

核技术利用建设项目

杭州陶飞仑新材料有限公司
微焦点 X 射线 CT 检测系统建设项目
环境影响报告表
(公示稿)

杭州陶飞仑新材料有限公司

2026 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

杭州陶飞仑新材料有限公司
微焦点 X 射线 CT 检测系统建设项目
环境影响报告表
(公示稿)

建设单位名称：杭州陶飞仑新材料有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 3 幢
101 室

邮政编码：311106 联系人：

电子邮箱：/ 联系电话：

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	6
表 3 非密封放射性物质	6
表 4 射线装置	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	8
表 6 评价依据	9
表 7 保护目标与评价标准	11
表 8 环境质量和辐射现状	17
表 9 项目工程分析与源项	22
表 10 辐射安全与防护	26
表 11 环境影响分析	35
表 12 辐射安全管理	45
表 13 结论与建议	52
表 14 审批	56

表 1 项目基本情况

建设项目名称		杭州陶飞仑新材料有限公司微焦点 X 射线 CT 检测系统建设项目				
建设单位		杭州陶飞仑新材料有限公司				
法人代表		王成	联系人		联系电话	
注册地址		浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 3 幢 101 室				
项目建设地点		浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 2 幢 1 楼 101 室装备间内				
立项审批部门		/		项目代码	/	
建设项目总投资（万元）		85	项目环保投资（万元）	4.4	投资比例（环保投资/总投资） 5.18%	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m ² ）	无新增
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			
其它	/					
1.1 项目概况						
1.1.1 建设单位情况						
<p>杭州陶飞仑新材料有限公司（以下简称“建设单位”）成立于 2021 年 01 月 21 日，注册地位于浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 3 幢 101 室，法定代表人为王成。经营范围包括一般项目：刀具制造；刀具销售；新材料技术研发；新材料技术推广服务；模具制造；模具销售；有色金属合金制造；金属基复合材料和陶瓷基复合材料销售；特种陶瓷制品制造；特种陶瓷制品销售；新型金属功能材料销售；新型陶瓷材料销售；机械零件、零部件加工；机械零件、零部件销售；金属材料制造；金属材料销售；金属工具制造；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广。</p>						

本项目主体工程《杭州陶飞仑高性能铝碳化硅复合材料在半导体封装领域的产业化应用》已进行赋码备案，对照《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“三十六、计算机、通信和其他电子设备制造业”大类，因本项目的生产工序仅为简单生产组装，本项目主体工程不需要编制环境影响报告书或报告表。该项目已投入运行。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

建设单位为保障产品质量，拟在租赁使用的浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路37-1号2幢1楼101室装备间内实施新建配套核技术利用项目——“杭州陶飞仑新材料有限公司微焦点X射线CT检测系统建设项目”，项目拟购置1台最大管电压180kV、最大管电流0.5mA的WX-5型微焦点X射线CT检测系统，用于铝碳化硅复合材料无损检测工作。

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），本项目拟购置1台WX-5型微焦点X射线CT检测系统，属于II类射线装置中的工业用X射线计算机断层扫描（CT）装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号），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，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门重新申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，杭州陶飞仑新材料有限公司委托杭州旭辐检测技术有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、监测和收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《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）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.1.3 项目建设规模

经与建设单位核实，建设单位拟在浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路37-1号2幢1楼101室装备间内，购置1台WX-5型微焦点X射线CT检测系统（最大管电压180kV，最大管电流0.5mA）以及配套操作台，该设备自带防护铅房（以下简称“铅房”）（外尺寸：长1850mm、宽900mm、高1900mm，内尺寸：长1700mm、宽600mm、高950mm），用于铝碳化硅复合材料的无损检测，工件最大尺寸为长

200mm、宽 180mm、高 180mm，

本次评价核技术利用项目情况一览表见表 1-1。

表 1-1 本次评价核技术应用情况一览表

序号	装置名称	型号	数量	射线装置类别	最大管电压	最大管电流	工作场所	射线方向
1	微焦点 X 射线 CT 检测系统	WX-5	1	II	180kV	0.5mA	装备间内	南侧

1.2 项目选址及周边保护目标

1.2.1 建设单位地理位置及周边环境

建设单位位于浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 2 幢 1 楼 101 室，地处运河智造科创园内（以下简称“园区”）。该建筑为五层建筑，无地下室，建设单位租用该幢一层全部区域作为生产场所，租用 4 楼 401 室作为办公场所。项目地块四至情况如下：项目地块四至情况如下：东侧为园区内部区域，区域外侧为嘉艺（塘栖）科创园；南侧为园区内部停车场，停车场以南为园区 3 号楼；西侧为园区内部道路，道路以西为园区 1 号楼；北侧紧邻园区内部道路，道路外侧为园区外部道路礞阳街。

1.2.2 本项目地理位置及周边环境

本项目拟设置在建设单位厂区 1 楼 101 室装备间内，装备间东侧为机加工车间，南侧为 1 楼内的通道，西侧为园区内部道路，北侧为检验室，正上方为杭州丽景制衣布料堆放区。

1.2.3 选址合理性分析

本项目拟建址用地性质为工业用地，项目周围 50m 评价范围内，东侧为嘉艺（塘栖）科创园，西南侧为杭州顶星电子有限公司道路，北侧为园区外部礞阳街、杭州九钻机械有限公司停车场及宿舍楼，其余区域均为运河智造科创园内部道路、停车场及园区配套建筑，不涉及学校、居民区、医院等环境敏感区，也不涉及生态保护红线。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。因此，本项目选址合理可行。

1.3 产业政策符合性分析与实践的正当性分析

1.3.1 产业政策符合性分析

本项目为核技术利用项目，结合中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号

令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》和杭州市发展和改革委员会《杭州市产业发展导向目录（2024 年本）》，本项目不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家、地方产业政策的要求。

1.3.2 实践的正当性分析

射线检验作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各种金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用，将核技术应用到本项目中，可达到一般非放射性检验方法所不能及的检验效果，是其它检验项目无法替代的，由于射线检验的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在检验过程中射线装置的应用可能会造成如下放射性环境问题：

- （1）给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响；
- （2）射线装置的使用及管理的失误会造成一定的辐射安全事故。

建设单位在开展射线检验过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的社会效益足以弥补辐射给职业人员、公众引起的辐射危害，因此该核技术利用符合实践正当性要求。

1.4 相关规划符合性分析

1.4.1“三区三线”符合性分析

根据《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2080 号）要求，“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海报批的依据。其中“三区”具体指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。

本项目位于浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 2 幢 1 楼 101 室，对照临平区三区三线图，本项目位于城镇开发边界范围内，用地及评价范围不涉及生态保护红线、永久基本农田，因此本项目建设符合“三区三线”要求。

1.4.2《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

1、生态保护红线

本项目位于浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 2 幢 1 楼 101 室，对照

临平区三区三线图，本项目建设不涉及临平区生态保护红线，符合生态保护红线的要求。

2、环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建址及周围环境 γ 辐射剂量处于正常本底范围。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，不触及环境质量底线。

3、资源利用上线目标

本项目主要能源为电能，项目电能主要依托市政电力管网。总体而言，本项目符合资源利用上线的要求。

4、环境管控单元分类准入清单

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目所在地属临平区临平城区产业集聚重点管控单元（ZH33011320003），属于产业集聚重点管控单元，具体符合性分析见表 1-2。

表 1-2 杭州市环境管控单元分类准入要求

管控要求		本项目情况	是否符合
空间布局引导	根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目为核技术利用建设项目，主要用于产品的无损检测，不属于管控措施中禁止新建、扩建项目。	符合
污染物排放管控	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。所有企业实现雨污分流。		符合
环境风险防控	强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。		符合
资源开发效率要求	/	/	/

综上，本项目建设符合《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》准入清单要求。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

本项目为建设单位首次开展核技术利用项目，无原有核技术利用项目。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度 种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
本项目不涉及								

表 3 非密封放射性物质

序号	核素 名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作 量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
本项目不涉及										

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)	剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及										

(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	微焦点 X 射线 CT 检测系统	II	1	WX-5	180	0.5	无损检测	装备间内	本次环评 新购

(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	
本项目不涉及													

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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	排放至大气外环境中，臭氧在常温下可自行分解为氧气

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）和活度（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》，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017 年；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令 16 号，2021 年 1 月 1 日起实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令 18 号，于 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（第二次修正）》，国务院令 449 号，于 2019 年 3 月 2 日修正；</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(10) 《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会公告 2022 年第 71 号，2022 年 8 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，（2021 年 2 月 10 日修正），浙江省人民政府令 364 号；</p> <p>(12) 《浙江省辐射环境管理办法》（2021 年 2 月 10 日修正），省政府令 289 号；</p> <p>(13) 《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2024 年本）》浙环发〔2024〕67 号，2025 年 2 月 2 日起实施；</p> <p>(14) 《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），自 2020 年 1 月 1 日起施行。</p>
----------	---

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016), 2017年1月1日实施;</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年第 1 号修改单;</p> <p>(5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022);</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021), 2021 年 5 月 1 日实施;</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021), 2021 年 5 月 1 日实施;</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019), 2020 年 4 月 1 日实施。</p> <p>(9) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ 2.1-2019), 2020 年 4 月 1 日实施。</p>
<p>其它</p>	<p>(1) 营业执照;</p> <p>(2) 建设单位提供的与本项目有关的各种资料和项目设计图纸。</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》（HJ10.1-2016）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），确定本项目评价范围为铅房边界外周围 50m 范围内区域。

7.2 保护目标

根据本项目周边环境情况调查，铅房位于 1 楼 101 室装备间内，50m 评价范围内主要为厂区及园区内部区域，环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、厂区内其他工作人员和公众成员。具体见表 7-1。

表 7-1 本项目辐射工作场所环境保护目标分布一览表

场所	环境保护目标		方位	最近距离 (m)	人员类别	人员规模 (人)	剂量约束值
铅房	建设单位内部	操作位	西侧	紧邻	职业	2	≤5mSv/a
		检验室	北侧	0.5	公众	3	≤0.25mSv/a
		通道	南侧	0.5		10	
		楼梯及电梯	南侧	8		10	
		装备间	西侧	1		1	
		机加工车间	东侧	1.3		5	
		更衣室		20		10	
		工装间		22		1	
		会议室		25		10	
		接待区		31		不定	
	生产车间 2	东南侧	8	5			
	建设单位外部	园区内部道路	北侧	12	不定		
		园区外部道路礅阳街		20	不定		
		杭州九钻机械有限公司停车场		40	不定		
		杭州九钻机械有限公司宿舍楼	西北侧	48	约 50		
		园区内部道路及停车场	南侧	15	不定		
园区 3 号楼		39		不定			

	园区内部道路	西侧	7.5		不定
	园区 1 号楼		28		不定
	园区内部道路	东侧	35		不定
	嘉艺（塘栖）科技园		46		不定
	园区内道路	西南侧	20		不定
	电动汽车充电区		37		不定
	杭州顶星电子有限公司道路		48		不定
	2F: 杭州丽景制衣布料堆放区	正上方	5		2-5

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）

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。

4.3.3 防护与安全的最优化

4.3.3.1 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和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

B1 剂量限值（标准的附录 B）

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；

本项目取其四分之一即 5mSv 作为辐射剂量约束值。

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；

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为辐射剂量约束值。

(2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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600 kV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。

5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 液体制冷设备是否有渗透；
- 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。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。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。

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。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 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。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

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

辐射防护负责人报告。

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

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

6.2.5 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。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第7.1条～第7.4条的要求。

6.3 探伤设施的退役

c) X射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

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

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏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价值层厚度（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）。

3.3 其他要求

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

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 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。

7.4 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）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单等评价标准，确定本项目的管理目标如下：

1、周围剂量当量率

（1）铅房

根据《工业探伤放射防护标准》GBZ 117-2022 第 6.1.3 条款要求，本项目铅房的四侧铅房、顶面、底面及防护门外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

2、个人剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871-2002 条款 4.3.2.1 与 11.4.3.2 的要求，本项目个人年有效剂量控制水平如下：

A. 职业人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；

B. 公众成员年有效剂量 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ 。

3、通风要求

根据《工业探伤放射防护标准》GBZ 117-2022 第 6.1.10 条款的要求，铅房应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

8.1.1 项目地理位置

建设单位位于浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 2 幢 1 楼 101 室，地处运河智造科创园内（以下简称“园区”）。该建筑为五层建筑，无地下室，建设单位租用该幢一层全部区域作为生产场所，租用 4 楼 401 室作为办公场所。项目地块四至情况如下：东侧为园区内部区域，区域外侧为嘉艺（塘栖）科创园；南侧为园区内部停车场，停车场以南为园区 3 号楼；西侧为园区内部道路，道路以西为园区 1 号楼；北侧紧邻园区内部道路，道路外侧为园区外部道路礅阳街。

8.1.2 项目场所位置

本项目拟设置在浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 2 幢 1 楼 101 室装备间内。装备间北侧为检验室，南侧为 1 楼内的通道，西侧为园区内部道路，东侧为机加工车间，正上方为杭州丽景制衣布料堆放区。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位及结果

1、环境现状评价的对象

本项目辐射工作场所周围

2、监测因子

X- γ 辐射剂量率

3、监测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.1.1 “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”。根据上述布点原则，结合本次微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址所在企业各功能区域的人员数量、居留时间及评价范围内周边环境特征，本次现状监测在微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建场址周边邻近位置及评价范围内关注点位布设监测点，同时在评价范围室外区域布设监测点位，以全面掌握项目拟建场所及周边环境的辐射本底水平。监测点位布点详见图 8-1 和图 8-2。

4、监测方案

- (1) 监测单位：杭州旭辐检测技术有限公司
- (2) 监测日期：2026年1月23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
- (5) 监测频次：依据 HJ1157-2021 标准予以确定
- (6) 监测工况：现状检测报告
- (7) 天气环境条件：温度：10~12℃；相对湿度：35~50%；天气状况：晴
- (8) 监测设备：见表 8-1

表 8-1 X-γ辐射剂量率仪参数与规范

仪器设备名称	便携式 X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器设备型号	JC-NAI-300
仪器编号	JC185-10-2024
检定（校准）机构	上海市计量测试技术研究院
检定（校准）证书号	2024H21-20-5562119001
有效期	2025年11月7日-2026年11月6日
能量响应	25keV~3MeV
量程	0.01μSv/h~100mSv/h

5、质量保证措施

- (1) 合理布局监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- (2) 监测方法采取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) 检测仪器每年定期经计量部门检定（校准），检定（校准）合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人签发。

6、监测结果

本项目辐射工作场所周围的 X-γ辐射剂量率检测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目铅房拟建址周围 X-γ辐射剂量率检测结果

检测 点位 号	点位描述	检测结果 (μSv/h)		备注
		平均值 (即测量值)	标准差	
▲1	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址北侧	0.11	0.01	室内 楼房
▲2	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址南侧 (通道)	0.12	0.01	
▲3	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址西侧 (装备间工作台)	0.10	0.01	
▲4	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址东侧	0.11	0.02	
▲5	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址北侧: 检验室内	0.13	0.01	
▲6	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址东侧: 机加工车间内	0.12	0.01	
▲7	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址正上方 (2F): 杭州丽景制衣布料堆放区	0.11	0.01	
▲8	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址正上方 (3F): 杭州丽景制衣	0.13	0.01	
▲9	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址西南侧: 楼梯和电梯区域	0.12	0.01	
▲10	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址东侧: 更衣室内	0.13	0.01	
▲11	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址东侧: 工装间内	0.14	0.01	
▲12	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址东侧: 会议室	0.13	0.02	
▲13	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址东侧: 接待区	0.14	0.01	
▲14	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址东南侧: 厕所	0.13	0.01	
▲15	建设单位南侧: 停车场和园区内道路	0.12	0.01	室外 道路
▲16	建设单位南侧: 3 号楼北侧	0.11	0.01	
▲17	建设单位东侧: 嘉艺 (塘栖) 科创园	0.12	0.01	
▲18	建设单位北侧: 礅阳街北侧	0.11	0.01	
▲19	建设单位西北侧: 杭州九钻机械有限公司宿舍楼南侧	0.10	0.01	
▲20	建设单位西侧: 1 号楼东侧	0.11	0.01	
▲21	建设单位西南侧: 电动汽车充电区	0.12	0.01	
▲22	建设单位西南侧: 杭州顶星电子有限公司内道路	0.13	0.02	
▲23	微焦点 X 射线 CT 检测系统拟建址东南侧: 生产车间 2 门口	0.11	0.01	室内 楼房

8.3 环境现状调查结果的评价

由表 8-2 的检测结果可知,本项目室内检测点 X- γ 辐射剂量率扣除宇宙射线的响应后 X- γ 辐射剂量率在 71~105nGy/h 之间;道路检测点 X- γ 辐射剂量率为扣除宇宙射线的响应后 X- γ 辐射剂量率为 68~93nGy/h。根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知,杭州市建筑物室内 γ 辐射剂量率在 56~443nGy/h 之间,杭州市道路上 γ 辐射剂量率在 28~220nGy/h 之间,该项目拟建地址 γ 辐射本底水平未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

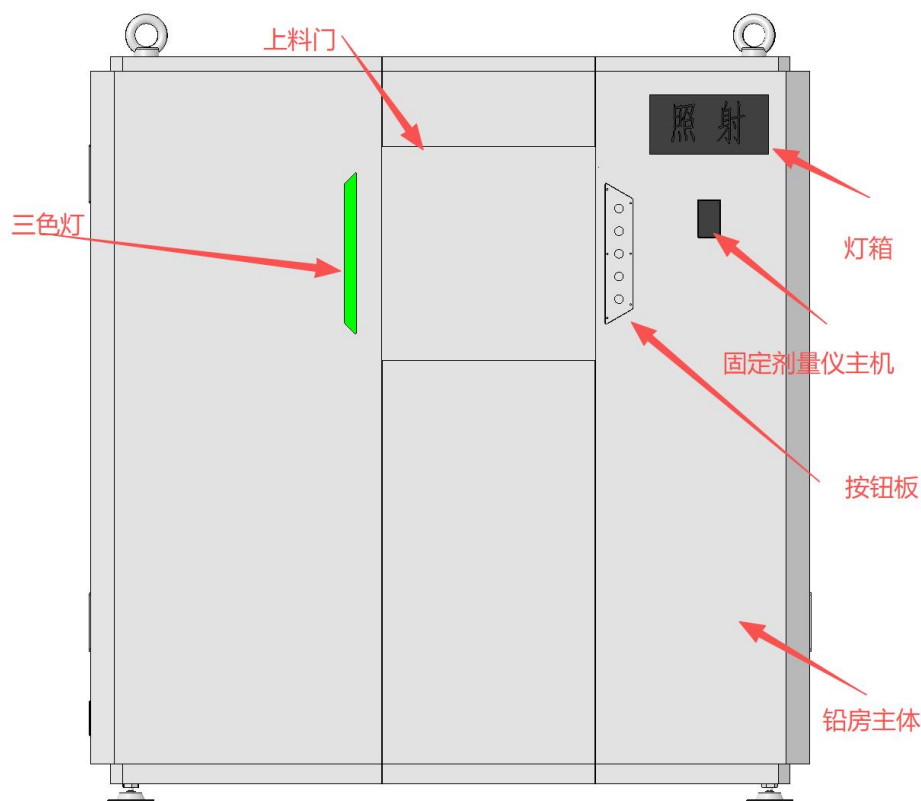
9.1 施工期工程分析

本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统自带铅房，无需土建施工，仅涉及设备安装调试工作，该铅房拟置于 1 楼 101 室装备间内，该区域无任何施工活动；项目主要污染物包括安装产生包装材料等固体废物以及调试产生的 X 射线、臭氧、氮氧化物等。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 工程设备

本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统，内部组件可分为 X 射线源，探测器，样品台，运动模组等，外部组件由铅屏蔽体，计算机等组成。WX-5 型微焦点 X 射线 CT 检测系统外观示意图如图 9-1。



备注：上料门全文简称“工件门”

图 9-1 WX-5 型微焦点 X 射线 CT 检测系统外观示意图

9.2.2 工作原理

由 X 射线管发出 X 射线，X 射线穿透被测物体，根据被测物体的不同密

度及不同厚度对 X 射线的吸收和反射特性不同，成像器将穿透被测物体的 X 射线信息转换成灰度信息并传输给计算机，计算机通过图像处理软件对原始图像进行图像降噪、锐化等处理，将被检测物体内部结构状况清晰地显示出来，并根据需要进行数据的本地存储、打印。

微焦点 X 射线 CT 检测系统主要是由 X 射线探伤机、高分辨率实时成像单元、计算机图像处理单元、机械传动单元、电气控制单元、X 射线防护单元组成。对物体内部进行无损评价，是进行产品研究、失效分析、高可靠筛选、质量评价、改进工艺等工作的有效手段。典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

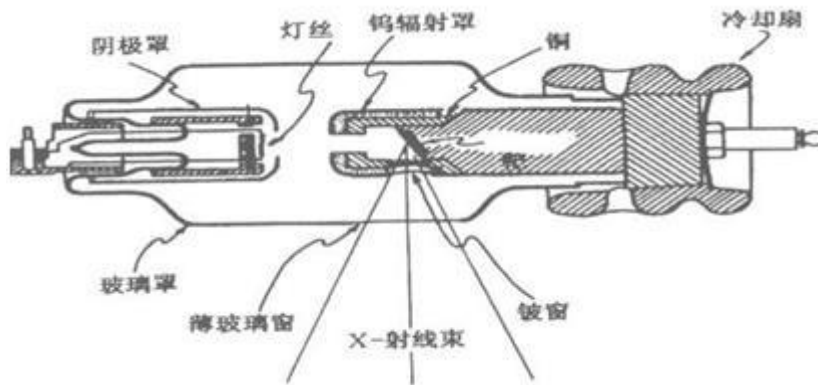


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

9.2.3 工作流程及主要产污环节

本次新增 1 套微焦点 X 射线 CT 检测系统，无损检测工件为铝碳化硅复合材料；铅房内尺寸为 1700mm（长）×600mm（宽）×950mm（高），工件门洞尺寸为 550mm×550mm，最大工件检测尺寸为 200mm（长）×180mm（宽）×180mm（高），设计满足探伤工件尺寸要求。

根据建设单位提供的资料，本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统工作流程见图 9-3。

- ①打开主控开关，将钥匙开关转到打开位置，按下电源开关按钮；
- ②工作人员打开工件门；
- ③将检测工件装载在载物台上；
- ④摆放好待检测工件后，关闭工件门；
- ⑤打开 X 射线出束开关，开始检测；
- ⑥检测完成。

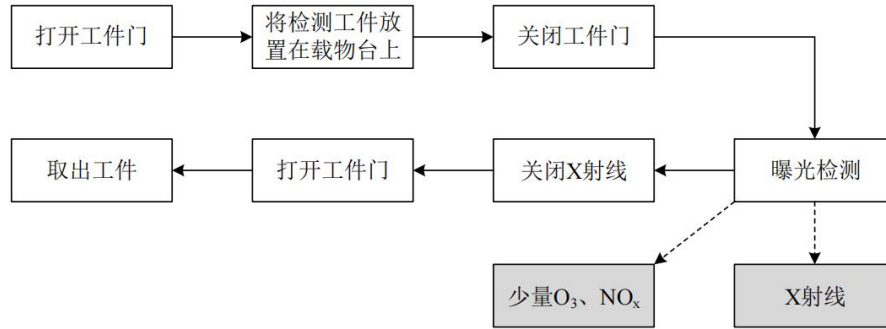


图 9-3 微焦点 X 射线 CT 检测系统工作流程及主要产污环节示意图

9.2.4 人员配置及工作负荷

本项目配备微焦点 X 射线 CT 检测系统 1 台，配置辐射工作人员 2 名，每人每日正常工作时间为 8h，一周工作 5 天，年工作 50 周，年工作共 250 天，年总工作时间为 2000h。在整个工作期间，扣除工件摆放及其他准备时间后，设备运行时间约为总工作时间的 1/5~1/4，本次评价保守按总工作时间的 1/4 核算，设备年出束检测时间为 500h/a。

本项目检测铝碳化硅复合材料，年检测工件数量约 3000 件，单个工件平均扫描及曝光时间约为 10 分钟/件。经核算，设备年总出束时间为 3000 件×10 分钟/件÷60 分钟/小时=500 小时，与本报告按工作时间 1/4 核算的年出束检测时间一致。

表 9-1 本项目拟配备人员情况表

工作场所	人数	工作制度	每年单人最大受照时间
装备间内	2 人	每日 8h，每年 250 天	500h

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况

1、X 射线

微焦点 X 射线 CT 检测系统在开机工作状态下，才会有 X 射线产生，一旦切断电源，便不会再有 X 射线产生，故正常工况时，污染源项主要为开机工作状态下产生的 X 射线，运行过程中会产生少量的臭氧和氮氧化物，当设备停止出束，X 射线也随之消失。

辐射场所中的 X 射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射，主要辐射源强见表 9-2。

表9-2 本项目微焦点X射线CT检测系统辐射源强一览表

型号	有用线束/散射辐射的 X 射线距靶点 1m 输出量 ^① mGy·m ² / (mA·min)	距 X 射线管焦点 100cm 处漏射线所致周围剂量当量率控制值 ^② (mSv/h)
WX-5	24.54	2.5

注：①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.1，有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量；在未获得厂家给出的输出量，散射辐射屏蔽估算选取表中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计。

WX-5 型微焦点 X 射线 CT 检测系统最大管电压为 180kV，则有用线束和散射辐射的 X 射线输出量由内插法可得 180kV 管电压时的最大输出量为 24.54mGy·m²/ (mA·min)；

②根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 5.1.1 条款表 1，管电压为（150~200）kV 时，漏射线所致周围剂量当量率控制值为 2.5mSv/h。

2、臭氧和氮氧化物

本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统在开机状态下，X 射线会与空气电离产生少量臭氧和氮氧化物等。

9.3.2 事故工况

本项目拟购置的微焦点 X 射线 CT 检测系统自带铅房，设备必须在全封闭的状态下，才能启动，发生事故的概率很小。可能发生的事故包括以下几种：

（1）辐射工作人员使用设备时，工件门联锁机构发生故障，在工件门未关到位的情况下射线发生器仍能出束，X 射线泄漏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。

（3）工件门联锁机构失效，辐射工作人员在取放工件的过程中，意外开启 X 射线发生器，导致辐射工作人员被意外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全措施

10.1.1 工作场所布局合理性分析

本项目拟建于 1 楼 101 室装备间内，该建筑为五层建筑，无地下室。装备间东侧为机加工车间，南侧为 1 楼内的通道，西侧为园区内部道路，北侧为检验室，正上方为杭州丽景制衣布料堆放区。本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统操作位位于设备西侧，主射方向为南侧，辐射工作人员避开了有用射线的照射，本项目拟建址相邻区域无敏感人群，故选择合理。

10.1.2 辐射防护分区管理

1、分区依据和原则

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

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适地点设立表明监督区的标牌；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

2、本项目分区管理情况

本环评依据控制区和监督区的定义，结合本项目辐射防护要求及周边环境特点，划定辐射区域如下：将铅房所在的装备间划定为监督区，铅房内部区域划定为控制区。本环评根据控制区和监督区的定义，结合本项目辐射防护、环境情况特点。项目辐射工作场所分区管理示意图见图 10-1。

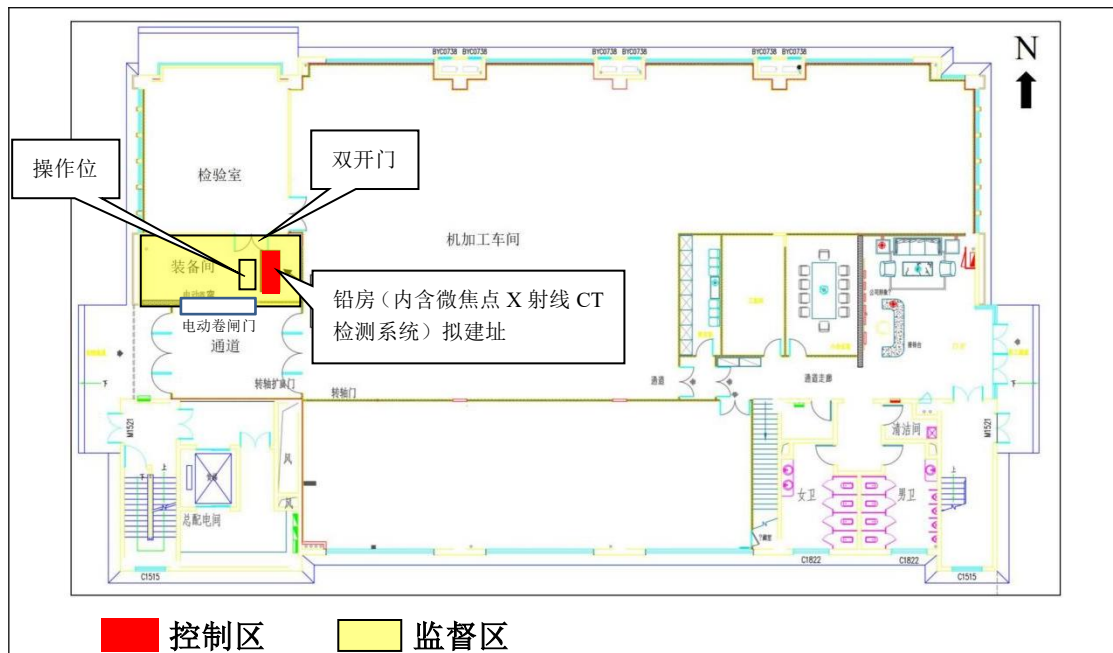


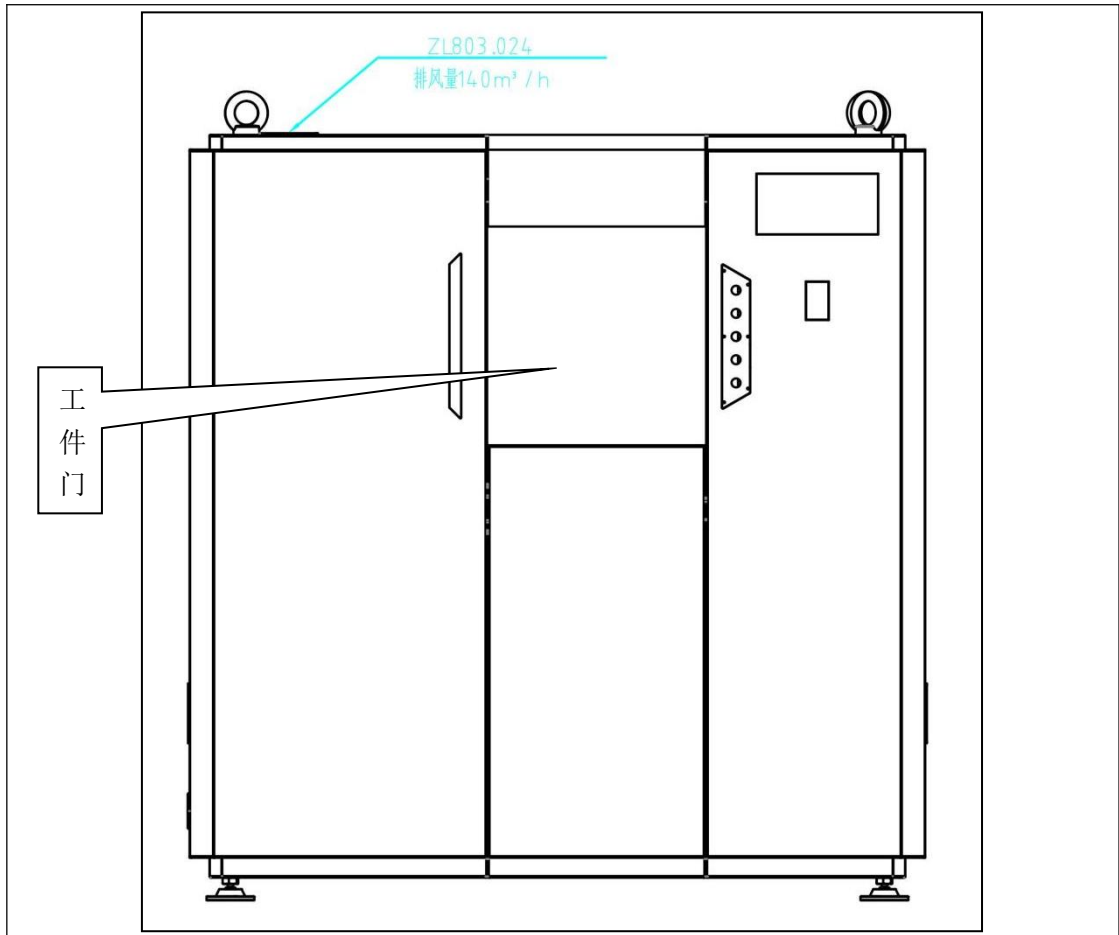
图 10-1 辐射工作场所布局和分区示意图

10.1.3 铅房辐射防护措施

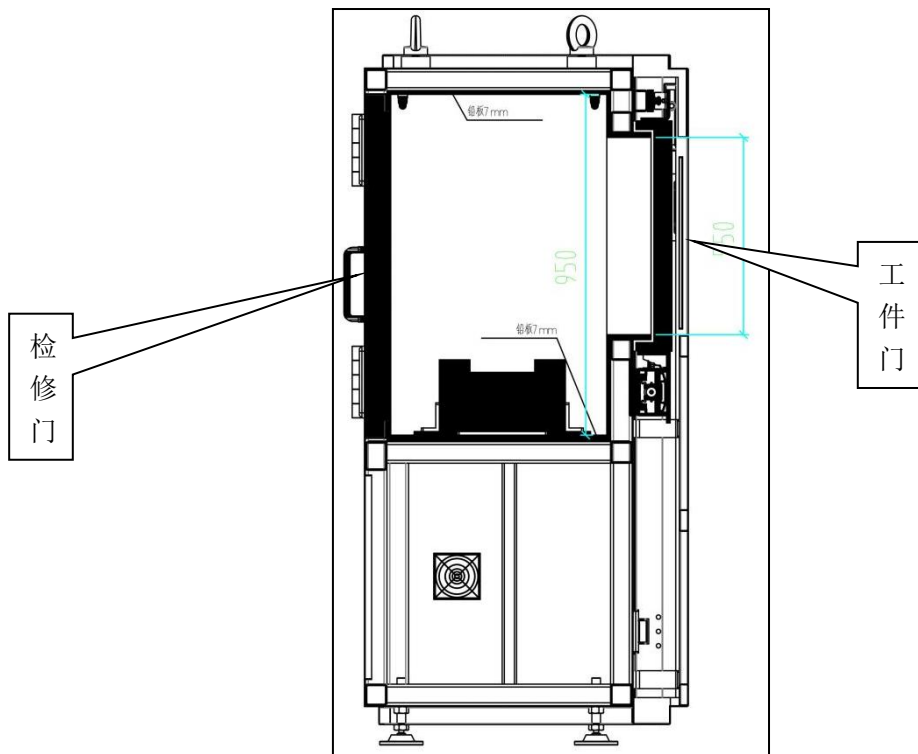
本项目拟使用的微焦点 X 射线 CT 检测系统自带铅房防护，设备的各侧均设有屏蔽结构，无观察窗。本项目铅房结构和屏蔽参数一览表见 10-1，铅房设计图纸见图 10-2，通风和电缆屏蔽补偿示意图见图 10-3。

表 10-1 本项目铅房结构和屏蔽参数一览表

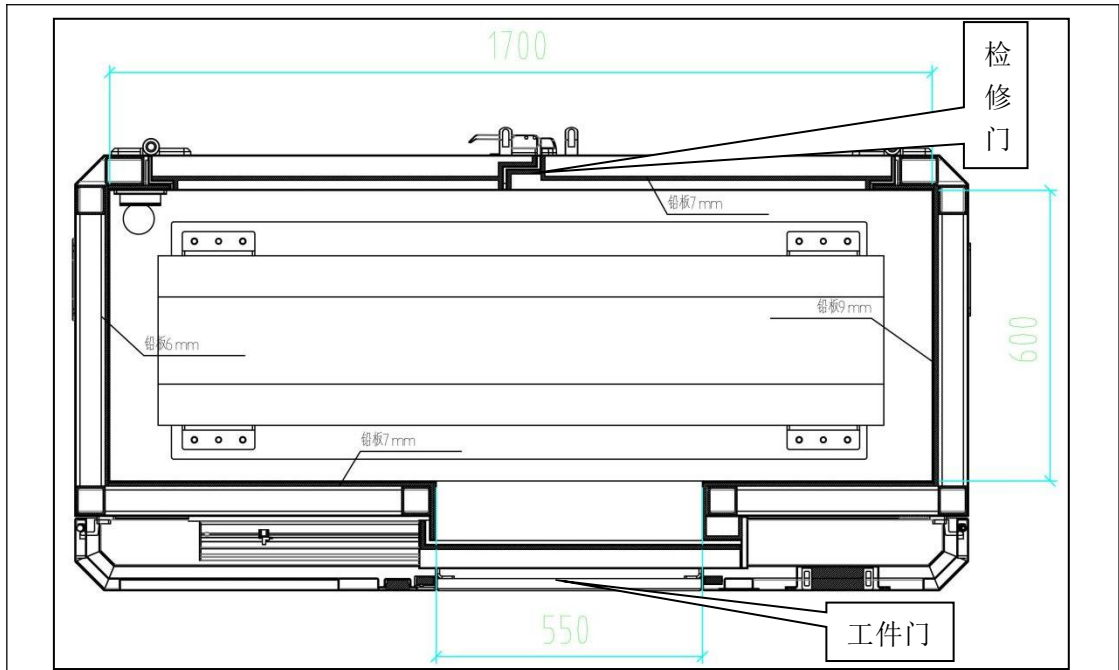
项目		设计情况
尺寸	外尺寸	长×宽×高=1850mm×900mm×1900mm
	内尺寸	长×宽×高=1700mm×600mm×950mm
北侧		内含 6mm 铅板
南侧		内含 9mm 铅板
东侧、西侧、顶面、底面		内含 7mm 铅板
工件门		门洞尺寸：宽×高=550mm×550mm 工件门尺寸：宽×高=660mm×642mm 电动门，敷设 7mm 铅板 右搭接为 80mm，左搭接为 30mm 上下搭接均为 46mm
检修门		门洞尺寸：宽×高=1450mm×859mm 工件门尺寸：宽×高=1538mm×949mm 手动双开门，敷设 7mm 铅板，中间搭接为 70mm 设置于工件门的对侧位置
通风口		顶面设有 1 个通风口，风机风量 140m ³ /h 设有 7mm 铅防护罩
电缆口		设于底面，设有 7mm 铅防护罩



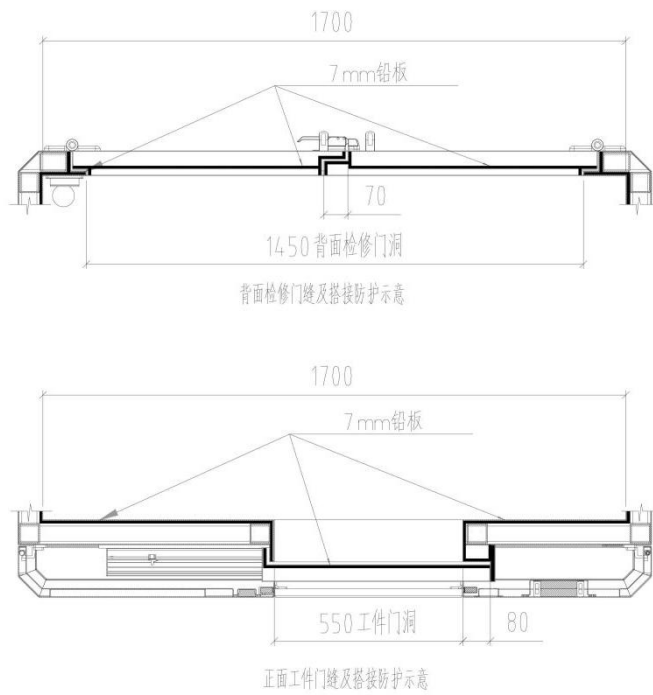
a. 正视图



b. 侧视图



c. 俯视图



d. 工件门、检修门俯视图

图 10-2 铅房设计图纸

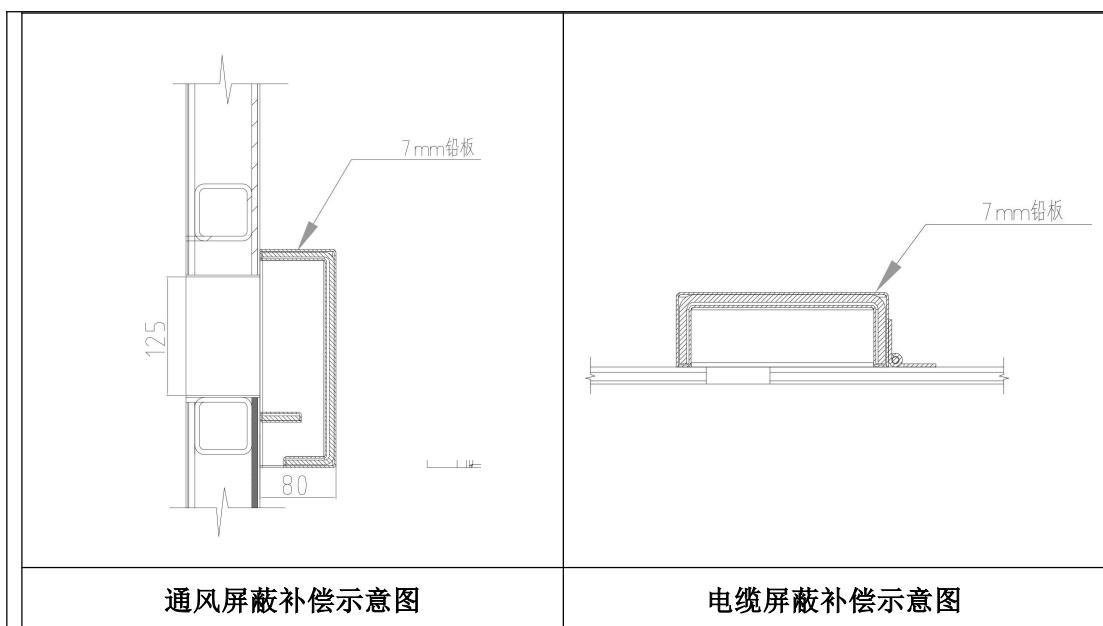


图 10-3 通风和电缆屏蔽补偿示意图

10.1.4 辐射安全防护措施

本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统为一体化集成设备，已内置铅房防护及多项辐射安全防护装置，具备完善的固有安全防护能力；同时需建设单位配合落实补充防护措施，确保整体辐射安全符合相关标准要求。设备出厂时已集成全套基础防护装置，无需额外加建防护结构，具体固有防护措施如下：

1、一体化钢铅结构铅房防护：设备自带钢铅复合结构铅房，由厂家结合设备射线能量、辐射范围等特征专项设计制造，铅房屏蔽性能经专业验证，可有效阻挡 X 射线外泄，满足辐射防护标准，无需现场额外加建铅房。

2、门机联锁机构：铅房工件门及检修门均配置门机联锁机构，实现射线出束与门体状态的强制联动。仅当门完全闭合且锁紧后，系统才允许 X 射线出束；门体一旦开启（含未完全闭合状态），系统立即切断射线源，停止 X 射线照射；门体关闭后需人工触发启动指令，不会自动恢复射线出束，从源头杜绝误照射风险。

3、急停按钮：铅房正面（工件门侧）显著位置设置急停按钮，按钮标识清晰、操作便捷，按下后可立即切断设备总电源及射线源，快速终止设备运行，应对突发安全事件。

4、内置固定剂量报警仪：铅房内部安装固定剂量报警仪，可实时监测房内 X 射线剂量水平。

5、红外防撞机构：工件门处加装红外防撞机构，在门体关闭过程中，若检测到门体路径上有人或障碍物，将自动停止门体闭合并反向开启，避免人员被夹伤，保障作业人员人身安全。

6、离心风机：铅房顶部设置专用通风口，配套离心风机一套，风机排风量为 140m³/h，可有效排出铅房内设备运行产生的少量臭氧和氮氧化物。

7、三色报警灯：铅房正面（工件门侧）设置红、黄、绿三色警示灯，其中绿色灯亮表示设备处于通电状态，黄色灯亮表示设备具备出束条件，红色灯亮表示射线装置正在出束，可直观提示设备当前工况，便于现场人员远距离判断设备状态，避免误入危险区域。

8、电离辐射标识：铅房正面（工件门侧）醒目位置张贴符合国家标准电离辐射警告标识，标识清晰规范，明确提示辐射危险区域，警示无关人员禁止靠近。

9、操作位布局：本项目铅房主射方向为南侧，辐射工作人员操作位设置于设备西侧，避开了有用线束照射方向，且操作位与铅房分隔。铅房无迷道，工件门的防护性能不小于同侧墙体的防护性能，铅房屏蔽墙厚度已综合考虑源项大小、直射、散射、屏蔽材料及结构等因素，满足辐射防护要求。

为进一步强化辐射安全管理，形成完整防护体系，建设单位需同步落实以下补充防护措施，保障工作人员及周边环境安全：

1、辐射剂量监测设备配置与管理：拟新购置 1 台 X、 γ 辐射剂量率仪，用于定期检测铅房外部及周边环境辐射剂量水平，验证铅房屏蔽效果及辐射是否外泄；购置 2 台个人剂量报警仪，为 2 名辐射工作人员每人配备 1 台，实现作业过程中个人受照剂量的实时监测与报警；同时为 2 名辐射工作人员均配备个人剂量计，严格执行每三个月回收一次的检测制度，委托具备资质的第三方机构进行剂量检测，建立个人剂量档案，全程跟踪工作人员受照情况，确保符合个人剂量限值要求。

2、在装备间内拟设置 1 台监视装置，该装置可对铅房周边人员活动情况及相关设备运行状态进行实时监控，及时掌握工作场所人员动态与设备运行工况。通过实时监视手段，可有效防范无关人员误入辐射工作区域，确保辐射防护与安全管理措施落实到位，保障工作人员与公众的辐射安全。

本项目相关辐射安全防护措施示意图见图 10-4。

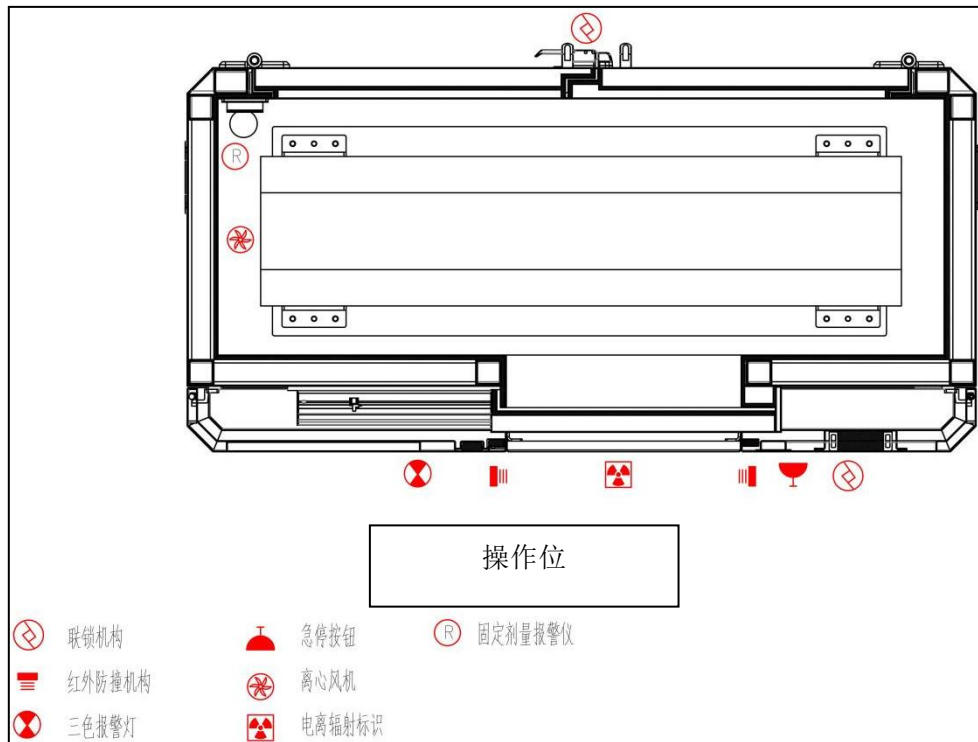


图 10-4 本项目相关辐射安全防护措施示意图（俯视图）

10.1.5 操作的放射防护要求

- 1、对正常使用的铅房应检查联锁机构、三色报警灯等防护安全措施。
- 2、辐射工作人员工作时，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，辐射工作人员应立即停止探伤工作，并立即向辐射防护负责人报告。
- 3、应定期测量铅房外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。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。
- 4、交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。
- 5、在每一次照射前，辐射工作人员只有在工件门和检修门关闭、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。

10.1.6 工作前检查项目

- 1、设备外观是否完好；
- 2、电缆是否有断裂、扭曲以及破损；

- 3、液体制冷设备是否有渗漏；
- 4、联锁机构是否正常工作；
- 5、报警设备和三色报警灯是否正常运行；
- 6、螺栓等连接件是否连接良好；
- 7、铅房内安装的固定剂量报警仪是否正常。

10.1.7 设备的维护要求

- 1、建设单位应对设备的维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- 2、设备维护包括设备的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- 3、当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- 4、应做好设备维护记录。

10.1.8 微焦点 X 射线 CT 检测系统的退役

当微焦点 X 射线 CT 检测系统不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

- 1、X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。
- 2、当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。
- 3、清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

10.2 “三废”的治理

本项目在运行过程中无放射性“三废”产生。

微焦点 X 射线 CT 检测系统工作时产生的 X 射线会使铅房内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目铅房顶面设有 1 个通风装置，风量为 140m³/h，铅房内部体积为 0.969m³，每小时换气次数可达 144 次，装备间通过排风系统将臭氧和氮氧化物排到室外，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度，臭氧在一段时间内自动分解为氧气，其产生的臭氧及氮氧化物对环境的影响是可接受的。

10.3 环保投资估算一览表

本项目总投资预计为 85 万元，其中辐射环保投资 4.4 万元，占总投资的 5.18%。本项目环保投资一览表详见下表。

表 10-2 环保投资估算一览表

项目	设施（措施）	金额（万元）
辐射屏蔽措施	铅房 1 套	成套铅房配置， 不单独核算
辐射安全措施	三色报警灯	
	联锁机构	
	急停按钮	
	红外防撞机构	
其他	监视装置	0.1
	规章制度 KT 版	0.1
废气处理设施	离心风机	0.5
监测仪器及警示装置	电离辐射标志	0.1
	固定剂量报警仪	2.1
	1 台 X、 γ 辐射剂量率仪、2 台个人剂量报警仪、2 个人剂量计	1.5
合计		4.4

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工影响

本项目利用厂区现有场所实施，不涉及土建。本项目设备为整体外购，自带防护铅房。因此，本项目无土建施工期影响。

11.1.2 设备安装调试影响

本项目设备的调试由设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行调试设备。在设备调试阶段，应加强辐射防护管理。在此过程中应保证各铅房屏蔽到位，在铅房外表面设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近，防止辐射事故的发生。

由于本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统整体外购，自带防护铅房。因此调试阶段 X 射线经过屏蔽防护后，不会对周围环境造成电离辐射影响。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射剂量率水平理论预测分析

(1) 预测点位及关注点示意图

根据厂家提供的设备参数，WX-5 型微焦点 X 射线 CT 检测系统最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA，主射线向南侧，X 光管固定不动，主射线照射到南侧屏蔽体，局部西侧、东侧和顶面屏蔽体，其余各侧受漏射线和散射线的影响；主射线照射情况见图 11-1，关注点示意图见图 11-2、图 11-3，各关注点计算参数见表 11-1。

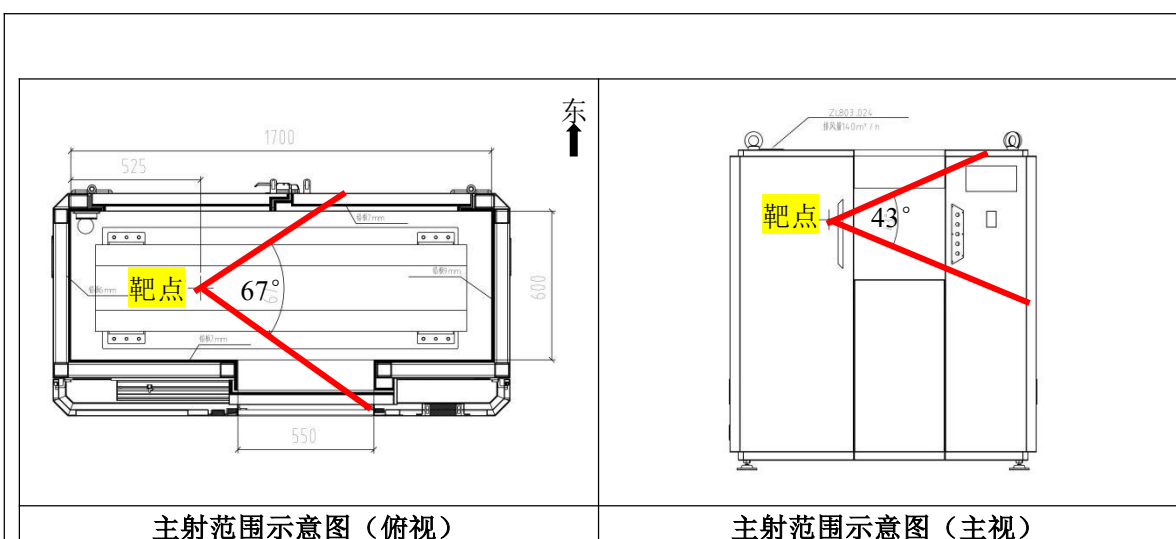


图 11-1 主射范围示意图

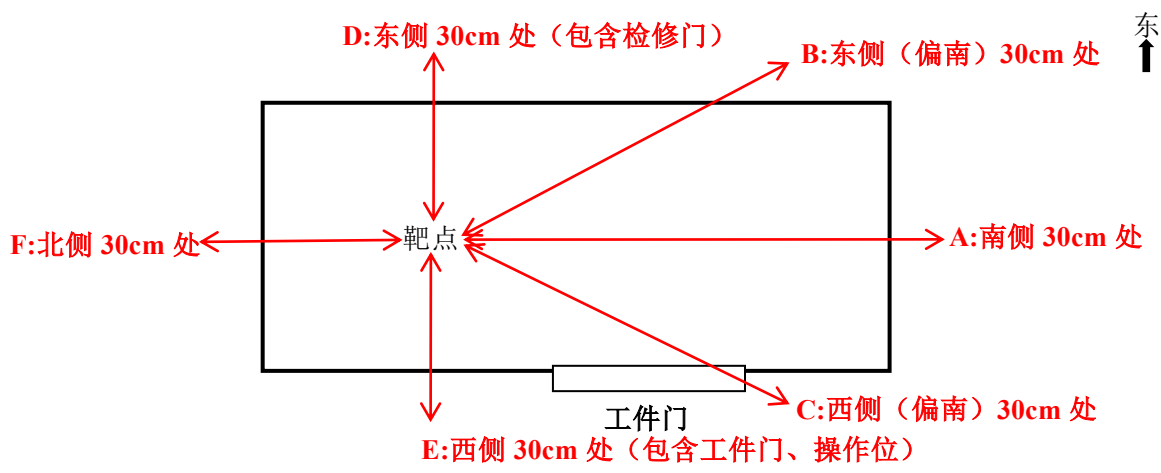


图 11-2 铅房预测关注点俯视示意图

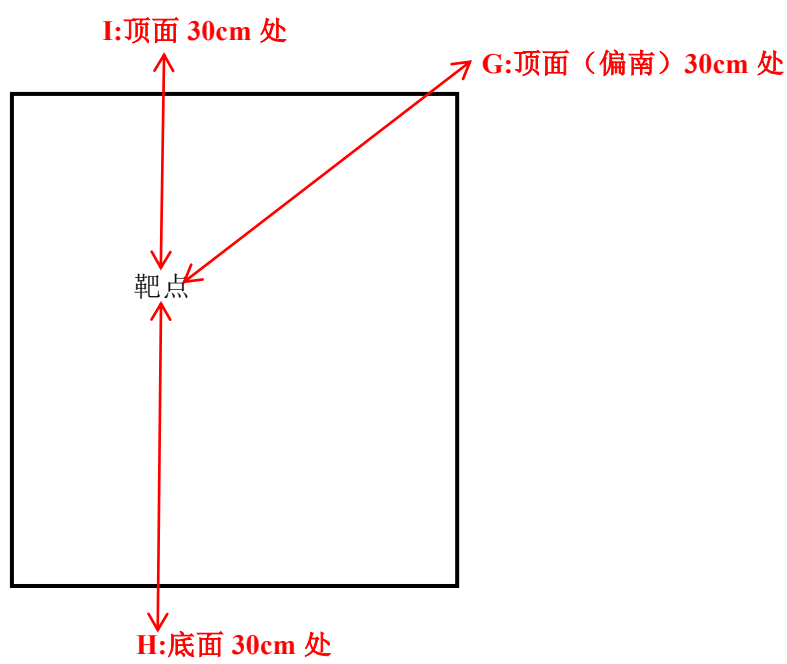


图 11-3 铅房预测关注点正视示意图

表 11-1 各关注点计算参数

最大管电压	关注点	关注点描述	屏蔽参数	R (m)	射线类型
180kV	A	南侧 30cm 处	铅当量为 9mm	1.55	有用线束
	B	东侧 (偏南) 30cm 处	铅当量为 7mm	0.99	有用线束
	C	西侧 (偏南) 30cm 处	铅当量为 7mm	1.23	有用线束
	G	顶面 (偏南) 30cm 处	铅当量为 7mm	1.43	有用线束
	D	东侧 30cm 处 (包含检修门)	铅当量为 7mm	0.68	泄漏及散射线束
	E	西侧 30cm 处 (包含工件门、操作位)	铅当量为 7mm	0.81	泄漏及散射线束
	F	北侧 30cm 处	铅当量为 6mm	0.90	泄漏及散射线束
	H	底面 30cm 处	铅当量为 7mm	1.74	泄漏及散射线束
	I	顶面 30cm 处	铅当量为 7mm	0.71	泄漏及散射线束

(2) 有用线束的屏蔽估算

关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-1) 计算:

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

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);

H₀: 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 , 见附录表 B.1。根据表 9-2 可知, 即 1.47×10^6 ;

B: 屏蔽透射因子 (根据给定的屏蔽物质厚度, 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中附录图 B.1 曲线, 可知 150kV 穿过 9mm 铅和 7mm 铅时的透射因子分别为 2×10^{-7} 、 3×10^{-8} , 200kV 穿过 9mm 铅和 7mm 铅时的透射因子分别为 1×10^{-8} 、 6×10^{-7} , 由内插法得 180kV 穿过 9mm 铅和 7mm 铅时的透射因子分别为 8.6×10^{-8} 、 3.7×10^{-7} ;

R: 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为 m。

有用线束辐射剂量率水平预测参数及结果见表 11-2。

表 11-2 有用线束辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	位置描述	I (mA)	H ₀ ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	R (m)	X (mm)	B	H ($\mu\text{Sv/h}$)
A	南侧 30cm 处	0.5	1.47×10^6	1.55	9 (铅)	8.6×10^{-8}	0.03
B	东侧 (偏南) 30cm 处	0.5	1.47×10^6	0.99	7 (铅)	3.7×10^{-7}	0.28
C	西侧 (偏南) 30cm 处	0.5	1.47×10^6	1.23	7 (铅)	3.7×10^{-7}	0.18

G	顶面(偏南)30cm处	0.5	1.47×10^6	1.43	7(铅)	3.7×10^{-7}	0.13
---	-------------	-----	--------------------	------	------	----------------------	------

在微焦点 X 射线 CT 检测系统正常工作下,铅房主射方向的辐射剂量率贡献值最大为 $0.28 \mu\text{Sv/h}$, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)规定的“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(3) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽估算

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,

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

式中:

X: 屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL: 什值层厚度。

①泄漏辐射屏蔽的估算方法如下:

泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} , 单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 可按下面公式(11-3)计算:

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

式中:

B: 屏蔽透射因子;

R: 辐射源点(靶点)至关注点的距离, 单位为 m;

\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 $\mu\text{Sv/h}$, 取值见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 1, 本项目取值 $2500 \mu\text{Sv/h}$ 。

根据公式(11-2)、(11-3)计算铅房其余各侧面外 30cm 处关注点泄漏辐射剂量率水平, 相关计算参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	位置描述	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	X (mm)	B	TVL (mm)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
D	东侧 30cm 处(包含检修门)	2500	0.68	7	1.91×10^{-6}	1.224	0.01
E	西侧 30cm 处 (包含工件门、操作位)	2500	0.81	7	1.91×10^{-6}	1.224	0.01
F	北侧 30cm 处	2500	0.90	6	1.95×10^{-5}	1.224	0.06
H	底面 30cm 处	2500	1.74	7	1.91×10^{-6}	1.224	1.58×10^{-3}
I	顶面 30cm 处	2500	0.71	7	1.91×10^{-6}	1.224	0.01

②散射辐射屏蔽的估算方法如下：

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，铅房外关注点的散射辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)按式(11-4)计算。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (11-4)$$

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)；

H₀: 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 ，取值同上；

B: 屏蔽透射因子，根据 GBZ/T 250-2014 表 2，本项目原始 X 射线为 180kV，则 X 射线 90° 散射辐射最高能量为 150kV，经查附录 B 表 B.2，此时对应的半值层厚度 TVL 为：铅 0.96mm；

F: R₀ 处的辐射野面积，单位为平方米 (m²)；

α : 散射因子；

R₀: 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)；

R: 散射体至关注点的距离，单位为米 (m)。

根据公式 (11-4) 计算铅房其余各侧面外 30cm 处关注点散射辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-4。泄漏辐射剂量率及散射辐射剂量率水平叠加后结果见表 11-5。

表 11-4 散射辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	位置描述	I (mA)	H ₀ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	R (m)	TVL (mm)	B	$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
D	东侧 30cm 处 (包含检修门)	0.5	1.47×10^6	0.68	0.96 (铅)	5.11×10^{-8}	1/50	1.62×10^{-3}
E	西侧 30cm 处 (包含工件门、操作位)	0.5	1.47×10^6	0.81	0.96 (铅)	5.11×10^{-8}	1/50	1.14×10^{-3}
F	北侧 30cm 处	0.5	1.47×10^6	0.90	0.96 (铅)	5.62×10^{-7}	1/50	0.01
H	底面 30cm 处	0.5	1.47×10^6	1.74	0.96 (铅)	5.11×10^{-8}	1/50	2.48×10^{-4}
I	顶面 30cm 处	0.5	1.47×10^6	0.71	0.96 (铅)	5.11×10^{-8}	1/50	1.49×10^{-3}

表 11-5 泄漏辐射、散射辐射剂量率水平叠加后预测结果

关注点	位置描述	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加后 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足控制要求
D	东侧 30cm 处 (包含检修门)	0.01	1.62×10^{-3}	0.01	2.5	满足

E	西侧 30cm 处 (包含工件门、操作位)	0.01	1.14×10^{-3}	0.01	2.5	满足
F	北侧 30cm 处	0.06	0.01	0.07	2.5	满足
H	底面 30cm 处	1.58×10^{-3}	2.48×10^{-4}	1.83×10^{-3}	2.5	满足
I	顶面 30cm 处	0.01	1.49×10^{-3}	0.01	2.5	满足

从理论预测数据可见，微焦点 X 射线 CT 检测系统正常工作状态下，非主射方向的泄漏辐射和散射辐射剂量率叠加值均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定的“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(4) 局部贯穿辐射影响分析

本项目通风管口、穿线管口均设置铅防护罩。

根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页的实例证明，本项目所有射线均需经过三次以上散射才能经管道散射至铅房外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。

(5) 天空反散射的影响分析

由理论计算结果可知，本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统产生的 X 射线穿过铅房顶面的辐射剂量最大为 $0.69 \mu\text{Sv/h}$ ，满足关注点 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制值，当 X 射线与铅房顶面上方空气作用后产生的散射辐射将更小，保守考虑该项辐射对铅房外地面附近的辐射剂量率与穿出铅房墙体透射的辐射剂量率在相应关注点的剂量率总和小于本项目的控制值 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，符合辐射防护的要求。

(6) 铅房外有关人员辐射年有效剂量估算

① 居留因子的选取

不同场所与环境条件下的居留因子取值见表 11-6。

表 11-6 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	本项目保护目标
全居留	1	操作位、装备间、检验室、机加工车间
部分居留	1/4	园区 1 号楼、园区 3 号楼、园区外其他公司
偶然居留	1/8	通道、楼梯、电梯、道路、停车场

注：取自 NCRP144。

② 剂量估算

辐射工作人员及公众年有效剂量可通过下列公式进行估算：

$$P_{\text{年}} = \dot{H} \times U \times T \times t \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-5)$$

其中:

$P_{\#}$ ——年受照剂量, mSv/a;

\dot{H} ——关注点辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

U ——使用因子, 本项目均取 1;

T ——居留因子;

t ——年受照时间, h/a。

根据建设单位提供的资料, 每年受照时间不超过 500h, 以 1 名辐射工作人员完成所有探伤工作, 进行辐射剂量估算。

由前文预测计算出各关注点的辐射剂量率贡献值和微焦点 X 射线 CT 检测系统的出束年累积时间, 并考虑相关的居留因子计算了工作人员和公众的年剂量, 具体见表 11-7。

表 11-7 微焦点 X 射线 CT 检测系统运行时周围工作人员和公众的年剂量估算值

人员属性	保护目标		位置描述	居留因子	剂量值 $\mu\text{Sv/h}$	年受照时间 t	年剂量估算值 mSv/a
职业	建设单位内部	操作位	E 西侧 30cm 处 (包含工件门、操作位)	1	0.01	500	5.00×10^{-3}
公众	建设单位内部	装备间	E 西侧 30cm 处 (包含工件门、操作位)	1/4	0.01	500	1.25×10^{-3}
		通道	A 南侧 30cm 处	1/4	0.03	500	3.75×10^{-3}
		生产车间 2	B 东侧 (偏南) 30cm 处	1/4	0.28	500	0.04
		通道	C 西侧 (偏南) 30cm 处	1/4	0.18	500	0.02
	建设单位外部	2F: 杭州丽景制衣布料堆放区	G 顶面 (偏南) 30cm 处	1/4	0.13	500	0.02
	建设单位内部	机加工车间	D 东侧 30cm 处 (包含检修门)	1/4	0.01	500	1.25×10^{-3}
		检验室	F 北侧 30cm 处	1/4	0.07	500	8.75×10^{-3}
/	/	H 底面 30cm 处	无地下室, 不进行计算				

	建设单位外部	2F: 杭州丽景制衣布料堆放区	I 顶面 30cm 处	1/4	1.49×10^{-3}	500	1.87×10^{-4}
--	--------	-----------------	-------------	-----	-----------------------	-----	-----------------------

注：表中所列保护目标的年剂量估算值，均为在距设备 30cm 这一最不利距离条件下，距项目最近的环境保护目标处公众所受年有效剂量的计算结果。

由表 11-7 可知，辐射工作人员最大可能年照射剂量为 $5.00 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，公众最大可能年照射剂量为 0.04mSv/a ，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应“剂量限值”的要求和本次评价年剂量辐射剂量约束值（工作人员 5mSv/a ，公众 0.25mSv/a ）要求。

（7）废气环境影响分析

本项目铅房顶面设有 1 个机械通风装置，风量为 $140 \text{m}^3/\text{h}$ ，本项目铅房有效容积为 0.969m^3 ，每小时换气次数可达 144 次，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）“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”的要求。

（8）屏蔽能力分析

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的规定，结合该建设单位铅房防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该公司使用的铅房的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

A. 铅房的设置已充分考虑周围的放射安全，且铅房与操作台分开；铅房南侧内含 9mmPb ，北侧内含 6mmPb ，其余各侧均内含 7mmPb ，各侧屏蔽体的防护性能结合理论计算结果可知，其已能满足辐射防护。

B. 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辐射照射能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量管理限值”的要求。

因此，该建设单位的铅房屏蔽能力能达到管电压不大于 180kV 、管电流不大于 0.5mA 的微焦点 X 射线 CT 检测系统正常工作时的辐射防护要求。

11.3 事故影响分析

建设单位拟建的微焦点 X 射线 CT 检测系统属于 II 类射线装置，可能的事故工况主要有以下几种情况：

（1）微焦点 X 射线 CT 检测系统在对工件进行探伤作业时，门-机联锁失效，

铅房的工件门未完全关闭，X 射线泄漏，给周围人员造成意外照射。或在门-机连锁失效期间探伤，辐射工作人员误打开工件门，使其受到额外的照射。

(2) 人为故意引起的辐射照射。

(3) 维修过程中也可能出现事故。

(4) 辐射工作人员未发现铅房内仍有人员滞留情况下即开始无损检测作业，致使人员受到意外照射。

为了杜绝事故发生，该建设单位必须进行门机连锁装置的定期检查，严格按照操作规程进行作业，确保安全。

发生辐射事故时，辐射工作人员或工作人员首先须立即切断电源，同时事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《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。如发生射线装置被盗的事故，则还须向公安部门报告。

11.4 事故预防措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设单位严格执行以下事故风险防范措施：

(1) 定期认真地对本单位微焦点 X 射线 CT 检测系统的安全和防护措施、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。

(2) 建设单位须制定《微焦点 X 射线 CT 检测系统操作规程》。凡涉及对微焦点 X 射线 CT 检测系统进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，辐射工作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在辐射工作人员可看到的显眼位置。

(3) 每天无损检测作业前，检查确认辐射连锁机构、急停按钮、微焦点 X 射线 CT 检测系统完好性等各项安全措施，避免连锁失灵等设施设备事故。

(4) 每月检查铅房的工件门及检修门连锁机构，确保在门关闭后，微焦点 X 射线 CT 检测系统才能进行 X 射线照射，确保安全。

(5) 每月对使用微焦点 X 射线 CT 检测系统的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

(6) 建设单位拟配备的 2 名辐射工作人员须参加辐射安全与防护培训，并取得培训合格证书，所有辐射工作人员均须持证上岗。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应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；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。

12.1.1 机构设置情况

建设单位对微焦点 X 射线 CT 检测系统放射防护安全应负主体责任，须尽快发文明确《辐射防护安全管理机构及职责》，应包括如下内容：

- (1) 建设单位应确认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，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作；
- (2) 辐射防护领导机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明；
- (3) 辐射防护领导机构应加强监督管理，建立并切实保证各项规章制度的实施。

12.1.2 辐射工作人员管理

1、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）精神，本项目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，考核类别为：X 射线探伤，经考核合格后方可上岗，并按时每五年重新进行考核，培训档案保留时限为长期保存。

2、个人剂量检测

个人剂量计需定期送检有资质单位（常规监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天），并建立个人剂量档案，加强档案管理，并终生保存个人剂量监测档案。

3、职业健康体检

本项目所有辐射工作人员上岗前，应进行上岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准方可参加相应的辐射工作。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应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离辐射工作岗位时，应进行离岗前的职业健康检查。建设单位应为辐射工作人员建立并长期保存职业健康档案。

本项目所有辐射工作人员的辐射安全和防护考核成绩报告单、个人剂量检测档案、职业健康档案记录三个文件的人员信息均需保持一致。

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许可管理办法》规定，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、人员培训计划、监测方案、射线装置使用登记制度等。

因此，本项目须在正式投入运行前，根据目前法律法规的要求，建设单位须制定相关辐射安全管理规章制度，并张贴上墙于操作间后认真落实。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。针对本次新建项目，对各项制度的制定提出以下建议：

1、操作规程

明确辐射工作人员资质条件要求、微焦点 X 射线 CT 检测系统操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确探伤时的操作步骤，明确每次探伤工作前，辐射工作人员应检查联锁机构、个人剂量报警仪、三色报警灯等设备工作性能，确保辐射安全措施的有效性。辐射工作人员须严格执行 X 射线 CT 检测系统工作范围的操作制度。

2、岗位职责

明确管理人员、辐射工作人员的岗位责任，使每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。

3、辐射防护和安全保卫制度

根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是微焦点 X 射线 CT 检测系统的保管、运行和维修时的辐射安全管理。

4、设备检修维护制度

明确微焦点 X 射线 CT 检测系统及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保微焦点 X 射线 CT 检测系统及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。重点是明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每年对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。

5、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。

6、监测方案

监测方案可分为辐射工作人员个人剂量监测方案与辐射环境监测方案。

(1) 个人剂量监测方案

明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质单位进行监测，应明确个人剂量计的佩戴和监测周期，并建立个人剂量档案。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。此外，建设单位应明确辐射工作人员职业健康监测，应落实上岗前、在岗期间的职业健康体检，职业健康体检合格者才能进入或继续辐射工作。建设单位应明确职业健康检查周期，建立辐射工作人员职业健康检查档案，并落实离岗辐射工作人员的离岗前职业健康检查。

(2) 辐射环境监测方案

购置辐射监测仪器等设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测方式有建设单位自主监测与委托有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，并定期上报生态环境行政主管部门。

7、射线装置使用登记和台账管理制度

应记载本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统的名称、型号、使用日期、辐射工作人员、任务名称、曝光时间等事项，同时对探伤装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度，制定探伤装置的使用登记制度。

8、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，建设单位应成立以单位负责人为领导的辐射事故应急小组。针对可能产生的辐射污染情况制定辐射事故应急制度，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，每年至少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。

9、自行检查和年度评估制度

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

建设单位应在工作场所张贴《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》与《辐射事故应急预案》，并做好使用登记和台账记录工作。在日后的工作实践中，建设单位应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，严格按照制度进行。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，建设单位需制定辐射监测方案，包括个人剂量监测、探伤机检测、辐射环境监测。

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《工业探伤放射防护标准》（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。

根据本项目射线装置使用特点，本次评价要求建设单位需配备 2 台个人剂量报警仪、1 台便携式 X-γ剂量率仪，以上监测仪器按要求配备后，本次评价认为能够满足本项目的仪器配备要求。同时，本次评价建议建设单位每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正和维护。

12.3.2 个人剂量监测

建设单位应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理规定，为辐射工作人员配备个人剂量计，并根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计。建设单位应落实个人剂量监测（常规监测周期一般为1个月，最长不超过3个月）和职业健康检查（不少于1次/2年），建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案交由专人保管。对于监测结果异常，建设单位应跟踪分析原因，优化实践行为。

12.3.3 场所环境监测

本项目正式投入使用后，建设单位须定期对铅房周围环境进行自主监测与年度监测，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，并建立监测技术档案，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

（1）验收监测：委托有相关监测资质的监测单位对核技术应用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

（2）常规监测：根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第8.3.4条款要求：本项目铅房投入使用后每年至少进行1次常规监测。

（3）年度监测：每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。参考《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条款规定，年度监测周期为1次/年。

表 12-1 场所监测计划

场所名称	监测类型	监测因子	监测布点	监测频次	监测方式
铅房	验收监测	周围剂量当量率	（1）铅房各侧屏蔽体、工件门及检修门外30cm处； （2）门缝四周、电缆管道表面30cm处、通风口30cm处； （3）操作台及人员常驻留位置。	验收期间，监测1次	委托监测
	常规监测			1次/季	自行监测
	年度监测			1次/年	委托监测

12.4 年度安全状况评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定，建设单位应对本单位射线装置的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评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- (1) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- (2) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- (3) 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；
- (4) 射线装置台账；
- (5) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- (6) 辐射事故及应急响应情况；
- (7) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- (8) 存在的安全隐患及其整改情况；
- (9) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》第四十一条规定，“使用射线装置的单位，应当根据可能产生的辐射事故风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备。”辐射事故应急预案主要包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工（明确具体人员和联系电话）；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话；
- (6) 编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取应急措施，明确事故类型，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。事故处理完毕后，单位须分析事故原因，吸取经验教训，采取相关措施以防类似事故重复发生。

本项目投入运行后，建设单位应做好以下工作：

(1) 制定辐射事故应急培训计划方案，每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，以验证该预案的有效性。演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，演习报告存盘。可提出将每年用于辐射应急工作的（包括应急装备、应急技术支持、培训及演习等）支出，纳入部门预算。

(2) 建设单位应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

(3) 建设单位应将本单位的应急预案报所在地生态环境主管部门备案，开展隐患排查并及时消除隐患，防止发生事故。

为降低事故发生概率，建设单位必须加强管理力度，提高辐射工作人员技术水平，严格按规范操作，认真落实应急预案，加强设备检查维修，提高单位应急能力。

12.6 环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

建设单位因发展需要，拟在浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 2 幢 1 楼 101 室装备间内，购置 1 台 WX-5 型微焦点 X 射线 CT 检测系统（最大管电压 180kV，最大管电流 0.5mA）以及配套操作台，该设备自带防护铅房，仅在铅房内开展无损检测工作。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

1、辐射安全防护措施结论

本项目位于浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 2 幢 1 楼 101 室装备间内，拟购置 1 台 WX-5 型微焦点 X 射线 CT 检测系统（最大管电压 180kV，最大管电流 0.5mA）以及配套操作台，该设备自带防护铅房，根据理论预测，本项目防护铅房各关注点铅房外 30cm 处周围剂量当量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）不超过 2.5 μ Sv/h 及剂量率参考控制水平的要求；本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统设有联锁机构、红外防撞机构、三色报警灯、急停按钮、离心风机、电离辐射标识、固定剂量报警仪，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，辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）防护要求。

2、辐射安全管理结论

建设单位须辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确各成员职责、明确辐射防护负责人及其职责。建设单位须制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、射线装置使用登记和台账管理制度、辐射事故应急预案及自行检查和年度评估制度。

建设单位应在工作场所张贴《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》与《辐射事故应急预案》，并做好使用登记和台账记录工作。在日后的工作实践中，建设单位应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，严格按照制度进行。

13.1.3 环境影响分析结论

1、电离辐射

本项目运营期主要为电离辐射的环境影响，项目建设均已采取了针对电离辐射有效的防护措施。项目的固有安全特性和各项安全措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。经理论预测，设备正常运行时，微焦点 X 射线 CT 检测系统各关注点铅房外 30cm 处周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。本项目微焦点 X 射线 CT 检测系统辐射工作人员最大年剂量为 $5.00\times 10^{-3}\text{mSv}$ ，公众最大年剂量为 0.18mSv ，满足工作人员年剂量约束值不大于 5mSv ，公众年剂量约束值不大于 0.25mSv 的要求。

2、废气环境分析

微焦点 X 射线 CT 检测系统建设项目工作过程中会产生少量的臭氧和氮氧化物，铅房内设置有通风系统，臭氧和氮氧化物可经通风系统排出车间。

13.1.4 可行性分析结论

1、产业政策

本项目为核技术利用项目，结合中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》和杭州市发展和改革委员会《杭州市产业发展导向目录（2024 年本）》，本项目不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家、地方产业政策的要求。

2、实践的正当性

射线检验作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各种金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用，将核技术应用到本项目中，可达到一般非放射性检验方法所不能及的检验效果，是其它检验项目无法替代的，由于射线检验的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在检验过程中射线装置的应用可能会造成如下放射性环境问题：

- （1）给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响；
- （2）射线装置的使用及管理的失误会造成一定的辐射安全事故。

建设单位在开展射线检验过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关

的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的社会效益足以弥补辐射给职业人员、公众引起的辐射危害，因此该核技术利用符合实践正当性要求。

3、选址合理性分析

本项目拟建址用地性质为工业用地，项目周围 50m 评价范围内，东侧为嘉艺（塘栖）科创园，西南侧为杭州顶星电子有限公司道路，北侧为园区外部礅阳街、杭州九钻机械有限公司停车场及宿舍楼，其余区域均为运河智造科创园内部道路、停车场及园区配套建筑，不涉及学校、居民区、医院等环境敏感区，也不涉及生态保护红线。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。因此，本项目选址合理可行。

4、《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

本项目所在地属临平区临平城区产业集聚重点管控单元（ZH33011320003），符合杭州市生态环境分区管控动态更新方案要求，不涉及生态保护红线，符合环境质量底线、资源利用上线和环境管控单元分类准入清单的要求，满足“三线一单”的要求。

5、“三区三线”符合性

本项目位于浙江省杭州市临平区塘栖镇富塘路 37-1 号 2 幢 1 楼 101 室，对照临平区三区三线图，本项目位于城镇开发边界范围内，用地及评价范围不涉及生态保护红线、永久基本农田，因此本项目建设符合“三区三线”要求。

6、项目可行性结论

综上所述，杭州陶飞仑新材料有限公司微焦点 X 射线 CT 检测系统建设项目选址符合国家相关法律法规，平面布局合理可行。建设单位在落实本报告提出的各项污染防治措施后，其辐射工作场所辐射安全措施及安全管理措施满足从事相应辐射活动的要求，辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，营运期对周围环境产生的辐射影响在可接受范围内，因此本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故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 建议和承诺

13.2.1 建议

(1) 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、“三废”治理装置及措施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），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

表 14 审批

预审意见：

经办人

公章

年 月 日

审批意见：

经办人

公章

年 月 日

