

报告编号：WKFHP-23061

核技术利用建设项目

舟山惠生海洋工程有限公司

X 射线探伤室改建项目

环境影响报告表

(公示稿)

舟山惠生海洋工程有限公司

2024年2月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

舟山惠生海洋工程有限公司

X 射线探伤室改建项目

环境影响报告表

建设单位名称：舟山惠生海洋工程有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省舟山市岱山县秀山乡秀东社区海兰北路 288 号

邮政编码：316200

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 | 13 |
| 表 8 | 环境质量和辐射现状 | 18 |
| 表 9 | 项目工程分析与源项 | 21 |
| 表 10 | 辐射安全与防护 | 27 |
| 表 11 | 环境影响分析..... | 33 |
| 表 12 | 辐射安全管理 | 44 |
| 表 13 | 结论与建议 | 50 |
| 表 14 | 审批 | 54 |

表 1 项目基本情况

| | | | | | |
|-----------------|--------------|--|---|------------------------|---------------------------|
| 建设项目名称 | | 舟山惠生海洋工程有限公司 X 射线探伤室改建项目 | | | |
| 建设单位 | | 舟山惠生海洋工程有限公司 | | | |
| 法人代表 | | 联系人 | | 联系电话 | |
| 注册地址 | | 浙江省舟山市岱山县秀山乡秀东社区海兰北路288号 一号楼 | | | |
| 项目建设地点 | | 浙江省舟山市岱山县秀山乡秀东社区海兰北路288号 (舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地内) | | | |
| 立项审批部门 | | / | 批准文号 | / | |
| 建设项目总投资 (万元) | | 40 | 项目环保投资 (万元) | 20 | 投资比例(环保 投资/总投资) 50% |
| 项目性质 | | <input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 | | 占地面积 (m ²) | / |
| 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 项目概述

1.1.1 建设单位简介

舟山惠生海洋工程有限公司（以下简称“公司”），注册地址位于浙江省舟山市岱山县高亭镇长河路 80 号二楼。公司成立于 2007 年 5 月 18 日，隶属惠生集团，是惠生集团重工板块中的重要力量，公司位于风景秀丽的浙江舟山，注册资金 3 亿元人民币，一期投资 11 亿元人民币。公司占地 1400 亩，拥有深水岸线 1920 米。公司以“发展科技，为海洋工程服务作贡献”为使命，以海洋石油工程为主业、港口物流工程机械为支撑。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

2020 年 3 月公司委托江苏辐环环境科技有限公司编制完成了《舟山惠生海洋工程有限公司 X 射线室内和现场探伤项目环境影响报告表》，并由舟山市生态环境局审查通过（舟环辐审

[2020]1号，见附件7)，于2020年4月获得辐射安全许可证（浙环辐证[L2136]），于2020年5月完成自主验收。

原项目探伤室按《舟山惠生海洋工程有限公司 X 射线室内和现场探伤项目环境影响报告表》的设计建成后，舟山惠生海洋工程有限公司将探伤室东南侧部分区域出租给烟台通瑞检测技术服务有限公司，由其改建为放射源暂存库（对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，应以烟台通瑞检测技术服务有限公司为建设单位就该场所编制环境影响报告表）。同时探伤室南侧建设一条迷道与放射源暂存库连通，由于探伤室格局改动，且存取源将影响探伤室内探伤操作，因此探伤室现已停用。后为存取源方便，建设单位拟对放射源暂存库进行改动，封堵原通往迷道的防护门，在东侧墙体开洞建门。由于放射源暂存库占用探伤室空间，涉及对已许可的辐射工作场所屏蔽措施进行施工改造，不符合《关于〈建设项目环境影响评价分类管理目录〉中免于编制环境影响评价文件的核技术利用项目有关说明的函》（环办函〔2015〕1758号）文件中“不应涉及施工建设”的要求，不满足免于编制环境影响评价文件条件。

本项目探伤室改动后，探伤室内使用的射线装置的数量与型号不变，根据原环境保护部、国家卫生计生委公告2017年第66号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目 X 射线探伤机归入到“工业用 X 射线探伤装置”的范畴，属于II类射线装置。对照中华人民共和国生态环境部令第16号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目，因此本项目应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，舟山惠生海洋工程有限公司委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行辐射环境影响评价，环评委托书见附件1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、监测、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。

1.1.3 项目建设内容与规模

项目建设内容为：公司将探伤室东南侧部分区域改建为放射源暂存库，同时探伤室南侧建设一条迷道与放射源暂存库连通，后为存取源方便，拟将放射源暂存库通往迷道的防护门封堵，控制室、暗室、评片室等辅助用房布局不变。人员和设备沿用原探伤室2名辐射工作人员以及2枚个人剂量计、2台个人剂量报警仪、1台便携式 X-γ 剂量率仪。探伤产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废水集中收集后存放在公司海洋工程建设基地余料利用工场南侧的危废暂存

间，由中国船级社实业有限公司大连分公司与舟山志成环保科技有限公司签订危废委托处置协议（见附件 12 和附件 13）。探伤室内配置原有 2 台 X 射线探伤机，详见表 1-1。

表1-1 本项目探伤室射线装置配置一览表

| 设备名称 | 类别 | 规格型号 | 数量 | 最大管电压 (kV) | 最大管电流 (mA) | 工作场所 | 备注 |
|--------|----|---------|----|---------------|---------------|------|---------|
| X射线探伤机 | II | XXG3505 | 1 | 350 | 5 | 探伤室 | 定向朝东或朝西 |
| X射线探伤机 | II | XXG3005 | 1 | 300 | 5 | 探伤室 | 定向朝东或朝西 |

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 公司地理位置

舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地位于舟山市岱山县秀山乡秀东社区海兰北路 288 号。地理位置见附图 1，周围环境关系见附图 2。

1.2.2 项目周边环境概况

本项目拟改建探伤室位于公司海洋工程建设基地余料利用工场中部偏北，探伤室东侧 0~50m 范围内依次为厂内道路和不锈钢配管车间，南侧 50m 内均为余料利用工场，西侧 0~50m 范围内依次为余料利用工场、1#结构车间（包括生活间），北侧 0~50m 范围内依次为余料利用工场、厂内道路；放射源暂存库位于探伤室东南角，与探伤室之间用混凝土墙隔开。项目探伤室周边环境实景图见附图 3。

1.2.3 环境保护目标

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

1.3 相关规划符合性分析

1.3.1 用地规划符合性分析

本项目位于浙江省舟山市岱山县秀山乡秀东社区海兰北路 288 号，根据公司提供的不动产权证（见附件 4），用地性质为工业用地，项目建设符合城乡规划和当地土地利用规划的要求。

1.3.2 “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”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

（1）生态保护红线

根据《舟山市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于“ZH33092120091”，属于浙江省舟山市岱山秀山环境重点管控单元，与舟山市“三线一单”环境管控分区示意图对比，

此区域不涉及生态保护红线。

(2) 环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟改建探伤室周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

(3) 资源利用上线

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

(4) 生态环境准入清单

根据《舟山市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于“ZH33092120091”，属于浙江省舟山市岱山秀山环境重点管控单元，该管控单元生态环境准入清单见表 1-2。

表 1-2 本项所在管控单元生态环境准入清单

| 生态环境管控要求 | | 本项目状况 | 符合性分析 |
|----------|---|--|-------|
| 空间布局约束 | 除经批准专门用于三类工业集聚的开发区（工业区）外，禁止新建、扩建三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划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、生活绿地等隔离带。 | 本项目为 X 射线工业探伤项目，不属于三类工业项目。厂区内及厂区围墙外设置绿地和绿化带，且厂区周围并无居住区，不存在影响人居环境安全的情况。 | 符合 |
| 污染物排放管控 | 严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。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。加强土壤和地下水污染防治与修复。 | 本项目不涉及污染总量控制，项目各污染物经污染防治措施处理均可达标排放，不会改变当地环境质量现状，项目不涉及土壤和地下水污。 | 符合 |
| 环境风险防控 | 定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。 | 要求公司制定相关应急预案，并向所在生态环境主管部门备案。 | 符合 |
| 资源开发率要求 | 推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。 | 企业不使用煤炭等高污染燃料，且在设备选型过程中均选取了节电节水设备，有效提高了资源能源利用效率。 | 符合 |

综上，本项目的建设符合“三线一单”的要求。

1.4 选址合理性分析

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

1.5 产业政策符合性分析

本项目属于核技术在工业领域内的运用，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目，符合国家当前的产业政策。

1.6 实践正当性分析

X 射线探伤在工业上的应用在我国是一门成熟的核技术应用实践，对保证产品质量方面有十分重要的作用。项目拟对原设计 X 射线探伤室进行改建，并使用已许可的 2 台 X 射线探伤机，目的是对公司试片、小管子和预制品等产品进行无损检测，将有效的提升企业的产品质量和产品的合格率。本项目开展所带来的利益是大于所付出的代价的，同时对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。因此，该项目使用探伤机的目的是正当可行的。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

1.7.1 原有射线装置环评、许可和验收情况

建设单位已取得浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：浙环辐证[L2136]（见附件 6），有效期为 2020 年 4 月 21 日至 2025 年 4 月 20 日；许可种类和范围：使用 II 类射线装置。辐射安全许可证许可的为原规划许可的 7 台 X 射线探伤机，由于检测计划发生变化，公司实际现有 2 台 X 射线探伤机，因探伤室改动，现已暂停固定探伤，仅进行移动探伤，后期将重新使用探伤室进行室内探伤。射线装置已通过环保审批、辐射安全许可和环保竣工验收。现有射线装置详见表 1-3。

表 1-3 公司现有核技术利用项目情况一览表（已许可，辐射安全许可证[L2136]）

| 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压 (kV) | 最大管电流 (mA) | 用途及工作场所 | 环评批复 | 验收情况 |
|---------|-----|-----|---------|------------|------------|------------------------------------|----------------|----------------|
| X 射线探伤机 | II类 | 1 台 | XXG3505 | 350 | 5 | 在外场滑道区进行移动探伤/ 在探伤室内进行固定探伤（现已停用） | 舟环辐审 [2020] 1号 | 2020 年 5 月自主验收 |
| X 射线探伤机 | II类 | 1 台 | XXG3005 | 300 | 5 | | | |

1.7.2 辐射安全管理现状

①公司已成立以刘洪钧为组长的辐射安全领导小组，全面负责公司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8。

②公司已制定一系列的辐射安全管理制度，具体制度有《辐射防护和安全保卫制度》、《X射线作业人员操作》、《辐射安全防护培训制度》、《辐射防护人员岗位职责》、《辐射环境监测制度》、《辐射事故应急措施》、《射线设备检修与维护制度》等，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面运行较好。

③公司现有辐射工作人员 2 名，均持有效的辐射安全与防护证书，符合持证上岗的要求。辐射工作人员均配备了个人剂量计，已委托浙江多谱检测科技有限公司定期进行个人剂量检测，并建立了个人剂量档案。单名辐射工作人员的年有效剂量最大为 0.32mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员“剂量限值”的要求，也未超过剂量约束值。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（2022-2023 年度），在岗辐射工作人员均可继续从事放射性工作，健康无异常。公司现有辐射工作人员信息一览表见表 1-4。

表1-4 公司现有辐射工作人员信息一览表

| 序号 | 姓名 | 辐射安全与防护培训证书编号 | 培训结果 | 个人剂量监测结果 (mSv) | | | | 职业健康检查时间 | 体检结果 |
|----|----|---------------|------|----------------|--------------|--------------|--------------|----------|-------------------|
| | | | | 2022 年第 4 季度 | 2023 年第 1 季度 | 2023 年第 2 季度 | 2023 年第 3 季度 | | |
| 1 | 胡强 | FS20ZJ1100109 | 合格 | 0.02* | 0.03* | 0.13 | 0.02* | 2024.2.1 | 未见职业健康损害，可继续原放射工作 |
| 2 | 刘峰 | FS21ZJ1100418 | 合格 | 0.02* | 0.03* | 0.19 | 0.08 | | |

注：1、上述个人剂量监测数据均已扣除本底值。

2、检测结果低于最低探测水平时，以“1/2M”表示。

④公司现有核技术利用项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生，“三废”污染物主要为臭氧和氮氧化物、废显（定）影液、废胶片等。现有探伤室已于 2021 年暂停使用，公司现仅进行移动探伤，移动探伤地点为开阔地点，产生的臭氧和氮氧化物影响较小；现有项目洗片和评片委托中国船级社实业有限公司大连分公司，已委托该公司与舟山市纳海固体废物集中处置有限公司签订工业危险废弃物委托收集处置补充协议，委托处置废显（定）影液和废胶片。

⑤公司现有辐射场所已进行了年度监测，监测结果满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，详见附件 10。由于探伤室东南侧放射源暂存库建设之前，探伤室四侧屏蔽厚度相同，实际操作时探伤机与朝向位置不固定，因此监测单位选择在最不利情况下（即主射方向朝南，正对操作室方向）监测。

⑥辐射事故应急

公司已制定《辐射事故应急预案》，见附件 9。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 |
|--------|------|---------------------------|----|------|----|------|---------|----|
| 本项目不涉及 | | | | | | | | |

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

表 3 非密封放射性物质

| 序号 | 核素名称 | 理化性质 | 活动 种类 | 实际日最大操 作量 (Bq) | 日等效最大操 作量 (Bq) | 年最大用量 (Bq) | 用途 | 操作方式 | 使用场所 | 贮存方式与地点 |
|--------|------|------|----------|-------------------|-------------------|---------------|----|------|------|---------|
| 本项目不涉及 | | | | | | | | | | |

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 加速粒子 | 最大能量 (MeV) | 额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|--------|----|----|----|----|------|------------|-----------------------|----|------|----|
| 本项目不涉及 | | | | | | | | | | |

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压 (kV) | 最大管电流 (mA) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|---------|-----|-----|---------|------------|------------|------|------|-------------|
| 1 | X 射线探伤机 | II类 | 1 台 | XXG3505 | 350 | 5 | 无损检测 | 探伤室 | 定向机，定向朝东或朝西 |
| 2 | X 射线探伤机 | II类 | 1 台 | XXG3005 | 300 | 5 | | | |

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

| 名称 | 状态 | 核素名称 | 活度 | 月排放量 | 年排放总量 | 排放口浓度 | 暂存情况 | 最终去向 |
|---------|----|------|----|------|-------|-------|---------------------------|-------------------------|
| 臭氧和氮氧化物 | 气态 | / | / | 少量 | 少量 | 少量 | 不暂存 | 由机械排风系统引至探伤室外，直接排放于大气环境 |
| 废显（定）影液 | 液态 | / | / | 4kg | 48kg | / | 专用容器收集后暂存于危废暂存间，由洗片单位负责暂存 | 委托有资质的单位处理 |
| 废胶片 | 固态 | / | / | 2kg | 24kg | / | | |
| 洗片废水 | 液态 | / | / | 40kg | 480kg | / | | |

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m³；年排放总量用kg。

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度，年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

| | |
|------|---|
| 法律文件 | <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》，环发〔2006〕145号，原国家环境保护总局，2006年9月26日起施行；</p> <p>(11)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告2019年第57号，2019年12月24日印发；</p> <p>(12)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》，生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行；</p> <p>(13)《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>(14)《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>(15)《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>(16)《产业结构调整指导目录(2024年本)》中华人民共和国国家发展和改革委员会第7号令，2024年2月1日起施行；</p> <p>(16)《浙江省建设项目环境保护管理办法(2021年修正)》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日起施行；</p> <p>(17)《浙江省辐射环境管理办法(2021年修正)》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日起施行；</p> <p>(18)《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(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>技 术 标 准</p> | <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)；</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(3)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)；</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；</p> <p>(5)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(6)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(7)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(8)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)；</p> <p>(9)《辐射事故应急监测技术规范》(HJ 1155-2020)；</p> <p>(10)《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)；</p> <p>(11)《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)及第1号修改单。</p> |
| <p>其 他</p> | <p>(1)《辐射防护导论》，方杰主编；</p> <p>(2)公司提供的其他与工程建设有关的技术资料。</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：“放射源和射线装置的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，结合本项目的辐射污染特点（II类射线装置），确定评价范围为 X 射线探伤室边界 50m 的区域，评价范围示意图见附图 2。

7.2 保护目标

本项目主要环境保护目标为本项目辐射工作人员、公司其他工作人员和公众人员，具体见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标基本情况

| 场所位置 | 环境保护目标 | | 方位 | 关注点名称 | 与探伤室边界最近距离 (m) | 人数 | 受照类型 | 年剂量约束值 (mSv) |
|---------|--------|---------|----|---------------|----------------|--------|------|--------------|
| 生产车间探伤室 | 职业 | 辐射工作人员 | 南侧 | 控制室、评片室、暗室 | 0.3 | 2 人 | 职业照射 | 5.0 |
| | | 源库管理人员 | 南侧 | 源库通道 | 0.3 | 2 人 | | |
| | 公众 | 非辐射工作人员 | 东侧 | 不锈钢配管车间 | 29 | 40 人 | 公众照射 | 0.25 |
| | | | 西侧 | 1#结构车间（包括生活间） | 33 | 40 人 | | |
| | | 普通公众 | 东侧 | 厂区道路 | 5 | 80 人/天 | | |
| | | | 南侧 | 余料利用工场 | 11 | 80 人/天 | | |
| | | | 西侧 | 余料利用工场 | 2 | | | |
| | | | 北侧 | 余料利用工场 | 5 | | | |

注：1、本项目探伤室无地下室，因此本项目探伤室地面不列为环境保护目标。
2、本项目探伤室顶棚为不上人顶棚，且探伤室上方无建筑物。
3、源库管理人员非本项目工作人员。

7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

（1）防护与安全的最优化

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

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

（2）辐射工作场所的分区

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

（3）剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

（4）剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 25%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表 7-3。

表 7-3 剂量约束值

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

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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

伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b)屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a)探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b)对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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

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

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在操作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。

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

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 本项目管理目标

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

①工作场所剂量率控制水平：探伤室四侧墙体及防护门表面外 30cm 处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；探伤室顶棚为不上人顶棚，且顶棚上方张角范围内无建筑物，因此探伤室顶棚外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

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

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

④固体废物

固体废物的处理、处置均应满足《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中的有关要求。危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中的相关要求。危险废物还应按《危险废物转移管理办法》、《危险废物污染防治技术政策》（环发[2001]199 号）的规定进行分类管理、存放、运输和处理处置。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

8.1.1 项目地理位置

舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地位于舟山市岱山县秀山乡秀东社区海兰北路 288 号，其地理位置见附图 1，周围环境情况见附图 2。

8.1.2 项目场所位置

本项目拟改建探伤室位于公司海洋工程建设基地余料利用工场中部偏北，探伤室东侧依次为厂内道路和不锈钢配管车间，南侧为余料利用工场，西侧依次为余料利用工场、1#结构车间（包括生活间），北侧依次为余料利用工场、厂内道路。本项目周围实景图见附图 3。

8.2 辐射环境质量现状评价

8.2.1 监测目的

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

8.2.2 环境现状评价对象

本项目探伤工作场所及周边环境。

8.2.3 监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.4 监测点位

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）等要求，结合现场条件，对本项目各辐射工作场所及周围环境进行监测布点。本项目共布设 8 个监测点位，布点情况见附图 7，监测报告及监测资质见附件 7。

8.2.5 监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司（资质证书编号：211112051235）；
- (2) 监测时间：2023 年 10 月 13 日；
- (3) 监测方式：现场检测；
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 监测频次：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以 10 秒的间隔读取 10 个数据；
- (6) 监测工况：辐射环境本底，放射源暂存库内存放有 1 枚 ^{192}Ir 和 1 枚 ^{75}Se （为烟台通瑞检测技术服务有限公司所有，鲁环辐证[06188]，暂存于此），探伤室内射线机未使用；

(7) 天气环境条件：天气：阴；室内温度 18℃；室外温度：18℃；相对湿度：85%；

(8) 监测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表 8-1 监测仪器设备参数

| | |
|------------|--|
| 仪器名称 | X、 γ 辐射周围剂量当量率仪 |
| 仪器型号 | 6150 AD 6/H（内置探头：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 | 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（周围剂量当量率 $\leq 1\mu$ Sv/h） |
| 探测限 | 10nSv/h |

8.2.6 质量保证措施

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

8.2.7 监测结果及评价

监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目拟改建场所及周围环境环境辐射本底监测结果

| 位点编号 | 点位描述 | γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h) | 位置 |
|------|-------|-------------------------------|----|
| | | 平均值 | |
| 1# | 探伤室内 | 113 | 室内 |
| 2# | 控制室 | 103 | 室内 |
| 3# | 暗室 1 | 97 | 室内 |
| 4# | 评片室 | 91 | 室内 |
| 5# | 暗室 2 | 104 | 室内 |
| 6# | 探伤室东侧 | 100 | 室外 |
| 7# | 探伤室北侧 | 113 | 室外 |
| 8# | 探伤室西侧 | 92 | 室外 |

注：

- 1、本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；
- 2、本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；
- 3、 γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 28.59nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，6#~8#点位取 1，其余点位取 0.8；

由表8-2可知：本项目拟改建探伤工作场所及周围环境室内 γ 辐射空气吸收剂量率范围为91nGy/h~113nGy/h，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为92nGy/h~113nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，舟山市室内的 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为80nGy/h~203nGy/h，岱山县道路上 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为67nGy/h~116nGy/h。因此，本项目工作场所拟改建场所及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设期工程分析

本项目建设期主要为探伤室的局部改造施工，探伤室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。

本项目 X 射线探伤机为原有设备，因此无需安装调试。

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、控制器、连接电缆及附件组成，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 9-1。



图 9-1 典型 X 射线探伤机外观图

9.2.2 工作原理

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

X 射线探伤机主要由 X 射线管头组装体和高压电源组成。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、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X

射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

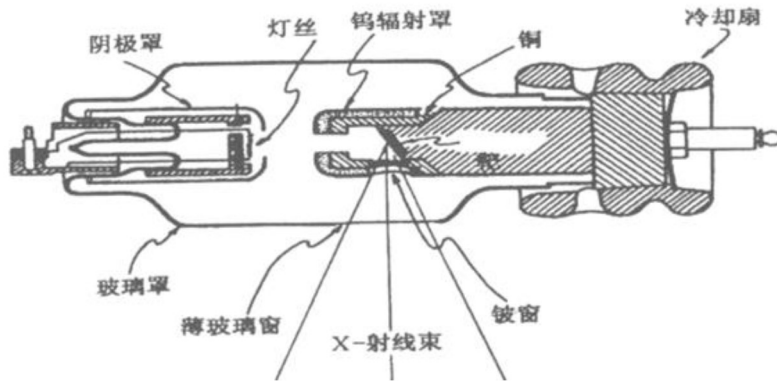


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

9.2.3 固定式探伤流程及产污环节

公司 X 射线探伤工作在固定的探伤室内，X 射线探伤装置拟放置在探伤室中央，需要进行射线探伤的工件用叉车运至探伤室内，然后使用电动葫芦移动工件至探伤位置，探伤机位置根据工件位置调整。将探伤工件送入探伤室且调整好探伤机位置后，工作人员在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号。检查无误后，工作人员撤离探伤室，并将探伤室防护门关闭，然后根据探伤工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等，检查无误即进行曝光。当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员进入探伤室，从探伤工件上取下已经曝光的 X 片，打开防护门，利用叉车将探伤工件送出探伤室外，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 9-3。

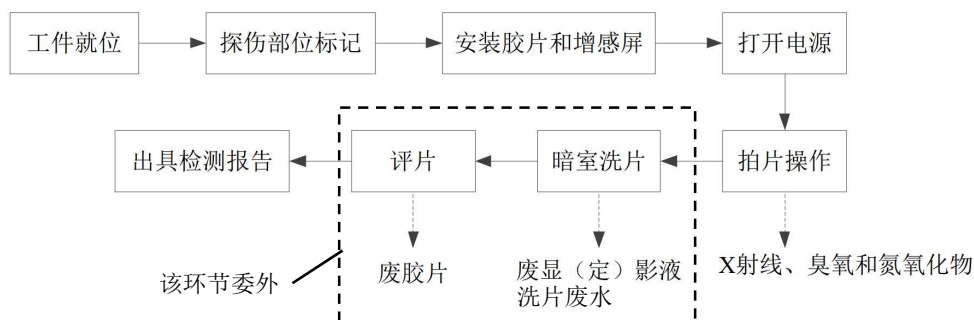


图 9-3 探伤工艺流程及产污环节示意图

9.2.4 运行工况和人员配置计划

本项目配置 2 台 X 射线探伤机（1 台 XXG3505 型，1 台 XXG3005 型，设备属于 II 类射线

装置), 探伤室工件门设于北侧, 工件由叉车运送至探伤室内, 然后使用电动葫芦移动工件至探伤位置。探伤机在探伤室仅 1 台开机, 不存在 2 台及以上探伤机同时探伤出束的情况。

探伤工件为公司生产的钢管, 最大尺寸为 1626mm (直径) × 15m (长), 最大厚度为 42.15mm。根据公司介绍, 探伤室最大探伤工况为: 单次拍片探伤时间最大为 5min, 年拍片量约 2400 张, 年工作按 50 周 (300 天) 计, 则年探伤时间 200h, 周探伤时间 4h。项目人员沿用原有 2 个辐射工作人员。

9.3 污染源项描述

9.3.1 运行期正常工况污染源项

(1) X射线

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

辐射场中的X射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射。

①有用线束和散射辐射

根据《X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录B表B.1, 有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量, 查表得300kV射线在3mmCu过滤条件下输出量为 $11.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$, 即 $6.78\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$; 由内插法计算可得350kV射线在3mmCu过滤条件下输出量为 $17.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$, 即 $1.04\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

②漏射辐射

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 第5.1.1条款表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为5.0mSv/h。

(2) 臭氧和氮氧化物

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

(3) 废显 (定) 影液、废胶片及洗片废水

探伤作业完成后, 需对拍摄的底片进行显 (定) 影, 在此过程产生的一定数量的废显 (定) 影液、废胶片及洗片废水, 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。根据建设单位提供的资料, 本项目年拍片约 2400 张, 按洗 500 张片用 10L 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 48L

(约 0.048t)，每年产生废胶片约 72 张（废片率按 3%计算，一张废胶片 10g，共约 0.72kg），按洗 100 张片产生 20kg 洗片废水，经估算项目工作过程中每年产生的洗片废水（包括停影废水和冲洗废水）约 0.48t。该部分危险废物定期委托有相关资质单位处理，完好的胶片由公司定期建档备查（存档过期后的胶片作为危险废物委托有相关资质单位处理）。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 2328 张，存档期限为 7 年，存档满 7 年后的胶片全部作为危废交有资质单位处理处置。基于本项目运行的第 8 年开始，同一年既有探伤洗片产生的废胶片，又有存档期满后产生的废胶片，本次评价保守考虑来核算废胶片年产生量，即 2400 张（折合重量约 24kg）。

项目危险固体废物分析汇总表见表 9-2。

表 9-2 项目危险废物分析结果汇总表

| 序号 | 危废名称 | 危废类别 | 危险废物代码 | 产生量 (t/a) | 产生工序及装置 | 形态 | 主要成分 | 有害成分 | 产废周期 | 危险特性 | 污染防治措施 |
|----|---------|------|------------|-----------|---------|----|-------------------|----------|------|------|--------------------------------------|
| 1 | 废显(定)影液 | HW16 | 900-019-16 | 0.048 | 胶片冲洗 | 液态 | 硝酸、硫酸、卤化银、硼砂、对苯二酚 | 卤化银、对苯二酚 | 每天 | T | 贮存：密闭置于包装桶内，集中贮存在暗室中 处置：委托有资质单位处置 |
| 2 | 废胶片 | HW16 | 900-019-16 | 0.024 | 胶片冲洗 | 固态 | 卤化银 | 卤化银 | 每天 | T | |
| 3 | 洗片废水 | HW16 | 900-019-16 | 0.48 | 胶片冲洗 | 液态 | 硝酸、硫酸、卤化银、硼砂、对苯二酚 | 卤化银、对苯二酚 | 每天 | T | |

9.3.2 运行期事故工况污染源项

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

(1) X 射线探伤机在对工件进行照相的工况下，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) 人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。

(3) 维修设备时误出束，导致人员受照。

探伤机事故状态下污染源项同正常工况。

9.4 改建项目工艺不足及改进情况分析

9.4.1 现有核技术利用项目分析

公司现有 X 射线室内和移动探伤项目分别位于余料利用工场探伤室和外场滑道区，2020 年 4 月 7 日获得舟山市生态环境局出具的环评批复（舟环辐审[2020]1 号），2020 年 5 月完成自主验收（见附件 7）。公司现持有辐射安全许可证（见附件 6），证书编号：浙环辐证[L2136]；许可种类和范围：使用 II 类射线装置；发证日期：2020 年 4 月 21 日；有效日期至：2025 年 4 月 20 日；许可使用的 II 类射线装置 7 台：XXG3505D 型 X 射线探伤机。由于检测计划发生变化，公司实际现有 2 台 X 射线探伤机（1 台 XXG3505 型，1 台 XXG3005 型），因探伤室改动，现已暂停固定探伤，仅进行移动探伤。

现有项目 2 名辐射人员共配有 2 枚个人剂量计、2 台个人剂量报警仪，1 台便携式 X- γ 剂量率仪。根据公司的年度监测报告，原有移动探伤时监督区、控制区边界周围 X 射线剂量率和探伤室四周的辐射剂量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的要求。

探伤室现已暂停使用，公司仅进行移动探伤，探伤产生的臭氧和氮氧化物影响较小，废显（定）影液、废胶片及洗片废水集中收集后存放在危废暂存间，公司已委托中国船级社实业有限公司大连分公司与舟山市纳海固体废物集中处置有限公司签订工业危险废弃物委托收集处置补充协议，委托处置废显（定）影液和废胶片（见附件 12、13）。

9.4.2 改进情况分析

原项目建成后，舟山惠生海洋工程有限公司将探伤室东南侧部分区域出租给烟台通瑞检测技术服务有限公司，由其改建为放射源暂存库（该公司已于 2020 年 2 月就放射源暂存库编制《烟台通瑞检测技术服务有限公司临时 γ 源库辐射安全评估报告表》），同时探伤室南侧建设一条迷道与放射源暂存库连通。由于探伤室格局改动，且存取源时影响探伤室内探伤操作，因此探伤室停用。为存取源方便，建设单位拟再次对探伤室格局进行改动，将放射源暂存库通往迷道的门封堵，改为外侧开门。

由于探伤室建设时间较早，探伤室现有辐射防护措施和设施已不能完全满足《工业探伤放射防护标准》（GZ117-2022）的要求，需要在探伤室防护门上方及探伤室内增加“预备”和“照射”工作状态指示灯和声音提示装置、在探伤室内增配固定式剂量率报警等。

9.5 公司外包探伤项目情况分析

除自主开展探伤活动外，公司厂区内还存在大连海安船舶与海洋工程技术服务公司使用场地进行 X 射线移动探伤作业、烟台通瑞检测技术服务有限公司使用场地进行 γ 射线移动探伤作业，公司将放射源暂存库出租给烟台通瑞检测技术服务有限公司使用（内存放 1 枚 ^{192}Ir ：活度约 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ；1 枚 ^{75}Se ：活度约 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）。大连海安船舶与海洋工程技术服务公司持有辽宁省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，许可证号：辽环辐证[00268]，许可种类和范围：使用II类射线装置；烟台通瑞检测技术服务有限公司持有山东省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，许可证号：鲁环辐证[06188]，许可种类和范围：使用II类、IV类放射源，使用II类射线装置。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局

本项目拟改建探伤室为一层结构，探伤室南侧为辅助用房，自西向东依次为控制室、暗室 1、评片室、暗室 2。探伤室与控制室之间设有“L”型迷道和人员通道铅门，便于工作人员进出探伤室，并通过迷道多次散射降低工作人员受照剂量。曝光后的胶片统一在暗室、评片室内完成洗片、评片工作。改建后探伤室的平面和剖面设计见附图 6。

X射线探伤机的有用线束朝东或朝西，控制室位于探伤室的南侧，已避开有用线束照射的方向并与探伤室分开。因此，本项目探伤室布局设计满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 第6.1.1条款要求，合理可行。

10.1.2 辐射工作场所分区

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

根据控制区、监督区的划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的相关规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，将探伤室内（包括迷道和放射源暂存库）划为控制区，在探伤室防护门显著位置设置电离辐射警告标识和中文警示说明；将探伤室东、北、西侧墙体外1m、控制室、评片室、暗室等区域划为监督区，墙外1m处划黄色警戒线，禁止无关人员靠近。分区管理见附图8。

10.1.3 辐射工作场所屏蔽防护

根据建设单位提供的设计资料，本项目各辐射工作场所的屏蔽防护设计方案见表 10-1。

表 10-1 探伤室屏蔽情况一览表

| 项目 | | 屏蔽防护 |
|------|-----|---|
| 探伤室 | 外尺寸 | 32.4m×15.0m×10.1m |
| | 内尺寸 | 28.2m×13.2m×7.95m |
| 四侧墙体 | | 东侧、西侧、北侧为 900mm 混凝土，南侧紧邻放射源暂存库为 350mm 混凝土，其他为 900mm 混凝土 |
| 顶棚 | | 900mm 混凝土 |
| 迷道 | | 迷道高度为 2m，宽度为 0.8m 内墙为 600mm 混凝土 |

续表 10-1

| | |
|---|---|
| 工件门 | 电动单开平移门，门洞的尺寸为 3.90m（宽）×4.20m（高），门的尺寸为 4.80m（宽）×4.80m（高），屏蔽材料为 600mm 重晶石混凝土，门左、右、上侧与墙体搭接 450mm，下侧与墙体搭接 150mm。 |
| 工作人员出入口 | 手动单开平移门，门洞的尺寸为 0.80m（宽）×1.90m（高），门的尺寸为 1.02m（宽）×2.12m（高），屏蔽材料为 10mm 铅板，门四周与墙体搭接 110mm。 |
| 电缆管道 | 地下 U 型管，从探伤室南侧穿越探伤室连接至控制室，管径 50mm，埋深 450mm。 |
| 排风管道 | 探伤室顶棚东北、西北侧各 1 个排风口，设置轴流风机，每台风量约 4500m ³ /h，通过“L”型风管穿越顶棚，排风口外设置 200mm 混凝土防护罩。 |
| 注：混凝土的密度不低于 2.35g/cm ³ ，重晶石混凝土的密度不低于 2.8g/cm ³ ，铅的密度不小于 11.3g/cm ³ 。 | |

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《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 100 μ Sv/h 的限值要求，职业人员和周围公众年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值和剂量约束值的要求。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

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

1、探伤装置固有安全属性

（1）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）操作台具有钥匙开关和急停按钮。

2、探伤工作场所已有安全防护措施

（1）探伤室设置门-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。

（2）探伤室安有 5 个监视器摄像头（探伤室四角各 1 个，迷道 1 个）；控制室设有专用的监视器显示屏，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

（3）探伤室的人员进出门和探伤工件进出门上均设置符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

(4) 探伤场所设置 5 个紧急停机按钮（探伤室东侧、西侧各设有 2 个，控制室设有 1 个，共设有 5 个），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室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。应急按钮应带有标签，标明使用方法。

(5) 探伤室设置机械通风装置，2 台轴流风机设计风量总计 9000m³/h，每小时有效通风换气次数不小于 3 次。排风管道外口朝向探伤室北侧的过道，避免朝向人员活动密集区。

3、探伤工作场所新增安全防护措施

为进一步保证射线装置的安全使用，建设单位计划在标准 GBZ 117-2022 的基础上增加下列辐射安全和防护措施：

(1) 探伤室的工件门采用电动门，为了应对突发情况，应在探伤室内靠工件门一侧设有室内紧急开门装置。

(2) 探伤室四侧防护墙及工件门外 1m 处应划定黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

(3) 探伤室门口和内部应同时设置显示“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。在醒目的位置处有对“预备”和“照射”信号意义的说明。

(4) 探伤室内应配置固定式场所辐射探测报警装置。

探伤工作场所辐射安全设施布置方案见附图 8。

4、安全操作放射防护措施

(1) 建设单位放射防护措施

a) 建设单位对探伤室放射防护安全应负主体责任；

b) 建设单位设有放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施，制定辐射事故应急预案；

c) 建设单位为辐射工作人员配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪，按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求进行个人剂量监测，按《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）的要求进行职业健康监护；辐射工作人员需参加辐射防护培训考核并获得合格成绩单，取得符合《无损检测 人员资格鉴定与认证》（GB/T 9445-2015）要求的无损探伤人员资格方可上岗。

(2) 探伤室探伤操作放射防护措施

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

施；

b) 探伤工作人员工作期间除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪；当辐射水平达到设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，探伤工作人员应立即离开探伤室，同时阻止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告；

c) 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。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告；

d) 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。如在检查过程中发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作；

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

5、探伤装置的检查和维护

(1) 建设单位的日检，每次工作开始前应进行检查的项目包括：

a) 探伤机外观是否完好；电缆是否有断裂、扭曲以及破损；螺栓等连接件是否连接良好。

b) 安全联锁是否正常工作；报警设备和警示灯是否正常运行。

c) 探伤室内安装的固定辐射检测仪是否正常。

(2) 设备维护

a) 建设单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次；

b) 设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；

c) 当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；

d) 应做好设备维护记录。

6、探伤设施的退役

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

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

(3) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

7、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 10-2。

表 10-2 本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划

| 序号 | 名称 | 数量 |
|----|---------------|---------|
| 1 | 个人剂量计 | 2 枚（已有） |
| 2 | 个人剂量报警仪 | 2 台（已有） |
| 3 | 便携式 X-γ 剂量率仪 | 1 台（已有） |
| 4 | 固定式场所辐射探测报警装置 | 1 台 |

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。

8、危险废物环境管理要求

本项目洗片和评片委托中国船级社实业有限公司大连分公司，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、废胶片及洗片废水。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

本项目设专用危废暂存间，由中国船级社实业有限公司大连分公司负责派专人保管。危废暂存间位于公司海洋工程建设基地余料利用工场南侧，具体位置见附图 4，设计面积 3m²，一次性最大贮存能力为 0.6t，危废暂存间内仅储存本项目产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废水，因此可满足危废暂存空间需求。

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 | 危废暂存间 | 废显（定）影液 | HW16 | 900-019-16 | 余料利用工场南侧 | 3m ² | 专用防渗容器 | 0.6t | 一年 |
| 2 | | 废胶片 | HW16 | 900-019-16 | | | 袋装堆放 | | |
| 3 | | 洗片废水 | HW16 | 900-019-16 | | | 专用防渗容器 | | |

(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间，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

公司已委托中国船级社实业有限公司大连分公司与舟山志成环保科技有限公司签订危废委托处置协议（见附件 12、13）。

10.2 三废的治理

(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。探伤室内设有机械排风系统，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、废胶片及洗片废水，属于危险废物。本项目洗片和评片过程由中国船级社实业有限公司大连分公司负责完成，因此要求该公司将危险废物集中收集后存放在危废暂存间，并派专人保管，委托有资质的单位处理处置，建立相关危废台账。

10.3 建设项目环保投资

本项目总投资预计为 40 万元，其中环保投资 20 万元，占总投资的 50%。本项目环保投资一览表详见表 10-4。

表 10-4 环保投资估算一览表

| 项目 | 环保措施主要内容 | | 费用（万元） |
|------|-----------|---------------------------------------|--------|
| 电离辐射 | 实体屏蔽 | 增加放射源暂存库与探伤室一侧的屏蔽厚度 | 5 |
| | 辐射安全措施和设施 | “预备”和“照射”工作状态指示灯和声音提示装置、固定式场所辐射探测报警装置 | 5 |
| 固废 | 危废暂存库 | | 10 |
| 合计 | | | 20 |

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改造探伤室内部的部分空间，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。

11.1.2 设备安装调试阶段

本项目 X 射线探伤机为原有设备，因此无需安装调试。

11.2 运行阶段辐射环境影响分析

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

本项目探伤室配置 2 台 X 射线探伤机 (1 台 XXG3505 型，1 台 XXG3005 型)。经与建设单位核实，每次探伤仅使用 1 台 X 射线探伤机，主射方向朝东或朝西。按最不利情况考虑，探伤区域距离西侧、北侧、东侧墙体 2m，距离南侧墙体 6m，探伤机最大离地距离 1m。在实际探伤过程中，探伤室南侧屏蔽墙和工作人员出入门位于主射线范围内。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(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”，故本次评价选取 XXG-3505 型探伤机 (最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA) 作为预测对象，将探伤室的东墙和西墙屏蔽性能按有用线束进行考虑，其他两侧墙体、工件门、工作人员出入门、顶棚等屏蔽性能均按泄漏辐射和散射辐射进行考虑。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，本项目探伤机有用线束不朝向顶棚，本报告不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，剂量关注点情况列于表 11-1。

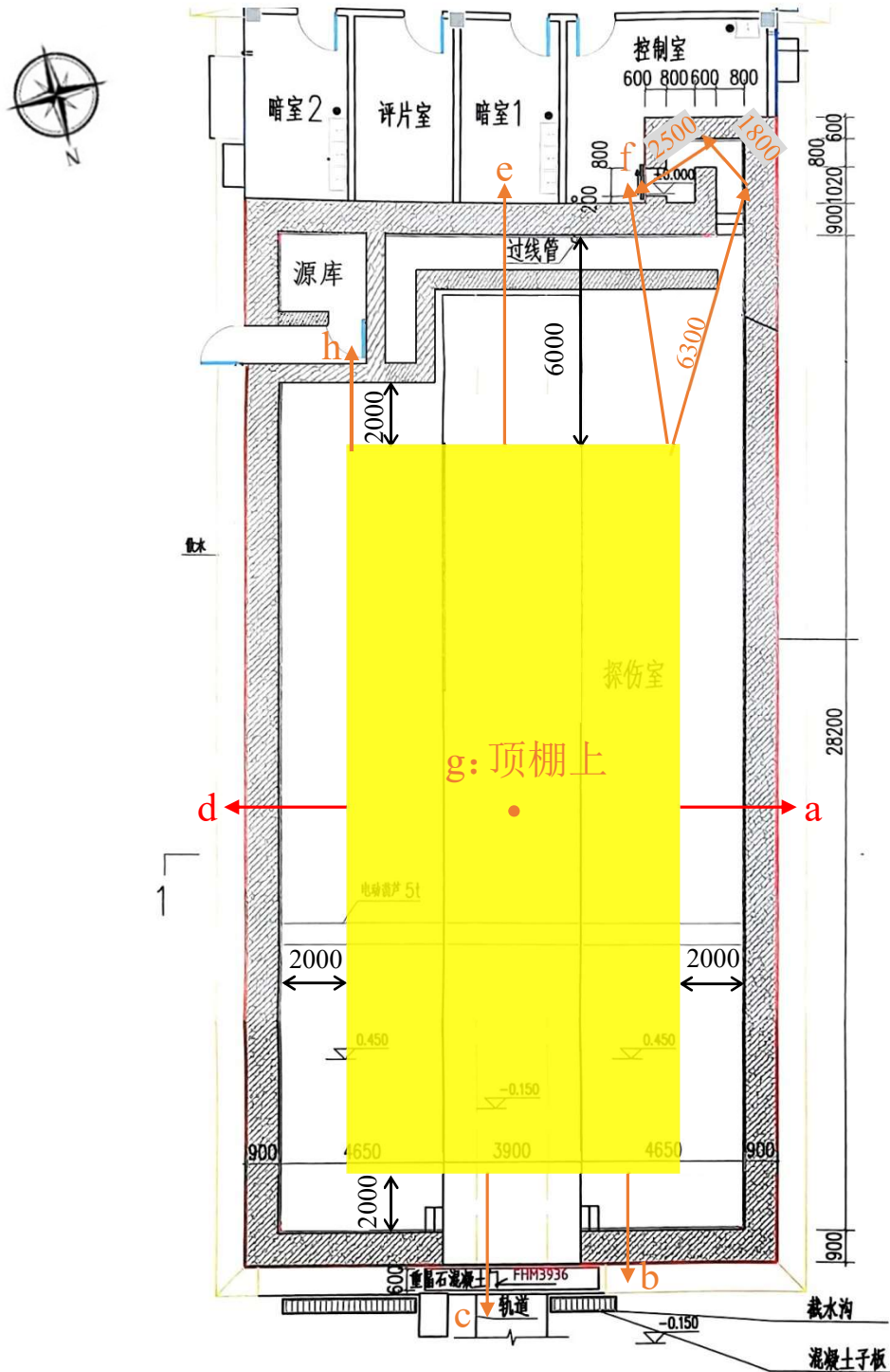


图 11-1 辐射屏蔽计算预测点位图（单位：mm）

表 11-1 探伤室各关注点位分布情况表

| 关注点位 | 点位描述 | 源点与关注点距离 R (m) | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------------|----------------|-----------|
| a | 西侧墙体外 30cm | 3.2 | 有用线束 |
| b | 北侧墙体外 30cm | 3.2 | 泄漏辐射、散射辐射 |
| c | 工件门外 30cm | 3.8 | 泄漏辐射、散射辐射 |
| d | 东侧墙体外 30cm | 3.2 | 有用线束 |
| e | 南侧墙体外 30cm | 7.2 | 泄漏辐射、散射辐射 |
| f | 人员出入门外 30cm | 7.2 | 泄漏辐射、散射辐射 |
| g | 顶棚外 30cm | 8.1 | 泄漏辐射、散射辐射 |
| h | 源库通道北墙外 30cm | 2.7 | 泄漏辐射、散射辐射 |

注：R=探伤区域与墙体、顶棚或防护门最近距离+墙体厚度+0.3m，结果保留一位小数

11.2.2 场所辐射水平预测

(1) 有用线束计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的有用线束辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-1) 计算，然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度：

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

式中：

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

H_0 ——距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，由内插法计算可得 350kV 射线在 3mmCu 过滤条件下输出量为 $17.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.04\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B——屏蔽透射因子；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 图 B.1 外推，用内插法计算 350kV X 射线穿过 900mm 混凝土时的透射因子取 1.44×10^{-9} ；

R——距辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)。

(2) 泄漏辐射计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-2) 计算：

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

式中：

B ——屏蔽透射因子, 根据公式 $B = 10^{-X/TVL}$ 计算, 其中 X 为屏蔽层厚度, mm; 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2, 可知 350kV X 射线在混凝土中的什值层 TVL 为 100mm

R ——距辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m), 取值见表 11-3;

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

(3) 散射辐射计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 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。

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

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 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ($1\text{Gy}=1\text{Sv}$); 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1, 由内插法计算可得 350kV 射线在 3mmCu 过滤条件下输出量为 $17.4\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$, 即 $1.04 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

B ——屏蔽透射因子, 根据公式 $B = 10^{-X/TVL}$ 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 350kV, 对应的 90° 散射辐射最高能量为 250kV, 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2, 250kV X 射线在混凝土中的什值层 TVL 为 90mm;

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《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) B.4.2, 当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时, 其值为: 60 (150kV) 和 50 (200~400kV)。本项目保守取值 50;

R_S ——散射体至关注点的距离, 单位为米 (m)。

(4) 迷道散射计算公式

根据《辐射防护导论》(方杰主编), 迷道口处的反散射水平可以按式(11-4)计算

$$\dot{H}_{L,h} = \eta_{\gamma S} \cdot \frac{F_{j0} \cdot \alpha_{\gamma 1} \cdot \alpha_{\gamma 2} \cdot a_1 \cdot a_2}{r_1^2 \cdot r_{R1}^2 \cdot r_{R2}^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-4)}$$

式中:

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

$\eta_{\gamma S}$ ——辐射减弱的透射比; 根据公式 $\eta_{\gamma S} = 10^{-X/TVL}$ 计算, 其中 X 为屏蔽层厚度, mm;

F_{j0} ——辐射源处辐射水平, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$; 根据公式 $F_{j0} = I \cdot \delta_{\alpha}$ 计算; 其中 I 为电子束流强, mA; δ_{α} 为距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, $\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$; 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1, 由内插法计算可得 350kV 射线在 3mmCu 过滤条件下输出量为 $17.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$, 即 $1.04 \times 10^6 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$, 则 F_{j0} 取值为 $5.22 \times 10^6 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

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

a——射线束在反射物上的投照面积, m^2 ; 根据 $a = \text{散射宽度} \times \text{迷道高度}$ 计算, 则 $a_1 = 2.4\text{m}^2$, $a_2 = 4.4\text{m}^2$

r_l ——辐射源同反射点之间的距离, m;

r_R ——反射点到参考点的距离, m;

光子散射后的能量 E 按式(11-5)计算

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1 - \cos \theta)}{0.511}} \dots\dots\dots \text{(式 11-5)}$$

式中:

E_0 ——入射光子能量, MeV;

θ ——散射角, $^{\circ}$;

第一次反射的入射光子能量取 0.35MeV, 散射角 θ 取 60° , 则 $\alpha_{\gamma 1}$ 为 0.025; 第二次反射的入射光子能量根据式(11-5)计算得 0.26MeV, 散射角 θ 取 30° , 则 $\alpha_{\gamma 2}$ 为 0.018; 散射后能量根据式(11-5)计算得 0.24MeV。根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2, 由内插法可知 240kV X 射线在铅中的什值层 TVL 为 2.6mm, 则 $\eta_{\gamma S}$ 为 1.43×10^{-4} 。

(5) 预测结果

根据公式(11-1) ~ (11-4), 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 11-2~表 11-4。

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 (μSv·m ² /(mA·h)) | B | R (m) | Ĥ (μSv/h) |
|--------|-----------|--------|---|-----------------------|-------|-----------------------|
| a (西侧) | 900mm 混凝土 | 5 | 1.04×10 ⁶ | 1.44×10 ⁻⁹ | 3.2 | 7.30×10 ⁻⁴ |
| d (东侧) | 900mm 混凝土 | 5 | 1.04×10 ⁶ | 1.44×10 ⁻⁹ | 3.2 | 7.30×10 ⁻⁴ |

表 11-3 泄漏辐射剂量率预测结果

| 关注点位 | 屏蔽材料 (X) | TVL (mm) | B | H _L (μSv/h) | R (m) | Ĥ (μSv/h) |
|-----------|--------------|-----------------|-----------------------|------------------------|-------|-----------------------|
| b (北侧) | 900mm 混凝土 | 100 | 1.00×10 ⁻⁹ | 5000 | 3.2 | 4.88×10 ⁻⁷ |
| c (工件门) | 600mm 重晶石混凝土 | 84 ^① | 7.20×10 ⁻⁸ | 5000 | 3.8 | 2.49×10 ⁻⁵ |
| e (南侧) | 900mm 混凝土 | 100 | 1.00×10 ⁻⁹ | 5000 | 7.2 | 9.65×10 ⁻⁸ |
| f (人员出入口) | 900mm 混凝土 | 100 | 1.00×10 ⁻⁹ | 5000 | 7.2 | 9.65×10 ⁻⁸ |
| g (顶棚) | 900mm 混凝土 | 100 | 1.00×10 ⁻⁹ | 5000 | 8.1 | 7.62×10 ⁻⁸ |
| h (源库通道) | 350mm 混凝土 | 100 | 3.16×10 ⁻⁴ | 5000 | 2.7 | 2.17×10 ⁻¹ |

注：根据密度换算关系，350kV X 射线在重晶石混凝土中的什值层 TVL 为 84mm。

表 11-4 散射辐射剂量率预测结果

| 关注点位 | 屏蔽材料 (X) | TVL (mm) | B | I (mA) | H ₀ (μSv·m ² /(mA·h)) | $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ | R (m) | Ĥ (μSv/h) |
|----------|--------------|-----------------|------------------------|--------|---|--------------------------------|-------|-----------------------|
| b (北侧) | 900mm 混凝土 | 90 | 1.00×10 ⁻¹⁰ | 5 | 1.04×10 ⁶ | 50 | 3.2 | 1.02×10 ⁻⁶ |
| c (工件门) | 600mm 重晶石混凝土 | 76 ^① | 1.27×10 ⁻⁸ | 5 | 1.04×10 ⁶ | 50 | 3.8 | 9.15×10 ⁻⁵ |
| e (南侧) | 900mm 混凝土 | 90 | 1.00×10 ⁻¹⁰ | 5 | 1.04×10 ⁶ | 50 | 7.2 | 2.01×10 ⁻⁷ |
| g (顶棚) | 900mm 混凝土 | 90 | 1.00×10 ⁻¹⁰ | 5 | 1.04×10 ⁶ | 50 | 8.1 | 1.59×10 ⁻⁷ |
| h (源库通道) | 350mm 混凝土 | 90 | 1.29×10 ⁻⁴ | 5 | 1.04×10 ⁶ | 50 | 2.6 | 1.84 |

注：根据密度换算关系，300kV X 射线在重晶石混凝土中的什值层 TVL 为 76mm。

表 11-5 迷道散射辐射剂量率预测结果

| 关注点位 | 屏蔽材料 | η _{γS} | F _{j0} (μSv·m ² /h) | α _{γ1} | α _{γ2} | a ₁ (m ²) | a ₂ (m ²) | r ₁ (m) | r _{R1} (m) | r _{R2} (m) | Ĥ _{L,h} (μSv/h) |
|---------|---------|-----------------------|---|-----------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| f (人员门) | 10mm 铅板 | 1.43×10 ⁻⁴ | 5.22×10 ⁶ | 0.025 | 0.018 | 2.4 | 4.4 | 6.3 | 1.8 | 2.5 | 4.41×10 ⁻³ |

表 11-6 各关注点位辐射剂量率预测结果汇总

| 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 ($\mu\text{Sv/h}$) | GBZ117-2022 标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$) | 是否 达标 |
|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|----------|
| a (西侧) | 7.30×10^{-4} | / | / | 7.30×10^{-4} | 2.5 | 达标 |
| b (北侧) | / | 4.88×10^{-7} | 1.02×10^{-6} | 1.50×10^{-6} | 2.5 | 达标 |
| c (工件门) | / | 2.49×10^{-5} | 9.15×10^{-5} | 1.16×10^{-4} | 2.5 | 达标 |
| d (东侧) | 7.30×10^{-4} | / | / | 7.30×10^{-4} | 2.5 | 达标 |
| e (南侧) | / | 9.65×10^{-8} | 2.01×10^{-7} | 2.97×10^{-9} | 2.5 | 达标 |
| f (人员出入门) | / | 9.65×10^{-8} | 4.41×10^{-3} | 4.41×10^{-3} | 2.5 | 达标 |
| g (顶棚) | / | 7.62×10^{-8} | 1.59×10^{-7} | 2.35×10^{-7} | 100 | 达标 |
| h (源库通道) | / | 2.17×10^{-1} | 1.84 | 2.06 | 2.5 | 达标 |

因此，X 射线探伤机在最大工况运行时，四周屏蔽墙及防护门外关注点剂量率最大值为 $4.41 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，顶棚外辐射剂量率最大值为 $2.35 \times 10^{-7} \mu\text{Sv/h}$ ，源库通道辐射剂量率最大值为 $2.06 \mu\text{Sv/h}$ ，则满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平(探伤室四侧墙体及防护门表面外 30cm 处剂量率不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，探伤室顶棚外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平取 $100 \mu\text{Sv/h}$)。由于源库通道辐射剂量率接近 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，因此建议适当增加放射源暂存库与探伤室一侧的屏蔽厚度。

11.2.3 局部贯穿辐射分析

本项目电缆管道为“U”型管，管径为 50mm，埋深 450mm 位于探伤室南侧，连通探伤室与控制室；排风管道为“L”型管，位于探伤室东北、西北侧顶棚，排风通向探伤室外，排风口外设置 200mm 混凝土防护罩。探伤室各类管道线路设计见附图 6。

本项目探伤机有用线束方向朝西侧或东侧，电缆管道及排风管道均有效避开了探伤装置有用线束的方向，故本次评价仅考虑管道出口处的散射辐射影响。根据《辐射防护导论》(方杰主编) P189 页的实例证明，本项目所有射线均需经过三次以上散射才能经各类管道散射至探伤室墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。因此，本项目预埋线管和排风等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 人员受照剂量估算

1、年有效剂量计算公式

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

算：

$$H_{E-r} = D_r \times t \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-7)}$$

H_{E-R} ——年受照剂量，mSv/a；

D_r ——关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T ——居留因子；

t ——年受照时间，h/a。

2、估算结果

考虑射线装置产生的剂量率与距离平方成反比关系，利用表 11-2、表 11-3、表 11-4 以及表 11-5 的相关数据，本项目保守选取相关最近关注点附近最大剂量率计算人员年受照剂量，则本项目相关人员的预期年剂量水平的计算见表 11-7。

表 11-7 人员受照剂量计算参数及计算结果一览表

| 人员属性 | | 居留因子 | 源点与保护目标距离 (m) ^① | 源点与关注点距离 (m) | 保护目标处辐射剂量率取值 ($\mu\text{Sv/h}$) ^② | 周受照时间 (h/周) | 周受照总剂量 ($\mu\text{Sv/周}$) | 年受照时间 (h/a) | 年受照总剂量 (mSv/a) |
|------|----------------|------|----------------------------|--------------|--|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| 职业 | 辐射工作人员 | 1 | 7.2 | 7.2 | 4.41×10^{-3} | 4 | 1.77×10^{-2} | 200 | 8.83×10^{-4} |
| | 源库管理人员 | 1/5 | 2.7 | 2.7 | 2.06 | 4 | 1.65 | 200 | 8.24×10^{-2} |
| 公众 | 不锈钢配管车间 | 1 | 31.9 | 3.2 | 7.34×10^{-6} | 4 | 2.94×10^{-5} | 200 | 1.47×10^{-6} |
| | 1#结构车间 (包括生活间) | 1 | 35.9 | 3.2 | 5.80×10^{-8} | 4 | 2.32×10^{-5} | 200 | 1.16×10^{-6} |
| | 厂区道路 | 1/5 | 7.9 | 3.2 | 1.20×10^{-7} | 4 | 9.58×10^{-5} | 200 | 4.79×10^{-6} |
| | 余料利用工场 | 1/5 | 4.9 | 3.8 | 4.39×10^{-5} | 4 | 3.51×10^{-4} | 200 | 1.76×10^{-5} |

注：1、源点与保护目标距离=探伤室边界与保护目标距离+源点与关注点距离-0.3m；

2、利用剂量率与距离平方成反比的关系求得保护目标处辐射剂量率。

根据表 11-6 计算可知，本项目 X 射线探伤机运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量为 $8.83 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，周有效剂量为 $1.77 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}$ ；所致源库管理人员（非本项目工作人员）最大受照年有效剂量为 $8.24 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，周有效剂量为 $1.65 \mu\text{Sv}$ ；所致公众最大受照年有效剂量为 $1.76 \times 10^{-5} \text{mSv}$ ，周有效剂量为 $3.51 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ 。

此外，由于放射源暂存库屏蔽体表面存在辐射剂量，在本项目辐射工作人员布置底片时会造成影响。保守估计放射源暂存库屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，本项目辐射工作人员最大单次布置底片时间为 1min，年拍片量约 2400 张，年工作按 50 周（300 天）计，则单名辐射工作人员最大年受照时间为 40h，周受照时间为 0.8h，本项目探伤区域与放射源暂存

库屏蔽体外最近距离为 2.0m。因此，放射源暂存库所致本项目辐射工作人员受照年有效剂量为 $2.25 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，周有效剂量为 $4.50 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}$ ，有效剂量叠加结果为：年有效剂量 $2.34 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，周有效剂量 $6.27 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}$ 。

综上所述，本项目所致工作人员和公众年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5 \text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.25 \text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20 \text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 1.0 \text{mSv/a}$ ）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“对放射工作场所，其值应不大于 $100 \mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5 \mu\text{Sv/周}$ ”的要求。

11.2.6 非放射性污染环境的影响分析

（1）臭氧和氮氧化物

X 射线探伤机工作时产生射线，会造成探伤室内空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物。探伤室内已设机械排风系统，2 台轴流风机风量共 $9000 \text{m}^3/\text{h}$ 。由于探伤室总容积为 2959m^3 ，可估算出探伤室每小时通风换气次数为 3 次，则满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，不会形成局部聚集，且臭氧在短时间内会自动分解为氧气，对大气环境基本没有影响。

（2）废显（定）影液、废胶片及洗片废水

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

11.3 探伤室屏蔽防护能力分析

根据《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）的规定，结合该公司探伤室屏蔽防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该公司使用的探伤室的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，该探伤室的设计已充分考虑周围的放射安全，且探伤室与控制室分开；结合理论计算结果可知：探伤室防护门防护性能、各侧墙的防护性能及顶棚的防护性能，均能满足辐射防护。

（2）由辐射环境影响预测分析可知，辐射工作人员和公众成员所受有效剂量能符合《电离

辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。

(3) 该公司使用的探伤机在探伤过程中产生的 X 射线, 使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物, 探伤室通过机械排风系统将臭氧和氮氧化物排出探伤室外, 不会对工作人员和公众成员产生影响。

因此, 该公司探伤室屏蔽能力能达到管电压不大于 350kV、管电流不大于 5mA 的 X 射线探伤机(主射方向朝东侧或西侧)正常工作时的辐射防护要求。

11.4 事故影响分析

11.4.1 事故风险分析

公司使用的 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, 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。

11.4.2 辐射事故应急

1、事故风险防范措施

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

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

(3) 定期对工业 X 射线探伤工作场所的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查, 制定各项管理制度并严格按照要求执行, 对发现的安全隐患立即进行整改, 避免事故的发生。

2、事故应急措施

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

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用II类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

公司已成立了以刘洪钧为组长的辐射安全防护管理小组，负责公司辐射安全管理工作，还需对成员职责做如下补充：

1、组长职责：全面负责、监督检验部的放射安全管理工作。

2、成员职责：（1）在组长的统一领导下，认真检查落实防护制度并检查存在的问题，经常向车间工作人员宣传安全防护知识；（2）对违反辐射安全防护管理工作制度的人员应及时制止，并立即向组长报告；（3）发生辐射事故时负责控制现场，配合组长处理情况，帮助误照人员及时送往卫生部门检查治疗，并对整改方案具体负责实施；（4）定期对射线场所和防护装置进行检查，确保安全。

12.1.2 辐射人员管理

（1）个人剂量检测

建设单位已为本项目辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

（2）辐射工作人员培训

本项目辐射工作人员根据《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学习相关知识，且考核合格，并按要求及时参加复训。

（3）辐射工作人员职业健康体检

本项目辐射工作人员已进行岗前、在岗期间健康检查，在岗期间每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，并长期保存。

12.1.3 辐射安全和防护状况年度评估报告

公司现有辐射工作场所均进行了年度监测，监测结果均满足《工业探伤放射防护标准》

(GBZ117-2022)的要求,公司现有辐射工作人员均按要求进行了个人剂量监测与职业健康体检,均符合相关要求。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 现有辐射安全规章制度的制定情况

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》与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中有关要求,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。

公司已制定一系列的辐射安全管理制度,具体制度有《辐射防护和安全保卫制度》、《X射线作业人员操作》、《辐射安全防护培训制度》、《辐射防护人员岗位职责》、《辐射环境监测制度》、《辐射事故应急措施》、《射线设备检修与维护制度》等,主要涉及以下内容:

①明确了辐射许可管理的内容:

射线装置使用前,向生态环境部门办理许可证,领取许可证后方可从事许可范围内的放射工作。

②明确了射线装置登记、使用、管理的内容:

- a. 建立射线装置管理台帐,载明设备的使用、保养、检测、维修等情况;
- b. 每次使用探伤装置时,需做好开机记录,并认真记录射线装置运行状态;
- c. 定期对设备的安全设施进行维护、保养,对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换,定期清点射线装置的使用情况

③明确了放射事故管理的内容:

- a. 编制了辐射事故应急预案,成立放射事故应急处理小组;
- b. 放射事故发生后,必须立即采取措施,并迅速向公安、生态环境部门报告;
- c. 积极协助主管部门做好放射事故调查处理工作。

④明确了放射工作人员管理的内容:

- a. 放射工作人员必须接受个人剂量监测,监测数据存入个人剂量档案;
- b. 要求放射工作人员严格遵守个人剂量元件的佩带规定;
- c. 从事放射工作的人员,必须具备国家健康管理规定的相关条件;
- d. 组织放射工作人员进行上岗前、在岗期间、离岗时和应急的健康检查。
- e. 放射工作人员必须进行法律、法规、放射防护知识培训,并持证上岗。

公司在落实上述制度后，能够确保本项目 X 射线探伤机的安全使用，满足国家相关辐射安全管理及技术层面要求。

12.2.2 需完善或制定的辐射安全规章制度

日后的工作实践中，公司应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度进行。

12.3 辐射监测

12.3.1 现有项目监测情况

公司现有辐射工作场所均进行了验收监测和年度监测，监测结果均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，公司现有辐射工作人员均按要求进行了个人剂量监测与职业健康体检，均符合相关要求。

12.3.2 本项目监测计划

（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。公司沿用现有的便携式 X-γ 剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 2 台和个人剂量计 2 枚，再配备 1 台固定式场所辐射探测报警装置。

（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（1 季度 1 次）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，并长期保存。

（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年度监测

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

②日常自我监测

定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定辐射工作场所的定期

监测制度，监测数据应存档备案，监测周期建议每月 1 次。

③监测内容和要求

A、监测内容：周围剂量当量率。

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

表 12-1 辐射监测计划

| 场所名称 | 监测内容 | 监测类型 | 监测点位 | 监测依据 | 监测周期 |
|------------|---------|--------|--|--|------------------|
| 本项目探伤室工作场所 | 周围剂量当量率 | 年度监测 | 探伤室顶棚、四侧墙体及防护门外 30cm 离地面高度 1m 处，控制室，各电缆管道、排风管道以及四周环境保护目标 | 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) | 1 次/年 |
| | | 自主监测 | | | 1 次/月 |
| | | 验收监测 | | | 竣工验收 |
| | 个人剂量检测 | 个人剂量当量 | 所有辐射工作人员 | 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019) | 一般为一个月，最长不得超过三个月 |

12.4 辐射事故应急

12.4.1 应急预案制定要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条的规定，辐射事故应急预案主要内容应包括：

- (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。

12.4.2 建设单位应急预案制定情况

建设单位已制定了《辐射事故应急预案》，成立了应急准备与响应领导小组。《辐射事故应急预案》与《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条的规定相对比，基本符合

要求。本项目投入运行后，公司应做好以下工作：

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

（2）公司应根据实际情况定期组织修订辐射事故应急预案，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部门备案，开展隐患排查并及时消除隐患，防止发生事故。

12.5 环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。“三同时”验收一览表见表 12-2。

表 12-2 “三同时”验收一览表

| 项目 | “三同时”措施 | 验收要求 |
|--------------|--|--|
| 辐射安全管理机构 | 公司已成立以刘洪钧为组长的辐射安全领导小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。 | 满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求。 |
| 工作场所机房屏蔽防护设计 | 探伤室的屏蔽防护设计详见本报告表 10-1。 | 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)及本项目辐射剂量率限值要求，即探伤室四周墙体和防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5μSv/h、顶棚外表面 30cm 处辐射剂量率不大于 100μSv/h。 |
| 工作场所辐射防护措施 | 辐射工作场所的辐射安全和防护措施详见本报告 10.1.4。 | 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的相关要求。 |
| 人员配备 | 本项目 2 名辐射工作人员均已参加辐射防护培训，取得成绩合格单。 | 满足《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(2019 年，第 57 号)的要求。 |
| | 本项目 2 名辐射工作人员均已配备个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过三个月，并建立个人剂量监测档案。 | 满足《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)的要求。 |
| | 本项目 2 名辐射工作人员均已进行岗前、在岗或离岗职业健康检查，并建立个人健康档案， | 满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求。 |
| 辐射安全管理制度 | 公司已制定一系列的辐射安全管理制度，具体制度有《辐射防护和安全保卫制度》、《X 射线作业人员操作》、《辐射安全防护培训制度》、《辐射防护人员岗位职责》、《辐射环境监测制度》、《辐射事故应急措施》、《射线设备检修与维护制度》等 | 满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。 |

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 项目概况

舟山惠生海洋工程有限公司现将探伤室东南侧部分区域改建为放射源暂存库（出租给有资质单位使用），同时探伤室南侧建设一条迷道与放射源暂存库连通。后为存取源方便，公司拟对放射源暂存库进行改动，封堵原通往迷道的门，在东侧墙体开洞建门。控制室、评片室、暗室等辅助用房布局不变，使用原有 2 台 X 射线探伤机（1 台 XXG3505 型，1 台 XXG3005 型）在探伤室进行无损检测。

(2) 项目位置

舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地位于舟山市岱山县秀山乡秀东社区海兰北路 288 号。本项目拟改建探伤室位于公司海洋工程建设基地余料利用工场中部偏北，探伤室东侧依次为厂内道路和不锈钢配管车间，南侧为余料利用工场，西侧依次为余料利用工场、1#结构车间（包括生活间），北侧依次为余料利用工场、厂内道路。

(3) 项目布局及分区

本项目拟改建探伤室为一层结构，探伤室南侧为辅助用房，自西向东依次为控制室、暗室 1、评片室、暗室 2。本项目对探伤工作场所实行分区管理，将探伤室内（包括迷道和放射源暂存库）划为控制区，在正常工作过程中，控制区内不得有无关人员进入，在探伤室防护门显著位置设置电离辐射警告标识和中文警示说明；将探伤室东、北、西侧墙体外 1m、控制室、评片室、暗室等区域划为监督区，墙外 1m 处划黄色警戒线，对该区不采取专门防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率。在正常工作过程中，监督区内不得有无关人员滞留。由于放射源暂存库需另行评价，因此不做分区划分。由上述可知，本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定。

(4) 辐射安全防护措施结论

本项目探伤室外尺寸为 32.4m×15.0m×10.1m，四周墙体和顶棚为 900mm 混凝土。探伤室南侧设有 2 条“L”型迷道，一条迷道原通往放射源暂存库，其内墙为 200mm 混凝土；一条迷道连通控制室与探伤室，其高度为 2m，内墙为 600mm 混凝土。探伤室设有 1 扇工件防护门（屏蔽材料为 600mm 重晶石混凝土），位于北侧屏蔽墙；设有 1 扇人员出入门（屏蔽材料为 10mm 铅板），位于迷道出口处。工件防护门和人员出入门设置门-机联锁装置和电离辐射警示标识等

安全设施，室内东侧、西侧墙体及控制室均设紧急停机按钮，室内外醒目位置设工作声音提示装置、工作状态指示灯和监控装置，探伤室拟配置固定式场所辐射探测报警装置，则探伤室辐射安全防护措施满足相关要求；本项目配备 2 支个人剂量计和 2 台个人剂量报警仪。本项目的辐射安全措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

（5）辐射安全管理结论

建设单位已成立辐射安全管理机构，已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定一系列辐射安全管理制度。

建设单位原有 2 名辐射工作人员已参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训且考核合格，2 名辐射工作人员的职业健康复检均已合格。建设单位已委托山东华标检测评价有限公司对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测（见附件 8），已建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。建设单位定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测。

建设单位在成立辐射防护管理领导小组、建立健全相应的辐射管理制度和操作规程后，能够具备从事辐射活动的的能力。本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

13.1.2 环境影响分析结论

（1）辐射剂量率影响预测结论

本项目 X 射线探伤机在最大工况运行时，四周屏蔽墙及防护门外关注点辐射剂量率最大值为 $4.41 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，顶棚外辐射剂量率为 $2.35 \times 10^{-7} \mu\text{Sv/h}$ ，源库通道辐射剂量率最大值为 $2.06 \mu\text{Sv/h}$ ，则各关注点辐射剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“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 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

（2）个人剂量影响预测结论

本项目 X 射线探伤机运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量为 $2.34 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，周有效剂量为 $6.27 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}$ ；所致源库管理人员（非本项目工作人员）最大受照年有效剂量为 $8.24 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，周有效剂量为 $1.65 \mu\text{Sv}$ ；所致公众最大受照年有效剂量为 $8.24 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，周有效剂量为 $1.65 \mu\text{Sv}$ 。工作人员和公众年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5 \text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.25 \text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20 \text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 1.0 \text{mSv/a}$ ）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护

标准》（GBZ 117-2022）“对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周”的要求。

（3）非辐射环境影响分析结论

少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风系统排出探伤室，臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。探伤产生的废显（定）影液、洗片废水及废胶片按要求集中存放，由有资质的单位回收处理，不得随意排放或废弃，对环境影响较小。

13.1.3 可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析结论

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目，符合国家当前的产业政策。

（2）实践正当性分析结论

本项目的建设是为了保证产品质量和生产的安全需要，因此，该项目的实践是必要的。本项目运行过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

（3）选址合理性分析

本项目位于舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地余料利用工场中部偏北，不新增土地。同时，本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素。项目探伤室周围 50m 范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址是合理可行。

（4）项目可行性

综上所述，本项目选址合理，符合国家产业政策、实践正当性原则以及“三线一单”相关要求，该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，建设单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议与承诺

(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) 建设项目竣工后，公司应当按照《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