

核技术利用建设项目

弗迪电池 X 射线高精度 CT 项目

环境影响报告表

(报批稿)

台州弗迪电池有限公司

2024 年 1 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

弗迪电池 X 射线高精度 CT 项目

环境影响报告表

建设单位名称：台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：台州市仙居县东部工业新城张店区块张店村北侧

邮政编码：317300

联系人：杨福田

电子邮箱：/

联系电话：1985766909

目录

表 1 项目基本情况	4
表 2 放射源	9
表 3 非密封放射性物质	10
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	15
表 8 环境质量和辐射现状	21
表 9 项目工程分析与源项	24
表 10 辐射安全与防护	31
表 11 环境影响分析	39
表 12 辐射安全管理	52
表 13 结论与建议	59

附图附件：

附图 1 项目地理位置图

附图 2 企业周边环境状况示意图

附图 3 企业总平面布置图

附图 4 CT 室周边 50m 环境示意图

附图 5 CT 室平面图

附图 6 仙居县“三线一单”环境管控单元图

附件 1 营业执照

附件 2 “台州弗迪新能源动力电池项目”环境影响报告表批复

附件 3 备案信息表

附件 4 环评委托书

附件 5 环境本底检测报告

附件 6 辐射工作人员上岗证、职业健康档案

附件 7 原有核技术利用项目环境影响登记表

附件 8 原有核技术利用项目辐射安全许可证

表1 项目基本情况

建设项目名称		弗迪电池 X 射线高精度 CT 项目			
建设单位		台州弗迪电池有限公司			
法人代表	何龙	联系人	杨福田	联系电话	19857669098
注册地址		浙江省台州市仙居县下各镇经济开发区亚迪路 666 号			
项目建设地点		台州市仙居县东部工业新城张店区块台州弗迪电池有限公司 4-2#厂房 CT 实验室			
立项审批部门		—	批准文号	—	
建设项目总投资（万元）		120	项目环保投资（万元）	38	投资比例（环保投资/总投资） 31.67%
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 ） 86.254m 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	/				

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位简介

台州弗迪电池有限公司拟在台州市仙居县经济开发区东部工业新区张店区块新征用地面积 997679.44m²（约合 1500 亩），新建厂房、车间、仓库、综合楼、110kV 变电站、宿舍、食堂等总建筑面积 797287.45m²，建成后形成年产 22GWh 新能源汽车动力电池的生产能力。主要经营范围有电池制造、电池销售、新能源汽车废旧动力蓄电池回收及梯次利用等，法定代表人为何龙。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

公司于 2022 年取得台州弗迪新能源动力电池项目备案（项目代码：2204-331024-04-01-311868），该项目已编制环境影响报告表，并获台州市生态环境局批复（台环建（仙）〔2022〕18 号）。因比亚迪台州园区内弗迪电池事业部多层叠片型动力电芯的检测需求，拟于 4-2# 厂房装配车间 CT 实验室配备 1 套 X 射线三维 CT 系统，CT 设备型号为：HR225-C 自屏蔽 CT 机，定向机。经与建设单位核实，5 年内拟新增辐射活动规模为：一套 X 射线三维 CT 系统，射线管为 CometiVario MF 225 闭管微焦点 X 射线源（最大管电压为 225kV，最大工作管电流为 5mA）。

由于 X 射线探伤机在使用过程中产生的 X 射线将对环境产生电离辐射影响。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年版）第七条：辐射工作单位在申请领取辐射安全许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报环境保护主管部门审批。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），本项目拟新增的 X 射线三维 CT 系统为 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”，故应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，台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。评价单位在对自屏蔽 CT 机进行辐射环境影响分析的基础上，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），编制该项目的辐射环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容与规模

公司拟在 4-2# 厂房装配车间 CT 实验室配备 1 套 X 射线三维 CT 系统，CT 设备型号为：HR225-C 自屏蔽 CT 机，定向机，射线管为 CometiVario MF 225 闭管微焦点 X 射线源、最大管电压为 225kV、最大工作管电流为 5mA，属于 II 类射线装置。X 射线室内探伤项目主要用于比亚迪台州园区内弗迪电池事业部多层叠片型动力电芯的检测。检测项目包括：电池的快速扫描成像与极片自动检测分析，三维

数字化直观描述样品的内部结构。对于叠片后的极芯、装配后的电芯状态具体检测项目有：检测电芯端头、电芯(或极芯)四角及整个电芯（或极芯）内部。探伤针对产品长度范围100-1200mm，宽度范围10-50mm，高度范围80-250mm。年探伤工作时间为7260h。所有探伤作业仅限CT实验室内使用，不开展任何形式的室外探伤。

1.2 项目选址与环境保护目标

1.2.1 建设单位地理位置

台州弗迪电池有限公司位于浙江省台州市仙居县东部工业新城张店区块张店村北侧，管铁线以北、永安溪以南，朱溪以西，其具体地理位置见附图 1，公司周边环境示意图见附图 2。

1.2.2 项目周边环境关系

本项目拟于 4-2#厂房 CT 实验室配置一套 X 射线三维 CT 系统，CT 实验室位于 4-2#厂房南侧，无地下层，无上层建筑。本项目所涉及的 CT 实验室周围 50m 范围内，其东侧为结构件库，南侧为卫生间、道路，西侧为会议室、叠片车间，北侧为装配机修配电房等。项目周边 50m 评价范围示意图见附图 4。

1.2.3 选址合理性分析

本项目位于台州弗迪电池有限公司 4-2#厂房 CT 实验室。本建设项目不新占土地，评价范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区。

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，本项目选址是合理可行的。

1.2.4 布局合理性分析

本项目位于 4-2#厂房 CT 实验室，无上层建筑、无地下层，其东侧为结构件库，南侧为卫生间、厂区道路，西侧为会议室、叠片车间，北侧为装配机修配电房等。CT 实验室周围无工作人员常驻用房。

自屏蔽 CT 机装设声光警报器，射线设备工作时打开，不工作时关闭。操作位位于自屏蔽 CT 机西南侧，自屏蔽 CT 机主射方向朝东，自屏蔽 CT 机防护门位于其南侧，方便工件的出入。自屏蔽 CT 机顶部设置 3 处通风口，排风通过“U”

字型铅罩穿过顶面防护面，会经过 3 次散射。自屏蔽 CT 机与主机间的连接电缆，通过“U”型线缆铅罩由自屏蔽 CT 机右侧和底部出线。本项目 X 射线经过“U”型线缆口铅罩会经过 3 次散射到达线缆口处。

1.2.5 相关规划符合性分析

1、土地利用规划符合性

本项目位于仙居县经济开发区张店区块张店村北侧，根据区块规划情况，用地性质为工业用地，在现有厂房内建设使用，不新占土地，符合土地利用规划要求。

2、“三线一单”符合性

根据《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环环评〔2021〕108 号），“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

（1）生态保护红线

本项目位于仙居县经济开发区张店区块张店村北侧，根据《仙居县“三线一单”生态环境分区管控方案》及仙居县“三线一单”环境管控单元分类图（见附图 6），本工程位于“ZH33102420123 台州市仙居县下各镇产业集聚重点管控单元”，所在区域涉及生态管控区域类型为重点管控单元，未涉及其划定的生态保护红线优先保护区。因此，本项目的建设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，本项目给水由市政自来水公司提供，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

本项目为核技术利用建设项目，不属于管控措施中禁止新建、扩建项目，环境管控单元属于台州市仙居县下各镇产业集聚重点管控单元(ZH33102420123)。对照该环境管控单元分类准入清单（表 1-3），本项目符合《仙居县“三线一单”生态环境分区管控方案》相关要求。

1.3 产业政策符合性分析

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。

1.4 实践正当性分析

X射线探伤在工业上的应用在我国是一门成熟的核技术应用实践，对保证产品质量方面有十分重要的作用。该项目拟配备1套X射线三维CT系统，目的是开展弗迪电池事业部多层叠片型动力电芯的检测项目。本项目开展所带来的利益是大于所付出的代价的，同时对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。因此，该项目使用自屏蔽CT探伤机的目的是正当可行的。

1.5 劳动定员及工作制度

1、劳动定员：本项目拟配备4名辐射工作人员，分两班，每班两人，由公司现有员工培训合格后上岗；目前已有两位员工获得X射线探伤辐射安全与防护考核合格证书。

2、工作时间：根据建设单位提供的资料，本项目CT设备年出束时间为7260h。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

建设单位于浙江省台州市仙居县福应街道永安工业集聚区丰溪中路 28 号使用 Kr-85 放射源，属 V 类放射源，数量 80 枚，该项目环境影响登记表已经完成备案(见附件 7)、已申领辐射安全许可证(许可证见附件 8)，详见表 1-1。

表 1-1 原有核技术利用项目许可情况表

环境影响登记表备案文号及时间	登记建设内容及规模	辐射安全许可证情况	验收内容
备案文号： 202233102400000044 时间：2022 年 11 月 22 日	建设内容：新建厂房制片车间使用 Kr-85 放射源面密度仪。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 80 枚，在正极极片车间使用 40 枚，负极极片车间使用 40 枚，放射源使用位置位于涂布机与辊压机内。贮源库位于厂房制片车间	种类和范围：使用 V 类放射源 证书编号：浙环辐证 [J2490] 有效期至：2027 年 12 月 23 日	/

自 2023 年 5 月 5 日开始运行，建设单位成立了辐射安全与环境保护管理机构，并制定了以下规章制度：《辐射安全防护管理工作制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射防护年度评估制度》、《射线探伤机安全操作规程》、《射线装置使用登记制度》、《使用场所安全措施》、《放射工作场所监测制度》、《健康管理及人员培训制度》、《自行检查及设备检修和维护制度》，同时做好了《辐射事故应急预案》。现有设备每年请有资质的单位进行一次 X-γ 辐射剂量率检测，监测数据每年年底向当地生态环境局上报备案。建设单位现有 27 名辐射工作人员，均取得了辐射安全上岗证，并建立了职业健康档案和个人剂量档案，原有辐射工作人员情况一览表详见表 1-2。

在运行过程中，未出现辐射工作人员剂量超标事故、职业健康事故和一些其他辐射事件。公司现有辐射管理制度较为全面，符合相关要求。公司严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

表 1-2 原有辐射工作人员情况一览表

姓名	性别	培训证号	培训机构	培训时间	累积剂量	体检日期和体检情况
李小霞	女	FS23ZJ1400311	浙江省辐射防护协会	2023-05-08	0.085	2023.06.12, 可继续原放射工作
朱懿宁	女	FS23ZJ1400310	浙江省辐射防护协会	2023-05-08	0.045	2023.06.13, 可继续原放射工作
冯鹏飞	男	FZ23ZJ140087 7	浙江省辐射防护协会	2023-12-04	0.270	2023.06.13, 可继续原放射工作
钱鹏飞	男	FS23ZJ1400316	浙江省辐射防护协会	2023-05-08	0.140	2023.06.13, 可继续原放射工作
赵忠豪	男	FS23ZJ1400319	浙江省辐射	2023-05-08	0.065	2023.06.12, 可继

			防护协会			续原放射工作
吴威霖	男	FS23ZJ1400219	浙江省辐射防护协会	2023-04-06	0.065	2023.06.13, 可继续原放射工作
泮忠强	男	FS23ZJ1400538	浙江省辐射防护协会	2023-07-10	0.090	2023.06.13, 可继续原放射工作
墨强	男	FS23ZJ1400747	浙江省辐射防护协会	2023-10-10	0.250	2023.06.13, 可继续原放射工作
朱润海	男	FS23ZJ1400315	浙江省辐射防护协会	2023-05-08	0.110	2023.06.12, 可继续原放射工作
余建林	男	FS23ZJ1400308	浙江省辐射防护协会	2023-05-08	0.090	2023.06.13, 可继续原放射工作
吴丞洲 领	男	FS23ZJ1400312	浙江省辐射防护协会	2023-05-08	0.130	2023.06.12, 可继续原放射工作
李杨辉	男	FS23ZJ1400685	浙江省辐射防护协会	2022-11-14	0.130	2023.06.13, 可继续原放射工作
潘俊雨	男	FS23ZJ1400214	浙江省辐射防护协会	2023-04-06	0.070	2023.06.13, 可继续原放射工作
张坤	男	FS23ZJ1400213	浙江省辐射防护协会	2023-04-06	0.120	2023.06.13, 可继续原放射工作
王意凯	男	FS23ZJ1400067	浙江省辐射防护协会	2023-03-09	0.030	2023.06.12, 可继续原放射工作
郭君	男	FS23ZJ1400810	浙江省辐射防护协会	2023-10-10	0.190	2023.06.13, 可继续原放射工作
徐晨影	女	FS23ZJ1400215	浙江省辐射防护协会	2023-04-06	0.055	2023.08.05, 可继续原放射工作
陈宝珠	女	FS23ZJ1400313	浙江省辐射防护协会	2023-05-08	0.065	2023.08.16, 可继续原放射工作
徐佶	男	FS23ZJ1400320	浙江省辐射防护协会	2023-05-08	0.075	2023.08.05, 可继续原放射工作
王刚强	男	FS23ZJ1400220	浙江省辐射防护协会	2023-04-06	0.045	2023.08.05, 可继续原放射工作
罗俊	男	FS23ZJ1201467	浙江省辐射防护协会	2023-10-10	时间未到	2023.08.10, 可继续原放射工作
梁孝成	男	FS23ZJ1201564	浙江省辐射防护协会	2023-10-10	时间未到	2023.08.10, 可继续原放射工作
柯咏	男	FS23ZJ1400210	浙江省辐射防护协会	2023-04-06	0.055	2023.08.03, 可继续原放射工作
徐琪凯	男	FS23ZJ1400808	浙江省辐射防护协会	2023-10-10	0.080	2023.09.13, 可继续原放射工作
尹龙坤	男	FS23ZJ1400811	浙江省辐射防护协会	2023-10-10	0.100	2023.09.25, 可继续原放射工作
项江俊	男	FS23ZJ1400814	浙江省辐射防护协会	2023-10-10	0.060	2023.09.25, 可继续原放射工作

周梦婷	女	FS23ZJ1400859	浙江省辐射 防护协会	2023-11-13	0.120	2023.11.07, 可继 续原放射工作
-----	---	---------------	---------------	------------	-------	--------------------------

注：累计剂量由 2023 年 5 月 5 日起始至 2023 年 12 月 26 日结束。

根据建设单位提供的资料，本次扩建项目拟配备 4 名辐射工作人员，均为新增工作人员。

表 1-3 环境管控单元准入清单

“三线一单”环境管控单元-单元管控空间属性					“三线一单”生态环境准入清单编制要求				
环境管控单元编码	环境管控单元名称	行政区划			管控单元分类	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求
		省	市	县					
ZH33102420123	台州市仙居县下各镇产业集聚重点管控单元	浙江省	台州市	仙居县	产业集聚重点管控单元	<p>优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目。进一步调整和优化产业结构，逐步提高区域产业准入条件。重点加快园区整合提升，完善园区的基础设施配套，不断推进产业集聚和产业链延伸。重点发展机械橡塑、汽摩配等产业。</p> <p>合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。</p>	<p>严格实施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。推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。实施工业企业废水深度处理，严格重污染行业重金属和高浓度难降解废水预处理和分质处理，加强对纳管企业总氮、盐分、重金属和其他有毒有害污染物的管控，强化企业污染治理设施运行维护管理。全面推进重点行业 VOCs 治理和工业废气清洁排放改造，强化工业企业无组织排放管控。二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物全面执行国家排放标准大气污染物特别排放限值，深入推进工业燃煤锅炉烟气清洁排放改造。加强土壤和地下水污染防治与修复。</p>	<p>定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境健康风险，落实管控措施，相关企业按规定编制环境突发事件应急预案，重点加强事故废水应急池建设，以及应急物资的储备和应急演练。强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，落实产业园区应急预案，加强风险防控体系建设，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制。</p>	<p>推进重点行业企业清洁生产改造，大力推进工业水循环利用，减少工业新鲜水用量，提高企业中水回用率。落实最严格水资源管理制度，落实煤炭消费减量替代要求，提高能源使用效率。</p>

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	自屏蔽 CT 机	II类	1	HR225-C 型	225	5	工业探伤	CT 实验室	定向机

(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	臭氧半衰期一般为20~30分钟，经通排风系统排入大气

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》（中华人民共和国主席令第9号），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》（中华人民共和国主席令第24号），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》（中华人民共和国主席令第6号），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年修正本）》原环境保护部令第20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(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）》（中华人民共和国生态环境部令第16号），自2021年1月1日起施行；</p> <p>(11) 关于发布《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（2023年本）》的通知，浙江省生态保护厅浙环发〔2023〕33号，2023年9月9日起施行；</p> <p>(12) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2021年省政府令第388号），2021年2月10日修订；</p> <p>(13) 《浙江省辐射环境管理办法》（2021年省政府令第388号），2021年2月10日修订；</p>
------	---

	<p>(14) 《关于发布<建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告2019年第38号，2019年10月24日施行；</p> <p>(15) 《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，2019年12月24日施行；</p>
技术标准	<p>(1) 《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)；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(3) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128—2019)；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(8) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)；</p> <p>(9) 《辐射事故应急监测技术规范》(HJ 1155-2020)；</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实验室边界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实验室评价范围50m内主要为公司内部生产车间、厂区道路等，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内从事自屏蔽CT机操作的辐射工作人员，CT实验室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室最近距离(m)	人数	受照类型	年剂量约束值
CT实验室	操作人员	操作位	自屏蔽CT机西南侧、本项目	4人	职业照射	5mSv/a
	非辐射公众人员、普通公众	车间通道	CT实验室西侧、紧邻	流动人员	公众照射	0.25mSv/a
		办公室	CT实验室西南侧、约8m	50人		
		会议室	CT实验室西侧、约5m	流动人员		
		培训室	CT实验室西北侧、约8.6m	流动人员		
		休息室	CT实验室西北侧、约12.6m	流动人员		
		更衣室	CT实验室西北侧、约30m	流动人员		
		叠片车间	CT实验室西侧、约30m	流动人员		
		装配机修备件房	CT实验室北侧、紧邻	流动人员		
		ME装配	CT实验室北侧、约10.1m	流动		

		备件房		人员	
		金相水分实验室	CT实验室北侧、约 19.5m	4 人	
		车间辅料房	CT实验室北侧、约 31m	流动人员	
		结构件库	CT实验室东侧、紧邻	流动人员	
		卫生间	CT实验室南侧、紧邻	流动人员	
		厂区道路	CT实验室南侧、约 10m	流动人员	
		10#厂房	CT实验室东南侧、约 45m	流动人员	

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；

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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

②屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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，可监视探伤室内人员的活动和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。

第 6.1.11 款 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

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，如准直器和附加屏蔽，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：自屏蔽 CT 机四周防护面及防护门表面外 30cm 处剂量率不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；自屏蔽 CT 机及所在 CT 实验室为单层建筑，顶棚为不上人顶棚，上方无已建和拟建建筑物，本次评价保守考虑，自屏蔽 CT 机顶部防护面外表面 30cm 处的周围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

台州弗迪电池有限公司位于浙江省台州市仙居县东部工业新城张店区块，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 4-2# 厂房 CT 实验室，CT 实验室位于 4-2# 厂房南侧，无地下层，无上层建筑。本项目所涉及的 CT 实验室周围 50m 范围内，其东侧为结构件库，南侧为卫生间、道路，西侧为会议室、叠片车间，北侧为装配机修配电房等。项目周边 50m 评价范围示意图见附图 4。

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

本项目探伤工作场所及周边环境。

8.2.2 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率。

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 8 个监测点位，监测报告见附件 5。

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 1 月 4 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：晴；温度：11℃；相对湿度：38%

(7) 监测报告编号：HZXFHJ240043

(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	40keV~4.4MeV $\leq\pm 30\%$ （相对于 ^{137}Cs ）
量程	1nGy/h~150 μ Gy/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书	2023H21-10-4835729001 号
检定有效期	2023 年 9 月 21 日-2024 年 9 月 20 日

8.3.2 质量保证措施

(1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。

(2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持合格证书上岗。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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 (nGy/h)
1#	CT 设备拟建址东侧	88
2#	CT 设备拟建址南侧	93
3#	CT 设备拟建址西侧	91
4#	CT 设备拟建址北侧	90
5#	结构件库	91
6#	装配机修备件房	92

7#	会议室	87
8#	厂区道路	84

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 1.03，仪器使用 ^{137}Cs 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和厂区道路， k_3 分别取 0.9 和 1。

8.4 环境现状调查结果的评价

由表8-2的检测结果显示可知，本项目自屏蔽CT机拟建址周围各现状检测点位的 γ 辐射剂量率在84~93nGy/h之间。 K_1 取1.03、 K_2 取1、测点处宇宙射线响应值取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73.5~79.5nGy/h之间，厂区道路上空气吸收剂量率为69nGy/h。由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，台州市建筑物室内 γ 辐射剂量率在59~200nGy/h之间，台州市仙居县道路上 γ 辐射剂量率在80~120nGy/h之间，该项目建设地址及周围环境 γ 辐射剂量率低于一般本底水平，未见异常。

表9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目拟于公司已建成的 4-2# 厂房 CT 实验室内配备一套 X 射线三维 CT 系统，由于 HR225-C 型 CT 机房为整体自屏蔽机房，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

自屏蔽 CT 机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 实验室内进行，经过自屏蔽 CT 机自带屏蔽体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。

9.2 运营期工程分析

9.2.1 自屏蔽CT机的结构

该公司 CT 设备主要用于开展弗迪电池事业部多层叠片型动力电芯的检测项目。探伤针对产品长度范围 100-1200mm，宽度范围 10-50mm，高度范围 80-250mm。CT 设备由 CometiVario MF 225 闭管微焦点 X 射线源、Comet MXR-225MF 靶头、非晶硅探测器等组件组成。自屏蔽 CT 机外部部件包括观察窗、辐射隔离罩、设备后门、报警灯、设备操作台及电控柜等部件，外部示意图见图 9-1 至图 9-4。

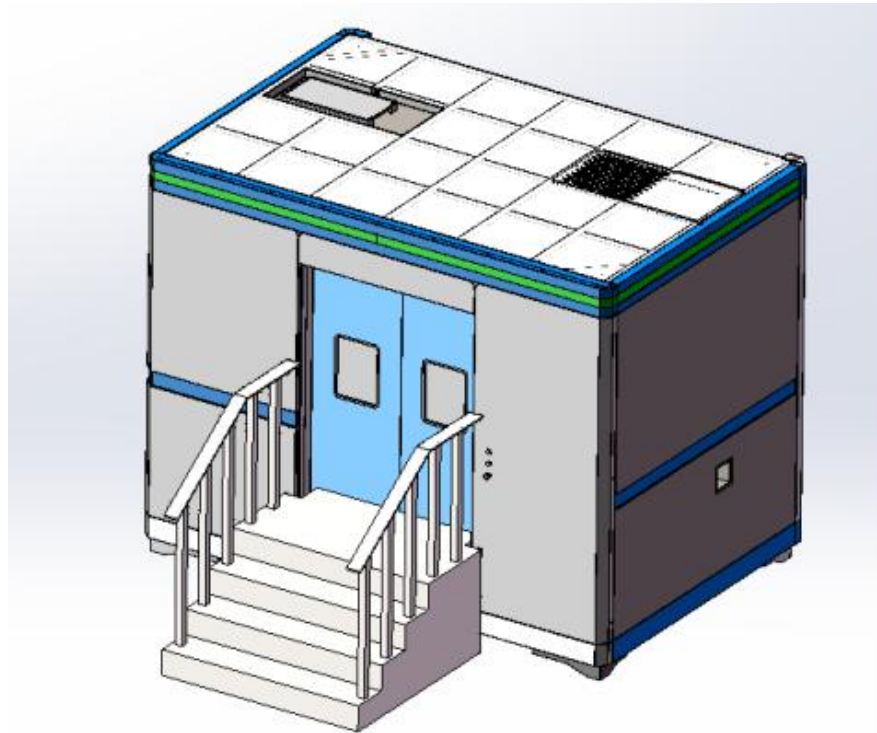


图 9-1 设备整体外观图

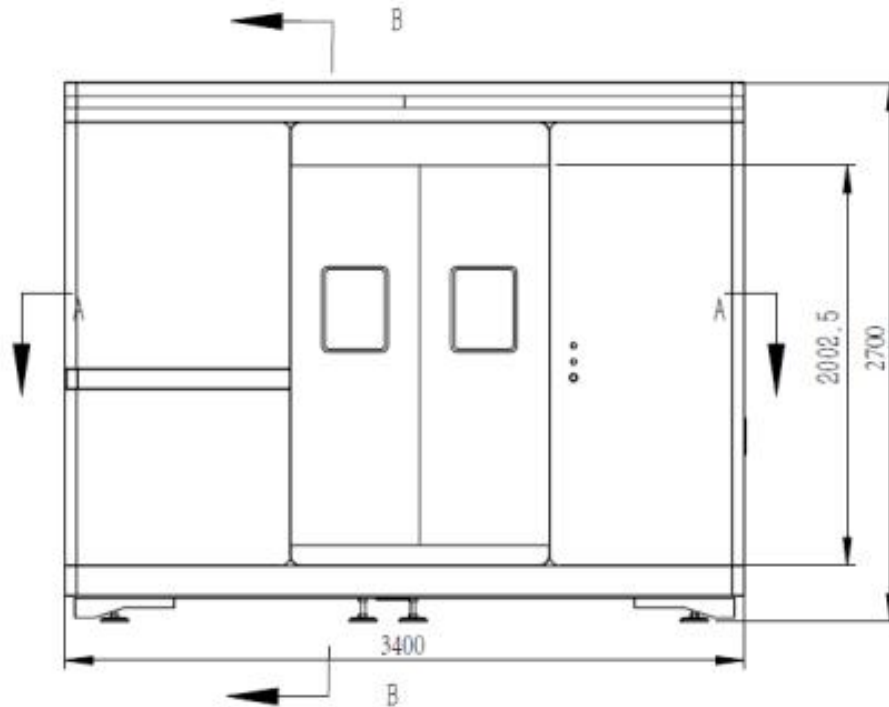


图 9-2 自屏蔽 CT 机正视图

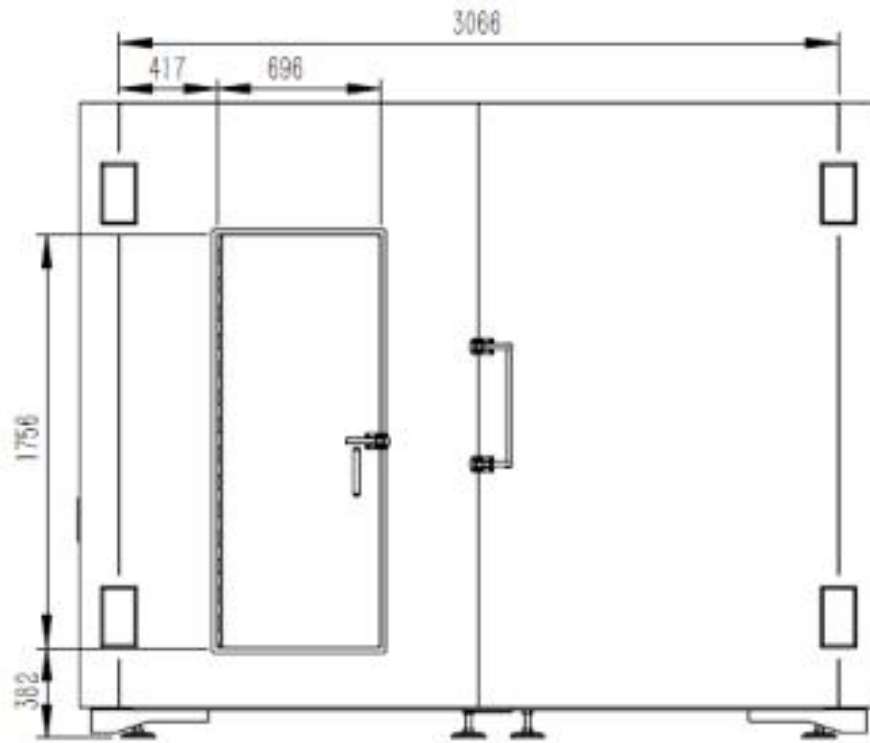


图 9-3 自屏蔽 CT 机后视图

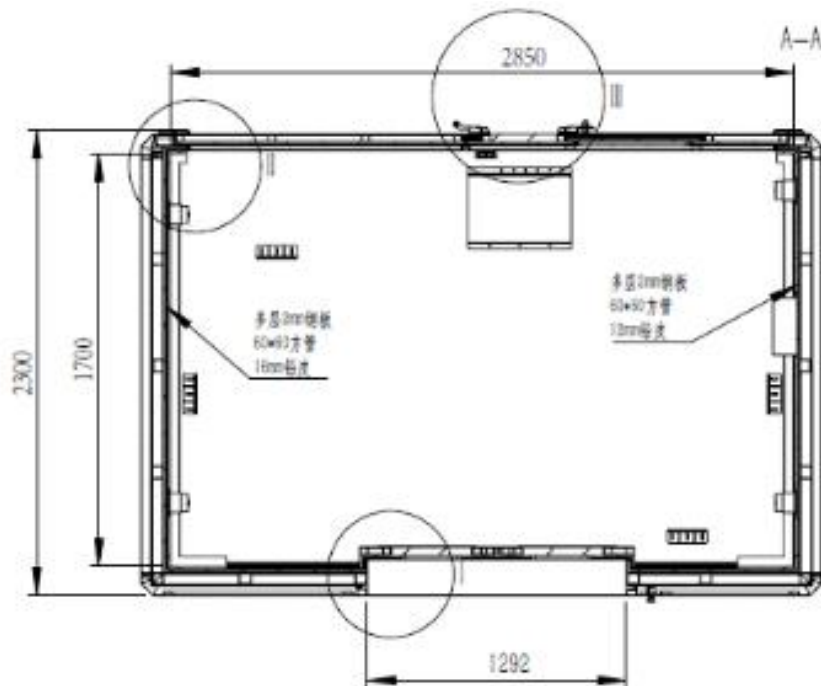


图 9-4 自屏蔽 CT 机俯视图

内部机构平台主要由 X 射线源运动机构、样品台运动机构、探测器运动机构和对角转换装置等机构组成，整体内部机构如图 9-5 所示。

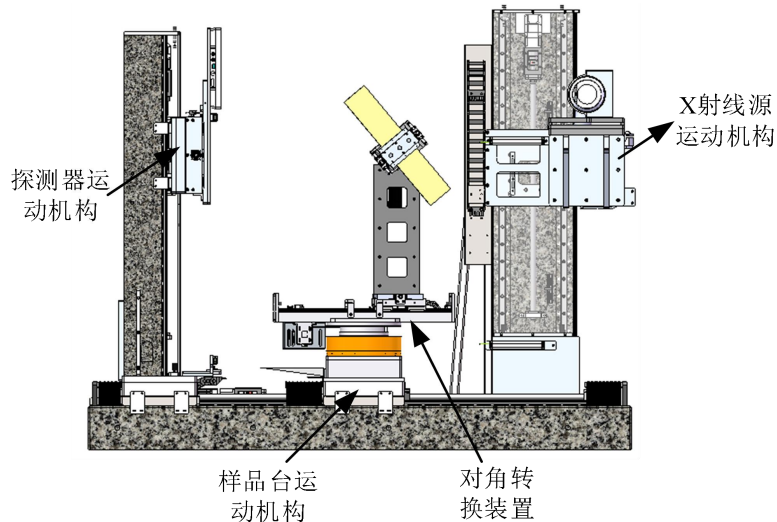


图 9-5 设备内部机构整体示意图

9.2.2 CT 设备工艺原理

本项目自屏蔽 CT 机用于多层叠片型动力电芯的检测，在不破坏样品状态的情况下，可完成电池的快速扫描成像与极片自动检测分析，三维数字化直观描述样品的内部结构，并能具备物质定量成像功能。

检测电芯（或极芯）四角/两端头时，夹具在样品转台上固定电芯（或极芯）可自动转电芯检测对应的角或端头，实现一次上料可完成电芯（或极芯）四角/两端头扫描检测；电芯（或极芯）整体检测时，一次上料即可对整个电芯（或极芯）扫描完成。

X 射线源按照测试需求提供稳定的 X 射线，固定机构由射线源大理石立柱、射线源安装架和 X 射线源等组成，上述机构组合为 X 射线源运动机构，用于 X 射线源的 Z 方向运动，Z 方向运动范围为 1300mm，如图 9-6 所示。

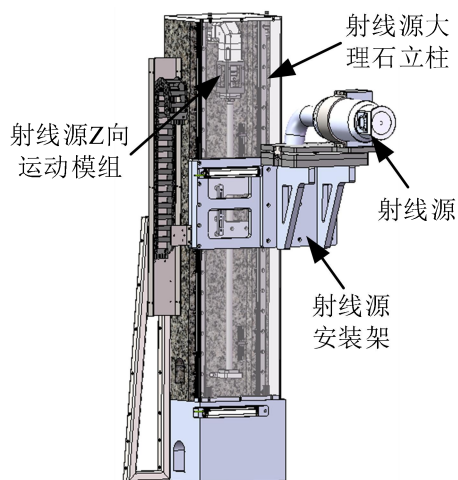


图 9-6 X 射线源运动机构

平板探测器接收穿过被检物的 X 射线，并进行 AD 转换，软件系统控制所有测试过程中的动作，进行数据采集、图像重建以及测试结果分析。通过 CT 扫描透视产品内部的结构信息和投影图像，软件自动重构 3D 图形，软件自动识别判定探伤针对工件的 overhang、极片层数、张勇角（锂电池张勇角是指锂电池的阳极和阴极之间的角度。在锂电池中，阳极和阴极之间的角度会影响电池的性能和安全性。因此，在设计和制造锂电池时，需要精确控制阳极和阴极之间的角度。目前，大多数锂电池的阳极和阴极之间的角度为 90 度或 60 度。）、极耳形态尺寸（电池是分正负极的，极耳就是从电芯中将正负极引出来的金属导体，极耳是一个“连接、导电、密封件”，由金属带和胶片两部分组成，并通过加热复合而成。）。

9.2.3 探伤过程

进行 X 射线探伤前，工作人员先打开防护门，把待测产品或夹具放至转台，关闭防护门。转台以设置好的路径移动至检测位，工作人员开机，自屏蔽 CT 机自动扫描成像、3D 重构，图像管接收透过物体的 X 射线传送到计算机处理，由计算机经过软件处理输出图像。根据 X 射线图像情况，软件自动或人工判断结果并标示，软件存储判定结果并呈现结果图，检测完成后关机。该系统照射方向为定向向东，完成一次检测后，工作人员关闭 X 射线，打开铅门，将检测完成的工件分拣，完成一轮探伤。检验完成后关机，检查全部完成后，关闭电脑、自屏蔽 CT 机电源和总电源。

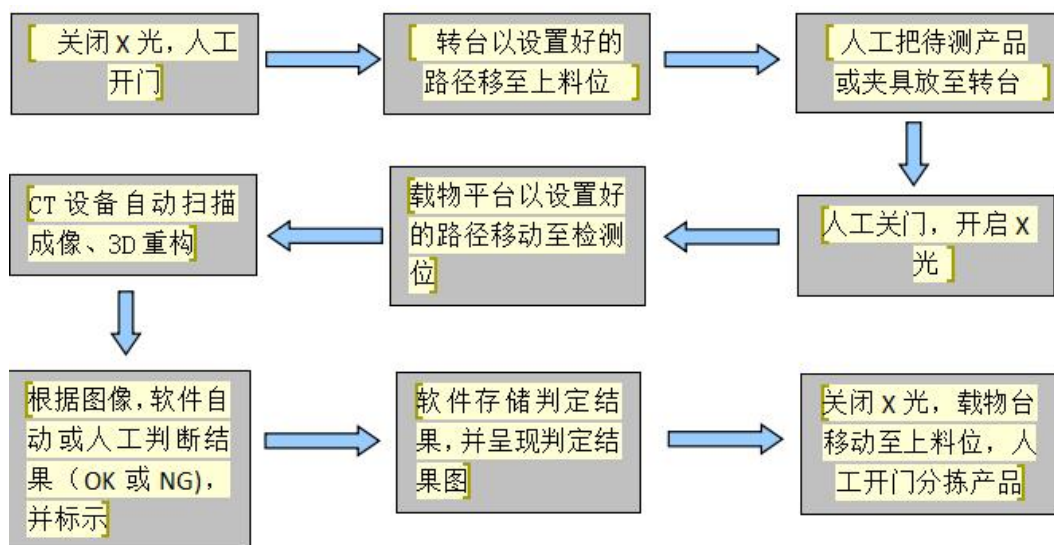


图9-7 探伤工艺流程图

9.2.4运行工况和人员配置计划

本项目拟于 4-2#厂房 CT 实验室配置一套 X 射线三维 CT 系统。依据建设单位提供资料，自屏蔽 CT 机型号为：HR225-C，定向机，射线管为 CometiVario MF 225 闭管微焦点 X 射线源（最大管电压为 225kV，最大工作管电流为 5mA），设备射线束固定朝东。探伤针对产品长度范围 100-1200mm，宽度范围 10-50mm，高度范围 80-250mm。年探伤工作时间为 7260h。所有探伤作业仅限探伤室内使用，不开展任何形式的室外探伤。根据建设单位资料，最大探伤工况为：年探伤工作时间共为 7260h。项目拟配 4 个辐射工作人员。

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，由自屏蔽CT机的工作原理可知，X射线随探伤机器的开、关而产生和消失。本项目使用的自屏蔽CT机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。本项目自屏蔽CT机顶部设有3台机械排风扇，可连续24h工作，独立对自屏蔽CT机内进行通排风，排风气流量是200m³/h，换风次数每小时将高达约21次，排风管道拟通过自屏蔽CT机顶部向上通过CT实验室顶部经所在车间东墙外排出，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。

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）自屏蔽 CT 机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 实验室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机联锁失效探伤期间，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。
自屏蔽CT机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

本项目位于台州弗迪电池有限公司 4-2# 厂房 CT 实验室, CT 实验室位于 4-2# 厂房南侧, 无地下层, 无上层建筑。本项目所涉及的 CT 实验室周围 50m 范围内, 其东侧为结构件库, 南侧为卫生间、厂区道路等, 西侧为会议室、叠片车间等, 北侧为装配机修配电房等。本项目所涉及的周围 50m 范围内均为本公司车间及厂区空地道路, 无居民区等环境敏感保护目标。

本项目设备由自屏蔽 CT 机和电控柜及操作位组成, 电控柜位于自屏蔽 CT 机西侧, 操作位位于自屏蔽 CT 机西南侧, 本项目自屏蔽 CT 机顶部设置 3 处通风口, 自屏蔽 CT 机与主机间的连接电缆, 通过“U”型线缆铅罩由 CT 机右侧和底部出线。自屏蔽 CT 机正侧防护门位于南侧, 主射方向朝东, 探伤针对产品长度范围 100-1200mm, 宽度范围 10-50mm, 高度范围 80-250mm, 探伤工件最大尺寸小于自屏蔽 CT 机防护门尺寸, 探伤工件方便出入。

本项目自屏蔽 CT 机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自屏蔽 CT 机防护面的门缝, 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; 另本项目探伤工作场所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

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 的要求, 辐射工作场所可分为控制区、监督区, 其划分原则如下: 控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域; 监督区是指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的区域。

由于自屏蔽 CT 机自屏材料的屏蔽作用, 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:自屏蔽CT机自屏蔽体内部区域划为控制区, CT实验室内除控制区外的区域划为监督区, 并在CT实验室设置电离辐射警告标识和中文警示说明。本项目控制区和监督区见图10-1。

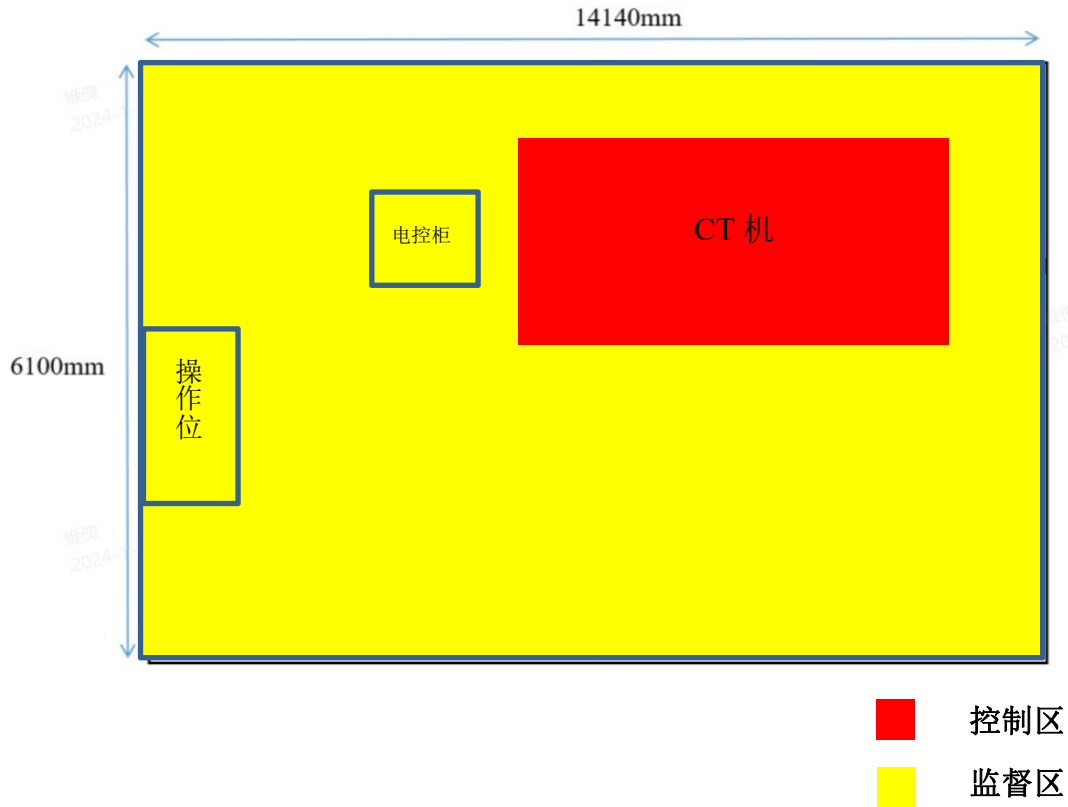


图 10-1 控制区、监督区划分示意图

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供的设计资料, 自屏蔽 CT 机六侧防护面及防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1。

表 10-1 自屏蔽 CT 机屏蔽情况一览表

项目	内容
CT 机净尺寸	3.4m (长) × 2.32m (宽) × 2.7m (高)
CT 机南侧、北侧	14mm 铅板+内外 2mm 钢板
CT 机东侧	16mm 铅板+内外 2mm 钢板
CT 机西侧	12mm 铅板+内外 2mm 钢板
顶部	14mm 铅板+内外 2mm 钢板
底部	14mm 铅板+内外 2mm 钢板
电缆管线	本项目 CT 机与主机间的连接电缆, 通过“U”型线缆铅罩由 CT 机右侧和底部出线。本项目 X 射线经过“U”型线缆口铅罩会经过至少 3 次散射到达线缆口处。
排风管道	本项目在 CT 机顶部设置 3 处通风口, 排风通过“U”字型铅罩穿过顶面防护面, 会经过至少 3 次散射。
正侧防护门	自屏蔽 CT 机南侧、14mm 铅板+内外 2mm 钢板、正侧防护门搭接

	采用双移动铅门，门洞的尺寸为 1.3m(宽)x1.9m(高)，门体的尺寸为 1.375m(宽)x1.995m(高)。和门洞四周搭接采用 L 型扣合，搭接长度 40mm，移门中间门缝 2mm，搭接长度 60mm。
背侧维护门	自屏蔽 CT 机北侧、14mm 铅板+内外 2mm 钢板

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

1、探伤工作场所安全防护措施

(1) 门机联锁：自屏蔽CT机有一处电动门用于取放物料，两处维护门用于设备检修。电动门设有限位开关、每个维护门设有安全开关，均为常开且串联。当任一开关断开时，射线源均断电。同时电控柜设置一处钥匙开关，需人工确认闭合后才能给射线源供电。限位开关、安全开关、钥匙开关通过安全控制电路给射线源高压发生器提供联锁信号,高压发生器接收到所有安全信号后才允许给射线管供电。

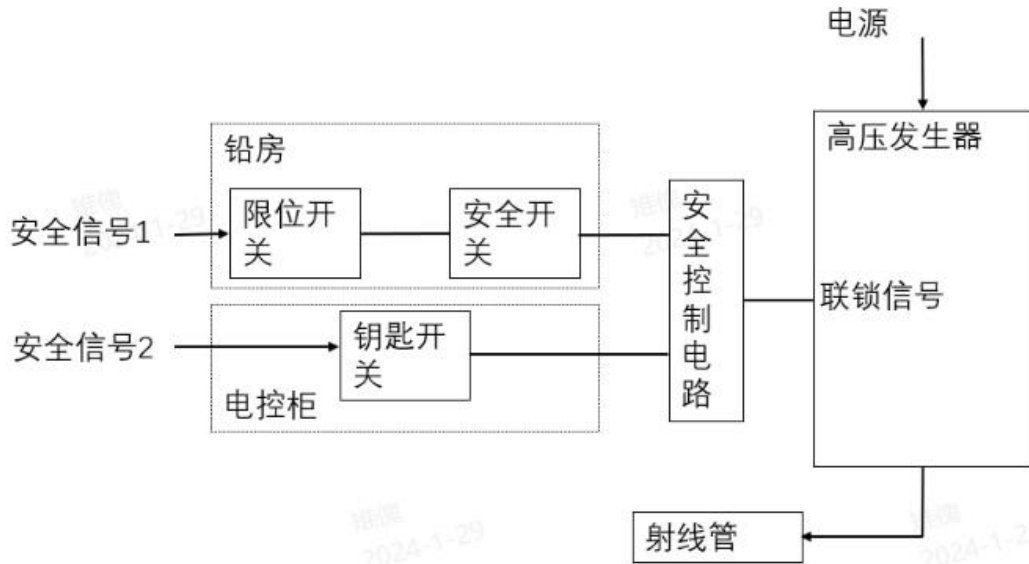


图 10-2 门机联锁逻辑图

(2) 自屏蔽CT机电控柜设有X射线钥匙开关，为系统的主电源开关；设X射线上电按钮，用于启动X射线的控制和冷却系统；门机连锁复位按钮，用于每次开关门后，需要按一下该按钮使连锁系统还原，才能再次开启X射线管。

(3) 自屏蔽CT机外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。

(4) 自屏蔽CT机内部对角设置两处摄像头，可监控CT机内的情况。

(5) 自屏蔽CT机防护门显著位置拟设有电离辐射警告标志和中文警示说明。

(6) 自屏蔽CT机前侧、电控柜和自屏蔽CT机内部均设置急停按钮，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实验室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮应当带有标签，标明使用方法。

(8) 本项目自屏蔽CT机顶部设有3台机械排风扇，可连续24h工作，独立对CT机内进行通排风，排风气流量是200m³/h，换气次数每小时将高达约21次，排风管道拟通过CT机顶部向上通过CT实验室顶部经所在车间东墙外排出，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。

(9) 各项辐射环境管理规章制度应张贴于CT实验室。

(10) 探伤工作场所内拟设置灭火器材，作为应急物资使用。

(11) 自屏蔽CT机设置一套固定式剂量率报警仪。

CT设备防护措施图见图 10-3 至 10-7。

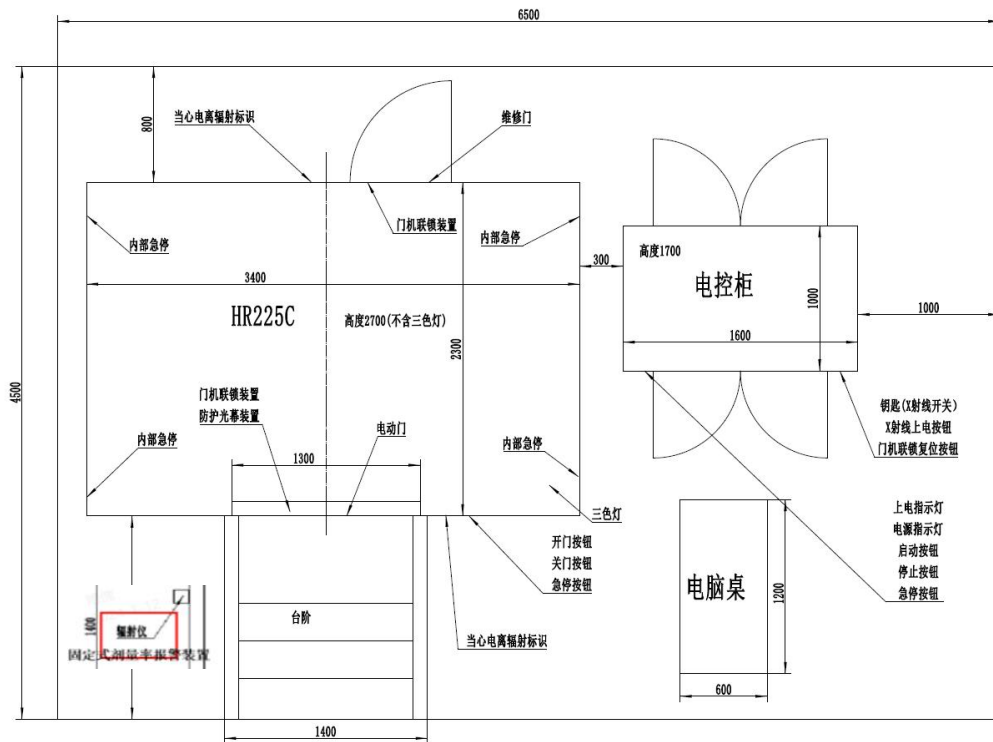


图10-3 CT设备防护措施平面布局示意图

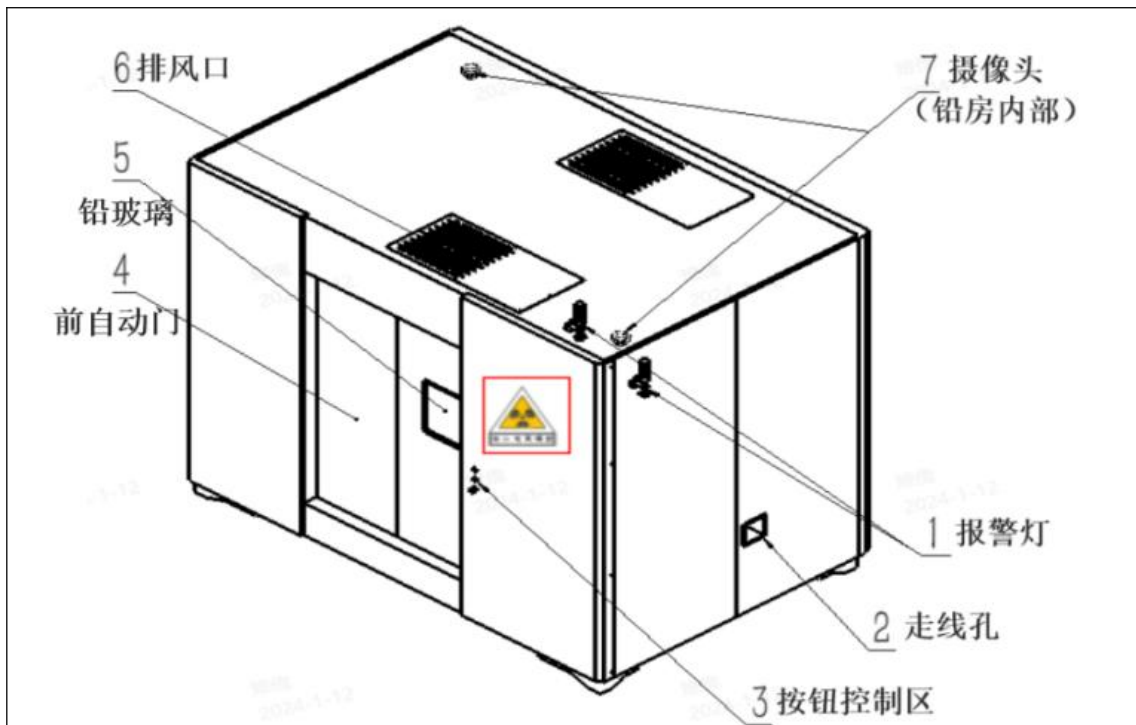


图10-4 自屏蔽CT机防护措施布局示意图(轴侧视图)

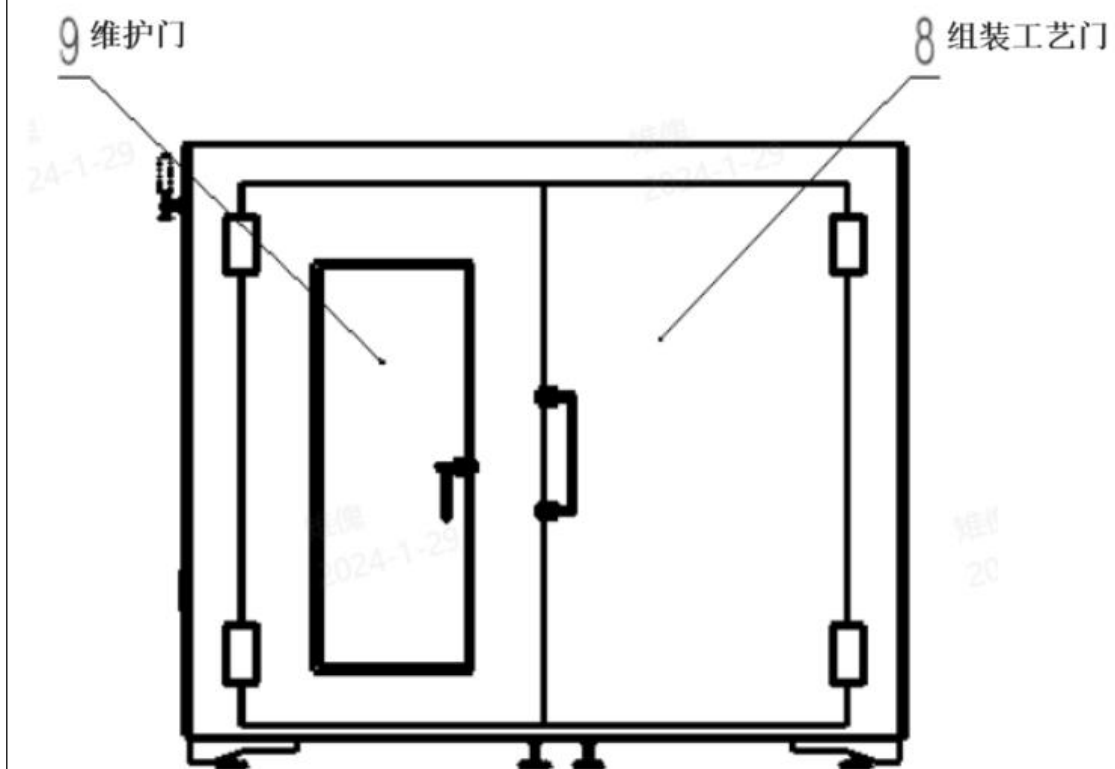


图10-5 自屏蔽CT机防护措施布局示意图(后视图)

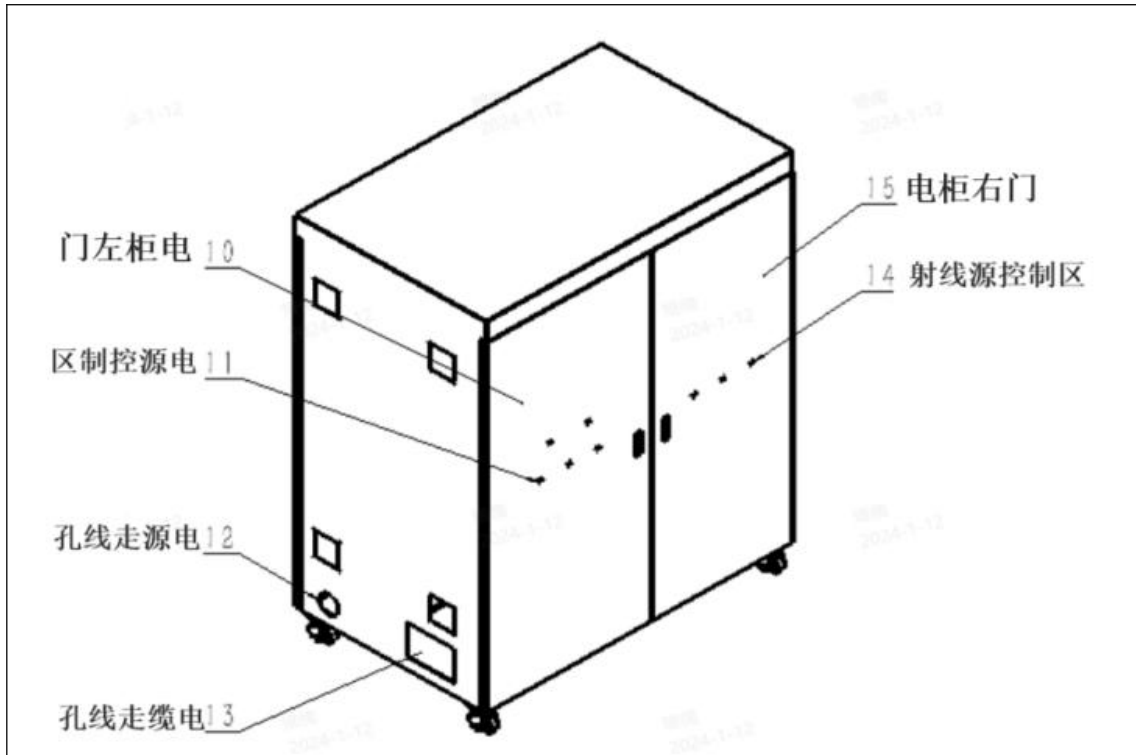


图10-6 电控柜防护措施布局示意图(轴侧视图)

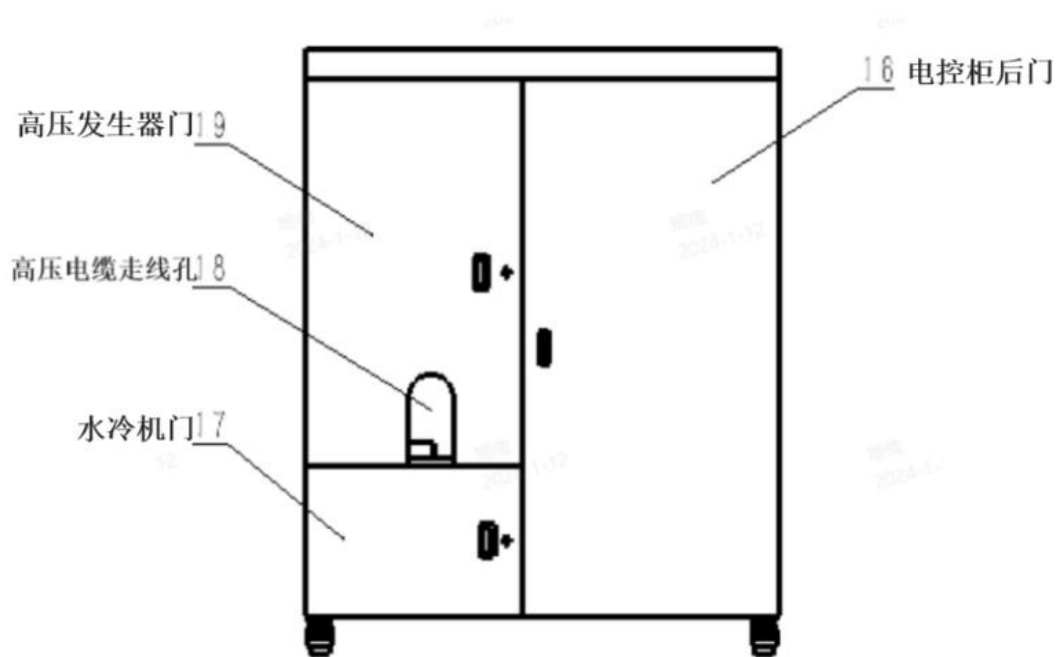


图10-7 电控柜防护措施布局示意图(后视图)

2、电控柜安全防护措施

- (1) 拟设置X射线上电按钮；
- (2) 拟设置上电警示灯和电源指示灯；

(3) 拟设置门机连锁复位按钮；

(4) 拟设钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X射线管才能出束；
钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出；

(5) 拟设置启动按钮、停止按钮和紧急停机按钮。

3、安全操作要求

(1) 探伤工作人员进入CT实验室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪和辐射监测巡测仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，探伤工作人员应立即离开CT实验室，同时阻止其他人进入CT实验室，并立即向辐射防护负责人报告；

(2) 应定期测量自屏蔽CT机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，应终止探伤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，则不应开始探伤工作；

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

(5) 在每一次照射前，操作人员都应该确认自屏蔽CT机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。

4、探伤装置的检查和维护

(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：

a)CT机外观是否完好；

b)检查设备的各操作按钮功能是否正常；

c)检查直线导轨、弧形滑轨以及各传动部件是否有障碍物，如有立即清理，
以免造成机器损坏；

d)安全连锁是否正常工作；

e)报警设备和警示灯是否正常运行；

f)螺栓等连接件是否连接良好；

g)CT机安装的固定辐射检测仪是否正常。

(2) 自屏蔽CT机的维护应符合下列要求：

a)使用单位应对自屏蔽CT机的设备维护负责，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；

b)设备维护包括自屏蔽CT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。

5、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和个人剂量报警仪，工作期间必须正常佩戴；

(2) 应建立自屏蔽CT机使用台账及相关危险废物管理台账。

根据《工业探伤辐射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求，本项目探伤管理辐射防护设施具体配置计划见表10-2。

表 10-2 本项目探伤管理辐射防护设施配置计划表

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	2 台	/
3	个人剂量计	4 枚	/
4	电离辐射警示标志	/	/
5	工作警示灯	2 组	/
6	紧急停机按钮	6 个	/
7	门机联锁	2 套	/
8	固定式辐射剂量监测仪	1 套	/

10.2 三废的治理

本项目自屏蔽CT机无需洗片，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。产生的臭氧和氮氧化物可通过机械排放设施排出自屏蔽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。

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 4-2#厂房 CT 实验室配备一套 X 射线三维 CT 系统，由于 HR225-C 型自屏蔽 CT 机为整体机房，故本项目无需土建，只需设备安装，故本项目施工仅产生少量固体废物。

项目施工期产生的污染物主要包括：

(1) 固体废物

自屏蔽 CT 机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 实验室内进行，经过自屏蔽 CT 机自带屏蔽材料的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

为分析预测本项目投入运行后所引起的辐射环境影响，本项目选用《工业 X 射线探伤辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改清单中计算方法进行理论计算，预测背景为单台自屏蔽 CT 机在 CT 实验室内运行。

依据建设单位提供资料，本项目公司拟在 4-2#厂房装配车间 CT 实验室配备 1 套 X 射线三维 CT 系统，自屏蔽 CT 机型号为：HR225-C，定向机，射线管为 CometiVario MF 225 闭管微焦点 X 射线源、最大管电压为 225kV、最大工作管电流为 5mA，属于 II 类射线装置。自屏蔽 CT 机射线束固定朝东，因此自屏蔽 CT 机东侧防护面以有用线束照射的主射面进行预测，西、南、北侧、顶部防护面及防护门均以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）进行估算。

本次评价以最大管电压设备进行保守计算，自屏蔽 CT 机运行时最大管电压为 225kV，最大管电流均为 5mA。年探伤工作时间共为 7260h。

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.2 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 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目取值 5mA；

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 $>200\text{kV}$ 时， \dot{H}_L 取值 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

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：

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

式中：I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目取值 5mA；

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）至探伤工件的距离，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 射线探伤装置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。

11.2.2 参数选取

本项目探伤工作场所无地下室，因此不考虑地下关注点。辐射屏蔽计算相关参数见表 11-1、表 11-2。

表 11-1 定向机屏蔽计算相关公式参数选取一览表

物理量	距辐射源点 1m 处输出量 H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	什值层厚度 TVL (mm)			
		泄漏辐射 ^②		散射辐射 ^③	
		Pb	混凝土	Pb	混凝土
数据	6.84×10^5 ^①	2.15	88	1.4	86

注：①：根据建设单位所给资料及《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 225kV X 射线在 3mm 铝过滤条件下输出量为 $11.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，以等量值的 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 进行屏蔽计算，即取 $6.84\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

②：查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.2，由内插法得 225kV 管电压下的相应 TVL 值为：铅 2.15mm，混凝土 88mm；

③：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录表 2，查得 X 射线管电压 $200 < kV \leq 300kV$ 范围内，X 射线 90° 散射辐射最高能量为 200kV，并由此查附录 B 表 B.2 的相应值，确定 90° 散射的 TVL 为：铅 1.4mm，混凝土 86mm。

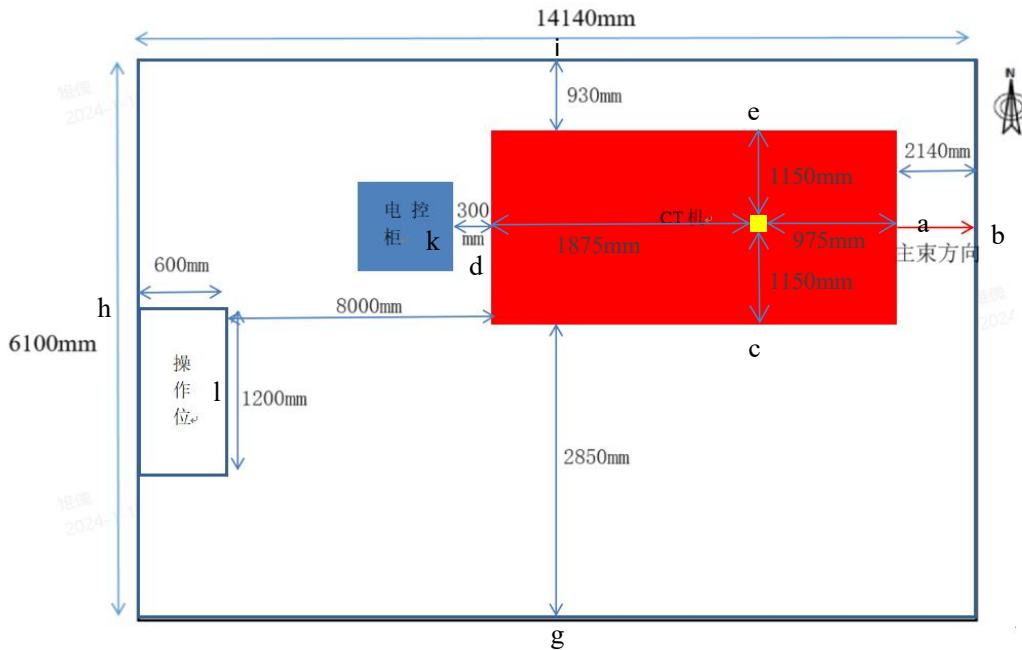


图 11-1 CT 室关注点位图（距离计算详见表格附注）

表 11-2 CT 辐射屏蔽计算相关参数一览表

关注点位		与关注点的距离 (m) ^①			屏蔽参数	透射因子 B	需考虑的屏蔽辐射类型
		有用线束	泄漏辐射	散射辐射			
a	自屏蔽 CT 机东防护面外 30cm 处	1.275	—	—	16mmPb	1×10^{-7}	有用线束 ^②
b	CT 实验室东侧墙外 30cm 处	3.415	—	—	16mmPb	1×10^{-7}	有用线束
c	自屏蔽 CT 机南防护面外 30cm 处	—	1.15	1.15	14mmPb	3.08×10^{-7}	泄漏辐射 ^③
						1×10^{-10}	散射辐射 ^④
d	自屏蔽 CT 机西防护面外 30cm 处	—	2.175	2.175	12mmPb	2.62×10^{-6}	泄漏辐射
						2.68×10^{-9}	散射辐射
e	自屏蔽 CT 机北防护面外 30cm 处	—	1.15	1.15	14mmPb	3.08×10^{-7}	泄漏辐射
						1×10^{-10}	散射辐射
f	自屏蔽 CT 机顶部防护面外 30cm 处	—	0.572	0.572	14mmPb	3.08×10^{-7}	泄漏辐射
						1×10^{-10}	散射辐射

g	CT 室南墙外 30cm 处	——	4	4	14mmPb	3.08×10^{-7}	泄漏辐射
						1×10^{-10}	散射辐射
h	CT 室西墙外 30cm 处	——	10.775	10.775	12mmPb	2.62×10^{-6}	泄漏辐射
						2.68×10^{-9}	散射辐射
i	CT 室北墙外 30cm 处	——	2.08	2.08	14mmPb	3.08×10^{-7}	泄漏辐射
						1×10^{-10}	散射辐射
j	CT 室顶棚外 30cm 处	——	1.662	1.662	14mmPb	3.08×10^{-7}	泄漏辐射
						1×10^{-10}	散射辐射
k	电控柜	——	2.175	2.175	12mm 铅	2.62×10^{-6}	泄漏辐射
						2.68×10^{-9}	散射辐射
l	操作位	——	9.875	9.875	12mm 铅	2.62×10^{-6}	泄漏辐射
						2.68×10^{-9}	散射辐射
m	会议室	——	15.475	15.475	12mm 铅	2.62×10^{-6}	泄漏辐射
						2.68×10^{-9}	散射辐射
n	厂区道路	——	13.7	13.7	14mm 铅	3.08×10^{-7}	泄漏辐射
						1×10^{-10}	散射辐射

注：①：CT 实验室内尺寸为 14.14m（长）×6.1m（宽）×3.79m（高），忽略 CT 实验室的墙体，仅以 CT 机房自带屏蔽体进行计算，辐射原点距离各处计算如下：

自屏蔽 CT 机东侧防护面 30cm 处： $R=0.975+0.3=1.275\text{m}$

自屏蔽 CT 机南侧防护面（正侧防护门）30cm 处： $R=0.85+0.3=1.15\text{m}$

自屏蔽 CT 机西侧防护面 30cm 处： $R=1.875+0.3=2.175\text{m}$

自屏蔽 CT 机北侧防护面（北侧防护门）30cm 处： $R=0.85+0.3=1.15\text{m}$

自屏蔽 CT 机顶部防护面 30cm 处： $R=0.272+0.3=0.572\text{m}$

CT 实验室东侧墙外 30cm 处： $R=0.975+2.14+0.3=3.415\text{m}$

CT 实验室南侧墙外 30cm 处： $R=0.85+2.85+0.3=4\text{m}$ ；

CT 实验室西侧墙外 30cm 处： $R=1.875+8.6+0.3=10.775\text{m}$ ；

CT 实验室北侧墙外 30cm 处： $R=0.85+0.93+0.3=2.08\text{m}$ ；

CT 实验室顶棚外 30cm 处： $R=0.272+1.09+0.3=1.662\text{m}$ ；

电控柜： $R=1.875+0.3=2.175\text{m}$ ；

操作位： $R=1.875+8\text{m}=9.875\text{m}$ ；

会议室： $R=1.875+8.6+5=15.475\text{m}$ ；

厂区道路： $R=0.85+2.85+10=13.7\text{m}$ 。

②查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 图 B.1，由内插法得 225kVX 射线此工况下有用线束穿过 16mm 铅的屏蔽因子保守计为 1×10^{-7} ；

③：泄露辐射透射因子由表 11-1 中什值层厚度 TVL 和表 11-2 屏蔽参数的数据，根据式 11-2 计算得到。

④：散射辐射透射因子由表 11-1 中什值层厚度 TVL 和表 11-2 屏蔽参数的数据，根据式

11-2 计算得到。

11.2.3 估算结果

辐射屏蔽影响预测结果见表 11-3。

表 11-3 CT 实验室辐射屏蔽理论计算结果一览表

关注点位		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 ($\mu\text{Sv/h}$)	GBZ117-202 2 标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
a	自屏蔽 CT 机 东防护面外 30cm 处	0.21	—	—	0.21	2.5
b	CT 实验室东侧 墙外 30cm 处	2.93×10^{-2}	—	—	2.93×10^{-2}	2.5
c	自屏蔽 CT 机 南防护面外 30cm 处	—	1.16×10^{-3}	5.17×10^{-6}	1.17×10^{-3}	2.5
d	自屏蔽 CT 机 西防护面外 30cm 处	—	2.77×10^{-3}	3.88×10^{-5}	2.81×10^{-3}	2.5
e	自屏蔽 CT 机 北防护面外 30cm 处	—	1.16×10^{-3}	5.17×10^{-6}	1.17×10^{-3}	2.5
f	自屏蔽 CT 机 顶部防护面外 30cm 处	—	4.71×10^{-3}	2.09×10^{-5}	4.73×10^{-3}	2.5
g	CT 室南墙外 30cm 处	—	9.62×10^{-5}	4.28×10^{-7}	9.66×10^{-5}	2.5
h	CT 室西墙外 30cm 处	—	1.13×10^{-4}	1.58×10^{-5}	1.29×10^{-4}	2.5
i	CT 室北墙外 30cm 处	—	3.56×10^{-4}	1.58×10^{-6}	3.58×10^{-4}	2.5
j	CT 室顶棚外 30cm 处	—	5.58×10^{-4}	2.48×10^{-6}	5.60×10^{-4}	2.5
k	电控柜	—	2.77×10^{-3}	3.88×10^{-5}	2.31×10^{-3}	2.5
l	操作位	—	1.34×10^{-4}	1.88×10^{-6}	1.36×10^{-4}	2.5
m	会议室	—	5.47×10^{-5}	7.65×10^{-7}	5.55×10^{-5}	2.5
n	厂区道路	—	8.20×10^{-5}	3.64×10^{-8}	8.24×10^{-5}	2.5

根据表 11-3 计算结果对比可知，自屏蔽 CT 机在最大工况运行时，各关注

点辐射剂量率最大值位于自屏蔽 CT 机东防护面外 30cm 处, 数值为 $0.21\mu\text{Sv/h}$, 操作位辐射剂量率为 $1.36 \times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$, 顶棚外辐射剂量率最大值为 $1.98 \times 10^{-3}\mu\text{Sv/h}$, 则满足《工业探伤辐射防护标准》(GBZ 117-2022) 中“X 射线探伤室墙和入口门关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

11.2.4 天空反散射屏蔽

根据 NCRP-151 号报告, 计算公式为

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

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 1×10^{-10} ;

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 $D_{10}=60 \times 0.0114 \times 225 \times 1=153.9\text{Sv/h}$;

Ω ——由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角, Sr, 本项目 Ω 为 7.63Sr;

d_i ——在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离, m, 本项目 d_i 为 3.362m;

d_s ——X 射线源至 P 点的距离, m, 本项目 d_s 为 10.775m。

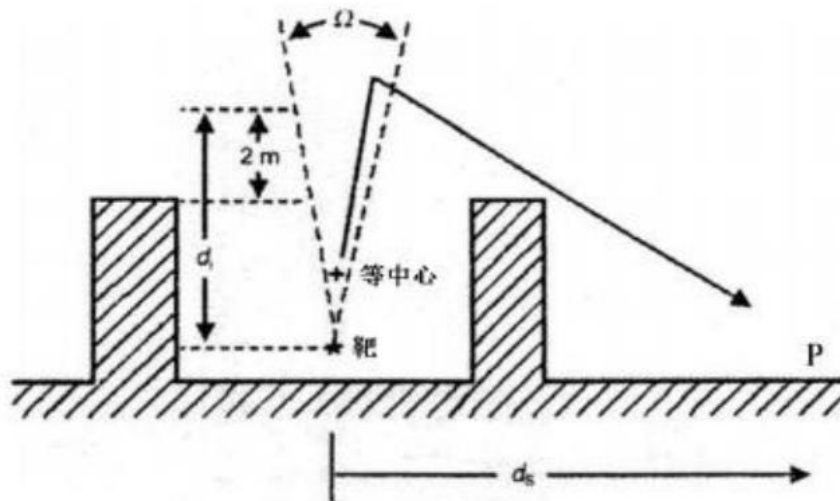


图 11-2 X 射线天空反散射示意图

由理论计算结果可知, 本项目天空反散射的 X 射线周围剂量当量率为 $4.12 \times 10^{-12}\mu\text{Sv/h}$, 且张立角范围内均无环境保护目标, 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 CT 实验室外地面附近的辐射剂量率与穿出 CT 实验室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 μ Sv/h，符合辐射防护的要求。

11.2.4 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， μ 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 11-4 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 11-5 人员受照剂量计算参数及计算结果一览表

关注点	剂量值 μ Sv/h	居留因子 T	年工作时间 t	年剂量估算值 mSv/a	类型
自屏蔽 CT 机东防护面外 30cm 处	0.21	1	3630	0.762	职业照射
CT 实验室东侧墙外 30cm 处	2.93×10^{-2}	1/4	3630	2.62×10^{-2}	公众照射
自屏蔽 CT 机南防护面外 30cm 处	1.17×10^{-3}	1	3630	4.25×10^{-3}	职业照射
自屏蔽 CT 机西防护面外 30cm 处	2.81×10^{-3}	1	3630	1.02×10^{-2}	职业照射

自屏蔽 CT 机 北防护面外 30cm 处	1.17×10^{-3}	1	3630	4.25×10^{-3}	职业照射
自屏蔽 CT 机 顶部防护面外 30cm 处	4.73×10^{-3}	1/16	3630	1.07×10^{-3}	(不上人, 保守考虑)
CT 室南墙外 30cm 处	9.66×10^{-5}	1/4	3630	8.77×10^{-5}	公众照射
CT 室西墙外 30cm 处	1.29×10^{-4}	1/4	3630	1.17×10^{-4}	公众照射
CT 室北墙外 30cm 处	3.58×10^{-4}	1/4	3630	3.25×10^{-4}	公众照射
CT 室顶棚外 30cm 处	5.60×10^{-4}	1/16	3630	1.27×10^{-4}	(不上人, 保守考虑)
电控柜	2.31×10^{-3}	1	3630	8.39×10^{-3}	职业照射
操作位	1.36×10^{-4}	1	3630	4.94×10^{-4}	职业照射
会议室	5.55×10^{-5}	1/4	3630	5.04×10^{-5}	公众照射
厂区道路	8.24×10^{-5}	1/8	3630	3.74×10^{-5}	公众照射

根据表11-5可知,本项目自屏蔽CT机运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量最大为 0.762mSv/a (位于自屏蔽CT机东防护面外30cm处),操作位工作人员受照年有效剂量为 $4.94 \times 10^{-4}\text{mSv/a}$,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

$2.62 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$

20mSv/a的剂量限值要求。

本项目所致公众人员最大受照年有效剂量为(CT实验室东侧墙外30cm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。

11.2.5 非放射性污染环境的影响分析

(1) 臭氧和氮氧化物

自屏蔽CT机在开机状态下,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。本项目自屏蔽CT机顶部设有3台机械排风扇,可连续24h

工作，独立对CT机内进行通排风，排风气流量是200m³/h，换风次数每小时达约21次，排风管道拟通过自屏蔽CT机顶部向上通过CT实验室顶部经所在车间东墙外排出，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，不会形成局部聚集，对大气环境影响较小。

11.3 CT 实验室屏蔽防护能力分析

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，结合该公司自屏蔽 CT 机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 实验室的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，该 CT 实验室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：自屏蔽 CT 机防护门防护性能、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）该公司使用的自屏蔽 CT 机在探伤过程中产生的 X 射线，使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，探伤室通过机械排风系统将臭氧和氮氧化物排出 CT 实验室外，不会对工作人员和公众成员产生影响。

因此，该公司 CT 实验室屏蔽能力能达到管电压不大于 225kV、管电流不大于 5mA 的自屏蔽 CT 机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

公司拟购的自屏蔽 CT 机属于 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）自屏蔽 CT 机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 实验室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机联锁失效探伤期间，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；

考虑自屏蔽 CT 机产生 X 射线能量与管电压的关系，从保守角度，本次主要估算自屏蔽 CT 机在无屏蔽设施情况下，管电压为 225kV、管电流为 5mA 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 225kV X 射线在 3mm 铝过滤条件下输出量为 11.4mGy·m²/（mA·min）。

表 11-6 自屏蔽 CT 机不同距离、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	28.5	12.67	7.13	4.56	3.17	2.33	1.78
1	57	25.33	14.25	9.12	6.33	4.65	3.56
2	114	50.67	28.5	18.24	12.67	9.31	7.13
3	171	76	42.75	27.36	19	13.96	10.69
4	228	101.33	57	36.48	25.33	18.61	14.25

由表 11-6 所接受的剂量估算结果可以看出，当自屏蔽 CT 机处于工作状态，

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) 公司配备 1 台 X- γ 剂量率巡测仪，辐射工作人员每人配备个人剂量计，配置 2 台个人剂量报警仪。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) 自屏蔽 CT 机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 实验室内设置紧急开关，当人员被误关在自屏蔽 CT 机内时，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。自屏蔽 CT 机防护门旁设置灯光报警装置，可以避免检测装置工作时其它人员误入自屏蔽 CT 机的事故。

(3) 定期对工业 X 射线探伤工作场所的安全和防护措施、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

对于自屏蔽 CT 机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。

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，台州弗迪电池有限公司使用 II 类射线装置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。

主要职责：加强对本企业员工自我防护意识教育，防止意外伤害；加强对自屏蔽CT机的检查管理，确保保持在安全监控状态；定期对自屏蔽CT机进行巡回检查；发现射线装置损坏和丢失要立即向领导报告，对知情不报造成后果者，将追究法律责任。

台州弗迪电池有限公司应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《放射防护安全管理机构及职责》内容包括：

（1）该单位已确定本单位辐射工作安全责任人，设置以行政主管领导为组长的辐射防护领导机构，全面负责公司辐射安全管理工作；

（2）指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作，要求认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合公司实际情况制定安全规章制度并检查监督实施；

（3）负责辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训，规定成员的职责，做到分工明确、职责分明；

（4）检查安全环保设施，开展环保监测，对本项目安全防护情况进行年度评估；

（5）实施辐射工作人员的健康体检并做好职业健康检查的档案管理工作；

（6）辐射防护领导机构应加强监督管理，切实保证各项规章制度的实施，编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；

（7）定期向生态环境部门报告安全工作，接受生态环境部门的监督和检查。

12.1.2辐射人员管理

(1) 个人剂量检测

该单位4名辐射工作人员必须配置个人剂量计和个人剂量报警仪。使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计每3个月到有资质的单位检测一次，并需建立个人剂量档案，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。

该单位从事辐射操作的4名工作人员，须参加辐射安全与防护培训，并须考核合格后方可上岗，目前已有2位工作人员获得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

该单位4名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。

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。辐射安全与防护状况年度评估报告应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；其他有关法律、法规规定的落实情况等方面的内容。

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。

公司从事辐射操作前需制定的制度如下：

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，重点是自屏蔽 CT 机的运行和维修时辐射安全管理。

探伤室安全操作规程：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、自屏蔽 CT 机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确自屏蔽 CT 机的操作步骤，探伤前对辐射安全措施的检查等，确保辐射安全措施的有效性；确保辐射工作安全有效运转；明确本项目定向机主射方向；确保避免产生额外辐射照射。

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，开启检测装置试探伤，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：建立自屏蔽 CT 机的档案和台账，贮存、使用射线装置时及时进行登记、检查，做到帐物相符登记内容包括射线装置的生产单位、到货日期、规格型号等，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：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。

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，包括演练模拟的故事情节；演练参与人员等。

自行检查和年度评估制度：定期对自屏蔽CT机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。如每天进行门机联锁安全装置、工作指示灯和电离辐射标志检查，每月核实规章制度执行情况，每季度进行个人剂量档案归档及检查，每年进行身体健康档案归档及检查等。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。

危险废物处理制度：本项目自屏蔽CT机使用数字成像系统，无需洗片，不会产生废显（定）影液及废胶片等危险废物。

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；新增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

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤辐射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应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。公司拟为每名辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，配备1台X-γ剂量率巡测仪。

12.3.2 个人剂量监测

探伤工作人员工作时应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计须定期（一般为一个月，最长不得超过三个月）送有资质的单位检测一次。公司应建立剂量管理限值和剂量评价制度，对受到超剂量限值的应进行评价，跟踪分析高剂量的原因，优化实践行为，并指定专职辐射管理人员负责对个人剂量检测结果（检测报告）统一管理，建立档案，个人剂量档案应当长期保存。

12.3.3 探伤工作场所辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。建设单位应制定检测计划，并建立监测技术档案，检测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案，具体内容为：

- （1）检测项目：X-γ辐射剂量率。
- （2）检测频度：自主监测每季一次，年度监测每年常规检测一次。
- （3）检测范围：自屏蔽CT机四周防护面外、铅门及缝隙处、工作人员操作位、电缆孔及排风口等。
- （4）检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

③ 监测内容和要求

A、监测内容：周围剂量当量率。

B、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

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
------	------	------	------	------	------

本项目探伤工作场所	周围剂量当量率	年度监测	自屏蔽CT机四侧防护面及防护门外30cm离地面高度为1m处，操作台，各电缆管道口、通风口及人员常驻留位置	《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/季
		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）	一般为一个月，最长不得超过三个月

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验收技术规范污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）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》。对突发放射性事故，企业应坚持以预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的方针，建立和加强相应的监测、应急制度，做到及时发现、及时报告、快速反应、及时控制。同时要制定计划定期组织应急人员进行应急预案的培训和演练，不断完善应急反应机制，增强应急处理能力，实现应急工作的科学化、规范化。

（一）辐射事故应急远中应明确应急机构和职责分工（具体人员和联系电

话），辐射事故分级与应急响应措施和辐射事故调查、报告和处理程序。

（二）组织机构及职责

①由辐射防护领导机构全面负责辐射事故的应急处理，保障事故处理的有效性、快捷性。

②由总经理或行政主管领导担任总指挥，听取事故情况汇报，并组织29放射防护安全管理领导小组会议，制定处理方案，并及时向环保部门、卫生部门和公安部门报告。

③辐射防护领导机构其它成员在总指挥的统一领导下，开展事故现场救援、调查处理和善后处理工作。

（三）应急处置程序

①发生放射性事故时，现场工作人员应立即采取切断射线装置电源、并报告公司领导。

②公司领导接到报告必须立即赶往现场，并采取封闭现场等有效措施，防止事故的进一步扩大和蔓延，2小时内填写辐射事故初始报告表，明确事故类型（丢失、被盗、误照射等），并根据事故类型及时（两小时内）向当地生态环境、卫生、公安等职能部门报告。

③生态环境部门、卫生部门、公安部门接到辐射事故报告后立即赶赴现场，进行处理，建设单位应积极配合，做好相关工作。

④事故发生后，建设单位应认真配合生态环境部门进行调查。事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。建设单位必须加强管理，杜绝辐射安全事故的发生。

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

公司为了开展弗迪电池事业部多层叠片型动力电芯的检测项目，拟配备 1 套 X 射线三维 CT 系统，自屏蔽 CT 机型号为：HR225-C，定向机，射线管为 CometiVario MF 225 闭管微焦点 X 射线源（最大管电压为 225kV，最大工作管电流为 5mA），为 II 类射线装置。

(2) 项目位置

台州弗迪电池有限公司位于浙江省台州市仙居县东部工业新城张店区块张店村北侧，具体地理位置见附图 1。

本项目拟于台州弗迪电池有限公司 4-2# 厂房 CT 实验室配置一套 X 射线三维 CT 系统，CT 实验室位于 4-2# 厂房南侧，无地下层，无上层建筑。本项目所涉及的 CT 实验室周围 50m 范围内，其东侧为结构件库，南侧为卫生间、道路，西侧为会议室、叠片车间，北侧为装配机修配电房等。CT 实验室周边 50m 环境示意图见附图 4。

(3) 项目分区及布局

由于本项目自屏蔽 CT 机自屏材料的屏蔽作用，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，将自屏蔽 CT 机自屏蔽体内部区域划为控制区，CT 实验室内除控制区外的区域划为监督区，并在 CT 实验室设置电离辐射警告标识和中文警示说明。对监督区不采取专门防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率。在正常工作过程中，监督区内不得有无关人员滞留。由上述计算可知，本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定。

(4) 辐射安全防护措施结论

本项目自屏蔽 CT 机为自带屏蔽防护铅房，铅房采用铅钢结构设计，铅房净尺寸为 3400m(长)×2300m(宽)×2700m(高)。南侧（正侧防护门）、北侧、底部及顶部防护面为 14mm 铅板+内外 2mm 钢板，西侧防护面为 12mm 铅板+内外 2mm 钢板，东侧防护面为 16mm 铅板+内外 2mm 钢板。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 4 枚个人剂量计和 2 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。

（5）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。

建设单位拟组织4名新增辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，考核合格后方能上岗，并拟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

自屏蔽 CT 机在最大工况运行时，各关注点辐射剂量率最大值位于自屏蔽 CT 机东防护面外 30cm 处，数值为 $0.21\mu\text{Sv/h}$ ，操作位辐射剂量率为 $1.36 \times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$ ，顶棚外辐射剂量率最大值为 $1.98 \times 10^{-3}\mu\text{Sv/h}$ ，则满足《工业探伤辐射防护标准》（GBZ 117-2022）中“X 射线探伤室墙和入口门关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

（2）个人剂量影响预测结论

本项目自屏蔽CT机运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量最大为 0.762mSv/a （位于自屏蔽CT机东防护面外30cm处），操作位工作人员受照年有效剂量为 $4.94 \times 10^{-4}\text{mSv/a}$ ，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。

本项目所致公众人员最大受照年有效剂量为 $2.62 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ (CT 实验室东侧墙外 30cm 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机械排风系统排出CT实验室，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。

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

台州弗迪电池有限公司位于浙江省台州市仙居县东部工业新城张店区块张店村北侧，为了开展弗迪电池事业部多层叠片型动力电芯的检测项目，拟配备 1 套 X 射线三维 CT 系统，对生产产品进行无损探伤检测工作。因此，该项目的实践是必要的。所有探伤作业仅限探伤室内使用，不开展任何形式的室外探伤。其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合标准中关于“剂量限值”的要求。本项目产生的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002) 中“实践的正当性”原则。

(3) 选址合理性分析

本项目位于台州弗迪电池有限公司 4-2#厂房 CT 实验室，不新增土地，周围无环境制约因素。项目 CT 实验室周围 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，该项目的建设和运行是可行的。

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) 承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

(6) 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。

(7) 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》（国环规环评〔2017〕4号），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。