

报告编号: WKHP-2025065

核技术利用建设项目

浙江兴红建设工程检测有限公司

X 射线移动式探伤项目

环境影响报告表

(报批稿)

浙江兴红建设工程检测有限公司

2025年09月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江兴红建设工程检测有限公司

X 射线移动式探伤项目

环境影响报告表

建设单位名称：浙江兴红建设工程检测有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路21号

邮政编码：311209

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	16
表 9	项目工程分析与源项	20
表 10	辐射安全与防护	27
表 11	环境影响分析.....	34
表 12	辐射安全管理	41
表 13	结论与建议	48
表 14	审批	50

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江兴红建设工程检测有限公司 X 射线移动式探伤项目			
建设单位		浙江兴红建设工程检测有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号			
项目建设地点		X射线探伤机贮存间及配套用房所在地点：浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路21号西大楼内。 移动探伤作业地点：省内，作业地点不固定。			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		25	项目环保投资（万元）	2.5	投资比例（环保投资/总投资） 10%
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 浙江兴红建设工程检测有限公司成立于 2004 年 4 月 7 日，坐落于杭州市萧山区衙前镇，公司注册地址为浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号。是一家以建设工程质量检测、鉴定、评估等为一体的综合性企业。 浙江兴红建设工程检测有限公司租赁杭州琪炜园林工程有限公司位于杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号的场地用于公司经营。租赁面积为 5839m²。 1.1.2 项目建设目的和任务由来					

为满足经营生产需求，浙江兴红建设工程检测有限公司申请使用工业用便携式 X 射线探伤机，开展 X 射线移动式探伤业务，业务类型主要是省内各客户建设项目的现场钢结构焊缝检测。公司建设有一间 X 射线探伤机贮存间。探伤机不作业时，存放于 X 射线探伤机贮存间内保存。本项目 X 射线机探伤作业仅限于在浙江省内工程现场开展，X 射线探伤机贮存间仅作为射线装置的临时贮存，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。

因工业 X 射线探伤项目运行时可能对周围环境造成辐射影响，依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目需要进行环境影响评价。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》，本项目便携式 X 射线探伤机属于 II 类射线装置。对照中华人民共和国生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目——使用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，浙江兴红建设工程检测有限公司委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容与规模

浙江兴红建设工程检测有限公司配备 1 台 XXG-2505 型 X 射线定向探伤机（最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA），用于在浙江省内客户指定场所展开移动式探伤作业。同时，公司在浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼内建设 X 射线移动式探伤项目的配套用房（X 射线探伤机贮存间、洗片室（暗室）、评片室和危废暂存间）。本项目 X 射线探伤机不作业时，存放于 X 射线探伤机贮存间内，洗片和评片工作分别在洗片室（暗室）与评片室内完成，废显（定）影液、废胶片及洗片废液等危险废物集中收集后转移至危废暂存间进行暂存，最终委托有资质单位处理处置。

表1-1 本项目射线装置配置一览表

设备名称	类别	规格	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	工作场所	备注
X射线探伤机	II类	XXG-2505	1台	250	5	浙江省内各客户工作场所	定向机

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

浙江兴红建设工程检测有限公司在杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼内建设 X 射线移动式探伤配套用房（X 射线探伤机贮存间、洗片室（暗室）、评片室和危废暂存间）。公司东侧为琪炜园林工程有限公司，南侧为园区内仓库用地，西侧为杭州市港航管理局萧山管理处城厢所，北侧隔螺东路为浙江哆来咪物流有限公司。

1.2.2 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、洗片室（暗室）、评片室和危废暂存间）均位于杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼内。其中 X 射线探伤机贮存间、危废暂存间和评片室均位于公司三层 315 室内各房间。X 射线探伤机贮存间东侧为评片室，南侧为危废暂存间、西侧为 316 室，北侧为过道。315 室东侧为 313 室，南侧为幕墙，西侧为 316 室，北侧隔过道为卫生间。洗片室（暗室）位于公司一层夹层，洗片室（暗室）东侧为楼梯，南侧为幕墙，西侧为装修材料检测室（二），北侧隔过道为现场设备间（二）。

本项目 X 射线探伤机不作业时，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。本项目移动式探伤项目均固定在公司的洗片室（暗室）与评片室分别完成洗片和评片工作，废显（定）影液、废胶片及洗片废液等危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，最终委托有资质单位处理处置。

1.2.3 移动探伤时作业场地位置

本公司移动式探伤作业范围为省内各地，无确定的作业地点，根据承接项目的需要，在建设施工现场进行，具体操作地点的选择严格按照公司管理制度进行。

1.2.4 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辐射工作人员以及周围公众成员。

1.2.5 选址合理性分析

本项目配套用房位置用地性质属于工业仓储用地/工业厂房，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，本项目配套用房选址合理可行。

1.3 相关规划符合性分析

1.3.1 用地规划符合性分析

本项目用地位于杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼内。根据业主提供的房屋产权证

明，用地性质为工业仓储用地/工业厂房，因此，本项目建设符合城乡规划和当地土地利用规划要求。

1.3.2 与《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

生态环境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。本项目与杭州市生态环境分区管控动态更新方案符合性判定情况如下。

（1）生态保护红线

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“ZH33010920012 萧山区航坞山经济区产业集聚重点管控单元”，属于重点管控单元，与《杭州市国土空间总体规划（2021-2035年）》“市域三条控制线图”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。本项目危险废物主要产生于洗片室（暗室），公司内运输主要是指洗片室（暗室）到公司内到危废暂存间之间的输送，输送路线在公司内，不涉及环境敏感区。运输过程中危废均密封包装，不会泄漏。危废储存桶已做好与地面的隔离防护，不会直接渗透到地面产生污染。因此，项目危险废物在公司内运输不会对周围环境产生不良影响，因此本项目符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目营运过程中会消耗一定量的电源和水资源等，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。

（4）生态环境准入清单

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“ZH33010920012 萧山区航坞山经济区产业集聚重点管控单元”，属于重点管控单元。该管控单元生态环境准入清单见表1-2。

表 1-2 本项目与杭州市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

生态环境管控要求		本项目情况	符合性分析
空间布局约束	根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。合理规划布局居	本项目不属于工业项目，为核技术利用项目，且项目利	符合

	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。	用现有已建建筑内开展工作，不改变土地现状。	
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。所有企业实现雨污分流。	本项目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。危废委托有资质单位处置。	符合
环境风险防控	强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	公司制定辐射事故应急预案，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制。	符合
资源开发率要求	/	/	/

综上，本项目的建设符合《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

1.4 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。本项目不属于《杭州市产业发展导向目录(2024 年本)》中限制类和禁止类项目，符合杭州市产业政策要求。

1.5 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，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》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，企业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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动 种类	实际日最大操作 量 (Bq)	日等效最大操作 量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

（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 类	1 台	XXG-2505	250	5	移动探伤	浙江省内各客户工作现场	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	/	/	/	10kg	/	废显（定）影液与洗片废液使用专用容器收集（废胶片用袋子收集）后暂存于危险废物暂存间	本项目移动式探伤项目均固定在厂区的洗片室（暗室）与评片室分别完成洗片和评片工作，废显（定）影液、废胶片及洗片废液等危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，最终委托有资质单位处理处置。
废胶片	固态	/	/	/	5.15kg	/		
洗片废液	液态	/	/	/	25kg	/		

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》，1989 年 12 月 26 日会议通过，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行； (2)《中华人民共和国环境影响评价法》，2002 年 10 月 28 日会议通过，2003 年 9 月 1 日起施行，2016 年 7 月 2 日第一次修正，2018 年 12 月 29 日起修正； (3)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，主席令第四十三号，1995 年 10 月 30 日通过，2020 年 4 月 29 日第二次修订，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》，国务院令第 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》，2005 年 9 月 14 日国务院令第 449 号公布，2005 年 12 月 1 日起施行，2014 年 7 月 29 日第一次修订，2019 年 3 月 2 日第二次修订； (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)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2005 年 12 月 30 日会议通过，2006 年 3 月 1 日起施行；2008 年 12 月 6 日修改，2017 年 12 月 20 日修改，2021 年 1 月 4 日修改； (9)《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (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）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (13)《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第 36 号公布，自 2025 年 1
------	---

月 1 日起施行； (14)《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； (15)《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； (16)《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 24 日； (17)《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日施行； (18)《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行； (19)《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日； (20)关于印发《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》的通知，环办辐射函〔2025〕313 号，2025 年 8 月 29 日； (21)《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 71 号，2022 年 8 月 1 日起施行； (22)《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； (23)《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布，2011 年 12 月 1 日起施行，2014 年 3 月 13 日第一次修正，2018 年 1 月 22 日第二次修正，2021 年 2 月 10 日第三次修正； (24)《浙江省辐射环境管理办法》，2021 年省政府令第 388 号修订，2021 年 2 月 10 日修订； (25)《关于印发浙江省辐射事故应急预案的通知》，浙政办发〔2018〕92 号，浙江省人民政府办公厅，2018 年 9 月 28 日印发；
--

	(26)《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日起实施； (27)关于印发《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》的通知，浙环发〔2024〕18号，浙江省生态环境厅，2024年3月28日起施行； (28)《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，杭环发〔2024〕49号，杭州市生态环境局，2024年8月12日起施行； (29)关于修订印发《杭州市产业发展导向目录(2024年本)》的通知，杭发改产业〔2024〕34号，杭州市发展和改革委员会，2025年1月1日起实施。
技术标准	(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)； (2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)； (3)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)； (4)《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及第1号修改单； (5)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)； (6)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)； (7)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)； (8)《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)； (11)《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022)。
其他	(1)环评委托书； (2)NCRP REPORT No.151； (3)《辐射防护导论》，方杰主编； (4)公司提供的其他与工程建设有关的技术资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中 1.5 条款规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视情况而定，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”。

本项目使用的便携式 X 射线定向探伤机型号为 XXG-2505（最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA），主要用于钢结构焊缝的检测，在最大功率下探伤工件厚度约为 30~40mm。本项目选取最大功率下的最小探伤工件厚度 30mm 进行保守计算。根据计算结果，本项目 XXG-2505 型 X 射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为 119m。由于监督区边界处剂量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 显著高于本底水平，因此，本项目为评价范围以探伤机靶点为中心向外 119m。

7.2 保护目标

由于本项目为移动式探伤，探伤作业地点不固定。因此，X 射线探伤机在工作条件下的环境目标是不固定的。本项目环境保护目标为 X 射线探伤机工作现场处的辐射工作人员以及周围其他公众人员，具体见下表。

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	位置	与探伤机的距离（m）	人数	受照类型	年剂量约束值(mSv)
各客户工作现场	辐射工作人员	移动探伤控制区外	控制区外、监督区内	2 人	职业照射	5.0
	公众成员	移动探伤监督区外，评价范围内	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”，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
职业人员照射有效剂量	5.0mSv/a
公众人员照射有效剂量	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。

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。

7.4 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：

A. 控制区边界周围剂量当量率 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ ；

B. 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：

A. 职业人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；

B. 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 项目地理位置

浙江兴红建设工程检测有限公司位于浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼，楼内配备有 X 射线移动式探伤项目的配套用房（X 射线探伤机贮存间、洗片室（暗室）、评片室和危废暂存间）。公司东侧为琪炜园林工程有限公司，南侧为园区内仓库用地，西侧为杭州市港航管理局萧山管理处城厢所，北侧隔螺东路为浙江哆来咪物流有限公司。

8.1.2 辐射工作场所位置

本项目 X 射线移动探伤作业范围为省内各地，无确定的作业地点，根据承接项目的需要，在各客户工作现场进行。

本项目配套用房（X 射线探伤机贮存间、洗片室（暗室）、评片室和危废暂存间）均位于浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼内。其中 X 射线探伤机贮存间、危废暂存间、和评片室均位于 315 室内各房间。X 射线探伤机贮存间东侧为 315 室内评片室，南侧为 315 室内危废暂存间、西侧为 316 室，北侧为过道。315 室东侧为 313 室，南侧为幕墙，西侧为 316 室，北侧隔过道为卫生间。洗片室（暗室）位于公司一层夹层，洗片室（暗室）东侧为楼梯，南侧为幕墙，西侧为装修材料检测室（二），北侧隔过道为现场设备间（二）。

本项目 X 射线探伤机不作业时，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。本项目移动式探伤项目均固定在公司的洗片室（暗室）与评片室分别完成洗片和评片工作，废显（定）影液、废胶片及洗片废液等危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，最终委托有资质单位处理处置。

8.2 辐射环境质量现状评价

8.2.1 监测目的

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

8.2.2 监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.3 监测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等要求，结合现场条件，对本项

目各辐射工作场所及周围环境进行监测布点。本项目共布设 21 个监测点位。

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：2025 年 08 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) 监测频次：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以 10 秒间隔读取 10 个数；
- (6) 监测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：晴；室内温度：33℃；室外温度：38℃；相对湿度：54%；
- (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

仪器名称	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
检定有效期	2025 年 02 月 28 日至 2026 年 02 月 27 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 C_f	1.06
探测限	10nSv/h

8.2.5 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各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X射线探伤机贮存址周围辐射环境监测结果

位点 编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		位置
		平均值	标准差	
1#	X 射线探伤机贮存间	122	2	室内
2#	评片室	129	2	室内
3#	危废暂存间	134	4	室内
4#	315 室内空房	128	4	室内
5#	313 室	127	3	室内
6#	X 射线探伤机贮存间外过道	136	4	室内
7#	卫生间	130	3	室内
8#	317 现场设备间	120	2	室内
9#	316 室	127	2	室内
10#	洗片室(暗室)	98	4	室内
11#	装修材料检测室	83	2	室内
12#	现场设备间(二)	82	4	室内
13#	过道	89	2	室内
14#	公司大门(南侧)	84	2	室外
15#	公司东侧(琪炜园林工程 有限公司)	68	1	室外
16#	公司北侧(螺东路)	74	3	室外
17#	公司西侧(杭州市港航管理局萧山管理处 城厢所)	75	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，14#~17#点位取 1，其余点位取 0.8。

由表8-2可知：本项目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为82nGy/h ~ 136nGy/h，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为68nGy/h ~ 84nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，杭州市室内的 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为56nGy/h ~ 443nGy/h，杭州

市道路上 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为28nGy/h~222nGy/h。因此，本项目工作场所及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

本项目移动探伤作业区域为省内各地，参考浙江省生态环境厅官网发布的《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， γ 辐射空气吸收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 射线探伤机贮存间及洗片室（暗室）、评片室和危废暂存间等配套用房均租赁现有场所，仅存在少量改造施工，施工过程中产生的污染主要为施工扬尘、施工废水、建筑垃圾、施工噪声、生活污水和生活垃圾。本项目改造施工作业范围有限，施工时间短，在施工结束后将不再对周边环境产生影响。

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 设备组成及工作方式

本项目使用的 XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机坚固、可靠、耐用，控制器采用高度集成，内部结构制造坚固，适用于航天、造船、冶金、化工、电力、汽车、压力容器、重型机械制造、桥梁等领域应用，重量轻、便于携带、省时省力、稳定性强、故障率低、曝光连续工作严格按照 1:1 休息，保证机器使用寿命。本项目 X 射线探伤机外观如图 9-1 所示。



图 9-1 本项目 X 射线探伤机外观示意图

9.2.2 工作原理

便携式 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 X 线感光片进行照射，当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、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构见图 9-2。

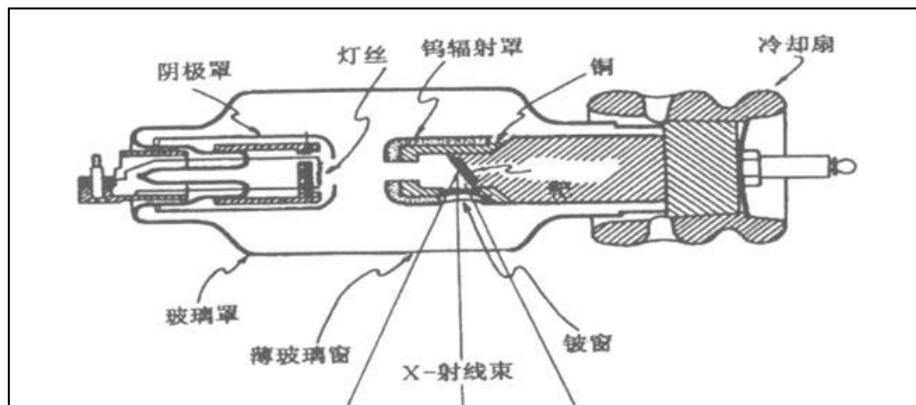


图 9-2 典型 X 射线管示意图

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，存放于专门的 X 射线探伤机贮存间，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）使用便携式 X- γ 剂量率仪对初步划出的控制区及监督区的范围和边界进行确认，确认后，对监督区边界范围内区域进行清场，将无关人员全部撤出监督区边界线以外。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，设置有提示“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，边界处拉起警戒绳。监督区边界上张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息，并悬挂清晰可见的“无关人员禁止进入”警告牌。在清理完现场，确认监督区内无公众人员后，辐射工作人员离开控制区，在监督区边界附近进行警戒。

（3）试曝光。X 探伤机在第一次使用或一段时间未使用时，X 光机灯管必须按规定进行训机一次，方可正常使用。现场作业人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，监护人员确认场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，开始铺设电缆，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，检查无误，设备操作人员开机进行试曝光，现场监护人员使用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤机位置四周由远及近进行巡测，一旦发现辐射水平异常、分区不合理，应立即停止射线出束，调整分区。对划定的控制区和监督区进行修正，保障工作人员操作现场的周围剂量当量率小于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，公众位于周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域之外。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。

（4）曝光检测。探伤机控制台上设有延时开机按钮，操作人员开机后马上退至控制区边界处。然后开机进行曝光，同时记录照射时间。到预定曝光时间后，探伤检测结束。

（5）探伤结束，关闭机器。清理完现场后解除警戒，工作人员离场。

（6）从检测工件上取下已曝光的底片，并将胶片统一运回公司洗片室（暗室）。待洗片室（暗室）冲洗处理后阅片，完成一次探伤任务。

探伤工艺流程及产污环节详见图 9-3。

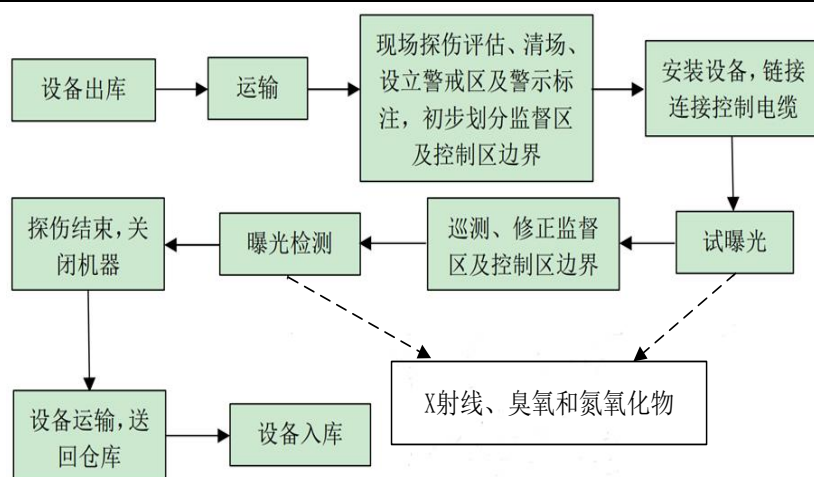


图 9-3 探伤工艺流程及产污环节示意图

9.2.4 洗片室（暗室）洗片流程及产污环节

探伤检测后将胶片暗袋统一运回洗片室（暗室），在无可见光只有洗片室（暗室）红灯的情况下拆开暗袋，取出胶片放入洗片架，从取出胶片直至定影操作结束，以下所有操作过程均必须在洗片室（暗室）内进行，采用手动洗片的方式。外地拍片返回到杭州洗片，不设临时洗片室（暗室）。

①显影：将带胶片的洗片夹依次放入显影槽内，视放置位置，保证胶片之间的间隔至少 12mm，不要多放，正常显影在 20℃时 5~8min。显影过程中最好是 1min 内将胶片作为水平和垂直方向搅动数秒钟。

②停影：在显影结束后，将洗片夹从显影槽内取出，放入流动清水中去除胶片上附着的残留显影液，停影时间控制在 0.5~1min。

③定影：将停显后的胶片立即放入定影槽内，注意胶片之间不得互相接触，以免出现叠影。为保证均匀而快速的定影，胶片在刚浸入定影液时以及最初的 1min，均应做上下方向的搅动约 10min，然后让其在定影中浸渍到定影结束。定影时间至少为底片通透时间的两倍。但对于刚配置不久的定影液，定影时间不得超过 15min。

④冲洗：定影完成后，将洗片夹从定影槽中取出，放置在流动水中冲洗 20~30min，去除胶片上附着的残留定影液。

⑤干燥：冲洗完成后，将胶片从洗片夹中取出，通过悬挂或其他方式将胶片在环境温度的静止空气或循环空气下进行干燥。

⑥显影液或定影液经过一定数量的胶片处理后，其洗片性能将下降，此时应配置新液替换旧液，废液采用专用防渗容器收集后转移到危险废物暂存间暂存。

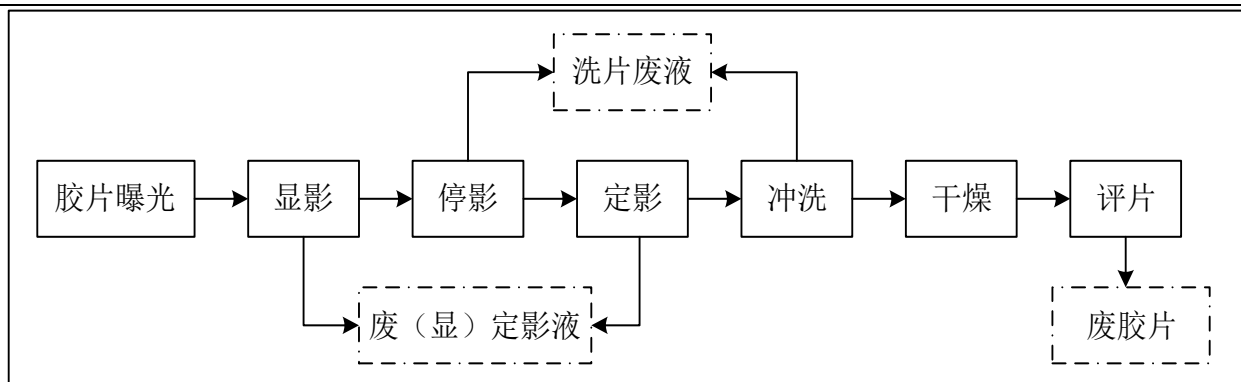


图 9-4 暗室洗片工艺流程及产污环节示意图

9.2.5 运行工况和人员配置计划

建设单位目前主要承担钢箱梁对接焊缝/焊接材料对接和对接试板等的无损检测，本项目作业范围为浙江省内，探伤对象主要为钢结构，材质为钢，探伤工件厚度为 8mm~30mm，当探伤机处于最大开机工况时，探伤工件透照厚度为 30~40mm。本项目共一组，安排 2 名辐射工作人员，其中 1 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），年拍片量为 500 张，单张胶片曝光时间平均为 5min（包括试曝光、曝光和训机时间），每周探伤时间为 0.83h，年探伤时间为 41.7h。

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。250kV 滤过条件为 0.5mm 铜的 X 射线输出量为 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $9.9\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

② 漏射辐射

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第4.2.2条款表1，本项目X射线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，会造成探伤空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物，对环境空气会产生影响。

(3) 废显（定）影液、废胶片及洗片废液

曝光完成后，需将拍摄的底片运回进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影液、废胶片及洗片废液，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，本项目探伤作业年拍片约500张，按洗1000张片用20L显（定）影液，经估算项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约10L（密度按 1g/cm^3 计算，约10kg）；废片率按3%计算，则每年产生废胶片约15张，单张胶片平均重量约10g，折算重量为150g；按洗1000张片用50L废水，经估算项目工作过程中每年产生洗片废液约25L（密度按 1g/cm^3 计算，约25kg），该部分废水含较高浓度的AgBr、显（定）影剂及强氧化物，需做危废处理，危险废物定期委托有资质的单位处理，完好的胶片由公司定期建档备查。

根据《承压设备无损检测 第1部分：通用要求》（NB/T 47013.1-2015）中第7.3.3条款要求，无损检测记录的保存期应符合相关法规标准的要求，且不得少于7年。7年后若用户需要，可将原始检测数据转交用户保管。本项目完好胶片每年约500张，存档期限为7年，存档满7年后的胶片全部作为危废交有资质单位处理处置。基于本项目运行的第8年开始，同一年既有探伤洗片产生的废胶片，又有存档期满后产生的废胶片，本次评价保守考虑来核算废胶片年产生量，即515张（折合重量约5.15kg）。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》（原环境保护部公告 2017 年第 43 号）要求，本次评价明确危险废物的名称、数量、类别、形态、危险特性和污染防治措施等内容，具体见下表。

表 9-1 本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 (kg/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	10	胶片冲洗	液态	显(定)影液	显(定)影液	每次移动探伤	T	贮存：密闭置于包装桶内，分

2	废胶片	HW16	900-019-16	5.15	评片、胶片存档	固态	废胶片	废胶片	每次移动探伤、存档期满	T	类、分区存放在公司危废暂存间内 处置：委托有资质单位处置
3	洗片废液	HW16	900-019-16	25	胶片冲洗	液态	AgBr、显(定)影剂及强氧化物	AgBr、显(定)影剂及强氧化物	每次移动探伤	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）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。

（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、洗片室（暗室）、评片室和危废暂存间）均位于浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼内。X 射线探伤机不作业时，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。本项目移动式探伤项目均固定在公司的洗片室（暗室）与评片室分别完成洗片和评片工作，废显（定）影液、废胶片及洗片废液等危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，最终委托有资质单位处理处置。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》（GB18871-2002）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》（GBZ117-2022）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。

本项目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。

10.1.3 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，门上设有电离辐射警告标志，其入口处安装视频监控系统。

(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) 公司应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 射线探伤机由经过培训的辐射工作人员负责看管，将处于关闭状态下的 X 射线探伤机单独存放，并确保贮存环境及周边安全。

(4) 公司应制定 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、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响。

b、本项目开展移动探伤工作的探伤机共 1 台，并配置 2 名辐射工作人员（1 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、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。

d、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。

e、本项目共 1 个探伤作业班组，配备 1 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。

f、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。

g、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。

h、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。

i、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。必要时应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) X 射线移动式探伤操作要求

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。

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

公司配备 2 名辐射工作人员，在进行移动探伤作业时，1 人负责现场操作，其余 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	本项目配置数量
X 射线移动探伤	个人剂量计	2 枚
	个人剂量报警仪	2 台
	便携式 X-γ 剂量率仪	1 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	4 个
	“无关人员禁止入内”警告牌	4 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 4 套
	警示灯	4 个
	对讲装置	2 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

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。

8、危险废物环境管理要求

本项目危险废物主要为探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液及废胶片、洗片废液，根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）和《危险废物转移管理办法》（生态环境部令第 23 号）等规定，为降低危险废物对环境的影响程度，建设单位针对危险废物的贮存、

转移和处置等环节应采取如下环境管理措施：

(1) 危废的贮存

本项目危废暂存间位于浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼 315 室内，危废暂存间占地约 6m²，该场所一次性最大贮存能力约 2000kg，建设应满足“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，地面必须硬化处理，门上应设规范的危废标识。本项目危险废物产生量较小（约 40kg/a），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》（原环境保护部公告 2017 年第 43 号）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，具体见下表。

表 10-2 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	螺东路 21 号西大楼 315 室	约 6m ²	专用防渗容器	约 2000kg	一年
2		废胶片					袋装堆放		
3		洗片废液					专用防渗容器		

危废暂存间的管理应做到以下要求：

①危废暂存间内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，不同分区之间应采取隔离措施，避免不相容的危险废物接触、混合。

②危废暂存间、容器和包装物应按 HJ 1276 要求设置危险废物贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。

③危废暂存间应设专人管理，其他人员未经允许不得入内。

④危险废物存入贮存设施前应对危险废物类别和特性与危险废物标签等危险废物识别标志的一致性进行核验，不一致的或类别、特性不明的不应存入。

⑤应定期检查危险废物的贮存状况，及时清理贮存设施地面，更换破损泄漏的危险废物贮存容器和包装物，保证堆存危险废物的防雨、防风、防扬尘等设施功能完好。

⑥建立危险废物管理台账，管理人员做好危险废物情况的记录，记录上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。

（2）危废的转移及委托处置

本项目产生的危废在公司内转运将由专门的工作人员从洗片室（暗室）进行收集并转移至危废暂存间，公司外部转运将委托有资质的单位定期到公司收集并运输转移。

危废在公司内的收集与转移应做到以下要求：

- ①性质类似的危废可集中到统一容器中，性质不相容的危废不得混合收集；
- ②洗片室（暗室）产生的废液应采用密闭包装桶进行暂存，筒底应设有防渗托盘与地面隔离，避免筒体破损导致废液渗漏；
- ③公司内运输时若产生泄漏，应及时进行收集与清理；
- ④收集危废的专业人员在作业时应做好个人防护；
- ⑤盛装过危险废物的包装袋或包装容器破损后应按危险废物进行管理和处置。

危废转移过程中严格执行转移联单管理制度，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。

（3）环境应急要求

①公司应按照国家有关规定编制突发环境事件应急预案，定期开展必要的培训和环境应急演练，并做好培训、演练记录。

②公司应配备满足其突发环境事件应急要求的应急人员、装备和物资，并应设置应急照明系统。

③相关部门发布自然灾害或恶劣天气预警后，公司应启动相应防控措施，若有必要可将危险废物转移至其他具有防护条件的地点贮存。

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。

（1）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。

（2）项目产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液属于危险废物，公司应定期委托有资质的单位回收处理，加强对危险废物暂存场所的日常管理。

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 射线探伤机贮存间及洗片室（暗室）、评片室和危废暂存间等配套用房均租赁现有场所，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，应采用低噪声设备，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 射线探伤机贮存间及洗片室（暗室）、评片室和危废暂存间等配套用房均位于浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼内。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

11.2.1 移动探伤控制区和监督区的理论划分

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），在探伤机处于照射状态，建设单位用便携式 X-γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，参照 GBZ 117-2022 第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界；以 2.5μSv/h 为监督区边界。本项目辐射工作人员周探伤时间为

0.83h, 小于 7h, 故可判定本项目移动探伤控制区边界周围剂量当量率限值为 15μSv/h。

在实际探伤过程中, 定向探伤机的主束射向所检查的工件。线能量根据被检工件的厚度进行调节, 有用射束被工件所屏蔽, 射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。在此基础上, 建设单位须严格遵守《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022), 利用辐射剂量率仪将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区, 严禁任何人进入该区域; 将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区, 严禁公众成员进入该区域。

(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 15μSv/h, 即 $2.5\times 10^{-4}\text{mSv}\cdot\text{min}^{-1}$, 对于监督区边界取 2.5μSv/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 5mA;

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, $\delta_x=16.5\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$;

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 XXG-2505 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 30mm~40mm, 材质主要为钢, 本报告保守取探伤钢板的最小厚度 30mm;

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, 250kV 探伤机产生的 X 射线束在钢中的什值层厚度取 14mm。

(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:

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

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 $I \cdot \delta_x$ 确定, 本项目为 $5\text{mA} \times 16.5\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$; 即 $8.25 \times 10^{-2} \text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$;

a_r ——反射物的反射系数, 依据《辐射防护导论》图 6.4, 单能光子在铁上的反射系数保守取 0.007;

a ——X 射线束在反射物上的投照面积, m^2 , $a = \pi r_i^2 \times \tan^2(\theta/2)$, 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 0.1m^2 ;

r_i ——辐射源同反射点之间的距离, m, 取 1m;

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。

(4) 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	XXG-2505	有用线束	探伤钢板厚度 30mm	49	119
		漏射辐射		19	45
		散射辐射		15	37

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 XXG-2505 的 X 射线探伤机对 30mm 探伤工件进行探伤的情况下,有用线束方向最大控制区范围约 49m,最大监督区范围约 119m,因本项目探伤机处于最大工况时探伤工件厚度为 30~40mm,选取 30mm 进行保守计算,因此在探伤机处于非最大工况在工作时,监督区范围仍不会超出 119m;非有用线束方向最大控制区范围约 19m,最大监督区范围约 45m。

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,本项目取 1;

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。探伤作业一般均在晚上等现场其他非辐射工作人员下班后进行，或者提前一天通知周围的非辐射工作人员在探伤作业时间回避现场。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) 预计年累计年拍片量约为 500 张。年工作按 50 周（250 天）计，单张胶片曝光平均时间 5min（包括曝光、试曝光和训机时间），工作人员周最大探伤时间为 0.83h，年探伤时间约 41.7h；

(2) 本项目配 2 名辐射工作人员（1 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)
操作人员 (职业)	控制区边界	1	15	41.7	0.63
巡界人员 (职业)	监督区边界	1	2.5	41.7	1.03E-01
公众成员	监督区边界	1/8	2.5	41.7	1.3E-02

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 0.63mSv 和 $1.3\times 10^{-2}\text{mSv}$ 。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 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），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。

11.2.3 非放射性污染环境影响分析

(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。

(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。

11.3 事故影响分析

11.3.1 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。

(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。

11.3.2 辐射事故应急

(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）射线装置在调试和使用时，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

（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预案，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

建设单位为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。建设单位配置 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，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

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。

建设单位组织 2 名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 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，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。

危险废物处理制度：危险废物临时贮存场所严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）进行设计，采取基础防渗、防火、防雨、防晒、防扬散、通风，配备照明设施等防治环境污染措施。贮存场所处粘贴危险废物标签，并作好相应的记录。危险废物由危废处置单位定期清运处理，包装容器为密封容器，容器上粘贴标签，注明种类、成分、危险类别、产地、禁忌与安全措施等，并采用专用密闭车辆，保证运输过程无泄漏。

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；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

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) 在居民区进行的移动式探伤；
- d) 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 年度安全状况评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定，公司应对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- （1）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （2）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- （3）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；
- （4）射线装置台账；
- （5）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- （6）辐射事故及应急响应情况；
- （7）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- （8）存在的安全隐患及其整改情况；
- （9）其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.3.5 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。

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。

公司已制定相应的《辐射事故应急预案》，并成立应急事故小组，具体内容如下：

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）、其他有关法律、法规的规定和职能管理部门要求，结合我公司实际，建立了《辐射事故应急预案》。

对突发放射性事故，企业应坚持以预防为主、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。

（一）组织机构及职责

- ①由辐射防护领导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辐射防护领导机构其他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。

(二) 应急处理程序

①发生放射性事故时,现场工作人员应立即采取切断射线装置电源、并报告公司领导;

②公司领导接到报告必须立即赶往现场,并采取封闭现场等有效措施,防止事故进一步扩大和蔓延,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(2小时内)向当地生态环境、卫生、公安等职能部门报告。

③生态环境部门接到事故报告后立即赶赴现场,进行处理,企业应积极配合,做好相关工作。

④事故发生后,企业应认真配合生态环境部门进行调查。

(三) 联系电话

本科室放射事故应急小组及联系电话:

组长:

副组长:

组员:

1.单位辐射安全管理机构联系电话:

2.当地生态环境部门联系电话: 12345

3.当地公安部门联系电话: 110

4.当地卫生部门联系电话: 12345

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

根据整体发展规划，浙江兴红建设工程检测有限公司计划开展 X 射线移动式探伤项目，安排一台 XXG-2505 型 X 射线定向探伤机（最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA）用于对外开展移动探伤工作。同时，公司在浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼内配备本项目的配套用房（X 射线探伤机贮存间、洗片室（暗室）、评片室和危废暂存间）。

(2) 辐射安全与防护结论

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》(GBZ117-2022)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。

(3) 辐射安全管理结论

建设单位应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。建设单位应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。

建设单位应根据《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) 主要污染因子

本项目主要污染因子为 X 射线、臭氧和氮氧化物、废显（定）影液、废胶片及洗片废液。

（2）移动探伤控制区和监督区的划分

经理论计算本项目所用探伤机现场作业时，型号为 XXG-2505 的 X 射线探伤机在功率为 250kV 时，对 30mm 厚探伤工件进行探伤的情况下，有用线束方向最大控制区范围约 49m，最大监督区范围约 119m；非有用线束方向最大控制区范围约 19m，最大监督区理论计算范围约 45m。

实际 X 射线移动探伤时，建设单位应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。

（3）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 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）。

4）“三废”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。X 射线移动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进行处置，危废暂存间按照要求进行地面硬化，做到防腐防渗，对周围环境几乎不会造成影响。

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。对照《杭州市产业发展导向目录（2024 年本）》，本项目不属于限制类和禁止（淘汰）类，符合杭州市产业政策的要求。

（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》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

（3）选址合理性分析

本项目辅助用房位于浙江省杭州市萧山区衙前镇螺东路 21 号西大楼内，根据建设单位提供的出租方不动产权证书，本项目用地性质为工矿仓储用地/工业厂房，且周围无环境制约因素，符合土地利用规划要求。本项目的建设符合杭州市生态环境分区管控动态更新方案的要求，不涉及生态保护红线，符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求。现场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，符合《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》的要求，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）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。

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