统铅房辐射屏蔽防护满足要求。且拟委托有资质单位对每年对铅房各关注点进行监测。
		6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足： a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3； b) 对没有人员到达的探伤室顶，	本项目上方有建筑物，经后文核算，铅房顶部外表面 30cm 处的剂量率小于 2.5μSv/h；铅房顶部保守按 2.5μSv/h 考虑。

		探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 μ Sv/h。	
		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的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	铅房配置有门机联锁装置，工件门（自动门）和大小维修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，工件门（自动门）和大小维修门不能打开；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。
		6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目铅房正面门口外部和内部拟同时设置显示“预备”和“照射”状态的声光报警装置。“预备”信号拟持续 2min，以确保铅房内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，预备为黄色灯，照射为红色灯；并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。照射状态指示装置应与工业 CT 系统联锁，铅房内、外醒目位置处拟有清晰的对“预备”和“照射”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。	铅房内配备有监视摄像头，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。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。
		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。	项目铅房正面右侧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 4 个急停按钮，位于铅房内 4 侧；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。	铅房自带排风口，用于废气排放，废气排放口远离人员活动的密集区；铅房排风风量约 300m ³ /h，换气次数约 13 次/h，通风换气次数符合要求。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目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。	铅房配置有门机联锁装置，本项目铅房正面门口外部和内部拟同时设置显示“预备”和“照射”状态的声光报警装置。铅房右侧安装工作状态指示灯（三色灯）。
		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。	工作人员均按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪等。建设单位在发生剂量报警的情况下将按应急处置流程上报相关负责人，且铅房除辐射工作人员外，其他人不得进入铅房。

		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。	建设单位拟定期测量铅房外周围区域的剂量率水平，在发生剂量报警的情况下将按应急处置流程上报相关负责人，且铅房除辐射工作人员外，其他人不得进入铅房。
		6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。	拟制定交接班制度，工作人员交接班时按照要求检查剂量仪是否正常工作，发现不能正常工作时将暂停检测工作。
		6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内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。	建设单位拟制定相应操作规程，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现有公司生产的工件大小使用，不会出现工件过大情况，并拟制定相关制度。
	8.2 探伤机检测	8.2.1.2 检测周期 使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。	建设单位每年对辐射场所，个人等均按要求进行了监测，本项目建成后拟继续按要求进行监测。
	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 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。	根据建设单位现有辐射管理情况可知，本项目建成后将按要求进行外照射个人监测。
		8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。	应急处理时进行应急监测，并按照规定记入个人档案。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）	3.3 其他要求	3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。	本项目辐射工作人员在摆放工件时不进入铅房内部，铅房设置 1 个工件门（自动门）、2 个检修铅门，检修状态下，由厂家指派的专业检修工作人员进入检修。
		3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用射线束照射方向	项目操作台置于铅房外，其操作台位于铅房东侧，防护门位于该铅房东南侧，设备主射线朝向西南（铅房左侧）；避开了操作台和防护门。
		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，开设铅防护门，设置排风出口罩、电缆出口罩，其屏蔽等级与铅房主体屏蔽等级一致。

根据上表可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）的要求。

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响：

一、施工阶段

本项目施工工艺主要为工业CT系统的安装，安装过程中有机械噪声、施工扬尘及施工废水等产生。

本项目主要的施工将在建设单位现有车间厂房内完成，该项目施工工艺相对简单、施工周期短，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托厂区现有的处理措施进行处理，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

1、大气污染防治措施

①及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；

②在装修工程施工中，施工人员应配备必要的防护装备和口罩，避免人体吸入粉尘；

③加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

2、噪声防治措施

整个设备安装阶段，如钻孔设备、铆接设备等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时需严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的要求，尽量使用噪声低的设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如需连续施工，在夜间施工而产生环境噪声污染时，按《中华人民共和国环境噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的证明，并进行公告。

3、固废防治措施

项目施工期间，会产生一定量以设备外包装为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

4、水环境污染防治措施

施工期水环境影响主要为施工人员的生活污水，其产量较小，可依托建设单位已有的污水处理设施处理。

二、设备安装和调试阶段

本项目新增工业CT系统的拆装、调试均委托专业第三方公司专业人员进行，建设

单位不进行拆装及调试作业。在设备调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在CT室门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。工作人员离开时，CT室必须上锁。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入CT室，防止辐射事故发生。同时由于工业CT系统的调试在已安装好的防护铅房内进行，经过屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的，对周围环境影响较小。设备安装完成后，建设方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

运行阶段对环境的影响

本项目新增工业CT系统的X射线管安装在防护铅房内的机械臂上，主射束定向投向CT室西南侧，不投向其他方向；控制机械臂仅能使X射线管头上下移动（移动到最顶端时距离工业CT系统防护铅房顶部约0.3m），出束角度最大为40°，X射线源靶点距离防护铅房各面距离按照最近距离核算。本项目新增工业CT系统工作时，X射线源靶点距离防护铅房各面最近距离详见下表。

表11-1 X射线机靶点距离铅房各面最近距离参数表

序号	关注点	关注点至辐射源的距离（m）	需屏蔽的辐射源
1	铅房西南侧外 30cm 处	2.58	有用线束
2	铅房东南侧外 30cm 处	1.79	散射辐射、泄漏辐射
3	铅房工件门外 30cm 处	1.79	散射辐射、泄漏辐射
4	铅房可视窗外 30cm 处	1.79	散射辐射、泄漏辐射
5	铅房东北侧外 30cm 处	1.69	散射辐射、泄漏辐射
6	铅房西北侧外 30cm 处	1.64	散射辐射、泄漏辐射
7	铅房顶部外 30cm 处	1.26	有用线束
8	铅房顶部外 30cm 处	0.84	散射辐射、泄漏辐射
9	铅房底部外 30cm 处	2.41	有用线束
10	铅房底部外 30cm 处	1.24	散射辐射、泄漏辐射

注：①铅房顶部受到有用线束影响的区域为有用线束斜射进入铅房顶部，顶部该区域距射线源的距离为X射线沿其照射方向斜射到铅房顶部的路径长度，经三角函数计算（ $0.3/\sin 20^\circ$ ）约为0.9m。②铅房底部受到有用线束影响的区域为有用线束斜射进入铅房底部，底部该区域距射线源的距离为X射线沿其照射方向斜射到铅房底部的路径长度，经三角函数计算（ $0.7/\sin 20^\circ$ ）约为2.05m。③铅房顶部、底部受到散射辐射、泄漏辐射的区域距辐射源的距离保守取X射线垂直照射的距离。

本项目通过理论计算的评价方法来预测运行期间工业CT系统投入使用后的辐射环境影响。

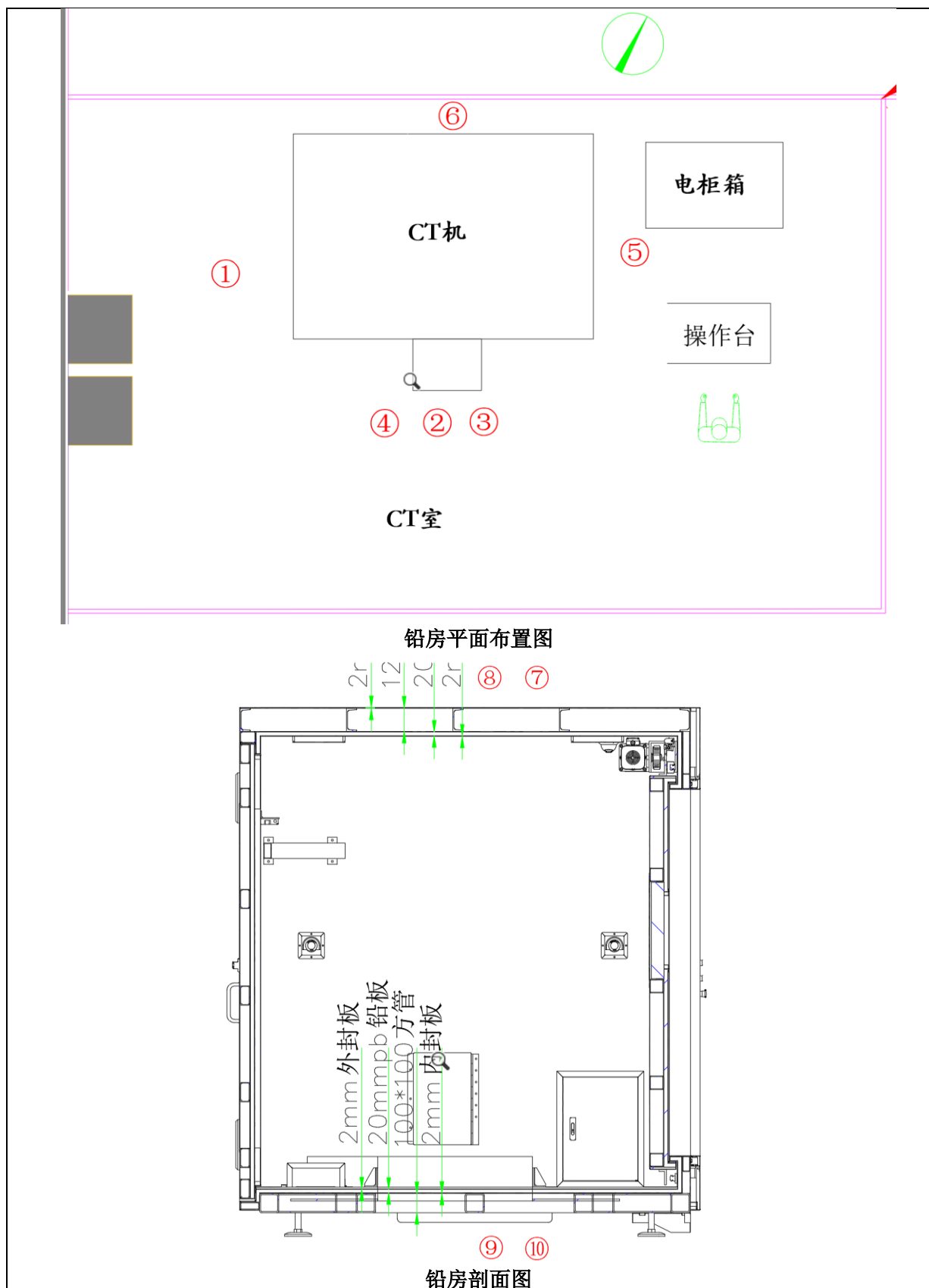


图11-1 本项目CT室屏蔽厚度核算各关注点位置示意图

一、屏蔽体厚度校核

本项目通过设备自带防护铅房对X射线进行防护，无损检测时主射束定向投向西南侧。根据建设单位提供的资料，本项目新增工业CT系统工作电压最高为300kV，但

再实际使用过程中会根据检测工件尺寸降低相应的工作电压，该设备在不同工作电压下的年曝光总时间约为700h。保守估计，本项目以该设备年曝光总时间700h均在额定功率500W（管电压300kV、管电流1.7mA）的情况满功率运行进行理论预测。

1、防护铅房屏蔽厚度合理性分析

本项目X射线源出束角度为40°，主射束定向投向CT室西南侧；其次，当射线源机械臂处于最高位置时，有一部分主射束会投射到防护铅房顶部区域（该区域起点为距离X射线源824mm处、终点为铅房顶部西南侧）；另外，当射线源机械臂处于最低位置时，有一部分主射束会投射到防护铅房底部区域（该区域起点为距离X射线源垂直投影1925mm处、终点为铅房底部西南侧）；其他方向为非主射方向。本项目CT室所在厂房下方无地下室，但防护铅房底部距离地面有100mm间隙，因此本次评价考虑X射线源对地面辐射的影响。根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）第3.2中3.2.1条：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；其余方向为非主射方向，考虑射线源为漏射辐射和散射辐射。

本项目防护铅房各防护面屏蔽合理性分析和辐射环境影响分析参照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）的要求进行计算。

1.1 关注点剂量控制水平

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）第3.1.1条，铅房各侧墙体外关注点导出控制剂量按下式进行计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_c / (t \cdot U \cdot T) \cdots \cdots (\text{式1})$$

式中： $\dot{H}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_c$ —一周剂量参考控制水平，本项目职业人员取100 $\mu\text{Sv/周}$ ，公众取5 $\mu\text{Sv/周}$ ；

U—探伤装置向关注点照射的使用因子，本项目取1；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子，参照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）附录A中表A.1的内容，经常有人员停留的地方取1，部分时间有人员驻留的地方取1/4，偶然有人员经过的地方取1/8；

t—探伤装置周工作时间，本项目为13.5h。

本项目计算结果见表11-2。

表11-2关注点控制剂量水平参数选取一览表

关注点	使用因子	居留因子	受照类型	周剂量参考控制水平
铅房东南侧外 30cm 处	1	1	职业	100 μ Sv/周
铅房工件门外 30cm 处	1	1	职业	
铅房可视窗外 30cm 处	1	1	职业	
铅房西南侧外 30cm 处	1	1	职业	
铅房东北侧外 30cm 处	1	1	职业	
铅房西北侧外 30cm 处	1	1/4	职业	
铅房顶部外 30cm 处	1	—	职业	
铅房底部外 30cm 处	1	—	职业	

注：本项目工业CT系统操作员不在铅房外西北侧活动，故铅房铅房西北侧外30cm处居留因子保守估计取1/4。

表11-3 关注点控制剂量水平计算结果表

关注点	居留因子	受照类型	导出剂量率参考控制水平	关注点最高剂量率参考控制水平	本项目剂量参考控制水平
铅房东南侧外 30cm 处	1	职业	7.4 μ Sv/h	2.5 μ Sv/h	2.5 μ Sv/h
铅房工件门外 30cm 处	1	职业			
铅房可视窗外 30cm 处	1	职业			
铅房西南侧外 30cm 处	1	职业			
铅房东北侧外 30cm 处	1	职业			
铅房西北侧外 30cm 处	1/4	职业	29.7 μ Sv/h		
铅房顶部外 30cm 处	—	职业	—		
铅房底部外 30cm 处	—	职业	—		

注：①关注点的最高剂量率参考控制水平（ $H_{c,max}$ ）为2.5 μ Sv/h，本次评价参考较小水平进行评价。②本项目铅房上方不可达到，但铅房所在CT室上方3.85m处为25号厂房二层生产车间，存在人员长期居留的情况，故铅房上方最高剂量率参考控制水平（ $H_{c,max}$ ）取2.5 μ Sv/h。③本项目CT室下方无地下室，但防护铅房底部距离地面存在高100mm的间距，故其最高剂量率参考控制水平（ $H_{c,max}$ ）取2.5 μ Sv/h。

1.2 防护铅房屏蔽材料

本项目防护铅房各面屏蔽体采用钢板+铅板+钢板的结构，工件进出防护门采用钢板+铅板+钢板的结构，并在工件进出门中部设置可视窗，可视窗采用铅玻璃进行防护，防护铅房各屏蔽体设置情况见下表。

表11-4 各屏蔽体屏蔽厚度实际设置情况一览表

屏蔽体方位	实际屏蔽材料及屏蔽厚度
铅房西南侧屏蔽体	2mm 钢+24mmPb+2mm 钢
铅房东南侧屏蔽体	2mm 钢+20mmPb+2mm 钢
铅房东北侧屏蔽体	2mm 钢+19mmPb+2mm 钢
铅房西北侧屏蔽体	2mm 钢+20mmPb+2mm 钢
铅房顶部屏蔽体	2mm 钢+20mmPb+2mm 钢
铅房底部屏蔽体	2mm 钢+20mmPb+2mm 钢
铅房工件进出门屏蔽体	2mm 钢+20mmPb+2mm 钢
铅房可视窗屏蔽体	20mmPb 铅玻璃

1.3 防护铅房主射束屏蔽厚度核算

根据前述分析，本项目新增工业CT系统出束时主射束定向投向CT室西南侧，在屏蔽厚度核算时计算防护铅房西南侧屏蔽体受有用线束影响，为满足关注点的辐射剂量率要求，选用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）中

屏蔽估算法，使用式2、式3对本项目有用线束屏蔽厚度进行核算。

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

式中： $\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为m；

I—X射线探伤装置最大管电流，单位为mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m处输出量，根据建设单位提供的资料，本项目工业CT系统的 H_0 为 $2\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $1.2 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

$$X = -\text{TVL} \cdot \lg B \dots\dots\dots (式3)$$

式中：X—屏蔽体厚度，mm；

TVL—屏蔽体的什值层厚度，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）附录表B.2，X射线机管电压为300kV，铅的什值层厚度为5.7mm；

B—屏蔽透射因子。

防护铅房主射面屏蔽参数选取及计算结果见表11-5。

注：①25号厂房二层屏蔽体有效防护铅当量为X射线沿其照射方向穿过铅板的实际穿越路径长度，经三角函数计算（ $20/\sin 20^\circ$ ）约为58.5mm。②本次屏蔽体屏蔽厚度估算中仅考虑铅板的防护厚度。

由表11-5可以看出，经过校核，本项目防护铅房西南侧及顶部主射面设计屏蔽厚度满足屏蔽要求。

1.4 非主射屏蔽厚度核算

在屏蔽厚度核算时计算防护铅房东南侧、东北侧、西北侧、顶部、底部墙体和防护铅门、铅门可视窗受漏射辐射、散射辐射影响，为满足关注点的辐射剂量率要求，选用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）中的屏蔽估算法对东南侧、东北侧、西北侧、顶部、底部墙体和防护铅门、铅门可视窗的屏蔽厚度进行核算。

（1）漏射辐射屏蔽厚度核算

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \dots\dots\dots (式4)$$

$$X = -\text{TVL} \cdot \lg B \dots\dots\dots (式5)$$

式中： $\dot{H}_c$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R—辐射源至关注点的距离，m；

$\dot{H}_L$ —距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，根据《工业X射线探

《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）表1，本项目取
 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$;

X—屏蔽体厚度，mm；

TVL—屏蔽体的什值层厚度，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）附录表B.2，X射线机管电压为300kV，铅的什值层厚度为5.7mm；由GBZ/T 250-2014/XG1-2017中表2查出：原始X射线 $200 < kV \leq 300$ 时，X射线90°散射辐射为200kV；查附录表B.2探伤机200kV，铅什值层厚度为1.4mm；

B—屏蔽透射因子。

（2）散射辐射屏蔽厚度核算

$$B = \frac{\dot{H}_c \bullet R_s^2}{I \bullet H_o} \bullet \frac{R_o^2}{F \bullet \alpha} \dots\dots\dots \text{（式6）}$$

式中： $\dot{H}_c$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_s —散射体至关注点的距离，m；

R_o —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

I—X射线探伤装置管电流，本项目取1.7mA；

H_o —距离靶点1m处输出量，根据建设单位提供的资料，本项目工业CT系统的 H_o 为 $2\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $1.2 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

F— R_o 处的辐射野面积， 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。

本项目防护铅房非主射面屏蔽计算参数选取见表11-6，计算结果见表11-7。

表11-5 非主射面屏蔽体屏蔽厚度计算参数选取一览表

关注点	剂量参考水平	关注点距辐射源的距离	$\dot{H}_L$	最大管电流	H_o	$\frac{R_o^2}{F \bullet \alpha}$
铅房东南侧外 30cm 处	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.79 m	5000 $\mu\text{Sv/h}$	1.7mA	1.2 $\times 10^5$ $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	50
铅房工件门外 30cm 处		1.79 m				
铅房可视窗外 30cm 处		1.79 m				
铅房东北侧外 30cm 处		1.69 m				
铅房西北侧外 30cm 处		1.64 m				
铅房顶部外 30cm 处		0.84 m				
铅房底部外 30cm 处		1.24 m				

注：根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）附录B.4.2，当X射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为20°时， $R_o^2 / (F \bullet a)$ 因子的值为：60（150 kV）和 50（200 kV~400 kV），本项目保守估计取50。

1.5 非主射屏蔽复合分析

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017），漏射辐射的屏蔽厚度与散射辐射的屏蔽厚度相差一个什值层（TVL）厚度或更大时，采用其中较厚的屏蔽；相差不足一个什值层（TVL）厚度时，在较厚的屏蔽上增加一个半值层（HVL）厚度。本项目在铅板中取TVL=5.7mm、HVL=1.7mm。本项目防护铅房屏蔽体厚度汇总见下表。

注：本次屏蔽体屏蔽厚度估算中仅考虑铅板的防护厚度。

综上所述，本项目防护铅房非主射面屏蔽体设计屏蔽厚度均满足屏蔽要求。

2、受照射剂量影响分析

本项目正常运行期间，对环境的影响主要分为放射性影响和非放射性影响两个方面。其中放射性环境影响是主要的，放射性环境影响主要是射线装置在作业过程中产生的X射线对辐射工作人员、公众和环境造成的辐射影响；对其产生的非放射性污染物的环境影响只进行简单的分析。

2.1 正常运行辐射环境影响

本项目新增工业CT系统辐射源主射束定向投向CT室西南侧墙面，设备使用自带防护铅房对设备运行产生的X射线进行防护。在讨论X射线辐射环境的时候，防护铅房西南侧墙面为主射面，周围关注点受照射剂量主要考虑有用线束辐射影响；防护铅房其余三侧由于不受到主射束影响，周围关注点受照射剂量主要考虑泄漏、散射辐射影响；本项目CT室下方无地下室，X射线不会对其造成影响，因此地面不单独进行核算；防护铅房顶部主要收到泄漏、散射辐射影响，但当X射线源处于最高位置时，铅房顶部部分区域会受到主射束影响，通过三角函数计算，25号厂房二层车间部分区域会受到主射束影响，因此防护铅房顶部周围关注点受照射剂量考虑有用线束、泄漏和散射辐射影响；

25号厂房二层车间受到主射束影响的区域如下图所示，本项目射线源距离25号厂房二层楼面最近距离约为11.3m。

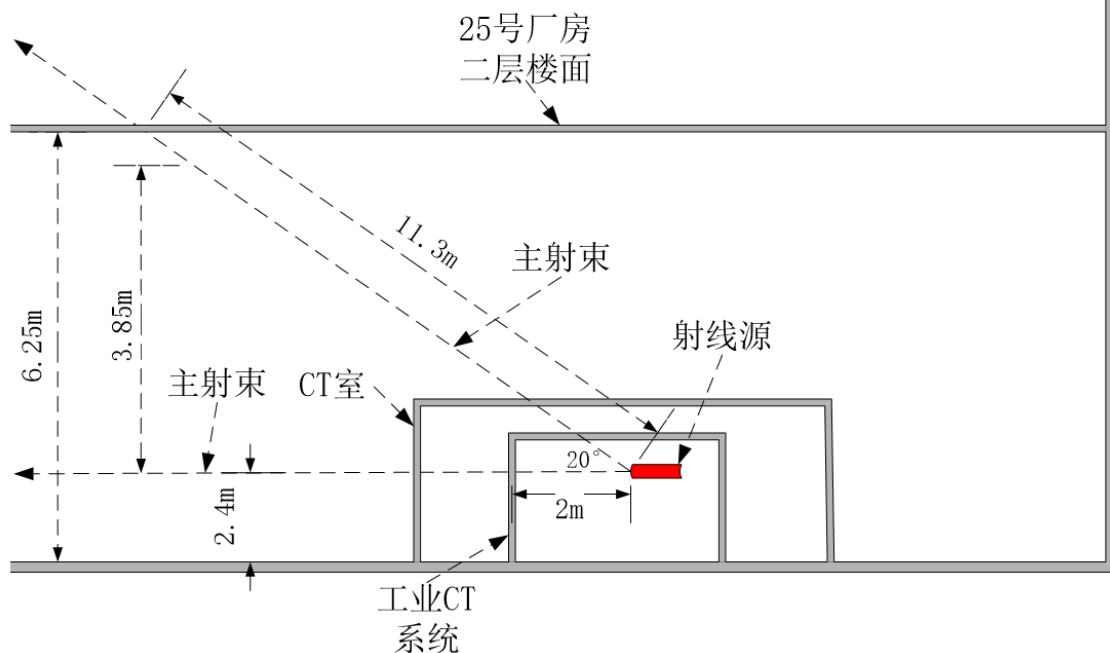


图11-2 本项目25号厂房二层车间受主射束影响的相关参数计算示意图（立面图）

本次环评采用理论计算方法，预测本项目工业CT系统运行产生的贯穿辐射影响。

2.1.1 CT室周围环境各房间的功能及用途

本项目新增工业CT系统布置在建设单位现有25号厂房CT室内，25号厂房位于建设单位现有厂区西北侧，该厂房西侧为厂区现有边界，东侧为建设单位2号食堂，北侧为建设单位现有26号四综合厂房，南侧为建设单位现有17号厂房，厂房之间由厂区内部道路和绿化带进行隔离。

本项目CT室位于25号厂房1层东北侧，其东北侧50m评价范围内包含25号厂房其他工艺生产区域、厂区内部道路和2号食堂部分区域，西北侧50m评价范围内包含25号厂房其他工艺生产区域、辅助用室和厂区内部道路，西南侧50m评价范围内包含25号厂房其他工艺生产区域，东南侧50m评价范围内包含25号厂房其他工艺生产区域。

本项目所在25号厂房为三层建筑，CT室位于1层，CT室高3m，厂房首层层高6.25m，CT室顶部与二层楼面间存在架空区，该区域人员不可达到。CT室上方25号厂房二层、三层均为其他工艺生产车间，CT室下方无地下室。

2.1.2 预测点选取

本项目防护铅房四周及顶部屏蔽体均采用铅板进行屏蔽，防护铅房可视窗采用铅玻璃进行屏蔽，根据前述分析，对防护铅房西北侧墙体外周围辐射影响考虑有用线束影响，对防护铅房其余侧墙外考虑泄漏、散射辐射影响，对防护铅房顶部上方环境考虑有用线束、泄漏、散射辐射影响。

选取预测点包括：工业CT系统操作人员、25号厂房CNC区（西北侧）工作人员、25号厂房磨床区工作人员、25号厂房内部通道流动人员、25号厂房CNC精铣区作业人员、25号厂房备件库工作人员、25号厂房配电房工作人员、25号厂房线切割区工作人员、25号厂房铣床区工作人员、25号厂房三坐标室工作人员、25号厂房CNC区（西侧）工作人员、25号厂房烧焊区工作人员、25号厂房大磨床区工作人员、25号厂房东北侧厂内部道路行人、2号食堂、25号厂房西北侧厂内部道路行人、25号厂房二层车间工作人员、25号厂房三层车间工作人员。

2.1.3 预测模式

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7计算。

$$B=10^{-X/TVL} \quad \dots\dots\dots (式7)$$

式中：X—屏蔽物质厚度，与TVL取相同的单位；

TVL—根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）附录表B.2，X射线机管电压为300kV，铅的什值层厚度为5.7mm；由GBZ/T 250-2014/XG1-2017中表2查出：原始X射线200<kV≤300时，X射线90°散射辐射为200kV；查附录表B.2探伤机200kV，铅什值层厚度为1.4mm；

（1）受有用线束辐射影响的屏蔽体及保护目标计算

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017），已知屏蔽体厚度，按下式计算有用线束对周围环境的影响，单位为μSv/h。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (式8)$$

$$H = \dot{H} \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (式9)$$

式中：H—参考点的附加有效剂量，mSv/a；

$\dot{H}$ —关注点的剂量率，μSv/h；

B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

H₀—距靶点1m处输出量，本项目取值2mGy·m²/（mA·min）；

t—年工作时间，700h；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子；

（2）受漏射辐射影响的屏蔽体及保护目标计算

按下式计算泄漏辐射在关注点的剂量率，单位为μSv/h。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (式10)$$

$$H = \dot{H} \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (式11)$$

式中：B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$\dot{H}_L$ —距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）表1，本项目取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

（3）受散射辐射影响的屏蔽体及保护目标计算

按下式计算散射辐射在关注点的剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_o \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_o^2} \quad \dots\dots\dots (式12)$$

$$H = \dot{H} \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (式13)$$

式中：B—屏蔽透射因子；

R_s —散射体至关注点的距离，m；

R_o —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

I—X射线探伤装置最大管电流，1.7mA；

H_o —距离靶点1m处输出量，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）表B.1，管电压为300kV的探伤机， H_o 保守按3mm铝过滤条件取值 $2 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $1.2 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

F— R_o 处的辐射野面积， 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。

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）附录B.4.2，当X射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时， $R_o^2 / (F \cdot a)$ 因子的值为：60（150 kV）和 50（200 kV~400 kV），本项目保守估计取50。

2.1.4 屏蔽体防护效率的综合分析

结合本项目工业CT系统防护铅房实际设置屏蔽体厚度，项目投运后，按最不利情况计，本项目屏蔽体外剂量率的预测结果见表11-6。

表11-6本项目工业CT系统屏蔽效能核算表

序号	考察点	剂量率参考 控制水平 Hc μSv/h		距离(m)	控制水平下的射 线实际屏蔽所需 厚度 (mmPb)		设计厚度	设计厚度下瞬时 剂量 (μSv/h)		是否符合 要求
1	左侧	主射	2.5	2.58	23.3		2mm 钢板+24mmpb 铅板+2mm 钢板	1.40		符合
2	右侧	散射	2.5	1.69	3.9	16.2	2mm 钢板+19mmpb 铅板+2mm 钢板	2.85E-11	0.60	符合
		漏射	2.5	1.69	16.2			0.60		
3	正面	散射	2.5	1.79	3.8	15.9	2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板	4.90E-12	0.36	符合
		漏射	2.5	1.79	15.9			0.36		
4	背面	散射	2.5	1.64	3.9	16.4	2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板	5.84E-12	0.43	符合
		漏射	2.5	1.64	16.4			0.43		
5	底部	主射	2.5	2.41	23.6	23.6*	2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板	8.04E-07		符合
		散射	2.5	1.24	4.2			1.02E-11	0.75	
		漏射	2.5	1.24	17.8			0.75		
6	顶部	主射	2.5	1.26	26.9	26.9*	2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板	2.94E-06		符合
		散射	2.5	0.84	4.7			2.23E-11	1.63	
		漏射	2.5	0.84	19.7			1.63		

注：①25号厂房二层屏蔽体厚度为X射线沿其照射方向穿过铅板的路径长度，经三角函数计算有效防护铅当量厚度约为58.5mm（铅板）、11.7mm（钢板）。②剂量计算中考虑了钢板的防护效果，将铅房各侧钢板透射因子为铅板投射因子相乘后得到最终的透射因子，并将其代入相应的计算公式估算各保护目标的年有效剂量。③屏蔽体屏壁厚度估算中仅考虑铅板的防护厚度。

从预测结果可以看出，本项目建成后，在室内无损检测期间工业CT系统在正常运行工况下，该设备防护铅房外30cm处关注点辐射剂量率在0.36~1.63 $\mu\text{Sv/h}$ ，则防护铅房外30cm处的剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）的剂量率限值（2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ）的要求。

2.1.5 对关注点及保护目标的综合分析

结合项目外环境关系，项目投运后，按最不利情况计，本项目室内无损检测关注点年有效剂量的预测结果见表11-7。

表11-7 本项目各关注点年照射剂量计算结果表

关注点	受照者类型	距辐射源直线距离	屏蔽体厚度		保护目标处剂量率值($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年有用线束剂量(mSv)	年受漏射照射剂量(mSv)	年受散射照射剂量(mSv)	年有效剂量(mSv)
			铅板	钢板						
25号厂房西南侧线切割区	公众	7.2m	24m m	4m m	1.80E-01	1/2	6.30E-02	—	—	6.30E-02
25号厂房西南侧铣床区	公众	27.9m			1.20E-02	1	4.20E-03	—	—	4.20E-03
25号厂房2层车间	公众	11.3m	58.5mm	11.7mm	2.68E-02	1	1.13E-08	1.88E-02	2.56E-13	1.88E-02
25号厂房南侧CNC区	公众	8.7m	20m m	4m m	1.54E-02	1	—	1.08E-02	1.47E-13	1.08E-02
25号厂房南侧烧焊区	公众	32.3m			1.11E-03	1	—	7.75E-04	1.06E-14	7.75E-04
25号厂房南侧厂区内道路	公众	50.3m			4.56E-04	1/8	—	3.99E-05	5.44E-16	3.99E-05
西南侧车间内走廊	公众	3.9m			7.77E-02	1/4	—	1.36E-02	1.85E-13	1.36E-02
西侧CNC精铣区	公众	29.7m			1.31E-03	1	—	9.14E-04	1.25E-14	9.14E-04

西北侧 CNC 区作业点	公众	3m			1.28E-01	1	—	8.95E-02	1.22E-12	8.95E-02
北侧车间内走廊	公众	10.8m			9.87E-03	1/4	—	1.73E-03	2.36E-14	1.73E-03
东北侧三坐标室	公众	4.6m			5.54E-02	1	—	3.88E-02	5.29E-13	3.88E-02
CT室内操作人员	职业	2m	19m m	4m m	0.45	1	—	3.14E-01	1.48E-11	3.14E-01
25#车间东北侧厂区内道路	公众	17.6m			5.59E-03	1/8	—	4.89E-04	2.31E-14	4.89E-04
2号员工食堂	公众	36.6m			1.29E-03	1	—	9.03E-04	4.26E-14	9.03E-04
东南侧三坐标室	公众	4.2m	20m m	4m m	6.53E-02	1	—	4.57E-02	6.23E-13	4.57E-02
西北侧磨床区	公众	13.3m			6.51E-03	1	—	4.56E-03	6.21E-14	4.56E-03
西北侧 CNC 精铣区	公众	14.3m			5.63E-03	1	—	3.94E-03	5.37E-14	3.94E-03
CNC 精铣物料区	公众	30.1m			1.27E-03	1	—	8.89E-04	1.21E-14	8.89E-04
磨床区西北侧车间内走廊	公众	35.2m			9.29E-04	1/4	—	1.63E-04	2.22E-15	1.63E-04
25号厂房西北侧员工休息室	公众	37.7m			8.10E-04	1/2	—	2.83E-04	3.87E-15	2.83E-04
25号厂房西北侧厕所	公众	37.7m			8.10E-04	1/8	—	7.09E-05	9.67E-16	7.09E-05
西北侧备件库/刀具房	公众	43.7m			6.03E-04	1/4	—	1.05E-04	1.44E-15	1.05E-04
25号厂房西北侧厂区内道路	公众	47.6m			5.08E-04	1/8	—	4.45E-05	6.06E-16	4.45E-05
25号厂房3层车间	公众	13.6m			6.27E-03	1	—	4.39E-03	5.99E-14	4.39E-03

注：①由于25号厂房西南侧线切割区内工作人员不是一直在该区域作业，该区域内人员处于流动状态，故保守估计取其居留因子为1/2；②25号厂房二层屏蔽体厚度为X射线沿其照射方向穿过铅板的路径长度，经三角函数计算约为58.5mm（铅板）、11.7mm（钢板）。③将铅房各侧钢板透射因子为铅板投射因子相乘后得到最终的透射因子，并将其代入相应的计算公式估算各保护目标的年有效剂量。

从预测结果可以看出，本项目建成后，在室内无损检测期间工业CT系统在正常运行工况下，所致本项目辐射工作人员最大年有效剂量值约为0.314mSv，低于职业照射剂量目标管理值5.0mSv/a；所致公众最大年有效剂量值最大为8.95E-02mSv，低于公众照射剂量目标管理值0.1mSv/a。

由此可见，本项目新增工业CT系统运行时对辐射工作人员和周围公众所致附加年有效剂量满足国家相关标准要求，所产生的辐射环境影响小，是可接受的。

二、废气

空气在辐射照射下产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）等有害气体。本项目工业CT系统工作时产生的废气经铅房顶部排风扇（铅房配有2台风机，一用一备，每台风量约300m³/h，换气次数为13次/h）排至CT室，再经CT室换气扇排至25#车间内，最终经25#车间无组织排放至大气环境；经大气自然扩散后，对周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准（0.20mg/m³）的要求，对大气环境影响较小。

三、固体废物的环境影响分析

生活垃圾依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。工业 CT 系统使用一定年限后，射线装置可能不能正常工作，报废的工业 CT 机按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，交有资质单位回收，保留回收手续并做好相关记录存档。

四、噪声

本项目防护铅房的通风设施工作时将产生一定噪声，本项目选用低噪声设备（噪声源强低于65dB（A）），对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响较小。

五、废水

辐射工作人员产生的生活污水依托厂区现有污水处理设施处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入污水管网后进入璧山高新区污水处理厂深度处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入璧南河。冷却水循环利用不外排，对地表水环境影响较小。

事故影响分析

一、事故分级

本项目新增工业CT系统属 II 类射线装置，其风险因子为X射线，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修订版）第四十条：辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见下表。

表11-8 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

事故等级	上报程序
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或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。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
特别重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表11-9 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy

	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	重度	20.0Gy~50.0Gy
脑型急性放射病	—	> 50Gy

二、辐射事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为X射线，危害因素为X射线超剂量照射。X射线机只有在开机状态下才会产生X射线，一旦切断电源，探伤机便不会再有射线产生。根据本项目工业CT系统的工作原理分析，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

①人员滞留在铅房内：人员通过铅门可进入铅房内，在开机前，工作人员未对铅房内部进行充分搜寻，从而导致滞留在铅房内的人员在工作模式下被误照射。

②丧失屏蔽：工业CT系统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）可能无意中将工业CT系统的屏蔽块、机架上的屏蔽物等移走，或随意加大照射野，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。

③联锁装置失效：由于门机联锁装置失效，防护门未关闭或工业CT系统工作时门被开启，射线仍然能发射，造成射线外泄，可能对工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

④屏蔽体出现膨胀变形：本项目铅房各方向屏蔽体、电缆出线口罩、风机排风口罩，使用多年以后，可能因铅门的自重等原因引起铅门之间的搭接、铆钉等处空隙增大，从而漏出射线，使铅房外周围的人员受到误照射。

三、辐射事故影响分析

1、事故假设

1.1 人员滞留在铅房内

工业CT系统在运行时，人员误入或滞留在铅房内，在主射束方向造成误照射，受照射总时长按最不利情况考虑，由于本项目存在单次检测市场为60min/次的情况，因此本次估算单次受照总时长保守取60min，受照射关注点分别取距射线源0.2m、0.5m和1m处，且该名人员未穿戴个人防护用品（如防护铅衣等）。

1.2 丧失屏蔽

因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）无意中将工业CT系统射线源的屏蔽体、机架上的屏蔽物等移走，或随意加大照射野，使设备丧失自身屏蔽作用，导致

铅房西南侧、西北侧、东南侧和顶部均受到主射束影响而出现高剂量率，人员受到不必要的照射。受照射总时长按最不利情况考虑，由于本项目存在单次检测市场为60min/次的情况，因此本次估算单次受照总时长保守取60min；受照射关注点分别取铅房西南侧、西北侧、东南侧外0.1m处，由于铅房顶部不可达到，因此铅房顶部关注点保守取CT室上方2层车间工作人员，且上述人员均未穿戴个人防护用品（如防护铅衣等）。

1.3 联锁装置失效

由于门机联锁装置失效，导致防护门未完全关闭，工业CT系统仍然能进行曝光，造成射线外泄；或则，工业CT系统出束时防护门被操作人员开启，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。该过程中工业CT系统操作人员主要受到漏射辐射和散射辐射的直接影响，由于本项目存在单次检测市场为60min/次的情况，因此本次估算单次受照总时长保守取60min，受照射关注点取铅房东南侧防护铅门外0.1m处，且操作人员未穿戴个人防护用品（如防护铅衣等）。

1.4 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，使铅房各侧外周围的人员受到误照射。受照射总时长按最不利情况考虑，由于本项目存在单次检测市场为60min/次的情况，因此本次估算单次受照总时长保守取60min；受照射关注点分别取铅房西南侧、西北侧、东南侧和东北侧外0.1m处，由于铅房顶部不可达到，因此铅房顶部关注点保守取CT室上方2层车间工作人员，且上述人员均未穿戴个人防护用品（如防护铅衣等）。

2、剂量估算

2.1 人员滞留在铅房内

在假定事故情况下，铅房内人员受辐射剂量率按式（8）、式（9）进行计算，屏蔽透射因子取1（无屏蔽），计算结果见下表。

表11-10 事故情况受照人员受到的剂量估算结果

关注点与射线装置的距离（m）	受照时间（s）	总受照剂量（mSv/次）
0.2	60	85
	600	850
	900	1275
	1800	2550
	2700	3825
	3600	5100
0.5	60	14
	600	136

	900	204
	1800	408
	2700	612
	3600	816
1	60	3
	600	34
	900	51
	1800	102
	2700	153
	3600	204

2.2 丧失屏蔽

在假定事故情况下，分别取铅房西南侧、西北侧、东南侧外0.1m处和顶部二层车间人员受辐射剂量率按式（8）、式（9）进行计算，屏蔽体厚度选取铅房各侧实际屏蔽厚度，计算结果见下表。

表11-11 事故情况受照人员受到的剂量估算结果

关注点位置	关注点与射线源的距离（m）	铅屏蔽厚度（mm）	钢屏蔽厚度（mm）	受照时间（s）	总受照剂量（mSv/次）
铅房西南侧外 10cm 处	3.49	24	4	3600	1.65E-03
铅房西北侧外 10cm 处	1.44	20	4	3600	2.27E-02
铅房东南侧外 10cm 处	1.59	20	4	3600	1.86E-02
25 号厂房 2 层车间	6.6	20	11.7	3600	6.09E-04

2.3 联锁装置失效

在假定事故情况下，铅房东南侧外0.1m处人员受辐射剂量率按式（10）、式（11）、式（12）、式（13）进行计算，屏蔽体厚度选取0，计算结果见下表。

表11-12 事故情况受照人员受到的剂量估算结果

关注点位置	关注点与射线源的距离	屏蔽体厚度	受照时间	受漏射照射剂量	受散射照射剂量	总受照剂量
铅房东南侧 10cm 处	1.59m	0	3600s	1.98 mSv/次	1.61 mSv/次	3.59mSv/次

2.4 屏蔽体出现膨胀变形

在假定事故情况下，分别取铅房西南侧、西北侧、东南侧、东北侧外0.1m处和顶部二层车间人员受辐射剂量率按式（8）、式（9）、式（10）、式（11）、式（12）、式（13）进行计算，屏蔽体厚度取0，计算结果见下表。

表11-13 事故情况受照人员受到的剂量估算结果

关注点位置	关注点与射线源的距离	屏蔽体厚度	受照时间	受有用线束照射剂量	受漏射照射剂量	受散射照射剂量	总受照剂量
铅房西南侧外 10cm 处	3.49m	0	3600s	36.01 mSv/次	—	—	36.01 mSv/次
铅房西北侧外 10cm 处	1.44m	0	3600s	—	2.41 mSv/次	1.97 mSv/次	4.38 mSv/次
铅房东南侧外 10cm 处	1.59m	0	3600s	—	1.98 mSv/次	1.61 mSv/次	3.59 mSv/次

铅房东北侧外 10cm 处	1.49m	0	3600s	—	2.25 mSv/次	1.84 mSv/次	4.09 mSv/次
25 号厂房 2 层车间作业人 员	6.6 m	0	3600s	—	0.11 mSv/次	0.09 mSv/次	0.21 mSv/次

3、辐射事故等级

根据表11-10、表11-11、表11-12、表11-13，在辐射事故状态下，本项目铅房内人员在不同位置随着时间的推移，在主射方向持续受照射，最大可能受照剂量为5.1Sv/次，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众剂量约束限值，根据表11-18、表11-19可知，会引起人员重度骨髓型急性放射病，构成较大辐射事故。一旦发生误照射，应立即停止射线装置（切断电源），严禁公众在探伤室内停留。

综上所述，本项目一旦发生辐射事故，周围人员较容易受到超剂量照射，应立即停止射线装置（切断电源），严禁公众在探伤室内停留。在X射线直接照射情况下，应立即启动事故应急预案。为避免发生意外照射，在检测工作开始之前，必须将监督区和控制区范围内的其他工作人员进行全面清场，严禁无关人员进入。因此，建设单位在运营过程中必须严格执行相关规章制度和管理制度，杜绝此类事故的发生。

四、事故预防措施

建设单位采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

1、辐射安全管理

（1）建设单位成立了辐射安全管理小组，负责全公司辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收集、整理、分析全公司辐射防护的有关资料，掌握辐射防护的发展趋势，及时制定并采取防护措施；督促各有关人员采取有效的防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护守则，使个人辐射剂量保持在最低水平，并对辐射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导；

（2）建设单位需根据本项目新增工业CT系统修改、完善现有辐射事故预防措施及应急处理预案。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国原环境保护部令第18号）第六章第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位应急预案，做好应急准备”；应急预案的内容应包括：应急机构和职责分工，应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故信息公开、公众宣传方案。建设单位应按

上述要求修改并完善现有辐射事故预防措施及放射事故专项应急预案；

(3) 项目建设单位应结合本项目新增工业CT系统（Ⅱ类射线装置），修改并完善现有辐射防护和安全管理、设备检修维护制度、设备使用登记制度等，并根据实际使用情况制定本项目新增工业CT系统的操作规程；并将相应管理制度、操作规程、应急相应程序和处置方案应悬挂在CT室内。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

2、设备固有安全设施

本项目在运行过程中，有可能出现的事故情况及处理措施：

(1) 工业CT系统出束检测时，安全联锁发生故障及误操作，造成有关人员被误照射，引发辐射事故。

要求定期检查工业CT系统门-机联锁装置是否能正常工作，充分保证工作警告信号（显示灯）和安全联锁装置等均正常工作，严格按照操作规程进行操作。如一旦发生辐射事故，必须马上停机，切断总电源开关，对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应救护措施，其次对仪器设备、设施进行检测，确定其影响状态。

(2) 由于其他原因引起X射线意外事故。

当发生X射线意外事故，应立即关机断电，启动应急预案，同时估计事故剂量，据此判断是否实施医学监护，对可能受辐射损伤的人员立即采取救护措施。设备检测时，必须先切断电源，然后按规定程序对设备进行检测。要求工业CT系统操作人员遵守设备操作规程，严格细致的开展工作，杜绝事故的发生。

一旦发生事故导致人员受到异常照射的事故单位，必须立即按下紧急停机按钮，切断电源，立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，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。根据辐射事故分级上报相应级别的生态环境部门和卫生行政部门。事故处理完成后，应查找事故原因，分清事故责任，避免该类事故再次发生。

为了杜绝上述辐射事故的发生，本次评价要求建设单位严格执行以下风险预防措施：

①定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

②凡涉及对工业CT系统进行操作，必须按操作规程执行，X射线检测作业时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

③严格管理，在使用过程中要经常定期检查和维护联锁系统、剂量报警装置及安全保障系统，仪器操作人员应严格按照操作规程进行操作，并按要求佩戴个人剂量片和便携式个人剂量报警仪，每次开机前必须要确认联锁系统工作正常，才能进行开机运行；

④每月对射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换；

⑤建设单位所有辐射工作人员应加强辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习，并通过相关考试，持证上岗。

五、风险管理及应急预案

本项目辐射事故应急体系依托建设单位既有辐射事故应急体系，建设单位设立了辐射事件应急处理领导小组，负责组织开展全公司辐射事件的应急处理救援工作，领导小组由公司领导、安全管理部门负责人等组成，并细化了职责分工。

为了加强对放射装置安全管理，确保本项目新增工业 CT 系统的安全应用，保障公众健康，保护环境，建设单位应将本项目工业 CT 系统可能发生的事故类型、处置方法和应急程序等内容补充到公司既有放射事故专项应急预案中，本项目需完善的应急预案内容包括：辐射事故分级、应急组织机构和职责、应急小组的职责、外部指挥与协调、应急处置、应急终止等。

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和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。 建设单位已成立有“辐射安全与环境保护领导小组”。 辐射安全与环境保护领导小组组成： 组长：田维浩 安全负责人：涂中洪 成员：李斌、喻志君、王西泉 其职责包括： 1、认真贯彻执行国家放射性同位素和射线装置的法律法规，接受国家和地方生态环境部门、公安部门和卫生部门的监督与检查； 2、对我公司的辐射安全与环境管理负全责； 3、制定和监督实施我公司的辐射安全与环境管理制度； 4、制定我公司辐射事故应急预案，负责辐射事故应急预案的日常演练和辐射事故处置； 5、研究审查新建、扩建、改建放射性同位素设备和放射性装置及其防护工作； 6、每年定期召开环保专题工作会议，研究部署解决辐射安全与环境管理工作中存在的重大问题； 7、定期安排辐射安全与环境管理专项检查，督促基层部门认真执行辐射安全与环境管理各项规章制度，消除各种辐射安全与环境隐患； 8、发生辐射事故，按职能进行指挥、协调、处理，防止事故蔓延扩大，将放射伤害和损失降低到最低限度； 9、对发生的事故按照“四不放过”原则组织调查处理，落实防范措施。
12.2辐射安全管理规章制度 （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，建设单位必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意

外照射事故的发生。为此，公司应按照规定制定相应的管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案、辐射事故应急措施等。

目前，建设单位已成立有辐射工作安全管理领导小组，并制定有《辐射安全与环境保护领导小组职责》、《放射性同位素及射线装置安全操作规程》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《放射性同位素与射线装置安全保卫制度》、《放射性同位素及射线装置台账管理制度》、《辐射岗位工作职责》、《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》、《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》、《辐射事故应急预案》等制度，根据本项目新增 X 射线装置对现有《放射性同位素及射线装置台账管理制度》、《辐射岗位工作职责》、《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》、《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》、《辐射事故应急预案》进行修订并新增《个人剂量监测方案》等。在项目运营前，拟根据本项目新增 X 射线装置运行管理和设备操作需求，制定操作规程、岗位职责、辐射事故应急措施等制度并粘贴在辐射工作场所。

（2）辐射工作人员

①配置数量合理可行性

厂内拟配置 1 台工业 CT 系统，根据该装置的操作需求，年工作时间较长，因此，厂内配置的 3 名辐射工作人员是可行的。

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免费学习相关知识。经考核合格后方可上岗。

根据建设单位资料，本项目拟新增的 3 名辐射人员姚永林、曹雪苹、罗新瑞均已在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）培训并考核合格，并已取得辐射考试合格证书，证书编号分别为 FS25CQ1200025、FS25CQ1200017、FS24CQ1200269。本项目运行后，公司将继续按照人员培训组织辐射工作人员进行辐射安全和防护培训。

③个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，建设单位应对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量监测档案。内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量监测档案应当终生保存。另外，辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

④职业健康检查

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

（3）射线装置台账管理

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

（4）档案管理

建设单位应按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。辐射类档案主要分为：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”和“辐射应急资料”等。另外，建设单位项目建成运行后，应及时组织验收并办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

（5）年度评估

根据原环境保护部令第 18 号第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估。

（6）核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，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

现在从事企业核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。应建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化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在公司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。

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下表。

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。	本项目设置有辐射安全与环境保护管理机构。
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。	项目拟配备的 3 名辐射工作人员按照规定参加培训并考核合格。
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；设备安装到位后，配置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	专职辐射工作人员均配备个人剂量计、射线辐射检测警报仪、射线辐射巡测仪和固定式监测报警装置
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。	建立《X 射线探伤操作流程》、《辐射工作安全防护管理制度》、《设备维修保养制度》、《监测方案》等制度。《探伤安全岗位职责》、《探伤设备台账管理制度》、《人员培训计划》、《个人剂量监测方案》，待本项目建成运营后，将按照相关规定和要求，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	公司已制定有辐射事故应急措施，满足拟开展的辐射工作运行要求。

从上表可知，建设完成运营前，针对本项目的管理需求制定并完善相应管理规定，认真落实上述要求后，方具备从事本项目辐射活动的能力，本项目方可投入正式运行。

12.4 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规和标准，必

须对辐射工作人员个人剂量进行监测、辐射工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

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

（1）个人剂量监测

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

监测频率：最长不超过 3 个月；如发现异常可加密监测频率。

（2）工作场所外环境监测

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

监测计划应包括以下内容：

监测频度：验收时监测一次；年度评估委托有资质单位每年监测一次；涉及设备或者防护设施维修后等也应进行监测；

监测项目：周围剂量当量率；

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

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）及《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 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。

（1）事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级，本项目一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、区生态环境局、市生态环境局报告，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向区生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

报告联系电话如下：

市政府热线电话：12345（24 小时投诉电话）

重庆市卫生健康委员会电话：（023）67706707

重庆市生态环境局电话：023-89112369

璧山区卫生健康委员会：023-41421231

璧山区生态环境局：023-41423413

璧山区公安局：（023）110

（2）辐射事故应急处置措施

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

（3）辐射事故后处理

启动并组织实施应急方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门做好事故调查处理，并做好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害人员，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、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

（4）培训和演练

定期组织本单位辐射突发环境事件相关应急知识和应急预案的培训；定期自行组织演练，演练后及时总结，并根据演练情况完善应急预案。

12.6 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见下表。

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，制度上墙	0.05
电离辐射警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	门机联锁、铅房内外紧急停机按钮、铅房内外声光警示装置、监控系统等	0.05
防护监测设备	便携式辐射监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式辐射探测报警装置	1.5
环保手续办理	环评、验收及例行监测等	15
合计		16.6

12.7 竣工验收

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

表见下表。

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	HR300C 定向工业 CT 系统 1 台，额定电压 $\leq 300\text{kV}$ ，电流 $\leq 3\text{mA}$ ，额定功率 500W；		不发生重大变更
2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等		齐全
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包含操作规程、射线防护和安全保卫制度、设备保养制度、人员培训计划、监测方案、应急预案等。		齐全
4	铅房防护措施	①铅房内安装摄像头，监视器设在操作台； ②门机安全联锁正常； ③铅房内外设警示灯、设灯机联锁。 ④铅房内、操作台上设急停按钮； ⑤铅房铅门处，外张贴电离辐射警告标志。 ⑥通风：工业 CT 系统工作时产生的废气，经铅房顶部排风扇抽出，铅房内每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。 ⑦防护门内设紧急开门措施或者装置。 ⑧铅房各方向按设计要求采取屏蔽措施，各方向屏蔽措施见表 1-2。		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、辐射剂量报警仪。公司配备便携式 X- γ 辐射剂量率仪和固定剂量监测报警。		个人剂量计按规定定期进行计量检定；便携式辐射监测仪表对铅房屏蔽体外（包括监督区）进行剂量监测，设置有固定剂量监测报警仪
6	人员要求	培训合格上岗，定期复训。		《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》
7	电离辐射	剂量管理目标限值	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/T 250-2014/XG1-2017
		屏蔽体周围剂量 GBZ/T 250-2014/XG1-2017 当量率控制	铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	

表 13：结论与建议

结论 1、项目概况 重庆弗迪锂电池有限公司为确保产品生产质量，提高产品合格率，拟在重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号已建 25#厂房一楼东侧 CT 室，配套使用 1 台 HR300C 型固定式定向工业 CT 系统（额定电压 300kV，额定电流 3mA，属于 II 类射线装置）。 项目总投资 400 万元，其中环保投资约 16.6 万元。 2、本项目产业政策符合性分析 项目主要是配置 X 射线实时成像装置用于对工件无损检测，根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目属于该指导目录中鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“质量认证和检验检测服务”，符合国家当前的产业政策。 3、本项目选址合理性分析 本项目位于 25#厂房的东侧 CT 室内，所在厂房周围为其他生产厂房和厂区内部道路，CT 室周边为拟建线切割区，三坐标室，CNC 区等，各区域均有相应隔墙，且人员活动相对较少，经计算 X 射线对公众成员的影响较小；CT 室邻近厂区内部道路，便于产品送检。有利于辐射防护和减少 X 射线对公众成员的影响。根据现状监测结果，项目拟建址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。因此，本项目选址可行。 4、工程所在地区环境质量现状 本项目建设位置的地表 γ 剂量率的监测值在 55nGy/h~66nGy/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》（重庆市生态环境局），重庆市的环境地表伽玛空气吸收剂量率年均值范围为 76.8nGy/h~93.3nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）之间。两者相比，在统计范围内无明显差异，属于当地正常天然本底辐射水平。 5、实践正当性 项目使用 X 射线检测的目的是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全。其为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

6、辐射防护与安全措施

建设单位拟进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为铅房内部，监督区为铅房四周外一定区域。

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

铅房的屏蔽体采用钢+铅+钢结构以及铅门（装置左面（射线源正照面）为 2mm 钢板+24mmpb 铅板+2mm 钢板；装置右面为 2mm 钢板+19mmpb 铅板+2mm 钢板；装置正面为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板；装置背面为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板；装置顶部为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板；装置底部为 2mm 钢板+20mmpb 铅板+2mm 钢板。根据效核，在现有屏蔽体设计厚度下，工业 CT 系统工作时，铅房四周屏蔽体、顶棚、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求，铅房其他方向屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。铅房主体结构焊接密闭，设置排风出口罩、高压电缆出口罩，水管出口罩，其屏蔽等级与铅房主体屏蔽等级一致。工业 CT 系统产生的废气经铅房顶部排风扇（通风次数为 13 次/h）将废气引至 CT 室内，再经 CT 室换气扇排至 25#车间内，最终经 25#车间无组织排放至大气环境。

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/T 250-2014/XG1-2017）的相关要求。

7、环境影响评价结论

根据核算，辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求。在辐射事故状态下，铅房内人员在不同位置随着时间的推移，持续受到照射，最大可能受照剂量高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众剂量约束限值 1mSv/年，根据表 11-16、表 11-17 可知，会引起人员重度骨髓型急性放射病，构成较大辐射事故。一旦发生误照射，应立即停止射线装置（切断电源），严禁公众

在 CT 室内停留。

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。

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。

8、辐射环境管理

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

9、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求制订辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

10、项目环保可行性结论

综上所述，重庆弗迪锂电池有限公司在重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号已建 25#厂房一楼东侧 CT 室拟实施的重庆弗迪锂电池配套零部件生产项目（ME 品质探伤部分），符合国家产业政策，选址和布局合理，在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

