

报告编号：WKFHP-24076

核技术利用建设项目

浙江联茂建设工程有限公司

X 射线固定式探伤建设项目

环境影响报告表

(公示稿)

浙江联茂建设工程有限公司

2025 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江联茂建设工程有限公司
X 射线固定式探伤建设项目
环境影响报告表



建设单位名称：浙江联茂建设工程有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）

通讯地址：浙江省台州市临海市杜桥镇东盛路 40 号

邮政编码： 联系人：

电子邮箱： 联系电话：

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	6
表 3	非密封放射性物质	6
表 4	射线装置	7
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	8
表 6	评价依据	9
表 7	保护目标与评价标准	12
表 8	环境质量和辐射现状	19
表 9	项目工程分析与源项	24
表 10	辐射安全与防护	30
表 11	环境影响分析.....	37
表 12	辐射安全管理	52
表 13	结论与建议	58
表 14	审批	62

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江联茂建设工程有限公司 X 射线固定式探伤建设项目			
建设单位		浙江联茂建设工程有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省台州市临海市杜桥镇东盛路 40 号			
项目建设地点		浙江省台州市临海市杜桥镇东盛路40号生产车间西南侧			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		50	项目环保投资 (万元)	20	投资比例(环保 投资/总投资) 40%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²) 150
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类(医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位简介

浙江联茂建设工程有限公司（以下简称公司）成立于 2004 年 12 月，公司注册地址为浙江省台州市临海市杜桥镇东盛路 40 号。根据产权文件，浙江联茂建设工程有限公司持有厂区产权，浙江扬腾朗朗贸易有限公司（浙江联茂建设工程有限公司的子公司，所属行业为批发业）为租赁。公司主要业务为压力容器的生产和销售。

公司的主体工程为金属压力容器制造，属于金属制品业中的金属压力容器制造（C3332），目前已建成投产，其生产工艺仅为切割、焊接、组装工件。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》，公司主体生产工程属于项目类别 66（集装箱及金属包装容器制造 333），需要编制报告表的工艺为“仅分割、焊接、组装的除外；年用非溶剂型低 VOCs 含量涂料 10 吨以下的除外”，故不需编制建设项目环境影响报告表（书）或填报环境影响登记表。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

为满足企业生产的产品无损检测的需要，建设单位拟在浙江省台州市临海市杜桥镇东盛路 40 号生产车间西南侧建设 1 间探伤室及配套控制室、评片室、暗室、危废暂存间等辅助用房，并购置 2 台 X 射线探伤机（一台定向、一台周向，型号待定，最大管电压均为 350kV，最大管

电流均为 5mA) 对自生产的压力容器等产品进行无损检测。

根据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号关于《发布射线装置分类的公告》：本项目使用 2 台 X 射线探伤机属于 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：172、核技术利用建设项目 使用 II 类射线装置的”，因此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》。

为保护环境，保障公众健康，浙江联茂建设工程有限公司正式委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行辐射环境影响评价（见附件 1）。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016) 的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.1.3 项目建设内容与规模

本项目位于浙江省台州市临海市杜桥镇东盛路 40 号生产车间内，生产车间为双层建筑，一层层高为 6m，车间二层为闲置层，无地下室。

公司于生产车间西南侧拟建 1 间探伤室及配套控制室、评片室、暗室、危废暂存间等辅助用房。公司拟购置 2 台 X 射线探伤机（一台定向、一台周向），型号待定，最大管电压均为 350kV，最大管电流均为 5mA，均为 II 类射线装置，对自生产的压力容器等产品进行无损检测。

射线装置参数详见表 1-1。

表1-1 本项目射线装置配置一览表

设备名称	类别	规格型号	数量	最大管电压	最大管电流	主射方向	工作场所	备注
X射线探伤机（定向）	II类	待定	1	350kV	5mA	西侧	生产车间西南侧探伤室	拟购
X射线探伤机（周向）	II类	待定	1	350kV	5mA	垂直周向，朝向西侧、东侧、顶棚、地面	生产车间西南侧探伤室	拟购

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 公司地理位置

浙江联茂建设工程有限公司位于浙江省台州市临海市杜桥镇东盛路 40 号，公司东侧紧邻田地，南侧紧邻河流，隔河为绿化带，西侧为浙江台悦工贸有限公司（在建，所属行业为制造业），北侧为东盛路，隔路为台州市通顺铸造有限公司，地理位置详见附图 1，周围环境情况见附图 2。

1.2.2 项目周边环境概况

本项目探伤室位于浙江省台州市临海市杜桥镇东盛路 40 号生产车间西南侧，生产车间东侧为田地（距探伤室约 90m），南侧紧邻厂区道路（距探伤室约 8m），再南侧 50m 范围内为河流和绿化带，西侧紧邻厂区道路，再西侧为浙江台悦工贸有限公司（距探伤室约 45m），北侧紧邻厂区道路。

探伤室东侧约 3m 为清洁生产线和试压区，再东侧约 32m 为浙江扬腾朗朗贸易有限公司（与浙江联茂建设工程有限公司共用车间，层高为 6m），南侧紧邻控制室、评片室和暗室，再南侧约 4m 为楼梯间，西北侧为焊接区，北侧紧邻待检测工件区，楼上为闲置层，无地下室。

1.2.3 环境保护目标

参照《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）评价范围的相关规定，本项目射线装置为Ⅱ类射线装置，并且设置了专门的探伤室作为射线装置的实体屏蔽。因此，本次评价从偏安全的角度考虑，以探伤室墙体外 50m 的区域作为评价范围。本项目环境保护目标为评价范围内的辐射工作人员及周边公众。

1.3 相关规划符合性分析

1.3.1 用地规划符合性分析

本项目位于浙江联茂建设工程有限公司生产车间西南侧，不新增土地。根据企业提供的不动产权证（见附件 4），本项目用地性质为工业用地，且周围无环境制约因素，符合土地利用规划。

1.3.2 与临海市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

根据《临海市生态环境分区管控动态更新方案》（临政发[2024]11 号），生态环境分区管控是以改善生态环境质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。

（1）生态保护红线

根据《临海市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“台州市临海市头门港产业集聚重点管控单元（编号：ZH33108220096）”，属于重点管控单元（见附图 10）。与临海市“三区三线”图（见附图 11）对比，此区域不涉及生态保护红线。

（2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周

边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

(3) 资源利用上线

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

(4) 生态环境准入清单

根据《临海市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“台州市临海市头门港产业集聚重点管控单元（编号：ZH33108220096）”，属于重点管控单元，该管控单元生态环境准入清单见表 1-3。

表 1-3 本项目所在管控单元生态环境准入清单

生态环境管控要求		本项目状况	符合性分析
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，进一步调整和优化产业结构，逐步提高区域产业准入条件。重点加快园区整合提升，完善园区的基础设施配套，不断推进产业集聚和产业链延伸。重点发展现代医药、高端装备、汽摩及零配件、新能源汽车、新能源与节能环保装备等产业。加强医药行业的产业结构调整，严格按照台州市医药产业发展规划和医药产业环境准入指导意见要求进行管控。 合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目不属于三类工业项目。企业现有厂区周边已设置隔离带，确保居住环境安全和群众身体健康。	符合
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。加强污水处理厂建设及提升改造，深化工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强区域内医化、电镀、制革等重点涉水污染企业整治，实施工业企业废水深度处理，严格重污染行业重金属和高浓度难降解废水预处理和分质处理，加强对纳管企业总氮、盐分、重金属和其他有毒有害污染物的管控，强化企业污染治理设施运行维护管理。全面推进医化、制革等重点行业 VOCs 治理和工业废气清洁排放改造，强化工业企业无组织排放管控。二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物全面执行国家排放标准大气污染物特别排放限值，深入推进工业燃煤锅炉烟气清洁排放改造。加强土壤和地下水污染防治与修复。推动企业绿色低碳技术改造。新建、改建、扩建高耗能、高排放项目须符合生态环境保护法律法规和相关法定规划，强化“两高”行业排污许可证管理，推进减污降碳协同控制。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项目，不涉及污染物总量控制，产生的危险废物不外排，委托有资质单位定期处置。	符合
环境风险防控	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。相关企业按规定编制环境突发事件应急预案，重点加强事故废水应急池建设，以及应急物资的储备和应急演练。强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，落实产业园区应急预案，加强风险防控体系建设，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制。	本项目落实防控措施，公司按规定编制环境突发事件应急预案，建立隐患排查整治监管机制。	符合

资源开发率要求	推进重点行业企业清洁生产改造，大力推进工业水循环利用，减少工业新鲜水用量，提高企业中水回用率。落实最严格水资源管理制度，落实煤炭消费减量替代要求，提高能源使用效率。	本项目主要能源为电能，项目电能主要依托市政电力管网，且利用效率高。总体而言，本项目符合资源利用上线的要求。	符合
---------	--	---	----

综上，本项目的建设能够符合临海市生态环境分区管控动态更新方案的要求。

1.4 选址合理性分析

本项目位于浙江联茂建设工程有限公司生产车间西南侧，不新增土地。同时，本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素。项目探伤室周围 50m 范围内无自然保护区、风景名胜區、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

1.5 产业政策符合性分析

结合中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

1.6 实践正当性分析

X 射线探伤在工业上的应用在我国是一门成熟的核技术应用实践，对保证产品质量方面有十分重要的作用。本项目的实施将会有效的提升企业的产品质量和产品的合格率，其产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，经辐射屏蔽防护和安全管理后，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的年有效剂量符合剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因此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》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，为企业首次开展核技术利用项目。

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
本项目不涉及								

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活 动 种 类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (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）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
本项目不涉及										

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	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 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	待定	350	5	室内探伤	生产车间西南侧探伤室	拟购
2	X 射线探伤机（周向）	Ⅱ类	1 台	待定	350	5	室内探伤	生产车间西南侧探伤室	拟购

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素 名称	活 度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	排放至大气外环境中，经大气扩散稀释，臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气。
废显（定）影液	液态	/	/	/	100kg	/	废显（定）影液、洗片废液密闭置于包装桶内，废胶片置于包装袋内，分类、分区存放在生产车间危废暂存库内	委托有资质的单位处理
洗片废液	液态	/	/	/	125kg	/		
废胶片	固态	/	/	/	51.5kg	/		

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

法律文件	(1)《中华人民共和国环境保护法(2014 年修订)》，主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起施行； (2)《中华人民共和国环境影响评价法(2018 年修订)》，主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日起施行； (3)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法(2020 年修订)》，主席令第四十三号，2020 年 9 月 1 日起施行； (4)《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行； (5)《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； (6)《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 709 号，2019 年 3 月 2 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 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法(2021 年修改)》，生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； (9)《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (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，原国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日起施行； (11)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发； (12)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》，生态环境部令 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (13)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部 11 令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行； (14)《国家危险废物名录(2025 年版)》，2024 年 11 月 26 日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令 36 号公布，自 2025
------	---

	年1月1日起施行； (15)《危险废物转移管理办法》，2021年11月30日生态环境部、公安部、交通运输部令 第23号公布，2022年1月1日起施行； (16)《关于发布<建设项目危险废物环境影响评价指南>的公告》，原环境保护部公告 2017年第43号，2017年9月1日印发； (17)《产业结构调整指导目录（2024年本）》中华人民共和国国家发展和改革委员会第7号令，2024年2月1日起施行； (18)《浙江省生态环境保护条例》，2022年5月27日浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第71号通过，2022年8月1日起施行； (19)《浙江省固体废物污染环境防治条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第80号，2006年3月29日通过，2022年9月29日修订通过，2023年1月1日起施行； (20)《浙江省建设项目环境保护管理办法（2021年修正）》，浙江省人民政府令 第388号，2021年2月10日起施行； (21)《浙江省辐射环境管理办法（2021年修正）》，浙江省人民政府令 第388号，2021年2月10日起施行； (22)《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，浙江省生态环境厅，2025年2月2日起施行； (23)《临海市人民政府关于印发<临海市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，临政发[2024]11号，临海市人民政府，2024年7月11日印发。
技术标准	(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； (2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (3)《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； (4)《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第1号修改单； (5)《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (6)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (7)《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

	(8)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021); (9)《辐射事故应急监测技术规范》(HJ 1155-2020); (10)《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023), 2023年7月1日实施; (11)《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022), 2023年7月1日实施。
其他	(1) 环评委托书, 见附件1; (2) 建设单位提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016) 的规定：“放射源和射线装置的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，结合本项目的辐射污染特点（II类射线装置），确定评价范围为探伤室边界外 50m 的区域，评价范围示意图见附图 2。

7.2 保护目标

本项目主要环境保护目标为评价范围50m内从事探伤操作的辐射工作人员及探伤室周围的公众成员，具体见表7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标基本情况

场所位置	环境保护目标	方位	关注点名称	与探伤室边界最近距离(m)	人数	受照类型	年剂量约束值(mSv)
探伤室	辐射工作人员	南侧	控制室、评片室、暗室	紧邻	2 人	职业照射	5.0
	非辐射工作人员	东侧	清洁生产线和试压区	约 3	约 3 人	公众照射	0.25
			浙江扬腾朗朗贸易有限公司	约 32	约 20 人		
		南侧	公司内部楼梯间	约 4	约 5 人		
			南侧厂区道路	约 8	约 5 人次/天		
		西北侧	焊接区	约 15	约 5 人		
		西侧	厂区西侧道路	约 35	约 5 人次/天		
			浙江台悦工贸有限公司	约 45	约 20 人		
		北侧	待检测工件区	紧邻	约 3 人		
			北侧切割工作区	约 20	约 5 人		
		上方	车间二层	约 1	约 5 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》(GB 18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

(1) 防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了

经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束的潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

(2) 辐射工作场所的分区

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

(3) 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1.1 应对任何工作人员的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

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

(4) 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 6.1.3 条款：“对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周。”1 年按 50 周考虑，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，故本次评价取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 25%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表 7-2。

表7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5.0mSv/a
公众照射有效剂量	0.25mSv/a

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），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。本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

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

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

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

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

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

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

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

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

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

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

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.1.1 探伤室墙和入口处周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周剂量当量（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 ($H_{c,d}$): 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: $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$; 公众: $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

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

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

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或者探伤室旁邻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, 距探伤室顶外表面 30cm 处和 (或) 在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2a) 的条件外, 应考虑下列情况:

穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤房外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和, 应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

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

3.3 其他要求

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

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

3.3.3 屏蔽设计中, 应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

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

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间, 常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

7.3.4 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)

本标准规定了危险废物贮存污染控制的总体要求、贮存设施选址和污染控制要求、容器和包装物污染控制要求、贮存过程污染控制要求，以及污染物排放、环境监测、环境应急、实施与监督等环境管理要求。

6.1.1 贮存设施应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物。

6.1.2 贮存设施应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。

6.1.3 贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝。

6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1m 厚黏土层（渗透系数不大于 10^{-7}cm/s ），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于 10^{-10}cm/s ），或其他防渗性能等效的材料。

6.1.5 同一贮存设施宜采用相同的防渗、防腐工艺（包括防渗、防腐结构或材料），防渗、防腐材料应覆盖所有可能与废物及其渗滤液、泄漏液等接触的构筑物表面；采用不同防渗、防腐工艺应分别建设贮存分区。

6.1.6 贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

7.3.5 项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）等评价标准，确定本项目的管理目标。

①工作场所剂量率控制水平：本项目探伤室顶棚上方为生产车间二层，探伤室无地下室，因此探伤室四侧墙体、顶棚及防护门表面外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②剂量约束值：职业人员年有效剂量不超过 5mSv；公众年有效剂量不超过 0.25mSv。

③探伤室内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。

④危险废物：危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中的相关要求。危险废物还应按《危险废物转移管理办法》、《危险废物污染防治技术政策》（环发[2001]199号）的规定进行分类管理、存放、运输和处理处置。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

8.1.1 项目地理位置

本项目探伤室位于浙江省台州市临海市杜桥镇东盛路 40 号，生产车间东侧紧邻田地（距探伤室约 90m），南侧紧邻厂区道路（距探伤室约 8m），再南侧 50m 范围内为河流和绿化带，西侧紧邻厂区道路，再西侧为浙江台悦工贸有限公司（距探伤室约 45m），北侧紧邻厂区道路。地理位置详见附图 1，周围环境情况见附图 2。

8.1.2 项目场所位置

探伤室东侧约 3m 为清洁生产线和试压区，再东侧约 32m 为浙江扬腾朗朗贸易有限公司（与浙江联茂建设工程有限公司共用车间，层高为 6m），南侧紧邻控制室、洗片室和暗室，再南侧约 4m 为楼梯间，西北侧为焊接区，北侧紧邻待检测工件区，楼上为闲置层，无地下室。

8.2 辐射环境质量现状评价

8.2.1 环境现状评价对象

本项目探伤工作场所及周边环境。

8.2.2 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率

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）和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）要求，结合现场条件，对本项目探伤室拟建址及周围进行监测布点，共布设15个监测点位，布点情况见图8-1、8-2，监测报告见附件5。

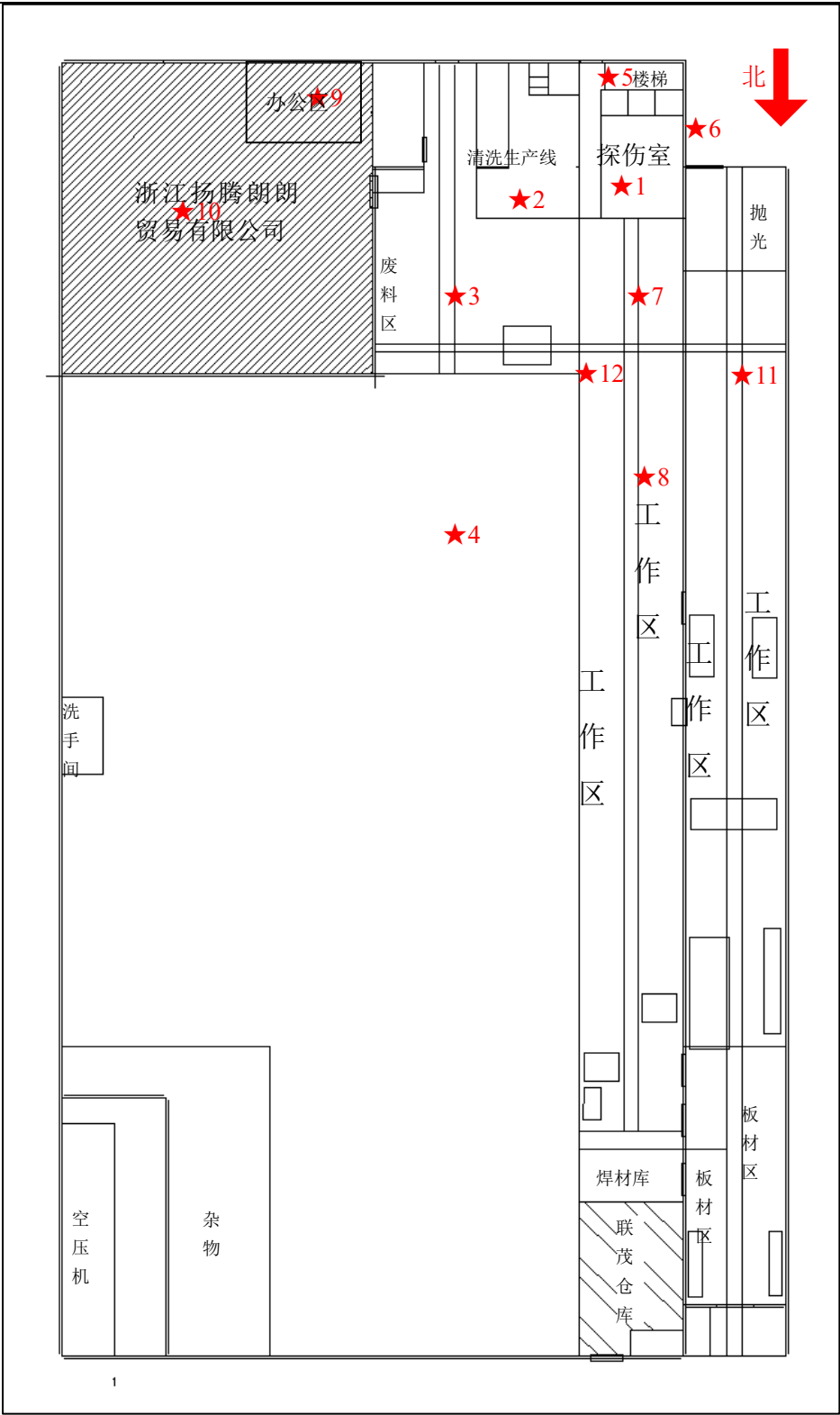


图 8-1 辐射工作场所辐射本底监测点位示意图

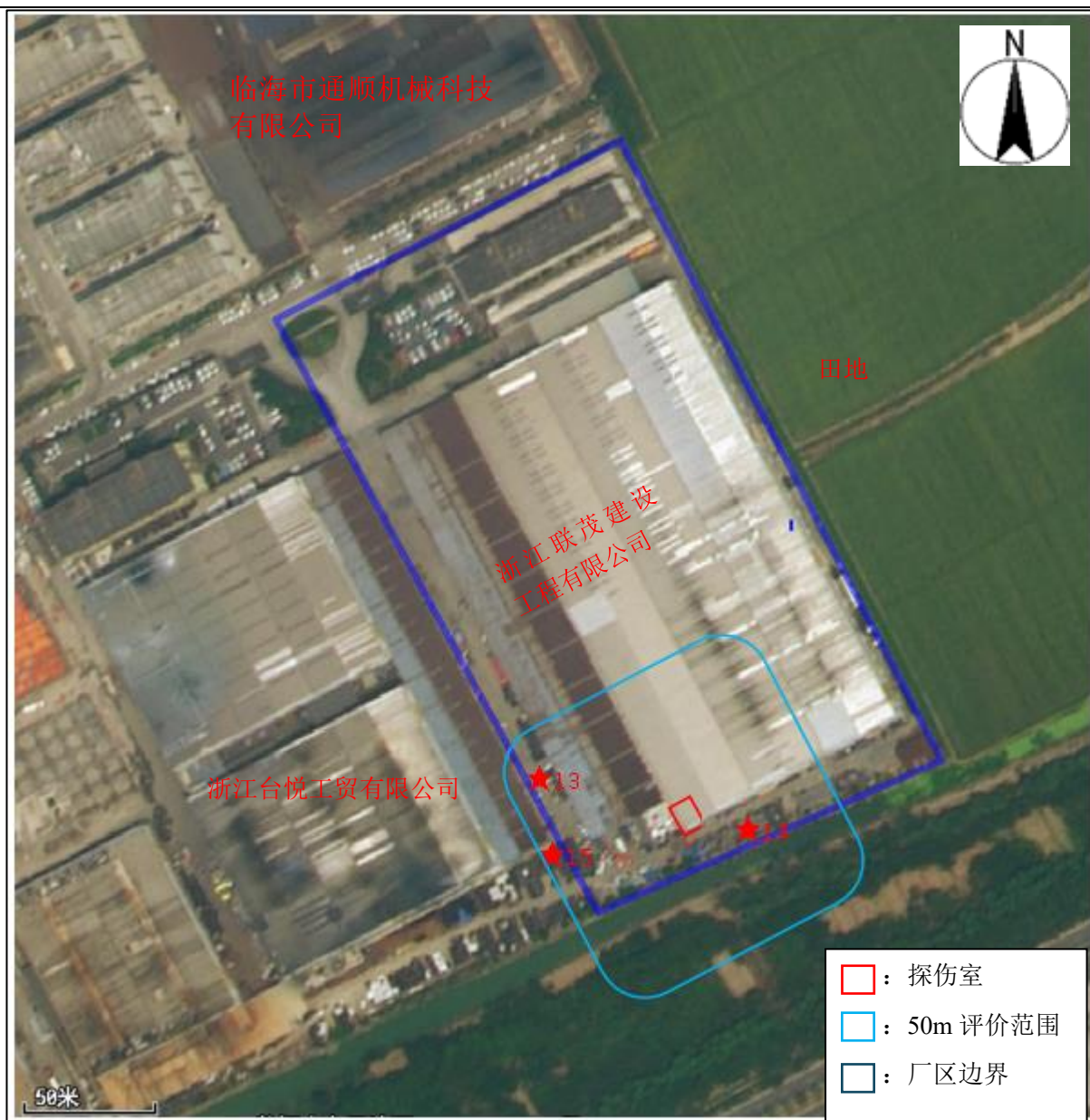


图 8-2 辐射工作场所辐射本底监测点位示意图

8.2.4 监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司（资质证书编号：211112051235）；
- (2) 监测时间：2024 年 10 月 24 日；
- (3) 监测方式：现场检测；
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 监测频次：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以 10 秒的间隔读取 10 个数据；
- (6) 监测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：多云；室外温度：21℃；室内温度 25℃；相对湿度 53%。
- (8) 监测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表 8-1 监测仪器设备参数

监测仪器	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H (内置探头: 6150 AD-b/H 外置探头: 6150 AD 6/H)
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头: $0.05\mu\text{Sv/h}\sim 99.99\mu\text{Sv/h}$ 外置探头: $0.01\mu\text{Sv/h}\sim 10\text{mSv/h}$
能量范围	内置探头: $20\text{keV}\sim 7\text{MeV}\leq\pm 30\%$ 外置探头: $60\text{keV}\sim 1.3\text{MeV}\leq\pm 30\%$
检定证书编号	2024H21-20-5106288001
检定证书有效期	2024 年 2 月 23 日~2025 年 2 月 22 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 C_f	1.05
探测限值	10nSv/h

8.2.5 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位, 保证各监测点位布设的科学性和可比性, 同时满足标准要求。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准, 检测人员经考核并持合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定, 检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度, 经过校核、审核, 最后由技术负责人审定。

8.2.6 监测结果及评价

监测结果见表8-2。

表8-2 本项目拟建场所及周围环境辐射本底监测结果

位点编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
★1	拟建探伤室内	92	2	室内
★2	清洁生产线	107	4	室内
★3	拟建探伤室东侧安全道路	106	4	室内
★4	拟建探伤室东北侧内部厂区	108	4	室内
★5	拟建探伤室南侧楼梯	94	2	室内
★6	拟建探伤室西侧外相邻	75	4	室外
★7	拟建探伤室北侧待检测工件区	85	1	室内
★8	拟建探伤室北侧工作区	95	5	室内
★9	东侧浙江扬腾朗朗贸易有限公司办公区	88	3	室内
★10	东侧浙江扬腾朗朗贸易有限公司工作区	102	2	室内
★11	拟建探伤室西北侧焊接区	61	3	室内

★12	工厂二层区域	68	3	室内
★13	厂区西侧道路	60	2	室外
★14	厂区南侧道路	63	4	室外
★15	厂区西侧相邻企业（浙江台悦工贸有限公司）	69	5	室外

注：

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

2、本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

3、环境 γ 辐射剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 31.3nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，6#、13#、14#和 15#取 1，其余点位取 0.8。

由表8-2可知：本项目拟建探伤工作场所及周围环境室内 γ 辐射空气吸收剂量率范围61nGy/h~108nGy/h，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为60nGy/h~75nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，台州市室内的 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为59nGy/h~200nGy/h，临海市道路上 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为50nGy/h~139nGy/h。因此，本项目工作场所拟建场所及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

9.1.1 建设阶段工艺流程

本项目拟在生产车间内新建一间探伤室及配套用房，故本环评对建设阶段污染源强进行简要分析。

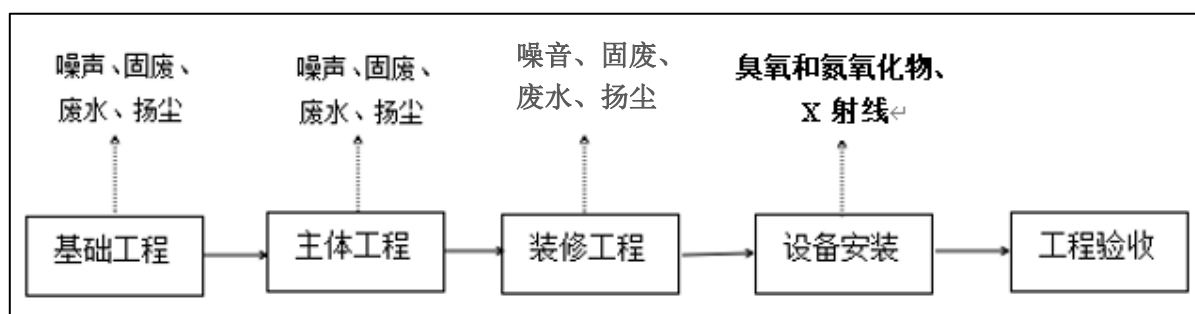


图 9-1 建设阶段工艺流程及污染物产生环节图

项目建设阶段产生的污染物主要包括：

（1）扬尘

施工过程中产生的扬尘，属于无组织排放，主要通过施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

（2）噪声

施工期噪声包括各类机械和运输车辆的噪声以及装修改造产生的噪声，由于施工范围小，工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。

（3）固体废物

施工中产生的废弃物（如废材料、建筑垃圾等）以及施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。

（4）废水

施工期产生的废水主要为施工人员的生活污水，依托企业现有的生活污水处理设施处理。

（5）废气

设备调试阶段产生的废气主要为少量臭氧、氮氧化物。因设备调试时间短，并仅在探伤室内进行，对周围环境空气质量影响较小。

（6）X 射线

设备调试阶段产生的 X 射线。由于设备的安装和调试均在探伤室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。

9.1.2 建设阶段污染源项

本项目建设阶段污染源项主要为扬尘、噪声、固废、废水、X射线、臭氧和氮氧化物。

9.2 工艺设备和工艺分析

9.2.1 探伤机的特点及作业方式

工业 X 射线探伤机，包括 X 射线管头组装体、控制箱及连接电缆在内的对物体内部结构进行 X 射线摄影或断层检查的设备总称。浙江联茂建设工程有限公司配置的 X 射线探伤机具有体积小、重量轻、操作简单、自动化程度高等特点。为延长 X 射线探伤机使用寿命，探伤机按工作时间和休息时间以 1: 1 方式工作和休息，确保 X 射线管充分冷却，防止过热。



图 9-2 典型的 X 射线探伤外观示意图

9.2.2 工作原理

X射线探伤机是利用X射线对物件进行透射拍片的检测装置。通过X射线管产生的X射线对受检工件焊缝处所贴的感光片进行照射，当X射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X射线探伤机就据此实现探伤目的。

X射线探伤机主要由X射线管头组装体、控制箱和连接线缆组成。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熔金属（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9-3。

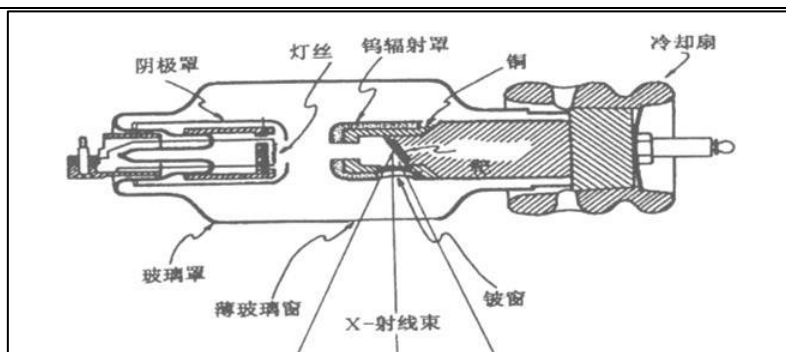


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

9.2.3 工艺流程及产污环节

公司 X 射线探伤工作在固定的探伤室内，探伤作业时，X 射线定向探伤装置拟放置在探伤室东部位位置，X 射线周向探伤机拟放置在探伤室轨道中心的位置，探伤室与生产车间相通，将需要进行探伤的工件用平板车轨道送入探伤室内，探伤机位置根据工件位置调整。将探伤工件送入探伤室且调整好探伤机位置后，工作人员在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号。检查无误后，工作人员撤离探伤室，并将探伤室防护门关闭，然后根据探伤工件材质厚度、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，检查无误即进行曝光。当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员进入探伤室，打开探伤室门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经探伤的 X 片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。探伤工艺流程及产污环节见图 9-4。

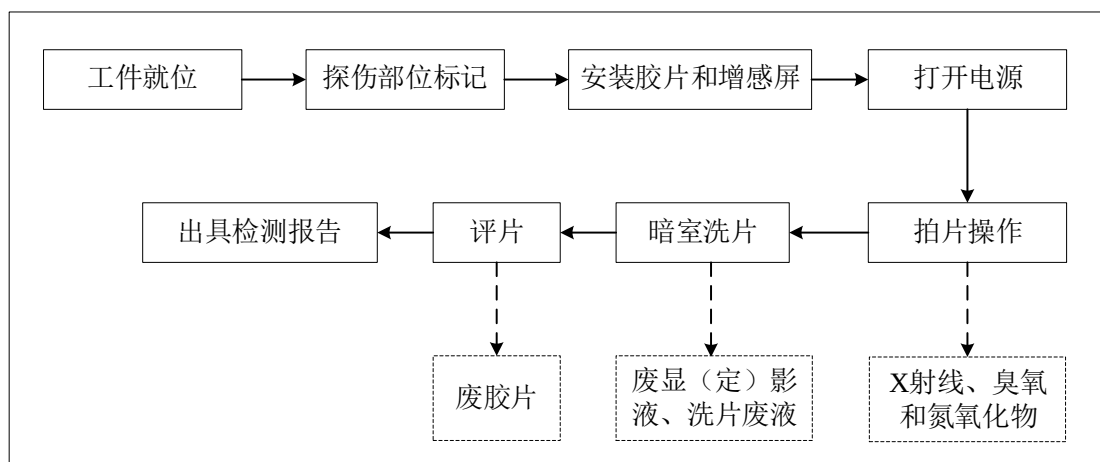


图 9-4 X 射线探伤机探伤工艺流程及产污环节示意图

9.2.4 运行工况和人员配置计划

本项目拟配置 2 台 X 射线探伤机（一台定向、一台周向，型号待定，最大管电压均为 350kV，最大管电流均为 5mA），属于 II 类射线装置。

探伤工件最大尺寸：长度 9000mm，直径 3000mm，厚度 30mm。本项目探伤设备只在探伤室内使用，不在探伤室外使用，探伤室内每次仅开启 1 台探伤机进行探伤作业，不存在 2 台探

伤机同时运行的工况。根据公司介绍，产品检测模式为全检，单次曝光时间为 3min，年拍片次数 5000 次。则项目探伤机预计总出束曝光时间 250h，周探伤时间为 5h。

本项目为室内探伤，应至少配 2 名辐射工作人员进行探伤机的辐射操作，每天工作 8h，年工作 300 天（50 周）。本项目人流及物流的路径规划如图 9-5 所示。

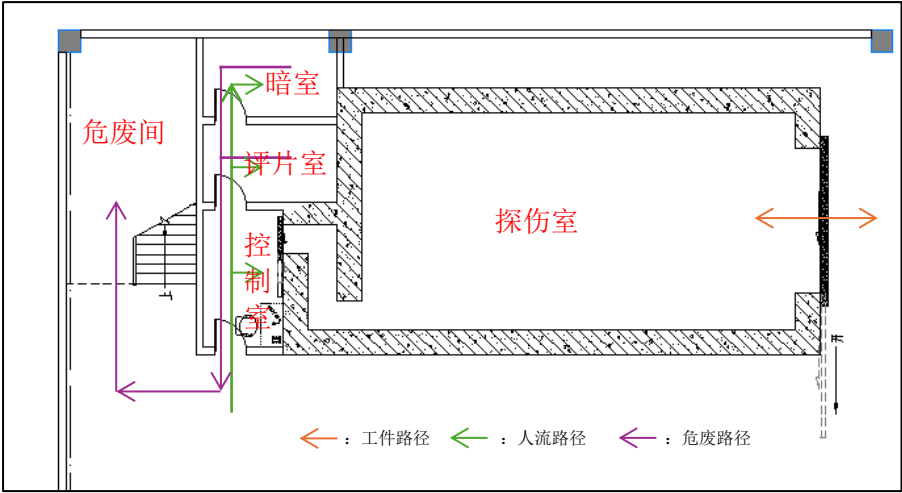


图 9-5 人流及物流的路径规划图

9.3 污染源项描述

9.3.1 运行期正常工况污染源项

(1) X射线

由X射线探伤机的工作原理可知，X射线随探伤机器的开、关而产生和消失。本项目使用的X射线探伤机只有在开机并处于出束状态（探伤状态）时，才会发出X射线，对周围环境产生辐射影响。因此，在开机探伤期间，X射线是本项目的主要污染因子。

查GBZ/T 250-2014表B.1，300kV管电压在3mmAl滤过条件下X射线输出量为20.9mGy•m²/（mA•min），400kV管电压在3mmCu滤过条件下X射线输出量为23.5mGy•m²/（mA•min），内插得350kV管电压时X射线输出量为22.2mGy•m²/（mA•min）。

项目X射线探伤机源项分析汇总表见表9-3。

表 9-3 项目 X 射线探伤机源项分析结果汇总表

序号	名称	工作场所	最大管电压/电流	主射线或散射线源项（距辐射源点1m处输出量）	漏射线源项（辐射源点1m处泄漏辐射剂量率）	数据来源
1	X射线探伤机（定向）	探伤室内	350kV/5mA	22.2mGy•m ² /（mA•min）	5000μSv/h	主射线或散射线源项根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B中表B.1；漏射线源项根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表1。
2	X射线探伤机（周向）		350kV/5mA	22.2mGy•m ² /（mA•min）	5000μSv/h	

(2) 臭氧和氮氧化物

X射线探伤机工作时产生射线，会造成探伤室内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物，对周围环境空气会产生影响。

(3) 废显（定）影液与废胶片

探伤作业完成后，需对拍摄的底片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影液与废胶片，属于《国家危险废物名录（2025年版）》中感光材料废物，危废代码为HW16：900-019-16，并无放射性。根据建设单位提供的资料，X射线机拍片量每年不超过5000张，洗片采用洗片机进行洗片。按洗100张片用2L显（定）影液，冲洗用水约2.5L，经估算项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约100L（密度按 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 计算，约0.1t），冲洗废水约125L（密度按 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 计算，约0.125t）；每年产生废胶片约150张（废片率按3%计算。一张废胶片10g，共约1.5kg），该部分危险废物定期委托有资质单位处置，完好的胶片由公司定期建档备查（存档过期后的胶片作为危险废物委托有资质单位处置，按存档7年，第8年开始，每年5000张，则废胶片约50kg）。

项目危险固体废物分析汇总表见表 9-4。

表 9-4 项目危险废物分析结果汇总表

序号	危废名称	危废类别	危险废物代码	产生量 (t/a)	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16	900-019-16	0.1	胶片冲洗	液态	卤化银、硼砂、对苯二酚	卤化银、对苯二酚	每次探伤洗片作业	T	贮存：废显（定）影液、洗片废液密闭置于包装桶内，废胶片置于包装袋内，分类、分区存放在生产车间西南侧危废暂存库内处置；委托有资质单位处置
2	洗片废液	HW16	900-019-16	0.125	胶片冲洗	液态	卤化银、硼砂、对苯二酚	卤化银、对苯二酚	每次探伤洗片作业	T	
3	废胶片	HW16	900-019-16	0.0515	阅片	固态	卤化银	卤化银	每次探伤，存档期满	T	

9.3.2 运行期事故工况污染源项

本项目运行期间存在着风险和潜在危害以及事故隐患，可能出现概率较大或后果较严重的误照射辐射事故如下：

(1) X 射线探伤机在对工件进行出束的工况下，门-机联锁失效，至使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机联锁失效、探伤期

间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。

（2）人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。

（3）维修设备时误出束，导致人员受照。

探伤机事故状态下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

本项目辐射工作场所均位于生产厂区内，由探伤室、控制室、评片室和暗室组成，危险废物暂存间位于探伤室南侧楼梯下面，各功能设施完善。

本项目探伤室净面积约为 72m²，内尺寸为 12m（长）×6m（宽）×4.5m（高）。探伤室北侧设有一扇工件门（电动单开平移门），门体尺寸为 4.7m（宽）×4.9m（高），门洞尺寸为 4m（宽）×4.5m（高），门与墙体左、右各搭接 350mm，上方搭接 250mm、下方搭接 150mm，工件可方便出入探伤室且满足防护门关闭时最大工件的探伤需求。探伤室南侧迷道处设有人员防护门（电动单开平移门），门体尺寸为 1.2m（宽）×2.35m（高），门洞尺寸为 0.8m（宽）×2m（高），门与墙体左、右各搭接 200mm，上方搭接 200mm、下方搭接 150mm。探伤室南侧为控制室，建设单位根据检测需求调整本项目 X 射线探伤机摆放位置。X 射线定向探伤机运行时有用线束朝向探伤室西侧，X 射线周向探伤机运行时有用线束朝向探伤室东、西两侧、顶棚与地坪，故控制室可避开有用线束直射，控制室与探伤室分开。如图 11-1 和图 11-3，在探伤室内画出探伤机作业范围，通过严格控制探伤机作业范围，控制台可避开有用线束直射。探伤室西南侧防护墙设有一个通风管道，尺寸为 Φ300mm，U 型穿墙管道包裹 5mm 铅皮。探伤室南侧下方设有电缆管道铺设 Φ110mm，U 型穿墙管道包裹 5mm 铅皮。

因此，本项目探伤室布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.1 条款要求，合理可行。

10.1.2 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，辐射工作场所可分为控制区、监督区，其划分原则如下：控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据控制区、监督区的划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，将探伤室（探伤室墙壁围成的内部区域）划为控制区，在探伤室防护门显著位置设置电离辐射警告标志和中文警示说明；将探伤室四周墙体外 1m、控制室、评片室、暗室等区域划为监督区，墙外 1m 处划黄色警戒线，禁止无关人员靠近。分区管理见附图 5。

10.1.3 辐射工作场所屏蔽防护设计

根据建设单位提供的设计资料，本项目探伤室设计图见附图 5，各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1。

表 10-1 拟建混凝土结构探伤室屏蔽情况一览表

项目		设计情况
探伤室	外尺寸	面积：99.2m ² ，尺寸为 13.4m（长）×7.4m（宽）×5.1m（高）
	内尺寸	面积：72m ² ，尺寸为 12m（长）×6m（宽）×4.5m（高）
迷道内尺寸（L 型）		4.2m（长）×0.9m（宽）×2.4m（高）
东侧、南侧、西侧、北侧防护墙及迷道内外墙		700mm 混凝土
顶棚		600mm 混凝土
工件防护门（设于北墙上）		电动单开平移门，门洞的尺寸为 4m（宽）×4.5m（高），门的尺寸为 4.7m（宽）×4.9m（高），工件门为 35mm 铅板+10mm 镀锌钢板（门与墙体左、右各搭接 350mm，上方搭接 250mm、下方搭接 150mm）
人员防护门（设于南墙上）		电动单开平移门，门洞的尺寸为 0.8m（宽）×2m（高），门的尺寸为 1.2m（宽）×2.35m（高），15mm 铅板+10mm 镀锌钢板（门与墙体左、右各搭接 200mm，上方搭接 200mm、下方搭接 150mm）
穿墙管道（U 型管）		控制线缆 Φ110mm，为地下 U 型（地坪以下 400mm）包裹 5mm 铅皮，位于探伤室南侧，通向评片室后再接至控制台
通风管道（U 型管）		Φ300mm，地下 U 型（地坪以下 400mm）包裹 5mm 铅皮，位于探伤室西南侧，风机设计风量 1600m ³ /h，排风通向探伤室外，排风口离地高度为 4m，位于厂房西侧外相邻空地，不位于人群密集处
注：混凝土密度不低于 2.35g/cm ³ ，铅的密度不低于 11.3g/cm ³ 。		

根据表 11 的理论计算本项目探伤室设计符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“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 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/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 2.5μSv/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；”的要求。

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）以及辐射管理的相关制度，本项目探伤室投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施：

1、探伤装置固有安全属性

（1）X 射线机

探伤装置固有安全属性的要求见表 10-2。

表 10-2 探伤装置固有安全属性基本要求

装置名称	设备技术要求	
X 射线探伤机	X 射线管头组装体	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《工业探伤放射防护标准》（GB Z117-2022）5.1.1 款表 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/T 26837 的要求。
	控制室控制台	a) 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。 b) 应设置紧急停机开关。

2、探伤室辐射安全与防护措施

探伤工作场所拟设置辐射安全与防护措施如下：

（1）探伤室控制室位于探伤室南侧，已避开有用线束直射的方向且与探伤室分开设置。探伤室的屏蔽墙厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素，满足使用X射线机屏蔽要求。

（2）探伤工作场所拟按GB 18871的管理要求进行两区划分与两区管理。

（3）探伤室工件防护门、人员防护门均拟设置门-机联锁装置，在防护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。本项目探伤室内使用多台探伤装置，每台装置均应与防护门联锁。

（4）探伤室防护门门口和内部醒目位置同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与每台探伤机联锁。“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”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，在醒目位置张贴对“照射”和“预备”信号意义的说明。

（5）探伤室工件防护门外安装1个监控装置，探伤室内墙体东北和西南角落安装有2个监控装置，控制室内也安装1个监控装置，监控显示屏设置在控制室，辐射工作人员在控制室可全程、无死角监控探伤室内设备运行情况及人员活动情况。

（6）探伤室防护门上设置有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

（7）探伤室内东、西两侧墙体各设置有2个紧急停机按钮，同时控制室操作台设置1个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，每个按钮处设有标签，标明使用方法。

（8）探伤室工件防护门和人员防护门均为电动移门，并设有防夹装置。

（9）探伤室内拟设置1套固定式剂量率报警装置，监测探头设置在探伤室内，显示屏设置在控制室，可实时显示探伤室内实时剂量率，并与防护门联锁。

（10）探伤室设置有风机机械通风装置，位于探伤室西南侧。

(11) 探伤室内设置固定支架, 以确保定向探伤机出束方向固定向西。同时制定探伤机使用管理制度, 明确探伤机使用区域及主射方向, 加强人员培训。

(12) 各项辐射环境管理规章制度张贴于控制室墙壁等处。

(13) 探伤场所拟配备1台便携式X- γ 剂量率仪和2台个人剂量报警仪, 每名辐射工作人员均配个人剂量计, 并定期委托资质单位进行监测。

(14) 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。

(15) 探伤工作场所内拟设置灭火器材, 作为应急物资使用。

探伤室辐射安全和防护设施布置方案见附图8。

3、安全操作放射防护措施

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 相关要求, 探伤工作场所的安全操作防护措施要求见表 10-3。

表 10-3 本项目的安全操作放射防护措施

措施类型	措施内容	备注
建设单位放射防护措施	a、建设单位对探伤室放射防护安全应负主体责任; b、建设单位建立放射防护管理组织, 明确放射防护管理人员及其职责, 建立和实施放射防护管理制度和措施, 并制定辐射事故应急预案; c、为辐射工作人员配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪, 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; 已组织辐射工作人员参加辐射防护培训并获得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格方可上岗。	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的第 4 款: 使用单位放射防护要求。
探伤前检查项目	a、探伤机外观是否完好; 电缆是否有断裂、扭曲以及破损; 螺栓等连接件是否连接良好; b、安全连锁是否正常工作; 报警设备和警示灯是否正常运行; c、机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的第 5.1.2 款要求。
探伤室操作	a、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; b、应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率, 包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。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; c、交接班或当班使用个人剂量报警仪前, 应检查个人剂量报警仪是否正常工作。如在检查过程中发现个人剂量报警仪不能正常工作, 则不应开始探伤工作; d、探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置, 如准直器等, 把潜在的辐射降到最低; e、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。	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的第 6.2 款要求。

探伤机维护	a、公司拟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、公司拟做好设备维护记录。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的第 5.1.3 款要求。
-------	---	---

4、探伤设施的退役

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的第 6.3 条款要求，本项目后期投入使用后，对拟报废的 X 射线探伤机，企业将射线装置内的 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

10.2 三废的治理

（1）非放射性废气

X射线探伤机在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物。通过机械排风系统（风机设计风量1600m³/h，每小时通风换气4次），少量臭氧和氮氧化物通过通风管道排至探伤室外，排风口离地高度为4m，位于厂房西侧外相邻空地，不位于人群密集处，臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

（2）危险废物

公司年拍片量约 5000 张，产生一定量的废显（定）影液、洗片废液及废胶片，属于危险废物，建设单位将废显（定）影液、洗片废液桶装和废胶片装袋收集后存放在危废暂存间，并由专人保管，公司定期委托有资质单位处理处置，建立相关台账。

本项目危废暂存间，占地面积约为 12m²，拟建于探伤室南侧楼梯下面，该场所建设应按《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）相关要求建设，需满足“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，由专人管理。危废暂存库门上设有显著的危废标识，地面需作水泥硬化并防渗防腐处理。本项目废（显）定影液年产生量为 0.1t，洗片废液年产生量为 0.125t，废胶片年产生量为 0.0515t，产生量较小，贮存期限一般不超过 1 年，危废暂存场所贮存能力能够满足本项目危废贮存的容积要求，产生量较小，贮存期限一般不超过 1 年，可以满足贮存的容积要求。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物贮存场所（设施）的名称、位置、占地面积、贮存方式、贮存容积、贮存周期等内容，见表 10-4。

表 10-4 危险废物贮存场所（设施）基本情况表

序号	贮存场所（设施）名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	危废暂存间	废显（定）影液	HW16	900-019-16	探伤室南侧楼梯下面	约 12m ²	专用防渗容器	9t	一年
2		洗片废液	HW16	900-019-16					一年
3		废胶片	HW16	900-019-16			袋装堆放		一年

公司应注重对危险废物暂存场所的日常管理，具体要求如下：

①危废暂存间必须派专人管理，其他人员未经允许不得进入内。

②危废暂存间不得贮存除危险废物以外的其他废弃物。

③当危险废物贮存到一定数量时，管理人员应及时通知公司安全环保部办理相关手续联系有资质单位上门回收处理。

④危险废物贮存前应做好统一包装（液体桶装、固体袋装），防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危废包装容器应粘贴符合规定的标签，注明危险废物名称、来源、数量、主要成分和性质。

⑤危险废物贮存前应进行检验，确保同预定接收的危险废物一致，并登记注册。

⑥危险废物必须分类分区贮存，不同类危险废物间应有明显间隔，严禁不相容、具有反应性的危险废物混合贮存。

⑦危废暂存间管理人员须作好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名称；每转移一车次同类危险废物，应当填写、运行一份危险废物转移联单，危险废物电子转移联单数据应当在信息系统中至少保存十年。

⑧危废暂存间管理人员必须定期对所贮存的危险废物包装容器及贮存设施进行检查，发现破损，应及时采取措施清理更换。

根据生态环境部环办固体[2021]20 号“关于印发《“十四五”全国危险废物规范化环境管理评估工作方案》的通知”，对危险废物规范化环境管理补充要求如下：

①建立涵盖全过程的责任制度，负责人明确，各项责任分解清晰；负责人熟悉危险废物环境管理相关法规、制度、标准、规范；制定防治工业固体废物污染环境的措施，并得以落实；

②执行危险废物污染防治责任信息公开制度，在显著位置张贴危险废物污染防治责任信息；

③制定危险废物管理计划；内容齐全，危险废物的产生环节、种类、危害特性、产生量、

利用处置方式描述清晰；

④通过国家危险废物信息管理系统报所在地生态环境主管部门备案；内容发生变更时及时变更相关备案内容；

⑤按照实际转移的危险废物，如实填写、运行危险废物转移联单；

⑥制定意外事故应急预案（综合性应急预案有危险废物相关篇章或有危险废物专门应急预案），并按照预案要求定期组织环境应急演练。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目进探伤室基础、探伤室安装及辅助用房的装饰装修，无大型土建施工，施工工程量较小，施工期较短，本次评价仅作简要分析。

（1）扬尘：由于本项目施工期工程量较小，产生扬尘量较小。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

（2）噪声：施工期间会有噪声产生，但由于施工量较小，对周围环境影响较小。

（3）废水：施工人员生活污水经化粪池预处理后排入市政污水管网，不得随意排放。

（4）固体废物：施工期间会产生少量以建筑垃圾为主的固体废物，建设单位应妥善收集后集中处理，施工人员生活垃圾经收集后交由环卫部门清运。

（5）由于设备的安装和调试均在探伤室内进行，经过墙体和防护门的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，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 运行阶段辐射环境影响分析

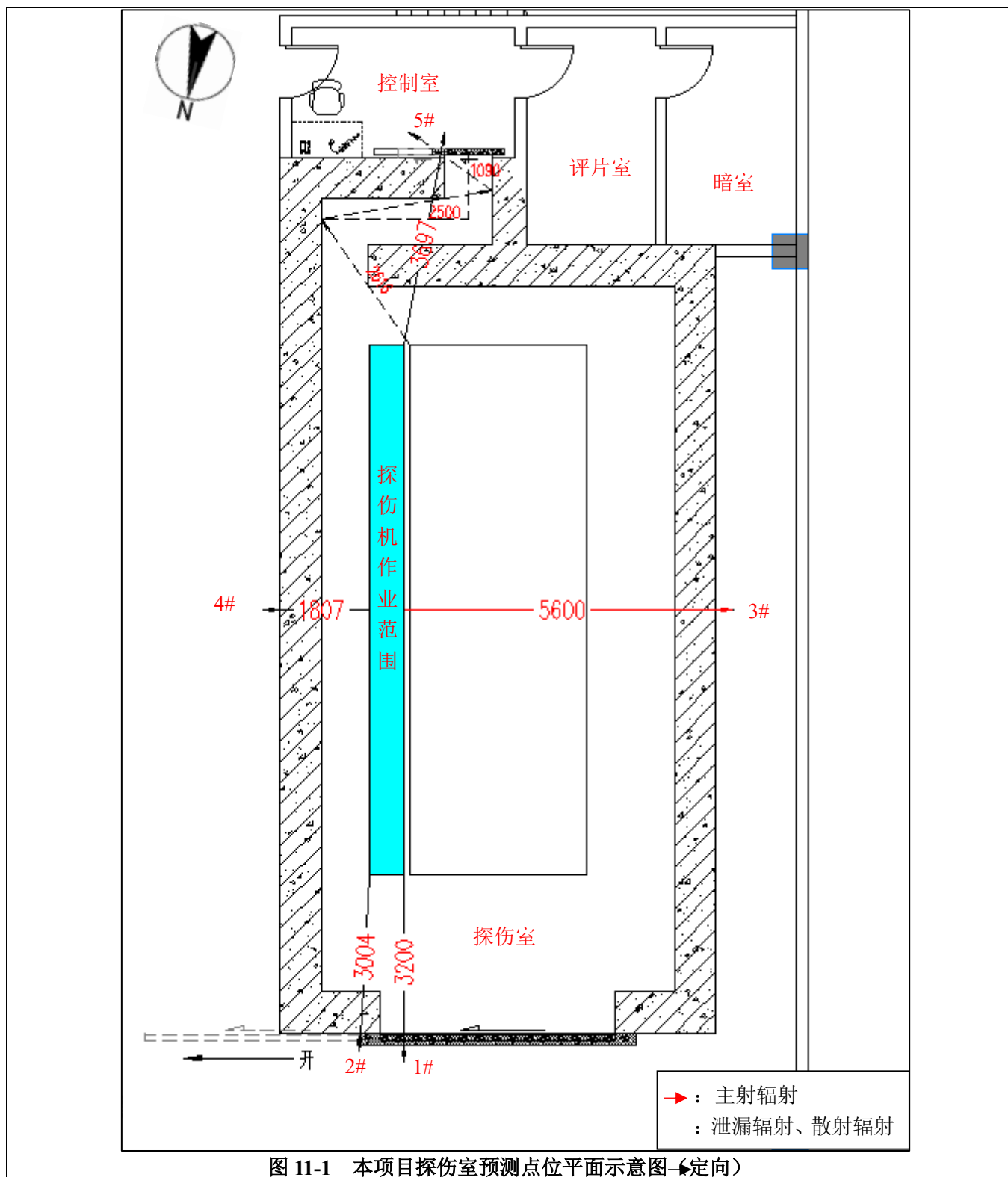
为分析预测 X 射线探伤室投入运行后所引起的辐射环境影响，本项目选用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改清单中计算方法进行理论计算。

本项目探伤室拟配置 2 台 X 射线探伤机（一台定向、一台周向），各探伤机参数与出束方向见表 11-1。探伤室内每次仅开启 1 台探伤机进行探伤作业，不存在 2 台探伤机同时运行的工况，周向机与定向机作业范围不同。

表 11-1 本项目探伤室拟配置探伤机参数信息一览表

探伤机类型	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	有用线束朝向
定向	350	5	西侧
周向	350	5	垂直周向，朝向西侧、东侧、顶棚、地面

本次保守考虑最不利照射条件对本项目进行评价，探伤机（以最大额定工况运行时）进行辐射影响预测，定向探伤机屏蔽计算预测点位图见图 11-1 和图 11-2；周向探伤机屏蔽计算预测点位图见图 11-3 和图 11-4。由于探伤室正下方为土层，无地下室，故不作特殊防护。本项目顶棚上方为车间二层，故不考虑天空反散射对周围环境的影响。



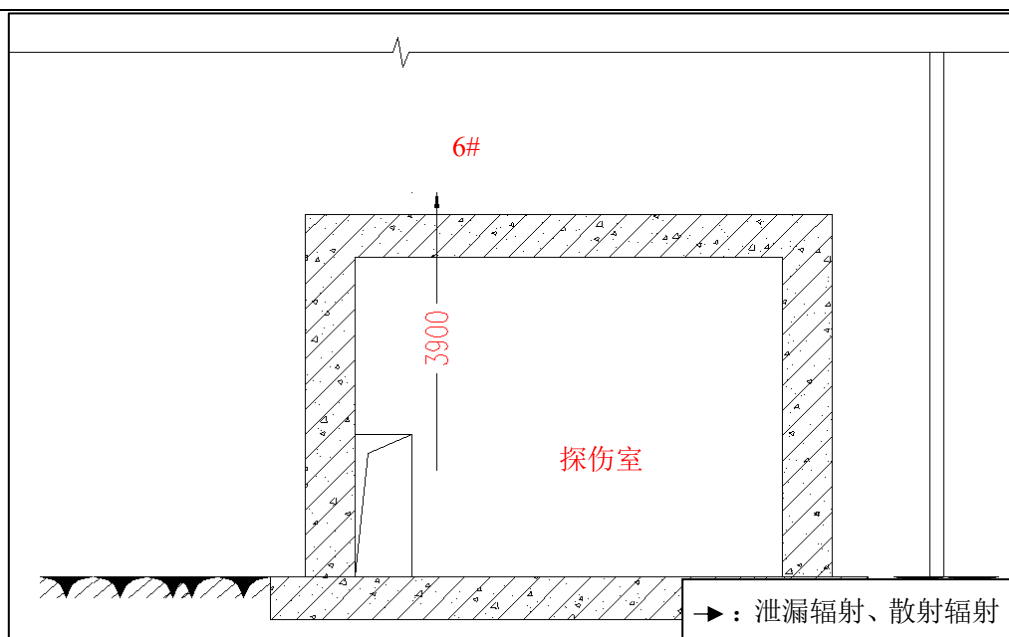


图 11-2 本项目探伤室预测点位剖面示意图（定向）

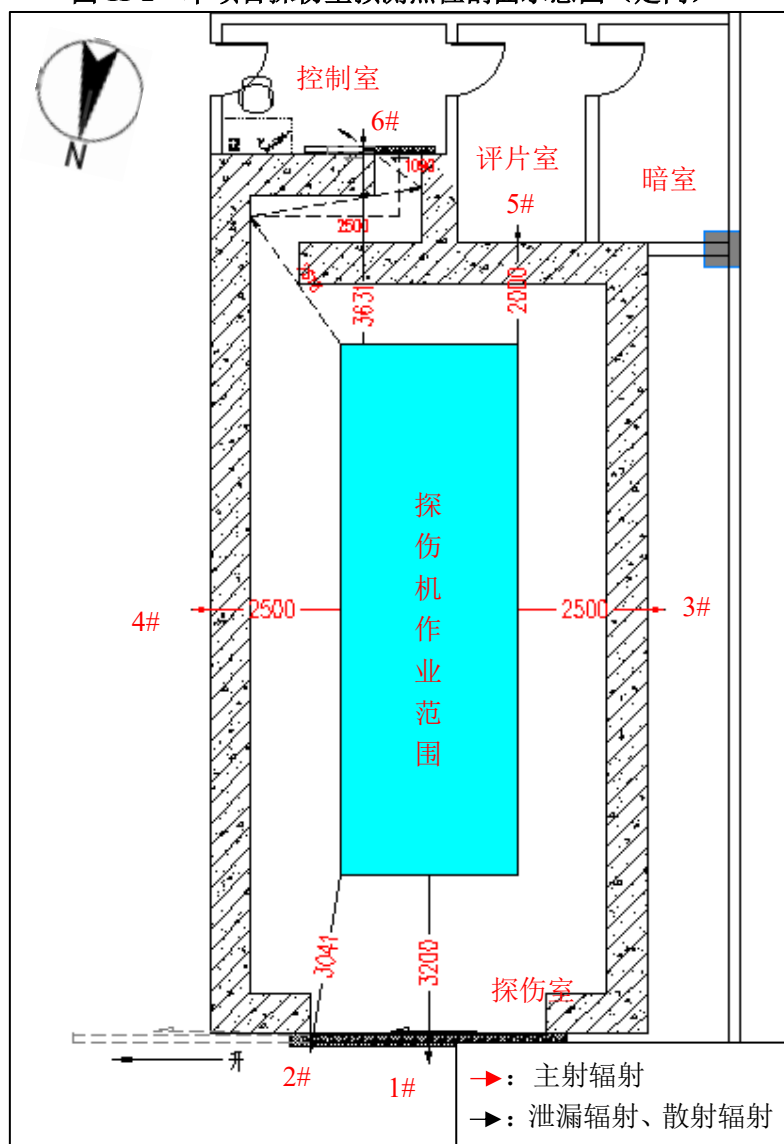


图 11-3 本项目探伤室预测点位平面示意图（周向）

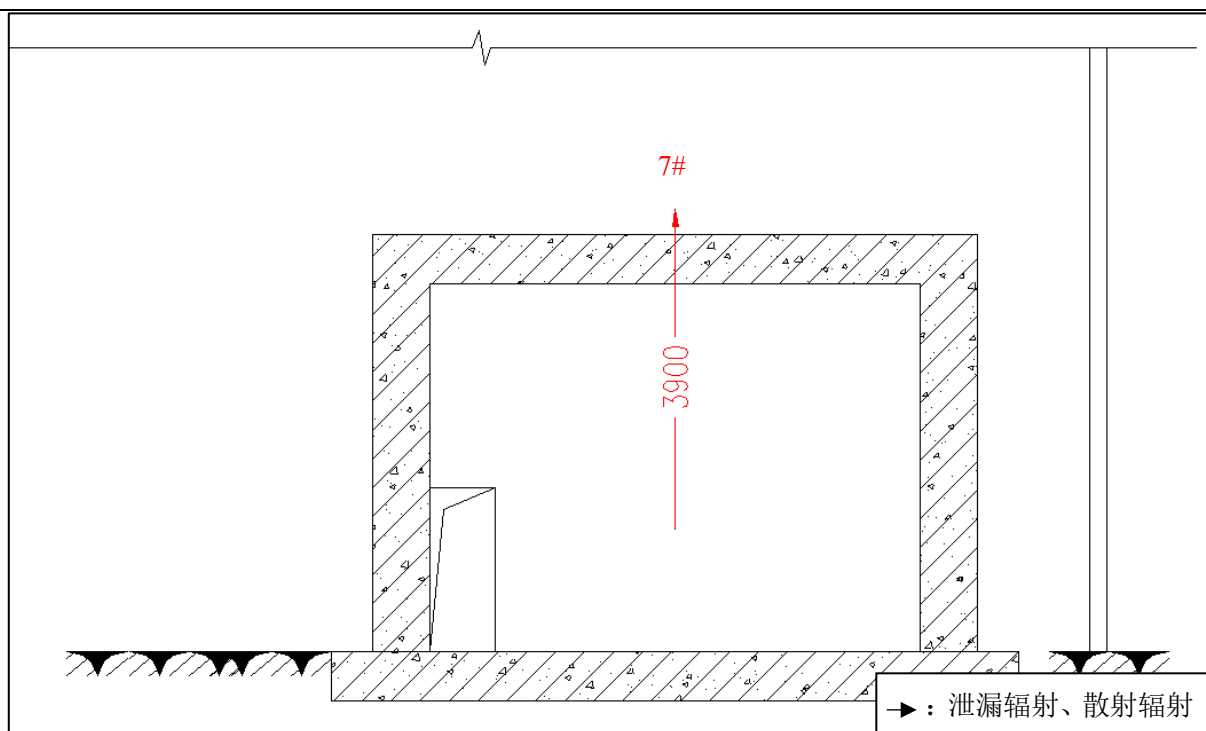


图 11-4 本项目探伤室预测点位剖面示意图（周向）

表 11-2 本项目探伤室关注点位一览表

关注点位	点位描述	源点至关注点距离 R (m)	散射体至关注点的距离 R_s (m)	需屏蔽的辐射类型
定向探伤机				
1#北侧工件门外 30cm 处	待检测工件区	3.2	3.2	泄漏辐射、散射辐射
2#北侧屏蔽体外 30cm 处	待检测工件区	3.0	3.0	泄漏辐射、散射辐射
3#西侧屏蔽体外 30cm 处	西侧过道	5.6	/	有用线束
4#东侧屏蔽体外 30cm 处	东侧过道	1.8	2.5	泄漏辐射、散射辐射
5#人员防护门外 30cm 处	控制室	3.7	3.6	泄漏辐射、散射辐射、迷道散射
6#顶棚屏蔽体外 30cm 处	顶棚	3.9	2.4	泄漏辐射、散射辐射
周向探伤机				
1#北侧工件门外 30cm 处	待检工件区	3.2	3.2	泄漏辐射、散射辐射
2#北侧屏蔽体外 30cm 处	待检工件区	3.0	3.0	泄漏辐射、散射辐射
3#西侧屏蔽体外 30cm 处	西侧过道	2.5	/	有用线束
4#东侧屏蔽体外 30cm 处	东侧过道	2.5	/	有用线束
5#南侧屏蔽体外 30cm 处	评片室	2.0	2.0	泄漏辐射、散射辐射
6#人员防护门外 30cm 处	控制室	3.6	3.6	泄漏辐射、散射辐射、迷道散射

7#顶棚屏蔽体外 30cm 处	顶棚	3.9	/	有用线束
注： ①探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护，故辐射环境影响分析未对地坪外 30cm 处设关注点预测。 ②R（四面墙体）=探伤机辐射源点与墙体外侧最近距离+0.3m；R（顶棚）=探伤机辐射源点与顶棚外侧最近距离+0.3m；结果保留一位小数。 ③R _s （四面墙体）=散射体与墙体外侧最近距离+0.3m。				

11.2.1 计算公式选取

1、有用线束

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的有用线束辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式 11-1 计算，然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽透射因子 B：

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

式中：

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目取值 5mA；

H₀——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 （1Gy=1Sv）；查 GBZ/T 250-2014 表 B.1，300kV 管电压在 3mmAl 滤过条件下 X 射线输出量为 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，400kV 管电压在 3mmCu 滤过条件下 X 射线输出量为 $23.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，内插得 350kV 管电压在 3mmCu 滤过条件下 X 射线输出量为 $22.2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $H_0=1.33\text{E}+06\mu\text{Svm}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

B——屏蔽透射因子；查 GBZ/T 250-2014 图 B.2，当管电压为 300kV 时，外延得 700mm 混凝土的透射因子为 7.2E-08，当管电压为 400kV 时，外延得 700mm 混凝土的透射因子为 2.1E-07，内插得当管电压为 350kV 时，700mm 混凝土的透射因子为 1.4E-07；当管电压为 300kV 时，外延得 600mm 混凝土的透射因子为 7.6E-07，当管电压为 400kV 时，外延得 600mm 混凝土的透射因子为 3.5E-06，内插得当管电压为 350kV 时，600mm 混凝土的透射因子为 2.1E-06；

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

2、泄漏辐射和散射辐射

①泄漏辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式 11-2 计算：

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

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/T 250-2014）表 B.2 的相应值，确定泄漏辐射的 TVL，当管电压为 300kV 时，相应的 TVL 值为：混凝土 100mm、铅 5.7mm，当管电压为 400kV 时，相应的 TVL 值为：混凝土 100mm、铅 8.2mm，内插得当管电压为 350kV 时，相应的 TVL 值为：混凝土 100mm、铅 7.0mm，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/Z 41476.3-2022）表 4，当管电压为 300kV 时，10mm 钢的等效铅厚度为 0.6mm，当管电压为 400kV 时，11mm 钢的等效铅厚度为 0.6mm，内插得当管电压为 350kV 时，10mm 钢的等效铅厚度为 0.6mm。然后按式 11-3 计算：

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

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

$\dot{H}_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，当 X 射线管电压 $>200\text{kV}$ 时， $\dot{H}_L$ 取值 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

② 散射辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按照式（11-4）计算：

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

式中：

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目取值 5mA；

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 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 （ $1\text{Gy}=1\text{Sv}$ ），取值同上；

B ——屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2。当管电压为 350kV 时，X 射线 90° 散射辐射最高能量为 250kV。查附录 B 表 B.2 的相应值，此时对应的什值层厚度 TVL 为：混凝土 90mm、铅 2.9mm，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/Z 41476.3-2022）表 4，当管电压为 250kV 时，9.4mm 钢的等效铅厚度为 0.6mm、12mm 钢的等效铅厚度为 0.8mm，内插得当管电压为 250kV 时，10mm 钢的等效铅厚度为

0.65mm。然后按式 11-3 计算；

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（ $1m^2$ ）散射体散射在距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以按水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ ——根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2，当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时，本项目管电压为 350kV，属于 200kV~400kV。因此 $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ 取值为 50；

R_s ——散射体至关注点的距离，单位为米（m），取值见表 11-1。

3、迷道散射

根据《辐射防护导论》（方杰主编），迷道口处的反散射水平可以按式（11-5）计算

$$\dot{H}_{L,h} = \eta_{YS} \cdot \frac{F_{j0} \cdot \alpha_{\gamma 1} \cdot \alpha_{\gamma 2} \cdot a_1 \cdot a_2}{r_1^2 \cdot r_{R1}^2 \cdot r_{R2}^2} \dots\dots\dots \text{（式 11-5）}$$

式中：

$\dot{H}_{L,h}$ ——参考点相应的剂量当量率， $\mu Sv \cdot h^{-1}$ ；

η_{YS} ——辐射减弱的透射比；根据公式 $\eta_{YS} = 10^{-X/TVL}$ 计算，其中 X 为屏蔽层铅厚度（mm），本项目取值为 15.66mm；

F_{j0} ——辐射源处辐射水平， $\mu Sv \cdot m^2/h$ ；根据公式 $F_{j0} = I \cdot \delta_a$ 计算；其中 I 为电子束流强，mA； δ_a 为距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $Gy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$ ；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1 可知，350kV 射线输出量为 $22.2 mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$ ，即 $1.33E+06 \mu Sv \cdot m^2 / (mA \cdot h)$ ，则 F_{j0} 取值为 $6.7E+06 \mu Sv \cdot m^2/h$ 。

α_γ ——反射物的反射系数；根据光子散射后的能量 E 和散射角 θ ，对照《辐射防护导论》图 6.4 取值。

a——射线束在反射物上的投照面积， m^2 ；根据 $a = \text{散射宽度} \times \text{迷道高度}$ 计算，散射宽度按迷道宽度为 0.8m，迷道高度为 2.4m，则 $a_1 = a_2 = 1.9m^2$ 。

r_I ——辐射源同反射点之间的距离，m，本项目取值为 $r_I = 2.6m$ 。

r_R ——反射点到参考点的距离，m。 $r_{R1} = 2.5m$ ， $r_{R2} = 1.1m$ 。

光子散射后的能量 E 按式（11-6）计算

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1 - \cos \theta)}{0.511}} \dots\dots\dots \text{(式11-6)}$$

式中:

E_0 ——入射光子能量, MeV。

θ ——散射角, °。

第一次反射的入射光子能量取0.35MeV时, 散射角 θ 取30°, 则 $\alpha_{\gamma 1}$ 为0.022; 第二次反射的入射光子能量根据式(11-6)计算得0.26MeV, 散射角 θ 取30°, 则 $\alpha_{\gamma 2}$ 为0.023; 第三次反射的入射光子能量根据式(11-6)计算得0.21MeV。根据 GBZ/T 250-2014附录 B 表 B.2, 由内插法可知 210kV X 射线在铅中的什值层 TVL 为1.7mm, 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/Z 41476.3-2022)表4, 当管电压为200kV 时, 10mm 钢的等效铅厚度为0.66mm, 当管电压为250kV 时, 10mm 钢的等效铅厚度为0.65mm, 内插得当管电压为210kV 时, 10mm 钢的等效铅厚度为0.66mm。则 $\eta_{\gamma S}$ 为6.14E-10。

11.2.2 预测结果

根据公式(11-1)~(11-6), 代入相关参数, 本项目探伤室运行时周围环境辐射水平预测结果见表 11-3~表 11-5。

表 11-3 X 射线探伤机(定向)运行时探伤室各关注点位辐射剂量率预测结果一览表

有用线束辐射剂量率预测结果						
关注点位	屏蔽材料	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	B	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
3#西侧屏蔽体外 30cm 处	700mm 混凝土	5	1.33E+06	1.4E-07	5.6	2.97E-02
泄漏辐射剂量率预测结果						
关注点位	屏蔽材料	X/TVL	B	$\dot{H}_L$ ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
1#北侧工件门外 30cm 处	35mm 铅板 +10mm 镀锌钢板	35/7+0.6/7	8.21E-06	5000	3.2	4.01E-03
2#北侧屏蔽体外 30cm 处	700mm 混凝土	700/100	1.00E-07		3.0	5.56E-05

4#东侧屏蔽体外30cm处	700mm 混凝土	700/100	1.00E-07		1.8	1.54E-04	
5#人员防护门外30cm处	15mm 铅板+10mm 镀锌钢板+700mm 混凝土	15/7+0.6/7+700/100	5.91E-10		3.7	2.16E-07	
6#顶棚屏蔽体外30cm处	600mm 混凝土	600/100	1.00E-06		3.9	3.29E-04	
散射辐射剂量率预测结果							
关注点位	屏蔽材料	X/TVL	B	$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$	R _s （m）	$\dot{H}$ （μSv/h）	
1#北侧工件门外30cm处	35mm 铅板+10mm 镀锌钢板	35/2.9+0.65/2.9	5.09E-13	50	3.2	6.61E-09	
2#北侧屏蔽体外30cm处	700mm 混凝土	700/90	1.67E-08		3.0	2.47E-04	
4#东侧屏蔽体外30cm处	700mm 混凝土	700/90	1.67E-08		2.5	3.55E-04	
5#人员防护门外30cm处	15mm 铅板+10mm 镀锌钢板+700mm 混凝土	15/2.9+0.65/2.9+700/90	6.69E-14		3.6	6.87E-10	
6#顶棚屏蔽体外30cm处	600mm 混凝土	600/90	2.15E-07		2.4	4.97E-03	
迷道散射剂量率预测结果							
关注点位	屏蔽材料	$\eta_{\gamma S}$	r ₁	r _{R1}	r _{R2}	F _{j0} (μSv·m ² /h)	$\dot{H}$ （μSv/h）
6#人员防护门外30cm处	15mm 铅板+10mm 镀锌钢板	6.14E-10	2.6	2.5	1.1	6.7E+06	1.47E-07

表 11-4 X 射线探伤机（周向）运行时探伤室各关注点位辐射剂量率预测结果一览表

有用线束辐射剂量率预测结果						
关注点 位	屏蔽材料	I（mA）	H ₀ （μSvm ² / （mA·h））	B	R（m）	$\dot{H}$ （μSv/h）
3#西侧 屏蔽体 外 30cm 处	700mm 混凝 土	5	1.33E+06	1.4E-07	2.5	1.49E-01
4#东侧 屏蔽体 外 30cm 处					2.5	1.49E-01
7#顶棚 屏蔽体 外 30cm 处	600mm 混凝 土			2.1E-06	3.9	9.18E-01
泄漏辐射剂量率预测结果						
关注点 位	屏蔽材料	X/TVL	B	$\dot{H}_L$ （μSv/h）	R（m）	$\dot{H}$ （μSv/h）
1#北侧 工件门 外 30cm 处	35mm 铅板 +10mm 镀锌 钢板	35/7+0.6/7	8.21E-06	5000	3.2	4.01E-03
2#北侧 屏蔽体 外 30cm 处	700mm 混凝 土	700/100	1.00E-07		3.0	5.56E-05
5#南侧 屏蔽体 外 30cm 处	700mm 混凝 土	700/100	1.00E-07		2.0	1.25E-04
6#人员 防护门 外 30cm 处	15mm 铅板 +10mm 镀锌 钢板+700mm 混凝土	15/7+0.6/7+700/100	5.91E-10		3.6	2.28E-07
散射辐射剂量率预测结果						
关注点 位	屏蔽材料	X/TVL	B	$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$	R _s （m）	$\dot{H}$ （μSv/h）
1#北侧 工件门 外 30cm 处	35mm 铅板 +10mm 镀锌 钢板	35/2.9+0.65/2.9	5.09E-13	50	3.2	6.61E-09

2#北侧屏蔽体外30cm处	700mm 混凝土	700/90	1.67E-08			3.0	2.47E-04
5#南侧屏蔽体外30cm处	700mm 混凝土	700/90	1.67E-08			2.0	5.55E-04
6#人员防护门外30cm处	15mm 铅板+10mm 镀锌钢板+700mm 混凝土	15/2.9+0.65/2.9+700/90	6.69E-14			3.6	6.87E-10
迷道散射剂量率预测结果							
关注点位	屏蔽材料	$\eta_{\gamma S}$	r_1	r_{R1}	r_{R2}	$F_{j0}(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
6#人员防护门外30cm处	15mm 铅板+10mm 镀锌钢板	6.14E-10	2.6	2.5	1.1	6.7E+06	1.47E-07

表 11-5 探伤室各关注点位辐射剂量率预测结果汇总表

	X 射线探伤机（定向）运行时						
关注点位	有用线束 （μSv/h）	泄漏辐射 （μSv/h）	散射辐射 （μSv/h）	迷道散射 （μSv/h）	总剂量率 （μSv/h）	剂量率参考 控制水平 （μSv/h）	是否达 标
1#北侧工 件门外 30cm 处	/	4.01E-03	6.61E-09	/	4.01E-03	2.5	达标
2#北侧屏 蔽体外 30cm 处	/	5.56E-05	2.47E-04	/	3.03E-04		达标
3#西侧屏 蔽体外 30cm 处	2.97E-02	/	/	/	2.97E-02		达标
4#东侧屏 蔽体外 30cm 处	/	1.54E-04	3.55E-04	/	5.09E-04		达标
5#人员防 护门外 30cm 处	/	2.16E-07	6.87E-10	1.47E-07	3.64E-07		达标
6#顶棚屏 蔽体外 30cm 处	/	3.29E-04	4.97E-03	/	5.30E-03		达标
	X 射线探伤机（周向）运行时						
关注点位	有用线束 （μSv/h）	泄漏辐射 （μSv/h）	散射辐射 （μSv/h）	迷道散射 （μSv/h）	总剂量率 （μSv/h）	剂量率参考 控制水平 （μSv/h）	是否达 标

1#北侧工件门外30cm处	/	4.01E-03	6.61E-09	/	4.01E-03	2.5	达标
2#北侧屏蔽体外30cm处	/	5.56E-05	2.47E-04	/	3.03E-04		达标
3#西侧屏蔽体外30cm处	1.49E-01	/	/	/	1.49E-01		达标
4#东侧屏蔽体外30cm处	1.49E-01	/	/	/	1.49E-01		达标
5#南侧屏蔽体外30cm处	/	1.25E-04	5.55E-04	/	6.80E-04		达标
6#人员防护门外30cm处	/	2.28E-07	6.87E-10	1.47E-07	3.76E-07		达标
7#顶棚屏蔽体外30cm处	9.18E-01	/	/	/	9.18E-01		达标

根据以上预测结果可知，本项目定向 X 射线探伤机或周向 X 射线探伤机在最大工况运行时，探伤室各关注点处辐射剂量率均不大于 2.5μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h”的要求。

11.2.3 探伤室局部贯穿辐射影响分析

本项目探伤室 X 射线探伤机控制线缆和通风管道处均以地下 U 型穿越墙体，并包裹 5mm 铅皮。控制线缆及通风管道均有效避开了探伤装置有用线束的方向故本次评价仅考虑管道出口处的散射辐射影响。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页的实例证明，本项目所有射线均需经过三次以上散射才能经各类管道散射至探伤室墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。因此，本项目电缆、通风等管道的布置方式不会破坏墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

11.3 人员受照剂量

11.3.1 计算公式

根据《辐射防护导论》（方杰主编），X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{式 } 11-7)$$

式中：

H——年受照剂量，mSv/a；

$\dot{H}$ ——关注点周围辐射剂当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

T——居留因子;

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子, 本项目均取 1;

t——探伤装置年照射时间, h/a。

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

表 11-6 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)	示例
全居留	1	控制室、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

11.3.2 辐射工作人员年有效剂量

根据 11.2 对场所辐射水平的预测与本项目探伤设备的曝光时间, 并考虑相关的居留因子计算了开展固定式探伤过程中工作人员的年有效剂量与周有效剂量, 详情见表 11-7。

表 11-7 本项目探伤辐射工作人员年有效剂量

场所位置	关注点	居留因子	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	周照射时间 (h)	周有效剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)
探伤室	控制室	1	3.76E-07	250	9.40E-08	5	1.88E-06
探伤室	评片室、暗室	1	6.80E-04		1.70E-04		3.40E-03

本项目开展固定式探伤时, 辐射工作人员的受照剂量均满足 GBZ 117-2022 中“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 $100\mu\text{Sv/周}$ ”的要求; 满足辐射工作人员的年剂量约束值 (职业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$) 的要求; 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中规定的辐射工作人员“剂量限值” (职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$) 的要求。

11.3.3 公众成员年有效剂量

结合本项目探伤室评价范围 50m 内的环境保护目标分布情况, 根据辐射剂量率与距离的平方成反比的关系式, 本项目探伤室运行时周围公众及评价范围内其他代表性的环境保护目标年有效剂量与周有效剂量估算结果见表 11-8。

表 11-8 本项目固定式探伤公众成员年有效剂量估算

关注点	居留因子	关注点辐射剂量率取值 ($\mu\text{Sv/h}$) ^①	关注点与源点距离 (m) ^②	保护目标与源点距离 (m) ^③	保护目标处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$) ^④	年照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	周照射时间 (h)	周有效剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)
东侧清洁生产区和试压区	1	1.49E-01	2.5	2.5+3	3.08E-02	250	7.70E-03	5	1.54E-01
东侧浙江扬腾朗朗贸易有限公司	1	1.49E-01	2.5	2.5+32	7.82E-04		1.96E-04		3.91E-03
南侧公司内部楼梯	1/8	6.80E-04	2	2+4	7.56E-05		2.36E-06		4.72E-05
南侧厂区道路	1/8	6.80E-04	2	2+8	2.72E-05		8.50E-07		1.70E-05
西北侧焊接区	1	1.49E-01	2.5	2.5+15	3.04E-03		7.60E-04		1.52E-02
厂区西侧道路	1/8	1.49E-01	2.5	2.5+35	6.62E-04		2.07E-05		4.14E-04
西侧浙江台悦工贸有限公司	1	1.49E-01	2.5	2.5+45	4.13E-04		1.03E-04		2.06E-03
北侧待检测工件区	1	4.01E-03	3.2	3.2	4.01E-03		1.00E-03		2.01E-02
北侧切割工作区	1	4.01E-03	3.2	3.2+20	7.63E-05		1.91E-05		3.81E-04
车间二层	1/2	9.18E-01	3.9	3.9+1	5.82E-01		7.27E-02		1.45E+00

注:

①根据表 11-5 中对应关注点取值;

②根据表 11-2 中保守取值;

③根据表 7-1 中对应距离保守取值;

④利用剂量率与距离平方成反比的关系求得保护目标处辐射剂量率, 即④=① $\times$ ②²/③²。

综上所述, 本项目开展固定式探伤时, 公众人员的受照剂量均满足 GBZ 117-2022 中“关注点的周围剂量当量参考控制水平, 对公众场所, 其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”的要求; 满足公众成员的年剂量约束值 (公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$) 的要求; 满足 GB 18871-2002 中规定的公众成员“剂量限值” (公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$) 的要求。

11.4 非放射性污染环境影响分析

11.4.1 臭氧和氮氧化物

X 射线探伤机工作时产生射线, 会造成探伤室内空气电离, 产生少量的臭氧和氮氧化物。

探伤室内设机械排风系统, 探伤室风机风量 $1600\text{m}^3/\text{h}$, 探伤室总容积 (含迷道) 约为 333m^3 , 则可估算出每小时通风换气不低于 4 次, 则探伤室均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-

2022) 中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求, 不会形成局部聚集, 且臭氧在短时间内会自动分解为氧气, 对大气环境基本没有影响。

11.4.2 废显(定)影液、废胶片及洗片废液

探伤作业完成后产生的废显(定)影液、废胶片及洗片废液, 必须按规定进行合理的处置, 送交有资质的危险废物处置单位集中收集与处置, 不得随意排放或废弃, 采取该措施后不会对周围环境或人类健康造成危害。危险废物暂存间的建设须满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023) 的要求, 做好“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”工作。同时, 公司应建立危险废物管理台账, 严格执行转移联单管理制度。

11.5 事故影响分析

11.5.1 事故风险分析

对于工业 X 射线探伤机发生事故处理应采取的措施:

- (1) 当发生辐射事故时, 应在第一时间切断电源, 并将事故情况通报有关(生态环境、公安、卫生)等主管部门;
- (2) 对在事故中受到照射的人员及时送到医院进行及时的医学检查和治疗;
- (3) 分析确定发生事故的原因, 记录发生事故时射线装置的工作状态(如工作电压、电流等参数)、事故延续时间, 以便及时确定事故时受到照射个体所接受的剂量。

11.5.2 事故防范措施

(1) 公司拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪、2 支个人剂量计和 2 台个人剂量报警仪。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行检测, 并建立个人剂量档案, 确保工作人员的照射剂量控制在剂量管理限值范围内。个人剂量报警仪在工作期间, 随身携带, 并设定安全阈值和报警;

(2) 新建探伤室的防护门应与射线装置设置门-机联锁装置, 当防护门没有关闭到位时, X 射线机无法启动产生 X 射线, 提醒辐射工作人员检查防护门的关闭状况。探伤室内设置紧急开关, 当人员被误关在探伤室时, 可使用紧急开关, 切断主机电源, 防止人员受到辐射影响。控制台上设有紧急开关, 工作中辐射工作人员发现异常, 可立即使用。探伤室防护门上方设置指示灯和声音提醒装置, 可以避免检测装置工作时其他人员误入探伤室而发生事故;

(3) 定期对工业 X 射线探伤工作场所的安全和防护措施、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。

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，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。

12.1.2 辐射人员管理

（1）个人剂量检测

建设单位拟为新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

（2）辐射工作人员培训

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 射线探伤类别考核，经考核合格取得成绩单后方可上岗，并按时重新参加考核。

建设单位拟新增 2 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，参加 X 射线探伤考核，并考核合格后上岗，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，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，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，并长期保存，并每 2 年进行在岗期间体检，离岗前进行离岗体检。

12.1.3 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。年度评估报告应包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况等方面的内容。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，建设单位承诺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 射线机的保管、运行和维修时的辐射安全管理。

X 射线机安全操作规程：明确辐射工作人员资质条件要求、X 射线机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确探伤机探伤时的操作步骤，明确每次探伤工作前，辐射工作人员应检查安全联锁、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：明确探伤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，确保探伤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：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。

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 射线机的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对探伤装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建

立台账的交接制度，制定 X 射线机的使用登记制度。

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，档案应终生保存。

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，监测方式有企业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，建设单位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，包括演练模拟的事故事件情景；演练参与人员等。

自行检查和年度评估制度：定期对探伤机及探伤室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长期保存。公司应在工作场所醒目位置张贴《操作规程》、《辐射安全与防护保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》与《辐射事故应急预案》等制度，并做好使用登记和台账记录工作。在日后的工作实践中，公司应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射

性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度进行。

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 2 台个人剂量报警仪和 2 支个人剂量计，配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪。

12.3.2 个人剂量监测

探伤工作人员工作时应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，最长不得超过三个月）送检。公司应建立剂量约束值和剂量评价制度，对受到超剂量约束值的应进行评价，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，个人剂量档案应终生保存。

12.3.3 探伤工作场所辐射监测

本项目正式投入使用后，公司须定期（每年 1 次）委托有资质的单位对探伤室周围环境进行监测，并建立监测技术档案，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

①年度监测

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

②日常自我监测

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

③监测内容和要求

A、监测内容：周围剂量当量率。

B、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-1 辐射监测计划

场所名称	监测内容	监测项目	监测点位	监测依据	监测周期
本项目探伤工作场所	周围剂量当量率	年度监测	探伤室顶棚、四侧墙体及防护门外 30cm 离地面高度 1m 处，操作台，各穿线孔、通风孔以及四周环境保护目标	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	1 次/年
		自主检测			1 次/年
		验收监测			竣工验收
	个人剂量检测	个人剂量当量	所有辐射工作人员	《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）	一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月

企业制定设备和检测仪器维护维修制度，每年应对便携式 X-γ 剂量率仪和个人剂量报警仪进行校准，每次使用前应检查设备外观、电池状态，查看设备上的校准标签，确认设备在校准有效期内；每次使用前，应启动设备进行基本的功能测试，确保显示屏、按键、报警等功能正常。

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

表 12-2 “三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	验收要求
辐射安全管理机构	拟设专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 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。	满足《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》中的有关要求。
工作场所机房屏蔽防护设计	探伤室的屏蔽防护设计详见本报告表 10-1。	探伤室周围满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。
工作场所辐射防护措施	辐射工作场所的辐射安全和防护措施详见本报告 10.1.4。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。
人员配置	本项目 2 名新增辐射工作人员均应参加辐射防护培训，取得成绩合格单，方可上岗。	满足《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）的要求

	本项目 2 名辐射工作人员拟配置个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过三个月，并建立个人剂量监测档案终生保存。	满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求。
	本项目 2 名辐射工作人员拟进行岗前、在岗或离岗职业健康检查，拟建立个人健康档案。	满足《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》中的有关要求
辐射安全管理制度	建设单位拟制定一系列辐射安全管理制度，内容包括辐射防护与安全保卫制度、自行检查和年度评估制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急预案、辐射安全档案管理制度、安全操作规程等辐射管理制度。	满足《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》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。

12.4 辐射事故应急

公司需建立《辐射事故应急预案》，制定《辐射事故应急预案》后，应制定计划定期组织应急人员进行应急预案的培训和演练。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定，结合单位的实际情况和事故工况分析，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工。
- （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。
- （3）辐射事故分级与应急响应措施。
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序。
- （5）生态环境（12345）、卫生（120）和公安部门（110）的联系部门和电话。
- （6）编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。建设单位必须加强管理，杜绝辐射安全事故的发生。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 项目概况

本项目位于浙江省台州市临海市杜桥镇东盛路 40 号生产车间内，生产车间为双层建筑，一层层高为 6m，无地下室。

公司于生产车间西南侧拟建 1 间探伤室及配套控制室、评片室、暗室、危废暂存间等辅助用房，本项目专用危险废物暂存间拟建于探伤室南侧。公司拟购置 2 台 X 射线探伤机（一台定向、一台周向），型号待定，最大管电压均为 350kV，最大管电流均为 5mA，均为 II 类射线装置，对自生产的压力容器等产品进行无损检测。

(2) 项目布局及分区

建设单位拟将探伤室内部区域划为控制区，在正常工作过程中，控制区内不得有无关人员进入。在探伤室防护门显著位置设置电离辐射警告标识；将控制室、评片室、暗室及探伤室四周墙体一米内区域划分为监督区，对该区不采取专门防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率，在正常工作过程中，监督区内不得有无关人员滞留。由上述可知，本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的规定。

(3) 辐射安全防护措施结论

本项目探伤工作场所由探伤室、控制室、评片室和暗室组成。探伤室外尺寸为 13.4m（长）×7.4m（宽）×5.1m（高），探伤室四侧墙体为混凝土结构。探伤室内部和防护门上方设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 X 射线机联锁；防护门上有电离辐射警告标识，采用电动移门，并设置门-机联锁；探伤室内及操作台设置紧急停机按钮，探伤室内设置 1 套固定式剂量率报警装置等；本项目拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪、2 枚个人剂量计和 2 台个人剂量报警仪。在落实以上辐射安全措施后，在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

(4) 辐射安全管理结论

建设单位按规定拟成立辐射防护管理领导小组，拟根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定一系列辐射安全管理制度。

建设单位拟组织 2 名新增辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，参加 X 射线探伤考核，并考核合格后方能上岗，并拟委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行

个人剂量监测及职业健康检查，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案并终身保存。建设单位拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测。

建设单位在成立辐射防护管理领导小组、建立健全相应的辐射管理制度和操作规程后，能够具备从事辐射活动的能力。本项目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。

13.1.2 环境影响分析结论

（1）辐射剂量率影响预测结论

本项目各探伤装置在最大工况运行时，探伤室四侧墙体外各关注点及顶棚外各关注点处辐射剂量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”。

（2）个人剂量影响预测结论

经剂量估算，本项目所致辐射工作人员与公众成员的年有效剂量低于本项目剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“剂量限值”要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）。

（3）非辐射环境影响分析结论

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固废产生。

本项目 X 射线固定探伤作业开展时，探伤室内设有机机械通风系统，该部分废气通过通风管道排至探伤室外，对环境的影响较小。探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液均属于危险废物，定期委托有资质的单位收集处置。

13.1.3 可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析结论

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》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。

（2）实践正当性分析结论

X 射线探伤在工业上的应用在我国是一门成熟的核技术应用实践，对保证产品质量方面有十分重要的作用。本项目的实施将会有效的提升企业的产品质量和产品的合格率，其产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，经辐射屏蔽防护和安全管理后，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的年有效剂量符合剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护

与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。因此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》(GB 18871-2002)中“实践的正当性”原则。

(3) 选址合理性分析

本项目位于浙江联茂建设工程有限公司生产车间西南侧,不新增土地。同时,本项目用地性质属于工业用地,周围无环境制约因素。项目探伤室周围 50m 范围内无自然保护区、风景名胜區、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。经辐射环境影响预测,本项目运营过程中产生的电离辐射,经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此,本项目选址是合理可行。

(4) 项目可行性

综上所述,本项目选址合理,符合国家产业政策,符合实践正当性原则,符合临海市生态环境分区管控动态更新方案相关要求,该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后,建设单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施,其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求,从辐射环境保护角度论证,该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

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

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

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

13.2.2 承诺

(1) 建设单位在本项目报批后,承诺及时向生态环境部门申领辐射安全许可证。

(2) 建设单位承诺在本项目正式运行前根据《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),在规定的验收期限内(一般不超过3个月),对配套建设的环境保护设施进行验收,编制竣工环境保护验收监测报告表。

(3) 建设单位加强对废显（定）影液、废胶片等危废的日常管理。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
公章	
经办人（签字）：	年 月 日

审批意见：	
公章	
经办人（签字）：	年 月 日