

核技术利用建设项目

长兴华阳精机有限公司新增 X 射线
实时成像检测设备和工业 CT 项目
环境影响报告表
(报批稿)

长兴华阳精机有限公司

2025 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

长兴华阳精机有限公司新增 X 射线
实时成像检测设备和工业 CT 项目
环境影响报告表
(报批稿)

建设单位名称：长 兴 华 阳 精 机 有 限 公 司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省湖州市长兴县太湖街道太湖大道 998 号

邮政编码：313100 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.....	8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	9
表 6 评价依据.....	10
表 7 保护目标与评价标准.....	12
表 8 环境质量和辐射现状.....	19
表 9 项目工程分析与源项.....	23
表 10 辐射安全与防护	28
表 11 环境影响分析	35
表 12 辐射安全管理.....	49
表 13 结论与建议.....	56
表 14 审批.....	59

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 项目						
建设单位		长兴华阳精机有限公司						
法人代表			联系人			联系电话		
注册地址		浙江省湖州市长兴县太湖街道太湖大道 998 号						
项目建设地点		浙江省湖州市长兴县太湖街道，太湖大道北侧钱家斗路东侧						
立项审批部门		/		批准文号		/		
建设项目总投资（万元）		100	项目环保投资（万元）		15	投资比例（环保投资/总投资）		15.0%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它				占地面积（m²）		--
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					
	其它	无						

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位情况

长兴华阳精机有限公司是一家从事汽车零部件制造、配件制造、汽车零部件研发等业务的公司（以下简称“公司”，营业执照见附件 1），成立于 2024 年 1 月 2 日，详细地址为浙江省湖州市长兴县太湖街道太湖大道 998 号，所属行业为金属制品业。企业的经营范围为：一般项目：汽车零部件及配件制造；汽车零部件研发；汽车零配件批发；机械零件、零部件加工；机械零件、零部件销售；模具制造；模具销售；光电子器件制造；光电子器件销售；货物进出口；技术进出

口；非居住房地产租赁(除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动)。

建设单位拟于1号厂房一层探伤检测室和3号厂房一层探伤检测室内分别新建一套1套UNC160型X射线实时成像检测设备和1套YXLON FF35型工业CT，因人员可以进入和滞留在UNC160型X射线实时成像检测设备屏蔽体内，因此UNC160型X射线实时成像检测设备不属于自屏蔽式X射线装置。其中1号厂房一层探伤检测室主体工程已于2024年9月11日取得《关于长兴华阳精机有限公司长兴华阳精机汽车轻量化精密压铸零部件项目二期环境影响报告表的审查意见》（文号：湖长环建〔2024〕122号，项目批复见附件3），于2025年5月开展了阶段性自主竣工验收；3号厂房一层探伤检测室主体工程已于2025年9月24日取得《长兴华阳精机汽车轻量化精密压铸零部件项目二期环境影响登记表》批复（文号：湖长深改备〔2025〕54号，项目批复见附件4），项目正在建设中，暂未开展竣工验收。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

为配套《长兴华阳精机汽车轻量化精密压铸零部件项目一期》和《长兴华阳精机汽车轻量化精密压铸零部件项目二期》进行产品质量控制，公司拟在1号厂房一层探伤检测室配备1套型号为UNC160的X射线实时成像检测设备（定向机，最大管电压160kV、最大管电流3mA；该设备自带铅屏蔽，以下简称“铅房”）和3号厂房一层探伤检测室配备1套型号为YXLON FF35的工业CT（定向机，最大管电压225kV、最大管电流3mA；该设备自带铅屏蔽，以下简称“铅房”），均用于压铸产品的无损检测。

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），本项目配置的X射线实时成像检测设备和工业CT均属于II类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，本项目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》。

为保护生态环境、保障公众健康，长兴华阳精机有限公司委托浙江百诺数智环境科技股份有限公司对本项目进行辐射环境影响评价（委托书见附件5）。评

价单位接受委托后，通过现场踏勘和收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容及规模

经与建设单位核实，公司拟在浙江省湖州市长兴县太湖街道，太湖大道北侧钱家斗路东侧 1 号厂房一层探伤检测室和 3 号厂房一层探伤检测室内分别配置 1 套 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备（设备自带防护铅房，最大管电压 160kV、最大管电流 3mA）和 1 套 YXLON FF35 型工业 CT（设备自带防护铅房，最大管电压 225kV、最大管电流 3mA）及配套操作台。用于压铸产品的无损检测，探伤工件最大直径 500mm，长度 1500mm，厚度约为 300mm。

表 1-1 本项目新增射线装置表

名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流(mA)	主射方向	用途
X 射线实时成像检测设备	II类	1	UNC160	160	3	定向朝南	无损检测
工业 CT	II类	1	YXLON FF35	225	3	定向朝西	无损检测

1.2 项目周边环境关系及选址合理性分析

1.2.1 项目地理位置

长兴华阳精机有限公司位于浙江省湖州市长兴县太湖街道太湖大道 998 号。公司东侧为现状为空地；南侧为太湖大道，隔道路为河道；西侧为吉利汽车产业园；北侧为浙江宏利工业科技有限公司。项目地理位置示意图见附图 1，建设单位周围环境概况图见附图 2，50m 评价范围平面区域示意图见附图 3。

1.2.2 项目周边环境关系

本项目拟新增的 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备位于 1 号厂房一层探伤检测室内部，其东侧为机加工区域，西侧为品控区、检测区，南侧为清洁度实验室，北侧为 1 号厂房内部道路，该车间为单层建筑，无地下层。1 号厂房探伤铅房所在楼层布局图见附图 5。

本项目拟新增的 YXLON FF35 型工业 CT 位于 3 号厂房一层探伤检测室内部，其东侧为 3 号厂房内部道路，西侧为检测区，南侧为 3 号厂房内部道路，北侧为企业内部道路，正上方为钻攻中心，无地下室。3 号厂房探伤铅房所在楼层

布局图见附图 6，3 号厂房探伤铅房上方（二层）楼层布局图附图 7。

根据附图 3 50m 评价范围平面区域示意图可知，本项目拟建 1 号厂房一层探伤铅房和 3 号厂房一层探伤铅房边界外 50m 评价范围无相交且存在重叠部分，因此本环评不考虑辐射叠加影响分析。

1.2.3 选址合法性、合理性分析

本项目拟新增的 X 射线实时成像检测设备使用地点为 1 号厂房一层探伤检测室内部，拟新增的工业 CT 使用地点为 3 号厂房一层探伤检测室内部，用地属于工业用地，周围无环境制约因素。本项目 50m 范围内主要为 1 号厂房内部、2 号厂房内部、3 号厂房内部、5 号厂房内部、企业内部道路和企业东侧外部空地等，不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区、医院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。

1.3 产业政策符合性分析与实践正当性分析

1.3.1 产业政策符合性分析

本项目属于核技术在工业领域内的运用，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）》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。

1.3.2 实践正当性分析

公司拟新增 2 套 X 射线数字成像检测设备用于对公司压铸产品进行无损检测，确保产品质量和使用安全。X 射线数字成像检测系统在曝光的同时就可立即获得图像，检测速度快，工作效率高，运行成本低。相比较传统的 X 射线探伤过程，X 射线数字成像检测系统不需要使用胶片，不涉及洗片过程，对环境危害小。

本项目 X 射线数字成像检测系统的应用有利于提高公司的生产技术和产品质量，具有良好的社会效益和经济效益。同时理论分析表明本项目采取的辐射防护措施能保证 X 射线数字成像检测系统外表面 30cm 周围剂量当量率和相关人员年受照水平均控制在标准范围内；在使用过程中，射线装置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。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来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。

1.4 “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），“三区三线”是指城镇空间、农业空间、生态空间 3 种类型空间所对应的区域，以及分别对应划定的城镇开发边界、永久基本农田保护红线、生态保护红线 3 条控制线。

符合性分析：本项目位于浙江省湖州市长兴县太湖街道，太湖大道北侧钱家斗路东侧，对照长兴县三条控制线图（见附图 9），项目建设地址位于城镇开发边界内，不涉及永久基本农田和生态保护红线，符合三区三线要求。

1.5 “三线一单”符合性分析

（1）生态保护红线

本项目位于浙江省湖州市长兴县太湖街道，太湖大道北侧钱家斗路东侧，对照长兴县三条控制线图（见附图 9），本项目不在生态保护红线范围内，符合生态保护红线的要求。

（2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果可知，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射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，不会突破环境质量底线。因此，本项目的建设符合环境质量底线的要求。

（3）资源利用上线

本项目 X 射线数字成像检测设备拟放置于浙江省湖州市长兴县太湖街道，太湖大道北侧钱家斗路东侧 1 号厂房一层探伤检测室和 3 号厂房一层探伤检测室内部，不新增土地指标，运营过程中会消耗一定量的电能等，但项目资源消耗量相对于区域资源利用总量较少，不会突破该地区能源、水、土地等资源消耗上限。因此，本项目的建设符合资源利用上线的要求。

（4）环境准入负面清单

本项目位于浙江省湖州市长兴县太湖街道，太湖大道北侧钱家斗路东侧1号厂房一层探伤检测室和3号厂房一层探伤检测室，根据《长兴县生态环境分区管控动态更新方案》（长政发〔2024〕60号），本项目位于“湖州市长兴县中心城区产业集聚重点管控单元(ZH33052220007)”，属于产业集聚重点管控单元，管控要求符合性见下表。

表 1-2 生态环境准入清单管控要求符合性分析

生态环境准入清单要求		本项目情况	符合性
空间布局约束	优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。区域内的人口聚集区内禁止新建二类、三类工业，禁止扩建三类工业。加强“两高”项目源头防控。综合条件较好的重点行业率先开展节能降碳技术改造。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。土壤污染重点监管单位新（改、扩）建项目用地应当符合国家或地方有关建设用地土壤风险管控标准。重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。	本项目为核技术利用建设项目，不属于二类、三类工业项目；不属于“两高”项目；项目位于长兴新能源装备高新技术产业园太湖片区，不在人口聚集区内，且在居住区和工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生态绿地等隔离带；本项目不属于土壤污染重点监管单位；根据《关于印发实施<浙江省建设项目碳排放评价编制指南(试行)>的通用用地应当符合国家或地方有关建设用地土壤风险管控标准。重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。	符合
污染物排放管控	实施污染物总量控制制度，严格执行地区削减目标。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。对纺织行业进行技术改造，淘汰落后工艺和设备。对区内现有的蓄电池行业进行统一整治，逐步搬迁至小浦或和平蓄电池工业园区。推进工业集聚区“零直排区”建设，所有企业实现雨污分流，现有工业集聚区内工业企业废水必须经预处理达到集中处理要求，方可进入污水集中处理设施。加强土壤和地下水污染防治与修复。	本项目为核技术利用建设项目，其主要污染物为X射线实时成像检测设备和工业CT运行时产生的氮氧化物和臭氧，经通风处理后，影响较小；本项目不属于工业类项目；企业雨污分流。	符合
环境风险防控	严格控制石油加工、化学原料和化学制品制造、医药制造、化学纤维制造、有色金属冶炼、纺织印染等项目环境风险。重点管控新污染物环境风险。定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境与健康风险，落实防控措施。强化工业集聚区应急预案和风险防控体系建设，防范重点企业环境风险。严格污染地块开发利用和流转审批，按照《污染地块土壤环境管理办法》有关规定开展调查、评估、治理与修复等活动。	本项目为核技术利用建设项目，要求企业落实防控措施，按规定编制辐射应急预案，并定期组织开展应急演练。	符合

资源开发效率要求	推进工业集聚区生态化改造,强化企业清洁生产改造,推进节水型企业、节水标杆园区建设,落实煤炭消费减量替代要求,提高资源能源利用效率。	本项目为核技术利用建设项目,不新增土地指标,运营过程中会消耗一定量的电能,资源能源利用效率高。	符合
----------	---	---	----

1.6 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目,建设单位之前未开展过任何辐射相关活动,无原有核技术利用项目许可情况。

表 2 放射源

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及										

(二) X 射线机, 包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线数字成像检测系统	II类	1	UNC160 型	160	3	无损检测	1 号厂房一层探伤检测室	新增
2	工业 CT	II类	1	YXLON FF35 型	225	3	无损检测	3 号厂房一层探伤检测室	新增

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物 (重点是放射性废弃物)

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O ₃ 和 NO _x	气态	/	/	少量	少量	/	/	排放至大气环境中, 经大气扩散稀释。

注: 1.常规废弃物排放浓度, 对于液态单位为 mg/L, 固体为 mg/kg, 气态为 mg/m³, 年排放总量为 kg。

2.含有放射性的废物要注明, 其排放浓度、年排放总量分别用比活度 (Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³) 和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号），2015 年 1 月 1 日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第 24 号），2018 年 12 月 29 日起施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号），2003 年 10 月 1 日起施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修正本）》原环境保护部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (8) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (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) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行； (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 日施行； (12) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）； (13) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2021 年省政府令第 388 号），2021 年 2 月 10 日修订； (14) 《浙江省辐射环境管理办法》（2021 年省政府令第 388 号），2021
------	--

	年 2 月 10 日修订； （15）《浙江省生态环境保护条例》已于 2022 年 5 月 27 日经浙江省第十三届人民代表大会常务委员会第三十六次会议通过，现予公布，自 2022 年 8 月 1 日起施行； （16）《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 日起施行；
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）《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）； （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）。
其它	（1）营业执照 （2）不动产权证 （3）关于长兴华阳精机有限公司长兴华阳精机汽车轻量化精密压铸零部件项目一期环境影响报告表的审查意见及竣工环境保护阶段性验收意见 （4）长兴华阳精机汽车轻量化精密压铸零部件项目二期环境影响登记表批复 （5）委托书 （6）环境本底检测报告 （7）建设单位提供的与本项目有关的各种资料和项目设计图纸。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目污染为能量流污染，根据能量流的传播与距离相关的特性，结合《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）的相关规定，确定以 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 防护铅房边界外 50m 作为评价范围，50m 评价范围平面区域示意图见附图 3。

7.2 保护目标

根据本项目周边环境调查情况，拟新增的 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 防护铅房周围 50m 评价范围内环境保护目标分布情况详见表。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

保护目标	类型	方位		距离	人数
1 号厂房一层探伤铅房					
辐射工作人员	职业	北侧	控制台	紧邻	3 人
公众、非辐射工作人员	公众	东侧	机加工区域	1m	约 5 人
			企业内部道路	10m	不定
			二期 2 号厂房参观通道	17m	不定
			二期 2 号厂房内部道路	32.5m	不定
			二期 2 号厂房压铸区	35m	约 5 人
		南侧	清洁度实验室	3.5m	约 3 人
			1 号厂房内部道路	11.5m	不定
			清洗线	18m	约 3 人
			1 号厂房内部道路	25m	不定
			茶水间	28.5m	不定
			企业内部道路	33.5m	不定
		西侧	品控区、检测区	1m	约 10 人
			1 号厂房内部道路	17m	不定
			压铸区	30.5m	约 5 人
			1 号厂房内部道路（铝液运输通道）	40.5m	不定
			企业内部道路	45m	不定
		北侧	1 号厂房内部道路	3.5m	不定
			机加工区	5.5m	约 3 人
			1 号厂房内部道路	41m	不定

			机加工区	43.5m	约 3 人
3 号厂房一层探伤铅房					
辐射工作人员	职业	北侧	控制台	紧邻	3 人
公众、非辐射工作人员	公众	东侧	3 号厂房内部道路	2.5m	不定
			机加工区	3.5m	约 3 人
			企业内部道路	25.5m	不定
			企业外部空地	45.5m	不定
		南侧	3 号厂房内部道路	7m	不定
			卧加区域	10.5m	约 3 人
			3 号厂房内部道路	18m	不定
			大立加区域	19m	约 10 人
			3 号厂房内部道路	39m	不定
			卧加区域	40m	约 5 人
			3 号厂房内部道路	47.5m	不定
			去毛刺区	49.5m	约 3 人
		西侧	检测区	2.5m	约 3 人
			品控区	18.5m	约 3 人
			3 号厂房内部道路	30.5m	不定
			茶水间、报警阀间	32.5m	不定
			卫生间	34.5m	不定
			企业内部道路	42.5m	不定
		北侧	企业内部道路	6m	不定
			三期 5 号厂房（待建，现状为空地）	18m	不定
		机房正上方	钻攻中心	机房正上方	约 10 人

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）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.3 防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

B1 剂量限值（标准的附录 B）

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的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；

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a)年有效剂量，1mSv。

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），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。

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

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

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。

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

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 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/T26837 的要求。

表 1 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

5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a)探伤机外观是否完好；
- b)电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c)液体制冷设备是否有渗漏；
- d)安全联锁是否正常工作；
- e)报警设备和警示灯是否正常运行；
- f)螺栓等连接件是否连接良好；
- g)机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a)使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b)设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c)当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d)应做好设备维护记录。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

- a)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周；
- b)屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

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。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

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

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

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现

便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

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

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

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

6.3 探伤设施的退役

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

e)当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f)清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个价值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

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

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时,按最高管电压和相应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

(1) 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,本次评价取相应剂量限值的四分之一作为本项目剂量约束值管理目标,具体见下表。

表 7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5mSv/a
公众照射有效剂量	0.25mSv/a

(2) 辐射剂量率控制值

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022),本项目辐射工作场所的辐射剂量率控制值如下表所示。

表 7-3 本项目辐射工作场所的辐射剂量率控制值

设备名称	关注点	辐射剂量率控制值
X 射线实时成像检测设备	四侧屏蔽墙外 30cm 处	2.5μSv/h
	工件门外 30cm 处	
	顶部屏蔽墙外 30cm 处	
工业 CT	四侧屏蔽墙外 30cm 处	2.5μSv/h
	工件门外 30cm 处	
	顶部屏蔽墙外 30cm 处	

注:本项目 X 射线实时成像检测设备拟放置于 1 号厂房一层探伤检测室,工业 CT 拟放置于 3 号厂房一层探伤检测室内,顶部屏蔽墙外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平取 2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

长兴华阳精机有限公司位于浙江省湖州市长兴县太湖街道太湖大道 998 号。公司东侧为现状为空地；南侧为太湖大道，隔道路为河道；西侧为吉利汽车产业园；北侧为浙江宏利工业科技有限公司。项目地理位置示意图见附图 1，建设单位周围环境概况图见附图 2，50m 评价范围平面区域示意图见附图 3。

本项目拟新增的 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备位于 1 号厂房一层探伤检测室内部，其东侧为机加工区域，西侧为品控区、检测区，南侧为清洁度实验室，北侧为 1 号厂房内部道路，该车间为单层建筑，无地下层。1 号厂房探伤铅房所在楼层布局图见附图 5。

本项目拟新增的 YXLON FF35 型工业 CT 位于 3 号厂房一层探伤检测室内部，其东侧为 3 号厂房内部道路，西侧为检测区，南侧为 3 号厂房内部道路，北侧为企业内部道路，正上方为钻攻中心，无地下室。3 号厂房探伤铅房所在楼层布局图见附图 6，3 号厂房探伤铅房上方（二层）楼层布局图附图 7。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位及结果

8.2.1 环境现状评价的对象

X 射线实时成像检测设备和工业 CT 及其周围辐射环境本底水平。

8.2.2 监测因子

γ 辐射剂量率

8.2.3 监测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.1.1 “测量点位应依据测量目的布设，并结合源和照射途径以及人群分布和人为活动情况仔细选择”。根据上述布点原则，结合本次 X 射线实时成像设备所在位置的各功能场所人员数量、居留情况以及评价范围内周围环境情况，现状监测主要在拟建 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 周围相邻位置进行布点，以对项目拟建场所环境辐射水平进行了解。监测点位布点详见图 8-1。

8.2.4 监测方案

- 1、监测单位：杭州旭辐检测技术有限公司
- 2、监测日期：2025 年 8 月 22 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
- 5、监测频次：依据 HJ 1157-2021 标准予以确定
- 6、监测工况：辐射环境本底
- 7、天气环境条件：温度：35~36℃；相对湿度：41~43%；天气状况：晴。
- 8、监测设备：

表 8-1 γ 辐射剂量当量率仪参数与规范

仪器名称	便携式 X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	JC-NAI-300
能量回应	25keV~30Mev
量程	0.01μSv/h~100mSv/h
检定证书	上海市计量测试技术研究院 (检定证书编号：2024H21-20-5562119001 号) 有效期：2024 年 10 月 30 日-2025 年 10 月 29 日
检测规范	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 HJ 1157-2021

8.2.5 质量保证措施

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

8.3 监测结果

本项目辐射工作场所周围的γ辐射剂量率背景水平检测结果见下表，辐射环境现状监测报告见附件 6。

表 8-2 X-γ辐射剂量率检测结果

检测点 位号	点位描述	读数值标准差	修正后检测结果 (nGy/h)
★1	1 号厂房探伤检测室拟建址中央	0.01	46
★2	1 号厂房探伤检测室拟建址东侧	0.01	38

★3	1号厂房探伤检测室拟建址南侧	0.01	38
★4	1号厂房探伤检测室拟建址西侧	0.01	38
★5	1号厂房探伤检测室拟建址北侧	0.01	38
★6	3号厂房探伤检测室拟建址中央	0.01	55
★7	3号厂房探伤检测室拟建址东侧	0.01	46
★8	3号厂房探伤检测室拟建址南侧	0.01	53
★9	3号厂房探伤检测室拟建址西侧	0.02	48
★10	3号厂房探伤检测室拟建址北侧	0.01	54
备注	备注： 1、测量时探头距离地面约 1m； 2、每个检测点测量 10 个数据取平均值，以上检测结果均已对宇宙射线的响应值修正； 3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值 $\times$ 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-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 为 0.98，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，仪器对宇宙射线的响应值为 0.03 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ； 4、检测点为楼房， k_3 取 0.8。		



★ X-γ辐射剂量率检测点位

图 8-1 现场检测点位示意图

8.4 环境现状调查结果的评价

由表 8-2 的检测结果可知,本项目新建探伤检测室周围各现状检测点位的 γ 辐射剂量率在 38~55nGy/h 之间,由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知,湖州市建筑物室内 γ 辐射剂量率在 40~170nGy/h 之间,该项目建设地址 γ 辐射本底水平未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工程分析

本项目在 1 号厂房一层探伤检测室配备一套型号为 UNC160 的 X 射线实时成像检测设备和 3 号厂房一层探伤检测室配备一套型号为 YXLON FF35 的工业 CT，不涉及土建施工，只涉及设备安装调试，其主要污染因子为 X 射线、臭氧、氮氧化物。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 工程设备

本项目 X 射线数字成像检测设备主要是由 X 射线探伤机、高分辨率实时成像单元、计算机图像处理单元、机械传动单元、电气控制单元、X 射线防护单元组成。

9.2.2 工作原理

1) 射线装置原理

X 射线实时成像检测系统是新一代的无损检测设备，以实时成像的技术，取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检物体后衰减，由图像增强器接收并转换成数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。

X 射线实时成像检测系统由铅房、控制器、高压发生器、X 射线管、图像增强器、高压电缆、机械传动装置、冷却器及工业电视等组成。X 射线管主要由 X 射线管和高压电源组成。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融金属（如钨、铂、金、钽等）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 9-1。

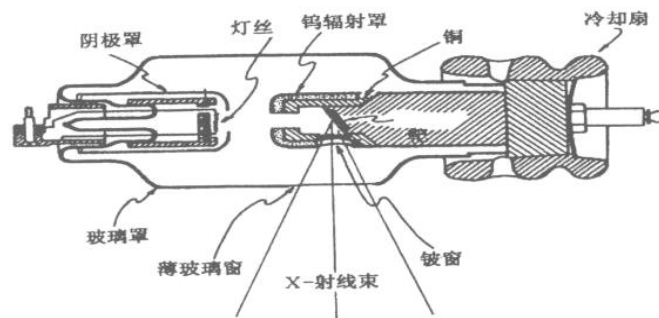


图 9-1 典型的 X 射线管结构图

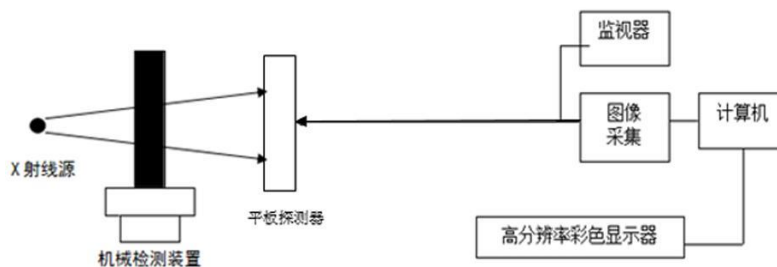


图 9-2 X 射线实时成像检测设备装置工作原理图

2) 工业 CT 原理

电子计算机断层摄影(Computed tomography,简称 CT)是近十年来发展迅速的电子计算机和 X 射线相结合的一项新颖的诊断新技术。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面(被检测对象的薄层，或称为切片)的投影数据，用来重建该剖面的图像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强；同时断层图像中图像强度(灰度)数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系，发现被检对象内部密度的微小变化。

工业 CT 机一般由射线源、机械扫描系统、探测器系统、计算机系统和屏蔽设施等部分组成，其工作示意图如图 9-3 所示。射线源提供 CT 扫描成像的能量线束用以穿透试件，根据射线在试件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的 CT 图象重建。与射线源紧密相关的准直器用以将射线源发出的锥形射线束处理成扇形射束。机械扫描系统实现 CT 扫描时试件的旋转或平移，以及机械转盘、试件、探测器空间位置的调整。探测器系统用来接收穿过试件的射线信号，经放大和模数转换后送进计算机进行图象重建。计算机系统用于扫描过程控制、参数调整，完成图象重建、显示及处理等。屏蔽设施用于射线安全防护，一般小型设备自带屏蔽设施。

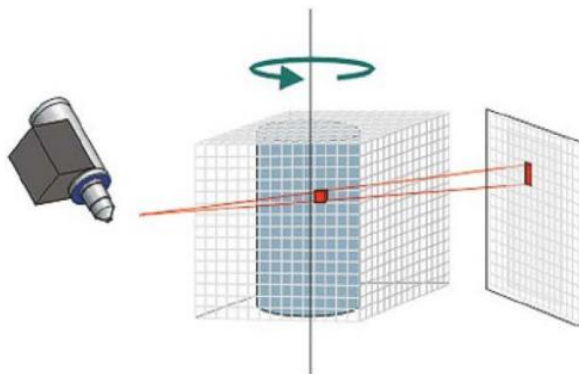


图 9-3 工业 CT 工作示意图

9.2.3 工艺流程及产污环节分析

X 射线数字成像检测系统工作时，辐射工作人员将被检测工件放置于装置内，辐射工作人员在操作台进行操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- （1）X 射线数字成像检测系统通电，检测前进行检查；
- （2）打开工件门，将检测工件放入检测台并进行固定，将工件调整至合适的位置；
- （3）确认周围环境及工作人员安全后关闭工件门，设置参数；
- （4）工作人员开启设备进行曝光检测，产生实时图像，此环节产生 X 射线以及少量的臭氧和氮氧化物；
- （5）工作人员对操作台上的图像进行分析，对检测工件进行合格判定；
- （6）检测结束后，关闭电源，取出工件。

本项目工业 X 射线探伤装置工作流程如下图所示：

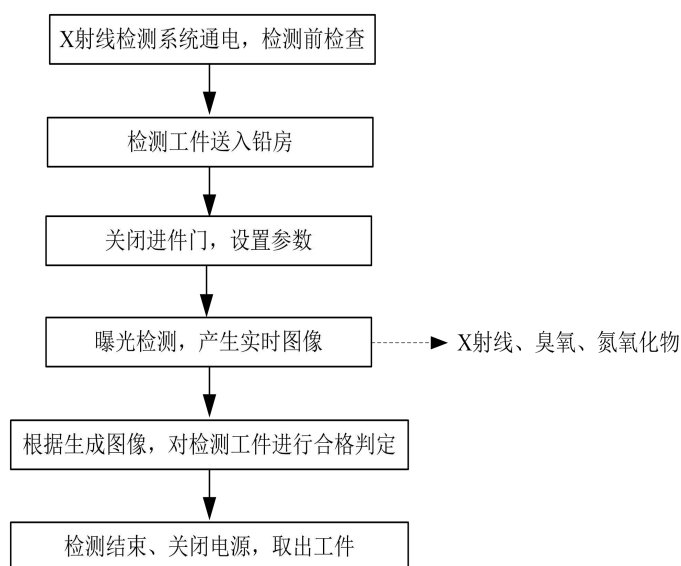


图 9-4 X 射线装置工作流程图及产污位置图

9.2.4 检测工件主要参数

本项目 X 射线数字成像检测设备和工业 CT 待测工件主要参数见下表。对比待测工件的尺寸大小和设备工件门的尺寸大小，该 X 射线数字成像检测设备和工业 CT 能满足全部工件的无损检测。

表 9-1 检测工件主要参数

工件名称	最大长度	最大直径	最大高度
压铸产品	600mm	400mm	400mm

9.2.5 人员配置及工作负荷

(1) 人员配置

本项目拟配备 6 名辐射工作人员，每天工作 16h，两班制，以配合完成日常无损检测工作，人员来自现有非辐射工作人员，经辐射防护及法律知识培训考核和体检合格后上岗。本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

(2) 工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目 X 射线数字成像检测设备和工业 CT 的工作负荷如下：

表 9-2 本项目工作负荷

设备型号	UNC160 型	YXLON FF35 型
该设备日曝光时间（h）	3	3
年工作天数（d）	300	300
单名辐射工作人员年曝光时间（小时/年）	900	900
该设备年曝光时间（小时/年）	900	900
拟配备辐射工作人员（名）	3	3

9.3 污染源项分析

9.3.1 正常工况下污染源项描述

(1) X 射线

本项目的主要污染因子是 X 射线，随 X 射线管的开和关而产生和消失。在正常工况下，检测过程中产生的射线可以得到屏蔽体的有效屏蔽。但由于射线的直射、漏射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围的公众产生辐射影响，受照途径为 X 射线外照射。

(2) 废气

X 射线数字成像检测设备和工业 CT 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。本项目 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备探伤铅房顶部设置了两个轴流风机；YXLON FF35 型工业 CT 探伤铅房设计时未设置通风装置，检测结束后应及时打开铅房防护门进行自然通风，少量臭氧和氮氧化物可通过铅房防护门空气流通无组织排出。臭氧在环境中大概经 50 分钟自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/3，故有害气体对环境影响较小。

（3）废水

本项目运行过程中无废水产生，辐射工作人员自现有人员中调配，不新增生活污水。

（4）固废

本项目 X 射线数字成像检测设备和工业 CT 采用实时成像检测方式，不涉及洗片工艺，本项目运行过程中不会产生废显（定）影液、洗片废液，无固废产生。

9.3.2 非正常工况污染源项描述

本项目 X 射线数字成像检测设备属于 X 射线装置，根据 X 射线装置工作原理结合本项目情况，最大可能的事故主要如下：

（1）工业 X 射线装置密封性受到破坏，造成 X 射线泄漏事故，工作人员和公众受到超剂量照射；

（2）工业 X 射线装置在对工件进行探伤时，门机联锁失效，铅防护门未完全关闭的情况下工业 X 射线探伤装置就出束，致使 X 射线泄漏，给周围活动的人员造成额外的照射。

（3）设备维修或维护过程中，工作人员误操作，接通电源并出束，造成误照射。
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

本项目拟新增 1 套 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备和 1 套 YXLON FF35 型工业 CT，四周布局见表 10-1。

表 10-1 辐射工作场所位置及四周布局一览表

辐射场所	方位	周边最近房间及场所
X 射线数字成像检测设备 (UNC160)	东侧	机加工区域
	南侧	清洁度实验室
	西侧	品控区、检测区
	北侧	1 号厂房内部道路
	正上方	1 号厂房屋顶
	正下方	地下土层
工业 CT (YXLON FF35)	东侧	3 号厂房内部道路
	南侧	3 号厂房内部道路
	西侧	检测区
	北侧	企业内部道路
	正上方	钻攻中心
	正下方	地下土层

本项目 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备主射方向朝南侧，操作位位于北侧；YXLON FF35 型工业 CT 主射方向朝西侧，操作位位于北侧。操作位均避开了主射方向，辐射场所平面布置合理，促进各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护。X 射线数字成像检测系统运行过程中产生的 X 射线经屏蔽体屏蔽后并通过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

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《工业探伤辐射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关规定，本项目对辐射工作场所实行分区管理，将 X 射线实时成像检测设备和工

业 CT 实体边界围成的内部区域划为控制区，将铅房外部相邻探伤检测室内部区域划为监督区；在设备显著位置张贴电离辐射警告标识和中文警示说明。本项目两区划分情况见图 10-1。

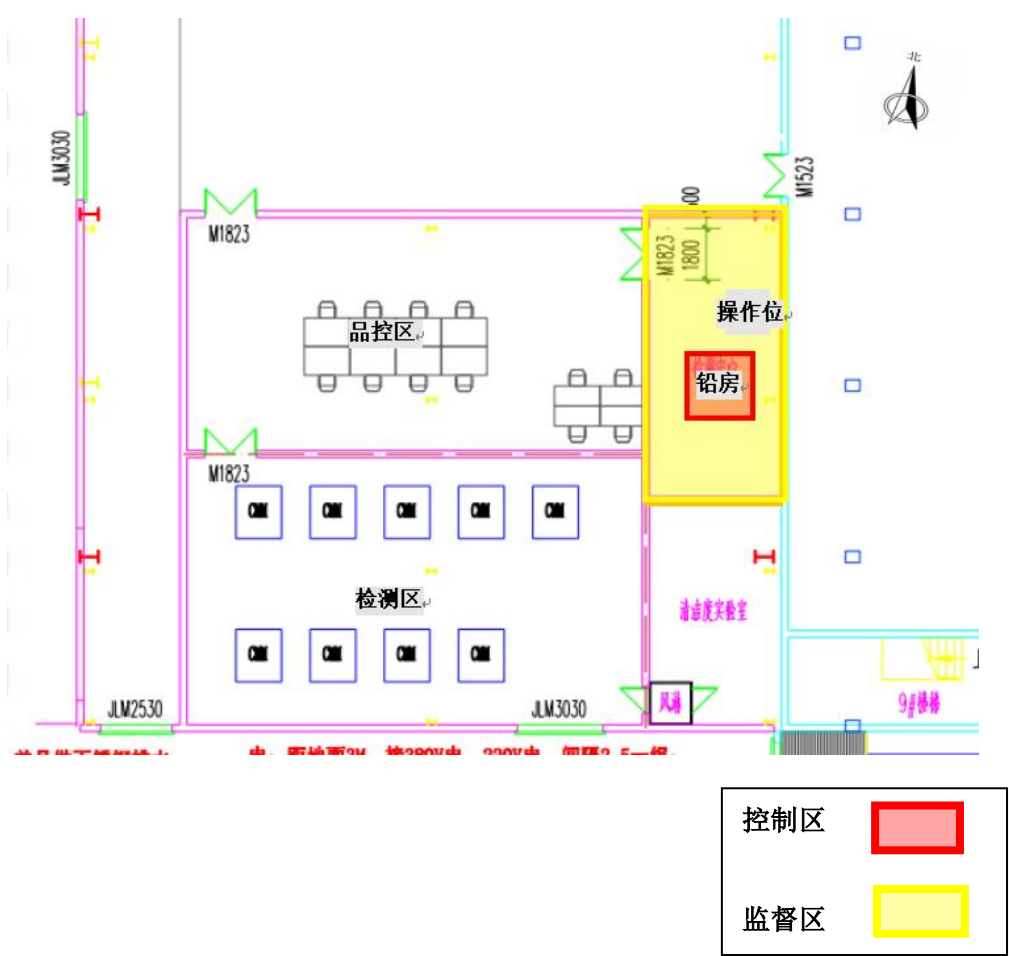


图 10-1 1 号厂房探伤铅房控制区、监督区划分示意图

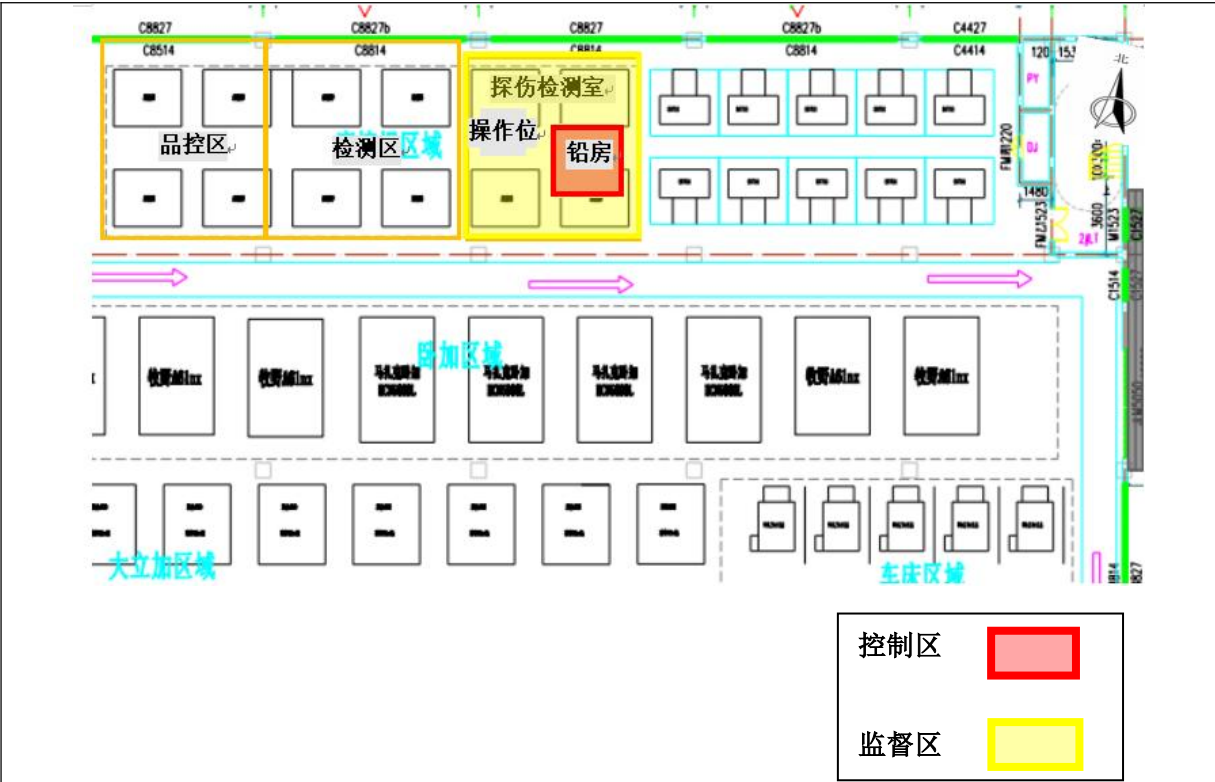


图 10-2 3 号厂房探伤铅房控制区、监督区划分示意图

10.1.3 辐射安全及防护措施

(1) X 射线实时成像检测设备和工业 CT 屏蔽防护设计

本项目拟新增 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 屏蔽设计参数见表 10-2。

表 10-2 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 屏蔽情况一览表

项目	内容
1 号厂房一层探伤检测室	
探伤检测室规格	长 9760mm×宽 4630mm×高 3300mm
铅房规格	长 2456mm×宽 2410mm×高 2336mm
铅房东侧屏蔽体	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
铅房南侧屏蔽体	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板
铅房西侧屏蔽体	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
铅房北侧屏蔽体	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
铅房顶棚	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
铅房底部	3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板
工件门	推移门 2008mm×971mm, 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
穿线孔	铅房穿线孔设置钢铅防护罩, 5mm 铅板
铅房顶部轴流风机	设置钢铅防护罩, 5mm 铅板

3 号厂房一层探伤检测室	
探伤检测室规格	长 8000mm×宽 7970mm×高 3300mm
铅房规格	长 2990mm×宽 1550mm×高 2220mm
铅房东侧屏蔽体	内衬 18mm 铅板
铅房南侧屏蔽体	内衬 12mm 铅板
铅房西侧屏蔽体	内衬 32mm 铅板
铅房北侧屏蔽体	内衬 18mm 铅板
铅房顶棚	内衬 17mm 铅板
铅房底部	内衬 12mm 铅板
工件门	推移门 790mm×600mm，内衬 18mm 铅板
检修门	750mm×881mm，内衬 14mm 铅板
穿线孔	铅房穿线孔设置钢铅防护罩

(2) 辐射安全和防护装置及环保措施

屏蔽防护：本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 采用钢-铅-钢夹层结构的防护设计对 X 射线进行防护；

联锁装置：本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 防护门设计有门机联锁装置，只有在防护门完全关闭时设备才能出束照射，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门时不能自动开始 X 射线照射；

工作状态指示灯：本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 顶部设有三色指示灯，用于显示设备工作状态，红色表示设备故障、变频器报警、急停按下等电气元件报警状态，绿色表示设备处于无故障状态，黄色表示设备处于开关门和电机运动的状态中；本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 顶部设有报警灯，灯亮表示设备曝光出束中，灯灭表示曝光结束。

电离辐射警告标识：本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 表面外拟设置有“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明，并在 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 外表面 1m 处设置警戒线，防止无关人员靠近。

钥匙开关：操作台上设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出；

紧急停机按钮：本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 内部和操作台均设有 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

电缆线穿线孔防护：本项目在 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备的北侧面板下方设置穿线孔，在 YXLON FF35 型工业 CT 的南侧面板下方设置穿线孔，能避免 X 射

线直接照射线缆穿线孔，利用散射降低线缆穿线孔的辐射水平，在穿线孔处设置铅防护罩进行屏蔽。

通风孔防护：本项目 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备探伤铅房顶部设置了两个排风口，设置 L 型排风通道，并敷设 5mmPb 防护，有效避免射线泄露；YXLON FF35 型工业 CT 探伤铅房为固定式密闭屏蔽结构，因此厂家设计时未设置通风装置，检测结束后应及时打开铅房防护门进行自然通风，少量臭氧和氮氧化物可通过铅房防护门空气流通无组织排出。企业须在两间探伤检测室内设置机械通风装置，排风管道外口均位于探伤检测室北侧，废气通过排风管道排至探伤检测室外，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次，其功率满足要求，无辐射泄漏。

摄像装置：本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 顶部均设有 1 个高清摄像装置，通过电脑控制系统能清楚看见装置内情况，避免误照射情况发生。

固定式场所辐射探测报警装置：本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 安装过程中拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的要求配置固定式场所辐射探测报警装置。

本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 辐射安全和防护措施示意图见图 10-3 和图 10-4。

10.1.4 操作台管理要求

1、操作台设置有 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装置。

2、操作台设置有高压接通时的外部报警或指示装置。控制台上设置与防护门联锁的接口，当防护门未完全关闭时不能接通 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。

3、操作台设有钥匙开关，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。

4、操作台设置有紧急停机开关。

10.1.5 辐射检测仪器及防护用品配置

本项目拟配置 6 名辐射工作人员，以配合完成日常无损检测工作，本项目辐射检测仪器与防护用品配置计划见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射检测仪器与防护用品配置计划表

序号	防护用品名称	数量
----	--------	----

1	个人剂量计	6
2	个人剂量报警仪	6
3	X-γ辐射剂量率仪	1

10.1.6 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 的检查和维护

(1) 工作前检查项目应包括：

- ①X 射线实时成像检测设备和工业 CT 外观是否完好；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- 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；

(2) 设备维护应符合下列要求：

①建设单位应对本项目的设备维护负责，每年至少维护一次。优先选择非工作时间进行维护，同时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，以确保辐射工作人员和公众人员在设备维护期间的安全；

②设备维护包括 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 的彻底检查和所有零部件的详细检测；

- ③当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- ④应做好设备维护记录。

10.1.7 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 的退役

按照《浙江省辐射环境管理办法》和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，建设单位工业探伤设施不再使用或报废时，应实施退役程序。包括以下内容：

- 1、X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；
- 2、清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

10.2 三废的治理

根据源强分析可知，本项目运行期无废水、固废产生；X 射线实时成像检测设备和工业 CT 在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目 UNC160 型 X 射线数字成像检测设备设置顶部设置轴流风机进行机械排风，风机风量 330m³/h，铅房内的废气经机械排风至探伤检测室内，采用铅防护罩屏蔽。本项目 UNC160 型 X 射线数字成像检测设备体积为 13.827m³，理论有效换气次数为 23

次/小时，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。须在探伤检测室内设置机械通风装置，排风管道外口均位于探伤检测室北侧，废气通过排风管道排至探伤检测室外，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境产生影响较小。

本项目 YXLON FF35 型工业 CT 探伤铅房为固定式密闭屏蔽结构，因此厂家设计时未设置通风装置，检测结束后应及时打开铅房防护门进行自然通风，少量臭氧和氮氧化物可通过铅房防护门空气流通无组织排出至探伤检测室内。须在探伤检测室内设置机械通风装置，排风管道外口均位于探伤检测室北侧，废气通过排风管道排至探伤检测室外，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次，每小时通风量不小于 $70.2\text{m}^3/\text{h}$ ，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境产生影响较小。

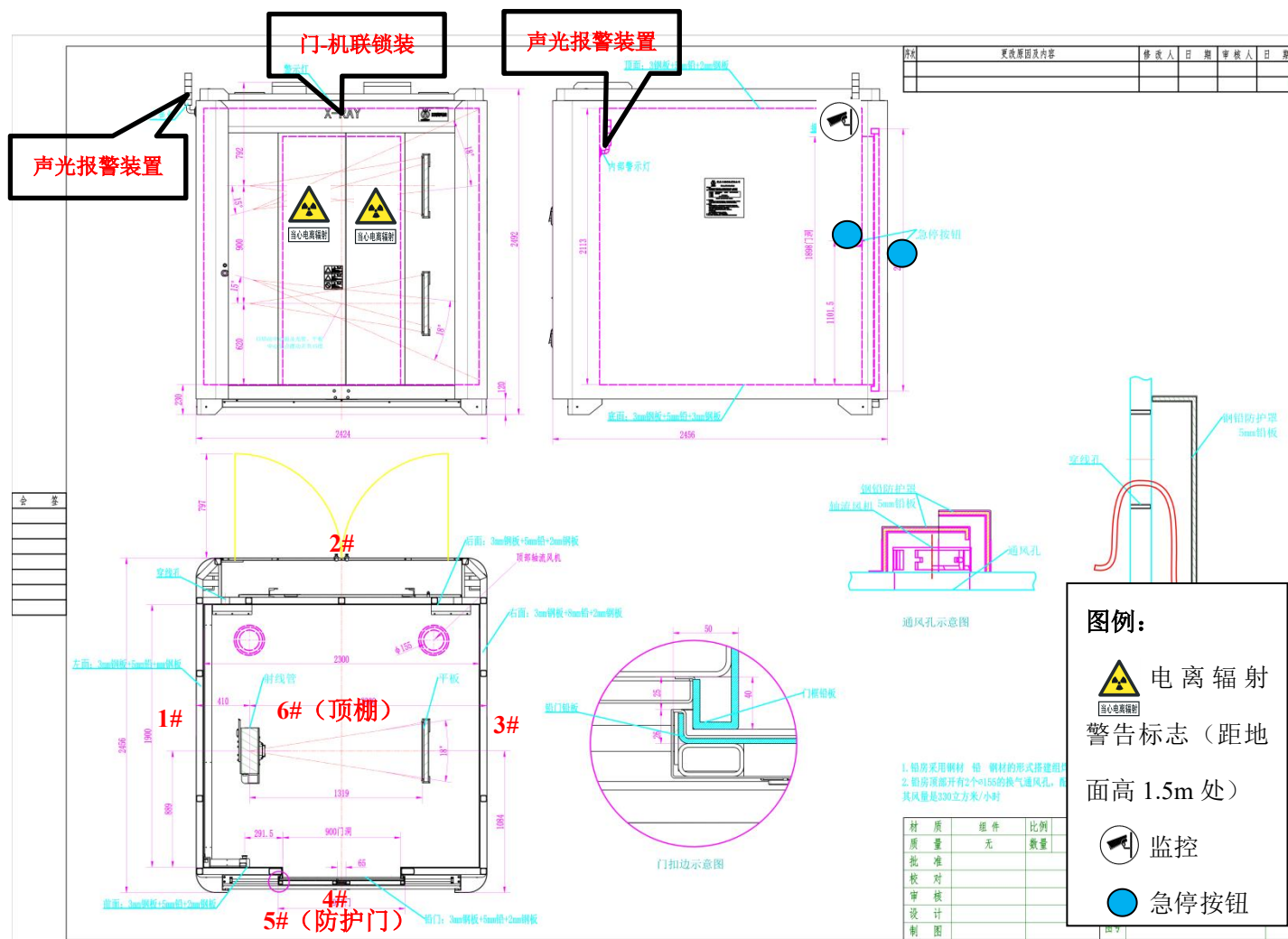


图 10-3 本项目 1 号厂房探伤铅房主要辐射安全设施布局

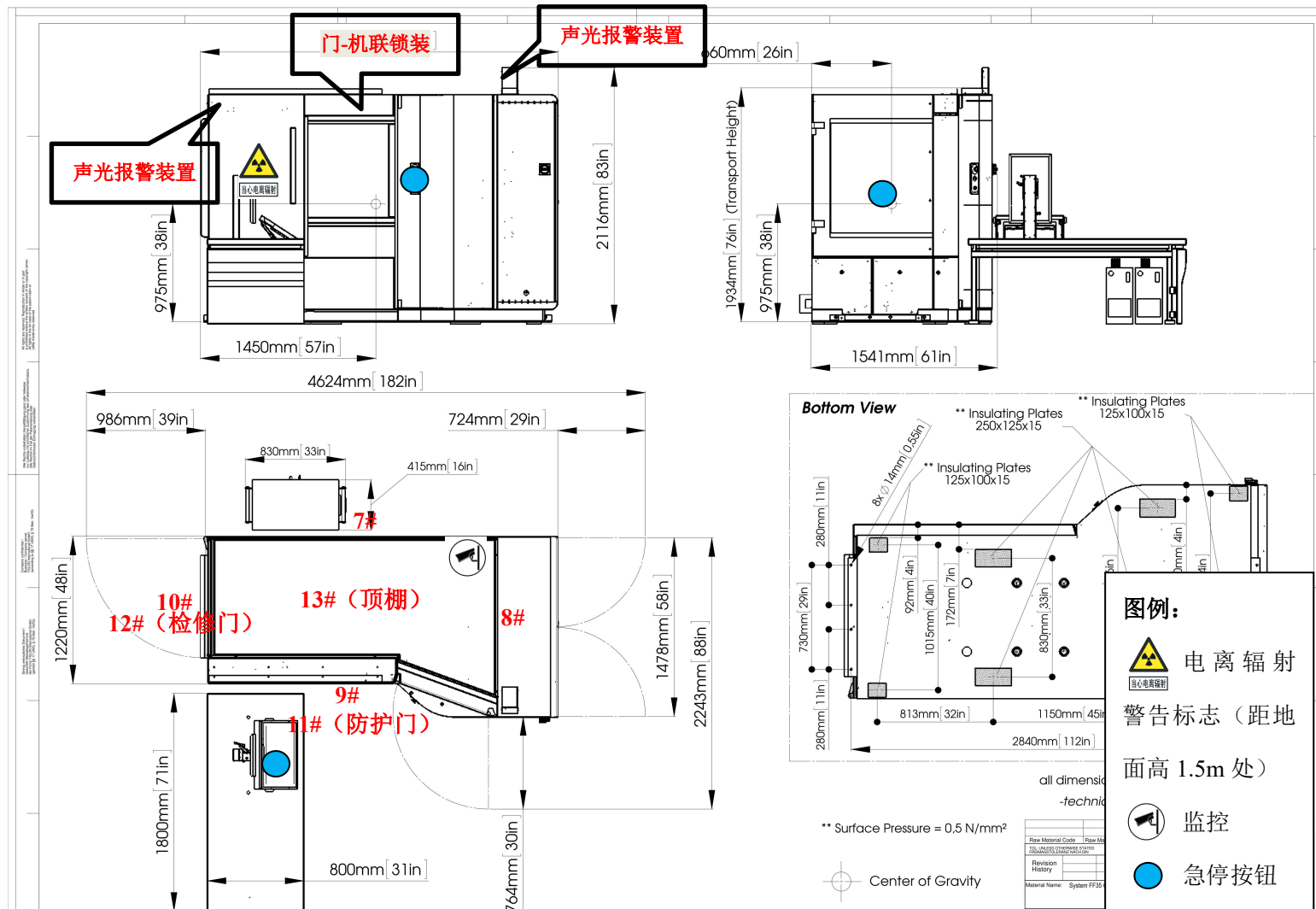


图 10-4 本项目 3 号厂房探伤铅房主要辐射安全设施布局

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工阶段

本项目新购 1 台 X 射线实时成像检测设备和 1 台工业 CT，设备包含的 X 射线机、配套铅房等整套设备均直接向生产厂家购买，由厂家负责运输，并安装至公司生产车间内，不涉及土建部分。

11.1.2 安装、调试阶段

本项目安装、调试阶段对于环境主要影响为 X 射线、臭氧和氮氧化物。本项目 X 射线数字成像检测设备和工业 CT 的安装与调试均由专业人员进行，经过铅房的屏蔽与距离衰减后，调试产生的辐射对环境的影响是可接受的。安装、调试阶段产生的臭氧在环境中大概经 50 分钟自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/3，故有害气体对环境的影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单中的估算方法来预测 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 投入使用时的辐射环境影响。

根据建设单位提供的资料，本项目所使用设备为 1 套 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备（主射方向为南侧屏蔽体，最大管电压 160kV、最大管电流 3mA）和 1 套 YXLON FF35 型工业 CT（主射方向为西侧屏蔽体，最大管电压 225kV、最大管电流 3mA），均为定向机。本项目探伤室内 X 射线数字成像检测设备和工业 CT 同时使用，但评价范围不重叠，无交叉影响，因此本环评不预测分析在同时开 2 台设备的情况下对周围环境的影响。

本次估算将 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备铅房的南侧和 YXLON FF35 型工业 CT 铅房的西侧屏蔽体以有用线束照射的主射面进行预测，其它三侧墙体及顶棚以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）进行估算，探伤检测室地下无建筑，底部为混凝土材料，因此不对地面进行屏蔽计算。

11.2.1 计算公式选取

①有用线束的屏蔽估算公式

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

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

式中：

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H₀：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，以 mSv·m²/(mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴。查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1 可知，UNC160 型 X 射线实时成像检测设备 160kV 管电压由内插法可得最大输出量为 20.4mSv·m²/(mA·min)，即 1.22×10⁶μSv·m²/(mA·h)；以保守计算的 YXLON FF35 型工业 CT225kV 管电压由内插法可得最大输出量为 11.4mSv·m²/(mA·min)，即 6.84×10⁵μSv·m²/(mA·h)；

B：屏蔽透射因子，根据给定的屏蔽物质厚度，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录图 B.2 曲线所查出，本项目 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备（160kV 管电压），本项目主射方向设计 8.0mm 铅当量，已知 150kV 铅什值层为 0.96mm，200kV 铅什值层为 1.4mm，用内插法得 160kV 铅什值层为 1.048mm，根据公式（11-2）计算，透射因子为 2.32×10⁻⁸；本项目 YXLON FF35 型工业 CT（225kV 管电压），本项目主射方向设计 32.0mm 铅当量，已知 200kV 铅什值层为 1.4mm，250kV 铅什值层为 2.9mm，用内插法得 225kV 铅什值层为 2.15mm，根据公式（11-2）计算，透射因子为 1.31×10⁻¹⁵；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为 m。

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

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

式中：

X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：什值层厚度，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录 B 表 B.2 可得 160kV 管电压的什值层厚度约为 1.048mm（铅），可得 225kV 管电压的什值层厚度约为 2.15mm（铅）。对于给定屏蔽物质厚度 X，按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 2，UNC160 型 X 射线实时成像检测设备散射后管电压值为 150kV；YXLON FF35 型工业 CT 散射后管电压值为

200kV，因此可得散射时 150kV 管电压的什值层厚度为 0.96mm（铅），可得散射时 200kV 管电压的什值层厚度为 1.4mm（铅）。

②泄漏辐射屏蔽估算公式

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

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

式中：

B：屏蔽透射因子；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为 m；

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ，取值见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，本项目取值 2.5×10^3 。

根据公式（11-2）、（11-3）计算铅房其余三侧及顶棚外 30cm 处等关注点泄漏辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-2。

③散射辐射屏蔽估算公式

对于给定屏蔽物质厚度 X，按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 2，UNC160 型 X 射线实时成像检测设备散射后管电压值为 150kV；YXLON FF35 型工业 CT 散射后管电压值为 200kV。查附录 B 表 B.1 确定相应的辐射屏蔽透射因子 B，确定 90°散射辐射的 TVL，关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按公式（11-4）计算：

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

式中：

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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 ，见附录表 B.1。选取 150kV 管电压时最大的输出量 $18.3 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $1.10 \times 10^6 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；选取 200kV 管电压时最大的输出量 $28.7 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $1.722 \times 10^6 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

B：屏蔽透射因子，根据给定的屏蔽物质厚度，由《工业 X 射线探伤室辐射屏

蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录图 B.1 和图 B.2 曲线所查出，计算保守取 150kV 管电压时 5mm 铅板的屏蔽透射因子为 1.0×10^{-6} ，计算保守取 200kV 管电压时 12mm~18mm 铅板的屏蔽透射因子为 1.0×10^{-6} ；

F: R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α : 散射因子，入射辐射被单位面积（ $1m^2$ ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以用水的 α 值保守估计，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B.4.2， $R_0^2/F \times \alpha$ 因子的值保守取 60（150kV）和 50（200kV~400kV）；

R_0 : 辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

R: 散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

11.2.2 关注点选取

本项目拟建 1 号厂房一层 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备铅房尺寸大小为 2456mm（长）×2410mm（宽）×2336mm（高），铅房内 X 射线管为定向管，定向向南照射；3 号厂房一层 YXLON FF35 型工业 CT 铅房尺寸大小为 2990mm（长）×1550mm（宽）×2220mm（高），铅房内 X 射线管为定向管，定向向西照射。结合场所布局，选取铅房屏蔽体外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处、顶棚外 30cm 处等作为关注点位。各关注点距射线装置靶点距离详见下表，各关注点分布示意图见图 10-3 和图 10-4。

表 11-1 辐射屏蔽计算相关参数一览表

机房	关注点	位置	与辐射点的最小距离(m)	屏蔽参数	需考虑的屏蔽辐射类型
1 号 厂房 一层 探伤 检测 室	1#	铅房东屏蔽体外 30cm 处	1.372+0.3	5mm 铅	泄漏辐射、散射辐射
	2#	铅房南屏蔽体外 30cm 处	2.0+0.3	8mm 铅	有用线束
	3#	铅房西屏蔽体外 30cm 处	1.084+0.3	5mm 铅	泄漏辐射、散射辐射
	4#	铅房北屏蔽体外 30cm 处	0.41+0.3	5mm 铅	泄漏辐射、散射辐射
	5#	工件进出门外 30cm 处	1.084+0.3	5mm 铅	泄漏辐射、散射辐射
	6#	顶棚外 30cm 处	0.706+0.3	5mm 铅	泄漏辐射、散射辐射

3 号 厂房 一层 探伤 检测 室	7#	铅房东屏蔽体外 30cm 处	1.548+0.3	18mm 铅	泄漏辐射、散 射辐射
	8#	铅房南屏蔽体外 30cm 处	0.81+0.3	12mm 铅	泄漏辐射、散 射辐射
	9#	铅房西屏蔽体外 30cm 处	1.442+0.3	32mm 铅	有用线束
	10#	铅房北屏蔽体外 30cm 处	0.74+0.3	18mm 铅	泄漏辐射、散 射辐射
	11#	工件进出门外 30cm 处	0.494+0.3	18mm 铅	泄漏辐射、散 射辐射
	12#	检修防护门外 30cm 处	1.548+0.3	14mm 铅	泄漏辐射、散 射辐射
	13#	顶棚外 30cm 处	1.14+0.3	17mm 铅	泄漏辐射、散 射辐射

11.2.3 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 四周辐射剂量水平预测

(1) X 射线实时成像检测设备和工业 CT 四周主射线辐射剂量率水平预测

X 射线实时成像检测设备和工业 CT 主射线辐射剂量率水平预测参数及结果见表 11-2。

表 11-2 探伤铅房主射线屏蔽墙外环境辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	I (mA)	H ₀ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	R (m)	X (mm)	B	H ($\mu\text{Sv/h}$)
2#	3	1.22×10^6	2.0+0.3	8 (铅)	2.32×10^{-8}	1.61×10^{-2}
9#	3	6.84×10^5	1.442+0.3	32 (铅)	1.31×10^{-15}	8.86×10^{-10}

(2) X 射线实时成像检测设备和工业 CT 主射外方向泄漏辐射剂量率水平预测

根据公式 (11-3)，X 射线实时成像检测设备和工业 CT 除主射面关注点外其他关注点泄漏辐射剂量率水平计算参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 探伤铅房屏蔽墙外泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	$\dot{H}_L$ ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	X (mm)	B	TVL (mm)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	2.5×10^3	1.372+0.3	5mm 铅	1.73×10^{-5}	1.05 (铅)	1.55×10^{-2}
3#	2.5×10^3	1.084+0.3	5mm 铅	1.73×10^{-5}	1.05 (铅)	2.26×10^{-2}
4#	2.5×10^3	0.41+0.3	5mm 铅	1.73×10^{-5}	1.05 (铅)	8.58×10^{-2}
5#	2.5×10^3	1.084+0.3	5mm 铅	1.73×10^{-5}	1.05 (铅)	2.26×10^{-2}
6#	2.5×10^3	0.706+0.3	5mm 铅	1.73×10^{-5}	1.05 (铅)	4.27×10^{-2}

7#	5×10^3	1.548+0.3	18mm 铅	4.25×10^{-9}	2.15 (铅)	6.22×10^{-6}
8#	5×10^3	0.81+0.3	12mm 铅	2.62×10^{-6}	2.15 (铅)	1.06×10^{-2}
10#	5×10^3	0.74+0.3	18mm 铅	4.25×10^{-9}	2.15 (铅)	1.96×10^{-5}
11#	5×10^3	0.494+0.3	18mm 铅	4.25×10^{-9}	2.15 (铅)	3.37×10^{-5}
12#	5×10^3	1.548+0.3	14mm 铅	3.08×10^{-7}	2.15 (铅)	4.51×10^{-4}
13#	5×10^3	1.14+0.3	17mm 铅	1.24×10^{-8}	2.15 (铅)	2.99×10^{-5}

(3) X 射线实时成像检测设备和工业 CT 主射外方向散射辐射剂量率水平预测

根据公式 (11-4)，X 射线实时成像检测设备和工业 CT 除主射面关注点外其他关注点散射辐射剂量率水平计算参数及计算结果见表 11-4。

表 11-4 探伤铅房屏蔽墙外散射辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	R (m)	X (mm)	TVL (mm)	$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	3	1.10×10^6	1.372+0.3	5mm 铅	0.96 (铅)	1/60	1.22×10^{-1}
3#	3	1.10×10^6	1.084+0.3	5mm 铅	0.96 (铅)	1/60	1.77×10^{-1}
4#	3	1.10×10^6	0.41+0.3	5mm 铅	0.96 (铅)	1/60	6.75×10^{-1}
5#	3	1.10×10^6	1.084+0.3	5mm 铅	0.96 (铅)	1/60	1.77×10^{-1}
6#	3	1.10×10^6	0.706+0.3	5mm 铅	0.96 (铅)	1/60	3.36×10^{-1}
7#	3	1.10×10^6	1.548+0.3	18mm 铅	1.4 (铅)	1/50	2.44×10^{-9}
8#	3	1.10×10^6	0.81+0.3	12mm 铅	1.4 (铅)	1/50	1.44×10^{-4}
10#	3	1.10×10^6	0.74+0.3	18mm 铅	1.4 (铅)	1/50	7.68×10^{-9}
11#	3	1.10×10^6	0.494+0.3	18mm 铅	1.4 (铅)	1/50	1.32×10^{-8}
12#	3	1.10×10^6	1.548+0.3	14mm 铅	1.4 (铅)	1/50	1.93×10^{-6}
13#	3	1.10×10^6	1.14+0.3	17mm 铅	1.4 (铅)	1/50	2.52×10^{-8}

(4) X 射线实时成像检测设备和工业 CT 四周辐射剂量率水平汇总

叠加关注点位主射辐射剂量率水平、散射辐射剂量率水平与泄漏辐射剂量率水平，相关计算结果见表 11-5。

表 11-5 各预测点泄漏和散射叠加辐射剂量率结果

关注点	H 泄漏 ($\mu\text{Sv/h}$)	H 散射 ($\mu\text{Sv/h}$)	H 总 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	1.55×10^{-2}	1.22×10^{-1}	1.38×10^{-1}
3#	2.26×10^{-2}	1.77×10^{-1}	2.00×10^{-1}
4#	8.58×10^{-2}	6.75×10^{-1}	7.61×10^{-1}
5#	2.26×10^{-2}	1.77×10^{-1}	2.00×10^{-1}
6#	4.27×10^{-2}	3.36×10^{-1}	3.79×10^{-1}
7#	6.22×10^{-6}	2.44×10^{-9}	6.22×10^{-6}
8#	1.06×10^{-2}	1.44×10^{-4}	1.07×10^{-2}
10#	1.96×10^{-5}	7.68×10^{-9}	1.96×10^{-5}
11#	3.37×10^{-5}	1.32×10^{-8}	3.37×10^{-5}
12#	4.51×10^{-4}	1.93×10^{-6}	4.53×10^{-4}
13#	2.99×10^{-5}	2.52×10^{-8}	2.99×10^{-5}

从理论预测数据可见,在 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 正常工作状态下,1 号厂房一层探伤检测室铅房其余方向的辐射剂量率贡献值最大为 $0.761\mu\text{Sv/h}$,铅房顶棚的辐射剂量率贡献值最大为 $0.379\mu\text{Sv/h}$;3 号厂房一层探伤检测室铅房其余方向的辐射剂量率贡献值最大为 $1.07 \times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$,铅房顶棚的辐射剂量率贡献值最大为 $2.99 \times 10^{-5}\mu\text{Sv/h}$,均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。由于辐射剂量率会随与辐射源距离的增加而显著衰减,因此在铅房周围更远处的辐射剂量率将远小于理论预测辐射剂量率贡献值最大值。

11.2.4 天空反散射的影响分析

由理论计算结果可知,本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 产生的 X 射线穿过顶部屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量最大分别为 $0.379\mu\text{Sv/h}$ 和 $2.99 \times 10^{-5}\mu\text{Sv/h}$,满足关注点 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制值,则穿透屏蔽体顶面后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率远小于 $0.379\mu\text{Sv/h}$ 和 $2.99 \times 10^{-5}\mu\text{Sv/h}$,能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

(GBZ/T250-2014) 中的要求。

11.2.5 局部贯穿辐射影响

本项目在 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备的北侧面板下方设置穿线孔，敷设 5mmPb 防护罩；2 个通风孔位于设备顶部，敷设 5mmPb 防护罩。在 YXLON FF35 型工业 CT 的南侧面板下方设置穿线孔，敷设 5mmPb 防护罩；未设置通风装置。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页的实例证明，“一般经过三次以上散射才能经各类管道散射至探伤室墙外，其经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计”。本项目 X 射线数字成像检测系统穿线孔和通风孔均设置铅防护罩，射线经三次以上散射才能到屏蔽体外，能够满足辐射防护要求。

11.2.6 年有效剂量估算

①居留因子的选取

不同场所与环境条件下的居留因子取值见下表。

表 11-6 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T		停留位置
	典型值	范围	
全居留	1	1	操作台、办公室、邻近建筑物中的驻留区等
部分居留	1/4	1/2-1/5	走廊、休息室、杂物间等
偶然居留	1/16	1/8-1/40	厕所、楼梯、人行道等

②剂量估算

年有效剂量估算公式如下：

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

式中：P 年：年受照剂量，mSv/a；

H：关注点辐射剂量率，μSv/h；

U：使用因子；

T：居留因子；

T：年受照时间，h/a。

根据建设单位提供的资料，该建设单位实际每天检测工作时间为 3h，年工作 300 天，实行两班制。为保守计算，以每间铅房由 1 名辐射工作人员完成所有检测工作进行计算，可计算出每台设备平均每年开机检测的累积时间为 900h/a。

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辐射工作人员和公众的年剂量，具体见表 11-7。

表 11-7 辐射工作人员和公众年有效剂量计算结果

关注点	H ($\mu\text{Sv/h}$)	T (h/a)	T (居留因子)	U (使用因子)	年有效剂量 (mSv/a)
1#	1.38×10^{-1}	900	1	1	1.24×10^{-1}
2#	1.38×10^{-1}	900	1	1	1.24×10^{-1}
3#	2.00×10^{-1}	900	1	1	1.80×10^{-1}
4#	7.61×10^{-1}	900	1/4	1	1.71×10^{-1}
5#	2.00×10^{-1}	900	1	1	1.80×10^{-1}
6#	3.79×10^{-1}	900	1/4	1	8.53×10^{-2}
1 号厂房 铅房操作位	1.61×10^{-2}	900	1	1	1.45×10^{-2}
7#	6.22×10^{-6}	900	1/4	1	1.40×10^{-6}
8#	1.07×10^{-2}	900	1/4	1	2.41×10^{-3}
9#	1.35×10^{-1}	900	1	1	3.04×10^{-2}
10#	1.96×10^{-5}	900	1/4	1	1.76×10^{-5}
11#	3.37×10^{-5}	900	1/4	1	7.58×10^{-6}
12#	4.53×10^{-4}	900	1/4	1	1.02×10^{-4}
13#	2.99×10^{-5}	900	1/4	1	6.73×10^{-6}
3 号厂房 铅房操作位	8.86×10^{-10}	900	1	1	1.99×10^{-10}

由上述理论预测数据可知，本项目辐射工作人员和公众人员的年剂量估算值均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相应“剂量限值”的要求和本次评价提出的年有效剂量管理约束值（工作人员 5mSv，公众 0.25mSv）要求。

11.2.7 屏蔽能力分析

依据《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，结合该公司拟新增 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 初步设计数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该公司拟新增的 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

（1）本项目拟新增 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 的设置均已充分考虑周围的放射安全，且操作位远离主射束方向；结合辐射环境影响预测分析结果可知，

X 射线实时成像检测设备和工业 CT 工件门和各侧屏蔽墙的防护性能均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

（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辐射照射能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“辐射剂量约束值”的要求和本次评价提出的年有效剂量管理约束值（工作人员 5mSv ，公众 0.25mSv ）要求。

因此，该公司拟新增的 UNC160 型 X 射线实时成像检测设备自带屏蔽体的屏蔽能力能达到管电压不大于 160kV 、管电流不大于 3mA 的辐射防护要求；拟新增的 YXLON FF35 型工业 CT 自带屏蔽体的屏蔽能力能达到管电压不大于 225kV 、管电流不大于 3mA 的辐射防护要求。

11.3 臭氧及氮氧化物环境影响分析

X 射线实时成像检测设备和工业 CT 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。

本项目 UNC160 型 X 射线数字成像检测设备设置顶部设置轴流风机进行机械排风，风机风量 $330\text{m}^3/\text{h}$ ，铅房内的废气经机械排风至探伤检测室内，采用铅防护罩屏蔽。本项目 UNC160 型 X 射线数字成像检测设备体积为 13.827m^3 ，理论有效换气次数为 23 次/小时，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。须在探伤检测室内设置机械通风装置，排风管道外口均位于探伤检测室北侧，废气通过排风管道排至探伤检测室外，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境产生影响较小。

本项目 YXLON FF35 型工业 CT 探伤铅房为固定式密闭屏蔽结构，因此厂家设计时未设置通风装置，检测结束后应及时打开铅房防护门进行自然通风，少量臭氧和氮氧化物可通过铅房防护门空气流通无组织排出至探伤检测室内。须在探伤检测室内设置机械通风装置，排风管道外口均位于探伤检测室北侧，废气通过排风管道排至探伤检测室外，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次，每小时通风量不小于 $70.2\text{m}^3/\text{h}$ ，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境产生影响较小。

本项目 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 及所在探伤检测室的通风系统均在工作期间保持开启，以降低铅房基设备所在探伤检测室内臭氧和氮氧化物的浓度，臭氧常温下可自行分解为氧气，故本项目产生的废气对周围的环境影响很小。

11.4 事故影响分析

11.4.1 事故工况

该公司拟使用的射线装置属Ⅱ类射线装置,可能发生的事故工况主要有以下几种情况:

(1) X 射线实时成像检测设备和工业 CT 在作业时,门-机联锁失效,致使防护门未完全关闭,X 射线泄漏到设备外面,给周围活动的人员造成不必要的照射。

(2) 人为故意引起的辐射照射。

(3) 维修过程中也可能出现事故。

11.4.2 事故后果

X 射线实时成像检测设备和工业 CT 属于Ⅱ类射线装置,为中危险射线装置,事故可能引起急性放射性损伤。长时间、大剂量照射甚至导致死亡。

11.4.3 事故预防措施

为了杜绝事故发生,公司分析事故发生的原因,此类事故大部分是忽视辐射安全管理,违规操作造成的辐射事故。为有效预防各类辐射事故发生,建议企业采取以下事故预防措施:

(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) 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求,建设单位须制定《放射防护安全管理机构及职责》《岗位职责》《射线装置使用登记制度》《辐射防护和安全保卫制度》《设备检修维护制度》《操作规程》《事故应急预案》《人员培训计划》《监测方案》等制度。

凡涉及对 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 进行操作,必须按操作规程执行,探伤作业时,至少有 2 名操作人员同时在场,操作人员按照操作规程进行操作,并做好个人的防护,并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置;

(3) 每月检查 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 的门机联锁装置和门灯联锁装置,确保在防护门关闭后,X 射线实时成像检测设备和工业 CT 才能进行照射;

(4) 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。

（5）公司所有辐射工作人员需参加辐射安全与防护培训，并需取得合格证书，所有辐射工作人员均需持证上岗。

发生辐射事故时，现场操作人员或工作人员应当立即切断电源，并立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成超剂量照射的，还应当同时向当地卫生行政部门报告。对于射线装置被盗事故还应向公安部门报告。

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。

本项目为建设单位首次开展核技术利用建设项目，目前处于筹建阶段。建设单位承诺尽快成立辐射安全与环境保护管理机构，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，确定管理机构领导、成员及辐射防护管理专（兼）职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。项目相关人员职责如下：

1、组长职责

（1）组长全面负责本单位射线装置安全管理工作。

（2）根据本单位实际情况主持射线装置的安管理工作，指定各小组成员职责，对辐射安全防护小组人员的工作做全面的督导和统筹安排，定期检查。在每年年末完成当地环保部门的射线装置使用年度自评。

（3）审核单位射线装置安全管理制度的制定，并督促制度的实施，不定期检查成效，提出指导意见。定期组织辐射工作人员参加辐射安全培训，全面了解辐射安全与防护管理工作。

2、组员职责

（1）辐射工作人员严格按照操作规程进行操作，做好使用登记，不定期检查机器性能是否完好，做好维护和维修，并做好维护和维修记录。

（2）辐射工作人员定期参加省环保部门组织的辐射安全与防护培训，并不定期参加地方辐射安全培训。

（3）定期检查射线装置使用现场的安全情况，检查现场安全使用措施的完好，及时更换有安全隐患的措施，切实加强防范措施。

（4）监督落实射线装置使用现场的安全防护工作。

(5) 技术员负责设备定期维护检查，一有故障异常及时与厂家联系沟通解决方案。

12.1.2 辐射人员管理

(1) 个人剂量检测

建设单位拟为新增的 6 名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，个人剂量档案将终生保存。

(2) 辐射工作人员培训

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）精神，所有辐射工作人员必须通过生态环境部举办的辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）自主培训并参加 X 射线探伤专业考核取得成绩单，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。建设单位拟新增的 6 名辐射工作人员，由公司现有员工参加生态环境部组织的辐射安全与防护平台自主学习，考核合格后上岗，并按时每五年重新进行考核。

(3) 辐射工作人员职业健康体检

新增辐射工作人员上岗前，将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将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。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，公司将对其进行离岗前的职业健康检查，并建立个人健康档案。建设单位拟组织 2 名新增辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，建立个人健康档案，并终生保存，并每 2 年进行在岗期间体检，离岗前进行离岗体检。

12.1.3 辐射安全和防护状况年度评估报告

建设单位核技术利用项目正式开展后，将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

全和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，建设单位承诺将制定以下方面的管理制度：

辐射安全和防护保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 的保管、运行和维修时的辐射安全管理。

X 射线实时成像检测设备和工业 CT 安全操作规程：明确辐射工作人员资质条件要求、X 射线实时成像检测设备和工业 CT 操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 无损检测时的操作步骤，明确每次 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 工作前，操作人员应检查 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 的安全联锁、报警设备和警示灯等的性能，确保辐射安全措施的有效性。

设备检修维护制度：明确射线装置及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保射线装置及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。重点是明确：每个月对射线装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对射线装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。

辐射工作人员岗位职责：明确管理人员、辐射工作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

射线装置使用登记和台账管理制度：应记载 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置

的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度，制定 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 的使用登记制度。

人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

人员管理制度：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质单位进行监测，公司明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，并做好岗前监测；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，公司建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

辐射环境监测制度：购置辐射监测仪器等设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测方式有公司自主监测与有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，并定期上报生态环境行政主管部门。

辐射事故应急预案：根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号文）的要求，公司应成立单位负责人为领导的辐射事故应急领导小组。针对可能产生的辐射污染情况制定事故应急制度，该制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附上各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的故事情节；演练参与人员等。

自行检查和年度评估制度：定期对射线装置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终生保存；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终生保存。

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。

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《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，使用II类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。公司拟为辐射工作人员配置 6 台个人剂量报警仪和 6 枚个人剂量计，配备 2 台便携式辐射剂量率仪。

12.3.2 个人剂量监测

辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计须定期（一般为一个月，最长不超过三个月）送检。公司将建立剂量约束值和剂量评价制度，对受到超剂量约束值的进行评价，跟踪分析高剂量的原因，优化实践行为，并指定专职辐射管理人员负责对个人剂量检测结果（检测报告）统一管理，建立档案，个人剂量档案将终生保存。

12.3.3 探伤工作场所辐射监测

本项目正式投入使用后，公司将定期（每年 1 次）委托有资质的单位对设备周围环境进行监测，并建立监测档案，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；年度监测报告将作为《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，监测数据存档备案，监测周期每季度 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：监测布点将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 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

场所名称	监测内容	监测项目	监测点位	监测依据	监测周期
X射线实时成像检测设备和工业 CT	周围剂量当量率	年度监测	X 射线实时成像检测设备和工业 CT 各侧屏蔽墙、工件门及缝隙处、操作位、管线洞口及评价范围内其他人员常驻留位置	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）	1 次/年
		自主监测			1 次/季
		验收监测			竣工验收
	个人剂量检测	个人剂量当量	所有辐射工作人员	《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）	常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月

12.3.4 环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 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

为有效预防和及时控制突发放射性事故，规范放射工作防护管理和突发放射性事故的应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，切实保障工作人员及公众的生命安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）、其它有关法律法规的规定和职能管理部门要求，企业须结合自身实际，建立《辐射事故应急预案》。

对突发放射性事故，企业坚持以预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的

方针，建立和加强相应的监测、应急制度，做到及时发现、及时报告、快速反应、及时控制。同时要不断完善应急反应机制，增强应急处理能力，实现应急工作的科学化、规范化。

（1）组织机构及职责

①由辐射安全与环境保护管理机构全面负责辐射事故的应急处理，保障事故处理的有效性、快捷性。

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

③辐射安全与环境保护管理机构其它成员在总指挥的统一领导下，开展事故现场救援、调查处理和善后处理工作。

（2）应急处置程序

①发生放射性事故时，现场工作人员立即采取切断射线装置电源，并报告公司领导。

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

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

④事故发生后，企业认真配合生态环境部门进行调查。

（3）还需包括辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

（4）该公司每年至少组织一次事故应急演练，演习报告存档。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目工程概况

长兴华阳精机有限公司拟在浙江省湖州市长兴县太湖街道,太湖大道北侧钱家斗路东侧 1 号厂房一层探伤检测室配备一套型号为 UNC160 的 X 射线实时成像检测设备(定向机,最大管电压 160kV、最大管电流 3mA)和 3 号厂房一层探伤检测室配备一套型号为 YXLON FF35 的工业 CT(定向机,最大管电压 225kV、最大管电流 3mA),均用于压铸产品的无损检测。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

辐射安全与防护分析表明,本项目射线装置的辐射屏蔽设计方案、工作场所布局和分区、各项辐射安全与防护措施等均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)等国家相关标准的要求。辐射安全管理措施分析表明,建设单位拟制定辐射安全管理制度和辐射事故应急预案,人员培训和辐射监测计划等均符合相关法规的要求。

13.1.3 辐射安全管理结论

公司在从事辐射操作前,必须成立辐射防护安全管理机构,并以文件的形式明确各成员的管理职责。还须制定辐射安全和防护保卫制度、X 射线实时成像检测设备和工业 CT 安全操作规程、设备检修维护制度、辐射工作人员岗位职责、射线装置使用登记和台账管理制度、人员培训计划、人员管理制度、辐射环境监测制度、辐射事故应急预案、自行检查和年度评估制度、辐射安全档案管理制度等相关规章制度。

公司应组织所有辐射工作人员参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识,经考核合格后方可上岗,并按要求及时参加复训。

公司应为所有辐射工作人员配备个人剂量计,定期送检有资质的单位(常规监测周期一般为 1 个月,最长不应超过 3 个月),并建立个人剂量档案。辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检,且须在岗期间每一年或两年进行一次职业病健康体检,并建立完整的职业健康档案。个人剂量档案和职业健康监护档案应终身保存。

公司应按本报告提出的要求更新辐射事故应急预案，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.4 环境影响分析结论

理论分析表明，本项目拟新增 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 四周辐射剂量率最大为 $0.761\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的周围剂量当量率控制要求；理论分析表明，本项目辐射工作人员的年有效受照剂量为 $1.45\times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ，公众的年有效受照剂量为 $1.80\times 10^{-1}\text{mSv/a}$ ，分别低于职业照射（ 5mSv/a ）和公众照射（ 0.25mSv/a ）剂量约束值，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。

13.1.5 可行性分析结论

（1）土地利用总体规划符合性

本项目位于浙江省湖州市长兴县太湖街道，太湖大道北侧钱家斗路东侧 1 号厂房一层探伤检测室和 3 号厂房一层探伤检测室，用地性质为工业用地，符合土地利用要求。

（2）产业政策符合性分析

本项目属于核技术在工业领域内的运用，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）》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）实践的正当性

长兴华阳精机有限公司新增 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 项目是为了实现对产品的无损检测，提高产品的质量与生产安全。其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合标准中关于“剂量限值”的要求。因而，该单位使用 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 符合辐射防护“正当实践”原则。

（4）项目可行性分析

长兴华阳精机有限公司新增 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 项目，具有实践正当性，选址基本合理，符合湖州市长兴县三线一单的要求。在落实本评价报告所提出的各项污染防治和辐射环境管理措施后，该企业将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其拟新增的 X 射线实时成像检测设备和工业 CT 运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境

角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

（1）应结合工作实际情况对辐射安全管理制度进行不断修改和完善；

（2）应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

13.2.2 承诺

（1）承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

（2）承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

（3）承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

（4）承诺制定各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。

（5）承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

（6）承诺本项目环评审批后，重新申领辐射安全许可证。

（7）承诺在本项目正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

表 14 审批

下一级生态环境部门初审意见：	
经办人	公章 年 月 日
审批意见：	
经办人	公章 年 月 日