

核技术利用建设项目
绍兴赤兔龙机械科技有限公司
X 射线室内探伤迁扩建项目环境影响报告表
(报批稿)

绍兴赤兔龙机械科技有限公司

2023 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

绍兴赤兔龙机械科技有限公司

X 射线室内探伤迁扩建项目环境影响报告表

建设单位名称：绍兴赤兔龙机械科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：赵以淮

通讯地址：浙江省绍兴市上虞区杭州湾经济技术开发区东一区

朝阳一路

邮政编码：312300

联系人：赵以淮

电子邮箱：/

联系电话：15857501999

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	10
表 3 非密封放射性物质	10
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	16
表 8 环境质量和辐射现状	20
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	29
表 11 环境影响分析.....	20
表 12 辐射安全管理	46
表 13 结论与建议	51
表 14 审批	54

表 1 项目基本情况

建设项目名称		绍兴赤兔龙机械科技有限公司 X 射线室内探伤迁扩建项目			
建设单位		绍兴赤兔龙机械科技有限公司			
法人代表	赵以淮	联系人	赵以淮	联系电话	15857501999
注册地址		浙江省绍兴市上虞区杭州湾经济技术开发区东一区朝阳一路			
项目建设地点		浙江省绍兴市上虞区杭州湾经济技术开发区东一区朝阳一路			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		125	项目环保投资 (万元)	10	投资比例(环保 投资/总投资) 8%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 迁扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积(m ²) 180
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	/			
	<p>1.1 项目建设单位情况</p> <p>绍兴赤兔龙机械科技有限公司(以下简称“公司”),成立于 2013 年 1 月 15 日,是一家专业从事金属压力容器制造的企业。公司原厂区位于绍兴市柯桥区滨海工业区征海路 301 号,租用绍兴市柯桥区保得利塑料制品有限公司的闲置厂房,实施年产煅烧炉 100 套、清洗炉 180 套、压力容器 180 台新建项目,2019 年 5 月 23 日取得了绍兴市柯桥区行政审批局的建设项目登记表备案受理书(绍柯环规备(2019)9 号)。公司已建一间 X 射线探伤室(即老探伤室),配置 1 台 XXQ-2505 型 X 射线定向探伤机,最大管电压为 250kV,最大管电流为 5mA,用于对自生产的压力容器进行无损检测。上述辐射活动均已通过环保审批、辐射安全许可和竣工环保验收。</p> <p>1.2 项目建设目的和任务由来</p>				

由于现有老探伤室的设计尺寸满足不了较大工件的无损检测需求,生产在很大程度上受到限制。根据公司统筹规划和发展需要,绍兴赤兔龙机械科技有限公司的营业执照注册地址已由“浙江省绍兴市柯桥区滨海工业区九0丘”变更至“浙江省绍兴市上虞区杭州湾经济技术开发区东一区朝阳一路”,并计划租赁绍兴皓创智能装备有限公司位于浙江省绍兴市上虞区杭州湾经济技术开发区东一区朝阳一路生产车间内的部分闲置区域(租赁协议见附件8),新建一间X射线探伤室(即新探伤室)及辅助用房,并配置2台X射线探伤机,其中1台XXQ-2505型定向机属于老探伤室搬迁过来的老设备,另1台XXG-3005C型周向机为本次新购,用于对自生产的压力容器进行无损检测。所有探伤作业仅限于探伤室内,不涉及移动探伤。目前柯桥区的老探伤室已停止使用,并清除所有电离辐射警告标志和安全告知。现有2名辐射工作人员全部调配到新探伤室工作,现有辐射监测仪器和防护用品也一并搬迁至新探伤室继续利用。

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》,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重新申领《辐射安全许可证》。

为保护环境,保障公众健康,绍兴赤兔龙机械科技有限公司委托卫康环保科技(浙江)有限公司(曾用名:杭州卫康环保科技有限公司,相关名称变更证明见附件17)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》(HJ10.1-2016)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 项目建设内容及规模

绍兴赤兔龙机械科技有限公司计划租赁绍兴皓创智能装备有限公司位于浙江省绍兴市上虞区杭州湾经济技术开发区东一区朝阳一路的生产车间内部分闲置区域,新建一间X射线探伤室及辅助用房,配置2台X射线探伤机,其中1台XXQ-2505型定向机属于老探伤室搬迁过来的老设备,另1台XXG-3005C型周向机为本次新购,用于对自生产的压力容器进行无损检测。每次室内探伤作业仅开启1台探伤机,不存在2台探伤机同时运行的工况。

射线装置具体应用情况见表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	技术参数	工作场所	备注
1	X 射线探伤机 (定向)	II 类	XXQ-2505	1 台	250kV, 5mA	生产车间的探伤室内	搬迁
2	X 射线探伤机 (周向)	II 类	XXG-3005C	1 台	300kV, 5mA		拟购

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

绍兴赤兔龙机械科技有限公司拟租赁绍兴皓创智能装备有限公司位于浙江省绍兴市上虞区杭州湾经济技术开发区东一区朝阳一路的生产车间内部分闲置区域,新建一间探伤室及辅助用房,地理位置见附图 1。出租方厂区的东侧为农田,南侧为绍兴市上虞环集再生资源利用有限公司,西侧隔新兴二路为浙江交工集团股份有限公司,北侧隔朝阳一路为农田,周围环境见附图 2,周围环境实景见附图 3。

出租方厂区由 1 栋生产车间(共 1F,无地下层)、1 栋试验车间(共 5F,无地下层)和 1 栋检测车间(实为办公楼,共 6F,其中 1 层为食堂、2~5 层均为办公楼,无地下层)及配电房、污水处理站等组成,总平面布置见附图 4。

1.4.2 探伤室位置及外环境关系

本项目探伤工作场所位于生产车间内,由探伤室、操作室、胶片存档室、暗室、评片室和危废暂存室组成,总建筑面积约 180m²。结合厂区总平面布置和探伤工作场所布局,本项目探伤室周围 50m 内环境特征基本情况见表 1-2。

表 1-2 本项目探伤室周围 50m 内环境特征一览表

辐射工作场所名称	方位	50m 内环境特征
探伤室	东侧	车间过道、厂区道路、农田
	南侧	操作室、胶片存档室、评片室、暗室、危废暂存室、车间过道、厂区道路、绍兴市上虞环集再生资源利用有限公司
	西侧	车间过道、试压区
	北侧	车间过道、金工车间
	正上方	隔约 6.5m 开放性空间为车间屋顶(属于无人平台)
	正下方	土层,无地下室

1.4.3 环境保护目标

本项目环境保护目标为评价范围 50m 内从事室内探伤操作的辐射工作人员及公众成员。

1.4.4 规划符合性分析

(1) 用地规划符合性分析

对照《杭州湾上虞经济技术开发区东一区控制性详细规划（用地布局图）》（见附图 10）和建设单位提供的建设用地规划许可证（见附件 6）和不动产权证（见附件 7），本项目用地性质为工业用地，且周围无环境制约因素，符合土地利用规划要求。

(2) 与浙江杭州湾上虞工业园区（现杭州湾上虞经济技术开发区）总体规划环境影响跟踪评价报告书符合性分析

本项目与《浙江杭州湾上虞工业园区（现杭州湾上虞经济技术开发区）总体规划环境影响跟踪评价报告书》中相关结论清单符合性分析如下：

①生态空间清单

表 1-3 生态空间清单（仅列出本项目所在区域）

工业区内的规划区块	生态空间名称及编号	生态空间范围示意图	管控要求	本项目符合性分析
建成区、东一区、东二区	杭州湾上虞经济技术开发区环境重点准入区（0682-VI-0-2）		<ol style="list-style-type: none"> 1、调整和优化产业结构，逐步提高区域产业准入条件。严格按照区域环境承载能力，控制区域排污总量和三类工业项目数量。 2、禁止新建、扩建不符合园区发展（总体）规划及当地主导（特色）产业的其他三类工业建设项目。 3、新建二类、三类工业项目污染物排放水平需达到同行业国内先进水平。 4、合理规划居住区与工业功能区，限定三类工业空间布局范围，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生态绿地等隔离带，确保人居环境安全。 5、加强土壤和地下水污染防治。 6、最大限度保留区内原有自然生态系统，保护好河湖湿地生境，禁止未经法定许可占用水域；除防洪、航运为主要功能的河湖堤岸外，禁止非生态型河湖堤岸改造；建设项目不得影响河道自然形态和河湖水生态（环境）功能。 7、允许各类项目准入，但凡属国家、省、市、县落后产能的限制类、淘汰类项目，一律不得准入。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、本项目为核技术利用建设项目，主要从事室内探伤作业，用以提高产品的性能，不属于二类、三类工业项目。 2、本项目利用现有的合法建筑实施建设，不新增占地。 3、本项目区域周围主要为工业企业，无居民集中区。 4、本项目运行过程中“三废”污染物主要为臭氧和氮氧化物等非放射性气体、废显（定）影液和废胶片等危废，均得到有效处置，不会对土壤和地下水产生污染。 5、本项目不属于《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》中限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

表 1-4 环境准入条件清单

区域	分类	行业清单	工艺清单	产品清单	本项目符合性分析	
东一区	禁止准入类产业	部分二类工业及三类工业	128、煤炭开采；129、洗选、配煤；131、型煤、水煤浆生产；87、火力发电（含热电）；58、炼铁、球团、烧结；59、炼钢；62、铁合金制造；锰、铬冶炼；48、水泥制造；55、石棉制品；56、焙烧的石墨、碳素制品；33、原油加工、天然气加工（天然气制氢除外）、油母页岩提炼原油、煤制原油、煤制油、生物制油及其他石油制品；36、基本化学原料制造；农药制造；涂料、染料、颜料、油墨及其类似产品制造；合成材料制造；专用化学品制造；炸药、火工及焰火产品制造；水处理剂等制造；37、化学肥料（单纯混合和分装的除外）；38、半导体材料；34、煤化工（含煤炭液化、气化）；35、炼焦、煤炭热解、电石；40、化学药品制造（分装、复配除外）；44、化学纤维制造（单纯纺丝除外）；45、生物质纤维素乙醇生产；28、纸浆、溶解浆、纤维浆等制造，造纸（含废纸造纸）；46、轮胎制造、再生橡胶制造、橡胶制品翻新；47、人造革、合成革、以再生塑料为原料的塑料制品；22、皮革、毛皮、羽毛（绒）制品（制革、毛皮鞣制）；20、纺织品制造（有染整工段的）；21、服装制造（有湿法印花、染色、水洗工艺的）；86、废旧资源（含生物质）加工、再生利用；93、煤气生产；100、危险废物（含医疗废物）		本项目为核技术利用建设项目，主要从事室内探伤作业，用以提高产品的性能，不属于二类、三类工业项目，不涉及表面处理工艺，不属于禁止准入类和限制准入产业，符合环境准入条件清单。	
	限制准入产业	表面处理	对外加工的酸洗、涂装、铝氧化、电镀项目	/		

综上所述，本项目建设地位于杭州湾上虞经济技术开发区东一区，符合生态空间清单中的管控要求，符合环境准入清单的要求，故符合浙江杭州湾上虞工业园区（现杭州湾上虞经济技术开发区）总体规划环境影响跟踪评价报告书的要求。

（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 1-5。

表 1-5 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	对照《绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案》（绍市环发〔2020〕36号）及《绍兴市生态保护红线分布图》（见附图 11），本项目所在地不在划定的生态保护红线内，符合生态保护红线要求。
环境质量底线	经现场检测，本项目探伤室拟建址及周围环境的 γ 辐射吸收剂量率均处于当地本底水平，未见异常。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。“三废”污染物均采取了合理的处理措施，可以做到达标排放，符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公，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》（绍市环发〔2020〕36号），本项目所在地属于上虞区杭州湾经济开发区产业集聚重点管控单元（编码：ZH33060420002，见附图 12），该管控单元的生态环境准入清单要求如下：</p> <p>一、空间布局约束</p> <p>1、优化产业布局和结构，实施分区差别化的产业准入条件。2、合理规划布局三类工业项目，控制三类工业项目布局范围和总体规模，鼓励对现有三类工业项目进行淘汰和提升改造。3、合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生态绿地等隔离带。4、严格执行畜禽养殖禁养区规定。</p> <p>二、污染物排放管控</p> <p>1、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。2、新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。3、加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。4、加强土壤和地下水污染防治与修复。</p> <p>三、环境风险防控</p> <p>1、定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。2、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。</p> <p>四、资源开发效率要求</p> <p>1、推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。</p> <p>本项目为核技术利用建设项目，主要从事室内探伤作业，不属于《绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案》附件中表1工业项目分类表中的工业项目，且项目利用现有已建建筑开展工作，不改变土地现状。经营过程中污染物简单，排放量较小，“三废”污染物皆可控制和处理，故项目运营后对周围环境不会产生较大影响。同时，公司已制定《辐射事故应急预案》，并设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》的管控要求。</p>

因此，本项目的建设符合“三线一单”的要求。

1.4.5 选址合理性分析

本项目探伤室评价范围 50m 内主要为绍兴皓创智能装备有限公司的生产车间、厂内道路、农田和绍兴市上虞环集再生资源利用有限公司等，无居民点和学校等环境敏感点。项目用地性质为工业用地，周围无环境制约因素。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目的选址基本合理可行。

1.5 产业政策符合性分析

结合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进行无损检测，从而提高产品质量和生产水平，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本项目剂量约束值的要求，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。本项目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，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

1.6.1 原有核技术利用项目环评、许可和验收情况

公司持有有效的《辐射安全许可证》（见附件 4），证书编号：浙环辐证（D2382），种类和范围：使用 II 类射线装置，有效期至 2024 年 8 月 1 日，许可规模：1 台 XXQ-2505 型 X 射线定向机。该辐射活动于 2019 年 7 月 17 日以绍市环审（2019）10 号文通过原绍兴市生态环境局的环保审批，2022 年 5 月 16 日通过了竣工环保自主验收，相关环评批复与验收意见见附件 5。

现有射线装置台账明细表见表 1-6。

表 1-6 公司现有在用的射线装置台账明细表

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机（定向）	II 类	1 台	XXQ-2505	250	5	室内探伤	厂区 3 号车间的探伤室内	在用

1.6.2 辐射安全管理现状

1、现有辐射安全防护小组成立

公司已发文成立以戈荷伟为组长的辐射安全防护小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。小组人员组成上涵盖了现有核技术利用项目涉及的部门，在框架上基本符合要求；明确了相关负责人和各成员及其职责，内容较为完善，见附件 9。

2、现有辐射安全规章制度的制定与落实

公司已制定《放射防护安全管理机构及职责》、《辐射防护和安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《X 射线探伤机安全操作规程及检修维护制度》、《X 射线探伤机使用登记制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《自行检查及年度监测制度》、《放射工作人员培训、体检及保健制度》、《放射工作监测制度》、《辐射安全许可证变更及注销制度》、《辐射事故应急预案》等安全规章制度（见附件 10），同时相关制度已张贴上墙于控制室内。

公司现有辐射管理制度较为全面，符合相关要求。公司严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方而运行较好。

3、现有辐射工作人员管理情况

公司现有辐射工作人员共 2 名，辐射管理情况如下：

（1）所有辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训并通过考核，符合持证上岗的要求，所有证书均在有效期内，见附件 11。

（2）所有辐射工作人员均配备了个人剂量计，已委托有资质的单位定期进行个人剂量检测，并建立了个人剂量档案。根据建设单位提供的个人剂量检测报告（最近一年连续 4 个季度，见附件 12），单名辐射操作人员年有效剂量为 0.04mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对辐射工作人员“剂量限值”的要求。

表 1-7 现有辐射工作人员个人剂量检测档案

序号	姓名	监测周期有效剂量（mSv）				年有效剂量（mSv）
		2022.04.06～ 2022.07.04	2022.07.05～ 2022.10.02	2022.10.03～ 2022.12.31	2023.01.01～ 2023.03.31	
1	郑刚	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0.04
2	蒋国超	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0.04

注：根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）第 8.1.5 条款，监测结果小于最低探测水平的记录：当工作人员的外照射个人监测结果小于 MDL 值时，报告中的监测结果表述为<MDL。为便于职业照射统计，在相应的剂量档案中记录为 MDL 值的一半。据此，本项目取值 0.01mSv。

(3) 现有辐射工作人员均已开展职业健康体检，并建立了职业健康监护档案。辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过 2 年。根据公司提供的职业健康体检报告（2022 年度，见附件 13），在岗辐射工作人员均可继续从事放射性工作，健康无异常。

4、现有辐射防护措施落实情况

公司老探伤室根据项目实际情况已划分控制区和监督区，实行两区管理。探伤室的工件门和工作人员出入门均已设门机联锁，防护门上已设电离辐射警告标志和中文警示标志，工件门外划定 1m 黄色警戒线。探伤室防护门均已设工作状态指示灯和声音提示装置，所有照射状态指示装置均与 X 射线探伤装置联锁。探伤室内设有紧急停机按钮、视频监控装置和机械排风装置。相关辐射防护措施已落实，可保证探伤室的正常运行。

5、现有“三废”处理

公司现有核技术利用项目运行过程中无放射性废气、放射性废水和放射性固废产生，“三废”污染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、洗片废液及臭氧和氮氧化物等非放射性有害气体。目前公司已与绍兴金冶环保科技有限公司签订了危废委托处置协议（见附件 15），危废集中收集后统一交由有资质单位进行处理。探伤室内设有 1 套机械排风系统，臭氧和氮氧化物通过排风管道收集后排放至外环境，对周围环境影响较小。

6、现有辐射监测仪器与防护用品

公司现有 2 枚个人剂量计，1 台 FY-II 型个人剂量报警仪，可以满足现阶段的室内探伤工作要求。

7、现有场所检测与年度评估

公司每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，经与建设单位核实，公司已开展 2022 年度场所检测工作，检测结果均满足相关标准要求。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，公司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。

8、现有辐射事故应急

公司已制定《辐射事故应急预案》，见附件 14。公司每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。经与建设单位核实，公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

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 (定向)	II类	1台	XXQ-2505	250	5	无损检测	生产车间的探伤室内	搬迁
2	X 射线探伤机 (周向)	II类	1台	XXH-3005C	300	5			拟购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

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	排放口活度	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	通过机械排风系统直接进入大气，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气。
废显（定）影液	液态	/	/	约 25L	约 300L	/	集中存放于危废暂存室	委托有资质的单位处理处置
废胶片	固态	/	/	约 10kg	约 120kg	/		
洗片废液	液态	/	/	约 83kg	约 1000kg	/		

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）或活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<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、国家卫生计生委公告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</p>
------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>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>(21)《浙江省辐射环境管理办法(2021年修正)》，浙江省人民政府令第388号，2021年4月1日起施行；</p> <p>(22)浙江省生态环境厅关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(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日起实施；</p> <p>(23)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>(24)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，绍兴市生态环境局，2020年8月11日印发；</p> <p>(25)《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》，绍市环发〔2020〕10号，绍兴市生态环境局，2020年3月16日起实施。</p>
技术标准	<p>(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)，2017年1月1日实施；</p> <p>(2)《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>(3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，2003年4月1日实施；</p> <p>(4)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)，2023年03月01日实施；</p> <p>(5)《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>(6)《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>(7)《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>(8)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021), 2021年5月1日实施;</p> <p>(9)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021), 2021年8月1日实施;</p> <p>(10)《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>(11)《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022), 2023年7月1日实施。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书, 见附件1;</p> <p>(2) 建设单位提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。</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”，并结合本项目的实际情况，确定评价范围为探伤室的实体屏蔽墙边界外50m的区域，评价范围示意图见附图2。

7.2 保护目标

本项目的�主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、公司辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目环境保护目标为评价范围50m内从事室内探伤操作的辐射工作人员及公众成员，具体见表7-1。

表7-1 本项目环境保护目标基本情况表

场所名称	环境保护目标	位置	方位	与探伤室最近距离	人数	受照类型	剂量约束值
探伤室	职业人员	操作室、暗室、评片室	南	相邻	2人	职业照射	5.0mSv/a
	公众成员	车间过道	东	相邻	2人/d	公众照射	0.25mSv/a
		农田		10m	不定		
		胶片存档室	南	相邻	1人/d		
		危废暂存室		相邻	1人/d		
		车间过道		3.6m	5人/d		
		绍兴市上虞环集再生资源利用有限公司	15m	约50人			
		车间过道	西	相邻	2人/d		
		试压区		1.5m	5人/d		
		车间过道	北	相邻	2人/d		
		金工车间		2m	5人/d		

注：本项目探伤室所在生产车间为一层建筑，正上方为无人平台，正下方为土层，无地下室。

7.3 评价标准

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。

一、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；

二、剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 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”，本次评价保守取相应剂量限值的 25%作为本项目剂量约束值管理目标，即职业照射剂量约束值为 5mSv/a；公众照射剂量约束值为 0.25mSv/a。

三、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。

2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

本标准适用于使用 600 kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并与探伤室分开。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。

3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

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

3.2 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免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。

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。

①周围剂量当量率控制水平：X 射线探伤室墙和入口门关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

②个人剂量约束值：职业人员年有效剂量不超过 5mSv ；

公众成员年有效剂量不超过 0.25mSv 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 地理位置

绍兴赤兔龙机械科技有限公司拟租赁绍兴皓创智能装备有限公司位于浙江省绍兴市上虞区杭州湾经济技术开发区东一区朝阳一路的生产车间内部分闲置区域，新建一间探伤室及辅助用房，地理位置见附图 1。出租方厂区的东侧为农田，南侧为绍兴市上虞环集再生资源利用有限公司，西侧隔新兴二路为浙江交工集团股份有限公司，北侧隔朝阳一路为农田，周围环境见附图 2，周围环境实景见附图 3。

8.1.2 场所位置

本项目探伤工作场所位于生产车间内，由探伤室、操作室、胶片存档室、评片室、暗室和危废暂存室组成。探伤室东侧隔车间过道和墙体为厂区道路，南侧为操作室、胶片存档室、评片室、暗室和危废暂存室，西侧隔车间过道为试压区，北侧隔车间过道为金工车间，正上方隔约6.5m的开放性空间为车间屋顶（属于无人平台），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，评价对象为探伤室拟建址及周围环境。

8.3 辐射环境质量现状

8.3.1 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。

8.3.2 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。

8.3.3 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，共设 8 个点位，点位分布情

况见附图 13，检测报告及检测资质证书见附件 16。

8.3.4 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：2022 年 9 月 6 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) 检测频次：仪器读数稳定后，通常以约 10s 的间隔读取 10 个数据；
- (6) 检测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：晴天；温度：28℃；相对湿度：58%；
- (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：6150AD-b/H；外置探头：6150AD 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	2022H21-20-3813605002
检定有效期	2022 年 02 月 18 日至 2023 年 02 月 17 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	1.09
探测限	≥ 10 nSv/h

8.3.5 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》（GB 8999-2021）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。

8.3.6 检测结果及评价

检测结果见表8-2。

表8-2 X射线探伤室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 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
▲1	X 射线探伤室拟建址东侧	57	4	室外
▲2	X 射线探伤室拟建址南侧	61	4	
▲3	X 射线探伤室拟建址西侧	66	3	
▲4	X 射线探伤室拟建址北侧	52	1	
▲5	厂区道路	51	3	
▲6	厂区道路	58	2	
▲7	农田	50	2	
▲8	绍兴市上虞环集再生资源利用有限公司	55	2	

注：1) 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 JJG 393，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) γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除宇宙射线响应值 30nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，1#~8#点位取 1。

由表8-2可知，本项目探伤室拟建址及周围环境各检测点位室外的γ辐射空气吸收剂量率范围为 (50~66) nGy/h。由《浙江省环境天然放射性水平调查总结报告》可知，绍兴市原野γ辐射剂量率范围为 (32~121) nGy/h，道路上γ辐射剂量率范围为 (51~154) nGy/h，可见该辐射场所拟建址的γ辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目施工期主要为依托生产车间进行局部改造施工及设备安装调试，具体工艺流程及产污环节如下：

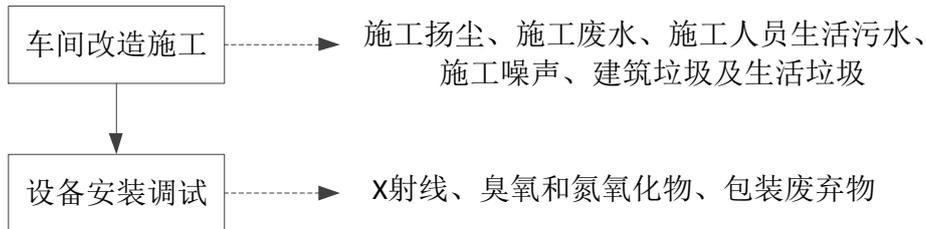


图 9-1 施工期工艺流程及产物环节示意图

车间改造施工阶段主要污染因子为施工扬尘、施工废水、施工人员生活污水、施工噪声、建筑垃圾及生活垃圾。设备安装调试阶段主要污染因子为X射线、臭氧和氮氧化物及包装废弃物。本项目施工作业范围有限，施工期较短，因此其对周围环境的影响是短暂的。随着施工期的结束，其环境影响也将不复存在。

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 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 射线探伤机外观情况见图 9-2。



图 9-2 典型 X 射线探伤机外观图

9.2.2 探伤机工作原理

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熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生X射线。

典型的X射线管结构图见图9-3。

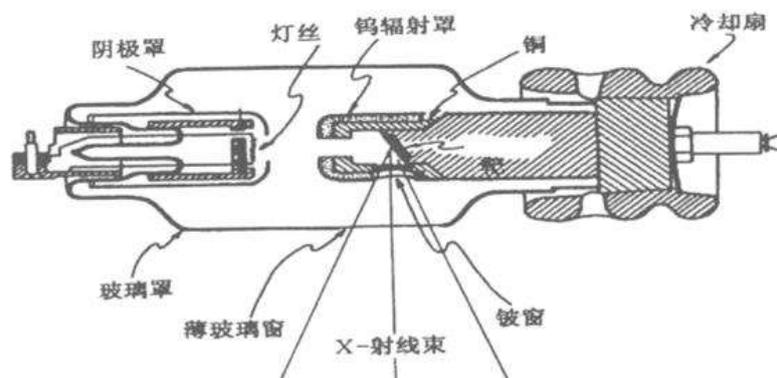


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

9.1.3 探伤过程及产污环节

公司射线探伤均在固定式探伤室内，探伤室与生产车间相通，将需要进行射线探伤的工件放置于平板轨道车上，送入探伤室内，设置适当位置，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。

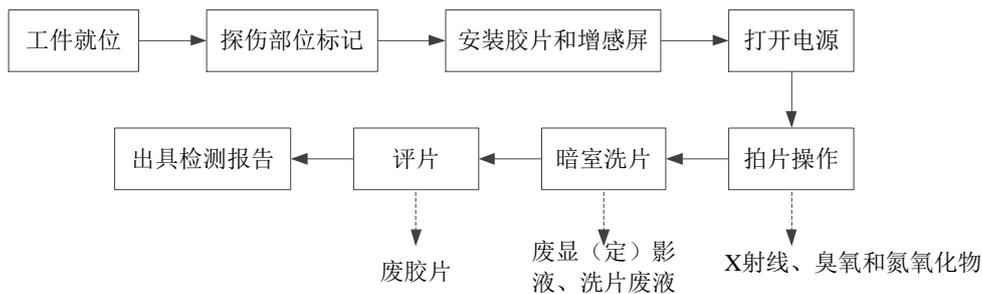


图 9-4 探伤工艺流程及产污环节示意图

9.1.5 暗室洗片流程及产污环节

探伤检测后将照射过的暗袋放至暗室，在无可见光只有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暗室内进行，采用手动洗片的方式。

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°C 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废暂存间暂存。

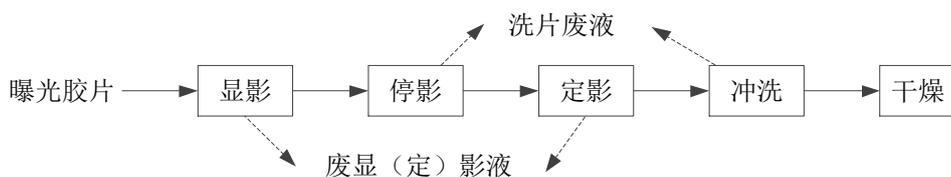


图 9-5 暗室洗片工艺流程及产污环节示意图

9.1.6 探伤工作负荷

本项目探伤工件为自生产的压力容器，材质均为钢，最大尺寸：直径为4.5m，长度为12m，工件厚度为（6~22）mm，采用全部检测的方式。所有X射线探伤机仅在探伤室内使用，不在探伤室外使用，且不存在2台探伤机同时运行的工况，其中XXQ-2505型定向探伤机的有用线束主要朝向探伤室的南墙和北墙，不朝向其他侧，同时依靠支架和专用的射线机头移动平板来固定有用线束的朝向；XXH-3005C型周向探伤机为垂直周转，有用线束主要朝向探伤室的南墙、北墙、顶棚和地坪，不朝向东墙和西墙。单张胶片最长曝光时间约5min，XXQ-2505型定向探伤机年拍片9000张；XXH-3005C型周向探伤机年拍片6000张，年拍片总量为15000张，则年探伤时间为1250h。全年按50周计，则周探伤时间为25h。

9.1.5 人员配备与工作制度

本项目计划配置2个辐射工作人员，全部来自现有辐射工作人员内部调剂，轮流进行辐射操作，并实行昼间一班制（8小时），年工作300天。

9.1.6 现有核技术利用项目原有工艺不足及改进情况

绍兴赤兔龙机械有限公司现有老探伤室共 1 间，位于绍兴市柯桥区滨海工业区征海路301号现有厂区的3号车间内，配有1台XXQ-2505型X射线探伤机（定向），用于自生产的压力容器进行无损检测。老探伤室的探伤工艺流程同本次探伤工艺流程，见图9-5。运行期间各项探伤作业均正常，辐射工作场所布局合理，分区管理到位，各项辐射安全和防护措施较完善，相关辐射安全规章制度较齐全，辐射工作人员配备相应的个人剂量计和个人剂量报警仪。探伤工作场所周围剂量当量率满足国家相关标准限值要求，“三废”污染物均得到有效、合理、可行的处置，可实现达标排放。自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

随着生产的发展，产品系列不断发生变化。现有老探伤室的设计尺寸为长11.3m×宽6.0m×高4.3m，无法满足较大工件的检测需求，需要进行工艺改进。故综合统筹规划，选择实施本项目。目前该老探伤室已停止使用。

9.2 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

参考《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，基于本项目探伤室的防护墙采用混凝土，防护门采用铅门，有用线束存在穿透不同屏蔽材料的情况，本次评价保守取表B.1中的较大值；在未获得厂家给出的输出量，散射辐射屏蔽估算选取表B.1中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计，具体见表9-1。

表9-1 X射线输出量（有用线束和散射辐射）

管电压kV	X射线距靶点1m处输出量 H_0 -mGy·m ² /（mA·min）
250	16.5
300	20.9

② 泄漏辐射

参考《X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第4.2.2条款表1，本项目距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率见表9-2。

表9-2 X射线探伤机的泄漏辐射剂量率

管电压kV	距靶点1m处的泄漏辐射剂量率 H_L - μ Sv/h
250	5×10^3
300	

（2）臭氧和氮氧化物

X射线探伤机在工作状态时，产生的X射线将会使探伤室内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物等非放射性有害气体。本项目探伤室内拟设1套机械通风装置，设计风机风量不低于2520m³/h。探伤室的净容积约579.6m³，则每小时有效通风换气次数不低于4次，排风口朝向车间过道，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。少量的臭氧和氮氧化物通过排风管道排至探伤室外，臭氧常温常压下在短时间内会自动分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的1/3，且其毒性远低于臭氧，对周围环境空气影响较小。

（3）废显（定）影液、废胶片与洗片废液

本项目探伤洗片和评片过程中会产生一定量的废显（定）影液及废胶片，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。项目探伤年拍片总量为15000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300L，每年产生废胶片约150张（废片率按1%计算），单片重量保守按10g计，则废胶片年产生量约1.5kg。该部分危险废物定期委有资质的单位处理，完好的胶片进行建档备查。

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，本项目完好的胶片约14850张，存档期限为10年。存档满10年后的胶片最终处理方案分两种：①如用户需要，公司将此类胶片转交用户保管，占比约20%，即2970张胶片；②如用户不需要，公司将此类胶片作为危废交有资质单位处理处置，占比约80%，即11880张胶片。基于本项目运行的第11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12000张（折合重量约120kg）。

本项目暗室洗片中会产生一定量的洗片废液。参考同企业现有的实际产污经验值，本项目洗片废液年产生量约1t。该部分废液含较高浓度的AgBr、显（定）影剂及强氧化物，参考废显（定）影液作为危险废物处理，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9-3。

表 9-3 本项目危险废物基本情况汇总表

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	300 L/年	洗片	液态	显（定）影液	显（定）影液	每次室内探伤	T	收集于危废暂存室，定期委托有资质单位处理处置
2	废胶片	HW16	900-019-16	120 kg/年	评片、胶片存档	固态	废胶片	废胶片	每次室内探伤、存档期满	T	
3	洗片废液	HW16	900-019-16	1000 kg/年	洗片	液态	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	每次室内探伤	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

本项目探伤工作场所位于生产车间内，由探伤室、操作室、胶片存档室、评片室、暗室和危废暂存室等组成。探伤室的西墙拟设电动工件门，便于工件进出。探伤室与操作室之间均设有“L”型迷道和人员通道电动铅门，便于工作人员进出探伤室。探伤工件最大尺寸为直径4.5m、长度12m，摆放形式主要为水平方向，无垂直方向。探伤室内尺寸为13.8m（长）×7.0m（宽）×6.0m（高），工件进出门的门洞尺寸为5.0m（宽）×5.5m（高），采用平板轨道车输送工件进出探伤室，轨道车设计尺寸为1.4m（宽）×0.4m（高），满足探伤工件进出探伤室并位于探伤室内探伤的要求。曝光后的胶片统一在暗室和评片室内完成洗片和评片工作，产生的各类危废在危废暂存室内进行暂存，定期委托有资质的单位处理处置。探伤室的平面和剖面设计分别见附图6和附图7。

探伤工作场所的功能设置完善，满足无损检测工艺需求。探伤室与操作室分开设置，XXG-2505型定向机有用线束朝向探伤室的南墙和北墙，XXH-300C周向机有用线束朝向探伤室的南墙、北墙、顶棚和地坪，探伤室和操作室之间设有迷道，可通过射线多次散射大大降低工作人员的辐射剂量影响。因此，本项目探伤室布局设计满足《工业探伤放射防护保标准》（GBZ 117-2022）的要求，合理可行。

10.1.2 分区原则及划分

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

根据控制区、监督区的划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关规定，本项目拟对探伤工作场所实行分区管理，将探伤室实体墙围成的内部区域划为控制区，在探伤室防护门外1m处采用黄色警戒线作为标志，并设置电离辐射警告标志和中文警示说明，探伤期间禁止任何人入内；操作室、胶片存档室、暗室、评片室与危废暂存室等其他相邻区域作为监督区，探伤期间限制非辐射工作人员入内，分区管理情况见附图6。

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

本项目X射线探伤室为自行设计的单层建筑，采用混凝土浇筑，全无窗设计，各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表10-1。

表 10-1 X 射线探伤室屏蔽防护设计方案

项目		设计情况
探伤室	外尺寸	面积为 123.0m ² ，尺寸为 15.0m（长）×8.2mm（宽）×6.45m（高）
	内尺寸	面积为 96.6m ² ，尺寸为 13.8m（长）×7.0mm（宽）×6.0m（高）
东侧墙体		部分区域为 600mm 混凝土，部分区域为 800mm 混凝土
其他三侧墙体		600mm 混凝土
顶棚		450mm 混凝土
工件防护门		电动门，门洞尺寸为 5.0m（宽）×5.5m（高）；门体尺寸为 5.6m（宽）×5.45m（高），内衬 15mm 铅板（门与墙体上、左、右搭接各为 300mm，上、下搭接各为 150mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小。）
工作人员出入口		电动门，门洞尺寸为 0.9m（宽）×2.0m（高）；门体尺寸为 1.2m（宽）×2.3m（高），内衬 6mm 铅板（门与墙体上、下、左、右搭接各为 150mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小。）
迷道		L 型，迷道内墙长 2200mm，宽 600mm；迷道外墙宽 600mm
电缆管线		2 根，地埋式，U 型穿越探伤室的南墙并连接至操作室，管径为 160mm，埋深为 400mm。
排风管道		2 根，Z 型呈 45° 穿越探伤室的东墙，管径均为 300mm，配 2 台风机，单台风机设计风量为 1260m ³ /h，排风管道穿墙后沿墙体上升至探伤室 5.6m 处排放，再通过所在生产车间的排风扇引至室外。排风口合计 2 个，朝向探伤室东侧的车间过道。
注：表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm ³ ，铅的密度不小于 11.34g/cm ³ 。		

探伤室应按照设计图纸文件和国家有关标准规范进行土建工程和附属工程的施工及安装，确保施工质量和辐射屏蔽防护性能。建设单位应做好以下工作：①探伤室的四侧屏蔽墙及顶棚属于大体积混凝土浇筑，应尽量保证一次整体浇筑并有充分的振捣，以防出现裂缝和过大的气孔，影响屏蔽效果。②合理设置电缆管道、排风管道等敷设形式，不得破坏探伤室墙体的屏蔽效果。③探伤室的防护门安装时应尽可能减少缝隙泄漏辐射，通常防护门宽与门洞的部分应大于“门-墙”间隙的 10 倍。

本项目探伤室的屏蔽墙厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素，经理论预测，探伤室的四侧墙体、防护门和顶棚外 30cm 处的周围剂量当量率均满足 GBZ 117-2022 中规定的限值要求，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，本项目探伤室的辐射屏蔽防护设计方案合理可行。

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

一、设备固有安全属性

(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小于 5mSv/h，在随机文件中有这些指标的说明。其他放射防护性能符合 GB/T 26837 的要求。

(2) 控制台拟设有高压接通时的外部报警或指示装置；还拟设开机、停机和紧急止动等操作按钮。

二、探伤室安全防护措施

1、探伤室拟设置门-机联锁装置，并保证在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，能立刻停止出束。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

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

3、探伤室拟安装 4 个视频监控装置，其中 2 个位于探伤室内，2 个位于探伤室出入口，在控制室的操作台拟设专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

4、探伤室的人员进出门和探伤工件进出门上均拟设符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

5、探伤室内拟安装 5 个紧急停机按钮，分别位于探伤室的四侧内墙和迷道内，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮安装，可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。按钮带有标签，标明使用方法。

6、探伤室拟设置机械通风装置，风机设计风量为 2520m³/h，每小时有效通风换气次数不小于 4 次。排风管道外口朝向探伤室东侧的过道，避免朝向人员活动密集区。

7、探伤室内拟配置固定式场所辐射探测报警装置。

8、为进一步保证射线装置的安全使用，建设单位计划在探伤室工件门外 1m 处拟划定黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

探伤工作场所辐射安全设施布置方案见附图 9。

三、放射防护安全操作

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

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

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

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

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

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

四、探伤装置检查和维护

本项目探伤装置工作前检查内容和维护要求见表 10-2。

表 10-2 探伤装置检测和维护

装置类型	类别	项目内容
X 射线探伤机	工作前检查	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) 安全连锁是否正常工作； 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； f) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。
	维护	a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行； b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测； c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品； d) 应做好设备维护记录。

四、探伤设施的退役

(1) 本项目投入使用后，对拟报废的 X 射线探伤机，公司应按照《浙江省辐射环境管

理办法（2021年修正）》中第十八条要求，对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销。

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

(3) 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。

(4) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

五、辐射监测仪器和防护用品配置

本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划

序号	名称	数量	备注
1	个人剂量计	2 枚	依托现有
2	个人剂量报警仪	1 台	依托现有
3	便携式 X-γ 剂量率仪	1 台	本次新增
4	固定式场所辐射探测报警装置	1 台	本次新增

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。

六、相关安全管理要求

1、本项目探伤室按单台探伤机运行工况进行防护设计，严禁 2 台探伤机同时运行的工况出现。

2、公司应制定相关制度，禁止将 X 射线探伤机移出探伤室外作业。

3、公司应建立 X 射线探伤机使用登记制度和管理台账。

七、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，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

建设单位拟在探伤室南侧设置 1 间专门的危废暂存室，建筑面积约 6.9m²，具体位置见

附图 6。该场所的建设须满足“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”的要求，地面须硬化处理，四周设围堰，采用防盗门窗，门上设置危废标识并上锁管理。同时，本项目危险废物产生量较小，贮存期限一般不超过 1 年，可以满足贮存的空间要求。

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，具体见表 10-3。

表 10-3 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	危废暂存室	废显（定）影液	HW16	900-019-16	生产厂房内探伤室南侧	6.9m ²	专用防渗容器	1t	一年
2		废胶片	HW16	900-019-16			袋装堆放		一年

危废暂存室的日常管理应做到：①专人管理，其他人员未经允许不得入内。②危险废物贮存前应做好统一包装（液体桶装、固体袋装），防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危废包装容器应粘贴符合规定的标签，注明危险废物名称、来源、数量、主要成分和性质。③危险废物必须分类分区贮存，不同类危险废物间应有明显间隔，严禁不相容、具有反应性的危险废物混合贮存。④建立危险废物管理台账，管理人员应作好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留三年。

（2）危废的转移

对于厂内运输，本项目危废从厂区内产生环节运输到危废暂存室，应由专人负责，专用容器或废物袋收集转移，避免可能引起的散落、滴漏。对于厂外运输，危废由有资质单位定期到厂内收集并运输转移，采用专用车辆，危废转移过程中应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

绍兴赤兔龙机械科技有限公司已与绍兴金冶环保科技有限公司签订危废委托处置协议。绍兴金冶环保科技有限公司具备有效的危险废物经营许可证，核准经营的废物类别包括 HW16: 900-019-16，与本项目产生的危废类别相符。同时，绍兴金冶环保科技有限公司与宁波市江北永发物流有限公司（具备有效的道路运输经营许可证）之间签订有危险货物委托运输协议。因此，本项目危废委托处置方案基本可行，相关委托协议及资质证书具体见附件 16。

10.2 三废的治理

(1) 非放射性废气

X射线探伤室在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物。探伤室内拟设机械排风系统（2套，每套配1台风机），单台风机设计风量为1260m³/h，则有效通风换气次数不小于4次/h，排风管道外口（2个）均朝向东侧的车间过道，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。同时，臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气，氮氧化物仅为臭氧产额的1/3，且其毒性远低于臭氧，对周围环境空气质量影响较小。

(2) 固体废物

本项目探伤洗片和阅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室，并由专人保管，委托有资质的单位处理处置，建立相关台账。

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

建设阶段主要影响为拟将生产车间内部的部分空间改造为探伤室，工程量较小，施工期较短，施工期对环境的影响，本报告仅作简要分析。

(1) 大气：本项目在施工期产生少量地面扬尘，由于工程量不大，涉及的施工作业面较小，因此只要采取一定的措施即可很大程度的降低施工期的废气污染。

(2) 废水：施工期间，有少量含有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，建议在采取简单的沉淀处理后排入已有的排污管道。施工人员少量的生活污水经化粪池预处理后排入已有的排污管道。

(3) 噪声：施工机械在运行中会产生噪声，但由于施工量小，对周围环境影响较小。

(4) 固体废物：整个施工过程中产生少量以建筑垃圾为主的固体废物及施工人员生活垃圾，企业应妥善收集后处理处置。

建设单位应做好施工质量保证，加强探伤室施工阶段的质量监督工作，施工时应注意：

①探伤室屏蔽墙及屋顶属大体积混凝土浇筑，应尽量保证一次整体浇筑并有充分的振捣，以防出现裂缝和过大的气孔，影响屏蔽效果。②合理设置通风、电缆等各类管线，不得破坏墙体的屏蔽效果。

11.1.2 设备安装调试阶段

本项目 X 射线探伤机购置到位后，需安装调试后方可使用，安装调试期对于环境主要影响为电离辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目探伤设备的安装调试均要求在本项目辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行，绍兴赤兔龙机械科技有限公司不得自行安装和调试设备。在设备安装调试阶段，建设单位应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设置电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

11.2 运行阶段对环境的影响

为分析预测 X 射线探伤室投入运行后所引起的辐射环境影响，本次评价选用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单中第 4 条款“探伤室辐射屏蔽估算方法”进行理论计算，预测工况为单台 X 射线探伤机在探伤室内满负荷运行。

经与建设单位核实，所有探伤机在探伤室内的作业范围基本相同，按最不利情况考虑，作业时探伤机的靶点与东墙、南墙和北侧的最近距离均约 1.5m，与西侧工件门的最大距离约 1.8m，离地最大高度约 3.2m，作业区域见图 11-1 所示（黄色虚线方框）。综合对比各型号探伤机（1 台 XXQ-2505 型定向机和 1 台 XXH-3005C 型周向机）的射线能量和有用线束朝向，本次评价选取 XXH-3005C 型周向机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）作为预测对象。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”，本次评价将探伤室的南墙、北墙、顶棚等屏蔽性能均按有用线束进行考虑，东墙、西墙和工件门等屏蔽性能均按泄漏辐射和散射辐射考虑，工作人员出入门按照有用线束和迷道散射辐射进行考虑，地坪为土层，无地下室，不作特殊防护，本报告不考虑辐射影响。同时，本项目探伤室为单层建筑，还需考虑天空反散射影响。

11.2.1 关注点的选取

根据本项目工程特征及探伤室周围环境状况，选择剂量关注点为探伤室四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处。关注点的分布情况见图 11-1 和图 11-2，剂量关注点情况列于表 11-1。

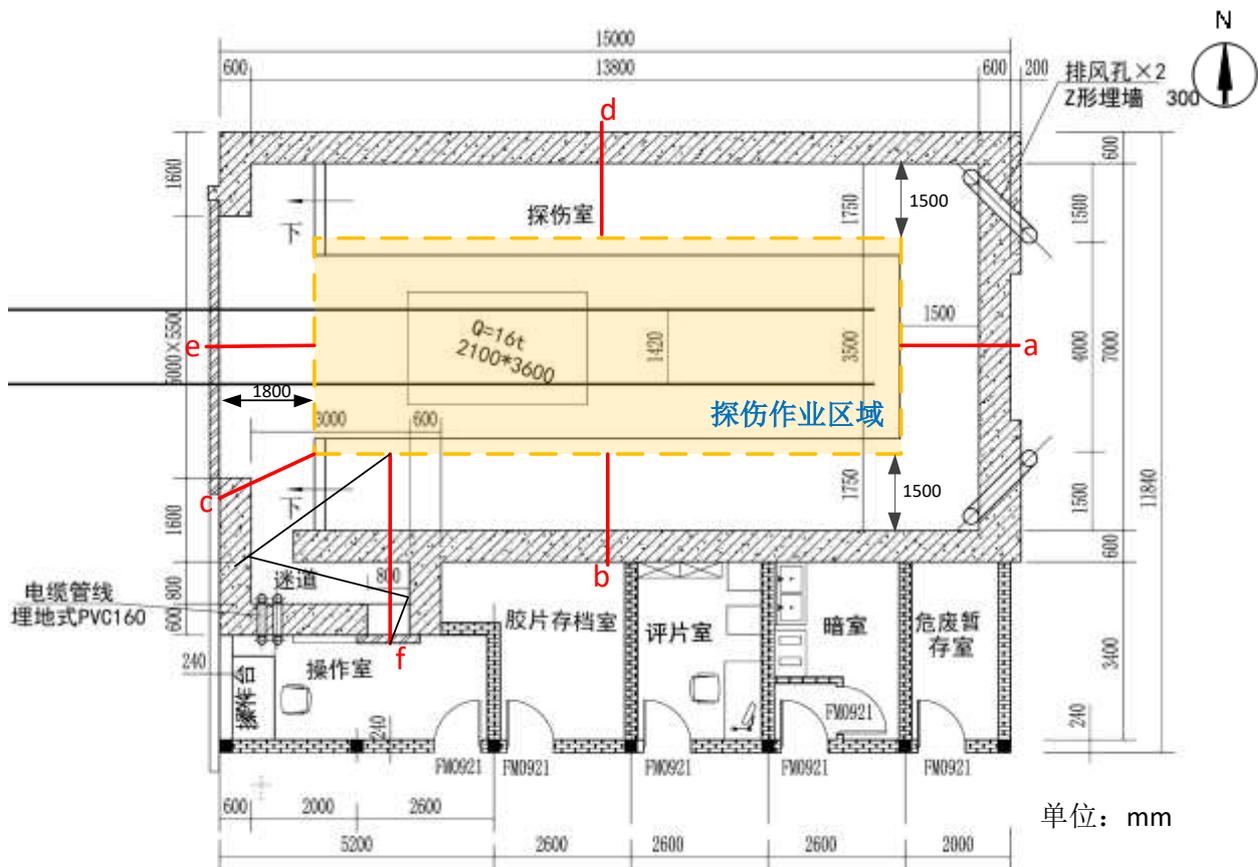


图 11-1 探伤室平面布局及周围环境预测点位示意图

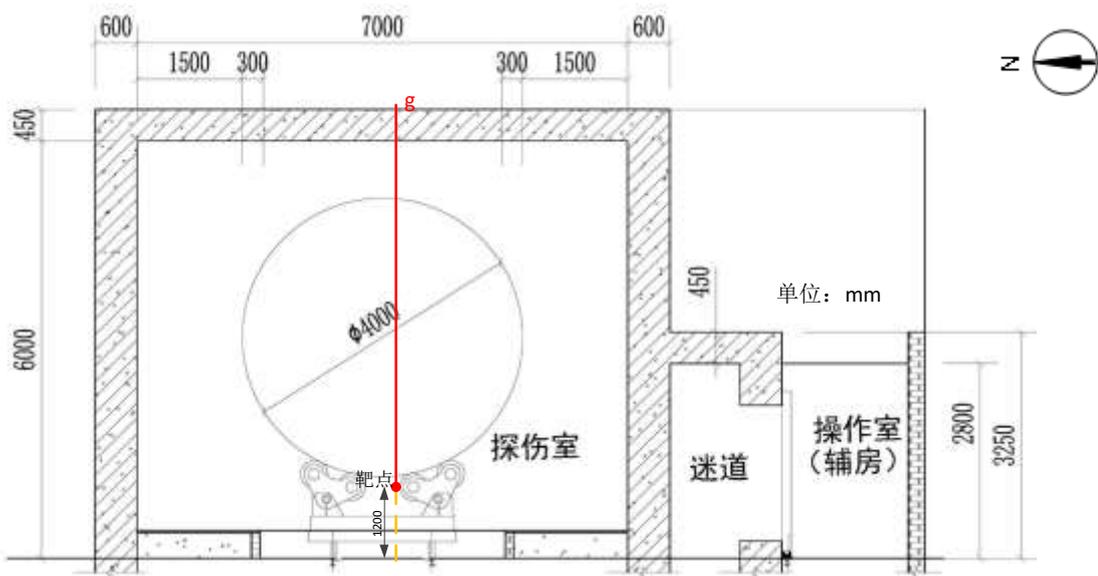


图 11-2 探伤室剖面布局及周围环境预测点位示意图

表 11-1 探伤室各关注点位分布情况表

关注点位	点位描述	居留因子	需屏蔽的辐射源
a	东墙外 30cm 处，即车间过道	1/16（偶然停留）	泄漏辐射、散射辐射
b	南墙外 30cm 处，即胶片存档室	1/16（偶然停留）	有用线束
c	西墙外 30cm 处，即车间过道	1/16（偶然停留）	泄漏辐射、散射辐射
d	北墙外 30cm 处，即车间过道	1/16（偶然停留）	有用线束
e	工件门外 30cm 处，即车间过道	1/16（偶然停留）	泄漏辐射、散射辐射
f	工作人员出入门外 30cm 处，即操作室	1（全居留）	有用线束、散射辐射
g	顶棚外 30cm 处，即无人平台	1/40（无人停留）	有用线束

注：1) 居留因子取值参考 GBZ/T 250-2014 附录 A 表 A.1；2) 探伤室顶棚设计为无人平台，保守按照偶然停留取值 1/40。

11.2.2 场所辐射水平预测

1、有用线束

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的有用线束辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-

1) 计算：

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

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 。根据 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, 对照图 B.2 和图 B.1, 300kV X 射线在 3mmAl 过滤条件下输出量为 $20.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 和在 3mmCu 过滤条件下输出量为 $11.3 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$, 故本项目 X 射线输出量保守取较大值, 则 $H_0 = 1.25 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

B——屏蔽透射因子, 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 图 B.2, 300kV X 射线穿过 600mm 混凝土时的透射因子取 1.0×10^{-6} (保守按照 590mm 混凝土取值), 穿过 450mm 混凝土时的透射因子取 2.5×10^{-5} , 穿过 6mm 铅板时的透射因子取 5.0×10^{-3} ;

R——距辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m)。

2、泄漏辐射

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

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

式中:

B——屏蔽透射因子, 根据公式 $B = 10^{-X/\text{TVL}}$ 计算, 其中 X 为屏蔽层厚度, mm; 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2, 300kV X 射线在混凝土中的半值层 TVL 为 100mm, 在铅中的半值层 TVL 为 5.7mm;

R——距辐射源点 (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 ($\mu\text{Sv/h}$),

查询 GBZ/T 250-2014 表 1, 当 X 射线管电压 $> 200\text{kV}$ 时, \dot{H}_L 取值 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

3、散射辐射

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 , 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1, 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计算，即 300kV 管电压下 X 射线输出量为 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即取值 $1.25\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B——屏蔽透射因子，根据公式 $B = 10^{-X/\text{TVL}}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；查询 GBZ/T 250-2014 表 2，本项目原始 X 射线能量为 300kV，对应的 90° 散射辐射最高能量为 200kV，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，200kV X 射线在混凝土中的半值层 TVL 为 86mm，在铅中的半值层 TVL 为 1.4mm；

F—— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射在距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 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 附录 B 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 300kV，故取值 50；

R_s ——散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

4、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剂量率预测结果见表 11-2～表 11-5。

表 11-2 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} ($\mu\text{Sv/h}$)
b (南墙)	600mm 混凝土	5	1.25×10^6	1.0×10^{-6}	2.4	1.085
d (北墙)	600mm 混凝土	5	1.25×10^6	1.0×10^{-6}	2.4	1.085
f (人员门)	600mm 混凝土	5	1.25×10^6	1.0×10^{-6}	3.8	0.002
	6mm 铅板			5×10^{-3}		
g (顶棚)	450mm 混凝土	5	1.25×10^6	2.5×10^{-5}	3.5	12.755

注：①b (南墙)、d (北墙) 相应的距离 R (m) = 1.5m (探伤机靶点到墙体的距离) + 0.6m (屏蔽墙厚度) + 0.3m (墙体外 30cm 处) = 2.40m；②f (人员门) 不考虑门体厚度，相应的距离 R (m) = 1.5m (探伤机靶点到墙体的距离) + 0.6m (迷道内墙厚度) + 0.8m (迷道宽度) + 0.6m (迷道外墙厚度) + 0.3m (墙体外 30cm 处) = 3.80m。③h (顶棚) 相应的距离 R (m) = 6.0m (探伤室净高) - 3.2m (探伤室靶点距离地面最大高度) + 0.45m (顶棚厚度) + 0.3m (墙体外 30cm 处) = 3.55m，保守计算 3.5m。

表 11-3 泄漏辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料	X (mm)	TVL (mm)	H _L (μSv/h)	B	R (m)	Ĥ (μSv/h)
a (东墙)	600mm 混凝土	600	100	5×10 ³	1.0×10 ⁻⁶	2.4	8.68×10 ⁻⁴
c (西墙)	600mm 混凝土	600	100	5×10 ³	1.0×10 ⁻⁶	2.7	6.86×10 ⁻⁴
e (工件门)	15mm 铅板	15	5.7	5×10 ³	2.34×10 ⁻³	2.7	1.605

注：①a (东墙) 相应的距离 R (m) =1.5m (探伤机靶点到墙体的距离)+0.6m (屏蔽墙厚度)+0.3m (墙体外 30cm 处) =2.4m；②c (西墙) 保守按垂直入射考虑，e (工件门) 不考虑门体厚度，c (西墙) 和 e (工件门) 相应的距离 R (m) =1.8m (探伤机靶点到墙体的距离)+0.6m (屏蔽墙厚度)+0.3m (墙体外 30cm 处) =2.7m。

表 11-4 散射辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料	X (mm)	TVL (mm)	I (mA)	H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	B	$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$	R (m)	Ĥ (μSv/h)
a (东墙)	600mm 混凝土	600	86	5	1.25×10 ⁶	1.06×10 ⁻⁷	50	2.4	0.002
c (西墙)	600mm 混凝土	600	86	5	1.25×10 ⁶	1.06×10 ⁻⁷	50	2.7	0.002
e (工件门)	15mm 铅板	15	1.4	5	1.25×10 ⁶	1.93×10 ⁻¹¹	50	2.7	3.31×10 ⁻⁷
f (人员门)	6mm 铅板	6	1.4	5	1.25×10 ⁶	5.18×10 ⁻⁵	50	3.8	0.448

注：本报告均保守按一次散射到关注点来进行预测；相关 R 值取值依据同上。

表 11-5 各关注点位辐射剂量率预测结果汇总

关注点位	有用线束 (μSv/h)	泄漏辐射 (μSv/h)	散射辐射 (μSv/h)	总剂量率 (μSv/h)	剂量率参考控制水平 H _c (μSv/h)	是否达标
a (东墙)	/	8.68×10 ⁻⁴	0.002	0.002	2.5	达标
b (南墙)	1.085	/	/	1.085	2.5	达标
c (西墙)	/	6.86×10 ⁻⁴	0.002	0.002	2.5	达标
d (北墙)	1.085	/	/	1.085	2.5	达标
e (工件门)	/	1.605	3.31×10 ⁻⁷	1.605	2.5	达标
f (人员门)	0.002	/	0.448	0.450	2.5	达标
g (顶棚)	12.755	/	/	12.755	100	达标

因此，本项目单台 XXH-3005C 型 X 射线探伤机以最大工况运行时，探伤室周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中周围剂量当量率参考控制水平要求。同时可推断出 XXQ-2505 型 X 射线探伤机以最大工况运行时，探伤室周围剂量当量率也满足相应标准要求。因此，本项目探伤室屏蔽防护设计方案可行。

11.2.3 天空反散射

本项目探伤室所在车间为单层建筑，有用线束会朝向顶棚，因此还需考虑天空反散射的影响。天空反散射示意图见图11-3。

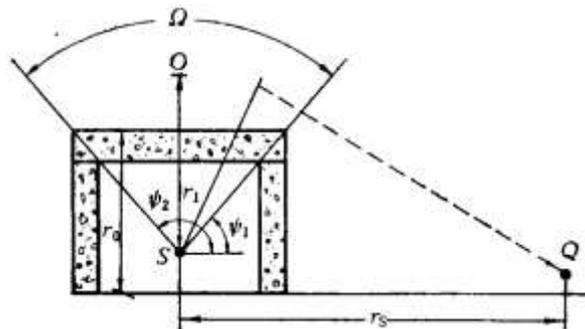


图11-3 天空反散射示意图

参考《辐射防护导论》（方杰主编）P181 页公式（6.1），对于天空反散射对地面点 Q 点造成的辐射剂量率，可以使用公式（11-4）来计算：

$$H = \frac{D_{10} \Omega^{1.3} \eta}{0.67 (r_i r_s)^2} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：H——在距离辐射源 r_s 处地面天空反散射的辐射剂量率，Sv/h；

r_i ——辐射源到屋顶上方 2m 处的距离，m，即 $r_i=r_0+2$ ，本项目辐射源距离地面最大高度为 3.2m，探伤室的外高为 6.45m，则 r_i 取 5.25m；

r_s ——室外参考点 Q 到源的距离 m，本项目取值 9.2m；

D_{10} ——离源上方 1m 处的吸收剂量指数率， $Gy \cdot m^2 \cdot min^{-1}$ ；本项目管电流为 5mA，X 射线输出量为 $20.9mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$ ，则 D_{10} 取值 $0.1045Gy \cdot m^2 \cdot min^{-1}$ ；

η ——屋顶的屏蔽透射比，无量纲，本项目探伤室的顶棚屏蔽设计厚度为 450mm 混凝土，300kV X 射线在混凝土中的什值层 TVL 为 100mm，则本项目 η 取值 3.16×10^{-5} ；

Ω ——辐射源对屋顶张的立体角，Sr，设辐射源位于探伤室的中央位置，如图 11-3 所示，则立体角 Ω 可由下式计算：

$$\Omega = 4 \tan^{-1} \frac{a \cdot b}{c \cdot d} \dots\dots\dots (11-5)$$

式中：a——屋顶长度之半，m，本项目取值 6.9m；

b——屋顶宽度之半，m；本项目取值 3.5m；

c——源到屋顶表面中心的距离，m；本项目辐射源距离地面最大高度为 3.2m，探伤室的外高为 6.45m，则 c 取值 3.25m；

d——源到屋顶边缘的距离，且 $d=\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ ，m，则本项目取 8.39m；

则可计算出： $\Omega=2.9$ 。

假设 Q 点位于公众所能到达的区域，根据公式（11-4），则本项目天空反散射的辐射剂量率 $0.008\mu\text{Sv/h}$ ，叠加探伤室外直射最大辐射剂量率为 $0.138\mu\text{Sv/h}$ （按照辐射剂量率与距离的平方成反比的关系式计算获取，探伤室外 30cm 处最大理论预测值取 $1.605\mu\text{Sv/h}$ ），则 Q 点的综合辐射剂量率为 $0.146\mu\text{Sv/h}$ 。

11.2.3 局部贯穿辐射分析

本项目电缆管线预埋 2 根，均以 U 型穿越探伤室的南墙，管径为 160mm，埋深为 400mm；排风管道预埋 2 根，均以 Z 型呈 45° 穿越探伤室的东墙，管径为 300mm，排风管道穿墙后沿墙体上升至探伤室 5.6m 处排放。探伤室各类管道线路设计见附图 8。

各类穿墙管道均有效避开了探伤装置有用线束的方向，本次评价均考管道出口处散射辐射影响。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页的实例证明，本项目所有射线均需经过三次以上散射才能经各类管道散射至探伤室墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。

因此，本项目电缆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。

11.2.4 人员受照剂量

1、年有效剂量计算公式

根据《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：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-6)$$

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；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子。

2、估算结果

根据公式（11-5），本项目辐射工作人员和公众成员年有效剂量估算结果见表 11-6。

表 11-6 本项目人员受照剂量估算结果

人员属性	关注点位	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h/a)	U	T	H (mSv/a)	本项目剂量约束值 (mSv/a)	是否达标
职业人员	f (人员门)	0.452	1250	1	1	0.283 ^①	5.0	达标
公众成员	a (东墙)	0.002	1250	1	1/16	1.56×10^{-4}	0.25	达标
	b (南墙)	1.085	1250	1	1/16	0.085		
	c (西墙)	0.002	1250	1	1/16	1.56×10^{-4}		
	d (北墙)	1.085	1250	1	1/16	0.085		
	e (工件门)	1.605	1250	1	1/16	0.125		
	Q (天空反散射)	0.146	1250	1	1/4	0.046		
	危废暂存室	1.085 ^②	1250	1	1/40	0.034		
	试压区	0.001 ^③	1250	1	1/4	3.13×10^{-4}		
	金工车间	0.323 ^③	1250	1	1/4	0.101		
	绍兴市上虞环集再生资源利用有限公司	0.021 ^③	1250	1	1	0.026		

注：①本项目拟配置 2 名辐射工作人员，轮流负责辐射操作，H 计算值已按单名辐射工作人员进行折算。②危废暂存室处辐射剂量率参考 b (南墙) 点位取值。③关注点处周围剂量当量率数值 \dot{H} 根据探伤室外靠近环境保护目标一侧的周围剂量当量率 (理论预测值) 与距离平方成反比的关系式推导而出。

因此，本项目探伤室职业人员和公众成员的年有效剂量本项目的剂量约束值要求 (职业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$)，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中规定的剂量限值要求 (职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$)。

11.2.5 “三废”影响分析

1、臭氧和氮氧化物

本项目X射线探伤室在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物。探伤室内拟设机械排风系统，该部分废气通过排风管道排至探伤室外，对环境影响较小。

2、废显 (定) 影液、废胶片及洗片废液

探伤洗片和评片过程产生的废显 (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。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射风险识别

本项目 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

(1) X 射线探伤机在对工件进行照相的工况下，门-机联锁失效，至使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机联锁失效探伤期间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。

(2) 辐射工作人员或公众还未全部撤出探伤室，外面人员启动探伤机进行探伤，造成有关人员被误照，引发辐射事故。

(3) 维修过程中误出束，引发辐射事故。

11.3.2 风险防范措施

(1) 严格按照 GBZ 117-2022 中第 5.1.2 条款规定，公司应制定相关自检制度，每天探伤工作开始前，检查项目包括：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；报警设备和警示灯是否正常运行；螺栓等连接件是否连接良好；机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。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。

(2) 制定完善的操作规范，明确 X 射线室内探伤具体操作步骤。定期对操作人员进行培训，使之熟练掌握探伤操作要点，并严格按照操作规范操作。

(3) 建立《探伤装置使用登记制度》，加强对 X 射线探伤机的监管。

(4) 建立《探伤装置维护维修制度》，公司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，公司应做好设备维护记录。

(5) 公司应制定辐射事故应急预案，包括总则、组织体系、应急救援队的职责、放射性事故应急处理的责任划分、应急响应、善后处理、应急保障、宣传教育、培训和演练等。

11.3.3 应急处置预案

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。

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 机构的设置

绍兴赤兔龙机械科技有限公司已发文成立以戈荷伟为组长的辐射安全防护小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。本次扩建内容与公司现有核技术利用类型基本一致，因此现有的辐射安全管理机构可满足本项目扩建后的机构设置要求。

12.1.2 辐射工作人员管理

本项目所需辐射工作人员全部来自现有辐射工作人员内部调剂，不新增。现有辐射工作人员辐射安全管理现状见前文表1章节中1.7.2章节，此处不赘述。后续如存在新增的辐射工作人员，建设单位应做好以下管理工作：

(1) 所有辐射工作人员应根据《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）的要求参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn/>）学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训；应配备个人剂量计，定期送检有资质单位（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月），并建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案。

(2) 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上的人员信息应统一。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满75周岁，或者停止辐射工作30年。按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》第四十一条规定，职业健康监护档案应长期保存。

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（2021年修改）》相关规定，使用射线装置的单位要有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

公司现有辐射安全规章制度制定情况见前文表1中1.7.2章节，内容健全完善且规范，基本满足现有核技术利用项目的管理需要。本项目实施的内容与公司现有从事的辐射活动基本相同，但属于异地迁扩建性质，本次评价要求：

①公司应重新制定一套关于“X射线室内探伤”的完整的辐射安全规章制度体系。其中《辐射安全和防护制度》、《岗位职责》、《操作规程》和《辐射事故应急预案》等制度，需要张贴上墙于新探伤工作场所现场处。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。

②补充《危险废物环境管理制度》、《辐射安全管理档案制度》。

综上所述，公司在落实上述制度后，能够确保本项目X射线探伤室的安全使用，满足国家相关辐射安全管理及技术层面要求。日后的工作实践中，公司应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度进行。

12.3 辐射监测

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，公司需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

12.3.1 现有核技术利用项目辐射监测开展情况

公司已制定《放射工作监测制度》，并定期委托有资质的单位进行辐射工作场所监测，日常内部常规检测已执行。现有辐射工作人员均按要求开展了个人剂量监测与职业健康体检，符合相关标准要求。

12.3.2 本项目辐射监测要求

12.3.2.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用

品和监测仪器。

公司拟配备1台便携式辐射监测仪和1台固定式场所辐射探测报警装置，同时依托现有的1台个人剂量报警仪和2枚个人剂量计。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，本次评价建议公司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，并建立完善的辐射防护检测设备台账。

12.3.2.2 个人剂量监测

公司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；同时，应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计，并进行个人剂量监测（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。

12.3.2.3 探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求，公司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：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第8.3.4条款，本项目X射线探伤室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《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。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。

本项目辐射工作场所监测计划建议如下：

表12-1 辐射工作场所监测计划建议

监测对象	监测类型	监测范围	监测项目	监测频率	监测方式
探伤室	验收监测	探伤室四周屏蔽体和顶棚外30cm处、防护门门缝、防护门外30cm处、电缆管线口、排风口、操作室操作台及评价范围内需关注的敏感区域。	周围剂量当量率	验收期间监测1次	委托监测
	自主监测			1次/年	自行监测
	年度监测			1次/年	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，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日前向原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：

- （一）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （二）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- （三）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；
- （四）射线装置台账；
- （五）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- （六）辐射事故及应急响应情况；
- （七）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- （八）存在的安全隐患及其整改情况；
- （九）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 环保竣工验收

公司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。

12.6 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，公司应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。
- (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，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生行政部门报告，当发生人为破坏行为时，应及时向公安部门报备。

11.6.1 现有应急预案执行情况及合理性分析

公司已制定《辐射事故应急预案》，见附件14。该预案明确了事故处理措施，公布了事故情况下各部门（包括公司内部各涉源部门和生态环境、卫生、公安等管理部门）的联络电话。公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。公司每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。因此，现有辐射事故应急预案基本合理可行。

11.6.2 本项目应急预案要求

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) 公司应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。
- (3) 公司应将本单位的应急预案报所在地生态环境主管部门备案，开展隐患排查并及时消除隐患，防止发生事故。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目工程概况

绍兴赤兔龙机械科技有限公司计划租赁绍兴皓创智能装备有限公司位于浙江省绍兴市上虞区杭州湾经济技术开发区东一区朝阳一路的生产车间内部分闲置区域，新建一间 X 射线探伤室及辅助用房，配置 2 台 X 射线探伤机，其中 1 台 XXQ-2505 型定向机属于老探伤室搬迁过来的老设备，另 1 台 XXG-3005C 型周向机为本次新购，用于对自生产的压力容器进行无损检测。每次室内探伤作业仅开启 1 台探伤机，不存在 2 台探伤机同时运行的工况。

13.1.2 辐射安全与防护结论

(1) 本项目拟建 X 射线探伤室的东侧墙体部分区域为 600mm 混凝土，部分区域为 800mm 混凝土；其他三侧墙体均采用 600mm 混凝土，顶棚采用 450mm 混凝土，工件门采用 15mm 铅板，工作人员出入门采用 6mm 铅板，其屏蔽防护性能可以满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的相关要求。

(2) 探伤工作场所实行分区管理，划定控制区和监督区。探伤室拟设门-机联锁装置、显示“预备”和“照射”状态的工作状态指示灯和声音提示装置并与探伤机联锁、紧急停机按钮、视频监控装置和固定式场所辐射探测报警装置等，防护门上拟设电离辐射警告标志和中文警示说明，可满足辐射安全和防护要求。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 主要污染因子

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

(2) 辐射环境影响预测

经理论预测可知，本项目 X 射线探伤室投入运行后，其周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的要求。

(3) 保护目标剂量

根据剂量估算结果，本项目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

1.0mSv/a)。

(4) “三废”影响分析

少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风系统排出探伤室，对周围环境空气质量影响较小。探伤洗片和评片过程产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液要求集中存放，由有资质的单位回收处理，不得随意排放或废弃。

13.1.4 辐射安全管理结论

(1) 公司已成立辐射安全防护小组，负责辐射安全与环境保护管理工作。同时应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

(2) 所有辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训，均持证上岗；均配备个人剂量计，已委托有资质的单位定期进行个人剂量检测，并建立了个人剂量档案；均已开展职业健康体检，并建立了职业健康监护档案。

(3) 公司应按本报告提出的要求制定辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.5 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性

结合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。

(2) 实践正当性

本项目实施的目的是为了进行无损检测以提高产品质量，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本项目剂量约束值的要求，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。本项目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，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则。

(3) 选址合理性

本项目探伤室评价范围 50m 内主要为绍兴皓创智能装备有限公司的生产车间、厂内道路、农田和绍兴市上虞环集再生资源利用有限公司等，无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目的选址基本合理可行。

(4) 环保可行性结论

综上所述，绍兴赤兔龙机械科技有限公司X射线室内探伤迁扩建项目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，该公司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) 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剂量报警仪，并形成制度。

13.2.2 承诺

(1) 公司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) 本项目环评报批后，公司承诺及时向有权限的生态环境主管部重新申领《辐射安全许可证》。

(3) 建设项目竣工后，公司承诺按照《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