

核技术利用建设项目
重庆比亚迪锂电池有限公司新增 1 台工业 CT
项目

环境影响报告表

编制单位：核工业二三 0 研究所

建设单位：重庆比亚迪锂电池有限公司

编制时间：2025 年 9 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
重庆比亚迪锂电池有限公司新增 1 台工业 CT
项目

环境影响报告表

建设单位名称：重庆比亚迪锂电池有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：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：402781

联系人：兰豪

电子邮箱：/

联系电话：156****6780

打印编号: 1757578699000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	k633q6		
建设项目名称	重庆比亚迪锂电池有限公司新增1台工业CT项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆比亚迪锂电池有限公司		
统一社会信用代码	91500227MA605G6H6C		
法定代表人 (签章)	何龙		
主要负责人 (签字)	张明明		
直接负责的主管人员 (签字)	熊维娟		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	核工业二三〇研究所		
统一社会信用代码	121000004448853130		
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
易忠辉	20220503543000000010	BH042594	易忠辉
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
易忠辉	全本	BH042594	易忠辉

目 录

表 1 项目基本概况	1
表 2 放射源	13
表 3 非密封放射性物质	13
表 4 射线装置	14
表 5 废弃物	15
表 6 评价依据	16
表 7 保护目标与评价标准	19
表 8 环境质量和辐射现状	25
表 9 项目工程分析与源项	29
表 10 辐射安全与防护	42
表 11 环境影响分析	60
表 12 辐射安全管理	77
表 13 结论与建议	88

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆比亚迪锂电池有限公司新增 1 台工业 CT 项目			
建设单位		重庆比亚迪锂电池有限公司			
法人代表	何龙	联系人	兰豪	联系电话	156****6780
注册地址		重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号			
项目建设地点		重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号重庆比亚迪锂电池有限公司 26# 厂房			
立项审批部门		璧山区发展改革委		批准文号	2509-500120-04-01-388103
建设项目总投资 (万元)		700	项目环保投资 (万元)	60	环保投资比例 8.57%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²) 483
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 建设单位概况 重庆比亚迪锂电池有限公司于 2018 年成立。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。				
1.2 项目由来 重庆比亚迪锂电池有限公司拟投资 700 万元，拟将 26# 厂房备用区（现为空置房间）					

改建为 1 间 CT 测试房，CT 测试房内建设 1 间探伤屏蔽铅房，并在铅房内安装 1 台 Newscan-1000 型大型包体 CT（工业用 X 射线计算机断层扫描装置，以下简称工业 CT，II 类射线装置，其最大管电压、管电流为 450kV、3mA）开展 X 射线固定式探伤无损检测工作，用于探测电池包内部结构尺寸缺陷，辅助生产和研发分析，提升电池包生产制造良率和安全品质。

根据《射线装置分类办法》（生态环境部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目工业 CT 为“工业用 X 射线计算机断层扫描装置”，属 II 类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》以及《中华人民共和国环境影响评价法》，建设对环境有影响的项目，应当依法进行环境影响评价；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令 第 16 号），本项目属于名录中“五十五、核与辐射”第 172 条“核技术利用建设项目”中“使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。为此，重庆比亚迪锂电池有限公司委托核工业二三 0 研究所对该项目进行辐射环境影响评价（见附件 1）。接到委托后，我单位组织专业技术人员对现场进行了调查、监测和资料收集工作，编制完成了《重庆比亚迪锂电池有限公司新增 1 台工业 CT 项目环境影响报告表》。

1.3 项目建设规模

1、项目名称：重庆比亚迪锂电池有限公司新增 1 台工业 CT 项目。

2、建设单位：重庆比亚迪锂电池有限公司。

3、建设地点：重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号重庆比亚迪锂电池有限公司 26# 厂房。

4、建设内容及规模：重庆比亚迪锂电池有限公司拟将 26# 厂房备用区改建为 1 间 CT 测试房，CT 测试房内建设 1 间探伤屏蔽铅房，并在铅房内安装 1 台 Newscan-1000 型大型包体 CT（工业用 X 射线计算机断层扫描装置，以下简称工业 CT，II 类射线装置，其最大管电压、管电流为 450kV、3mA），开展公司生产电池包内部结构尺寸缺陷的 X 射线固定式探伤无损检测工作。项目占地面积 483m²，项目总投资 700 万元，其中环保投资 60 万元。

本次评价项目的射线装置情况见表 1-1，项目基本组成情况详见表 1-2：

表 1-1 本次评价项目射线装置情况一览表

设备名称	大型包体 CT
设备型号	Newscan-1000
生产厂家（同铅房设计单位）	天津三英精密仪器有限公司
数量	1 台
类别	II 类
主射束 1m 处输出量	$860\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{s}$ ($3.10\text{E}+06\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)
最大管电压	450kV
最大管电流	3mA
焦距	0.4/1mm
冷却方式	油冷
最大辐射角	$\pm 11.3^\circ$
射线管 Y 轴移动范围 ^[1]	2600mm
射线管弧形移动范围	$\pm 60^\circ$
样品台移动范围	X 轴: 0-3500mm Y 轴: 2600mm Z 轴: 0-200mm
照射方向	自下向上出束
备注: (1) 本项目 Y 轴为南北方向。 (2) 本项目工业 CT 为非标定制设备, 仅配备 1 个 X 射线管。	

表 1-2 项目建设内容及组成一览表

类别	项目名称	工程内容与规模	备注
主体工程	CT 测试房	CT 测试房位于 26#厂房中部, 26#厂房高约 7.5m, CT 测试房现为备用区 (空置房间), 四周墙体为高约 3.3m 彩钢板结构, 房间无顶, 房间上方至 26#厂房屋顶范围内为通风管道、照明灯具、吊挂系统及建筑结构框架等, 房间有效高度约 3.7m, 无法上人, 不涉及相关生产及物料暂存, 房间尺寸为 27600mm×17500mm, 现有 2 扇出入门, 分别位于东墙北侧及南墙西侧, 本项目拟在 CT 测试房南墙中部新增 1 处进料门。	改建
	探伤屏蔽铅房	铅房外尺寸长 8100mm×宽 7465mm×高 4000mm; 工件门 (自动门), 为双开平移门, 位于铅房正面 (西侧), 门洞尺寸 4200mm×800(H)mm, 门体尺寸 4380mm×990(H)mm; 大维修门位于铅房背面 (东侧), 为对开门, 门洞尺寸约 3200mm×2200(H)mm, 门体尺寸约 3312mm×2312(H)mm, 小维修门位于铅房两侧 (南、北侧), 为单开门, 门洞尺寸约 1000×2000(H)mm, 门体尺寸约为 1112mm×2100(H)mm; 铅房自带屏蔽体, 各面屏蔽体均为钢铅结构, 顶部为 55mmPb, 正/背面 (西/东墙) 靠顶部 1000mm 区域为 55mmPb, 其余各面均为 31mmPb。电缆孔 (北墙) 及排风口 (顶部) 处均配备钢铅结构防护罩, 防护罩采用铅板厚度与对应墙体防护层厚度一致。	新建
	工业 CT	1 台 Newscan-1000 型大型包体 CT, 最大管电压 450kV, 最大管电流 3mA, 固定安装于 CT 测试房的铅房内	新增
	操作台	操作台位于铅房正面左前侧 (北侧), 距离铅房约 1.3m	新增
	电控柜	电控柜位于铅房正左侧 (北侧), 紧贴铅房北侧墙体	新增

公用工程	供电系统	依托厂房供电系统，厂房用电来源于市政供电	依托
	给水系统	依托厂区给水管网	依托
环保工程	辐射安全与防护措施	安装门机联锁、电离辐射警告标识、工作状态指示灯、急停按钮、固定式辐射剂量报警仪、摄像头、红外防夹装置等辐射安全防护装置。	新建
	废气处理措施	铅房拟采取自然进风、机械排风的通风方式，共设置 2 台排风机，2 个排风口均位于铅房顶部，总排风量为 1560m³/h，铅房净容积约为 184m³，铅房换气次数可达 8.48 次/h，新增排风管道连接至 26#厂房北墙外（厂区内道路及绿化）高约 2.5m 处排放。	新建
	废水处理措施	生活污水不新增，依托厂内污水处理装置（处理规模 1500m³/d）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进一步处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标后排入璧南河。	依托
	固废处理措施	项目采用数字式成像装置，无需洗片；设备运行产生的废冷却油属于 HW08 废矿物油与含矿物油废物，拟委托有资质的单位处理；项目运行产生报废的 X 射线管进行去功能化后，根据相关要求处理，并保留处理相关手续，做好相关记录存档。	依托
	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。	依托
注：①设计数据由设备厂家（设备厂家同为铅房设计方）提供，铅密度 11.3g/cm³； ②以工件门（自动门）一侧为正面；			

5、人员配备：本项目拟从单位现有辐射工作人员中调配 1 名从事本项目工作，并新增 1 名辐射工作人员，共配备 2 名辐射工作人员，人员名单已确定，本项目辐射工作人员仅从事本项目上下料及无损检测等相关工作。拟配置的人员其职业健康体检，个人剂量监测（见附件 8）、培训情况如下：

表 1-3 拟配置人员的相关信息

序号	姓名	工作岗位	培训证书编号	有效期	个人剂量情况（mSv）					体检
					2024 年三季度	2024 年四季度	2025 年一季度	2025 年二季度	合计	
1	庄齐周	测试员	FS24CQ12000096 (X 射线探伤)	2024.4.17- 2029.4.17	< MDL*	0.12	0.06	0.04	0.24	可继续原放射工作
2	陈念	测试员	FS25CQ1200257 (X 射线探伤)	2025.8.20-2030.8.20	新增辐射工作人员					可从事放射工作

6、工作负荷：本项目工作人员实行每天工作 8 小时长白班制，每天平均出束次数为 4~5 次，每次出束时间为 5min~10min，每周工作 6 天，年工作周数 50 周，年工作天

数 300 天，则每天最大出束时间为 5 次×10min=50min/天，根据厂家提供的资料，本设备每周暖机一次，暖机时间最长不超过 60 分钟，周最大出束时间为 50min/d×6d+60min=6h/周，年出束时间为 6h/周×50 周/年=300h/年。

7、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，用于探测电池包体内部结构缺陷，辅助生产和研发分析，提升电池包生产制造良率和安全品质，检测工件的参数见下表。所检电池包主要来源于公司 1#、12#、15#三个厂房，以及部分外部客户送检的电池包。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工件名称	尺寸及规格	材料及厚度
电池包体	长：500~3000mm 宽：500~2500mm	铝合金等 10~380mm

1.4 周边环境概况及环境保护目标

重庆比亚迪锂电池有限公司位于重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号，厂界周围属于工业区，南侧为虎峰大道，东侧为重庆恒通客车有限公司、中南高科重庆璧山智造产业园、莲生村，北侧为重庆璧合科技有限责任公司，重庆兴合锦环保科技有限公司，西侧为茅菜山路。

本项目工业 CT 固定安装于 CT 测试室铅房内，拟建铅房整体位于 CT 测试房东侧，并在铅房正面（西侧）配备桁架及可升降传输线用于上下料。CT 测试房东侧为走廊、丙类生产车间，南侧为走廊、空调机房及气瓶间，西侧为连接技术实验室，北侧为环境老化试验室及热管理实验室。

CT 测试房位于厂区西北侧 26#厂房，厂房周边均为厂区内部道路及其他厂房，厂房整体为一层建筑，无楼上、楼下层，26#厂房四周均为厂区内部道路，东侧隔路为 10#厂房、南侧隔路为 25#厂房，西侧为厂界，北侧为 27#厂房（待规划厂房，现为空地/洼地）。本项目外环境关系见表 1-5。

本项目地理位置见附图 1、厂区平面布局示意图及本项目所在位置示意图见附图 2、26#厂房平面布局图见附图 3、本项目所在厂房位置示意图见附图 4，项目所在铅房外环境见下表：

表 1-5 本项目 26#厂房外环境关系及环境保护目标一览表

序号	名称	方位	最近水平距离	高差	环境特征
1	厂区内部道路	东侧	紧邻	0	厂区内部公共区域
2	10#厂房	东侧	70m	0	10#厂房（主要为研发实验室及相关功能用房）
3	厂区内部道路	南侧	紧邻	0	厂区内部公共区域
4	25#厂房	南侧	20m	0	25#厂房（三层建筑，主要为车间、仓库、实验室及相关功能用房）
5	厂区内部道路	西侧	紧邻	0	厂区内部公共区域
6	厂区外部道路	西侧	50m		厂区外部公共区域
7	厂区内部道路	北侧	紧邻	0	厂区内部公共区域
8	27#厂房（待规划）	北侧	16.4m	0	27#待规划厂房，现为空地/洼地

本项目环境保护目标主要为从事本项目工业 CT 装置操作的辐射工作人员以及周围活动的其他公众成员（均为建设单位工作人员），无学校、医院等特殊敏感点。

1.5 选址可行性分析

本项目是利用 X 射线对公司 1#、12#、15#三个厂房生产的，以及部分外部客户送检的电池包进行无损检测，用于探测电池包内部结构尺寸缺陷，辅助生产和研发分析，提升电池包生产制造良率和安全品质。项目不涉及生物、化学实验，不进行生产。

本项目位于重庆比亚迪锂电池有限公司 26#厂房，公司厂区及 26#厂房均实行封闭式管理，非厂内工作人员未经允许不得入内，26#厂房主要功能房间为研发实验室及相关功能用房，铅房所在测试房现状为 26#厂房备用区，现为空置房间（房间上方至 26#厂房屋顶范围内为通风管道、照明灯具、吊挂系统及建筑结构框架等，房间有效高度约 3.7m）。项目 50m 范围内主要为 26#厂房内部房间及厂房内部走廊、25#厂房、27#厂房（待规划，现为空地/洼地）以及厂区内部道路等，且本项目辐射工作场所周边 50m 范围内无学校、居民等，本项目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 X 射线无损检测对公众成员的影响。

根据辐射环境监测结果可知（详见表 8），项目拟建场址及邻近环境 γ 辐射剂量率在重庆市天然辐射水平正常涨落范围内。

综上所述，本项目选址是合理可行的。

1.6 依托工程概况

本项目位于 26#厂房内，依托工程主要是重庆比亚迪锂电池有限公司锂离子电池及

配套材料生产项目（建设内容涵盖建设单位整个园区），该项目并于 2019 年取得了重庆市建设项目环境影响评价文件批准书（渝（璧山）环准[2019]134 号）（附件 3）。厂房整体项目的环境可行性已在锂离子电池及配套材料生产项目环境影响评价文件中进行了论述，本项目仅为整体项目的配套建设项目，不新增用地。厂房整体项目共占地面积 1500 亩，总建筑面积约 950000m²。该项目 26#厂房目前还在建设阶段，未进行竣工环保验收，2025 年 1 月 2 日，重庆比亚迪锂电池有限公司重新申请了国家排污许可证（证书编号：91500227MA605G6H6C001U）。依托项目自投入运营以来无环保投诉及环保遗留问题。

本项目依托现有污水处理站位于厂区东侧，处理规模为 1500m³/d，处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，经高新区污水管网进入璧山区青杠污水处理厂进一步处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标后排入璧南河，本项目废冷却油（HW08）暂存于 26#厂房北侧现有危废仓库，拟委托有资质的单位处理。

26#厂房规划为研发实验室使用，并配套物料房、空调机房、配电房等相关功能用房。本项目在现有 26#厂房内备用区改建，现有备用区为空置房间，尺寸为 27600mm×17500mm，房间四周墙体为彩钢板结构，现有 2 扇出入门，分别位于东墙北侧及南墙西侧，本项目拟在 CT 测试房南墙中部新增 1 处进料门。

表 1-6 依托可行性分析一览表

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
主体工程	CT 测试房	本项目拟对现有备用区（空置房间）进行改造，不影响公司整体的布局与运营。因此，项目主体建筑结构依托可行。	可行
公用工程	供电系统	厂区供水系统完善	可行
	给水系统	厂区供电系统完善	可行
环保工程	废水处理措施	生活污水不新增，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进一步处理后排入璧南河	可行
	固废处理措施	项目采用数字式成像装置，无需洗片；设备运行产生的废冷却油属于 HW08 废矿物油与含矿物油废物（900-249-08），拟委托有资质的单位处理；项目运行产生报废的 X 射线管进行去功能化后，根据相关要求处理，并保留处理相关手续，做好相关记录存档。	可行

1.7 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目使用的射线装置属于鼓励类“十四、机械 6、科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上 24 的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.8 实践正当性

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各种金属及其他材料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，且能较直观地显示产品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，将核技术应用到本项目中，可达到一般非放射性探伤方法所不能企及的效果。项目拟使用工业 CT 的目的是探测电池包内部结构尺寸缺陷，辅助生产和研发分析，提升电池包生产制造良率和安全品质；项目建设将进一步提高公司生产电池包的无损探伤检测分析能力，满足公司的生产需求，对其产品质量与安全保证可以起到十分重要的作用，具有明显的社会效益；同时也将为建设单位创造更大的经济效益提供保障。本项目在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

1.9 现有核技术利用项目基本情况

1、核技术利用现状

建设单位所在厂区共有重庆比亚迪锂电池有限公司（本项目建设单位，渝环辐证[00888]）、重庆弗迪锂电池有限公司（渝环辐证[24092]）、重庆弗迪电池研究院有限公司（渝环辐证[24062]）等三个核技术利用单位，所许可核技术利用项目均不在本项目 50m 范围内。

重庆比亚迪锂电池有限公司现有核技术利用项目均由重庆弗迪锂电池有限公司转让而来，重庆弗迪锂电池有限公司现有辐射安全许可证编号为渝环辐证[24092]（有效期至 2030-08-17），其环保手续履行情况如下：

①2021 年，重庆弗迪锂电池有限公司拟建设 8 条正极片生产线，8 条负极片生产线，

每条产线使用 3 台面密度仪，每台面密度仪配置 1 枚 Kr-85 放射源，共计 48 枚放射源（备案号：202150022700000030），新增 1 台高分辨 X 射线三维检测系统（型号：nanoVoxel-5000 型，备案号：202150022700000072）。

②2024 年，重庆弗迪锂电池有限公司新增 1 台 X 射线数字成像检测设备（型号 UND160，备案号：20245022700000013）及 1 台高分辨率工业 CT（II 类射线装置，型号 HR225C，渝（辐）环准[2024]8 号）；

③2025 年重庆弗迪锂电池有限公司新增 1 台高分辨率工业 CT（II 类射线装置，型号为 HR300C，渝(辐)环准[2025]21 号），环评后设备未配置到位，未申请辐射安全许可。

④2025 年重庆弗迪锂电池有限公司新增 2 台 III 类射线装置（1 台型号为 EFPSCAN-2100，1 台型号为 ARL EQUINO X PRO，备案号：202550022700000040）。

2025 年 2 月因重庆弗迪锂电池有限公司生产经营及生产项目调整，重庆弗迪锂电池有限公司拆分为重庆弗迪锂电池有限公司和重庆比亚迪锂电池有限公司，将重庆弗迪锂电池部分核技术利用项目转让至重庆比亚迪锂电池有限公司，包括一期生产项目中 24 枚 V 类 Kr-85 放射源（每枚活度 $1.11\text{E}+10\text{Bq}$ ）、1 台工业 CT（型号：HR225C）及 1 台 III 类射线装置（型号：nanoVoxel-5000），放射源和射线装置实际使用地点及安全防护措施未发生改变。其中 24 枚放射源已于 2025 年 5 月完成了放射源转让备案（渝环辐审[2025]0067 号）。

重庆比亚迪锂电池有限公司于 2025 年 3 月 17 日申请了辐射安全许可证（证书编号：渝环辐证[00888]，有效期至 2030 年 3 月 16 日），见附件 4，许可的活动种类和范围为使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置。重庆比亚迪锂电池有限公司现有 1 台 II 类射线装置，1 台 III 类射线装置，以及 24 枚 V 类放射源。建设单位已有核技术利用位置见图 1-2 及附图 2，建设单位现有的放射源、射线装置种类和数量在许可范围内。

建设单位现有放射源及射线装置情况如表 1-5、表 1-6 所示。

表 1-7 公司现有放射源一览表

序号	场所	核素	类别	总活度（贝可）/ 活度（贝可）*枚数	环评情况	验收情况
1	负极制片车间	Kr-85	V	$1.11\text{E}+10*12$	备案号：202450022700000164	

	(位于 5#厂房)						
2	正极制片车间 (位于 6#厂房)	Kr-85	V	1.11E+10*12			
注：①负极制片车间位于 5#厂房，正极制片车间位于 6#厂房； ②共 4 条正极片生产线，4 条负极片生产线，每条产线使用 3 台面密度仪，每台面密度仪配置一枚 Kr-85 放射源，共计 24 枚放射源。							
表 1-8 公司现有射线装置一览表							
序号	装置名称	规格型号	类别	数量	工作场所	环评情况	验收情况
1	高分辨工业 CT 系统	HR225C	II	1	品质测试中心	渝(辐)环准[2024]8 号	已验收
2	自屏蔽式 X 射线探伤装置	nanoVoxel-5000	III	1	品质测试中心	202450022700000164	
注：射线装置均位于 4#厂房，其中 nanoVoxel-5000 型自屏蔽式 X 射线探伤装置位于 4 号厂房 1 楼测试科 CT1 室(品质测试中心)，HR225C 型高分辨工业 CT 系统位于 4 号厂房 1 楼测试科 CT2 室(品质测试中心)。							
2、辐射安全管理现状							
重庆比亚迪锂电池有限公司严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。							
①公司已制定了辐射防护的相关制度和规程，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，并严格按照规章制度执行。从建设单位辐射安全许可证持证情况，射线装置及放射源的使用情况，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，建设单位自开展核技术利用项目以来，未发生过辐射安全事件或事故。							
②公司成立了辐射安全防护管理小组，明确辐射防护责任，并加强了对公司放射源与射线装置的监督和管理。							
③公司从事辐射工作人员定期参加辐射安全培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，提高守法和自我防护意识。辐射工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立个人剂量档案并存档。							
④公司辐射工作场所设置均设有电离辐射警示牌，通风良好，射线装置场所设置有							

报警装置和工作指示灯等，屏蔽防护措施均满足要求。

⑤公司现有 1 台 X- γ 辐射个人剂量当量（率）监测仪。根据 2024 年 8 月长润安测科技有限公司对重庆弗迪锂电池有限公司的工作场所辐射防护检测报告，可知相关射线装置及含源设备工作场所辐射防护检测结果均符合相关标准要求。

⑥公司于 2025 年 3 月 17 新申请的辐射安全许可证，公司拟每年委托有资质的单位对现有辐射工作场所及周围环境进行辐射监测，并于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上一年度的评估报告。

3、年度评估情况

重庆弗迪锂电池有限公司于 2025 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(2024 年度)》，并在全中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。

根据重庆弗迪锂电池有限公司《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告(2024 年度)》，重庆弗迪锂电池有限公司 2024 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，未发生辐射事件或者事故，完善了辐射安全和防护制度及措施，并按计划开展了辐射事故应急演练。重庆弗迪锂电池有限公司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。

由现场调查情况可知，公司已采取相应的辐射防护措施，本次环评认为公司辐射防护措施以及管理制度满足目前辐射防护要求。

4、现有辐射工作人员情况

公司现有 11 名辐射工作人员，均已按要求取得辐射安全与防护考核合格成绩单；所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，委托河南鑫安利职业健康科技有限公司 3 个月开展一次个人剂量监测，建立了个人剂量档案，档案齐全，并定期组织职业健康体检。

根据 2024 年第三季度到 2025 年第二季度近四个季度个人剂量监测结果，公司辐射工作人员个人剂量当量均远低于建设单位的管理目标值 5mSv/a。

本项目配备的 2 名辐射工作人员（1 名为现有辐射工作人员，1 名为非辐射工作岗位调配而来，不新增劳动定员）已取得核技术利用辐射安全与防护考核合格证，证书编号 FS24CQ12000096（X 射线探伤）及 FS25CQ1200257（X 射线探伤）。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。

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	贮存方式和地点
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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、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	大型包体 CT	II 类	1	Newscan-1000	450kV	3	无损检测	26#厂房 CT 测试房铅房内	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	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、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	直接排放	环境空气
报废 X 射线管	固态	/	/	少量	少量	/	/	去功能化后处置
废冷却油	液态	/	/	少量	少量	/	/	委托有资质单位处置
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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》（中华人民共和国主席令第九号），2015 年 1 月 1 日实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号），2018 年 12 月 29 日实施； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号），2003 年 10 月 1 日实施； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 682 号）2017 年 10 月 1 日实施； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 449 号，2005 年 12 月 21 日施行；国务院令 653 号，2014 年 7 月 29 日修订实施；国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令 16 号），2021 年 1 月 1 日起实施； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令 18 号），2011 年 5 月 1 日起实施； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局令 31 号，2006 年 3 月 1 日施行；生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日修订实施； (9) 关于发布《射线装置分类》的公告（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号），2017 年 12 月 5 日实施； (10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，（环发[2006]145 号）； (11) 《产业结构调整指导目录》（2024 年本）； (12) 《突发环境事件应急预案管理暂行办法》（环发[2010]113 号）； (13) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）。
------	--

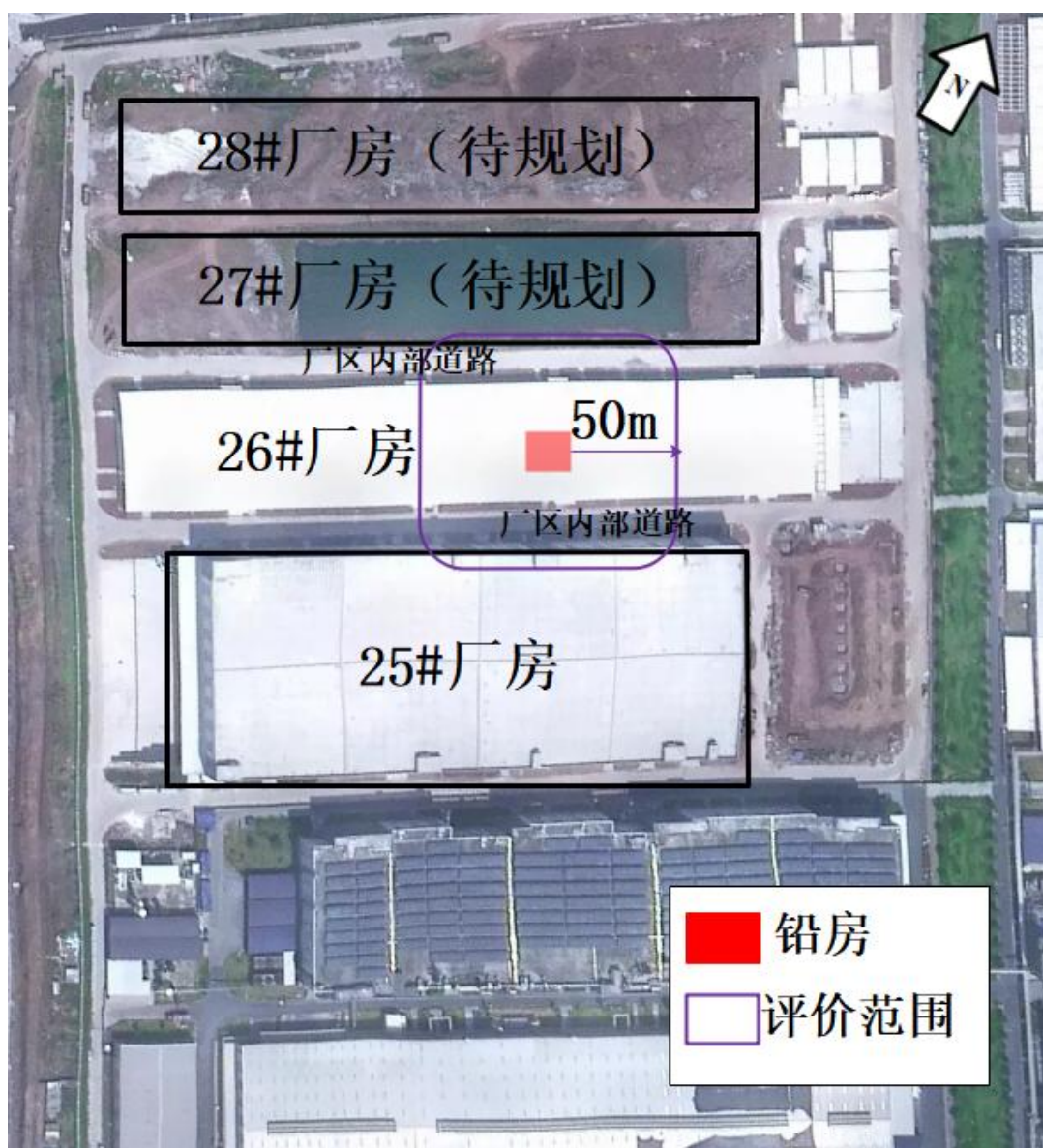
	(14) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日修订版； (15) 《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 号），2021 年 1 月 1 日施行； (16) 《国家危险废物名录》（2025 年本）。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）； (2) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (4) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (6) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）； (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (9) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其第 1 号修改单（国卫通〔2017〕23 号）； (10) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； (11) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）。 (12) 《危废贮存标准》（GB18597-2023）； (13) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB 22448-2008）； (14) 《无损检测仪器固定式和移动式工业 X 射线探伤机》（GB/T 26837-2011）。

其他	1. 环评委托书 2. 项目辐射环境监测报告 3. 李德平 潘自强主编《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》、《辐射防护手册第三分册 辐射安全》，原子能出版社，1987 年； 4. Protection against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine（ICRP Publication 33）； 5. 《2023 年重庆市辐射环境质量报告书》（重庆市生态环境局）； 6. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽计算方法探讨》，郑琳子； 7. 建设单位提供的其他资料。
----	---

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中的相关规定，“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围），对于I类放射源或I类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”。本项目属于II类射线装置的项目，具有实体边界，因此，本项目评价范围为铅房边界外 50m 范围。项目评价范围见图 7-1。



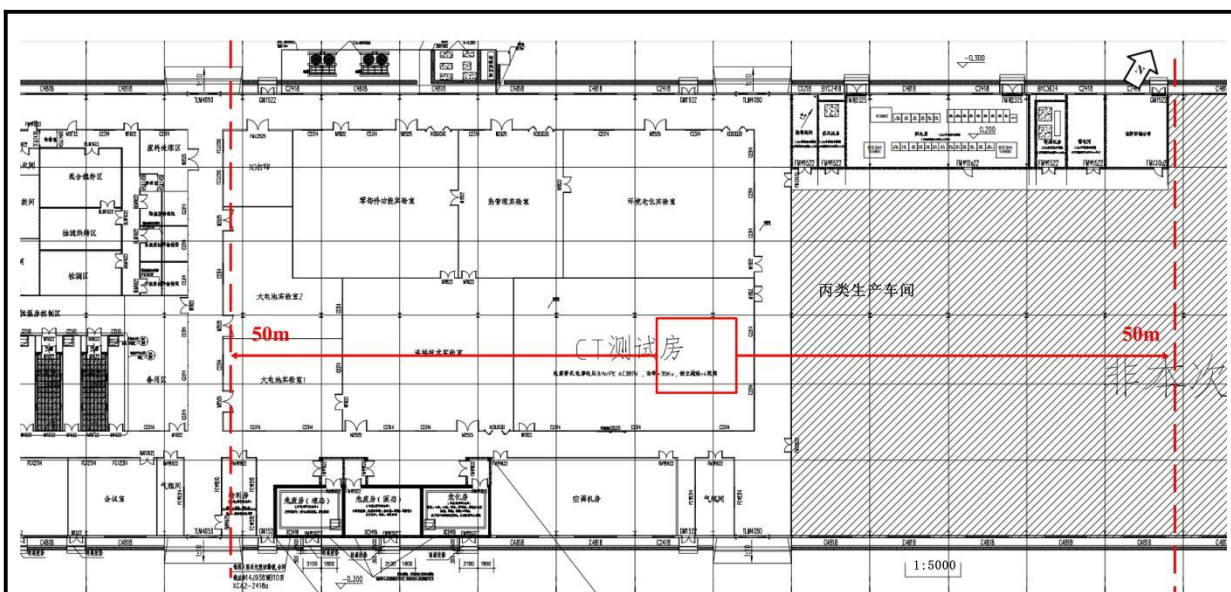


图 7-1 项目评价范围示意图

7.2 保护目标

本项目工业 CT 在 26# 厂房 CT 测试房中铅房内使用，26# 厂房为单层建筑，厂房最高 7.5m，无地下层，厂房顶部为钢制屋面不可上人，主要作为研发实验室及配套功能用房使用。

铅房整体位于 CT 测试房东侧，距东墙距离约 2.1m，本项目铅房无顶，房间上方至 26# 厂房屋顶范围均为通风管道、照明灯具、吊挂系统及建筑结构框架等，不可上人。CT 测试房东侧外为厂房内部走廊，隔走廊为丙类生产车间、报警阀间、补风机房、配电房、排烟机房、配电间、消防控制室等；南侧为厂房内部走廊，隔走廊为空调机房、气瓶间、危化房、危废房 2 间、物料房及厂房内部走廊等；西侧为连接技术实验室、大电池实验室 1、大电池实验室 2；北侧为环境老化实验室、热管理实验室、零部件功能实验室、3D 打印等。

本项目环境保护目标为铅房周围 50m 评价范围内的人员。本项目环境保护目标为射线装置操作人员和评价范围内的公众成员。项目环境保护目标详见下表：

表 7-1 环境保护目标一览表

本项目	方位	与铅房的距离	高差	敏感点名称	环境保护目标	规模
铅房	东	0-2.1m	/	CT 测试房内部	辐射工作人员	2 人
	南	0-3.7m	/			
	西	0-17.4m	/			
	北	0-5.8m	/			
	东	2.1-6.3m	/	26#厂房内部走廊	公众	流动人员
		6.3-50m	/	丙类生产车间、报警阀间、补风机房、配电房、排烟机房、配电间、消防控制室等	公众	约 50 人
	南	3.7-6.7m	/	26#厂房内部走廊	公众	流动人员
		6.7-15.7m	/	气瓶间、空调机房、危化房、危废房 2 间、物料房及厂房内部走廊等	公众	流动人员+约 4 人
		15.7-26.7m	/	厂区内部道路及绿化	公众	流动人员
		26.7-50m	/	25#厂房（三层建筑，主要为车间、仓库、实验室及相关功能用房）	公众	约 100 人
	西	17.4-37m	/	连接技术实验室	公众	约 10 人
		37-50m	/	大电池实验室 1、大电池实验室 2	公众	约 20 人
	北	5.8-23.3m	/	环境老化实验室、热管理实验室、零部件功能实验室、3D 打印等	公众	约 20 人
		23.3-27.3m	/	26#厂房内部走廊	公众	流动人员
		27.3-47.3m	/	厂区内部道路及绿化	公众	流动人员
		43.7-50m	/	27#厂房(待规划)	公众	约 100 人

注：本项目所在建筑为单层建筑。

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)

附录 B 剂量限值 and 标明污染控制水平

B1 剂量限值 B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 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；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量：1mSv；

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

根据上述标准要求，建设单位结合射线装置使用实际情况，确定其辐射工作人员年有效剂量管理目标值不大于 5mSv（取标准要求的 1/4），公众人员年有效剂量管理目标值不大于 0.1mSv（取标准要求的 1/10）。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

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下表的要求，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)
>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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，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 条探伤室屏蔽要求：

第 3.1 条探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

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 ($H_{c,d}$)：

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： $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 按下式计算：

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

式中：

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

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

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

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ；

$$H_{c,max}=2.5\mu\text{Sv/h}$$

式 7-2

c) 关注点剂量率参考控制水平

H_c 为上述 a) 的 $H_{c,d}$ 和 b) 的 $H_{c,max}$ 两者中较小值。

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

室内：臭氧浓度的接触限值：0.3mg/m³；氮氧化物的接触限值：5mg/m³。

(5) 标准汇总：

根据以上所列标准，本项目执行标准汇总如下：

表 7-3 标准汇总

序号	项目		控制值	标准依据
1	年有效剂量	剂量限值	工作人员：20mSv/a; 公众成员：1mSv/a	GB18871-2002 建设单位管理要求
		剂量约束值	工作人员：5mSv/a 公众成员：0.1mSv/a	
2	周剂量管理目标值		工作人员：100μSv/a 公众成员：5μSv/a	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
2	铅房辐射屏蔽要求		屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率应满足关注点剂量率参考控制水平（根据表 11-1，本项目铅房各侧屏蔽体外 30cm 处剂量率小于 2.5μSv/h.	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
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

8.1 项目地理和场所位置

重庆比亚迪锂电池有限公司位于重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号。本项目位于重庆比亚迪锂电池有限公司西北侧 26#厂房，厂房周边均为其他厂房及内部道路。本项目铅房位于 26#厂房中部 CT 测试房内，CT 测试房东侧为走廊、丙类生产车间，南侧为走廊、空调机房及气瓶间，西侧为连接技术实验室，北侧为环境老化试验室及热管理实验室，厂房整体为一层建筑，无楼上、楼下层。CT 测试房现为备用区（空置房间），四周墙体为高约 3.3m 彩钢板结构，房间无顶，房间上方至 26#厂房屋顶范围内为通风管道、照明灯具、吊挂系统及建筑结构框架等。

项目地理位置见附图 1，项目周边环境关系见附图 2，项目所在厂房平面布局（部分）见附图 3。

8.2 辐射现状监测方案

为了解项目拟建场址及其周围的辐射环境背景水平，根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中有关布点原则，核工业二三 0 研究所工作人员于 2025 年 8 月 14 日对项目场址及周边环境进行了环境γ辐射剂量率测量（监测报告编号：[核环监]2508-017）。

监测因子：环境γ辐射剂量率。

监测仪器：X、γ 辐射剂量当量率仪，仪器情况见表 8-1。

表 8-1 检测仪器情况表

仪器名称	X- γ 辐射巡测仪（环境级）
生产厂家	上海巨印科技有限公司
仪器型号	RG-309
出厂编号	381202
能量响应范围	35keV-3MeV
测量范围	0.01μS/h~600μSv/h
检定证书编号	hnjln2024407-1186
检定有效期	2024.11.04-2025.11.03

监测点位：根据项目的平面布局和周围环境情况，在评价范围（机房外围 50m）内

关注点布设监测点。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》相关要求，环境 γ 辐射剂量率测量点位应依据测量目的布设，并结合源和照射途径以及人群分布和人为活动情况仔细选择。本次监测目的是了解项目拟建场所环境辐射现状水平，并考虑项目建成后对拟建辐射工作场所周围相邻区域及评价范围人员停留较多及活动频繁的区域的影响情况，结合项目评价范围内环境情况及平面布局，本次监测共布设了 11 个监测点位，能够反映项目所在区域辐射环境现状水平。监测点位布置见图 8-1。



图 8-1 项目环境 γ 辐射剂量率监测布点示意图

监测方法：采取 γ 外照射测量探头（探测器灵敏体积中心）距地面 1m 高度，每个测点读取 10 个数据求平均值。

质量保证措施：

- ①监测机构通过了机构资质认定，具备完整、有效的质量控制体系。
- ②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。
- ③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。
- ④监测设备性能参数满足监测要求，监测仪器经计量部门检定，检定合格后在检定有效期内方可使用，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8.3 辐射现状监测结果

项目拟建场址及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目拟建场址及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果一览表

监测点号	监测点位描述	监测结果 (nGy/h)	备注
1#	拟建 CT 测试房内	59.27	平房
2#	拟建 CT 测试房内（拟放置铅房位置）	58.52	平房
3#	拟建 CT 测试房外东侧（过道）	58.80	平房
4#	拟建 CT 测试房外南侧（过道）	57.77	平房
5#	拟建 CT 测试房外西侧（连接技术实验室）	58.99	平房
6#	拟建 CT 测试房外北侧（环境老化实验室）	60.95	平房
7#	拟建 CT 测试房外北侧（热管理实验室）	59.27	平房
8#	26#厂房外东侧（装载卸货区）	72.80	道路
9#	26#厂房外南侧（绿化草坪）	80.64	原野
10#	26#厂房外西侧（绿化草坪）	81.29	原野
11#	26#厂房外北侧（绿化草坪）	75.60	原野

注：①本次测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；
 ②本次监测结果未扣除宇宙射线响应值；
 ③拟建 CT 测试房现状为备用区房间。

根据监测统计结果可知，本项目拟建场址及周围环境 γ 剂量率的监测值在 57.77nGy/h~81.29nGy/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），2023 年重庆市 γ 辐射累积剂量法测得各点位测量均值范围为 76.8nGy/h~93.3nGy/h，全市各点位年均值为 87.0nGy/h（均未扣除宇宙射线的响应值），因此，项目拟建场址及邻近环境 γ 辐射剂量率在重庆市天然辐射水平正常涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 施工期工艺流程及产污环节

本项目铅房位于 26# 厂房 CT 测试房内，本项目施工期主要为 CT 测试房进料门改造、铅房及工业 CT 的安装，施工期污染因子主要包括：施工期机械噪声、设备包装垃圾，以及施工人员产生的少量生活废水与生活垃圾等。铅房设计单位为设备厂家，施工委托有资质的单位负责，施工前需清理施工现场，确保地面平整、坚固，再在地面上搭设钢制龙骨架，进行铅板搭接和固定。

9.1.2 运营期工艺流程及产污环节

9.1.2.1 设备基本概况

1. 设备组成

本项目拟安装使用的 1 台 Newscan-1000 型大型包体 CT 属于工业用 X 射线计算机断层扫描装置，主要由射线管系统、探测器系统、样品台系统、机械传动系统、防护系统、控制系统（详见后文）、监控系统组成、数据采集及处理系统、桁架及传输线等构成。

表 9-1 本项目射线装置配置及主要技术参数表

序号	名称	主要参数描述	规格型号	品牌	数量
1	X 射线源	● 最高电压 $\geq 450\text{kv}$ ● 最大功率 700/1200w; ● 焦点尺寸 0.4mm/1.2mm ● 由 X 射线管、高频高压发生器、冷却装置、控制器、安全联锁装置、线缆等组成 ● 靶材：钨靶	MXC-453 HP	瑞士 COMET	1
2	平板探测器组件	● 类型：非晶硅数字平板探测器 ● 像素矩阵：3072×3072 ● 大视野探测器视野范围：$\geq 427\text{mm} \times 427\text{mm}$ ● 像素尺寸：140μm; ● 采集频率：$\geq 10\text{fps}$（像素 1*1）	Carevision 4343	康众	1
3	精密样	● 样品台 X 轴（东西）移动范围为	/	三英	1

	品台	3500mm，Y 轴（南北）移动范围为 2600mm，Z 轴移动范围为 200mm，不可旋转 ●扫描时样品固定，射线源和探测器旋转 ●样品夹具：不影响成像，可承重 1000kg 样品			
4	高精度机械转台	●弧形转角位置精度： $\leq \pm 0.5^\circ$ ●弧形运动同圆度（椭圆度）精度： ● $Z_{\max} - Z_{\min} \leq 4\text{mm}$ ●射线源及探测器 Y 轴运动位置精度： $\leq \pm 1\text{mm}$ ●射线源及探测器 Y 轴运动平行度精度： $\leq \pm 1\text{mm}$	/	三英	1
5	桁架	●上料搬运桁架 ●Y 向行程 $\geq 7000\text{mm}$ ●Z 向行程 $\geq 200\text{mm}$ ●承载 $\geq 2\text{t}$	/	三英	1
6	传输线	●铅房内外配置输送轨道 ●轨道宽度 $\geq 3000\text{mm}$ ●铅房外侧输送线行程 $\geq 4000\text{mm}$ ●铅房内侧输送线行程 $\geq 6800\text{mm}$ ●铅房内侧输送线 Z 方向行程范围 $\geq 200\text{mm}$ ●Z 向重复定位精度： $\leq \pm 1\text{mm}$ ●承载能力 $\geq 2\text{t}$	/	三英	1
7	数据采集及处理系统	主要包括： ●数据采集计算机 ●图像采集软件 ●可视化分析软件	/	三英	1
8	防护系统	●安全连锁； ●工作状态指示灯； ●紧急停机按钮； ●铅房为钢铅结构； ●固定式在线辐射监测报警仪； ●红外防夹机构；	/	三英	1
9	监控系统	●内置摄像头包括一组安全监控相机，相机内置人员自动检测算法，且具备与设备上位机进行连接通讯交互，检测区域覆盖铅房内，允许多个相机进行联合监控，保证无监控死角；	/	三英	1

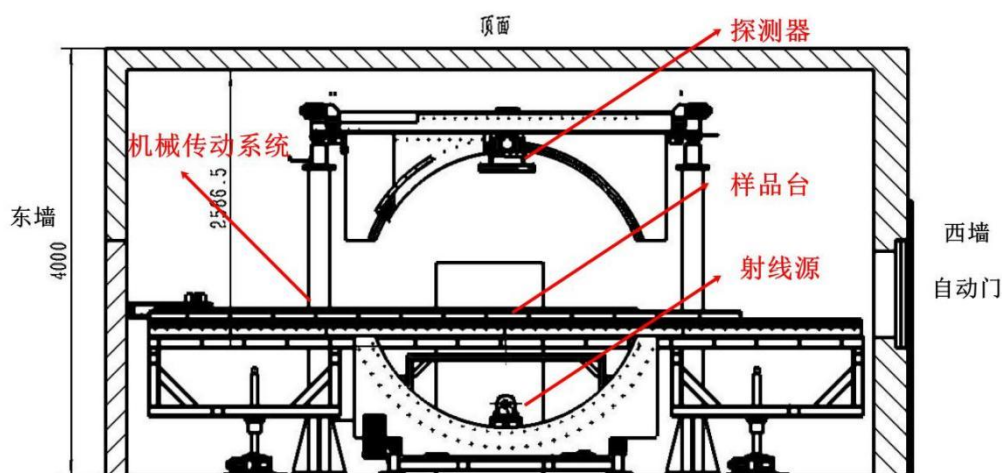


图 9-1 设备内部结构示意图（侧视图）

2 控制系统

本项目工业 CT 控制系统包括 iVario 控制系统、操作系统、图像采集及处理分析系统等，相关系统及软件可以完成从样品的扫描、图像数据的获取，到图像文件的生成，以及后期图像处理的整个过程，iVario 控制系统外部安全联锁示例见下图。

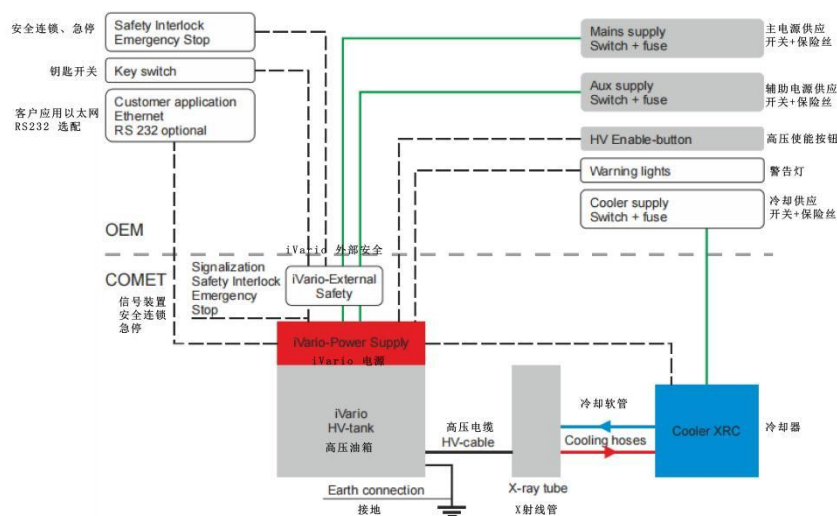


图 9-2 控制系统逻辑

辐射工作人员利用位于操作台的计算机，可通过控制系统设置射线源、探测器的运行参数，控制各电机运动到能够获取最佳图像的位置，并对样品进行扫描，获取的数据可用于图像的重建。

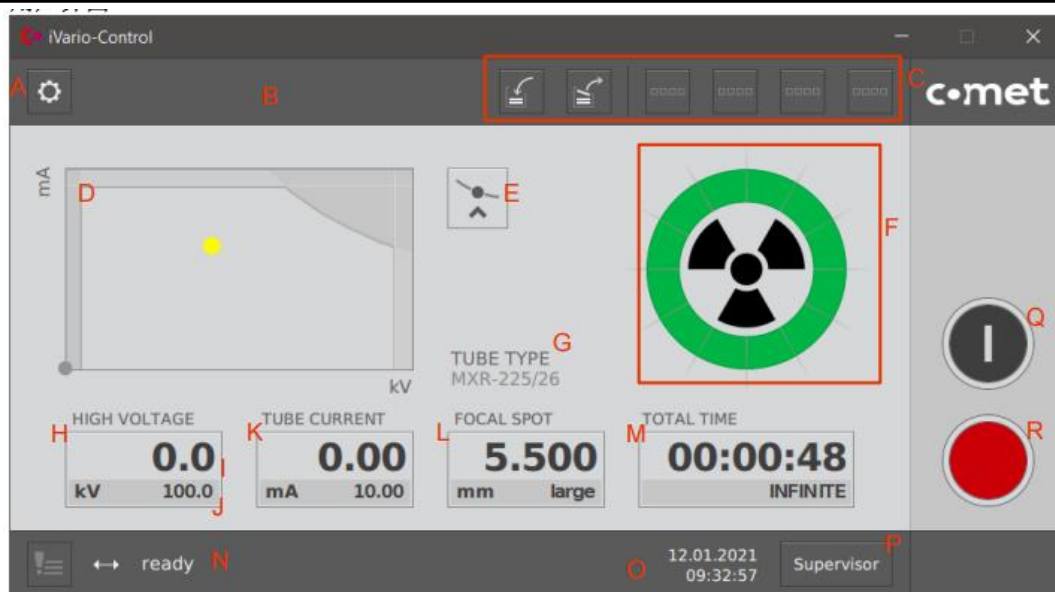


图 9-3 操作系统界面

3.屏蔽铅房

本项目铅房外尺寸长 8100mm×宽 7465mm×高 4000mm，铅房共拟设置 4 扇门，分别是自动门（工件门）、设备安装门（用于施工期设备进入使用，待设备安装完成后此门作为大维修门使用）、小维修门×2，自动门（工件门）位于铅房正面（西侧），为双开平移门，门洞尺寸 4200mm×800(H)mm，门体尺寸 4380mm×990(H)mm；大维修门位于铅房背面（东侧），为对开门，门洞尺寸约 3200mm×2200(H)mm，门体尺寸约 3312mm×2312(H)mm，小维修门位于铅房两侧（南北侧），为单开门，门洞尺寸约 1000×2000(H)mm，门体尺寸约为 1112mm×2100(H)mm；工件门外配备桁架及传输线用于上下料。操作台和操作位均位于铅房正面左侧（北侧），3 个电缆孔均位于铅房北墙，2 个排风口位于铅房顶部东北角及东南角，铅房结构示意图见图 9-1，架及传输线结构示意图见图 9-2。

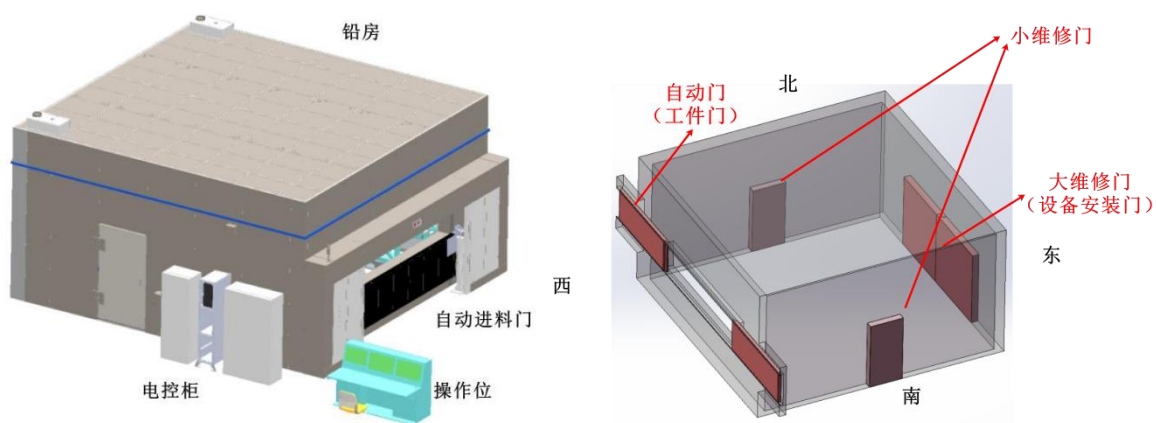


图 9-4 铅房结构示意图



图 9-5 桁架及传输线结构示意图

4.项目工作方式

本项目为 X 射线固定式探伤无损检测，其有用线束自下向上照射，本项目样品台和 X 射线管均可运动。其中，样品台 X 轴（东西）移动范围为 3500mm，Y 轴（南北）移动范围为 2600mm，Z 轴移动范围为 200mm。射线管平行（南北）移动范围为 2600mm，射线管沿弧形传动机构移动时，移动角度为 $\pm 60^\circ$ ，本项目 X 射线管移动情况见图 9-6~图 9-8。

本项目检测工件最大长度为 3m，最大宽度为 2.5m，工业 CT 正面设置有工件门（自动门），门洞尺寸 4200mm $\times$ 800(H)mm，门体尺寸 4380mm $\times$ 990(H)mm，离地高度约 1300mm，配备桁架和自动传输线放取样品。

操作台位于用户工业 CT 北侧，操作人员利用桁架进行人工上料，上料后工件通过传输线进入铅房，移动至检测位置，关闭防护门后，在铅房外操作台处通过设备控制按钮及操作系统开启 X 射线。设备维修时，由生产厂家工作人员负责，根据需要打开铅房背面大维修门或南北两侧小维修门进行维修。

故在开展检测作业时，本项目相关人员均不进入铅房内部。

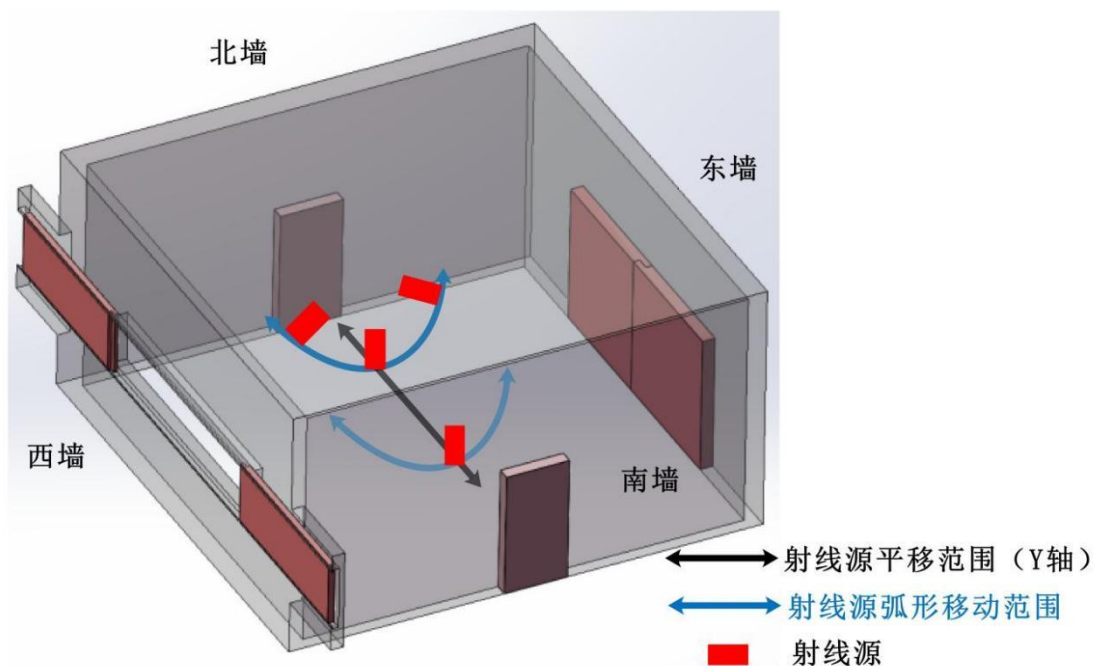


图 9-6 射线管移动示意图

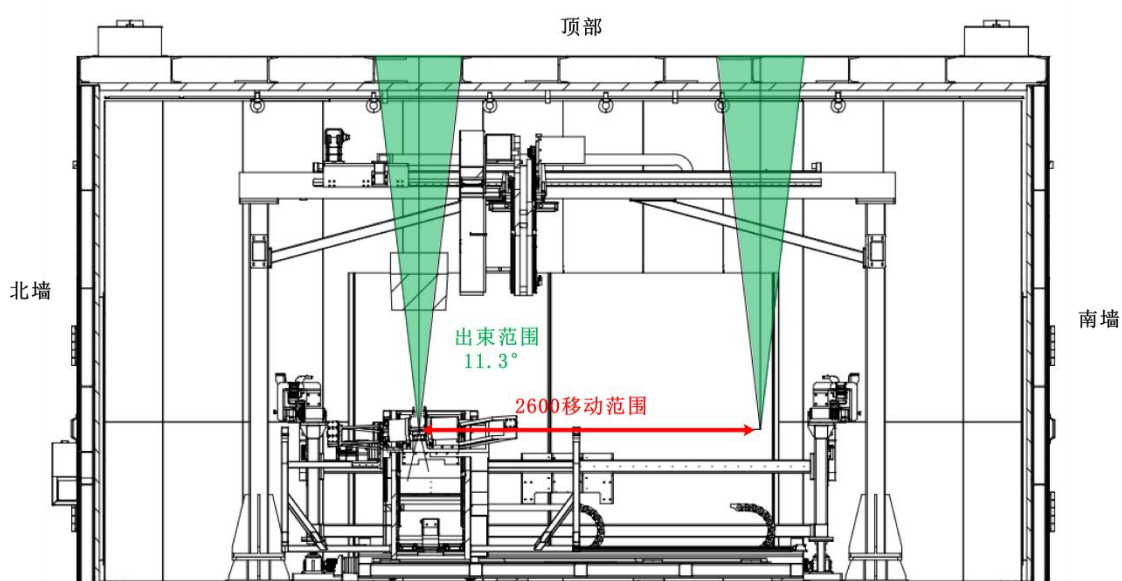


图 9-7 射线管平移范围及射线角度（南北移动，正视图）

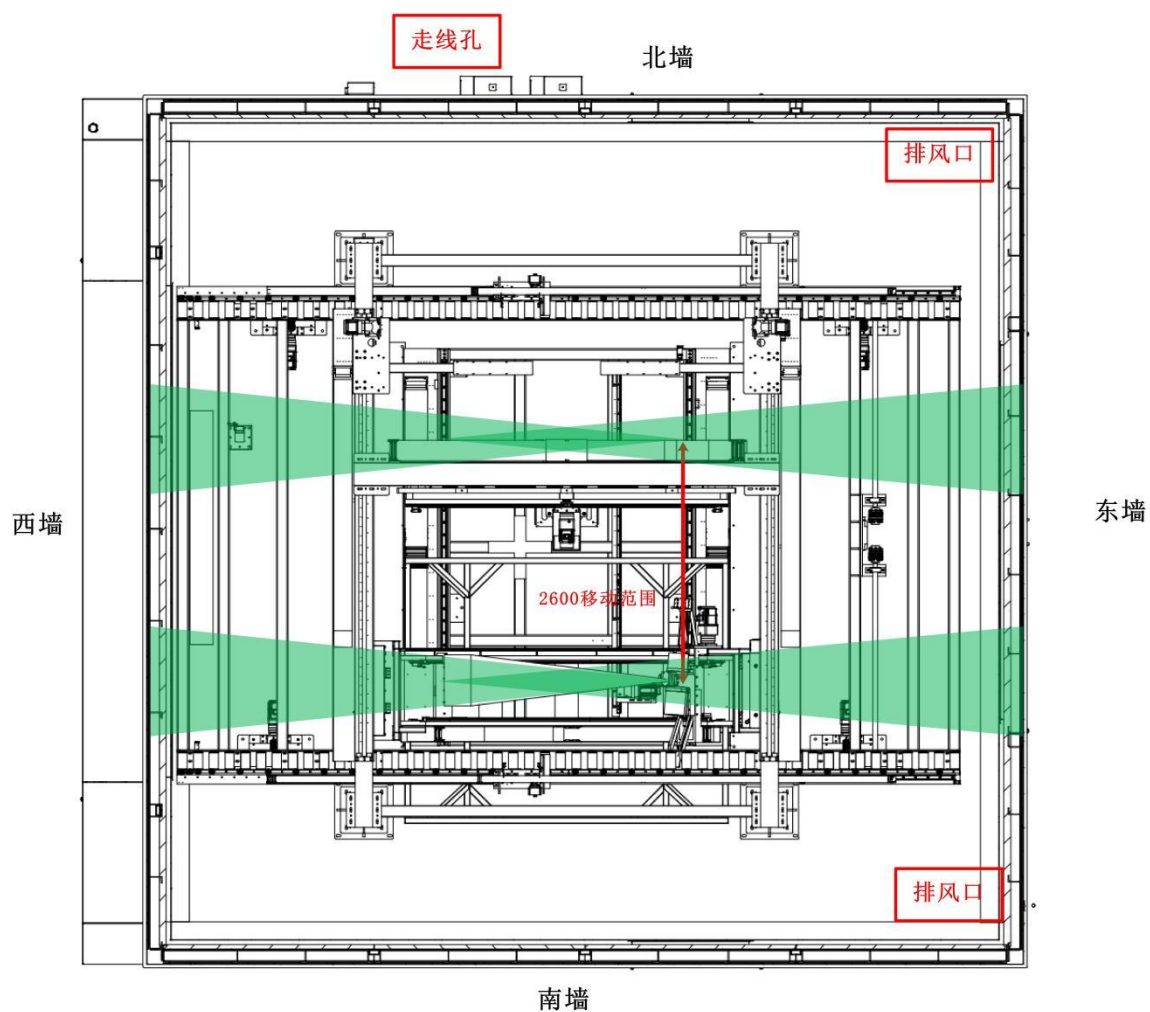


图 9-8 射线管平移范围（南北移动，俯视图）

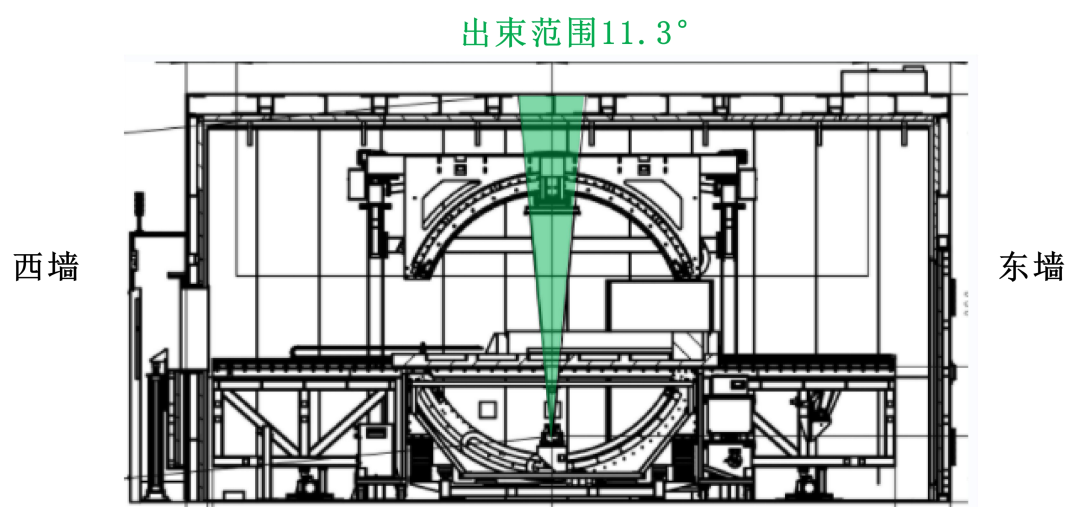


图 9-9 射线管位于弧形机构中心位置（正视图）

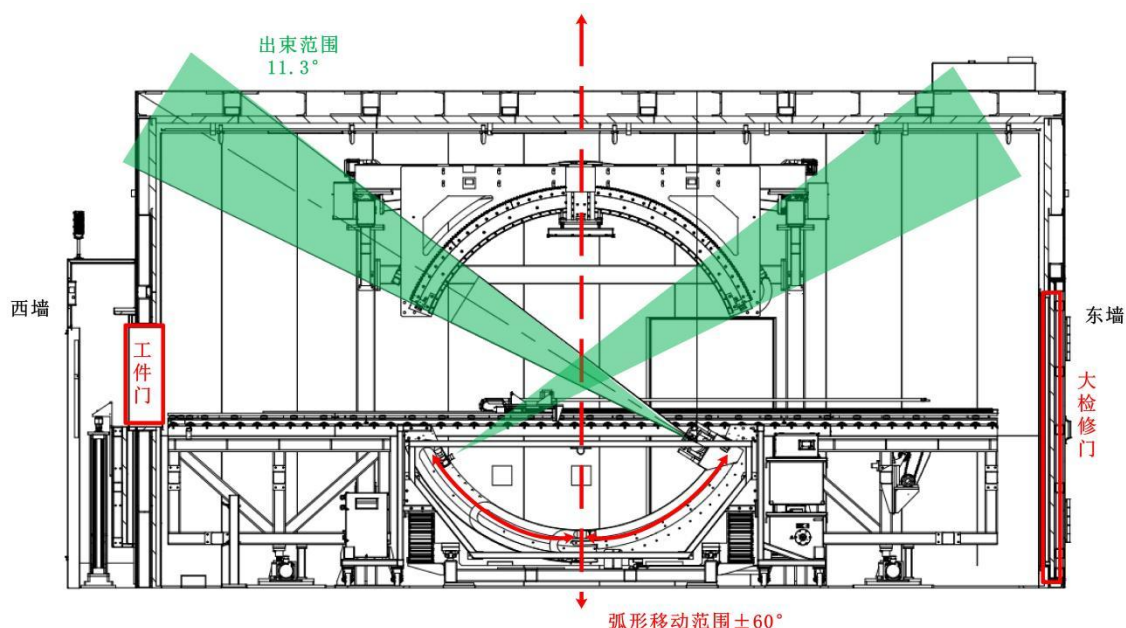


图 9-10 射线管弧形移动范围

9.1.2.2 设备工作原理

工业 CT 设备通过电缆线与操作台相连，操作台集计算机控制系统和影像处理系统于一体，能够实时观察铅房内被检工件的内部结构。该实时成像检测系统的核心部件是 X 射线管，它是一个内真空的玻璃管，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用需要，由不同的材料制成不同形状，一般用高原子序数的难熔金属制成。阴极灯丝通电加热时会“蒸发”出电子，利用聚焦杯将电子聚集成束，利用两极间的高电压将电子束加速，被加速的高速电子径直射向嵌在金属阳极中的靶体，受靶面突然阻挡而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-11。

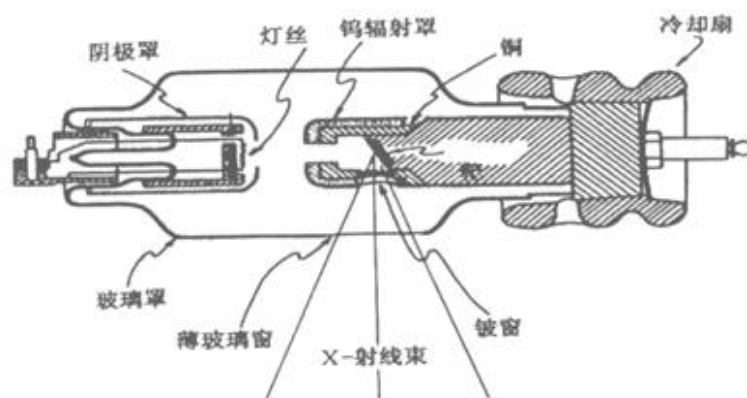


图 9-11 X 射线管结构示意图

利用不同物质和不同的物体结构对 X 射线衰减系数不相同。当 X 射线照射工件时，X 射线穿透金属材料后被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线监测信号转换为光学图像，称为“光电转换”，用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行 A/D 转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上，显示出材料内的缺陷性质、大小、位置信息，按照有关标准对检测结果进行等级评定，从而达到检测目的。

9.1.3 工作流程

本项目采用 X 射线成像技术，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 测试房。工业 CT 开展 X 射线无损检测工作如下：

(1) 开机前检查各部件完好、电线无破损。

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

(4) 操作人员进行系统初始化操作。

(5) 设备暖机：工业 CT 高压发生器达到运行就绪状态前需进行设备暖机，该设备操作系统内带有暖机设置程序，可以设置自动暖机周期循环，暖机对于 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（~100kV），本设备每周最长暖机时间不超过 60min。

(6) 受检工件由 CT 测试房南侧进料门进入 CT 测试房，待设备初始化完成后通过铅房西侧桁架进行人工上料，上料后工件通过传输线进入铅房，移动至检测位置。确保无人员在铅门处及铅房内逗留后关闭铅门并开始工件检测，通过弧形传动机构和样品台运动机构，来达到改变工件检测位置的目的，射线管可以在弧形传动机构上旋转，以及在 Y 轴方向移动。X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减，由图像增强器接收并转换为数字信号，将检测图像直接显示在显示器屏幕上。辐射工作人员仅需将待测工件放在自动传输线上，待测工件位置的调整可以由操作人员通过操作台进行控制，整个过程辐射工作人员不需要进入铅房进行工件摆放。

(7) 检测完成后，自动关闭射线；工件通过传输线移动出铅房，并通过桁架进行人工下料，并按照相同方式进行下一个工件的无损检测。完成每批次工件无损检测后，关闭防护门，然后关闭电脑和设备总电源。

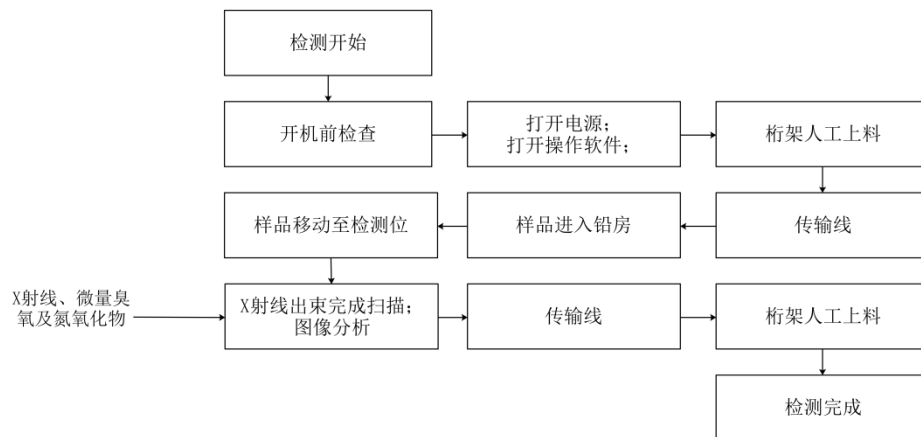


图 9-12 工作流程及产污节点

9.1.4 人员配置及出束时间

本项目拟配备 2 名辐射工作人员负责该设备的操作。

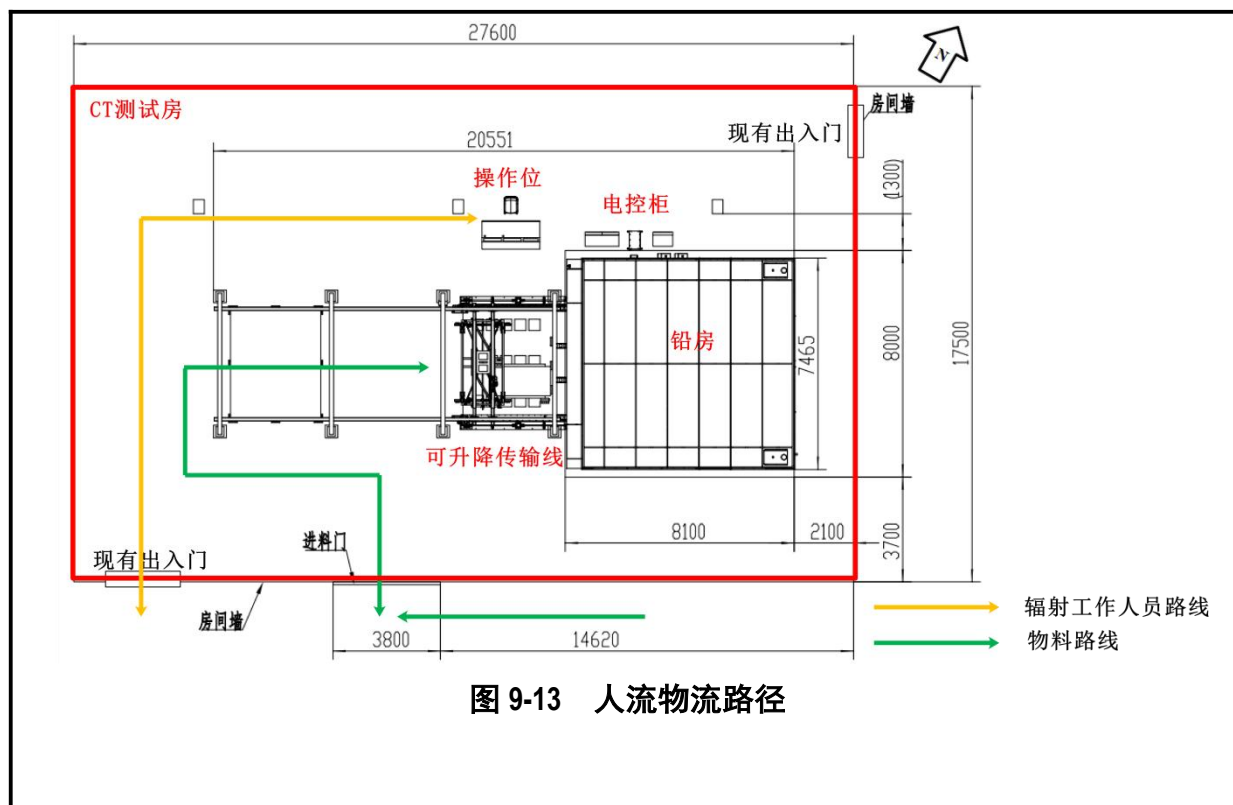
本项目出束时间情况如下表所示：

表 9-2 本项目射线装置配置及主要技术参数表

每天平均出束次数	4~5 次/d
每次出束时间	5min~10min/次
周工作时间	6d
年工作周数	50 周
年工作天数	300 天
每天最大出束时间	50min/天
暖机时间	不超过 60min/周
周出束时间	6h/周
年出束时间	300h/年

9.1.5 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 测试房南侧进料门附近，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 CT 测试房指定区域内。辐射工作人员检查辐射安全装置运行情况并进行清场后，利用桁架及传输线放置待测工件，然后在铅房外控制台进行操作，开展检测时，不进入铅房内部。本项目检测过程中人流、物流路径示意图见下图，检测完成后工件按原路返回。



9.2 污染源项描述

9.2.1 放射性污染源分析

1、由工业 CT 的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关产生和消失。本项目使用的工业 CT 系统只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。X 射线具有较强的穿透性，工业 CT 系统在对工件进行照射的工况下，X 射线通过主射、漏射、散射对作业场所及周围环境产生辐射影响。

（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，进行工件无损检测的射线。根据设备方提供的资料，本项目工业 CT 管电压为 450kV，管电流为 3mA，有用线束距辐射源 1m 处输出量为 $3.10\text{E}+06\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

（2）漏射线

由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线，本项目最大管电压为 450kV，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计算方法探讨》（郑琳子），本项目 X 射线散射辐射能量最高为 90° 的散射辐射，其能量对应的 kV 值为 300kV。

9.2.2 非放射性污染源项

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”。

本项目 X 射线检测和分析过程中产生的非放射性污染物主要包括废气（X 射线使空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x））、固废（废冷却油、报废 X 射线管）等。

（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)。

（2）废水

本项目辐射工作人员为厂内其他工作岗位调配而来，不新增劳动定员，因此不新增生活污水的产生及排放。本项目工业CT不产生冷却水。

（3）固体废物

本项目辐射工作人员为厂内其他工作岗位调配而来，不新增劳动定员，不新增生活垃圾的产生及排放。项目采用数字式成像装置，无需洗片，设备运行产生的废冷却油为危险废物，根据《国家危险废物名录（2025年版）》属于HW08废矿物油与含矿物油废物，工业CT运行一定年限后会产生报废的X射线管。

（4）噪声

设备在运行过程中，主要的产噪设备为风机等。

9.2.3项目产排污统计

根据设备厂家提供的资料及前文产排污分析，本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 本项目产排污情况

污染物	污染因子	产生量	
电离辐射	X 射线	最大管电压	450kV
		最大管电流	3mA
		有用线束距辐射源点 1m 处输出量	$3.10E+06\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$
		泄漏辐射距辐射源点 1m 处剂量率	$<5\text{mSv/h}$
		X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值	300kV
废气	臭氧和氮氧化物	少量	
噪声	排风系统风机	$<65\text{dB(A)}$	
固废	X 射线管	1 台	
	废冷却油	少量	

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局

本项目铅房位于 26# 厂房 CT 测试房内，CT 测试房东侧和南侧紧邻厂房内部走廊、西侧紧邻连接技术实验室、北侧紧邻环境老化实验室及热管理实验室，无楼上、楼下层。CT 测试房内除设备铅房外还布置有操作台、电控柜，均位于铅房北侧，电控柜紧贴铅房北墙外布置，操作台距设备铅房 1.3m。铅房正面（西侧）设置工件门（自动门），背面（东侧）设置大维修门，南北两侧各设置 1 扇小维修门，设备布置示意图见附图 5，工业 CT 主射束方向自下往上，工业 CT 系统固定使用，工件门（自动门）、检修门、操作台等均未在主射束照射方向及照射范围内。

在正常运行时辐射工作人员只需要打开铅房正面自动门进行工件的进出，出束时，辐射工作人员在操作台操作；设备维修时，通过大检修门及小检修门，可检修内部全部设备。正常工作时，不会有人员进入自屏蔽铅房内。此外，本项目工业 CT 装置运行时，禁止非辐射工作人员进入 CT 测试房内。

综上所述，本项目布局设置合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

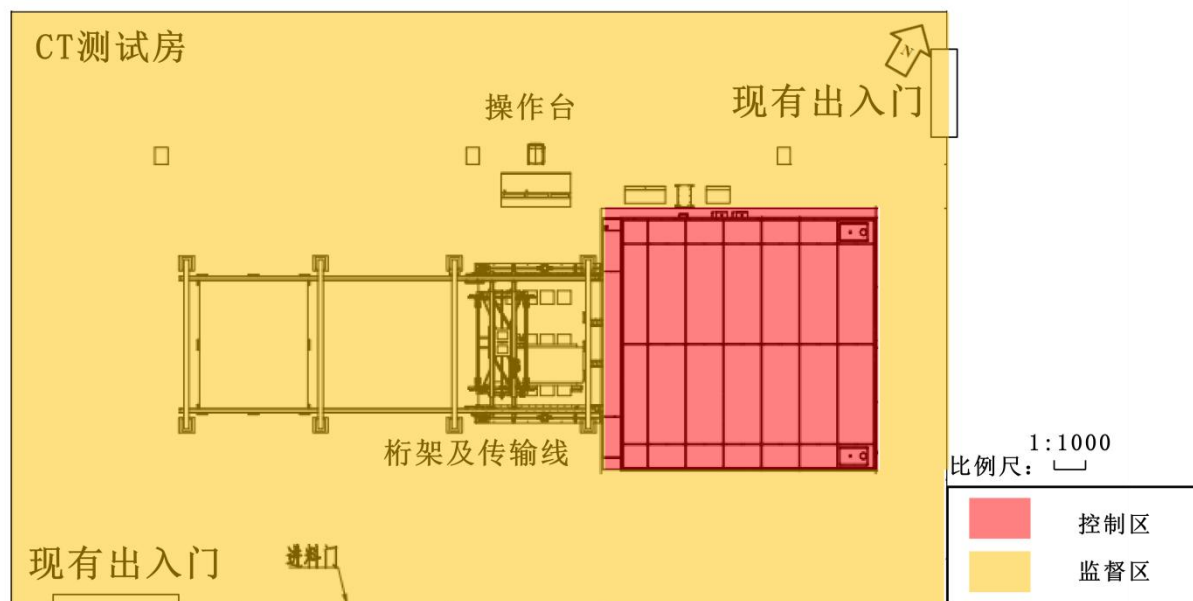
根据国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）的规定，将辐射工作场所分为控制区和监督区，便于辐射防护管理和职业照射控制。

（1）控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志。

（2）监督区：未被确定为控制区，通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件。

根据上述要求，本项目铅房为控制区、CT 测试房除铅房以外的区域（包括铅房的

顶部)为监督区,本项目辐射工作场所分区见下图:



拟采取的分区管理措施如下:

①控制区:对控制区进行严格控制,非辐射工作人员严禁进入,铅房顶部和内部均设置工作状态指示灯,铅房正面张贴控制区标识、电离辐射警告标志、指示灯颜色说明,工件门、检修门均设置门机联锁。

②监督区:监督区通常无需设置专门管控设施,CT测试房为辐射工作人员工作场所,无关人员禁止进入,在CT测试房门上张贴监督区标识和电离辐射警告标志,在工作人员操作台张贴“禁止非授权使用”警示语。

10.1.3 辐射屏蔽设计

1.屏蔽铅房设计情况

本项目工业CT系统位于26#厂房CT测试房铅房内,铅房防护门正面(工件进/出口)摆放朝西。铅房尺寸为8100mm×宽7465mm×高4000mm。铅房西侧设置1扇工件自动门,双开平移门设计,南北侧各设置1扇小检修门,东侧设置1扇大检修门,防护门屏蔽与墙体屏蔽厚度一致。铅房各屏蔽体间、铅房与地面之间、铅房屏蔽体与工件门、检修门之间均有防护搭接,机械通风装置排风口和电缆走线口均拟设置铅钢结构防护罩(图10-5),防护罩采用铅板厚度与相对应墙体防护层厚度一致。铅房屏蔽材料和

厚度见表 10-1。

表 10-1 铅房屏蔽防护措施一览表

屏蔽体	屏蔽材料及厚度	屏蔽铅当量
东、西侧	2mm 钢板+55mmPb(靠顶部 1000mm 范围) 2mm 钢板+31mmPb (其余范围)	55mmPb(靠顶部 1000mm 范围) 31mmPb (其余范围)
南、北侧	2mm 钢板+31mmPb	31mmPb
自动门	2mm 钢板+31mmPb	31mmPb
检修门	2mm 钢板+31mmPb	31mmPb
设备安装门 (大维修门)	2mm 钢板+31mmPb	31mmPb
上顶面 (主射线束方向)	2mm 钢板+55mmPb	55mmPb
下底面	混凝土地面	/
线缆口 (3 个, 均在北墙)	2mm 钢板+31mmPb	31mmPb
排风口 (顶部东北角及东南角各一个)	2mm 钢板+55mmPb	55mmPb

注: (1) 铅的密度为 11.3t/m^3 ; 钢板的密度为 7.9g/m^3 。

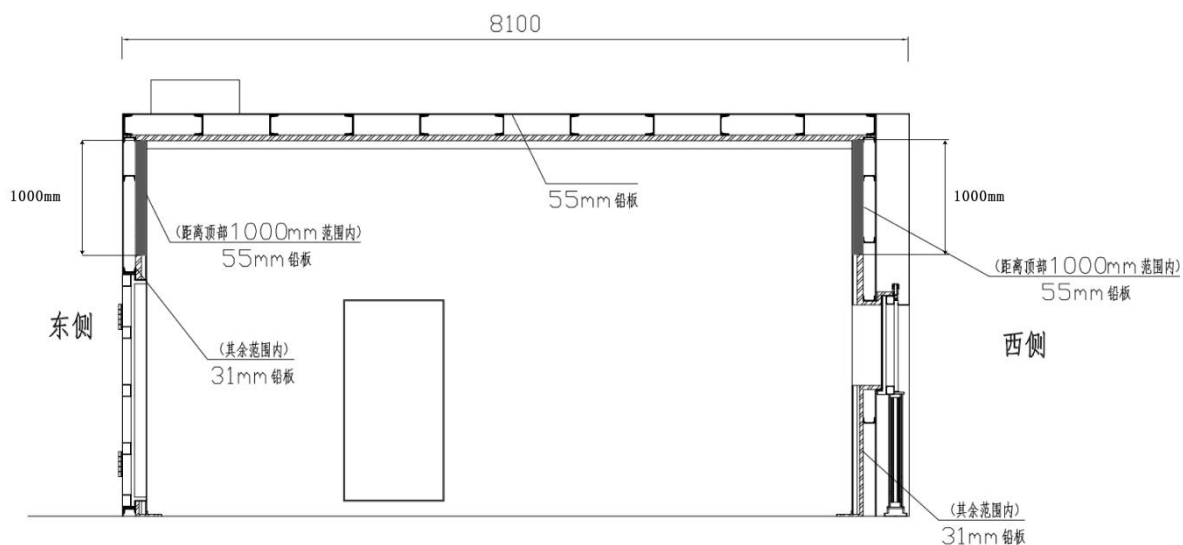


图 10-2 铅房屏蔽示意图 (侧视图)

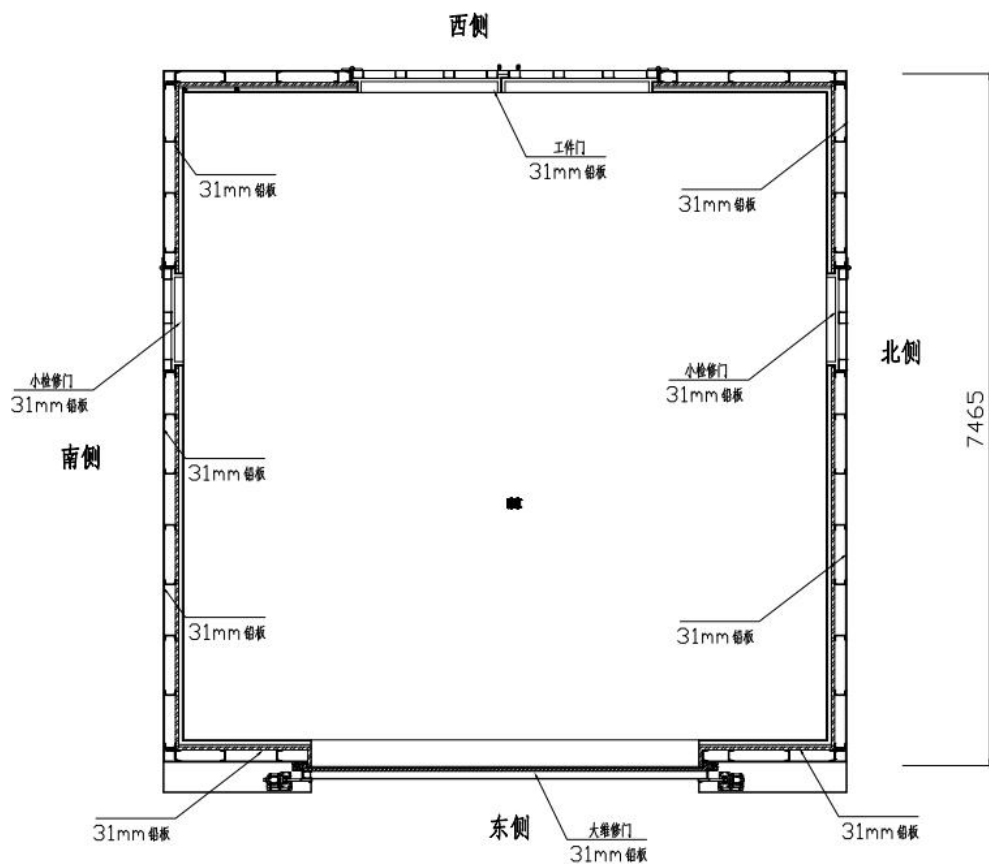


图 10-3 铅房屏蔽示意图（俯视图）

2.屏蔽铅房设计情况

工件门、检修门及铅房的搭接由设备生产厂家承担。根据厂家提供的资料，铅房主体结构焊接密封，铅房各屏蔽体间、铅房与地面之间、铅房屏蔽体与工件门、检修门之间均采用错位重叠搭接方式遮蔽其缝隙，其搭接宽度不小于缝隙的 10 倍，不影响屏蔽体的屏蔽能力。

墙体平面拼缝搭接及墙体拐角搭接采用铅板进行防护补偿，55mmPb 顶板/墙体屏蔽补偿厚度为 58mmPb，31mmPb 墙体屏蔽补偿为 35mmPb，墙体与地面搭接采用“L”型搭接，其中四周墙体下部分采用 35mmPb 进行防护补偿，地面采用 25mmPb 进行防护补偿，具体屏蔽补偿示意图见图 10-5。

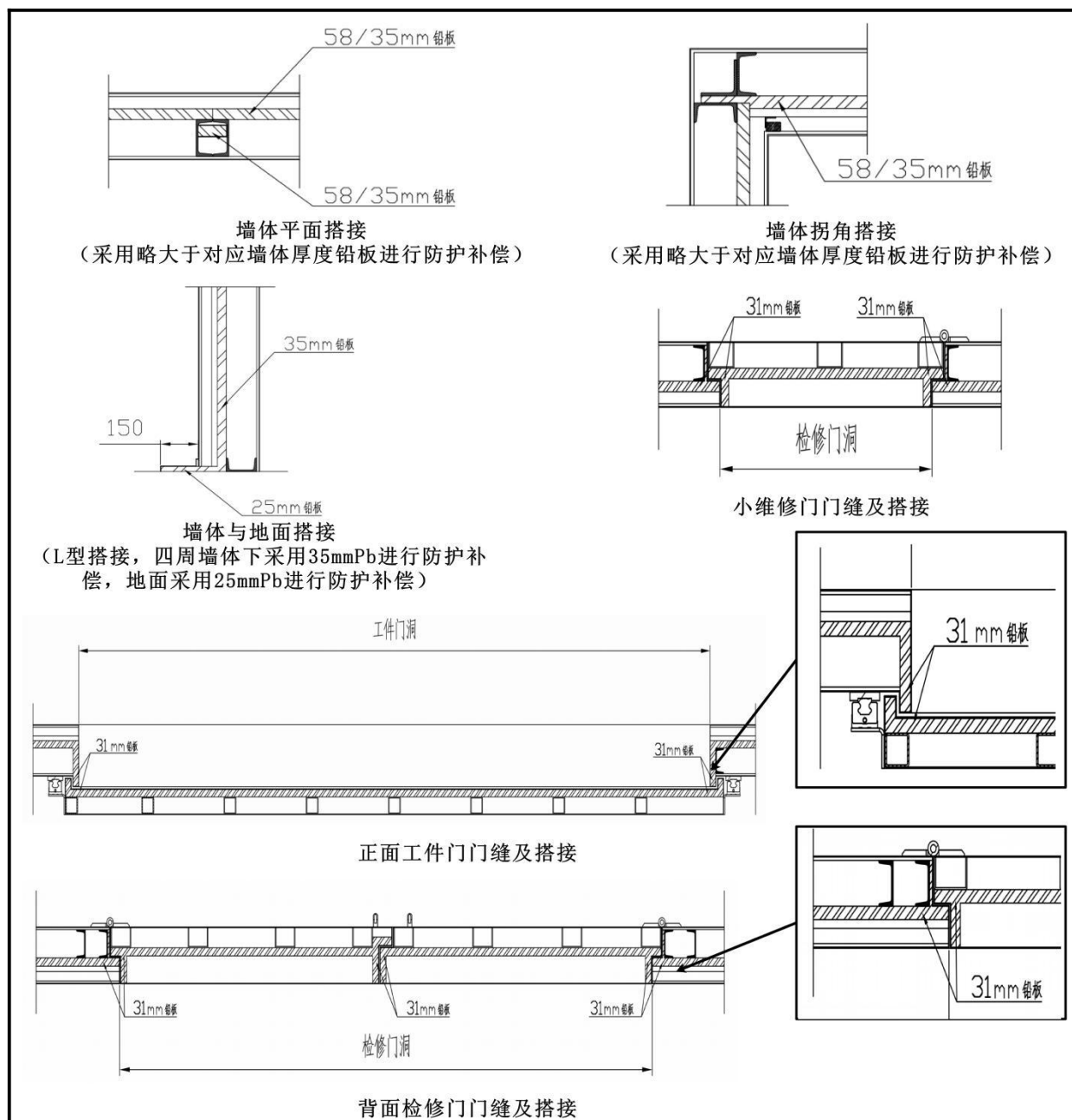


图 10-4 铅房搭接及屏蔽补偿示意图

3. 走线孔屏蔽补偿

本项目铅房拟设置 3 个走线孔, 均位于铅房北侧, 其中 1 个小走线孔 (82mm×82mm) 位于距地 2974.80mm 处, 2 个大走线孔 (155mm×155mm) 位于距地 827.5mm 处。走线孔均不在有用线束方向上, 同时避开了有用线束照射, 均采用 31mmPb 防护罩 (与同侧主体屏蔽一致) 进行补偿, 经屏蔽补偿后不影响屏蔽效能。走线孔位置见图 10-6, 管线穿墙示意图见图 10-7。

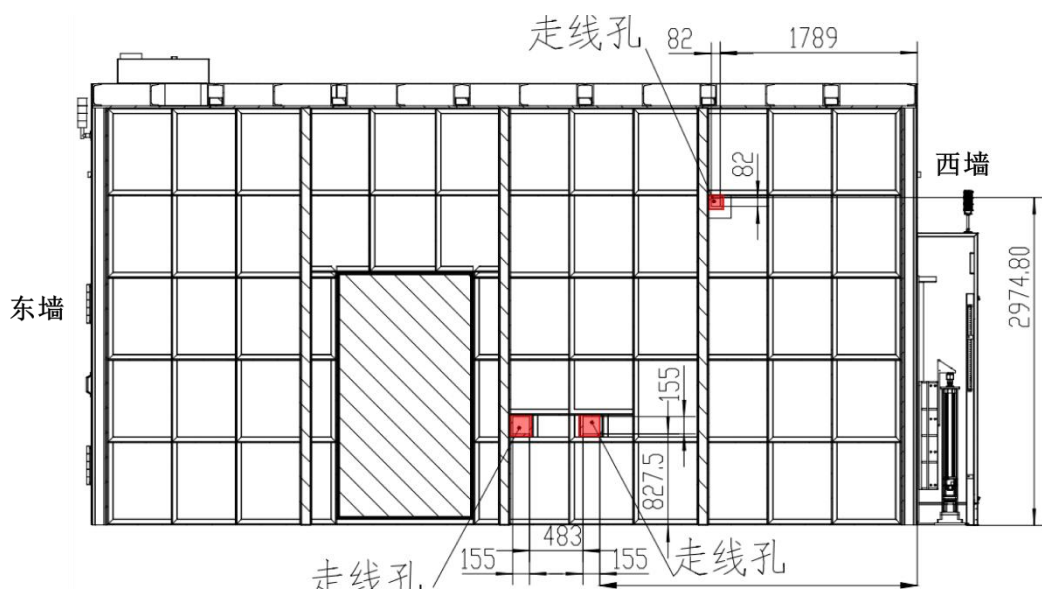


图 10-5 走线孔位置示意图（北墙）

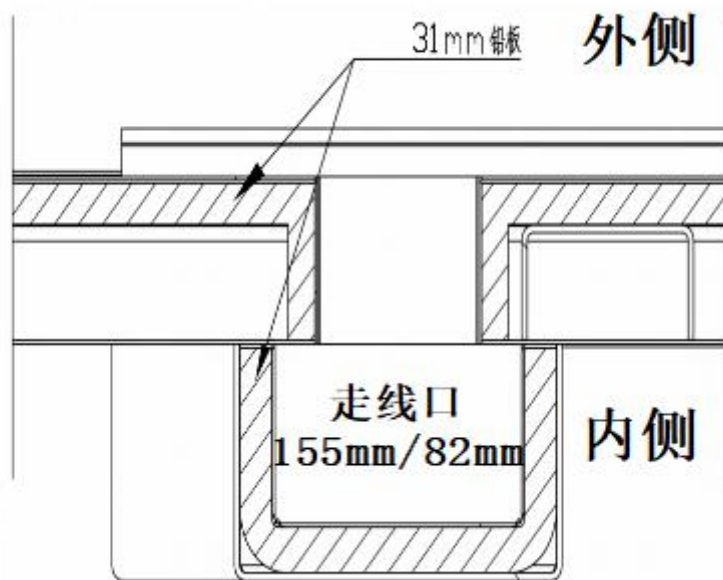


图 10-6 走线孔防护补偿示意图（走线孔侧视图）

4. 排风口屏蔽补偿

本项目铅房拟采取自然进风、机械排风的通风方式，铅房顶部东北角及东南角各设有 1 个排风口，排风口采取加 55mmPb 防护罩进行屏蔽补偿，排风口在有用线束方向上，但拟设置位置避开了有用线束照射，位置图见图 10-8，经屏蔽补偿后不影响屏蔽效能，排风口屏蔽示意图见图 10-9。

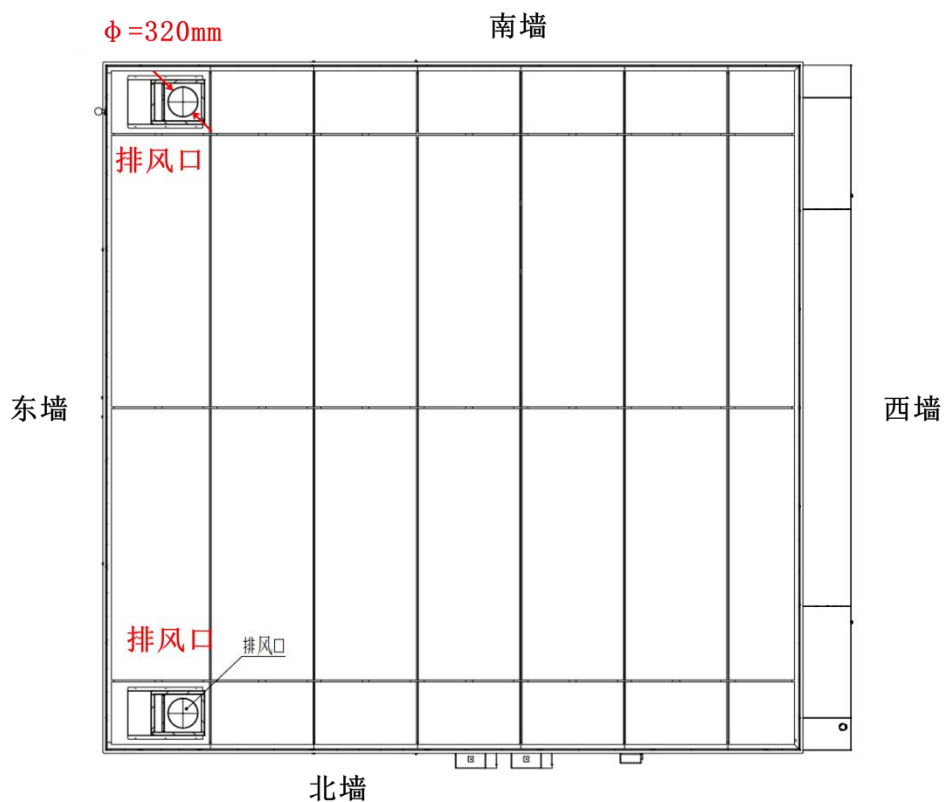


图 10-7 排风口位置示意图

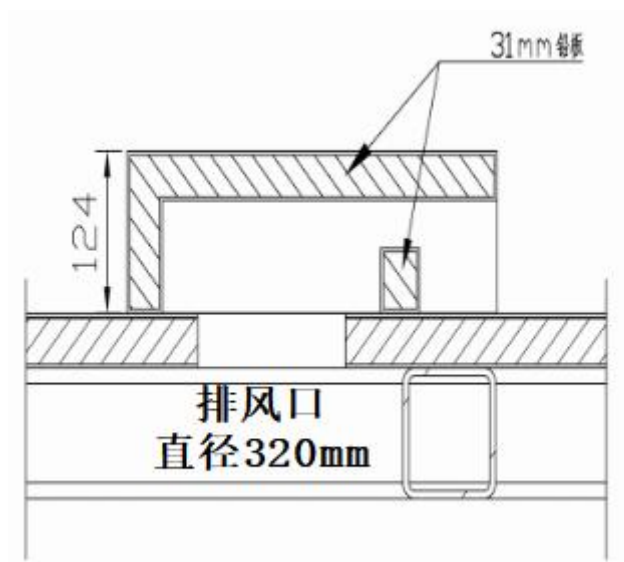


图 10-8 排风口防护补偿示意图

10.1.4 辐射安全和防护措施

1. 设备固有安全性

本项目工业 CT 装置固有安全性包括以下几个部分：

- (1) 开机时系统自检

开机后控制器首先进行系统诊断测试。若诊断测试正常，该设备会示意操作者可以进行出束或训机操作；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）故障安全保护

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）高压控制

当出束阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息（待机）阶段。

（4）高压发生器暖机

如果高压发生器关机超过一天，再使用时要进行暖机操作后才可使用，避免高压发生器损坏。

（5）过电流保护

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

（6）失电流保护

设备带有失电流保护继电器，当管电流低于额定值时，自动切断高压。

（7）过电压保护

设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

（8）继电保护

冷却循环油流量继电器、温度继电器及射线屏蔽室门开关的触点均为串联，在正常时均接通；若有一个没接通，不能达到高压。

2.辐射防护设施

为确保辐射工作人员的工作环境和铅房外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，本项目拟按照纵深防御原则进行了设置多重安全防护措施，具体如下：

（1）门机联锁装置

拟对铅房工件门、2 扇小检修门、大检修门等 4 扇防护门均设置门机联锁装置，均

与工业 CT 进行联锁，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。

（2）工作状态指示灯（三色报警灯）

铅房正面（左侧）外及铅房内北墙上方均拟设置工作状态指示灯（三色报警灯），并标有中文标识，其绿色代表通电正常待机状态，黄色代表预备状态，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地对红色、黄色、绿色信号意义的说明。

加高压出束时红色灯亮，红色灯亮并伴有滴滴滴的警示音；

系统就绪满足加高压条件，但未加高压时黄灯亮；

系统未就绪不满足加高压的条件，但低压上电时绿灯亮；

加高压前警铃响，并且声音大。

（3）视频监控

本项目拟在铅房内共设置 6 个摄像头，其中铅房 4 个角落各设置 1 个，工业 CT 设备位置上下设置 2 个，可在操作台监视铅房室内工业 CT 设备的运行情况。监控系统内置人员自动检测算法，且具备与设备上位机进行连接通讯交互，检测区域覆盖铅房内。

CT 测试房内拟设置 2 处摄像头，确保覆盖整个铅房区域。

（4）警告标志

本项目拟在 CT 测试房入口处（包括 2 扇现有人员门和新增进料门）、铅房正面工件门及检修门上醒目处均张贴符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志并附中文警示说明。

（5）紧急停机装置

本项目铅房内拟设置 8 个紧急停机按钮，每面墙内各两个，均为易于接触的地方，确保出现紧急事故时，能立即停止照射并开门，急停按钮能够确保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。同时，在铅房外正面（工件门旁）及操作台上各设置 1 个紧急停机按钮。按下紧急停机按钮，设备电源立即被切断，停止出束并开门。紧急停机按钮使用后，需复位后方可进行下一次检测工作。紧急停机按钮带有标签，

标明使用方法。

(6) 钥匙开关

操作台上拟设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。

(7) 固定式在线辐射监测报警仪

铅房内拟配置固定式场所辐射探测报警装置，显示单元位于操作台，当辐射水平超过阈值时，会自动触发报警，用于监测铅房内出束情况及辐射水平。

(8) 红外防夹装置

设备工件门拟设置利用红外线光束形成非接触式安全保护系统，在工件门关闭过程中，如果检测到有物体闯入危险区域，立即停止关门动作并反向开启，从而防止夹伤或设备损坏。

本项目辐射安全与防护设施与措施设计具有冗余性、多元性与独立性。

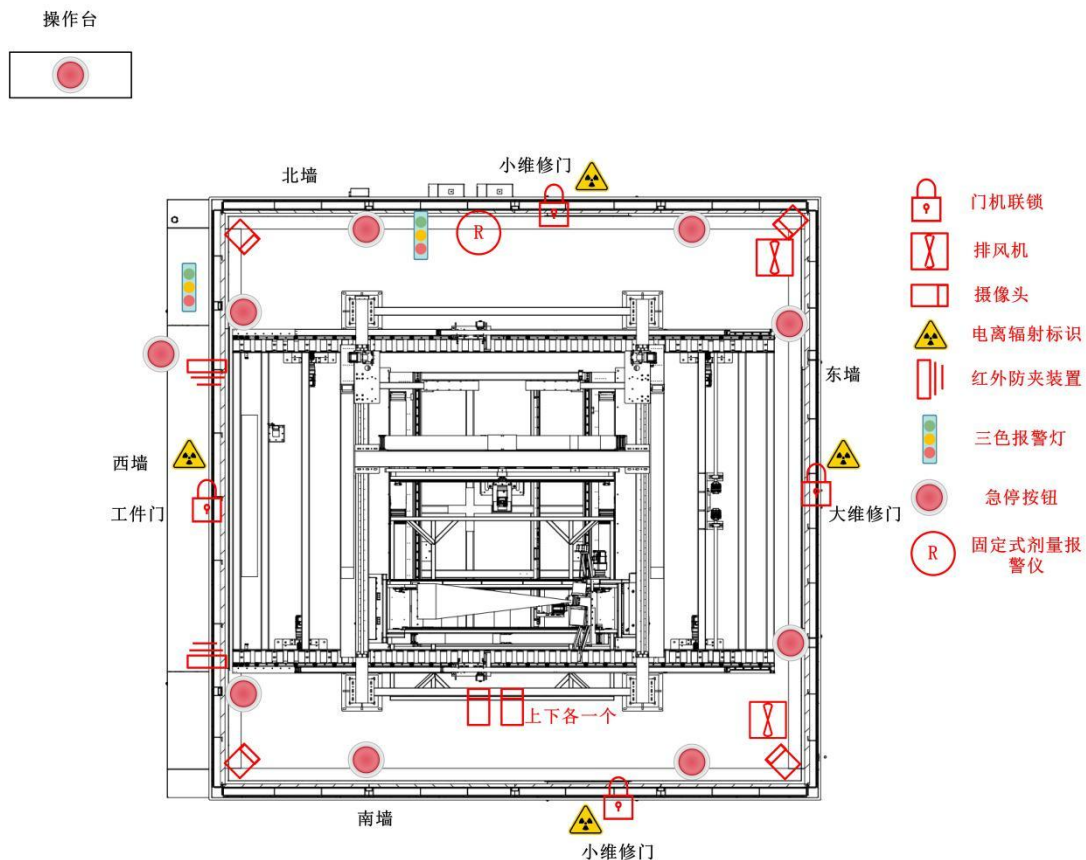


图 10-9 辐射安全防护设施图

(9) 通风设施

本项目铅房拟设置排风装置，配备 2 台风机，每台风量为 $13\text{m}^3/\text{min}$ ，2 个排风口均位于铅房顶部，总排风量为 $1560\text{m}^3/\text{h}$ ，铅房净容积约为 184m^3 ，铅房换气次数可达 8.48 次/h，新增排风管道连接至 26#厂房北墙外（厂区内道路及绿化）高约 2.5m 处排放母，见附图 7。

（10）安全联锁系统

本项目工业 CT 拟设置一系列安全联锁系统，当钥匙开关闭合、急停按钮复位、门机联锁正常、警示设施正常、监控检测无人、的情况下标识本项目工业 CT 装置安全联锁正常，设备自检正常表示本项目工业 CT 装置正常，在其他系统状态也正常的同时，则所有条件都满足，下达出束指令，工业 CT 能正常出束。若有一道设施或系统未到位，射线装置无法出束，X 射线出束期间，任何一道安全设施触发或者发生故障，工业 CT 能立刻切断出束，安全联锁逻辑图如下图所示。

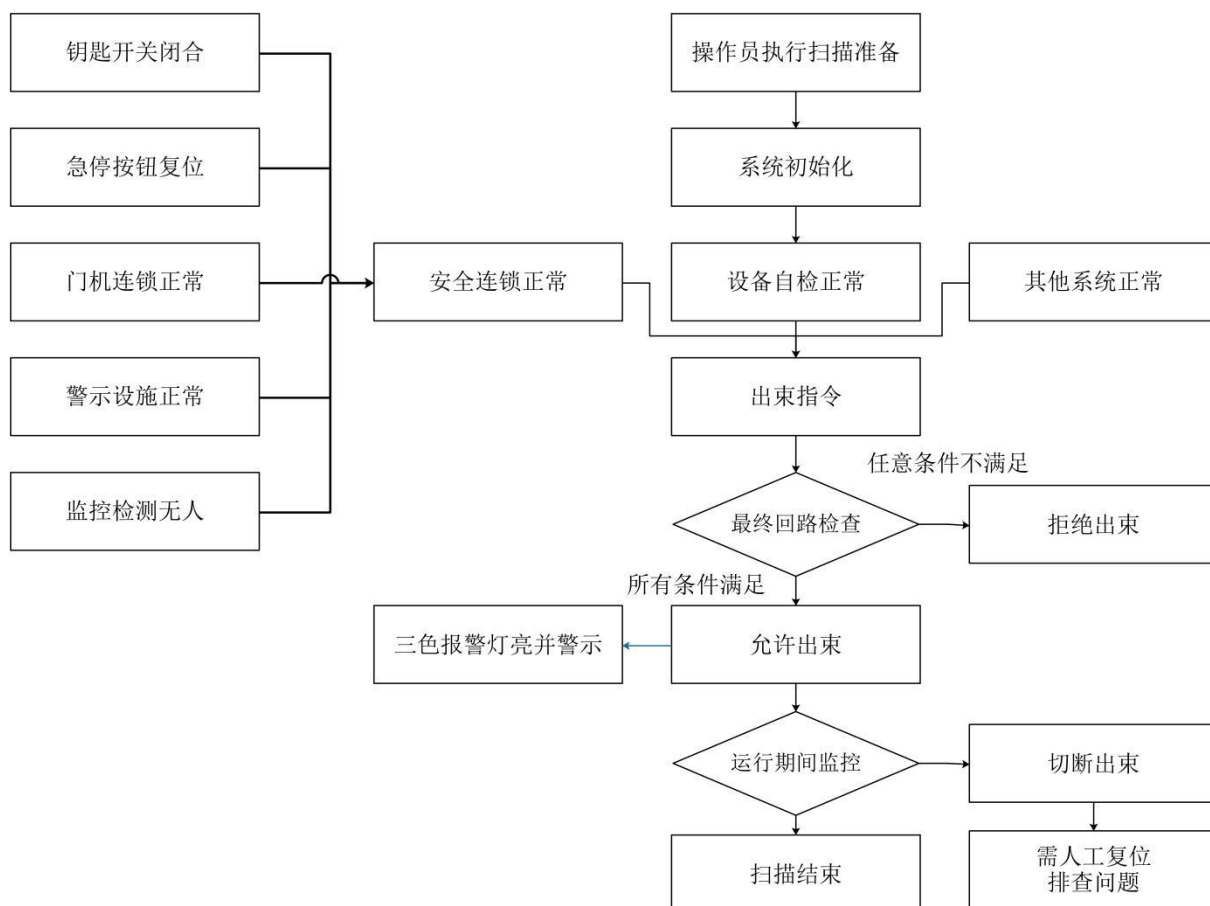


图 10-10 安全联锁逻辑图

10.1.4 防护用品和监测设备

根据本次环评项目实际情况，公司拟配备辐射防护和监测设备详见下表 10-2。

表 10-2 辐射防护和检测用品清单一览表

防护用品名称		数量	备注
单位现有	X- γ 辐射个人剂量当量（率）监测仪	1 台 (型号为 JB4000)	依托
本项目配备	便携式 X- γ 剂量监测仪	1 台	新增
	固定式场所辐射探测报警装置	1 套	新增
	个人剂量报警仪	1 个	新增
	个人剂量计	1 人/个，共 2 个	新增 1 个，依托 1 个

10.1.5 管理措施及安全操作要求

1. 管理措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），本项目辐射安全和防护措施还应满足以下要求：

（1）日常检查

每次工作开始前应进行检查的项目包括：设备外观是否存在可见的损坏；电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；门机联锁是否正常工作；报警设备和警示灯是否正常运行；螺栓等连接件是否连接良好。

（2）定期检查

定期检查的项目应包括：电气安全（包括接地和电缆绝缘检查）、门机联锁、门灯联锁等所有安全联锁和紧急停机开关的检查、机房内安装的固定辐射检测仪的检查、制造商推荐的其他常规检测项目。

（3）设备维护

公司应对工业 CT 系统的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护拟由厂家进行。设备维护包括工业 X 射线机系统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。

（4）监测仪器

辐射工作人员佩戴常规个人剂量计外，拟配备个人剂量报警仪及便携式 X- γ 剂量率仪，当辐射水平达到设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警。当剂量率达到设定的

报警阈值报警时，立即停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作区域，并立即向辐射安全与环境保护领导小组报告。

（5）其他防护安全要求

无损检测工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。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，才能开始无损检测工作。

2.安全操作要求

（1）该设备被规定用于工业用途。只能将该工业 CT 用于非有机的或无生命有机材料的检查，并严格按照设备操作指导书进行使用；

（2）设备需由通过辐射安全与防护考核及设备厂家培训指导的操作人员操作，操作人员必须通过设备厂家了解使用装置时的正确方法及危险；

（3）操作人员工作期间应按要求佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，每天上班后仔细检查个人剂量报警仪及便携式 X- γ 剂量率仪的完好情况，各种计量仪表应在检定周期内，检查其工作是否正常可靠，如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始 X 射线无损检测工作；

（4）定期测量铅房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。当测量值高于参考控制水平时，应终止检测工作并向辐射安全与环境保护领导小组报告。

（5）检查安全防护装置，如安全防护门联锁装置是否可靠、警示灯是否完好、安全防护装置、警示标志是否损坏等；

（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。开始作业前操作人员要做好个人防护工作，安全防护门没关好和警示灯不正常时不开机使用；开机前通过监控摄像头确认铅房内状态。

（7）操作人员应熟练掌握设备的性能和操作流程，严格按照操作规程的技术参数进行操作；

（8）工业 CT 设备应正常使用，管电压和管电流不能超过机器最大允许值；

(9) 在操作过程中，应严格按照设备的操作规程进行操作，以确保工作质量和设备安全；

(10) 进行样品检测时，如设备、仪表或其它安全防护装置等发生故障，应立即停机并报告，待故障排除后并检测合格后方可继续操作；

(11) 完成检测后，通过监控系统确认铅房内无人及无关物品后，方可关闭总电源，人员离开。

10.1.6 与标准要求的相符性

公司辐射安全和防护措施与 GBZ117-2022、GBZ/T250-2014 及第 1 号修改单、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）相关标准要求对比情况见表 10-3：

表 10-3 公司辐射安全和防护措施与 GBZ117-2022 要求对照一览表

序号	GBZ117-2022 要求	本项目	相符性
1	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。	使用单位作为探伤主体承担主要安全责任	符合要求
2	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。	符合要求
3	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 GBZ98 的要求进行职业健康监护。	本项目将为从事无损检测工作的辐射工作人员按 GBZ128 的要求配备个人剂量计，并将按标准要求定期进行监测，同时按标准要求进行质量保证，严格按照要求进行佩戴。人员将按 GBZ98 的要求进行职业健康监护，	符合要求
4	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	本项目辐射工作人员已取得相应资格证书。	符合要求
5	4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	本项目辐射工作人员按要求配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	符合要求
6	4.6 应制定辐射事故应急预案。	公司已制定辐射事故应急预案，并拟进行修订完善工业 CT 相关内容。	符合要求
7	5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。	项目拟采购符合标准中漏射线剂量率要求，并符合 GB/T 26837 中放射防护性能要求的工业 CT	符合要求
8	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;0)螺	公司拟制定工作前检查制度，工作前检查项目包括:a)工业 CT 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)工作状态指示灯、个人剂量报警仪以	符合要求

	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。	及声光报警灯是否正常运行:l)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。	
9	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。	本项目拟制定满足标准要求的设备检修维护制度, 每年至少维护一次, 设备维护由生产厂家负责, 维护后做好维护记录。	符合要求
10	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。	操作台位于铅房北侧、有用线束照射方向为自下向上, 操作台避开了有用线束照射的方向, 并与铅房分开。铅房的屏蔽厚度充分考虑了源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。铅房防护门的防护性能与同侧墙的防护性能一致。	符合要求
11	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。	拟对 CT 测试房实行分区管理, 分区管理符合 GB 18871 的要求	符合要求
12	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 μ Sv/周:b)屏蔽铅房外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。	本项目工业 CT 配备建设屏蔽铅房, 根据表 11 的计算结果, 辐射工作人员受照周有效剂量小于 100 μ Sv/周, 公众成员受照周有效剂量小于 5 μ Sv/周:屏蔽铅房各侧(包括顶部)屏蔽铅房外 30cm 处瞬时剂量率小于 2.5 μ Sv/h。	符合要求
13	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 μ Sv/h。		符合要求
14	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置, 应在门(包括人员进出门和探伤工件进出门)关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中, 防护门被意外打开时, 应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时, 每台装置均应与防护门联锁。	拟对铅房工件门、2 扇小检修门、大检修门等 4 扇防护门均设置门-机联锁装置, 均与工业 CT 进行联锁, 在门关闭后才会进行探伤作业。在作业过程中, 防护门被意外打开, 急停按钮被按下时, 可以立刻停止出束。铅房内只有一台工业 CT 装置。	符合要求
15	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	本项目工业 CT 装置铅房正面及铅房内北墙上方均拟设置三色报警灯: 绿灯代表通	符合要求

	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。	电正常待机状态，黄色代表预备状态，红色代表射线开启状态。并在醒目位置处拟设清晰地对红色、黄色、绿色信号意义的说明。三色报警灯具有蜂鸣报警功能，接通高压时，三色报警灯亮红色灯光，同时发出警铃。	
16	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。	本项目开展检测作业时人员无需进入铅房内部。本项目铅房内拟设置 6 个摄像头，在操作台上有专用的监视器，可监视铅房室内工业 CT 的运行情况；CT 测试房内拟设置 2 个摄像头。	符合要求
17	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。	6.1.9 铅房防护门及 CT 测试房上拟张贴符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	符合要求
18	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 8 个急停按钮，位于铅房内 4 侧，每侧各 2 个；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。铅房外正面及操作台各设置 1 个。	符合要求
19	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。	铅房顶部拟设置 2 个排风装置，铅房排风换气次数可达 8.48 次/h，铅房排风口位于铅房顶部，新增排风管道连接至 26#厂房北墙外（厂区内道路及绿化）高约 2.5m 处排放，排放口外为绿化及厂区内道路，不朝向人员活动密集区。	符合要求
20	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	铅房拟配置固定式场所辐射探测报警装置。	符合要求
21	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。	工作人员作业前检查安全防护装置，如安全防护门联锁装置是否可靠、警示灯是否完好、安全防护装置、警示标志是否损坏等；	
22	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。	公司拟制定相关制度，要求辐射工作人员佩戴常规个人剂量计外，还拟配备个人剂量报警仪及便携式 X-γ 剂量率仪，当辐射水平达到设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，立即停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作区域，并立即向辐射防护负责人报告。	符合要求
23	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。	公司拟制定相关制度，要求工作人员使用便携式 X-γ 剂量率仪定期(每季度 1 次)对射线装置周围剂量当量率进行巡测，并做好巡测记录，一旦发生辐射值超过控制水平时，立即停止辐射工作并向辐射管理人员报告，查找原因。计划每年一次委托有资质的第三方检测机构对设备外的环境辐射水平进行年度检测。	符合要求

24	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。	要求工作人员作业前检查便携式 X-γ 剂量率仪是否正常工作,如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作,则不能开始辐射工作。	符合要求
----	---	--	------

表 10-4 公司辐射安全和防护措施与 GBZ/T250-2014 及第 1 号修改单要求对照一览表

序号	GBZ/T250-2014/XG1-2017 要求	本项目	相符性
1	3.1.1 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 ($H_{c,d}$): 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: $H_c \leq 100 \mu Sv/周$; 公众: $H_c \leq 5 \mu Sv/周$; 2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 按下式计算: $H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$ b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$; $H_{c,max} = 2.5 \mu Sv/h$ c) 关注点剂量率参考控制水平 H_c 为上述 a) 的 $H_{c,d}$ 和 b) 的 $H_{c,max}$ 两者中较小值。	关注点剂量率参考控制水平 H_c 取 $H_{c,d}$ 和 $H_{c,max}$ 的较小值, 本项目屏蔽铅房外最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max} = 2.5 \mu Sv/h$。	符合要求
2	3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求: (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,距探伤室顶外表面 30cm 处和(或)在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处,辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。 (b) 除 3.1.2 a) 的条件外,应考虑下列情况: 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和,应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 $H_c(\mu Sv/h)$ 加以控制。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 $100 \mu Sv/h$。	本项目铅房顶部剂量率参考控制水平: $H_{c,max} = 2.5 \mu Sv/h$。	符合要求
3	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。	铅房设置 1 个工件门(自动门)、2 个检修门及 1 个大维修门, 本项目辐射工作人员在摆放工件时不进入铅房内部, 工件通过工件门进入铅房。检修	符合要求

		状态下，由厂家指派的专业检修工作人员进入检修。	
4	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，其操作台位于铅房北侧，设备主射线朝向自下向上，避开了操作台和防护门	符合要求
5	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，铅房各屏蔽体间、铅房屏蔽体与装载门、检修门之间均采用错位重叠搭接方式遮蔽其缝隙，其搭接宽度不小于缝隙的 10 倍，电缆孔及排风口处均配备钢铅结构防护罩，防护罩采用铅板厚度与相对应墙体防护层厚度一致	符合要求
6	3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。	本项目铅房内仅使用 1 台工业 CT，同时，根据后文计算，主射方向和其它侧屏蔽体均能满足额定工况下的辐射防护要求。	符合要求

表 10-5 与 GBZ128-2019 要求对照一览表

序号	GBZ128-2019 要求	本项目	相符性
1	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前方，已要求剂量计佩戴在左胸前或锁骨对应的领口位置。	符合要求
2	7.3.1 制定和严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程	建设单位制定并严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程	符合要求
3	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。	建设单位严格要求辐射工作人员个人剂量计在非工作区间避免受到任何人工辐射的照射。	符合要求

对照《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）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），本项目辐射安全和防护措施满足防护标准要求。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工阶段

本项目施工工艺主要为 CT 测试房进料门改造、铅房及工业 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、施工期废水防治措施

施工人员生活污水依托厂区现有化粪池处理后接入市政污水管网。

2、施工期废气防治措施

施工期安装设备及运输设备等将产生地面扬尘，这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对施工期产生的扬尘，建设单位应及时清扫施工场地，必要时可采用洒水等措施抑尘。

3、施工期噪声防治措施

施工期噪声设备配套用房施工过程、防护设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内公众活动较少，并且主要在厂房内施工，通过合理安排施工时间措施能减轻对外界的影响。

4、施工期固废防治措施

施工期固废主要是施工过程中产生的固体废物和施工人员的生活垃圾，装修固体废物为一般固废，部分回收利用，其余部分与生活垃圾一同依托厂区现有垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。本项目铅板由施工单位裁剪后运送至本项目施工地点，铅房为铅钢结构，铅板包在钢板内部，不产生废铅及铅粉尘。

本项目工程量小，施工期短，影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的防治措施后，对外界的影响小。

11.1.2 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。

调试期间，X 射线是污染环境的主要因子，调试阶段与运行阶段的辐射影响一致，根据后文核算，设备屏蔽铅房外剂量率达标。调试工作由设备销售厂家完成。X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物，少量的有害气体通过铅房排风装置排出、迅速扩散、不累积，对环境影响可忽略不计。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 评价原则

(1) 基本原则：对于符合正当化的放射工作实践，以防护最优化为原则，使各类人员的受照当量剂量不仅低于规定的限值，而且控制到可以合理做到的尽可能低的辐射水平。这一考虑包括：正常运行、维修、退役以及应急状态，也包括了具有一定概率的导致重大照射的潜在照射情况。

(2) 剂量约束值：辐射工作人员 5mSv/a；公众 0.1mSv/a。

(3) 屏蔽体铅房外表面 0.3m 处剂量当量率控制水平根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）确定。

11.2.2 关注点选取

对于一般 X 射线机，其侧向漏束较小，起决定作用的是被照体的散射束。因此主射方向（有用线束）按照初级 X 射线进行考虑，其他方向按照散射和泄漏 X 射线进行考虑。本项工业 CT 为定向出束，有用线束照射朝自下向上（避开操作间和工件进出的方向）。理论计算时，铅房顶部、东墙和西墙上侧屏蔽体按有用线束照射计算，南侧、北侧、西侧和东侧其他部分屏蔽体按散射和泄漏辐射计算，以最大管电压 450kV、最大管电流 3mA 进行计算。

本项目关注点信息见表 11- 1、图 11-1、图 11-2：

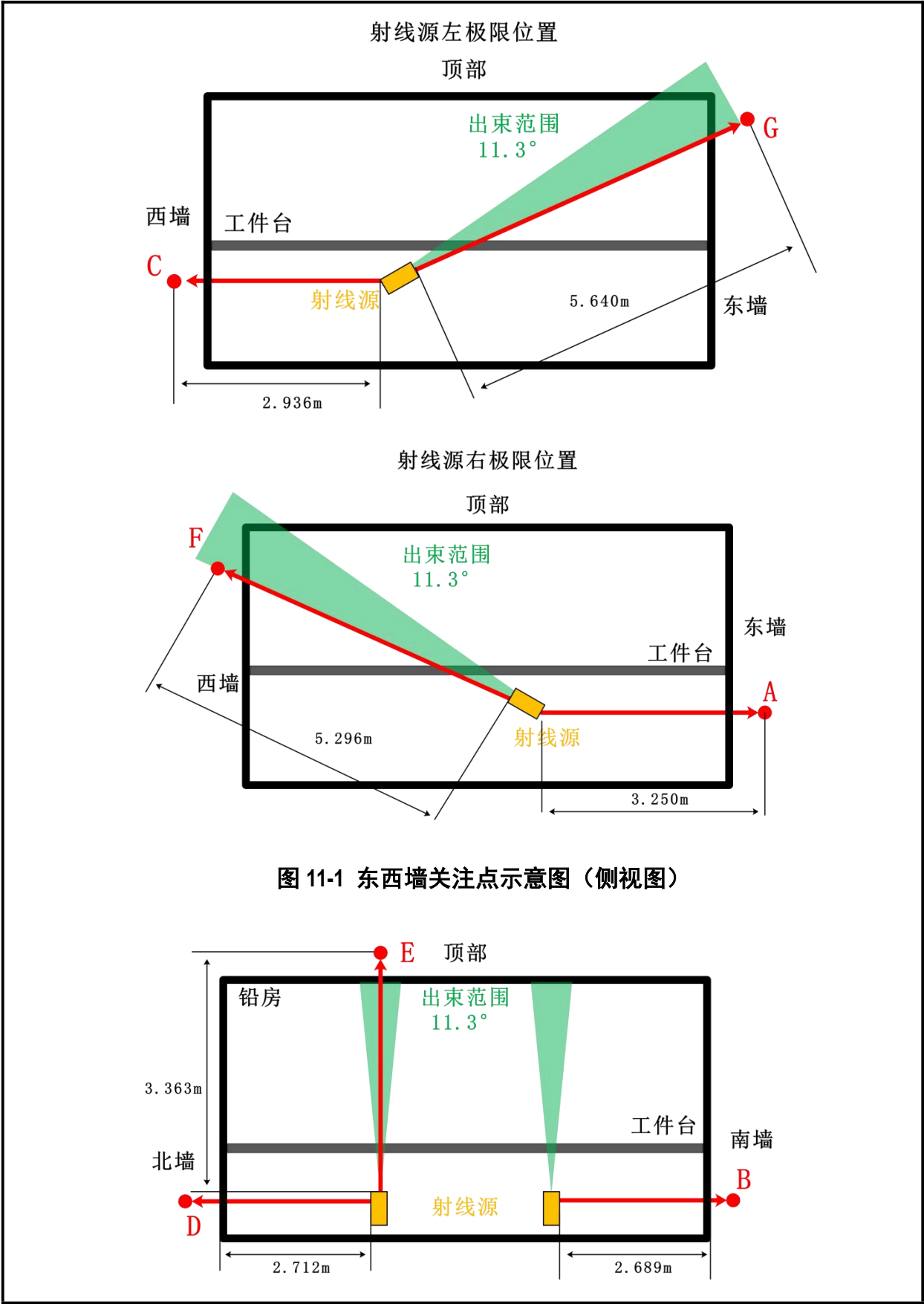


图 11-2 南北墙、顶部关注点示意图（正视图）

表 11-1 关注点与辐射源点的距离、照射类型一览表

关注点		关注点与辐射源点的距离 m	辐射源	屏蔽厚度
A	铅房东面外 30cm	3.250	漏射线和散射线	31mmPb
B	铅房南面外 30cm	2.689	漏射线和散射线	31mmPb
C	铅房西面外 30cm	2.936	漏射线和散射线	31mmPb
D	铅房北面外 30cm	2.712	漏射线和散射线	31mmPb
E	铅房顶部外 30cm	3.663	有用线束	55mmPb
F	铅房外西面上侧外 30cm	5.296	有用线束	55mmPb
G	铅房外东面上侧外 30cm	5.640	有用线束	55mmPb

注：（1）因地面下无建筑，不考虑下底面辐射影响；
 （2）关注点与辐射源点的距离=辐射源到铅房外侧距离+ 30cm；
 （3）铅房屏蔽仅考虑铅板。

11.2.3 关注点剂量率参考控制水平

根据 GBZ/T250-2014，关注点剂量率参考控制水平的取值依据如下：

- （1）根据式 7-1 计算导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ；（具体公式见表 7）。
- （2）根据 GBZ/T250-2014 得出关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ；
- （3）关注点剂量率参考控制水平 H_c 取 $H_{c,d}$ 和 $H_{c,max}$ 的较小值。

本项目关注点剂量率参考控制水平计算参数及结果见表 11-3：

表 11-3 关注点剂量率参考控制水平计算一览表

关注点	涉及人员	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	t (h/周)	U	T	$H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	本项目取值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
A 铅房东面外 30cm	辐射工作人员	100	5.33	1	1	18.76	2.5	2.5
B 铅房南面外 30cm (含防护门)		100	5.33	1	1	18.76	2.5	2.5
C 铅房西面外 30cm (含防护门)		100	5.33	1	1	18.76	2.5	2.5
D 铅房北面外 30cm (含防护门)		100	5.33	1	1	18.76	2.5	2.5
E 铅房顶面外 30cm		100	5.33	1	1/8	150.09	2.5	2.5
F 铅房外西面上侧外 30cm		100	5.33	1	1	18.76	2.5	2.5
G 铅房外东面上侧外 30cm		100	5.33	1	1	18.76	2.5	2.5

注：①周剂量参考控制水平 H_0 取值：根据 GBZ/T250-2014 进行取值；
 ②工业 CT 周照射时间 t 取值见表 1 中 1.3 章节；
 ③工业 CT 向关注点方向照射的使用因子 U 按最不利考虑，取 1；
 ④人员在相应关注点驻留的居留因子 T 根据 GBZ/T250-2014 附录 A 进行取值，铅房位于 CT 测试房内，正常工况下设备出束时，辐射工作人员仅在操作台操作设备。本项目铅房四周保守考虑， T 值取 1，顶部通常无人居留，故居留因子取 1/8。

11.2.4 辐射环境影响分析

（1）有用线束计算公式

本次计算公式参照剂量率参照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中公式进行估算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{式11-6}$$

式中：

B ——屏蔽透射因子，由于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B.1 无 450kV 条件下对应的透射曲线，本评价按式 11-8 计算 B 值；

H_0 ——为距离辐射源点 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 ；

I ——为最高管电压下的常用最大管电流，mA；

R ——为探伤机到计算点距离，m。

（2）漏射线计算公式

在给定屏蔽物质厚度 X 时，按式 11-7 计算泄漏辐射在关注点的剂量率：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{式 11-7}$$

式中：

H_L ——距靶点 1mX 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源（靶点）至关注点的距离，m；

H_L 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，本项目 5000 $\mu\text{Sv/h}$ 。

其中屏蔽透射因子采用以下公式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{式 11-8}$$

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度。因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中无 450kV 管电压下的什值层厚度，根据 ICRP Publication 33 P52 表 3，本次以内插法求得 450kV 管电压下铅的什值层厚度为 9.25mm；

Table 3. Approximate half-value thicknesses and tenth-value thicknesses for heavily attenuated broad beams of x rays

X-ray source	Half-value thicknesses, cm		Tenth-value thicknesses, cm	
	Lead	Concrete	Lead	Concrete
50 kV	0.005	0.4	0.018	1.3
70	—	1.0	—	3.6
75	0.015	—	0.050	—
100	0.025	1.6	0.084	5.5
125	—	1.9	—	6.4
150	0.029	2.2	0.096	7.0
200	0.042	2.6	0.14	8.6
250	0.086	2.8	0.29	9.0
300	0.17	3.0	0.57	10.0
400	0.25	3.0	0.82	10.0
0.5 MV	0.31	3.6	1.03	11.9
1	0.76	4.6	2.52	15.0
2	1.15	6.1	3.90	20.1
3	—	6.9	—	22.6
4	1.48	8.4	4.9	27.4
6	1.54	10.2	5.1	33.8
10	1.69	11.7	5.6	38.6
20	1.63	13.7	5.4	45.7
30	1.57	13.7	5.2	45.7
38	—	13.7	—	45.7

图 11-3 ICRP Publication 33 P52 表 3

（3）散射线计算公式

在给定屏蔽物质厚度 X 时，按式 11-9 计算散射辐射在关注点的剂量率：

$$H_s = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{式 11-9}$$

式中：

Hs —— 散射线所致关注点的剂量率，μSv/h；

I —— X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ——为距离辐射源点 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， m^2 ；

α —— 散射因子；入射辐射被单位面积 (lm^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（靶点）至探伤工件的距离，m；

R_s —— 散射体至关注点的距离，m。

标准中 B.4.2 中给出“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， $R_0^2/F\cdot\alpha$ 因子的值为 50”，本项目工业 CT 圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 5.65° ，辐射野以圆形进行考虑，假设辐射野半径为 r，则 $F=\pi\cdot r^2$ ， $\tan\theta=r/R_0$ ，因此标准中式 9) 的 $R_0^2/(F\cdot\alpha)=1/(\tan(5.65^\circ)^2\cdot\pi\cdot\alpha)=685$ ，本次计算保守按 20° 进行取值，即 $R_0^2/F\cdot\alpha$ 因子的取值为 50。

有用线束剂量率相关计算参数见表 11- 9；泄漏辐射和散射辐射剂量率相关计算参数见表 11- 10 和表 11- 11，有用线束、泄漏辐射和散射辐射剂量率计算结果见表 11- 12：

表 11-9 有用线束辐射剂量率相关参数一览表

关注点	计算参数				估算结果
	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	B	R (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
E 铅房顶部外 30cm	3	3.10E+06	1.13E-06	3.663	7.84E-01
F 铅房外西面上侧外 30cm	3	3.10E+06	1.13E-06	5.296	3.75E-01
G 铅房外东面上侧外 30cm	3	3.10E+06	1.13E-06	5.640	3.31E-01

表 11-10 泄漏辐射剂量率相关参数一览表

关注点	计算参数				计算结果
	R (m)	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	TVL (mm)	X (mm)	$H_{\text{泄漏}}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
A 铅房东面外 30cm	3.250	5.0E+03	9.25	31	2.11E-01
B 铅房南面外 30cm	2.689	5.0E+03	9.25	31	3.08E-01
C 铅房西面外 30cm	2.936	5.0E+03	9.25	31	2.58E-01
D 铅房北面外 30cm	2.712	5.0E+03	9.25	31	3.03E-01

表 11-11 散射辐射剂量率相关参数一览表

关注点	计算参数						计算结果
	Rs (m)	I (A)	H ₀ (μSv·m ² / (mA·h))	R ₀ ² /F·α	TVL (mm)	X (mm)	H _{散射} (μSv/h)
A 铅房东面外 30cm	3.250	3	3.10E+06	50	5.7	31	6.41E-02
B 铅房南面外 30cm	2.689	3	3.10E+06	50	5.7	31	9.36E-02
C 铅房西面外 30cm	2.936	3	3.10E+06	50	5.7	31	7.85E-02
D 铅房北面外 30cm	2.712	3	3.10E+06	50	5.7	31	9.20E-02

表 11-12 各关注点剂量率（附加值）估算结果一览表

关注点	有用线束辐射剂量率 (μSv/h)	泄漏辐射剂量率 (μSv/h)	散射辐射剂量率 (μSv/h)	总辐射剂量率 (μSv/h)	剂量率控制水平, (μSv/h)
A 铅房东面外 30cm	/	2.11E-01	6.41E-02	2.75E-01	2.5
B 铅房南面外 30cm	/	3.08E-01	9.36E-02	4.02E-01	2.5
C 铅房西面外 30cm	/	2.58E-01	7.85E-02	3.37E-01	2.5
D 铅房北面外 30cm	/	3.03E-01	9.20E-02	3.95E-01	2.5
E 铅房顶部外 30cm	7.84E-01	/	/	7.84E-01	2.5
F 铅房外西面上侧外 30cm	3.75E-01	/	/	3.75E-01	2.5
G 铅房外东面上侧外 30cm	3.31E-01	/	/	3.31E-01	2.5

经计算，铅房各关注点处周围剂量当量率最大值为7.84E-01μSv/h，，满足本项目铅房屏蔽体外表面30cm处、防护门外30cm处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h的要求，满足本项目铅房屏蔽体外30cm处剂量率导出控制水平要求及《工业探伤放射防护标准》

（GBZ117-2022）中6.1.3节及6.1.4节的要求，

11.2.6 工作人员和公众剂量估算及评价

（1）计算公式

本项目设备位于 26#厂房 CT 测试房铅房内，会受到辐射影响的主要是设备操作人员（辐射工作人员）与厂区内的其他工作人员（公众）。本项目相关人员受到 X 射线产生的外照射所致的年有效剂量采用联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A 中公式进行计算：

$$E = D_R \cdot t \cdot T \cdot \times 10^{-3} \quad \text{式 11-10}$$

式中：

E——人员受到的有效剂量，mSv/a；

D_R ——X- γ 射线空气吸收剂量率附加值, $\mu\text{Sv/h}$;

t ——一年受照时间, h/a;

T ——居留因子。

(2) 计算参数及估算结果

①辐射工作人员受照剂量

根据建设单位提供资料, 本项目设备出束时间不超过 6h/周、300h/年, 则相关人员剂量估算见下表:

表 11-14 本项目辐射工作人员受照剂量估算表

人员	位置	设计厚度下 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周受照时 间 (h/周)	年受照时 间 (h/a)	居留 因子	周受照总 剂量 ($\mu\text{Sv}/$ 周)	年受照总 剂量 (mSv/a)
辐射工作 人员	铅房东侧	3.31E-01	6	300	1	1.99E+00	9.93E-02
	铅房南侧	4.02E-01	6	300	1	2.41E+00	1.21E-01
	铅房西侧	3.75E-01	6	300	1	2.25E+00	1.13E-01
	铅房北侧	3.95E-01	6	300	1	2.37E+00	1.19E-01

注: 保守考虑, 以可达屏蔽铅房外表面 30cm 处最大剂量率进行估算。(即以铅房的南侧外 30cm 处的关注点剂量率作为辐射工作人员所在位置的剂量率)。

根据表 11-14 计算可知, 本项目工业 CT 装置运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量最大约 1.21E-01mSv/a, 满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求。辐射工作人员受照周有效剂量为 2.41 μSv /周, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中放射工作场所应不大于 100 μSv /周的要求。

②CT 测试房周围公众受照剂量

在居留因子相同的情况下, 本评价选取屏蔽铅房每侧距离较近环境保护目标进行预测, X 射线随距离的增加而快速减弱在居留因子相同的情况下, 若较近距离的环境保护目标能满足要求, 则相对距离较远的环境保护目标也能满足要求, CT 测试房周围公众受照剂量中辐射源点到各关注点的距离取值如图 11-1 所示, 计算结果如表 11-15 所示。

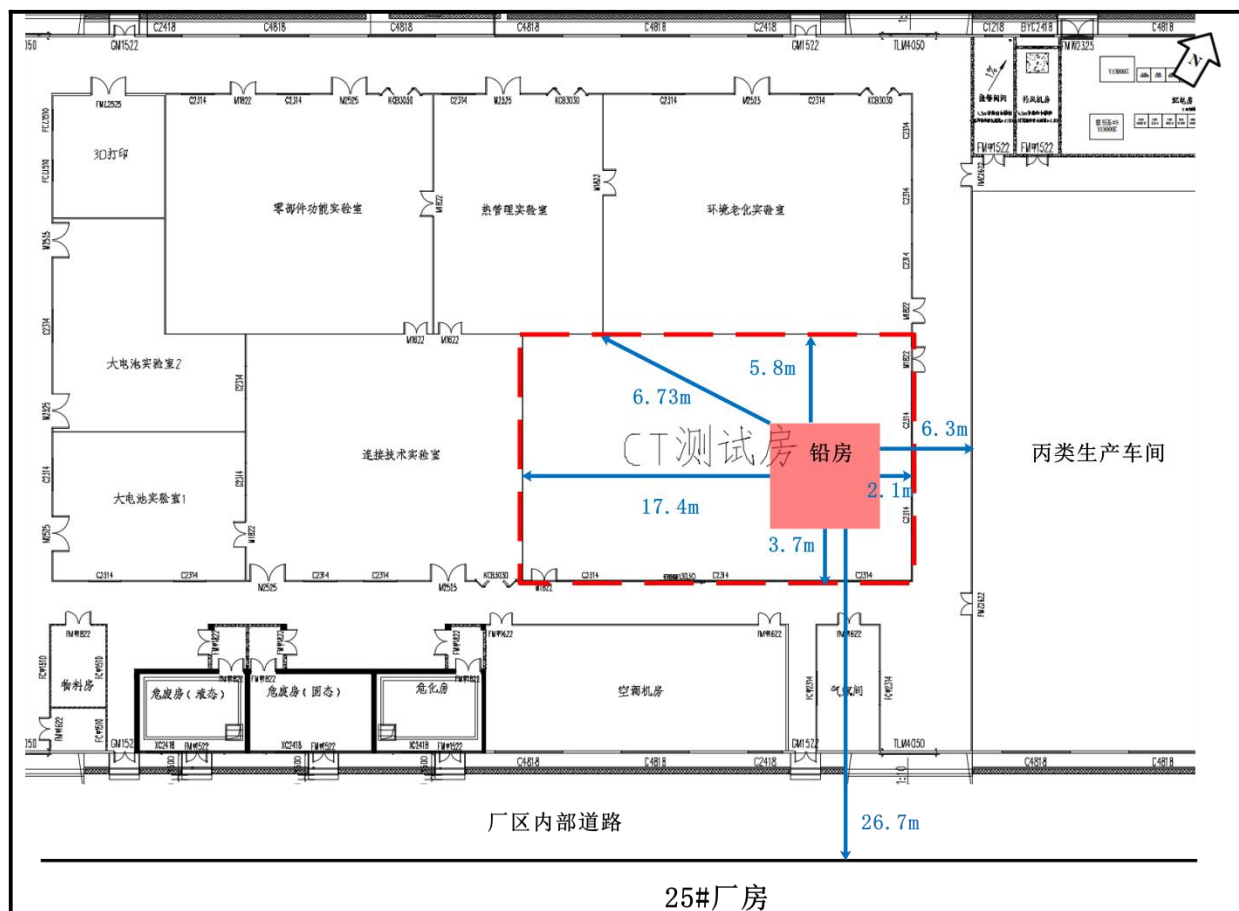


图 11-1 铅房与关注点的距离示意图

表 11-15 CT 测试房周围公众受照剂量估算表

人员	位置		与铅房距离 (m)	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周受照时间 (h/周)	年受照时间 (h/a)	居留因子	周受照总剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年受照总剂量 (mSv/a)
公众	东	走廊	2.1	7.51E-02	6	300	1/2	2.25E-01	1.13E-02
		丙类生产车间	6.3	8.34E-03	6	300	1	5.00E-02	2.50E-03
	南	走廊	3.7	2.94E-02	6	300	1/2	8.81E-02	4.40E-03
	西	连接技术实验室	17.4	1.24E-03	6	300	1	7.43E-03	3.72E-04
	北	环境老化实验室	5.8	1.17E-02	6	300	1	7.05E-02	3.52E-03
		热管理实验室	6.73	8.71E-03	6	300	1	5.23E-02	2.61E-03
	南	25#厂	26.7	4.02E-01	6	300	1	3.38E-03	1.69E-04

			房							
注：（1）保守考虑，以可达屏蔽铅房外表面 30cm 处最大剂量率进行估算。 （2）25#厂房居留因子保守按 1 考虑。										
根据上表，公众成员最大受照年有效剂量为 1.13E-02mSv/a，满足本项目公众成员剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求，公众成员最大受照周有效剂量为 2.25E-01μSv/周，满足本项目公众成员剂量约束值不超过 5μSv/周的要求。X 射线随距离的增加而快速减弱在居留因子相同的情况下，若较近距离的环境保护目标能满足要求，则相对距离较远的环境保护目标也能满足要求，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多重屏蔽，公众成员实际受到的照射有效剂量会更低。 11.2.7 “三废”环境影响分析 本项目为计算机显像，不产生废显（定）影液、废片等，运行过程中没有放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生。 1.废气 工作过程中空气电离产生的少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）通过通风系统排出铅房外。本项目铅房内拟设置排风装置，排风量为 1560m³/h，铅房净容积约为 184m³，铅房排风换气次数可达 8.48 次/h。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“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”的要求。铅房排风口位于铅房顶部，新增排风管道连接至 26#厂房北墙外（厂区内部道路及绿化）高约 2.5m 处排放，排风口周围开阔，有利于废气的扩散，且排风口附近人员较少，故本项目所产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。 2. 废水 本项目辐射工作人员为厂内其他工作岗位调配而来，不新增劳动定员，因此不新增生活污水的产生及排放。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，对地表水环境影响较小。 3. 固废										

本项目辐射工作人员为厂内其他工作岗位调配而来，不新增劳动定员，不新增生活垃圾的产生及排放。设备运行产生的废冷却油（HW08）按危废处理，建设单位拟委托有资质的单位处理。

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 射线管进行去功能化后，根据相关要求处理，并保留处理相关手续，做好相关记录存档。

本项目所产生的固废均能得到妥善处置，对周围环境的影响可以接受。

4. 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。

11.3 事故影响分析

11.3.1 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》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 11-16 辐射事故分级

事故等级	危害后果
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，

11.3.2 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，由此造成生物体组织细胞和生命

子系统功能、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效应。

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下表。

表 11-17 不同照射剂量对人体损伤的估计

受照剂量参考 值 (Gy)	类型	初期症状和损伤程度
<0.25	/	不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5		可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1		机能变化，血液学的变化，但不伴有临床征象
1.0~2.0	骨髓型 急性放 射病	轻度：乏力，不适，食欲减退
2.0~4.0		中度：头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
4.0~6.0		重度：1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞明显下降
6.0~10.0		极重度：1h 内多次呕吐和腹泻，休克、腮腺肿大，白细胞明显下降
10~20	肠型急 性放射 病	轻度：受照射后 1h 出现严重恶心、呕吐；1d~3d 内出现腹泻稀便、血水便；经 3d~6d，假愈期后上述症状加重为极期开始，可伴有水样便或血水便，发热。
20~50		重度：受照射后 1d 内出现频繁呕吐，难以忍受的腹痛，严重血水便，脱水，全身衰竭，低体温。继之剧烈呕吐胆汁样或咖啡样物，严重者于第二周在血水便或便中混有脱落的肠黏膜组织，大便失禁，高热。
>50	脑型急 性放射 病	受照射剂量为 50Gy~100Gy 时，病程为 2d 左右，受照射后出现站立不稳、步态蹒跚等共济失调现象，定向力和判断力障碍，肢体或眼球震颤，强直抽搐，角弓反张等征象。如受照剂量>100Gy，则受照射后意识丧失，瞳孔散大，大小便失禁，休克，昏迷，很快死亡，病程经过仅为数小时。

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。

11.3.3 辐射事故类型

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人员滞留在铅房内或检修维护过程误照射：由于本项目铅房空间较大，人员通过铅门可进入铅房，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；检修维护期间，检修维护人员对门机联锁旁路，或者导致设备误出束，导致进入铅房内检修维护人员被误照射。

②工业 CT 球管丧失屏蔽或系统故障：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。或者系统故障，导致 X 射线球管朝向其他非主射线方向照射。

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。

11.3.2 辐射事故影响分析

1、人员滞留在铅房内或检修维护过程误照射

工业 CT 在运行时，检修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，由于本项目单次最长出束时间为 10min（检修维护时单次出束时间不超过 10min），因此本次估算单次受照总时长保守取 10min，受照射关注点取距离放射源 0.5m 处，且该名人员未穿戴个人防护用品（如防护铅衣）等。

表 11-18 人员滞留情况下剂量率

计算参数			估算结果(mSv/次)
R (m)	H (μSv/h)	受照时间	
0.5	3.72E+07	1min	6.19E+02
0.5	3.72E+07	5min	3.10E+03
0.5	3.72E+07	10min	6.19E+03

2、工业 CT 球管丧失屏蔽或系统故障

因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）无意中将工业 CT 系统射线管的屏

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，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。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。受照总时长按最不利情况考虑，由于本项目一天最长出束时间为 50min，因此本次估算单次受照总时长保守取 50min，选取射线管到最近屏蔽体（关注点 B，铅房南面）外作为关注点。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见下表。

表 11-19 丧失屏蔽情况下剂量率

关注点	计算参数				估算结果 (mSv/次)
	屏蔽参数	R (m)	H (μSv/h)	受照时间	
铅房南面外 30cm 处	31mmPb	2.689	5.72E+02	50min	4.77E-01

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。由于设备检修门和设备安装门常闭，因此考虑自动门（工件门）在未关闭情况下开展检测工作，自动门（工件门）不在主射照射范围内，考虑散射、漏射。由于本项目单次最长出束时间为 10min，因此本次估算单次受照总时长保守取 10min，选取铅房西侧自动门（工件门）外作为关注点。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见下表。

表 11-20 联锁装置失效情况下剂量率

关注点	计算参数					估算结果 (mSv/次)
	屏蔽参数	R (m)	受照时间	泄漏辐射剂量(mSv/次)	散射辐射剂量 (mSv/次)	
铅房西侧自动门（工件门）外 30cm 处	/	2.936	10min	9.67E-02	3.59E+00	3.69E+00

4、屏蔽体出现膨胀变形

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。受照总时长按最不利情况考虑，由于本项目一天最长出束时间为 50min，因此本次估算单次受照总时长保守取 50min。由于本项目射线管自下向上照射，铅房顶部不上人且无楼上层，因此选取铅房西面上侧外 30cm 处作为关注点（关注点 F，除铅房顶外的其他主射线方向最短距离处），铅房外人员误照射最大剂量估算情况见下表。

表 11-21 屏蔽体出现膨胀变形情况下剂量率

关注点	计算参数				估算结果 (mSv/次)
	屏蔽参数	R (m)	受照时间	H (μSv/h)	
铅房外西面上侧 外 30cm	/	5.296	50min	3.31E+05	2.76E+01

5、辐射事故风险后果分析

根据上述后果分析可知，本项目一般情况下辐射事故会人员受到超过年剂量限值的照射，造成一般辐射事故，可能会导致随机性效应的增加。

本项目辐射事故极端情况（主射束方向、人员滞留时间长等）为主要人员滞留在铅房内或检修维护过程误照射的情况，随着时间的推移，铅房内人员在主束方向持续受照射，最大受照剂量为 6.19Sv/次，会引起人员极重度骨髓型急性放射病甚至死亡，构成较大及以上级别的辐射事故。

11.3.2 事故预防措施

分析事故发生的原因，此类事故大都是人为因素造成的，即由于忽视辐射安全管理，违规操作造成的辐射事故。为有效预防各类辐射事故发生，企业采取以下事故预防措施：

（1）企业内部加强辐射安全管理，辐射安全管理人员定期监督检查。

（2）从事检测作业的辐射工作人员应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后可上岗。

（3）制定严格的使用管理规定和操作规程，禁止违章操作，并做好日常维护保养、定期检查，保证系统始终处于正常状态。严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每天设备开机运行前，检查确认安全联锁、急停开关、工作指示灯等各项安全措施的有效性，杜绝联锁装置旁路情况下开机操作。

（4）在设备操作过程中，设备发生任何故障都要停机，并及时通知有关人员进行维修，并做好故障记录，不允许设备带故障运行。

（5）开机状态下人员不得脱岗。辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，实时监测 X 射线照射剂量，若发现问题，及时解决，不得在屏蔽铅房出现问题后继续开机检测工作。对工业 CT 铅房外定期进行巡检，若发现铅房有变形、射线泄漏的情况，立即停止工作。

（6）公司要委托设备厂家定期进行设备检修和定期维护工作，由建设单位工作人

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。维修时，至少配备 2 名维修人员，应采取可靠的断电措施，切断需检修设备上的电器电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”安全标志，并安排专人现场监督，禁止无关人员靠近，防止误操作设备及误出束。在设备维修过程中，若发生高压出束事故，在接通高压时，声光报警灯亮红色灯光，同时发出警铃，在声光报警后，高压出束；同时，维修人员在维修过程中会携带个人剂量报警仪，若受照射剂量超过个人剂量报警仪设定限值时，携带的个人剂量报警仪会报警。设备维修人员在听到报警声后，可立即撤离至安全区域，不会使维修人员尽量少的接受到事故照射时间。维修过程中，若需要进行安全联锁旁路，需由授权人员进行，并明确时限和严格执行操作流程，完成后，检修维护人员必须恢复安全联锁旁路，必须确认所有安全装置恢复正常功能。

（7）发生辐射事故时，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。事故后应对事故影响人员进行医学检查，确定其所受到的剂量水平，并在第一时间将事故通报生态环境、卫生等主管部门。

本项目可能发生的事故为较大辐射事故，在落实本环评提出的各项风险防范措施的前提下，本项目可以尽量降低辐射事故发生的几率，同时，建设单位建立了应急培训与演练制度，按计划进行应急演练，提升应急准备能力，事故后启动应急预案，可以尽量降低事故的环境影响，总体而言，本项目辐射事故影响是可控的。

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（2021 年修改）》，生态环境部令第 3 号第十六条要求：“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”。

重庆比亚迪锂电池有限公司成立了辐射安全与环境保护领导小组，负责对辐射防护相关工作进行控制和管理。本项目开展后，目前重庆比亚迪锂电池有限公司的管理人员也能满足配置要求。因此，本项目辐射安全与环境保护领导小组依托现有可行。

12.2 辐射安全管理

12.2.1 辐射安全管理规章制度

建立、健全和严格执行辐射安全管理的规章制度是防止潜在照射发生的重要措施。为保障射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，重庆比亚迪锂电池有限公司制定了相关辐射安全管理规章制度，为保证辐射工作人员和周围公众人员的健康，重庆比亚迪锂电池有限公司必须严格按照国家法律法规执行，并加强对核技术利用项目的日常管理：

（1）根据重庆比亚迪锂电池有限公司的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对核技术利用装置的安全防护和维修要落实到个人；明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位职责，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。公司已制定了《放射性同位素及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》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《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》《辐射安全事故应急预案》等相关制度文件，

建设单位现有辐射防护制度基本健全，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的要求，具有一定的可操作性。建设单位在此之前按照各项制度执行，到目前为止未发生过辐射事故，未产生辐射环保事件。

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，对辐射事故应急预案进行更新和完善，制定操作规程、岗位职责等相关制度，并对现有制度进行不断地完善和修订。

（2）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。

（3）明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作前的安全检查工作，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生；

（4）加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

（5）为确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，避免事故的发生，重庆比亚迪锂电池有限公司应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，重庆比亚迪锂电池有限公司应对本项目的辐射装置的安全和防护状况进行年度评估，并每年向发证机关提交上一年度的评估报告。

（6）重庆比亚迪锂电池有限公司应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和补充，并确保各项制度的落实。应根据生态环境管理部门对辐射环境管理的要求对相关内容进行补充和修改。

12.2.2 辐射工作人员管理

本项目拟从单位现有辐射工作人员中调配 1 名，新增 1 名辐射工作人员，共配备 2 名辐射工作人员。

①配置数量合理性

根据本项目工业 CT 系统的操作需求，项目配置 2 名辐射工作人员操作设备，在工作时间上分配是可行的。

②个人剂量监测

重庆比亚迪锂电池有限公司应委托有资质的单位定期对辐射工作人员的个人受照

剂量进行例行检查并出具相关检测报告，个人剂量监测应遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871-2002）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）等相关规定执行，个人剂量监测的监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月；建立个人剂量档案和健康管理档案，做好工作人员的剂量数据登记和汇总工作，工作人员职业照射个人剂量监测档案应终生保存。当发现职业操作人员年有效剂量接近本评价建议的剂量约束值 5mSv/a 时，应立即停止该人员的辐射工作，分析和查找剂量接近剂量约束值的原因，并采取相应的整改措施。

③职业健康管理

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行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职业健康档案。

④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。

根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《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》的规定：自 2020 年 1 月 1 日起，有辐射安全与防护培训需求的人员应通过生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识、报名并参加考核，考核成绩单有效期 5 年。

本项目配备的 2 名辐射工作人员已取得核技术利用辐射安全与防护考核合格证，证书编号 FS24CQ12000096（X 射线探伤）及 FS25CQ1200257（X 射线探伤）。

12.2.3 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。

12.2.4 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。

建设单位认真落实了相关制度和规定，所有在岗辐射工作人员均进行职业健康检查、个人剂量监测、辐射安全与防护培训，并将职业健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案进行了保存。

本项目建成后，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。同时，拟增加本项目相关资料，并纳入现有档案管理中，档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等规定执行。

12.2.5 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。

重庆比亚迪锂电池有限公司于 2025 年 3 月 17 日首次申请辐射安全许可证，尚未开展年度评估工作，建设单位拟建立年度评估制度，对年度评估安全检查存在的问题或安全隐患及时整改，消除安全隐患，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。年度评估报告包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况、辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况、辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况、射线装置台账、场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据辐射事故及应急响应情况、存在的安全隐患及其整改情况和其他有关法律法规规定的落实情况等方面的内容。本项目建成运行后应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。

根据重庆弗迪锂电池有限公司《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告(2024 年度)》，重庆弗迪锂电池有限公司 2024 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，未发生辐射事件或者事故，完善了辐射安全和防护制度及措施，并按计划开展了辐射事故应急演练。重庆弗迪锂电池有限公司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。

12.2.6 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的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化，将辐射安全纳入生产安全。核安全文化表现在核技术利用单位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。企业应建立核安全意识责任化体系，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。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①在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。

③将辐射安全纳入生产安全，明确辐射工作在生产中的安全要求、操作规范和责任分工，确保辐射安全成为生产安全管理体系的有机组成部分，定期对辐射安全纳入生产安全的效果进行评估。

12.3 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，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 12-2。

表 12-2 辐射防护和安全管理领导小组成员一览表

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 2 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。	辐射工作人员均配备个人剂量计、个人剂量报警仪、X、 γ 辐射剂量率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。	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。
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，并定期进行应急演练，满足拟开展的辐射工作运行要求。

从上表可知，本项目的管理工作依托公司的现有管理体系，已具备了一定的能力，建设单位在认真落实上述要求后，方具备从事本项目辐射活动的的能力，本项目取得安全许可和验收合格后，本项目方可投入正式运行。

12.4 辐射监测

为了及时掌握项目周围的辐射水平，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求，应建立必要的监测计划，包括设备运行期及个人剂量监测计划，要建立监测资料档案。

建设单位监测计划制定与执行情况如下：

1.执行情况

根据 2024 年 8 月长润安测科技有限公司对重庆弗迪锂电池有限公司的工作场所辐射防护检测报告，相关射线装置及含源设备工作场所辐射防护检测结果均符合相关标准要求。

2.辐射监测计划制定情况

本项目建成后，辐射监测内容主要包括：

（1）工作场所和周围环境监测

监测项目：X- γ 周围剂量当量率

监测频次：①项目建成后；设备及辐射防护设施等发生变化、设备检修维护等导致辐射剂量变化之后对铅房外周围剂量当量率进行监测，验收监测应委托有资质的单位进

行；②每年进行一次辐射水平监测，委托有资质的单位进行，并保存监测记录；每个季度进行自主监测一次，并保存好监测记录。

监测点位：铅房外 30cm 处和防护门门缝四周、操作位、导线口、排风口。

（2）个人剂量监测

建设单位应委托有资质的单位定期对辐射工作人员的个人受照剂量进行例行检查并出具相关检测报告，个人剂量监测应遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）等相关规定执行，个人剂量监测的监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月；建立个人剂量档案和健康档案，做好工作人员的剂量数据登记和汇总工作，工作人员职业照射个人剂量监测档案应终生保存。当发现职业操作人员年有效剂量接近本评价建议的剂量约束值 5mSv/a 时，应立即停止该人员的辐射工作，分析和查找剂量接近剂量约束值的原因，并采取相应的整改措施。

表 12-3 监测计划要求一览表

监测类别	监测单位	监测周期	监测项目	监测点位
年度监测	委托监测	1 次/年	X-γ周围剂量当量率	1、防护门外 30cm 处； 2、铅房四周外表面 30cm 处； 铅房顶部外 30cm 处 3、操作位； 4、管线口、排风口； 5、铅房外需要关注的人员常停留区域。
季度监测	自主监测	1 次/季度		
验收监测	委托监测	竣工验收 1 次； 设备及辐射防护设施等发生变化、 设备检修维护等导致辐射剂量变化之后		
个人剂量监测	委托监测	1 次/三个月	个人剂量	所有辐射工作人员

12.5 辐射事故应急

为建立健全辐射事故应急机制，及时处置突发辐射事故，提高应急处置能力，最大程度地减少辐射事故及其可能造成的人员伤害和财产损失，公司已制定了《辐射事故应急预案》：

（1）公司根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》等法规的有关规定，开展辐射事故预防与应急处置。

(2) 公司对其辐射活动中辐射事故的应急准备与响应负首要责任，必须遵照国家和地方政府有关规定，依据所操作的射线装置以及潜在事故的特性和可能后果，考虑制定辐射事故应急计划或应急程序，并按规定报当地政府有关部门审查批准或备案。

(3) 发生辐射事故时，公司将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。

(4) 公司将切实执行并落实辐射安全管理规章制度，加强实体保卫，切实有效地防止辐射事故（件）的发生。主要履行以下职责：

- ① 全面负责本单位辐射环境和人员安全的管理；
- ② 负责编制和修订本单位辐射突发环境事件应急预案；
- ③ 加强辐射应急队伍建设，购置必要的辐射应急装备器材；
- ④ 负责本单位辐射工作场所和环境的应急监测；
- ⑤ 负责本单位辐射突发环境事件的紧急处置和信息报告；
- ⑥ 对可能造成超剂量照射的人员送到指定医院进行救治；
- ⑦ 负责本单位辐射突发环境事件恢复重建工作，并承担相应的处置经费；
- ⑧ 积极配合行政主管部门的调查处理和定性定级工作；
- ⑨ 负责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，在环境保护行政主管部门的指导下或自行组织演练。

(5) 各类事故报警和联系方式

一般报告程序为：发现者报告给辐射事故应急工作小组成员，由其向区生态环境局，并同时向市生态环境局报告，设备被盗等情况应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。公司内部应急处置人员及各部门联系方式如下：

应急指挥部：189*****（副总指挥）

抢修恢复组：159*****（组长）

警戒疏散组：181*****（组长）

医疗救护组：166*****（组长）

物资保障组：180*****（组长）

信息联络组：186*****（组长）
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）*****707
重庆市生态环境局电话：023-****369
璧山区卫生健康委员会：023-****231
璧山区生态环境局：023-****413
璧山区公安局：（023）110

（6）培训与演练

现有《辐射安全事故应急预案》中已明确单位应组织应急人员参加相关的辐射事故应急培训，建设单位 2025 年已制定了演练计划，并进行了辐射事故应急演练（2025 年辐射事故应急演练见附件 13），本项目运行后拟增加相关类型辐射事故应急培训与演练内容。

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 12-4 本项目辐射安全与管理投资估算一览表

项目	设施（措施）		金额（万元）
工业 CT	屏蔽措施	通风装置、声光报警装置、监控摄像头、门机联锁、紧急停机按钮等安全设施	2.4
		铅屏蔽体及铅门	50
		电离辐射警告标志	0.05
		制度上墙	0.05
	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	2.5
	环保技术服务	环评、验收及例行检测	5
合计			60

本项目总投资 700 万元，环保投资 60 万元，占总投资的 8.57%。

12.7 环境保护竣工验收

建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评(2017)4号)、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》(生态环境部公告2018年第9号)、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)的相关要求,对配套建设的环境保护设施进行验收,自行或委托有能力的技术机构编制验收报告,并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测(调查)报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组,采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后,其主体工程方可投入生产或者使用;未经验收或者验收不合格的,不得投入生产或者使用。本项目环保竣工验收要求见表12-6。

表 12-5 环境保护竣工验收一览表

序号	验收内容	验收要求	验收依据
1	CT 测试房	CT测试房位于26#厂房中部(现为备用区),东侧和南侧紧邻厂房内部走廊、西侧紧邻连接技术实验室、北侧紧邻环境老化实验室及热管理实验室	不发生重大变动
2	屏蔽铅房	①尺寸长8100mm×宽7465mm×高4000mm; ②共设置有1扇自动门(工件门)、1扇大维修门、2扇小维修门; ③铅房屏蔽参数按报告中表10-1落实; ④铅房各屏蔽体间、铅房与地面之间、铅房屏蔽体与工件门、检修门之间均有防护搭接; ⑤排风口和电缆走线口均拟设置铅钢结构防护罩,厚度与同侧主体屏蔽一致。	不发生重大变动
3	设备	Newscan-1000型大型包体CT1台,最大管电压450kV,最大管电流3mA	不发生重大变动
4	环保文件	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具验收监测报告。	《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》
5	环境管理制度、应急措施	成立专门的辐射领导机构,制定相应的规章制度和事故应急预案,具有可操作性,有相应的操作规程、各类制度上墙	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》
6	辐射工作人员管理	①本项目辐射工作人员应具备相应的岗位技能;②公司应每季度对工作人员进行个人	《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

		剂量监测，每 2 年进行放射人员健康体检，并将资料存档管理；③辐射工作人员参加辐射安全知识培训，持证上岗，5 年进行一次复训。	告》、《放射工作人员职业健康管理 管理办法》 GBZ128-2019
7	防护用品	防护监测设备和防护用品按报告中表 10-2 要求落实。	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
8	铅房防护措施	①门机连锁（4 扇门）正常； ②铅房内（1 个）外（1 个）工作状态指示灯正常（三色报警灯）； ③屏蔽铅房内（8 个）、外（1 个）及操作台（1 个）设急停按钮； ④铅房防护门及 CT 测试房入口处张贴电离辐射警告标识； ⑤铅房通风次数不小于 3 次； ⑥视频监控设备正常运行。	符合相关要求
9	辐射屏蔽设计	铅房外 30cm 处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
10	辐射监测	①每季度对工作场所周围环境进行常规自主监测，每年委托有资质的单位进行年度监测并出具年度评估报告。②配备相应的自检设备，防护检查仪器及人员，定时进行辐射工作人员个人剂量监测。	《放射性同位素与射线装置安全 和防护条例》
11	剂量限值	①辐射工作人员年有效剂量约束值为 5mSv；公众成员年有效剂量约束值不超过 0.1mSv。②辐射工作人员受照周有效剂量小于 100 μ Sv/周，公众成员受照周有效剂量小于 5 μ Sv/周：	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T250-2014 及公司管理要求

表 13 结论与建议

13.1 结论

1.项目基本情况

重庆比亚迪锂电池有限公司拟将 26#厂房备用区改建为 1 间 CT 测试房，CT 测试房内建设 1 间探伤屏蔽铅房，并在铅房内安装 1 台 Newscan-1000 型大型包体 CT（工业用 X 射线计算机断层扫描装置，以下简称工业 CT，II 类射线装置，其最大管电压、管电流为 450kV、3mA），开展公司生产电池包内部结构尺寸缺陷的 X 射线固定式探伤无损检测工作。项目占地面积 483m²，项目总投资 700 万元，其中环保投资 60 万元。

2.产业政策符合性分析结论

根据《产业结构调整指导目录(2024 年本)》，项目工业 CT 用于公司生产产品质量的无损探伤检测分析，属于产业结构调整指导目录中的鼓励类。项目建设符合国家的相关产业政策。

3.实践的正当性

本项目的建设有利于提高和保证公司产品质量，符合实践正当性，具有明显的经济效益和社会效益。根据报告分析，本项目采取辐射防护措施，保证铅房外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内。因此，从该项目的代价和利益方面分析，项目具有明显的经济效益、社会效益，该项目的建设符合实践正当性。

4.辐射环境质量现状

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 57.77nGy/h~81.29nGy/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》环境 γ 剂空气吸收量率均值为 87.0nGy/h（均未扣除宇宙射线的响应值），因此，项目拟建场址及邻近环境 γ 剂量率在重庆市天然辐射水平正常涨落范围内。

5.选址可行性及布局合理性分析

本项目是利用 X 射线对公司内部生产以及部分外部客户送检的电池包进行无损检测。本项目位于重庆比亚迪锂电池有限公司 26#厂房，公司厂区及 26#厂房均实行封闭式管理，非厂内工作人员未经允许不得入内，26#厂房主要功能房间为研发实验室及相关功能用房，铅房所在测试房现状为 26#厂房备用区，现为空置房间。项目 50m 范围内

主要为 26#厂房内部房间及厂房内部走廊、25#厂房、27#厂房（待规划，现为空地/洼地）以及厂区内道路等，且本项目辐射工作场所周边 50m 范围内无学校、居民等，本项目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 X 射线无损检测对公众成员的影响。根据辐射环境监测结果可知，项目拟建址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

综上所述，本项目选址是合理的。

本项目铅房位于 26#厂房 CT 测试房内，CT 测试房内除设备铅房外还布置有操作台、电控柜，均位于铅房北侧，操作台距设备铅房 1.3m。26#厂房为单层建筑，工业 CT 系统主射方向为自下向上，CT 测试房上方人员不可达。工业 CT 系统固定使用，工件进出自动门、检修门、操作台等均未在主射束照射范围内。在正常运行时辐射工作人员只需要打开铅房正面自动门进行工件的进出，出束时，辐射工作人员在操作台操作；设备维修时，通过背面及侧面的检修门，可检修内部全部设备。正常时，不会有人员进入自屏蔽铅房内。此外，本项目工业 CT 装置运行时，禁止非辐射工作人员进入 CT 测试房内。综上所述，本项目布局设置合理。

6.辐射安全与防护措施

公司拟将项目工业 CT 设备配套建设的铅房划为控制区，CT 测试房除铅房以外的区域（包括铅房的顶部）划为监督区。工业 CT 具有开机时系统自检、故障安全保护、高压控制、高压发生器暖机、过电流保护、失电流保护、过电压保护、继电保护等一系列固有安全性，能够很好地保证工业 CT 的稳定性和安全性。铅房正面（左侧）外及铅房内北墙上方均拟设置工作状态指示灯（三色报警灯），并拟配置门机联锁、视频监控、警告标识、紧急停机装置、钥匙开关、固定式在线辐射监测报警仪、红外防夹装置等辐射安全与防护设施，能满足辐射防护要求。

工业 CT 铅房为钢铅结构，设置有工件门（自动门）、2 扇小维修门和 1 扇大维修门；铅房主体结构焊接密闭，铅房主体结构焊接密封，铅房各屏蔽体间、铅房屏蔽体与工件门、检修门之间均采用错位重叠搭接方式遮蔽其缝隙，其搭接宽度不小于缝隙的 10 倍。工业主束方向自下向上，各防护门、走线孔、排风口均避开主束方向，本项目走线孔均采用 31mmPb 防护罩（与同侧主体屏蔽一致）进行补偿，排风口采取加 55mmPb 防

护罩进行屏蔽补偿，经屏蔽补偿后不影响屏蔽效能，辐射屏蔽设计合理。铅房拟设置排风装置，配备2台风机，换气次数可达8.48次/h，铅房排风口位于铅房顶部，新增排风管道连接至26#厂房北墙外（厂区内道路及绿化）高约2.5m处排放。

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.环境影响分析结论

（1）辐射剂量率影响预测结论

经核算分析，项目工业CT工作时，屏蔽铅房屏蔽体的屏蔽防护厚度能满足屏蔽防护要求，其屏蔽体外（包括铅房顶部、防护门外）的周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，符合《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)等相关标准及辐射防护安全要求。

（2）剂量估算结论

根据建设单位提供的工作量，通过核算，从事本项目的辐射工作人员的附加有效剂量均满足本环评的周有效剂量约束值（ $100\mu\text{Sv/周}$ ）和年有效剂量约束值（ 5mSv/a ）要求，公众人员的附加有效剂量均满足本环评的周有效剂量约束值（ $5\mu\text{Sv/周}$ ）和年有效剂量约束值（ 0.1mSv/a ）要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关标准的要求。

（3）辐射事故风险

本项目一般情况下辐射事故会人员受到超过年剂量限值的照射，造成一般辐射事故，可能会导致随机性效应的增加。本项目辐射事故极端情况（主射束方向、人员滞留时间长等）为主要人员滞留在铅房内或检修维护过程误照射的情况，随着时间的推移，铅房内人员在主束方向持续受照射，最大受照剂量为 6.19Sv/次 ，会引起人员极重度骨髓型急性放射病甚至死亡，构成较大及以上级别的辐射事故。

一旦发生误照射，应立即停止射线装置（切断电源）。在落实本环评提出的各项风险防范措施的前提下，本项目可以尽量降低辐射事故发生的几率，同时，事故后启动应急预案，可以尽量降低事故的环境风险。总体而言，本项目辐射事故风险是可防可控的。

(4) 三废环境影响分析结论

项目运行不产生放射性废水、放射性废气和放射性固废。

工业 CT 工作过程中空气电离产生的少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）通过通风系统排出铅房外。本项目铅房内拟设置排风装置，排风换气次数可达 8.48 次/h。铅房排风口位于铅房顶部，新增排风管道连接至 26#厂房北墙外（厂区内部道路及绿化）高约 2.5m 处排放，排风口周围开阔，有利于废气的扩散，且排风口附近人员较少，故本项目所产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

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，对地表水环境影响较小。

设备运行产生的废冷却油属于 HW08 废矿物油与含矿物油废物，建设单位拟委托有资质的单位处理。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 射线管进行去功能化后，根据相关要求处理，并保留处理相关手续，做好相关记录存档。本项目所产生的固废均能得到妥善处置，对环境的影响可以接受。

(8) 辐射环境管理

建设单位已成立了辐射安全与环境保护领导小组，已按照相关规定制定了相应的管理制度，辐射防护制度基本健全，具有一定的可操作性。本项目拟从单位现有辐射工作人员中调配 1 名，新增 1 名辐射工作人员，共配备 2 名辐射工作人员从事本项目无损检测工作，2 名辐射工作人员均已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，新增辐射工作人员拟配备个人剂量计，并建立辐射人员个人剂量档案。建设单位已建立了辐射环境安全管理体系，已具备了一定的能力。

本项目运行前，应建立和完善年度评估制度等，并对辐射事故应急预案需进行更新和完善，并根据实际使用情况和新发布更新的法律法规等，对现有制度进行不断的完善和修订。建设单位在认真落实环评要求后，方具备从事本项目辐射活动的能力。

(9) 总结论

重庆比亚迪锂电池有限公司新增 1 台工业 CT 项目满足“实践的正当性”的原则与要求，符合国家产业政策；项目选址和布局合理可行；项目设计的机房屏蔽设计满足标准要求，采取的辐射安全防护措施可行；公司辐射与环境保护管理措施基本健全，能满足本项目需求；公司在采取本环评提出的各项辐射防护及污染防治措施后，对周围环境产生的辐射影响较小，且符合环境保护的要求，项目辐射风险可防可控。从环境保护的角度来看，本环评认为该建设项目是可行的。

附图1： 项目地理位置图

