

报告编号：WKFHP-25062

核技术利用建设项目

格力电器（杭州）有限公司
X 射线实时成像系统建设项目
环境影响报告表
(送审稿)

格力电器（杭州）有限公司

2025 年 10 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

格力电器（杭州）有限公司

X 射线实时成像系统建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：格力电器（杭州）有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市钱塘区江东一路 2345 号

邮政编码：311228

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	12
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	14
表 6 评价依据	15
表 7 保护目标与评价标准	18
表 8 环境质量和辐射现状	23
表 9 项目工程分析与源项	28
表 10 辐射安全与防护	33
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	58
表 14 审批	62

表 1 项目基本情况

建设项目名称		格力电器（杭州）有限公司 X 射线实时成像系统建设项目			
建设单位		格力电器（杭州）有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省杭州市钱塘区江东一路 2345 号			
项目建设地点		浙江省杭州市钱塘区江东一路2345号格力园区两器管路车间设备间			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		80	项目环保投资（万元）	5	投资比例（环保投资/总投资） 6.25%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） 30
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 项目概述 1.1.1 建设单位简介 格力电器（杭州）有限公司位于杭州市钱塘区临江街道江东一路 2345 号，成立于 2016 年，注册资金 80000 万元，是一家集家用及商用空调、智能装备、压缩机、小家电、模具以及其配套产品的设计、生产、批发零售；自营和代理各类商品和技术的进出口企业。 格力电器（杭州）有限公司位于浙江省杭州市钱塘区江东一路 2345 号，本项目位于两器管路车间属于厂区建设三段工程 19 号地块，当期建设厂区占地面积为 230482m²。公司于 2017 年 6 月委托浙江环科环境咨询有限公司编制完成了《杭大江东工出[2016]12、19 号地块项目（格力电器杭州智能电器产业园）环境影响报告书》，同年 9 月 20 日通过杭州市环境保护局审批，批准文号：大江				

东环评批[2017]66号；项目已完成建设，并于2020年10月完成了自主竣工环境保护先行验收。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

鉴于公司总部和石家庄基地已实现X光检测管路件焊点熔深项目，X光检测技术与人工手工检测对比，该技术可以在不破坏铜管的同时更加高效的对焊点进行检测，经总部研究决定，对其集团名下各子公司下达引进该技术通知，以减少物料浪费、提高检测效率。格力电器（杭州）有限公司计划在浙江省杭州市钱塘区江东一路2345号格力园区两器管路车间设备间（一层建筑，无地下层）配置1台SEAMASTER STANDARD型X射线实时成像系统（最大管电压为200kV，最大管电流为4mA），对公司生产的冷凝器组件、蒸发器组件、四通阀组件、毛细管组件等产品的铜管焊点熔深情况进行无损检测，以提高工作效率。

根据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号关于《发布射线装置分类的公告》：“工业用X射线探伤装置分为自屏蔽式X射线探伤装置和其他工业用X射线探伤装置，其中自屏蔽式X射线探伤装置的使用活动按Ⅲ类射线装置管理”。结合原环境保护部关于《放射装置分类》中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复（原环境保护部部长信箱2018年2月12日）：“自屏蔽式X射线探伤装置，应同时具备以下特征：一是屏蔽体应与X射线探伤装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；二是屏蔽体能将装置产生的X射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；三是在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在X射线探伤装置屏蔽体内”。基于上述规定，本项X射线实时成像检测系统具备人员进入自带屏蔽体内部的条件，不属于自屏蔽式X射线探伤装置的范围，应界定为“其他工业用X射线探伤装置”，其使用活动按照Ⅱ类射线装置管理。对照中华人民共和国生态环境部令第16号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目。本次评价内容为使用Ⅱ类射线装置，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申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，格力电器（杭州）有限公司委托卫康环保科技有限公司（浙江）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、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。

1.1.3 项目建设内容与规模

格力电器（杭州）有限公司拟在浙江省杭州市钱塘区江东一路 2345 号格力园区两器管路车间设备间（一层建筑，无地下层）配置 1 台 SEAMASTER STANDARD 型 X 射线实时成像系统（最大管电压为 200kV，最大管电流为 4mA，属于 II 类射线装置），对公司生产的产品的铜管焊点熔深情况进行无损检测。该设备间为放置本项目拟建的 SEAMASTER STANDARD 型 X 射线实时成像系统专用，操作台位于设备间北侧操作间内，距离铅房约 4m 处，本项目自带铅房屏蔽，设备间墙体无需进行额外防护。

射线装置参数详见表 1-1。

表1-1 本项目射线装置配置一览表

设备名称	类别	规格	数量	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	工作场所	备注
X射线实时成像系统	II 类	SEAMASTER STANDARD	1 台	200	4	两器管路车间设备间	定向机，主射方向朝东

1.2 项目选址及周邊环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

本项目位于浙江省杭州市钱塘区江东一路 2345 号格力工业园两器管路车间设备间（一层建筑，无地下层）。两器管路车间东侧为厂区道路，隔路为总装车间；南侧为厂区道路，隔路为注塑车间；西侧为园区停车场；北侧为厂区道路，隔路为钣金喷涂车间。格力工业园东侧为经七路；南侧为江东一路；西侧为新世纪大道；北侧为空地

1.2.2 项目周边环境概况

本项目位于格力园区内两器管路车间东南角设备间（一层建筑，无地下层），其周边环境如下：

东侧：距离铅房约 1~10 米为计量室；距离铅房约 10~17 米为实验室；距离铅房约 17~25 米为卫生间；距离铅房约 25~50 米为厂区道路及绿化带。

南侧：距离铅房约 2~30 米为厂区道路及绿化带；隔道路距离铅房约 30~50 米为注塑车间。

西侧：距离铅房约 1~15 米为办公室；距离铅房约 15~25 米处为车间过道；距离铅房约 25~50 米为联合办公室。

北侧：距离铅房约 2~8 米为 CT 设备操作间；距离铅房约 8~50 米为生产车间。

设备间所在车间无上方楼层，下方无地下层。

1.2.3 环境保护目标

本项目环境保护目标为评价范围 50m 内从事 X 射线实时成像系统操作的辐射工作人员及公众成员。本项目 50m 评价范围不涉及学校、居民区、医院等环境敏感区，也不涉及生态保护红线。

1.3 相关规划符合性分析

1.3.1 用地规划符合性分析

本项目位于浙江省杭州市钱塘区江东一路 2345 号格力园区两器管路车间设备间。根据业主提供的不动产权证（附件 4），用地性质为工业用地，因此，本项目建设符合城乡规划和当地土地利用规划的要求。

1.3.2 生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

生态环境分区管控是以改善生态环境质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。

（1）生态保护红线

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“ZH33011420004 钱塘区大江东产业集聚重点管控单元”，属于重点管控单元，与杭州市市域三条线控制图（附图 7）对比，此区域不涉及生态保护红线。

（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 辐射空气吸收剂量率属于正常本底范围。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

本项目营运过程中会消耗一定量的电源和水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。

(4) 生态环境准入清单

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“ZH33011420004 钱塘区大江东产业集聚重点管控单元”，属于重点管控单元。该管控单元生态环境准入清单见表 1-2。

表 1-2 本项目与杭州市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

生态环境管控要求		本项目情况	符合性分析
空间布局约束	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。	本项目与附近功能区块之间有防护绿地、生活绿地等隔离带，满足分区差别化的产业准入条件。	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。	本项目 X 射线实时成像系统运行时产生的臭氧与氮氧化物量少，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境的影响小。	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设备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。	公司拟制定辐射事故应急预案，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制。	符合
资源开发要求	/	/	/

综上，本项目的建设符合《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

1.3.3 与《杭州大江东产业集聚区发展规划》符合性分析

(1) 规划范围与规模

杭州大江东产业集聚区规划范围采用三级圈层划分方式，各圈层定位明确且空间衔接。规划控制区是未来 10-20 年需统筹规划和控制的区域，位于杭州市萧山区东北部沿钱塘江地带，东、北、西均以钱塘江界线为界，南至塘新公路、坎

红公路、杭甬高速公路萧山段、萧山国际机场总体规划南界、靖江镇行政区划南界、红十五线、十二埭横河及与绍兴县接壤的北侧河道，同时包含与其发展有密切联系的传化区块和浦阳江区块，为产业集聚区长远发展预留充足空间。重点规划区是“十二五”时期重点启动区，面积 69 平方公里，涵盖江东片区、临江片区、空港片区、前进片区、浦阳江区块和传化区块，是近期开发建设的核心区域，需加大投入力度以尽快形成规模。“十二五”开发建设区则是依据“十二五”期间可提供的新增建设用地总量确定的开发建设区块，面积 48 平方公里，分布在重点规划区内，是该时期实际落地建设的关键区域，聚焦产业项目、基础设施与公共服务配套的落地实施。规划期限设定为 2011-2020 年，共 10 年，其中以 2011-2015 年“十二五”时期为重点建设阶段。在规模目标上，2015 年 GDP 需突破 500 亿元，地方财政收入达 30 亿元，规模以上工业产值 1500 亿元，常住人口 50 万人，城市化率 65%以上，新增工业用地产出 100 亿元/平方公里；2020 年 GDP 突破 1000 亿元，规上工业产值 3000 亿元左右，高新技术产业产值占工业总产值比重超 50%，服务业增加值占 GDP 比重达 40%左右，形成功能完善、辐射力强的区域中心。

（2）功能定位

总体为省级现代产业集聚示范区，聚焦先进制造、战略性新兴产业等。长三角层面，是先进制造业基地、核心城市功能平台与经济增长极；浙江层面，是高端产业集聚区、自主创新引领区、科学发展示范区与综合改革先行区；杭州层面，是接轨上海门户与交通枢纽、工业主平台、生态品质新城，推动杭州迈向“钱塘江时代”。

（3）布局结构

总体为“一心两轴四区”：“一心”是江东大道与钱江大道交汇处的城市新中心；“两轴”为江东大道、钱江大道发展轴；“四区”即江东（新能源、汽车等）、临江（装备制造、海洋产业等）、空港（空港物流、临空制造等）、前进（汽车、生物医药等）片区。另分产业、城市配套、生态农业等功能区，城镇“一心四核”、居住“中心集聚+带状延伸+块状分布”，实现空间优化。

（4）本项目情况及符合性

本项目规划范围与规模上，项目位于规划控制区，工业用地性质合规，引入

II类 X 射线实时成像系统用于空调组件无损检测，属先进制造业配套技术，契合区域高新技术产业发展目标；功能定位上，项目采用高效精准的 X 射线检测技术，助力制造业品质提升，依托格力基地为先进制造提供配套服务，符合集聚区“高端产业集聚区、工业经济主平台”定位；布局结构上，项目位于钱塘区大江东产业集聚重点管控单元，属临江片区先进制造业配套范畴，周边为厂区工业设施无敏感区，自带铅房屏蔽，符合“一心两轴四区”框架下产业集中布局与生态安全要求，故符合《杭州大江东产业集聚区发展规划》要求。

1.3.4 杭州大江东产业集聚区(大江东新区)分区规划及规划环评符合性分析

(1) 杭州大江东产业集聚区(大江东新区)分区规划符合性分析

本项目位于杭州大江东产业集聚区四大片区中的临江片区，区域工业空间布局和产业集群发展保持一致。临江片区的主导产业为汽车产业、装备制造业、海洋产业、新材料产业、生态化工产业，本项目建设内容为配置 1 台II类 X 射线实时成像系统，用于空调冷凝器组件、蒸发器组件等产品的铜管焊点熔深无损检测，属于先进制造业生产过程中的质量管控配套环节，契合临江片区“先进装备制造业配套服务”的产业发展方向，与区域工业空间布局、产业集群发展定位高度一致，不违背该区域产业发展要求，符合杭州大江东产业集聚区(大江东新区)分区规划要求。

(2) 《杭州大江东产业集聚区(大江东新区)分区规划环境影响报告书“六张清单”调整报告》符合性分析

本项目无放射性废气、废水、固废产生，仅在设备运行时因空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，通过铅房自带机械排风装置排出，臭氧可短时间内自然分解为氧气，对环境影响极小；设备运行噪声通过车间墙体阻隔、设备自身减振等措施控制，厂界噪声可满足规划环评的环境保护要求；项目无新增固废，仅可能产生的设备废旧零部件按一般工业固废规范处置，无危险废物产生，完全落实“六张清单”中污染防治相关要求。

“六张清单”中“清单 5 环境准入条件清单”明确禁止引入高辐射风险、高污染排放类项目，限制不符合片区产业定位的低端制造项目。本项目为II类射线装置使用项目，通过自带铅房屏蔽、门-机联锁、紧急停机等多重防护措施，辐射安全可控，且属于先进制造业配套的质量检测环节，不属于“清单 5”中的禁

止准入类或限制准入类产业；同时，项目辐射剂量率、人员受照剂量均满足“清单6 环境标准清单”中《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)等要求。

1.4 选址合理性分析

本项目位于浙江省杭州市钱塘区江东一路2345号格力工业园两器管路车间设备间，不新增土地。同时，本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素。本项目铅房周围50m范围内主要为格力电器（杭州）有限公司两器管路车间各功能用房、办公室、生产车间以及厂内道路，不涉及自然保护区、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。因此，本项目选址合理可行。

1.5 产业政策符合性分析

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）》、《杭州市产业发展导向目录(2024年本)》、《钱塘区产业发展导向目录与产业平台布局指引》相关规定，本项目不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

1.6 实践正当性分析

X射线实时成像系统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。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中4.3“辐射防护要求”，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本项目实施的最终目的是为了改进对自生产的冷凝器组件、蒸发器组件、四通阀组件、毛细管组件等产品的焊点熔深进行无损检测的方式，以提高公司检测效率并减少物料的浪费，具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后，其对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准(GB 18871-2002)》中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

1.7.1 原有核技术利用项目环评、许可和验收情况

企业现持《辐射安全许可证》（证书编号：浙环辐证[A4236]），种类和范围为使用Ⅲ类射线装置，有效期至 2030 年 6 月 26 日，企业现有核技术利用环保手续履行情况详见表 1-3。

表 1-3 现有已许可射线装置使用台账一览表

序号	设备名称	类别	型号	最大管电压	最大管电流	工作场所	数量	备案号
1	X 射线探伤仪	Ⅲ	EV0	400V	0.4A	质量控制部失效分析室	1	202033018600000010

1.7.2 辐射安全管理现状

1、现有辐射安全管理领导小组成立情况

公司已成立辐射安全与防护管理小组，以贯彻国家放射性污染防治法律法规及辐射安全管理文件精神，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作，明确了相关负责人和各成员及其职责，内容较为完善。

2、现有辐射安全规章制度制定与执行情况

公司已制定一系列的辐射安全管理制度，具体制度有《辐射防护安全管理制度》《辐射事故应急预案》《人员培训体检》《射线装置使用登记制度》《辐射操作规程》《设备检维护制度》《监测方案》《辐射防护和安全保卫制度》等，覆盖组织架构、设备管理、人员健康、应急处置等全流程，制度内容明确、职责分工清晰，且在设施维护、监测检测、档案管理等方面执行规范，整体辐射安全管理体系符合相关要求并运行良好。

3、现有辐射工作人员管理情况

公司现有 1 名Ⅲ类设备辐射工作人员，且持有有效的核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单，符合持证上岗的要求，现有辐射工作人员信息一览表见表 1-4。

辐射工作人员配备了个人剂量计，已委托有资质的单位定期进行个人剂量检测，并建立了个人剂量档案。根据 2024 年 6 月 20 日~2025 年 6 月 14 日四个季度的个人剂量监测统计结果表明，该名辐射工作人员连续四个季度累积受照剂量为 ████████，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

中对辐射工作人员“剂量限值”的要求，也符合剂量约束值的要求。

根据建设单位提供的职业健康体检报告，在岗辐射工作人员可继续从事放射性工作。

表 1-4 现有辐射工作人员信息一览表

姓名	辐射安全与防护培训证书编号	个人剂量检测结果（mSv）					职业健康体检时间及结论
		24 年第三季度	24 年第四季度	25 年第一季度	25 年第二季度	合计	
■	■	■	■	■	■	■	■

4、现有辐射安全和防护措施落实情况

（1）X射线探伤仪（型号EV0）铅房工件防护门设门-机联锁装置，与设备及操作台接口联动，确保门未关时无法开启射线，门开启则立即切断射线及管电压。

（2）X射线探伤仪顶部设有指示灯，当X射线设备开启时，指示灯亮。

（3）X射线探伤仪操作台可显示射线管电压及高压状态、管电压、管电流和照射时间，设钥匙开关，并设有紧急停机按钮。

（4）X射线设备上设置电离辐射的职业危害因素安全告知牌。

（5）在X射线探伤设备周围30cm处设置安全警戒线，X射线工作场所设置电离辐射警示标志，并安装醒目有效的工作指示灯。

（6）所有辐射工作人员配备个人剂量计，并制定辐射事故应急措施。

5、现有“三废”处理情况

公司已经许可的EV0射线装置为实时成像系统设备，不涉及废定显影液和废胶片等危险废物，运行过程中不产生放射性废气、放射性废水与放射性固废，主要产生的臭氧和氮氧化物可通过排风装置排出探伤铅房，对周围环境空气质量影响较小。

6、场所检测与年度评估情况

公司已委托浙江安联检测技术服务有限公司对相关辐射工作场所进行了检测，在用1台EV0型X射线探伤仪正常运行工况下，铅房周围及顶棚的周围剂量当量率为0.12μSv/h~0.17μSv/h，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤室墙体和门的屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于

2.5 μ Sv/h”的剂量率控制水平要求。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，公司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日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。

7、现有辐射事故应急预案执行情况

公司已制定《辐射事故应急预案》，经与建设单位核实，公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

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
本项目不涉及								

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
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》（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
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	射线装置型号	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流(mA)	用途	场所	备注
1	X 射线实时成像系统	SEAMASTER STANDARD	II	1	200	4	无损检测	两器管路车间设 备间	拟购

(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）	最大管电流（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

法律文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，主席令第九号，1989 年 12 月 26 日通过；2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令第二十四号，2002 年 10 月 28 日通过；2003 年 9 月 1 日起施行；2018 年 12 月 29 日第二次修正； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 6 月 28 日通过，2003 年 10 月 1 日起施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，1998 年 11 月 29 日发布；2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日起施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 709 号，2005 年 9 月 14 日公布；2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年 3 月 2 日第二次修订； (6) 《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 4 月 18 日公布，2011 年 5 月 1 日起施行； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令 第 20 号，2006 年 1 月 18 日公布；2006 年 3 月 1 日起施行；2021 年 1 月 4 日第四次修正； (8) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (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； (10) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日国家发展和改革委员会令 第 7 号公布，2024 年 2 月 1 日起施行； (11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发； (12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令 第 9 号，2019 年 8 月 19 日通过，2019 年 11 月 1 日起施行；
------	---

	(13) 《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》，自然资源部办公厅，自然资办函〔2022〕2080号，2022年9月30日印发； (14) 《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第71号，2022年5月27日通过，2022年8月1日起施行； (15) 《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（2024年本）>的通知》，浙江省生态环境厅，浙环发〔2024〕67号，2025年2月2日起实施。 (16) 《关于印发<浙江省生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，浙江省生态环境厅，浙环发〔2024〕18号，2024年3月28日印发； (17) 《杭州市生态环境局关于印发杭州市生态环境分区管控动态更新方案》（杭环发〔2024〕49号）的通知，杭州市生态环境局，2024年7月10日印发； (18) 关于印发《杭州市产业发展导向目录(2024年本)》的通知，杭州市发展和改革委员会，2025年1月1日实施； (19) 《钱塘区产业发展导向目录与产业平台布局指引》的通知，钱塘区发展和改革局，2022年4月9日实施；
技术标准	(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）； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； (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； (5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (8) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）； (9) 《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)) ;
其 他	(1) 环评委托书; (2) 公司提供的其他与工程建设有关的技术资料。

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》（HJ 10.1-2016）的规定：“以项目实体为中心，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X射线实时成像系统探伤铅房边界外50m的区域。

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X射线实时成像系统铅房边界外50m评价范围内主要为公司内部生产车间、园区道路等，无居民区、生态保护目标等敏感点，无医院、幼儿园等敏感建筑。因此，本项目环境保护目标为从事辐射设备操作的辐射工作人员、评价范围50m内其他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

环境保护目标		方位	关注点名称	与设备铅房最近距离（m）	人数	受照类型	年剂量约束值（mSv）
职业	辐射工作人员	北侧	操作台	约4	4人	职业照射	5.0
公众	公众人员	东侧	计量室	约1	1人	公众照射	0.25
			实验室	约10	1人		
		南侧	厂区道路	约2	约50人/d		
			注塑车间	约30	20人		
		西侧	办公室	约1	12人		
			车间过道	约15	约20人/d		
			联合办公室	约43	10人		
		北侧	生产车间	约8	10人		

注：本项目射线装置上下方位无保护目标。

7.3 评价标准

7.3.1 《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。

（1）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的潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

（2）辐射工作场所的分区

6.4.1 控制区

6.4.1.1 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。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 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。

（3）剂量限值

B1.1 职业照射

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；

B1.2 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；

（4）剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 11.4.3.2

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

表7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业人员	5.0mSv/a
公众人员	0.25mSv/a

7.3.2 《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 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），X 射线实时成像系统探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

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/T250。

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。

7.3.3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)

本标准适用于 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)。

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的形式。

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，按最高管电压与相应该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。

7.3.4 本项目管理目标

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）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：探伤设备铅房四侧屏蔽体、底部及顶棚表面外 30cm 处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；本项目设备顶棚表面外 30cm 处剂量率亦按不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制，已覆盖本项目实际情况“无人到达顶棚上方可放宽至 $100\mu\text{Sv/h}$ ”场景。

②剂量约束限值：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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于杭州市钱塘区临江街道江东一路2345号两器管路车间设备间，所属园区为格力工业园。两器管路车间东侧为总装车间，南侧为注塑车间，西侧为园区停车场，北侧为钣金喷涂车间。

本项目设备间位于格力工业园区两器管路车间（一层建筑，无地下层）东南角。设备间东侧紧邻计量室，南侧紧邻厂区道路，西侧紧邻办公室，北侧紧邻组装车间。

8.2 辐射环境质量现状评价

8.2.1 监测目的

通过现场监测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行时对职业人员、公众成员及周围环境的影响提供基础数据。

8.2.2 环境现状评价对象

本项目 X 射线实时成像系统拟建地址及周边环境。

8.2.3 监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.4 监测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等要求，结合现场条件，对本项目辐射工作场所及周围环境进行监测布点。本项目共布设 10 个监测点位，布点情况见图 8-1、8-2。

8.2.5 监测方案

- （1）监测单位：浙江亿达检测技术有限公司（资质证书编号：211112051235）；
- （2）监测时间：2025 年 8 月 14 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》（HJ 1157-2021）等；
- （5）监测频次：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以 10 秒间隔读取 10 个数；

- (6) 监测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：晴；室内温度：36℃；室外温度：36℃；相对湿度：44%。
- (8) 监测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表 8-1 监测仪器的参数与规范

检测仪器	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H (内置探头：6150 AD-b/H 外置探头：6150 AD 6/H)
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头：0.05 μ Sv/h~99.99 μ Sv/h 外置探头：0.01 μ Sv/h~10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV 外置探头：60keV-1.3MeV
检定证书编号	2025H21-20-5773017001
检定证书有效期	2025 年 2 月 28 日~2026 年 2 月 27 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 C_f	1.06
探测限	10nSv/h

8.3.1 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) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (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) 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。

8.3.2 监测结果

监测结果见表8-2。

表8-2 拟建X射线实时成像系统工作场所及周围环境辐射背景监测结果

点位编号	点位描述	γ辐射空气吸收剂量率(nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1#	设备间	96	4	室内
2#	操作间	95	2	
3#	计量室	87	2	
4#	实验室	89	1	
5#	办公室	85	4	
6#	车间过道	94	3	
7#	联合办公室	76	2	
8#	生产车间	88	4	
9#	厂区道路（南侧）	55	3	室外
10#	注塑车间	90	4	室内

注：1、根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.4 条款，本次测量时，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、根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.5 条款，本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ¹³⁷Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

3、γ辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 25.5nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，1#~8#、10#点位取 0.9；9#点位取 1。

4、监测点位见图 8-1、8-2。

8.4 环境现状调查结果的评价

由监测结果可知，本项目X射线实时成像系统工作场所及周围环境室内γ辐射空气吸收剂量率范围为76nGy/h ~96nGy/h，室外γ辐射空气吸收剂量率为55nGy/h。由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，杭州市室内的γ辐射空气吸收剂量率在56nGy/h~443nGy/h之间，室外的γ辐射空气吸收剂量率在28nGy/h~220nGy/h之间，可见本项目X射线实时成像系统工作场所拟建址及周围环境的γ辐射空气吸收剂量率处于一般本底水平，未见异常。

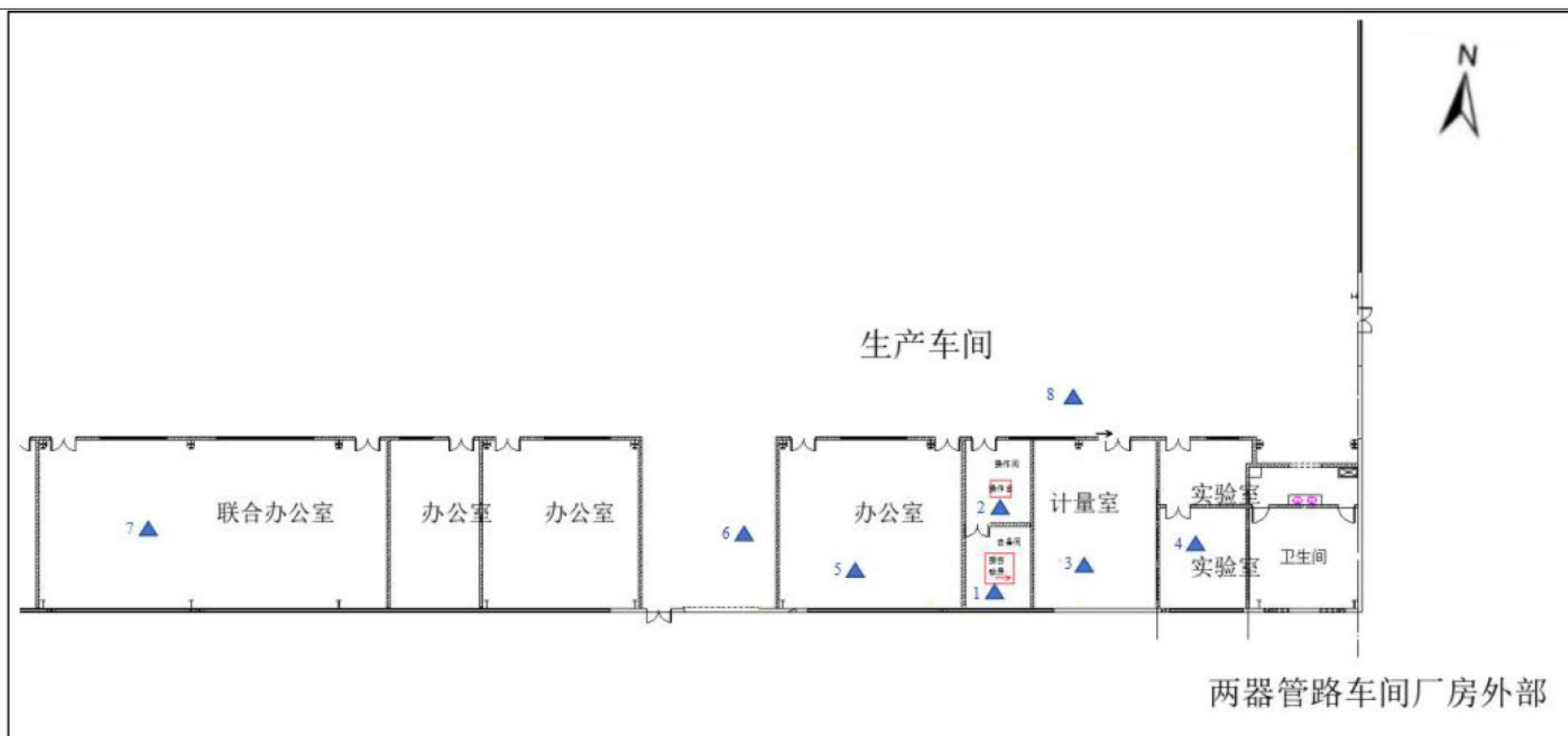


图 8-1 拟建 X 射线实时成像系统工作场所辐射本底监测点位示意图

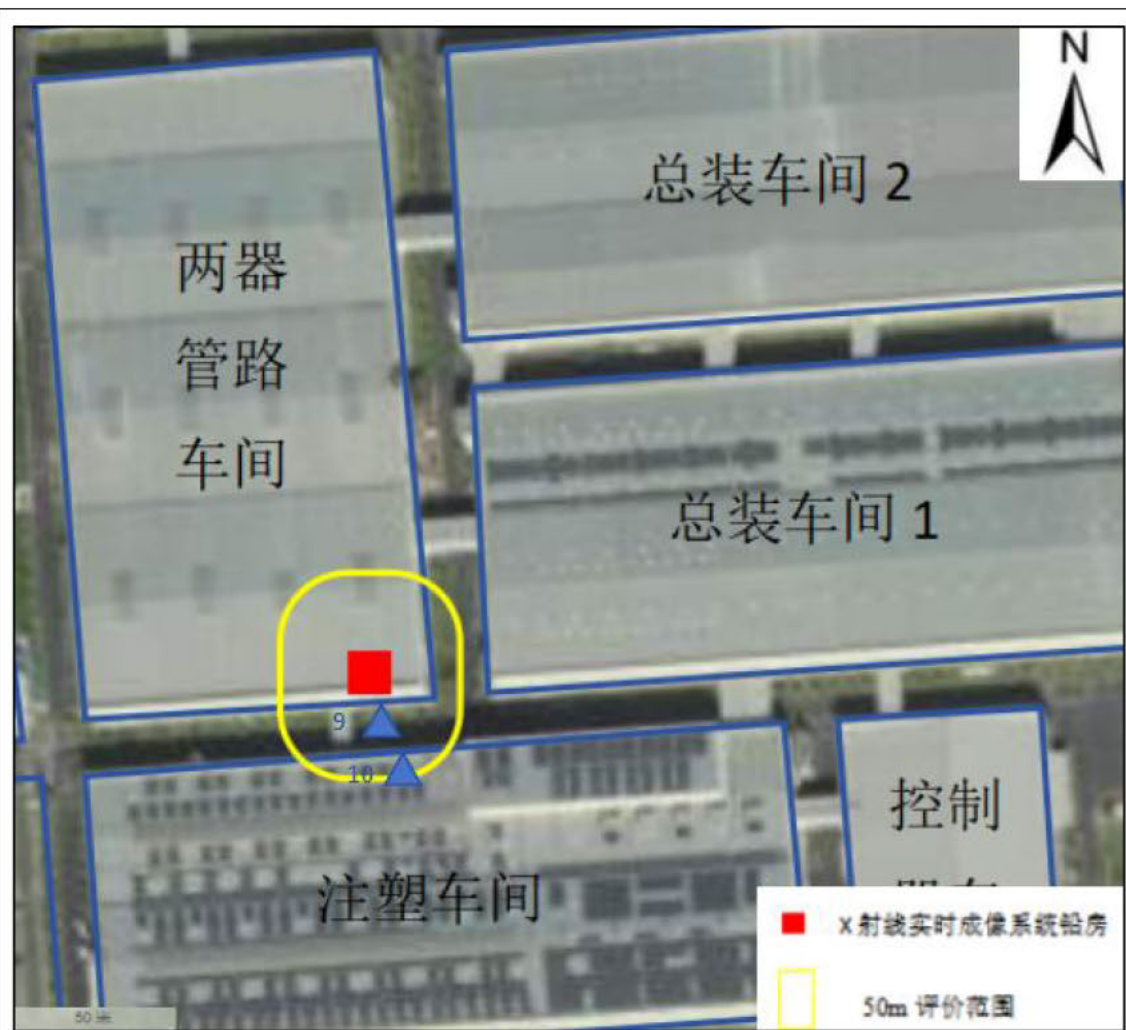


图 8-2 拟建 X 射线实时成像系统工作场所周围环境辐射本底监测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目 X 射线实时成像系统属于一体化设计和制造的成套设备，无需施工建设，因此无施工期废物排放。设备调试时会产生 X 射线及少量的臭氧与氮氧化物。

9.2 工艺设备和工艺分析

9.2.1 设备组成及作业方式

本项目X射线实时成像检测系统主要组成可分为内部组件和外部结构。其内部组成可分为射线源组件、载物组件、平板组件、以及计算机分析扫描组件、 散热组件以及其他连接组件；外部组件由自屏蔽体、线缆、计算机显示组件等组成，操作台为自行外接电脑控制。操作台包括控制电脑和控制面板参见图9-1、图9-2。



图 9-1 操作台实物拟布置图



图 9-2 控制面板实物图

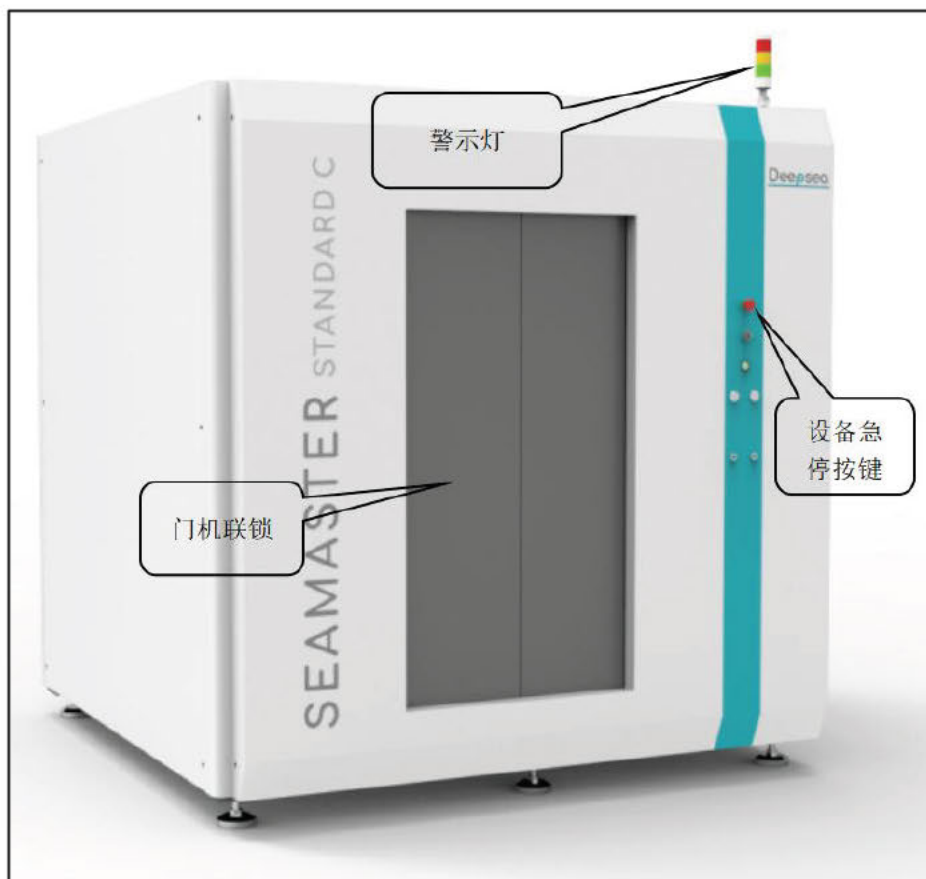


图 9-3 本项目 X 射线实时成像系统实体图及自带安全防护措施示意图

9.2.2 工作原理

X射线实时成像系统基本工作原理为：X射线管中的电子束轰击阳极靶产生

X射线，经准直器准直后，窄束X射线射向工件进行分层扫描，X射线与探测器分别位于工件两侧的相对位置，检测时X射线束从固定方向对被测工件的断面进行扫描，被测工件可以旋转各个角度，位于对侧相对位置的探测器接收透过断面的X射线，然后将这些X射线信息转变为电信号，再由模拟/数字转换器转换为数字信号输入计算机进行处理，最后由图像显示器用不同等级的灰度等级显示出来。由于被测工件不同部位及缺陷处的原子序数及密度等均会有差异，因此X射线在穿过被测工件时的减弱也会有不同，X射线实时成像系统可给出工件任一平面层的图像，可以发现平面内任何方向分布的缺陷，具有不重叠、层次分明、对比度高和分辨率高等特点，可准确定位缺陷的位置和性质。

典型的X射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生X射线。典型的X射线管结构图见图9-4。

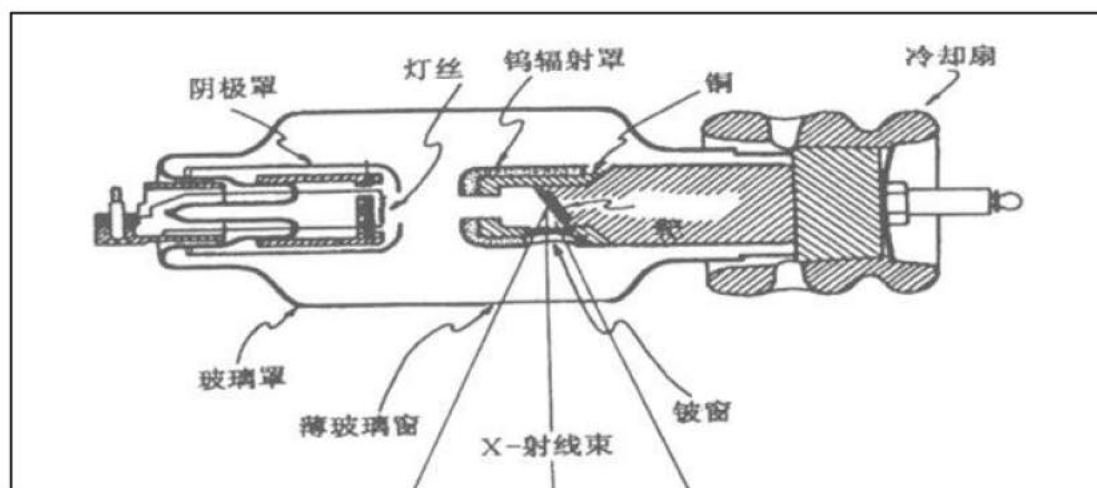


图 9-4 典型的 X 射线管结构图

9.2.3 工艺流程及产污环节

- (1) 检查系统安全措施并确认探伤设备处于非工作状态下，通过操作台控制打开铅门，由辐射工作人员将待检测工件放置于转台；
- (2) 关闭铅门，确认安全联锁装置、警示灯等装置均能正常运行，工作人

员开启高压，开始曝光；

(3) 经数字成像，辐射工作人员通过显示屏可观察工件质量状况，并做出判断，根据需要将数据存储；

(4) 检测完成后关闭检测装置，关闭 X 射线装置电源，开启铅门，将工件从滚道上取下，完成一轮探伤。

(5) 检查全部完成后，关闭电脑、铅房电源和总电源。

无损检测工艺流程及产污环节见图9-4。

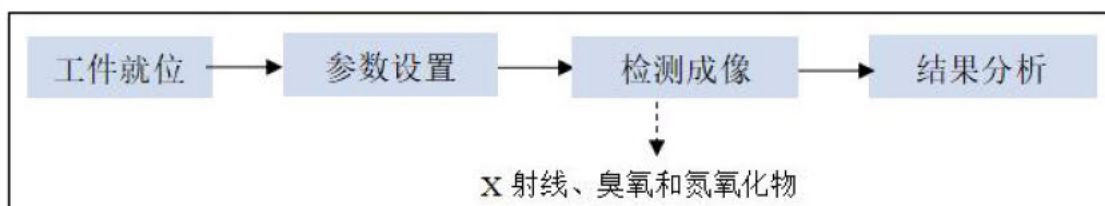


图 9-5 无损检测工艺流程及产污环节示意图

9.2.4 劳动定员及工作制度

项目拟配4名辐射工作人员，分两组轮班，平均每组每天工作时间10h，每周工作五天，每年工作250天。根据建设单位提供的资料，企业每天使用X射线实时成像系统合计抽检产品数量最多为240个，单个工件检测曝光时间约为1min，周检测工件1200件，周出束时间为20h，年出束时间为1000h，2组操作工人每组平均周受照时间为10h，年受照时间为500h。

该设备主要用于检测公司生产的冷凝器组件、蒸发器组件、四通阀组件、毛细管组件铜管焊点熔深情况。其中检测最大两组工件尺寸分别为866mm×616mm×38.1mm和956mm×389mm×38.1mm，最大厚度均为0.8mm。

9.3 污染源项描述

(1) X射线

由X射线实时成像系统的工作原理可知，X射线随设备的开、关而产生和消失。本项目使用的X射线实时成像系统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。辐射场中的X射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射。为保守分析，场所辐射水平预测时按最大管电压200kV的参数进行选

取。

①有用线束和散射辐射

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，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；在未获得厂家给的输出量，散射屏蔽估算选取表中各（kV）下输出量的较大值保守估计。因此，管电压为200kV时，滤过条件取2mm铝，有用线束和散射辐射的X射线输出量 H_0 为 $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.72\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

②漏射辐射

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第4.2.2条款表1，本项目X射线实时成像系统在额定工作条件下，距靶点1m处的泄漏辐射剂量率为 $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

（2）臭氧和氮氧化物

X射线实时成像系统工作时产生射线，会造成铅房内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物，对周围环境空气会产生影响。本项目X射线实时成像系统探伤设备每次工作时间短，电离产生的臭氧和氮氧化物浓度低，探伤铅房内部自带机械排风装置，风机风量 $208\text{m}^3/\text{h}$ ，对于探伤铅房内部 2.81m^3 容积空间每小时可实现74次的气体交换，能够有效降低室内的臭氧和氮氧化物浓度，并满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规范中“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。

（3）固废

X射线实时成像系统采用计算机成像，不涉及洗片，无废（定）显影液及废胶片产生，故设备运行时无其它固体废弃物产生。

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

本项目设备间位于格力园区两器管路车间设备间。设备间长 6m，宽 4.7m，高 2.8m，面积约 30m²，本项目 X 射线实时成像系统自配射线防护系统（铅房屏蔽体），是一个独立的工作场所。X 射线实时成像系统工件门位于铅房北侧，为电动双开门（左右开门），铅房门门洞尺寸为 850mm（宽）×1328mm（高），单扇门尺寸为 459mm（宽）×1423.5mm（高），敷设 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板。X 射线实时成像系统整体尺寸为 2050mm（长）×2651mm（宽）×2000mm（高），铅房外尺寸为 2.050m（长）×2.175m（宽）×2.000m（高），铅房内尺寸为 1.921m（长）×1.925m（宽）×1.170m（高），最大两款受检工件尺寸分别为 866mm×616mm×38.1mm 和 956mm×389mm×38.1mm，工件可方便出入，辐射工作人员操作位位于设备房北侧的操作间，避开了主射线束方向。

根据表11-2~表11-5计算可知，无损检测过程中产生的X射线经铅屏蔽墙和铅防护门屏蔽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X射线实时成像系统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；曝光铅房尺寸及铅房门洞尺寸满足工件进出要求，便于进行分区管理和辐射防护。本项目X射线实时成像系统工作场所位于格力园区两器管路车间设备间。X射线实时成像系统铅房门位于西侧，铅房布局于公众相对较少区域，布局相对合理。

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。

根据控制区、监督区的划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，将 X 射线实时成像系统探伤铅房内部区域划为控制区，在探伤铅房防护门显著位置设置电离辐射警告标志和中文指示说明；将设备间除控制区外区域及操作间所划分为监督区，

对该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。

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供的设计资料，本项目 X 射线实时成像系统铅房屏蔽设计见表 10-1。

表 10-1 本项目 X 射线实时成像系统屏蔽情况一览表

项目		设计情况
曝光铅房	外尺寸	2.050m（长）×2.175m（宽）×2.000m（高）
	内尺寸	1.921m（长）×1.925m（宽）×1.170m（高）
东侧屏蔽体（主射方向）		2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板
南侧屏蔽体		2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板
西侧屏蔽体		2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板
北侧屏蔽体		2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板
底部屏蔽体		2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板
顶棚屏蔽体		2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板
工件防护门（设于北墙上）		电动双开门，单扇双开门尺寸为 459mm（宽）×1423.5mm（高），敷设 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板，门缝四侧搭接尺寸均为 42mm。
电缆管线		设 L 型电缆通道，电缆口位于铅房南墙下方，用 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板覆盖屏蔽。
通风口		设 L 型通风口，位于西墙上方，1 个排风口，装有排风扇，风量：208m ³ /h，排风口尺寸为 87mm×87mm，出口处设 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板防护罩。
注：1、钢的密度不低于 7.85g/cm ³ ，铅密度不低于 11.3g/cm ³ 。		
2、本项目出于保守考虑，不考虑钢板防护。		

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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），X 射线实时成像系统探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。由于本项目探伤装置为 X 射线实时成像系统，属于一体化设计和制造的成套设备，因此本项目参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中，第 6.1.6 规定：“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，以确保探伤铅房内人员安全离开。“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。”，本项目 X 射线实时成像系统属于一体化设计和制造的成套设备，设备自带 1 个工作状态指示灯，且与射线源联锁，可起到与有显示“预备”和“照射”状态指示灯一样警示周围公众成员此处正在进行辐射探伤作业的作用，因此本项目 X 射线实时成像系统可不额外安装有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中第 6.1.10 规定：“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 X 射线实时成像系统自带机械排风装置，风机风量 208m³/h，对于探伤铅房内部 2.81m³ 容积空间每小时可实现 74 次的气体交换，满足规范要求。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中第 6.1.11 规定“探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。”。本项目 X 射线实时成像系统铅房为独立工作场所，操作人员无需进入，可不安装固定式场所辐射探测报警装置。

1、X 射线实时成像系统自带安全防护措施

（1）X 射线实时成像系统设有一个工件防护门，供受检工件进出。工件防护门安装门-机联锁安全装置，工件门与 X 射线高压控制电路联锁，从而保证在门未关闭的情况下，无法开启射线；或在门打开情况下，立即切断射线输出。

（2）X 射线实时成像系统铅房设有三色指示灯，分别用红、黄、绿指示机器工作状态为照射状态、预备状态和通电状态，且照射状态指示装置与铅房内 X 射线机联锁，X 射线打开红色警示灯就会亮起。

（3）X 射线实时成像系统铅房工件门右侧设有急停按钮，确保出现紧急事故时，可以在设备工件门侧按下“紧急停机”按钮，断开主电源。解决了紧急情况之后，必须重新开机，才能恢复供电。工件门朝北侧正对设备间出入口，主射方向朝东，发生紧急事故工作人员须手动暂停设备可不穿过注射线束即可使用急停按钮。

（4）铅房内部设有监视装置，设备所在设备间拟安装监视装置，工作人员可于操作台出观察探伤设备运行情况。

（5）建设单位拟于工件门处张贴电离辐射警告标识。

（6）操作台：

①设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示系统；

②设置有高压接通时的外部报警或指示装置；

③设置与铅房防护门联锁的接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管电压，已接通的 X 射线管电压在防护门开启时能立即切断；

④设有钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

⑤设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，可以按下“紧急停机”按钮，断开主电源。急停按钮位控制面板的顶端。解决了紧急情况之后，扭转、上抬按钮以重新接通电源。恢复“紧急停机”按钮后，必须重新开机，才能恢复供电；

2、安全操作要求

(1) 辐射工作人员进入设备间时除佩戴常规个人剂量计外，还拟配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，如剂量仪报警，辐射工作人员应立即离开设备间，同时阻止其他人进入设备间，并立即向辐射防护负责人报告。

(2) 定期测量 X 射线实时成像系统铅房外周围区域的辐射水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平 ($2.5\mu\text{Sv/h}$) 相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止无损检测工作并向辐射防护负责人报告。

(3) 交接班或当班使用剂量报警仪前，须检查个人剂量报警仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量报警仪不能正常工作，则不应开始检测工作。

(4) 辐射工作人员须正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。

(5) 在每一次照射前，辐射工作人员都应该确认铅房内无异常并关闭防护门。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，才能开始检测工作。

3、X 射线实时成像系统的检查和维护

(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) X 射线实时成像系统外观是否存在可见的损坏；

b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；

- c) 安全联锁是否正常工作；
- d) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- e) 螺栓等连接件是否连接良好。

(2) 运营单位的定期检查，定期检查的项目应包括：

- a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；
- b) 所有的联锁和紧急停机开关的检查；
- c) 制造商推荐的其他常规检测项目。

(3) 设备维护

运营单位应对 X 射线实时成像系统的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。设备维护包括 X 射线实时成像系统的彻底检查和所有零部件的详细检测。当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件都来自设备制造商。应做好设备维护记录。

4、其他安全管理措施

(1) 为保障非辐射工作人员（公众）安全，项目将 X 射线实时成像系统探伤铅房内部区域划为控制区，将探伤铅房四周及操作台所在区域划分为监督区，采取张贴电离辐射警示标志、建设单位拟在监督区拟设置警戒线等措施进行管控，禁止无关人员靠近，使设备与公众保持一定的距离。

(2) 建设单位拟在探伤铅房防护门上增加各安全措施 of 中文指示说明。

(3) 建设单位拟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，并将辐射工作制度张贴在工作现场并将辐射工作制度张贴在工作现场。

(4) 建设单位拟建立探伤装置使用台账。

本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划见表 10-2。

表 10-2 本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划

序号	名称	数量
1	个人剂量计	4
2	个人剂量报警仪	2
3	便携式 X-γ 剂量率仪	1

用于 X 射线探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调

零、电池、仪器对射线的响应等。

5、探伤设施的退役

(1) 本项目射线装置后期如报废，公司应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》第十八条要求，对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销。

(2) 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。

(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

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固废产生。同时，X 射线实时成像系统采用计算机成像，不需要洗片，也不存在废显（定）影液和废胶片等危险废物的处理问题。

本项目 X 射线实时成像系统只有在工作状态下会产生辐射，使得 X 射线实时成像系统铅房内空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物。由于本项目探伤铅房体积小，设备每次工作时间短，电离产生的臭氧和氮氧化物浓度低，工件进出装载门时铅房内部气体可与外部充分交换，且探伤铅房所在 X 射线实验室内已设有机械排风装置，废气由机械排风装置排出后，臭氧在短时间内可自动分解成氧气，对大气环境基本没有影响。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目探伤铅房为 X 射线实时成像系统自带屏蔽设施，因此本项目施工期不涉及建筑施工。

设备的调试产生的 X 射线经过铅房墙体和防护门的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备调试完成后，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 运行阶段辐射环境影响分析

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，预测运行阶段 X 射线实时成像系统的辐射环境影响。

本项目 X 射线实时成像系统（最大管电压为 200kV，最大管电流为 4mA）为定向机，方向固定朝东，射线束张角为 21° ，在实际曝光过程中曝光铅房东侧屏蔽墙位于主射线范围内，则曝光铅房东侧按有用线束进行考虑（根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）“3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射”）；曝光铅房南侧、西侧、北侧墙体及电缆口、通风口考虑其泄漏辐射和散射辐射。本项目年检测时间约为 1000h，周检测时间约为 20h。

本项目射线能量较低，铅房顶棚屏蔽防护为 2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板，与东侧屏蔽体屏蔽能力相同，X 射线实时成像系统主射方向不朝向顶棚，且漏射线与散射线经顶棚铅板屏蔽后再经过车间屋顶阻隔，因此本项目不考虑天空反散射。

11.2.1 关注点选取

根据本项目工程特征及探伤铅房周围环境状况，选择剂量关注点为探伤铅房四侧屏蔽体、顶棚、底部和装载门外 30cm 处。对于可移动的组件部分均以距离关注点最近距离计量，关注点情况见表 11-1，预测点位见图 11-1。

表 11-1 辐射屏蔽计算相关参数一览表

关注点位	源点与关注点的距离 R (m)	散射体至关注点距离 Rs (m)	铅板厚度	需考虑的屏蔽辐射类型
a 铅房顶棚屏蔽体外 30cm 处	0.8	0.8	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	泄漏辐射、散射辐射
b 铅房东侧屏蔽体外 30cm 处	1.9	/	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	有用线束
c 铅房北侧屏蔽体外 30cm 处 (工件门)	1.1	1.1	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	泄漏辐射、散射辐射
d 铅房西侧屏蔽体外 30cm 处	0.7	1.4	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	泄漏辐射、散射辐射
e 铅房南侧屏蔽体外 30cm 处	0.9	0.9	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	泄漏辐射、散射辐射
f 铅房底部屏蔽体外 30cm 处	0.8	0.8	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	泄漏辐射、散射辐射
g 电缆口外 30cm 处	1.1	1.1	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	泄漏辐射、散射辐射
h 通风口外 30cm 处	0.7	0.9	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	泄漏辐射、散射辐射

注: R=源点与屏蔽体外侧距离+0.3m, Rs=散射体移动区域与屏蔽体外侧距离+0.3m, 结果均向下保留一位小数。

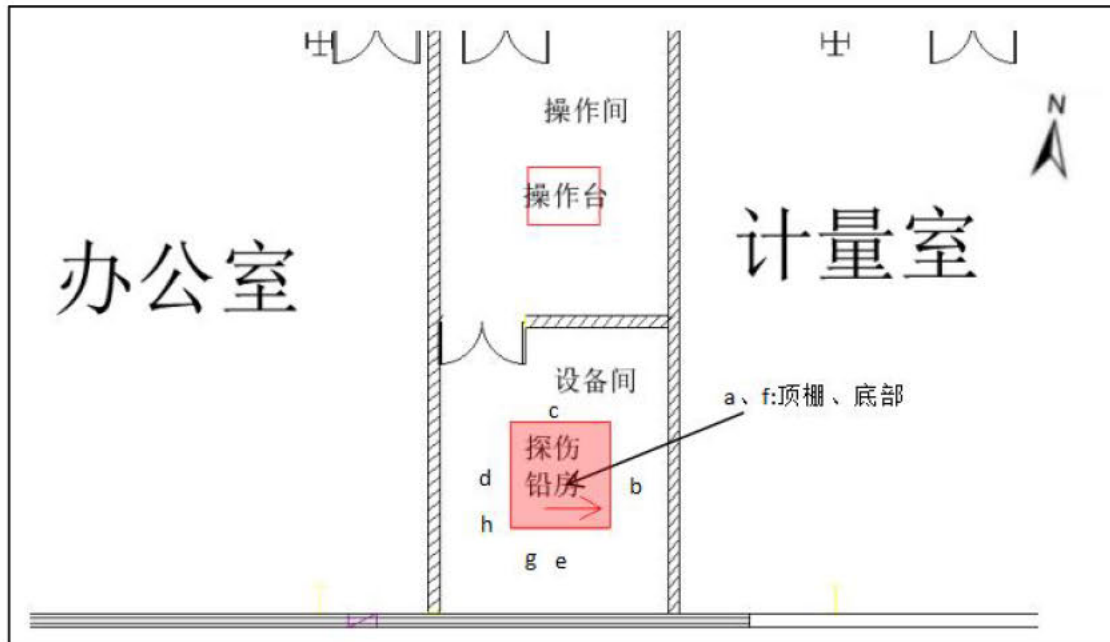


图 11-1 辐射屏蔽计算预测点位图

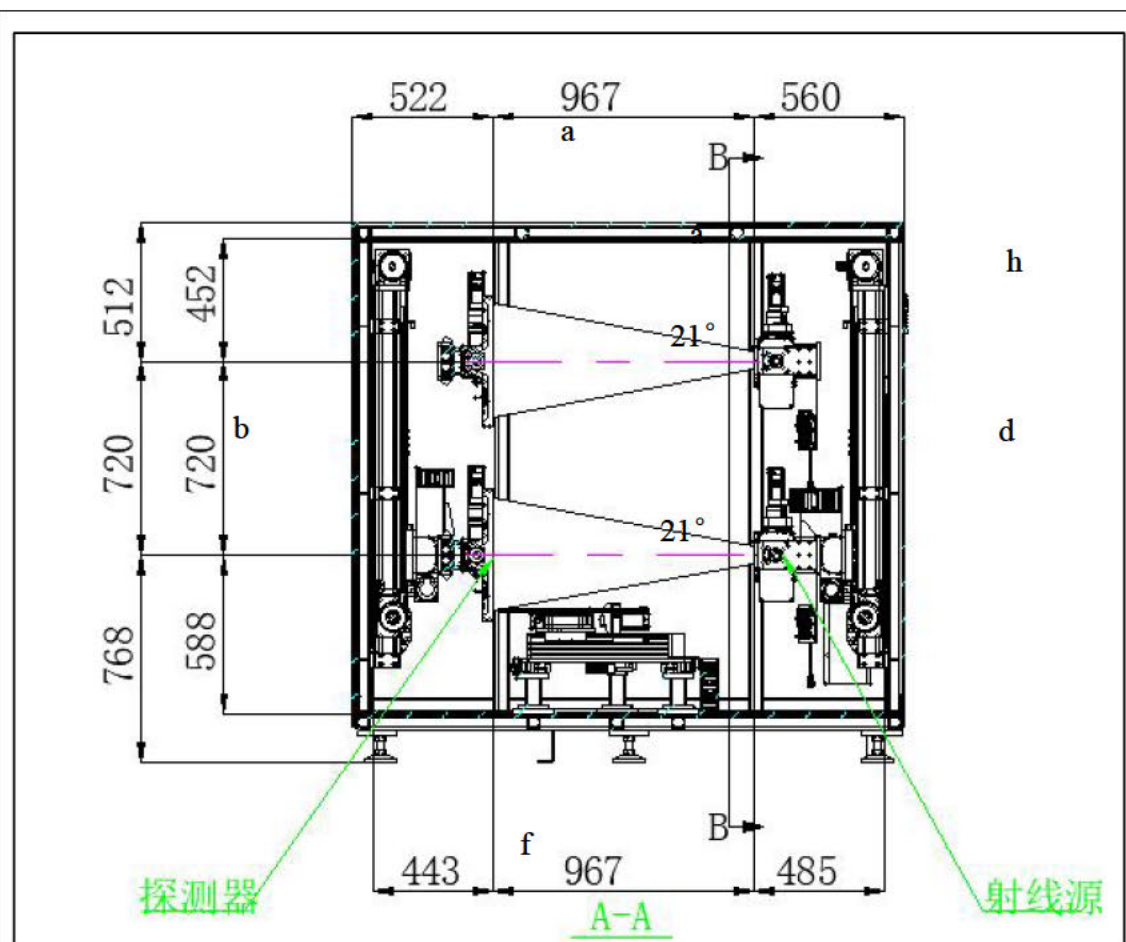


图 11-2 本项目铅房剖面布局与有用线束照射示意图（单位：mm）

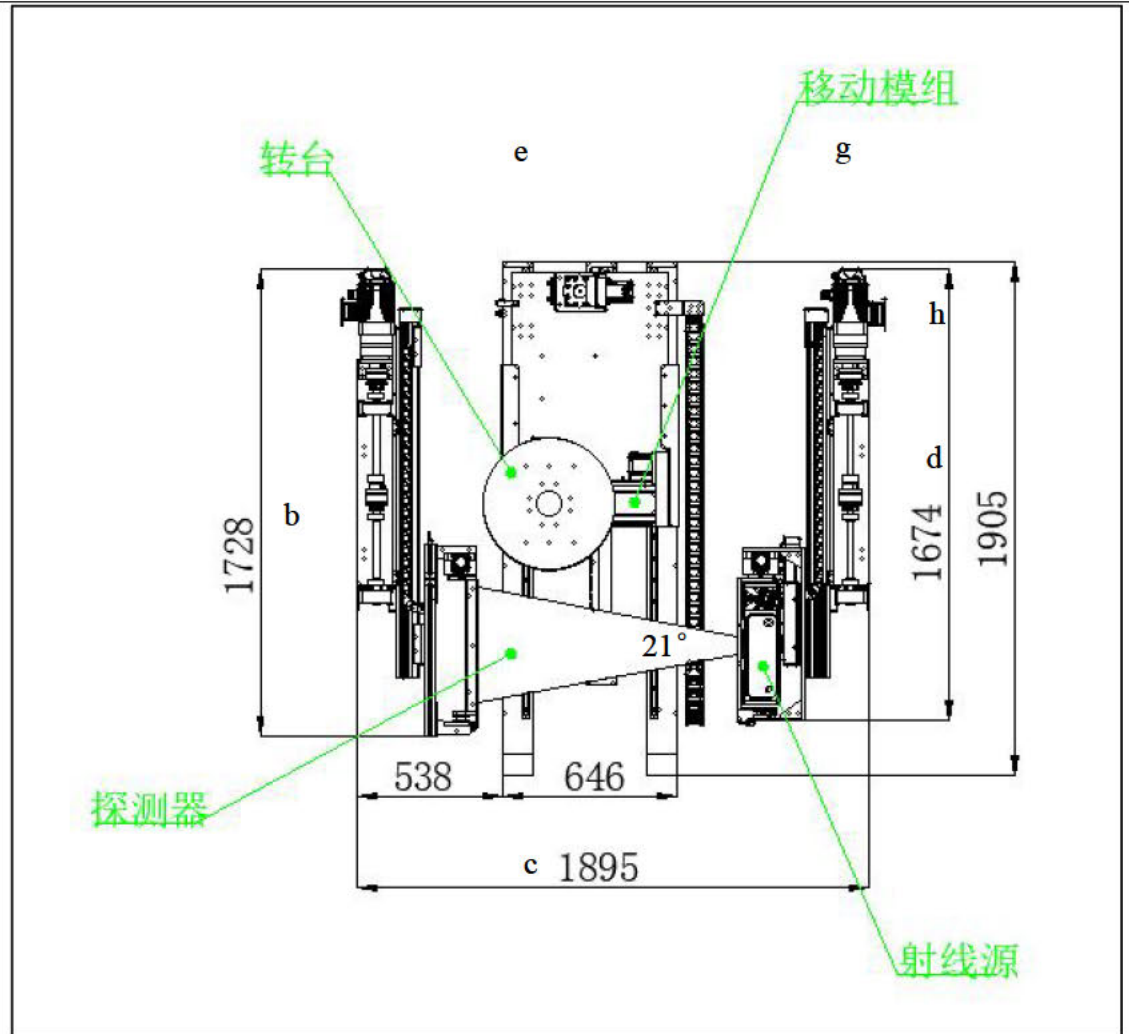


图 11-3 本项目铅房内部组件平面布局示意图（单位：mm）

11.2.2 场所辐射水平预测

本项目 X 射线实时成像系统最大管电压为 200kV，最大管电流 4mA。

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：

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

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 4mA；

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 ，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，保守

按 200kV X 射线在 2mm 铝过滤条件下输出量为 $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ （根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），以等量值的 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 进行屏蔽计算），即取 $1.72\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

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）附录 B 图 B.1 曲线，用外延法求得 10mm 铅厚的透射因子约为 1.3×10^{-11} ；

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m），取值见表 11-1。

2、泄漏辐射和散射辐射屏蔽

①泄漏辐射屏蔽

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

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

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）查附录 B 表 B.2。

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：

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

式中：

B——屏蔽透射因子，X 射线管电压为 200kV 的情况下铅板 TVL 为 1.4mm，由式 11-2 计算可得，6mm 的铅板的透射因子 B 约为 5.18×10^{-5} ，10mm 的铅板的透射因子 B 约为 7.20×10^{-8} 。

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m），取值见表 11-1；

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

②散射辐射屏蔽

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

按式（11-4）计算：

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

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 4mA；

H₀——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv•m²/（mA•h）；

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 可知当 X 射线能量为 200kV 时，对应的 90° 散射辐射最高能量为 150kV，根据 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.2，150kVX 射线在铅中的什值层 TVL 为 0.96mm，然后按式 11-2 计算可得，6mm 的铅板的透射因子 B 约为 5.62×10⁻⁷，10mm 的铅板的透射因子 B 约为 3.83×10⁻¹¹；

F——R₀ 处的辐射野面积，单位为平方米（m²）；

α——散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）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；

R₀——辐射源点（靶点）至受检工件的距离，单位为米（m）；

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ ——根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）B.4.2，当 X 射线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 11-1。

3、估算结果

根据公式（11-1）～（11-4），代入相关参数，本项目探伤铅房运行时周围环境辐射水平预测结果见表 11-2～表 11-5，本项目探伤铅房屏蔽体采用钢铅双层材料，本估算结果采用保守估计只考虑铅层屏蔽效果预测。

表 11-2 有用线束辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料 X	I（mA）	H ₀ （μSv•m ² / （mA•h））	B	R（m）	Ḥ（μSv/h）
b（东墙）	10mm 铅板	4	1.72E+06	1.3E-011	1.9	2.48E-05

表 11-3 泄漏辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料 X	TVL	B	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
a (顶棚)	10mm 铅板	1.4mm	7.20E-08	2.5E+03	0.8	2.81E-04
c (北墙)	6mm 铅板		5.18E-05		1.1	1.07E-01
d (西墙)	6mm 铅板		5.18E-05		0.7	2.64E-01
e (南墙)	6mm 铅板		5.18E-05		0.9	1.60E-01
f (底部)	10mm 铅板		7.20E-08		0.8	2.81E-04
g (电缆口)	6mm 铅板		5.18E-05		1.1	1.07E-01
h (通风口)	6mm 铅板		5.18E-05		0.7	2.64E-01

表 11-4 散射辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料 X	TVL	B	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$ ($\text{mA}\cdot\text{h}$))	R_s (m)	$\frac{R_0^2}{F\cdot\alpha}$	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
a	10mm 铅板	0.96mm	3.83E-011	4	1.72E+06	0.8	50	8.23E-06
c	6mm 铅板		5.62E-07			1.1		6.39E-02
d	6mm 铅板		5.62E-07			1.4		3.95E-02
e	6mm 铅板		5.62E-07			0.9		9.55E-02
f	10mm 铅板		3.83E-011			0.8		8.23E-06
g	6mm 铅板		5.62E-07			1.1		6.39E-02
h	6mm 铅板		5.62E-07			0.9		9.55E-02

表 11-5 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 ($\mu\text{Sv/h}$)	GBZ117-2015 标 准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否 达标
a (顶棚)	——	2.81E-04	8.23E-06	2.89E-04	2.5	达标
b (东墙)	2.48E-05	——	——	2.48E-05	2.5	达标
c (北墙)	——	1.07E-01	6.39E-02	1.71E-01	2.5	达标
d (西墙)	——	2.64E-01	3.95E-02	2.68E-01	2.5	达标
e (南墙)	——	1.60E-01	9.55E-02	2.56E-01	2.5	达标
f (底部)	——	2.81E-04	8.23E-06	2.89E-04	2.5	达标
g (电缆 口)	——	1.07E-01	6.39E-02	1.71E-01	2.5	达标
h (通风 口)	——	2.64E-01	9.55E-02	3.60E-01	2.5	达标

根据表 11-2~表 11-5 计算可知，X 射线实时成像系统在最大工况运行时，各关注点辐射剂量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“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。

11.2.3 局部贯穿分析

本项目 X 射线实时成像检测系统工件门与同侧屏蔽体具有相同的屏蔽防护，且搭接满足 10 倍间隙的施工要求；电缆孔与通风孔均设置了与同侧屏蔽体相同的屏蔽厚度的防护罩。因此，本项目工件门、电缆孔与通风孔的布置方式不会破坏屏蔽体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

11.2.4 人员受照剂量估算

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第 3.1.1 条款中的公式（1），人员受照剂量计算公式如下：

$$H_{E-r}=D_r \times t \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（式 11-5）}$$

式中： H_{E-r} ——年受照剂量，mSv/a；

D_r ——关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T ——居留因子；

t ——年受照时间，h/a。

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

表 11-6 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)	示例
全居留	1	操作室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

由于射线装置产生的剂量率与距离平方成反比关系，同方向人员受照剂量仅考虑与源点距离最近且居留因子最大的保护目标。利用表 11-2、表 11-3、表 11-4 以及表 11-5 的相关数据，本项目相关人员的预期年剂量水平的计算见表 11-7。

表 11-7 人员受照剂量计算参数及计算结果一览表

人员属性		居留因子	源点与关注点距离 (m)	源点与保护目标距离 (m)	参考关注点处辐射剂量取值 ($\mu\text{Sv/h}$)	保护目标处辐射剂量率取值 ($\mu\text{Sv/h}$)	周受照时间 (h/周)	周受照总剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年受照时间 (h/a)	年受照总剂量 (mSv/a)
职业	操作台	1	1.1	4	1.71E-01	1.29E-02	10	1.29E-01	500	6.45E-03
公众	计量室	1	1.9	1	2.48E-05	8.95E-05	20	1.79E-03	1000	8.95E-05
	实验室	1	1.9	10	2.48E-05	8.95E-07	20	1.79E-05	1000	8.95E-07
	厂区道路 (南)	1/8	0.9	2	2.56E-01	5.18E-02	20	1.30E-01	1000	6.48E-03
	注塑车间	1	0.9	30	2.56E-01	2.30E-04	20	4.60E-03	1000	2.30E-04
	办公室	1	0.7	1.4	2.68E-01	7.85E-02	20	1.34E+00	1000	6.70E-02
	车间过道	1/5	0.7	15	2.68E-01	6.84E-04	20	2.33E-03	1000	1.17E-04
	联合办公室	1	0.7	43	2.68E-01	8.32E-05	20	1.42E-03	1000	7.10E-05
	生产车间	1	1.1	8	1.71E-01	3.23E-03	20	6.46E-02	1000	3.23E-03

根据表 11-6 计算可知，本项目 X 射线实时成像系统运行后所致辐射工作人员受照周有效剂量为 $0.129\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.0065mSv ；所致公众最大受照周有效剂量为 $1.34\mu\text{Sv}$ ，年最大有效剂量为 0.0670mSv 。因此，工作人员和公众年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”的要求。

11.3 探伤室屏蔽能力符合性分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的规定，结合建设单位探伤铅房屏蔽防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该建设单位使用的探伤铅房的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，该探伤铅房的设置已充分考虑周围的放射安全，且探伤铅房与操作台分开；结合理论计算结果可知：探伤铅房六侧屏蔽体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”的要求；

（3）本项目使用的 X 射线实时成像系统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，探伤铅房自带风机系统设计可将臭氧和氮氧化物排至设备间，设备间通过定时开窗换气将臭氧和氮氧化物排至室外，不会对工作人员和公众成员产生影响。

因此，本项目 X 射线实时成像系统屏蔽能力能达到管电压不大于 200kV、管电流不大于 4mA 的射线装置正常工作时的辐射防护要求。

11.4 非放射性污染环境的影响分析

11.4.1 臭氧和氮氧化物

本项目 X 射线实时成像系统在开机状态下，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。X 射线实时成像系统在工作状态时，会使铅房中的空气电离产生臭氧和氮氧化物。进行检测工作时产生的少量臭氧和氮氧化物可通过铅房自带排放系统排出铅房，再通过楼层通风系统排出，不会形成局部聚集，且臭氧在短时间内会自动分解为氧气，对大气环境基本没有影响。

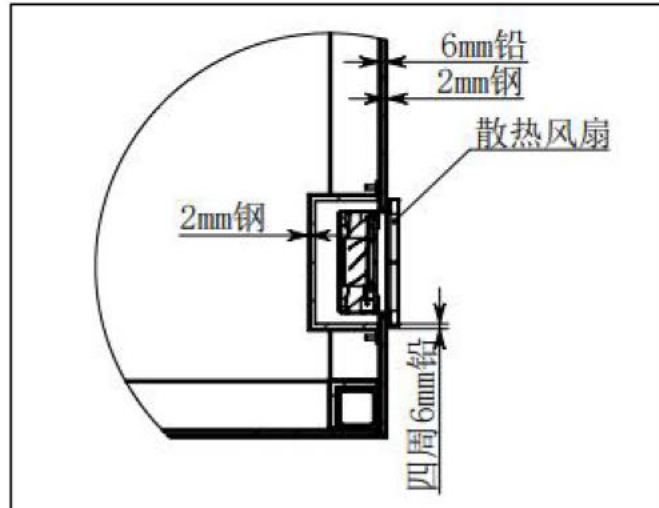


图 11-4 散热排风口铅防图（单位：mm）

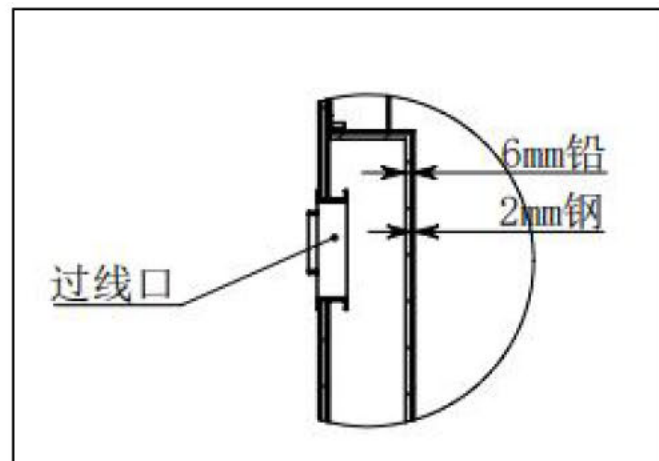


图 11-5 散热排风口铅防图（单位：mm）

11.5 事故影响分析

11.5.1 事故风险分析

建设单位使用的射线装置属Ⅱ类射线装置，可能的事故工况主要有以下几种情况：

- （1）X 射线实时成像系统门-机联锁失效，可能使人员受到超剂量照射；
- （2）维修时厂家维修人员和运行单位人员管理不当，X 射线实时成像系统发生异常出束，维修人员受到超剂量照射。

11.5.2 事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施：

（1）定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、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）建设单位需制定《X 射线实时成像系统操作规程》。凡涉及对设备进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，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操作人员可看到的显眼位置；

（3）每日检查防护门的门机联锁装置和工作状态指示灯等安全设施，确保在铅门关闭后，X 射线实时成像系统才能进行照射；

（4）定期对使用射线装置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；

（5）建设单位新增辐射工作人员须到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并自主学习，参加考核并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单后方可上岗。

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

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用Ⅱ类射线装置的工作单位，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，并以文件形式明确管理人员职责。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。

格力电器（杭州）有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定[]为辐射安全小组组长[]为辐射安全小组副组长专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并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。其辐射安全管理机构的职责包括：

- （1）全面负责公司辐射安全管理工作；
- （2）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；
- （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）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。

辐射安全小组负责人负责督促辐射防护管理制度的落实。公司现有文件明确了相关负责人与成员的岗位职责，内容较为完善合理。可以满足本项目扩建后的辐射安全管理需求。

12.1.2 辐射人员管理

- （1）个人剂量检测
- 建设单位拟为新增辐射工作人员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。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过3个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

（2）辐射工作人员培训

依据生态环境部《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）、《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），以及《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021年版）》要求，所有辐射工作人员均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与考核，X射线实时成像系统操作人员辐射安全考核专业类别为X射线探伤。

本项目拟新增4名辐射工作人员，须通过生态环境部培训平台进行学习，完成辐射安全专业知识与法律法规培训，考核合格取得成绩单后方可上岗，若上岗证到期则，将按新规参加再考核以确保资质有效，上岗后每五年需重新进行考核。

（3）辐射工作人员职业健康体检

本项目拟新增 4 名辐射工作人员，新增辐射工作人员，上岗前，建设单位将组织其到有资质的机构进行上岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准后方可上岗，并建立个人健康档案长期保存。上岗后，所有 4 名辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时增加临时性检查。当辐射工作人员脱离放射工作岗位时，建设单位将对其进行离岗前的职业健康检查，完善个人健康档案管理。

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许可管理办法》，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、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施。

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，建设单位承诺已制定《辐射安全与防护管理制度》《辐射事故应急处理预案》《人员培训体检》《射线使用登记制度》《辐射操作规程》《设备检修维护制度》《监测方案》《辐射防护和安全保卫制度》的管理制度。

企业已制定的管理制度较为完善，本项目实施前，建设单位应完善以上制度文件，将本项目辐射工作场所纳入现有制度管理。此外将增添制定以下方面的管理制度：

自行检查和年度评估制度：定期对X射线实时成像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。

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。公司应在工作场所醒目位置张贴《操作规程》、《辐射安全与防护保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》与《辐射事故应急预案》等制度，并做好使用登记和台账记录工作。在日后的工作实践中，公司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，并严格按照制度进行。

安全操作规程：针对本项目射线装置制定相应的操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、设备操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是设备的操作步骤，操作前对辐射安全措施的检查等，确保辐射安全措施的有效性；明确本项目设备主射方向，确保避免产生额外辐射照射。

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。

以保障在本次建设项目建成后满足《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。

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《工业探伤放射防护要求》（GBZ 117-2002）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。公司拟为辐射工作人员配置2台个人剂量报警仪和4枚个人剂量计，配备1台便携式X- γ 剂量率仪。

12.3.2 个人剂量监测

辐射工作人员均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。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过3个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

12.3.3 无损检测工作场所辐射监测

本项目正式投入使用后，公司须定期（每年1次）委托有资质的单位对X射线实时成像系统装置周围及设备间周围环境进行监测，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年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量当量率进行监测，监测周期为1次/年；年度检测报告应作为《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。

②日常自我监测

定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定辐射工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期建议每季度1次。

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	X射线实时成像系统各侧屏蔽体及装载门外30cm、操作台、管线洞口及其他人员常驻留位置	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	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》（GBZ128-2019）	常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月

12.3.3 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。

12.4 辐射事故应急

公司已建立《辐射事故应急预案》，并制定计划定期组织应急人员进行应急预案的培训和演练。经与建设单位核实，公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定，结合单位的实际情况和事故工况分析，辐射事故应急预案包括下列内容：

（1）成立辐射应急领导小组，明确职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

（2）应急组织体系和职责、应急处理程序、辐射事故上报电话。

（3）应急人员组织、培训计划和应急演练；

（4）环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话。

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方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。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。公司现有辐射事故应急预案已相对完善，需结合项目实际情况调整以满足本次项目的应急要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目工程概况

格力电器（杭州）有限公司厂区位于浙江省杭州市钱塘区江东一路2345号。为了对公司生产的冷凝器组件、蒸发器组件、四通阀组件、毛细管组件铜管焊点熔深情况进行无损检测，从而满足生产发展需要和保证产品质量，公司拟购置1台型号为SEAMASTER STANDARD定向X射线实时成像系统（最大管电压200kV，最大管电流4mA，属于II类射线装置）。该X射线实时成像系统自配射线防护系统（铅房屏蔽体），拟建于两器管路车间（一层建筑，无地下层）东南角设备间。

本项目所在两器管路车间东侧为厂区道路，隔路为总装车间；南侧为厂区道路，隔路为注塑车间；西侧为园区停车场；北侧为厂区道路，隔路为钣金喷涂车间。本项目设备间位于两器管路车间东南角设备间。设备间东侧紧邻计量室，南侧紧邻厂区道路，西侧紧邻办公室，北侧紧邻操作间，一层建筑，无地下层。所有探伤作业均为固定式探伤，不涉及移动探伤。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

（1）项目分区及布局

建设单位拟将X射线实时成像系统铅房（以铅房实体为边界）划为控制区，X射线实时成像系统表面设置电离辐射警告标识和中文警示说明；将探伤铅房四周及操作台所在区域划分为监督区，对该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。

（2）辐射安全防护措施结论

本项目X射线实时成像系统铅房以铅板作为屏蔽体，曝光铅房外尺寸为2.050m（长）×2.175m（宽）×2.000m（高），主射方向墙体、顶棚、底部均为2mm钢板+10mm铅板+2mm钢板，其他方向的四侧墙体最小为2mm钢板+6mm铅板+2mm钢板。铅房拟设双开工件门，位于北侧屏蔽墙，工件门采用电动门，并

设置门机联锁装置，紧急停机按钮和警示标示等安全设施，满足相关辐射安全原则；本项目拟为辐射工作人员配备1台X-γ剂量监测仪、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《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

13.1.3 环境影响分析结论

（1）主要污染因子

本项目主要污染因子为X射线、臭氧和氮氧化物。

（1）辐射剂量率影响预测结论

本项目X射线实时成像系统在最大工况运行时，探伤铅房四侧、装载门、顶棚和底部关注点辐射剂量率最大值为 $0.268\mu\text{Sv/h}$ ，满足本项目辐射工作场所剂量率控制水平不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

（2）个人剂量影响预测结论

本项目X射线实时成像系统运行后所致辐射工作人员受照周有效剂量为 $0.129\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.0065mSv ；所致公众最大受照周有效剂量为 $1.34\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.0670mSv 。射线装置产生的剂量率与距离平方成反比关系，本项目评价范围内各方向其他公众年有效剂量与周有效剂量满足标准要求。因此，项目辐射工作人员和公众年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”的要求。

（3）非辐射环境影响分析结论

少量臭氧和氮氧化物可通过动力通风装置排出铅房，臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

13.1.4 辐射安全管理结论

建设单位已按规定成立辐射安全与环境保护管理机构，负责辐射安全与环境保护管理工作，明确规定成员职责，切实保证各项规章制度的制定与落实。

建设单位应拟组织本项目 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，考核合格后方具备上岗条件，并委托有资质单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量检测与职业健康体检，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。

建设单位根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定，制定相关辐射安全管理规章制度，张贴于探伤工作场所现场处，并认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.3 可行性分析结论

（1）选址合理性分析

本项目位于格力工业园两器管路车间（一层建筑，无地下层）东南角设备间，不新增用地，周围无环境制约因素。X 射线实时成像系统铅房周围 50m 范围内为公司内部生产车间、园区道路等，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。

（2）产业政策符合性分析结论

根据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）》、《杭州市产业发展导向目录(2024年本)》、《钱塘区产业发展导向目录与产业平台布局指引》相关规定，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。

（3）实践正当性分析结论

本项目的建设是为了保证产品质量和生产的安全需要，因此，该项目的实践是必要的。本项目运行过程中，对射线装置的使用将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。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。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。

（4）环保可行性

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

（1）建设单位应加强对探伤铅房以及探伤工作场所内人员进出的管理，健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员对辐射防护与操作的理解和执行水平，杜绝辐射事故的发生。

（2）辐射工作人员应规范运行设备并有效使用个人剂量计、个人剂量报警仪等监测用品；建设单位应定期对探伤设备、防护设施进行检查与维修。

（3）建设单位应严格执行相关法律法规，落实有关规定，并及时更新完善，提高制度可操作性。

13.2.2 承诺

（1）建设单位在本项目报批后，承诺及时向生态环境部门重新申领辐射安全许可证。

（2）建设项目竣工后，建设单位应当按照《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，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
	公章
经办人（签字）：	年 月 日

审批意见：	
	公章
经办人（签字）：	年 月 日