

编号：BG-ZFFB25220223

核技术利用建设项目

浙江台州湾海工新能源装备有限公司

新增一台 X 射线探伤机建设项目

环境影响报告表

(报批稿)

浙江台州湾海工新能源装备有限公司

2026年2月

生态环境部监制



# 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	8
表 3 非密封放射性物质 .....	8
表 4 射线装置 .....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	10
表 6 评价依据 .....	11
表 7 保护目标与评价标准 .....	14
表 8 环境质量和辐射现状 .....	23
表 9 项目工程分析与源项 .....	27
表 10 辐射安全与防护 .....	35
表 11 环境影响分析 .....	45
表 12 辐射安全管理 .....	61
表 13 结论与建议 .....	67
表 14 审批 .....	72

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		浙江台州湾海工新能源装备有限公司 新增一台 X 射线探伤机建设项目			
建设单位		浙江台州湾海工新能源装备有限公司			
法人代表	李海军	联系人	■	联系电话	■
注册地址		浙江省台州市三门县健跳镇望海路 48 号			
项目建设地点		浙江省台州市三门县健跳镇望海路 48 号 浙江台州湾海工新能源装备有限公司车间 1 西北侧			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	120	项目环保投资（万元）	110	投资比例（环保投资/总投资）	91.67%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m <sup>2</sup> )	/
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**

浙江台州湾海工新能源装备有限公司成立于 2023 年 2 月，主要从事海工钢构和新能源装备制造，企业拟投资 88310 万元，在健跳镇望海路 48 号新征土地 110147m<sup>2</sup> 建设新能源装备生产基地，并购置螺旋、直缝生产流水线，项目建成后可形成年产 40 万吨海工钢构的生产能力。

项目产品广泛应用于海上风电、桥梁码头、疏浚等领域。生产基地同时具备技术研究和试验发展功能。根据企业对市场宏观政策、行业发展趋势、钢管需求等多方面、多

角度分析，项目建设可以践行减污降碳、协同增效，塑造产业竞争新优势，能形成良好的经济效益，拥有良好的市场前景。项目建设可推进我国海上风电产业做大做强，可加快城市工业 4.0 建设，赋能“台州制造”向“台州智造”转变，促进企业发展壮大，再创台州民营经济新辉煌。

本项目主体土建工程及建设单位生产线环评报告书《浙江台州湾海工新能源装备有限公司年产 40 万吨海工钢构和新能源装备生产基地环境影响报告书》，已由台州市生态环境局以台环建（2025）48 号（见附件 3）进行了批复，其评价内容包含了除辐射以外的建设内容。根据现场调查，目前建设单位厂房正在建设中。

### 1.1.2 项目建设目的和任务由来

因公司发展及业务需要，需引进拥有专利技术的自动焊接设备施焊，保证焊接质量；因此采用无损探伤设备，确保焊接品质和生产效率。本项目为建设单位拟建生产线配套核技术利用部分。

建设单位拟在厂区车间 1 内建设 1 间探伤室（单层）及其配套功能用房。其中配套功能用房共 2 层，位于探伤室正北侧（为了方便描述，将配套功能用房所在方位定为北侧），一层为操作室，二层为洗片室和阅片室；探伤室内购置 1 台 X 射线探伤机，用于检测建设单位生产的海工钢构（钢管）的焊接效果及缺损情况（即工件无损检测），固定在探伤室内使用。

本项目建设内容包括 1 台 X 射线探伤机及配套附属设施，设备型号为 XXG3505C-XK3.3 型 X 射线探伤机，最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA，周向机。对照《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目 X 射线探伤机属于“工业用 X 射线探伤装置”，为 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环境影响评价文件形式应为环境影响报告表。

为此，浙江台州湾海工新能源装备有限公司委托中辐环境科技有限公司开展“浙江台州湾海工新能源装备有限公司新增一台 X 射线探伤机建设项目（简称‘本项目’）”的环境影响评价工作（委托书见附件 1）。在接受委托后，环评单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集和委托辐射环境质量现状监测等工作，并结合项目特点，按照《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)等规定要求编制了本项目的环境影响报告表。

### 1.1.3 项目建设内容和规模

建设单位拟在车间1内建设1间探伤室(单层)及其配套功能用房,其中配套功能用房共2层,位于探伤室北侧,一层为操作室,二层为洗片室和阅片室;并购置1台XXG3505C-XK3.3型X射线探伤机(周向机),最大管电压为350kV,最大管电流为5mA,用于海工钢构(钢管)的无损检测。探伤室为混凝土结构。危险废物暂存依托主体工程拟建的危废/危化仓库,位于车间1东北侧。探伤机仅限在探伤室内工作。

射线装置主要技术参数信息见表1-1。

表1-1 本项目射线装置一览表

设备名称	型号	类别	数量	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	有用线束照射方向	工作场所位置
X射线探伤机	XXG3505C-XK3.3	II类	1台	350	5	东西上下360°方向	车间1西北侧探伤室

表1-2 探伤工件基本情况一览表

工件名称	尺寸规格	材料及厚度	探伤位置
海工钢构(钢管)	为正圆形圆柱筒体,筒体管长为3~12m,筒体直径1~6.5m	高强度焊接结构钢厚度:20~180mm	筒体中间1条环形焊缝



图1-1 被检最大工件示意图

表1-3 原辅材料一览表

序号	名称	使用量	来源	主要化学成分
1	胶片	约28800张/a	外购	卤化银和涤纶

2	显影粉	40kg/a	外购	无水亚硫酸钠、无水碳酸钠、溴化钾、对苯二酚、菲尼酮
3	定影粉	14kg/a	外购	无水硫代硫酸钠、无水亚硫酸钠、硼酸、酒石酸、硫酸铝钾

注：①胶片数量按周向机曝光 1 次消耗 6 张计；  
②定影粉和显影粉为浓缩型粉剂，使用时，药与水以 1:9 的比例使用。

#### 1.1.4 劳动定员及工作制度

根据建设单位提供的资料，本项目拟配备辐射工作人员 2 人负责操作本项目 1 台 X 射线探伤机，新增辐射工作人员由建设单位现有非辐射工作人员培训考核合格后转岗。负责操作 1 台 X 射线探伤机。日工作 8h，年工作 40 周，每周工作 5 天，年工作 200 天。

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），在落实本项目辐射工作人员后，建设单位应尽快组织本项目辐射工作人员到国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加“X 射线探伤”类别辐射安全与防护培训，并取得考核合格成绩报告单后方可上岗。建设单位应组织辐射工作人员按时接受再培训。

#### 1.1.5 工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目待检工件尺寸为建设单位生产的工件，工件材质、尺寸各异，筒体管长为 3~12m，筒体直径 1~6.5m。建设单位对生产的工件进行抽样探伤检测，其中主要采用超声波探伤方式（该设备不产生辐射，无需编制报告表，故未列入本项目报告内容），另根据实际检测需求，部分工件拟使用本项目 X 射线探伤机进行探伤。

根据本项目工件的探伤工作流程，本项目 X 射线探伤单次曝光仅可对 1 个工件进行探伤检测，检测一次约 40min，其中曝光出束时间最大为 25min。

本项目设备最大曝光次数约 8 次/天、1600 次/年，则本项目设备日曝光工作时间最长为 3.33h（25min×8 次/天=3.33h），周曝光工作时间最长为 16.67h，年曝光工作时间最长为 666.67h。

## 1.2 项目选址及周边环境保护目标

### 1.2.1 项目地理位置

浙江台州湾海工新能源装备有限公司位于浙江省台州市三门县健跳镇望海路 48 号，东侧为浙江成洲船业有限公司，南侧为北塘路，西侧为砂石堆场（距本项目探伤室约 10m），北侧为海滩（距本项目探伤室约 30m）。项目地理位置见附图 1。

### 1.2.2 项目周边环境关系

本项目位于车间 1 内，车间 1 东侧为厂区内部道路和停车场，隔路为车间 2 和车间 3；南侧为厂区内部道路，隔路为门卫室 2、宿舍楼（员工倒班宿舍）和研发车间；西侧为厂区内部道路（距本项目探伤室约 1.5m）；北侧为厂区内部道路（距本项目探伤室约 6m）。

拟建探伤室位于车间 1 内，本项目探伤室东侧为车间通道，隔 8m 处为内环缝焊接、附件安装焊接、打磨、磁粉检测区，隔 44m 为危废/危化仓库；南侧为工件进出通道，隔 34m 为钢管留存区；西侧为不进入通道；北侧为操作室、洗片室和阅片室，隔 5m 处为不进入通道。探伤室屋面为不可上人屋面。项目周边环境关系图见附图 2，厂区平面布局详见附图 3，本项目平面布置图见附图 4。

### 1.2.3 选址合理性分析

由“1.2.2 项目周边环境关系”章节可知，本项目评价范围内主要为厂区内部建筑、道路、西侧砂石堆场及北侧海滩，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民住宅、学校等环境敏感目标。本项目探拟建探伤室位于浙江台州湾海工新能源装备有限公司厂房车间 1 内，本项目为企业拟建生产线配套无损检测，其选址符合企业拟建生产线工艺流程便利性，方便工件的进出传送，避开车间内可能的人员常驻留区，不新增用地，用地属于工业用地，周围无环境制约因素。项目运营过程产生的电离辐射，经采取辐射防护措施后对周围环境与人员的辐射影响是满足标准要求的，因此本项目选址是可行的。

## 1.3 产业政策符合性分析

本项目为新增使用 1 台工业用 X 射线探伤装置，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 1 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此，项目符合国家产业政策。

## 1.4 实践的正当性符合性分析

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属或其他材料内部可能产生的缺陷，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用，本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。且使用过程中采取满足国家标准要求的辐射安全防护措施，同时加强辐射安全管理，对周围环境和人员的影响满足标准要求。因此，该项目使用 X

射线探伤机的目的是正当可行的，并且该项目有较好的经济效益和社会效益，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

### 1.5 《三门县生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

根据《三门县人民政府关于印发<三门县生态环境分区管控动态更新方案>的通知》（三政规〔2024〕8号），要求落实“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”约束，现分析如下：

#### 1、生态保护红线

建设单位注册地位于浙江省台州市三门县健跳镇望海路48号，属于“台州市三门县健跳沿海产业集聚重点管控单元”（ZH33102220106），本项目探伤室位于建设单位厂区的车间1内，不在当地饮用水源、风景区、自然保护区等生态保护区内。本项目不涉及生态保护红线。

#### 2、环境质量底线

建设单位所在位置不涉及任何辐射工作，不会对周围环境产生辐射影响；根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 $\gamma$ 辐射剂量属于正常本底范围。在落实本报告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

本项目水、电等公共资源由市政供水管网和电网供应，项目所在厂区用地为工业用地；且整体而言本项目所用资源相对较小，也不占用当地其他自然资源和能源，因此本项目符合资源利用上限的要求。

#### 4、生态环境准入清单

建设单位注册地位于“台州市三门县健跳沿海产业集聚重点管控单元”（ZH33102220106），本项目探伤室位于建设单位厂区的车间1内，本项目属于核技术利用项目，不涉及空间布局约束条件中禁止的项目，且不属于高污染、高能耗工业，本项目为企业拟建生产线配套服务，满足管控措施，不在环境功能区负面清单内，本项目满足生态环境准入清单的要求。

本项目与三门县生态环境管控单元准入清单符合性分析详见表1-2。

表1-2 本项目与三门县生态环境管控单元准入清单符合性分析表

生态环境准入清单要求	本项目情况	符合性分析
------------	-------	-------

空间布局约束	优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造，进一步调整和优化产业结构，逐步提高区域产业准入条件。重点加快园区整合提升，完善园区的基础设施配套。重点发展港口工业、清洁能源等产业。合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目为工业 X 射线探伤设备项目，为核技术利用项目，不属于工业项目。	符合
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。加强污水处理厂建设及提升改造，深化工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。实施工业企业废水深度处理，严格重污染行业重金属和高浓度难降解废水预处理和分质处理，加强对纳管企业总氮、盐分、重金属和其他有毒有害污染物的管控，强化企业污染治理设施运行维护管理。全面推进重点行业 VOCs 治理和工业废气清洁排放改造，强化工业企业无组织排放管控。二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物全面执行国家排放标准大气污染物特别排放限值，深入推进工业燃煤锅炉烟气清洁排放改造。加强土壤和地下水污染防治与修复。推动企业绿色低碳技术改造。新建、改建、扩建高耗能、高排放项目须符合生态环境保护法律法规和相关法定规划，强化“两高”行业排污许可证管理，推进减污降碳协同控制。重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。	本项目为核技术利用项目，主要影响因子为电离辐射，不涉及工业污染物总量排放。项目运营过程产生的少量臭氧和氮氧化物经动力通风装置排放至大气环境中，不涉及其他污染物的排放。	符合
环境风险防控	加强三门核电区域环境监测和预警管理。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，落实防控措施。相关企业按规定编制环境突发事件应急预案，重点加强事故废水应急池建设，以及应急物资的储备和应急演练。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，落实产业园区应急预案，加强风险防控体系建设，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制。	本项目为核技术利用项目，不属于污染排放较大项目。	符合
资源开发效率要求	推进重点行业企业清洁生产改造，大力推进工业水循环利用，减少工业新鲜水用量，提高企业中水回用率。落实最严格水资源管理制度，落实煤炭消费减量替代要求，提高能源使用效率。	本项目运营过程中主要消耗一定量的电能和少量城市生活用水，消耗量相对区域资源利用总量较少，且项目不使用高耗能、低效率的设备。	符合

综上所述，本项目不涉及生态保护红线，不触及环境质量底线和资源利用上线，符合三门县生态环境分区管控动态更新方案的要求。

## 1.6 原有核技术利用项目许可情况

本项目为建设单位首次开展核技术利用项目，无原有核技术利用项目。

**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
	以下空白							

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
	以下空白									

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
	以下空白									

**(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	1 台	XXG3505C-XK3.3	350	5	无损检测	车间 1 西北侧探伤室	新增, 周向机

**(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源**

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

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
X 射线	/	/	/	距辐射源点（靶点）1m 处输出量为 $1.04E+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	距辐射源点（靶点）1m 处输出量为 $1.04E+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	/	/	/
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	通过动力排风系统排入大气环境	排入大气后可自然分解
洗片废液（废显影液、废定影液、清洗废液）	液态	/	/	/	1330kg/a	/	暂存于危废/危化仓库	定期交给有资质的单位处理
废胶片	固态	/	/	/	3kg/a	/	暂存于危废/危化仓库	定期交给有资质的单位处理
存档到期胶片	固态	/	/	/	285kg/a	/	不暂存	存档到期后直接交给有资质的单位处置

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/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）和活度（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》(1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过;2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订),自 2015 年 1 月 1 日起施行修订版;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过,自 2003 年 9 月 1 日起施行;2016 年 7 月 2 日第一次修订;2018 年 12 月 29 日第二次修订),自 2018 年 12 月 29 日起施行修订版;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 6 月 28 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过),自 2003 年 10 月 1 日起施行;</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020 年 4 月 29 日经第十三届全国人大常委会第十七次会议审议通过),中华人民共和国主席令第四十三号,自 2020 年 9 月 1 日起施行;</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》(1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令 253 号发布施行;2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订),自 2017 年 10 月 1 日起施行修订版;</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(生态环境部令 16 号,2021 年),自 2021 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005 年 9 月 14 日经中华人民共和国国务院令 449 号公布,2014 年 7 月 29 日经中华人民共和国国务院令 653 号修订,2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令 709 号修订),自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版;</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011 年 4 月 18 日环境保护部令 18 号),自 2011 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 31 号公布,2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 3 号修正,2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 47 号修正,2019 年 7 月 11 日经生态环境部令 7 号修改,2020 年 12 月 25 日经生态环境部令 20 号修改),</p>
------	---

自 2021 年 1 月 4 日起施行修改版；

(10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号），自 2017 年 12 月 5 日起施行；

(11) 《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），自 2006 年 9 月 26 日起施行；

(12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 27 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号公布），自 2024 年 2 月 1 日起施行；

(13) 《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），自 2020 年 1 月 1 日起施行；

(14) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），自 2017 年 11 月 20 日起施行；

(15) 《国家危险废物名录（2025 年版）》（2024 年 11 月 26 日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第 36 号公布），2025 年 1 月 1 日起施行；

(16) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布，根据 2014 年 3 月 13 日浙江省人民政府令第 321 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省林地管理办法〉等 9 件规章的决定》第一次修正，根据 2018 年 1 月 22 日浙江省人民政府令第 364 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省建设项目环境保护管理办法〉的决定》第二次修正，根据 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省价格监测预警办法〉等 9 件规章的决定》第三次修正）；

(17) 《浙江省辐射环境管理办法》（2011 年 12 月 18 日浙江省人民政府令第 289 号公布，2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号修订），自 2021 年 2 月 1 日起施行；

(18) 《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2024 年本）>的通知》（浙环发[2024]67 号），自 2025 年 2 月 2 日起实施；

	<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公告 2022 年第 71 号），自 2022 年 8 月 1 日起施行；</p> <p>(20) 《台州市生态环境局关于调整建设项目环境影响评价文件审批责任分工的通知》（台环发〔2025〕10 号），台州市生态环境局 2025 年 3 月 10 日发布；</p> <p>(21) 《三门县人民政府关于印发&lt;三门县生态环境分区管控动态更新方案&gt;的通知》（三政规〔2024〕8 号），三门县人民政府 2024 年 6 月 21 日发布。</p>
<p style="text-align: center;">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》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(8) 《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）；</p> <p>(9) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）；</p> <p>(10) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB 22448-2008）。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》；</p> <p>(3) 浙江台州湾海工新能源装备有限公司提供的其它相关资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

本项目为使用II类射线装置，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》（HJ10.1-2016）对射线装置应用项目的评价范围的相关规定，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。因此确定本项目评价范围为拟建探伤室实体屏蔽物外 50m 区域。评价范围示意图见附图 2 和附图 3。

### 7.2 保护目标

根据评价范围内环境情况，环境保护目标为从事本项目辐射活动的职业人员及评价范围内活动的公众人员，如表 7-1 所示。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标		方位	距离本项目实体边界最近距离 (m)		人员规模	人员类别及年有效剂量约束值
			水平	垂直		
建设单位内	车间 1 内	操作室	北侧	紧邻	/	2 人
		洗片室和阅片室		3.5		
		车间通道	东侧	紧邻	/	流动人员
	内环缝焊接、附件安装焊接、打磨、磁粉检测区	东侧	8	/	20 人/d	
	工件进出通道	南侧	紧邻	/	工作人员 2 人/d, 流动人员	
	钢管留存区	南侧	34	/	工作人员 1 人/d, 流动人员	
	厂区内	厂区内部道路	西侧	1.5~10	/	流动人员
		厂区内部道路	北侧	6~30	/	流动人员
建设单位外	砂石堆场	西侧	10~50	/	一般无人员居留	

注：拟建探伤室西侧 0~1.5m 处和北侧 5~6m 处均为不进入通道、北侧 30~50m 处为海滩，一般无人员居留，因此不将西侧和北侧的不进入通道、北侧海滩作为保护目标。

### 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》（GB18871-2002）

##### （1）剂量限值及剂量约束值

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。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊

情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

## 附录 B

### 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。

本项目取其四分之一，即不超过 5mSv 作为辐射工作人员的年有效剂量约束值。

### 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。

本项目取其四分之一，即不超过 0.25mSv 作为公众的年有效剂量约束值。

## （2） 辐射分区

### 6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

#### 6.4.1 控制区

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

#### 6.4.2 监督区

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

### 7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

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。

## 5 探伤机的放射防护要求

### 5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 7-2 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

## 6 固定式探伤的放射防护要求

### 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 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ Sv/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 $\mu$ Sv/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 $\mu$ Sv/h。

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

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

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

## 6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 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。

6.2.2 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。

6.2.3 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。

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

6.2.5 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。

6.2.6 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。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

### 6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

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

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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

## 8 放射防护检测

### 8.1 检测的一般要求

#### 8.1.1 检测计划

使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

#### 8.1.2 检测仪器

应选用合适的放射防护检测仪器，并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。

## 8.2 探伤机检测

### 8.2.1 防护性能检测

#### 8.2.1.1 检测方法

X射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行； $\gamma$ 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 14058 的要求进行。

#### 8.2.1.2 检测周期

使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。

#### 8.2.1.3 结果评价

X射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。 $\gamma$ 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.2.1.1 条的要求。

## 8.3 探伤室放射防护检测

### 8.3.1 检测条件

检测条件应符合如下要求：

a) X射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。

b)  $\gamma$ 射线探伤验收检测时，应在额定装源活度、没有探伤工件、探伤机置于与测试点可能的最近位置进行；常规检测时，按照实际工作状态进行检测。

### 8.3.2 辐射水平巡测

探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30 cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：

a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响；

b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门、门四周的辐射水平；探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。

c) 设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。

### 8.3.3 辐射水平定点检测

一般情况下应检测以下各点：

a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

b) 探伤室门外 30 cm 离地面高度为 1 m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；

c) 探伤室墙外或邻室墙外 30 cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；

d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30 cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；

e) 人员经常活动的位置；

f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。

### 8.3.4 检测周期

探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当 $\gamma$ 射线探伤放射源的活度增加时，或者 X 射线探伤机额定电压增大时，应重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。

### 8.3.5 结果评价

探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。

## 8.5 放射工作人员个人监测

8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。

8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。

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

本标准规定了工业 X 射线探伤室屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平 ( $H_c$ ) 和导出剂量率参考控制水平 ( $\dot{H}_{c,d}$ ) :

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平  $H_c$ ，如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应  $H_c$  的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 按式 (1) 计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{式 (1)}$$

式中：

$H_c$ ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周 ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )；

$U$ ——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；

$t$ ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周 (h/周)。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

c) 关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  为上述 a) 中的  $\dot{H}_{c,d}$  和 b) 中的  $\dot{H}_{c,max}$  二者的较小值。

由于本项目探伤室顶棚为人员不可到达处，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：

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  $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

因此，本项目探伤室顶棚顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平取

100 $\mu$ Sv/h。

### 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,不需要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。

### 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,按最高管电压和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。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

浙江台州湾海工新能源装备有限公司位于浙江省台州市三门县健跳镇望海路 48 号，东侧为浙江成洲船业有限公司，南侧为北塘路，西侧为砂石堆场，北侧为海滩。项目地理位置见附图 1。

建设单位拟在厂区车间 1 内建设 1 间探伤室（单层）及其配套功能用房。其中配套功能用房共 2 层，位于探伤室正北侧，一层为操作室，二层为洗片室和阅片室；并购置 1 台 XXG3505C-XK3.3 型 X 射线探伤机（周向机）。本项目辐射工作场所位置见附图 3。本项目拟建探伤室及周边环境现场照片见附图 7。

### 8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测方案

#### 8.2.1 环境现状评价对象

拟建探伤室及其周围辐射环境本底水平

#### 8.2.2 监测因子

$\gamma$ 辐射剂量率

#### 8.2.3 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2025 年 11 月 20 日
- (3) 监测方式：现场监测
- (4) 监测依据：《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- (5) 监测频次：现场监测一次
- (6) 监测工况：辐射环境本底
- (7) 天气环境条件：温度：20℃，湿度：55%RH，晴天
- (8) 监测报告编号：BG-GAHJ25380506-R
- (9) 监测设备

表 8-1 X、 $\gamma$ 辐射剂量当量率仪参数

仪器名称	X、 $\gamma$ 辐射剂量当量率仪
仪器型号	FH40G-L10+FHZ672E-10
生产厂家	Thermo SCIENTITIC
仪器编号	05035404
能量范围	30keV~4.4MeV
量 程	主机：10nSv/h~100mSv/h；探头：1nSv/h~100 $\mu$ Sv/h
检定/校准单位	上海市计量测试技术研究院，华东国家计量测试中心
检定证书	2025H21-20-5778968001
检定有效期	2025 年 03 月 13 日~2026 年 03 月 12 日
校准证书	2025H21-10-5778968002
校准日期	2025 年 03 月 13 日

#### 8.2.4 质量保证措施

(1) 本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有浙江省市场监督管理局颁发的资质认定证书，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

(2) 采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

(3) 监测仪器每年定期经计量部门校准或检定，检定或校准合格后方可使用。

(4) 监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

(5) 监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

### 8.3 监测点位及结果

根据项目的平面布置及项目情况，在项目拟建位置均匀布设监测点，并在主要辐射工作场所拟建区域周围布点。本项目辐射环境现状监测点位图见图 8-1，各监测点位的监测结果见表 8-2。



图 8-1 本项目 X-γ辐射监测布点示意图

表 8-2 辐射环境现状监测布点及结果一览表

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)	备注
1	拟建探伤室位置	79.7±2.0	室外
2	拟建探伤室东侧车间 1 点位 1	79.3±1.5	室外
3	车间 1 东侧厂区内道路	74.0±2.0	室外
4	拟建探伤室南侧车间 1 点位 2	85.9±2.1	室外
5	车间 1 点位 3	91.3±3.0	室外
6	拟建探伤室西侧砂石堆场点位	108±3	室外
7	拟建探伤室北侧厂区内道路	77.6±1.6	室外
8	北侧海滩	68.5±1.9	室外
9	车间 2	90.3±2.9	室外
10	车间 3	86.1±2.8	室外
11	宿舍楼 (员工倒班宿舍)	72.6±2.1	室外
12	车间 1 南侧厂区内道路	79.4±1.7	室外

注 1、测量时探头距离地面约 1m;

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值, 以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值;

3、环境γ辐射空气吸收剂量率=仪器读数平均值×仪器校准因子  $k_1$ ×仪器检验源效率因子  $k_2$ ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子  $k_3$ ×测量点宇宙射线响应值  $D_c$ , 校准因子  $k_1$  为 1.14, 仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准, 效率因子  $k_2$  取 1, 换算系数为 1.20Sv/Gy,  $k_3$  楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1, 测量点宇宙射线的响应值为 \*nGy/h (监测地址: 宁波东钱湖湖水水面, 监测时间: 2024 年 9 月 11 日)。

## 8.4 环境现状调查结果的评价

由监测结果可知, 本项目探伤室拟建区域及周围环境室外原野和道路γ辐射剂量率范围为 68.5~108nGy/h, 即  $6.85\text{E}-08\sim 10.8\text{E}-08\text{Gy/h}$ 。

根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，台州地区道路 $\gamma$ 辐射剂量率在  $5.0\text{E-}08\sim 14.2\text{E-}08\text{Gy/h}$  之间；原野 $\gamma$ 辐射剂量率在  $4.1\text{E-}08\text{nGy/h}\sim 12.0\text{E-}08\text{nGy/h}$  之间。

可见本项目探伤室拟建区域及周围室外环境的 $\gamma$ 辐射水平处于当地天然辐射水平范围之内，未见异常。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期工程分析

本项目辐射工作场所位于浙江台州湾海工新能源装备有限公司车间 1 内，有关车间的主体工程的施工期环境影响已在《浙江台州湾海工新能源装备有限公司年产 40 万吨海工钢构和新能源装备生产基地环境影响报告书》进行了具体分析与评价。本次评价不再做主体工程（主体开挖、场地清理等）相关的环境影响评价。本次环评项目施工期内容主要包括混凝土的浇筑以及辐射安全防护设施、防护门、设备安装（视频、监控以及联锁装置等安全装置安装，配套用房装修）等，射线装置的安装调试等内容，整个工期为 4 个月。

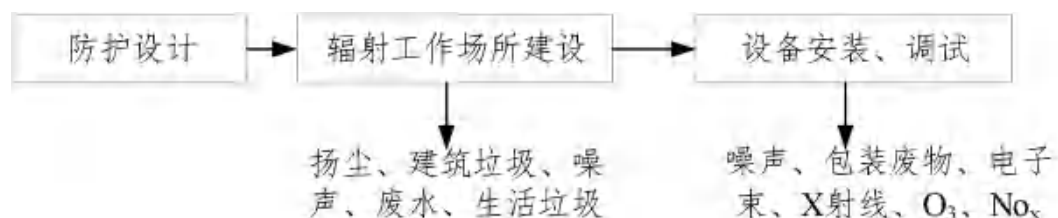


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节

本项目施工期污染物主要包括：

#### (1) 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水仅为建筑材料拌合过程可能产生的废水，通过进入物料而自然蒸发耗散，生活污水产量较小，经厂区化粪池处理后，由槽罐车运至三门县健跳镇污水处理厂处理后统一排放，不得随意排放。

#### (2) 废气

施工过程中会产生扬尘。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

装修过程会产生装修废气，在加强通风或室内空气净化措施后，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

#### (3) 噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及浇筑施工产生的噪声，应合理制定施工计划，避开午休时间；施工设备应考虑选择低噪音设备，防止噪声超标；合理

布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声障。

#### (4) 固废

施工过程中会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建筑垃圾、装修垃圾部分回收利用，剩余部分由施工单位外运至建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾产生量不大，由建设单位进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

#### (5) 设备的安装、调试

设备安装调试过程中主要污染包括设备的包装废物和调试时产生的 X 射线。安装过程中产生的包装废物由环卫部门运走统一处理，设备的安装调试均在本项目探伤室内进行，届时探伤室墙体等屏蔽措施已建成，具有足够的辐射屏蔽能力，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的，不会对环境产生明显影响。

## 9.2 工程设备和工艺分析

### 9.2.1 设备技术参数

本项目 X 射线探伤机主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 X 射线探伤机主要技术参数

设备名称	型号	输出管电压	输出管电流	焦点尺寸	最大射线辐射角度	灵敏度	穿透力
X 射线探伤机	XXG3505 C-XK3.3	200kV~ 350kV	2~5mA	1.0mm×2.5mm	360×30°	≤1.8%	50mm (A3 钢)

### 9.2.2 X 射线探伤机结构

X 射线探伤机是由 X 射线发生器、控制器、连接电缆、机械支架及附件组成。X 射线探伤机外观图见图 9-2。

#### (1) 控制器

探伤机控制器所有操作均由面板上的按键开关进行。电缆插座、电源开关及接地端设置在接线盒内。控制器由控制板、电容板、供电电源板、前面板、电感线圈、IGBT 斩波模块构成。控制器设置有急停按钮、工作状态指示灯等。

#### (2) X 射线发生器

探伤机 X 射线发生器为组合式，X 射线管、高压发生器与绝缘气体一起封装在桶状铝壳内。X 射线发生器一端装有风扇和散热器。X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表、连接电缆插座、警示灯、X 射线管冷却风扇、充、放气阀部件构成。



图 9-2 典型 X 射线探伤机外观图

### 9.2.3 工作原理

#### (1) X 射线产生原理

探伤机产生 X 射线的核心部件—X 射线管主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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 射线管基本结构如图 9-3 所示。

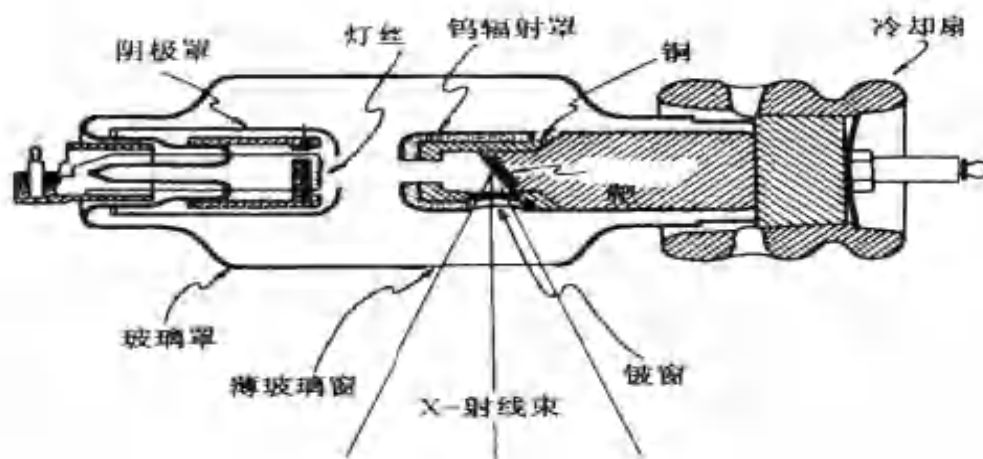


图9-3 X射线管基本结构图

#### (2) 胶片成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线还有个重要性质，就是能使胶片感

光，当 X 射线照射胶片时，与普通光线一样，能使胶片乳剂层中的卤化银产生潜象中心，经过显影和定影后就黑化，接收射线越多的部位黑化程度越高，这个作用叫做射线的照相作用。把这种曝光过的胶片在暗室中经过显影、定影、水洗和干燥，再将干燥的底片放在观灯片上观察，根据底片上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，从而达到 X 射线无损检测的目的。

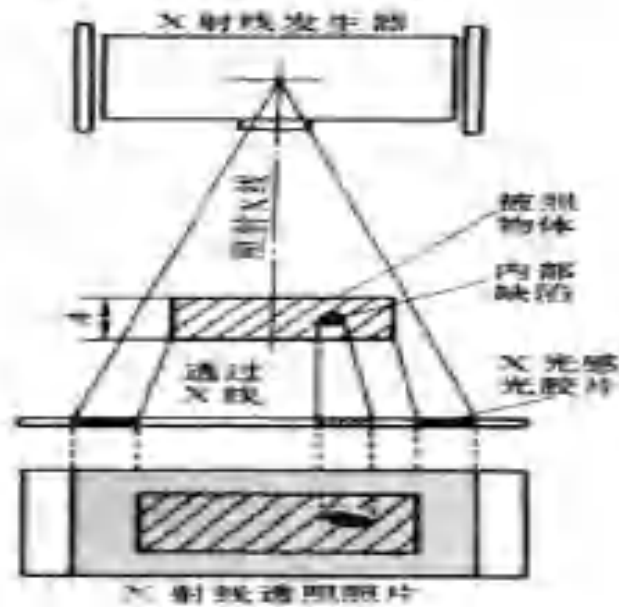


图 9-4 成像原理示意图

#### 9.2.4 工作流程及产污分析

本项目探伤机在固定的探伤室内使用（如图 10-1 所示），将需要进行射线探伤的工件经轨道运送至探伤室内合适位置，在工件待检部位布设 X 射线胶片加以编号，检查无误，摆放 X 射线探伤机，工作人员撤离探伤室，并将工作门关闭，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，开启 X 射线管进行扫描。X 射线管开启后，防护门外指示灯亮，并发出警报声。扫描完成后，关闭电源，指示灯熄灭。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，取下胶片于洗片室冲洗处理后，在阅片室给予评片，完成一次探伤。本项目探伤室工作流程及产污环节分析图如图 9-5 所示。

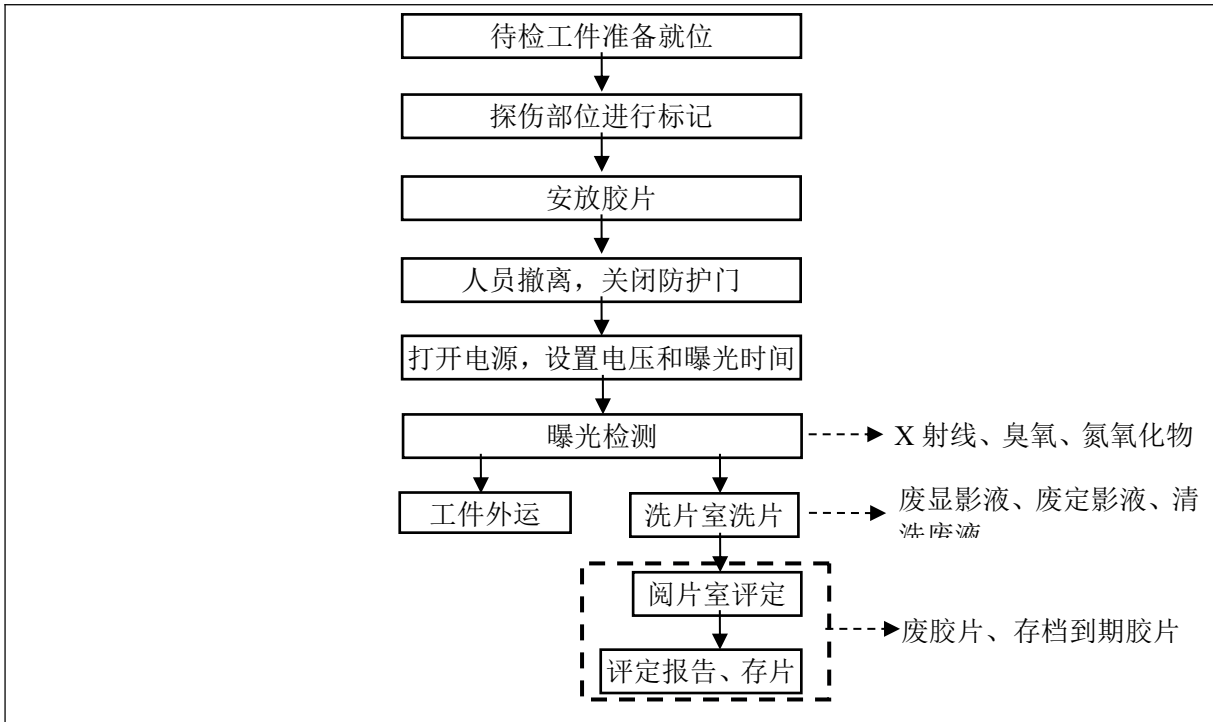


图 9-5 工作流程及产污环节分析图

由图 9-5 可知，本项目 X 射线探伤机运营中产生的主要污染物为 X 射线、臭氧、氮氧化物、废显影液、废定影液、清洗废液、废胶片、存档到期胶片。

### 9.2.5 人员配置及工作负荷

建设单位为首次开展核技术利用项目，计划配备 2 名辐射工作人员，实行单班制，日工作 8h，年工作 40 周，每周工作 5 天，年工作 200 天，能够满足运行需求。

根据建设单位提供的资料，本项目待检工件尺寸为建设单位生产的工件，工件材质、尺寸各异，筒经管长为 3~12m，筒体直径 1~6.5m。根据工件的尺寸大小，本项目 X 射线探伤机检测一次约 40min，其中曝光出束时间最大为 25min。本项目设备最大曝光次数约 8 次/天、1600 次/年，则本项目设备日曝光工作时间最长为 3.33h，周曝光工作时间最长为 16.67h，年曝光工作时间最长为 666.67h。

## 9.3 污染源项分析

### 9.3.1 正常工况

#### 1、X 射线

本项目 X 射线探伤机为 II 类射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、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线状

态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

## 2、非放射性污染因子

### （1）废气

本项目X射线探伤机在开机状态下，X射线会与空气电离产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）。

### （2）废水

项目运行后，产生的废水主要为辐射工作人员的生活污水。

根据《浙江省用（取）水定额》（2025年版）中“表 72 居民生活用水定额 ED101 城市居民 120-180L/（人\*日）”，本项目 2 名辐射工作人员产生的生活用水按每人每天 180L 计算，年工作 200 天，则生活污水产生量为 0.36m<sup>3</sup>/d，72m<sup>3</sup>/a；排污系数取 0.8，则生活污水排放量为 0.29m<sup>3</sup>/d，57.6m<sup>3</sup>/a。

### （3）噪声

本项目探伤室设置 1 套机械排风系统，建设单位使用低噪声设备，排风系统风机噪声值约 65dB(A)。

### （4）固体废物

探伤机使用一定年限后，射线装置可能不能正常工作，报废成为固体废物，建设单位拟在厂房内对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，由厂家回收处理。拆机时射线装置断电，不会产生 X 射线。

#### ①生活垃圾

项目运行后，产生的固体废物主要为辐射工作人员的生活垃圾。本项目运营期固废主要为工作人员的生活垃圾，本项目辐射工作人员为 2 人。生活垃圾每天产生量约 0.5kg/人，生活垃圾产生量为 1kg/d，0.2t/a。

#### ②危险废物

本项目 X 射线探伤机工作过程中会产生废显影液、废定影液、清洗废液、废胶片和存档到期胶片。

##### A、废胶片和存档到期胶片

本项目探伤机曝光时产生的废胶片和存档到期的胶片均为危险废物。废胶片暂存于危废/危化仓库，定期交由有危险废物资质单位处置。合格胶片存于阅片室内，存档

到期胶片不在厂区内暂存，直接交由有资质单位处置。

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28512张/年，存于资料室内，存档期限为7年；存档满7年后的胶片全部作为危险废物交由有资质单位处理处置，不在厂区内暂存。基于本项目运行的第8年开始，存档期满后产生的废胶片约28512张，胶片按10g/张折算，折合重量约285kg/a。

本项目探伤机曝光时产生的废胶片（废片率按1%年使用量估算）约288张，胶片按10g/张折算，则年产生废胶片约3kg。

废胶片和存档到期胶片均属于国家危险废物名录（2025年版）中感光材料废物HW16（900-019-16），均委托有资质单位进行处置。

#### B、洗片废液

洗片废液分为废定影液、废显影液、清洗废液。本项目探伤室洗片量较少，显影液每4个月更换一次，则年产生量最多350kg/a；定影液6个月更换一次，则年产生量最多140kg/a。本项目采用手工洗片，洗片过程中进行两次自来水清洗（停影槽、漂洗槽），清洗水循环使用，直到不能满足清洗要求后再行更换。根据探伤室的洗片量，一般清洗废液1个月更换一次，一次产生清洗废液约70kg，年产生量约840kg。

根据建设单位提供的资料，本项目液态危险废物年产生量约1.33吨。根据《国家危险废物名录（2025年版）》中的危险废物划分类别，该废显影液、废定影液属于感光材料废物，危废代码为HW16：900-019-16，危险特性是毒性（T），无放射性。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物的名称、数量、类别、形态、危险特性和污染防治措施等内容，具体见表9-2。

表9-2 本项目危险废物基本情况汇总表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量（吨/年）	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	废胶片	HW16	900-019-16	0.003	洗片	固态	明胶卤化银	重金属银	显影液、定影液用完时	T	依托厂区的危废/危化仓库，定期委托有资质单位处置。

2	存档到期胶片	HW1 6	900-0 19-16	0.285	阅片后 存档 到期	固态	明胶卤 化银		存档 到期 后	T	存档到期胶片不在 厂区内暂存，直接交 由有资质单位处置
3	洗片废 液（废显 影液、废 定影液、 清洗废 液）	HW1 6	900-0 19-16	1.33	洗片	液态	对苯二 酚亚硫 酸钠重 金属银		洗片 结束 后	T	使用专用的容器收 集，依托厂区的危废 /危化仓库，定期委 托有资质单位处置。

### 9.3.2 非正常工况

根据建设单位 X 射线探伤机的使用特点，在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射：

(1) 辐射工作人员滞留探伤室内时，外面人员启动 X 射线探伤机进行探伤，造成工作人员被误照，引发辐射事故。

(2) 安全联锁装置发生故障，探伤室的防护门未关闭时，外面人员启动 X 射线探伤机进行检测，造成有关人员被误照，引发辐射事故。

(3) 安全联锁装置发生故障，无关人员打开探伤室的防护门，造成人员被照射，引发辐射事故。

非正常工况污染源项同正常工况。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 辐射工作场所布局及合理性分析

本项目辐射工作场所位于浙江台州湾海工新能源装备有限公司车间 1 内西北侧，车间 1 平面布局见附图 4，辐射工作场所周围相邻区域布局情况见表 10-1 和图 10-1。

表 10-1 辐射工作场所位置及周围相邻区域布局情况一览表

辐射场所	方位	周边房间及场所
探伤室	东侧	车间通道
	南侧	工件进出通道
	西侧	不进入通道
	北侧	辅助用房一层：操作室； 二层：洗片室和阅片室
	楼上	不可上人屋面

本项目拟建探伤室位于浙江台州湾海工新能源装备有限公司车间1（单体建筑，无地下层）内西北侧，避开了公司内部人群较多的办公楼；探伤室高8m，四侧墙体不设置爬梯，屋面为不可上人屋面，屋面周边设置有“严禁攀爬、危险”警示标识；探伤室的北侧为2层的辅助用房（一层为操作室，二层为洗片室和阅片室）；探伤室有迷道设计，操作室的控制台区位于迷道的北侧；探伤室有两扇防护门，分别位于探伤室南、北两侧；探伤室地面设置有轨道，方便工件的出入。本项目探伤室的平面布置既满足探伤工作的开展需求，利于各工艺程序的衔接，也便于辐射防护分区管理。

本项目操作室控制台区不在本项目有用线束直接照射范围内。本项目探伤工作场所与其他非辐射工作人员活动区相隔一定距离，辐射工作区相对独立；探伤室门设计时已考虑尽量减小与墙体间的门缝，门洞周边做搭接设计，搭接宽度大于门墙间隙的10倍。探伤机工作过程中产生的X射线经屏蔽墙（混凝土）和屏蔽门后并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。本项目探伤工作场所的平面布置便于工件运输，能满足安全生产的需要；探伤室内尺寸及门洞尺寸满足工件进出要求，又便于进行分区管理和辐射防护，且射线朝向人员较少区域，从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理可行的。

#### 10.1.2 两区划分

为加强射线装置所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定辐射控制区和监督区。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对防护安全的要

求：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。

本项目将探伤室内部及迷道划分为控制区，设备出束时，任何人员不得停留/进入控制区；将一层探伤室北侧的操作室、探伤室的东侧、南侧和西侧墙体外 1m 及工件门外 1m，二层探伤室北侧的洗片室和阅片室划分为监督区，在监督区入口设立电离辐射警告标识或监督区边界地面划警示线，无关人员不得进入监督区。本项目辐射工作场所的分区管理划分见图 10-1 与表 10-2。

表10-2 本项目辐射工作场所两区划分

辐射工作场所	控制区	监督区
探伤室	探伤室内部及迷道	一层探伤室北侧的操作室、探伤室的东侧、南侧和西侧墙体外1m及工件门外1m 二层探伤室北侧的洗片室和阅片室

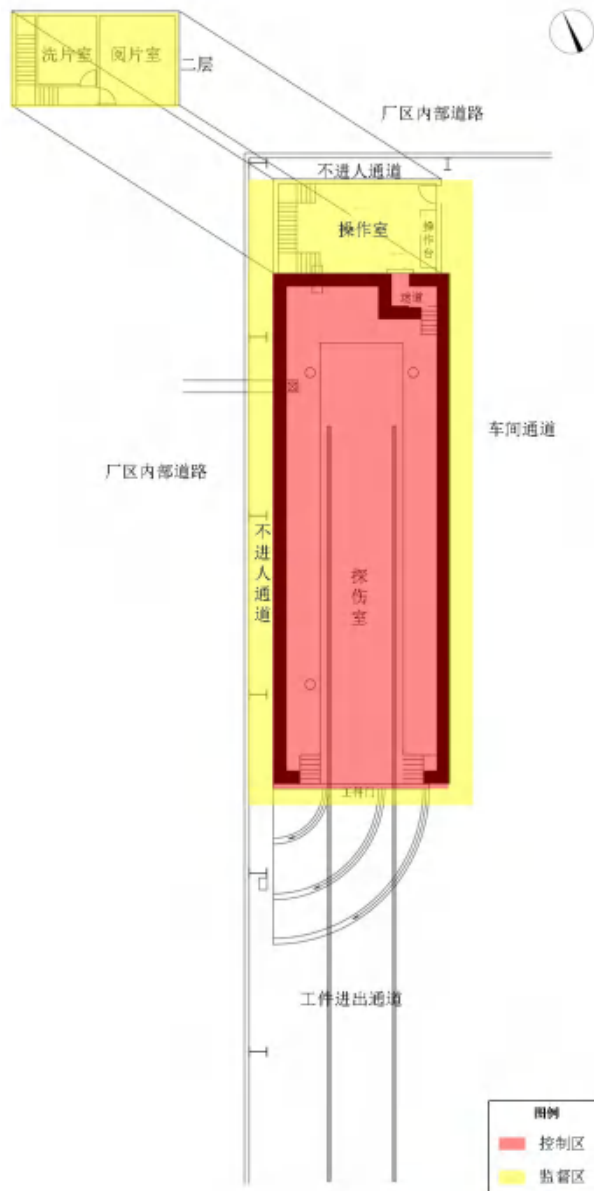


图 10-1 本项目探伤室平面布局及两区划分图

### 10.1.3 辐射安全防护及环保设施

#### (1) 屏蔽设计采取措施

根据建设单位提供的探伤室设计资料可知，本项目拟建的探伤室为一层建筑，为混凝土浇筑而成，净尺寸为长 25.7m×宽 8.9m×高 8m，全无窗设计。

拟建探伤室的屏蔽情况见表 10-3，防护设计见附图 5。

表 10-3 本项目探伤室屏蔽防护设计情况一览表

项目	设计情况
四侧墙体	650mm 混凝土
顶棚	520mm 混凝土
地面	满足承重要求的混凝土结构，无地下层，无需额外屏蔽措施
工件防护门（1 扇）	内衬 15mm 厚铅板
人员防护门（1 扇）	内衬 15mm 厚铅板
迷道	“S”型迷道，迷道宽 0.8m~1.0m，高 2.7~7.5m。 迷道为 650mm 混凝土。
排风管	排风管道拟从探伤室西侧墙底 U 形穿越西侧墙体，排风管道穿出探伤室后在探伤室顶棚上方位置向西穿过车间 1 西侧墙体，排风口位于车间 1 西侧墙体，
电缆孔	地下 U 形电缆孔，内加 5mmPb 屏蔽补偿。

注：混凝土密度不小于 2.35t/m<sup>3</sup>，铅密度不小于 11.34g/cm<sup>3</sup>。

#### (2) 辐射安全装置和防护措施

①实体屏蔽：本项目采用混凝土浇筑的探伤室和铅防护门进行屏蔽，可保证设备运行过程中屏蔽体外剂量率满足标准要求，人员在屏蔽体外远程操作，可保障工作人员在操作设备过程中的安全。

②人员防护措施：工作人员进行探伤工作时，佩戴个人剂量报警仪，随时监测工作场所辐射剂量率变化情况。所有辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，并定期送有资质的单位进行监测。本项目拟配备 1 台辐射巡测仪，为每个辐射工作人员配备个人剂量计，配备 2 台个人剂量报警仪。

③门机联锁：本项目探伤室内探伤机与人员防护门和工件防护门均设置有门-机联锁装置，在人员防护门和工件防护门均关闭后才能进行探伤作业。在探伤过程中，任意防护门被打开时，设备立即停止出束并断开电源。门-机联锁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。防护门为电动移门，防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射，防护门宽于门洞的部分大于“门-墙”间隙的十倍。

④指示灯和声音提示装置：探伤室门口和内部拟设有显示“预备”和“照射”状

态的指示灯和声音提示装置，并与本项目探伤机联锁。“预备”和“照射”状态有明显区别，且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，“预备”信号持续时间足够长，以确保无人员停留在探伤室内。探伤室门内、外醒目位置处拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

⑤视频监控装置：探伤室内和探伤室出入口处均安装视频监控系统，并在操作室有专用的监视器，工作人员能在操作室实时监控探伤室内人员活动和探伤设备的运行情况，如果出现异常能迅速启动急停装置。

⑥紧急停机按钮：在探伤室内墙和操作室控制台上易于接触的地方均设置多个紧急停机按钮，且相互串联，按下按钮后，探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束。紧急停机按钮的设置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。紧急停机按钮拟设置标签，标明使用方法。

⑦警告标识：探伤室人员防护门与工件防护门上醒目处拟张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。探伤室外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

⑧固定式场所辐射探测报警装置：拟在探伤室内配置一台固定式场所辐射剂量探测报警装置。

⑨X-γ辐射剂量率巡测仪：建设单位拟配备 1 台 X-γ辐射剂量率巡测仪，拟每季度使用便携式辐射巡测仪对探伤室四周周围剂量当量率进行巡测，如有异常，将立即切断电源，停止工作。应及时通知厂家对该设备进行维修维护，并委托有资质的机构对维修后设备的辐射防护性能进行检测，确保辐射水平达标后方可继续使用该设备；或委托有资质的机构对机房的实体屏蔽物进行检修维护，确保辐射水平达标后方可继续开展工作。

⑩排风装置：本项目探伤室体积约 1390m<sup>3</sup>，探伤室内拟设置 1 套机械通风装置，风机采用 SF6-4（2.2KW-380V）型号，设计排风量为 18700m<sup>3</sup>/h，每小时有效通风换气次数约 13 次。排风管道采用铁皮材质，拟从探伤室西侧墙底以“U”形穿越西侧墙体，排风管道穿出探伤室沿墙体向顶棚敷设，最终在探伤室顶棚上方位置向西穿过车间 1 西侧墙体，排风口位于车间 1 西侧墙体，臭氧及氮氧化物通过机械通风装置排出室外，不会朝向人员活动密集区。

⑪探伤室施工时注意施工质量，混凝土浇筑时避免出现气泡、麻脸，确保砂浆饱满，不留空隙。屏蔽墙内不可埋设电线管、安装电器盒，保证每个位置达到同等的屏

蔽效果。

⑫本项目探伤室高 8m，四侧墙体不设置爬梯，屋面不可上人。为防范风险，已在屋面周边设置“严禁攀爬、危险”警示标识，并将通过专项教育严禁人员攀爬，辅以定期巡查，确保警示有效，杜绝人员误入。

本项目探伤室的辐射安全防护措施和设施示意图见图 10-2。

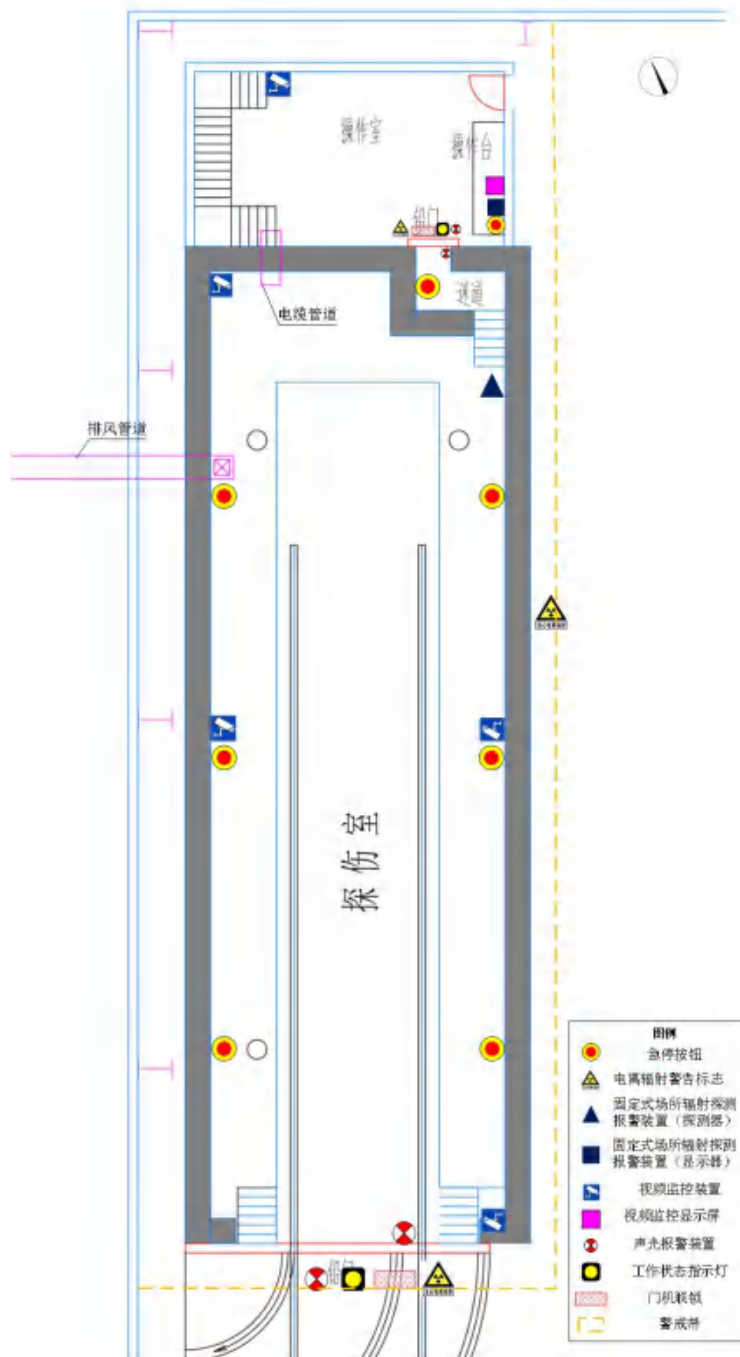


图 10-2 本项目防护措施位置示意图

根据上文介绍，项目拟采取的辐射安全与防护措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求对比情况见表 10-4 所示。

表 10-4 本项目工作场所辐射安全与防护措施符合性分析

标准要求	项目情况	符合性
6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避免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。	本项目 XXG3505C-XK3.3 型 X 射线探伤机有用线束照射方向为东西上下 360° 方向，可能照射到的屏蔽体为东墙、西墙、顶棚和地坪；操作室控制台位于探伤室北侧屏蔽体外，避开了有用线束照射的方向。本项目探伤室采用混凝土和铅防护门进行屏蔽，可保证设备运行过程中屏蔽体外剂量率满足标准要求，人员在屏蔽体外远程操作，可保障工作人员在操作设备过程中的安全。经计算各侧屏蔽措施均符合要求。	符合
6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。	本项目将探伤室内部及迷道划分为控制区，设备出束时，任何人员不得停留/进入控制区；将一层探伤室北侧的操作室、探伤室的东侧、南侧和西侧墙体外 1m 及工件门外 1m，二层探伤室北侧的洗片室和阅片室划分为监督区，在监督区入口设立电离辐射警告标识或监督区边界地面划警示线，无关人员不得进入监督区。	符合
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。	本项目探伤室内探伤机与人员防护门和工件防护门均设置有门-机联锁装置，在人员防护门和工件防护门均关闭后才能进行探伤作业。在探伤过程中，任意防护门被打开时，设备立即停止出束并断开电源。门-机联锁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。防护门为电动移门，防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射，防护门宽于门洞的部分大于“门-墙”间隙的十倍。	符合
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。	探伤室门口和内部拟设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与本项目探伤机联锁。“预备”和“照射”状态有明显区别，且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，“预备”信号持续时间足够长，以确保无人员停留在探伤室内。探伤室门内、外醒目位置处拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	符合
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。	探伤室内和探伤室出入口处均安装视频监控系统，并在操作室有专用的监视器，工作人员能在操作室实时监控探伤室内人员活动和探伤设备的运行情况，如果出现异常能迅速启动急停装置。	符合
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	探伤室人员防护门与工件防护门上醒目处拟张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。探	符合

明。	伤室外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。	
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。	探伤室内墙和操作室控制台上易于接触的地方均设置 8 个紧急停机按钮（分别位于东西侧墙体上和迷道内），且相互串联，按下按钮后，探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束。紧急停机按钮的设置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。紧急停机按钮拟设置标签，标明使用方法。	符合
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。	本项目 X 射线探伤机在运行过程中会产生少量的臭氧及氮氧化物，根据设计方案，探伤室内拟设置 1 套机械通风装置，风机采用 SF6-4（2.2KW-380V）型号，设计排风量为 18700m <sup>3</sup> /h，每小时有效通风换气次数约 13 次。排风管道采用铁皮材质，排风管道穿出探伤室沿墙体向顶棚敷设，最终在探伤室顶棚上方位置向西穿过车间 1 西侧墙体，排风口位于车间 1 西侧墙体，臭氧及氮氧化物通过机械通风装置排出室外，排风口位于车间 1 西侧墙体，不会朝向人员活动密集区。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目探伤室内配置 1 套固定式场所辐射探测报警装置。显示器安装在操作室控制台上，探头安装在探伤室内。	符合
6.2.2 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。	工作人员进行探伤工作时，佩戴个人剂量报警仪，随时监测工作场所辐射剂量率变化情况。所有辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，并定期送有资质的单位进行监测。本项目为每个辐射工作人员配备个人剂量计，配备 2 台个人剂量报警仪。本项目拟配备 1 台辐射巡测仪，每季度使用便携式辐射巡测仪对探伤室四周周围剂量当量率进行巡测，如有异常，将立即切断电源，停止工作。应及时通知厂家对该设备进行维修维护，并委托有资质的机构对维修后设备的辐射防护性能进行检测，确保辐射水平达标后方可继续使用该设备；或委托有资质的机构对机房的实体屏蔽物进行检修维护，确保辐射水平达标后方可继续开展工作。	符合

#### 10.1.4 设备的检查和维护

##### (1) 工作前检查项目应包括：

- ①探伤机外观是否完好；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；
- ③安全连锁是否正常工作；
- ④报警设备和警示灯是否正常运行；

- ⑤螺栓等连接件是否连接良好；
- ⑥探伤室内安装的固定辐射检测仪是否正常。

**(2) 建设单位的定期检查：**

- ①电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；
- ②所有的联锁和紧急停机开关的检查；
- ③探伤室内安装的固定辐射检测仪的检查；
- ④制造商推荐的其他常规检测项目。

**(3) 设备维护应符合下列要求：**

- ①建设单位应对本项目的设备维护负责，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；
- ②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；
- ③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；
- ④应做好设备维护记录。

## **10.2 三废的治理**

本项目运行过程中无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生。

**(1) 臭氧及氮氧化物**

根据 X 射线的工作原理，本项目 X 射线探伤机在工作时产生 X 射线，造成探伤室内空气电离，产生一定量的臭氧和氮氧化物。

本项目探伤室体积约 1390m<sup>3</sup>，探伤室内拟设置 1 套机械通风装置，风机采用 SF6-4 (2.2KW-380V) 型号，设计排风量为 18700m<sup>3</sup>/h，每小时有效通风换气次数约 13 次。排风管道采用铁皮材质，排风管道穿出探伤室沿墙体向顶棚敷设，最终在探伤室顶棚上方位置向西穿过车间 1 西侧墙体，排风口位于车间 1 西侧墙体，臭氧及氮氧化物通过机械通风装置排出室外，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度，臭氧在一段时间内自动分解为氧气，其产生的臭氧及氮氧化物对环境的影响是可接受的。排风口位于车间 1 西侧墙体，不会朝向人员活动密集区。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“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。

**(2) 噪声**

探伤室所使用的风机为低噪声设备，其噪声值一般低于 65dB(A)，噪声对环境的

影响很小。

### (3) 危险废物

本项目洗片和阅片过程中会产生废显影液、废定影液、清洗废液、废胶片和存档到期胶片（存档到期胶片不在厂区内暂存，直接交由有资质单位处置）。根据建设单位提供资料，本项目产生的危险废物依托车间 1 东北侧拟建的危废/危化仓库暂存，转移过程需密闭并做好防倾洒。拟建危废/危化仓库约 49.88m<sup>2</sup>（4.26m×5.76m+4.4m×5.76m），贮存能力约 49.8t，建设单位生产线的危废产生量为 43.36t/a，危废不超过 2 个月周转一次。根据表 9-2，本项目危废产生量约 1.62t/a，建设单位设置的危废/危化仓库能够满足本项目暂存需求。

废胶片和存档到期胶片（危废代码为 HW16：900-019-16）拟使用专用密封包装并规范张贴危险废物标签。废显影液、废定影液和洗片废液（危废代码为 HW16：900-019-16）均采用防渗耐腐的密闭容器盛装，并在危废/危化仓库内设置防泄漏托盘。

危废/危化仓库需按要求设置地面硬化，需设立围堰，满足防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐等要求，并设置危废标识。危废由专人管理，本项目建成后，需建立危险废物管理台账，严格执行转移联单制度，确保与内部转运记录及电子转移联单信息一致、可追溯。建设单位应在本项目投产前与有资质的单位签订危险废物处置协议，确保全过程的合规管控。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023），危废/危化仓库的日常管理应做到：

- a. 专人管理，采取技术和管理措施防止无关人员进入；
- b. 贮存危险废物应根据危险废物的类别、形态、物理化学性质和污染防治要求进行分类贮存，且应避免危险废物与不相容的物质或材料接触；
- c. 针对不同类别、形态、物理化学性质的危险废物，其容器和包装物应满足相应的防渗、防漏、防腐和强度的高要求；
- d. 危险废物存入危废/危化仓库前应对危险废物类别和特性与危险废物标签等危险废物识别标志的一致性进行核验，不一致的或类别、特性不明的不应存入；
- e. 应定期检查危险废物贮存状况，及时清理贮存设施地面，更换破损泄漏的危险废物贮存容器和包装物，保证堆存危险废物的防雨、防风、防扬尘等设施功能完好；
- f. 应按国家有关标准和规定建立危险废物管理台账并保存；

g.应根据国家土壤和地下水污染防治的有关规定，结合危废/危化仓库特点建立土壤和地下水污染隐患排查制度，并定期开展隐患排查；发现隐患应及时采取措施消除隐患，并建立档案；

h.管理人员应做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。根据《危险废物转移管理办法》（2021年11月30日生态环境部、公安部、交通运输部令第23号）中第二十条规定“危险废物电子转移联单数据应在信息系统中至少保存十年”。

综上所述，本项目拟采取处置方案符合国家固体废物“资源化、减量化、无害化”基本原则，固废处置措施可行，在落实上述固废处置措施后，项目产生的固体废物不会对周围环境产生明显影响。

#### **(4) 生活污水**

项目运行后，会产生辐射工作人员的生活污水，生活污水依托建设单位已建的化粪池处理后，近期由槽罐车运至三门县健跳镇污水处理厂处理后统一排放，远期待区域污水管网建成后纳管排入三门县健跳镇污水处理厂处理后统一排放。

#### **(5) 生活垃圾**

项目运行后，会产生辐射工作人员的生活垃圾，生活垃圾由建设单位进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

**表 11 环境影响分析**

## **11.1建设阶段对环境的影响**

### **11.1.1 施工期环境影响分析**

#### **(1) 施工期一般环境影响**

本评价项目施工期的建设内容主要是辐射工作场所的建设，主要包括混凝土的浇筑以及辐射安全防护设施、防护门、设备安装等，工程量较少，环境影响主要来自混凝土的浇筑、设备安装等过程，主要环境影响因素包括废水、施工扬尘、噪声及固体废物等。

①项目施工期施工人员产生的生活污水经厂区化粪池处理后，由槽罐车运至三门县健跳镇污水处理厂处理后统一排放，不得随意排放。

②施工扬尘通过湿法作业和外围设置围挡等措施，能尽量降低其对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小。

③噪声主要是运输车辆和施工机械运行时的噪声，均为间歇性运行，运行时间短，并且均在本项目场地内施工。

④施工期间固体废物主要为建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾由建设单位进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

#### **机房施工质量措施：**

①在建设过程中严格按照施工规范进行施工，在探伤机房屏蔽体施工过程中，应连续整体浇筑，采取有效措施避免产生孔洞气泡，严格按照建筑设计规范和施工图纸要求设置伸缩缝，防止射线泄漏。

②施工单位应建立健全质量管理体系，拟定工程施工质量管理实施细则。浇筑混凝土前，应经过相关专业人员现场检验，并经监理人员书面认可后，方可浇筑；设备基础和重要预埋件的位置坐标，施工所选用的支护方法，必须保证精度需求。浇筑前应获得设备供应商和监理单位的认可；混凝土连续浇筑过程中需注意施工安全，防止意外发生。

③穿过机房墙体的各种管道、电缆不得影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，不得正对工作人员经停留的地点。

④建设单位应选择专业、有辐射防护工程施工经验的施工单位，并做好施工监督。

建设单位在施工阶段采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在局部区域，对环境的影响较小。

## **(2) 施工期辐射环境影响**

本项目探伤机只有在运行过程中出束时才会产生X射线，射线是随机器的开、关而产生和消失，因此，项目建设期不产生X射线辐射，亦无放射性废气、废水及固体废物产生。

### **11.1.2 安装调试阶段环境影响分析**

设备的调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行调试设备。在设备调试阶段，应加强辐射防护管理。设备的安装和调试均在探伤室内进行，经屏蔽防护后对周围环境的辐射影响将能够满足标准要求。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

## **11.2 运行阶段对环境的影响**

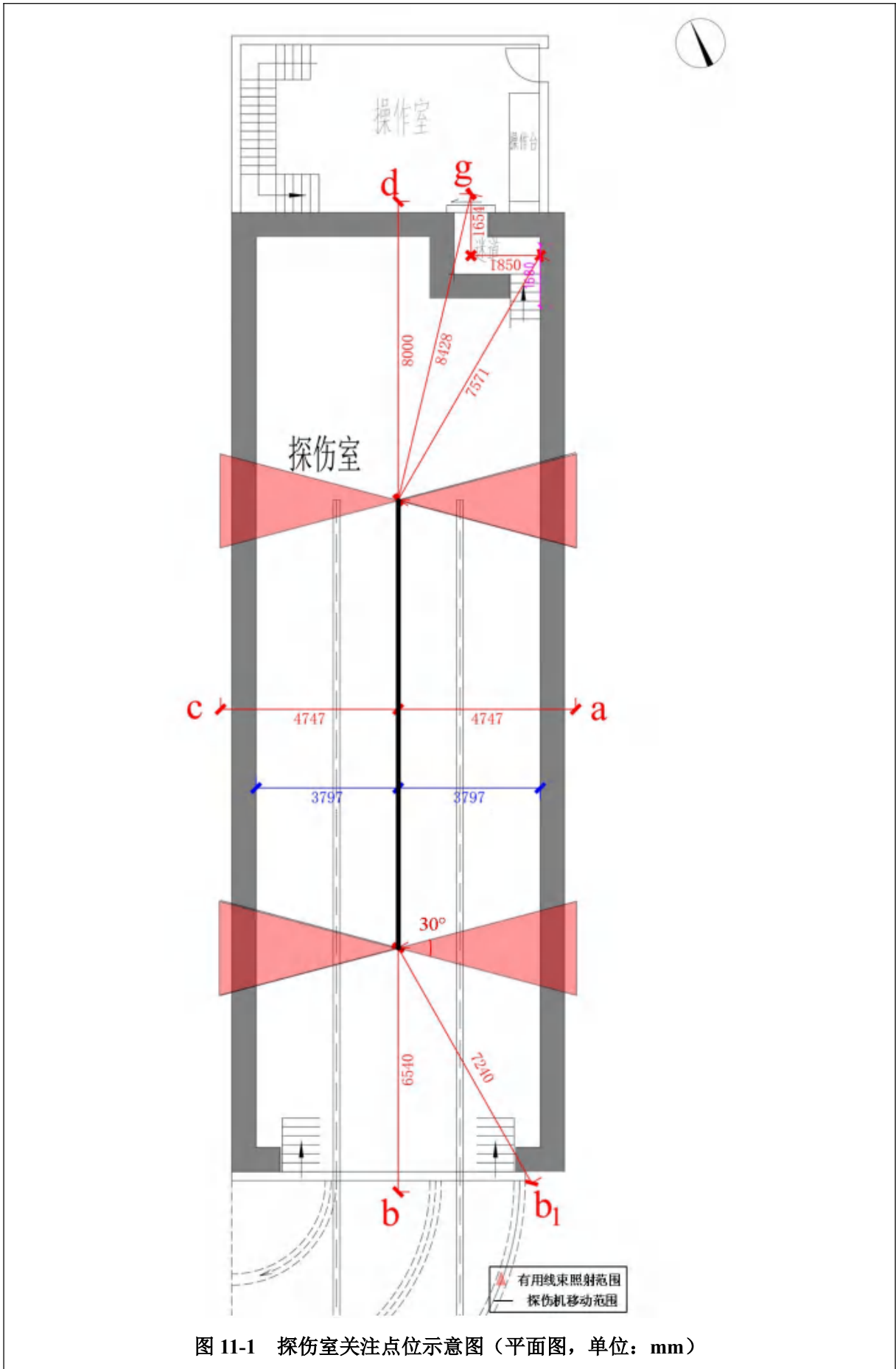
### **11.2.1 工作场所周围环境辐射影响分析**

本项目探伤机仅限在探伤室内工作，探伤机主要技术参数如表 1-1 所示；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 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改清单中计算方法进行理论计算验证。

结合探伤机摆放范围和图 11-1~11-3：本项目 350kV 的周向 X 射线探伤机，探伤室东、西两侧墙体和顶棚均以有用线束照射进行估算，而对探伤室南侧墙体（含工件门）、北侧墙体（含人员防护门）及辅助功能用房则以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）照射进行估算；探伤室无地下层，地面可以不进行关注点的相关计算。

#### **(1) 有用线束照射范围确定及关注点设置**

根据建设单位提供资料及表 1-2，周向探伤机对工件中间的 1 条环形焊缝进行探伤，探伤机摆放在工件中心位置，有用线束照射方向为东西上下 360°方向照射。探伤范围如下图所示：



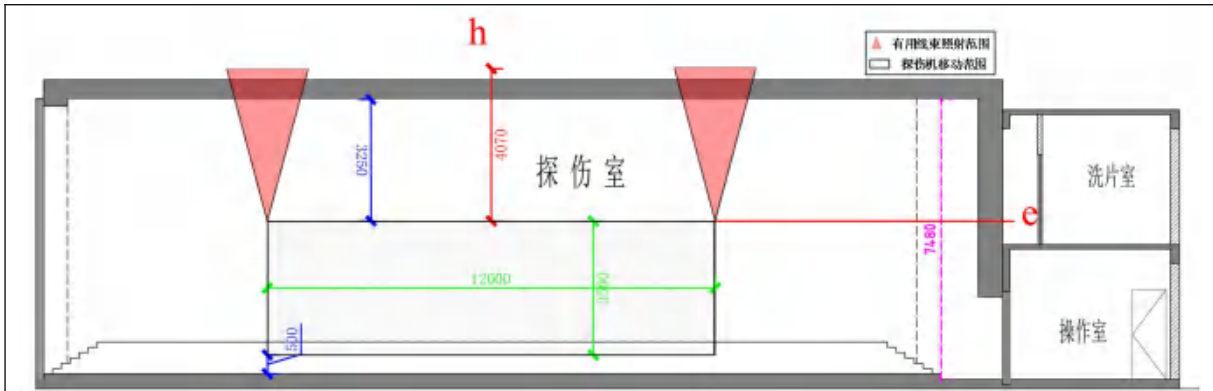


图11-2 探伤室关注点位示意图（南北方向剖面图，单位：mm）

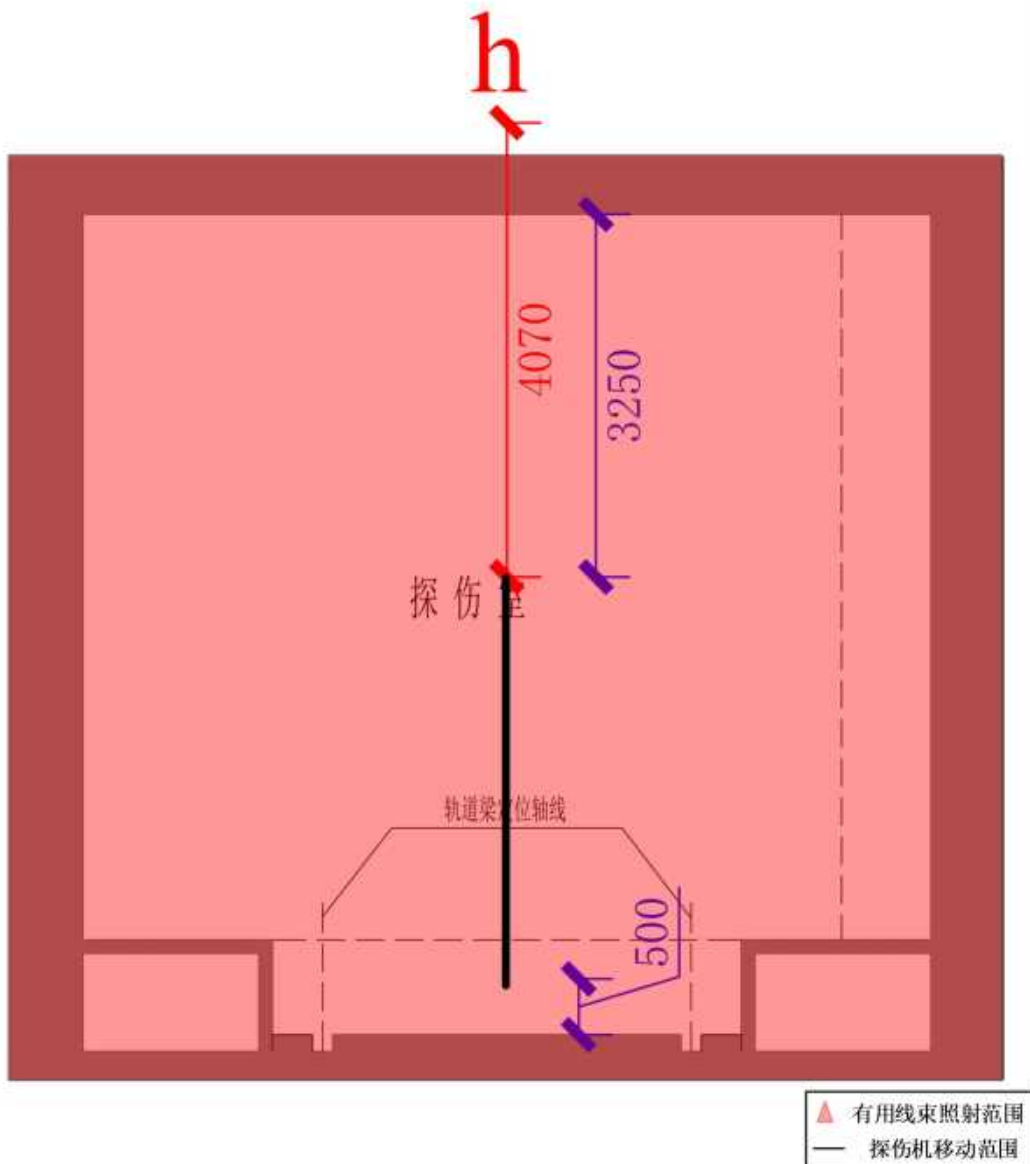


图 11-3 探伤室关注点位示意图（东西方向剖面图，单位：mm）

探伤室周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂

量) 应满足下列要求:

a) 周剂量参考控制水平 ( $H_c$ ) 和导出剂量率参考控制水平 ( $\dot{H}_{c,d}$ ):

①人员在关注点的周剂量参考控制水平  $H_c$  如下:

职业工作人员:  $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ;

公众:  $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

②相应  $H_c$  的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 按式 (11-1) 计算:

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{式 (11-1)}$$

式中:

$H_c$ ——周剂量参考控制水平, 单位为微希每周 ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ );

$U$ ——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;

$t$ ——探伤装置周照射时间, 单位为小时每周 ( $\text{h}/\text{周}$ )。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ;

c) 关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  为上述 a) 中的  $\dot{H}_{c,d}$  和 b) 中的  $\dot{H}_{c,max}$  二者的较小值。

根据建设单位提供的资料, 本项目设备主要进行工件无损检测工作, 拟配置 2 名辐射工作人员, 实行单班制, 辐射工作人员年工作 200 天, 每周工作 5 天, 本项目设备日曝光工作时间最长为 3.33h, 周曝光工作时间最长为 16.67h, 年曝光工作时间最长为 666.67h。

居留因子选取参考表 11-1。

表 11-1 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	控制台、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

注: 取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 A.1。

本项目探伤室周边关注点剂量率参考控制水平计算结果见表 11-2。

表 11-2 本项目探伤室周边关注点剂量率参考控制水平取值

方位	关注点	T	U	$H_c$ $\mu\text{Sv}/\text{周}$	$\dot{H}_{c,max}$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$	$\dot{H}_{c,d}$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$	$H_c$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$
东侧墙体外 30cm 处	a	1/4	1	5	2.5	1.2	1.2

南侧防护门外 30cm 处	b	1/4	1	5	2.5	1.2	1.2
南侧墙体外 30cm 处	b <sub>1</sub>	1/4	1	5	2.5	1.2	1.2
西侧墙体外 30cm 处	c	1/16	1	5	2.5	4.8	2.5
北侧墙体外 30cm 处（一层）	d	1	1	100	2.5	6.0	2.5
北侧防护门外 30cm 处（一层）	g	1	1	100	2.5	6.0	2.5
北侧墙体外 30cm 处（二层）	e	1	1	100	2.5	6.0	2.5
不可上人屋面	h	/	1	/	100	/	100

注：①探伤室所在车间共地上 1 层，无地下层，所以不在探伤室底部设置关注点；  
②西侧墙体外 30cm 处为不进人通道，居留因子保守均取 1/16；  
③探伤室屋顶为不可上人屋面，周围剂量当量率参考控制水平取 100 μSv/h。

## （2）公式及参数选取

### ①有用线束的屏蔽估算：

关注点的剂量率  $H$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按公式 (11-2) 计算：

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

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 350kV 探伤机最大管电流为 5mA；

$H_0$ ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以  $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$  为单位的值乘以  $6.0\times 10^4$ ；根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1 内插法取得，当管电压为 350kV、过滤条件：3mm 铜，输出量  $H_0=17.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即  $1.04\text{E}+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

$B$ ——屏蔽透射因子，本项目设备最大管电压 350kV 状态下屏蔽透射因子由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）图 B.2 取得，因图中无 350kV 下 X 射线穿过 520mm 混凝土和 650mm 混凝土的透射曲线，本项目保守考虑 300kV 和 400kV 下 X 射线穿过混凝土的透射曲线的取值，再根据内插法算出 350kV 下 X 射线穿过混凝土的透射曲线的取值。当管电压为 300kV，混凝土厚度为 520mm 时，X 射线穿过混凝土的透射因子为  $5.0\text{E}-06$ ；当管电压为 400kV，混凝土厚度为 520mm 时，X 射线穿过混凝土的透射因子为  $2.0\text{E}-05$ ；通过内插法计算得出：当管电压为 350kV，混凝土厚度为 520mm 时，X 射线穿过混凝土的透射因子为  $1.25\text{E}-05$ 。当管电压为 300kV，混凝土厚度为 590mm 时，X 射线穿过混凝土的透射因子为  $1.0\text{E}-06$ ；当管电压为 300kV，混凝土厚度为 60mm 时，X 射线穿过混凝土的透射因子为 0.25；当管电

压为 400kV，混凝土厚度为 650mm 时，X 射线穿过混凝土的透射因子为 1.0E-06；通过内插法计算得出：当管电压为 350kV，混凝土厚度为 650mm 时，X 射线穿过混凝土的透射因子为 6.25E-07。

$R$ ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

### ② 泄漏辐射屏蔽的估算方法如下：

按式（11-3）计算泄漏辐射在关注点的剂量率  $H$ ，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

$$H = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad (11-3)$$

式中：

$B$ ——屏蔽透射因子，由于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.2 中无 350kV 状态下对应的铅当量数据，根据表 B.2 内插法取得 350kV 下，X 射线束 TVL 混凝土=100mm，TVL 铅=6.95mm，相应的辐射屏蔽透射因子  $B$  按照式（11-4）计算；

$R$ ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$H_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ 。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，本项目 350kV 的 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率取  $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

对于给定屏蔽物质厚度  $X$ ，相应的辐射屏蔽透射因子  $B$  按下面公式（11-4）计算，

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (11-4)$$

式中：

$X$ ——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

$TVL$ ——半值层厚度。

### ③ 散射辐射屏蔽的估算方法如下：

关注点的散射辐射剂量率  $H$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按公式（11-5）计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (11-5)$$

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）；

$H_0$ ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以  $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$  为单位的值乘以  $6.0\times 10^4$ ；根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1 内插法取得，当管电压为 350kV、过滤条件：3mm 铜，输出量  $H_0=17.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即  $1.04\text{E}+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

$B$ ——屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，350kV 据表查得  $90^\circ$  散射辐射为 250kV，再根据附录 B 表 B.2 查得：250kV 的 X 射线  $\text{TVL}_{\text{混凝土}}=90\text{mm}$ ， $\text{TVL}_{\text{铅}}=2.9\text{mm}$ ，相应的辐射屏蔽透射因子  $B$  按下面公式(11-4) 计算；

$F$ —— $R_0$  处的辐射野面积，为平方米 ( $\text{m}^2$ )；

$\alpha$ ——散射因子，入射辐射被单位面积 ( $1\text{m}^2$ ) 散射体散射到距其 1m 处的辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。

$R_0$ ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米 (m)；

$R_S$ ——散射体至关注点的距离，单位为米 (m)。

#### ④迷道散射

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（11-6）计算：

$$\dot{H}_{L,h} = \eta_{\gamma S} \cdot \frac{F_{j0} \cdot \alpha_{\gamma 1} \cdot \alpha_{\gamma 2} \cdot a_1 \cdot a_2}{r_1^2 \cdot r_{R1}^2 \cdot r_{R2}^2} \quad (11-6)$$

式中：

$H_{L,h}$ ——参考点相应的剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\eta_{\gamma S}$ ——辐射减弱的透射比；根据公式  $\eta_{\gamma S} = 10^{-X/\text{TVL}}$  计算，其中  $X$  为屏蔽层厚度 (mm)，本项目取值为 15mm；根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，350kV X 射线  $90^\circ$  散射辐射为 250kV，再根据附录 B 表 B.2 查得：250kV 的 X 射线  $\text{TVL}_{\text{铅}}=2.9\text{mm}$ ；

$F_{j0}$ ——辐射源处辐射水平， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；根据公式  $F_{j0} = I \cdot \delta_a$  计算；其中  $I$  为电子束流强，本项目取值为 5mA； $\delta_a$  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《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 及内插法（滤过材料取 3mm 铜），350kV 得  $H_0=17.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，再乘以  $6\times 10^4$ 。即

1.04E+06 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ;

$\alpha_\gamma$ ——反射物的反射系数；根据光子散射后的能量  $E$  和散射角  $\theta$ ，对照《辐射防护导论》图 6.4 取值，350kV 保守取 $\alpha_\gamma$ 为 0.023；

$\alpha$ ——射线束在反射物上的投照面积， $\text{m}^2$ ；根据 $\alpha$ =散射宽度 $\times$ 迷道高度计算，散射宽度为 1.68m，迷道高度保守取值 7.48m，则本项目 $\alpha$ 为 12.57 $\text{m}^2$ ；

$r_1$ ——辐射源同反射点之间的距离，m，本项目取值为  $r_1=7.57\text{m}$ ；

$r_{R1}$ 、 $r_{R2}$ ——反射点到参考点的距离，m。如图 11-1。

### (3) 屏蔽计算

由于本项目 X 射线探伤机可在探伤室内移动，所以辐射源点距离关注点的距离按最不利的情况进行考虑和计算。

#### ①探伤室四周主射线辐射剂量率水平预测

根据公式（11-2）计算有用线束方向各关注点有用线束辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 有用线束剂量率水平预测参数及结果

关注点	编号	$H_0$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	$I$ mA	$R$ m	$X$ mm	$TVL$ mm	$B$	$\dot{H}$ $\mu\text{Sv/h}$
东侧墙体外 30cm 处	a	1.04E+06	5	4.7	混凝土 650	100	6.25E-07	1.47E-01
西侧墙体外 30cm 处	c	1.04E+06	5	4.7	混凝土 650	100	6.25E-07	1.47E-01
不可上人屋面	h	1.04E+06	5	4.1	混凝土 520	100	1.25E-05	3.87

#### ②探伤室泄漏辐射剂量率水平预测

根据公式（11-3）、（11-4）计算探伤室非有用线束方向各关注点的泄漏辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-4。

表 11-4 泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	编号	$\dot{H}_L$ $\mu\text{Sv/h}$	$R$ m	$X$ mm	$TVL$ mm	$B$	$\dot{H}$ $\mu\text{Sv/h}$
南侧防护门外 30cm 处	b	5.00E+03	6.5	铅 15	6.95	6.95E-03	8.22E-01
南侧墙体外 30cm 处	b <sub>1</sub>	5.00E+03	7.2	混凝土 650	100	3.16E-07	3.05E-05
北侧墙体外 30cm 处 (一层)	d	5.00E+03	8.0	混凝土 650	100	3.16E-07	2.47E-05
北侧防护门外 30cm 处 (一层)	g	5.00E+03	8.4	混凝土 650	100	2.20E-09	1.56E-07
				铅 15	6.95		
北侧墙体外 30cm 处	e	5.00E+03	8	混凝土	100	3.16E-07	2.47E-05

(二层)				650			
------	--	--	--	-----	--	--	--

**③探伤室散射辐射剂量率水平预测**

根据公式（11-4）、（11-5）计算探伤室非有用线束方向各关注点的散射辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-5。

**表 11-5 散射辐射剂量率水平预测参数及结果**

关注点	编号	$H_0$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	$I$ mA	$R_s$ m	$X$ mm	$TVL$ mm	$B$	$F\cdot a/R_0^2$	$\dot{H}$ $\mu\text{Sv/h}$
南侧防护门外 30cm 处	b	1.04E+06	5	6.5	铅 15	2.9	6.72E-06	1.60E-01	1.32E-01
南侧墙体外 30cm 处	b <sub>1</sub>	1.04E+06	5	7.2	混凝土 650	90	5.99E-08	1.60E-01	9.62E-04
北侧墙体外 30cm 处（一层）	d	1.04E+06	5	8.0	混凝土 650	90	5.99E-08	1.60E-01	7.79E-04
北侧防护门外 30cm 处（一层）	g	1.04E+06	5	8.4	混凝土 650	90	4.03E-13	1.60E-01	4.75E-09
					铅 15	2.9			
北侧墙体外 30cm 处（二层）	e	1.04E+06	5	8.00	混凝土 650	90	5.99E-08	1.60E-01	7.79E-04

注：F—— $R_0$  处的辐射野面积取最大值为  $2 \times \pi \times R_0 \times (R_0 \times \tan(15^\circ)) \times 2$ ； $\alpha$ ——散射因子，入射辐射被单位面积（1m<sup>2</sup>）散射体散射到距其 1m 处的辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比 0.0475（ $10000/400 \times 1.9E-03 = 0.0475$ ）； $R_0$ ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离；求得  $F \cdot \alpha / R_0^2 = 2 \times \pi \times R_0 \times (R_0 \times \tan(15^\circ)) \times 2 \times 0.0475 / R_0^2 = 1.60E-01$ 。

**④探伤室迷道外口处散射辐射剂量率水平预测**

根据公式（11-6），探伤室迷道外口处散射辐射剂量率水平计算参数及计算结果见表 11-6。

**表 11-6 迷道散射辐射剂量率水平预测参数及结果**

关注点描述	关注点	屏蔽材料	$\eta_{ys}$	$F_{j0}$ $(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	$\alpha\gamma$	$\alpha$	$r_1$ (m)	$r_{R1}$ (m)	$r_{R2}$ (m)	$\dot{H}_{L,h}$ $\mu\text{Sv/h}$
北侧防护门外 30cm 处（一层）	g	铅 15m m	6.72E-6	5.22E+06	2.30E-02	12.57	7.57	1.85	1.65	1.89E-02

**⑤探伤室四周辐射剂量率水平汇总**

叠加关注点位主射辐射剂量率水平、泄漏辐射剂量率水平与散射辐射剂量率水平，相关计算结果见表 11-7。

表 11-7 探伤室周边辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	编号	有用线束辐射 μSv/h	泄漏辐射 μSv/h	散射辐射 μSv/h	迷道散射辐射 μSv/h	合计 μSv/h	剂量率参考控制水平 μSv/h	是否满足
东侧墙体外 30cm 处	a	1.47E-01	/	/	/	1.47E-01	1.2	满足
南侧防护门外 30cm 处	b	/	8.22E-01	1.32E-01	/	9.54E-01	1.2	满足
南侧墙体外 30cm 处	b <sub>1</sub>	/	3.05E-05	9.62E-04	/	9.92E-04	1.2	满足
西侧墙体外 30cm 处	c	1.47E-01	/	/	/	1.47E-01	2.5	满足
北侧墙体外 30cm 处(一层)	d	/	2.47E-05	7.79E-04	/	8.04E-04	2.5	满足
北侧防护门外 30cm 处(一层)	g	/	1.56E-07	4.75E-09	1.89E-02	1.89E-02	2.5	满足
北侧墙体外 30cm 处(二层)	e	/	2.47E-05	7.79E-04	/	8.04E-04	2.5	满足
不可上人屋面	h	3.87	/	/	/	3.87	100.0	满足

由表 11-7 可知，本项目探伤室各种工况运行条件下，探伤室四周的辐射剂量率最大为 9.54E-01μSv/h，探伤室顶棚的辐射剂量率最大为 3.87μSv/h，根据表 11-2 计算的参考控制水平要求，本项目满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中相应的剂量率参考控制水平要求。

### ⑥天空反散射

经上述计算本项目探伤室的顶棚的辐射剂量率大于 2.5μSv/h，需考虑穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射（天空反散射）的影响。本项目 X 射线天空反散射计算公式参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），具体公式如下：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^3)}{(d_s d_s)^2} \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

$H$ —距离 X 射线辐射源  $d_s$  处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率（Sv/h）；

$D_{10}$ —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率（Gy·h<sup>-1</sup>）；

$B_{xs}$ —X 射线屋顶的屏蔽透射比；

$\Omega$ —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角（Sr）；

$d_i$ ——在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离 (m)，本项目靶点距地高度 4.23m，本项目探伤室高度 8m，则靶点距屋顶 2m 处距离为  $8-4.23+2=5.77\text{m}$ ；

$d_s$ —X 射线源至 P 点的距离 (m)；计算天空杂散射线参考点为屏蔽墙外 20-250m 处，本项目保守取最小值 20m (数据来自《辐射防护手册》(第一分册) 辐射源与屏蔽)；

参考《辐射防护导论》P182，立体角计算公式如下：

$$\Omega = \sum_{i=1}^n \left( \theta_i - \frac{a_i b_i}{r_i^2} \right) \quad (11-8)$$

式中：a, b, c, d 见下图。

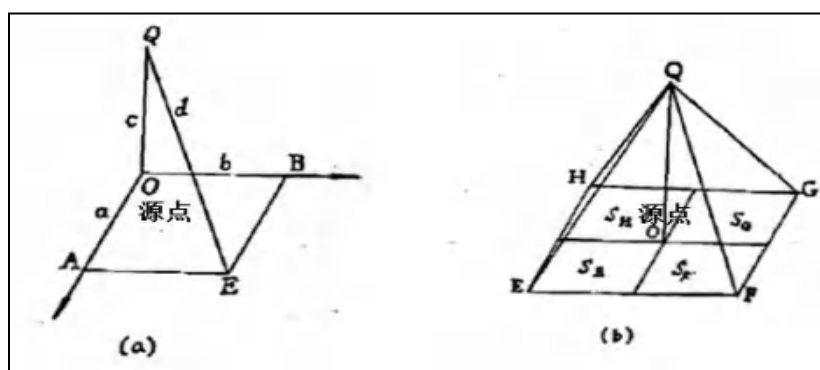


图 11-4 立体角  $\Omega$  的计算示意图

表 11-8 立体角  $\Omega$  的计算结果

	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	$\Omega$	
$S_E$	3.797	7.05	3.77	8.85	0.68	2.89
$S_F$	3.797	18	3.77	18.78	0.77	
$S_G$	3.797	7.05	3.77	8.85	0.68	
$S_H$	3.797	18	3.77	18.78	0.77	

表 11-9 屋顶天空反散射计算结果

$D_{I0}(\text{Gy/h})$	$\Omega$	$d_i$ (m)	$d_s$ (m)	$B_{xs}$	辐射剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )
1.04E+06	2.89	5.77	20	1.25E-05	9.69E-05

根据以上计算结果可知，本项目探伤机运行时由于天空反散射引起地面剂量率水平为  $9.69\text{E-}05\mu\text{Sv/h}$ 。由表 11-7 预测计算结果叠加天空反散射剂量率可知：探伤室四周的辐射剂量率最大为  $9.54\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，探伤室顶棚的辐射剂量率最大为  $3.87\mu\text{Sv/h}$ ，根据表 11-2 计算的参考控制水平要求，本项目满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中相应的剂量率参考控制水平要求。

#### (4) 人员辐射年有效剂量估算

各点位处公众及职业人员的年有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{Eff} = Dr \times t \times T \quad \text{式 (11-9)}$$

式中：

$D_{Eff}$ ——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

$Dr$ ——辐射剂量率，Sv/h；

$t$ ——年工作时间，h；

$T$ ——居留因子，居留因子选取参考表11-1。

根据建设单位提供的资料，本项目拟配备辐射工作人员 2 人，辐射工作人员均为新增，不兼任其他辐射岗位，实行单班制，年工作约 200 天，年曝光工作时间最长为 666.67h。

根据上面计算的各个关注点辐射剂量率、工作时间及居留因子，分别计算辐射工作人员和公众的年剂量，具体见表 11-10。

表 11-10 探伤室周围工作人员和公众的年剂量估算值

保护目标		对应关注点	关注点辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	居留因子	年受照时间 h	年剂量估算值 mSv	
建设单位内	车间内	操作室辐射工作人员 <sup>①</sup>	g	1.89E-02	1	666.67	1.26E-02
		洗片室和阅片室辐射工作人员	e	8.04E-04	1	666.67	5.36E-04
		东侧车间通道公众	a	1.47E-01	1/4	666.67	2.45E-02
		东侧内环缝焊接、附件安装焊接、打磨、磁粉检测区公众 <sup>②</sup>	a	1.47E-01	1	666.67	1.41E-02
		南侧工件进出通道公众	b	9.54E-01	1/4	666.67	1.59E-01
		南侧钢管留存区公众 <sup>②</sup>	b	9.54E-01	1/4	666.67	4.16E-03
	厂区内	西侧厂区内部道路公众 <sup>②③</sup>	c	1.47E-01	1/16	666.67	3.89E-03
		北侧厂区内部道路公众 <sup>②③</sup>	g	1.90E-02	1/16	666.67	2.81E-04
建设单位外	砂石堆场公众 <sup>②③</sup>	c	1.47E-01	1/16	666.67	6.53E-04	

注：①本项目保守考虑，辐射工作人员年受照剂量选取操作室内剂量率最大水平（g）进行预测。

②东侧内环缝焊接、附件安装焊接、打磨、磁粉检测区公众、南侧钢管留存区公众、西侧厂区内部道路公众、北侧厂区内部道路公众和砂石堆场公众的年剂量估算值考虑距离的衰减；以南侧钢管留存区公众为例：南侧钢管留存区距探伤室南侧防护门外 30cm 处的距离为 33.7m（34m-0.3m），则南侧钢管留存区公众的年剂量估算值为  $(6.5)^2 \times 9.54E-01 \div (6.5+33.7)^2 \times 666.67 \times 1/8 \div 1000 = 4.16E-03\text{mSv}$ ；东侧内环缝焊接、附件安装焊接、打磨、磁粉检测区公众、西侧厂区内部道路公众、北侧厂区内部道路公众和砂石堆场公众的年剂量估算值计算方式同上；

③西侧厂区内部道路公众、北侧厂区内部道路公众和砂石堆场公众保守考虑天空反散射的辐射影响。

由表 11-10 可知，辐射工作人员受照的年有效剂量最大为  $1.26E-02mSv$ ，公众受照的年有效剂量最大为  $1.59E-01mSv$ ，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值的要求和本次评价年有效剂量约束值（职业人员  $5mSv/a$ ，公众  $0.25mSv/a$ ）的要求。

### 11.2.2 管线穿墙处辐射影响分析

本项目探伤室的排风管道采用铁皮材质，拟从探伤室西侧墙底以“U”形穿越西侧墙体，排风管道穿出探伤室沿墙体向顶棚敷设，最终在探伤室顶棚上方位置向西穿过车间 1 西侧墙体；电缆管线拟从防护门下方以“U”字型穿出探伤室，内加  $5mmPb$  屏蔽补偿，该设计方式不减弱探伤室屏蔽墙体的厚度和屏蔽效果。射线在到达管道口前，在管道内，均至少经过三次散射才能到达管道出口处，因此管道出口处辐射剂量将在控制范围内。

### 11.2.3 “三废”影响分析

#### （1）臭氧和氮氧化物

本项目 X 射线能量低，电离产生的臭氧和氮氧化物额度非常低，且臭氧可在 50 分钟后自然分解，氮氧化物只有臭氧产生额的  $1/3$ 。探伤室内拟设置 1 套机械通风装置，风机采用 SF6-4（2.2KW-380V）型号，设计排风量为  $18700m^3/h$ ，每小时有效通风换气次数约 13 次。排风管道采用铁皮材质，排风管道穿出探伤室沿墙体向顶棚敷设，最终在探伤室顶棚上方位置向西穿过车间 1 西侧墙体，排风口位于车间 1 西侧墙体，臭氧及氮氧化物通过机械通风装置排出室外，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度，臭氧在一段时间内自动分解为氧气，其产生的臭氧及氮氧化物对环境的影响是可接受的。排风口位于车间 1 西侧墙体，不会朝向人员活动密集区。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“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。

#### （2）噪声

探伤室所使用的风机为低噪声设备，其噪声值一般低于  $65dB(A)$ ，噪声对环境的影响很小。

#### （3）危险废物

本项目 X 射线探伤机工作过程中会产生废显影液、废定影液、清洗废液、废胶片和存档到期胶片（存档到期后不在厂区内暂存，直接交由有资质单位处置），均属于

危险废物，依托车间 1 东北侧拟建的危废/危化仓库暂存，危废/危化仓库拟按要求设置地面硬化，设立围堰，做到防腐防渗。废胶片和存档到期胶片（危废代码为 HW16: 900-019-16）拟使用专用密封包装并规范张贴危险废物标签。废显影液、废定影液和洗片废液（危废代码为 HW16: 900-019-16）均采用防渗耐腐的密闭容器盛装，并在危废/危化仓库内设置防泄漏托盘。建设单位拟建立危险废物管理台账（厂区其它危险废物），定期将危险废物委托有资质的单位处置，严格执行转移联单制度。

#### **（4）生活污水**

项目运行后，会产生辐射工作人员的生活污水，生活污水依托建设单位已建的化粪池处理后，近期由槽罐车运至三门县健跳镇污水处理厂处理后统一排放，远期待区域污水管网建成后纳管排入三门县健跳镇污水处理厂处理后统一排放。

#### **（5）生活垃圾**

项目运行后，会产生辐射工作人员的生活垃圾，生活垃圾由建设单位进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

### **11.3 事故影响分析**

#### **11.3.1 本项目可能发生的辐射事故：**

根据建设单位 X 射线探伤机的使用特点，在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射：

（1）辐射工作人员滞留探伤室内时，外面人员启动 X 射线探伤机进行探伤，造成工作人员被误照，引发辐射事故。

（2）安全连锁装置发生故障，探伤室的防护门未关闭时，外面人员启动 X 射线探伤机进行检测，造成有关人员被误照，引发辐射事故。

（3）安全连锁装置发生故障，无关人员打开探伤室的防护门，造成人员被照射，引发辐射事故。

#### **11.3.2 事故防范措施**

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施：

（1）建设单位拟建立辐射安全与防护管理领导小组，明确领导小组人员及其职责；拟建立辐射防护管理相关制度和措施，并严格按照要求执行，对发现的安全隐患应立即进行整改，避免事故的发生。

（2）建设单位需制定《设备操作规程》。凡涉及对设备进行操作，必须按操作

规程执行，探伤作业时，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

(3) 对从事探伤工作的辐射工作人员应取得核技术利用辐射安全与防护考核合格成绩报告单后方可上岗；按要求进行个人剂量监测，定期送检；按要求进行职业健康监护。

(4) 建设单位拟配备 1 台 X- $\gamma$ 辐射剂量率巡测仪和 2 台个人剂量报警仪，拟配备 1 套固定式场所辐射探测报警装置；并为辐射工作人员配备个人剂量计。

(5) 建设单位拟制定辐射事故应急预案，拟定期进行应急演练。

(6) 每月检查探伤室的门机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施，确保在防护铅门关闭后，设备才能进行照射。

(7) 辐射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 X- $\gamma$ 辐射剂量率巡测仪。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。

(8) 应定期测量探伤室周围区域的剂量率水平，包括辐射工作人员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。

(9) 交接班或当班使用 X- $\gamma$ 辐射剂量率巡测仪前，应检查是否能正常工作。如发现 X- $\gamma$ 辐射剂量率巡测仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

(10) 在每一次照射前，辐射工作人员都应该确认探伤室内部没有人员滞留并关闭防护门。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。

(11) 定期对探伤机进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

## 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》相关要求，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。

建设单位应在核技术利用项目投运前，结合公司实际人员配置情况，拟按照《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》等有关法律法规，成立辐射安全与防护管理领导小组，管理领导小组职责应包括以下内容：

- （一）组织制定并落实辐射安全防护管理制度；
- （二）定期组织对放射工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查；
- （三）组织本机构辐射工作人员接受专业技术，辐射防护知识及有关规定的培训和健康检查；
- （四）制定放射事故应急预案并组织演练；
- （五）记录本机构发生的放射事故并及时报告生态环境主管部门。

在日常管理过程中，若辐射安全与防护管理领导小组成员发生变动，建设单位及时更新、调整管理机构的人员组成。

#### 12.1.2 辐射人员管理

##### （1）个人剂量监测

本项目拟配备辐射工作人员 2 人，均为新增辐射工作人员，建设单位拟为本项目新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。

在后续的个人剂量管理中，建设单位强化管理、加强辐射工作人员的培训学习，个人剂量计严格按照规定正确佩戴。当辐射工作人员季度个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv，建设单位进行调查，委托有资质的监测单位对工作场所辐射情况进

行监测，判断工作场所屏蔽体是否处于有效屏蔽状态，并出具调查报告，在查明原因之前限制或暂停该工作人员工作时间。

### **(2) 辐射工作人员培训**

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），建设单位拟组织本项目新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训报名参加“X 射线探伤”类别辐射安全与防护培训，取得考核合格成绩报告单后方可上岗，并按时接受再培训和考核。

### **(3) 辐射工作人员职业健康体检**

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

本项目新增辐射工作人员拟进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应终生保存。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

#### **12.1.3 辐射安全和防护状况年度评估报告**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，辐射工作单位应当编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，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，近一年（连续四个检测周期）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《辐射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。

## **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，使用射线装置的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，还应有完善的辐射应急措施”。

为了保障探伤机的安全使用，建设单位应制定《辐射事故应急预案》、《辐射安全与防护管理领导小组及其工作职责》、《辐射安全防护自行检查和评估制度》、《辐射工作人员个人剂量管理办法》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员职业健康管理制度》、《辐射工作场所监测管理办法》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《辐射防护管理制度》等辐射防护制度。

项目运行后，建设单位根据规章制度内容认真组织实施，辐射工作人员熟知规章制度内容，并根据国家发布的新的相关法规内容，结合本单位实际情况，及时对各规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

建设单位所有相关制度应以正式文件形式制定，并将各项管理制度、操作规程等悬挂于辐射工作场所。建设单位对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

## **12.3 辐射监测**

### **12.3.1 监测仪器和防护设备**

本项目属于使用II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，建设单位应为辐射工作人员配备个人剂量监测仪器，同时配备与辐射类型、辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括便携式 X-γ 剂量率仪和个人剂量报警仪等。

本项目运行期间主要污染物为 X 射线，建设单位拟配置 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率巡测仪、2 台个人剂量报警仪和 1 套固定式场所辐射探测报警装置，并为每名辐射工作人员配备个人剂量计。项目配备的监测仪器符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对监测仪器的配置要求。

### **12.3.2 日常监测**

日常工作中，辐射工作场所应采用自购辐射巡测仪定期监测，以确保屏蔽防护性能的良好。

### 12.3.3 年度常规监测

建设单位须定期（每年一次）请有资质的单位对探伤室及周围辐射环境进行辐射环境监测，建立监测技术档案，年度监测报告应作为《辐射安全与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。

建设单位制定了辐射监测计划，并将每次监测结果记录存档备查。

表12-1 工作场所监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测范围	监测方法依据	监测类型
年度监测	探伤室	周围剂量当量率	1次/年	防护门及缝隙处、管线洞口，工作人员操作间的控制台、迷道探伤室四周屏蔽墙外30cm处，评价范围内其他人员常停留区域	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	委托监测
日常监测	探伤室		1次/季度			自行监测
验收监测	探伤室		项目建成后3个月内			委托监测

建设单位应严格执行辐射监测计划，做好辐射工作场所的监测，确保监测记录清晰、准确、完整，并纳入档案进行保存，同时要保留好监测记录台账资料。年度监测数据将作为本单位射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，定期上报生态环境主管部门。

### 12.3.4 环保竣工验收

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

## 12.4 辐射事故应急

### 12.4.1 辐射事故应急预案的要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (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) 辐射事故的调查、报告和处理程序。

#### 12.4.2 应急人员的培训演习计划

在项目投产运营后，建设单位应根据项目实际运营情况，按照国家有关法规和管理规定不断完善《辐射事故应急预案》，力求内容较全、措施具体，针对性强、便于操作，在应对辐射性事故和突发性事件时基本可行。

为了能有效应对突发辐射事故，建设单位应每年进行应急人员的演习培训，模拟事故发生时应进行的流程和应采取的措施，当辐射事故发生时才能熟练、沉着、有效应对，将事故的危害降到最低。

此外建设单位拟制定计划定期安排应急物资储备、辐射应急培训和辐射应急演练。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，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。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。

### 12.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用射线装置的单位应具备相应的条件，对其从事辐射活动能力的评价详见表 12-2。

表 12-2 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
(一) 使用Ⅱ类放射源，使用Ⅱ类射线装置的，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。	本项目为使用Ⅱ类射线装置的，建设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。
(二) 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。	建设单位拟组织本项目新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加“X射线探伤”类别辐射安全与防护培训，取得考核合格成绩报告单后方可上岗，并按接受再培训和考核。
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	建设单位拟按要求张贴电离辐射警告标志；设备设置有门机联锁、急停装置、视频监控装置等防护措施。
(五) 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，包括个人剂量监测报警、辐射	建设单位拟配备1台X-γ辐射剂量率巡测仪、2台个人剂量报警仪和1套固定式场所辐射探测

监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	报警装置;并为新增辐射工作人员配备个人剂量计。
(六)有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	在项目建成前制定。
(七)有完善的辐射事故应急措施。	在项目建成前制定。
(八)产生放射性废气、废液、固体废物的,还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	项目不涉及放射性废气、废液和固体废物。

综上所述,浙江台州湾海工新能源装备有限公司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。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

浙江台州湾海工新能源装备有限公司拟在车间 1 内建设 1 间探伤室及其配套功能用房，其中配套功能用房共 2 层，位于探伤室北侧，一层为操作室，二层为洗片室和阅片室；并购置 1 台 XXG3505C-XK3.3 型 X 射线探伤机（周向机），最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA，用于海工钢构（钢管）的无损检测。

#### 13.1.2 辐射安全与防护分析结论

##### （1）辐射安全防护措施结论

本项目拟建的探伤室位于车间内，探伤室为混凝土浇筑而成，全无窗设计；探伤室内设计有电离辐射警告标志、门机联锁装置、急停按钮、声光报警装置、固定式剂量报警仪、视频监控等安全措施；并设置 1 套机械通风设施，每小时有效通风换气次数约 13 次；建设单位按要求配置必要的便携式 X- $\gamma$  射线巡测仪、个人剂量报警仪和固定式场所辐射探测报警装置，为辐射工作人员配备个人剂量计。建设单位在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）防护最优化的要求。

##### （2）辐射安全管理结论

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，建设单位应制定《辐射事故应急预案》、《辐射安全与防护管理领导小组及其工作职责》、《辐射安全防护自行检查和评估制度》、《辐射工作人员个人剂量管理办法》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员职业健康管理制度》、《辐射工作场所监测管理办法》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《辐射防护管理制度》等辐射防护制度，并适时进行修订、完善。建设单位拟组织本项目新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加“X 射线探伤”类别辐射安全与防护培训，取得考核合格成绩报告单后方可上岗，并按时接受再培训和考核；拟对新增辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

### 13.1.3 环境影响分析结论

#### (1) 电离辐射

本项目运营期主要为电离辐射的环境影响，项目建设均已采取了针对电离辐射有效的防护措施。本项目 X 射线探伤机的固有安全特性、探伤室的各项安全措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。

经预测，设备正常运行时，探伤室四周的辐射剂量率最大为  $9.54E-01\mu\text{Sv/h}$ ，探伤室顶棚的辐射剂量率最大为  $3.87\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”和“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。项目所致辐射工作人员受照的年有效剂量最大为  $1.26E-02\text{mSv}$ ，公众受照的年有效剂量为  $1.59E-01\text{mSv}$ ，均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  $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）。

#### (2) 废气

本项目 X 射线探伤机在运行过程中会产生少量的臭氧及氮氧化物，根据设计方案，探伤室内拟设置 1 套机械通风装置，风机采用 SF6-4（2.2KW-380V）型号，设计排风量为  $18700\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数约 13 次。排风管道采用铁皮材质，排风管道穿出探伤室沿墙体向顶棚敷设，最终在探伤室顶棚上方位置向西穿过车间 1 西侧墙体，排风口位于车间 1 西侧墙体，臭氧及氮氧化物通过机械通风装置排出室外，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度，臭氧在一段时间内自动分解为氧气，对周围环境质量影响较小。排风口位于车间 1 西侧墙体，不会朝向人员活动密集区。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“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。

#### (3) 噪声

探伤室所使用的风机为低噪声设备，其噪声值一般低于  $65\text{dB(A)}$ ，噪声对环境的影响很小。

#### (4) 危险废物

本项目 X 射线探伤机工作过程中会产生废显影液、废定影液、清洗废液、废胶片

和存档到期胶片（存档到期后不在厂区内暂存，直接交由有资质单位处置），均属于危险废物，依托车间 1 东北侧拟建的危废/危化仓库暂存，危废/危化仓库拟按要求设置地面硬化，设立围堰，做到防腐防渗。本项目产生的废胶片和存档到期胶片拟使用专用密封包装并规范张贴危险废物标签；废显影液、废定影液和洗片废液均采用防腐耐腐的密闭容器盛装，并在危废/危化仓库内设置防泄漏托盘。建设单位拟建立危险废物管理台账，定期将危险废物委托有资质的单位处置，严格执行转移联单制度。

#### **（5）生活污水**

项目运行后，辐射工作人员产生的生活污水依托建设单位已建的化粪池处理后，近期由槽罐车运至三门县健跳镇污水处理厂处理后统一排放，远期待区域污水管网建成后纳管排入三门县健跳镇污水处理厂处理后统一排放。

#### **（5）生活垃圾**

项目运行后，辐射工作人员产生的生活垃圾由建设单位进行统一集中收集，并由当地环卫部门清运。

### **13.1.4 项目可行性分析结论**

#### **（1）产业政策符合性**

本项目为新增使用 1 台工业用 X 射线探伤装置，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 1 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此，项目符合国家产业政策。

#### **（2）实践正当性符合性**

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属或其他材料内部可能产生的缺陷，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用，本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。且使用过程中采取满足国家标准要求的辐射安全防护措施，同时加强辐射安全管理，对周围环境和人员的影响满足标准要求。因此，该项目使用 X 射线探伤机的目的是正当可行的，并且该项目有较好的经济效益和社会效益，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

#### **（3）选址合理性分析**

本项目位于浙江省台州市三门县健跳镇望海路 48 号，根据《三门县生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“台州市三门县健跳沿海产业集聚重点管控单元”（ZH33102220106）。

本项目探拟建探伤室位于浙江台州湾海工新能源装备有限公司厂房车间 1 内，本项目评价范围内主要为厂区内建筑、道路、西侧砂石堆场及北侧海滩，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民住宅、学校等环境敏感目标。选址合理可行。

#### （4）项目可行性分析

综上所述，浙江台州湾海工新能源装备有限公司新增一台 X 射线探伤机建设项目符合国家产业政策要求，具有实践正当性，选址合理，在落实本评价报告所提出的各项污染防治和辐射安全管理措施后，该企业将具备其所从事的辐射活动的的能力，运营期对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求。因此，从辐射安全和环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

## 13.2 建议与承诺

### 13.2.1 建议

- （1）应结合工作实际情况对辐射安全管理制度进行不断修改和完善；
- （2）应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辐射防护措施自觉性，杜绝放射性事故的发生。

### 13.2.2 承诺

- （1）在本项目取得批复后，建设单位应及时向生态环境主管部门申领辐射安全许可证。
- （2）建设单位首次申请辐射安全许可证前，需在国家核技术利用辐射安全申报系统完成单位和射线装置信息申报。随后向生态环境部门提交纸质申请表及相关制度、人员资质等材料，通过专家评审和现场检查后，方可获批取证。
- （3）项目严格按照本次报批的设备类型、数量、设计方案建设，项目竣工后正式运行前，根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，在规定的验收期限内（一般为项目建成后 3 个月内），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。
- （4）承诺在 X 射线探伤机正式启用前，将张贴悬挂相应规章制度于工作场所墙

面上，并在探伤室外设立符合规范要求的电离辐射警告标志。

(5) 加强辐射工作人员剂量计佩戴和个人剂量监测工作的管理和监督。

(6) 按要求每年 1 月 31 号前向发证机关提交本单位辐射安全和防护年度评估报告。

(7) 承诺严格执行辐射监测计划，发现隐患及时整改；对门机联锁、声光报警装置等防护设施进行经常性检查，发现防护设施故障或失灵应立即维护、修复。

## 表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章  
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章  
年 月 日