

核技术利用项目
郑州弗迪电池有限公司六期园区
新增2台射线装置核技术利用项目
环境影响报告表

(送审稿)

郑州弗迪电池有限公司

2026 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

郑州弗迪电池有限公司

六期园区新增 2 台射线装置核技术利用项目

环境影响报告表

建设单位名称：郑州弗迪电池有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：何龙

通讯地址：郑州航空港经济综合实验区淮海路 211 号

邮政编码：451171；联系人：李浩

电子邮箱：；联系电话：；

目 录

表 1 项目基本概况	1
表 2 放射源	12
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置	13
表 5 废弃物	14
表 6 评价依据	15
表 7 保护目标与评价标准	17
表 8 环境质量和辐射现状	24
表 9 项目工程分析与源项	28
表 10 辐射安全与防护	37
表 11 环境影响分析	50
表 12 辐射安全管理	63
表 13 结论与建议	69
表 14 审批	72

附件附图

附件

附件 1：环评委托书

附件 2：营业执照

附件 3：辐射安全许可证

附件 4：原有核技术利用项目环保手续相关文件

附件 5：本底监测报告

附件 6：本项目基本情况

附件 7：辐射安全管理制度文件

附件 8：环评工程师现场踏勘照片

附图

附图 1：项目地理位置示意图

附图 2：六期园区局部平面布局图

附图 3：6-1B#厂局部平面布局图

附图 4：6-30#厂局部平面布局图

表 1 项目基本情况

建设项目名称		郑州弗迪电池有限公司六期园区新增 2 台射线装置核技术利用项目			
建设单位		郑州弗迪电池有限公司			
法人代表		何龙	联系人	李浩	联系电话
注册地址		郑州航空经济综合实验区淮海路 211 号			
项目建设地点		河南省郑州航空港区比亚迪六期园区 6-1B#厂房 CT 室及 6-30# 厂房			
立项审批部门		-		批准文号	-
建设项目总投资 (万元)					
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²)
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类 (医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	-			

1.1 建设单位概况

郑州弗迪电池有限公司（以下简称“建设单位”）是比亚迪下属子公司，成立于 2022 年 8 月 05 日，借助郑州良好的营商环境，在郑州规划建设动力电池“超级工厂”，作为电动车领域的领跑者和全球二次电池产业的领先者，郑州弗迪电池有限公司掌握了动力电池核心技术。

1.2 项目由来

随着新能源汽车市场的快速崛起，动力电池的质量和安全性变得至关重要。动力电池的生产中主要使用的电芯成型工艺有叠片和卷绕两种，动力电池同时具有圆柱、方壳、软包等多种电芯类型，不同类型电芯的具体生产过程又有所差异。然而在生产过程中，电池可能存在的缺陷如金属颗粒、杂质、极片破损、活性物质脱落等大量缺陷，不仅影

响电池性能，还可能带来安全隐患。动力电池生产商需要在保证高产品质量的同时不断提高电池产能，以满足来自新能源汽车主机厂的供货需求。

为了提高生产产品的质量，提升企业的整体竞争实力，郑州弗迪电池有限公司拟在六期园区 6-1B#厂房的 CT 室新增 1 套 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 及在 6-30#厂房新增 1 套 UND225 型 X 射线数字成像检测设备用于产品的无损检测。

根据《射线装置分类办法》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本次新增的设备属于Ⅱ类射线装置，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》以及《中华人民共和国环境影响评价法》，建设对环境有影响的项目，应当依法进行环境影响评价；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令 第 16 号），本项目属于名录中“五十五、核与辐射”第 172 条“核技术利用建设项目”中“使用Ⅱ类射线装置”，应编制环境影响报告表。为此，郑州弗迪电池有限公司委托核工业二三 0 研究所对该项目进行辐射环境影响评价（见附件 1）。接到委托后，我单位组织专业技术人员于对现场进行了调查、监测和资料收集工作，编制完成了《郑州弗迪电池有限公司六期园区新增 2 台射线装置核技术利用项目环境影响报告表》。

1.3 项目建设规模

- 1、项目名称：郑州弗迪电池有限公司六期园区新增 2 台射线装置核技术利用项目。
- 2、建设单位：郑州弗迪电池有限公司。
- 3、建设地点：河南省郑州航空港区比亚迪六期园区 6-1B#厂房的 CT 室及 6-30#厂房。
- 4、项目性质：扩建。
- 5、项目投资：。
- 6、建设内容及规模：郑州弗迪电池有限公司拟在六期园区 6-1B#厂房的 CT 室新增 1 套 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 及在 6-30#厂房新增 1 套 UND225 型 X 射线数字成像检测设备用于产品的无损检测。

本次评价项目的射线装置情况见表 1-1：

表 1-1 本次评价项目射线装置情况一览表

设备名称	型号	数量	类别	最大管电压	最大管电流	射线方向	备注
离线双立柱 CT	TSOL-CT225B	1 台	II类	225kV	0.5mA	定向 (朝北)	6-1B#厂房 CT 室
X 射线数字成像 检测设备	UND225	1 台	II类	225kV	8mA	定向 (朝下)	6-30#厂房

7、人员配备：本项目拟配备 4 名辐射工作人员，均为新增，每台设备配备 2 人，实施两班制。新增的 4 名辐射人员上岗前应进行上岗前职业健康体检且体检合格、参加核技术利用辐射安全与防护学习并通过考核，上岗前为每位辐射工作人员配备个人剂量计，从事辐射工作时应按要求佩戴，并定期送检。

8、探伤工件：根据建设单位提供的相关资料，新增的设备主要检测产品为托盘及刀片电池。本项目检测工件基本情况见表 1-2。

表 1-2 本项目主要探伤工件基本情况一览表

工件名称	尺寸及规格（长*宽）	材料及厚度	检测目的	检测设备
				UND225 型 X 射线 数字成像检测设备
				TSOL-CT225B 型离 线双立柱 CT

9、工作量：根据建设单位提供的相关资料，本项目设备的工作量基本情况见表 1-3。

表 1-3 本项目工作量基本情况一览表

检测设备	检测工件	工作量
T	-	-
		-
U	数	-

1.4 周边环境概况

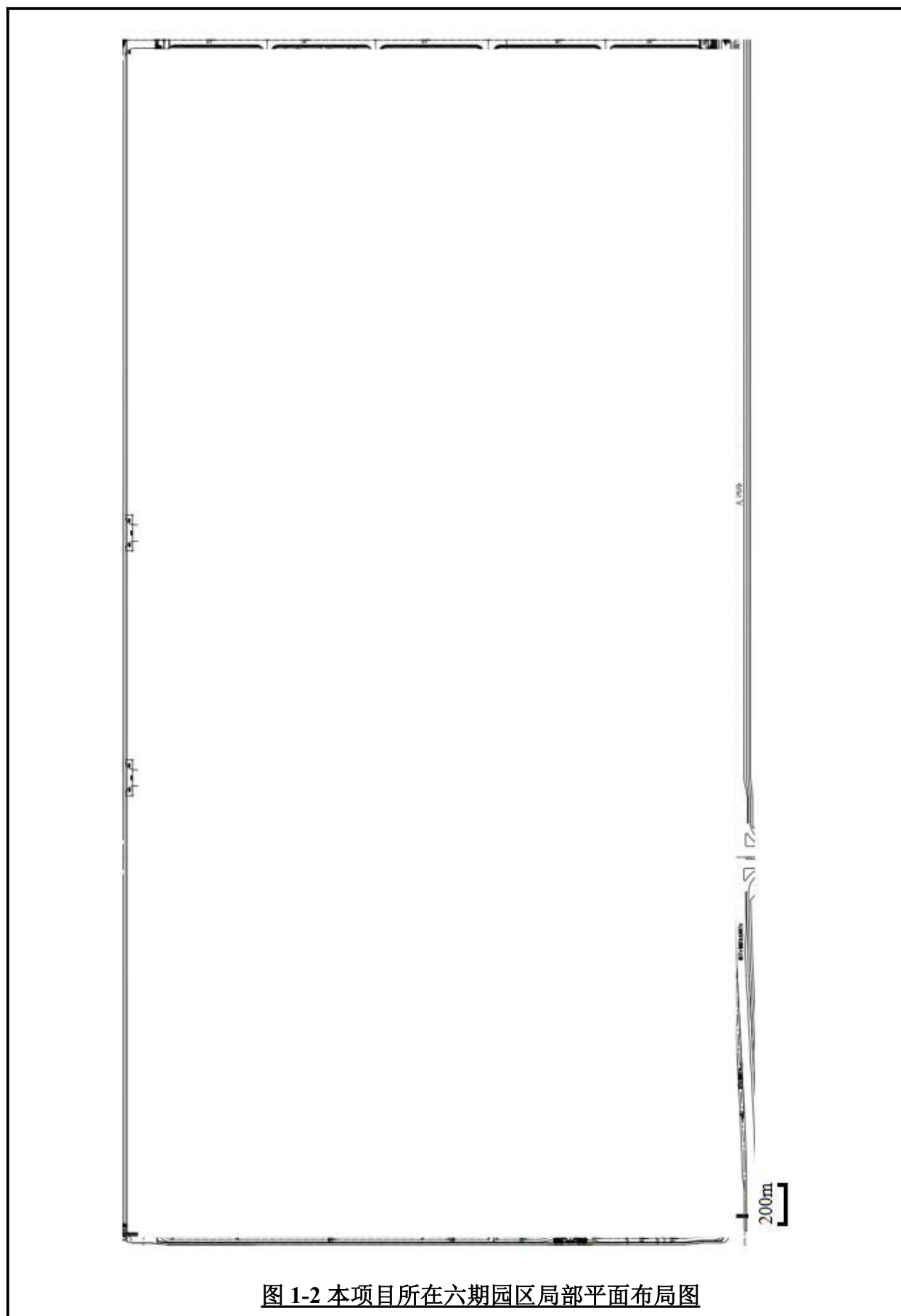
建设单位位于郑州航空港经济综合实验区淮海路以南、福广街以东、鸿泽路以北、

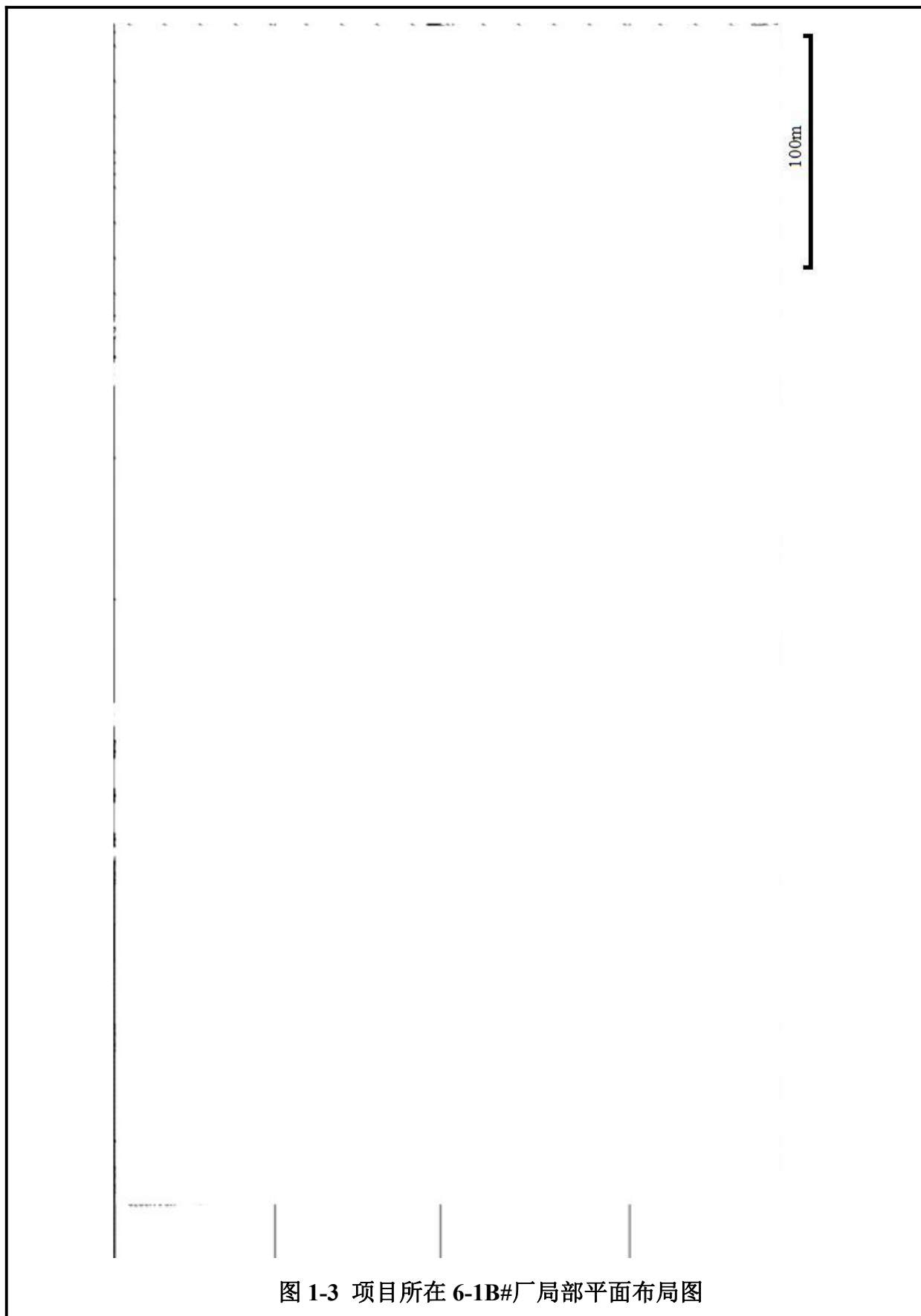
兖州路以西。本项目位于公司六期园区 6-1B#厂房及 6-30#厂房，6-1B#厂房及 6-30#厂房均为单层建筑，六期园区北侧为东海路，西侧为袁州路，南侧为灵润路，东侧为竹贤东街，地理位置示意图见图 1-1，平面布局图见图 1-2。

本项目新增的 1 套 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 位于六期园区 6-1B#厂房的 CT 室，CT 室北侧为水分测量室、金相室等；西侧为结构件配送区；南侧为过道、ME 临时办公室及预留实验室等；东侧为生产会议室、机械拆解室等，平面布局图详见图 1-3。
新增 1 套 UND225 型 X 型射线数字成像检测设备位于六期园区 6-30#厂房，设备北侧为铁皮堆放区；西侧为厂区内部道路；南侧为厂区内部道路；东侧为装配废气处理设施区域，平面布局图详见图 1-4。



图 1-1 项目地理位置示意图





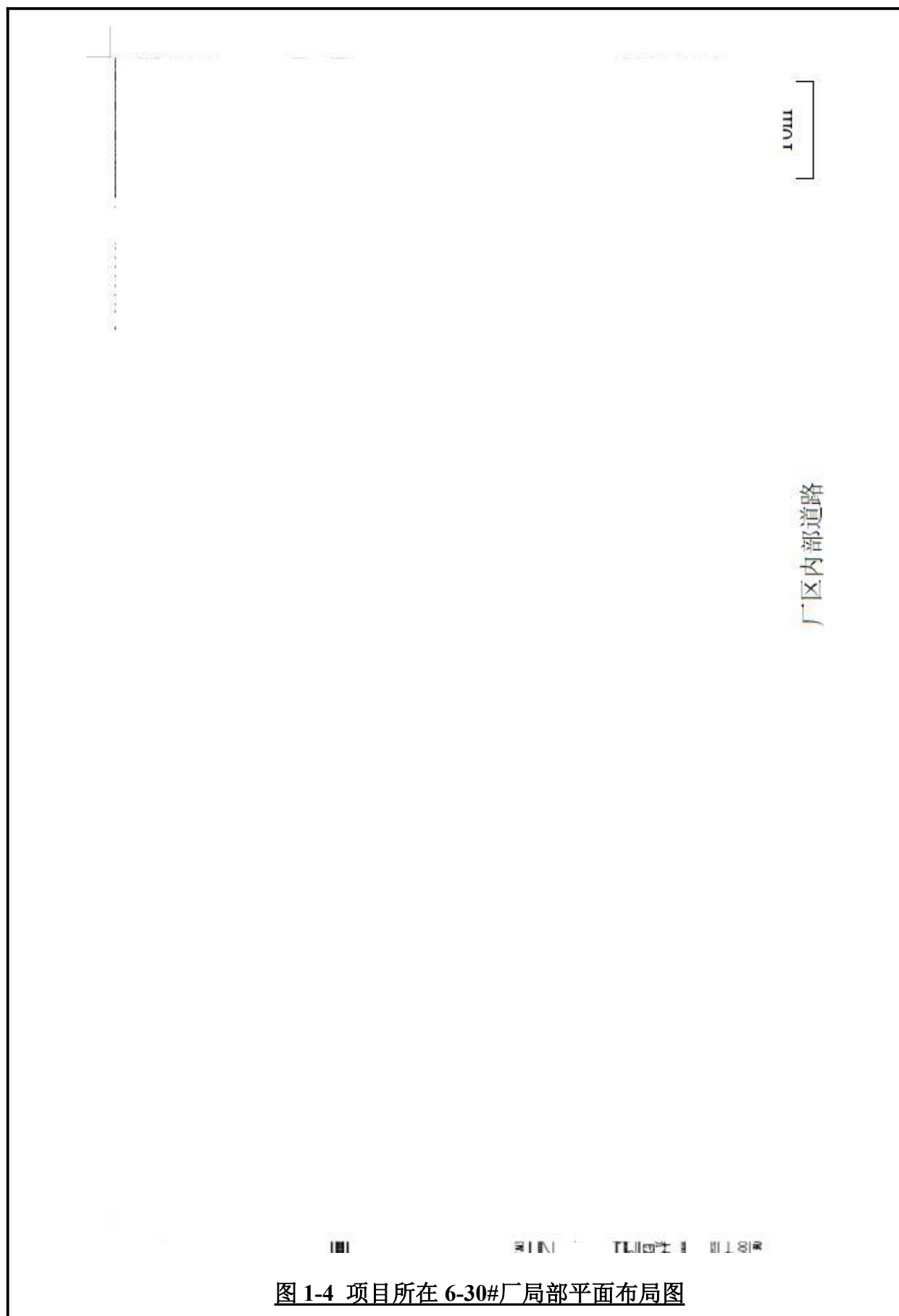


图 1-4 项目所在 6-30#厂局部平面布局图



6-1B#厂项目所在地



6-30#厂项目所在地

图 1-5 项目拟建地及周围照片

1.5 选址可行性分析以及布局合理性分析

本项目辐射工作场所周边 50m 范围内均在郑州弗迪电池有限公司六期园区内部, 周边无学校、居民等, 在铅屏蔽防护有效条件下, 对外环境人员造成辐射影响较小, 故本项目选址可行。射线装置在相对独立、人员相对较少的位置, 减轻了对公众的辐射影响, 从辐射安全和环境保护的角度考虑, 本项目的辐射工作场所平面布局是合理可行的。

1.6 产业政策符合性

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

1.7 实践正当性

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一, 可以探测各种金属及其他材料内部可能产生的缺陷, 如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等, 且能较直观地显示产品内部缺陷的大小和形状, 对保障产品质量起了十分重要的作用, 将核技术应用到本项目中, 可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果。本项目在运行期间将会产生电离辐射, 有可能会增加探伤场所周围的辐射水平, 射线装置的使用及管理的失误会造成严重的辐射安全事故; 但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制, 其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产

需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

1.8 现有核技术利用项目基本情况

1、原有核技术利用项目环保手续情况

根据建设单位提供的资料：公司于 2026 年 7 月 15 日在郑州航空港经济综合实验区生态环境和城市管理局（综合行政执法局）取得了辐射安全许可证（证书编号：豫环辐证【A1018】），有效期至 2029 年 9 月 25 日，使用种类和范围为使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置。公司现有放射源及射线装置一览见表 1-3~表 1-4。

表 1-3 公司现许可放射源一览表

序号	核素	类别	用途	辐射活动场所名称	总活度（贝可） /活度（贝可） ×枚数	备注
1						
2						
3						
4						
5						
6						

表 1-4 公司现许可射线装置一览表

序号	名称	设备型号	数量 台(套)	位置	类型	用途	备注
1	—						—
2	—						—

③辐射安全管理相关规章制度

建设单位在原有核技术利用项目运行中已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相应要求，制定了《射线装置安全操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护与安全防卫制度》、《放射性同位素安全防护管理制度》、《射线装置安全防护管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《员工辐射安全监测方案》、《环境安全监测方案》、《辐射事故应急预案》（详见附件）。

上述制度基本满足目前核技术利用项目开展的需要，日常使用中已按制定的相关制度执行，实践过程中若发现与工作实践不符或采取的防护技术有变化的情况出现，建设单位会立即组织相关人员进行修订，以保持制度的适用性和规范性，最大限度保护环境和人员免受辐射影响。

④辐射工作人员

目前公司共 68 名辐射工作人员，68 名辐射工作人员均已取得辐射安全与防护成绩合格报告单或进行了自主考核，且均在有效期内；68 名辐射工作人员均进行了职业健康体检，且体检均为可从事放射工作或可继续从事辐射工作；68 名辐射工作人员均配备了个人剂量计，并按照三个月一次的频率委托长润安测科技有限公司进行检测进行检测，从公司提供的近四个季度的个人剂量检测报告，无人员出现剂量超标情况。

⑤年度评估

公司按照相关要求每年 1 月 31 日前已向主管部门提交上一年度辐射安全与防护年度评估报告。

⑥公司在过去的 3 年期间无辐射事故发生。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式和地点
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/ 剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	离线双立柱 CT	II 类	1	TSOL-CT225B	225	0.5	无损检测	6-1B#厂房	—
2	X 射线数字成像检测设备	II 类	1	UND225	225	8	无损检测	6-30#厂房	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素 名称	活度	月排 放量	年排放 总量	排放口 浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	直接排放	环境空气
废 X 射线管	固体	/	/	/	/	/	拆零报废	/
—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。
2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订，2015 年 1 月 1 日施行）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日二次修订）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 颁布，2003 年 10 月 1 日施行）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 7 月 16 日修订）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日第二次修订）； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（2021 年 1 月 1 日施行）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修改）； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施）； (9) 《关于发布射线装置分类的公告》（原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号）； (10) 《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令第 55 号）； (11) 《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）； (12) 《产业结构调整指导目录》（2024 年本）； (13) 《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）； (14) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）； (15) <u>《河南省辐射污染防治条例》（2015 年 11 月河南省第十二届人民代表大会常务委员会第十七次会议通过），2016 年 3 月 1 日起施行。</u>
------	---

技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ2.1-2016)； (2) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (4) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (5) 《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ158-2003)； (6) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ98-2020)； (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)； (9) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及其第 1 号修改单(国卫通[2017] 23 号)； (10) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)； (11) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)。
其他	1. 李德平 潘自强主编《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》、《辐射防护手册第三分册 辐射安全》，原子能出版社，1987 年； 2. 《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社 2015 年 7 月)； 3. 建设单位提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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

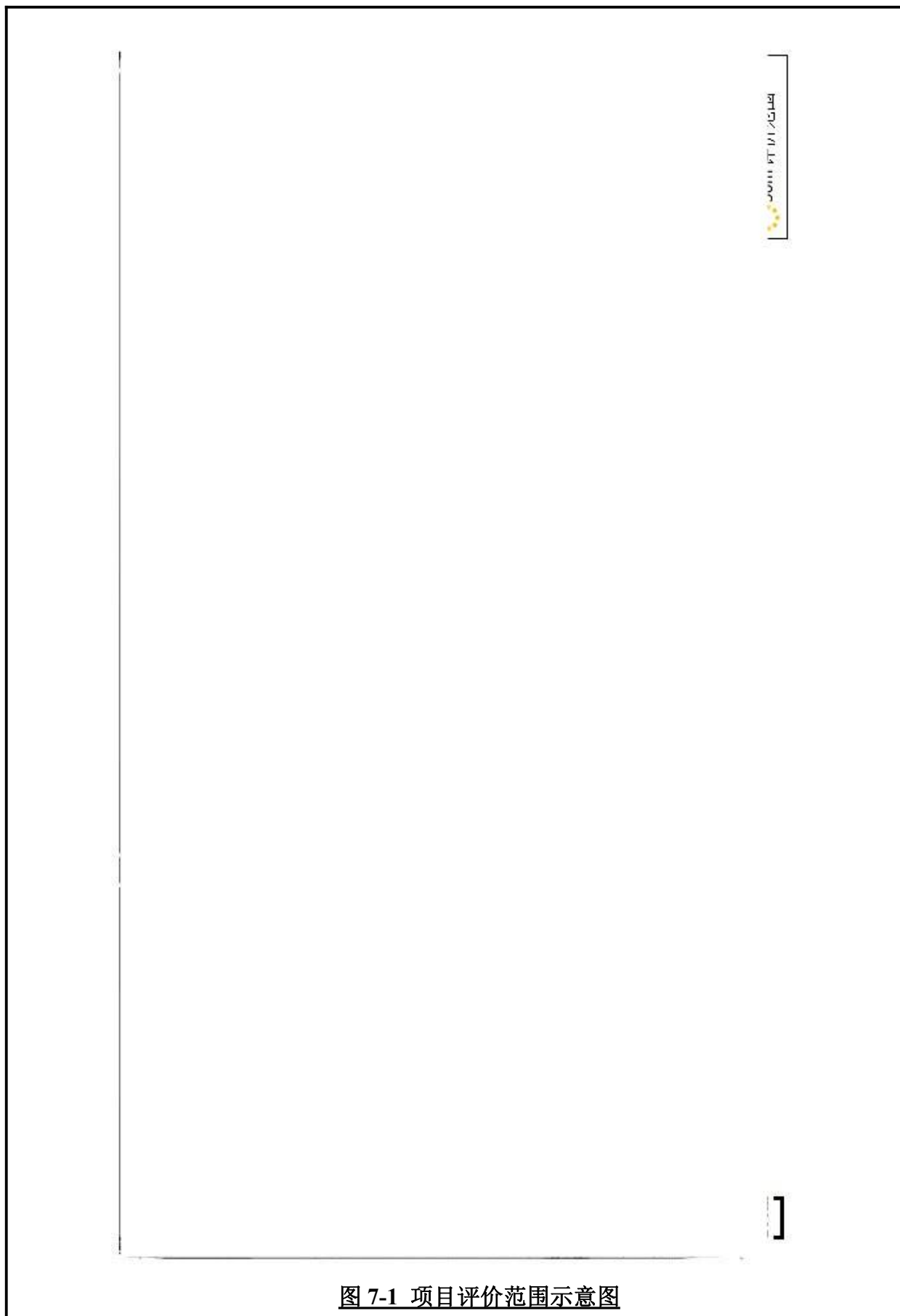


图 7-1 项目评价范围示意图

7.2 保护目标

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

表 7-1 环境保护目标一览表

本项目	方位	与铅房的距离 (m)	敏感点名称	环境保护目标	规模	年有效剂量约束值
TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT	东	0-2.7	6-1B#厂房 CT 室	辐射工作人员	2 人	5mSv/a
	南	0-2.3				
	西	0-1.1				
	北	0-5.75				
	东	2.7-8.7	6-1B#厂房生产会议室	公众人员	5 人	0.1mSv/a
		8.7-13.7	6-1B#厂房铜块打磨、机械拆解室		5 人	
		13.7-16.7	6-1B#厂房工艺通道		流动人员	
		16.7-24.3	6-1B#厂房更衣室		流动人员	
		24.3-50	6-1B#厂房生产区		100 人	
	南	2.3-4.3	6-1B#厂房厂内过道		流动人员	
		4.3-14.3	6-1B#厂房 ME 临时办公室、预留实验室		10 人	
		14.3-25	6-1B#厂房休息室		20 人	
		25-27.2	6-1B#厂房厂内过道		流动人员	
		27.2-35	6-1B#厂房休息室、卫生间		流动人员	
		35-50	园区内部道路		流动人员	
	西	1.1-50	6-1B#厂房结构件配送区		30 人	
	北	5.75-13	6-1B#厂房水分测量室		5 人	
		13-15	6-1B#厂房厂内过道		流动人员	
		15-50	6-1B#厂房生产区域		100 人	
	上	/	屋顶, 人员不可达	/	/	/
	下	/	泥土层	/	/	/
UND225 型 X 型射线数字成 像检测设备	东	0-0.5	操作位	辐射工作人员	2 人	5mSv/a
	东	0-1.5	铁皮堆放区	公众人员	5 人	0.1mSv/a
		1.5-40	装配废气处理设施区域		2 人	
		40-50	厂区内部道路		流动人员	
	南	0-1	铁皮堆放区		5 人	
		1-50	厂区内部道路、		流动人员	
	西	0-50	6-30#厂房内(其他生产线、过道)、厂区内部道路		200 人	
	北	0-50	6-30#厂房内(其他生产线、过道)		50 人	
	上	/	屋顶, 人员不可达	/	/	/
	下	/	泥土层	/	/	/

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

附录 B 剂量限值 and 标明污染控制水平

B1 剂量限值 B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），
20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量：1mSv；

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

c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

根据上述标准要求，结合射线装置使用实际情况及单位管理目标值，本项目辐射工作人员年有效剂量约束值不大于 5mSv，公众人员年有效剂量约束值不大于 0.1mSv。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的

要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

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

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 (kV)	漏射线所致周围剂量当量率 (mSv/h)
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周；

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示

装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在操作间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。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

第 3 条探伤室屏蔽要求：

第 3.1 条探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

第 3.1.1 条探伤墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($H_{c,d}$)：

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

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

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

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

式中：

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

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ；

$$H_{c,max}=2.5\mu\text{Sv/h} \quad \text{式 7-2}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平

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

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

b) 中 2) 对不需要人员到达的探伤室顶,探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

(4) 标准汇总：

根据以上所列标准，本项目执行标准汇总如下：

表 7-3 标准汇总

序号	项目		控制值	标准依据
1	年有效剂量	约束值	工作人员：5mSv/a 公众成员：0.1mSv/a	建设单位管理目标要求
2	探伤室辐射屏蔽要求		屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率应满足关注点剂量率参考控制水平（具体控制水平见表 11-3 及表 11-4）。	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014 及其第 1 号修改单（国卫通[2017] 23 号）

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

郑州弗迪电池有限公司位于郑州航空港经济综合实验区淮海路以南、福广街以东、鸿泽路以北、兖州路以西。本项目位于公司六期园区 6-1B#厂房及 6-30#厂房，六期园区北侧为东海路，西侧为袁州路，南侧为灵润路，东侧为竹贤东街。

本项目新增的 1 套 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 位于六期园区 6-1B#厂房的 CT 室，CT 室北侧为水分测量室、金相室等；西侧为结构件配送区；南侧为过道、ME 临时办公室及预留实验室等；东侧为生产会议室、机械拆解室等。新增 1 套 UND225 型 X 型射线数字成像检测设备位于六期园区 6-30#厂房，设备北侧为铁皮堆放区；西侧为厂区内道路；南侧为厂区内道路；东侧为装配废气处理设施区域。

8.2 辐射现状监测方案

为了解项目所在场址及其周围的辐射环境背景水平，根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中有关布点原则，核工业二三 0 研究所工作人员于 2026 年 2 月 3 日及 2026 年 6 月 12 日对项目场址及周边环境进行了环境γ辐射剂量率测量。

监测因子：环境γ辐射剂量率。

监测仪器：X、γ 辐射剂量当量率仪，仪器情况见表 8-1。

表 8-1 检测仪器情况表

仪器名称	X、γ辐射空气比释动能率仪
生产厂家	Thermo
仪器型号	主机：FH40G，探头 FHZ672E-10
出厂编号	主机：41040；探头：11609
能量响应范围	主机：30keV-4.4MeV，探头：40keV-4.4MeV
量程	主机：10nSv/h-1Sv/h，探头 1nSv/h-100μSv/h
检定证书编号	DLJL20250670-2321
检定有效期	2025 年 11 月 12 日至 2026 年 11 月 11 日

监测点位：根据项目的平面布局和周围环境情况，在评价范围（机房外围 50m）内关注点布设监测点。根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》相关要求，环境γ辐射剂量

率测量点位应依据测量目的布设，并结合源和照射途径以及人群分布和人为活动情况仔细选择。本次监测目的是了解项目拟建场所环境辐射现状水平，并考虑项目建成后对拟建辐射工作场所周围相邻区域及评价范围人员停留较多及活动频繁的区域的影响情况，结合项目评价范围内环境情况及平面布局，本次监测共布设了 12 个监测点位，能够反映项目所在区域辐射环境现状水平。监测点位布置见图 8-1~图 8-3。

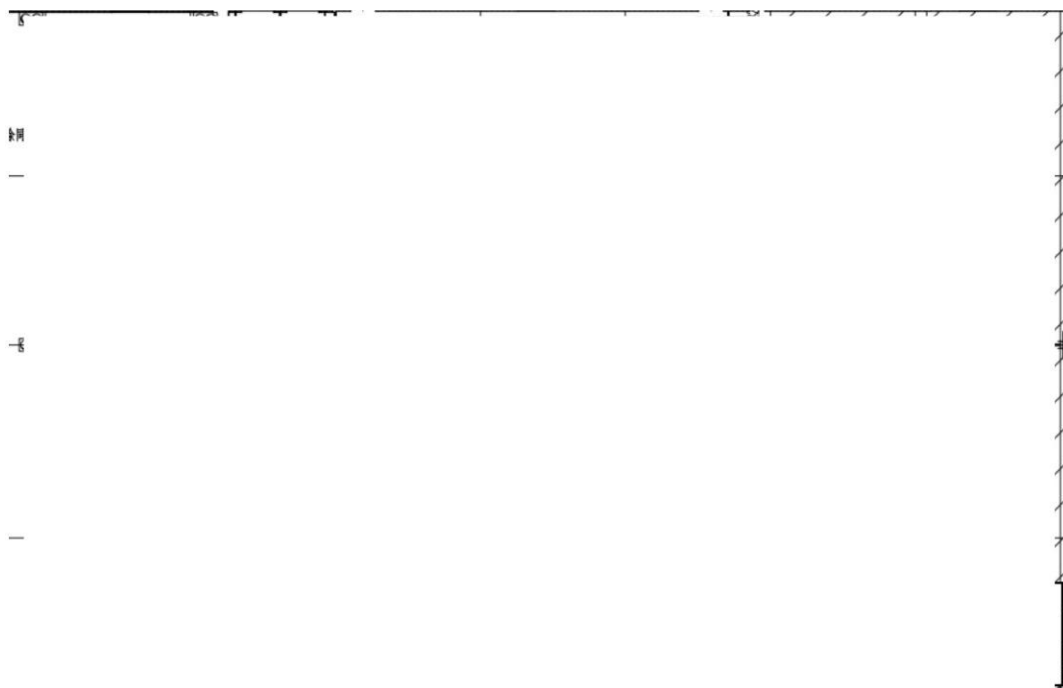


图 8-1 6-1B#厂房设备拟放置场所周围环境 γ 辐射剂量率监测布点示意图



图 8-2 6-30#厂房设备拟放置场所周围环境 γ 辐射剂量率监测布点示意图

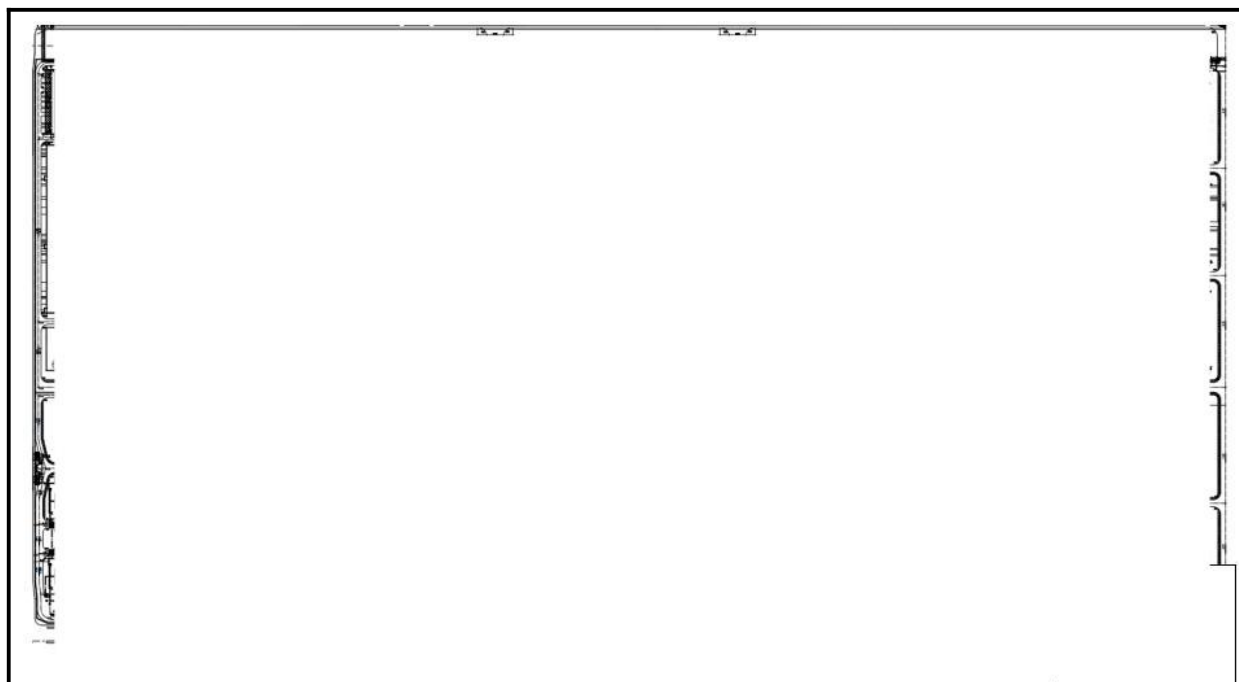


图 8-3 郑州弗迪电池有限公司六期园区 6-1B#厂房及 6-30#厂房

周围环境 γ 辐射剂量率监测布点示意图

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

质量保证措施：①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。③每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。⑤监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8.3 辐射现状监测结果

项目所在场址及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目所在场址及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果一览表

监测点号	监测点位描述	监测结果（nGy/h）		备注
		平均值	标准差	
#1	6-1B#厂房拟放置设备 CT 室	59.7	2.2	平房，水泥地面
#2	6-1B#厂房 CT 室北侧水分测量室	55.0	1.3	平房，水泥地面
#3	6-1B#厂房 CT 室西侧结构件配送区	56.9	0.9	平房，水泥地面
#4	6-1B#厂房 CT 室南侧过道	56.8	1.4	平房，水泥地面
#5	6-1B#厂房 CT 室东侧金相室	55.5	1.1	平房，水泥地面
#6	6-1B#厂房南侧园区内部道路	60.8	1.0	道路，水泥地面

#7	6-30#厂房拟放置设备位置	54.0	1.4	平房, 水泥地面
#8	6-30#厂房拟放置设备位置北侧过道	53.5	0.9	平房, 水泥地面
#9	6-30#厂房拟放置设备位置西侧过道	51.5	1.9	平房, 水泥地面
#10	6-30#厂房拟放置设备位置南侧过道	52.2	1.5	平房, 水泥地面
#11	6-30#厂房拟放置设备位置东侧生产线	54.3	1.5	平房, 水泥地面
#12	6-30#厂房南侧园区内部道路	63.1	2.0	道路, 水泥地面

注：1、本次测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

2、测量结果 $D\gamma = k_1 \cdot k_2 \cdot R\gamma \cdot k_3 \cdot Dc$ ， $R\gamma$ 为仪器测量读数均值（空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy），检定系数 $k_1=1.01$ ，检验源效率因子 $k_2=1$ ， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1。仪器对宇宙射线修正后的响应值 Dc 为 11.58nGy/h。

表 8-2 监测结果表明，本项目场址周围道路 γ 辐射剂量率范围为 60.8nGy/h-63.1nGy/h，室内 γ 辐射剂量率范围为 51.5nGy/h-59.7nGy/h。根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中辐射环境结果可知，郑州市 γ 辐射剂量率数据见表 8-3。

表 8-3 河南省郑州市 γ 辐射剂量率（单位：nGy/h）

监测项目	原野	道路	室内
γ 辐射剂量率范围	39.1~60.8	20.1~64.5	68.1~114.7

根据以上对比可知，项目拟建场址道路的环境 X- γ 辐射剂量率处于郑州市本底水平内，室内的环境 X- γ 辐射剂量率略低于郑州市本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备基本概况

1、设备基本参数

本项目拟安装使用的 1 台 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 和 1 台 UND225 型 X 射线数字成像检测设备，设备基本参数见表 9-1。

表 9-1 本项目射线装置配置及主要技术参数表

设备名称	离线双立柱 CT	X 射线数字成像检测设备
设备型号	TSOL-CT225B	UND225
类别	II类	II类
数量	1 台	1 台
最大管电压	225kV	225kV
最大管电流	0.5mA	8mA
使用场所	6-1B#厂房	6-30#厂房
照射方式	定向，主束朝北	定向，主束朝下
用途	无损检测	无损检测
最大辐射角度	44°	30°（射线管摆动幅度±15°）
射线源升降运动行程	可上下移动，1200mm； 不可前后左右移动 （辐射源点距铅房顶部最小距离为 405mm；距铅房底部最小距离为 1200mm；距铅房左侧最小距离为 1708mm；距铅房右侧最小距离为 2025mm）	可左右移动，2410mm； 可前后移动，1680mm； 不可上下移动 （辐射源点距铅房顶部最小距离为 470mm；距铅房底部最小距离为 1730mm；距铅房左侧最小距离为 345mm；距铅房右侧最小距离为 345mm）
设备外尺寸	长 3743mm×宽 2250mm×高 2805mm	长 3440mm×宽 2920mm×高 2652mm

2、TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 主要结构

本项目 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 主要由 X 射线源、数字平板探测器、扫描机械平台、安全防护外罩、快速上下料托盘、自校准装置、计算机工作站、扫描及重建软件、通用几何量测量软件、无损分析软件构成。设备外观实物图以及尺寸示意图见图 9-1、图 9-2。



图 9-1 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 机外观实物图（示例）

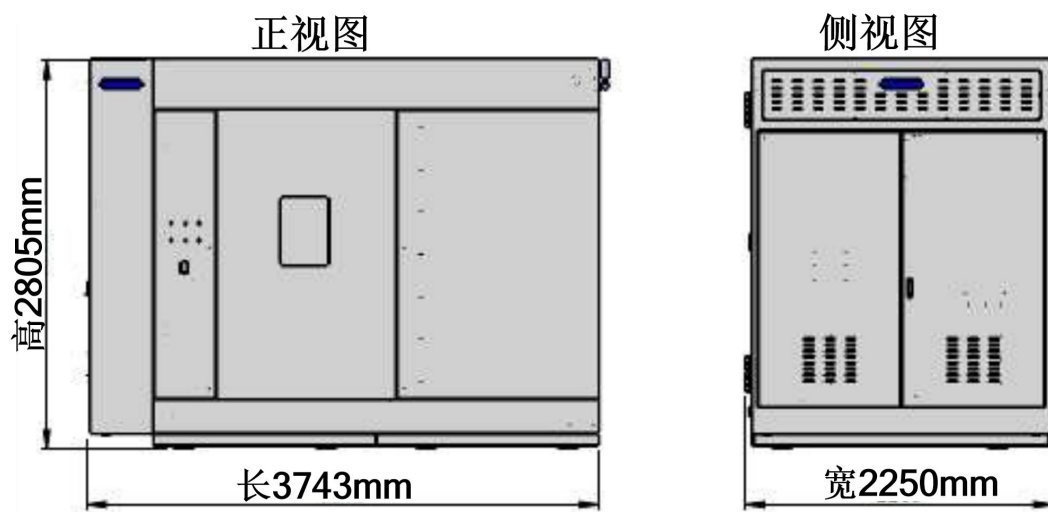
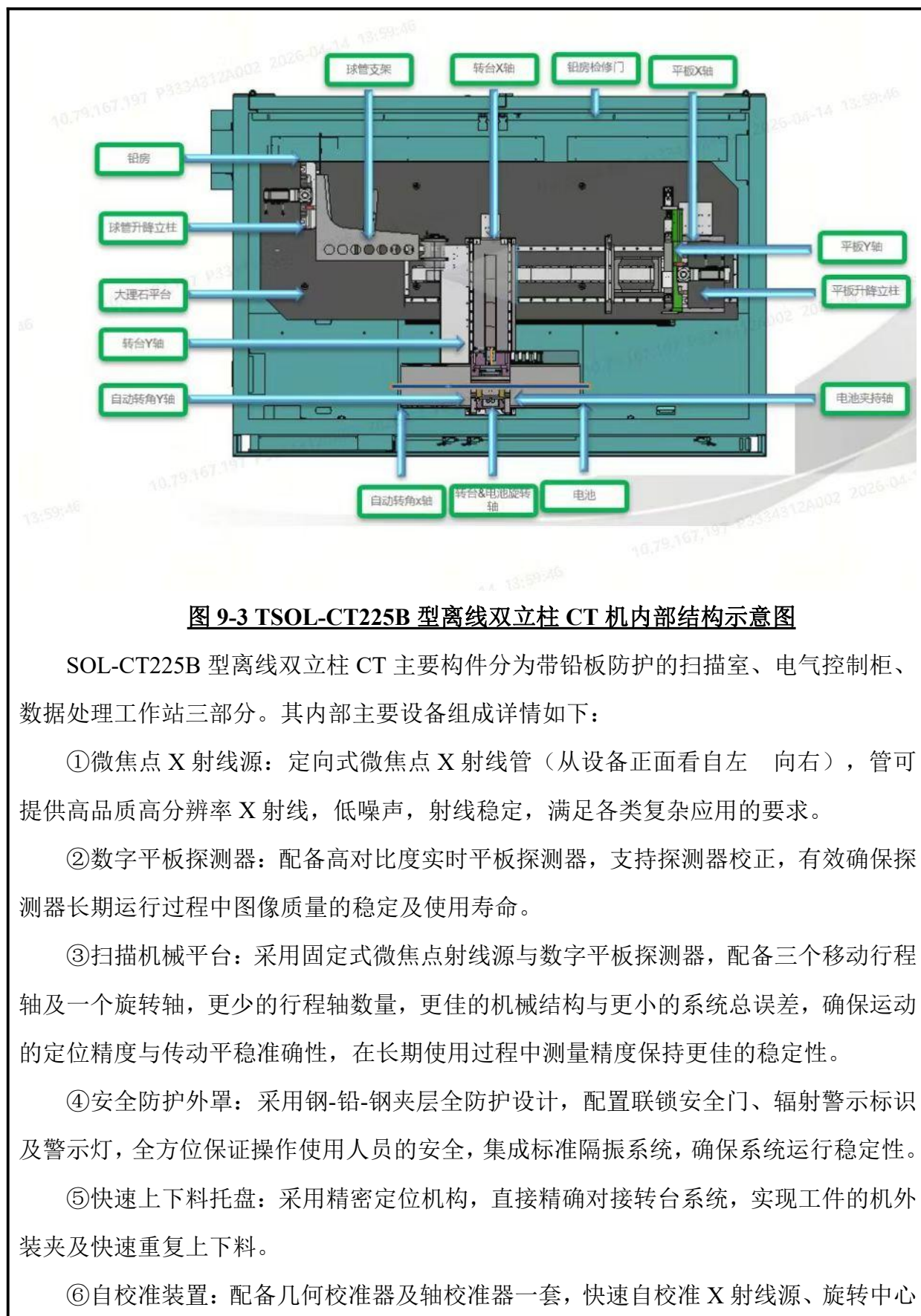


图 9-2 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 尺寸示意图



及探测器相对几何关系以及转台轴，确保 CT 系统测量精度的长期稳定性及可靠性，日常由用户自行操作及完成。

⑦计算机工作站：配置可按需定制，分别安装扫描及重建软件、测量及分析软件，以满足 CT 扫描、图像重构、测量分析及报告输出等全方位操作要求。

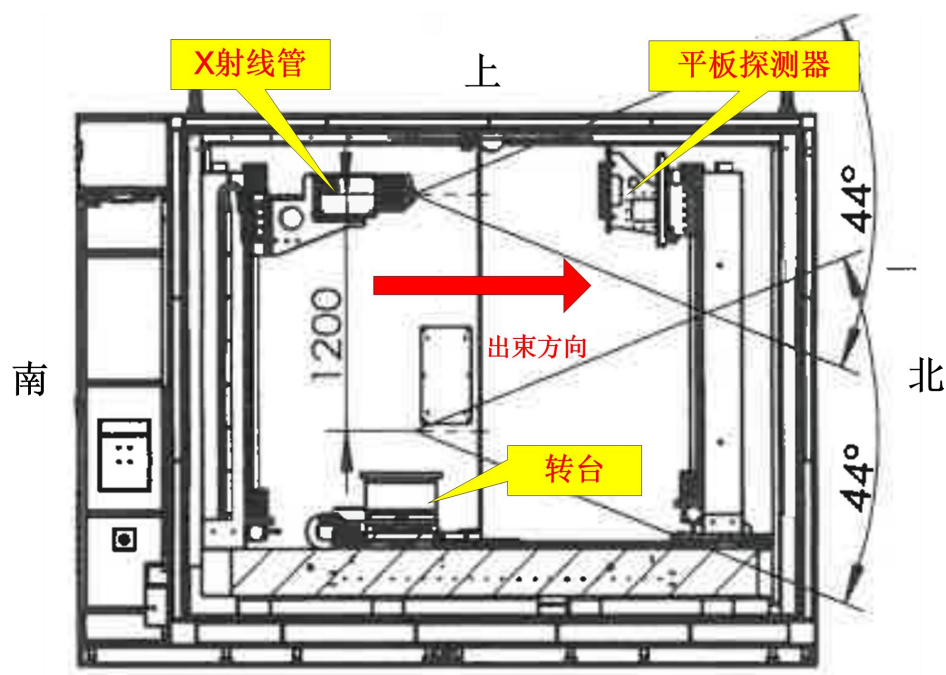


图 9-4 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 内部结构示意图（正面）

3、UND225 型 X 射线数字成像检测设备

本项目 UND225 型 X 射线数字成像检测设备主要由机由 X 射线系统、探测器成像系统、图像处理系统、机械传动系统、射线防护系统及电气控制系统组成。设备外观示意图图 9-3。

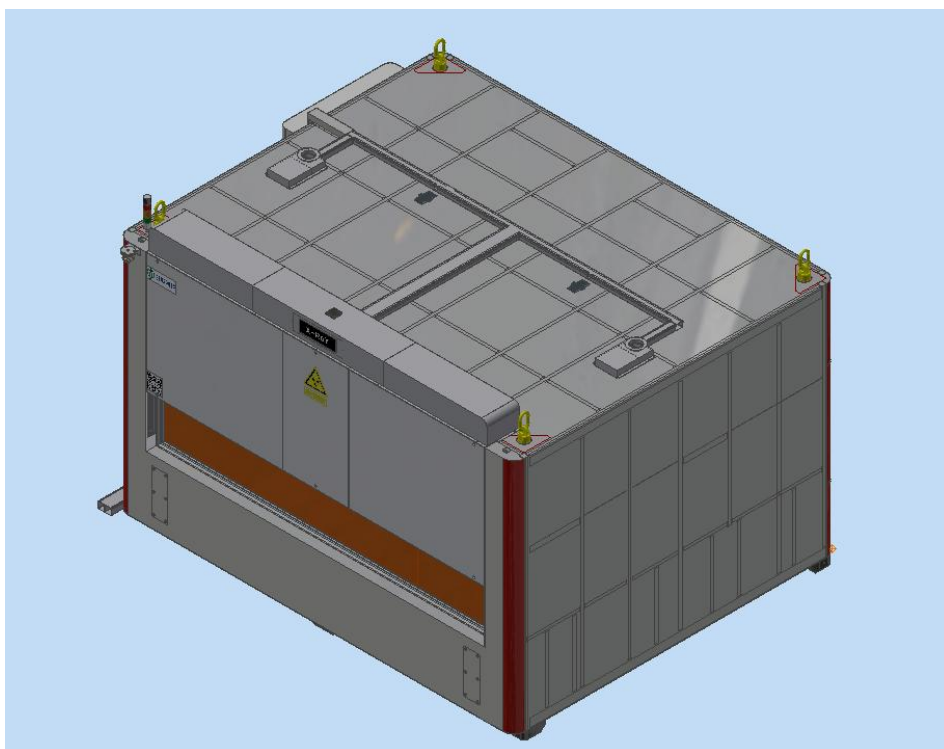


图 9-5 UND225 型 X 射线数字成像检测设备外观示意图

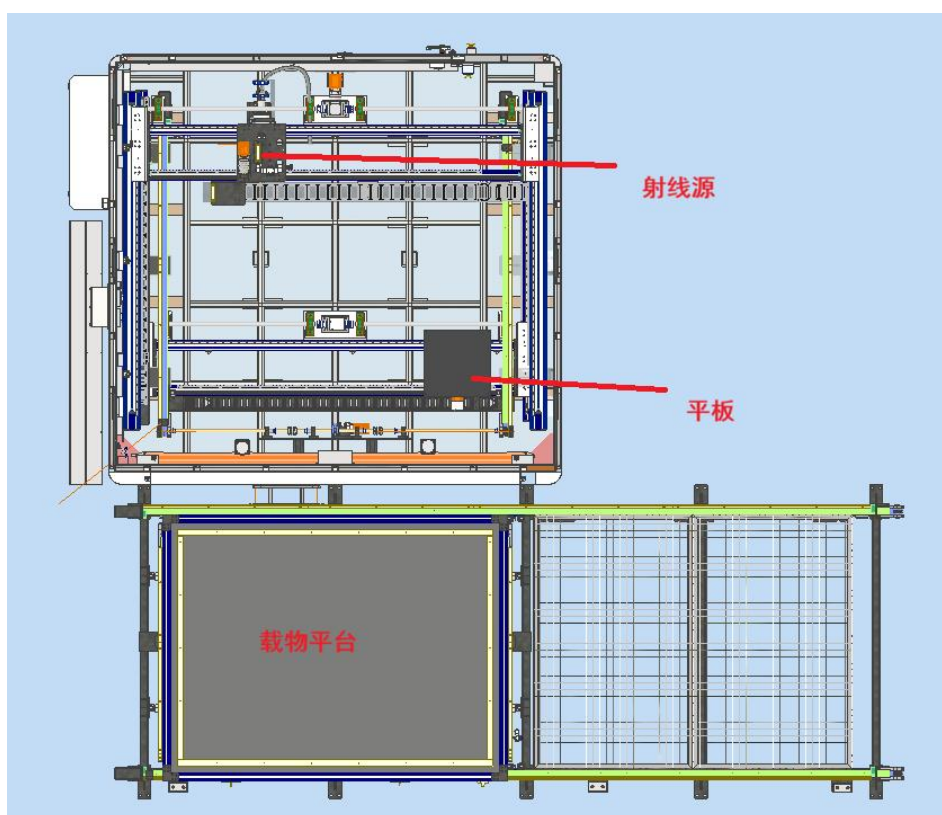


图 9-6 UND225 型 X 射线数字成像检测设备内部结构示意图

9.1.2 设备工作原理

X 射线发生器的组成和出束原理如下：X 射线发生装置主要由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚集杯中。当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束，向嵌在阳极中的金属靶体射击。灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能（其中的 1%）会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称为轫致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。通过加大加速电压，电子携带的能量增大，则有可能将金属原子的内层电子撞出，于是内层形成空穴，外层电子跃迁回内层填补空穴，同时放出波长在 0.1 纳米左右的光子，形成 X 光谱中的特征线，此称为特征辐射。

典型的 X 射线管结构图见图 9-7。

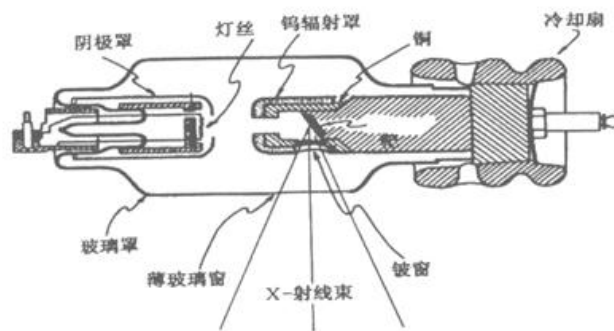


图 9-7 X 射线管结构示意图

1、TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 工作原理

工业 CT 是工业用计算机断层成像技术的简称，它能在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的内部结构、组成、材质及缺损状况。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅采集通过特定剖面（被检测对象的薄层，或称为切片）的投影数据，用来重建该剖面的图像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强；同时断层图像中图像强度（灰度）数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系，发现被检对象内部辐射密度的微小变化。

工业 CT 机在检测时，利用 X 射线发生器产生 X 射线，利用产生的 X 射线穿透物

质和在物质中有衰减的特性，根据 X 射线在受测工件内的衰减表征，借助计算机系统（PC）组件负责扫描过程控制、参数调整和重构软件进行图象重建、显示及处理，实现对受检物件进行无损检测和密度测量等功能。

2、UND225 型 X 射线数字成像检测设备工作原理

工业数字成像检测系统是工业无损检测领域中广泛应用的一项先进成像技术。其原理是基于 X 射线透过被检测对象后，由数字探测器接收，并通过计算机进行图像处理和显示的一种方法。现代工业数字成像主要通过平板探测器获取投影数据并借助高效的图像处理算法，实现对检测对象内部结构的高分辨率成像，进而实现精确的缺陷检测和材料分析。

工业数字成像检测系统一般由射线源、平板探测器、计算机系统和防护设施等部分组成。射线源提供成像所需的 X 射线能量，通过 X 射线穿透被检测对象，根据射线在材料中的衰减情况形成投影图像。平板探测器用于接收透过检测对象后的 X 射线信号，并将其转换为数字图像信号。探测器的分辨率和灵敏度直接影响成像的质量和细节显示效果。

计算机系统用于控制射线源的曝光参数和探测器的工作状态，同时负责采集处理和存储数字图像。图像处理软件能够对原始图像进行增强、滤波、边缘检测等处理，以提高图像的清晰度和对比度，帮助操作者识别缺陷和分析材料特性。图像存储和管理系统则能实现图像的长期保存和便捷检索，便于后续的质量控制和数据分析。

9.1.3 工作流程

2 台射线装置的工作流程基本一致，具体如下：

（1）开机前检查各部件完好、电线无破损。

（2）检测前将系统电源打开，打开计算机图像显示器，监视器等，确保检测前平台无其他物品影响检测。打开扫描软件，进入软件操作界面。按下操作台初始化按钮，系统进行初始化操作，初始化指示灯闪烁，当初始化指示灯常亮则表示初始化完成。

（3）待设备初始化完成后，打开防护门，人工装载待检工件，将其置于样品台上。

（4）关闭防护门，根据检测要求调整工件、射线源以及平板探测器的位置，设定扫描参数，射线装置自动开始扫描。

(5) 扫描结束 X 射线停止出束，计算机分析系统自动进行数据处理。完成工件扫描后，辐射工作人员切断高压电源打开防护门，取出工件，并按照相同方式进行下一个工件的检测。

(6) 完成当天无损检测工作后，关闭电脑和设备总电源。

(7) 工件有人工放入样品台上，整个检测过程由设备自动进行，设备开机期间工作人员在操作台上进行监控。项目运行中产生的主要污染为射线装置曝光过程中产生的 X 射线、臭氧和氮氧化物。

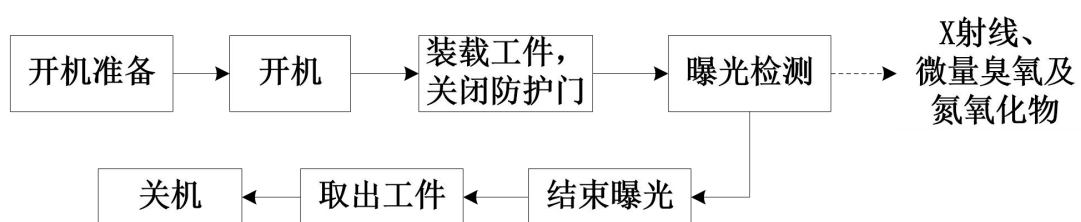


图 9-8 本项目射线装置工作流程

9.1.4 人员配置及出束时间

本项目拟配备 4 名辐射工作人员，每台设备各由 2 名辐射工作人员负责操作，均为新增，实施两班制，每班 1 人。

本项目工作量详见表 1-3。

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工期污染源分析

本项目施工期主要的污染因子有：设备安装及调试过程可能产生的放射性污染。

9.2.2 运行期间正常工况下污染源分析

(1) 本项目射线装置的 X 射线在开机时产生（在舱门打开的情况下，无法进行开机工作），关机停止出束时消失。X 射线防护所要考虑的是 X 射线的直射、散射和泄漏辐射对作业场所及周围环境的辐射影响。

(2) 本项目射线装置运行时辐射源为 X 射线，不会产生放射性废气、废水和固体废弃物，检测结果在显示屏上观察或采用数字技术打印，不使用胶片摄影，不会产生废显（定）影液、废胶片和报废感光材料；本项目的辐射工作人员为公司现有人员，不新增工作人员的生活垃圾。

(3) 本项目射线装置运行过程中 X 射线使空气电离产生的少量臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)。

9.2.3 运行期事故工况下污染源分析

(1) 工作人员使用设备时，防护门安全联锁发生故障，在设备进出料升降门未关到位的情况下射线发生器仍能出束，X 射线泄露使工作人员受到不必要的照射；

(2) 设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器，使检修人员受到意外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区

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

（1）控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。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（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。本项目将射线装置内部划为控制区，并在射线装置周围设置电离辐射警告标志及中文警示说明，地面设置警戒线。

（2）监督区：监督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指定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作的状况，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。

本项目 6-1B 厂 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 工作场所将射线装置内部设置为控制区，CT 室设置为监督区；UND225 型 X 射线数字成像检测设备工作场所将射线装置内部设置为控制区，设备周边 1m 的位置设为监督区，在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。



图 10-1 本项目 6-1B# 厂 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 工作场所分区示意图



图 10-3 本项目 6-30# 厂 UND225 型 X 射线数字成像检测设备工作场所分区示意图

10.1.2 辐射屏蔽设计

1、TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 辐射屏蔽设计

本项目 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 位于 6-1B# 厂房 CT 室铅房内，设备正面为东侧，铅房外尺寸为 3743mm（长）×2250mm（宽）×2805mm（高），内部尺寸为 3085mm

(长)×1933mm(宽)×2446mm(高), X射线从南向北照射, 操作台位于铅房东南侧。根据设备厂家提供的设备说明可知, TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 铅房屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 屏蔽防护设计一览表

屏蔽体	屏蔽材料及厚度	铅当量
北侧面(主射线防护面)	2mm 钢板+16mm 铅+2mm 钢板	16 mmPb
西、东侧面	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14 mmPb
南侧面	2mm 钢板+12mm 铅+2mm 钢板	12 mmPb
东侧进样防护门(电动平移式)	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14 mmPb
西侧检修门(手动平开式)	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14 mmPb
观察窗	70mm 铅玻璃(ZF3)	≥14mmPb
上顶面	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mmPb
下底面	2mm 钢板+10mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mmPb
线缆口防护补偿	2mm 钢板+12mm 铅+2mm 钢板	12mmPb
通风口防护补偿	2mm 钢板+12mm 铅+2mm 钢板	12mmPb

注: ①铅的密度为 11.3t/m³; 钢板的密度为 7.9g/m³。
 ②本评价保守考虑, 不考虑钢板的屏蔽效果。
 ③TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 在铅房正面(东侧)设置 1 扇单开电动平移防护门(进样防护门), 防护门门缝上下搭接 50mm, 左右搭接 50mm, 以防止射线从防护门的缝隙间泄漏。
 ④TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 在铅房背面(西侧)设置 1 扇手动平开式防护门(检修门), 检修门上下搭接 78mm、左右搭接 60mm, 以防止射线从检修门的缝隙间泄漏。检修门, 处于常闭状态。

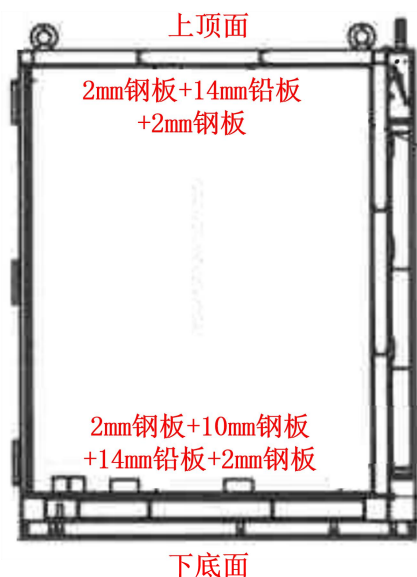


图 10-3 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 铅房立面图

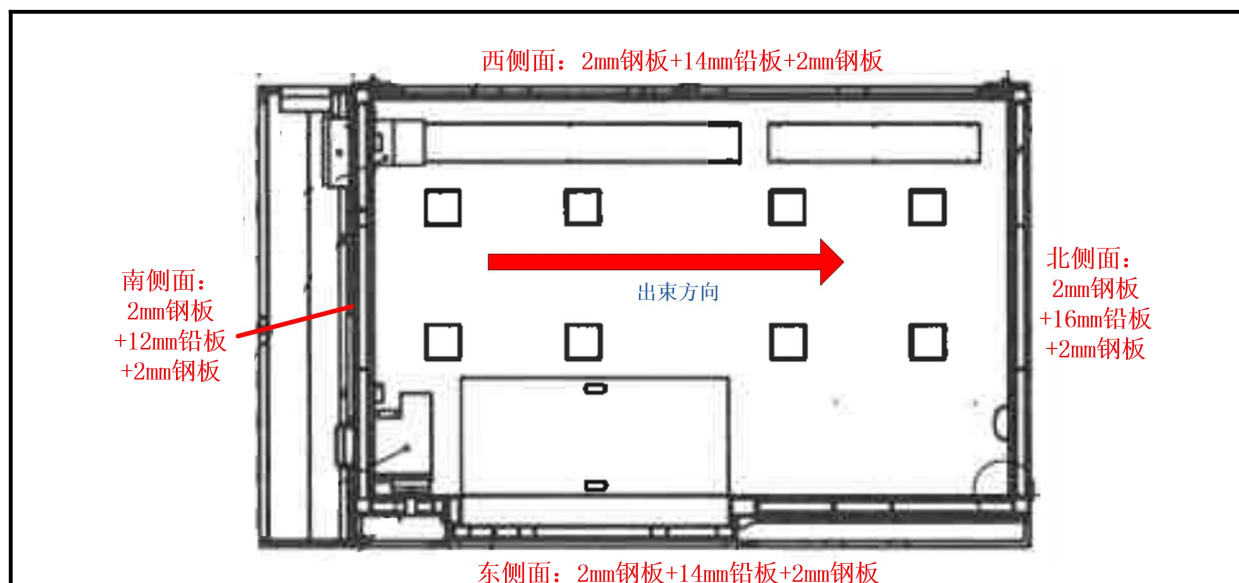


图 10-4 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 铅房俯视图

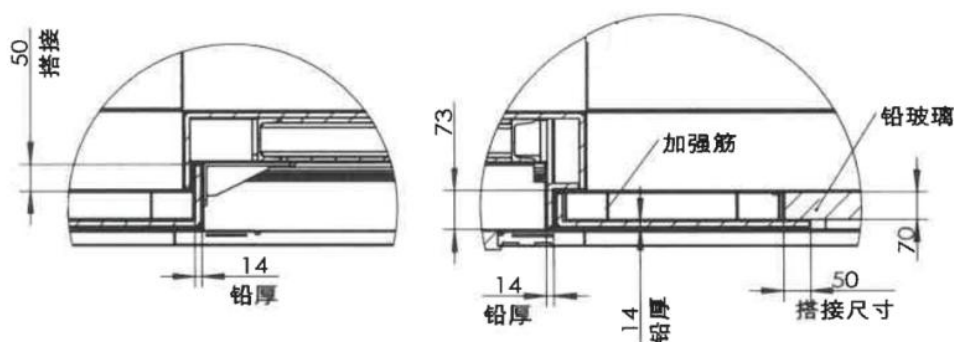


图 10-5 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 正面工件门缝及搭接防护示意图

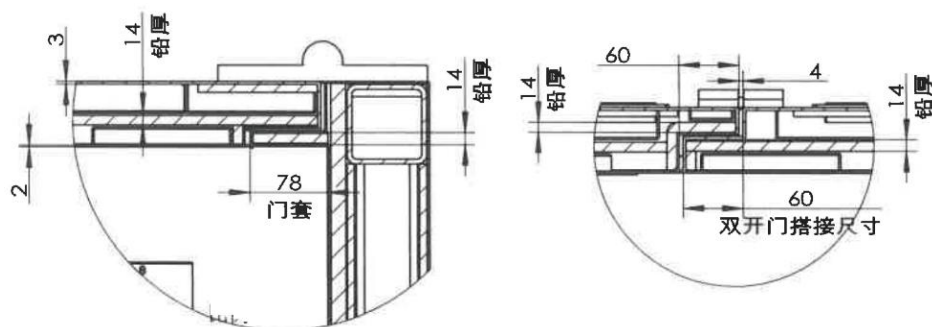


图 10-6 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 背面检修门缝及搭接防护示意图

2、UND225 型 X 射线数字成像检测设备辐射屏蔽设计

本项目 UND225 型 X 射线数字成像检测设备位于 6-30# 厂房，设备正面为南侧，铅房外尺寸为 3440mm（长）×2920mm（宽）×2652mm（高），内部尺寸为 3320mm（长）×2700mm（宽）×2201mm（高），X 射线从上向下照射，操作台位于铅房东侧。根据设

备厂家提供的设备说明可知，UND225 型 X 射线数字成像检测设备铅房屏蔽设计参数见表 10-2。

表 10-2 UND225 型 X 射线数字成像检测设备屏蔽防护设计一览表

屏蔽体	屏蔽材料及厚度	铅当量
设备四面	10mm 铅+5mm 钢板	10 mmPb
西侧进样防护门	10mm 铅+5mm 钢板	10 mmPb
东侧检修门	10mm 铅+5mm 钢板	10 mmPb
上顶面	10mm 铅+5mm 钢板	10 mmPb
下底面	18mm 铅+5mm 钢板	18mmPb
线缆口防护补偿	10mm 铅+5mm 钢板	10 mmPb
通风口防护补偿	10mm 铅+5mm 钢板	10 mmPb

注：①铅的密度为 11.3t/m^3 ；钢板的密度为 7.9g/m^3 。

②本评价保守考虑，不考虑钢板的屏蔽效果。

③UND225 型 X 射线数字成像检测设备在铅房正面（南侧）设置 1 扇单开电动上下移动防护门（进样防护门），防护门门缝上下搭接 40mm，左右搭接 50mm，以防止射线从防护门的缝隙间泄漏。

④UND225 型 X 射线数字成像检测设备在铅房背面（北侧）设置 1 扇手动平开式防护门（检修门），检修门上下搭接 50mm、左右搭接 50mm，以防止射线从检修门的缝隙间泄漏。检修门，处于常闭状态。

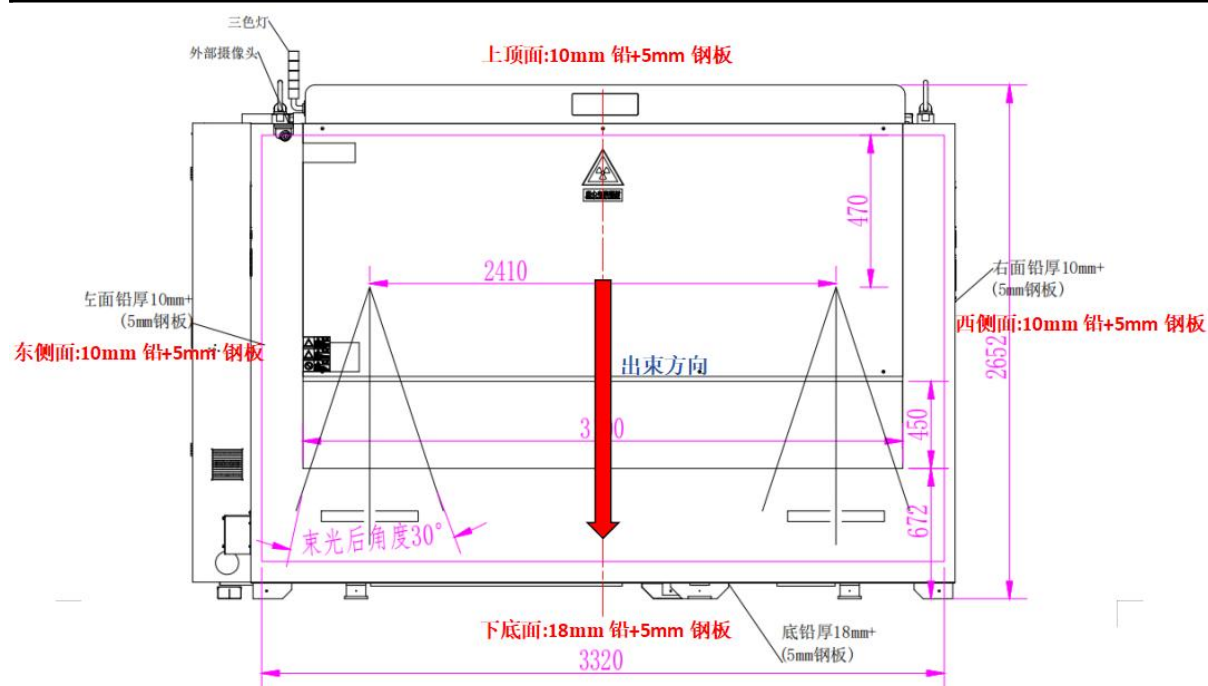


图 10-7 UND225 型 X 射线数字成像检测设备屏蔽防护示意图①

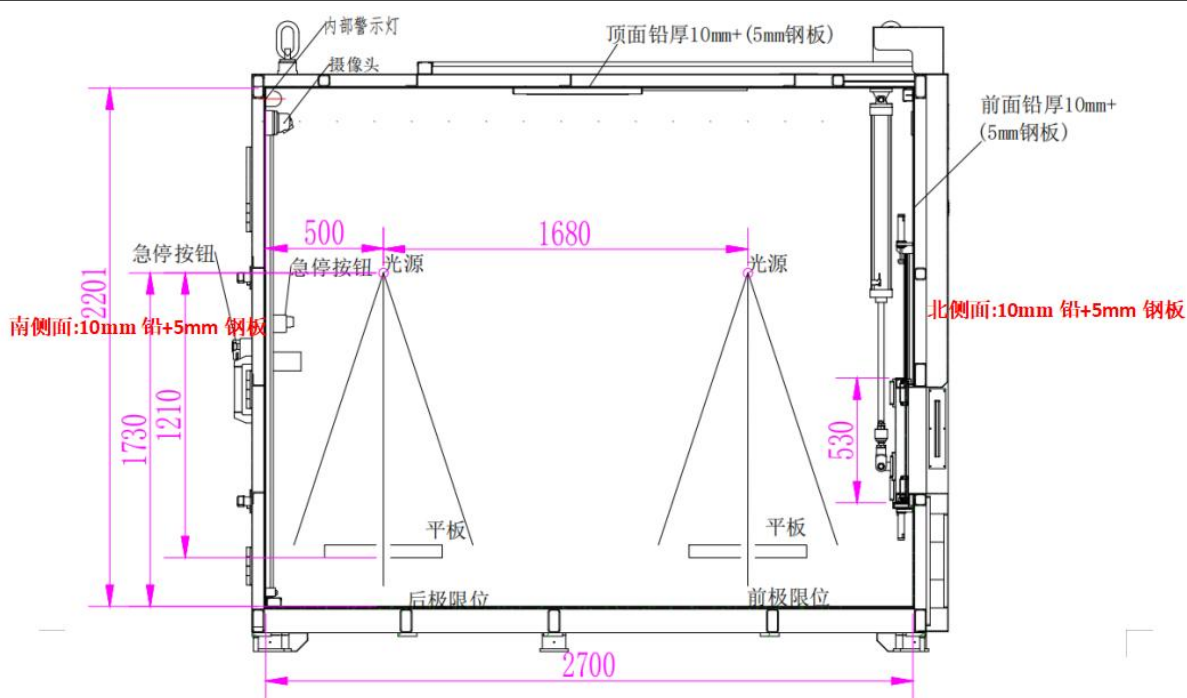


图 10-8 UND225 型 X 射线数字成像检测设备屏蔽防护示意图②

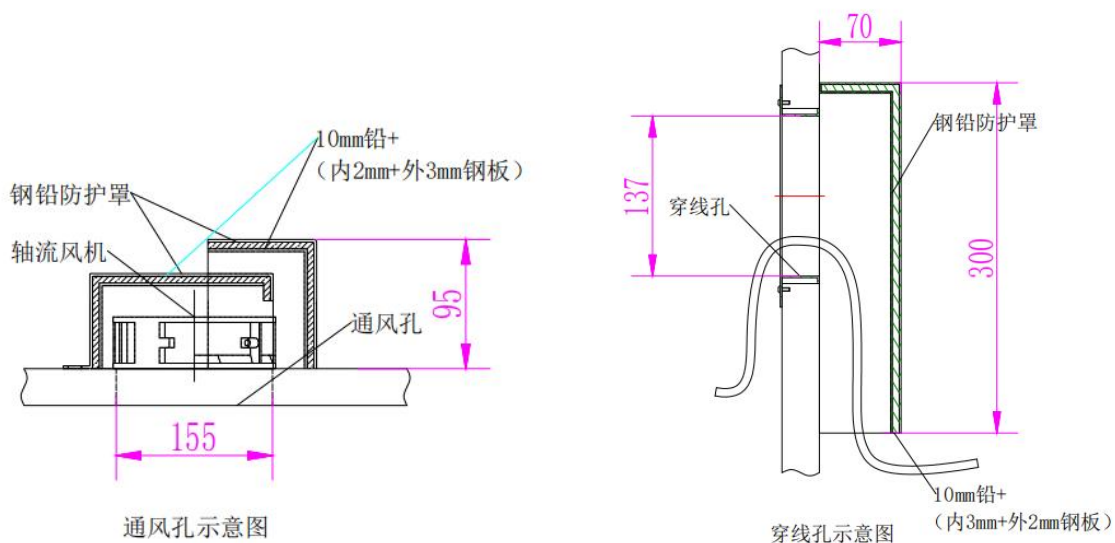


图 10-9 UND225 型 X 射线数字成像检测设备通风孔及穿线孔屏蔽补偿防护示意图

10.1.3 辐射安全和防护措施

为确保辐射工作人员的工作环境和射线装置外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，该公司拟对新增的射线装置设置多重安全防护措施，具体如下：

（1）工作状态指示灯

本项目 2 台射线装置铅房上表面均拟设置与工作状态联锁的三色警示灯，工作状态

三色指示灯配备红色、绿色、黄色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态：红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开，这时设备正在工作中；绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开 X 射线管对样品进行检测；黄灯闪烁表示进防护门未关。另 UND225 型 X 射线数字成像检测设备铅房正面顶部文字 X-Ray 显示两种颜色，黄色为设备准备状态，红色为照射状态。铅房内部设置了工作状态指示灯，黄色为设备准备状态，红色为照射状态。

建设单位将在设备醒目位置张贴有电离辐射警示标志和中文警示说明，明确不同信号灯的意义。

（2）紧急停止装置

TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 拟设置 3 个急停按钮，分别为铅房正面外表面控制面板上 1 个、设备内部 1 个、操作台上 1 个。UND225 型 X 射线数字成像检测设备拟设置 3 个急停按钮，分别为铅房维修门旁 1 个、设备内部 1 个、操作台上 1 个。

各急停按钮均位于易于接触的地方，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按下紧急停机按钮，设备电源立即被切断，停止出束，防护门可从内侧打开。紧急停机按钮使用后，需复位后方可进行下一次出束工作。紧急停机按钮带有标签，标明使用方法。

（3）警告标志

公司拟在射线装置铅房正面防护门上以及计量室门上醒目处张贴符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志并附中文警示说明。

（4）通风设施

TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 设置了机械排风装置，在铅房上侧设置一个排风口，设计风量为 66 m³/h，铅房内有效容积为 14.6 m³，则铅房通风次数为 4.5 次/h，气体排入 CT 室内，通过 CT 室通风系统排至厂房总排管道引至天面排风口处排放，可有效降低 CT 室内臭氧和氮氧化物的浓度，排放口避开人员活动密集区。

UND225 型 X 射线数字成像检测设备设置了机械排风装置，在铅房上侧设置两个排风口，设计风量为 330 m³/h，铅房内有效容积为 19.73m³，则铅房通风次数为 16.72 次/h，气体排入厂房内部。

（5）门机联锁装置

射线装置均设置门-机联锁装置，保证在防护门关闭后 X 射线装置才能进行无损检测。门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

(6) 控制面板上拟设置钥匙开关，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下才能拔出。

(7) 视频监控

TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 拟在铅房内设置 1 个摄像头，可在操作台监视铅房内设备的运行情况，在 CT 室安装 1 个摄像头，可在操作台监视设备的运行及周边情况。

UND225 型 X 射线数字成像检测设备拟在铅房内设置 2 个摄像头，铅房外设置 1 个摄像头，可在操作台监视设备的运行及周边情况。

(8) 本项目拟为本次新增射线装置各配置 1 套固定式场所辐射探测报警装置，其中 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 配备的固定式场所辐射探测报警装置有 2 个探头，1 个安装在铅房内部，一个安装在维修门内壁；UND225 型 X 射线数字成像检测设备配备的固定式场所辐射探测报警装置探头安装在设备内左侧屏蔽体处。

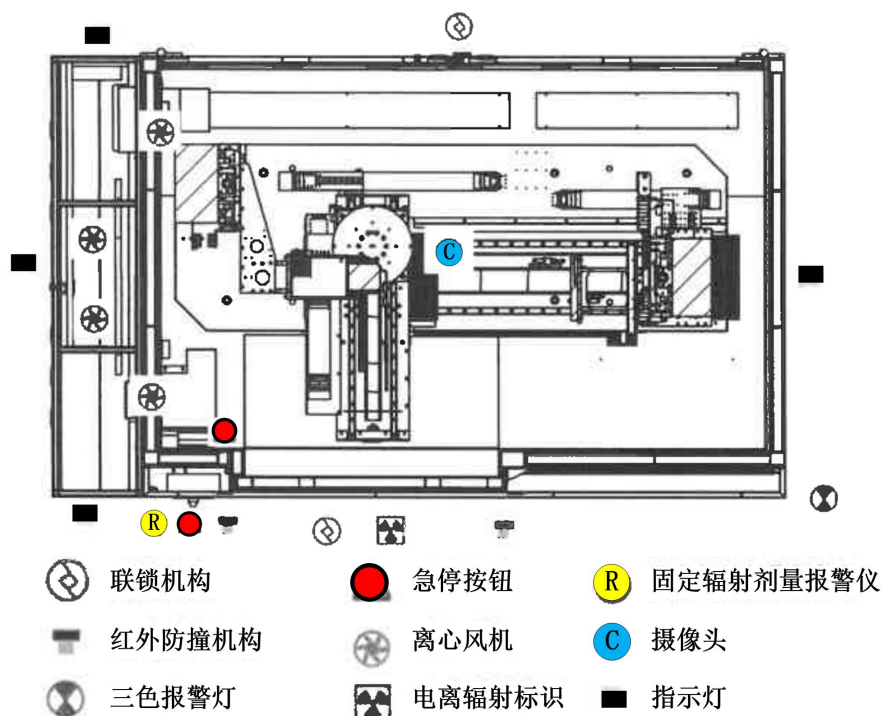


图 10-10 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 安全设施布局图

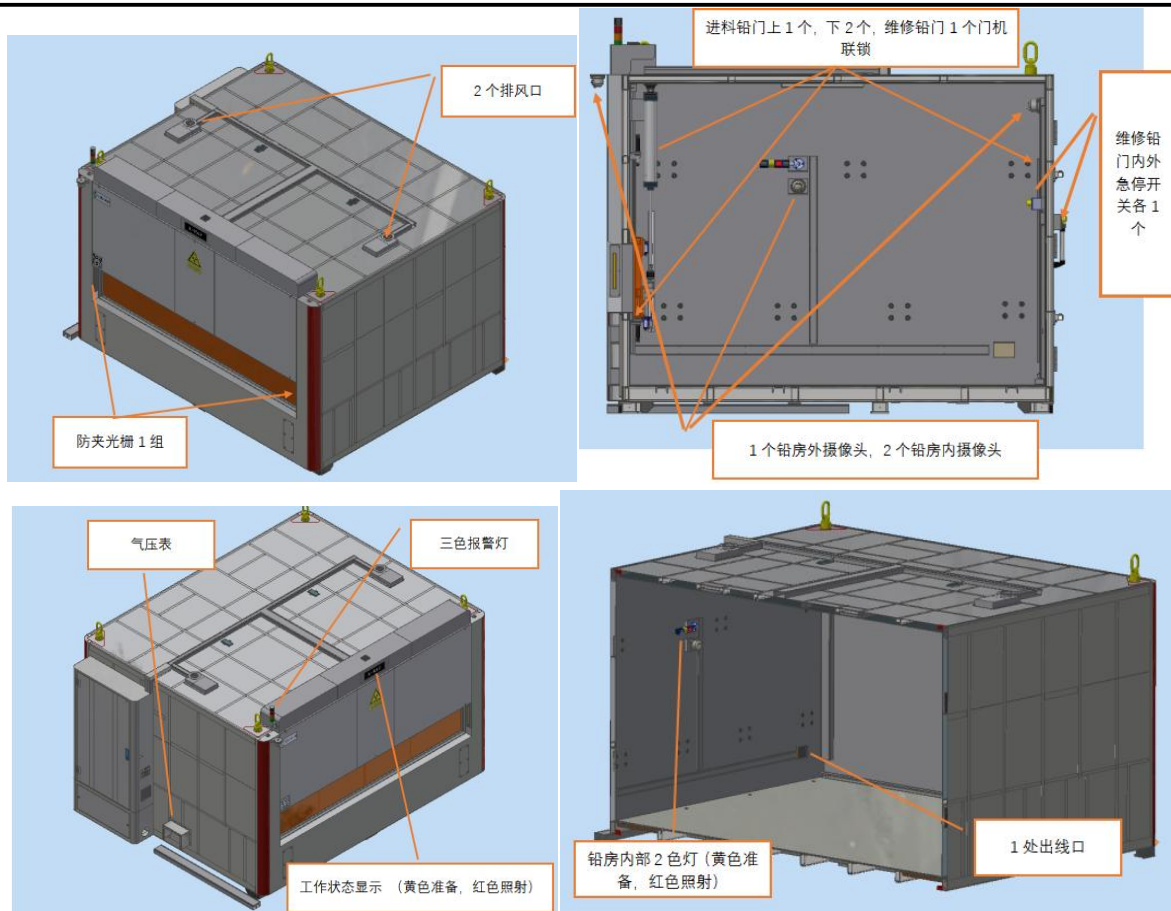


图 10-11 UND225 型 X 射线数字成像检测设备安全设施布局图

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

（1）日常检查

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

（2）定期检查

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

（3）设备维护

公司应对 X 射线探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专

业培训的工作人员或设备厂家进行。

（4）个人防护

辐射工作人员佩戴常规个人剂量计外，还应当配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警。

（5）其他防护安全要求

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能正常工作。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。只有在设备升降门、维修门关闭、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。

10.1.4 安全操作要求

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

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

（3）操作人员工作期间应按要求佩戴个人剂量计，每天上班后仔细检查个人剂量报警仪及设备的完好情况，各种计量仪表应在检定周期内，检查其工作是否正常可靠；

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

（5）开始作业前操作人员要做好个人防护工作，安全防护门没关好和警示灯不正常时不开机使用；

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

（7）X射线机应正常使用，管电压和管电流不能超过机器最大允许值；

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

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

(10) 完成检测后，应关闭设备总电源。

10.1.5 防护用品

根据本次环评项目实际情况，公司拟配备辐射防护和检测用品详见下表 10-3。

表 10-3 辐射防护和检测用品清单一览表

防护用品名称	数量	备注
便携式 X-γ剂量监测仪	1 台	新增 1 台，2 台工业 CT 共用
固定式场所辐射探测报警装置	2 套	新增 2 套
个人剂量报警仪	4 个	新增 4 个
个人剂量计	1 个/人，共 4 个	新增 4 个
电离辐射警告标志	若干	/

10.1.6 与标准要求的相符性

公司辐射安全和防护措施与 GBZ117-2022 标准要求对比情况见表 10-4：

表 10-4 公司辐射安全和防护措施与 GBZ117-2022 要求对照一览表

序号	GBZ117-2022 要求	本项目	相符性
1	应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。	公司已建立辐射安全防护管理领导小组，明确放射防护管理人员及其职责，已建立和实施放射防护管理制度和措施。	符合要求
2	应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。	本项目将为从事探伤工作的辐射工作人员按 GBZ128 的要求配备个人剂量计，并将按标准要求定期进行监测；人员将按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。	符合要求
3	应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	拟配备个人剂量报警仪和辐射剂量率仪。	符合要求
4	应制定辐射事故应急预案。	已制定辐射事故应急预案。	符合要求
5	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。	TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 有用线束照射方向朝北，操作位位于设备东南侧；UND225 型 X 射线数字成像检测设备有用线束照射方向朝下，操作位位于设备西侧。操作位均避开了有用线束照射的方向。射线装置的屏蔽厚度充分考虑了源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。工业 X 射线装置防护门的防护性能与同侧墙的防护性能一致。	符合要求
6	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。	已对探伤工作场所实行分区管理，分区管理符合 GB 18871 的要求。	符合要求
7	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	本项目射线装置拟设置门-机联锁装置，在门关闭后才会进行探伤作业。人员无法进入铅房内部。在探伤过程中，防护门被意外打开时，可以立刻停止出束。	符合要求

	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。		
8	探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目射线装置设置了三色灯，红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开，这时设备正在工作中；绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开 X 射线管对样品进行检测；黄灯闪烁表示进防护门未关。另 UND225 型 X 射线数字成像检测设备铅房正面顶部文字 X-Ray 显示两种颜色，黄色为设备准备状态，红色为照射状态。铅房内部设置了工作状态指示灯，黄色为设备准备状态，红色为照射状态。	符合要求
9	探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在操作间的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目 TSOL-CT225B 型工业 CT 拟在铅房内设置 1 个摄像头，可在操作台监视铅房内设备的运行情况，在 CT 室安装 1 个摄像头，可在操作台监视设备的运行及周边情况。UND225 型 X 射线数字成像检测设备拟在铅房内设置 2 个摄像头，铅房外设置 1 个摄像头，可在操作台监视设备的运行及周边情况。	符合要求
10	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。	铅房防护门上拟已张贴符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	符合要求
11	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。	本项目 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 拟设置 3 个急停按钮，分别为铅房正面外表面控制面板上 1 个、设备内部 1 个、操作台上 1 个。UND225 型 X 射线数字成像检测设备拟设置 3 个急停按钮，分别为铅房维修门旁 1 个、设备内部 1 个、操作台上 1 个。确保出现紧急事故时，能立即停止照射。	符合要求
12	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。	本项目 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 设置了机械排风装置，在铅房上侧设置一个排风口，设计风量为 66 m ³ /h，铅房内有效容积为 14.6 m ³ ，则铅房通风次数为 4.5 次/h，气体排入 CT 室内，通过 CT 室通风系统排至厂房总排管道引至天面排风口处排放，可有效降低 CT 室内臭氧和氮氧化物的浓度，天面排放口避开人员活动密集区。UND225 型 X 射线数字成像检测设备设置了机械排风装置，在铅房上侧设置两个排风口，设计风量为 330 m ³ /h，铅房内有效容积为 19.73m ³ ，则铅房通风次数为 16.72 次/h，气体排入厂房内部。	符合要求
13	探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	铅房拟配置固定式场所辐射探测报警装置。	符合要求

对照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），本项目辐射安全和防护措施满足防护标准要求。

10.1.7 环保投资

本项目辐射防护设施（措施）及投资估算见表 10-5。

表 10-5 本项目辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

设施（措施）	金额（万元）	备注
铅房（并带有通风装置、声光报警装置、门机联锁、紧急停机按钮等安全设施）		已计入设备成本
电离辐射警告标志		新增
1 台便携式 X-γ剂量监测仪		新增
个人剂量报警仪		新增 4 个
固定式场所辐射探测报警装置 2 套		新增
监控设施和室内通风		依托已有
辐射监测、环境影响评价、验收等工作		包括设备运行期及个人剂量监测等
合计		/

本项目总投资 万元，环保投资 万元，占总投资的 %。

10.2 三废的治理

项目运行过程中不产生放射性废水、放射性废气及放射性固体废物。

项目运行过程中空气电离产生的少量臭氧和氮氧化物，本项目 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 设置了机械排风装置，在铅房上侧设置一个排风口，设计风量为 66 m³/h，铅房内有效容积为 14.6 m³，则铅房通风次数为 4.5 次/h，气体排入 CT 室内，通过 CT 室通风系统排至厂房总排管道引至天面排风口处排放，可有效降低 CT 室内臭氧和氮氧化物的浓度，天面排放口避开人员活动密集区。

UND225 型 X 射线数字成像检测设备设置了机械排风装置，在铅房上侧设置两个排风口，设计风量为 330 m³/h，铅房内有效容积为 19.73m³，则铅房通风次数为 16.72 次/h，气体排入厂房内部。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目本次使用的是成品电气设备，不涉及土建施工建设；本项目工业 X 射线 CT 装置自带屏蔽外壳，进行安装调试后即可使用，调试期间，X 射线是污染环境的主要因子，设备自带屏蔽体能够有效屏蔽 X 射线。X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物，对环境影响可忽略不计。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 评价原则

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

(2) 剂量约束值：辐射工作人员 5mSv/a、100μSv/周；公众 0.1mSv/a、5μSv/周。

(3) 工作过程中产生的 X 射线对周围环境的影响采取预测估算的方式进行。选用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）确定周围剂量当量率。

11.2.2 关注点选取

对于一般 X 射线机，其侧向漏束较小，起决定作用的是被照体的散射束。因此主射方向（有用线束）按照初级 X 射线进行考虑，其他方向按照散射和泄露 X 射线进行考虑，以设备最大管电压、最大管电流进行计算。本项目按最不利原则选取关注点，即同一侧屏蔽体按影响最大的情况进行估算分析，计算时不考虑铅房内外包裹钢板的屏蔽效果。本项目关注点信息见表 11-1、表 11-2、图 11-1~图 11-4：

表 11-1 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 各关注点屏蔽参数一览表

射线装置	点位编号	关注点描述	辐射源到屏蔽体外表面距离 (mm)	关注点与辐射源点的距离 (mm)	屏蔽厚度 (mmPb)	照射类型
TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT	A1	铅房北侧面外 30cm(主照面)	2035	2035+300=2335	16	有用线束
	B1-1	铅房西侧面外 30cm(非主照面)	2038	2038+300=2338	14	有用线束

B1-2	铅房西侧面外 30cm（非主照面）	1125	$1125+300=1425$	14	漏射线和散射线
C1	铅房南侧面外 30cm（非主照面）	1708	$1708+300=2008$	12	漏射线和散射线
D1-1	铅房东侧面外 30cm（非主照面）	2038	$2038+300=2338$	14	有用线束
D1-2	铅房东侧面外 30cm（非主照面）	1125	$1125+300=1425$	14	漏射线和散射线
E1-1	铅房顶部外 30cm（非主照面）	1086	$1086+300=1386$	14	有用线束
E1-2	铅房顶部外 30cm（非主照面）	405	$405+300=705$	14	漏射线和散射线
F1	铅房底部外 30cm（非主照面）	1200	<u>1200</u>	14	漏射线和散射线

注：①本项目通风口和电缆口均采取了与同侧相当的屏蔽补充措施，报告在计算时已经按最不利进行了考虑。因此不再进行单独计算；
②铅房下底面为土层，直接考虑辐射源到屏蔽体外表面的距离。

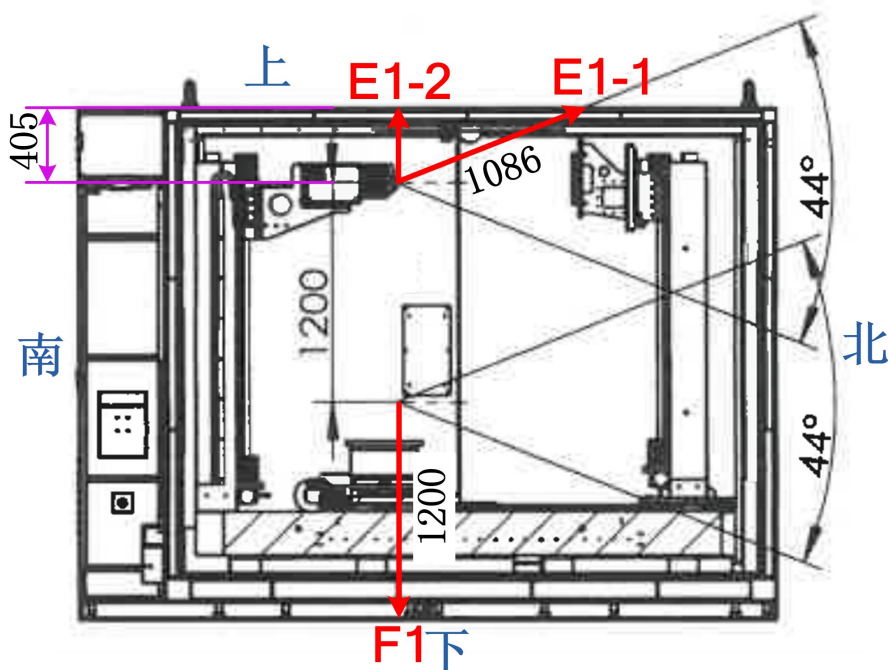


图 11- 1 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 关注点示意图（立面）（单位：mm）

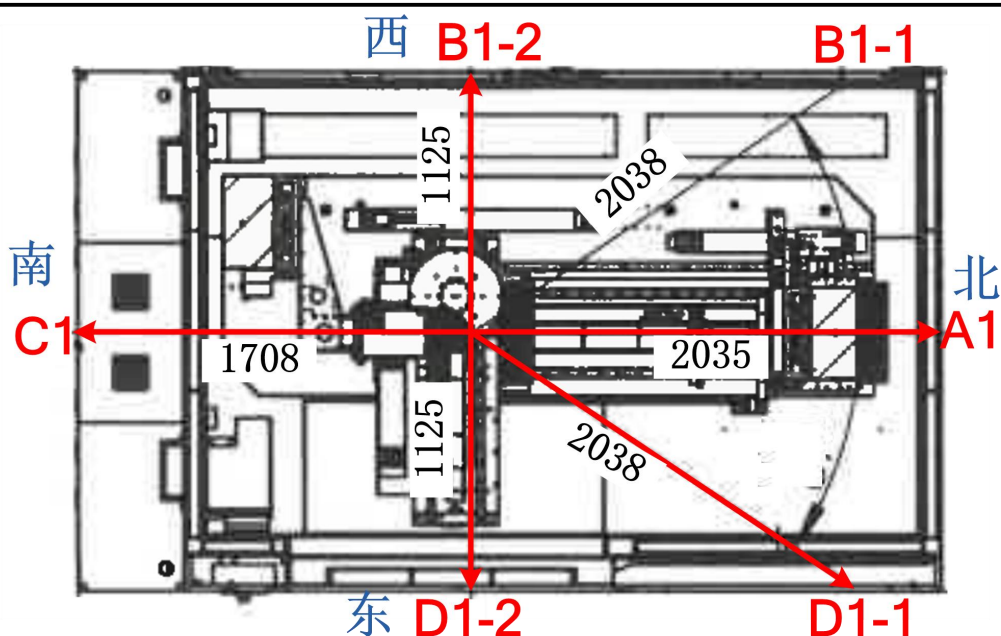


图 11- 2 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 关注点示意图（俯视面）（单位：mm）

表 11-2 UND225 型 X 射线数字成像检测设备各关注点屏蔽参数一览表

射线装置	点位编号	关注点描述	辐射源到屏蔽体外表面距离（mm）	关注点与辐射源点的距离（mm）	屏蔽厚度（mmPb）	照射类型
UND225 型 X 射线数字成像检测设备	A2	铅房南侧面外 30cm（非主照面）	345	345+300=645	10	漏射线和散射线
	B2	铅房上顶面外 30cm（非主照面）	470	470+300=770	10	漏射线和散射线
	C2	铅房北侧面外 30cm（非主照面）	345	345+300=645	10	漏射线和散射线
	D2	铅房下底面外 30cm（主照面）	1730	1730	18	有用线束
	E2	铅房西侧面外 30cm（非主照面）	520	520+300=820	10	漏射线和散射线
	F2	铅房东侧面外 30cm（非主照面）	500	500+300=800	10	漏射线和散射线
注：①本项目通风口和电缆口均采取了与同侧相当的屏蔽补充措施，报告在计算时已经按最不利进行了考虑。因此不再进行单独计算； ②铅房下底面为土层，直接考虑辐射源到屏蔽体外表面的距离。						

11.2.3 关注点剂量率参考控制水平

根据 GBZ/T250-2014，关注点剂量率参考控制水平的取值依据如下：

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

本项目关注点剂量率参考控制水平计算参数及结果见表 11-3 及表 11-4：

表 11-3 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 关注点剂量率参考控制水平计算一览表

关注点		涉及人员	周剂量参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	使用因子 U	居留因子 T	照射时间 t (h/周)	导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	本项目剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
A1	A 铅房北侧面外 30cm	辐射工作人员	100	1	1	9.34	10.71	2.5	2.5
B1	设备北侧面外 30cm 处		100	1	1	9.34	10.71	2.5	2.5
C1	设备西侧面外 30cm 处		100	1	1	9.34	10.71	2.5	2.5
D1	设备东侧面外 30cm 处		100	1	1	9.34	10.71	2.5	2.5
E1	设备南侧面外 30cm 处		100	1	1	9.34	10.71	2.5	2.5
F1	设备顶部外 30cm 处		100	1	1	9.34	10.71	2.5	2.5

注：①周剂量参考控制水平 H_c 取值：根据 GBZ/T250-2014 进行取值；

②射线装置向关注点方向照射的使用因子 U 按最不利考虑，取 1；

③人员在相应关注点驻留的居留因子 T 根据 GBZ/T250-2014 附录 A 进行取值，铅房位于 CT 室内，正常工况下设备出束时，仅辐射工作人员位于 CT 室内，无其他公众人员。

④铅房防护门与同侧面防护厚度一致，因此统一按同侧面考虑，不再单独核算铅门。

表 11-4 TUND225 型 X 射线数字成像检测设备关注点剂量率参考控制水平计算一览表

关注点		涉及人员	周剂量参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	使用因子 U	居留因子 T	照射时间 t (h/周)	导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	本项目剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
A2	铅房西侧面外 30cm	辐射工作人员	100	<u>1</u>	1	<u>54</u>	<u>1.85</u>	2.5	<u>1.85</u>
B2	铅房上顶面外 30cm		100	1	1	<u>54</u>	<u>1.85</u>	2.5	<u>1.85</u>
C2	铅房东侧面外 30cm		100	1	1	<u>54</u>	<u>1.85</u>	2.5	<u>1.85</u>

D2	铅房下底面外 30cm		100	1	1	54	1.85	2.5	1.85
E2	铅房北侧面外 30cm		100	1	1	54	1.85	2.5	1.85
F2	铅房南侧面外 30cm		100	1	1	54	1.85	2.5	1.85

注：①周剂量参考控制水平 H_c 取值：根据 GBZ/T250-2014 进行取值；
②射线装置向关注点方向照射的使用因子 U 按最不利考虑，取 1；
③人员在相应关注点驻留的居留因子 T 根据 GBZ/T250-2014 附录 A 进行取值：本项目射线装置 1m 处为监督区，仅辐射工作人员在内。
④铅房防护门与同侧面防护厚度一致，因此统一按同侧面考虑，不再单独核算铅门。

11.2.4 辐射环境影响分析

(1) 有用线束计算公式

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

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

式中：

B_1 ——屏蔽透射因子，参考 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的曲线得出；

H_0 ——距辐射源（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 的 H_0 为 $4.7\text{E}+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 、UND225 型 X 射线数字成像检测设备的 H_0 为 $6.84\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

I ——为最高管电压下的常用最大管电流，mA；TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 的最大管电流为 0.5mA、TUND225 型 X 射线数字成像检测设备的最大管电流为 8mA。

$\dot{H}$ ——剂量率参考控制水平，详见表 11-3、表 11-4；

R ——为辐射源点到计算点距离，m。

(2) 漏射屏蔽计算公式

在给定关注点剂量率控制值时，按式 11-2 计算泄漏辐射屏蔽透射因子：

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

式中：

B_2 ——屏蔽透射因子；

$\dot{H}_L$ ——距靶点 1m X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，本项目为 $5000\mu\text{Sv/h}$ 。

R —— 辐射源（靶点）至关注点的距离，m；

对估算出的屏蔽透射因子，所需的屏蔽物质厚度 X 采用以下公式计算：

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

式中：

X —— 屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL —— X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度。X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度。因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中无 225kV 管电压下的什值层厚度，225kV 管电压下铅的什值层采用内插法估算为 2.15mm。

（3）散射辐射计算公式

在给定关注点剂量率控制值时，按式 11-4 计算泄漏辐射散透射因子：

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

式中：

B_3 —— 屏蔽透射因子；

$\dot{H}$ —— 散射线所致关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I —— X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

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

F —— R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α —— 散射因子；入射辐射被单位面积（ lm^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

R_0 —— 辐射源（靶点）至探伤工件的距离，m；

R_S —— 散射体至关注点的距离，m；根据建设单位提供资料，本项目 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 散射体距离东侧屏蔽体的距离为 900mm，西侧屏蔽体的距离为

301mm，南侧屏蔽体的距离为 1062mm，顶部屏蔽体的距离为 1722mm，底部屏蔽体的距离为 724mm。UND225 型 X 射线数字成像检测设备散射体距离西侧屏蔽体的距离为 352mm，东侧屏蔽体的距离为 342mm，北侧屏蔽体的距离为 300mm，南侧屏蔽体的距离为 455mm，顶部屏蔽体的距离为 1424mm。

根据《工业X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）B.4.2 中当 X 射线探伤装置锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时， $R_0^2/F \cdot \alpha$ 因子值为 50。

本项目 225kV 的射线装置辐射散射能量按 200kV 计算，根据《工业X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2 对应的铅的什值层为 1.4mm。

有用线束剂量率相关计算参数见表 11- 5；泄漏辐射和散射辐射剂量率相关计算参数见表 11- 6 和表 11- 7，有用线束、泄漏辐射和散射辐射剂量率计算结果见表 11- 8：

表 11- 5 有用线束辐射剂量率计算一览表

关注点		计算参数				估算结果
		I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 /$ ($\text{mA} \cdot \text{h}$))	B	R (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
TSOL-CT 225B 型离 线双立柱 CT	A1 铅房北侧 面外 30cm	0.5	4.7E+06	3.62E-08	2.335	0.01
	B1-1 铅房西 侧面外 30cm	0.5	4.7E+06	3.08E-07	2.338	0.06
	D1-1 铅房东 侧面外 30cm	0.5	4.7E+06	3.08E-07	2.338	0.06
	E1-1 铅房顶 部外 30cm	0.5	4.7E+06	3.08E-07	1.386	0.16
UND225 型 X 射线 数字成像 检测设备	A2 铅房下底 面外 30cm	8	6.84E+05	4.25E-09	<u>1.73</u>	0.02

注：B 值根据屏蔽体厚度，参考 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的曲线得出。

表 11-6 泄漏辐射剂量率相关参数一览表

关注点		计算参数				计算结果
		R (m)	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	TVL (mm)	X (mm)	$H_{\text{泄漏}}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
TSOL-C T225B 型离线 双立柱 CT	B1-2 铅房西侧面外 30cm	1.425	5.0E+03	2.15	14	7.58E-04
	C1 铅房南侧面外 30cm	2.008	5.0E+03	2.15	12	3.25E-03
	D1-2 铅房东侧面外 30cm	1.425	5.0E+03	2.15	14	7.58E-04

UND225 型 X 射 线数字 成像检 测设备	E1-2 铅房顶部外 30cm	0.705	5.0E+03	2.15	14	3.10E-03
	F1 铅房底部外 30cm	<u>1.200</u>	5.0E+03	2.15	14	<u>1.07E-03</u>
	<u>A2 铅房西侧面外 30cm</u>	0.645	5.0E+03	2.15	10	0.27
	<u>B2 铅房上顶面外 30cm</u>	0.770	5.0E+03	2.15	10	0.19
	<u>C2 铅房东侧面外 30cm</u>	0.645	5.0E+03	2.15	10	0.27
	<u>E2 铅房北侧面外 30cm</u>	0.82	5.0E+03	2.15	10	0.17
	<u>F2 铅房南侧面外 30cm</u>	0.8	5.0E+03	2.15	10	0.17

表 11-7 散射辐射剂量率相关参数一览表

关注点		计算参数						计算结果
		R _s (m)	I (A)	H ₀ (μSv·m ² / (mA·h))	R ₀ ² /F· α	TVL (mm)	X (mm)	H _{散射} (μSv/h)
TSOL-C T225B 型 离线双 立柱 CT	B1-2 铅房西侧面外 30cm	<u>0.601</u>	0.5	4.7E+06	50	1.4	14	<u>1.30E-05</u>
	C1 铅房南侧面外 30cm	<u>1.362</u>	0.5	4.7E+06	50	1.4	12	<u>6.80E-05</u>
	D1-2 铅房东侧面外 30cm	<u>1.200</u>	0.5	4.7E+06	50	1.4	14	<u>3.26E-06</u>
	E1-2 铅房顶部外 30cm	<u>2.022</u>	0.5	4.7E+06	50	1.4	14	<u>1.15E-06</u>
	F1 铅房底部外 30cm	<u>0.724</u>	0.5	4.7E+06	50	1.4	14	<u>8.97E-06</u>
UND225 型 X 射 线数字 成像检 测设备	<u>A2 铅房西侧面外 30cm</u>	<u>0.652</u>	8	6.84E+05	50	1.4	10	<u>0.02</u>
	<u>B2 铅房上顶面外 30cm</u>	<u>1.724</u>	8	6.84E+05	50	1.4	8	<u>0.07</u>
	<u>C2 铅房东侧面外 30cm</u>	<u>0.642</u>	8	6.84E+05	50	1.4	10	<u>0.02</u>
	<u>E2 铅房北侧面外 30cm</u>	<u>0.600</u>	8	6.84E+05	50	1.4	10	<u>0.02</u>
	<u>F2 铅房南侧面外 30cm</u>	<u>0.755</u>	8	6.84E+05	50	1.4	10	<u>0.01</u>

表 11-8 各关注点剂量率（附加值）估算结果一览表

关注点		有用线束辐 射剂量率 (μSv/h)	泄漏辐射 剂量率 (μSv/h)	散射辐射 剂量率 (μSv/h)	总辐射剂 量率 (μSv/h)	导出剂量 率参考控 制水平, (μSv/h)
TSOL-CT 225B 型离 线双立柱 CT	A1 铅房北侧面外 30cm	0.01	/	/	0.01	2.5
	B1-1 铅房西侧面 外 30cm	0.06	/	/	0.06	2.5

	B1-2 铅房西侧面外 30cm	/	7.58E-04	<u>1.30E-05</u>	<u>7.71E-04</u>	2.5
	C1 铅房南侧面外 30cm	/	3.25E-03	<u>6.80E-05</u>	<u>3.32E-03</u>	2.5
	D1-1 铅房东侧面外 30cm	0.06	/	/	0.06	2.5
	D1-2 铅房东侧面外 30cm	/	7.58E-04	<u>3.26E-06</u>	<u>7.61E-04</u>	2.5
	E1-1 铅房顶部外 30cm	0.16	/	/	0.16	2.5
	E1-2 铅房顶部外 30cm	/	3.10E-03	<u>1.15E-06</u>	<u>3.10E-03</u>	2.5
	F1 铅房底部外 30cm	/	<u>1.07E-03</u>	<u>8.97E-06</u>	<u>1.08E-03</u>	2.5
UND225 型 X 射线 数字成像 检测设备	A2 铅房西侧面外 30cm	/	0.27	<u>0.02</u>	<u>0.29</u>	<u>1.85</u>
	B2 铅房上顶面外 30cm	/	0.19	<u>0.07</u>	<u>0.26</u>	<u>1.85</u>
	C2 铅房东侧面外 30cm	/	0.27	<u>0.02</u>	<u>0.29</u>	<u>1.85</u>
	D2 铅房下底面外 30cm	0.02	/	/	0.02	<u>1.85</u>
	E2 铅房北侧面外 30cm	/	0.17	<u>0.02</u>	<u>0.19</u>	<u>1.85</u>
	F2 铅房南侧面外 30cm	/	0.17	<u>0.01</u>	<u>0.18</u>	<u>1.85</u>

经计算，TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 铅房外各关注点处周围剂量当量率最大值为 0.16μSv/h，UND225 型 X 射线数字成像检测设铅房外各关注点处周围剂量当量率最大值为 0.55μSv/h，均满足本项目铅房屏蔽体外 30cm 处剂量率导出控制水平要求及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 6.1.3 节及 6.1.4 节的要求。

11.2.5 工作人员和公众剂量估算及评价

（1）估算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A，X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量计算公式如下：

$$He=Dr\times T\times t\times 10^{-3} \quad \text{式 11-7}$$

式中：

He —— X、γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

Dr —— X、γ射线空气吸收剂量率，μSv/h；

T ——居留因子；

t ——X、 γ 射线照射时间，h/a。

(2) 参数取值

根据式 11-1、式 11-2 和式 11-4 可知，在其他条件相同的情况下，关注点处 D_r 与距离的平方成反比。各关注点与辐射源点的距离见下表：

表 11-9 人员关注点处 D_r 取值一览表

关注点		铅房外 30cm 处 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	铅房与关注 点的距离 m	关注点处 D_r ($\mu\text{Sv/h}$)
TSOL-C T225B 型 离线双 立柱 CT	东南侧操作台辐射工作人员	0.06	0.5	2.16E-02
	北侧现有 CT 室	0.01	5.75	2.72E-05
	西侧结构件配送区	0.06	2.7	7.41E-04
	南侧过道	<u>3.32E-03</u>	2.3	<u>5.65E-05</u>
	东侧金相室	0.06	1.1	4.46E-03
UND225 型 X 射 线数字 成像检 测设备	设备西侧 1m 处公众	<u>0.29</u>	<u>1.0</u>	<u>2.61E-02</u>
	设备北侧 1m 处公众	<u>0.19</u>	<u>1.0</u>	<u>1.71E-02</u>
	设备东侧 1m 处公众	<u>0.29</u>	<u>1.0</u>	<u>2.61E-02</u>
	设备南侧 1m 处公众	<u>0.18</u>	<u>1.0</u>	<u>1.62E-02</u>

注：①新增的 2 台射线装置所在场所均为单层建筑，底部及顶部人员不可达；

②UND225 型 X 射线数字成像检测设备公众的关注点按照设备 1m 的周围剂量当量率考虑。

(3) 估算结果

本项目新增的射线装置人员剂量估算见表 11-10：

表 11-10 辐射工作人员及公众年受照剂量估算结果一览表

序号 位置		Dr（μSv/h）	T	t（h/a）	He（mSv/a）
TSOL-CT225 B 型离线双立 柱 CT	东南侧操作台辐射工作 人员	2.16E-02	1	<u>233.335</u>	<u>0.01</u>
	北侧现有 CT 室	2.72E-05	1	<u>466.67</u>	<u>1.27E-05</u>
	西侧结构件配送区	7.41E-04	1	<u>466.67</u>	<u>3.46E-04</u>
	南侧过道	<u>5.65E-05</u>	1	<u>466.67</u>	<u>2.64E-05</u>
	东侧金相室	4.46E-03	1	<u>466.67</u>	<u>2.08E-03</u>
UND225 型 X 射线数字成像 检测设备	<u>设备西侧操作台辐射工 作人员</u>	0.29	1	<u>1350</u>	<u>0.39</u>
	<u>设备西侧 1m 处公众</u>	<u>2.61E-02</u>	1	<u>2700</u>	<u>0.07</u>
	<u>设备北侧 1m 处公众</u>	<u>1.71E-02</u>	1	<u>2700</u>	<u>0.05</u>
	<u>设备东侧 1m 处公众</u>	<u>2.61E-02</u>	1	<u>2700</u>	<u>0.07</u>
	<u>设备南侧 1m 处公众</u>	<u>1.62E-02</u>	1	<u>2700</u>	<u>0.04</u>

注：①居留因子参考（GBZ/T250-2014）附录 A 进行取值；

②本项目辐射工作人员为2班制，故辐射工作人员的照射时间取全年的1/2。

根据表 11-10 计算结果可知，本项目 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 辐射工作人员操作所受附加年有效剂量最大值约为 0.01mSv，低于 5mSv/a；公众人员所受附加年有效剂量最大值 2.08E-03mSv，小于 0.1mSv/a；UND225 型 X 射线数字成像检测设备辐射工作人员操作所受附加年有效剂量最大值约为 0.39mSv，低于 5mSv/a；公众人员所受附加年有效剂量最大值 0.07mSv，不大于 0.1mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关要求及公司制定的管理目标限制。

11.2.7 “三废”环境影响分析

本项目为计算机显像，不产生废显（定）影液、废片等，运行过程中没有放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生，工作过程中空气电离产生的少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）通过通风系统排出设备外。

本项目射线装置运行过程中 X 射线使空气电离产生的少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 设置了机械排风装置，在铅房上侧设置一个排风口，设计风量为 66 m³/h，铅房内有效容积为 14.6 m³，则铅房通风次数为 4.5 次/h，气体排入 CT 室内，通过 CT 室通风系统排至厂房总排管道引至天面排风口处排放，可有效降低 CT 室内臭氧和氮氧化物的浓度，天面排放口避开人员活动密集区。UND225 型 X 射线数字成像检测设备设置了机械排风装置，在铅房上侧设置两个排风口，设计风量为 330 m³/h，铅房内有效容积为 19.73m³，则铅房通风次数为 16.72 次/h，气体排入厂房内部。

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 3 次”的要求。本项目所产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 可能发生的辐射事故及预防措施

本项目配置 2 台射线装置，X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出，因此，断电状态下较为安全。在意外情况下，可能出现的辐射事故（事件）如下：

（1）工作人员使用设备时，防护门安全联锁发生故障，在防护门未关到位的情况

下射线发生器仍能出束，X 射线泄露使工作人员受到不必要的照射；

（2）设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器，使检修人员受到意外照射；

为防止上述事故发生，拟采取以下措施：

（1）企业内部加强辐射安全管理，辐射安全管理人员定期监督检查。

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

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

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

（5）开机状态下人员不得脱岗。

（6）公司要委托设备厂家定期进行设备检修和定期维护工作。

（7）发生辐射事故时，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，并在 1 小时内填写《辐射事故初始报告表》。事故后应对事故影响人员进行医学检查，确定其所受到的剂量水平，并在第一时间将事故通报生态环境、卫生等主管部门。

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

郑州弗迪电池有限公司成立了辐射防护和安全管理领导小组，负责对辐射防护相关工作进行控制和管理，辐射防护和安全管理领导小组具体组成见下表：

表 12-1 辐射防护和安全管理领导小组成员一览表

序号	职务	人员
1	组长	胡乾坤
2	成员	王磊、聂金霄、肖彦伟、陈进超

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》，环境保护部令第 3 号第十六条要求：“使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作”。郑州弗迪电池有限公司设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，可以满足管理办法中的要求。从公司目前配置的辐射安全与环境保护管理工作领导小组人员信息看，辐射安全与环境保护管理工作领导小组成员有一定的管理能力，本项目开展后，公司管理人员能满足配置要求。

公司设置的辐射安全与环境保护管理工作领导小组主要职责是：组织贯彻落实国家和地方政府有关辐射安全与环境保护工作的方针政策、讨论决定研究所辐射安全的重大问题和措施、组织研究所辐射事故应急响应与处理、组织制定和完善研究所辐射管理制度和操作规程、监督检查相关规章制度的执行、督促整改辐射事故隐患。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021）修订》第十六条要求：“从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核”。公司拟按照《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》的要求在本项目实施前安排相关人员参辐射安全与防护培训，做到持证上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

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

并加强对核技术利用项目的日常管理：

（1）根据郑州弗迪电池有限公司的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对核技术利用装置的安全防护和维修要落实到个人；明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。公司已制定了《射线装置安全操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护与安全保卫制度》、《放射性同位素安全防护管理制度》、《射线装置安全防护管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《员工辐射安全监测方案》、《环境安全监测方案》、《辐射事故应急预案》等相关制度文件，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的要求。

（2）在本项目运行前，各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；辐射工作场所均必须有电离辐射警示标识，屏蔽门上方还必须要有工作指示灯，同时警示标识的张贴必须规范。

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

（4）加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业，安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

（5）为确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，避免事故的发生，郑州弗迪电池有限公司应培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，郑州弗迪电池有限公司应对本项目的辐射装置的安全和防护状况进行年度评估，并每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

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

12.3 辐射监测

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

（1）工作场所和周围环境监测

监测项目：周围剂量当量率

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

监测点位：铅房外 30cm 处、防护门外 30cm 处、铅房顶部外 30cm 处、操作位、导线口、排风口、人员经常活动的区域。

（2）个人监测

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

（3）辐射工作人员健康管理

本项目拟配备 4 名辐射工作人员，上岗前必须进行岗前职业健康体检，并且体检合格才能从事放射工作；必须在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后可上岗；上岗后要求为每名辐射工作人员配备个人剂量计，并定期送检。

表 12-2 监测计划要求一览表

监测类别	监测单位	监测周期	监测项目	监测点位
年度监测	委托监测	1 次/年	周围剂量当量率	1、防护门外 30cm 处； 2、铅房四周外表面 30cm 处；

季度监测	自主监测	1 次/季度		铅房顶部外 30cm 处 3、操作位； 4、管线口、排风口； 5、铅房外需要关注的人员经常活动的区域。
验收监测	委托监测	竣工验收 1 次		
个人剂量监测	委托监测	1 次/三个月	个人剂量当量	所有辐射工作人员

建设单位每年均按要求委托有资质的单位开展了工作场所辐射监测和个人剂量检测，各类检测报告均按要求分类存档，并由专人妥善保管。

12.4 辐射事故应急

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

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

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

（3）发生辐射事故时，公司将立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 1 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

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

- ① 全面负责本单位辐射环境和人员安全的管理；
- ② 负责编制和修订本单位辐射突发环境事件应急预案；
- ③ 加强辐射应急队伍建设，购置必要的辐射应急装备器材；
- ④ 负责本单位辐射工作场所和环境的应急监测；
- ⑤ 负责本单位辐射突发环境事件的紧急处置和信息报告；
- ⑥ 对可能造成超剂量照射的人员送到指定医院进行救治；

⑦ 负责本单位辐射突发环境事件恢复重建工作，并承担相应的处置经费；

⑧ 积极配合行政主管部门的调查处理和定性定级工作；

⑨ 负责组织本单位辐射突发环境事件相关应急知识和应急预案的培训，在环境保护行政主管部门的指导下或自行组织演练。

（5）各类事故报警和联系方式

一般报告程序为：发现者报告给辐射事故应急工作小组成员，由其向市公安局、市生态环境局，并同时向省生态环境厅报告，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。

12.5 环境保护竣工验收

本项目环保竣工验收要求见表 12-3。

表 12-3 环境保护竣工验收一览表

序号	验收内容	验收要求	验收依据
1	环保文件	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具验收监测报告。	《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》
2	环境管理制度、应急措施	成立专门的辐射领导机构,制定相应的规章制度和事故应急预案,具有可操作性,有相应的操作规程、各类制度上墙	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》
3	辐射工作人员管理	①本项目辐射工作人员应具备相应的岗位技能;②公司应每季度对工作人员进行个人剂量监测,每 2 年进行放射人员健康体检,并将资料存档管理;③辐射工作人员参加辐射安全知识培训,5 年进行一次复训。	《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》、《放射工作人员职业健康管理暂行办法》 GBZ128-2019
4	防护用品	防护监测设备和防护用品按报告中表 10-2 要求落实。	GBZ117-2022 GB18871-2002 GBZ/T250-2014
5	辐射屏蔽设计及安全防护措施	①铅房外 30cm 处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。②警示标志、工作状态指示灯设置位置合理,正常工作;安全联锁、紧急停机开关等正常运行;视频监控设备正常运行。	GBZ117-2022 GB18871-2002 GBZ/T250-2014
6	辐射监测	①每季度对工作场所周围环境进行常规自主监测,每年委托有资质的单位进行年度监测并出具年度评估报告。②配备相应的自检设备,防护检查仪器及人员,定时进行辐射工作人员个人剂量监测。	《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》
7	剂量限值	①辐射工作人员年有效剂量约束值为 5mSv; ②公众成员年有效剂量约束值不超过 0.1mSv。	GB18871-2002 及环评批复
8	项目规模	六期园区 6-1B#厂房的 CT 室新增 1 套 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT (最大管电压 225kV,最大管电流 0.5mA)及在 6-30# 厂房新增 1 套 UND225 型 X 型射线数字成像检测设备 (最大管电压 225kV,最大管电流 8mA)用于产品的无损检测。	与环评时一致

表 13 结论与建议

13.1 结论

(1) 项目基本情况

为了提高生产产品的质量，提升企业的整体竞争实力，郑州弗迪电池有限公司拟投资 万元，在公司六期园区 6-1B#厂房的 CT 室新增 1 套 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT（最大管电压 225kV，最大管电流 0.5mA）及在 6-30#厂房新增 1 套 UND225 型 X 型射线数字成像检测设备（最大管电压 225kV，最大管电流 8mA）用于产品的无损检测。

(2) 辐射安全与防护分析结论

①根据现场检测，本项目场址部分点位的辐射本底水平部分点位略低于郑州市本底范围。

②本项目所产生的主要污染因子是电离辐射危害因子（X 射线），一般污染因子（臭氧和氮氧化物等有害气体）。

③本项目辐射工作场所分为监督区和控制区：采取了相应的屏蔽措施和其它防护措施，辐射屏蔽设计合理，能满足辐射防护要求。

④项目拟设置警示与监视、急停、安全联锁系统等辐射安全措施，符合“故障-安全”原则，具有多层次的纵深防御体系。

(3) 产业政策符合性分析结论

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

(4) 实践的正当性

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

（5）选址合理性分析

本项目位于郑州弗迪电池有限公司六期园区内部，周边无学校、居民等，在铅屏蔽防护有效条件下，对外环境人员造成辐射影响较小，故本项目选址可行。射线装置在相对独立、人员相对较少的位置，减轻了对公众的辐射影响，从辐射安全和环境保护的角度考虑，本项目的辐射工作场所平面布局是合理可行的。

项目建设符合国家产业政策、环保政策和相关规划，项目选址合理。

（6）辐射工作场所布局合理性分析

本项目射线装置工作场所所在区域位置相对独立，工作区域专人管理，减少了无关公众受照射的概率，也降低了其他工作人员受照射的概率。同时，设备自带铅屏蔽，并且辐射工作场所按规范要求设置电离辐射警告标志，合理划分控制区、监督区，且无关人员不得进入。通过设备屏蔽体外进行理论计算，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束限值的要求。通过以上场所独立、划分区域等措施，本项目对外环境造成辐射影响很小，因此，本项目平面布局是合理的。

（7）剂量估算

通过核算，从事本项目的辐射工作人员和公众人员的年附加有效剂量均满足本环评的周有效剂量约束值和年有效剂量约束值要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关标准的要求。

（8）总结论

郑州弗迪电池有限公司六期园区新增 2 台射线装置核技术利用项目满足“实践的正当性”的原则与要求，符合国家产业政策；项目选址和布局合理可行；项目设计的机房屏蔽设计满足标准要求，采取的辐射安全防护措施可行；公司辐射与环境保护管理措施基本健全，能满足本项目需求；公司在采取本环评提出的各项辐射防护及污染防治措施后，对周围环境产生的辐射影响较小，且符合环境保护的要求。从环境保护的角度来看，本环评认为该建设项目是可行的。

13.2 建议和要求

(1) 公司按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自主管理，制定工作场所和周围环境监测、防护性能监测等相关监测计划以及职业健康体检工作计划，并自购辐射检测设备，确保周围环境的辐射安全和职工健康。加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查；

(2) 郑州弗迪电池有限公司在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和补充，并确保各项制度的落实；

(3) 明确专门的部门对公司的辐射工作人员统一管理，定期开展辐射防护教育。

(4) 郑州弗迪电池有限公司应组织辐射工作人员到有资质的机构进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，定期开展个人剂量监测，接受放射防护知识和法规培训，具备相应条件，取得辐射安全培训合格证后，方可从事放射工作。建立辐射工作人员个人剂量档案、职业健康监护档案，并终生保存。辐射工作人员调动工作单位时，个人剂量、健康监护档案应随其转给调入单位。

(5) 建设单位取得环评批复且项目建成后，及时向相关部门申请办理《辐射安全许可证》。本项目取得环评批复前和取得《辐射安全许可证》之前，不得投入使用。

(6) 项目投入使用后，建设单位应按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》完成竣工环保验收工作。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：		
公 章		
经办人	年	月 日

审批意见：		
公 章		
经办人	年	月 日