

报告编号：WKFHP-23066

核技术利用建设项目

绍兴市质量技术监督检测院

X 射线固定式与移动式探伤建设项目

环境影响报告表

(报批稿)

绍兴市质量技术监督检测院

2023 年 12 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

绍兴市质量技术监督检测院

X 射线固定式与移动式探伤建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：绍兴市质量技术监督检测院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：越城区沥海街道花宫道 8 号

邮政编码：312000

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	8
表 3 非密封放射性物质	8
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6 评价依据	11
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	21
表 9 项目工程分析与源项	26
表 10 辐射安全与防护	34
表 11 环境影响分析	44
表 12 辐射安全管理	59
表 13 结论	67
表 14 审批	71

附图：

附图1 项目地理位置图

附图2 项目周围环境关系示意图

附图3 项目评价范围示意图

附图4 院区周围环境实景图

附图5 院区总平面布置图

附图6 2#检测楼一层局部平面布局图（探伤铅房、设备贮存间、暗室、评片室位置）

附图7 2#检测楼二层局部平面布局图（探伤铅房正上方）

附图8 1#检测楼二层局部平面布局图（危废暂存间位置）

附图9 探伤铅房剖面示意图

附图10 探伤铅房所在射线检测室平面布局、两区划分及辐射安全和防护设施方案布置图

附图11 移动探伤两区划分示意图

附图12 越城区三区三线图

附图13 上虞区环境管控单元分类图

附图14 环评文件编制主持人现场勘查证明材料

附件：

附件1 环评委托书

附件2 事业单位法人证书

附件3 房产证

附件4 危险废物委托收集协议

附件5 危废收集单位关于收集试点环评批复

附件6 危险废物委托处置协议

附件7 辐射环境本底检测报告及检测资质证书

附件8 主体工程非放射性项目环评批复及验收意见

附件9 三级审核质控单

附件10 非投资项目备案情况说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		绍兴市质量技术监督检测院 X 射线固定式与移动式探伤建设项目			
建设单位		绍兴市质量技术监督检测院			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		越城区沥海街道花宫道 8 号			
项目建设地点		① 固定探伤、X 射线探伤机贮存间及辅助用房作业地点：浙江省绍兴市越城区沥海街道花宫道 8 号； ② 移动探伤作业地点：全国范围内各客户工作现场，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）		120	项目环保投资（万元）	10	投资比例（环保投资/总投资） 8.3%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	无新增
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				

1.1 项目建设单位情况

绍兴市质量技术监督检测院（以下简称“质检院”）位于浙江省绍兴市越城区沥海街道花宫道 8 号，隶属于绍兴市市场监督管理局，2001 年，由原绍兴市计量测试所、绍兴市产品质量监督检验所、绍兴市度量衡管理所、绍兴市计量质量公正行合并组建而成，2002 年 5 月，绍兴市粮油中心化验室成建制并入。目前，该院拥有国家环保设备质量检验检测中心（浙江）与国家有色金属加工产品质量检验检测中心（浙江），国家纺织化学品质量检验检测中心（浙江）（筹）于 2021 年获得资质认可。

绍兴市质量技术监督检测院位于绍兴市国家级检测试验科研基地内，是绍兴市规模最大、综合实力最强，完全独立于产品开发、生产、经销、使用的第三方公正检测检定技术机构，具有独立法人资格。检测能力覆盖环保设备、金属材料、纺织与染化料、化工、通用机电设备、制冷配件、建设工程材料、消防工程、安防工程、橡塑制品、家用电器、电线电缆、轻工产品、

黄金珠宝、空气与水环境、食品相关产品等十九大类 2000 多个产品。

绍兴市质量技术监督检测院已于 2012 年委托有资质单位编制完成《绍兴国家级检测试验科研基地新建工程项目环境影响报告表》，环评批复文号：虞环审[2012]17 号（滨）（见附件 8），于 2017 年开展竣工环保验收，文号：虞环建验[2017]4 号（滨）（见附件 8）。

1.2 项目建设目的和任务由来

由于发展需求，绍兴市质量技术监督检测院计划在浙江省绍兴市越城区沥海街道花宫道 8 号质检院内 2#检测楼一层开展固定式探伤作业并于各客户工作现场开展移动式探伤作业。质检院拟购置 4 台射线装置，包括 3 台 X 射线探伤机（RT-2305D 型定向机、RD-3505 型周向机、RT-3505T 型定向机）与 1 台 RT-1219 型 X 射线管道爬行器（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，周向机）用于为第三方客户产品提供探伤作业。主要包括：① 固定式探伤。本项目新建 1 间探伤铅房及操作室等辅助用房，使用 3 台 X 射线探伤机开展固定式探伤作业。② 移动式探伤。本项目 3 台 X 射线探伤机与 1 台 X 射线管道爬行器均用于移动式探伤作业，作业范围为全国各地。③ 本项目新建 1 间 X 射线探伤机贮存间用于各探伤设备不作业时的临时贮存；新建 1 间暗室、评片室与危废暂存间用于开展洗片评片及危废收集暂存工作。对于固定式探伤与移动式探伤，每次探伤作业（同一作业地点）均仅开启 1 台探伤机，不存在两台及两台以上探伤机同时运行的工况。

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 X 射线探伤机归类到“工业用 X 射线探伤装置”，属于 II 类射线装置。对照生态环境部令第 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。本次评价内容为使用 II 类射线装置，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，绍兴市质量技术监督检测院委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行环境影响评价，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘和收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.3 项目建设内容和规模

绍兴市质量技术监督检测院计划在浙江省绍兴市越城区沥海街道花宫道 8 号质检院内 2# 检测楼一层内开展固定式探伤作业并于各客户工作现场开展移动式探伤作业。质检院拟购置 4 台射线装置，包括 3 台 X 射线探伤机（RT-2305D 型定向机、RD-3505 型周向机、RT-3505T 型定向机）与 1 台 RT-1219 型 X 射线管道爬行器（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，周向机）用于为第三方客户产品提供探伤作业。主要包括：① 固定式探伤。本项目新建 1 间探伤铅房及操作室等辅助用房，使用 3 台 X 射线探伤机开展固定式探伤作业。② 移动式探伤。本项目 3 台 X 射线探伤机与 1 台 X 射线管道爬行器均用于开展移动式探伤作业，作业范围为全国各地。③ 本项目新建 1 间 X 射线探伤机贮存间用于各探伤设备不作业时的临时贮存；新建 1 间暗室、评片室与危废暂存间用于开展洗片评片及危废收集暂存工作。

射线装置应用情况见表 1-1。

表 1-1 本次评价内容与规模

序号	设备名称	类别	型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	出束类型	备注
1	X 射线探伤机	II类	RT-2305D	1	230	5	定向	移动式探伤、固定式探伤（2#检测楼一层探伤铅房内）
2	X 射线探伤机	II类	RD-3505	1	350	5	周向	
3	X 射线探伤机	II类	RT-3505T	1	350	5	定向	
4	X 射线管道爬行器	II类	RT-1219	1	300	5	周向	移动式探伤

备注：本项目对于固定式与移动式探伤，每次探伤作业（同一作业地点）均仅开启 1 台探伤机，不存在两台及两台以上探伤机同时运行的工况。

1.4 项目选址及周边环境保护目标

1.4.1 项目地理位置及外环境关系

本项目固定式探伤场所及辅助用房实施于绍兴市质量技术监督检测院内，位于浙江省绍兴市越城区沥海街道花宫道 8 号，项目地理位置见附图 1。项目所在质检院东侧隔无名河流、海华路为玖樟台住宅区，南侧隔花宫道为滨海新城科技创业园，西侧隔马欢路为空地，北侧隔思孝道为无名河流，西北侧为滨海新区健身中心，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 4。

1.4.2 探伤铅房位置及外环境关系

本项目探伤铅房位于 2#检测楼一层射线检测室内，所属建筑共 5 层，无地下室。探伤铅房东侧、北侧、西侧均紧邻射线检测室墙体，南侧相邻射线检测室内过道，周围 50m 内环境

特征见表 1-2。本项目探伤铅房所在楼层局部平面布置图见附图 6。

表 1-2 探伤铅房周围 50m 内环境特征一览表

名称	方位	环境特征
探伤铅房	东侧	门厅、样品存放室、机加工室、热处理室
	东南侧	走廊、试验检测区
	南侧	射线检测室内过道、走廊、检测室、院内道路、花宫道
	西南侧	试验区
	西侧	设备材料间、操作间及评片室拟建址、试验区、院内道路
	西北侧	院内道路、1#检测楼
	北侧	X 射线探伤机贮存间拟建址、暗室拟建址、楼梯间、院内道路、1#检测楼
	东北侧	院内道路、1#检测楼
	正上方	射线检测室顶部空间、2~5 层实验室
	正下方	土层，无地下室

1.4.3 X 射线探伤机贮存间位置及外环境关系

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。该贮存间位于 2#检测楼 1 层，所属建筑共 5 层，无地下室。贮存间建筑面积约 2.4m²，其东侧为暗室，南侧为探伤铅房，西侧为设备材料间，北侧为楼梯间，正上方为实验室，正下方为土层。所在楼层局部平面布置图见附图 6。

根据建设单位提供的场所证明文件（房产证见附件 3），项目用地性质为科教用地/绍兴国家级检测试验科研基地，周围无环境制约因素。该贮存间仅作为设备的临时贮存，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作；同时，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 射线探伤机贮存间位置合理可行。

1.4.4 暗室、评片室及危废暂存间场所位置

本项目暗室、评片室均位于 2#检测楼 1 层，暗室建筑面积约 6.7m²，东侧为门厅，南侧为探伤铅房，西侧为 X 射线探伤机贮存间，北侧为楼梯间。危废暂存间位于 1#检测楼 2 层，建筑面积约 3m²，其北侧临空，其余三侧均为实验室，各辅助用房具体位置见附图 6 与附图 8。

本项目固定式与移动式探伤项目均固定在 2#检测楼 1 层的暗室与评片室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。

1.4.5 移动式探伤作业地点

质检院移动式探伤作业范围为全国各地，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，具体操作地点的选择严格按照质检院管理制度进行。

1.4.6 环境保护目标

(1) 固定式探伤

本项目固定式探伤环境保护目标主要为探伤铅房评价范围 50m 内活动的辐射工作人员及公众成员。

(2) 移动式探伤

本项目移动式探伤作业地点不固定，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公众成员。

1.4.7 规划符合性分析

(1) 用地规划符合性分析

本项目位于浙江省绍兴市越城区沥海街道花宫道 8 号 2#检测楼，根据建设单位提供的房产证（见附件 3），本项目用地性质为科教用地/绍兴国家级检测试验科研基地，且周围无环境制约因素，符合土地利用规划要求。

(2) 区域环评符合性分析

本项目属于绍兴滨海新城江滨分区内，绍兴滨海新城江滨分区已编制规划环评，对照《绍兴滨海新城江滨区分区规划（2010-2030）（修编）环境影响报告书》所提 6 张清单符合性分析如表 1-3 所示。

表 1-3 本项目区域规划环评符合性分析

编号	名称	符合性
1	生态空间清单	本项目所在地不属于限制开发区，符合生态空间清单要求。
2	现有问题整改清单	本项目不涉及规划环评中提及现有问题的情况，符合现有问题整改清单要求。
3	污染物排放总量管控限值清单	本项目主要污染物排放是臭氧和氮氧化物，排放量较小，且臭氧可自行分解，对周围环境不会产生较大影响。本项目所产生的危废已委托相关单位合理处置。因此，本项目符合污染物排放总量管控限值清单要求。
4	规划优化调整建议清单	本项目不属于禁止、限制引进的项目，符合规划优化调整建议清单的要求。
5	环境准入条件清单	本项目所属行业未列入环境功能区划确定的负面清单内，符合环境准入条件清单要求。
6	环境标准清单	本项目运行产生的臭氧及氮氧化物排放量较小，能满足相关排放标准，符合环境标准清单要求。

综上所述，本项目符合区域规划环评的要求。

(3) “三线一单”符合性分析

根据《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环环评〔2021〕108

号)，“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单”。本项目“三线一单”符合性判定情况见表 1-4。

表 1-4 本项目“三线一单”符合性分析

内容	符合性分析
生态保护红线	根据《绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案》、《越城区三区三线图》(见附图 12)、《上虞区环境管控单元分类图》(见附图 13)，本项目不涉及生态保护红线。
环境质量底线	经现场检测，本项目辐射工作场所及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率属于正常本底范围。经辐射环境影响预测，本项目运行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工作人员及公众成员的辐射影响是可接受的。“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可以做到达标排放，符合环境质量底线的要求。
资源利用上线	本项目运行过程会消耗一定量的电力、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。
生态环境准入清单	<p>根据《绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目所在地属于上虞区滨海新城江滨区城镇生活重点管控单元(编码：ZH33060420013)，该管控单元生态环境准入清单内容要求如下：</p> <p>一、空间布局约束</p> <p>1、禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业迁出或关闭。2、禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区(小微园区、工业集聚点)外，原则上禁止新建其他二类工业项目，现有二类工业项目改建、扩建，不得新增控制单元污染物排放总量。3、严格执行畜禽养殖禁养区规定，城镇建成区内禁止畜禽养殖。4、推进城镇绿廊建设，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。</p> <p>二、污染物排放管控</p> <p>1、管控单元内工业污染物排放总量不得增加。2、污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河(或湖或海)排污口，现有的入河(或湖或海)排污口应限期纳管。但相关法律法规和标准规定必须单独设置排污口的除外。3、加快污水处理设施建设与提标改造，加快完善城乡污水管网，加强对现有雨污合流管网的分流改造，推进生活小区“零直排”区建设。4、加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟和机动车尾气治理，严格施工扬尘监管。5、加强土壤和地下水污染防治与修复。</p> <p>三、环境风险管控</p> <p>1、合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。</p> <p>四、资源开发效率要求</p> <p>1、全面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水，到 2020 年，县级以上城市公共供水管网漏损率控制在 10% 以内。</p> <p>综上所述，本项目为核技术利用建设项目，主要对外提供无损检测服务，不涉及工业生产。项目运行过程中污染物排放量较小，“三废”污染物均可控制与处理，不会对周围环境产生较大影响。同时，质检院拟制定《辐射事故应急预案》，并设</p>

	置辐射事故应急小组和应急物资，具备完善的风险防范措施。因此，本项目的实施符合《绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案》中生态环境准入清单的管控要求。
--	--

综上所述，本项目符合“三线一单”的要求。

1.4.8 选址合理性分析

本项目探伤铅房评价范围 50m 内主要为质检院内试验检测区域、院内道路与南侧花宫道，无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运行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成员的辐射影响是可接受的。因此，本项目的选址基本合理可行。

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 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》，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

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。因而，按照规范正当操作，本项目是符合《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”原则的。

1.7 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	适用场所	贮存方式与地点	备注
本项目不涉及								

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (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类	1	RT-2305D	230	5	固定式与移动式探伤	固定探伤：2#检测楼 一层探伤铅房内； 移动探伤：全国范围 内各客户工作现场	拟购，本 次评价
2	X 射线探伤机	II类	1	RD-3505	350	5	固定式与移动式探伤		
3	X 射线探伤机	II类	1	RT-3505T	350	5	固定式与移动式探伤		
4	X 射线管道爬行器	II类	1	RT-1219	300	5	移动式探伤		

(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 (μ A)	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	<p>（1）固定式探伤：经机械通风系统排出探伤铅房，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气。</p> <p>（2）移动式探伤：直接进入大气，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气</p>
废显（定）影液	液态	/	/	约 6.67kg	约 80kg	/	集中存放于危废暂存间	定期委托有资质单位处理处置
废胶片	固态	/	/	约 0.43kg	约 5.2kg	/		
洗片废液	液态	/	/	约 16.67kg	约 200kg	/		

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

<p>法规文件</p>	<p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例(2019年修改)》，国务院令第709号，2019年3月2日起施行；</p> <p>(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；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法(2021年修改)》，生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(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；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，原国家环境保护总局环发(2006)145号，2006年9月26日起施行；</p> <p>(11) 《关于修改〈产业结构调整指导目录(2019年本)〉的决定》，国家发展和改革委员会令第49号，2021年12月30日起施行；</p> <p>(12) 《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见(试行)》，环环评〔2021〕108号，生态环境部办公厅，2021年11月19日印发；</p> <p>(13) 《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；</p> <p>(14) 《国家危险废物名录(2021年版)》，生态环境部令第15号，2021</p>
-------------	--

	<p>年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部令第 23 号，2022 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(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；</p> <p>(17) 《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；</p> <p>(18) 《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 日起施行；</p> <p>(19) 《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；</p> <p>(20) 《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，2023 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(21) 《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 4 月 1 日起施行；</p> <p>(22) 《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 4 月 1 日起施行；</p> <p>(23) 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（2023 年本）》的通知，浙环发〔2023〕33 号，浙江省生态环境厅，2023 年 9 月 9 日起施行；</p> <p>(24) 关于《浙江省“三线一单”生态环境分区管控方案》的批复，浙政函〔2020〕41 号，浙江省人民政府，2020 年 5 月 14 日起施行；</p> <p>(25) 关于印发《绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知，绍市环发〔2020〕36 号，市生态环境局，2020 年 8 月 11 日印发。</p> <p>(26) 《绍兴市生态环境局关于授权各分局办理部分行政许可事项的通知》，绍市环函〔2020〕10 号。</p>
技术标准	<p>(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），2016 年 4 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），2003</p>

	<p>年 4 月 1 日实施；</p> <p>(3) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)，2023 年 03 月 01 日实施；</p> <p>(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，2017 年 10 月 27 日实施；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，2020 年 4 月 1 日实施；</p> <p>(6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，2021 年 5 月 1 日实施；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)，2021 年 5 月 1 日实施；</p> <p>(8) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)，2023 年 7 月 1 日实施；</p> <p>(9) 《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。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 建设单位提供的工程设计图纸及技术参数资料。</p>

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）”，结合本项目实际情况，故本项目评价范围确定如下：

（1）固定式探伤

本项目固定式探伤的评价范围为探伤铅房实体屏蔽边界 50m 区域，评价范围示意图见附图 3。

（2）移动式探伤

本项目移动式探伤的评价范围为其监督区边界，监督区边界低于 100m 的按 100m 范围评价。各探伤设备移动式探伤评价范围见表 7-1，评价范围示意图见附图 11。

表 7-1 本项目各探伤设备移动式探伤评价范围一览表

名称	最大监督区边界 (m)	评价范围 (m)
RT-2305D 型 X 射线探伤机	248	248
RD-3505 型、RT-3505T 型 X 射线探伤机	69	100
RT-1219 型 X 射线探伤机	183	183

7.2 保护目标

（1）固定式探伤

本项目开展固定式探伤时主要环境保护目标为探伤铅房评价范围 50m 内活动的辐射工作人员、公众人员，具体见表 7-2。

表 7-2 本项目固定式探伤辐射工作场所主要环境保护目标

保护目标	所在位置	相对方位	与探伤铅房边界最近距离	人员规模
辐射工作人员	操作间	西侧	约 4m	2 人
	暗室、X 射线探伤机贮存间	北侧	紧邻	2 人
公众人员	门厅	东侧	紧邻	约 50 人/d
	样品存放室、机加室、热处理室		约 16.4m	约 8 人
	试验检测区	东南侧	约 4m	约 15 人
	走廊	南侧	约 1m	约 10 人/d
	检测室		约 4m	约 5 人

	院内道路		约 14m	约 10 人/d
	花宫道		约 36m	约 100 人/d
	试验区	西南侧	约 4m	约 10 人
	设备材料间	西侧	紧邻	约 5 人
	试验区		约 8m	约 20 人
	院内道路		约 40m	约 10 人/d
	院内道路	西北侧	约 5m	约 20 人/d
	1#检测楼		约 25m	约 50 人/d
	楼梯间、院内道路	北侧	约 3m	约 30 人/d
	1#检测楼		约 22m	约 50 人/d
	院内道路	东北侧	约 5m	约 30 人/d
	1#检测楼		约 25m	约 50 人/d
	实验室（二层）	正上方	约 1.7m	约 5 人
	实验室（三层）		约 5.7m	约 5 人
	实验室（四层）		约 9.7m	约 5 人
	实验室（五层）		约 13.7m	约 5 人

备注：① 本项目探伤铅房所属建筑共 5 层，无地下层。

② 探伤铅房所在射线检测室由专人管理，因此不考虑射线检测室内有公众人员进入。

（2）移动式探伤

本项目移动式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成员，具体见表 7-3。

表 7-3 本项目移动式探伤辐射工作场所主要环境保护目标

保护目标	相对方位	与探伤机的距离（m）	人数（个）	剂量约束值（mSv/a）
辐射工作人员	非主射方向	控制区外、监督区内	2	5
公众成员	不定	监督区外、评价范围内	不定	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）

本标准规定了对电离辐射防护和辐射源安全的基本要求，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和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

(2) 剂量限值

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

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

(3) 剂量约束值

11.4.3.2 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。

(4) 辐射工作场所的分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（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，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。

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。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

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

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

7 移动式探伤放射防护要求

7.2 分区设置

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 7 h，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）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。

7.5.2.4 对管道爬行探伤的特殊要求如下：

a)管道爬行器工作期间应给出在嘈杂环境中能被听到和看到的警告信号。

b)爬行器在管道内照射时，应按照 7.2 的要求，围绕管道设置控制区和监督区。

c)在管道爬行器不能自动来回、需要人工找回之前，应确保爬行器处在关闭状态。

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

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求，适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需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 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压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 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）及第 1 号修改单等评价标准，确定本项目的管理目标如下：

（1）周围剂量当量率

① 固定式探伤

根据 GBZ 117-2022 第 6.1.3 条款要求，本项目 X 射线探伤铅房的四侧屏蔽体、防护门外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。由于本项目 X 射线探伤铅房上方存在已建实验区，因此根据 GBZ 117-2022 第 6.1.4 条款要求，探伤铅房顶棚外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平也应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

② 移动式探伤

根据 GBZ 117-2022 第 7.2 条款的要求，本项目开展移动探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，考虑到本项目开展移动探伤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 地理位置

本项目固定式探伤场所及辅助用房实施于绍兴市质量技术监督检测院内，位于浙江省绍兴市越城区沥海街道花宫道 8 号，项目地理位置见附图 1。项目所在质检院东侧隔无名河流、海华路为玖樟台住宅区，南侧隔花宫道为滨海新城科技创业园，西侧隔马欢路为空地，北侧隔思孝道为无名河流，西北侧为滨海新区健身中心，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 4。

8.1.2 场所位置

本项目探伤铅房位于 2#检测楼一层射线检测室内，所属建筑共 5 层，无地下室。探伤铅房东侧、北侧、西侧均紧邻射线检测室墙体；南侧为射线检测室内过道；西侧为设备材料间、操作间及评片室拟建址；北侧紧邻 X 射线探伤,贮存间拟建址、暗室拟建址；正上方为实验室，正下方为土层，无地下室。

8.2 环境现状评价对象

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：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价，评价对象为 X 射线探伤铅房拟建址及其周围环境。

8.3 辐射环境质量现状

8.3.1 固定式探伤工作场所

1、检测目的

通过现场检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。

2、检测因子

根据项目污染因子特征，环境检测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

3、检测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布点监测，点位分布情况见图 8-1 与图 8-2，

检测报告及检测资质证书见附件 7。

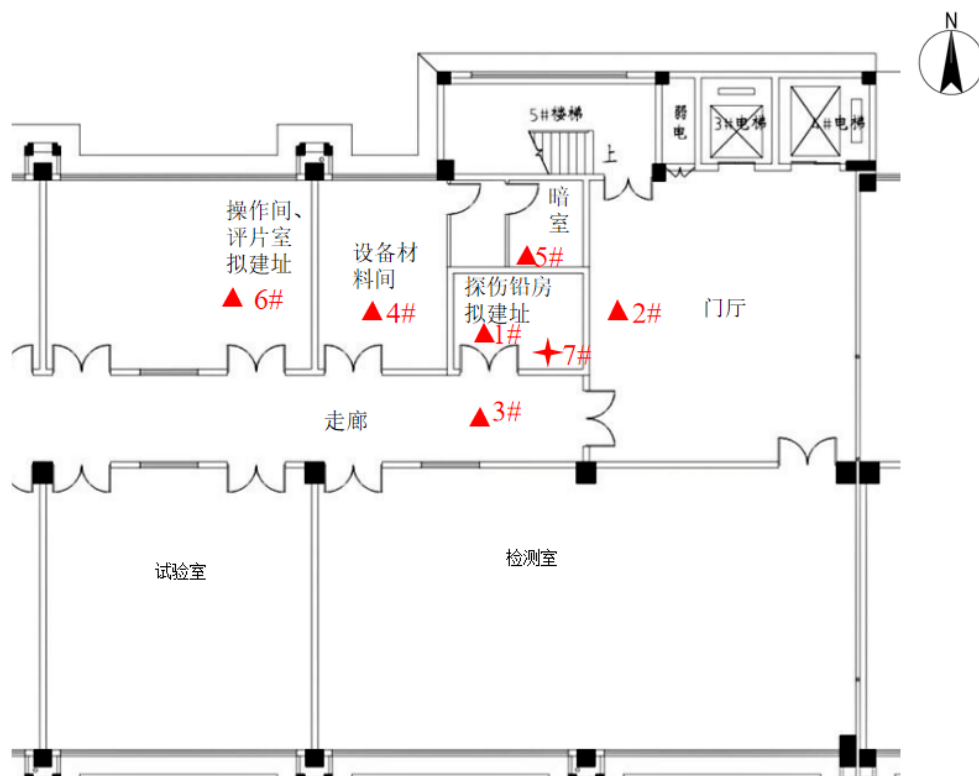


图 8-1 本底检测点位平面示意图



图 8-2 本底检测点位卫星示意图

4、检测方案

- (1) 检测单位：浙江亿达检测技术有限公司；
- (2) 检测时间：2023年10月9日；
- (3) 检测方式：现场检测；
- (4) 检测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 检测方法：仪器探头离地1m，待仪器读数稳定后，通常以约10s的间隔读取数据。
- (6) 检测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：阴天；室内温度：21℃；室外温度：21℃；相对湿度：80%；
- (8) 检测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表8-1。

表 8-1 检测仪器的参数与规范

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 $\leq\pm 30\%$ ；外置探头：60keV-1.3MeV $\leq\pm 30\%$
检定证书编号	2023H21-20-4419850003
检定有效期	2023年02月15日至2024年02月14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	≥ 10 nSv/h

5、质量保证措施

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）等标准中有关电离辐射环境监测质量保证的通用要求、实验室的质量要求文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书、记录表格）和质量证明文件（包括人员培训考核记录、仪器设备检定/校准证书、监测过程质量控制记录、样品分析测量结果报告及原始记录）实行全过程质量控制，保证此次检测结果科学、有效。本次环境现状检测质量保证主要内容有：

- (1) 检测机构通过了计量认证。
- (2) 检测前制定了详细的检测方案及实施细则。
- (3) 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- (4) 检测所用仪器已通过计量部门检定/校准合格，且在检定/校准有效使用期内使用。监测仪器与所测对象在量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全

过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行。

(5) 检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有合格证书上岗。

(6) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

(7) 现场检测严格按照规定的检测点位、方法、记录内容等进行，按照统计学原则处理异常数据和检测数据。

(8) 建立完整的文件资料。仪器校准说明书、检测方案、检测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查。

(9) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

6、检测结果及分析

检测结果见表 8-2。

表 8-2 X 射线探伤铅房拟建址及周围环境辐射背景检测结果

点位编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量 (nGy/h)		备注
		平均值		
1	探伤铅房拟建址	89		室内
2	门厅	144		室内
3	走廊	132		室内
4	设备材料间	127		室内
5	暗室拟建址	125		室内
6	操作间、评片室拟建址	139		室内
7	上方实验室	131		室内
8	北侧院内道路	138		室外
9	1#检测楼	120		室外
10	西侧院内道路	97		室外
11	花宫道	77		室外

注：1、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），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；

2、探伤铅房正下方为土层，无地下室。

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 28.49nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，8#~11#点位取 1，其余点位取 0.8；

本项目探伤铅房拟建址周围环境各室内检测点位的 γ 辐射剂量率范围为 89nGy/h~144nGy/h，道路 γ 辐射剂量率为 77nGy/h~138nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，绍兴市室内的 γ 辐射剂量率范围为 61nGy/h~335nGy/h 之间，道路上 γ 辐射剂量率在 51nGy/h~154nGy/h 之间，可见本项目拟建设地址 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

8.3.2 移动式探伤工作场所

本项目使用 X 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全国各地。参考《2022 年中国生态环境状况公报》，2022 年全国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

本项目施工期主要为 X 射线探伤铅房与配套用房的建设施工及设备安装调试，施工作业范围有限，施工期较短，对周围环境产生的影响是短暂的。随着施工期结束，环境影响也随之停止。因此，本次评价对施工期不予评价，仅重点关注工艺设备和工艺分析。

9.2 工艺设备和工艺分析

9.2.1 X 射线探伤机设备组成及作业方式

一、X 射线探伤机

本项目 X 射线探伤机主要由 X 射线管头组装体、控制箱及连接电缆组成，具有体积小、重量轻、携带方便、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。典型 X 射线探伤机外观示意图见图 9-1。



图 9-1 典型的 X 射线探伤机外观示意图

二、X 射线管道爬行器

本项目 X 射线管道爬行器主要由管道爬行器车体、指令系统、X 射线发生系统、支架板及连接电缆等附件组成，适用管径范围为 $\Phi 508 \sim \Phi 1200$ 。爬行器的运行为无线控制，通过磁介控制定位的方式在管道外部控制爬行器的动作，爬行器在管道内部对环焊缝进行中心周向曝光，一次曝光即可完成一道焊口的射线检测，显著提高工作效率，具有体积小、重量轻、拆装容易等特点。X 射线发生器系统为一体化射线机，发生器高压线包采用进口线加工，该系统具有 kV 调节功能，内置电源恒压系统可保证工作期间透照的 X 光胶片黑度一致。电机驱动采用电子调速装置，恒转矩、恒电流运转，可节能 40%，同时具有电机过流保护，缓启动，低速态定位功能，保证定位准确的同时，延长设备的使用寿命。设备外观示意图见图 9-2。



图 9-2 X 射线管道爬行器外观示意图

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。

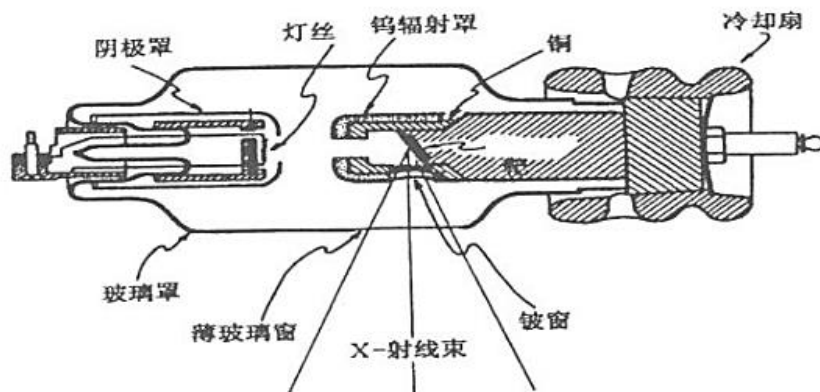


图 9-3 典型的 X 射线管结构

9.2.3 X 射线探伤流程及产污环节

一、射线装置领取

本项目 X 射线机贮存在探伤铅房北侧 X 射线探伤机贮存间内，X 射线探伤机贮存场所实行双人双锁制度，并指定专人管理，制定《射线装置使用登记制度》，对存取 X 射线探伤机进行登记管理，以确保射线装置的安全监管，防止射线装置意外丢失，对公众人员造成不必要的危害。

二、固定式探伤流程及产污环节

当需要对被检工件进行固定式探伤操作前，探伤操作人员必须关闭探伤铅房所有防护门，打开固定式场所辐射探测报警装置，随身携带好个人剂量计和个人剂量报警仪。辐射工作人员根据工件大小选择直接或间接将工件送入探伤室内，选择适当位置，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，检查无误，工作人员撤离探伤室，并将工件门关闭，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，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的 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。

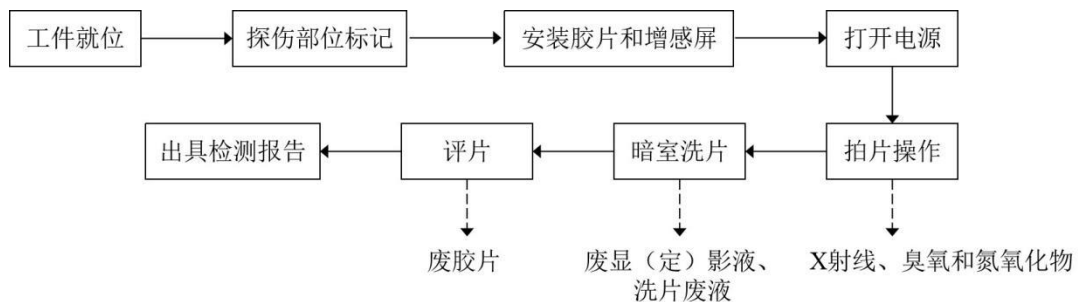


图 9-4 X 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

三、移动式探伤流程及产污环节

1、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。

2、X 射线探伤机移动探伤工艺流程

① 探伤作业公告。质检院接到探伤检测委托业务后，在探伤之前，根据被探伤产品的规格选用 X 射线探伤机。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 两区划分与管理。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，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。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 μ Sv/h，公众位于周围剂量当量率小于 2.5 μ 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。辐射工作人员在控制区边界外操作，探伤机控制台上设有延时开机按钮。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，并将所有胶片统一运回或寄回至质检院暗室，不在外设置临时暗室。待暗室冲洗处理后阅片，完成一次探伤任务。

⑦ 后续胶片冲洗在洗片暗室内完成，主要流程：先把胶片放到显影槽内使用显影液浸泡（3~5）min，然后放入停影槽内使用清水浸泡约（3~5）min，接着放入定影槽内使用定影液里浸泡（10-15）min，再进入冲洗槽采用清水冲洗约（20~30）min，最后烘干后保存。

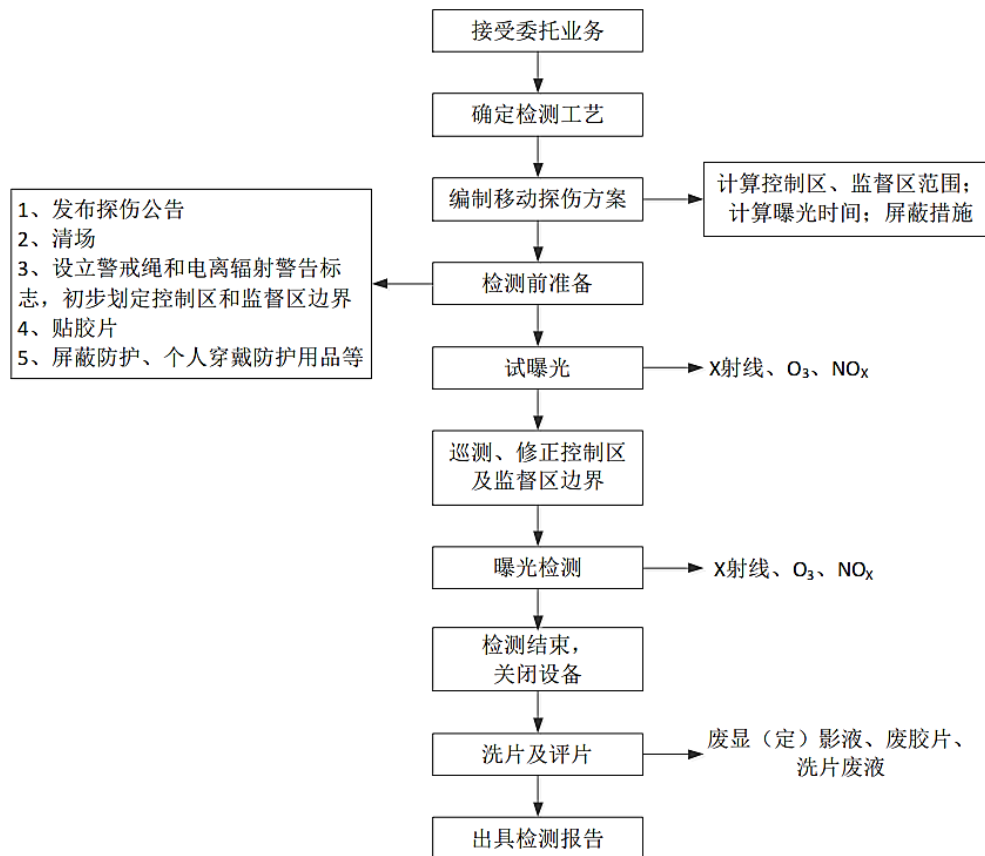


图 9-5 X 射线移动式探伤工艺流程及产污环节示意图

3、X 射线管道爬行器移动探伤工艺流程

① 探伤作业公告。质检院接到探伤检测委托业务后，在探伤之前，根据探伤产品规格准备相关器材。通过委托方进行探伤作业前公告，公告内容同上述。

② 环境检查。进入探伤工作场所后需观察周围环境是否存在塌方、坠落等危险因素；检查 X 射线管道爬行器运行路线及附近地形地貌；核查管道内部可能存在积水的部位以及管道的转弯半径、爬坡度，避免因积水、过大的爬坡角度等原因导致爬行器意外损坏。

③ 设备组装调试。组装 X 射线管道爬行器，组装过程应注意检查各部位连接良好。完成组装后，作业人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，确认场所内无其他人员且辐射安全措施到位后，对 X 射线管道爬行器进行性能调试，注意指令接收器等功能是否正常；通过实验并结合实际情况确定 X 射线管道爬行器的定位精度及转弯半径。

④ 两区划分与管理。确认并划定控制区与监督区，区域防护要求同上述。

⑤ 曝光检测。辐射工作人员在控制区边界外操作，磁介控制定位系统置于管道外侧，X 射线管道爬行器通过磁介定位无线控制在管道内部完成前进、曝光、后退等动作，实现对管道的一次周向曝光检测。后由辐射工作人员对磁介控制系统进行位置调整，开始二次曝光检测。

⑥ 探伤结束，关闭机器。

⑦ 取下已曝光的底片，并统一运回质检院暗室。待暗室冲洗处理后阅片，完成一次探伤任务。胶片冲洗过程同上述。

综上所述，本项目 X 射线固定式与移动式探伤的产污因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物等非放射性气体及废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物。

9.2.4 工作负荷

实际探伤时，质检院根据待检产品的厚度和客户检测需求，选择合适的探伤装置进行无损检测。结合各探伤装置的探测上限（最大穿透力）和探测下限（设备灵敏度）的差异性及对外探伤的业务量，本次评价的探伤机主要检测厚度范围见表 9-1。

表 9-1 本项目各探伤机主要检测厚度范围

编号	设备名称	型号	钢厚度范围（mm）
1	X 射线探伤机	RT-2305D	15~25
2		RD-3505	50~60
3		RT-3505T	50~60
4	X 射线管道爬行器	RT-1219	30~40

本项目运行期间，待检工件材质均为金属材料，根据工件尺寸及工件检测的便捷性而选择开展固定式或移动式探伤（固定式探伤工件最大尺寸：长 \leq 1.2m；宽 \leq 0.8m）。固定式探伤均在探伤铅房内进行，每次仅开启 1 台探伤机；移动式探伤时，每次仅前往 1 个作业地点且仅开启 1 台探伤机，不存在 2 台及 2 台以上探伤机同时运行的工况。经与建设单位核实，每次拍片最长曝光时间为 5min，年拍片总量为 4000 张，全年工作 220 天，周工作 5 天，则年曝光时间合计为 333.3h，周曝光时间为 7.6h，探伤工作负荷详见表 9-2。

表 9-2 本项目探伤工作负荷

编号	探伤类型	年拍片量（张）	年曝光时间（h）
1	固定式探伤	1000	83.3
2	移动式探伤	3000	250
合计		4000	333.3

9.2.5 人员配备与工作班制

质检院计划为本项目配备 1 个辐射工作小组同时负责固定式与移动式探伤工作。该小组由 2 名辐射工作人员组成，开展固定式探伤作业时，2 名辐射工作人员位于操作间负责探伤装置操作；开展移动式探伤作业时，其中 1 名负责探伤装置操作，另 1 名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及避免外来人员勿入。

9.3 污染源项描述

(1) X 射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线随探伤装置的开、关而产生和消失。本项目 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。

辐射场所中的 X 射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射，主要辐射源强见表 9-3。

表 9-3 本项目探伤机辐射源强一览表

编号	设备名称	设备型号	有用线束/散射辐射的 X 射线 距靶点 1m 输出量 ^① mGy·m ² /(mA·min)	距 X 射线管焦点 100cm 处漏射线所致 周围剂量当量率控制值 ^② (mSv/h)
1	X 射线探 伤机	RT-2305D	11.9	5
2		RD-3505	13.9	5
3		RT-3505T	13.9	5
4	X 射线管 道爬行器	RT-1219	20.9	5

注：①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，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；在未获得厂家给出的输出量，散射辐射屏蔽估算选取表中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计。本项目 RT-2305D 型 X 射线探伤机采用内插法得最大管电压为 230kV，滤过条件为 3mm 铝时取值，即 11.9mGy·m²/(mA·min)；RD-3505 型、RT-3505TX 射线探伤机采用内插法可得当管电压为 350kV，滤过条件为 3mm 铜时，取值为 13.9mGy·m²/(mA·min)；RT-1219 型 X 射线管道爬行器管电压为 300kV，保守按滤过条件为 3mm 铝时取值，即 20.9mGy·m²/(mA·min)。

②根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 5.1.1 条款表 1，管电压为 >200kV 时，漏射线所致周围剂量当量率控制值为 5mSv/h。

(2) 臭氧和氮氧化物

本项目 X 射线固定探伤过程中，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。探伤铅房顶部设有一个通风口，通风口尺寸为 150mm×150mm，装有通风扇，通风量为 300m³/h，并于通风口处装设 30mm 铅防护罩。铅房体积约 16.98m³，有效通风换气次数不低于 17 次，可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.10 条款“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

本项目 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，氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

(3) 废显（定）影液、废胶片和洗片废液

本项目 X 射线移动探伤洗片与评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片属于《国家危

险废物名录（2021年版）》中感光材料废物，危废代码为HW16：900-019-16，并无放射性。

本项目年拍片量为4000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80L，密度保守按照1g/cm³，折算重量为80kg。废片率按3%计算，则每年产生废胶片约120张，单张胶片平均重量约10g，折算重量为1.2kg。该部分危险废物定期委托有资质的单位处理，完好的胶片由质检院定期建档备查。

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。经与建设单位核实，存档满7年后的胶片90%返还给客户，其余作为危废交有资质单位处理处置。基于本项目运行后的第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520张=120（单年废胶片量）+400（第8年作为危废的废胶片量）张，单张胶片平均重量约10g，折算重量为5.2kg。

本项目暗室洗片过程中会产生少量的洗片废液。参考同类无损检测企业的实际产污经验值，本项目洗片废液年产生量约200kg。该部分废水含较高浓度的AgBr、显（定）影剂及强氧化物，需做危险废物处理，定期委托有资质的单位处理处置。

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，具体见表9-4。

表 9-4 本项目危险废物基本情况一览表

序号	危废名称	危废类别	危废代码	产生量	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	80kg	洗片	液态	显（定）影液	显（定）影液	每次探伤	T	收集于危废暂存间，定期委托有资质单位处理处置
2	废胶片	HW16	900-019-16	5.2kg	评片、胶片存档	固态	废胶片	废胶片	每次探伤，存档期满	T	
3	洗片废液	HW16	900-019-16	200kg	洗片	液态	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	每次探伤	T	

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局及合理性

(1) 本项目固定式探伤工作场所及辅助用房位于质检院内 2#检测楼一层，由探伤铅房、操作间、X 射线探伤机贮存间、暗室、评片室与危废暂存间（1#检测楼二层）组成，各功能设施完善。

(2) 本项目探伤铅房净面积为 7.48m^2 ，内尺寸为 3740mm （长） $\times 2000\text{mm}$ （宽） $\times 2270\text{mm}$ （高）。探伤铅房南侧设有一扇工件门（电动移门），门体尺寸为 1400mm （宽） $\times 2300\text{mm}$ （高），门洞尺寸为 800mm （宽） $\times 2000\text{mm}$ （高），防护门上、下、左、右与屏蔽体搭接宽度分别为 100mm 、 200mm 、 300mm 、 300mm ，工件可方便出入探伤铅房且满足防护门关闭时最大工件的探伤需求。探伤铅房西侧隔设备材料间为本项目操作间，本项目 X 射线定向探伤机运行时有用线束朝向地坪，X 射线周向探伤机运行时有用线束朝向探伤铅房北侧、南侧、顶棚与地坪，因此有用线束可避开照向操作间的工作人员，且探伤铅房位于射线检测室内，由专人管理，普通公众不可进入探伤工作场所内。探伤铅房顶棚设有一个通风口，尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ ，装有通风扇，于出口处设 30mm 铅防护罩。探伤铅房南侧屏蔽体下方设有电缆口，以 U 型方式穿墙，出线口尺寸为 $120\text{mm} \times 120\text{mm}$ ，出口处设 30mm 铅防护罩。

综上所述，本项目探伤工作场所的功能设计较为完善，可以满足固定式或移动式探伤的基本配置需求。探伤铅房设计可满足探伤工件进出探伤铅房并于铅房内进行探伤检测的要求；满足操作室应避开有用线束照射的方向并应于探伤室分开的要求；铅房的布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.1 条款的要求；根据表 11 预测结果可知，探伤过程中产生的 X 射线经探伤铅房屏蔽防护并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。因此，本项目辐射工作场所布局具有合理性。

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。

根据两区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定，本项目对探

伤工作场所实行分区管理，具体划分情况如下：

一、固定式探伤工作场所分区

本项目拟将探伤铅房内部区域划为控制区，探伤期间禁止无关人员入内，并在探伤铅房防护门显著位置设置电离辐射警告标志和中文警示说明；探伤铅房所在射线检测室、X射线探伤机贮存间、暗室及探伤铅房东西两侧 1m 处划为监督区，探伤期间限制非辐射工作人员入内。本项目分区管理示意图见附图 10。

二、移动式探伤工作场所分区

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中条款 7.2 “分区设置”，质检院开展 X 射线移动探伤作业时，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。根据现场具体情况，质检院利用便携式 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 条款 7.2.2 确定的剂量率值确定控制区边界。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 2.5μSv/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。

10.1.3 辐射屏蔽防护设计

根据建设单位提供的设计资料，本项目探伤铅房的屏蔽防护设计方案见表 10-1。

表 10-1 本项目探伤铅房屏蔽防护设计方案

项目		设计情况
铅房规格	外尺寸	面积为 9.04m ² ，尺寸为 4000mm（长）×2260mm（宽）×2400mm（高）
	内尺寸	面积为 7.48m ² ，尺寸为 3740mm（长）×2000mm（宽）×2270mm（高）
四侧屏蔽体		2mm 钢板+30mm 铅板+2mm 钢板
顶棚		2mm 钢板+30mm 铅板+2mm 钢板
底部		探伤铅房出厂前未做底部防护，采用下沉地表，浇筑 50mm 混凝土
工件门	启动方式	电动移门
	门洞尺寸	800mm（宽）×2000mm（高）
	防护门尺寸	1400mm（宽）×2300mm（高）
	屏蔽防护设计	2mm 钢板+30mm 铅板+2mm 钢板
	防护门与墙体搭接宽度	上：100mm；下：200mm；左：300mm；右：300mm；
电缆管道		位于南侧屏蔽体，穿墙方式为 U 型，出线口尺寸为 120mm×120mm，出口处设 30mm 铅防护罩
通风口		位于顶棚处，设有 1 个通风口，通风口尺寸为 150mm×150mm，出口处设 30mm 铅防护罩

注：①表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm³，铅的密度不小于 11.3g/cm³。

②符合门与墙体的搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间歇应尽量小。

本项目探伤铅房的屏蔽体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，经理论预测，探伤铅房的四侧屏蔽体、防护门和顶棚外 30cm 处的周围剂量当量率均满足 GBZ 117-2022 中 2.5 μ Sv/h 的剂量限值要求，职业人员和周围公众年有效剂量均满足 GB 18871-2002 中剂量限值和本项目剂量约束值的要求。因此，本项目探伤铅房的辐射屏蔽防护设计方案合理可行。

10.1.4 辐射安全和防护措施

10.1.4.1 X 射线探伤机及 X 射线管道爬行器固有安全属性

(1) X 射线探伤机及 X 射线管道爬行器在额定工件条件下，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 GBZ 117-2022 中表 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。

本项目三台 X 射线探伤机及 1 台 X 射线管道爬行器最大管电压均 >200kV，X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值均为 5mSv/h。

(2) X 射线探伤机控制台设有延时开机装置、断电开关与钥匙开关装置，只有打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束，尽可能降低操作人员的受照剂量。

(3) 本项目各型号 X 射线探伤机的控制线缆长度均为 25m，满足移动探伤作业需求，X 射线管道爬行器由无线控制，不需配置控制电缆线。

(4) 本项目 X 射线管道爬行器具有电池电量过低、遇水、射线机过流、欠流自动退回功能，同时又具有管道超温报警并退回，向前运行 30 分钟无操作自动退回等功能。

10.1.4.2 X 射线探伤机贮存间的辐射安全防护措施

本项目 X 射线探伤机不开展作业时，全部存放于专门的 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，门上应设有电离辐射警告标志和中文警示说明，其入口处应安装视频监控系统。

(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) 质检院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。

10.1.4.3 X 射线探伤机运输过程中的辐射安全和防护

(1) 本项目 X 射线探伤机的运输工作由质检院自行承担, 拟配专用运输车, 设有防盗锁。

(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) 质检院拟制定 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。

10.1.4.4 X 射线探伤机工作前检查与维护

本项目探伤工作开始前的检查内容与维护要求见表 10-2。

表 10-2 本项目探伤工作前检查与维护内容

装置类型	类别	项目内容
X 射线探伤装置	工作前检查	(1) 探伤机外观是否完好; (2) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损; (3) 安全联锁是否正常工作; (4) 报警设备和警示灯是否正常运行; (5) 螺栓等连接件是否连接良好; (6) 探伤铅房内安装的固定辐射检测仪是否正常。
	维护	(1) 使用单位应对探伤装置的设备维护负责, 每年至少维护一次, 设备维护应有受过专业培训的工作人员或设备制造商进行; (2) 设备维护包括探伤装置的彻底检查和所有零部件的详细检测; (3) 当设备有故障或损坏需要更换零部件时, 应保证所更换的零部件为合格产品; (4) 应做好设备维护记录。

10.1.4.5 X 射线固定式探伤辐射安全和防护措施

一、探伤铅房辐射安全防护措施

1、本项目 X 射线探伤铅房拟购于正规生产厂家, 出厂前已具备如下安全措施:

(1) 工件门已设置门-机联锁装置, 在门关闭后才能进行探伤作业。门机联锁的设置方便探伤室内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, 能立刻停止出束。本项目共 3 台 X 射线探伤机于该探伤铅房内开展固定式探伤, 每台射线装置均与防护门联锁。

(2) 探伤铅房内部东南角设有 1 个监视装置, 操作台上设有专用监视器, 可监视探伤铅房内人员的活动和探伤设备的运行情况。

(3) 探伤铅房防护门上已贴有电离辐射警告标志和中文警示说明。

(4) 探伤铅房屏蔽体外西侧设有 1 个急停按钮, 出现紧急事故时能立即停止照射, 人员无需穿过主射线束即可使用。

(5) 探伤铅房顶棚设有 1 套机械排风装置, 通风口尺寸为 150mm×150mm, 通风量为 300m³/h, 并于出口处设 30mm 铅防护罩。探伤铅房内容积约 16.98m³, 有效通风换气次数不低

于 17 次，可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

（6）探伤铅房南侧屏蔽体设有电缆口，穿墙方式为 U 型，出线口尺寸为 120mm×120mm，出口处设 30mm 铅防护罩。

（7）探伤铅房设有配套门控装置，具备开门、电源、关门指示灯；具有开门、停止、关门、通风、照明等功能。

2、对照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），本项目在设备自带辐射安全防护措施基础上，建设单位需新增以下辐射安全防护措施：

① 探伤铅房内部与门口均设有显示“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”信号应该足够长的时间，以确保探伤铅房内人员安全离开。“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。

② 探伤铅房所在射线检测室入口处设有监视装置，以监视检测室与探伤室人员活动情况。

③ 探伤铅房内拟安装急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，应使人员处在探伤铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能使用。探伤铅房内按钮及西侧屏蔽体外侧按钮旁均应带有标签，标明使用方法。

④ 探伤铅房内拟配置固定式场所辐射探测报警装置。

3、为了更好地做好探伤工作场所辐射安全防护管理，建设单位在 GBZ 117-2022 基础上拟新增以下辐射安全防护措施：

① 探伤铅房所在射线检测室内拟设通风装置。

② 射线检测室拟设专用钥匙并由专人管理，并告诫无关人员不得靠近。

③ 各项辐射环境管理制度拟张贴于探伤工作场所现场处。

二、探伤铅房探伤操作放射防护要求

（1）工作人员进入探伤铅房时，须佩戴个人剂量计、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铅房，同时防止其他人进入探伤铅房，并立即向辐射防护负责人报告。

（2）探伤铅房工作人员应定期测量探伤铅房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。测量结果超标或异常应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

(3) 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。

(4) 探伤工作人员应正确使用辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。

(5) 在每一次照射前，操作人员都应检查探伤铅房防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施是否正常；确认探伤铅房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。

10.1.4.6 X 射线探伤机移动式探伤过程中的辐射安全和防护措施

一、作业前准备

(1) 在实施移动式探伤工作之前，质检院将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。同时，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（如烟雾报警器等）。

(2) 本项目共 3 台 X 射线探伤机与 1 台 X 射线管道爬行器，每次仅使用 1 台探伤设备，质检院拟配备 2 名专职工作人员，可确保开展移动式探伤工作。

(3) 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，质检院将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。

(4) 本项目使用周向型探伤机开展移动探伤工作时，将根据工件特征选用铅皮覆于工件，以降低辐射环境影响，避免造成误照射。

二、分区设置

(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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 每次开展移动探伤作业，一组辐射工作人员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。

(6) 探伤作业期间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) 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。

(8) 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。

(9) 探伤机控制台拟设置在合适位置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

三、安全警示

(1) 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。

(2) 现场应有提示“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，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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

(3) X 射线探伤的警示信号指示装置应与 X 射线探伤机、X 射线管道爬行器联锁。

(4) 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。

四、边界巡查与检测

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 开始移动式探伤工作之前，拟对便携式 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。

(5) 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。

五、移动式探伤操作要求

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。

10.1.4.7 探伤设施退役

1、本项目 X 射线探伤机或 X 射线管道爬行器后期如报废，质检院应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》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。

3、清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

10.1.4.8 辐射监测仪器与防护用品配置

本项目共 1 个辐射工作小组，由 2 名辐射工作人员组成同时负责固定式探伤与移动式探伤。开展移动式探伤作业时，其中 1 名负责探伤装置操作，另 1 名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入。本项目辐射防护设施配置计划见表 10-3，可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。

表 10-3 本项目辐射监测防护用品一览表

编号	名称	数量
1	个人剂量计	2 支
2	个人剂量报警仪	2 台
3	便携式 X- γ 剂量率仪	1 台
4	固定式场所辐射探测报警装置	1 台
5	电离辐射警告标志和警示语	若干
6	“禁止进入射线工作区”警告牌	4 个
7	“无关人员禁止入内”警告牌	4 个
8	“预备”和“照射”状态指示灯与安全联锁	4 个
9	声音提示装置	4 个
10	警示灯	4 个
11	警戒绳（不低于 400m）	2 盘
12	对讲装置	1 个

本项目用于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，并取得相应证书。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。

10.1.4.9 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、废胶片及洗片废液，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、转移和处置等环节拟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 1#检测楼 2 层，建筑面积约 3m²，具体位置见附图 8。该场所的建设应满足“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，墙体采用坚固的材料建造，表面无裂缝，地面与裙角采取防渗措施。本项目危险废物年产生量约 0.19t，贮存期一般 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，具体见表 10-4。

表 10-4 本项目危险废物贮存场所基本情况表

编号	贮存场所名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	位置	占地面积 (m ²)	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	1#检测楼 2 层	3	专用防渗容器	0.5t	一年
2		废胶片	HW16	900-019-16			袋装堆放		一年
3		洗片废液	HW16	900-019-16			专用防渗容器		一年

本项目危废暂存间管理拟满足如下要求：

① 拟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、容器和包装物拟按 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 危废暂存间拟设专人管理，其他人员未经允许不得入内。

④ 危险废物存入贮存设施前拟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 拟定期检查危险废物的贮存状况，及时清理贮存设施地面，更换破损泄露的危险废物

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 拟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

本项目危废委托有资质的单位定期到到质检院收集并运输转移，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）危废的委托处置

质检院已委托浙江德创环保科技股份有限公司负责收集所产生的的危险废物（危废收集协议见附件4），浙江德创环保科技股份有限公司委托绍兴华鑫环保科技有限公司进行危险废物处置，并签订协议（见附件6）。因此，本项目危废处置方案基本可行。

10.2 三废的治理

（1）臭氧和氮氧化物

本项目 X 射线作业状态时，会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物。本项目 X 射线固定探伤作业开展时，探伤铅房内拟设有机通风系统，该部分废气通过排风管道排至探伤铅房外，对环境影响较小。开展移动探伤时，由于产生量较小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

（2）废显（定）影液、废胶片及洗片废水

本项目探伤洗片和评片过程中会产生一定量的废显（定）影液、废胶片及洗片废液，属于危险废物。本次评价要求将其集中收集后存放在危废暂存间，并由专人保管，委托有资质的单位处理处置，建立相关危废台账。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工阶段

本项目探伤铅房为外购成品铅房，出厂前未做底部防护，采用下沉地表，并浇筑 50mm 厚度的混凝土进行防护，项目施工量较小，施工期较短，本次评价仅作简要分析：

(1) 大气：本项目在施工期间产生少量地面扬尘，由于工程量较小，施工作业范围较小，因此只要采取一定措施即可较大程度降低施工期的废气污染。

(2) 废水：施工期间会有少量含泥浆的施工废水产生，应对这些废水进行集中收集妥善处理，建议经沉淀处理后排入已有的排污管道。施工人员生活污水经化粪池预处理后排入市政污水管网。

(3) 噪声：施工期间会有噪声产生，但由于施工量小，对周围环境影响较小。

(4) 固体废物：施工期间会有少量建筑包装等固体废物生成，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。

11.1.2 设备安装调试阶段

本项目用于固定式探伤的 X 射线探伤机需安装和调试后方可使用，安装与调试均由专业人员在探伤铅房内进行。经探伤铅房与防护门的屏蔽与距离衰减后，设备产生的辐射对环境的影响是可接受的。因此，在设备安装阶段，无放射性废气、放射性废水以及放射性固废产生，建设单位需及时回收包装材料进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

为分析预测本项目 X 射线探伤机投入运行所引起的辐射环境影响，本项目依据《工业 X 射线探伤辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改清单中的计算方法进行理论计算。

11.2.1 X 射线固定式探伤辐射环境影响分析

1、预测工况确定

本项目探伤铅房拟配置 3 台 X 射线探伤机，各探伤机型号参数与出束方向见表 11-1。探伤铅房内每次仅开启 1 台探伤机进行探伤作业，不存在 2 台及 2 台以上探伤机同时运行的工况。经与建设单位核实，所有探伤机在探伤铅房内作业范围基本相同（见图 11-1），按最不利情况考虑，探伤机作业时靶点与四侧屏蔽体及工件门距离约 1.3m，距离地面最大高度约 0.6m。

表 11-1 本项目探伤铅房拟配置探伤机有用线束朝向一览表

探伤机型号	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	有用线束朝向
RT-2305D	230	5	定向机, 有用线束朝向地坪
RD-3505	350	5	周向机, 有用线束朝向探伤铅房北侧、南侧、顶棚与地坪垂直周向
RT-3505T	350	5	定向机, 有用线束朝向地坪

由表 11-1 可知, 本项目三台 X 射线探伤机有用线束朝向重合, 且 RD-3505 型 X 射线探伤机额定参数更高, 穿透性最强。因此, 本报告选取 RD-3505 型 X 射线探伤机(周向)作为探伤铅房的评价对象进行理论计算。如该铅房能满足 RD-3505 型 X 射线探伤机的辐射防护要求, 则两台定向 RT-2305D 型与 RT-3505T 型 X 射线探伤机的辐射防护要求也能满足。

根据 GBZ/T 250-2014 第 3.2.1 条款“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”, 因此, 本次评价将探伤铅房的南北两侧屏蔽体、南侧工件防护门、顶棚的屏蔽性能按有用线束进行考虑, 探伤铅房东西两侧屏蔽体均按泄漏辐射和散射辐射考虑。由于探伤铅房正下方为土层, 无地下室, 不作特殊防护, 故辐射环境影响分析不考虑朝向地坪的有用线束。同时, 本项目探伤铅房各侧屏蔽体均采用铅钢复合结构, 本次评价仅保守考虑铅板的防护作用。

2、预测点位选取

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)的要求, 关注点通常为距探伤铅房外表面 30cm 处人员可能受照剂量最大的位置。在距探伤铅房一定距离处, 公众成员居留因子大并可能受照剂量大的位置也应作为关注点。本项目场所辐射水平估算选取探伤铅房实体屏蔽体外 30cm 处作为关注点, 由于探伤铅房正下方为土层, 无地下室, 不作特殊防护, 故不对地坪外 30cm 设关注点预测其辐射水平。关注点详情见表 11-2, 关注点位分布见图 11-1。

表 11-2 本项目关注点位选取详情

关注点位	点位描述	需屏蔽的辐射类型	靶点至关注点距离 (m)
1#	东墙外 30cm 处, 即门厅	泄漏辐射、散射辐射	1.6
2#	南墙外 30cm 处, 即射线检测室	有用线束	1.6
3#	西墙外 30cm 处, 即设备材料间	泄漏辐射、散射辐射	1.6
4#	北墙外 30cm 处, 即暗室	有用线束	1.6
5#	工件门外 30cm 处, 即射线检测室	有用线束	1.6
6#	顶棚外 30cm 处, 即射线检测室	有用线束	2.1

备注: (1) 靶点至关注点距离=靶点与各侧屏蔽体最近距离+屏蔽体外 30cm

(2) 本项目探伤铅房正下方为土层, 无地下室, 不作特殊防护, 故辐射环境影响分析不对地坪外 30cm 设关注点预测。

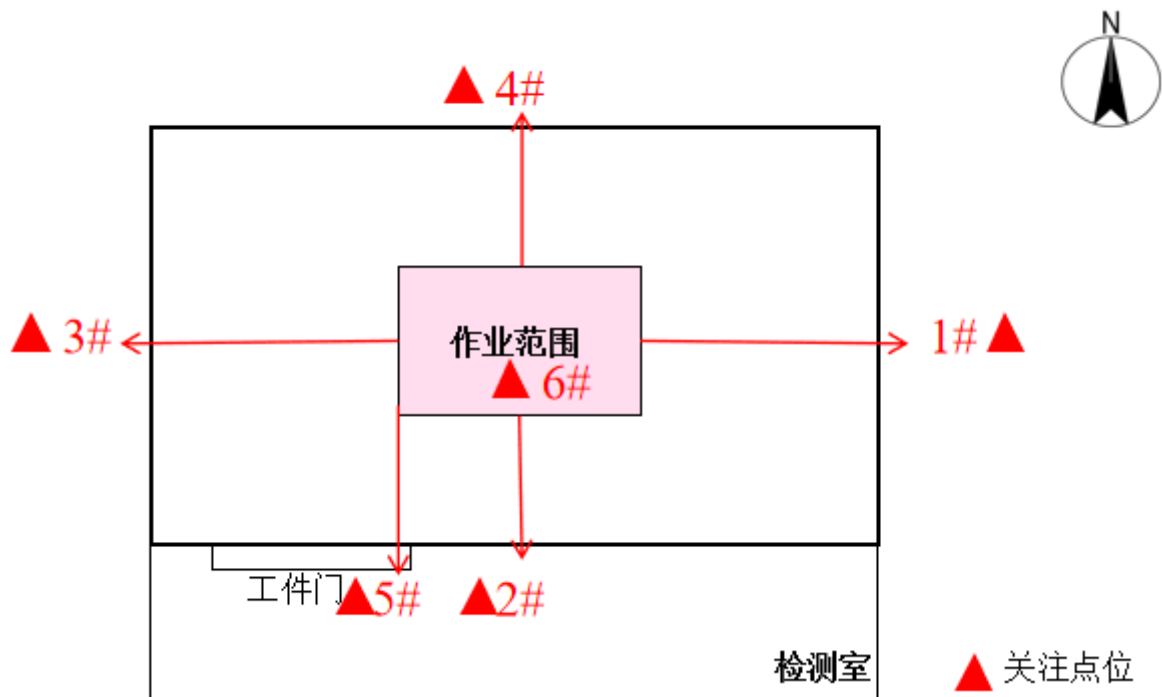


图 11-1 本项目辐射剂量预测关注点位示意图

3、计算公式

(1) 有用线束

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按照公式 (11-1) 计算：

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

式中：

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)，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 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 。本项目设备最大管电压为 350kV，根据 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.1，采用内插法得管电压 350kV 以 3mm 铜为过滤条件时的 X 射线输出量为 $13.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ ，即 $H_0 = 8.34 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B ——屏蔽透射因子，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 图 B.1 曲线，采用内插法计算得 350kV 有用线束穿过 30mm 铅时的透射因子为 8.38×10^{-7} ；

R ——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)。

(2) 泄漏辐射

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按照公式 (11-2) 计算：

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

式中：

B ——屏蔽透射因子，根据公式 $B=10^{-X/TVL}$ ，其中 X 为屏蔽层厚度， TVL 为什值层厚度，依据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，当管电压为 350kV 时，采用内插法得相应的 TVL 值为：铅 6.95mm；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 5.1.1 条款表 1，管电压为 $>200\text{kV}$ 时，漏射线所致周围剂量当量率控制值为 5mSv/h 。本项目设备最大管电压为 350kV，因此 \dot{H}_L 取值为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

（3）散射辐射

① 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} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按照公式（11-3）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：

I ——X 射线探伤装置在在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 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 。本项目设备最大管电压为 350kV，根据 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.1，采用内插法得管电压 350kV 以 3mm 铜为过滤条件时的 X 射线输出量为 $13.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ ，即 $H_0 = 8.34 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B ——屏蔽透射因子，根据公式 $B=10^{-X/TVL}$ ， X 为屏蔽层厚度， TVL 为什值层厚度。根据 GBZ/T 250-2014 表 2，本项目原始 X 射线为 350kV，则 X 射线 90° 散射辐射最高能量为 250kV，经查附录 B 表 B.2，此时对应的什值层厚度 TVL 为：铅 2.9mm；

F —— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量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 GBZ/T 250-2014 中 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，本项目最大管电压为 350kV，属于 200kV~400kV 区间，因此 $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ 因子取值为 50。

R_s ——散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

3、预测结果

根据公式（11-1）~（11-3），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 至表 11~5。

表 11-3 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} ($\mu\text{Sv/h}$)
2 南墙外 30cm 处， 即射线检测室	30mm 铅板	5	8.34×10^5	8.38×10^{-7}	1.6	1.36
4 北墙外 30cm 处， 即暗室	30mm 铅板	5	8.34×10^5	8.38×10^{-7}	1.6	1.36
5 工件门外 30cm 处， 即射线检测室	30mm 铅板	5	8.34×10^5	8.38×10^{-7}	1.6	1.36
6 顶棚外 30cm 处， 即射线检测室	30mm 铅板	5	8.34×10^5	8.38×10^{-7}	2.1	7.92×10^{-1}

表 11-4 泄漏辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料	X (mm)	TVL (mm)	B	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
1 东墙外 30cm 处，即门厅	30mm 铅板	30	6.95	4.82×10^{-5}	5000	1.6	9.42×10^{-2}
3 西墙外 30cm 处，即设备材 料间	30mm 铅板	30	6.95	4.82×10^{-5}	5000	1.6	9.42×10^{-2}

表 11-5 散射辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料	X (mm)	TVL(mm)	B	$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
1 东墙外 30cm 处，即门厅	30mm 铅板	30	2.9	4.52×10^{-11}	50	1.6	1.47×10^{-6}
3 西墙外 30cm 处，即设备材 料间	30mm 铅板	30	2.9	4.52×10^{-11}	50	1.6	1.47×10^{-6}

表 11-6 各关注点位辐射剂量率预测结果一览表

关注点位	有用线束 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参 考控制水 平 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否 达标

1	东墙外 30cm 处， 即门厅	/	9.42×10^{-2}	1.47×10^{-6}	9.42×10^{-2}	2.5	达标
2	南墙外 30cm 处， 即射线检测室	1.36	/	/	1.36		达标
3	西墙外 30cm 处， 即设备材料间	/	9.42×10^{-2}	1.47×10^{-6}	9.42×10^{-2}		达标
4	北墙外 30cm 处， 即暗室	1.36	/	/	1.36		达标
5	工件门外 30cm 处，即射线检测室	1.36	/	/	1.36		达标
6	顶棚外 30cm 处， 即射线检测室	7.92×10^{-1}	/	/	7.92×10^{-1}		达标

根据表 11-6 预测结果可知，本项目 RD-3505 型 X 射线探伤机（周向）在最大工况运行时，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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。同时，可定性推导出 RT-2305D 型与 RT-3505T 型定向 X 射线探伤机独立运行时，探伤铅房的屏蔽防护性能也能满足 GBZ 117-2022 的要求。

4、探伤铅房局部贯穿辐射影响

本项目电缆管道以 U 型方式穿越探伤铅房南侧屏蔽体，出线口尺寸为 120mm，出口处设 30mm 铅防护罩；通风口穿越探伤铅房顶棚，通风口尺寸为 150mm，出口处设 30mm 铅防护罩。本项目电缆管道与通风口均采用与同侧屏蔽体一致的屏蔽防护设计，由表 11-6 可知，各墙体侧辐射剂量率均满足标准要求，因此电缆和排风等管道的布置方式不会破坏探伤室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

11.2.2 X 射线移动式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）第 8.4.2 条款，在探伤机处于照射状态，质检院用便携式 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界。本项目周探伤时间为 5.7h，小于 7h，故可判定出本项目移动探伤控制区边界周围剂量当量率限值 $15\mu\text{Sv/h}$ 。

1、有用线束

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：

$$K = \frac{I \delta_x (r_0/r)^2}{10^{(d_1/d_2)}} \dots \dots \dots (11-4)$$

式中：

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

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， $mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ；根据表9-3可知， δ_x （230kV）= $11.9 mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$ ； δ_x （300kV）= $20.9 mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$ ； δ_x （350kV）= $13.9 mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$ ；

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RT-2305D型、RD-3505型、RT-3505T型、RT-1219型探伤机处于最大开机工况时，探伤常用工件厚度分别为 $15mm \sim 25mm$ 、 $50mm \sim 60mm$ 、 $50mm \sim 60mm$ 、 $30mm \sim 40mm$ ，材质为金属材料。

d_2 ——钢的什值层厚度， mm ；根据NCRP REPORT No.151 P158页Fig.A.1a，X射线探伤机产生的X射线束在钢中的什值层厚度取值见表。

表 11-7 X 射线束在钢中的什值层厚度

X射线管电压 (kV)	230	300	350
钢的什值层厚度TVL (mm)	11	16	18

2、漏射线

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，见公式（11-5）：

$$K_1 = k_0 \cdot \frac{R_0^2}{R_1^2} \cdot B \dots \dots \dots (11-5)$$

式中：

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

K_0 ——距离探伤机表面 $1m$ 处的周围剂量当量率， $\mu Sv/h$ ；根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准中规定：X射线探伤装置在额定工作条件下，当X射线管电压 $>200kV$ 时，X射线管焦点 $1m$ 处的漏射线所致周围剂量当量率 $<5mSv/h$ ，因此， $K_0=5000\mu Sv/h$ 。

R_0 ——探伤机表面外， $1m$ ；

R_1 ——参考点距探伤机表面的距离， m 。

B ——屏蔽透射因子，不考虑屏蔽阻挡时， B 取值为 1 。

3、散射线

本项目探伤机工作时，X 射线一般只有经 1 次散射后到达工件外面时才对周围环境影响较大。假设主射线束经一次散射后到达工件外，散射线可根据《辐射防护导论》(方杰主编)P185 页公式 (6.6) 计算:

$$\eta_{rR} \leq k \frac{\dot{H}_{L,h} \cdot \gamma_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \cdot a_r \cdot a \cdot q} \dots\dots\dots (11-6)$$

由上式可以导出:

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot a_r \cdot a}{\gamma_i^2 \cdot r_R^2} \cdot \frac{1}{k} \cdot \eta_{rR} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中: $\dot{H}_{L,h}$ ——参考点处 X 辐射计量率 (Sv/h) ;

$\dot{H}_{L,h}$ (控制区) == 1.5×10^{-5} Sv/h, $\dot{H}_{L,h}$ (监督区) == 2.5×10^{-6} Sv/h;

F_{j0} ——辐射源处辐射水平 ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$) , 由 $I \cdot \delta_\chi$ 确定, δ_χ 取值情况同上, 则 F_{j0}

取值如下:

F_{j0} (230kV) = $I \cdot \delta_\chi = 11.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.060 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$;

F_{j0} (300kV) = $I \cdot \delta_\chi = 20.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.105 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$;

F_{j0} (350kV) = $I \cdot \delta_\chi = 13.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.070 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$;

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) , $a = \pi (r_i \times \tan(\theta/2))^2$, θ 为辐射角, 本项目取 40° , 则 $a = 0.1$;

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。

η_{rR} ——屏蔽透射因子, 不考虑屏蔽阻挡时取 1。

4、理论计算结果

将相关参数分别代入公式 (11-4) 至 (11-7) , 可以分别估算出本项目 X 射线移动探伤控制区与监督区的边界范围, 估算结果见表 11-8。

表 11-8 本项目移动探伤控制区与监督区估算结果

探伤机型号	射线类型		控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
RT-2305D	有用线束	探伤钢板厚度 15mm	102	248

		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	26	64
RD-3505	有用线束	探伤钢板厚度 50mm	22	53
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	28	69
RT-3505T	有用线束	探伤钢板厚度 50mm	22	53
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	28	69
RT-1219	有用线束	探伤钢板厚度 30mm	75	183
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	35	84

因此，本项目 RT-2305D 型 X 射线探伤机最大工况下对 15mm 钢板进行移动探伤时，有用线束最大控制区范围为 102m，最大监督区范围为 248m；非有用线束方向最大控制区范围为 26m，最大监督区范围为 64m。RD-3505 与 RT-3505T 型 X 射线探伤机最大工况下对 50mm 钢板进行移动探伤时，有用线束最大控制区范围为 22m，最大监督区范围为 53m；非有用线束方向最大控制区范围为 28m，最大监督区范围为 69m。RT-1219 型 X 射线探伤机最大工况下对 30mm 钢板进行移动探伤时，有用线束最大控制区范围为 75m，最大监督区范围为 183m；非有用线束方向最大控制区范围为 35m，最大监督区范围为 84m。实际移动探伤时，质检院应采取本报告关于 X 射线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与监督区划分，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。

11.2.3 人员受照剂量

1、计算公式

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

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：

H ——年有效剂量，mSv/a；

\dot{H} ——关注点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ——探伤装置年照射时间，h/a；

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 ——人员在相应关注点驻留的居留因子。

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, 具体数值见表 11-2。

表 11-9 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、辐射工作人员年有效剂量

(1) 固定式探伤

根据 11.2.1 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 11-10。

表 11-10 本项目固定式探伤辐射工作人员年有效剂量

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 ($\mu\text{Sv/周}$)
操作间	1	7.69×10^{-3}	83.3	6.41×10^{-4}	1.89	1.46×10^{-2}
4#, 北墙外 30cm 处, 即暗室	1	1.36	83.3	1.14×10^{-1}	1.89	2.58

备注: ①本项目操作室与探伤铅房间隔一设备材料间,因此采用辐射剂量率(靠近关注点一侧,即 3# 西墙外 30cm 处)与距离的平方成反比的关系式计算推导得出。

②本评价保守考虑 2 名辐射工作人员同时负责探伤操作,因此年照射时间未按单名人员折算。

因此,本项目开展固定式探伤工作时,辐射工作人员周有效剂量为 $2.58\mu\text{Sv/周}$,年有效剂量为 $1.14 \times 10^{-1}\text{mSv/a}$,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)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,满足本项目对辐射工作人员(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。

(2) 移动式探伤

根据操作规范,在每次移动探伤作业前,质检院须将探伤计划(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。鉴于移动探伤的工作场所各不相同,因此本次评价采用边界控制限值进行剂量估算。

本项目做保守假设如下:

(1) 本项目年移动探伤时间为 250h;

(2) 移动探伤作业小组共 1 组,每组由 2 名辐射工作人员组成,其中 1 名负责探伤装置

操作，另 1 名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入。

(3) X 射线探伤机有延时开机功能，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) 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。

表 11-11 本项目移动式探伤辐射工作人员年有效剂量

辐射工作人员	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h/a)	T	H (mSv/a)
操作人员	15	250	1	3.75
巡界人员	2.5	250	1	6.25×10^{-1}

上述估算是在特定条件下的计算结果，没有采取任何屏蔽措施。在实际探伤工作中工作人员采取了必要的防护措施，如利用现场的地形、铅服、建筑屏蔽物等防护措施，因此，辐射剂量要小于理论计算结果。此外，通过培训与演练，增强探伤工作人员的操作熟练程度，提高防护意识，深入贯彻安全、文明生产理念，接收的辐射剂量率将会进一步降低。

(3) 综合剂量

考虑到本项目辐射工作人员既从事固定式探伤，又从事移动探伤，故本报告进行剂量叠加，即 $1.14 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ (固定式探伤) + 3.75mSv/a (移动式探伤) = 3.86mSv/a ，满足本项目对辐射工作人员(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。

3、公众成员年有效剂量

(1) 固定式探伤

结合本项目探伤铅房评价范围 50m 内的环境保护目标分布情况，根据公式(11-5)，本项目探伤铅房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 11-12。

表 11-12 本项目固定式探伤公众成员年有效剂量估算

编号	关注点	居留因子	周围剂量当量率	年照射时间(h)	年有效剂量(mSv/a)	周照射时间(h)	周有效剂量($\mu\text{Sv}/\text{周}$)
1	东侧门厅	1/4	9.42×10^{-2}	83.3	1.96×10^{-3}	1.89	4.46×10^{-2}
2	东侧样品存放室、机加室、热处理室*	1	7.45×10^{-4}		6.20×10^{-5}		1.41×10^{-3}

3	东南侧试验检测区*	1	7.69×10^{-3}		6.41×10^{-4}	1.46×10^{-2}
4	南侧走廊*	1/4	5.17×10^{-1}		1.08×10^{-2}	2.45×10^{-1}
5	南侧检测室*	1	1.11×10^{-1}		9.28×10^{-3}	2.11×10^{-1}
6	南侧院内道路*	1/8	1.44×10^{-2}		1.49×10^{-4}	3.40×10^{-3}
7	南侧花宫道*	1/4	2.47×10^{-3}		5.14×10^{-5}	1.17×10^{-3}
8	西南侧试验区*	1	1.11×10^{-1}		9.28×10^{-3}	2.11×10^{-1}
9	西侧设备材料间	1/2	9.42×10^{-2}		3.92×10^{-3}	8.92×10^{-2}
10	西侧试验区*	1	2.62×10^{-3}		2.18×10^{-4}	4.96×10^{-3}
11	西侧院内道路*	1/8	1.79×10^{-3}		1.87×10^{-5}	4.24×10^{-4}
12	北侧楼梯间、院内道路*	1/8	1.65×10^{-1}		1.72×10^{-3}	3.91×10^{-2}
13	1#检测楼*	1	6.27×10^{-3}		5.22×10^{-4}	1.19×10^{-2}
14	实验室（二层）*	1	2.42×10^{-1}		2.01×10^{-2}	4.58×10^{-1}
15	实验室（三层）*	1	5.74×10^{-2}		4.78×10^{-3}	1.09×10^{-1}
16	实验室（四层）*	1	2.51×10^{-2}		2.09×10^{-3}	4.75×10^{-2}
17	实验室（五层）*	1	1.40×10^{-2}		1.17×10^{-3}	2.65×10^{-2}

备注：带“*”的关注点处周围剂量当量率由探伤铅房外 30cm 处辐射剂量率（靠近关注点一侧）与距离的平方成反比的关系式计算推导出。

（2）移动式探伤

根据操作规范，在每次移动探伤作业前，质检院须将探伤计划(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。鉴于移动探伤的工作场所各不相同，因此本次评价采用边界控制限值进行剂量估算。

本项目做保守假设如下：

（1）本项目年移动探伤时间为 250h；

（2）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）。

（3）公众人员居留因子按偶然居留考虑，保守取 1/8。

根据公式（11-5）计算，本项目开展移动探伤时公众人员年附加有效剂量估算结果见表 11-13。

表 11-13 本项目移动式探伤公众人员年附加有效剂量估算

人员类型	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h/a)	T	H (mSv/a)
公众人员	2.5	250	1/8	7.81×10^{-2}

综合表 11-12 与表 11-13，本项目 X 射线探伤设备开展固定式探伤时，公众人员周有效剂量最大值为 $2.45 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/周}$ ，年有效剂量最大值为 $1.08 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ；开展移动式探伤时，公众

人员年附加有效剂量为 $7.81 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。因此，公众人员周有效剂量满足 GBZ117-2022 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。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射风险识别与风险防范措施

本项目 X 射线探伤机仅在接通电源工作时可以产生 X 射线，因此贮存阶段和运输阶段均不会产生 X 射线，无需特殊的辐射防护，最有可能发生的事故工况发生在使用阶段，具体见表 11-14。

表 11-14 X 射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
贮存过程	X 射线探伤机被盗，使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员不必要的照射。	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、防盗窗、监控及报警器装置等。
运输过程	X 射线探伤机被盗、丢失，使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员不必要的照射。	<p>(1) 运输前，质检院应对运输车辆和设备进行全面安全检查，发现问题及时解决。</p> <p>(2) 运输中途如有人员需离开车辆，应至少保留 1 名工作人员负责车辆看管。</p> <p>(3) 加强运输过程中的防盗意识，做好运输车辆安保措施。</p>
固定式探伤过程	<p>(1) X 射线探伤机进行探伤时，门-机联锁失效，致使铅防护门未完全关闭，X 射线泄漏到探伤铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或工作人员误入探伤室，使其受到额外的照射。</p> <p>(2) 辐射工作人员或公众还未全部撤出探伤铅房，外面人员启动 X 射线探伤机进行探伤，造成有关人员被误照，引发辐射事故。</p> <p>(3) 操作人员违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。</p>	<p>(1) 严格按照 GBZ 117-2022 中第 5.1.2 条款规定，每次探伤工作开始前，应检查探伤机外观是否完好；电缆是否有断裂、扭曲以及破损；安全联锁是否正常工作；报警设备和工作状态指示灯是否正常运行；螺栓等连接件是否良好；探伤室内安装的固定式场所辐射探测报警装置是否正常。只有确认探伤室内无人且门已关闭，所有安全措施起作用并给出启动信号后才能启动照射，避免发生误照射。同时，定期开展所有的联锁和紧急停机开关等相关检查工作。如存在安全隐患，应立即整改。</p> <p>(2) 严格按照 GBZ 117-2022 中第 5.1.3 条款规定，建设单位应每年至少维护一次探伤装置，设备的维护应由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。当设备有故障或</p>

		<p>损坏,需更换零部件时,应保证所更换的零部件都来自设备制造商。同时,质检院应做好设备维护记录。</p> <p>(3)凡涉及对 X 射线探伤机进行操作,必须按操作规程执行。探伤作业时,操作人员按照操作规程进行操作,并做好个人的防护,并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。</p>
<p>移动式探伤过程</p>	<p>(1)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。</p> <p>(2)误照射:在探伤现场没有做好警戒工作,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;在未确定安装探伤机的工作人员远离 X 射线探伤机的情况下,操作控制台的工作人员开机照射, X 射线探伤机摆置不当,机头未投射于探伤物件,而直接照向人群居留位置,而导致误照射,往往会造成大剂量的误照。</p> <p>(3)在不适合探伤的场地实施移动探伤,造成人员不必要照射。</p> <p>(4) X 射线探伤机被盗,使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员不必要的照射。</p>	<p>(1)严格执行辐射安全管理制度,按照操作规程进行作业。每次移动探伤工作前,配备警戒绳、工作状态指示灯、声音提示装置及警示灯,在监督区四周可设置醒目的警示指示和提醒。</p> <p>(2)配置必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测,及时发现使用过程中的射线泄漏。为辐射工作场所配置个人剂量报警仪,探伤工作人员可根据个人剂量报警仪是否报警而正确判断是否安全。</p> <p>(3)对 X 射线移动式探伤制定操作规程,明确 X 射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施,规定必须进行清场和巡逻的工作程序,在探伤现场做好警戒工作,严防工作人员和公众误留在警戒区内。</p> <p>(4)加强对探伤装置使用现场的管理,防止射线装置被盗、丢失。</p> <p>(5)制定《射线装置使用登记制度》,规定设备的使用登记情况,加强对射线装置的监管和维护。</p> <p>(6)加强工作人员的教育与培训,正确佩戴个人剂量计,并定期检测。如发现超剂量,应进行调查,或改善防护条件或措施。</p>

11.3.3 应急处置预案

(1)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》。

(2)对于发生的误照射事故,应首先向当地生态环境部门报告,造成或可能造成人员超剂量照射的,还应同时向当地卫生行政部门报告。人为故意引起的或失窃而引起的辐射照射,还应该及时向公安部门报告。

(3)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。

(4)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。

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

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，使用II类射线装置的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；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。

12.1.1 机构设置情况

绍兴市质量技术监督检测院对 X 射线装置放射防护安全应负主体责任，须尽快发文明确《辐射防护安全管理机构及职责》，应包括如下内容：

- (1) 质检院应确认本单位辐射工作安全责任人，设置以行政主管领导为组长的辐射防护领导机构，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作；
- (2) 辐射防护领导机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明；
- (3) 辐射防护领导机构应加强监督管理，建立并切实保证各项规章制度的实施。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 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，本项目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>）报名培训考核并取得成绩单，经考核合格后方可上岗，并按时每五年重新进行考核，培训档案保留时限为长期保存。

(2) 个人剂量检测

个人剂量计需定期送检有资质单位（常规监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天），并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应保存至辐射工作人员年满 75 周岁或停止辐射工作 30 年。

(3) 职业健康体检

本项目所有辐射工作人员上岗前，应进行上岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间

间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离辐射工作岗位时，应进行离岗前的职业健康检查。建设单位应为辐射工作人员建立并长期保存职业健康档案。

本项目所有辐射工作人员的辐射安全和防护考核成绩报告单、个人剂量检测档案、职业健康档案记录三个文件的人员信息均需保持一致。

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》规定，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、射线装置使用登记制度等。

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，并张贴上墙于操作间后认真落实。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。针对本次新建项目，对各项制度的制定提出以下建议：

（1）操作规程

明确辐射工作人员资质条件要求、X 射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确探伤时的操作步骤，明确每次探伤工作前，操作人员应检查门-机安全联锁装置、个人剂量报警仪、工作状态指示灯等设备工作性能，确保辐射安全措施的有效性。

（2）岗位职责

明确管理人员、探伤操作人员和维修人员等的岗位责任，使每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。

（3）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 射线探伤机的保管、运行和维修时的辐射安全管理。

（4）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，每年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。

（5）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。

（6）监测方案

监测方案可分为辐射工作人员个人剂量监测方案与辐射环境监测方案。

① 个人剂量监测方案

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，应明确个人剂量计的佩戴和监测周期，并建立个人剂量档案。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。此外，质检院应明确辐射工作人员职业健康监测，应落实上岗前、在岗期间的职业健康体检，职业健康体检合格者才能进入或继续辐射工作。质检院应明确职业健康检查周期，建立辐射工作人员职业健康检查档案，并落实离岗辐射工作人员的离岗前职业健康检查。

② 辐射环境监测方案

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，监测方式有质检院自主监测与委托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。

（7）射线装置使用登记和台账管理制度

应记载本项目 X 射线探伤机的名称、型号、使用日期、操作人员、任务名称、曝光时间等事项，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，制定探伤装置的使用登记制度。

（8）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，质检院应成立单位负责人为领导的辐射事故应急小组。针对可能产生的辐射污染情况制定辐射事故应急制度，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。

（9）自行检查和年度评估制度

定期对 X 射线探伤机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。

(8) 危险废物安全处置管理制度

应制定危废管理计划，建立危废产生和贮存台账，保存危废申报登记材料、危废转移审批材料、危废转移联单及危废委托处置合同等。

建设单位应在工作场所张贴《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》与《辐射事故应急预案》，并做好使用登记和台账记录工作。在日后的工作实践中，质检院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，严格按照制度进行。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，质检院需制定辐射监测方案，包括个人剂量监测、探伤机检测、辐射环境监测。

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。

本项目相关辐射监测仪器配置计划见表 10 章节中表 10-3，以上监测仪器按要求配备后，本次评价认为能够满足本项目的仪器配备要求。同时，本次评价建议质检院每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正和维护。

12.3.2 个人剂量监测

建设单位应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理规定，为辐射工作人员配备个人剂量计，并根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计。质检院应落实个人剂量监测（常规监测周期一般为 1 个月，最长不超过 3 个月）和职业健康检查（不少于 1 次/2 年），建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案交由专人保管。对于监测结果异常，质检院应跟踪分析原因，优化实践行为。

12.3.3 探伤机检测

根据GBZ 117-2022条款8.2的要求，本项目投入使用后对探伤机的检测要求如下：

表 12-1 探伤机检测要求一览表

检测设备	X射线探伤机
检测内容	防护性能检测
检测方法	X射线探伤机防护性能检测方法按GB/T 26837的要求进行
检测周期	使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后, 应进行安全装置的性能检测。

12.3.4 场所环境监测

本项目正式投入使用后, 质检院须定期对探伤铅房周围环境进行自主监测与年度监测, 监测数据应记录完善, 并将数据实时汇总, 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) 验收监测: 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: 每次移动探伤对控制区、监督区边界及使用场所周边关注点进行监测。如发现划定的区域未能满足相关标准的要求, 及时对划定的分区进行调整, 并将每次巡测结果记录存档备案。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 第 8.3.4 条款: 本项目探伤铅房投入使用后每年至少进行 1 次常规监测。

(3) 年度监测: 每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测, 年度监测报告应作为《安装和防护评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。参考《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条款规定, 年度监测周期为 1 次/年。

表 12-2 场所监测计划

场所名称	监测类型	监测因子	监测布点	监测频次	监测方式
探伤铅房	验收监测	周围剂量当量率	(1)探伤铅房四侧屏蔽体、防护门及顶棚外 30cm 处;	验收期间, 监测 1 次	委托监测
	常规监测		(2) 防护门门缝四周、电缆管道、通风口表面 30cm 处;	1 次/年	自行监测
	年度监测		(3) 操作台及人员常驻留位置	1 次/年	委托监测
移动探伤作业地点	验收监测	周围剂量当量率	①巡测: 在 X 射线探伤机处于照射状态, 用便携式 X-γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量, 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	验收期间, 监测 1 次	委托监测
	年度监测			1 次/年	委托监测

			区边界。 ②操作位：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。		
	常规监测	周围剂量当量率	①巡测：在 X 射线探伤机处于照射状态，用便携式 X-γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量，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。 ②操作位：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。	每次移动式探伤时	自行监测
			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。	出现所述情况时	委托监测

12.4 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，质检院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。

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》第四十一条规定，“使用射线装置的单位，应当根据可能产生的辐射事故风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备。”辐射事故应急预案主要包括以下内容：

- （1）应急机构和职责分工（明确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；
- （5）生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话；
- （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预案，采取应急措施，明确事故类型，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。事故处理完毕后，单位须分析事故原因，吸取经验教训，采取相关措施以防类似事故重复发生。

本项目投入运行后，建设单位应做好以下工作：

（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）质检院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）质检院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，建设单位必须加强管理力度，提高辐射工作人员技术水平，严格按照规范操作，认真落实应急预案，加强设备检查维修，提高单位应急能力。

12.6 环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环

境部公告 2018 年第 9 号) 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 13 结论

13.1 结论

13.1.1 项目工程概况

绍兴市质量技术监督检测院计划在浙江省绍兴市越城区沥海街道花宫道 8 号质检院内 2# 检测楼一层开展固定式探伤作业并于各客户工作现场开展移动式探伤作业。质检院拟购置 4 台射线装置，包括 3 台 X 射线探伤机（RT-2305D 型定向机、RD-3505 型周向机、RT-3505T 型定向机）与 1 台 RT-1219 型 X 射线管道爬行器（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，周向机）用于为第三方客户产品提供探伤作业。主要包括：① 固定式探伤。本项目新建 1 间探伤铅房及操作室等辅助用房，使用 3 台 X 射线探伤机开展固定式探伤作业。② 移动式探伤。本项目 3 台 X 射线探伤机与 1 台 X 射线管道爬行器均用于移动式探伤作业，作业范围为全国各地。③ 本项目新建 1 间 X 射线探伤机贮存间用于各探伤设备不作业时的临时贮存；新建 1 间暗室、评片室与危废暂存间用于开展洗片评片及危废收集暂存工作。

13.1.2 辐射安全与防护结论

（1）本项目探伤铅房屏蔽防护性能符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。

（2）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。

（3）本项目为 X 射线固定式与移动式探伤作业的开展配备符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求的相关辐射检测防护用品。

13.1.3 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）辐射剂量率影响预测结论

本项目三台 X 射线探伤机（RD-3505 型、RT-2305D 与 RT-3505T 型）在最大工况运行时，探伤铅房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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(3) 移动探伤控制区和监督区的划分

经理论预测，本项目 RT-2305D 型 X 射线探伤机最大工况下对 15mm 钢板进行移动探伤时，有用线束最大控制区范围为 102m，最大监督区范围为 248m；非有用线束方向最大控制区范围为 26m，最大监督区范围为 64m。RD-3505 与 RT-3505T 型 X 射线探伤机最大工况下对 50mm 钢板进行移动探伤时，有用线束最大控制区范围为 22m，最大监督区范围为 53m；非有用线束方向最大控制区范围为 28m，最大监督区范围为 69m。RT-1219 型 X 射线探伤机最大工况下对 30mm 钢板进行移动探伤时，有用线束最大控制区范围为 75m，最大监督区范围为 183m；非有用线束方向最大控制区范围为 35m，最大监督区范围为 84m。在实际开展 X 射线移动探伤作业时，应采用便携式 X-γ 剂量率仪通过巡测的方式进行控制区和监督区的严格划分。

(4) 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 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）。

(5) “三废”环境影响分析

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，探伤铅房内设有机械通风系统，该部分废气通过排风管道排至探伤铅房外，对环境影响较小。开展移动探伤时，由于产生量较小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。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。

13.1.4 辐射安全管理结论

(1) 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。

(2) 本项目所有辐射工作人员均参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，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辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测。

(3) 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，张贴于探伤工作场所现场处，并认真贯彻实施，以减少和避免发生辐

射事故与突发事件。

13.1.5 可行性分析结论

(1) 规划符合性与选址合理性分析结论

本项目位于浙江省绍兴市越城区沥海街道花宫道 8 号 2#检测楼，用地性质为科教用地/绍兴国家级检测试验科研基地，且周围无环境制约因素，符合土地利用规划要求，符合区域规划环评要求。本项目符合绍兴市“三线一单”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。本项目探伤铅房评价范围 50m 内无居民和学校等环境敏感点，采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众成员的辐射影响是可接受的。X 射线移动探伤作业不固定，只要严格按照操作规程，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不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求执行，探伤期间通过便携式 X- γ 剂量率仪巡测，则其操作是可行的。因此，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

(2) 产业政策符合性分析结论

结合中华人民共和国国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》，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。

(3) 实践正当性分析结论

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。因而，按照规范正当操作，本项目是符合《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”原则的。

(4) 环保可行性结论

综上所述，绍兴市质量技术监督检测院 X 射线固定式与移动式探伤建设项目选址具有合理性，符合土地利用规划要求、符合区域规划环评要求、符合“三线一单”要求、符合产业政策要求、符合实践正当性原则，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射管理计划后，质检院将具备与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全防护措施，本项目投入运行后对周围环境产生的影响能符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

(1) 建设单位应加强对探伤铅房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，严格执行相关法律法规，落实有关规定并及时更新完善。

13.2.2 承诺

(1) 建设单位承诺将根据报告表的要求和生态环境主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求。

(2) 环评报批后，建设单位需及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

(3) 建设项目竣工后，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号)规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

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