

编号：BG-ZFFB26220001

核技术利用建设项目

杭州航立增材制造科技有限公司
新增 1 台 X 射线数字成像设备项目
环境影响报告表
(报批稿)

杭州航立增材制造科技有限公司

2026 年 4 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

杭州航立增材制造科技有限公司 新增 1 台 X 射线数字成像设备项目 环境影响报告表

建设单位名称：杭州航立增材制造科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢

邮政编码：311200

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	8
表 3 非密封放射性物质	8
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6 评价依据	11
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	18
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	27
表 11 环境影响分析	35
表 12 辐射安全管理	48
表 13 结论与建议	54
表 14 审批	57

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 厂区总平面布置图
- 附图 3 本项目所在车间总平面布置图
- 附图 4 本项目所在车间上层平面布置图
- 附图 5 拟建防护铅房平面布置
- 附图 6 杭州市生态环境管控单元分类图
- 附图 7 杭州市萧山区国土空间总体规划图
- 附图 8 现场照片

附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 建设单位营业执照
- 附件 3 产权证书
- 附件 4 租赁合同
- 附件 5 辐射环境质量现状监测报告
- 附件 6 专家函审意见及修改说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		杭州航立增材制造科技有限公司新增 1 台 X 射线数字成像设备项目			
建设单位		杭州航立增材制造科技有限公司			
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***
注册地址		浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢			
项目建设地点		浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢一楼			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	60	项目环保投资 (万元)	6	投资比例(环保 投资/总投资)	10%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	/
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位情况</p> <p>杭州航立增材制造科技有限公司(以下简称“建设单位”或“公司”)位于浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢一楼(向杭州金久交通设施有限公司租赁,厂房租赁合同见附件 4。该建筑物地上 5 层,无地下层。)公司是一家专业从事金属增材制造(3D 打印)零部件产品开发与制造的高科技企业。公司秉持“创新设计驱动增材制造应用”的发展理念,以产品开发和创新设计为突破</p>				

口。

业务范围涵盖增材制造零部件开发、新材料研发、结构与仿真、制造服务、质量检测等全流程解决方案，实现了先进设计与先进制造的完美融合，为客户提供从概念模型到实际产品的交钥匙工程。

公司总投资规模达到 1 亿元人民币，一期建设有 3000 余平米生产研发车间，各型 SLM 金属增材制造装备 10 余台，最大成形幅面达到 1250mm×1250mm，最大成形高度达到 1500mm，处于行业领先水平。

杭州航立增材制造科技有限公司目前无核技术利用项目。

1.1.2 建设目的和任务由来

鉴于增材制造零部件特有的复杂内腔结构，传统破坏性检测及常规无损检测手段已无法满足产品的验收标准。为确保交付产品内部不存在裂纹、孔隙、未熔合等致命缺陷，公司需引入内部结构完整性检测手段。为完善产品质量保证体系，建设单位拟将车间东北侧原闲置用房划为探伤机房，并在探伤机房内新购并安装使用 1 台 XXG-3005 型 X 射线数字成像设备，用于零部件产品的无损探伤，被检产品最大尺寸长×宽×高为 650mm×650mm×1200mm，主要为钛合金，铝合金材质，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，设备自带铅房。

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），本项目涉及的 X 射线数字成像设备属于“工业用 X 射线探伤装置”的分类范围，为 II 类射线装置。根据“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射线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”，本项目 XXG-3005 型 X 射线数字成像设备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。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等的规定，本项目在实施前须进行环境影响评

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“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”，环境影响评价类别为编制环境影响报告表。

为此，杭州航立增材制造科技有限公司委托中辐环境科技有限公司开展“杭州航立增材制造科技有限公司新增1台X射线数字成像设备项目”的环境影响评价工作（委托书见附件1）。在接受委托后，环评单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集和委托辐射环境质量现状监测等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制了本项目的环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

建设单位拟将车间东北侧原闲置用房划为探伤机房（长11m，宽9m，高8m），并在探伤机房内新购并安装使用1台XXG-3005型X射线数字成像设备，用于零部件产品的无损探伤，被检产品最大尺寸长×宽×高为650mm×650mm×1200mm，主要为钛合金，铝合金材质，最大管电压300kV，最大管电流5mA，设备自带铅房。

本项目工作人员可通过防护小门在防护铅房外摆件，正常情况下无需进入防护铅房；设备控制台位于探伤机房内西南侧。拟检工件为金属增材制造（3D打印）零部件产品，被检产品尺寸最大尺寸长×宽×高为650mm×650mm×1200mm。

本项目涉及的射线装置技术参数基本情况见表1-1。

表1-1 本项目射线装置技术参数一览表

序号	设备名称	型号	类别	数量	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	有用线束照射方向
1	X射线数字成像设备	XXG-3005	II类	1台	300	5	定向朝北照射，辐射角40°

1.1.4 人员配备及工作负荷

本项目拟配备辐射工作人员3人，辐射工作人员为新增，不兼任其他辐射岗位，实行单班制，每天工作8h，年工作约300天。

根据生态环境部《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）要求，在落实本项目辐射工作人员后，建设单位应尽快组织本项目辐射工作人员到国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加“X射线探伤”类别辐射安全与防护培训，并取得考核合格成绩报告单后方可上岗。

1.1.5 工作负荷

根据建设单位提供的资料，辐射工作人员利用 X 射线数字成像设备对生产的产品进行无损检测，确保产品品质和生产效率。本项目 X 射线数字成像设备每天最多检测 10 个产品，单个产品检测一次约 20min，其中曝光出束时间最大为 15min。则探伤机出束时间最大为 150min/天，750h/年。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

杭州航立增材制造科技有限公司位于浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢一楼。杭州航立增材制造科技有限公司东侧为戴村镇应急管理站和干涸河流，南侧为铎诚智创（浙江）科技有限公司，西侧为杭州鄂达精密机电科技有限公司，北侧为杭州金久交通设施有限公司。二楼为杭州纳智电机有限公司，三楼和五楼为杭州美豪工具有限公司，四楼为深圳市百世供应链物流有限公司。项目地理位置见附图 1，厂区总平面布置图见附图 2。

1.2.2 项目周围环境关系

建设单位拟将车间东北侧原闲置用房划为探伤机房（长 11m，宽 9m，高 8m），并在探伤机房内新购并安装使用 1 台 XXG-3005 型 X 射线数字成像设备。设备东侧 13m 为厂区道路，设备东侧 21m 为干涸河流；南侧 39m 为戴村镇应急管理站，90m 为铎诚智创（浙江）科技有限公司；西侧 49m 为杭州鄂达精密机电科技有限公司；北侧 12m 为杭州金久交通设施有限公司。项目周边环境关系图见附图 2。

探伤机房东北侧 8.4m 为配电小间；东侧 8m 为楼梯；东南侧 12.6m 为热处理区，22.4m 为粉末处理；南侧 2.5m 为清粉区，12.3m 为线切割区；西侧 0.5m 为叉车停放区，8m 为 3D 打印区；北侧 3.5m 为厂区道路。探伤机房上方为杭州纳智电机有限公司仓库。厂区总平面布置图见附图 2，本项目所在车间平面布置图见附图 3。

1.2.3 选址合理性分析

本项目探伤设备使用地点为杭州航立增材制造科技有限公司厂区内，不新增用地，用地属于工业用地，周围无环境制约因素。本项目评价范围内要为园区内部建筑、厂区道路、杭州纳智电机有限公司、杭州金久交通设施有限公司、戴村镇应急管理站和杭州鄂达精密机电科技有限公司，无居民区、行政办公区、医院及学校等其他环境敏感区，项目运营过程产生的电离辐射，经采取辐射防护措施后对周围环境与人员的辐射影

响是满足标准要求的，因此本项目选址是可行的。

1.3 产业政策符合性分析

本项目为核技术利用项目，拟使用 1 台 X 射线数字成像设备；根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不在限制类和淘汰类目录范围内，属于国家允许类产业，符合国家产业政策。

1.4 实践正当性分析

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属或其他材料内部可能产生的缺陷，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，本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的；且使用过程中采取满足国家标准要求的辐射安全防护措施，同时加强辐射安全管理，对周围环境和人员的影响满足标准要求。因此，该项目使用 X 射线数字成像设备的目的是正当可行的，并且该项目有较好的经济效益和社会效益，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。

1.5 杭州市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

本项目位于浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢一楼。根据《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>的通知》（杭环发〔2024〕49 号），项目所在地属于“萧山区一般管控单元（环境管控单元编码：ZH33010930001）”。

1.5.1 生态保护红线

本项目位于浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢一楼内，根据杭州市萧山区国土空间总体规划划分成果，项目所在地不涉及永久基本农田与生态保护红线，本项目已纳入主体工程征占地，无需新征用地，因此，本项目不涉及生态保护红线。

1.5.2 环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射剂量属于正常本底范围。在落实本报告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。

1.5.3 资源利用上线

本项目水、电等公共资源由当地专门部门供应，项目用地为工业用地；且整体而言本项目所用资源相对较小，也不占用当地其他自然资源和能源，因此本项目符合资源利

用上限的要求。

1.5.4 生态环境准入清单

本项目位于浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢一楼内，根据《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>的通知》（杭环发〔2024〕49 号），本项目处于“萧山区一般管控单元（环境管控单元编码：ZH33010930001）”内。本项目生态环境管控单元准入清单符合性分析见表 1-2。

表1-2 生态环境管控单元准入清单符合性一览表

环境管控单元名称	要求	本项目情况	是否符合	
萧山区一般管控单元 (环境管控单元编码: ZH33010930001)	空间布局约束	原则上禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目扩建、改建不得增加污染物排放总量并严格控制环境风险。禁止新建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目，改建、扩建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目不得增加管控单元污染物排放总量；禁止在工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外新建其他二类工业项目，一二产业融合的加工类项目、利用当地资源的加工项目、工程项目配套的临时性项目等确实难以集聚的二类工业项目除外；工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外现有其他二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。	本项目属于核技术利用项目，不属于二类、三类工业项目。不涉及管控单元污染物排放。	符合
	污染物排放管控	落实污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。加强农业面源污染治理。	本项目为核技术利用项目，不涉及污染物排放。	符合
	环境风险防控	加强对农田土壤、灌溉水的监测及评价，对环境风险源进行评估。	本项目为核技术利用项目，不涉及上述项目。	符合
	资源开发效率要求	实行水资源消耗总量和强度双控，推进农业节水，提高农业用水效率。优化能源结构，加强能源清洁利用。	本项目企业用水采用自来水，自来水公司供水；排水采用雨污分流，本项目生活污水经生活污水处理装置收集达标后排入市政污水管网。项目运营过程中主要消耗一定量的电能，消耗量相对区域资源利用总量较少，且项目不利用高耗能、低效率的	符合

由表 1-2 可知，本项目的实施符合《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>的通知》中的要求。

1.6 与杭州市“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组卷报批的依据。其中“三区”具体指农业空间、生态空间、城镇空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界三条控制线。

杭州航立增材制造科技有限公司位于浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢一楼，根据杭州市“三区三线”划分成果，项目所在地在城镇开发边界内，主体工程占地不涉及永久基本农田与生态保护红线，本项目在杭州航立增材制造科技有限公司厂区东北侧区域，利用现有场地和建筑内实施，无需新征用地，对照上述各类文件要求，本项目建设符合“三区三线”的要求，项目所在地“三区三线”划分情况见附图 7。

1.7 原有核技术利用项目情况

本项目为建设单位首次开核技术利用项目，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	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/		

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线数字成像 设备	II	1 台	XXG-3005	300	5	无损检测使用	杭州航立增材 制造科技有限 公司厂区	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	气体	/	/	少量	少量	/	/	通过动力排风系统排入大气环境

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(1989年12月26日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过;2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订),自2015年1月1日起施行修订版;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002年10月28日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过,自2003年9月1日起施行;2016年7月2日第一次修正;2018年12月29日第二次修正),自2018年12月29日起施行修订版;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003年6月28日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过),自2003年10月1日起施行;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(1998年11月29日中华人民共和国国务院令 第253号发布施行;2017年7月16日中华人民共和国国务院令 第682号令修订),自2017年10月1日起施行修订版;</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 第16号,2021年),自2021年1月1日起施行;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005年9月14日经中华人民共和国国务院令 第449号公布,2014年7月29日经中华人民共和国国务院令 第653号第1次修订,2019年3月2日经中华人民共和国国务院令 第709号第2次修订),自2019年3月2日起施行修订版;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011年4月18日环境保护部令 第18号),自2011年5月1日起施行;</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006年1月18日国家环境保护总局令 第31号公布,2008年12月6日经环境保护部令 第3号第一次修正,2017年12月20日经环境保护部令 第47号第二次修正,2019年8月22日经生态环境部令 第7号第三次修正,2021年1月4日经生态环境部令 第20号第四次修正),自2021年1月4日起施行修改版;</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</p>
----------	---

	<p>划生育委员会 公告 2017 年第 66 号），2017 年 12 月 6 日印发；</p> <p>（10）《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），自 2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>（11）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 1 日经国家发展改革委第 6 次委务会通过，2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布），自 2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>（12）《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>（13）《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》（国环规环评[2017]4 号），2017 年 11 月 22 日印发；</p> <p>（14）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（2019 年 9 月 20 日生态环境部令第 9 号公布），自 2019 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>（15）《浙江省辐射环境管理办法》（2011 年 12 月 18 日浙江省人民政府令第 289 号公布，2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号修正），自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版；</p> <p>（16）《浙江省生态环境厅关于发布<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》（浙环发〔2024〕67 号），自 2025 年 2 月 2 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）；</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》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>（3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>（4）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）（参考）；</p> <p>（5）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单；</p> <p>（6）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>（7）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>（8）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>（9）《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB 22448-2008）；</p>

	<p>(10)《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)。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》；</p> <p>(3) 建设单位提供的其它相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为使用II类射线装置，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。因此确定本项目评价范围为设备实体屏蔽物（防护铅房）边界外 50m 区域。评价范围示意图见附图 2。

7.2 保护目标

根据现场踏勘情况，本项目评价范围主要为园区内部建筑、厂区道路、杭州纳智电机有限公司、杭州金久交通设施有限公司、戴村镇应急管理站和杭州鄂达精密机电科技有限公司，无居民区、行政办公区、医院及学校等其他环境敏感区。本项目环境保护目标为从事本项目辐射工作的职业人员及评价范围内活动的其他公众，环境保护目标一览见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览

工作场所	环境保护目标	方位	居留因子	与设备屏蔽物边界最近距离 (m)		人员规模	人员类别	年有效剂量约束值
				水平	垂直			
本项目建筑内	操作台	南侧	1	紧邻	/	1 人	职业人员	5.0mSv
	配电小间	东北侧	1/16	8.4	/	/	公众	0.25mSv
	楼梯	东侧	1/16	8	/	流动人员		
	热处理区	东南侧	1	12.6	/	1 人/d		
	粉末处理	东南侧	1	22.4	/	2 人/d		
	清粉区	南侧	1	2.5	/	1 人/d		
	线切割区	南侧	1	12.3	/	2 人/d		
	叉车停放区	西侧	1/16	0.5	/	/		
	3D 打印区	西侧	1	8	/	15 人/d		
杭州纳智电机有限公司仓库	楼上	1/4	/	5.4	4 人/d			
本项目建筑周围	厂区道路	东侧	1/16	13	/	流动人员	公众	0.25mSv
	干涸河流	东侧	/	21	/	/		
	戴村镇应急管理站	南侧	1	39	/	15 人/d		
	杭州鄂达精密机电科技有限公司	西侧	1	49	/	30 人/d		
	杭州金久交通设施有限公司	北侧	1	12	/	20 人/d		
50m 范围内其他区域	四周	/	0-50	/	40 人/d			

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》（GB18871-2002）

(1) 剂量限值及剂量约束值

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。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1 职业照射

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。

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；

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。

本评价报告取规定年有效剂量限值的 1/4，即以 5.0mSv 作为职业人员的年剂量约束值，以 0.25mSv 作为公众成员的年剂量约束值。本项目辐射工作人员和公众的年剂量限值及剂量约束值详见下表。

表 7-2 剂量限值及剂量约束值

使用范围	职业照射	公众照射
剂量限值	20mSv/a	1mSv/a
剂量约束值	5mSv/a	0.25mSv/a

(2) 辐射分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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。

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

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

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 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 7-3 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 7-3 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 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 $100\mu\text{Sv/}$

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

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

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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

7.3.3 《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。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）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 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按式 (1) 计算：

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

式中：

H_c ——周剂量参考控制水平，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 ($\text{h}/\text{周}$)。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max} = 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

c) 关注点剂量率参考控制水平 H_c 为上述 a) 中的 $H_{c,d}$ 和 b) 中的 $H_{c,max}$ 二者的较小值。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

杭州航立增材制造科技有限公司位于浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢一楼。杭州航立增材制造科技有限公司东侧为戴村镇应急管理站和干涸河流，南侧为铎诚智创（浙江）科技有限公司，西侧为杭州鄂达精密机电科技有限公司，北侧为杭州金久交通设施有限公司。二楼为杭州纳智电机有限公司，三楼和五楼为杭州美豪工具有限公司，四楼为深圳市百世供应链物流有限公司。项目地理位置见附图 1。本项目辐射工作场所位置见附图 2。

8.2 环境电离辐射现状

根据《浙江省生态环境状况公报（2024 年）》，全省环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境 γ 辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。

8.3 环境现状评价的对象、监测因子和监测方案

8.3.1 环境现状评价的对象

拟建辐射项目区域及周边环境

8.3.2 监测因子

γ 辐射剂量率

8.3.3 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2026.01.29
- (3) 环境条件：温度 20°C，湿度 51%RH，晴
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
- (5) 监测频次：依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）确定为 1 次测量
- (6) 监测仪器：见下表

表 8-1 便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪相关参数

仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	automess

仪器编号	05038417
能量范围	38keV-7MeV
量程	模拟量程：10nSv/h-100μSv/h；数字量程：1nSv/h-99.9μSv/h
检定单位	浙江省质量科学研究院
检定证书	主机：NJYF-20250751506、主机+探头：NJYF-20250751504
检定有效期	2025年07月28日~2026年07月27日

8.3.4 质量保证措施

(1) 本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有浙江省市场监督管理局颁发的资质认定证书，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性；

(2) 采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

(3) 监测仪器每年定期经计量部门检定或校准，符合要求后方可使用；

(4) 监测实行全过程的质量控制，严格按照公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗；

(5) 监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.4 监测点位及结果

根据项目的平面布置及项目情况，在探伤机房均匀布设监测点，并在主要辐射工作场所拟建区域周围布点。共布置 γ 辐射剂量率监测点位 20 个；以上点位能够反映项目所在地的辐射环境现状水平，因此监测点位布设合理。具体监测点位示意图 8-1~图 8-2。





图 8-2 监测点位示意图 2

8.4.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目 γ 辐射剂量率现状监测结果

监测点编号	监测位置	监测结果 (nGy/h)	备注
1	拟建工业用 X 射线探伤装置所在位置	70±2	室内
2	拟建工业用 X 射线探伤装置东侧点位	92±3	室内
3	拟建工业用 X 射线探伤装置南侧点位	97±2	室内
4	拟建工业用 X 射线探伤装置西侧点位	98±2	室内
5	拟建工业用 X 射线探伤装置北侧点位	108±3	室内
6	配电小间	120±3	室内
7	楼梯	149±3	室内
8	热处理区	117±3	室内
9	粉末处理	121±3	室内
10	线切割区	127±2	室内
11	清粉区	108±2	室内
12	3D 打印区	111±3	室内
13	叉车停放区	108±3	室内
14	厂区道路	103±3	室外
15	厂区道路	107±3	室外

16	上层杭州纳智电机有限公司仓库区	148±3	室内
17	干涸河流旁	93±2	室外
18	戴村镇应急管理站	102±2	室外
19	杭州鄂达精密机电科技有限公司	94±3	室外
20	杭州金久交通设施有限公司	92±3	室外

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=仪器读数平均值 \times 仪器校准因子 k_1 \times 仪器检验源效率因子 k_2 \div 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k_3 \times 测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.06，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，测量点宇宙射线的响应值为 25nGy/h（监测地址：宁波东钱湖湖心水面，监测时间：2025 年 11 月 03 日）。

8.5 对环境现状调查结果的评价

由表 8-2 可知，本项目辐射工作场所室内 γ 辐射剂量率范围为 70nGy/h~149nGy/h（ 7.0×10^{-8} ~ 14.9×10^{-8} Gy/h），周围室外辐射剂量率范围为 92nGy/h~107nGy/h（ 9.2×10^{-8} ~ 10.7×10^{-8} Gy/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 γ 辐射剂量率范围在 $5.6\sim 44.3\times 10^{-8}$ Gy/h，室外道路 γ 辐射剂量率范围在 $2.8\sim 22.0\times 10^{-8}$ Gy/h/之间，可见，本项目涉及场所及周边监测点位 γ 辐射剂量率处于浙江省天然辐射本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺分析及产物环节

建设单位租赁杭州金久交通设施有限公司戴村镇陆家路 28 号 2 幢一楼区域，厂区内新建 1 间探伤机房，并购置 1 台 XXG-3005 型 X 射线数字成像设备，本项目无新增建筑物，本次核技术利用项目主要是设备的安装施工，安装完成后需要进行设备的调试。

由于本项目 X 射线数字成像设备为整体外购，自带防护铅房，设备安装完成包括屏蔽体及安全防护措施的完备，在调试过程中设备参数一般低于正常运行的最大工况，经屏蔽防护后对周围环境的辐射影响将能够满足标准要求。同时 X 射线与空气中的氧气发生作用，产生少量的臭氧和氮氧化物，因安装调试时间短，产生的废气对环境的影响可以接受。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。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 X 射线数字成像设备结构

本项目 X 射线数字成像设备采用实时成像的方式，设备由自带钢铅结构的屏蔽体、X 射线发生器、控制器、连接电缆、探测器、实时成像系统及附件组成，不使用胶片，不会产生废显（定）影液及胶片。本项目 X 射线数字成像设备外型见图 9-1。



图 9-1 同类型检测系统外观示意图

9.2.2 工作原理及工作方式

(1) 工作原理

本项目 X 射线数字成像设备运用计算机实时成像原理。由 X 射线机产生的 X 射线对生产的产品进行照射,当射线在穿透产品时,由于材料的厚薄不等或者生产质量各异,从而使 X 射线的穿透量不同。材料与其中裂缝对 X 射线吸收衰减不同而形成 X 射线强度分布的潜像,再通过图像增强器将 X 射线图像转换成标准视频图像,即转换为可见像,从而实现检测缺陷的目的,如果产品质量有问题,在成像中显示裂缝所在的位置,从而实现无损探伤的目的。

X 射线管主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成,阴极是钨制灯丝,它装在聚焦杯中,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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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 射线管基本结构如图 9-2 所示。

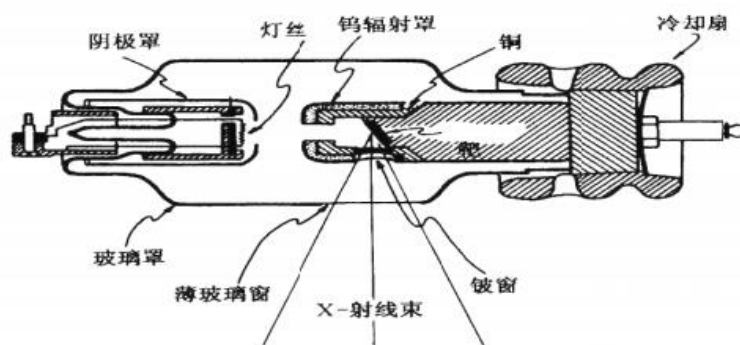


图9-2 X射线管基本结构图

(2) 工作方式

本项目 X 射线数字成像设备在固定的探伤机房内使用,将需要进行射线探伤的产品由设备的工件防护门送入铅房,放置于铅房内合适位置,工作人员根据产品的直径调节 X 射线管到产品的焦距,然后根据探伤产品材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等,开启 X 射线管进行扫描。X 射线管开启后,防护门外指示灯亮,并发出警报声。扫描完成后,指示灯熄灭;关闭 X 射线数字成像设备,打开工件门,将产品送出铅房。

9.2.3 X射线数字成像设备技术参数

本项目 X 射线数字成像设备主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 X 射线数字成像设备主要技术参数

设备名称	型号	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	有用线束照射方向
X 射线数字成像设备	XXG-3005	II类	1 台	300	5	朝北照射, 40° 锥形线束

9.2.4 工作流程及产污环节分析

进行 X 射线探伤前, 辐射工作人员先打开电动防护工件门, 将探伤产品手动放置在铅房内部的载物台上, 关闭工件门。操作人员开机, 通过控制台操作位处的按钮调整好探伤位置后, X 射线管开启后, 发出警报声, 且警示灯亮起, X 射线管发射 X 射线。X 射线对放置在铅房内载物台上的产品进行检测, 图像管接收透过物体的 X 射线, 图像传送到计算机处理, 由计算机经过软件处理输出图像。

操作人员根据 X 射线图像情况, 对探伤产品进行连续检测、分析和判断, 完成一次检测后, 辐射工作人员可调节 X 射线管上下移动, 或调控载物台旋转、左右、前后移动, 从而调整探伤位置, 重复探伤操作直至完成整个被检产品的探伤。检测完成后, 工作人员打开工件门, 产品由操作人员取出, 完成一轮探伤。检验完成后关机, 检查全部完成后, 关闭电脑、铅房电源和总电源。

本项目设备工作流程及产污环节分析图如图 9-3 所示。

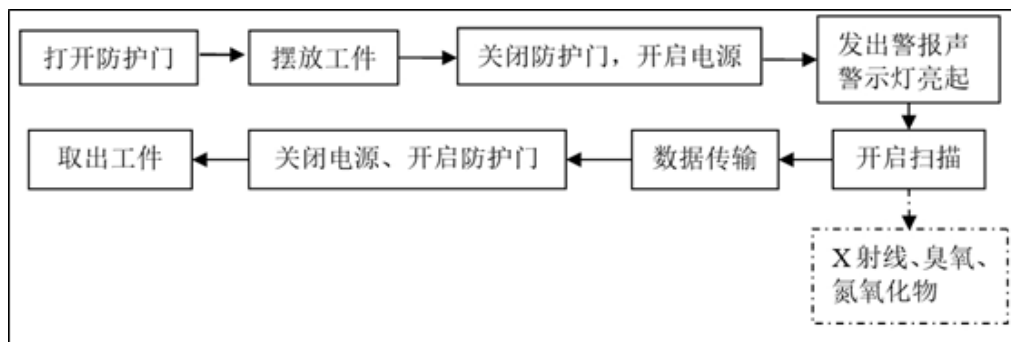


图 9-3 工作流程及产污环节分析图

由图 9-3 可知, 本项目 X 射线数字成像设备运营中产生的主要污染物为扫描工作过程中产生的 X 射线、臭氧、氮氧化物。

本项目 X 射线数字成像设备采用实时成像检测方式, 通过数字平板成像系统和计算机图像处理系统保存、处理数字图像, 不使用胶片, 不会产生废显(定)影液及胶片。

9.2.5 人员配置及工作时间

本项目计划配置 3 名辐射工作人员, 实行单班制, 每天工作 8h, 年工作约 300 天, 能够满足运行需求。根据建设单位提供的资料,

根据建设单位提供的资料，本项目待检产品为建设单位生产的产品，根据产品的尺寸大小，最大产品检测一次约 20min，其中曝光出束时间最大为 15min。

本项目探伤机最大曝光次数约 10 次/天、3000 次/年，则本项目探伤机出束时间最大约为 750h/年（15min/次×3000 次/年=750h/年）。

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况下污染源项描述

1、X 射线

本项目 X 射线数字成像设备为II类射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线数字成像设备只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

2、射线装置报废处理

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对探伤设施的退役的相关要求“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”。按照《浙江省辐射环境管理办法》要求，本项目 X 射线装置报废时，建设单位应当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保护部门核销。

3、臭氧和氮氧化物

本项目 X 射线数字成像设备在开机状态下，X 射线会与空气电离产生少量臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)。

9.3.2 非正常工况

根据建设单位 X 射线数字成像设备的使用特点，在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射：

(1) 辐射工作人员滞留 X 射线数字成像设备防护铅房内时，外面人员启动检测系统进行探伤，造成工作人员被误照，引发辐射事故。

(2) 安全连锁装置发生故障，X 射线数字成像设备的防护门未关闭时，外面人员启动 X 射线数字成像设备进行检测，造成有关人员被误照，引发辐射事故。

(3) 安全连锁装置发生故障，无关人员打开 X 射线数字成像设备的防护门，造成人员被照射，引发辐射事故。

非正常工况污染源项同正常工况。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局及合理性分析

本项目拟建X射线数字成像设备位于杭州航立增材制造科技有限公司厂区内，有用线束照射方向为由南向北，有用线束可能照向铅房北侧、西侧和东侧屏蔽体，不会照向南侧。操作台位于设备南侧，辐射工作人员操作位位于设备南侧，避开了有用线束照射的方向。本项目拟设置1间探伤机房，与周围功能区隔断，保证设备与周围公众保持一定距离，且便于进行分区管理和辐射防护。X射线数字成像设备工作过程中产生的X射线经自屏蔽防护和距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理可行的。

10.1.2 两区划分

为加强射线装置所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定辐射控制区和监督区。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对防护安全的要求：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。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射性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。

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，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌或标识。

本项目将 X 射线数字成像设备防护铅房内部划分为控制区，控制区要设置电离辐射警告标志，设备出束时，任何人员不得停留/进入控制区。本项目将探伤机房（除控制区外）划分为监督区，在探伤机房入口设立电离辐射警示标牌或监督区边界地面划警示线表明监督区边界，无关人员不得进入监督区。本项目辐射工作场所的两区划分见表 10-1 与图 10-1。

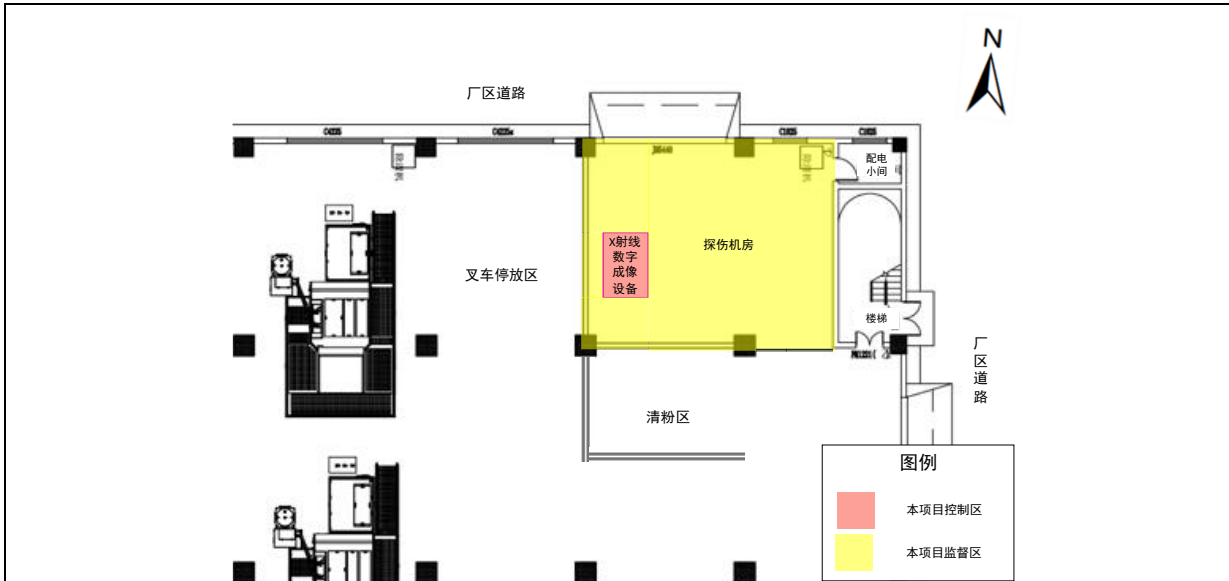


图 10-1 探伤机房两区划分图

表10-1 本项目辐射工作场所两区划分

辐射工作场所	控制区	监督区
探伤机房	X射线数字成像设备防护铅房内部	探伤机房（除控制区外）

控制区通过实体屏蔽措施、电离辐射警告标志等进行控制管理，在射线装置使用时，除工作人员外，禁止其他人员进入；监督区通过设置标明监督区的标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常应立即进行整改，整改完成后方可继续使用射线装置。

10.1.3 辐射安全防护及环保设施

(1) 屏蔽设计采取措施

根据建设单位提供的设计资料可知，本项目 X 射线数字成像设备采用自带的防护铅房进行实体屏蔽，防护铅房尺寸为长 3022mm×宽 2534mm×高 3101mm。设置有 1 个对开双门，防护门大小 1678mm×2530mm，根据企业提供的产品规格，待检测的产品最大外形尺寸长×宽×高为 650mm×650mm×1200mm，防护门净空尺寸比最大工件尺寸在各方向均留有余量。该设计充分考虑了检测过程中工装夹具的占用空间、运载小车的高度以及操作人员的搬运便利性，能够确保最大规格产品无障碍、无碰撞地进出探伤室，满足生产工艺流转需求。本项目设备尺寸能够满足建设单位被检产品尺寸。

X 射线数字成像设备防护铅房屏蔽防护设计情况见表 10-2。

表 10-2 X 射线数字成像设备防护铅房屏蔽防护设计情况一览表

项目	设计情况
四侧屏蔽防护	南侧屏蔽厚度为 28mmPb 铅板+6mm 钢板防护（等效于 28.30mmPb），

	东、西、北三侧屏蔽墙厚度均为 30mmPb 铅板+6mm 钢板防护（等效于 30.30mmPb）
顶部屏蔽防护	30mmPb 铅板+6mm 钢板防护（等效于 30.30mmPb）。
底部屏蔽防护	30mmPb 铅板+6mm 钢板防护（等效于 30.30mmPb）。
防护门屏蔽防护	对开双门，工件防护门尺寸宽 1678mm×高 2530mm，为 30mmPb 铅板+6mm 钢板防护。门与侧边的四面挡边均为 30mmPb 铅板+6mm 钢板防护，铅门门口四周迷宫复合铅板框 28mmPb 铅板+6mm 钢板防护。
排风管屏蔽防护	通风口位于设备南侧顶部，排气窗口防护罩采取 28mmPb 铅板+6mm 钢板防护
注：①铅房采用钢材*铅*钢材的形式搭建组焊而成，钢的密度为 7.85g/cm ³ ，铅的密度为 11.34g/cm ³ ； ②查国家标准化指导性文件《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GB/Z41476.3-2022）表 4，插值得到 300kV 下 6mm 钢的等效铅厚度约为 0.30mm。	

(2) 辐射安全装置和防护措施

①实体屏蔽：本项目 X 射线数字成像设备采用设备自带的防护铅房进行屏蔽，可保证设备运行过程中铅房外剂量率满足标准要求，人员在铅房外远程操作，可保障工作人员在操作设备过程中的安全。在防护铅房出入门设置门锁，设备未使用时需关闭防护铅房，无关人员不得进入防护铅房。

②人员防护措施：工作人员进行探伤工作时，佩戴个人剂量报警仪，随时监测工作场所辐射剂量率变化情况。所有辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，并定期送有资质的单位进行监测。本项目拟配备 1 台辐射巡测仪，并为每个辐射工作人员配备个人剂量计，配备 1 台个人剂量报警仪。

③门机联锁：本项目 X 射线数字成像设备设置有门-机联锁装置，在防护铅门关闭后才能进行探伤作业。在探伤过程中，防护门被打开时，设备立即停止出束并断开电源。门机联锁的设置应方便防护铅房内部的人员在紧急情况下离开防护铅房。

④声光报警装置：防护铅房门口设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 X 射线数字成像设备联锁。“预备”和“照射”状态有明显区别，且在醒目的位置处设有对应的信号说明，“预备”信号持续时间足够长，以确保无人员停留在防护铅房内。防护铅房外醒目位置处拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

⑤急停装置和紧急开门按钮：在防护铅房内和操作台上易于接触的地方均设置紧急停机按钮，且相互串联，按下按钮后，高压电源立即被切断，设备停止出束。正常情况下工作人员无需进入防护铅房内摆放产品，若发生人员滞留铅房内，可触发防护铅房内急停按钮立即断开高压，系统立即停止出束。急停按钮旁设置中文标识和相关说明。防护铅房内设置紧急开门按钮（与急停按钮为同一个），确保一旦有工作人员误关在防护

铅房内时能及时开门离开。

⑥视频监控装置：防护铅房内设置有 1 套实时视频监控装置（2 个摄像头），并连接到操作台，工作人员能在操作台实时监控探伤过程设备状态，如果出现异常能迅速启动急停装置。

⑦警告标识：X 射线数字成像设备防护铅房外和探伤机房外醒目处张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。探伤机房的出入口划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

⑧固定式场所辐射探测报警装置：本项目 X 射线数字成像设备拟在探伤机房内使用，因此建设单位拟在探伤机房内配置一台固定式场所辐射剂量探测报警装置。配备 1 个探头，探头安装于防护铅房外配电柜上方，显示屏安装于操作台处。

⑨排风装置：本项目防护铅房体积约 23.75m^3 ，防护铅房西南侧顶部设有排风系统，设计风量 $180\text{m}^3/\text{h}$ ，机房每小时最小通风换气次数为 6 次/h，满足每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧及氮氧化物通过铅房顶部的排风系统排放至探伤机房，再通过探伤机房的通风系统将臭氧和氮氧化物排出室外，不会对环境造成大的影响。

⑩X- γ 辐射剂量率巡测仪：建设单位拟配备 1 台 X- γ 辐射剂量率巡测仪，拟每季度使用便携式辐射巡测仪对设备的各个面进行巡测，如有异常，将立即切断电源，停止使用该设备，应及时通知厂家对设备进行维修维护，并委托有资质的机构对维修后设备的辐射防护性能进行检测，确保辐射水平达标后方可继续使用该设备。

防护铅房辐射安全防护措施和设施示意图见图 10-2。

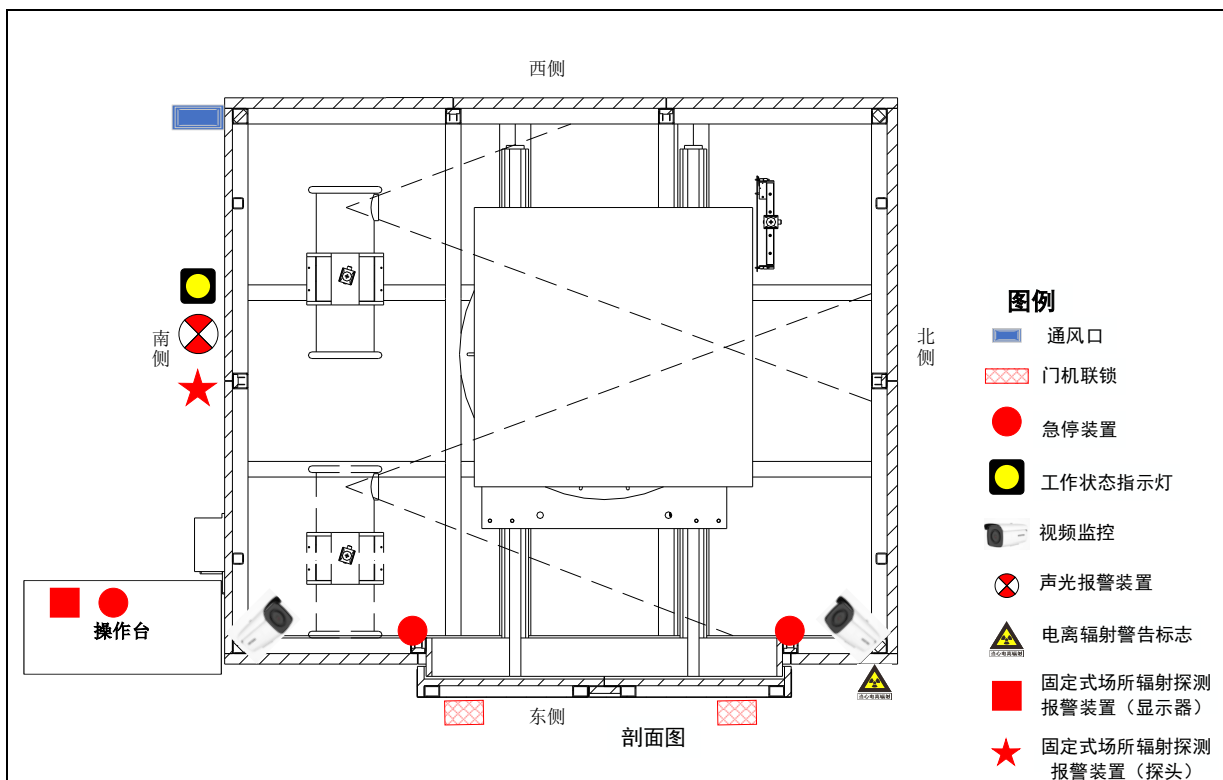


图 10-2 本项目防护铅房防护措施位置示意图

根据上文介绍，项目拟采取的辐射安全与防护措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求对比情况见表 10-3 所示。

表 10-3 本项目工作场所辐射安全与防护措施符合性分析

标准要求	项目情况	符合性
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。	本项目探伤机房内XXG-3005型X射线数字成像设备有用线束照射方向为由南向北，有用线束可能照向铅房北侧、西侧和东侧屏蔽体，不会照向南侧。操作台位于设备南侧，辐射工作人员操作位位于设备南侧，避开了有用线束照射的方向。X射线数字成像设备自带防护铅房，可保证设备运行过程中屏蔽体外剂量率满足标准要求，人员在屏蔽体外远程操作，可保障工作人员在操作设备过程中的安全。经计算四周屏蔽措施均符合要求。	符合
6.1.2应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB18871的要求。	本项目将X射线数字成像设备铅房内部划分为控制区，设备出束时，任何人员不得停留/进入控制区；在防护铅房外表面张贴电离辐射警告标志及中文说明；将探伤机房（除控制区外）划分为监督区，在探伤机房入口张贴电离辐射警告标志，设置门锁，无关人员不得进入防护铅房。	符合

<p>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。</p>	<p>本项目X射线数字成像设备设置有门-机联锁装置，在防护铅门关闭后才能进行探伤作业。在探伤过程中，防护门被打开时，设备立即停止出束并断开电源。门机联锁的设置应方便防护铅房内部的人员在紧急情况下离开防护铅房。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>防护铅房门口设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与X射线数字成像设备联锁。“预备”和“照射”状态有明显区别，且在醒目的位置处设有对应的信号说明，“预备”信号持续时间足够长，以确保无人员停留在防护铅房内。防护铅房门外醒目位置处拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>防护铅房内设置有1套实时视频监控装置（2个摄像头），并连接到操作台，工作人员能在操作台实时监控探伤过程设备状态，如果出现异常能迅速启动急停装置。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>X射线数字成像设备防护铅房外和探伤机房外醒目处张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。探伤机房的出入口划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>在防护铅房门口内墙和操作台上易于接触的地方均设置紧急停机按钮，且相互串联，按下按钮后，高压电源立即被切断，设备停止出束。本项目防护铅门口体积较小，正常情况下工作人员无需进入防护铅房内摆放产品，检修过程若发生人员意外滞留铅房内，可触发防护门内侧急停按钮立即断开高压，系统立即停止出束。急停按钮旁设置中文标识和相关说明。防护铅房内防护门处设置紧急开门按钮，确保一旦有工作人员误关在防护铅房内能及时开门离开。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>本项目防护铅房体积约23.75m³，防护铅房南侧顶部设有排风系统，设计风量180m³/h，机房每小时最小通风换气次数为6次/h，满足每小时有效通风换气次数不小于3次的要求。臭氧及氮氧化物通过铅房顶部的排风系统排放至探伤机房，再通过探伤机房的通风系统将臭氧和氮氧化物排出室外，不会对环境造成大的影响。</p>	<p>符合</p>
<p>6.1.11探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。</p>	<p>本项目X射线数字成像设备拟在探伤机房内使用，因此建设单位拟在探伤机房内配置一台固定式场所辐射剂量探测报警装置。配备1个探头，探头安装于防护铅房外配电柜上方，显示屏安装于操作台处。</p>	<p>符合</p>

<p>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。</p>	<p>工作人员进行探伤工作时，佩戴个人剂量报警仪，随时监测工作场所辐射剂量率变化情况。所有辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，并定期送有资质的单位进行监测。本项目拟配备1台辐射巡测仪，并为辐射工作人员配备个人剂量计，并配备1台个人剂量报警仪。如有异常，将立即切断电源，停止工作。应及时通知厂家对该设备进行维修维护，并委托有资质的机构对维修后设备的辐射防护性能进行检测，确保辐射水平达标后方可继续使用该设备；或委托有资质的机构对机房的实体屏蔽物进行检修维护，确保辐射水平达标后方可继续开展工作。</p>	<p>符合</p>
--	--	-----------

10.1.4 设备的检查和维护

(1) 工作前检查项目应包括：

- ①X 射线数字成像设备外观是否完好；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；
- ③安全联锁是否正常工作；
- ④报警设备和警示灯是否正常运行；
- ⑤螺栓等连接件是否连接良好；
- ⑥X 射线数字成像设备外安装的固定辐射检测仪是否正常。

(2) 建设单位的定期检查：

- ①电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；
- ②所有的联锁和紧急停机开关的检查；
- ③探伤机房内安装的固定辐射检测仪的检查；
- ④制造商推荐的其他常规检测项目。

(3) 设备维护应符合下列要求：

- ①建设单位应对本项目 X 射线数字成像设备的设备维护负责，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；

- ②设备维护包括 X 射线数字成像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。

10.2 三废的治理

本项目运行过程中无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生。

根据 X 射线的工作原理，本项目 X 射线数字成像设备在工作时产生 X 射线，造成

探伤机房内空气电离，产生一定量的臭氧和氮氧化物。

本项目防护铅房内设置机械通风装置，设计风量 $180\text{m}^3/\text{h}$ ，防护铅房体积约为 23.75m^3 ，每小时最小通风换气次数为 6 次/h。排气口位于防护铅房西南侧顶部，不朝向人员活动密集区。臭氧及氮氧化物通过铅房顶部的排风系统排放至探伤机房，再通过探伤机房的通风系统将臭氧和氮氧化物排出室外，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。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

建设单位拟将车间东北侧原闲置用房划为探伤机房，不涉及土建施工和防护装修。拟新购并安装使用 1 台 XXG-3005 型 X 射线数字成像设备，设备为整体外购，自带防护铅房，因此无土建施工期影响。

11.1.2 设备安装调试期环境影响分析

设备的调试应请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屏蔽体屏蔽到位，在设备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 X 射线数字成像设备为整体外购，自带防护铅房，设备安装完成包括屏蔽体及安全防护措施的完备，在调试过程中设备参数一般低于正常运行的最大工况，经屏蔽防护后对周围环境的辐射影响将能够满足标准要求。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。

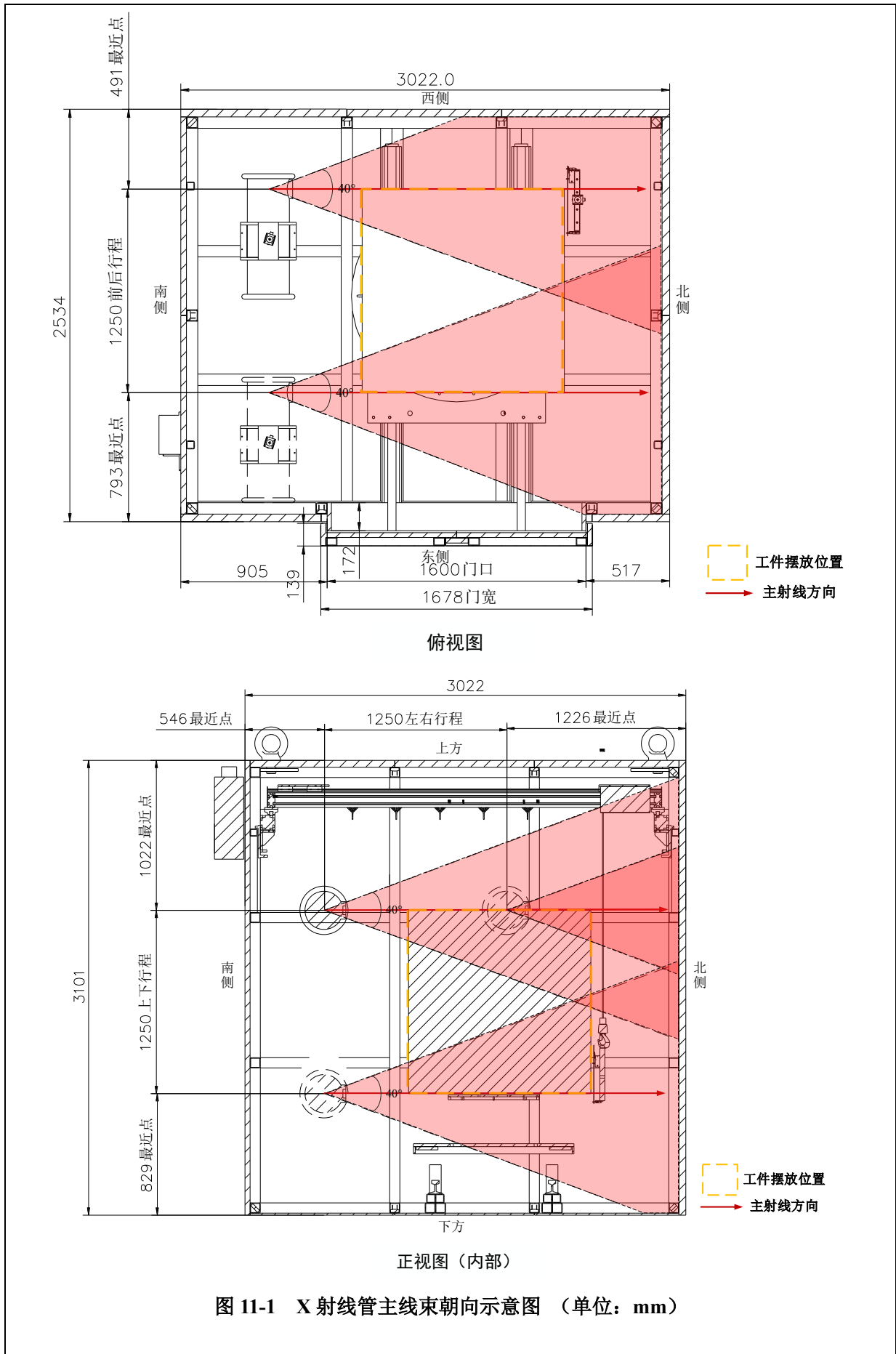
11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 工作场所周围环境辐射影响分析

本项目新建 1 间探伤机房，并在探伤机房新增 1 台 XXG-3005 型 X 射线数字成像设备，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA；探伤机房内 X 射线数字成像设备主射方向定向向北。

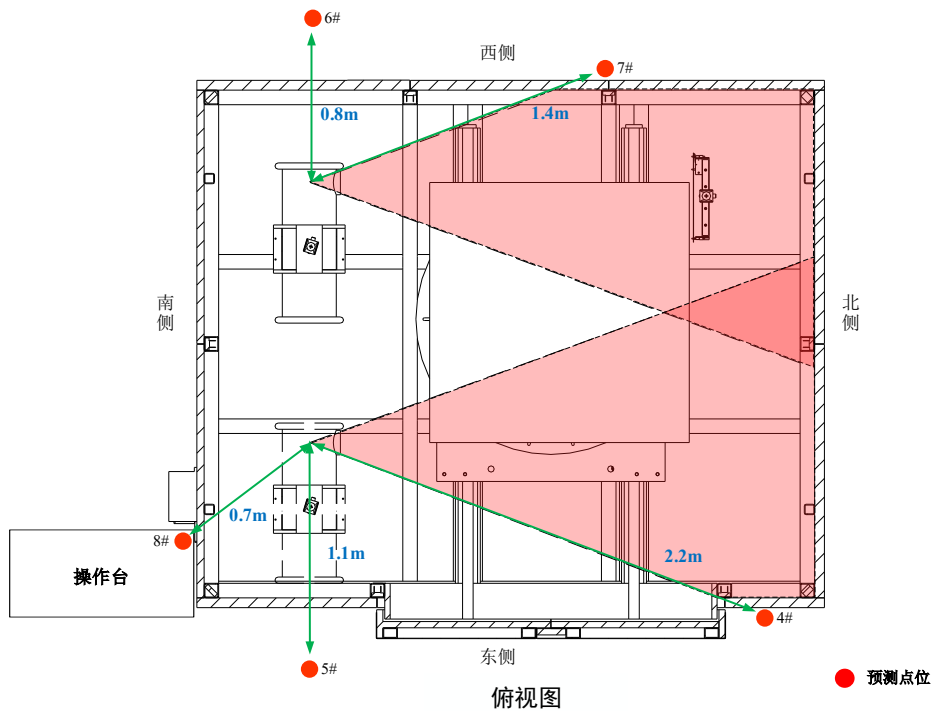
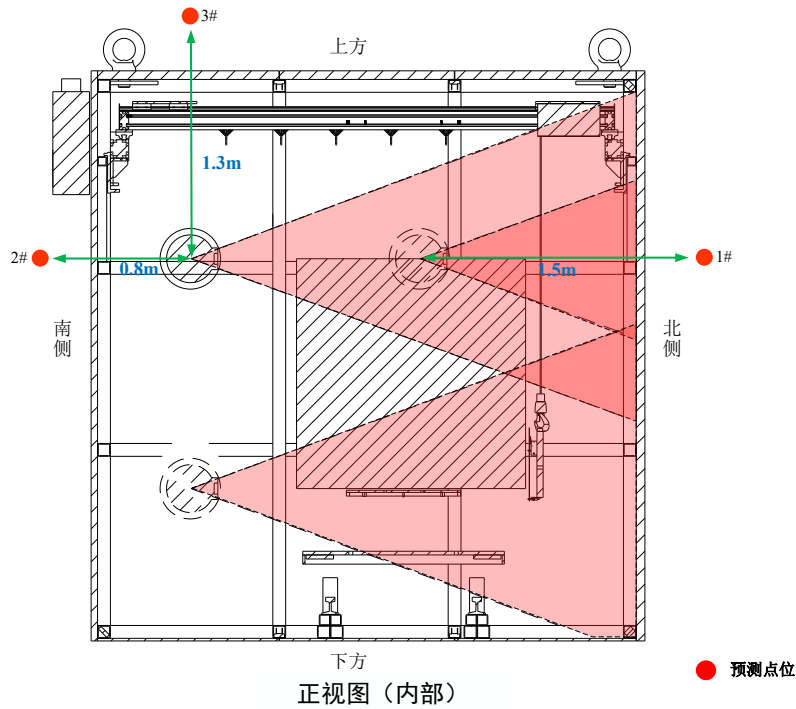
(1) 关注点选取

根据建设单位的提供的资料，为满足检测要求，本项目 X 射线数字成像设备在防护铅房内可随轨道上下移动 1250mm 进行移动扫描，同时射线装置还可以根据检测需求在水平方向前后、左右移动 1250mm，具体情况见图 11-1。射线装置出束张角为 40°，本项目按出束张角 40° 进行预测，根据图 11-1 验证，运行过程中有用线束会照向铅房东、西、北侧屏蔽体。本项目的关注点（预测点）分布如图 11-2 所示。



因此，防护铅房北侧为主射面。X射线管在水平方向和垂直方向移动的极限位置如图11-1所示。

本项目设备自带铅房，铅房六面及防护门设有防护屏蔽，且本项目将X射线数字成像设备防护铅房内部划为监督区，监督区内无关人员不得进入，铅房下方为土层无需设置关注点，因此本项目关注点位设置在设备周围30cm处、监督区边界及操作台，关注点情况列于表11-1，本项目的关注点分布如图11-2所示。



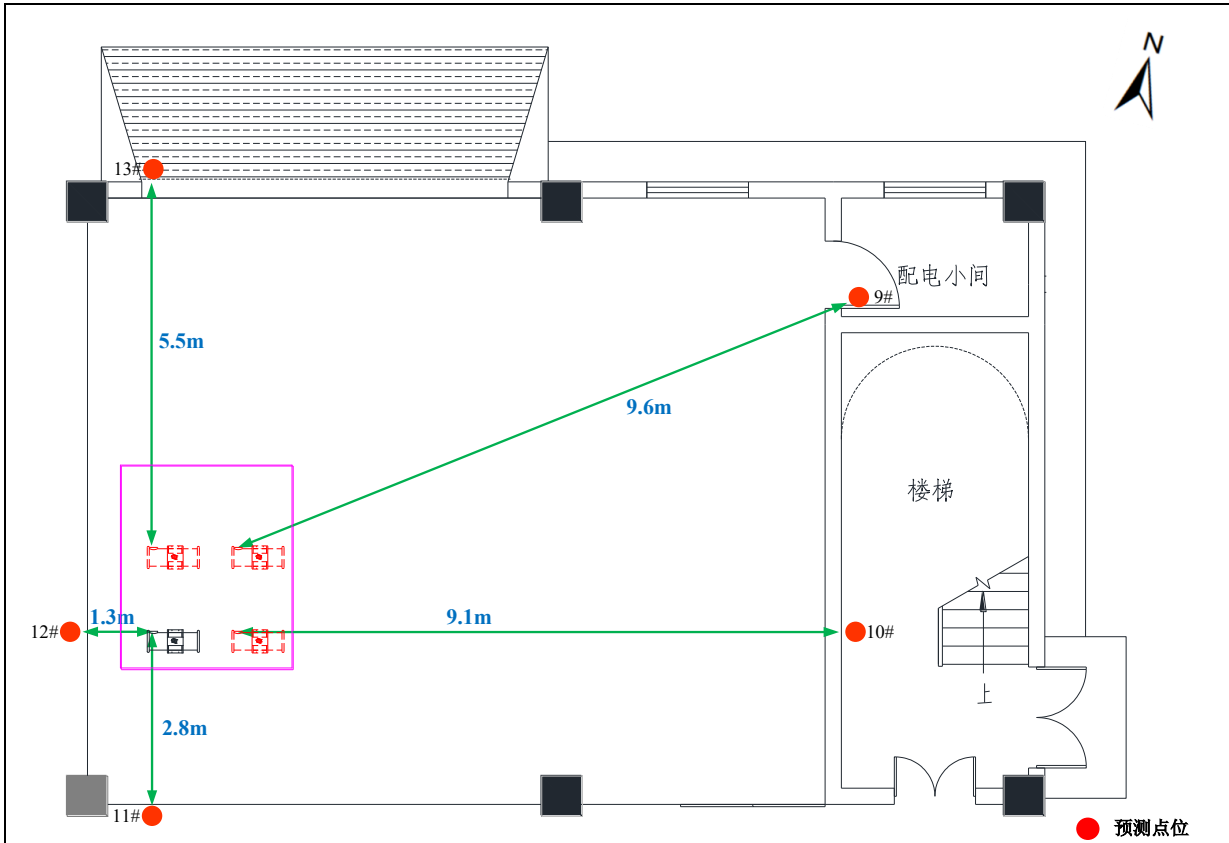


图11-2 本项目关注点分布示意图

表11-1 关注点情况一览表

场所及关注点	位置描述	距辐射源点最近距离 (m)	辐射类型	
X 射线数字成像设备	1#	北侧外表面 30cm 处	1.5	主射束
	2#	南侧外表面 30cm 处	0.8	泄漏
				散射
	3#	上方外表面 30cm 处	1.3	泄漏
				散射
	4#	东北侧外表面处	2.2	主射束
	5#	东侧外表面 30cm 处	1.1	泄漏
				散射
6#	西侧外表面 30cm 处	0.8	泄漏	
			散射	
7#	西北侧外表面处	1.4	主射束	
8#	操作台处	0.7	泄漏	
			散射	
探伤机房	9#	探伤机房东北侧配电小间	9.6	泄漏
			9.6	散射
	10#	探伤机房东侧楼梯	9.1	泄漏
11#	探伤机房南侧清粉区	2.8	2.8	泄漏

				散射
	12#	探伤机房西侧叉车停放区	1.3	泄漏
				散射
	13#	探伤机房北侧厂区道路	5.5	主射束

*注：①防护铅房东侧墙体和防护门的防护均为 30.3mmPb，因此东侧设置一个关注点位。
 ②设备带有滑轨，可在东西、南北、上下方向进行移动扫描；因此 1#、2#、11#、13#关注点取设备运动到最北侧/南侧时防护铅房外表面 30cm；3#关注点取设备运动到最上方时防护铅房外表面 30cm；5#、6#、9#、10#、12#关注点取设备运动到最东侧/西侧时防护铅房北侧外表面 30cm 处。

防护铅房周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）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 ($\dot{H}_{c,d}$) :

①人员在关注点的周剂量参考控制水平 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 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按式 (11-1) 计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{式 (11-1)}$$

式中：

H_c ——周剂量参考控制水平，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 ($\text{h}/\text{周}$)。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max} = 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

c) 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 为上述 a) 中的 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c,\max}$ 二者的较小值。

根据建设单位提供的资料，本项目设备主要进行产品无损检测工作，辐射工作人员年工作 300 天，本项目设备日曝光工作时间最长为 2.5h，设备总出束时间 $t=15\text{h}/\text{周}$ 。

居留因子选取参考表 11-2。

表 11-2 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	控制台、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

注：取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 A.1。

防护铅房周边关注点剂量率参考控制水平计算结果见表 11-3。

表 11-3 本项目关注点剂量率参考控制水平取值

方位	关注点	T	U	H_c μSv/周	$H_{c, max}$ μSv/h	$H_{c, d}$ μSv/h	H_c μSv/h
防护铅房北侧外表面 30cm 处	1#	1	1	100	2.5	6.67	2.5
防护铅房南侧外表面 30cm 处	2#	1	1	100	2.5	6.67	2.5
防护铅房上方外表面 30cm 处	3#	1	1	100	2.5	6.67	2.5
防护铅房东北侧外表面处	4#	1	1	100	2.5	6.67	2.5
防护铅房东侧外表面 30cm 处	5#	1	1	100	2.5	6.67	2.5
防护铅房西侧外表面 30cm 处	6#	1	1	100	2.5	6.67	2.5
防护铅房西北侧外表面处	7#	1	1	100	2.5	6.67	2.5
操作台处	8#	1	1	100	2.5	6.67	2.5
探伤机房东北侧配电小间	9#	1/16	1	5	2.5	5.33	2.5
探伤机房东侧楼梯	10#	1/16	1	5	2.5	5.33	2.5
探伤机房南侧清粉区	11#	1	1	5	2.5	0.33	0.33
探伤机房西侧叉车停放区	12#	1/16	1	5	2.5	5.33	2.5
探伤机房北侧厂区道路	13#	1/16	1	5	2.5	5.33	2.5

注：①铅房底部为人员无法到达位置，因此不在铅房底部设置关注点位。

(2) 公式及参数选取

①有用线束的屏蔽估算方法如下：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 H（μSv/h）按公式（11-1）计算：

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

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 mA；本项目探伤机最大管电流为 5mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6.0×10^4 （ $1\text{Gy} = 1\text{Sv}$ ），见附录表 B.1；本项目 X 射线数字成像检测设备管电压为 300kV，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1，当管电压为 300kV、过滤条件：3mm 铝，输出量 $H_0 = 20.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $1.254 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 进行计算；

B ——屏蔽透射因子；本项目设备最大管电压 300kV 状态下屏蔽透射因子由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）图 B.1 取得；当管电压为 300kV，铅板厚度约 25.8mmPb 时，X 射线穿过铅的透射因子为 1.0E-06；铅厚度约 4.5mmPb 时，X 射线穿过铅的透射因子为 1.5E-02；则铅板厚度约 30.3mmPb 时 X 射线穿过铅的透射因子为 $1.0E-06 \times 1.5E-02 = 1.5E-08$ ；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为 m。

② 泄漏辐射屏蔽的估算方法如下：

a) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相应关系：

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

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

式中：

X ——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL ——见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.2。

当管电压为 300kV 时，X 射线在铅中的什值层厚度为 5.7mm。

b) 泄漏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）“4 探伤室辐射屏蔽估算方法”，按式(11-3)计算泄漏辐射在关注点的剂量率 H ，单位为微希每小时($\mu\text{Sv/h}$)：

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

式中：

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 表 B.2，当管电压为 300kV 时，X 射线束在铅中的什值层厚度 TVL 为 5.7mm，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按照式（11-2）计算；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

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 $\mu\text{Sv/h}$ 。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，本项目 X 射线管电压为 300kV 时，X 射线数字成像设备泄漏辐射剂量率取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

③ 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）“4 探伤室辐射屏蔽估算方法”，关注点的散射辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式（11-4）计算：

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

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）；本项目为 5mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6.0×10^4 ；本项目 X 射线数字成像检测设备管电压为 300kV，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1 取得，当管电压为 300kV、过滤条件：3mm 铝，输出量 $H_0 = 20.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $1.254 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 进行计算；

B ——屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，300kV 据表查得 90° 散射辐射为 200kV，再根据附录 B 表 B.2 查得：200kV 的 X 射线 TVL 铅=1.4mm，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按照式（11-2）计算；

F —— R_0 处的辐射野面积，为平方米（ m^2 ）；

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

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤产品的距离，单位为米（m）；

R_S ——散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

（3）屏蔽计算

根据公式（11-1）计算防护铅房北侧（主射方向）外表面 30cm 处主射线辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-4。

表 11-4 有用线束辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	I mA	R m	B	\dot{H} $\mu\text{Sv/h}$
1#北侧外表面 30cm 处	1.25E+06	5	1.5	1.50E-08	4.18E-02
4#东北侧外表面处	1.25E+06	5	2.2	1.50E-08	1.94E-02
7#西北侧外表面处	1.25E+06	5	1.4	1.50E-08	4.80E-02
13#探伤机房北侧外表面 30cm 处	1.25E+06	5	5.5	1.50E-08	3.11E-03

根据公式（11-2）、（11-3）计算防护铅房四周泄漏辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-5。

表 11-5 泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	H_L $\mu\text{Sv/h}$	R m	X mm	TVL mm	B	\dot{H} $\mu\text{Sv/h}$

2#南侧外表面 30cm 处	5.00E+03	0.8	28.3	5.7	1.08E-05	8.47E-02
3#上方外表面 30cm 处	5.00E+03	1.3	30.3	5.7	4.83E-06	1.43E-02
5#东侧外表面 30cm 处	5.00E+03	1.1	30.3	5.7	4.83E-06	2.00E-02
6#西侧外表面 30cm 处	5.00E+03	0.8	30.3	5.7	4.83E-06	3.78E-02
8#操作台边界	5.00E+03	0.7	28.3	5.7	1.08E-05	1.11E-01
9#配电小间	5.00E+03	9.6	30.3	5.7	4.83E-06	2.62E-04
10#楼梯	5.00E+03	9.1	30.3	5.7	4.83E-06	2.92E-04
11#探伤机房南侧外表面 30cm 处	5.00E+03	2.8	28.3	5.7	1.08E-05	6.91E-03
12#探伤机房西侧外表面 30cm 处	5.00E+03	1.3	30.3	5.7	4.83E-06	1.43E-02

根据公式 (11-3)、(11-4) 计算防护铅房四周散射辐射剂量率水平, 相关计算参数及计算结果见表 11-6。

表 11-6 散射辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	I mA	R_s m	TVL mm	B	$F\cdot\alpha/R_0^2$	\dot{H} $\mu\text{Sv/h}$
2#南侧外表面 30cm 处	1.25E+06	5	0.8	1.4	6.11E-21	1.98E-02	1.18E-15
3#上方外表面 30cm 处	1.25E+06	5	1.3	1.4	2.28E-22	1.98E-02	1.67E-17
5#东侧外表面 30cm 处	1.25E+06	5	1.1	1.4	2.28E-22	1.98E-02	2.34E-17
6#西侧外表面 30cm 处	1.25E+06	5	0.8	1.4	2.28E-22	1.98E-02	4.41E-17
8#操作台边界	1.25E+06	5	0.7	1.4	6.11E-21	1.98E-02	1.55E-15
9#配电小间	1.25E+06	5	9.6	1.4	2.28E-22	1.98E-02	3.07E-19
10#楼梯	1.25E+06	5	9.1	1.4	2.28E-22	1.98E-02	3.41E-19
11#探伤机房南侧外表面 30cm 处	1.25E+06	5	2.8	1.4	6.11E-21	1.98E-02	9.67E-17
12#探伤机房西侧外表面 30cm 处	1.25E+06	5	1.3	1.4	2.28E-22	1.98E-02	1.67E-17

注: 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.3, 管电压 300kV, 90° 散射角的 α_w 为 1.9E-03, $\alpha=1.9E-03\times 10000/400=0.0475$; F —— R_0 处的辐射野面积取最大值为 $F=\pi\times(R_0\times\tan(20^\circ))^2$; 求得 $F\cdot\alpha/R_0^2=\pi\times(R_0\times\tan(20^\circ))^2\times 0.0475/R_0^2=1.98E-02$ 。

有用线束照射区域不考虑泄漏和散射辐射, 防护铅房四周散射辐射剂量率水平与泄漏辐射剂量率水平叠加后, 相关计算结果见表 11-7。

表 11-7 防护铅房四周辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	主射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	合计 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足
1#北侧外表面 30cm 处	4.18E-02	/	/	4.18E-02	2.5	满足
2#南侧外表面 30cm 处	/	8.47E-02	1.18E-15	8.47E-02	2.5	满足
3#上方外表面 30cm 处	/	1.43E-02	1.67E-17	1.43E-02	2.5	满足
4#东北侧外表面处	1.94E-02	/	/	1.94E-02	2.5	满足
5#东侧外表面 30cm 处	/	2.00E-02	2.34E-17	2.00E-02	2.5	满足
6#西侧外表面 30cm 处	/	3.78E-02	4.41E-17	3.78E-02	2.5	满足

7#西北侧外表面处	4.80E-02	/	/	4.80E-02	2.5	满足
8#操作台边界	/	1.11E-01	1.55E-15	1.11E-01	2.5	满足
9#配电小间	/	2.62E-04	3.07E-19	2.62E-04	2.5	满足
10#楼梯	/	2.92E-04	3.41E-19	2.92E-04	2.5	满足
11#探伤机房南侧外表面 30cm 处	/	6.91E-03	9.67E-17	6.91E-03	0.33	满足
12#探伤机房西侧外表面 30cm 处	/	1.43E-02	1.67E-17	1.43E-02	2.5	满足
13#探伤机房北侧外表面 30cm 处	3.11E-03	/	/	3.11E-03	2.5	满足

由表 11-7 可知，本项目 X 射线数字成像设备正常工作下，设备外表面 30cm 处的辐射剂量率最大为 0.111 μ Sv/h（操作台处）。根据表 11-2 计算的参考控制水平要求，本项目满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中相应的剂量率参考控制水平要求。

本项目 X 射线数字成像设备有用线束朝北，电缆孔及排风口均有效避开了 X 射线数字成像设备有用线束的方向，且出口处均设置与同侧屏蔽体防护当量相当的铅板防护罩，因此，电缆孔和排风口的布置方式不会破坏防护铅房的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

（3）人员辐射年有效剂量估算

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 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \quad (11-5)$$

式中：

H_1 —辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；

H_0 —预测关注点剂量率， μ Sv/h；

T —居留因子；

t —年照射时间，h。

根据建设单位提供信息，本项目拟配备辐射工作人员 3 人，辐射工作人员为新增，不兼任其他辐射岗位，实行单班制，每班工作 8 小时，年工作约 300 天。探伤机房每天最多检测 10 个产品，单个产品检测一次约 20min，其中曝光出束时间最大为 15min。则探伤机房出束时间最大为 150min/天，15h/周，750h/年。

根据上面计算的各个关注点辐射剂量率、工作时间及居留因子计算了工作人员和公众的年剂量，具体见表 11-8。

表 11-8 探伤机房设备运行时周围工作人员和公众的年剂量估算值

保护目标	对应关注点	参考关注点剂量率 μSv/h	居留因子	受照时间 h/a	关注点到源点距离, 公众到防护铅房距离(m)	设备距离公众的距离(m)	年剂量估算值 mSv	人员剂量约束值
辐射工作人员	8#	1.11E-01	1	250	/	/	2.77E-02	职业 5mSv/a
配电小间	9#	2.62E-04	1/16	750	/	/	1.23E-05	公众 0.25mSv/a
楼梯	10#	2.92E-04	1/16	750	/	/	1.37E-05	
热处理区	2#	8.47E-02	1	750	0.8, 12.6	13.1	2.37E-04	
线切割区	2#	8.47E-02	1	750	0.8, 12.3	12.8	2.48E-05	
清粉区	11#	6.91E-03	1	750	/	/	5.19E-03	
留转区	2#	8.47E-02	1	750	0.8, 22.4	22.9	7.75E-05	
粉末处理	2#	8.47E-02	1	750	0.8, 22.6	23.1	7.62E-05	
3D 打印区	6#	3.78E-02	1	750	0.8, 8	8.5	2.51E-04	
叉车停放区	12#	1.43E-02	1/16	750	/	/	6.70E-04	
杭州纳智电机有限公司仓库	3#	1.43E-02	1/4	750	1.3, 5.4	6.4	2.77E-05	
厂区道路	13#	3.11E-03	1/16	750	/	/	1.46E+04	
戴村镇应急管理站	2#	8.47E-02	1	750	0.8, 39	39.5	2.61E-05	
杭州鄂达精密机电科技有限公司	6#	3.78E-02	1	750	0.8, 49	49.5	7.40E-06	
杭州金久交通设施有限公司	1#	4.18E-02	1	750	1.5, 19	20	1.76E-04	

①保守不考虑车间墙体的屏蔽衰减。

②公众的年剂量估算值考虑距离的衰减；以热处理区公众为例：热处理区距铅房距离为 12.6m，则设备距离热处理区的距离为 $12.6 + (0.8-0.3) = 13.1\text{m}$ ，则热处理区公众的年剂量估算值为 $(0.8)^2 \times 8.47\text{E-}02 \div (13.1)^2 \times 750 \times 1/2 \div 1000 = 2.37\text{E-}04\text{mSv}$ ；其余公众的年剂量估算值计算方式同上。

因此由表 11-8 可知，工作人员最大年剂量为 2.76E-02mSv，公众最大年剂量为 5.19E-03。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值的要求和本次评价剂量约束值（工作人员 5mSv/a，公众 0.25mSv/a）要求。

11.2.2 其它污染物对环境的影响分析

根据 X 射线的工作原理，本项目 X 射线数字成像设备在工作时产生 X 射线，造成探伤机房内空气电离，产生一定量的臭氧和氮氧化物。

本项目防护铅房内设置机械通风装置，设计风量 180m³/h，防护铅房体积约为 23.75m³，机房每小时最小通风换气次数为 6 次/h。排气口位于防护铅房西南侧顶部，不朝向人员活动密集区。臭氧及氮氧化物通过铅房顶部的排风系统排放至探伤机房，再通过探伤机房的通风系统将臭氧和氮氧化物排出室外，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。

满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对探伤设施的退役的相关要求“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”。

11.3 事故影响分析

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》（环发[2006]145 号）的规定，发生辐射事故时，使用射线装置的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。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。

11.3.1 本项目可能发生的辐射事故

根据建设单位 X 射线数字成像设备的使用特点，在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射：

（1）辐射工作人员滞留 X 射线数字成像设备防护铅房内时，外面人员启动检测系统进行探伤，造成工作人员被误照，引发辐射事故。

（2）安全联锁装置发生故障，X 射线数字成像设备的防护门未关闭时，外面人员启动 X 射线数字成像设备进行检测，造成有关人员被误照，引发辐射事故。

（3）安全联锁装置发生故障，无关人员打开 X 射线数字成像设备的防护门，造成人员被照射，引发辐射事故。

11.3.2 辐射事故防范措施

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和应急预案防范措施：

（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，建立完善的《X 射线数字成像设备操作规程》等制度；

（2）每月检查 X 射线数字成像设备的门机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施，确保在防护铅门关闭后，设备才能进行照射；

（3）每月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；

(4) 辐射工作人员在进入监督区时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪。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退出监督区，同时防止其他人进入监督区，并立即向辐射防护负责人报告；

(5) 应定期测量 X 射线数字成像设备周围区域的剂量率水平，包括操作台位置和周围毗邻区域人员居留处；

(6) 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；

(7) 辐射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；

(8) 在每一次照射前，辐射工作人员都应确认 X 射线数字成像设备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；

(9) 建设单位制定了《辐射安全事故应急预案》，包括总则、组织体系、应急救援队的职责、放射性事故应急处理的责任划分、应急响应、善后处理、应急保障、宣传教育、培训和演练等；

(10) 建设单位已制定了各项辐射安全管理制度及应急预案。辐射工作场所日常工作中严格按照各种制度执行，防止辐射事故的发生；

(11) 定期开展应急演练，提高应急响应意识，发生应急事故时，熟练应对。

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》第十六条第一款的要求，使用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。

此次为建设单位首次开展核技术利用项目，建设单位应按照《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》等有关法律法规，成立辐射安全与防护管理领导小组。管理领导小组职责应包括以下内容：

- (一) 组织制定并落实辐射安全防护管理制度；
- (二) 定期组织对放射工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查；
- (三) 组织本机构辐射工作人员接受专业技术，辐射防护知识及有关规定的培训和健康检查；
- (四) 制定放射事故应急预案并组织演练；
- (五) 记录本机构发生的放射事故并及时报告生态环境主管部门。

在日常管理过程中，若辐射安全与防护管理领导小组成员发生变动，建设单位应及时更新、调整管理机构的人员组成。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 个人剂量检测

本项目拟新增配备辐射工作人员 3 人，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。个人剂量计每三个月送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应当终生保存。

(2) 辐射安全与防护培训考核

建设单位拟组织新增的 3 名辐射工作人员，通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加“X 射线探伤”类别辐射安全与防护培训和考核，在取得考核成绩合格报告单后方可从事辐射工作。考核成绩单有效期为 5 年，届时应及时参加再培训和考核。

(3) 职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

建设单位拟组织 3 名新增辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并建立个人职业健康档案。

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应进行档案管理并终生保存。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

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评估报告。

12.2 辐射安全管理规章制度

本项目为新建项目，杭州航立增材制造科技有限公司拟按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定为本项目制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射安全和防护管理制度、设备维修检修制度、人员培训计划、监测方案等，并在以后的实际工作中对各种管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。现对其提出相应的制定要点建议：

(1) 操作规程：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，包括 X 射线数字成像设备的开机前检查、设定参数与安全确认和探伤过程的全流程辐射安全控制，其中重点是工作前的安全检查工作，辐射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。

(2) 岗位职责：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。

(3) 辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对 X 射线数字成像设备的安全防护和维修要落实到个人。

(4) 设备检修维护制度：明确 X 射线数字成像设备各项安全连锁装置及设施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 X 射线数字成像设备的辐射安全设施有效地运转。明确定期对 X 射线数字成像设备和辐射监测设备进行检查、维护，包括日检查、月检查和半年检查，并建立维修维护记录制度，对运行及维修维护期间进行日志记录；发现问题应及时维修，确保 X 射线数字成像设备、安全设施、辐射监测仪器等仪器设备保持良好工作状态。重点是辐射安全连锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

参考生态环境部(国家核安全局)《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(2020 年修订)的相关要求，如下表 12-1 进行对照分析。

表 12-1 管理制度汇总对照分析表

序号	项目	规定的制度	制定情况
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	需制定
2		辐射安全防护管理规定	需制定
3		安全防护设施维护与维修制度	需制定
4		放射源与射线装置台账管理制度	需制定
5	场所	场所分区管理规定	需制定
6		X 射线数字成像设备操作规程	需制定
7	监测	场所及环境监测监测方案	需制定
8		监测仪表使用与校验管理制度	需制定
9	人员	辐射工作人员培训/再培训制度	需制定
10		辐射工作人员个人剂量管理制度	需制定
11		辐射工作人员岗位职责	需制定
12	应急	辐射事故/事件应急预案	需制定

项目运行后，建设单位所有相关制度应以正式文件形式制定，并将各项管理制度、操作规程等悬挂于辐射工作场所。建设单位对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

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，项目单位需建立辐射剂量监测制度，包括环境监测、工作场所监测和个人剂量监测。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应至少配置 1 台个人剂量报警仪和 1 套固定式场所辐射探测报警装置。本项目每名辐射工作人员应配置 1 枚个人剂量计，并建立个人剂量档案。

表 12-2 监测仪器和防护设备情况表

工作场所	监测仪器	配置情况说明	备注
探伤机房	便携式 X-γ 射线巡测仪	配置 1 台	新增
	固定式场所辐射探测报警装置	配置 1 套（1 个显示屏，1 个剂量探头）	新增
	个人剂量计	每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计	新增
	个人剂量报警仪	配置 1 台	新增
注：自行监测使用的便携式 X-γ 射线巡测仪按要求定期送有资质的检定机构进行检定或校准，确保监测数据准确有效；个人剂量计监测周期不超过 3 个月，并建立终身保存的个人剂量档案。个人剂量报警仪报警阈值建议设定为 2.5μSv/h			

12.3.1 辐射工作人员个人剂量监测

建设单位拟为新增的辐射工作人员配置个人剂量计。个人剂量计监测周期不应超过三个月，并建立个人剂量档案，终生保存。

12.3.2 工作场所监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的监测机构进行监测。

建设单位拟配置 1 台 X-γ 辐射剂量率巡测仪，每季度对 X 射线数字成像设备外表面 30cm 处周围辐射环境进行一次自行监测。

建设单位须定期（每年一次）请有资质的单位对 X 射线数字成像设备外表面 30cm 处周围环境进行辐射环境监测，建立监测技术档案，年度监测报告应作为《辐射安全与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。

建设单位制定了辐射监测计划，并将每次监测结果记录存档备查。

表 12-3 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测范围	监测依据	监测类型
年度监测	探伤机房	周围剂量当量率	1次/年	X射线数字成像设备防护铅房外表面30cm处、人员操作位、评价范围内其它人员常停留区域	(HJ1157-2021)、 (HJ61-2021)、 (GBZ117-2022)	委托监测
自行监测	探伤机房	周围剂量当量率	1次/季度			自行监测
验收监测	探伤机房	周围剂量当量率	项目建成后3个月内			委托监测

建设单位应严格执行辐射监测计划，做好辐射工作场所的监测，确保监测记录清晰、准确、完整，并纳入档案进行保存，同时要保留好监测记录台账资料。

12.3.3 现有核技术利用项目辐射监测

建设单位应每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，监测结果均满足标准要求。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 辐射事故应急预案的要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

(1) 应急机构和职责分工：

成立辐射事故应急领导小组，由公司主要负责人担任组长，辐射防护负责人担任副组长，成员包括操作班组、维修组、后勤保障等相关人员，并对其职责分工。

(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：

应急领导小组全体成员为固定应急人员，名单上墙公示，确保通讯畅通；每年至少组织一次辐射事故应急培训，重点学习门-机联锁失效、人员误入等典型事故情景的处置流程；准备好监测装备、救助装备、个人防护用品等，并提供一定的资金保障。

(3) 辐射事故分级与应急响应措施：

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》将辐射事故分等级。结合工业 X 射线探伤（Ⅱ类射线装置）工作实际，重点针对典型事故情景制定响应措施。

(4) 辐射事故的调查、报告和处理程序

12.4.2 应急人员的培训演习计划

为使事故发生时能有效应对，建设单位须每两年至少进行一次应急人员的演习培训。此外建设单位应制定计划定期安排应急物资储备、辐射应急培训和辐射应急演练。发生辐射事故时，建设单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，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》，向当地生态环境主管和公安部门报告。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。

12.5 竣工环保验收

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。项目建成具备试运行条件后三个月内办理竣工环保验收手续，验收合格后方投入使用。

12.6 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用射线装置的单位应具备相应的条件，对其从事辐射活动能力的评价详见表 12-4。

表 12-4 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）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；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	拟设置辐射安全与环境保护管理领导小组，并配备符合要求的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。本项目为使用II类射线装置，不涉及辐射安全关键岗位。
（二）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。	建设单位拟组织 3 名新增辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核，并考核合格。
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。
（四）放射性同位素与射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	建设单位拟制定相应的操作规程，拟按要求张贴电离辐射警告标志；设备设置有门机联锁、急停装置、视频监控系统等防护措施。
（五）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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	建设单位拟为新增3名辐射工作人员配置个人剂量计，拟增配1台个人剂量报警仪、1套固定式场所辐射探测报警装置和1台X-γ辐射剂量率巡测仪。
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	拟制订相应制度并及时修订和完善。
（七）有完善的辐射事故应急措施。	拟制定《辐射事故应急预案》
（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不涉及放射性废气、废液和固体废物。

综上所述，杭州航立增材制造科技有限公司在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

杭州航立增材制造科技有限公司在浙江省杭州市萧山区戴村镇陆家路 28 号 2 幢一楼，拟将车间东北侧原闲置用房划为探伤机房（长 11m，宽 9m，高 8m），并在探伤机房内新购并安装使用 1 台 XXG-3005 型 X 射线数字成像设备，用于零部件产品的无损探伤，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，设备自带铅房，属 II 类射线装置。

13.1.2 产业政策分析结论

本项目为核技术利用项目，拟使用 1 台 X 射线数字成像设备；根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不在限制类和淘汰类目录范围内，属于国家允许类产业，符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性分析结论

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属或其他材料内部可能产生的缺陷，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，本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的；且使用过程中采取满足国家标准要求的辐射安全防护措施，同时加强辐射安全管理，对周围环境和人员的影响满足标准要求。因此，该项目使用 X 射线数字成像设备的目的是正当可行的，并且该项目有较好的经济效益和社会效益，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。

13.1.4 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 X 射线数字成像设备采用自带的防护铅房进行实体屏蔽，铅房采用铅+钢屏蔽。防护铅房设计有电离辐射警告标志、门机联锁、急停装置、声光报警装置、工作状态指示灯、在线式辐射检测仪和视频监控等安全措施；并设置机械通风装置，每小时有效通风换气次数不小于 3 次；建设单位按要求配置必要的便携式 X- γ 射线巡测仪、个人剂量报警仪和固定式场所辐射探测报警装置，为辐射工作人员配备个人剂量计。建设单位在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

(2) 辐射安全管理结论

建设单位拟成立辐射安全与环境保护管理领导小组、明确相关职责，并将加强监督管理。建设单位拟制定包括《辐射事故应急预案》在内的一系列管理制度，并适时进行修订、完善。建设单位应根据本单位核技术应用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中严格落实执行；建设单位拟组织新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加“X 射线探伤”的培训考核并取得成绩单，经考核合格后方可上岗。

13.1.5 环境影响分析结论

(1) 辐射影响分析结论

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。本项目设备的固有安全特性、探伤机房的各项安全措施均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。根据理论计算分析，本项目探伤机房各种工况运行条件下，防护铅房四周关注点的辐射剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中相关要求。

本项目辐射工作人员及公众最大年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“剂量限值”和本项目提出的年剂量约束值（工作人员 5mSv，公众 0.25mSv）的要求。

(2) 废气

根据 X 射线的工作原理，本项目 X 射线数字成像设备在工作时产生 X 射线，造成探伤机房内空气电离，产生一定量的臭氧和氮氧化物。

本项目防护铅房内设置机械通风装置，设计风量 180m³/h，防护铅房体积约为 23.75m³，机房每小时最小通风换气次数为 6 次/h。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

13.1.6 可行性分析结论

综上所述，杭州航立增材制造科技有限公司新增 1 台 X 射线数字成像设备项目符合国家产业政策要求，具有实践正当性，选址合理，在落实本评价报告所提出的各项污染防治和辐射安全管理措施后，该企业将具备其所从事的辐射活动的的能力，运营期对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求。因此，从辐射安全和环境保护角度论证，该项目的建设是

可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

(1) 辐射监测仪器和其他辐射防护设备要落实专人负责定期检查、维护，确保其状况良好，以确保监测数据的可靠，为单位辐射防护提供可靠依据；

(2) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，进行核与辐射安全知识宣传，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

13.2.2 承诺

(1) 项目严格按照本次报批的设备类型、数量、设计方案建设，并及时申领辐射安全许可证；项目竣工后按要求自主组织竣工环保验收工作，通过验收后方可正式投运。

(2) 在设备正式启用前，将张贴悬挂相应规章制度及设备操作规程于工作场所的墙面上，并在探伤机房和铅房外设立符合规范要求的电离辐射警告标志。

(3) 严格执行辐射监测计划，发现隐患及时整改；对门机联锁装置、警示灯联锁装置等防护设施进行经常性检查，发现防护设施故障或失灵应立即维护、修复。

(4) 按计划组织辐射工作人员进行辐射安全与防护培训及考核工作，并加强辐射工作人员剂量计佩戴和个人剂量监测工作的管理和监督。

(5) 运行过程中严格管理，做好辐射监测和台账记录管理，按要求上报相关资料，不弄虚作假。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章

年 月 日

审批意见：

经办人：

公章

年 月 日