

核技术利用建设项目

温州弗迪电池新增在线 CT 项目

环境影响报告表

(公示稿)

温州弗迪电池有限公司

2025 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

温州弗迪电池新增在线 CT 项目

环境影响报告表

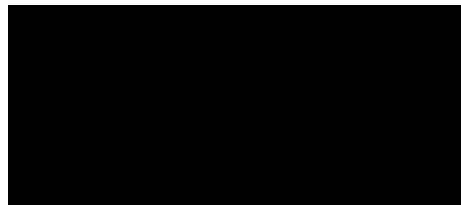
建设单位名称：温州弗迪电池有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：何龙

通讯地址：浙江省温州市永嘉县桥头镇林福村福迪大道 8 号

邮政编码：325100

电子邮箱：/



目录

表 1 项目基本情况	2
表 2 放射源	11
表 3 非密封放射性物质	11
表 4 射线装置	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6 评价依据	14
表 7 保护目标与评价标准	16
表 8 环境质量和辐射现状	22
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	29
表 11 环境影响分析	37
表 12 辐射安全管理	58
表 13 结论与建议	64

表1 项目基本情况

建设项目名称		温州弗迪电池新增在线 CT 项目				
建设单位		温州弗迪电池有限公司				
法人代表		何龙	联系人	■■■■ 睿	联系电话	■■■■■■■■
注册地址		浙江省温州市永嘉县桥头镇林福村福迪大道 8 号				
项目建设地点		浙江省温州市永嘉县桥头镇林福村福迪大道 8 号温州弗迪电池有限公司 1-2#厂房				
立项审批部门		—		批准文号	—	
建设项目总投资 (万元)		650	项目环保投资 (万元)	65	投资比例 (环保投资/总投资)	10%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²)	36m ²
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类				
其他	/					
<h4>1.1 项目概述</h4> <h5>1.1.1 建设单位简介</h5> <p>温州弗迪电池有限公司（以下简称“公司”）成立于 2022 年 12 月 9 日，位于温州市永嘉县桥头镇浙江省温州市永嘉县桥头镇林福村福迪大道 8 号，经营活动范围一般项目：电池制造；电池销售；电池零配件生产；电池零配件销售；电子专用材料制造；电子专用材料销售；石墨及碳素制品制造；石墨及碳素制品销</p>						

售；新型膜材料制造；新型膜材料销售；高纯元素及化合物销售；新材料技术研发；汽车零部件及配件制造；配电开关控制设备研发；配电开关控制设备销售；配电开关控制设备制造；新能源汽车电附件销售；电力电子元器件销售；电力电子元器件制造；电容器及其配套设备制造；电容器及其配套设备销售；电子元器件制造；电子元器件批发；电子元器件零售；锻件及粉末冶金制品制造；锻件及粉末冶金制品销售；模具制造；模具销售；增材制造装备销售；增材制造装备制造；塑料制品制造；塑料制品销售；电子元器件与机电组件设备制造；电子元器件与机电组件设备销售；电工机械专用设备制造；机械电气设备制造；机械电气设备销售；储能技术服务；智能输配电及控制设备销售；输配电及控制设备制造；新能源汽车废旧动力蓄电池回收及梯次利用(不含危险废物经营)；资源再生利用技术研发；技术进出口，货物进出口，电子专用材料研发(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)。

公司于 2023 年启动“温州弗迪新能源动力电池建设项目”，该项目已取得温州市生态环境局批复（温环永建〔2023〕50 号）（见附件 3），项目建成后形成年产 20GWh 新能源汽车动力电池的生产能力。目前厂区已建设完成并投产，正在开展竣工环境保护验收工作。本项目为温州弗迪新能源动力电池建设项目的配套核技术利用项目。

公司于 2023 年 9 月取得 V 类放射源环境影响登记表备案（见附件 7），该项目已申领辐射安全许可证；公司于 2024 年 12 月 16 日取得温州市生态环境局《关于温州弗迪电池新增 X 射线高精度显微镜 CT 项目环境影响报告表审批意见的函》，温环辐〔2024〕23 号（见附件 7）。公司已重新申领辐射安全许可证（浙环辐证[C2747]）（见附件 8）。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

公司生产的叠片铝壳电芯需经工业 X 射线 CT 设备对其进行透视检查，以确保产品合格。为满足生产需求，进一步提高产品质量，公司拟于 1-2# 厂房叠片车间 5-8 线欧标线新增一套在线 CT 设备，设备型号为 CT Cylindscan-3000，包括外部组装防护铅房、控制柜和内部 CT 成像系统等组成，主要受检产品为叠片铝壳电芯（叠片铝壳电芯长度区间为 400-620mm，宽度为 60-150mm，厚度为 13.5-23.5mm）。所有探伤作业仅限 CT 防护铅房内，不开展任何形式的室外探伤。

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），本项目拟工业CT设备为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年版）》（生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，温州弗迪电池有限公司委托浙江绿境环境工程有限公司对本项目进行辐射环境影响评价。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集和委托辐射环境质量现状监测等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）等规范要求，编制了该项目的辐射环境影响报告表。

1.1.3

公司拟于1-2#厂房叠片车间5-8线欧标线新增在线CT设备（CT Cylindscan-3000），CT设备由外部组装防护铅房、控制柜和内部CT成像系统等组成。组装防护铅房的六侧防护面均为17mm铅当量，铅房内共有三台射线源，其中1号射线源固定，2、3号射线源以150mm为半径做圆周运动，三台射线源参数见表1-1，三台射线源位置如图1-1所示。

表1-1 射线源参数一览表

序号	射线源型号	最大管电压	最大管电流	出束方式
1号射线源	爱克斯瑞XI2015-M033	200kV	3.0mA	定向
2号射线源	滨松L14351-84	180kV	0.5mA	周向
3号射线源	滨松L14351-84	180kV	0.5mA	周向

注：本项目3台射线源存在3台射线源同时工作的情况。

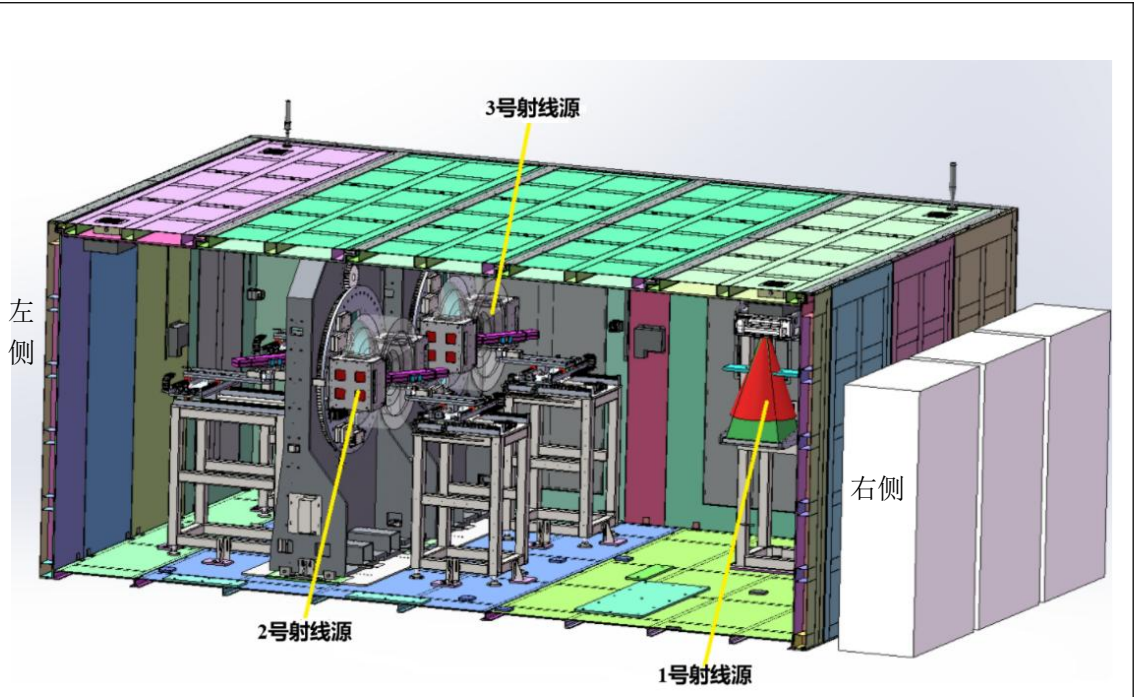


图1-1 射线源位置示意图

1.2 周围环境概况及选址合理性分析

1.2.1 建设单位地理位置

温州弗迪电池有限公司位于浙江省温州市永嘉县桥头镇林福村福迪大道 8 号，厂区东侧为沿江路，南侧为天王禅寺，西侧为滨江大道，西北侧为林福村，北侧是纬一路、纬二路。其具体地理位置见附图 1，公司周边环境状况示意图见附图 2。

1.2.2 项目周边环境关系

公司厂区建设有宿舍楼、能源中心、厂房、电解液工作区、综合楼等多栋建筑，本项目布置在 1-2#厂房（1F，钢结构）叠片车间，该厂房位于厂区中部偏上。1-2#厂房东侧是 1-1#厂房制片车间、电解液原料罐区，东南侧是 1 号能源中心、2 号厂房，南侧是食堂、1-3#检测车间，西侧是机加车间、水泵房、消防控制室、北侧是 5 号厂房。

本项目拟于 1-2#厂房叠片车间 5-8 线欧标线，新增 1 套 X 射线 CT 设备，CT 设备位于 1-2#厂房叠片车间中部，无地下层，无上层建筑。本项目东南侧为线边半自动平台 3#，西南侧为 OV2.5-4 线，西北侧为预留 CT 区，东北侧为 AS2.5-4# 线，周边具体布置图见附图 4。

1-2#厂房叠片车间北侧有一间 CT 室，CT 室位于本项目北侧，直线距离为

96m。

1.2.3 选址合理性分析

本项目位于温州弗迪电池有限公司 1-2#厂房叠片车间。本建设项目不新占土地。本项目 50m 范围内主要为 1-2#厂房叠片车间内生产区域，无居民住宅、学校等环境敏感目标。本项目建设地点相对独立，既方便工件进出，又尽可能的远离公众以减少辐射对公众的影响。

经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。同时本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素。

因此，本项目选址是合理可行的。

1.3 “三线一单”符合性分析

(1) 生态保护红线

根据《永嘉县生态环境分区管控动态更新方案》，永嘉县共划定生态保护红线面积 363.42 平方公里，占全县总面积的 13.57%。

根据永嘉县县域国土空间控制线规划图，本项目建设不涉及生态保护红线，符合生态保护红线的要求。

(2) 环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场所周围环境 γ 辐射剂量属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

(3) 资源利用上线

资源利用上线是促进资源能源节约，保障能源、水、土地等资源高效利用，不应突破的最高限值。本项目为核技术利用建设项目，不属于高能耗项目，本项目无需用水，用电由市政供电网络提供，且利用效率高。总体而言，本项目符合资源利用上线的要求。

(4) 生态环境准入清单

本项目位于浙江省温州市永嘉县桥头镇林福村福迪大道 8 号，对照《永嘉县生态环境分区管控动态更新方案》，项目地属于浙江省温州市永嘉县一般管控单

元(ZH33032430001)，具体符合性分析见表 1-2。

表 1-2 重点管控单元管控方案符合性分析

管控单元分类	要求	本项目情况	是否符合	
浙江省温州市永嘉县一般管控单元（ZH33032430001）	空间布局约束	原则上禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目扩建、改建不得增加污染物排放总量并严格控制环境风险。禁止新建涉及一类重金属重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目，改建、扩建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目不得增加管控单元污染物排放总量；禁止在工业功能区(包括小微园区、工业集聚点等)外新建其他二类工业项目，一二产业融合的加工类项目、利用当地资源的加工项目、工程项目配套的临时性项目等确实难以集聚的二类工业项目除外；工业功能区(包括小微园区、工业集聚点等)外现有工业用地在土地性质调整之前，在不加大环境影响、符合污染物总量控制的基础上，可以从事符合当地产业定位的一、二类工业。建立集镇居住商业区、耕地保护区与工业功能区等集聚区块之间的防护带。严格执行畜禽养殖禁养区规定，根据区域用地和消纳水平，合理确定养殖规模。加强基本农田保护，严格限制非农项目占用耕地。	本项目为 X 射线探伤项目，不属于工业类项目；本项目探伤铅房周边 50m 范围内无居民点、学校等环境敏感点。	符合
	污染物排放管控	落实污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。加强农业面源污染治理，严格控制化肥农药施加量，合理水产养殖布局，控制水产养殖污染，逐步削减农业面源污染物排放量，推动农业领域减污降碳协同。依法严禁秸秆露天焚烧。因地制宜选择适宜的技术模式对农田退水进行科学治理，有序推进农田退水“零直排”工程建设。	本项目属于核技术利用建设项目，不需进行污染物总量控制。	符合
	环境风险防控	加强生态公益林保护与建设，防止水土流失。禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥，以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等。加强农田土壤、灌溉水的监测及评价，对周边或区域环境风险源进行评估。	本项目主要为辐射影响，建立完善的辐射安全措施和辐射事故应急预案，环境风险可控。	符合
	资源开发效率要求	/	/	/

1.4 “三区三线”符合性分析

“三区”具体指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间，“三

线”分别对应城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。

根据《永嘉县国土空间总体规划（2021-2035年）》，县域国土空间控制线规划图（见附图7），项目地位于城镇开发边界，不占用永久基本农田，不涉及生态保护红线，因此本项目建设符合永嘉县“三区三线”相关划定成果。

1.5 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录》（2024年本），本项目属于核技术在工业领域内的运用，不属于限制类、淘汰类项目，符合国家当前的产业政策。

1.6 实践正当性分析

公司使用的 CT Cylindscan-3000 设备是具有超高分辨率的无损伤三维全息成像设备。采用独特的 X 光光学显微成像技术，利用不同角度的 X 射线透视图像，结合计算机三维数字重构技术，提供样品内部复杂结构的高分辨率三维数字图像，对样品内部的微观结构进行亚微米尺度上的数字化三维表征，以及对构成样品的物质属性进行分析。

公司实施本项目是为了检测公司生产的叠片铝壳电芯的内部情况，对叠片铝壳电芯进行辅助检查，大大提高工件的检测效果和检测效率，确保产品的质量合格。项目实施的同时采取了符合标准要求的辐射安全防护措施，对其工作人员和公众产生的影响可以控制在根据最优化原则设置的项目剂量管理限值以下，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

1.7.1 原有核技术利用项目许可情况

温州弗迪电池有限公司现持有《辐射安全许可证》（浙环辐证[C2747]，有效期至 2029 年 1 月 23 日），许可种类和范围：使用 V 类放射源；使用 II 类射线装置。

公司现有许可使用的放射源及射线装置明细见表 1-3。

表 1-3 公司现有许可使用的放射源及射线装置明细表

项目	工作场所	核素	活动（贝可）	总数量	用途
V 类放射源	制片车间	Kr-85	1.11E+10Ba	32	测厚仪

项目	工作场所	装置名称及型号	技术参数(最大)	总数量	用途
II类射线装置	装配车间(叠片车间)	高分辨工业CT系统(HR225C)	管电压225kV 管电流2mA	1	无损检测

1.7.2 原有核技术利用项目环评、许可和验收情况

公司现有核技术利用项目环保手续见表 1-4。

表 1-4 原有核技术利用项目许可情况表

项目	环境影响评价手续	项目内容	验收内容
V类放射源	环境影响登记表备案文号及时间	建设内容及规模	/
	备案文号： 2023330324000000 63	一、建设内容：新建厂房制片车间使用 kr-85 放射源面密度仪。 二、建设规模：使用 kr-85 放射源(单枚活度 1.11E+10Ba, 属 V 类放射源, 数量 60 枚, 在正极极片车间使用 30 枚, 负极极片车间使用 30 枚), 放射源使用位置位于涂布机内, 贮源库分别位于两厂房制片车间。	
II类射线装置	环评批复情况	批复建设内容	暂未验收
	批复文号：温环辐(2024)23号 时间：2024年12月16日	项目位于温州市永嘉县桥头镇林福村福迪大道8号, 拟在温州弗迪电池有限公司1-2#厂房叠片车间CT室开展室内探伤工作, 配备1台X射线CT机(最大管电压/管电流为225kV/5mA)。	

1.7.3 辐射安全管理现状

1、放射安全与防护工作小组

公司已成立辐射安全与环境保护管理小组, 明确了小组成员及小组职责。辐射安全与环境保护管理小组负责人为叶青, 辐射安全与环境保护管理领导小组由总经理办公室直接领导, 负责公司日常辐射安全与防护工作。

2、辐射安全管理制度的制定与落实

公司制定了一系列的辐射工作规章制度, 其中包括《岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《放射性同位素、射线装置操作规程》《检修维护制度》《人员培训计划》《放射源、射线装置使用台账登记管理制度》, 同时做好了《辐射事故应急预案》, 日常辐射工作中将严格遵守规章制度。

3、现有辐射工作人员管理

公司目前在职辐射工作人员中 V 类放射源共配置 43 名工作人员, II 类射线

装置共配置 3 名工作人员，工作人员均取得了辐射安全上岗证并进行了岗前体检。

4、现有辐射防护措施落实情况

建设单位现有辐射工作场所设置有门机联锁、指示灯、急停装置、视频监控装置和电离辐射警告标识、警戒线等辐射防护措施。

5、监测仪器、个人防护用品配备情况

公司目前为所有辐射工作人员配备了个人剂量计，并配备个人剂量报警仪及 1 台辐射巡测仪等辐射防护用品。

6、现有“三废”处置情况

现有 II 类射线装置无需洗片，无废水和固体废物产生。在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物。CT 机防护铅房设置通风口，可连续 24h 工作，独立对 CT 机内进行通排风，产生的臭氧和氮氧化物可通过通风口排出 CT 机，臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

7、现有场所检测与年度评估执行情况

公司执行有年度评估制度，每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。

8、现有辐射事故应急演练

公司目前已制定《辐射事故应急预案》。公司应根据《事故应急预案》，定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，并及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经核实，自核技术利用项目开展以来，未发生过辐射事故。

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)	年最大操作量 (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》(GB18871-2002)。

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	X射线 CT设备	II类	1	Cylindscan-3000	200	3.0	无损检测	CT防护铅房	本项目配备三个射线源,1号射线源为定向机(主射朝底部),2号射线源、3号射线源为周向机,1号射线源最大管电压为200kV、最大工作管电流为3.0mA;2号射线源最大管电压为180kV、最大工作管电流为0.5mA;3号射线源最大管电压为180kV、最大工作管电流为0.5mA。

(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	排放口活度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	排入大气环境

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；年排放总量为 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）或活度（Bq）。

表6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（2014年修订）》，2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018年修订）》，2018年12月29日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号，2017年10月1日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》，国务院令第709号，2019年3月2日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2021年1月4日经生态环境部令第20号修改并实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(8) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告2017年第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>(9) 《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》，原国家环境保护总局环发〔2006〕145号，2006年9月26日起施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，自2021年1月1日起施行；</p> <p>(11) 《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，2020年1月1日起施行；</p> <p>(12) 《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2024年本）》，浙环发〔2024〕67号，2025年2月2日起实施；</p> <p>(13) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》2021年2月10日修订；</p> <p>(14) 《浙江省辐射环境管理办法》，2021年2月10日修订；</p> <p>(15) 《浙江省生态环境保护条例》，2022年8月1日施行。</p> <p>(16) 《关于印发浙江省辐射事故应急预案的通知》，浙政办发〔2018〕</p>
------	---

	92号，浙江省人民政府办公厅，2018年9月28日起施行。
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单；</p> <p>(5) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(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》（GBZ 2.1-2019）。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 建设单位提供的CT设备图纸及相关技术参数资料。</p>

表7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置的评价范围，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）”，结合本项目的辐射污染特点（II类射线装置），确定评价范围为CT防护铅房边界50m的区域，评价范围示意图见附图4。

7.2 保护目标

结合厂区总平面布局及现场勘查情况，本项目CT防护铅房评价范围50m内主要为公司内部生产车间等，无居民区、医院、幼儿园等敏感建筑，不涉及生态保护红线。因此，本项目环境保护目标为该公司评价范围50m内从事X射线CT设备操作的辐射工作人员，CT防护铅房周围活动的其它非辐射工作人员和公众成员。

表7-1 本项目环境保护目标基本情况表

场所位置	环境保护目标		方位与CT防护铅房最近距离(m)	人数	受照类型	年剂量约束值
CT防护铅房	操作人员	控制柜	CT防护铅房西南侧、本项目	3人	职业照射	5mSv/a
	公众	4#排废处理区	CT防护铅房东侧、约23m	35人	公众照射	0.25mSv/a
		AS2.0-3#至AS1.0-1#线	CT防护铅房东侧、约20-50m	30人		
		AS2.5-4#线	CT防护铅房东北侧、约5-50m	9人		
		线边半自动平台3#	CT防护铅房东南侧、约7m	27人		
		CT预留区域	CT防护铅房东南侧、约19m	35人		
		OV-1#至3#线	CT防护铅房南侧、约16-50m	25人		
		IN1.5-3#-1线及IN1.5-3#-2线	CT防护铅房南侧、约40-50m	75人		
	OV2.5-4#至OV2.5-5#线	CT防护铅房西侧、约15-50m	25人			

	IN2.5-5#线	CT 防护铅房西侧、约 40-50m	40 人	
	预留 CT 位置	CT 防护铅房西北侧、约 12m	9 人	
	5#排废处理区	CT 防护铅房西北侧、约 27m	27 人	
	过道	CT 防护铅房西北侧、约 35m	流动人员	
	AS2.5-5#线	CT 防护铅房北侧、约 10-50m	10 人	

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

一、防护与安全的最优化

第 4.3.3.1 款 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束的潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

二、辐射工作场所的分区

第 6.4.1 款 控制区

第 6.4.1.1 款 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

第 6.4.2 款 监督区

第 6.4.2.1 款 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中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。

三、剂量限值

附录 B 第 B1.1 款 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：

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；

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

四、剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中11.4.3.2条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取职业照射剂量限值的25%、公众照射剂量限值的25%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表7-2。

表7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5mSv/a
公众照射有效剂量	0.25mSv/a

2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了 X 射线和γ射线探伤的放射防护要求。

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

一、探伤室放射防护要求

第 6.1.1 款 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。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

第 6.1.2 款 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

第 6.1.3 款 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

①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；

②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 款 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

③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；

④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 款 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 款 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 款 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，可监视探伤室内探伤设备的运行情况。

第 6.1.8 款 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 款 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 款 探伤室应设置机械排风装置，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。

二、探伤室探伤操作的放射防护要求

第 6.2.1 款 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。

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

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

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

第 6.2.5 款 探伤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。

第 6.2.6 款 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。

3、《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

第 3.2 款 需要屏蔽的辐射

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

第 3.2.2 款 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

第 3.2.3 款 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

第 3.3 款 其他要求

第 3.3.1 款 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室。可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路的形式。

第 3.3.2 款 探伤装置的操作室应置于探伤室外，操作室和人员门应避开有用线束照射的方向。

第 3.3.3 款 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

第 3.3.4 款 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压与相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

第 3.3.5 款 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

4、项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤辐射防护标准》（GBZ 117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）等评价标准，确定本项目的管理目标。

①工作场所剂量率控制水平：CT 防护铅房四周防护面及防护门表面外 30cm 处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；CT 防护铅房无上层建筑，本次评价保守考虑，CT 防护铅房顶部防护面外表面 30cm 处剂量当量率参考控制水平取值亦为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②剂量约束值：职业人员年有效剂量不超过 5mSv；
公众年有效剂量不超过 0.25mSv。

③臭氧与氮氧化物浓度限值

按照《GB/Z2.1-2019 工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》，臭氧职业接触限值：最高容许浓度 0.3mg/m^3 ；氮氧化物 8 小时平均允许接触水平容许浓度 5mg/m^3 。

表8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1项目地理位置

温州弗迪电池有限公司位于浙江省温州市永嘉县桥头镇林福村福迪大道 8 号，其具体地理位置见附图 1。

8.1.2项目场所位置

本项目位于 1-2#厂房叠片车间中部，无地下层，无上层建筑。本项目 CT 防护铅房东侧为 4#排废处理区、AS2.0-3#至 AS1.0-1#线；东北侧为 AS2.5-4#线；东南侧为线边半自动平台 3#、CT 预留区域；南侧为 OV-1#至 3#线、IN1.5-3#-1 线及 IN1.5-3#-2 线；西侧为 OV2.5-4#至 OV2.5-5#线、IN2.5-5#线；西北侧为预留 CT 位置、5#排废处理区、过道；北侧 AS2.5-5#线。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1环境现状评价对象

本项目 CT 设备拟建址及周边环境。

8.2.2监测因子

X- γ 辐射剂量率。

8.2.3监测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求，结合现场条件，对本项目 CT 设备拟建址及周围进行监测布点，共布设 4 个监测点位，监测报告见附件 4。

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1监测方案

- (1) 监测单位：杭州旭辐检测技术有限公司
- (2) 监测时间：2024 年 12 月 25 日
- (3) 监测方式：现场检测
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）等
- (5) 监测频次：依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

标准予以确定

(6) 天气环境条件：天气：阴；温度：13-14℃；相对湿度 59-61%

(7) 监测报告编号：HZXFHJ250090

(8) 监测仪器

表 8-1 γ 辐射剂量当量率仪的参数与规范

监测仪器	环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	JC-5000
仪器编号	JC70-09-2019
能量范围	48keV~3MeV $\leq\pm 30\%$ （相对于 137Cs）
量程	1nGy/h~200 μ Gy/h, 1nSv/h~200 μ Sv/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书	2024H21-20-5518994001 号
检定有效期	2024 年 10 月 9 日-2025 年 10 月 8 日

8.3.2 质量保证措施

(1) 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合格证书上岗。

(2) 检测仪器每年定期经有相应资质的计量部门检定，并在有效期使用期内。

(3) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，确保仪器正常后方可进行监测。

(4) 做好记录检测人员按操作规程操作仪器，测量方法选用质量手册有关本次检测项目的检测实施细则，并做好记录。

(5) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

8.3.3 监测结果

监测结果见表8-2。

表8-2 本项目探伤工作场所周围环境的 γ 辐射剂量率检测结果

点位编号	点位描述	辐射剂量率检测结果 (μ Sv/h)	点位所处位置
▲1	CT 设备拟建址东北侧	0.17	室内
▲2	CT 设备拟建址西北侧	0.15	室内
▲3	CT 设备拟建址西南侧	0.14	室内
▲4	CT 设备拟建址东南侧	0.16	室内

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个检测点测量 10 个数据取平均值，以上检测结果未对宇宙射线的响应值进行修正；

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数测量值 \times 仪器检验源效率因子 k_2 -屏蔽修正因子 k_3 \times 测量点宇宙

射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 0.99，仪器使用 137Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 15nGy/h；

4、本次室内检测点为平房， k_3 取 0.9。

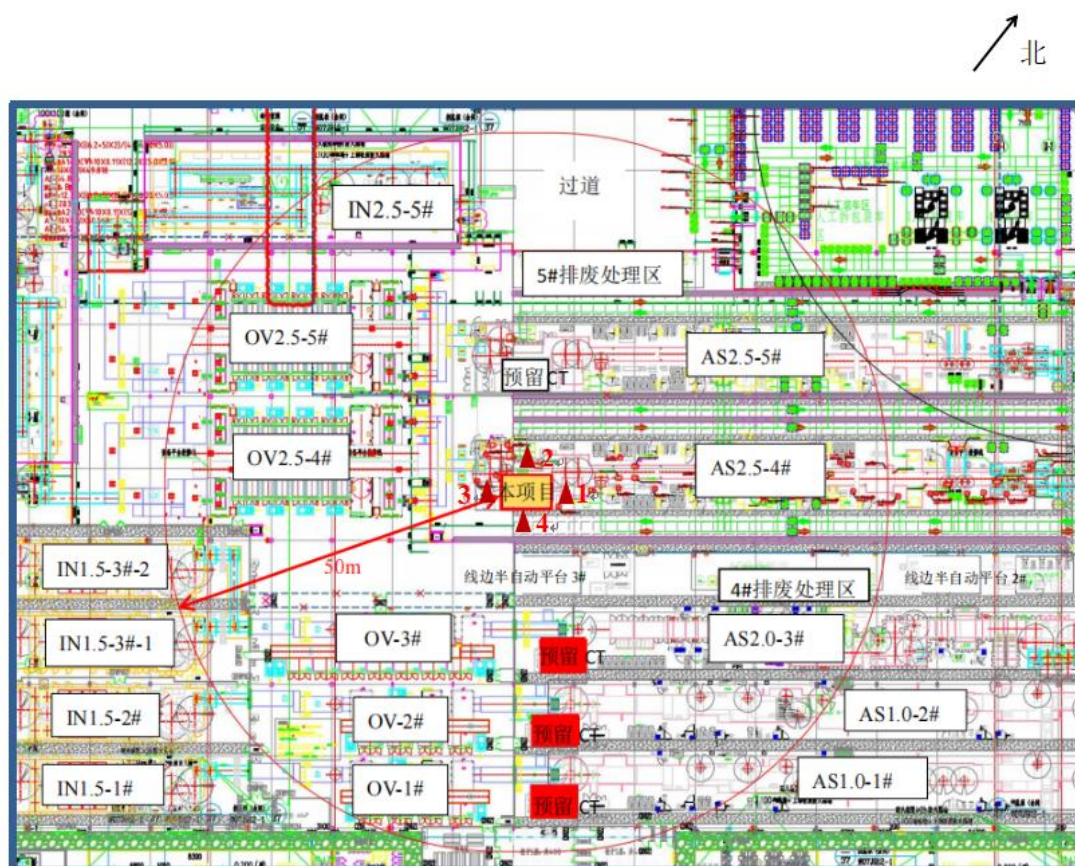


图8-1 环境 γ 辐射剂量率检测点位示意图

8.4 环境现状调查结果的评价

由表8-2的检测结果显示，本项目CT设备拟建址周围室内各现状检测点位的 γ 辐射剂量率在 0.14~0.17 μ Sv/h 之间。 K_1 取 0.99， K_2 取 1，室内测点 K_3 取 0.9，宇宙射线响应值取 15nGy/h，经扣除宇宙射线响应值后本项目所在区域的室内空气吸收剂量率为 103.2~128.2nGy/h 之间。由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，温州市建筑物室内 γ 辐射剂量率在 73~198nGy/h 之间，该项目建设地址及周围环境 γ 辐射剂量率处于一般本底水平，未见异常。

表9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目利用公司现有 1-2# 厂房进行建设，厂房土建工程已在主体工程评价。项目配置的 X 射线 CT 设备分为外部组装防护铅房、控制柜和内部 X 射线源、X 射线成像探测器、精密样品台等 CT 成像系统两部分，主要需进行外部铅房的组装和内部设备的安装，故本项目施工仅产生少量固体废物和间断性噪声。

9.2 运营期工程分析

9.2.1 CT 设备的结构

CT 设备由防护铅房、控制柜、X 射线源、X 射线成像探测器、精密样品台、图像采集系统、三维图像重建和处理系统等组成，防护铅房用于支撑仪器各部件和射线装置，具体结构可见下图。

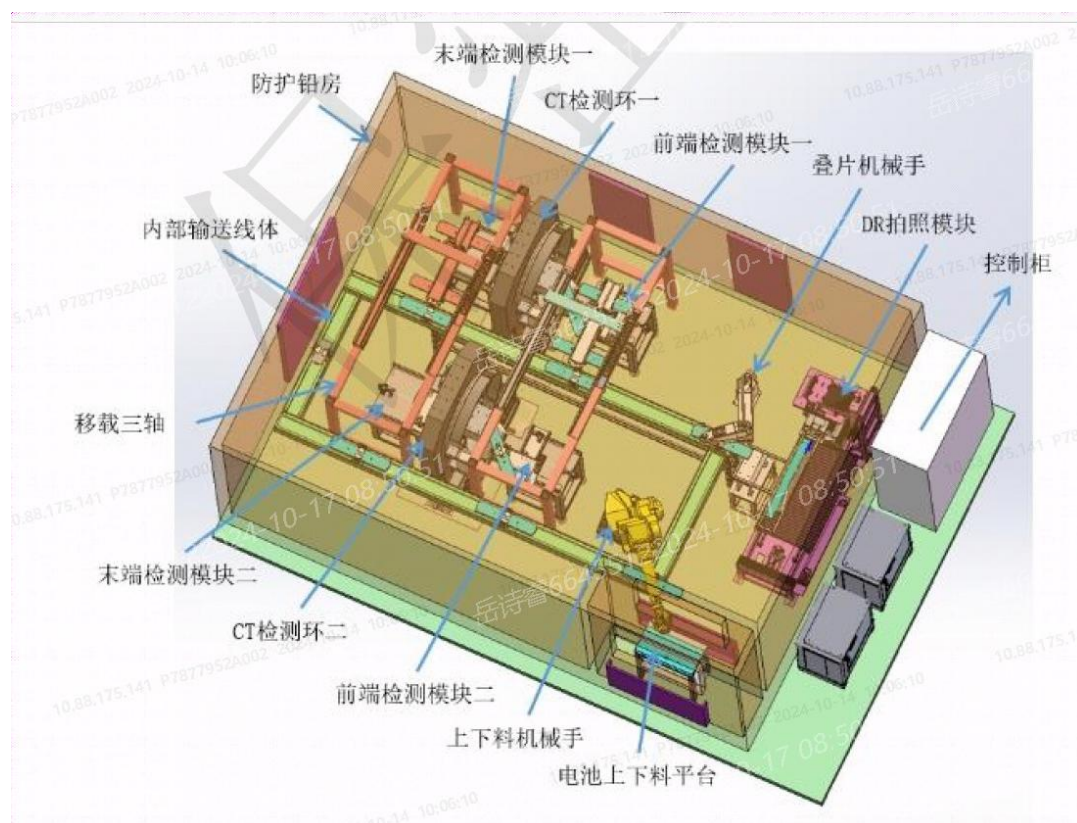


图 9-1 设备结构图

9.2.2 CT 设备工艺原理

项目拟配备的锂电在线 CT Cylindscan-3000，采用独特的 X 光光学显微成

像技术，利用不同角度的 X 射线透视图像，结合计算机三维数字重构技术，提供样品内部复杂结构的高分辨率三维数字图像，对样品内部的微观结构进行亚微米尺度上的数字化三维表征，以及对构成样品的物质属性进行分析。

X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 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。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

9.2.3 工艺流程及产污分析

根据建设单位资料，本项目设备为全自动检测设备，待检电池置于电池上料平台，上下料机械手根据二维码扫码进行识别，筛选，不合格产品进行报废，合格产品根据样品形态选择合适样品座，将待测样品固定于样品座上，打开防护门，待检电池进入铅房内部，根据设置好的探测器参数、射线源参数、射线源、样品台以及探测器的运动方向和相对位置，开启扫描。数据采集软件可实现三种数据采集功能：实时动态图像采集、DR图像采集和CT图像采集，扫描完成后可将文件存储在预设路径中。完成检测后，电池上下料平台铅房打开，样品扫描结束，进入下一工序。

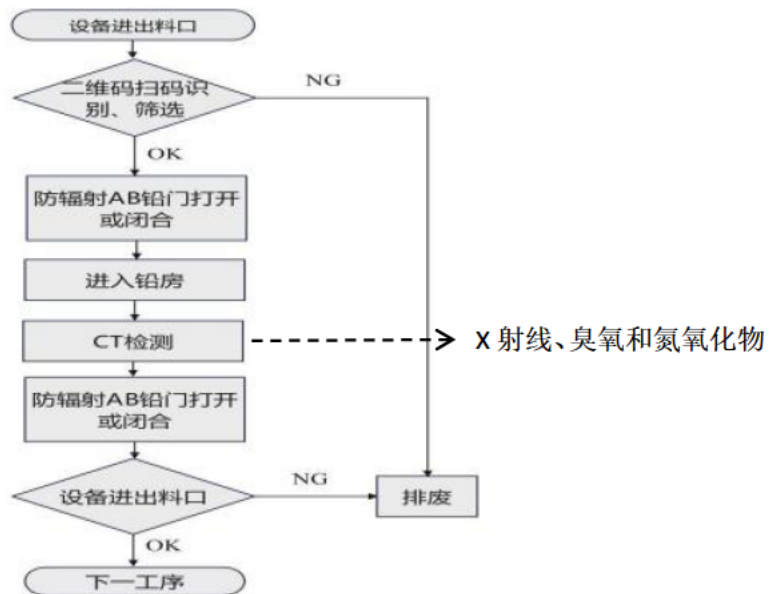


图9-2 工艺流程及产污环节图

9.2.4 人员配置及工作负荷

1、人员配置

本项目拟从现有工作人员中调配 3 人负责工业 CT 工作，工作形式为三班制，每班次配备一名工作人员，年工作天数 300 天。

2、工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目CT设备24小时不间断工作，X射线源一直处于出束状态，CT设备日出束时间为24h，年工作天数为300天，3台射线源存在同时使用的情况。

9.3 污染源项描述

9.3.1 运行期正常工况污染源项

(1) X射线

本项目X射线检测系统为II类射线装置，由CT设备的工作原理可知，X射线随CT机器的开、关而产生和消失。本项目使用的CT设备只有在开机并处于出束状态（曝光状态）时，才会发出X射线，对周围环境产生辐射影响。因此，在开机曝光期间X射线是本项目的主要污染因子。

(2) 臭氧和氮氧化物

在开机状态下，空气在X射线作用下会分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目CT防护铅房顶部设有5台离心风机，每台离心风机的排风气流流量是177.6m³/h，箱体内净尺寸为5900×4100×2496mm，每小时排风次数大于14次，CT防护铅房内的空气通过顶部排放孔排出，避开人员活动密集区域，臭氧量在环境中易自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的1/2，故有害气体对环境影响较小。

(3) 固体废物

本项目X射线CT设备无需洗片，故无固体废物产生。

(4) 废水

本项目X射线CT设备无需洗片，故无生产废水产生。

9.3.2 运行期事故工况污染源项

本项目运行期间存在着风险和潜在危害以及事故隐患，可能出现概率较大或后果较严重的误照射辐射事故如下：

(1) CT 设备在对工件进行照相的工况下，门-机联锁失效，致使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到 CT 防护铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机联锁失效工作期间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。

(2) 人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。

CT设备事故状态下污染源项同正常工况。

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

本项目位于 1-2# 厂房叠片车间中部，CT 防护铅房无地下层，无上层建筑。CT 防护铅房四周布局见表 10-1。

表 10-1 辐射工作场所位置及四周布局一览表

辐射场所	方位	周边房间及场所
本项目探伤铅房	东侧	4#排废处理区、AS2.0-3#至 AS1.0-1#线
	东北侧	AS2.5-4#线
	东南侧	线边半自动平台 3#、CT 预留区域
	南侧	OV-1#至 OV-3#线、IN1.5-3#-1 线及 IN1.5-3#-2 线
	西侧	OV2.5-4#至 OV2.5-5#线、IN2.5-5#线
	西北侧	预留 CT 位置、5#排废处理区、过道
	北侧	AS2.5-5#线
	楼上	/
	楼下	/

本项目 CT 设备由外部 CT 防护铅房、控制柜和内部 CT 成像系统组成，本项目控制柜位于 CT 防护铅房西南侧，CT 设备排风孔设计在 CT 防护铅房顶部，走线孔设计在 CT 防护铅房西南侧墙体，走线孔及排风孔均配备钢铅结构防护罩。电池上下料平台位于 CT 设备西北侧（正面），有外部气动门和内部气动门，设备东北侧（左侧）有一单开门，东南侧（背面）有一单开门和一双开门供人员进出，CT 设备一号射线源主射方向定向朝底面，2 号射线源及 3 号射线源为周向机，六侧防护面均为主射方向，被检工件最大尺寸小于 CT 防护铅房防护门尺寸，被检工件方便出入。

本项目 CT 设备工作场所与其他车间非辐射工作人员活动区相隔一定距离，辐射工作区相对独立；防护门设计时已考虑尽量减小与 CT 防护铅房防护面的门缝，本项目铅防护门与防护面重叠部分均不小于门与防护面缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙。根据计算可知，检测过程中产生的 X 射线经防护门并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的；另本项目 CT 防护铅房的平面布置便于工件运输，能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相对合理可行的。

10.1.2分区原则和两区划分

1、分区依据及原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

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警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

2、本项目分区管理情况

由于 CT 防护铅房的屏蔽作用，使得出束状态下 X 射线装置周围剂量率远低于国家标准的辐射剂量率限值。根据分区原则以及结合本项目情况，本项目分区如下：

控制区：将 CT 防护铅房内部划为控制区。

监督区：将 CT 防护铅房西南侧的控制柜及 CT 防护铅房墙体外 1m 范围划为监督区。

本项目控制区和监督区见图10-1。

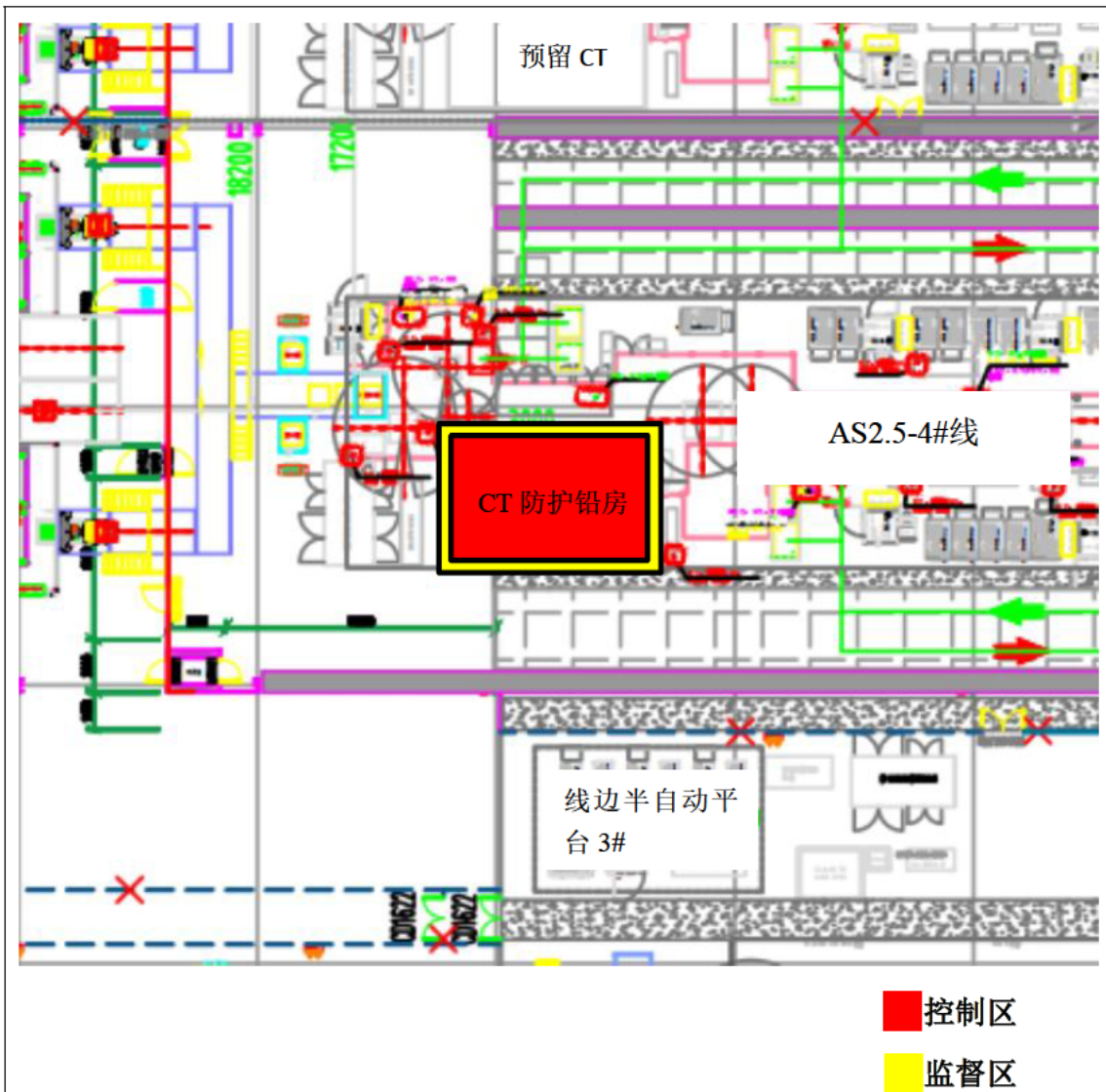


图 10-1 控制区、监督区划分示意图

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供的设计资料 CT 防护铅房六侧防护面及防护门的设置及屏蔽情况见下图及表 10-2。

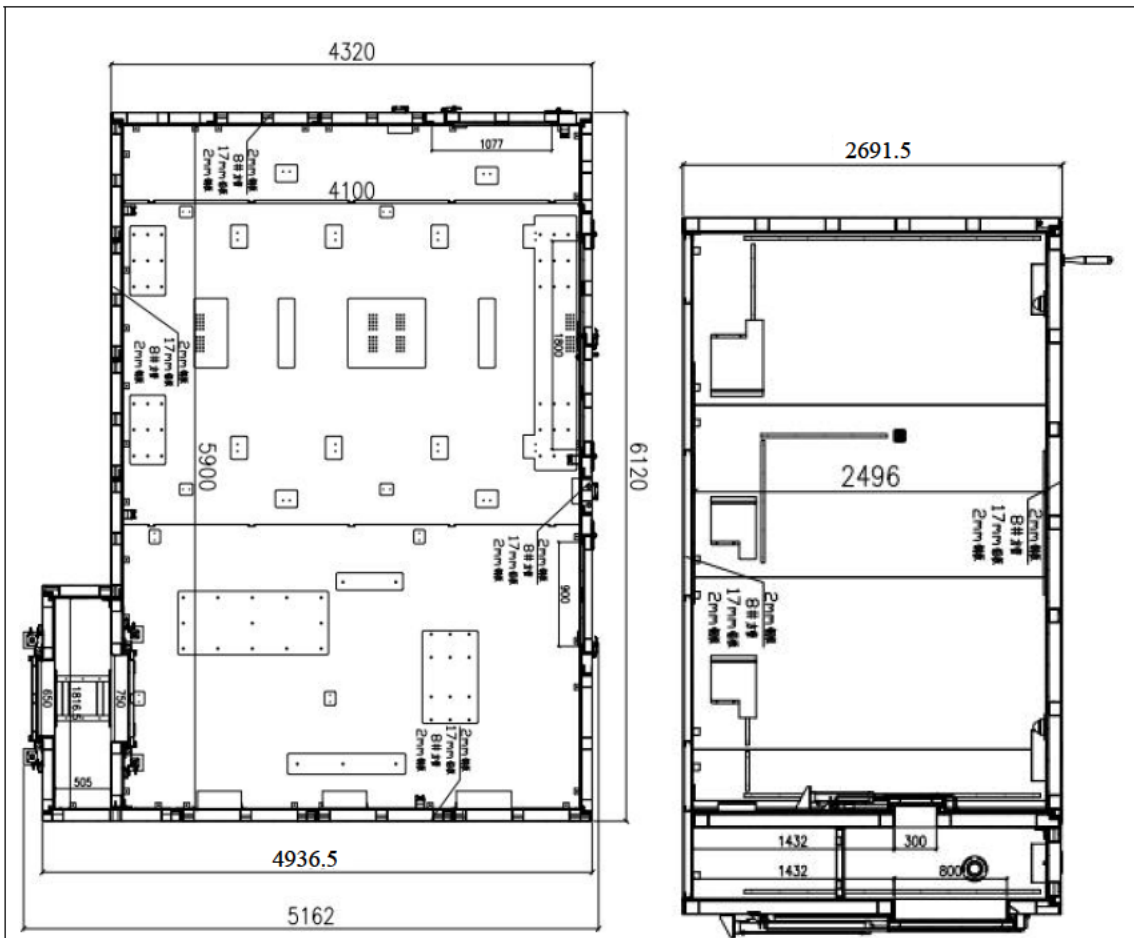


图 10-2 CT 防护铅房设计图

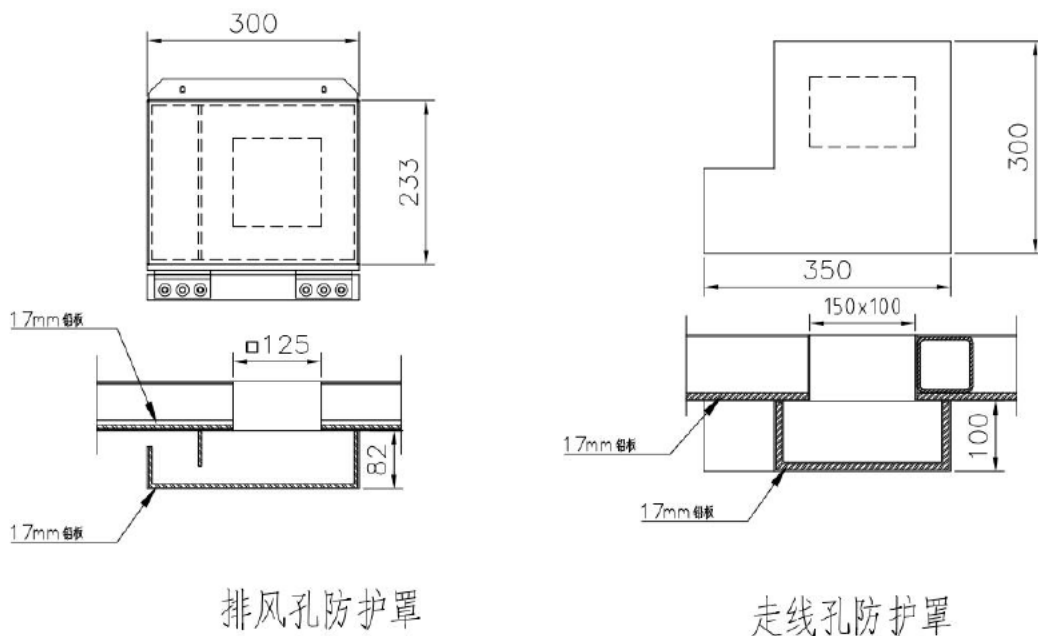


图 10-3 CT 防护铅房排风孔、走线孔设计图

表 10-2 CT 防护铅房屏蔽情况一览表

项目	内容
CT 防护铅房外部尺寸	长：6.12m，左侧宽度：4.32m、右侧宽度：4.9365m，高：2.6915m
CT 防护铅房内部尺寸	5.9m（长）×4.1m（宽）×2.496m（高）
CT 防护铅房六侧	17mm 铅板+内外 2mm 钢板
电池上料平台外部气动门	门洞尺寸 0.8m×0.65m，工件门顶面搭接长度为 55mm，双侧面及底面搭接长度为 35mm，工件门厚度为 17mm 铅板
电池上料平台内部气动门	门洞尺寸 0.3m×0.65m，工件门顶面搭接长度为 55mm，双侧面及底面搭接长度为 35mm，工件门厚度为 17mm 铅板
观察窗	位于背面单开门，尺寸 0.2m×0.3m，铅玻璃厚度铅当量为 17mm 铅
左侧单开门	门洞尺寸 0.9m(宽)x2m(高)，门体四周搭接长度 60mm，工件门厚度为 17mm 铅板
背侧单开门	门洞尺寸 0.9m(宽)x2m(高)，门体四周搭接长度 60mm，工件门厚度为 17mm 铅板
背面双开门	门洞尺寸 1.8m(宽)x2m(高)，门体四周搭接长度 60mm，工件门厚度为 17mm 铅板
走线孔	CT 防护铅房走线孔设置在 CT 防护铅房右侧，走线孔开孔大小 150×100mm，走线孔设置 17mm 防护铅罩
排风孔	CT 防护铅房顶部设置 5 台离心风机，排风孔开口大小 125×125mm，排风孔设置 17mm 防护铅罩

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

1、CT 防护铅房安全防护措施：

(1) 门机连锁：CT防护铅房正面电池上料平台有内外2扇防护门（气动门，用于工作人员放置工件），CT防护铅房左侧有一单开门，背面有一单开门和一双开门，主要用于人员进出检修，防护门与检修门处均设置门机连锁装置。

(2) 指示灯：CT 防护铅房外左侧和右侧顶部设有三色灯，用来报警和表示工作状态。装置在开机出束时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近铅房或在铅房附近做不必要的逗留。信号灯配备了红色、黄色和绿色三种灯光，不同灯光表示设备的不同运行状态。

(3) CT防护铅房四个墙角均内安装视频监控。操作人员可通过监视器监视被检工件情况和设备的运行情况。

(4) CT防护铅房显著位置设有电离辐射警告标志和中文警示说明。

(5) CT防护铅房内部设置急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，应使人员处在CT防护铅房内任何位置时都不需要穿过主射线

束就能够使用。

(6) 本项目CT防护铅房顶部设有5台机械离心风机，可对铅房内进行通排风，每台离心风机的排风气流量是 $177.6\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时排风次数大于14次，排风管道拟通过CT防护铅房顶部向上排出，避开人员活动密集区域，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，能够有效防止空气受射线照射电离后产生的有害元素对人员的健康造成不良影响。

(7) 各项辐射环境管理规章制度应张贴于CT防护铅房上。

CT防护铅房防护措施图见图10-4。

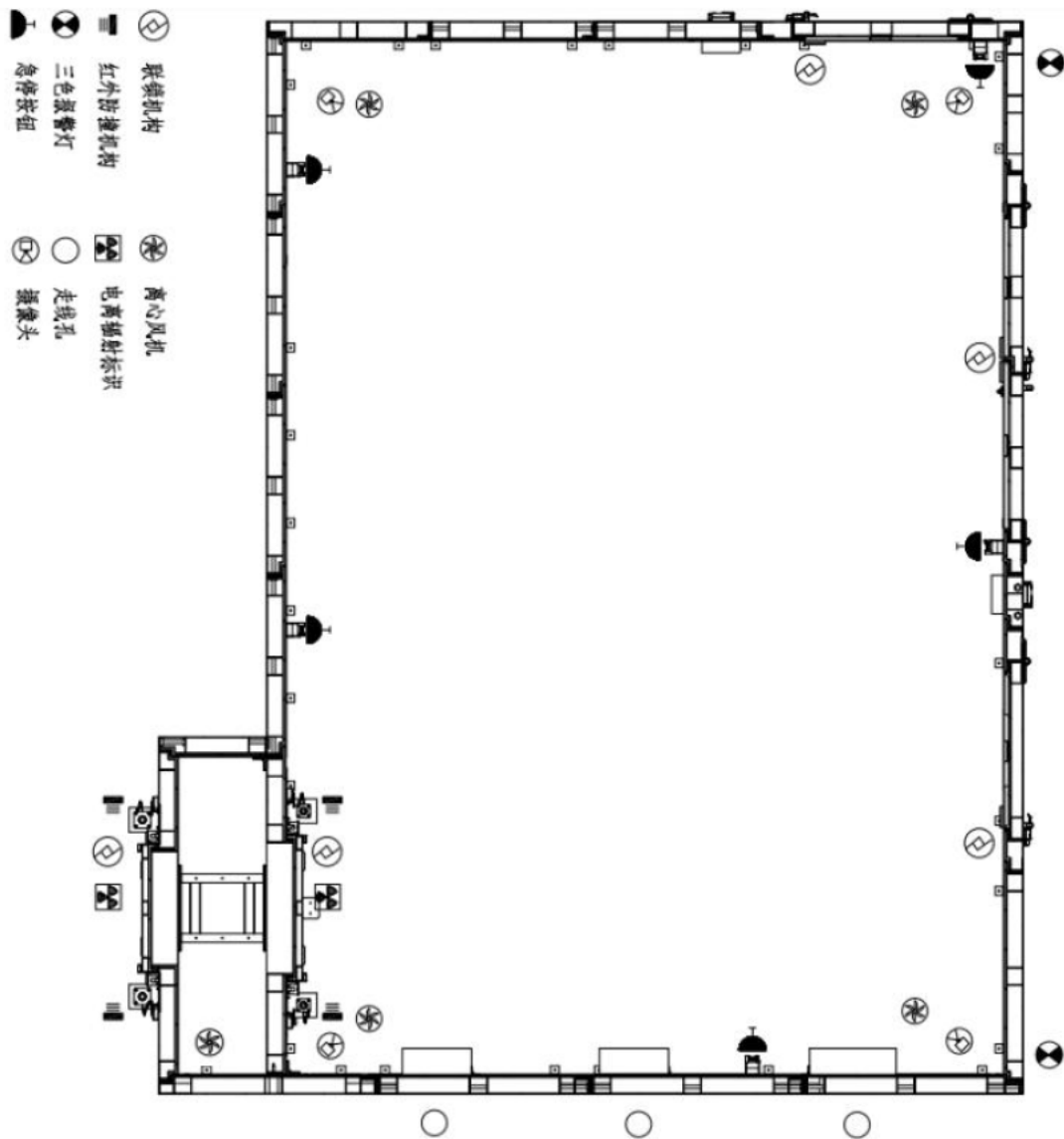


图10-4 CT防护铅房防护措施平面布局示意图

2、安全操作要求

(1) 无损检测工作人员工作时需佩戴常规个人剂量计，公司还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，无损检测工作人员应立即离开CT防护铅房，同时阻止其他人进入CT防护铅房，并立即向辐射防护负责人报告；

(2) 应定期测量CT防护铅房外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止无损检测工作并向辐射防护负责人报告；

(3) 交接班或当班使用个人剂量报警仪前，应检查个人剂量报警仪是否正常工作。如在检查过程中发现个人剂量报警仪不能正常工作，则不应开始无损检测工作；

3、设备的检查和维护

(1) 运营单位的日检，每次工作开始前应进行检查的项目包括：

- ①CT防护铅房外观是否完好；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- ③安全联锁是否正常工作；
- ④报警设备和警示灯是否正常运行；
- ⑤螺栓等连接件是否连接良好。

(2) CT防护铅房的维护应符合下列要求：

①使用单位应对CT防护铅房的维护负责，按周期进行维护，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；

②设备维护包括CT防护铅房的彻底检查和所有零部件的详细检测；

③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；

④应做好设备维护记录。

4、其他安全管理措施

(1) 公司须给每个辐射工作人员配备个人剂量计并配备个人剂量报警仪，工作期间必须正常佩戴使用；

(2) 应建立CT设备使用台账。

根据《工业探伤辐射防护标准》(GBZ 117-2022)的相关要求,本项目辐射防护设施具体配置计划见表10-3。

表 10-3 本项目辐射防护设施拟配置计划表

序号	辐射防护设施	数量	备注
1	X-γ剂量率巡测仪	1 台	/
2	个人剂量报警仪	1 台	/
3	个人剂量计	3 枚	/

10.2 三废的治理

1、非放射性废气

在工作状态时,会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物。CT防护铅房顶部设置5处离心风机,离心风机可对CT机内进行通排风,每台离心风机的排风气流流量是177.6m³/h,每小时排风次数大于14次,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)“探伤铅房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。臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气,对周围环境空气质量影响较小。

2、废水

本项目无需洗片,故不产生生产废水。

3、固废

本项目CT设备无需洗片,无废胶片等固体废物产生。

表11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目拟于本项目拟于 1-2#厂房叠片车间 5-8 线欧标线配置 1 套 X 射线 CT 设备，CT 设备外部为组装的防护铅房、控制柜，内部设置 X 射线源、X 射线成像探测器、精密样品台等，本项目无需土建，只需进行设备安装，故本项目施工仅产生少量固体废物和间断性噪声。

项目施工期产生的污染物主要包括：

(1) 固体废物

CT 设备的包装等固体废物可依托市政垃圾收运系统收集处理。

(2) X 射线

设备调试阶段产生的 X 射线。由于设备的安装和调试均在 CT 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以接受的。

11.2 运行阶段辐射环境影响分析

本项目通过理论计算评价方法来预测运行期 CT 设备投入使用后的辐射环境影响。

本项目 CT 设备型号为 CT Cylindscan-3000，配备三个射线源，1 号射线源为定向机（主射朝底部），2 号射线源、3 号射线源为周向机，1 号射线源最大管电压为 200kV、最大工作管电流为 3.0mA；2 号射线源最大管电压为 180kV、最大工作管电流为 0.5mA；3 号射线源最大管电压为 180kV、最大工作管电流为 0.5mA。设备三个射线源同时开机，本次环评以 CT 设备三个射线源同时开机且满功率运行时对设备四周、顶部（CT 防护铅房下方无地下建筑，因此不考虑铅房底部关注点）辐射环境影响进行预测，预测计算模式采用《工业 X 射线探伤辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改清单中的计算公式。

11.2.1 计算公式的选取

1、有用线束

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的有用线束辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式(11-1)计算，然后由附录 B 图 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度：

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

式中：I——X 射线 CT 设备在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B——屏蔽透射因子，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录 B 图 B.1 可得；

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

2、泄漏辐射和散射辐射

①屏蔽透射因子 B

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下面公式（11-2）计算，

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (\text{式 } 11-2)$$

式中：

X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：半值层厚度，见附录 B 表 B.2。

②泄漏辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-3）计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 } 11-3)$$

式中：B——屏蔽透射因子；

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m），取值见表；

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，当 X 射线管电压在 $150 \leq \text{kV} \leq 200$ 区间时， \dot{H}_L 取值 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

③散射辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-4）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：I——X 射线 CT 设备在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B——屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值，确定 90° 散射的 TVL，然后按式 11-2 计算；

F—— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射在距其 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。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3；

R_0 ——辐射源点（靶点）至被检工件的距离，单位为米（m）；

$\frac{R_0^2}{F\cdot\alpha}$ ——根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）B.4.2，当 X 射线 CT 设备圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时，其值为：60（150kV）和 50（200~400kV）。本项目保守取值 50。

R_s ——散射体至关注点的距离，单位为米（m），取值见表 11-2。

3、天空反散射

根据 NCRP-151 号报告，计算公式为：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \dots\dots\dots (11-5)$$

式中：

H——在距离 X 射线辐射源 d_s 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率，Sv/h；

B_{xs} ——X 射线屋顶的屏蔽透射比，本项目 B_{xs} 为 1.0×10^{-18} ；

D_{10} ——距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率，Sv/h，本项目 $D_{10} = 60 \times 8.9 \times 10^{-3} \times 200 \times 1 = 106.8 \text{Sv/h}$ ；

Ω ——由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角，Sr，本项目 Ω 为 3.34Sr；

d_i ——在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离，m，本项目 d_i 为 2.6915m；

d_s ——X 射线源至 P 点的距离，m，本项目 d_s 为 2.4707m。

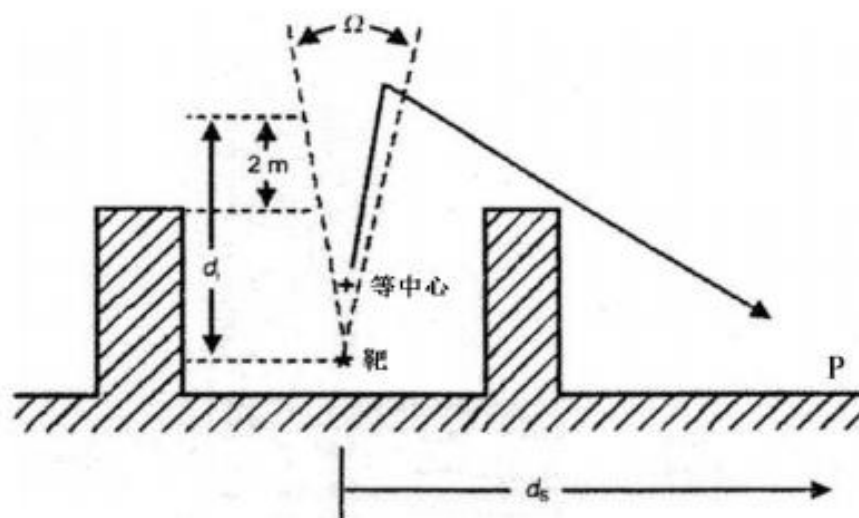


图 11-1 X 射线天空反散射示意图

11.2.2 关注点的选取

本项目共设 6 个关注点，探伤铅房的关注点分布如图 11-2、图 11-3、图 11-4 所示。

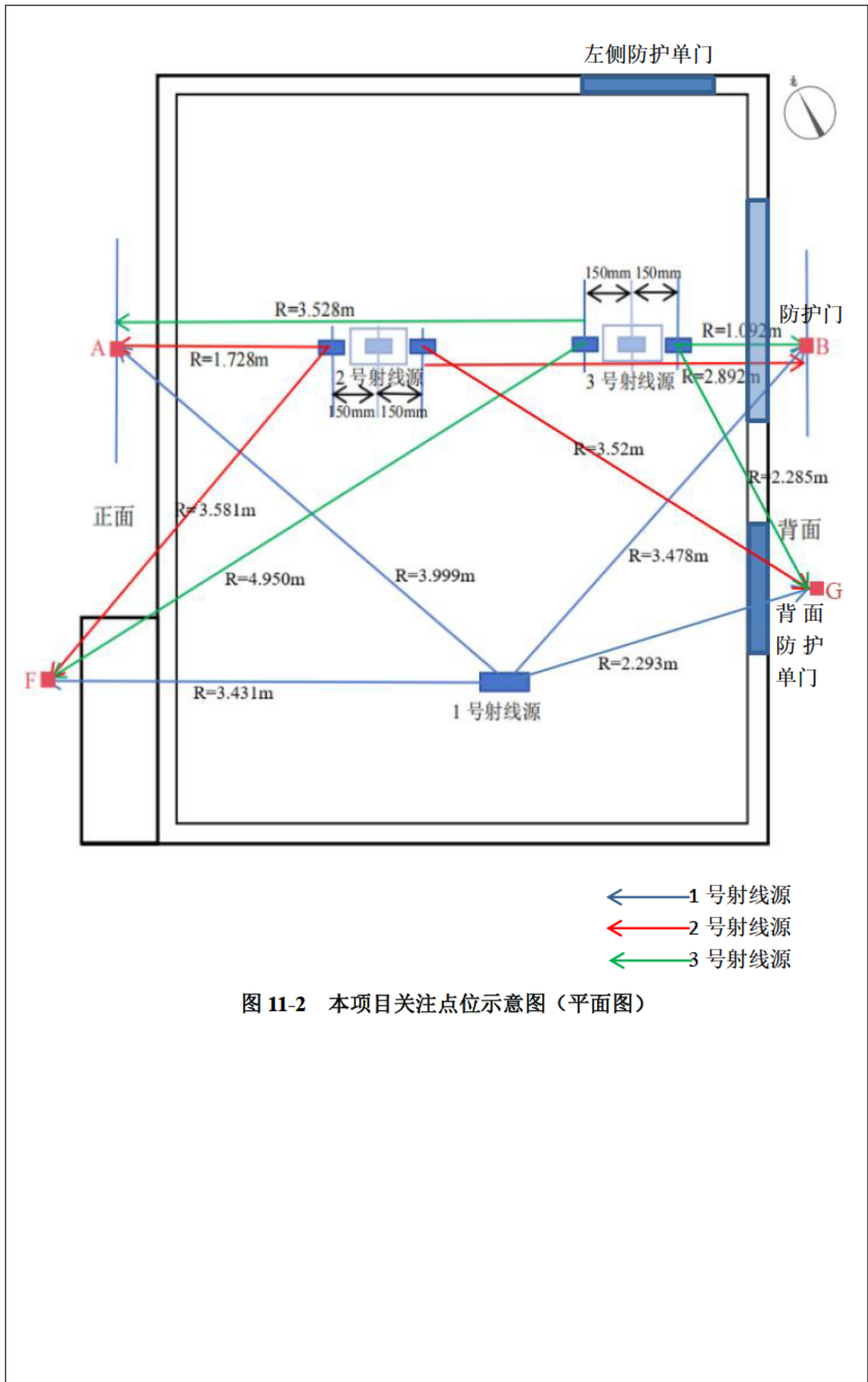


图 11-2 本项目关注点位示意图（平面图）

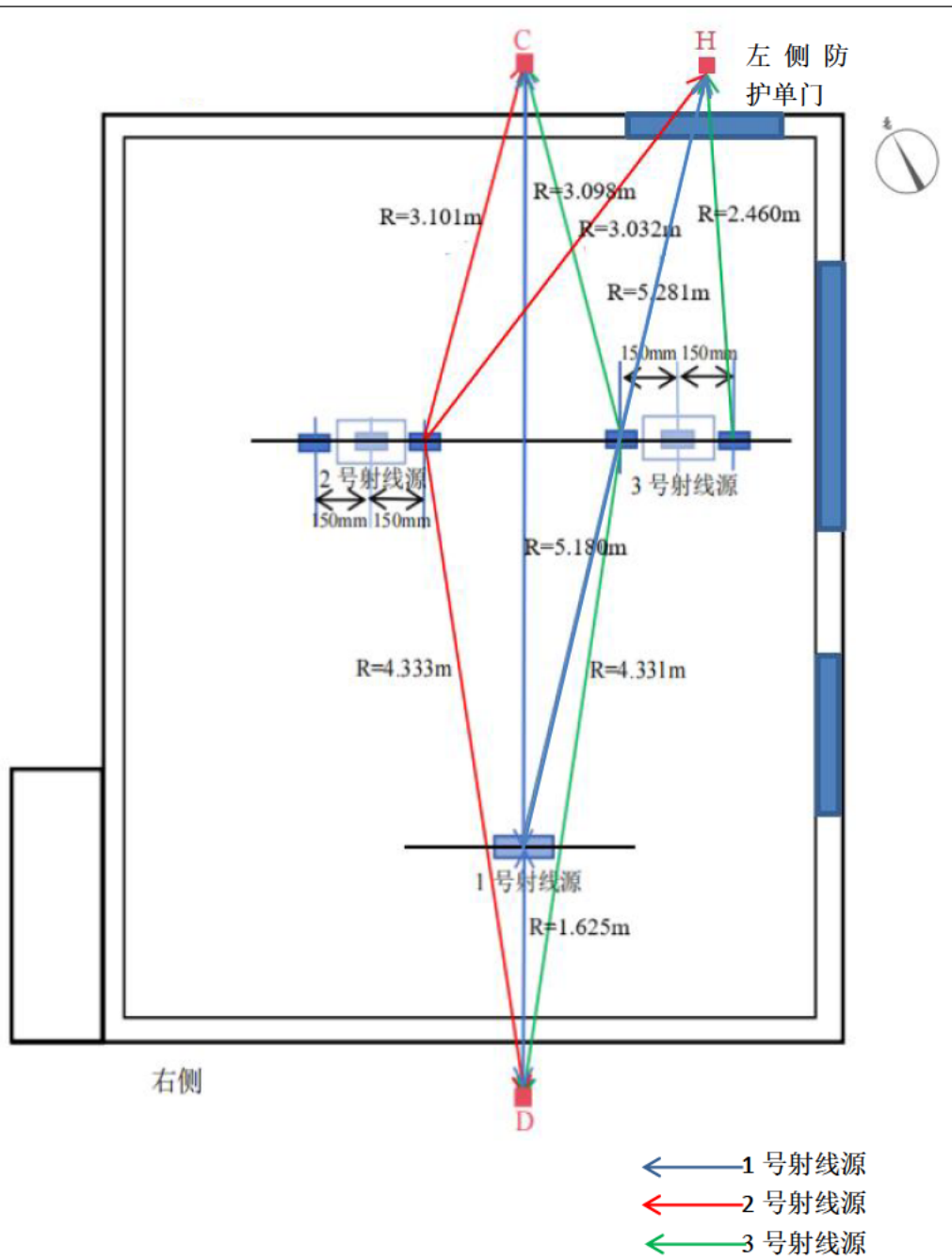


图 11-3 本项目关注点位示意图（平面图）

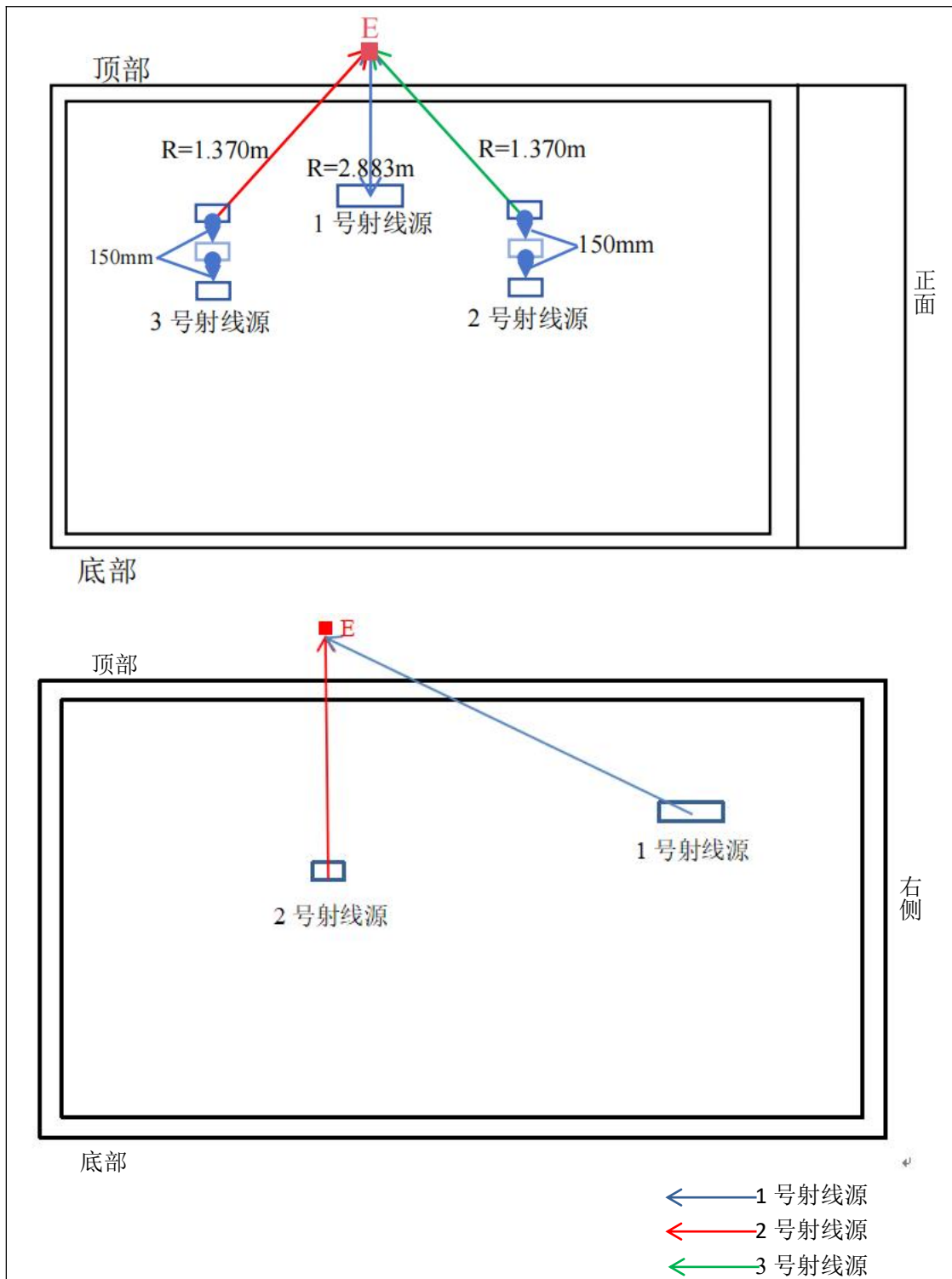


图 11-4 本项目关注点位示意图（剖面图）

表 11-1 各关注点位分布情况表

关注点位	点位描述	屏蔽参数	需屏蔽的辐射源
A	CT 防护铅房西北防护面外 30cm 处	17mm 铅	有用线束、泄露辐射、散射辐射
B	CT 防护铅房东南防护面防护门外 30cm 处	17mm 铅	有用线束、泄露辐射、散射辐射

C	CT 防护铅房东北防护面外 30cm 处	17mm 铅	有用线束、泄露辐射、散射辐射
D	CT 防护铅房西南防护面外 30cm (控制柜) 处	17mm 铅	有用线束、泄露辐射、散射辐射
E	CT 防护铅房顶部防护面外 30cm 处	17mm 铅	有用线束、泄露辐射、散射辐射
F	电池上料平台外部 30cm 处	17mm 铅	有用线束、泄露辐射、散射辐射
G	背面防护单门	17mm 铅	有用线束、泄露辐射、散射辐射
H	左侧防护单门	17mm 铅	有用线束、泄露辐射、散射辐射

3、辐射影响预测结果

(1) 有用线束的辐射剂量率估算

根据公式 (11-1) 计算有用线束方向探伤铅房外表面 30cm 处主射线辐射剂量率, 相关计算参数及计算结果见表 11-2。

表 11-2 有用线束剂量率预测参数及结果

编号	关注点位置	射线源	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	I (mA)	R(m)	B	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	
A	CT 防护铅房西北防护面外 30cm 处	2 号射线源	4.452×10^5	0.5	1.728	0.64×10^{-9}	4.771×10^{-5}	5.916×10^{-5}
		3 号射线源	4.452×10^5	0.5	3.528	0.64×10^{-9}	1.145×10^{-5}	
B	CT 防护铅房东南防护面防护门外 30cm 处	2 号射线源	4.452×10^5	0.5	2.892	0.64×10^{-9}	1.703×10^{-5}	1.365×10^{-4}
		3 号射线源	4.452×10^5	0.5	1.092	0.64×10^{-9}	1.195×10^{-4}	
C	CT 防护铅房东北防护面外 30cm 处	2 号射线源	4.452×10^5	0.5	3.101	0.64×10^{-9}	1.481×10^{-5}	2.965×10^{-5}
		3 号射线源	4.452×10^5	0.5	3.098	0.64×10^{-9}	1.484×10^{-5}	
D	CT 防护铅房西南防护面外 30cm (控制柜) 处	2 号射线源	4.452×10^5	0.5	4.333	0.64×10^{-9}	7.588×10^{-6}	1.518×10^{-5}
		3 号射线源	4.452×10^5	0.5	4.331	0.64×10^{-9}	7.595×10^{-6}	

E	CT 防护 铅房顶部防护 面外 30cm 处	2 号射 线源	4.452×10^5	0.5	1.370	0.64×10^{-9}	7.59×10^{-5}	1.518×10^{-4}
		3 号射 线源	4.452×10^5	0.5	1.370	0.64×10^{-9}	7.59×10^{-5}	
F	电池上 料平台 外部 30cm 处	2 号射 线源	4.452×10^5	0.5	3.581	0.64×10^{-9}	1.111×10^{-5}	1.692×10^{-5}
		3 号射 线源	4.452×10^5	0.5	4.950	0.64×10^{-9}	5.814×10^{-6}	
G	背面防 护单门	2 号射 线源	4.452×10^5	0.5	3.520	0.64×10^{-9}	1.150×10^{-5}	3.879×10^{-5}
		3 号射 线源	4.452×10^5	0.5	2.285	0.64×10^{-9}	2.729×10^{-5}	
H	左侧防 护单门	2 号射 线源	4.452×10^5	0.5	3.032	0.64×10^{-9}	1.550×10^{-5}	3.904×10^{-5}
		3 号射 线源	4.452×10^5	0.5	2.460	0.64×10^{-9}	2.354×10^{-5}	

(2) 泄漏辐射的辐射剂量率估算

根据公式 (11-2) 计算防护铅房周围散射辐射剂量率, 相关计算参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 泄漏辐射剂量率预测参数及结果

编号	关注点 位置	射线 源	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	X (mm)	TVL (mm)	B	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
A	CT 防护 铅房西 北防护 面外 30cm 处	1 号 射线 源	2.5×10^3	3.999	17	1.4	7.20×10^{-13}	1.126×10^{-10}
B	CT 防护 铅房东 南防护 面防护 门外 30cm 处	1 号 射线 源	2.5×10^3	3.478	17	1.4	7.20×10^{-13}	1.488×10^{-10}
C	CT 防护 铅房东 北防护 面外 30cm 处	1 号 射线 源	2.5×10^3	5.180	17	1.4	7.20×10^{-13}	6.708×10^{-11}
D	CT 防护 铅房西 南防护	1 号 射线 源	2.5×10^3	1.625	17	1.4	7.20×10^{-13}	6.817×10^{-10}

	面外 30cm (控制 柜)处								
E	CT防护 铅房顶 部防护 面外 30cm处	1号 射线 源	2.5×10^3	2.883	17	1.4	7.20×10^{-13}	2.166×10^{-10}	
F	电池上 料平台 外部 30cm处	1号 射线 源	2.5×10^3	3.431	17	1.4	7.20×10^{-13}	1.529×10^{-10}	
G	背面防 护单门	1号 射线 源	2.5×10^3	2.293	17	1.4	7.20×10^{-13}	3.423×10^{-10}	
H	左侧防 护单门	1号 射线 源	2.5×10^3	5.261	17	1.4	7.20×10^{-13}	2.821×10^{-12}	

(3) 散射辐射的辐射剂量率估算

根据公式(11-3)计算防护铅房周围泄漏辐射剂量率,相关计算参数及计算结果见表11-4。

表 11-4 散射辐射剂量率预测参数及结果

编号	关注点 位置	射线 源	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2$ / $(\text{mA} \cdot \text{h})$)	I (mA)	R_s (m)	TVL (mm)	B	$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
A	CT防 护铅房 西北防 护面外 30cm 处	1号 射线 源	5.34×10^5	3	3.999	0.96	1×10^{-18}	50	2.003×10^{-15}
B	CT防 护铅房 东南防 护面防 护门外 30cm 处	1号 射线 源	5.34×10^5	3	3.478	0.96	1×10^{-18}	50	2.649×10^{-15}
C	CT防 护铅房 东北防 护面外	1号 射线 源	5.34×10^5	3	5.160	0.96	1×10^{-18}	50	1.203×10^{-15}

	30cm处								
D	CT防护铅房西南防护面外30cm(控制柜)处	1号射线源	5.34×10^5	3	1.560	0.96	1×10^{-18}	50	1.317×10^{-14}
E	CT防护铅房顶部防护面外30cm处	1号射线源	5.34×10^5	3	2.883	0.96	1×10^{-18}	50	3.855×10^{-15}
F	电池上料平台外部30cm处	1号射线源	5.34×10^5	3	3.431	0.96	1×10^{-18}	50	2.722×10^{-15}
G	背面防护单门	1号射线源	5.34×10^5	3	2.293	0.96	1×10^{-18}	50	6.094×10^{-15}
H	左侧防护单门	1号射线源	5.34×10^5	3	5.261	0.96	1×10^{-18}	50	1.158×10^{-15}

(4) 辐射影响分析

根据表 11-2 至表 11-4，辐射影响分析结果见表 11-5。

表 11-5 辐射屏蔽理论估算结果一览表

编号	剂量关注点位置	有用线束 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
A	CT防护铅房西北防护面外30cm处	5.916×10^{-5}	1.126×10^{-10}	2.003×10^{-15}	5.916×10^{-5}	2.5
B	CT防护铅房东南防护面防护门外30cm处	1.365×10^{-4}	1.488×10^{-10}	2.649×10^{-15}	1.365×10^{-4}	2.5
C	CT防护铅房东北防护面外30cm处	2.965×10^{-5}	6.708×10^{-11}	1.203×10^{-15}	2.965×10^{-5}	2.5
D	CT防护铅房西	1.518×10^{-5}	6.817×10^{-10}	1.317×10^{-14}	1.518×10^{-5}	2.5

	南防护面外 30cm (控制柜) 处					
E	CT 防护铅房顶 部防护面外 30cm 处	1.518×10^{-4}	2.166×10^{-10}	3.855×10^{-15}	1.518×10^{-4}	2.5
F	电池上料平台 外部 30cm 处	1.692×10^{-5}	1.529×10^{-10}	2.722×10^{-15}	1.692×10^{-5}	2.5
G	背面防护单门	3.879×10^{-5}	3.423×10^{-10}	6.094×10^{-15}	3.879×10^{-5}	2.5
H	左侧防护单门	3.904×10^{-5}	2.821×10^{-12}	1.158×10^{-15}	3.904×10^{-5}	2.5

根据表 11-5 计算结果可知：CT 设备在最大工况运行时，防护铅房周围环境辐射剂量率最大值为 $1.518 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。因此本项目探伤室防护性能能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室墙体和门的屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”。

(5) 天空反散射的影响分析

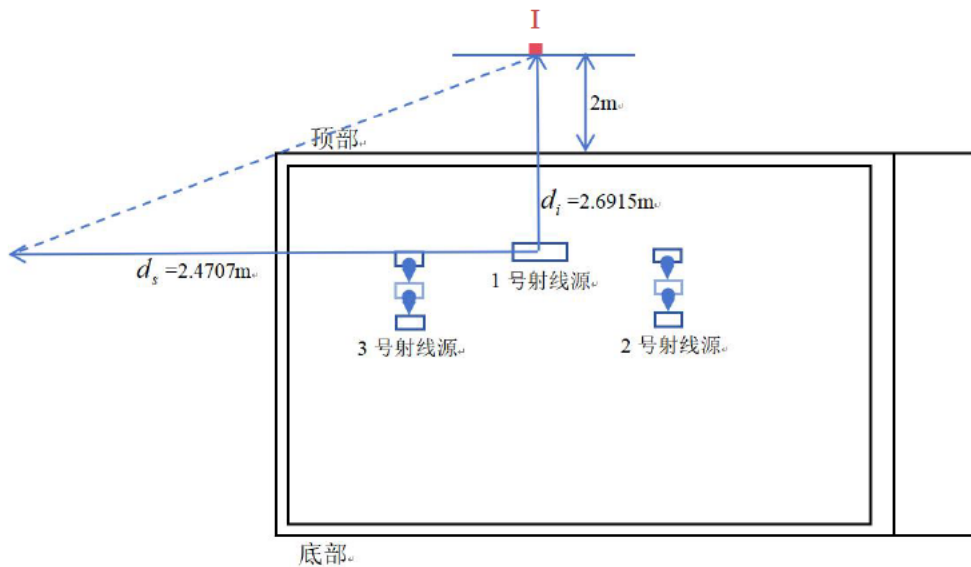
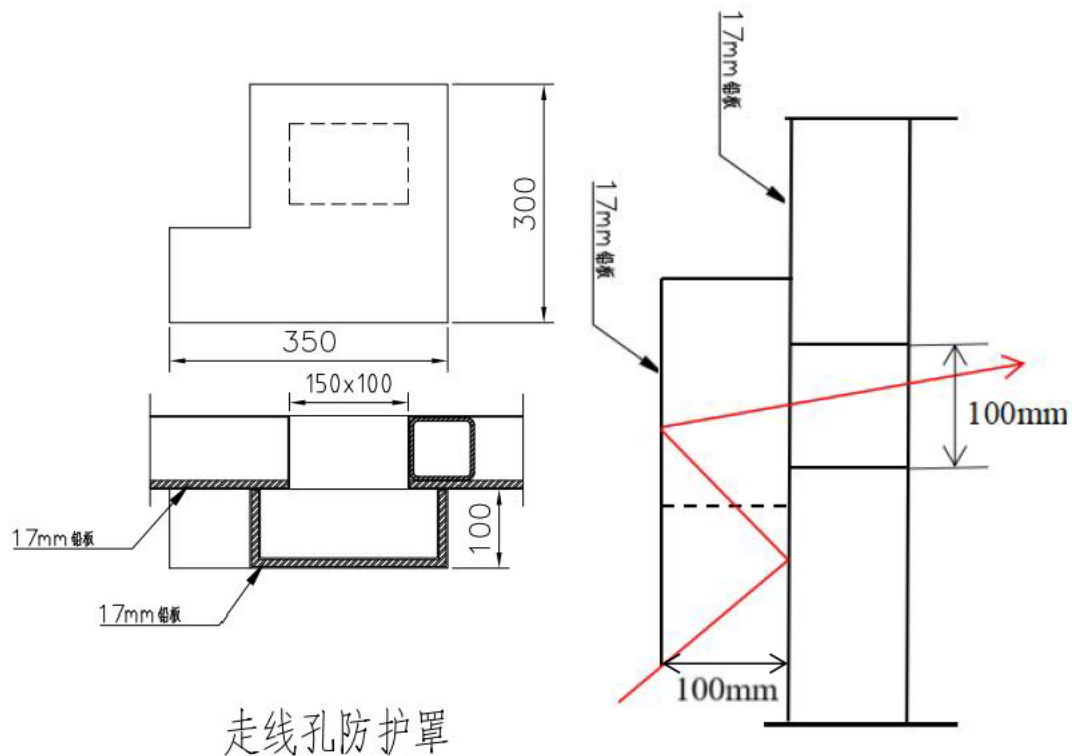


图 11-5 天空反散射关注点位图

根据公式 (11-4) 计算天空反散射辐射剂量率，相关计算参数计算可知，本项目天空反散射的 X 射线周围剂量当量率为 $2.896 \times 10^{-19} \mu\text{Sv/h}$ ，满足关注点 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制值，保守考虑该项辐射对探伤铅房外地面附近的辐射剂量率与穿出探伤铅房墙透射的辐射剂量率在相应关注点的剂量率总和小于本项目的控制值 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，符合辐射防护的要求。

11.2.3 走线口和通风口辐射影响分析

本项目 CT 防护铅房右侧面预留 3 个走线孔，走线孔配备 17mm 钢铅结构防护罩。X 射线通过工件或墙体一次散射后进入管道口，利用散射降低管道口的辐射水平。X 射线进入电缆管道需至少经过三次散射才能到达管道口。由《辐射防护导论》（方杰著）P193“一般经三次以上散射后 γ 射线的几率已降得很低了”。因此本项目 CT 防护铅房电缆管道设计能够满足辐射防护要求。



走线孔防护罩

图 11-6 走线孔散射示意图

本项目 CT 防护铅房预留 5 处排风孔，离心风机可连续 24h 工作，独立对铅房内进行排风，CT 防护铅房内气体拟通过 CT 防护铅房顶部向上排出，X 射线经过至少 3 次散射穿过顶面排风孔。X 射线通过工件或墙体一次散射后进入管道口，利用散射降低管道口的辐射水平，X 射线进入排风孔均需至少经过 3 次散射才能到达管道口。由《辐射防护导论》（方杰著）P193“一般经三次以上散射后 γ 射线的几率已降得很低了”。因此，本项目排风孔的布置方式不会破坏 CT 防护铅房防护面的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

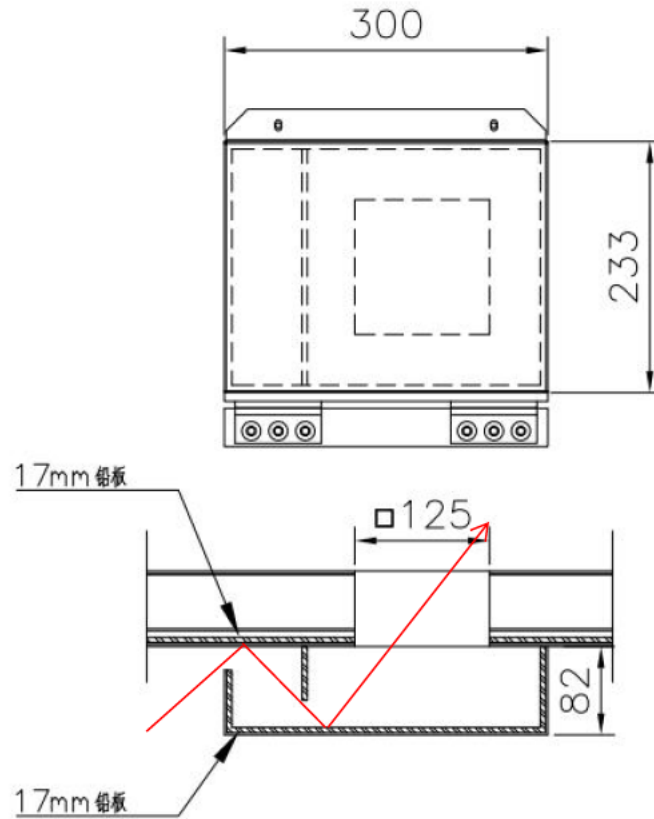


图 11-7 排风孔散射示意图

11.2.4 屏蔽搭接处辐射分析

本项目 CT 防护铅房正侧设置电池上料平台气动门，背侧设置两扇防护门，左侧设置一扇防护门，防护门防护状况均为 17mm 铅当量。正侧电池上料平台气动门门洞的尺寸为 0.8m(宽)x0.65m(高)，左侧单开门门洞尺寸为 0.9m(宽)x2m(高)，背侧单开门门洞尺寸为 0.9m(宽)x2m(高)，双开门门洞尺寸为 1.8m(宽)x2m(高)。CT 防护铅房防护门门体和门洞四周搭接采用 L 型扣合，电池上料平台气动门顶面搭接长度 55mm，双侧面及底面搭接尺寸为 35mm。其余防护门四周搭接长度为 60mm。且门安装时应尽量减小与墙体间的门缝，因此均能满足搭接的长度须大于等于 10 倍的间隙的原则，可以有效防止射线外泄，对周围辐射环境影响很小。

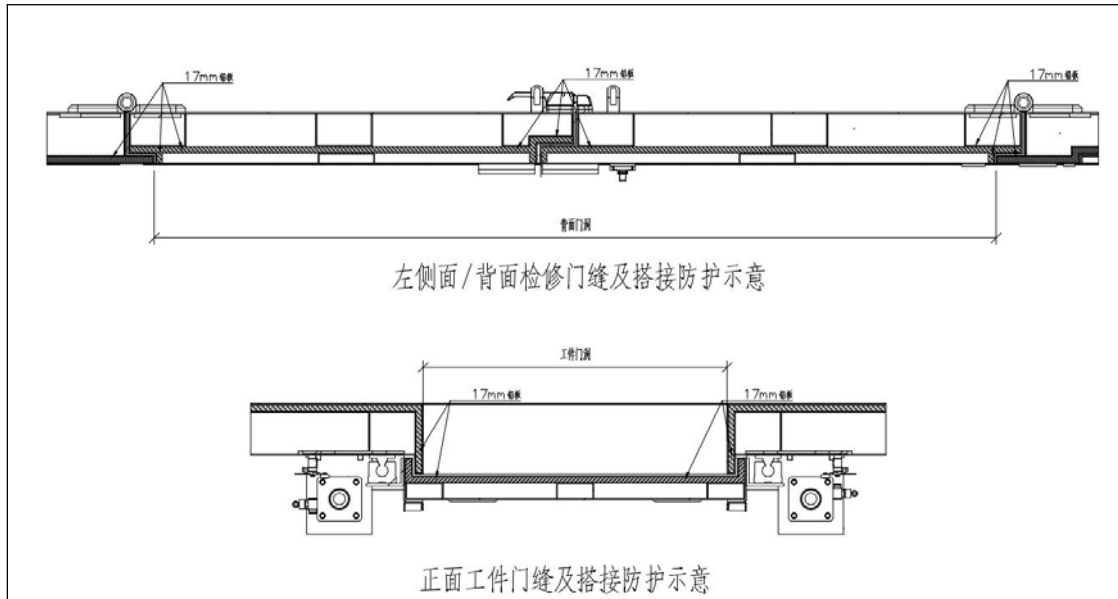


图 11-8 防护门门缝及搭接防护示意图

11.2.5 人员受照剂量估算

根据《辐射防护导论》（方杰主编），X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算：

$$H_{E-r} = D_r \times t \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（式 11-6）}$$

式中： H_{E-r} ——年受照剂量，mSv/a；

D_r ——关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T ——居留因子；

t ——年受照时间，h/a。

本项目的居留因子选取根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 A.1，具体数值见下表：

表 11-6 不同场所的居留因子

场所	居留因子（T）	示例
全居留	1	操作位
部分居留	1/2~1/5	车间内部
偶然居留	1/8~1/40	内部道路、顶部

考虑射线装置产生的剂量率与距离平方成反比关系，本项目保守选取相关关注点附近最大剂量率计算人员年受照剂量，则本项目相关人员的预期年剂量水平的计算见下表。

表 11-7 CT 设备运行时周围工作人员和公众的年剂量估算值

环境保护目标		对应关注点	关注点辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	居留因子	年受照时间 $h^{\text{①}}$	与对应关注点最近距离 (m)	年剂量估算值 $mSv^{\text{②}}$
操作人员	操作位	D	1.518×10^{-5}	1	7200	/	1.092×10^{-4}
1-2# 车间内	4#排废处理区	C	2.965×10^{-5}	1/2	7200	23	1.067×10^{-4}
	AS2.0-3#至 AS1.0-1#线	C	2.965×10^{-5}	1/2	7200	20	1.067×10^{-4}
	AS2.5-4#线	C	2.965×10^{-5}	1/2	7200	5	1.067×10^{-4}
	线边半自动平台 3#	B	1.365×10^{-4}	1/2	7200	7	4.914×10^{-4}
	CT 预留区域	B	1.365×10^{-4}	1/2	7200	19	4.914×10^{-4}
	OV-1#至 3#线	B	1.365×10^{-4}	1/2	7200	16	4.914×10^{-4}
	IN1.5-3#-1 线及 IN1.5-3#-2 线	B	1.365×10^{-4}	1/2	7200	40	4.914×10^{-4}
	OV2.5-4# 至 OV2.5-5# 线	D	1.518×10^{-5}	1/2	7200	15	5.465×10^{-5}
	IN2.5-5#线	D	1.518×10^{-5}	1/2	7200	40	5.465×10^{-5}
	预留 CT 位置	A	5.916×10^{-5}	1/2	7200	12	2.130×10^{-4}
	5#排废处理区	A	5.916×10^{-5}	1/2	7200	27	2.130×10^{-4}
	过道	A	5.916×10^{-5}	1/4	7200	35	1.065×10^{-4}
	AS2.5-5#线	A	5.916×10^{-5}	1/2	7200	10	2.130×10^{-4}

注：①本项目 CT 设备日曝光工作时间为 24h，年工作天数 300 天，辐射工作人员和其他公众的工作制度均采用三班制工作，每位工作人员年最大受照时间 2400h；本次计算受照时间按照全年开机时间计算。
②按照最近关注点辐射剂量率保守估算环境保护目标年剂量。

根据表11-7可知，本项目CT设备运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量最大为 $1.092 \times 10^{-4} mSv/a$ ，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。

本项目临近CT防护铅房处的厂区内公众人员最大受照年有效剂量为

4.914×10⁻⁴mSv/a(线边半自动平台3#处), 满足本项目公众人员剂量约束值不超过0.25mSv/a的要求, 可以推断50m范围内其他公众的附加年有效剂量也满足不超过0.25mSv/a的要求, 同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中“实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过1mSv/a”的剂量限值要求。

11.2.6 叠加辐射影响分析

公司在 1-2#叠片车间北侧有一间 CT 室。CT 室配备 1 台 X 射线 CT 机(最大管电压/管电流为 225kV/5mA), 配备 3 名辐射工作人员。CT 室距本项目 CT 防护铅房直线距离为 96m, CT 防护铅房 50m 评价范围与 CT 室 50m 评价范围存在部分重叠, 重叠区域为 AS2.5-5#线和 AGV 运转区域, 固定工作人员 3 名, 加上流动人员在 10 人左右。

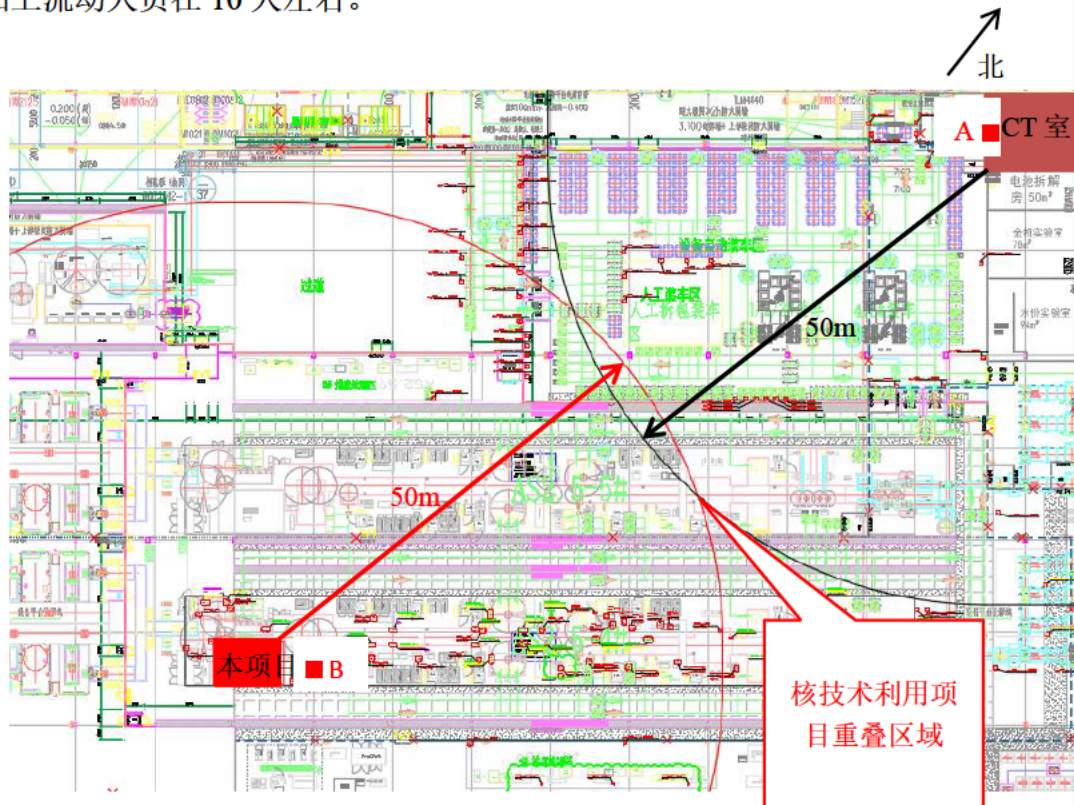


图 11-9 核技术利用项目重叠情况

CT 室的 X 射线 CT 机最大管电压为 225kV、最大管电流为 5mA, 满功率工作情况下在 CT 机西南防护面外 30cm 处点 A 的辐射剂量率为 0.057 μ Sv/h, 本项目 CT 设备 3 个射线源满功率同时开机情况下, CT 防护铅房东北防护面外 30cm 处点 B 的辐射剂量率是 4.914×10⁻⁴ μ Sv/h。

核技术利用项目重叠区域的工作人员辐射剂量率取关注点 A、点 B 叠加即

$5.749 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，年工作时间取 7200h，居留因子取 1/2，则年剂量估算值为 0.207mSv，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求。

11.3CT 防护铅房屏蔽防护能力分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤辐射防护标准》（GBZ117-2022）的规定，结合该公司 CT 设备屏蔽防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该公司使用的 CT 防护铅房的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，该 CT 防护铅房的设置已充分考虑周围的放射安全，结合理论计算结果可知：CT 防护铅房防护门防护性能、各侧防护面的防护性能及顶棚的防护性能，均能满足辐射防护。

（2）由辐射环境影响预测分析可知，辐射工作人员和公众成员所受有效剂量能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”和“剂量约束值”的要求。

（3）该公司使用的 CT 设备在检测过程中产生的 X 射线，使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，CT 防护铅房内的气体通过离心风机将臭氧和氮氧化物排出室外，不会对工作人员和公众成员产生影响。

因此，该公司 CT 防护铅房屏蔽能力能达到管电压不大于 200kV、管电流不大于 3.0mA 的 CT 设备正常工作时的辐射防护要求。

11.4 事故影响分析

11.4.1 事故风险分析

公司拟购的 CT 设备属于 II 类射线装置，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

（1）CT 设备在对工件进行照射的工况下，门-机联锁失效，致使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到 CT 防护铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机联锁失效检测期间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。

（2）人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。

为了杜绝事故发生，公司必须进行门-机联锁装置的定期检查，严格按照操作规程进行作业，确保安全。发生辐射事故时，事故单位应当立即切断电源、

保护现场，并立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先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。人为故意引起的或失窃而引起的辐射照射，还应该及时向公安部门报告。

11.4.2 事故后果分析

当射线装置处于工作状态时，门-机联锁失效情况下，当人员与射线装置处于不同距离时，可根据以下公式进行计算：

$$X = \frac{I \times X_0}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-7)}$$

式中：

X——人员所受有效剂量，mSv；

X₀——X 射线装置 1 米处的输出量，mSv·m²/（mA·min）；

R——计算点距 X 射线装置辐射源的距离，m；

I——X 射线装置最大管电流，mA；

考虑 CT 设备产生 X 射线能量与管电压的关系，从保守角度，本次主要估算 CT 设备在无屏蔽设施情况下，管电压为 200kV、管电流为 3.0mA 不同距离、不同接触时间下的有效剂量。其中，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1，由内插法得 200kVX 射线在 3mm 铝过滤条件下输出量为 8.9mGy·m²/（mA·min）。

表 11-7 CT 设备不同距离、不同接触时间的有效剂量（mSv）

距离（m） 时间（min）	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
0.5	13.35	5.93	3.34	2.14	1.48	1.09	0.83
1	26.7	11.87	6.68	4.28	2.97	2.18	1.67
2	53.4	23.73	13.35	8.54	5.93	4.36	3.34
3	80.1	35.6	20.03	12.82	8.90	6.54	5.01
4	106.8	47.47	26.70	17.09	11.87	8.72	6.68

由表 11-7 所接受的剂量估算结果可以看出，当 CT 设备处于工作状态，门-机联锁失效情况下，距离 X 射线机出束口较近人员将会接受大剂量辐射照射。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中关于辐射事故的分级可知，

本项目可能会发生射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，属于一般辐射事故。在射线装置在工作期间，应加强射线装置的安全维护，保证门机联锁处于良好的工作状态，杜绝辐射事故的发生。

11.4.3 辐射事故应急

1、事故风险防范措施

(1) 公司应为所有辐射工作人员配备了个人剂量计，并配备个人剂量报警仪及 1 台辐射巡测仪等辐射防护用品。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行检测，并建立个人剂量档案，确保工作人员的照射剂量控制在剂量管理限值范围内。个人剂量报警仪在工作期间，随身携带，并设定安全阈值和报警。

(2) CT 防护铅房的防护门应与射线装置主机联锁，当防护门没有关闭到位时，X 射线机无法启动产生 X 射线，提醒辐射工作人员检查防护门的关闭状况。CT 防护铅房内设置紧急开关，当人员被误关在 CT 防护铅房内时，可使用紧急开关，切断主机电源，防止人员受到辐射影响。操作位上设有紧急开关，工作中辐射工作人员发现异常，可立即使用。CT 防护铅房应设置灯光报警装置，可以避免检测装置工作时其他人员误入 CT 防护铅房的事故。

(3) 定期对 CT 防护铅房的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(4) 无损检测工作必须按操作规程执行，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辐射工作人员可看到的显眼位置。

2、事故应急措施

对于 CT 设备发生事故处理应采取的措施：

(1) 当发生辐射事故时，应在第一时间切断电源，并将事故情况通报有关（生态环境、公安、卫生）等主管部门。

(2) 对在事故中受到照射的人员及时送到医院进行及时的医学检查和治疗。

(3) 分析确定发生事故的原因，记录发生事故时射线装置的工作状态（如

工作电压、电流等参数)、事故延续时间,以便及时确定事故时受到照射个体所接受的剂量。

11.5 非放射性污染环境的影响分析

(1) 臭氧和氮氧化物

CT设备在开机状态下,空气在X射线作用下会分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目CT防护铅房顶部设有5台离心风机,可连续24h工作,独立对CT防护铅房内进行通排风,每台离心风机的排风气流量是177.6m³/h,每小时排风次数大于14次,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)每小时有效通风换气次数应不小于3次的要求,臭氧量在环境中易自动分解,氮氧化物产额约为臭氧的1/2,不会形成局部聚集,对大气环境影响较小。

(2) 废水、固体废物

本项目无需洗片,故不产生生产废水和固体废物。

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

12.1.1 机构设置

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》等法律法规及环境保护主管部门的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位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。

温州弗迪电池有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并应以公司内部文件形式明确辐射安全管理机构和各成员的管理职责。该单位制定的《关于成立辐射安全与环境保护管理机构的决定》内容包括：

(1) 该单位已明确辐射安全与环境保护管理领导小组成员，辐射安全与环境保护管理领导小组负责人为叶青，下属小组有品质部应急小组和制片车间应急小组；

(2) 辐射安全与环境保护管理领导小组由总经理办公室直接领导，负责公司日常辐射安全与防护工作；

(3) 辐射安全与环境保护管理领导小组职责：

(1)负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度，并组织实施；

(2)做好相关工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作；

(3)组织实施本单位放射源和辐射装置的相关使用、操作人员的上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康检查，建立个人健康监护档案，做到一人一档；

(4)检查、督促相关人员正确使用辐射安全防护用品，定期对辐射安全与防护工作进行督查，定期对放射源和辐射装置等相关设施、设备以及操作情况进行检查、维护，指导做好人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故；

(5)检查工作区设备及各岗位辐射安全生产情况，落实预防辐射事故安全措施。发现隐患及时组织整改，暂时不能整改的应采取防范措施，并立即向上级报告；

(6)发生辐射安全事故后立即向上级报告，要及时采取措施，迅速识别辐射事故现场危害因素，采取相应的辐射防护措施组织抢救并保护好现场。

12.1.2辐射人员管理

(1) 个人剂量检测

本项目配备辐射工作人员3名。公司为辐射工作人员配置个人剂量计。个人剂量计常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理。个人剂量档案保存至辐射工作人员年满75周岁或停止辐射工作满30年。

(2) 辐射工作人员培训

根据生态环境部《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853号）和《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》（2019年，第57号），所有辐射工作人员必须通过生态环境部举办的辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名培训考核并取得成绩单，经考核合格后方可上岗。

目前本项目配备的3名辐射工作人员皆已获得X射线探伤辐射安全与防护考核合格证书。

(3) 辐射工作人员职业健康体检

辐射工作人员上岗前，须到有资质的医院进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。建立个人健康档案，并长期保存。上岗后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。在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。

目前本项目配备的3名工作人员皆已参加岗前体检。

12.1.3年度评估报告

建设单位核技术利用项目正式开展后，应对开展的核技术利用项目辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的辐射安全与防护状况年度评估报告，近一年个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一

并提交给发证机关。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《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，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。上述各项制度须张贴上墙，并按制度做好管理工作。

公司目前已制定了以下规章制度：《岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《放射性同位素、射线装置操作规程》《检修维护制度》《人员培训计划》《放射源、射线装置使用台账登记管理制度》《辐射环境及个人剂量监测方案》，同时做好了《辐射事故应急预案》，本项目执行后公司可根据以下要求完善相关规章制度：

辐射安全和防护保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 CT 设备的运行和维修时辐射安全管理。

安全操作规程：针对本项目制定相应的操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、CT 设备操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。

设备检修维护制度：对可能引起操作失灵的关键零配件及时进行更换。设备检修时禁止开启检测装置，待检修完毕，开启检测装置试运行，确认检修完成。检修后主要性能未达仪器基本参数时不准重新投入使用。

辐射工作人员岗位职责：明确管理人员、本项目辐射工作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

射线装置使用登记和台帐管理制度：建立射线装置的档案和台账，对设备使用情况及时进行登记、检查，同时加强档案管理。

人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

监测方案：监测方案可分为辐射工作人员个人剂量监测方案与辐射环境监测方案。

①个人剂量监测方案

明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期

送有资质单位进行监测，公司明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，并做好岗前监测；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，公司建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

②辐射环境监测方案

购置便携式 X-γ剂量率仪等设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测方式由企业自主监测与委托有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，并定期上报生态环境行政主管部门。

辐射事故应急预案：根据《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号文）的要求，公司应成立单位负责人为领导的放射性事故应急领导小组。针对可能产生的辐射污染情况制定事故应急制度，该制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附上各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，不定期开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故事件情景；演练参与人员等。

自行检查和年度评估制度：定期对CT设备的安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，使用射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

辐射安全档案管理制度：公司须建立个人剂量档案，辐射工作人员个人剂量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。辐射工作人员如调离辐射工作岗位，公司应当将个人剂量档案长期保存；辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对放射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康监护档案且长期保存。

12.3 辐射监测

公司已结合公司实际情况制定《辐射环境及个人剂量监测方案》，公司辐射环境及个人剂量监测工作由辐射安全与环境保护管理领导小组负责。

12.3.1 个人剂量监测

为做好相关工作人员的个人剂量监测工作，《监测方案》要求工作人员在从事相关操作时必须佩戴放射防护设施及个人剂量检测仪，工作人员上岗后按规定每季度定期接受个人剂量检测，个人剂量仪每季度定期送检，确保安全使用，并建立剂量档案。放射工作人员离岗时，必须进行健康体检，个人健康档案和个人监测档案保存至75周岁或离岗后30年。

12.3.2 工作场所辐射监测

《监测方案》对做好辐射工作环境辐射监测要求如下：

1、根据国家相关部门规定每年由具有相关资质的监测单位对辐射工作场所监测1-2次。

2、监测工作每月进行一次自检，记录结果，发现问题及时上报公司辐射管理小组及有关部门。

3、放射源或放射装置进行维修前后，应分别进行一次监测；事故发生后，在事故处理前后对周围环境分别进行一次监测。放射源或放射装置退役时，应进行一次退役监测，确保空气吸收剂量率等指标达到规定要求。

4、配合上级部门做好辐射环境监测工作。

表12-1 监测场所及监测项目建议

场所名称	监测内容	监测项目	监测点位	监测依据	监测周期
CT防护铅房	周围剂量当量率	年度监测	CT防护铅房四侧防护面及防护门、观察窗、CT防护铅房外人员常停留区域、各走线孔及人员常驻留位置	《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)及《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)	1次/年
		自主监测			1次/月
		验收监测			竣工验收
	个人剂量检测	个人剂量当量	所有辐射工作人员	《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)	1次/季

12.3.4 环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，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。

12.4 辐射事故应急

为有效预防和及时控制突发放射性事故，规范放射工作防护管理和突发放射性事故的应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，切实保障工作人员及公众的生命安全，根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（国务院第449号令）、其它有关法律、法规的规定和职能管理部门要求，企业必须结合自身实际，建立《辐射事故应急预案》。

公司目前已制定《辐射事故应急预案》，明确了应急组织机构人员，制定了应急启动工作程序、辐射事故处理流程、事故报告及管理情况。发生或者发现辐射事故的相关人员，必须立即向应急组长报告，并及时收集整理相关处理情况向区环保局、卫生局、公安局报告，最迟不得超过2小时。

表13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 项目概况

因公司生产的叠片铝壳电芯需经工业 X 射线 CT 设备对其进行透视检查，以确保产品合格。为满足生产需求，进一步提高产品质量，公司拟于 1-2# 厂房叠片车间 5-8 线欧标线新增在线 CT 设备。设备型号为 CT Cylindscan-3000，包括外部组装防护铅房、控制柜和内部 CT 成像系统等组成。所有探伤作业仅限 CT 防护铅房内，不开展任何形式的室外探伤。

(2) 项目位置

温州弗迪电池有限公司位于浙江省温州市永嘉县桥头镇林福村福迪大道 8 号，厂区东侧为沿江路，南侧为天王禅寺，西侧为滨江大道，西北侧为林福村，北侧是纬一路、纬二路。

(3) 辐射安全防护措施结论

本项目 CT 防护铅房采用铅钢结构设计，铅房外部尺寸为长：6.12m，左侧宽度：4.32m、右侧宽度：4.9365m，高：2.6915m，内部尺寸为 5.9m（长）×4.1m（宽）×2.496m（高），CT 防护铅房六侧防护面及走线孔、排放孔防护情况均为 17mm 铅当量。CT 防护铅房防护门均设置门机联锁装置，紧急停机按钮和电离辐射警示标识等安全设施，满足相关辐射安全原则；本项目拟配备 3 枚个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足《工业探伤辐射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

(4) 辐射安全管理结论

建设单位按规定拟成立辐射防护管理领导小组，拟根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定一系列辐射安全管理制度。

建设单位 3 名辐射工作人员均已参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，并已考核合格；已委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。建设单位拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水

平进行监测。

建设单位在成立辐射防护管理领导小组、建立健全相应的辐射管理制度和操作规程后，能够具备从事辐射活动的能力。本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

13.1.2环境影响分析结论

(1) 辐射剂量率影响预测结论

CT设备在最大工况运行时，防护铅房周围环境辐射剂量率最大值为 $1.518 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。因此本项目探伤室防护性能能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室墙体和门的屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”。

(2) 个人剂量影响预测结论

本项目CT设备运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量最大为 $1.092 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，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。

本项目临近CT防护铅房处的厂区内公众人员最大受照年有效剂量为 $4.914 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ （线边半自动平台3#处），满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求，可以推断50m范围内其他公众的附加年有效剂量也满足不超过 0.25mSv/a 的要求，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a ”的剂量限值要求。。

(3) 非辐射环境影响分析结论

产生的少量臭氧和氮氧化物可通过离心风机排出CT防护铅房，臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。本项目设备无需洗片，运营期不产生生产废水及固体废物，因此，对周围水体环境影响较小。

13.1.3可行性分析结论

(1) 产业政策符合性分析结论

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“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目”。经对照查询国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目不属于限制类、淘汰类项目，符合国家当前的产业政策。

（2）实践正当性分析结论

公司使用的CT Cylindscan-3000设备是具有超高分辨率的无损伤三维全息成像设备。采用独特的X光光学显微成像技术，利用不同角度的X射线透视图像，结合计算机三维数字重构技术，提供样品内部复杂结构的高分辨率三维数字图像，对样品内部的微观结构进行亚微米尺度上的数字化三维表征，以及对构成样品的物质属性进行分析。

建设单位实施本项目是为了检测公司生产的叠片铝壳电芯的内部情况，对电池进行辅助检查，大大提高工件的检测效果和检测效率，确保产品的质量合格。项目实施的同时采取了符合标准要求的辐射安全防护措施，对其工作人员和公众产生的影响可以控制在根据最优化原则设置的项目剂量管理限值以下，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

（3）选址合理性分析

本项目位于温州弗迪电池有限公司1-2#厂房叠片车间，不新增土地，周围无环境制约因素。项目CT防护铅房周围50m范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。同时本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素。因此，本项目选址合理可行。

（4）项目可行性

综上所述，本项目选址合理，该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，建设单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1建议

建设单位应加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

13.2.2承诺

(1) 承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

(2) 承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置等辐射环保内容进行建设。

(3) 承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

(4) 承诺制定各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。

(5) 承诺本项目环评审批后，及时向生态环境部门申领辐射安全许可证。

(6) 承诺在本项目正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》在规定的验收期限内，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制竣工环境保护验收监测报告表。