

报告编号：WKFHP-25042

核技术利用建设项目

浙江省送变电工程有限公司

X 射线移动式探伤建设项目

环境影响报告表

(报批稿)

浙江省送变电工程有限公司

2025 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江省送变电工程有限公司

X 射线移动式探伤建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：浙江省送变电工程有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市庆春东路 87 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.....	7
表 3	非密封放射性物质.....	7
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.....	16
表 9	项目工程分析与源项.....	20
表 10	辐射安全与防护.....	25
表 11	环境影响分析.....	31
表 12	辐射安全管理.....	38
表 13	结论与建议.....	44
表 14	审批.....	47

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江省送变电工程有限公司 X 射线移动式探伤建设项目			
建设单位		浙江省送变电工程有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省杭州市庆春东路 87 号			
项目建设地点		探伤地点位于浙江省内客户指定的野外场地，不固定； X 射线探伤机无探伤检测任务时存放于租赁车间内的 X 射线机贮存间（武义县壶山街道黄龙工业区黄龙三路 16-1 号）			
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)	10	投资比例（环保 投资/总投资） 20%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²) /
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

浙江省送变电工程公司（以下简称“公司”）成立于 1958 年，总部设在中国杭州。公司拥有输变电工程总承包一级资质、输变电工程调试甲级资质、承装（修、试）电力设施一级许可证，是国家电网公司直属的电力工程施工企业。

随着电力行业迅速发展，对电力铁塔的定期检查的市场需求也在不断扩大，因此公司拟使用 X 射线探伤机开展架空线路耐张线夹和直线接续管的高空无损探伤作业。本项目为探伤机移动式无损检测项目，不建设探伤室，只在野外开展架空线路的高空探伤作业，同时公司租赁武义齐晟工贸有限公司（武义县壶山街道黄龙工业区黄龙三路 16-1 号）的厂房作为运检站，在租赁厂房 1 层建设一间 X 射线机贮存间用于 X 射线探伤机无探伤检测任务时存放，租赁合同见附件 5。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

目前，随着各行业对 X 射线无损检测需求的日益增长，加之业务发展和客户需求的提升，

浙江省送变电工程有限公司为拓展业务范围，满足客户需求以及弥补其他检测方法的不足，计划配备 2 台 XRS3 型定向 X 射线探伤机（属于Ⅱ类射线装置）用于开展野外（室外）X 射线探伤业务，本项业务主要为浙江省内架空输电线路进行野外探伤，探伤对象主要为架空线路耐张线夹和直线接续管。

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》：本项目使用的 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，浙江省送变电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

浙江省送变电工程公司拟在武义县壶山街道黄龙工业区黄龙三路 16-1 号武义齐晟工贸有限公司内租赁厂房作为运检站，购置 2 台 XRS3 型 X 射线探伤机，在浙江省境内开展架空线路耐张线夹和直线接续管的高空无损探伤作业，探伤工作开展的高度范围在离地面约 30~100m 左右的高空。同时在租赁厂房 1 层建设 1 间 X 射线探伤机贮存间，用于 X 射线探伤机无探伤检测任务时存放，本项目 XRS3 型 X 射线探伤机采用实时成像，无需洗片，不产生废胶片、废显（定）影液及洗片废液等危险废物，最大管电压均为 270kV、最大管电流均为 0.25mA，为Ⅱ类射线装置。

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

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	主射方向	备注
X 射线探伤机	Ⅱ	2	XRS3	270	0.25	高空探伤	浙江省内客户指定的野外场地	竖直向上	定向机

1.2 相关规划符合性分析

1.2.1 用地规划符合性分析

本项目辅助用房位于武义县壶山街道黄龙工业区黄龙三路 16-1 号。根据业主提供的不动

产权证（附件4），用地性质为非住宅（工业用地），因此，本项目建设符合城乡规划和当地土地利用规划的要求。

1.2.2 与《武义县生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

生态环境分区管控是以改善生态环境质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。通过“明底线”“划边框”，优化空间布局、调整产业结构、保障生态功能，为战略环评与规划环评落地以及项目环评管理提供依据和支撑，为加强生态环境保护、促进形成绿色发展方式和生产生活方式提供抓手。

（1）生态保护红线

根据《武义县生态环境分区管控动态更新方案》，本项目**运检站及X射线探伤机贮存间**位于“金华市武义县中心产业集聚重点管控单元（编号：ZH33072320003）”，属于产业集聚重点管控单元（见附图7）。与武义县“三区三线”图（见附图8）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，本项目拟建辅助用房周围环境 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《武义县生态环境分区管控动态更新方案》，本项目**运检站及X射线探伤机贮存间**位于“金华市武义县中心产业集聚重点管控单元（编号：ZH33072320003）”，属于产业集聚重点管控单元，该管控单元生态环境准入清单见表1-2。

表 1-2 本项目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	根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。严格控制重要水系源头地区和重要生态功能区三类工业项目准入。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。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。	本项目不属于工业项目，为核技术利用项目。	符合
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。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，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。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，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。加强土壤和地下水污染防治与修复。重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。	本项目不涉及污染物总量控制，探伤过程中产生的极少量的臭氧、氮氧化物等气体，对环境影响较小。	符合
环境风险防控	定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	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、节水型工业园区建设，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武义县生态环境分区管控动态更新方案的要求。

1.2.3 与武义县三区三线符合性分析

“三区三线”是根据城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的空间，分别对应划定的城镇开发边界、永久基本农田保护红线、生态保护红线三条控制线，以保障农业空间、生态空间，限制城镇空间。根据武义县“三区三线”图（详见附图 8），本项目位于城镇开发边界内，因此符合武义县三区三线相关要求。

1.2.4 产业政策符合性分析

根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录(2024 年本)》，本项目为核技术在工业领域内的运用，属于第一类鼓励类中三十一项“科技服务业”第 1 条“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，符合国家产业政策的要求。

1.2.5 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。本项目实施的目的是为了对外开展无损检测服务，目的是为保障电网安全运行，其产生的经济收益与社会效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》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.3 项目选址及周边环境保护目标

1.3.1 租赁公司地理位置

公司租赁武义齐晟工贸有限公司厂房，在厂房一层建设 1 间 X 射线机贮存间用于 X 射线探伤机无探伤检测任务时存放，武义齐晟工贸有限公司东侧为武义新悦休闲用品股份有限公司；南侧为黄龙三路，隔路为浙江英胜尔工贸有限公司；西侧为金华市聚杰电器有限公司；北侧为武义云式链业有限公司。

1.3.2 项目配套用房周边环境概况

本项目配套用房（X 射线探伤机贮存间）位于武义县壶山街道黄龙工业区黄龙三路 16-1 号厂房内。X 射线探伤机贮存间东侧为厂区道路，南侧为食堂，西侧为厂房内走廊，北侧为仓库，正上方为会议室。本项目 X 射线探伤机不作业时，全部贮存于 X 射线探伤机贮存间内，实行双人双锁并交由专人管理。

1.3.3 移动探伤时作业场地位置

本项目移动式探伤作业范围为省内各地输变电路现场，无确定的作业地点，根据承接项目的需要，在输变电路现场进行高空移动探伤，具体操作地点的选择严格按照公司管理制度进行。

1.3.4 环境保护目标

本项目作业地点不固定，故环境保护目标为 X 射线探伤机工作现场处的专职辐射工作人员以及周围公众成员。

1.3.5 选址合理性分析

本项目 X 射线机贮存间位置用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素，X 射线探伤机不开机状态下，对周围环境不会产生辐射影响。因此，本项目 X 射线机贮存间选址合理可行。

移动探伤无确定的作业地点，建设单位将严格按照探伤操作规程，做好作业时的安全管理工作，确保周围无相关人员，严格按照控制区边界周围剂量当量率低于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界

周围剂量当量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求执行。因此，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，无原有核技术利用及许可情况。

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	II	2	XRS3	270	0.25	高空探伤	浙江省内客户指定的野外场地	定向机

（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。

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)《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令 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行；
------	--

	(15)《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； (16)《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； (17)《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； (18)《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； (19)《武义县人民政府关于印发武义县生态环境分区管控动态更新方案的通知》，武政发[2024]155 号，武义县人民政府，2025 年 2 月 1 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)《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (5)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (6)《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (7)《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； (8)《辐射事故应急监测技术规范》（HJ 1155-2020）。
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) 中 1.5 条款规定：“射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 7.2.8 中“应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区”，监督区边界处剂量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 显著高于本底水平。

根据理论计算结果，并结合本项目的实际情况，XRS3 型 X 射线探伤机移动探伤时有用线束方向最大监督区范围为 353m，但实际操作时有用线束照射方向为无人高空。故本项目移动探伤评价范围按非有用线束方向最大监督区范围为 45m，小于 100m。移动探伤评价范围按 100m 考虑。

7.2 保护目标

本项目不在城市周边、人口密集区等环境敏感点开展探伤工作，控制区和监督区内无固定建筑，控制区外监督区内的辐射工作人员及监督区外评价范围内的公众均应划定为保护目标；当探伤工作地点在周围有敏感目标的场所进行并且主射方向无法避开敏感目标，建设单位需要做好清场工作，确保两区内无公众的情况下方可进行探伤工作监督区边界处放置“当心电离辐射”的警示牌。

表 7-1 本项目环境保护目标基本情况

环境保护目标	相对探伤机位置	与探伤机的距离 (m)	人数	受照类型	年剂量约束值 (mSv)
辐射工作人员	非主射方向	控制区外、监督区内	6 人	职业照射	5.0
公众成员	不定	监督区外、评价范围内	不定	公众照射	0.25

7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

(1) 防护与安全的最优化

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

（2）辐射工作场所的分区

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

（3）剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

（4）剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 25%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表 7-2。

表 7-2 剂量约束值

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

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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

7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在

相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。

a) 对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按公式 (1) 计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\dot{H}$ ——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)；

100—— 5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 $100\mu\text{Sv/周}$ ；

τ ——每周实际开机时间，单位为小时 (h)。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 γ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

7.3.4 项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等评价标准，确定本项目的管理目标。

(1) 周围剂量当量率

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 条款 7.2 的要求, 本项目开展移动探伤作业时, 应对工作场所实行分区管理, 考虑到本项目运行时每周实际开机时间低于 7h, 因此两区边界周围剂量当量率控制水平如下:

控制区边界周围剂量当量率 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$;

监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$

(2) 个人剂量约束值

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

职业人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv/a}$;

公众成员年有效剂量 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ 。

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 租赁公司地理位置

公司租赁武义齐晟工贸有限公司厂房，在厂房一层建设 X 射线机贮存间用于 X 射线探伤机无探伤检测任务时存放，武义齐晟工贸有限公司东侧为武义新悦休闲用品股份有限公司；南侧为黄龙三路，隔路为浙江英胜尔工贸有限公司；西侧为金华市聚杰电器有限公司；北侧为武义云式链业有限公司。

8.1.2 项目配套用房周边环境概况

本项目配套用房（X 射线探伤机贮存间）位于武义县壶山街道黄龙工业区黄龙三路 16-1 号厂房内。X 射线探伤机贮存间东侧为厂区道路，南侧为食堂，西侧为厂房内走廊，北侧为仓库，正上方为会议室。

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）要求，结合现场条件，对本项目 X 射线探伤机贮存间拟建址及周围进行监测布点，共布设 13 个监测点位，布点情况见图 8-1、8-2，监测报告见附件 6。

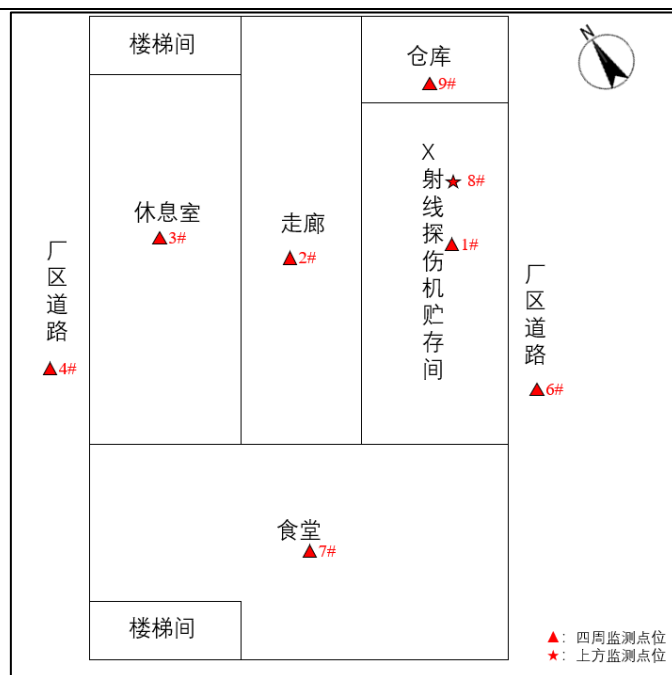


图 8-1 本项目监测点位分布图



图 8-2 本项目监测点位分布图

8.2.4 监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司；
- (2) 监测时间：2025 年 6 月 26 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) 监测工况：辐射环境本底；
- (6) 天气环境条件：多云；室外温度：33℃，室内温度：31℃；相对湿度：61%。

(7) 监测仪器

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 μ Sv/h~99.99 μ Sv/h 外置探头: 0.01 μ Sv/h~10mSv/h
能量范围	内置探头: 20keV-7MeV; 外置探头: 60keV-1.3MeV
检定证书编号	2025H21-20-5773017001
检定证书有效期	2025 年 2 月 28 日~2026 年 2 月 27 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 C_f	1.06
探测限值	10nSv/h
注: 检测期间使用外置探头	

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

表 8-2 本项目 X 射线探伤机贮存间周围环境辐射环境监测结果

点位编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率(nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
#1	X 射线贮存间拟建址	155	2	室内
#2	西侧走廊	161	1	室内
#3	西侧休息室	157	3	室内
#4	西侧厂区道路	143	4	室外
#5	西侧厂房	158	2	室内
#6	东侧厂区道路	139	2	室外
#7	南侧食堂	157	3	室内
#8	会议室	162	3	室内
#9	北侧仓库	159	2	室内

#10	北侧厂房	155	3	室内
#11	东侧武义新悦休闲用品股份有限公司	146	3	室外
#12	南侧旺迎超市	153	2	室内
#13	南侧黄龙三路	134	3	室外
注： 1、根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.4 条款，本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据； 2、根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.5 条款，本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy； 3、γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 25.5nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，1#~3#、5#、7#~10#、12#点位取 0.8，其余点位取 1； 4、监测点位见图 8-1、8-2 由表 8-2 可知：本项目拟建 X 射线探伤机贮存间及周围环境室内 γ 辐射空气吸收剂量率范围 153nGy/h~162nGy/h，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为 134nGy/h~146nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，金华室内的 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为 62nGy/h~467nGy/h，金华地区道路上 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为 47nGy/h~185nGy/h。因此，本项目拟建 X 射线探伤机贮存间及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。 8.2.7 移动探伤作业场所 本项目使用 X、γ 射线探伤机进行移动探伤，由于其涉及的待检测项目具体地点不固定，故本次评价未对其进行环境现状监测。 本项目移动探伤作业区域为浙江省内，参考浙江省生态环境厅发布的《2024 年浙江省生态环境状况公报》，全省环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境 γ 辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。				

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目为移动式探伤项目，探伤设备可直接使用，无需安装。同时，X 射线探伤机贮存间租赁现有场所，仅存在少量的改造施工，主要污染因子为施工扬尘、施工废水、生活污水、施工噪声、建筑垃圾及生活垃圾。本项目施工作业范围有限，施工期较短，因此其对周围环境的影响是短暂的。随着施工期的结束，其环境影响也将不复存在。

X 射线探伤机贮存间所在场所仅存放 X 射线探伤机，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作，因此不存在调试阶段。

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

XRS3 是一种轻型的，几乎不需要任何维护的便携式 X 射线探伤机。X 射线探伤机设备主要由以下各部分组成：数码显示窗、发射警示灯、电源开关钥匙、延迟发射按钮等。



图 9-1 本项目 X 射线探伤机外观示意图

9.2.2 工作原理

X 射线管中加速的电子撞击阳极靶产生 X 射线，X 射线穿透金属材料后被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线检测信号转换为光学图像；用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行 A/D 转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，再根据图像的灰度对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到检测的目的。

X 射线探伤机主要由 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 射线管结构见图 9-2。

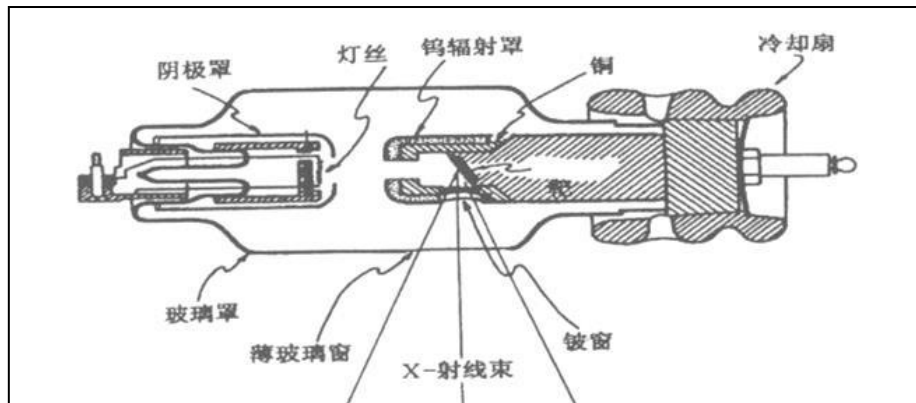


图 9-2 典型 X 射线管示意图

9.2.3 工艺流程及产污环节

1、设备出入库

本项目 X 射线探伤机不工作时，存放于 X 射线探伤机贮存间内，双人双锁并专人管理。移动探伤前，由辐射工作人员到该贮存间领取 X 射线探伤机，领用须填写《射线装置出入库登记表》。探伤工作结束后，X 射线探伤机返回 X 射线探伤机贮存间，填写《射线装置出入库登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。

2、设备运输

探伤装置使用专用的机动车辆运输，由专人押运，做好 X 射线探伤机的人员看管和防盗工作。

3、X 射线移动探伤

（1）公司接到工程探伤检测委托业务后，首先应开展该场所是否适合移动探伤评估工作，应避免在场界有人口密集区（作业时人员无法清场）或环境敏感区（如居民小区、学校或幼儿园）周围开展移动探伤作业。在探伤之前，根据设备的最大管电压和最大管电流等参数估算出控制区及监督区的边界距离，通过委托方（或探伤实施单位）以张贴公告的方式进行探伤作业前公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。

（2）在确保工作区域是属于射线机非工作状态情况下，方可进行设备组装工作。

（3）试曝光。辐射工作人员在远距离（位于控制区外）操作探伤机进行试曝光，辐射工作人员佩戴个人剂量计、个人剂量警报仪，并携带辐射巡测仪对控制区及监督区边界进行巡测，一旦发现辐射水平异常、分区不合理，应立即停止射线出束，调整控制区及监督区边界，并调整安全警戒措施设置位置。

(4) 曝光检测。设备调整结束通过传递绳将设备吊装至导线，正确的摆放射线机的位置，并进行调整，固定牢靠，绑好设备保险绳，工作人员在远离设备（位于控制区外），在确保人员和设备安全的情况下，操作人员远距离操作探伤机进行曝光检测。

(5) 探伤结束，关闭机器。单次拍摄结束后，工作人员接到负责人指令后，方可移动设备，清理完现场后解除警戒，工作人员离场，完成一次探伤任务。



图 9-3 典型高空作业场所图

探伤工艺流程及产污环节详见图 9-4。

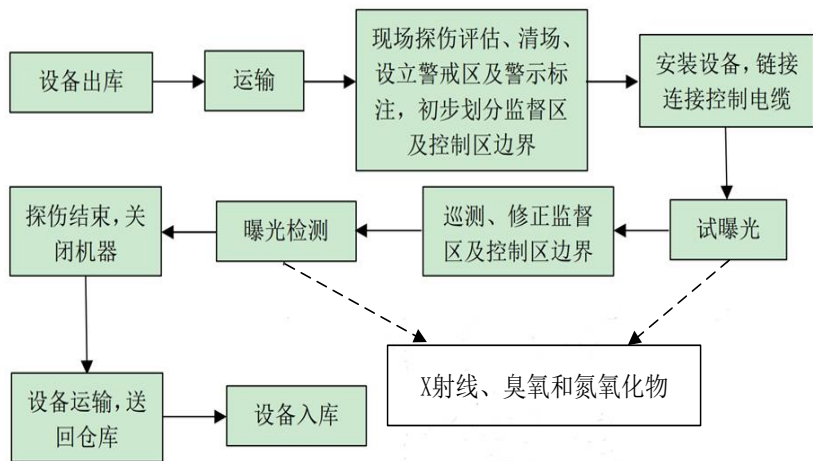


图 9-4 探伤工艺流程及产污环节示意图

9.2.4 运行工况和人员配置计划

本项目 X 射线探伤机主要探伤对象主要为架空线路耐张线夹和直线接续管，被探伤的设备（工件）包覆在管道内，管道直径约：50mm~125mm，管道厚度约：5mm~25mm，距地高度约：30m~100m。

本项目拟配 6 名专职辐射工作人员，分为两组，其中 2 名人员负责探伤装置操作，另 1 名

人员负责现场巡视及监督检查，以确保探伤工作场所安全，防止外来人员误入。辐射工作人员每年工作 250 天（50 周，每周工作 5 天），本项目预计年累计探伤工件约为 20000 个，探伤一个工件出束时间 1min，本项目年总出束时间为 333h，周总出束时间为 6.6h，则单组辐射工作人员周最大受照时间为 3.3h，年受照时间约 167h。

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（曝光状态）时，才会发出 X 射线，对周围环境产生辐射影响。因此，在开机曝光期间，X 射线是本项目的主要污染因子。

辐射场中的 X 射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射。

①有用线束和散射辐射

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1，有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量；在未获得厂家给的输出量，散射屏蔽估算选取表中各（kV）下输出量的较大值保守估计。300kV 滤过条件为 3mm 铝的 X 射线输出量为 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，本项目保守按 300kV 计算，则有用线束和散射辐射的 X 射线输出量 H_0 取 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

②漏射辐射

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第 4.2.2 条款表 1，本项目 X 射线探伤机在额定工作条件下，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

（2）臭氧和氮氧化物

X 射线探伤机工作时产生射线，X 射线使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。

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）仪器故障：探伤机故障以及控制失灵，出现异常曝光可致人员受到一定的照射剂量，造成工作人员不必要的照射。

（2）未分区管理：X 射线探伤机在照射状态，作业现场未标划安全防护区、未设置警戒线

或者曝光前未清查现场，使人员误入或者误留辐射区，可导致较大剂量照射，可能造成辐射损伤，或探伤作业人员未按规定撤离到安全区域。

（3）误照：在探伤现场没有搞好警戒工作，工作人员和公众误留在警戒区内，使工作人员或公众造成不必要照射。**X 射线探伤机作业过程中发生位移促使主射线方向改变，或者探伤机坠落地面后仍未停止出束，导致人员误照射。**

（4）在不适合探伤的场地实施现场探伤，造成人员不必要照射。

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 辅助工作场所布局

本项目配套用房（X 射线探伤机贮存间）位于武义县壶山街道黄龙工业区黄龙三路 16-1 号厂房内。X 射线探伤机不作业时，全部贮存于 X 射线探伤机贮存间内，实行双人双锁并交由专人管理。因此，本项目的功能设施完善，可以满足 X 射线移动探伤的工作需求，布局基本合理。

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，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“7.2 分区设置”，公司开展 X 射线移动探伤作业时，根据现场具体情况，利用便携式 X- γ 剂量率仪，一般将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，控制区的边界尽可能设定实体屏蔽，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。移动探伤控制区、监督区示意图见附图 6。

本项目拟采取的布局与分区措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）关于“移动探伤”的要求。

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）以及辐射管理的相关制度，为减少辐射对环境的影响程度，建设单位针对移动式 X 射线探伤机的固有安全属性、贮存、运输、移动探伤等环节拟采取以下辐射安全和防护措施：

1、探伤装置固有安全属性

（1）本项目 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》（GBZ 117-2022）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。

（2）控制器可设置延时曝光，能确保辐射工作人员退至控制区边界处，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

2、X 射线探伤机贮存间的辐射安全和防护措施

本项目 X 射线探伤机不开展移动探伤作业时，存放于专门的 X 射线探伤机贮存间内，该场所的建设和管理要求如下：

（1）X 射线探伤机贮存间仅存放 X 射线探伤机，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。探伤机检修均由设备生产厂家承担，建设单位工作人员不承担检修工作。

（2）X 射线探伤机贮存间实行双人双锁，由专职工作人员负责，采用防盗门，门上拟设有电离辐射警告标志，其入口处拟安装视频监控系统。

（3）X 射线探伤机贮存间应满足“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。

（4）公司拟制定射线装置的领取、归还和登记制度，并建立设备管理台账。

3、运输过程辐射安全和防护措施

（1）本项目 X 射线探伤机的运输工作是由公司自行承担，配有专用运输车辆，并设有防盗措施。

（2）运输全程由经过培训的辐射工作人员负责，如人员需要离开车辆，应至少保留 1 名工作人员负责 X 射线探伤机的看管。

（3）无法当天返回贮存库时，X 射线探伤机由工作人员负责看管，并派人 24h 值班，X 射线探伤设备临时存放场所需采用的是防盗门窗，临时存放场所须满足“防盗、防火、防潮、防爆”要求。

（4）公司拟制定 X 射线探伤机运输管理规定，工作人员严格按照规定进行规范运输。

4、移动探伤过程中的辐射安全和防护措施

（1）作业前准备

a、在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、作业空间等。

b、本项目开展移动探伤工作的探伤机共 2 台，拟配置 6 名专职辐射工作人员，分为两个移动探伤小组（2 名现场操作、1 名巡查）。

c、移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

（2）分区设置

a、探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

b、控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

c、移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

d、本项目共 2 个探伤作业班组，拟配备 2 台便携式 X-γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。同时，配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

e、探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，适时调整控制区的边界。

f、控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

g、探伤机控制台（X 射线发生器控制面板）应设置在合适位置且设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

（3）安全警示

a、委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

b、应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

c、X 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

d、在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

e、应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

（4）边界巡查与检测

a、开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

b、控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

c、在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。

d、开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

e、移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

（5）高空作业辐射安全和防护

a、X 射线移动式探伤时应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

b、根据《电力设施保护条例》中第九条规定：电力线路保护区为“110kV 导线边线向外侧水平延伸并垂直于地面所形成的两平行面内的区域，110kV 导线的边线延伸距离为 10m”。根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》中 13.0.2 条与 13.0.4 条规定：“110kV 经过居民区时，导线对地面的最小距离不小于 7m”、“若跨越房屋的，则 110kV 导线与建筑物之间最小垂直距离为 5m”。220kV 以上等级的线路，在横向和纵向的控制则更为严格。因此，在进行高空探伤时，检测位置距离房屋的水平距离至少在 10m 以上，与房屋的垂直距离高 5m 以上。

c、若探测点周边有房屋是位于法定的线路走廊范围内的违章建筑，或者违章建高了层数的违章建筑，则需要向可能受影响的公众告知其探测时可能受到的影响，并将其疏散至监督区外后，再进行高空探伤作业。

d、若高空作业时，高压线跨越建筑物或邻近存在建筑物，除了向可能受影响的公众进行必要的辐射告知外，还需进行清场工作。无法清场时，不得开展高空探伤作业。

e、由于探伤项目服务于输变线路塔上耐张线夹的无损检测，一般情况下，工作现场没有居民区等敏感目标，不会有其它无关人员在现场周围活动，但鉴于工作场所情况多样性，如有人员可能接近探伤机工作场所、有多个路口可通向工作场所等复杂情况时，公司应临时增加巡护人员，确保现场防护安全。

f、工作人员应在输电线路不通电的情况下对输电线路耐张线夹进行探伤检测。

g、探伤设备应采用吊绳拴在牢固的构件上进行传递，禁止上下抛掷。

h、探伤机控制台配置一键断电按钮，确保人员可快速手动终止出束。

5、X 射线探伤机的检查和维护

(1) 建设单位的日检，每次工作开始前应进行检查的项目包括：

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

(2) 设备维护

a) 建设单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次；

b) 设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。设备维护包括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、探伤设施的退役

(1) 本项目投入使用后，对拟报废的 X 射线探伤机，公司应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》中第十八条要求，对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销。

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

7、辐射防护设施配置

公司拟配备 6 名辐射工作人员分为两个小组，在进行移动探伤作业时，2 人负责现场操作，1 人负责巡查。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“7 移动式探伤的放射防护要求”的规定，本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划见下表。

表 10-1 本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划

类别	名称	本项目拟配置数量
X 射线移动探伤	个人剂量计	6 枚
	个人剂量报警仪	6 台
	便携式 X-γ 剂量率仪	2 台
	电离辐射警告标志和警示语	8 个
	“禁止进入射线工作区”警告牌	8 个
	“无关人员禁止入内”警告牌	8 个
	提示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，并与探伤机联锁	各 8 套
	警示灯	8 个
	对讲装置	8 个
	警戒绳（不低于 500m）	1 套
	铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜	各 1 套

	准直器	2 套
--	-----	-----

用于 X 射线探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

在落实配置上述辐射防护设施配后，可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中移动探伤的分区设置和安全警示措施的要求。

10.2 三废的治理

本项目的运行无放射性废水、放射性废气、放射性固废产生。

本项目现场探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，经空气稀释和自然分解后，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目为移动式探伤项目，探伤设备可直接使用，无需安装。同时，X 射线探伤机贮存间租赁现有场所，仅存在少量的改造施工，工程量较小，施工期较短，施工期对环境的影响，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

施工机械在运行中会产生噪声，拟采用低噪声设备，避免夜间施工等措施以降低噪声影响，对周围环境影响较小。

（3）废水

施工期产生的废水主要为施工人员的生活污水，生活污水产量较小，利用建设单位已有生活污水处理设施消纳，不外排。

（4）固体废物

整个施工过程中产生少量建筑垃圾堆放在住建部门指定的地点，严禁随意堆放和倾倒。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。

本项目移动探伤无固定作业场所，X 射线探伤机贮存间拟建于武义齐晟工贸有限公司厂区内。由于 X 射线机只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的射线随机器的开、关而产生和消失。在建设过程中 X 射线探伤机未通电运行，在贮存过程中也不进行探伤操作，故建设期或贮存期不会对周围环境造成电离辐射影响。

11.2 运行阶段辐射环境影响分析

X 射线探伤机主要探伤对象主要为架空线路耐张线夹和直线接续管，被探伤的工件包覆在管道内，管道直径约：50mm~125mm，管道厚度约：5mm~25mm，距地高度约：30m~100m。

本项目探伤机在探伤过程中，探伤机需固定在架空线缆处进行高空作业，探伤机主射方向仅为竖直向上（朝向天空），高空作业时主射方向仅考虑探伤工件的屏蔽，非主射方向不考虑额外的任何屏蔽防护。本项目主射方向主要受到主射线的影响，非主射方向主要受到漏射线和散射线的影

散射线和漏射线的影响。

公司按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2022) 的要求, 将周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区, 将周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。现根据公司配备的 X 射线机的参数及对应探伤工件的厚度, 给出控制区及监督区的参考划分范围, 本项目的移动式 X 射线探伤估算采用《辐射防护导论》(方杰主编) 中的公式:

(1) 有用线束计算公式

根据《辐射防护导论》(方杰主编) 中 P69 页的式 (3.1) 和 P96 页的式 (3.45), 在距离靶 r (m) 处由 X 射线探伤机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率计算公式如下:

$$K = \frac{I\delta_x (r_0/r)^2}{10^{(d_1/d_2)}} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中:

K ——经工件屏蔽后的空气比释动能率, $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$; 对于控制区边界取 $15\mu\text{Sv/h}$, 即 $2.5 \times 10^{-4}\text{mSv} \cdot \text{min}^{-1}$, 对于监督区边界取 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 即 $4.2 \times 10^{-5}\text{mSv} \cdot \text{min}^{-1}$;

I ——X 射线机管电流, mA ; 本项目 X 射线探伤机的管电流均为 0.25mA ;

δ_x ——X 射线探伤机的发射率常数, $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 根据前文表 9 章节可知, $\delta_x=20.9\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$;

r_0 ——X 射线管钨靶离焦点的距离, 本项目均取 1m ;

r ——参考点到 X 射线机靶的距离, m ;

d_1 ——被检工件厚度, mm ; 实际探伤过程中, 射线能量是根据被检工件的厚度进行调节。根据建设单位提供的资料, 本项目 XRS3 型 X 射线探伤机处于最大开机工况时, 探伤常用工件透照厚度为 $5\text{mm} \sim 25\text{mm}$, 材质主要为钢, 但由于探伤工件无法完全屏蔽有用线束, 故被检工件厚度保守取 0mm ;

d_2 ——钢的什值层厚度, mm ; 根据 NCRP REPORT No.151:Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities 中 P158 页 Fig.A.1a, 300kV 探伤机产生的 X 射线束在钢中的什值层厚度取 15mm 。

(2) 泄漏射线计算公式

根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式, 可以估算出探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围, 见式 (11-2)。

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：

K_1 ——距探伤机表面 R_1 (m) 处的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；对于控制区边界取 $15\mu\text{Sv/h}$ ，对于监督区边界取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

K_0 ——距离探伤机表面 1m 处的周围剂量当量率，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 第 4.2.2 条款表 1，本项目 X 射线探伤机在额定工作条件下，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

R_0 ——探伤机表面外 1m；

R_1 ——参考点距探伤机表面的距离，m。

(3) 散射辐射计算公式

散射线可根据《辐射防护导论》(方杰主编，P185，式 6.6) 及推导公式计算：

$$\eta_{rR} \leq k \frac{\dot{H}_{L,h} \cdot \gamma_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \cdot a_r \cdot a \cdot q}$$

由上式可以导出：

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot a_r \cdot a \cdot q}{r_i^2 \cdot r_R^2} \cdot \frac{1}{k} \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

式中：

$\dot{H}_{L,h}$ ——参考点处 X 辐射剂量率， Sv/h ；控制区边界取 $1.5 \times 10^{-5} \text{Sv/h}$ ，监督区边界取 $2.5 \times 10^{-6} \text{Sv/h}$ ；

F_{j0} ——辐射源处辐射水平， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ，由 $I \cdot \delta\chi$ 确定，本项目为 $0.25\text{mA} \times 20.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ；即 $0.005\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ；

a_r ——反射物的反射系数，取 0.019；

a ——X 射线束在反射物上的投照面积， m^2 ， $a = \pi r_i^2 \times \tan(\theta/2)^2$ ， θ 为辐射角，本项目取 40° ，可保守估算出 X 射线束在反射物上的投照面积为 0.2m^2 ；

r_i ——辐射源同反射点之间的距离，m，取 0.5m；

r_R ——反射点到参考点的距离，m；

k ——单位换算系数，对于 X 射线源为 1.67×10^{-2} ；

q ——参考点所在位置相应的居留因子，取 1。

(5) 预测结果

根据公式 (11-1) ~ (11-3)，代入相关参数，本项目射线装置运行时周围环境辐射水平预测结果见表 11-1。

表 11-1 X 射线移动探伤控制区和监督区估算结果

设备名称	规格型号	射线类型		控制区范围(m)	监督区范围(m)
X 射线探伤机	XRS3	有用线束	探伤钢管厚度 0mm	145	353
		漏射辐射		18	45
		散射辐射		17	43

综上所述，经理论计算本项目所用探伤机现场作业时，型号为 XRS3 的 X 射线探伤机有用线束方向最大控制区范围约 145m，最大监督区范围约 353m；非有用线束方向最大控制区范围约 18m，最大监督区范围约 45m（X 射线移动探伤控制区和监督区划定距离是与射线源直线距离）。

实际移动探伤时，公司可根据计算结果初步确定移动探伤时的监督区和控制区的边界，然后采用便携式 X-γ 剂量率仪实测验证和调整，严格执行控制区边界辐射剂量率控制在 15μSv/h 以下，监督区边界外辐射剂量率控制在 2.5μSv/h 以下的划分要求。

11.2.2 人员受照剂量估算

1、计算公式

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

$$E = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：

E ——年有效剂量，mSv/a；

$\dot{H}$ ——关注点处周围剂量当量率，μSv/h；

T ——居留因子；

U ——使用因子；

t ——受照时间，h/a。

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

表 11-2 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子（T）	示例
全居留	1	操作台、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	通道、休息区、仓库
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

注：取自 NCRP144。

2、估算结果

根据操作规范，在每次移动探伤作业前，公司须将探伤计划（包括探伤时间、地点等）告知探伤作业所涉及区域内及周边的相关部门及相关人员，严格执行清场工作。鉴于移动探伤工作的工作场所各不相同，因此本次评价采用边界控制限值开展剂量估算。

结合公司实际情况做保守假设：

(1) 本项目预计年累计探伤工件约为 20000 个。年工作按 50 周（250 天）计，探伤一个工件出束时间 1min，本项目年总出束时间为 333h，周总出束时间为 6.6h，则单组辐射工作人员周受照时间为 3.3h，年受照时间约 167h；

(2) 本项目拟配 6 个辐射工作人员，分为两组，每组三名辐射工作人员（每组 2 名现场操作、1 名巡查）；

(3) X 射线机有延时开机功能，操作人员开机后马上退至控制区边界处（控制区的边界周围剂量当量率 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ ，保守以 $15\mu\text{Sv/h}$ 计算），巡界人员主要在监督区边界处进行安全警戒（监督区的边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，保守以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 计算）；公众人员不得进入监督区区域（监督区边界的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，保守以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 计算）；

(4) 在上述偏保守的条件下，辐射工作人员居留因子按全居留考虑，保守取 1；公众人员居留因子按偶然居留考虑，保守取 1/8。

据式（11-4）可以计算出人员受照剂量，计算结果见下表。

表 11-3 人员年有效剂量与周有效剂量计算结果一览表

人员属性	参考位置	居留因子	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年出束时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv/a)
辐射工作人员	控制区边界	1	15	167	2.51E+00
巡界人员	监督区边界	1	2.5	167	4.18E-01
公众成员	监督区边界	1/8	2.5	333	1.0E-01

由上表可知，辐射工作人员和公众成员的年有效剂量分别为 2.51E+00mSv 和 1.0E-01mSv。因此，本项目正常运行后，辐射工作人员和公众成员的年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）。同时根据辐射剂量率与距离的平方成反比的关系式，可定性推导出：本项目评价范围内其他环境保护目标年有效剂量同样可以满足本项目剂量约束值的要求和 GB 18871-2002 中规定的剂量限值要求。

11.4 非放射性污染环境的影响分析

11.4.1 臭氧和氮氧化物

X 射线探伤机工作时产生射线，会造成空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目为移动探伤，由于产生量小且作业场地为开放式场所，因此对周围环境基本没有影响。

11.5 事故影响分析

11.5.1 事故风险分析

公司购置的射线装置属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）仪器故障：探伤机故障以及控制失灵，出现异常曝光可致人员受到一定的照射剂量，造成工作人员不必要的照射。

（2）未分区管理：X 射线探伤机在照射状态，作业现场未标划安全防护区、未设置警戒线或者曝光前未清查现场，使人员误入或者误留辐射区，可导致较大剂量照射，可能造成辐射损伤，或探伤作业人员未按规定撤离到安全区域。

（3）误照：在探伤现场没有搞好警戒工作，工作人员和公众误留在警戒区内，使工作人员或公众造成不必要照射。X 射线探伤机作业过程中发生位移促使主射线方向改变，或者探伤机坠落地面后仍未停止出束，导致人员误照射。

（4）在不适合探伤的场地实施移动探伤，造成人员不必要照射。

11.5.2 事故防范措施

（1）从事 X 射线探伤的工作人员必须经过有关部门的专业培训，具备上岗资格证，业务熟练；严格遵守探伤机使用管理规定和操作规程，禁止违章操作、野蛮作业；作好探伤机的日常维护保养，定期检查，保证 X 射线探伤机始终处于完好状态。操作过程中，设备发生任何故障都要立即停机，及时通知有关人员进行维修，并做好故障记录，不允许设备带故障运行。

（2）为防止开展移动探伤时，公众误留、误入控制区或监督区，除探伤现场事先清场，布置足够的警戒绳等围挡防止公众入内、并在关键位置布设警戒灯和警示牌提示公众外，还必须安排专人巡查控制区和监督区边界。因此，每个移动探伤现场除操作人员外，还至少有名安全巡查人员。

（3）辐射工作人员高空作业时，应严格遵守高空作业安全操作规程，并采取相应的安全防护措施，防止人和仪器从高空坠落。

高空作业时辐射工作人员实时监控 X 射线探伤机状态并配置一键断电按钮，当发生位移或坠落时及时关闭，确保人员可快速手动终止出束。

辐射工作人员在确保 X 射线探伤机固定后方可进行高空作业，防止 X 射线探伤机在探伤过程中发生位移或坠落。

（4）加强运输过程中的防盗意识，运输时应安排专人押送。贮存射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，应安装防盗门及监控等。

发生辐射事故时，事故单位应当立即切断电源、保护现场，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。

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。

根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》，本项目操作人员辐射安全考核专业类别为 X 射线探伤。建设单位拟新增 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，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 6 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。

因此，本项目须在正式投入运行前，根据目前法律法规的要求，建设单位须制定相关辐射安全管理规章制度，并认真落实。针对本次新建项目，对各项制度的制定提出以下建议：

辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线探伤机的运行和维修时辐射安全管理。

移动探伤作业操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、X 射线探伤机操作流程及移动探伤操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线探伤机的操作步骤，探伤前对辐射安全措施的检查等，确保辐射安全措施的有效性；确保辐射工作安全有效运转。

设备检修维护制度：对可能引起操作失灵的关键零配件及时进行更换。设备检修时禁止开启检测装置，待检修完毕，开启检测装置试探伤，确认检修完成。检修后主要性能未达仪器基本参数时不准重新投入使用。射线装置的调试及检修工作需在专门场所进行，不得在 X 射线探伤机贮存间进行。

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

射线装置使用登记制度：建立 X 射线探伤机等设备的档案和台账，对 X 射线探伤机等设备贮存、使用、出入库情况及时进行登记、检查，同时加强档案管理。

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：定期对探伤设备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。

辐射监测仪器定期检定/校准制度：用于 X 射线探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

辐射安全档案管理制度：公司须建立个人剂量档案，辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员如调离辐射工作岗位，公司应当将个人剂量档案长期保存；新增辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或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。

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 支个人剂量计, 配备 2 台便携式 X-γ 剂量率仪。

12.3.2 个人剂量监测

辐射工作人员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。公司应建立剂量管理限值和剂量评价制度, 对受到超剂量限值的应进行评价, 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, 个人剂量档案应当长期保存。

12.3.3 探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求, 建设单位应针对本项目具体情况制定如下监测方案:

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

(2) 常规监测: 每次移动式探伤作业时, 应通过巡测确定控制区和监督区, 当 X 射线探伤机、场所、被检物体(材料、规格、形状)、照射方向、屏蔽等条件发生变化时, 均应重新进行巡测, 确定新的划区界线; 在工作状态下应检测操作位置, 确保操作位置的辐射水平是可接受的; 探伤机停止工作时, 应检测操作者所在位置的辐射水平, 以确认探伤机确已停止工作。凡属下列情况之一时, 应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测:

- a) 新开展现场射线探伤的单位;
- b) 每年抽检一次;
- c) 发现个人季度剂量(3 个月)可能超过 1.25mSv。

本项目辐射监测计划建议如下:

表 12-1 辐射监测计划

监测对象	监测项目	监测点位	监测频率
日常监测	周围剂量当量率	控制区和监督区边界, 在工作状态下和探伤机停止工作时分别检测操作位置的辐射水平。	每次移动探伤工作时
委托监测	周围剂量当量率	操作位、控制区和监督区边界	竣工环保验收监测
		控制区和监督区边界	每年的辐射防护年度评估报告(1 次/年)

	职业性外照射 个人剂量	本项目辐射工作人员	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）
--	----------------	-----------	--

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）和《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。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。

12.4 辐射事故应急

公司需制定《辐射事故应急预案》，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（具体人员和联系电话）。
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备。
- （3）辐射事故分级与应急响应措施。
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序。

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。

本项目投入运行后，公司应做好以下工作：

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

（2）公司应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

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

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

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

浙江省送变电工程公司拟在武义县壶山街道黄龙工业区黄龙三路 16-1 号武义齐晟工贸有限公司内租赁厂房作为运检站，购置 2 台 XRS3 型 X 射线探伤机，在浙江省境内开展架空线路耐张线夹和直线接续管的高空无损探伤作业，探伤工作开展的高度范围在离地面约 30~100m 左右的高空。同时在租赁厂房 1 层建设 1 间 X 射线探伤机贮存间，用于 X 射线探伤机无探伤检测任务时存放，本项目 XRS3 型 X 射线探伤机采用实时成像，无需洗片，不产生废胶片、废显（定）影液及洗片废液等危险废物，最大管电压均为 270kV、最大管电流均为 0.25mA，为 II 类射线装置。

(2) 项目布局及分区

本项目在进行 X 射线移动探伤时，严格按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)的要求划定控制区和监督区，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，在监督区边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

(3) 辐射安全防护措施结论

本项目在进行 X 射线移动探伤时，严格按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)的要求划定控制区和监督区，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，在监督区边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。项目辐射安全防护设施见本报告 10.1.3 章节。在落实本报告中提到的辐射安全措施后，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

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

本项目所有辐射工作人员均需在全国核技术利用辐射安全与防护培训平台进行培训和考核，考核合格后方具备上岗条件，并委托有资质单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量检测与职业健康体检，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。建设单位拟定期请有资质的单

位对探伤工作场所和周围环境的辐射水平进行监测。

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

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

根据理论预测结果，本项目 X 射线探伤机满功率开机条件下有用线束方向最大控制区范围约 145m，最大监督区范围约 353m；非有用线束方向最大控制区范围约 18m，最大监督区范围约 45m。

实际 X、 γ 射线移动探伤时，本次评价建议建设单位采取本报告关于移动探伤的控制区和监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分，然后采用便携式 X- γ 剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整。

（2）个人剂量影响预测结论

经剂量估算，本项目辐射工作人员与公众成员的年附加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。

X 射线移动探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，臭氧在常温常压状态下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

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令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目为核技术在工业领域内的运用，属于第一类鼓励类中三十一项“科技服务业”第 1 条，符合国家产业政策的要求。

（2）实践正当性分析结论

本项目的建设是为了对外开展各项无损检测业务，具有良好的经济效益和社会效益。本项目运行过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射

线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则。

（3）选址合理性分析

本项目 X 射线机贮存间位于武义县壶山街道黄龙工业区黄龙三路 16-1 号武义齐晟工贸有限公司内，用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素，X 射线探伤机不开机状态下，对周围环境不会产生辐射影响，因此，本项目 X 射线机贮存间选址合理可行。

移动探伤无确定的作业地点，建设单位将严格按照探伤操作规程，做好作业时的安全管理工作，确保周围无相关人员，严格按照控制区边界周围剂量当量率低于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界周围剂量当量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求执行。因此，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

（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，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）公司建立健全辐射安全管理体系，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防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

（2）辐射工作人员规范使用个人剂量计和个人剂量报警仪，并形成制度。

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探伤机正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）和《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。

