

报告编号：WKFHP-24109

核技术利用建设项目

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司
X、 γ 射线移动式探伤及放射源暂存库扩建项目
环境影响报告表
(报批稿)

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司

2025 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司
X、 γ 射线移动式探伤及放射源暂存库扩建项目
环境影响报告表

建设单位名称：中国能源建设集团浙江火电建设有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市萧山区宁围镇宁新村振宁路 36-9 号

邮政编码：

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.....	14
表 3	非密封放射性物质.....	14
表 4	射线装置.....	15
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	16
表 6	评价依据.....	17
表 7	保护目标与评价标准.....	21
表 8	环境质量和辐射现状.....	30
表 9	项目工程分析与源项.....	34
表 10	辐射安全与防护.....	49
表 11	环境影响分析.....	68
表 12	辐射安全管理.....	89
表 13	结论与建议.....	94
表 14	审批.....	98

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中国能源建设集团浙江火电建设有限公司 X、γ 射线移动式探伤及放射源暂存库扩建项目				
建设单位		中国能源建设集团浙江火电建设有限公司				
法人代表			联系人		联系电话	
注册地址		浙江省杭州市萧山区宁围镇宁新村振宁路 36-9 号				
项目建设地点		放射源暂存库建设地点：浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号华业钢构核电装备有限公司厂区内； 移动探伤作业地点：全国各客户施工现场和华业钢构核电装备有限公司厂区内				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		2200	项目环保投资（万元）	220	投资比例（环保投资/总投资）	10%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ）	320
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
		☒ 使用	☐ I类(医疗使用) ☒ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类			
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类			
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类			
	其他	扩建放射源暂存库				

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位简介

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司（以下简称为“公司”）成立于 1958 年，注册地址位于浙江省杭州市萧山区宁围镇宁新村振宁路 36-9 号，是中国特大型中央企业——中国能源建设集团有限公司的骨干成员企业。公司主营业务包括传统电力能源、新能源及综合智慧能源、生态环保、水利、综合交通、市政、房建、房地产（新型城镇化）、装备制造等多个领域，具有较强的工程总承包和融资带动总承包能力。目前涉足核电模块制造的企业很少，因此中国能源建设集团浙江火电建设有限公司下属的子公司华业钢构核电装备有限公司在浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号建造厂房，建成达产后的产能为形成各类产品 3.5 万吨的生产能力，《华业钢构核电装备有限公司年产 3.5 万吨核电配管模块钢结构新建项目》非放射性环境影响评价已经取得海盐县环保局批复(盐环建[2013]44 号)。由于项目中涉及到对设备模块、结构模块、箱罐等产品的无损检测，中国能源建设集团浙江火电建设有限公司租赁其

下属子公司华业钢构核电装备有限公司的部分场地（浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号）开展辐射活动（租赁协议见附件 8），以满足无损检测需要，同时承接全国各地的移动探伤业务。

企业自成立以来共实施了 2 个核技术利用建设项目，具体情况如下：

2016 年，公司位于浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号建设 1 间固定式探伤室、1 间放射源暂存库（以下简称为“放射源暂存库”）和 1 间 X 射线探伤机临时贮存间（“X 射线机贮存间”），配置 7 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚出厂活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 的放射源 ^{192}Ir ）、7 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚出厂活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 的放射源 ^{75}Se ）和 7 台 X 射线探伤机。该项目于 2016 年 10 月 17 日取得了原浙江省环境保护厅的环评批复（浙环辐[2016]29 号），于 2020 年 9 月 11 日通过了竣工环保自主验收，由于换源周转的需要，验收规模小于环评规模，实际验收规模为 6 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机、3 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机和 7 台 X 射线探伤机，其余 5 台 γ 射线探伤机用于换源备用。

2023 年，公司在原有辐射活动规模的基础上，新增 8 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚放射源 ^{192}Ir ，最大出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 8 台 X 射线探伤机（其中 RT-3505-T 和 RT-2505T 型各 4 台），均用于移动探伤。同时，在浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号对原有放射源暂存库及辅房进行扩容改造，在原有 14 个储源坑的基础上新增 12 个储源坑，用于原有已许可和新增的 γ 射线探伤机不作业时的存放。该项目于 2023 年 12 月 25 日取得了浙江省生态环境厅的环评批复（浙环辐[2023]28 号），于 2024 年 5 月 20 日通过了（阶段性验收）竣工环保自主验收，验收规模为 7 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机，于 2025 年 6 月日通过（阶段性验收）竣工环保自主验收，验收规模为 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机。目前 8 台 X 射线探伤机还未购买验收，故实际验收规模为 8 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机。

公司现持有辐射安全许可证，许可证号：浙环辐证[F0048]，许可种类和范围为：使用 II 类放射源；使用 II 类射线装置，登记许可为 15 台 II 类射线装置，15 枚 ^{192}Ir 放射源和 7 枚 ^{75}Se 放射源。根据现场调查和与企业核实，公司目前实际建有 1 间探伤室，配置 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 1 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机用于室内探伤，其余 γ 射线探伤机用于移动探伤；7 台 X 射线探伤机均可应用于室内、现场（车间）及移动（野外）探伤。上述辐射设备均正常使用中，并已通过环保审批、辐射安全许可和竣工环境保护验收。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

（1）项目部探伤装置扩增

现阶段公司服务项目荣成国和一号工程项目已使用 3 枚 ^{192}Ir 放射源和 6 台 X 射线探伤机，其探伤装置使用量还可能增加；现山东海阳核电项目 CV 工程、辽宁徐大堡核电项目两台常规岛工程、广东陆丰核电项目常规岛工程和浙江三门核电二期项目两台常规岛工程的检验也将进行，未来还有宁德核电和白龙核电，考虑到这几个项目每个高峰期需要 7-8 枚 ^{192}Ir 放射源和 5-6 台 X 射线探伤机，高峰时会有错峰情况，而公司许可证只有 15 枚 ^{192}Ir 放射源和 15 台 X 射线探伤机；在此背景下，结合公司整体规划和业务发展需要，中国能源建设集团浙江火电建设有限公司计划在现有辐射活动规模的基础上，新增 40 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚放射源 ^{192}Ir ，最大出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 23 台 X 射线探伤机（其中 RT-3505T 型 19 台、RT-2805T 型 4 台），均用于移动探伤。

（2）车间内移动探伤

随着业务的增长，目前华业钢构核电装备有限公司生产的工件最大尺寸为 $\Phi 600\text{mm}\times 12\text{m}$ 、厚度为 40mm，探伤室门洞尺寸为 4.2m（宽） $\times$ 5.0m（高），探伤室内尺寸为 12.0m（长） $\times$ 9.0m（宽） $\times$ 6.5m（高），虽然现有的探伤室门洞能通过最大工件，但探伤室内尺寸无法满足要求，故企业拟在生产车间内指定区间进行移动探伤。

同时，对现有放射源暂存库及辅房进行扩容改造并形成新的放射源暂存库，用于现有已许可和本次新增的 γ 射线探伤机不作业时的存放。新增 1 间 X 射线贮存间，暗室、评片室、危废暂存间等功能间均依托现有场所，不另设。

根据原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号《关于发布放射源分类办法的公告》和原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含的放射源最大出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，属于 II 类放射源；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。对照生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目”，本次评价内容为使用 II 类放射源、使用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门重新申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，中国能源建设集团浙江火电建设有限公司委托卫康环保科技有限公司（浙江）有限公司对本项目进行环境影响评价，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘和收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了

本项目环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容与规模

本项目涉及放射源暂存库扩建和新增车间内移动探伤，同时新增 40 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 23 台 X 射线探伤机用于移动探伤。由于全国客户施工现场移动探伤已分别在 2016 年和 2023 年获得环评批复浙环辐[2016]29 号和浙环辐[2023]28 号，且新增放射源活度和 X 射线探伤机参数均不大于已许可的探伤装置参数，故对全国客户施工现场移动探伤的环境影响分析不再重复评价，仅进行有效剂量的核算。

1、放射源暂存库的扩建

本次放射源暂存库扩容改造内容为：现有放射源暂存库的东侧、西侧和北侧屏蔽墙、顶棚的屏蔽防护维持现状，拆除台阶、防护门和南侧屏蔽墙，在现有放射源暂存库南侧新扩建放射源暂存库，新扩建区域北墙与探伤室共用一堵墙，采用 800mm 混凝土进行防护，其他三侧墙体均为 400mm 混凝土，顶棚采用 300mm 混凝土，下方为土层，无地下室，不做特殊防护；防护门采用铅门，铅板厚度为 15mm，门体尺寸：1200mm（宽） $\times$ 2350mm（高）、门洞尺寸：800mm（宽） $\times$ 2000mm（高）。在现有 26 个储源坑的基础上新增 25 个储源坑（11 个 2 源/坑、14 个 1 源/坑），用于现有已许可和本次新增的 γ 射线探伤机不作业时的存放。

改造前后放射源暂存库平面布局图见附图 5 和附图 6。

2、X 射线贮存间的建设

原有 X 射线探伤机存放于探伤室内的铁皮柜内（见附图 4）。本项目新增 1 间 X 射线贮存间，新增设备贮存间位于放射源暂存库西侧，用于 X 射线机不使用时的临时贮存。

3、新增放射源和射线装置

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司计划在现有辐射活动规模的基础上，新增 40 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚放射源 ^{192}Ir ，最大出厂活度均为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 23 台 X 射线探伤机（其中 RT-3505T 型 19 台、RT-2805T 型 4 台），均用于移动探伤。

4、辅助房间的依托情况

暗室、评片室、危废暂存间等功能间均依托现有场所，不另设。

本项目实施后，公司许可辐射活动规模为 55 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机、7 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机和 38 台 X 射线探伤机，其中 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 1 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机应用于室内探伤，其余 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 ^{75}Se - γ 射线探伤机应用于现场（车间）及移动（野外）探伤；7 台 X 射线探伤机（RD-3505 型、RD3005 型、RD2805A 型、SMART EVO 160D 型、SMART

EVO200D、SMART EVO300D 型、ZCX-GXG250A 型）均可应用于室内、现场（车间）及移动（野外）探伤，本项目新增 23 台 X 射线探伤机可应用于现场（车间）及移动（野外）探伤，其余 X 射线探伤机仅应用于移动探伤。

1.2 相关规划符合性分析

1.2.1 用地规划符合性分析

根据建设单位提供的土地证（见附件 6）和房产证（见附件 7），本项目用地性质为工业用地，且周围无环境制约因素，符合土地利用规划要求。

1.2.2 与海盐县生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

根据《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》（盐政办发[2024]22 号），生态环境分区管控是以改善生态质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。本项目与海盐县生态环境分区管控动态更新方案符合性分析判定情况见下表。

（1）生态保护红线

根据海盐县生态保护红线图（见附图 9）与海盐县“三区三线”图（见附图 10），本项目不涉及生态保护红线。

（2）环境质量底线

经辐射环境影响预测，本项目运行过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与工作人员及公众成员的辐射影响是可接受的。“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可以做到达标排放，符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目运行过程会消耗一定量的电力、水资源等，主要源自工作人员的日常办公和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。

（4）生态环境准入清单

根据《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于浙江省嘉兴市海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元（编码：ZH33042420008），该管控单元生态环境准入清单内容要求如下：

表 1-1 本项目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	1、根据产业集聚区块的功能定位，实施分区差别化的产业准入条件。 2、优化产业布局 and 结构，合理规划布局三类工业项目，控制三类工业项目布局范围和总体规模，鼓励对现有三类工业项目进行淘汰和提升改造。 3、提高电力、化工、印染、造纸、化纤等重点行业环保准入门槛，控制新增污染物排放量。 4、新建涉 VOCs 排放的工业企业全部进入工业功能区，严格执行相关污染物排放量削减替代管理要求。 5、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、生态绿地等隔离带。	本项目不属于三类工业项目。企业现有厂区周边已设置隔离带，确保居住环境安全 and 群众身体健康。	符合
污染物排放管控	1、严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。 2、新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平，推动企业绿色低碳技术改造。 3、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。 4、加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，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。 5、加强土壤和地下水污染防治与修复。 6、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，不涉及污染物总量控制，产生的危险废物不外排，委托有资质单位定期处置。	符合
环境风险防控	1、定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境 and 健康风险。 2、强化工业集聚区企业环境风险防范设施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。	本项目落实防控措施，公司按规定编制环境突发事件应急预案，建立隐患排查整治监管机制。	符合
资源开发要求	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。	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。	符合

综上，本项目的建设能够符合海盐县生态环境分区管控动态更新方案的要求。

1.2.3 产业政策符合性分析

结合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）》，本项目属于第一类鼓励类中第三十一项“科技服务业”第 1 条“工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测

服务、科技普及”，符合国家产业政策的要求。

1.2.4 实践正当性分析

本项目实施的目的是为了对外更好地开展各项无损检测业务，具有良好的经济效益与社会效益。经辐射防护屏蔽和安全管理后，其获得的利益远大于对环境的辐射影响。因此，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.3 项目选址及周边环境保护目标

1.3.1 公司地理位置

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司租赁其下属子公司华业钢构核电装备有限公司的部分场地开展辐射活动，建设地点位于浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号。出租方厂区东侧为浙江海重重工机械有限公司（距放射源暂存库约 10m），南侧隔杭州湾大道为嘉兴港海盐码头有限公司，西侧为浙江协和首信钢业有限公司，北侧隔海塘线为西场河，再北侧隔河为农田，地理位置见附图 1，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 3。

1.3.2 放射源暂存库位置及外环境

本次新增的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不移动探伤作业时，全部贮存于扩建后放射源暂存库内，原放射源暂存库建筑面积约 18m²，本次扩建放射源暂存库面积新增约 12m²，总放射源暂存库面积约为 30m²，具体位置见附图 4。放射源暂存库位于生产车间内，其东侧紧邻厂区道路；南侧紧邻车间过道，再南侧为组对焊接区（距放射源暂存库约 15m）；西侧为现有探伤室、登记前室及新增 X 射线贮存间，再西侧为核电模块及配管生产区（距放射源暂存库约 14m）；北侧紧邻隔间（人员不可达区域），再北侧为办公室（距放射源暂存库约 4m）、热处理区（距放射源暂存库约 7m）、焊材区（距放射源暂存库约 24m），放射源暂存库正上方为无人平台，正下方为土层，无地下室。

1.3.3 X 射线机贮存间位置及外环境

本次新增的 X 射线探伤机不移动探伤作业时，全部贮存于 X 射线机贮存间内，建筑面积约 3.2m²。新增设备贮存间位于生产车间内，其东侧为放射源暂存库，南侧和西侧为车间过道，北侧为登记前室，正上方为无人平台，正下方为土层，无地下室。该贮存间仅为设备的临时贮存，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。同时，X 射线探伤机不开机状态下，对周围环境不会产生辐射影响。因此，X 射线机贮存间的位置合理可行。

1.3.4 暗室、评片室及危废暂存间位置

嘉兴市内项目均固定在公司总部的暗室内完成探伤洗片和评片工作，废显（定）影液、废

胶片及洗片废液等危废集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，委托杭州立佳环境服务有限公司处理处置（见附件 19）。暗室、评片室均位于生产车间内，危废暂存间位于厂区西北侧，具体位置见附图 4。嘉兴市外项目部均设有单独的临时性暗室，曝光后的探伤胶片不运回公司总部厂区的暗室进行洗片，临时性暗室的建设和管理要求参考总部厂区的危废暂存间。产生的各类危废就近处理，委托当地有资质单位处理处置。本项目所有评片后完好的胶片直接交付于客户方进行存档，厂区内不进行底片存档。

1.3.5 车间内移动探伤作业场地位置

本项目 X、 γ 射线车间内移动探伤作业区位于公司车间内指定区域，区域尺寸为 100m×30m，东侧紧邻核电模块及配管生产区，约 30m 为组对焊接区，约 75m 为厂区道路，约 85m 为浙江海重重工有限公司；南侧约 70m 为堆放场地；西侧紧邻预制车间，约 60m 为堆放场地，约 75m 为厂区道路；北侧约 45m 为除锈喷砂车间，约 75m 为厂区道路。正上方为顶棚，正下方为土层，无地下室。移动探伤作业区距离联合车间东侧约 72m，南侧约 70m，西侧约 73m，北侧约 70m。

1.3.6 环境保护目标

放射源暂存库的环境保护目标：本项目环境保护目标为放射源暂存库评价范围 50m 内放射源暂存库管理人员及公众成员。

车间内移动探伤的环境保护目标：车间内移动探伤评价范围 100m 内活动的辐射工作人员和公众成员。

1.3.7 选址合理性分析

本项目放射源暂存库评价范围 50m 内和厂区内移动探伤作业区评价范围 100m 内主要为中国能源建设集团浙江火电建设有限公司生产车间、厂区道路及浙江海重重工机械有限公司，无居民点和学校等环境敏感点，项目用地性质为工业用地，周围无环境制约因素，且评价范围内不涉及易燃易爆物质和危险化学品的存放。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，本项目放射源暂存库的选址合理可行。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

1.4.1 原有核技术利用项目环评、许可和验收情况

公司持有效的《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证[F0048]，种类和范围：使用Ⅱ类放射源，使用Ⅱ类射线装置，登记许可为 15 台Ⅱ类射线装置，其中 15 枚 ^{192}Ir 放射源和 7 枚 ^{75}Se

放射源。由于存在放射源退役及换源周期问题和部分射线机未实际购入，公司实际持有 6 枚 ^{192}Ir 放射源、2 枚 ^{75}Se 放射源和 7 台 X 射线探伤机，以上探伤装置均通过环评审批和竣工环保验收。原有 X 射线探伤机存放于探伤室内的铁皮柜内（见附图 4）。现有射线装置和放射源台账明细表分别见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 公司现有已许可的射线装置台账明细表

序号	名称	类别	数量	型号	用途	使用状况
1	X 射线探伤机（定向）	II类	1 台	RD-2805A	移动探伤	在用
2	X 射线探伤机（定向）	II类	1 台	SMART EV160D	移动探伤	在用
3	X 射线探伤机（定向）	II类	1 台	RD-300LGD	移动探伤	在用
4	X 射线探伤机（定向）	II类	2 台	CP-225D	移动探伤	在用
5	X 射线探伤机（定向）	II类	1 台	CP160B	移动探伤	在用
6	X 射线探伤机（周向）	II类	1 台	PXS EVO 200P	移动探伤	在用

注：现有射线装置型号与验收阶段的射线装置型号不一致，由设备更新导致。

表 1-3 公司现有已许可的放射源台账明细表

序号	核素名称	类别	数量	出厂活度（Bq）	编码	标号	用途
1	^{192}Ir	II类	1 枚	3.70E+12	0324IR012152	S24274	γ 射线探伤机
2	^{192}Ir	II类	1 枚	3.70E+12	0324IR017972	IID21156	γ 射线探伤机
3	^{192}Ir	II类	1 枚	3.70E+12	0324IR019732	IID34308	γ 射线探伤机
4	^{192}Ir	II类	1 枚	3.70E+12	0325IR002442	IID24131	γ 射线探伤机
5	^{192}Ir	II类	1 枚	3.70E+12	0325IR002452	IID21153	γ 射线探伤机
6	^{192}Ir	II类	1 枚	3.70E+12	0325IR006712	IID23230	γ 射线探伤机
7	^{75}Se	II类	1 枚	3.70E+12	0324SE005722	VC23161	γ 射线探伤机
8	^{75}Se	II类	1 枚	3.70E+12	0325SE001872	VC22199	γ 射线探伤机

1.4.2 辐射安全管现状

1、现有辐射安全防护管理机构成立

公司已成立以陈根卫为组长的辐射安全管理领导小组，负责辐射安全管理工作的策划，并对公司的辐射安全管理工作提出指导意见；已成立以励伟元为组长的辐射安全管理日常工作小组，定期编制辐射安全工作报告，完成与外部生态环境部门的沟通，负责公司职业健康工作的落实，监督项目辐射安全管理工作的落实情况，切实保障公司的辐射安全；已成立以项目安全总监为组长的项目辐射安全管理小组，落实公司辐射安全管理制度，接受日常工作小组的监督，配合完成辐射安全各项工作，具体工作包括：放射源暂存库的建立、验收，放射源的申请、备案、跟踪，放射源暂存库的日常检查、钥匙领用、出入库登记、使用过程的辐射监测，射线报警仪的配置、个人防护用品的配置、组织安全检查，做好射线装置的维护自检保养及附属配件的维护等各项辐射安全工作。现有管理小组人员组成上涵盖了现有核技术利用项目涉及

的部门，在框架上基本符合要求；明确了相关负责人和各成员及其职责，内容较为完善，见附件 9。

2、现有辐射安全规章制度的制定

公司开展工业 X、 γ 射线探伤多年，已制定《辐射安全和防护管理制度》、《放射源暂存库管理制度》、《放射源订购、运输及退役处理制度》、《X 射线和 γ 射线安全操作规程》、《X 射线机使用登记制度》、《放射源使用登记制度》、《射线检测安全管理程序》、《射线机使用场所安全措施》、《辐射工作岗位职责》、《辐射防护人员培训计划》、《设备检修维护制度》、《废旧放射源处置方法》、《辐射监测方案》、《自行检查和年度评估制度》及《辐射事故应急预案》等规章制度，见附件 10。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、现有辐射工作人员管理

据统计，公司现有辐射工作人员合计 120 名，现状管理情况见附件 11。

（1）现有辐射工作人员均持有效的辐射安全与防护证书，符合持证上岗的要求。

（2）现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，已委托有资质的单位定期进行个人剂量检测，并建立了个人剂量档案。根据建设单位提供的最近一年连续四个季度的个人剂量档案，单名辐射工作人员的每季度有效剂量均不超过 1.25mSv，年有效剂量为 0.01mSv/a~1.88mSv/a，符合项目剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对辐射工作人员“剂量限值”的要求。所有辐射工作人员均已开展职业健康体检，并建立了职业健康监护档案。辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过 2 年。根据公司提供的职业健康体检报告，在岗辐射工作人员均可继续从事放射性工作，健康无异常。

（3）辐射工作人员某些季度不接触辐射工作，未对个人剂量计进行送检，故该季度辐射剂量为 0mSv。

4、现有辐射安全和防护措施落实情况

现有探伤室的防护门已设置电离辐射警告标志和中文警示说明，门上设有工作状态指示灯，并具备门-机联锁、灯-机联锁功能。探伤室内和控制台均设有急停按钮，还设有视频监控装置、红外线报警系统、机械排风设施及固定式场所辐射监测报警装置。工件门外划定了 1m 黄色警戒线，相关辐射安全管理制度均张贴上墙。根据项目实际情况划分了控制区和监督区，

采取分区管理，进行积极、有效的管控。

建设单位已加强作业活动的数字化管理工作，安装符合与“浙里辐安”系统（浙江省外探伤活动使用当地系统）联网要求的在线监管系统，实现作业活动的全流程闭环管理。同时每台探伤机均已接入“浙里辐安”在线监管终端系统（浙江省外探伤活动使用当地系统），建设单位已做好在线监管系统人员、放射源、探伤机、异地使用等信息录入及更新，按在线监管系统要求落实出入库扫码工作。

移动探伤作业均按照标准要求通过巡测方式进行控制区和监督区的划分等辐射防护措施，配备了辐射监测设备和个人防护用品，严格执行清场制度，可确保人员安全。

5、现有辐射监测仪器与防护用品

公司每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，现有辐射监测仪器与防护用品统计清单见表 1-4，可以满足现阶段的探伤工作要求。

表 1-4 现有监测仪器与防护用品清单

序号	名称		数量
1	便携式 X-γ 辐射剂量当量率仪		68 台
2	个人剂量计		120 枚
3	个人剂量报警仪		120 台
4	铅服		12 件
5	铅帽		12 顶
6	铅内裤		9 件
7	铅眼镜		12 对
8	铅手套		12 副
9	长夹钳		4 个
10	铅罐		5 个
11	铅围巾		6 个
12	铅屏风	1000×500×3mm	6 块
		500×500×3mm	5 块

6、现有“三废”处理

公司现有核技术利用项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生，“三废”污染物主要为废旧放射源、报废的 γ 射线探伤机、探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、洗片废液、废胶片及臭氧和氮氧化物等，具体处置措施落实情况如下：

（1）公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订了放射性同位素转让及废旧放射源返回协议，见附件 14。废旧放射源均按国家相关法律规定及时返回到放射源生产单位进行收贮，废旧放射源回收（收贮）备案表见附件 15。

（2）根据《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发[2007]8 号）

γ 射线探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的 γ 射线探伤装置。对于超过安全使用年限的 γ 射线探伤机，公司严格执行相关报废工作。公司开展 γ 射线探伤以来，合计报废 11 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 4 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机，均交于探伤设备生产厂家（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行报废处置，相关报废证明见附件 16。

（3）总部厂区的废显（定）影液、洗片废液和废胶片等危废集中收集后统一交由杭州立佳环境服务有限公司进行处理。项目部产生的各类危废就近处置，委托当地的有资质单位进行处理。

（4）现有放射源暂存库和探伤室均已设置机械排风系统，少量的臭氧和氮氧化物通过风管引至室外。移动探伤作业过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

7、辐射安全和防护状况年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，公司已对本单位的放射源和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。根据公司提供的 2024 年度辐射安全与防护状况评估报告，公司已委托浙江亿达检测技术有限公司于 2025 年 3 月 10 号和 2024 年 12 月 18 日进行了相关辐射工作场所检测。

（1）现有放射源暂存库

检测当日，现有放射源暂存库内存有 1 台含源 γ 射线探伤机，具体检测工况见表 1-5。

表 1-5 检测工况

序号	探伤装置名称	核素名称	出厂活度	出厂时间	检测活度	放射源编码
1	γ 射线探伤机	^{192}Ir	$3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$	2025.2.20	$2.6 \times 10^{12}\text{Bq}$	0325IR002442

经检测，现有放射源暂存库的四周墙体和防护门外 30cm 处辐射剂量率为 $0.19\mu\text{Sv/h} \sim 0.23\mu\text{Sv/h}$ ，满足现阶段最新标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

（2）现有探伤室

检测当日，使用 RD-300IGM 型 X 射线定向探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）进行探伤。检测条件：管电压为 235kV，管电流为 5mA，出束时间为 5min，主射线方向朝南，无工件照射。经检测，现有探伤室四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处辐射剂量率为 $0.18\mu\text{Sv/h} \sim 0.21\mu\text{Sv/h}$ ，满足现阶段最新标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤室的墙体和门屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

8、现有辐射事故应急执行情况

公司已制定《辐射事故应急预案》，并成立了以总经理/党委书记为总指挥的辐射事故应急领导小组，包括应急处置行动组、疏散引导组、安全救护组、通讯联络组、现场警戒组和救援处置组，见附件 12。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
1	Ir-192	3.7E+12×40	II类	使用	无损检测	全国各客户施工现场和车间内移动探伤	放射源密封于 γ 射线探伤机源容器内，不作业时统一存放于放射源暂存库的储源坑内	/

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	4	RT-2805T	280kV	5mA	无损检测	全国各客户施工现场和车间内移动探伤	定向机
2	X 射线探伤机	Ⅱ类	19	RT-3505T	350kV	5mA	无损检测	全国各客户施工现场和车间内移动探伤	定向机

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
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
废旧放射源	固态	^{192}Ir	根据实际使用情况更换				暂存于放射源暂存库的储源坑内	由放射源生产单位回收处理
报废的 γ 射线探伤机	固态	/	超过 10 年安全使用期限的 γ 射线探伤机，拟报废				暂存于放射源暂存库的储源坑内	由 γ 射线探伤机生产单位回收处理
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	放射源暂存库内的臭氧和氮氧化物由排风系统引至室外，直接排放于大气环境；移动探伤过程产生的臭氧和氮氧化物量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。
废显（定）影液	液态	/	/	/	1600kg	/	嘉兴市内收集于危废暂存间；嘉兴市外就近处置	委托有资质的单位处理
洗片废液	液态	/	/	/	4000kg	/		
废胶片	固态	/	/	/	8kg	/		

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

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

表 6 评价依据

法律文件	(1)《中华人民共和国环境保护法》，主席令第九号，1989 年 12 月 26 日通过，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行； (2)《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令第二十四号，2002 年 10 月 28 日通过，2003 年 9 月 1 日起施行，2018 年 12 月 29 日第二次修正； (3)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，主席令第四十三号，1995 年 10 月 30 日通过，2020 年 4 月 29 日第二次修订，2020 年 9 月 1 日起施行； (4)《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 6 月 28 日通过，2003 年 10 月 1 日起施行； (5)《建设项目环境保护管理条例》，1998 年 11 月 29 日国务院令第 253 号发布，2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日起施行； (6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 9 月 14 日国务院令第 449 号公布，2005 年 12 月 1 日起施行，2019 年 3 月 2 日第二次修订； (7)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 4 月 18 日原环境保护部令第 18 号公布，2011 年 5 月 1 日起施行； (8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日原环境保护总局令第 31 号公布；2006 年 3 月 1 日起施行；2021 年 1 月 4 日第四次修正； (9)《放射性物品运输安全管理条例》，国务院令第 562 号，2009 年 9 月 7 日通过，2010 年 1 月 1 日起施行； (10)《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2011 年 11 月 30 日通过，2012 年 3 月 1 日起施行； (11)《关于发布放射源分类办法的公告》，原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日起施行； (12)《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (13)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，原国家环境保护总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日起施行； (14)《放射性物品运输安全许可管理办法》，2010 年 9 月 25 日原环境保护部令第 11 号公布，2010 年 11 月 1 日起施行，2021 年 1 月 4 日第二次修正；
------	--

	(15)《放射性物品道路运输管理规定》，2010 年 10 月 27 日交通运输部令第 6 号公布，2011 年 1 月 1 日起施行，2023 年 11 月 10 日第二次修正； (16)《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》，原国家环境保护总局，环发[2007]8 号，2007 年 1 月 15 日印发； (17)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，原环境保护部办公厅环，办辐射函[2016]430 号，2016 年 3 月 7 日印发； (18)《关于加强核与辐射安全监管能力建设工作的通知》，原环境保护部办公厅环，办辐射函[2017]1593 号，2017 年 10 月 19 日印发； (19)《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》，原环境保护部办公厅，环办辐射函[2017]609 号，2017 年 4 月 21 日印发； (20)《放射性废物分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行； (21)《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日国家发展和改革委员会令第 7 号公布，2024 年 2 月 1 日起施行； (22)《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，自然资源部办公厅，自然资办函〔2022〕2080 号，2022 年 9 月 30 日印发； (23)《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，2020 年 11 月 5 日通过；2021 年 1 月 1 日起施行； (24)《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； (25)《危险废物转移管理办法》，2021 年 11 月 30 日生态环境部、公安部、交通运输部令第 23 号公布，2022 年 1 月 1 日起施行； (26)《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； (27)《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； (28)《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 8 月 19 日通过，2019 年 11 月 1 日起施行； （29）《浙江省生态环境保护条例》，2022 年 5 月 27 日浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 71 号通过，2022 年 8 月 1 日起施行； （30）《浙江省固体废物污染环境防治条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 80 号，2006 年 3 月 29 日通过，2022 年 9 月 29 日修订通过，2023 年 1 月 1 日起施行； （31）《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布；2011 年 12 月 1 日起施行；2021 年 2 月 10 日第三次修正； （32）《浙江省辐射环境管理办法》，浙江省人民政府令第 388 号，2011 年 12 月 18 日公布，2012 年 2 月 1 日起施行，2021 年 2 月 10 日修订； （33）《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2024 年本）>的通知》，浙环发[2024]67 号，浙江省生态环境厅，2025 年 2 月 2 日起施行； （34）《浙江省生态环境厅关于印发<浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定>的通知》，浙环发[2022]30 号，浙江省生态环境厅，2023 年 2 月 3 日起实施； （35）《关于印发<海盐县生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，海盐县人民政府，盐政办发[2024]22 号，2024 年 10 月 21 日印发。
技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016），2016 年 4 月 1 日实施； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），2003 年 4 月 1 日实施； （3）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），2023 年 3 月 1 日实施； （4）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单，2017 年 10 月 27 日实施； （5）《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022），2022 年 7 月 1 日实施； （6）《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006），2007 年 4 月 1 日实施； （7）《γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2023），2023 年 10 月 1 日实施；

	(8)《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002), 2003 年 4 月 1 日实施; (9)《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA 1002-2012), 2012 年 9 月 1 日实施; (10)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019), 2020 年 4 月 1 日实施; (11)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021), 2021 年 5 月 1 日实施; (12)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021), 2021 年 5 月 1 日实施; (13)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021), 2021 年 8 月 1 日实施; (14)《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023), 2023 年 7 月 1 日实施; (15)《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022), 2023 年 7 月 1 日实施。
其他	(1) 环评委托书; (2) 建设单位提供的工程设计图纸及技术参数资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)的规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”并结合本项目的辐射污染特点，最终确定本项目评价范围为：

（1）不作业时贮存：放射源暂存库实体屏蔽边界外 50m，评价范围示意图见附图 2；

（2）车间内移动探伤时，评价范围为各 X、 γ 射线探伤机的最大监督区范围。经理论计算，本次评价的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机移动探伤时经移动式铅屏风屏蔽后最大监督区范围为 54m，小于 100m；RT-3505T 型 X 射线探伤机移动探伤时经移动式铅屏风屏蔽后最大监督区范围为 45m，小于 100m；RD-2805T 型 X 射线探伤机移动探伤时经移动式铅屏风屏蔽后最大监督区范围为 45m，小于 100m。本项目厂区内移动探伤评价范围按 100m 考虑。

7.2 保护目标

（1）放射源暂存库

本项目放射源暂存库环境保护目标主要为评价范围 50m 内辐射工作人员与公众成员。其中辐射工作人员包括放射源暂存库管理人员及含源 γ 射线探伤机存/取源的辐射工作人员；公众成员为 50m 范围内非辐射公众人员及其他公众。

表 7-1 本项目放射源暂存库评价范围 50m 内环境保护目标基本情况表

辐射工作场所名称	环境保护目标		关注点名称		最近距离(m)	人数	受照类型	年剂量约束值(mSv)
放射源暂存库	辐射工作人员		放射源暂存库内及周围		相邻	116 人	职业照射	5.0
	公众成员	总部厂区内非辐射工作人员	东侧	厂区道路	相邻	20 人/d	公众照射	0.25
			南侧	车间过道	相邻	20 人/d		
				组对焊接区	15	5 人		
			西侧	核电模块及配管生产区	14	10 人		
			北侧	办公室	4	2 人		
				热处理区	7	2 人		
				焊材库	24	2 人		
	普通公众成员		东侧	浙江海重重工有限公司	10	50 人		

注：本项目辐射工作人员依托现有，不新增辐射工作人员。

（2）厂区内移动探伤作业区

本项目移动探伤作业区环境保护目标主要为评价范围 100m 内辐射工作人员与公众成员。其中辐射工作人员为 X、 γ 射线探伤机移动探伤作业的辐射工作人员；公众成员为 100m 内非辐射公众人员及其他公众。

表 7-2 本项目移动探伤作业区评价范围 100m 内环境保护目标基本情况表

辐射工作场所名称	环境保护目标		关注点名称		最近距离(m)	人数	受照类型	年剂量约束值(mSv)	
厂区内移动探伤作业区	辐射工作人员		放射源暂存库内及周围		65	116 人	职业照射	5.0	
			移动探伤控制区外		¹⁹² Ir- γ 射线探伤机在移动探伤时经移动式铅屏风屏蔽后最大控制区理论值为 22m；RT-3505TT 型 X 射线探伤机在移动探伤时经移动式铅屏风屏蔽后最大控制区理论值为 19m；RT-2805T 型 X 射线探伤机在移动探伤时经移动式铅屏风屏蔽后最大控制区理论值为 19m。				
	公众成员	总部厂区内非辐射工作人员	东侧	核电模块及配管生产区	紧邻	10 人	公众照射	0.25	
				组对焊接区	30	5 人			
				厂区道路	75	20 人/d			
			南侧	堆放场地	70	5 人			
				西侧	预制车间	紧邻			20 人
					堆放场地	60			5 人
			厂区道路		75	20 人/d			
			北侧	除锈喷砂车间	45	10 人			
				厂区道路	75	20 人/d			
	普通公众成员	东侧	浙江海重重工有限公司	85	50 人				

7.3 评价标准

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

本标准规定了对电离辐射防护和辐射源安全的基本要求，适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

（1）防护与安全的最优化

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

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

(2) 剂量限值

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

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

(3) 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 25%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表 7-2。

表 7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业人员	5.0mSv/a
公众人员	0.25mSv/a

(4) 辐射工作场所的分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

射的范围。

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求，适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

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 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 7-3 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

5.2 γ 射线探伤机

5.2.1 源容器及其传输导管

5.2.1.1 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过表 2 规定的控制值，随机文件中应有该指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 14058 的要求。

表 7-4 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类别	探伤机型号	最大周围剂量当量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05
固定式	F	1	0.1

5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

a) 严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损

伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志；

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平；

d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA 1002 的相关要求。

5.2.3.5 使用单位应制定放射源领用及交还制度，建立领用台帐，明确放射源的流向，并有专人负责。

5.2.3.6 领用、交还含放射源的源容器时，应对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器应按规定位置存放，领用和交还都应有详细的登记。

5.2.4 放射源的运输和移动

5.2.4.1 放射源的货运运输要求按 GB 11806 的规定执行，应满足 A 类与 B 类运输货包要求。在运输过程中，源窗应处于关闭状态，并有专门的锁定装置。

5.2.4.2 含源装置应置于储存设施内运输，只有在合适的源容器内正确锁紧并取出钥匙后方可移动。

5.2.4.3 在不涉及公用道路的厂区内移动时，应使用小型车辆或手推车，使含源装置处于人员监视之下。

5.2.5 废旧放射源的处理

使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

7 移动式探伤的放射防护要求

7.1 作业前准备

7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。

7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划,使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等,避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时,应对工作场所实行分区管理,将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。对于 X 射线探伤,如果每周实际开机时间高于 7h,控制区边界周围剂量当量率应按式(1)计算:

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau} \quad (1)$$

式中:

$\dot{H}$ ——控制区边界周围剂量当量率,单位为微希沃特每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

τ ——每周实际开机时间,单位为小时 (h);

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值,即 $100\mu\text{Sv/周}$ 。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌,探伤作业人员应在控制区边界外操作,否则应采取专门的防护措施。

7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障,包括利用现有结构(如墙体)、临时屏障或临时拉起警戒线(绳)等。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中,控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小,应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪,并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测,尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时,适时调整控制区的边界。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区,并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌,必要时设专人警戒。

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时,应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 γ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

7.3 安全警示

7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

7.3.3 X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

7.3.3 《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）

本标准规定了常规运输条件、正常运输条件和运输事故条件下放射性物品运输安全要求。本标准适用于放射性物品（包括伴随使用的放射性物质）的陆地、水上和空中任何方式的运输。

8.4.2.3 应按下述要求控制货物集装箱的装载及货包、集合包装和货物集装箱的存放：

b) 在常规运输条件下，运输工具外表面上任一点的辐射水平应不超过 2mSv/h，在距运输工具外表面 2m 处的辐射水平应不超过 0.1mSv/h。

7.3.4 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）

本标准规定了危险废物贮存污染控制的总体要求、贮存设施选址和污染控制要求、容器和包装物污染控制要求、贮存过程污染控制要求，以及污染物排放、环境监测、环境应急、实施与监督等环境管理要求。

6.1.1 贮存设施应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物。

6.1.2 贮存设施应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。

6.1.3 贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝。

6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1m 厚黏土层（渗透系数不大于 10^{-7}cm/s ），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于 10^{-10}cm/s ），或其他防渗性能等效的材料。

6.1.5 同一贮存设施宜采用相同的防渗、防腐工艺（包括防渗、防腐结构或材料），防渗、防腐材料应覆盖所有可能与废物及其渗滤液、泄漏液等接触的构筑物表面；采用不同防渗、防腐工艺应分别建设贮存分区。

6.1.6 贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

7.3.5 《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）

本标准规定了核技术利用放射性废物库的选址、设计和建造技术要求，在用放射源贮存库的选址、设计和建造可参照本标准执行。

6.11 辐射防护

6.11.1 剂量限值和污染控制水平

6.11.1.3 库房盖板正上方 0.5m 处的最大剂量率不超过 $20\mu\text{Sv/h}$ ；库房外墙表面 0.3m 处的最大剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.11.1.4 工作场所表面污染控制水平应按照 GB 18871 规定执行。

7.3.6 项目管理目标

1、剂量约束值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等评价标准，确定本项目有效剂量约束值：

职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a ，公众成员年有效剂量不超过 0.25mSv/a 。

2、放射源贮存设施周围剂量当量率控制水平

本项目放射源暂存库位于生产车间内，正上方为无人平台，正下方为土层，无地下室。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 5.2.3.3 条款：c）在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平，本项目放射源暂存库四侧墙体、防护门外 30cm 处周围剂量当量率控制限值均为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；放射源暂存库上方为无人平台，本报告亦将放射源暂存库顶棚外 30cm 处周围剂量当量率控制现在按 $2.5\mu\text{Sv/h}$

进行从严管理。

放射源暂存库实体屏蔽围成的内部区域为控制区，属于公众不可达区域。基于辐射安全管理，本报告将放射源暂存库内储源坑表面外 30cm 处周围剂量当量率控制限值按 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 进行从严管理。

3、移动探伤控制区和监督区边界限值

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 7.2.1 条款的要求， γ 射线移动探伤控制区边界周围剂量当量率不超过 $15\mu\text{Sv/h}$ ；X 射线移动探伤单组移动探伤周最大曝光时间为 5h，小于 7h，控制区边界周围剂量当量率不超过 $15\mu\text{Sv/h}$ ；X、 γ 射线移动探伤监督区边界周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

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

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司租赁其下属子公司华业钢构核电装备有限公司的部分场地开展辐射活动，建设地点位于浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号。出租方厂区东侧为浙江海重重工机械有限公司（距放射源暂存库约 10m），南侧隔杭州湾大道为嘉兴港海盐码头有限公司，西侧为浙江协和首信钢业有限公司，北侧隔海塘线为西场河，再北侧隔河为农田，地理位置见附图 1，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 3。

8.1.2 放射源暂存库位置

本次新增的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不移动探伤作业时，全部贮存于扩建放射源暂存库内。放射源暂存库位于生产车间内，其东侧为厂区道路，南侧为车间过道，西侧为现有探伤室、登记前室及新增 X 射线贮存间，北侧为隔间，正上方为无人平台，正下方为土层，无地下室。

8.1.3 厂区内移动探伤作业场地位置

本项目 X、 γ 射线车间内移动探伤作业区位于公司车间内指定区域，区域尺寸为 $100\text{m} \times 30\text{m}$ ，东侧紧邻核电模块及配管生产区，约 30m 为组对焊接区，约 75m 为厂区道路，约 85m 为浙江海重重工有限公司；南侧约 70m 为堆放场地；西侧紧邻预制车间，约 60m 为堆放场地，约 75m 为厂区道路；北侧约 45m 为除锈喷砂车间，约 75m 为厂区道路。正上方为顶棚，正下方为土层，无地下室。移动探伤作业区距离联合车间东侧约 72m，南侧约 70m，西侧约 73m，北侧约 70m。

8.2 辐射环境质量现状评价

8.2.1 现有放射源暂存库及周围环境

1、环境现状评价对象

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价，评价对象为放射源暂存库拟建址及周围环境。

2、监测因子

根据项目污染因子特征，环境检测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

3、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, 对本项目探伤室拟建址及周围环境进行检测布点, 布点情况见图 8-1, 辐射环境本底检测报告及检测资质证书见附件 18。

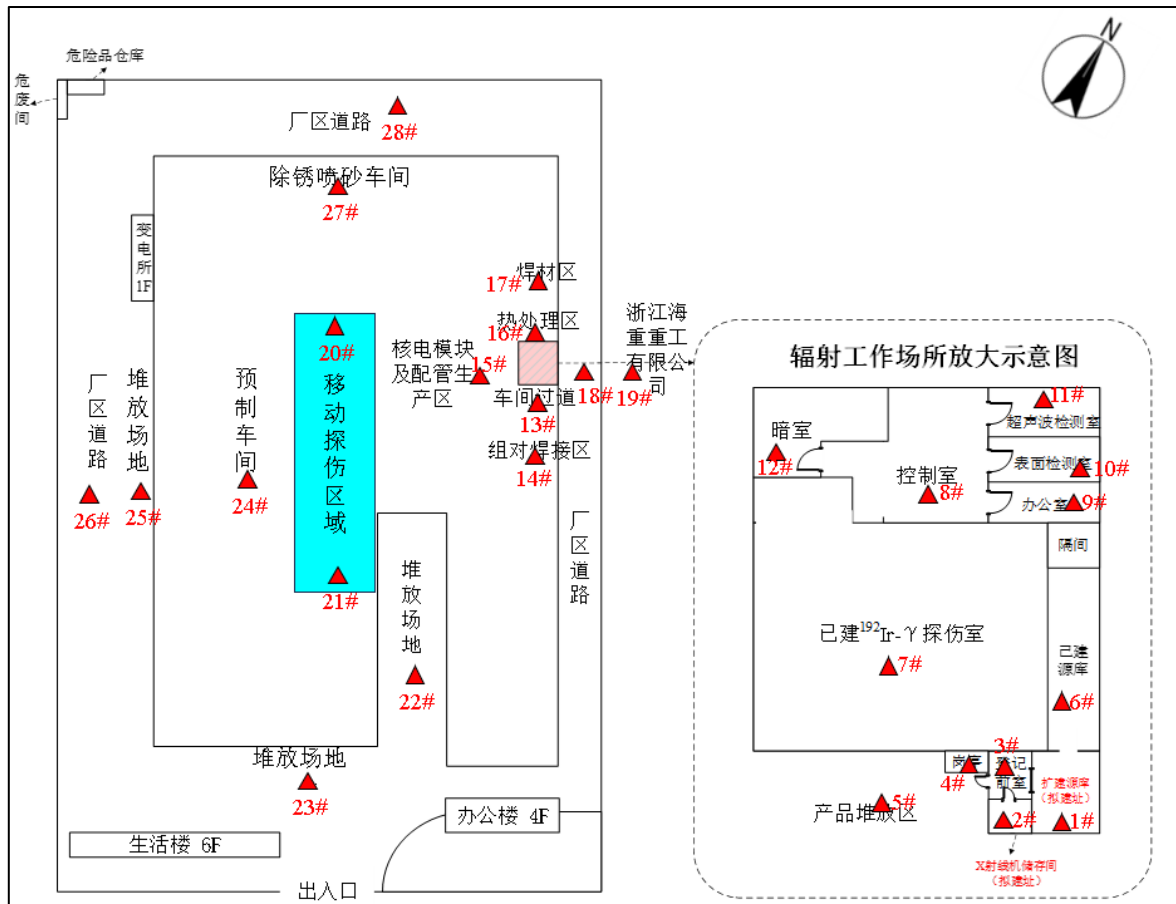


图 8-1 本项目辐射工作场所周围辐射环境质量现状监测点位分布图

4、监测方案

- (1) 检测单位：浙江亿达检测技术有限公司；
- (2) 检测时间：2025 年 1 月 9 日；
- (3) 检测方式：现场检测；
- (4) 检测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 检测频次：仪器读数稳定后，以约 10s 的间隔读取 10 个数据；
- (6) 检测工况：检测当日，探伤室未进行探伤作业，放射源暂存库内未存放任何含源 γ 射线探伤机，所有含源 γ 射线探伤机均运输至项目部开展移动探伤作业；
- (7) 天气环境条件：天气：多云；室内温度：6℃；室外温度：8℃；相对湿度：34%；
- (8) 检测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表 8-1 监测仪器的参数与规范

监测仪器	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H (内置探头: 6150 AD-b/H 外置探头: 6150 AD 6/H)
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头: 0.05 μ Sv/h~99.99 μ Sv/h 外置探头: 0.01 μ Sv/h~10mSv/h
能量范围	内置探头: 20keV-7MeV $\leq\pm 30\%$ 外置探头: 60keV-1.3MeV $\leq\pm 30\%$
检定证书编号	2024H21-20-5106288001
检定证书有效期	2024 年 2 月 23 日~2025 年 2 月 22 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 Cf	1.04
探测限值	10nSv/h

5、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, 监测人员经考核并持合格证上岗;
- (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, 经过校准、审核, 最后由技术负责人审定。

6、监测结果及评价

本项目现有放射源暂存库周围环境辐射环境现状检测结果见表 8-2。

8-2 本项目辐射工作场所及周围环境辐射本底监测结果

点位编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率(nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1#	扩建放射源暂存库拟建址	58	3	室内
2#	X 射线机储存间拟建址	59	2	室内
3#	登记前室	60	2	室内
4#	岗亭	60	1	室内
5#	产品堆放区	60	3	室内
6#	已建放射源暂存库	88	3	室内
7#	已建探伤室	89	3	室内
8#	控制室	90	4	室内
9#	办公室	89	4	室内
10#	表面检测室	92	4	室内
11#	超声波检测室	92	2	室内

12#	暗室	91	2	室内
13#	车间过道	56	1	室内
14#	组对焊接区	53	4	室内
15#	核电模块及配管生产区	60	2	室内
16#	热处理区	50	5	室内
17#	焊材库	53	4	室内
18#	厂区道路	79	5	室外
19#	浙江海重重工有限公司	68	3	室外
20#	移动探伤区域北侧	71	2	室内
21#	移动探伤区域南侧	74	2	室内
22#	东侧堆放场地	88	2	室内
23#	南侧堆放场地	90	2	室内
24#	预制车间	65	2	室内
25#	西侧堆放场地	80	3	室内
26#	西侧厂区道路	76	2	室外
27#	除锈喷砂车间	87	3	室内
28#	北侧厂区道路	79	4	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《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），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、环境 γ 辐射剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 31.3nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，#1~#17、20#~25#、27#点位取 0.9，#18~#19、26#、28#点位取 1。

由表 8-2 可知，本项目辐射工作场所及周围环境各检测点位室内 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 50nGy/h~92nGy/h，室外 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 68nGy/h~79nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，嘉兴市室内的 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为 76nGy/h~271nGy/h，嘉兴市道路上 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为 28nGy/h~117nGy/h。因此，本项目辐射工作场所及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目施工期主要是对新扩建源库、X 射线机贮存间及配套房间进行防护装修、装饰施工，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。

(1) 扬尘

施工过程中会产生扬尘，主要是防护装修过程中产生的扬尘（TSP）。建设单位应加强施工区域管理，对施工场地采取围挡措施。施工时采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境和公众的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应及时清理。

(2) 废水

施工期产生的废水主要为施工人员的生活污水，生活污水产量较小，可依托建设单位化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

(3) 噪声

施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止机械噪声的超标。

(4) 固体废物

建设过程中产生的装修垃圾堆放在住建部门指定的地点，严禁随意堆放和倾倒。施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。

综上所述，本项目施工范围较小，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

9.2 工艺设备和工艺分析

9.2.1γ 射线探伤机

1、设备组成及工作方式

γ 射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器，其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端构成照射头，用钥匙打开储源器的安全锁，再转动安全闸环到停止位置，使其指针对准红字“打开”处（即快门已开）；操作自控仪预置启动延迟时

间、输源管距离、曝光时间，然后按下“启动”按钮，自控仪将自动完成“送源→曝光→收源”的检测照相过程。

典型 γ 射线探伤设备外观见图 9-1，内部结构见图 9-2。



图 9-1 典型 ^{192}Ir - γ 射线探伤机外观图

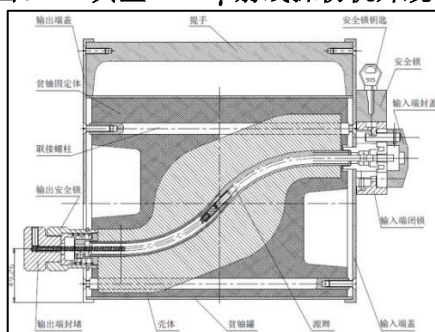


图 9-2 典型 γ 射线探伤机内部结构示意图

2、工作原理

γ 射线探伤机在工作过程中，通过密封源 ^{192}Ir 产生的 γ 射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像，显示裂缝所在位置， γ 射线探伤机据此实现探伤目的。

3、 γ 射线车间移动探伤流程

(1) 放射源购入及运输

公司领取《辐射安全许可证》后，按《辐射安全许可证》许可的种类和范围，向放射源生产单位购置放射源，放射源生产单位委托放射源运输单位（浙江省科器进出口有限责任公司）负责将放射源运至公司放射源暂存库内储存，放射源运输途中的辐射安全责任由运输单位承担。放射源运到现有的放射源暂存库后，放射源暂存库管理员按购货清单逐项核实后，记载放射源的核素名称、出厂时间和活度、标号、编码、来源等，然后放射源入库。

(2) 放射源存取

放射源暂存库实行双人双锁，移动探伤前，由现场安全员到放射源暂存库领取探伤机主机

（含源），领用须填写《放射源出入库登记表》。放射源暂存库管理员（至少 2 名）进入放射源暂存库，其中一名管理人员打开一个储源坑的铅盖，取出其中的含源 γ 射线探伤机，并用便携式 X- γ 剂量率仪对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行检测，确认探伤机内有源，合上储源坑的铅盖，同时记录检测值。放射源暂存库管理员将取出的含源 γ 射线探伤机在全程监控下交接给现场安全员，现场安全员再把已存放含源 γ 射线探伤机的铅箱搬运至放射源专用运输车上。探伤工作结束后，含源 γ 射线探伤机返回放射源暂存库，保管人员对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率再次进行检测，并与出库时的检测值对比，确保放射源的存在及处于最佳的屏蔽位置，并做好检测的记录，填写《放射源出入库登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。放射源暂存库工作及产污流程见图 9-3。

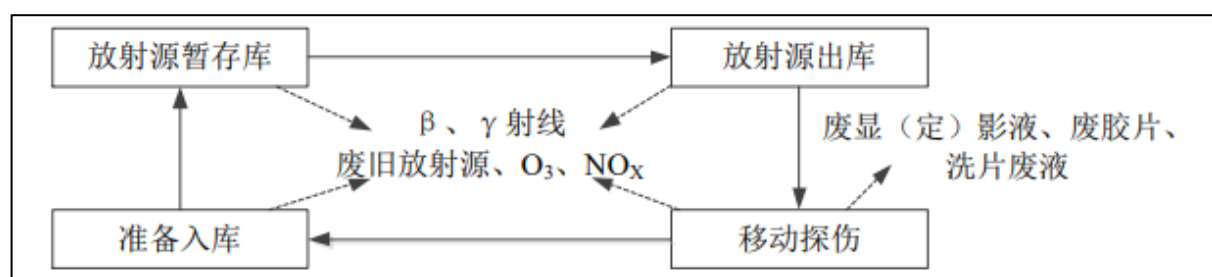


图 9-3 放射源暂存库工作及产污流程示意图

（3）放射源使用备案

公司根据工程实际情况投入使用 γ 射线探伤机。工程开工前，进行放射源使用备案手续，填写《浙江省放射性同位素省内转移使用备案表》，需地方生态环境部门审核确认后，投入使用。

（4） γ 射线移动探伤及产污环节

①在探伤之前，根据几何不清晰度要求，算出照射距离，确定放射源的位置；根据底片黑度要求，算出照射时间。根据放射源活度理论估算出控制区及监督区的边界距离，把探伤作业的性质、时间、地点、控制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容以张贴公告的方式告知探伤场所附近公众。

②对划出的控制区及监督区的范围和边界进行确认，确认后，对监督区边界范围内区域进行清场，将无关人员全部撤出监督区边界线以外。在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 γ 射线探伤机联锁，边界处拉起警戒绳。监督区边界上张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息并悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。通过车间内的起重机将铅屏风运输至位于探伤机主射方向摆放，距离工件约 1m

的距离。在清理完现场，确认场内无其他人员后，工作人员离开控制区，在监督区边界附近进行警戒。在试运行（第一次曝光）期间，用便携式 X- γ 剂量率仪巡测控制区和监督区边界的周围剂量当量率以证实边界设置正确，必要时调整区域的范围和边界。在移动探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态。

③确定照射容器、输源管及遥控器曲柄放置的距离及操作人员的临时屏蔽装置，在检测对象需要检测部位贴好胶片，将 γ 射线探伤机的照射头的射线口对准检测对象需要检测部位。

④用便携式 X- γ 剂量率仪检测确定源在装置内后，连接输源管。将输源管端部三角架固定安放到确定的照射处，确认控制部件、行程记录仪、输源管及各个连接口无异常，通过摇动手柄送出放射源，并监视行程记录仪，同时记录照射时间，到预定照射时间后，摇动手柄将放射源收回到照射容器安全位置。

⑤从检测工件上取下已曝光的底片，待暗室冲洗处理后评片，完成一次探伤任务。 γ 射线移动探伤流程及产污环节见图 9-4。

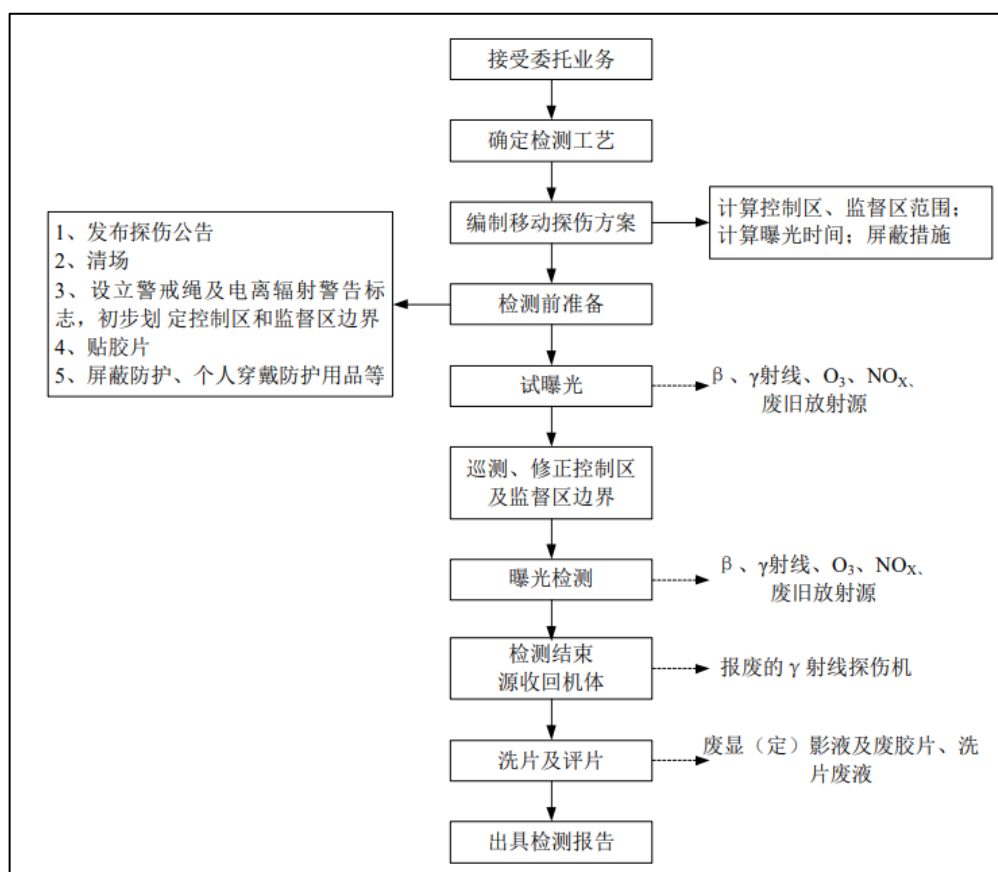


图 9-4 γ 射线移动探伤检测及产污流程示意图

因此， γ 射线移动探伤的主要产污因子为： β 、 γ 射线、废旧放射源、报废的 γ 射线探伤机、臭氧和氮氧化物等非放射性气体、废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物。

4、换源操作

①放射源使用单位（中国能源建设集团浙江火电建设有限公司）按照《辐射安全许可证》许可的种类和范围，向浙江省生态环境厅申请购买新源，并按要求填报《放射性同位素转让审批表》，经其批准同意后方可开展购源工作。

②获取浙江省生态环境厅的批准后，放射源使用单位委托有资质的运输单位将从 γ 射线探伤机生产厂家处购买的 γ 射线探伤机源容器及附件运输至放射源生产单位，在生产单位厂区内由生产单位完成装源工作。

③放射源生产单位委托有资质的运输单位将装有新源的 γ 射线探伤机运输至放射源使用单位，同时将装有废源的 γ 射线探伤机运回放射源生产单位，在生产单位厂区内由生产单位完成倒源工作。放射源使用单位在废源收贮的活动完成之日起 20 日内向浙江省生态环境厅备案。

根据《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发[2007]8 号文）规定，探伤装置装源（包括更换放射源）应由放射源生产单位进行操作，并承担安全责任，放射源生产单位也可委托有能力的单位进行装源操作。生产、销售、使用探伤装置单位不得自行进行装源操作。放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度。

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司不得自行进行倒源操作，本项目所有放射源退役和换源的工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责，运输过程中的安全责任由放射源运输单位负责。目前，中国能源建设集团浙江火电建设有限公司已委托浙江省科学器材进出口有限责任公司负责承担放射源运输，该单位具备有效的中华人民共和国道路运输经营许可证，委托协议及运输资质证书情况见附件 13。

9.2.2X 射线探伤机

1、设备组成及工作方式

本项目 X 射线探伤机主要由 X 射线管头组装体、控制箱及连接电缆组成，具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，曝光时间最长为 5min。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 9-5。



图 9-5 典型 X 射线探伤机外观示意图

2、X 射线产生原理

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面时被靶突然阻挡，由于轫致辐射而产生 X 射线。典型 X 射线管结构见图 9-6。

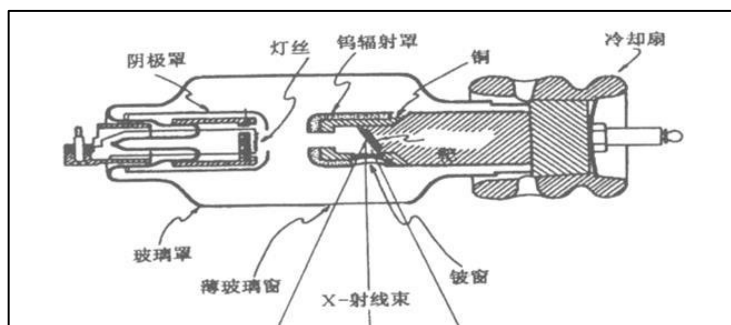


图 9-6 典型 X 射线管结构图

3、X 射线探伤原理

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 X 线感光片进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机据此实现探伤目的。

4、X 射线探伤工艺流程及产污环节

（1）射线装置领取

本项目 X 射线探伤机不工作时，存放于专门的 X 射线机贮存间，双人双锁，由专人管理。移动探伤前，由辐射操作人员到 X 射线机贮存间领取 X 射线探伤机，领用须填写《射线装置领

用登记表》。探伤工作结束后，X 射线探伤机返回 X 射线机贮存间，填写《射线装置领用登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。

（2）X 射线移动探伤及产污环节

①在探伤之前，根据被探伤产品的规格选用合适型号的 X 射线探伤机。根据设备的最大管电压和最大管电流等参数理论估算出控制区及监督区的边界距离，把探伤作业的性质、时间、地点、控制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容以张贴公告的方式告知探伤场所附近公众。

②对初步划出的控制区及监督区的范围和边界进行确认，确认后，对监督区边界范围内区域进行清场，将无关人员全部撤出监督区边界线以外。在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 X 射线探伤机联锁，边界处拉起警戒绳。监督区边界上张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息并悬挂清晰可见的“无关人员禁止进入”警告牌，必要时设专人警戒。通过车间内的起重机将铅屏风运输至位于探伤机主射方向摆放，距离工件约 1m 的距离。在清理完现场，确认监督区内无公众人员后，辐射工作人员离开控制区，在监督区边界附近进行警戒。

③试曝光。现场作业人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，监护人员确认场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，开始铺设电缆，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，检查无误，设备操作人员开机进行试曝光，现场监护人员使用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤机位置四周由远及近进行巡测，一旦发现辐射水平异常、分区不合理，应立即停止射线出束，调整分区。对划定的控制区和监督区进行修正，保障工作人员操作现场的周围剂量当量率小于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，公众位于周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域之外。在移动探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态。

④曝光检测。辐射工作人员在控制区边界外操作，探伤机控制台上设有延时开机按钮。然后开机进行曝光，同时记录照射时间。到预定曝光时间后，探伤检测结束。

⑤探伤结束，关闭机器。清理完现场后解除警戒，工作人员离场。

⑥从检测工件上取下已曝光的底片，待暗室冲洗处理后评片，完成一次探伤任务。

本项目 X 射线移动探伤工作流程及产污环节与 γ 射线移动探伤基本相同，见图 9-4，此处不赘述。X 射线移动探伤的产污因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物等非放射性气体、废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物。

9.2.3 辐射工作人员配置及合理性分析

根据《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发[2007]8号）及《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》（浙环发[2022]30号）等相关规定，作业单位应确保每台 γ 射线探伤机至少有2名操作人员和1名现场安全员同时在场。同时根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号）中“四、关于放射源探伤监管”，现场安全员应具有对现场辐射安全负责的权限，发现安全问题可以叫停探伤作业。

企业现有120名辐射工作人员，本项目不另外新增辐射工作人员，分配其中114名辐射工作人员负责X、 γ 射线移动探伤，拟分为38个移动探伤小组，每组由3名辐射工作人员组成。 γ 射线移动探伤时，人员岗位职责分配：2名为探伤操作人员，每次移动探伤时同时在场并共同负责操作 γ 射线探伤机的安全使用及状态监护等工作；1名为现场安全员，主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源 γ 射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。X射线移动探伤时，人员岗位职责分配：2名轮流负责操作X射线探伤机，1名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入。同时，本次新增放射源的管理直接依托现有放射源暂存库管理人员，不另设。

9.2.4 探伤工作负荷

公司现有的移动探伤业务包括山东荣成国和一号项目的2#机组的核岛建设、山东海阳核电项目CV工程、辽宁徐大堡核电项目两台常规岛工程、广东陆丰核电项目常规岛工程、浙江三门核电二期项目两台常规岛工程以及华业钢构核电装备有限公司的检验，检验的主要工件厚度为1.7mm~94mm之间，结合各探伤装置的探测上限（最大穿透力）和探测下限（设备灵敏度）的差异性，本次评价的40台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机主要检测厚度范围为40mm~94mm、23台X射线探伤机主要检测厚度范围1.7mm~40mm。

全国 γ 射线探伤年拍片新增量为6万张，单片最大曝光时间为3min，年曝光时间为3000h，车间内 γ 射线移动探伤年拍片新增量为4000张，单片最大曝光时间为3min，年曝光时间为200h，则总 γ 射线移动探伤年拍片新增量为6.4万张，年曝光时间为3200h。全国X射线探伤年拍片新增量为1.5万张，单片最大曝光时间为3min，年曝光时间为750h，车间内X射线移动探伤年拍片新增量为1000张，单片最大曝光时间为3min，年曝光时间为50h，则总X射线探伤年拍片新增量为1.6万张，年曝光时间为800h。单个移动探伤小组的新增 γ 射线年曝光时间

为 84.2h, X 射线年曝光时间为 21h。原有单个 X 射线移动探伤小组最大周探伤时间为 0.42h, 总计单个 X 射线移动探伤小组最大周探伤时间为 5.42h, 小于 7h,

9.3 污染源项描述

9.3.1 放射性污染源项

(1) X 射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知, X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时(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污染因子, 污染途径是 X 射线外照射。

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。

表 9-1 项目 X 射线探伤机源项分析结果汇总表

序号	名称	工作场所	最大管电压/电流	主射线或散射线源项(距辐射源点 1m 处输出量)	漏射线源项(辐射源点 1m 处泄漏辐射剂量率)	数据来源
1	RT-3505T	移动探伤区域	350kV/5mA	23.5mGy·m ² /(mA·min)	5000μSv/h	主射线或散射线源项根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录 B 中表 B.1; 漏射线源项根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 1。
2	RT-2805T		280kV/5mA	20.9mGy·m ² /(mA·min)		

查 GBZ/T 250-2014 表 B.1, RT-3505T 按 400kV 管电压在 3mmCu 滤过条件下保守取值 X 射线输出量为 23.5mGy·m²/(mA·min); RT-2805T 按 300kV 管电压在 3mmAl 滤过条件下保守取值 X 射线输出量为 20.9mGy·m²/(mA·min)。

(2) β、γ 射线

本项目放射源应用的放射性核素为 ¹⁹²Ir 根据《辐射防护手册——第一分册》(李德平、潘自强主编) P58 页、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)附录 A 表 A.1, 相关核素的辐射特性见表 9-2。

表 9-2 放射性核素的主要辐射特性

核素	半衰期	衰变方式(分支比, %)	射线类型	辐射能量(MeV)	辐射能量强度*	周围剂量当量率常数(μSv·m ² /MBq·h)
¹⁹² Ir	74.02d	β ⁻ (95.22) ε (4.78) β ⁺ (~0)	β ⁻	0.672	46%	0.17
				0.536	41%	
				0.240	8%	
			γ	0.296	34.6	
				0.308	35.8	
				0.316	82.9%, 100	
				0.468	58.0	

注：*该数值为辐射的相对强度，带%号的表示绝对强度。

本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含的放射源 ^{192}Ir 衰变时会发射出不同能量的 β 射线和 γ 射线，其中 β 射线穿透能力相对较小，已基本被源容器屏蔽。根据《 γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2023）中第 5.3.3.1 条款规定，当 γ 射线探伤机采用贫化铀作为源容器屏蔽材料时，其外表面应包覆足够厚度的低原子序数的非放射性材料，以减弱和吸收贫化铀发射的 β 辐射；其源通道也应包覆足够厚度的非放射性材料。因此， β 射线对周围环境的辐射影响甚微，可忽略不计，而 γ 射线具有较强的贯穿能力，则 ^{192}Ir - γ 射线探伤机的污染因子主要是 γ 射线。

γ 射线移动探伤时，会对探伤现场控制区及监督区外周围的工作人员和公众产生 γ 射线照射；在 γ 射线探伤机运输过程中对周围公众人员产生 γ 射线外照射；放射源在放射源暂存库中穿过放射源暂存库屏蔽体（包括储源坑、铅盖、屏蔽墙、顶棚、防护门）泄漏到工作场所及周围环境中，对周围的工作人员和公众产生 γ 射线外照射。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 5.2.1.1 条款，本项目拟采用便携式探伤机，源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值见表 9-3。

表 9-3 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类型	探伤机代号	最大周围剂量当量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02

（3）废旧放射源

公司使用的放射源到一定时间后，不能满足无损检测要求，将退役成为废旧放射源。本项目放射源 ^{192}Ir 计划 6 个月更换一次，公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源返回协议。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订了废旧放射源返回协议。

（4）报废的 γ 射线探伤机

γ 射线探伤装置的安全使用期限为 10 年，报废的 γ 射线探伤机源容器采用贫铀屏蔽层，属于放射性固体废物，应委托 γ 射线探伤机生产单位进行回收处理。公司已将报废的 γ 射线探伤机交于探伤机生产单位（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行报废处置。

9.3.2 非放射性污染

（1）臭氧和氮氧化物

本项目放射源暂存库内储存的放射源与空气电离将产生臭氧和氮氧化物，该部分废气最终由机械排风装置经放射源暂存库的排风口及时排出。移动式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，臭氧在常温常压状态下可自行分解为氧气，氮氧化物

的产额约为臭氧的 1/3 且其毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

（2）废显（定）影液、废胶片及洗片废水

嘉兴市内项目部产生的危险废物运至厂区内危险废物暂存间集中收集后定期委托有资质的单位处理处置；嘉兴市外产生的危险废物，遵循“就近处置”的原则。

本项目 X、 γ 射线移动探伤洗片与评片过程中产生的废显（定）影液及废胶片属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中感光材料废物，危废代码为 HW16：900-019-16，并无放射性。本项目 X、 γ 射线探伤新增年拍片总量为 8 万张，按洗 1000 张片用 20L 显（定）影液，经估算项目工作过程中废显（定）影液新增年产生量约 1600L（密度保守按 1g/cm^3 ，折合重量约 1600kg）；参考同企业现有的实际产污经验值，按洗 1000 张片产生 50kg 洗片废液，经估算项目工作过程中每年产生的洗片废液约 4000kg，该部分废液含较高浓度的 AgBr、显（定）影剂及强氧化物，需做危险废物处理，定期委托有资质的单位处理处置；项目废胶片新增年产生量约 800 张（废片率按 1% 计算，单张胶片平均重量保守按 10g，折合重量约 8kg），该部分危险废物定期委托有资质的单位处理。该部分危险废物定期委托有资质的单位处理，完好的胶片直接交付于客户方进行存档。

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 9-4。

表 9-4 项目危险废物分析结果汇总表

序号	危废名称	危废类别	危险废物代码	产生量 (kg/a)	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16	900-019-16	1600	洗片	液态	卤化银、硼砂、对苯二酚	卤化银、对苯二酚	每次探伤洗片作业	T	贮存：嘉兴市内收集于危废暂存间；嘉兴市外就近处置处置：定期委托有资质单位处置
2	洗片废液	HW16	900-019-16	4000	洗片	液态				T	
3	废胶片	HW16	900-019-16	8	评片	固态	卤化银	卤化银	每次探伤	T	

9.4 现有核技术利用项目分析

9.4.1 现有核技术利用项目基本情况

公司已开展固定式探伤和移动式探伤，建有 1 间固定式探伤室、1 间放射源暂存库、原有 X 射线探伤机存放于探伤室内的铁皮柜内（见附图 4），所有探伤装置均通过环评审批、辐射安全许可和竣工环保验收。目前实际持有 6 枚 ^{192}Ir 放射源、2 枚 ^{75}Se 放射源和 7 台 X 射线探伤机。

9.4.2 现有探伤室和放射源暂存库辐射屏蔽防护

现有探伤室辐射屏蔽防护见表 9-5，现有放射源暂存库的辐射屏蔽防护见表 9-5。

表 9-5 现有探伤室辐射屏蔽防护

现有探伤室	外尺寸	13.6m（长）×10.6m（宽）×7.05m（高）
	内尺寸	12.0m（长）×9.0m（宽）×6.5m（高）
屏蔽防护设施	四侧墙体	800mm 混凝土
	顶棚	550mm 混凝土
	工件门	800mm 混凝土，门洞尺寸：4.2m（宽）×5.0m（高），门体尺寸：6.0m（宽）×5.6m（高），门与墙体搭接长度大于 10 倍间隙
	工作人员出入门	4mm 铝板+4mm 铁板衬垫 4.8mm 铅板，门洞尺寸：0.8m（宽）×2.0m（高），门体尺寸：1.0m（宽）×2.2m（高），门与墙体搭接长度大于 10 倍间隙

现有探伤室已有辐射安全防护措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对照表如下：

表 9-6 现有探伤室与 GBZ 117-2022 标准比对结果

序号	标准要求的措施	浙江火电公司的实际情况
1	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。	工件门和工作人员出入门均安装了门-机联锁装置。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。联锁装置可以实现防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。
2	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。	探伤室门口和内部已设有显示“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。应在醒目的位置处增“照射”和“预备”信号意义的说明。
3	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。	探伤室内设有视频监控探头，企业应在探伤室防护门出入口外增设 1 视频监控装置，并在控制内设监控显示器。
4	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。	工件门和工作人员出入门均已张贴有电离辐射警告标志和中文警示说明。
5	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。	探伤室内四侧墙体均各设有 1 个急停按钮，可以满足人员在任何位置时都不需要穿过主射线就能够使用，并表明使用方法。
6	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。	探伤室已设置 1 套机械通风装置，补充排风的位置，风机风量 7550m ³ /h，通风换气次数约 10 次/h。
7	探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	探伤室内已设置固定式尝试辐射探测报警探头，数值显示在控制室内，并与防护门联锁。
8	室内开门装置	已在工件防护门旁设有开门装置

表 9-7 现有放射源暂存库辐射屏蔽防护

现有放射源暂存库	外尺寸	6.11m（长）×2.95m（宽）×3.42m（高）
	内尺寸	5.47m（长）×1.75m（宽）×2.95m（高）
屏蔽防护设施	西侧墙体	800mm 混凝土
	南侧墙体	240mm 混凝土
	东、北墙体	400mm 混凝土
	顶棚	350mm 混凝土
	人员防护门	50mm 甲级防火钢制门，双人双锁，尺寸：1200mm（宽）×2100mm（高）
	排风管道	Φ200mm 风管斜出墙后，外侧铅皮补充防护
	源坑盖板	1#~14#储源坑：11mm 铅板；15#~26#储源坑：10mm 铅板

现有放射源暂存库设计原则为“一源一坑”，1#~14#储源坑的净尺寸均为 350mm（长）×250mm（宽）×500mm（深），坑盖采用 11mm 铅板。15#~26#储源坑的净尺寸均为 450mm（长）×250mm（宽）×500mm（深），坑盖采用 10mm 铅板。

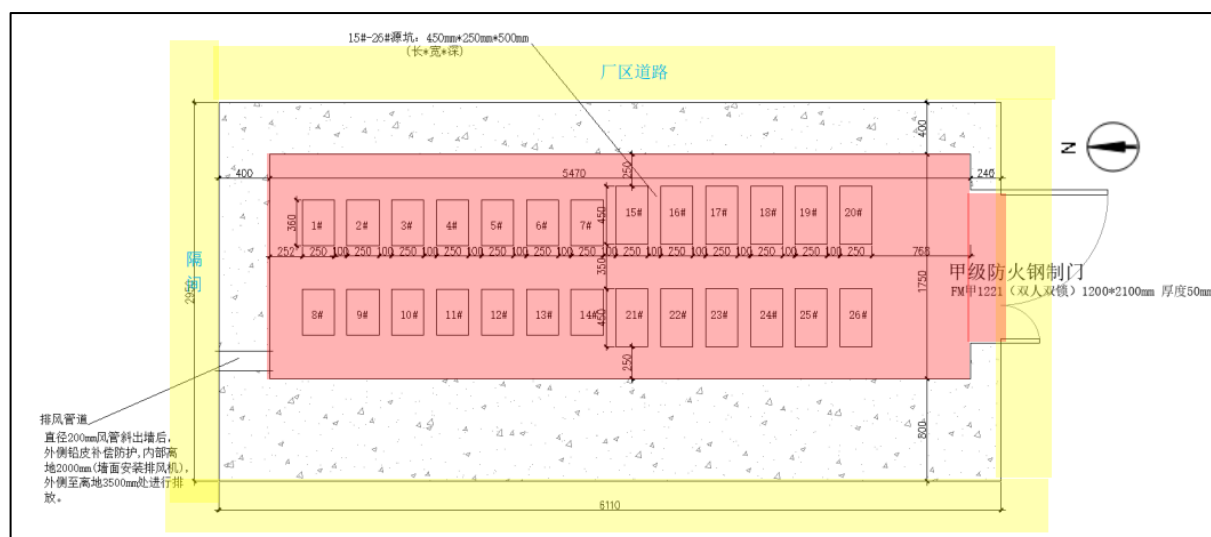


图 9-7 现有放射源暂存库扩容改造前平面布局图（单位：mm）

9.4.3 现有辐射监测设备与防护用品配置

公司每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，现有辐射监测仪器与防护用品统计清单见前文表 1-4，可以满足现阶段的探伤工作要求。

9.4.4 现有污染物达标排放分析

1、根据公司提供的 2024 年度辐射安全与防护状况评估报告，公司已委托浙江亿达检测技术有限公司于 2025 年 3 月 10 日和 2024 年 12 月 18 日进行了相关辐射工作场所检测。

（1）现有放射源暂存库

检测当日，现有放射源暂存库内存有 1 台含源 γ 射线探伤机，具体检测工况见表 9-8。

表 9-8 检测工况

序号	探伤装置名称	核素名称	出厂活度	出厂时间	检测活度	放射源编码
1	γ 射线探伤机	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² Bq	2025.2.20	2.6×10 ¹² Bq	0325IR002442

经检测，现有放射源暂存库的四周墙体和防护门外 30cm 处辐射剂量率为 0.19μSv/h~0.23μSv/h，满足现阶段最新标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

（2）现有探伤室

检测当日，使用 RD-300IGM 型 X 射线定向探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）进行探伤，探伤作业时管电压为 235kV，管电流为 5mA，主射线方向朝南，无工件照射。经检测，现有探伤室四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处辐射剂量率为 0.18μSv/h~0.21μSv/h，满足现阶段最新标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤室的墙体和门屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h”的要求。

2、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”污染物主要为废旧放射源、报废的 γ 射线探伤机、探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、洗片废液、废胶片及臭氧和氮氧化物等。

（1）废旧放射源均按国家相关法律规定及时返回到放射源生产单位进行收贮。

（2）报废的 γ 射线探伤机均交于探伤设备生产厂家（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行报废处置。

（3）总部厂区的废显（定）影液、废胶片等危废集中收集后统一交由杭州立佳环境服务有限公司进行处理；项目部产生的各类危废就近处置，委托当地的有资质单位进行处理。

（4）现有放射源暂存库和探伤室均已设置机械排风系统，少量的臭氧和氮氧化物通过风管引至室外。移动探伤作业过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

9.4.5 辐射安全管理现状

根据前文 1.4.2 章节“辐射安全管理现状”的详细介绍，现有核技术利用项目均正常开展中，辐射工作场所布局合理，分区管理到位，各项辐射安全和防护措施较完善，相关辐射安全规章制度较齐全。辐射工作人员辐射安全培训、个人剂量检测及职业健康体检等三项工作均严格按照国家规定进行落实，并及时建立了相应的档案备查，同时，还配备相应的个人剂量计人剂量报警仪及基本的防护用品。“三废”污染物均得到有效、合理、可行的处置。公司已对本单位的放

射源和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。

9.4.6 原有项目工艺不足及改进情况

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。综上所述，现有核技术利用项目不存在工艺不足及改进情况。

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

本项目新增含源 γ 射线探伤机不作业时的存放于扩建后放射源暂存库储源坑内，X 射线探伤机不作业时的存放于新增 X 射线机贮存间，均位于生产车间内。探伤洗片和评片工作依托现有的暗室和评片室，位于放射源暂存库北侧；探伤洗片过程中产生的废定（显）影液和废胶片等危险废物的暂存依托现有的危废暂存间，位于厂区西北侧。因此，本项目的功能设施完善，可以满足 X、 γ 射线移动探伤的工作需求，布局基本合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

（1）放射源暂存库及临时贮存场所按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中两区划分原则，本项目拟将放射源暂存库及周围区域划分为控制区和监督区。以放射源暂存库的实体屏蔽为界，将放射源暂存库划为控制区，严禁无关人员进出控制区，保障该区的辐射安全；将放射源暂存库外相邻区域划为监督区，对该区不需采取专门的安全防护措施，但要定期检查其辐射剂量，分区管理示意图见附图 6。本项目 γ 射线探伤机当天不能及时回到公司总部放射源暂存库时，公司应设置放射源临时贮存设施，并实行分区管理，将放射源临时贮存设施划为临时控制区，贮存设施周围 1m 处划定为临时监督区，设置电离辐射警告标志，告诫无关人员请勿靠近。

（2）移动探伤根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“7.2 分区设置”，公司开展 X、 γ 射线移动探伤作业时，根据现场具体情况，利用便携式 X- γ 剂量率仪巡测，一般将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区（单组移动探伤周最大曝光时间为 5h，小于 7h），控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，控制区的边界尽可能设定实体屏蔽，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。该公司拟采取的布局与分区措施基本满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于“移动探伤”的要求。

10.1.3 辐射安全和防护措施

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）与《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）以及辐射

管理的相关制度，为减少辐射对环境的影响程度，建设单位针对 X、 γ 射线探伤机的固有安全属性、储存、运输、移动探伤等环节拟采取如下辐射安全和防护措施：

10.1.3.1 γ 射线探伤机

一、 γ 射线探伤机的固有安全属性

(1) 本项目 γ 射线探伤装置均为便携式，当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，离源容器表面 5cm 处最大周围当量剂量率为 0.5mSv/h，离源容器表面 100cm 处最大周围当量剂量率为 0.02mSv/h，随机文件中有该指标的说明，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中表 2 规定的源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率控制值。

(2) 本项目 γ 射线探伤装置设有安全锁，并配置专用钥匙，设有安全联锁装置和源辨位置指示系统等。 γ 射线探伤机的遥控装置，其控制缆有一个止动装置，以防止控制缆与遥控装置丢失和脱开。相关放射防护性能应符合《 γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2023）的要求。

(3) 本项目 γ 射线探伤机采用自动和手动的出源和回源方式。

二、含源 γ 射线探伤机储存、领用、归还的辐射安全和防护措施

本项目新增 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不作业时暂存于放射源暂存库，该放射源暂存库为单独的建筑物，其设计已考虑“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的基本要求，不存放易燃、易爆、腐蚀性等物品。

(1) 放射源暂存库墙体结构上防火，库内严禁烟火，库房附近配有灭火器，满足放射源暂存库的“防火”要求。

(2) 放射源暂存库的地面采用水泥硬化处理，并设置防潮层以防渗。放射源暂存库比室外地面高出 50cm，放射源暂存库四周已设排水沟，满足放射源暂存库的“防水”要求。

(3) 放射源暂存库出入口的防护门及现有储源坑的铅盖均设有防盗锁，保持在锁紧状态，并指定 2 名工作人员专职负责放射源暂存库的保管工作，实行双人双锁制度。库内及门口已设置 24 小时持续有效的视频监控录像系统，且录像保存时间在 30 天以上，并与值班室联网；已设置红外线报警装置，并与当地公安 110 联网，满足放射源暂存库的“防盗、防破坏”要求。新建储源坑的铅盖拟设防盗锁，使其保持在锁紧状态。

(4) 领用、交还含放射源的源容器时，对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器按规定位置存放，领用和交还均有详细的登记，满足放射源暂存库的“防丢失”的要求。

(5) 现有放射源暂存库已采用符合标准要求的实体屏蔽进行防护, 扩建后放射源暂存库的辐射屏蔽防护如表 10-1 所示。

表 10-1 扩建后放射源暂存库的辐射屏蔽防护

放射源暂存库	外尺寸	10.01m (长) × 3.15m (宽) × 3.42m (高)
	内尺寸	9.21m (长) × 1.75m (宽) × 2.7m (高)
屏蔽防护设施	西侧墙体	800mm 混凝土
	其他三侧墙体	400mm 混凝土
	顶棚	原有放射源暂存库顶棚为 350mm 混凝土, 新扩建放射源暂存库顶棚为 300mm 混凝土
	人员防护门	15mm 铅门+6mm 镀锌钢板, 并设双人双锁; 门洞尺寸: 800mm (宽) × 2000mm (高), 门体尺寸: 1200mm (宽) × 2350mm (高) (门与墙体左右搭接均为 200mm, 上方搭接为 200mm, 下方搭接为 150mm)
	源坑铅盖	原有 1#~14#储源坑: 11mm 铅板; 原有 15#~26#储源坑: 10mm 铅板; 新增储源坑: 10mm 铅板+6mm 镀锌钢板
	排风管道	U 型穿墙管道包裹 5mm 铅皮, 埋地深 400mm, 总风量为 300m ³ /h

放射源暂存库内在现有区域 26 个储源坑的基础上新增 4 个储源坑 (1 源/坑), 同时新扩建区域设 21 个储源坑 (11 个 2 源/坑、10 个 1 源/坑)。经辐射环境影响预测, 本项目放射源暂存库扩容改造后并处于最大贮存工况时, 放射源暂存库周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中 2.5μSv/h 的要求, 其辐射屏蔽防护性能有效可行, 满足放射源暂存库的“防射线泄漏”要求。

(6) 放射源暂存库内及附近严禁存放易燃易爆和腐蚀性物品, 放射源暂存库四周主要为生产车间、厂区道路, 均不涉及易燃易爆物质及危险化学品等存放, 满足放射源暂存库的“防爆”要求。

(7) 放射源暂存库库内现有储源坑的坑盖上均已设显著的电离辐射警告标志, 告诫无关人员请勿靠近。改建后的放射源暂存库出入门和新建储源坑的坑盖上均拟设显著的电离辐射警告标志。

(8) 本项目为 II 类放射源, 其风险等级为二级, 治安防范级别也为二级, 公司严格按照《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA 1002-2012) 的标准要求, 加强放射源暂存库的安保措施。

(9) 公司已制定含源 γ 射线探伤机的领取、归还和登记制度, 放射源台账和定期清点检查制度, 明确放射源的流向。定期核实探伤装置中的放射源, 明确每枚放射源与探伤装置的对应关系, 做到账物相符, 一一对应。核实时应有 2 人在场, 核实记录应妥善保存, 并建立计算机管理档案。同时, 放射源暂存库现场处已张贴相关辐射安全管理制度。

三、γ 射线移动探伤过程中的辐射安全和防护措施

1、工作前检查项目

- a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常；
- b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；
- c) 确认放射源锁紧装置工作正常；
- d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；
- e) 安全联锁是否工作正常；
- f) 报警设备和警示灯运行是否正常；
- g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固；
- h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；
- i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰；
- j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合 GBZ 117-2022 第 5.2.1.1 条款的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。

2、作业前准备

（1）在实施移动式探伤工作之前，作业单位拟对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

（2）本项目开展移动式探伤工作的每台 γ 射线探伤机拟配备 2 名专职的辐射操作人员和 1 名现场安全员。

3、分区设置

（1）探伤作业时，作业单位拟对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区，并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作均在指定为控制区的区域内进行。

（2）控制区边界上合适的位置拟设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员均在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

（3）控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

（4）移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，拟使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏

蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

(5) 每一个探伤作业班组拟配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。同时配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

(6) 探伤作业期间拟对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

(7) 监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

(8) 探伤机控制台 (γ 射线绕出盘) 拟设置在合适位置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

4、安全警示

(1) 应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

(2) 拟设提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界拟设置警示灯。

(3) γ 射线探伤的警示信号指示装置均与探伤机联锁。

(4) 在控制区的所有边界均能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

(5) 在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

5、边界巡查与检测

(1) 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

(2) 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

(3) 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。

(4) 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

(5) 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还佩戴个人剂量报警仪。个人剂

量报警仪不能替代便携式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

6、 γ 射线移动式探伤操作要求

(1) 拟根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的探伤机活度。作业单位有多个 γ 射线源，拟使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。

(2) 探伤作业开始前备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态：

- a) 便携式 X- γ 剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪；
- b) 导向管，控制缆和遥控；
- c) 准直器和局部屏蔽；
- d) 现场屏蔽物；
- e) 警告提示和信号；
- f) 应急箱，包括放射源的远距离处理工具；
- g) 其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。

(3) 移动探伤作业时（应急探伤除外），作业单位拟在作业现场边界外公众可达地点放置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息；通知本单位相关人员，并协助作业单位做好周围公众的告知和警戒工作。

7、 γ 射线移动式探伤放射防护检测要求

(1) 进行移动式探伤时，拟通过巡测确定控制区和监督区。

(2) 当探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均重新进行巡测，确定新的划区界线。

(3) 在工作状态下检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

(4) 探伤机停止工作时，检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

四、 γ 射线探伤机的维护保养

(1) 定期对 γ 射线探伤机中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修 γ 射线探伤机时，由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。中国能源建设集团浙江火电建设有限公司工作人员不单独对探伤机进行维修。

(2) 经常对 γ 射线探伤机的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。

(3) 探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。

(4) 每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检

查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。

（5）更换输源管、控制缆和源辨等配件时，必须使用该探伤装置原生产厂家的合格配件。

五、废旧放射源的处置及换源

（1）中国能源建设集团浙江火电建设有限公司已与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

（2）在废旧放射源转让活动完成之日起 20 日内，公司拟将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送浙江省生态环境厅备案。

（3）废旧放射源临时贮存在放射源暂存库的储源坑内，公司应及时通知放射源销售单位专车取走。

（4）严禁将废旧放射源非法转让，随意丢弃。

（5）探伤装置装源（包括更换放射源）由放射源生产单位在生产厂家内进行操作，并承担其安全责任，放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度。

六、国家及省关于 γ 射线移动探伤的管理要求

本项目对照《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发[2007]8 号）、《关于进一步加强 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函[2014]1293 号）、《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》（浙环发[2022]30 号）等文件中的要求，相关符合性分析评价分别见表 10-2~表 10-4。

表 10-2 本项目与环发[2007]8 号文的对照性分析评价

《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发[2007]8 号）		本项目情况	符合情况
1	至少有 1 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	该公司已成立辐射安全管理领导小组，并配备 1 名专职人员负责辐射安全管理工作。	符合
2	从事移动探伤作业的，应拥有 5 台以上探伤装置。	该公司已许可 22 台 γ 射线探伤机，本次拟新增 40 台 γ 射线探伤机均用于移动探伤。	符合
3	每台探伤装置须配备 2 名以上操作人员，操作人员应参加辐射安全与防护培训，并考核合格。	该公司每台 γ 射线探伤机均拟配备 2 名探伤操作人员，操作人员上岗前均参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	符合
4	必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。	本项目在履行环评手续后，该公司将重新申领辐射安全许可证，在取得辐射安全许可证后，方可开展探伤工作。	符合
5	探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。	该公司拟在日常操作中落实该要求，当 γ 射线探伤装置到 10 年年限后，及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。	符合
6	明确 2 名以上工作人员专职负责放射源暂存库的保管工作。放射源暂存库设置红外和监视器等保安设施，放射源暂存库门应为双人双锁。探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源暂存库保管的，应利用保险柜现场保存，但须派专人 24 小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。	该公司已建 1 间放射源暂存库，已安排 2 名工作人员专职负责放射源暂存库的保管工作，放射源暂存库已设置红外报警装置，放射源暂存库内已安装视频监控装置、对放射源暂存库实行 24 小时监控，放射源暂存库入口已设置电离辐射警告标志，放射源暂存库门设计为双人双锁。当天移动探伤工作完成， γ 射线探伤机不能返回到放射源暂存库时，公司将按要求设置放射源临时贮存场所。	符合
7	制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有 2 人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。	该公司已制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度，并由专门的放射源保管员做好放射源相关的领取、归还和登记工作，在今后的探伤工作过程中严格按照制度执行，由 2 名放射源暂存库工作人员在场定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应，核实记录妥善保存，并建立计算机管理档案。	符合
8	每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	该公司已制定相应的设备维修制度，制度中明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录；在今后的实际探伤过程中拟严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合

续表 10-2

9	探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	该公司每次开展 γ 射线移动探伤工作，单个探伤小组拟配备 2 名探伤操作人员和 1 名现场安全员同时在场，每名辐射工作人员均佩戴 1 枚个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪。个人剂量计拟定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。	符合
10	每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。	该公司已制定 γ 射线移动探伤操作规程，明确规定：每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。实际工作过程中，探伤操作人员严格按照探伤操作规程执行。	符合
11	探伤装置必须专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。	该公司已委托浙江省科学器材进出口有限责任公司负责运输探伤装置，严格遵守探伤装置专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。	符合
12	室外作业时，应设定控制区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守，监测控制区的辐射剂量水平。	开展移动探伤时，现场安全员严格按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求设定控制区和监督区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，必要时设专人警戒，现场安全员监测控制区和监督区的辐射剂量水平，并记录档案。	符合
13	作业结束后，必须用辐射剂量监测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。	移动探伤作业结束后，现场安全员用辐射巡测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由现场安全员在检查记录上签字，方携带探伤装置离开现场。	符合
14	探伤装置转移到外省、自治区、直辖市使用的，使用单位应当于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级环境保护主管部门备案，经备案后，到移出地省级环境保护主管部门备案。异地使用活动结束后，使用单位应在放射源转出使用地后 20 日内，先后向使用地、移出地省级环境保护主管部门注销备案。	本项目移动探伤的作业范围为全国各地，公司承诺将严格落实放射源异地作业备案登记制度。本次评价不涉及异地使用	符合
15	更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起 20 日内，分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。	更换放射源时，该公司拟向浙江省生态环境厅提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；在转让活动完成之日起 20 日内，中国能源建设集团浙江火电建设有限公司与放射源生产单位拟分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。	符合
16	发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	该公司已制定辐射事故应急预案，在预案中明确规定：发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告，公司应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	符合

表 10-3 本项目与环办函[2014]1293 号文的对照性分析评价

《关于进一步加强 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函[2014]1293 号）		本项目情况	符合情况
1	加强从业人员管理，按照法规要求做好人员培训工作，严禁无证人员操作探伤装置。	该公司从事 γ 射线移动探伤辐射工作人员上岗前，均拟按照法规要求参加辐射安全与防护培训，并考核合格后上岗，严禁无证人员操作探伤装置。	符合
2	γ 射线移动探伤作业时应配备现场安全员，主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。现场安全员应接受与操作人员等同的辐射安全培训。	该公司单个工作组开展移动探伤时，探伤现场均拟配备 1 名现场安全员，主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。现场安全员上岗前，均拟按照法规要求参加与操作人员等同的辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	符合
3	γ 射线移动探伤室外作业时（应急探伤作业除外），应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。安全信息公示牌面积应不小于 2 平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。	该公司在实际探伤工作中，在作业现场边界外公众可达地点拟放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。 该公司承诺将严格要求制定安全信息公示牌。	符合
4	各 γ 射线移动探伤装置使用单位应明确并牢记辐射安全主体责任，及时履行环保手续，加强企业自身的辐射安全管理，强化辐射工作人员的法律法规学习，培植单位的核安全文化，防止事故发生。	该公司已成立辐射安全管理领导小组，明确了相关岗位责任，并定期组织辐射工作人员辐射安全与防护培训，并建立企业核安全文化，杜绝事故的发生。	符合
5	各 γ 射线移动探伤装置生产单位应对探伤装置的设计进行持续改进，提升装置的固有安全性，避免人为违规操作导致安全事故发生。	该公司为 γ 射线移动探伤装置使用单位，不属于生产单位。相关生产单位应主动配合该项要求。	/
6	各地应强化对 γ 射线移动探伤装置生产、销售、使用单位的监督管理，加大监督检查力度，及时处理公众举报，对违规操作零容忍，对弄虚作假零容忍，对违法行为从严查处。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	/
7	各地应强化对 γ 射线移动探伤异地使用备案的管理，在 γ 射线移动探伤异地首次作业时，作业现场所在地承担监管职责的环保部门应进行现场检查，核实相关信息，督促企业做好辐射安全工作，消除安全隐患。	该公司应主动配合主管部门对 γ 射线移动探伤异地使用备案的管理。	/

表 10-4 本项目与浙环发[2022]30 号文的对照性分析评价

《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》 (浙环发[2022]30 号)		本项目情况	符合情况
1	浙江省生态环境主管部门颁发辐射安全许可证的作业单位（以下简称“本省单位”）应设立由单位法定代表人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，制定单位辐射安全管理制度，培植单位核安全文化。	该公司已建立由单位法定负责人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，制定单位辐射安全管理制度，培植单位核安全文化。	符合
2	单位法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。	该公司已明确单位法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。	符合
3	辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理，定期核查各项目有关资料。	该公司已明确 1 名辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理，定期核查各项目有关资料。	符合
4	项目负责人负责该项目的辐射安全管理工作，检查操作人员和现场安全员的操作与记录情况。	该公司每个 γ 射线移动探伤作业项目点拟配备项目负责人，负责该项目点的辐射安全管理工作，每天检查操作人员和现场安全员的操作和记录情况。	符合
5	现场安全员负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源 γ 射线探伤机（以下简称“探伤机”）的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。	该公司每个 γ 射线移动探伤作业场所拟配备 1 名现场安全员，主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤装置等工作，同时做好相关记录。	符合
6	操作人员负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。	该公司每个 γ 射线移动探伤作业场所拟配备 2 名操作人员，负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。	符合
7	放射源贮存库管理员负责放射源贮存库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。	本项目放射源暂存库已安排 2 名工作人员专职负责放射源暂存库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。	符合
8	辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员和放射源贮存库管理员必须通过相应的核技术利用辐射安全与防护考核。	本省单位的辐射安全负责人、作业项目点负责人、现场安全员和操作人员等上岗前，均按照法规要求参加与操作人员等同的辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	符合
9	作业单位应建立辐射安全管理制度，主要包括：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、放射源使用登记制度、工作场所监测制度、人员剂量管理和健康管理制度、人员培训制度等。	公司已建立辐射安全管理制度，主要包括：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、放射源使用登记制度、工作场所监测制度、人员剂量管理和健康管理制度、人员培训制度等。	符合

续表 10-4

10	作业单位应制定并不断完善辐射事故应急预案，细化应急报告程序及应急处置措施，明确应急物资、设备型号（名称）、存放地点等，并定期组织开展应急演练。	公司已建立并不断完善辐射事故应急预案，细化，细化应急报告程序及应急处置措施，明确应急物资、设备型号（名称）、存放地点等，并定期组织开展应急演练。	符合
11	作业单位应每月对探伤机及配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤机的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录。	该公司已制定相应的设备维修制度，制度中明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录。	符合
12	作业单位之间不得借用许可资质、探伤机和辐射工作人员，未通过相应核技术辐射安全与防护考核的人员不得作业。	该公司承诺不借用许可资质、探伤机和辐射工作人员，探伤作业人员必须通过相应核技术辐射安全与防护考核。	符合
13	作业单位不得使用超过 10 年的探伤机，不得使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤机。	该公司拟在日常操作中落实该要求，当 γ 射线探伤装置到 10 年年限后，及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。在今后的实际探伤过程中拟严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合
14	作业单位应在现场项目部存放项目相关的操作规程、应急预案、出入库记录等辐射安全管理资料。作业结束后，应当将项目的相关资料及时归档，保留期限至少两年。	该公司承诺作业项目地存放项目相关的辐射环境管理资料，并将所有项目点的相关资料及时归档，保留期限不少于两年。	符合
15	作业委托单位应选择辐射安全管理水平良好的作业单位，与作业单位签订职责明确的责任书，明确专人负责，提供能满足作业要求的工作场所，配合落实放射源贮存库等。作业场所和放射源贮存库不符合辐射安全管理要求的，作业单位不得接受委托开展作业。	公司承诺与委托单位签订职责明确的责任书，作业场所和放射源贮存库不符合辐射安全管理要求的，不接受委托开展作业。	符合
16	作业单位应确保每台探伤机至少有 2 名操作人员和 1 名现场安全员同时在场。同一作业点，同一单位有多台探伤机使用的，现场安全员配备须满足辐射安全管控要求。操作人员以及现场安全员应配备个人剂量报警仪和个人剂量计，并持有标注照片、姓名、培训类别和所属单位等的人员信息牌。每个作业点配备至少 1 台辐射监测仪以及必要的个人防护和应急用品。	公司每台 γ 射线探伤机拟配备 2 名辐射操作人员和 1 名现场安全员同时在场，探伤作业时，操作人员以及现场安全员应配备个人剂量报警仪和个人剂量计，并佩戴标注照片、姓名、培训类别和所属单位等人员信息牌。每个作业点拟配备至少 1 台 X- γ 剂量率仪以及必要的个人防护和应急用品。	符合
17	探伤作业时（应急探伤除外），作业单位必须在作业现场边界外公众可达地点放置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息。作业单位应将作业计划和影响范围书面告知作业委托单位，作业委托单位应通知本单位相关人员，并协助作业单位做好周围公众的告知和警戒工作。	该公司室外探伤时（应急探伤作业除外），在作业现场边界外公众可达地点放置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息；通知本单位相关人员，并协助作业单位做好周围公众的告知和警戒工作。	符合

18	本省单位进行跨设区市作业的，应在作业实施前 10 日内向移入地设区市生态环境主管部门报告。作业活动结束后 20 日内向移入地设区市生态环境主管部门报告注销。需变更作业点的，应在完成原异地使用报告注销手续后，重新办理报告手续，放射源可不返回本单位注册地。需延长作业时间的，可直接办理报告延期手续。	公司已严格落实放射源异地作业备案登记制度。本次评价不涉及跨设区市作业。	符合
19	本省单位送贮废旧放射源的，应当在废旧放射源送贮活动完成之日起 20 日内，向注册地生态环境主管部门办理备案手续。	公司承诺在废旧放射源送贮活动完成之日起 20 日内，向注册地生态环境主管部门办理备案手续。	符合
20	各级生态环境主管部门应当将作业单位列为特殊监管对象，加强监督管理，强化作业点的现场检查及在线监管系统使用情况的监督检查。	该公司一直主动配合主管部门的监督管理。	/
21	作业单位和作业委托单位违反本规定的行为，各级生态环境主管部门按有关法律、法规、规章进行查处，按规定公开环境违法信息，相关情况纳入企业环境信用评价结果。	该公司一直主动配合主管部门的监督管理。	/
22	作业单位在移入地首次作业时，当地生态环境主管部门应对其现场检查，核实相关信息，督促作业单位做好辐射安全工作，消除安全隐患。	该公司一直主动配合主管部门的监督管理。	/

七、辐射工作人员配置和其他相关人员要求

(1) 每台 γ 射线探伤装置拟配备 2 名以上辐射操作人员（同时在场）和 1 名现场安全员，现场安全员应具有对现场辐射安全负责的权限，发现安全问题及时叫停探伤作业。

(2) 探伤工作人员均佩戴个人剂量计，每一个探伤作业班组至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。同时配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。同时，探伤工作人员还应佩戴标注照片、姓名、培训类别和所属单位等人员信息牌。

(3) 公司已设立由单位法定代表人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，其中：

①法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。

②辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理工作，定期核查各项目有关资料。

③项目负责人负责该项目的辐射安全管理工作，检查操作人员和现场安全员的操作与记录情况。

④现场安全员负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源 γ 射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。

⑤操作人员负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。

⑥放射源贮存库管理员负责放射源贮存库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。

⑦辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员和放射源贮存库管理员必须通过相应的核技术利用辐射安全与防护考核。

(4) 探伤工作人员正式工作前均取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

八、数字化管理要求

(1) 作业单位已加强作业活动的数字化管理工作，安装符合与“浙里辐安”系统联网要求的在线监管系统，实现作业活动的全流程闭环管理。

(2) 每台探伤机均已接入“浙里辐安”在线监管终端系统，未安装终端的不得使用。作业单位应加强终端的日常管理和维护，确保数据上传有效。

(3) 作业单位已做好在线监管系统人员、放射源、探伤机等信息录入及更新，按在线监管

系统要求落实出入库扫码工作。

(4) 作业单位已及时处置或反馈在线监管系统推送的预警信息，防范放射源失控风险。

10.1.3.2X 射线探伤机

一、X 射线探伤机的固有安全属性

(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 GBZ 117-2022 中表 1 的要求。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

本项目 RT-3505T 型和 RT-2805T 型 X 射线探伤机的 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值均小于 5mSv/h。

(2) X 射线探伤机控制台设有延时开机功能。

二、X 射线机贮存间的辐射安全和防护措施

本项目 X 射线探伤机不开展移动探伤作业时，全部存放于新增的 X 射线机贮存间内。

(1) X 射线机贮存间仅存放 X 射线探伤机，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。探伤机检修均由设备生产厂家承担，建设单位工作人员不承担检修工作。

(2) X 射线机贮存间实行双人双锁，由专职工作人员负责，采用防盗门，门上设有电离辐射警告标志。

(3) X 射线机贮存间应满足“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。

(4) 公司已制定射线装置的领取、归还和登记制度，并建立设备管理台账。

三、X 射线探伤机移动探伤过程中的辐射安全和防护措施

(1) 工作前检查项目

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 安全联锁是否正常工作；
- d) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- e) 螺栓等连接件是否连接良好；

(2) 作业前准备、分区设置、安全警示、边界巡查与检测、X 射线移动式探伤放射防护检测 X 射线探伤机移动探伤时，作业前准备、分区设置、安全警示、边界巡查与检测、放射防护检测等放射防护要求和 γ 射线探伤机相同。

(3) X 射线移动式探伤操作要求应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

四、X 射线探伤机的维护

(1) 中国能源建设集团浙江火电建设有限公司应对 X 射线探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；

(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。

五、辐射工作人员配置要求

(1) 本项目开展 X 射线移动式探伤工作的每台探伤机至少配备两名专职工作人员。

(2) 探伤工作人员均佩戴个人剂量计，每一个探伤作业班组至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。同时配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

(3) 探伤工作人员正式工作前均取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

10.1.4 检测仪器与防护用品配置

本项目每个项目部为一个独立的移动探伤作业点，辐射工作人员分组开展工作。本次新增的 γ 射线移动探伤和 X 射线移动探伤混合使用，同一个移动探伤作业点不同时开机使用 2 台及 2 台以上的探伤机。本项目实施后不新增辐射工作人员，现有移动探伤检测仪器与防护用品再增设一扇 15mm 厚、尺寸为 2.5m（宽） $\times$ 2m（高）的移动式铅屏风能满足要求。

本项目用于探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定/标准，并取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、凋零、电池、仪器对射线的响应。

10.1.5 探伤设施的退役

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

2、当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

(a) 有使用价值的 γ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照 GBZ 117-2022 第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

(b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样实施退役程序。

(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。

(d) 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。

(e) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

(f) 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。

10.1.6 危险废物环境管理措施

本项目移动探伤的作业范围是全国各地，嘉兴市内项目部设有厂区总部暗室，探伤洗片和评片过程产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液作为危废集中收集后定期委托有资质的单位处理处置。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）与《危险废物转移管理办法》（生态环境部令第 23 号）等规定，为降低危险废物对环境的影响程度，建设单位针对危险废物的贮存、转移和处置等环节拟采取如下环境管理措施：

（1）危废的贮存

本项目危废的暂存依托华业钢构核电装备有限公司名下的现有危废暂存间，建筑面积约 10m²，一次性最大贮存能力约 10t，具体位置见附图 4。该场所的危废风险责任主体为华业钢构核电装备有限公司，已建立《危险废物责任管理制度》、《分类管理制度》、《危险废物台账管理制度》、《转移联单制度》、《应急预案备案制度》等相关制度。库内地面已硬化处理，采用防盗门，门上已设规范的危废标识和防盗锁，并由专人管理；已分区存放，不同贮存分区之间已采取隔离措施。现有危废暂存间的建设满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求。现有危废暂存间主要存放物质为中国能源建设集团浙江火电建设有限公司现有探伤产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液，年产生总量约 4t，现有危废转移周期为每季度转移一次。嘉兴市内产生新增年拍片量约为 5000 张，经工程分析理论核算，本项目车间内探伤产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液的年产生总量约 351.5kg，则现有危废暂存间有剩余空间贮存本项目危废，故本项目危废暂存依托现有危废暂存间是可行的。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物贮存场所（设施）的名称、位置、占地面积、贮存方式、贮存容积、贮存周期等内容，具体见表 10-5。

表 10-5 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	厂区西北侧	10m ²	专用防渗容器	10t	一年
2		洗片废液	HW16	900-019-16			专用防渗容器		一年
3		废胶片	HW16	900-019-16			袋装堆放		一年

该场所已按《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）相关要求建设，满足“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，由专人管理。危废暂存库门上设有显著的危废标识，地面已作水泥硬化并防渗防腐处理。公司对危险废物暂存场所的日常管理具体措施如下：

①危废暂存间已派专人管理，其他人员未经允许不得进入内。

②危废暂存间不得贮存除危险废物以外的其他废弃物。

③当危险废物贮存到一定数量时，管理人员及时通知公司安全环保部办理相关手续联系有资质单位上门回收处理。

④危险废物贮存前做好统一包装（液体桶装、固体袋装），防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危废包装容器粘贴符合规定的标签，注明危险废物名称、来源、数量、主要成分和性质。

⑤危险废物贮存前进行检验，确保同预定接收的危险废物一致，并登记注册。

⑥危废暂存间管理人员已做好危险废物情况的记录，记录上注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名称；每转移一车次同类危险废物，填写、运行一份危险废物转移联单，危险废物电子转移联单数据已在信息系统中保存。

⑦危废暂存间管理人员定期对所贮存的危险废物包装容器及贮存设施进行检查，发现破损，及时清理更换。

（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

嘉兴市内项目部设有厂区总部暗室，探伤洗片和评片过程产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液作为危废集中收集后定期委托杭州立佳环境服务有限公司处理处置。

2、嘉兴市外项目部产生的危废

嘉兴市外的每个移动探伤项目部均设有临时性的暗室，产生的各类危废集中收集后委托当地的有资质单位处理处置，不跨区域转移危废。暗室的建设和管理要求参考厂区总部的危废暂存间。

10.2 三废的治理

本项目的运行无放射性废水、放射性废气产生。

(1) 公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与放射性生产销售单位签订废旧放射源返回协议。公司已与浙江科学器材进出口有限责任公司签订了放射性同位素转让及退役源返回协议。

(2) 超过安全使用期限的报废 γ 射线探伤机属于放射性固体废物，应委托探伤机生产单位进行回收处理。公司已与探伤机生产单位（海门伽玛星探伤设备有限公司）签订了报废 γ 射线探伤机回收协议。

(3) 放射源暂存库内储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离会产生一定量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经放射源暂存库的排风口及时排出。X、 γ 射线移动探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，臭氧在常温常压状态下将会在短时间内自动分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

(4) 探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液均属于危险废物，产生的危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，公司已委托杭州立佳环境服务有限公司处理处置。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工阶段

本项目施工期主要是对新扩建放射源暂存库、X 射线机贮存间及配套房间进行防护装修、装饰施工，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。

（1）扬尘

施工过程中会产生扬尘，主要是防护装修过程中产生的扬尘（TSP）。建设单位应加强施工区域管理，对施工场地采取围挡措施。施工时采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境和公众的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应及时清理。

（2）废水

施工期产生的废水主要为施工人员的生活污水，生活污水产量较小，可依托建设单位化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

（3）噪声

施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止机械噪声的超标。

（4）固体废物

建设过程中产生的装修垃圾堆放在住建部门指定的地点，严禁随意堆放和倾倒。施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。

综上所述，本项目施工范围较小，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

11.1.2 设备安装阶段

由于 X 射线探伤机只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。在项目建设过程中，机器未通电运行，故不会对周围环境造成点电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废物产生。含源 γ 射线探伤机只有在项目建成后，经生态环境部门批准方可购置放射源。因此，在建设过程中对周围环境无辐射影响。

11.2 运行阶段辐射环境影响分析

11.2.1 放射源暂存库辐射环境影响分析

1、放射源暂存库扩容改造内容

本次放射源暂存库扩容改造内容为：现有放射源暂存库的东侧、西侧和北侧屏蔽墙、顶棚的屏蔽防护维持现状，拆除台阶、防护门和南侧屏蔽墙，在现有放射源暂存库南侧新建放射源暂存库，扩建放射源暂存库的北墙与探伤室共用一堵墙，采用 800mm 进行防护，其他三侧墙体均为 400mm 混凝土，顶棚采用 300mm 混凝土，下方为土层，无地下室，不做特殊防护；防护门采用铅门，铅板厚度为 15mm，门体尺寸：1200mm（宽）×2350mm（高）、门洞尺寸：800mm（宽）×2000mm（高）。扩建后放射源暂存库建筑面积约 30m²，同时在现有 26 个储源坑的基础上新建 25 个储源坑，均为下沉式设计，其中 4 个储源坑（1 源/坑）位于现有放射源暂存库，同时新建放射源暂存库内有 21 个储源坑（11 个 2 源/坑、10 个 1 源/坑）。原有 14 个储源坑尺寸不变，新增 1 源/坑储源坑净尺寸为 420mm（长）×220mm（宽）×470mm（深）、坑盖板采用 10mm 铅板，新增 2 源/坑储源坑净尺寸为 450mm（长）×450mm（宽）×470mm（深）、坑盖板采用 10mm 铅板。

放射源暂存库扩容改造后平面布局详见附图 6，新建储源坑的剖面图见附图 8。

2、放射源暂存库扩容改造后容积设计合理性分析

根据建设单位提供的资料，现有已许可的 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机为 DL-IID 型和 DLFS-F 型，DL-IID 型单台设备尺寸为 270mm（长）×120mm（宽）×210mm（高），DLFS-F 型单台设备尺寸为 400mm（长）×200mm（宽）×240mm（高）；已许可的 ⁷⁵Se-γ 射线探伤机为 DL-VC 型，单台设备尺寸为 220mm（长）×105mm（宽）×175mm（高）。本次新增 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机均为 DL-IID 型，故新增源坑尺寸能够满足本次新增 40 台 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机的贮存需求。因此，现有放射源暂存库经扩容改造后可以满足本项目含源 γ 射线探伤机的贮存空间要求。

3、屏蔽防护性能预测

（1）预测点位

根据放射源暂存库平面和剖面布局设计及周围环境功能，本项目辐射影响预测点位选取放射源暂存库四侧屏蔽墙、防护门和顶棚外 30cm 处，具体点位布置见图 11-2~图 11-3。

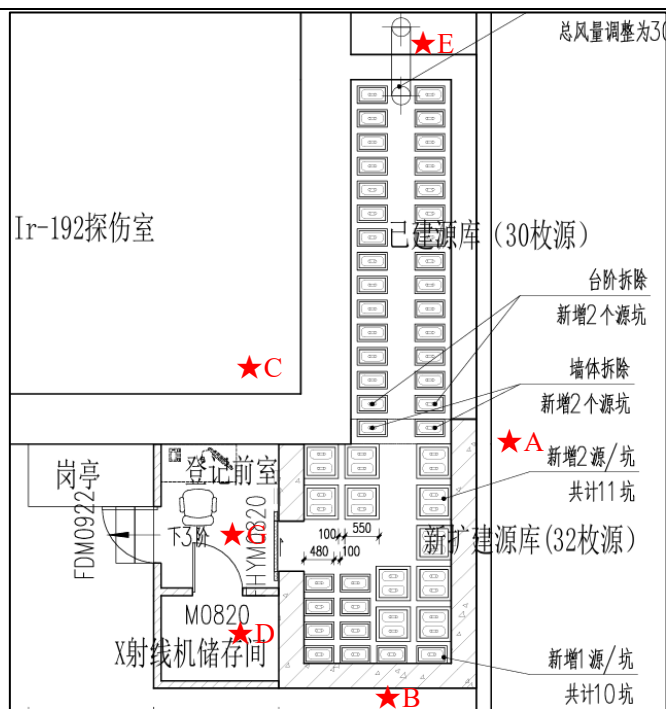


图 11-1 放射源暂存库平面布局及预测点位示意图

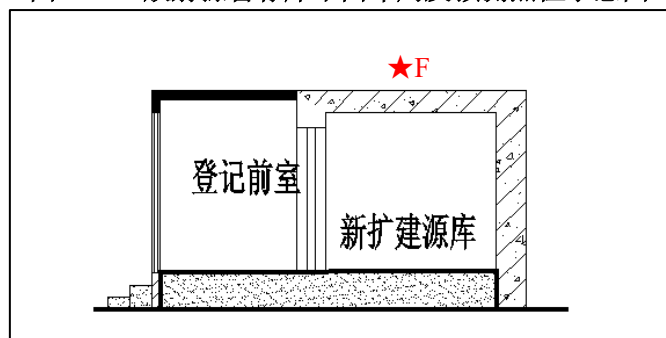


图 11-2 放射源暂存库剖面布局及预测点位示意图

(2) 预测模式

参考《辐射防护导论》(方杰主编) P96 页的式 (3.45), 结合周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式, 可推导出同时考虑距离和屏蔽材料的作用后, 本项目放射源暂存库及储源坑周围辐射水平计算公式如下:

$$H = H_0 \cdot \frac{d_0^2}{d^2} \cdot \eta \cdots \cdots (11-1)$$

式中:

H——设置屏蔽层后的周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

H_0 —— d_0 处的周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

d_0 —— d_0 处到密封源的距离, m;

d——关注点到密封源的距离, m;

η ——透射比, $\eta = 2^{-L/HVL}$, 其中 L 为屏蔽层厚度, HVL 为半值层厚度。

（3）参数选取

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 2 中源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值的要求可知，本项目单台便携式 γ 射线探伤机（P）源容器表面外 5cm 处周围剂量当量率不超过 0.5mSv/h，以下估算中将上述值作为单个源的源强。本项目放射源暂存库扩容改造后共设计有 51 个储源坑，可存放 62 台含源 γ 射线探伤机。公司已许可 15 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 7 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机，本次新增 40 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机，合计 62 台 γ 射线探伤机。每台探伤装置内含 1 枚放射源 ^{192}Ir 或 ^{75}Se ，最大出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ 。本次评价保守按照最大设计库容作为预测依据，即 62 台含源 γ 射线探伤机（55 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机+7 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机）。

放射源暂存库主要贮存的放射源为 ^{192}Ir 和 ^{75}Se ，计算保守选取 γ 射线能量较大的 ^{192}Ir 半值层厚度（HVL 值），根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A 表 A.2， ^{192}Ir 放射源在混凝土、铅和钢中的半值层厚度（HVL）分别为 50mm、3mm、14mm。

（4）场所周围辐射水平预测

储源坑位于放射源暂存库内，属于公众不可达区域。基于辐射安全管理，本次评价从严处理，保守将储源坑周围剂量当量率按照 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求进行管控。储源坑呈下沉式，四壁和底部均为人员不可达区域，故本次评价仅预测坑盖外 30cm 处的辐射影响。项目放射源暂存库扩容后，共有 11 个 2 源/坑、40 个 1 源/坑，则储源坑的坑盖外辐射水平预测结果如下：

表 11-1 储源坑周围剂量当量率预测结果

关注点 参数	原有 1#~14#储源坑 （铅盖）	原有 15#~26#储源坑 （铅盖）	新建 1 源/坑储源坑 （铅盖）	新建 2 源/坑储源坑 （铅盖）
H_0 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	500	500	500	1000
d_0 （m）	0.05	0.05	0.05	0.05
d （m）	0.63	0.56	0.56	0.56
L （mm）	11	10	10	10
HVL（mm）	3	3	3	3
H （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	0.25	0.45	0.40	0.80
标准控制限值 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	2.5	2.5	2.5	2.5
达标性分析	达标	达标	达标	达标

本项目储源坑坑盖表面周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，本项目放射源暂存库扩容改造后处于最大贮存工况时，放射源暂存库四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处周围剂量当量率预测结果见表 11-2。

表 11-2 放射源暂存库扩容改造后周围剂量当量率预测结果

关注点 参数	A 东墙	B 南墙	C 西墙	D 西墙	E 北墙	F 顶棚	G 防护门
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3
d_0 (m)	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
d (m)	0.98	0.84	1.49	0.97	0.94	2.78	1.22
L (mm)	400mm 混凝土	400mm 混凝土	800mm 混凝土	400mm 混凝土	400mm 混凝土	300mm 混凝土	15mm 铅板
HVL (mm)	50	50	50	50	50	50	3
H ($\mu\text{Sv/h}$)	4.05E-02	5.02E-05	3.03E-02	3.23E-02	1.48E-02	1.53E-01	4.05E-02
标准控制限值 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
达标性分析	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注:

1、 $H_0=0.25 \times 14 + 0.45 \times 12 + 0.4 \times 14 + 0.8 \times 11 = 23.3 \mu\text{Sv/h}$;

2、辐射源与各关注点的距离保守取储源坑与放射源暂存库四周墙体及防护门的最近距离。

因此,当放射源暂存库同时储存 62 台含源 γ 射线探伤机时,放射源暂存库周围剂量当量率最大值为 $1.53\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$;储源坑坑盖表面周围剂量当量率最大值为 $0.80 \mu\text{Sv/h}$,均可以满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中对于放射源贮存设施“在公众能接近的距外表面最近处,其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平”的要求,同时满足《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》(HJ 1258-2022)中“库房外墙表面 0.3m 处的最大剂量率不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。由于移动探伤作业主要在外地,探伤检测工期相对较长,一般情况下放射源暂存库不会达到设计定额。以上估算结果将是偏安全的,实际的辐射环境影响相对于理论计算数值是偏小的。因次,现有放射源暂存库进行扩容改造后可以满足本项目含源 γ 射线探伤机贮存要求。实际工作中,建设单位应做好以下工作:放射源暂存库每次有新源入库时需进行检测,须满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“在公众能接近的距外表面最近处,其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平”的要求,检测达标后方可投入使用。

5、放射源暂存库局部贯穿辐射影响

本项目放射源暂存库排风管道地埋式设计,管径为 200mm,埋深 400mm,地下管道以“U”型穿过放射源暂存库的北墙,排风口离地面 3500mm。根据《辐射防护导论》(方杰主编)P189 页的实例证明,本项目放射源贮存过程中产生的 γ 射线需经过三次以上散射才能经排风管道散射至放射源暂存库东墙外,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。

11.2.2 γ 射线移动探伤控制区和监督区的理论划分

根据公司提供的资料，本项目拟购的每台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机内分别配置 1 枚最大出厂活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ 的 ^{192}Ir 密封放射源，均为便携式探伤机（P）。 ^{192}Ir - γ 射线探伤机主要用于检测钢板厚度为 20mm~100mm 的罐体或管件。

本项目移动探伤主要采用两种透照射方式：单壁透照和双壁透照，其中单壁透照放射源位于管道内侧，胶片敷贴于管道外侧；而双壁透照放射源位于管道外侧，胶片敷贴于管道对侧。检测工作时，放射源被从探伤机机体内推出至探头时，此时采用准直器对放射源进行屏蔽，可以屏蔽有用线束方向以外 90% 以上的 γ 射线，准直器屏蔽材料为钨，厚度为 25mm。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求， γ 射线移动探伤作业时，应将周围剂量当量率 $>15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，其外围周围剂量当量率 $>2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为监督区。同时，根据 GBZ 117-2022 附录 A 关于“控制区距离概念”，根据放射源的 γ 射线向各个方向辐射的不同情况，确定三种不同的控制区距离，如图 11-3 所示：

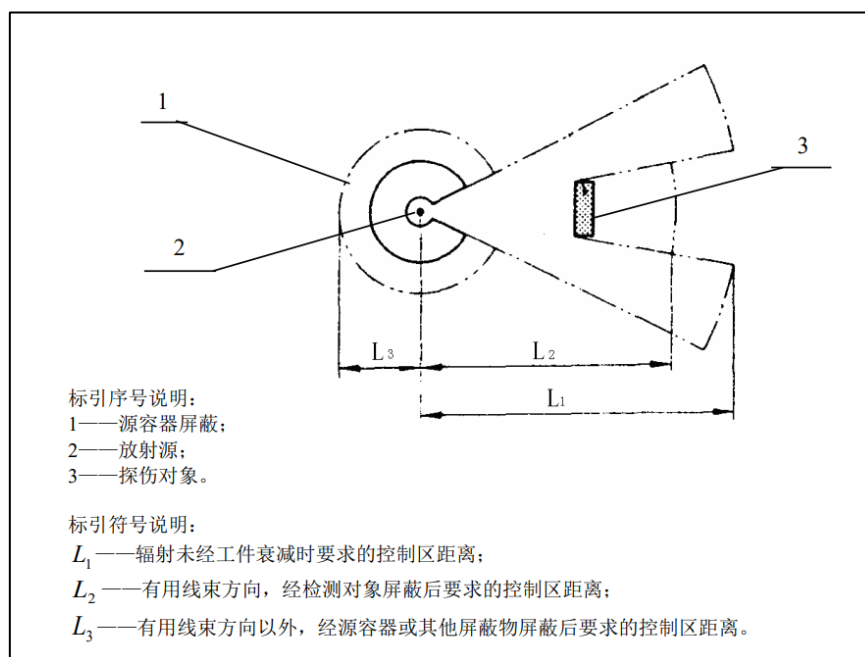


图 11-3 应用屏蔽物的控制区（无比例）

经与建设单位核实，为了将移动探伤作业范围控制在厂界内，在进行厂区内进行移动探伤时，增设屏蔽能力为 15mm 厚、尺寸为 2.5m（宽） $\times$ 2m（高）的移动式铅屏风 1 扇进行屏蔽，铅屏风位于探伤机主射方向摆放，距离工件约 1m。探伤机的张角为 90° ，有用线束照射最上侧时： $\tan 45^\circ \times 1000$ 铅屏风离靶点距离 = 1000mm $<$ (2000 铅屏风高度 - 600 工件高度) 1400mm（靶点距铅屏风顶部最近距离）；有用线束照射最左侧或最右侧位置时： $\tan 45^\circ \times 1000$ 铅屏风离靶点距离 = 1000mm $<$ 1250mm（靶点距铅屏风左端或右端最近距离），故探伤机有用线束始终被铅屏风屏蔽，以阻挡对厂界外其他公众的照射，因此，计算此方位时须考虑到屏蔽透射因子。

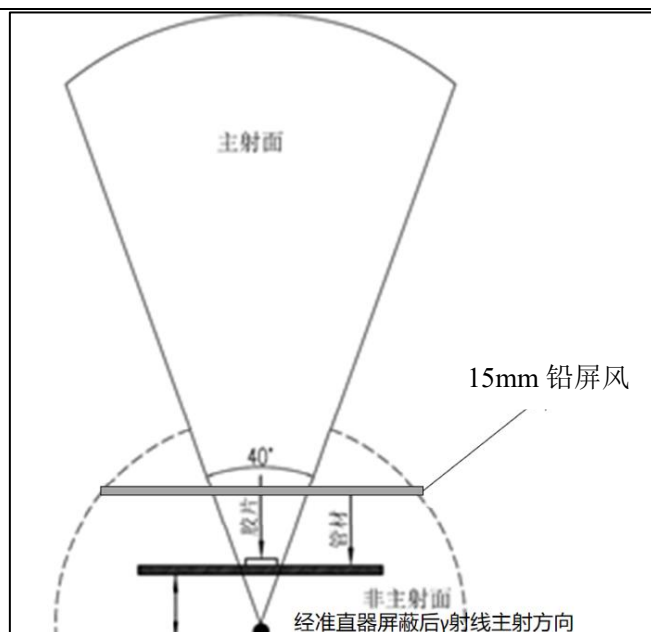


图 11-4 移动探伤作业射线照射示意图

(1) 控制区距离的确定

对于移动式探伤，控制区边界的周围剂量当量率为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，可由公式 (11-2) 计算确定控制区的距离：

$$L_1 = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{15}} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：

L_1 ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

A ——放射源的活度，单位为 MBq，本项目每台 γ 射线探伤机内含放射源 ^{192}Ir 的活度均为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，即 $3.7 \times 10^6\text{MBq}$ ；

Γ ——周围剂量当量率常数，单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ，对照 GBZ 117-2022 表 A.1，本项目 ^{192}Ir 放射源的周围剂量当量率常数为 $0.17\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ；

15——控制区边界周围剂量当量率， $15\mu\text{Sv/h}$ 。

根据公式 (11-2) 计算可知： ^{192}Ir 放射源相应的 $L_1=205\text{m}$ 。

L_2 和 L_3 分别由 L_1 乘以检测工件和放射源屏蔽物屏蔽衰减因子获得。有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式 (11-3)：

$$L_2 = L_1 \times \left(\sqrt{2^{-\frac{t_1}{\text{HVL}_1}}} * \sqrt{2^{-\frac{t_2}{\text{HVL}_2}}} \right) \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：

L_2 ——有工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

L_1 ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

t_1 ——被检测工件的厚度，单位为 mm；

HVL_1 ——检测工件的半值层厚度，单位为 mm，近似值见表 A.2。

t_2 ——移动式铅屏风的厚度，单位为 mm；

HVL_2 ——移动式铅屏风的半值层厚度，单位为 mm，近似值见表 A.2。

有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式 (11-4)：

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_3}{HVL_3}}} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：

L_3 ——有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离值，单位为 m；

L_1 ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

t_3 ——源容器或其他屏蔽物厚度，单位为 mm；

HVL_3 ——源容器或其他屏蔽物的半值层厚度，单位为 mm，近似值见表 A.2。

在工件和准直器等屏蔽作用情况下，本次评价保守取 ^{192}Ir 放射源探伤工件最小厚度 20mm 钢板及准直器为 25mm 钨作为计算依据，结合附录 A 中表 A.1，具体见表 11-4。

表 11-4 不同材料在不同放射源能量下半值层厚度的近似值

半值层厚度 (HVL) /mm	屏蔽材料		
	钢	钨	铅
^{192}Ir	14	2.5	3

注：本项目车间内进行移动探伤作业时，配有 15mm 的铅屏风进行辐射屏蔽防护。

根据公式 (11-3) 和公式 (11-4) 计算可知：本项目 γ 射线不经任何屏蔽时， $L_1=L_2=L_3=205\text{m}$ ； γ 射线经工件屏蔽或移动式铅屏风进行辐射屏蔽防护后， ^{192}Ir 放射源相应的 $L_2=22\text{m}$ ， $L_3=7\text{m}$ 。

(2) 监督区距离的确定

对于移动探伤，监督区边界的周围剂量当量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式，各方向的监督区距离经计算可知：

^{192}Ir 放射源：

$$L_1'=L_1 \times (15/2.5)^{1/2}=205 \times 2.45 \approx 503 \text{ (m)};$$

$$L_2'=L_2 \times (15/2.5)^{1/2}=22 \times 2.45 \approx 54 \text{ (m)};$$

$$L_3'=L_3 \times (15/2.5)^{1/2}=7 \times 2.45 \approx 17 \text{ (m)}。$$

据此计算出本项目 γ 射线移动探伤时，主射线方向和非主射线方向两种情况下控制区和监督区的距离，具体见表 11-5。

表 11-5 γ 射线移动探伤控制区和监督区估算结果

放射源种类及活度	透射钢板厚度 (mm)	控制区边界距离 (m)			监督区边界距离 (m)		
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃
¹⁹² Ir (3.7×10 ¹² Bq)	20mm	经移动式铅屏风屏蔽					
		/	22	/	/	54	/
		未经移动式铅屏风屏蔽					
		205	125	7	503	307	17

因此, 本项目 ¹⁹²Ir- γ 射线探伤机移动探伤时, 有用线束方向经检测工件和移动式铅屏风屏蔽后划定的控制区距离为 22m, 监督区距离为 54m; 有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为 7m, 监督区距离为 17m。实际移动探伤时, 建设单位应采取本报告关于 γ 射线移动探伤的控制区和监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分, 然后采用便携式 X- γ 剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整, 车间内移动探伤时使用铅屏风进行屏蔽防护。

11.2.4X 射线移动探伤控制区和监督区的理论划分

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 第 8.4.2 条款, 在 X 射线探伤机处于照射状态, 建设单位用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率, 参照 GBZ 117-2022 第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界; 以 2.5 μ Sv/h 为监督区边界。本项目单个 X 射线移动探伤小组的周探伤时间为 0.42h, 原有单个 X 射线移动探伤小组最大周探伤时间为 5h, 总计最大周探伤时间为 5.42h, 小于 7h, 故可判定出本项目 X 射线移动探伤控制区边界周围剂量当量率限值为 15 μ Sv/h。

在实际探伤过程中, X 射线定向探伤机的主束射向所检查的工件。射线能量根据被检工件的厚度进行调节, 有用射束被工件所屏蔽, 射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。本项目 RT-3505T 型、RT-2805T 型 X 射线探伤机在最大管电压条件下常用的工件探伤厚度分别 30mm~40mm、20mm~30mm, 材质均为钢, 理论预测时保守取探伤钢板的最小厚度。

(1) 有用线束

根据《辐射防护导论》(方杰主编) 中 P69 页的式 (3.1) 和 P96 页的式 (3.45), 在距离靶 r (m) 处由 X 射线探伤机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率计算公式如下:

$$K = \frac{I\delta_x (r_0/r)^2}{10^{(d_1/d_2)} * 10^{(d_3/d_4)}} \dots\dots\dots (11-5)$$

式中:

K——经工件屏蔽后的空气比释动能率, mGy·min⁻¹; 对于控制区边界取 15 μ Sv/h, 即 2.5×10⁻⁴mSv·min⁻¹, 对于监督区边界取 2.5 μ Sv/h, 即 4.2×10⁻⁵mSv·min⁻¹;

I ——X 射线机管电流, mA; 本项目 X 射线探伤机的管电流均为 5mA;

δ_x ——X 射线探伤机的发射率常数, $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 查 GBZ/T 250-2014 表 B.1, RT-3505T 按 400kV 管电压在 3mmGu 滤过条件下保守取值 X 射线输出量为 $23.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$; RT-2805T 按 300kV 管电压在 3mmAl 滤过条件下保守取值 X 射线输出量为 $20.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

$\delta_x (350\text{kV}) = 23.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$; $\delta_x (280\text{kV}) = 20.9 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$;

r_0 ——X 射线管钨靶离焦点的距离, 本项目均取 1m;

r ——参考点到 X 射线机靶的距离, m;

d_1 ——被检工件厚度, mm; 实际探伤过程中, 射线能量是根据被检工件的厚度进行调节。根据建设单位提供的资料, 本项目 RT-3505T 与 RT-2805T 型 X 射线探伤机处于最大开机工况时, 探伤常用工件透照厚度分别为 30mm~40mm、20mm~30mm, 材质主要为钢, 本报告保守取探伤钢板的最小厚度。

d_2 ——钢的什值层厚度, mm; 根据 NCRP REPORT No.151:Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities 中 P158 页 Fig.A.1a, 350kV 和 280kV 探伤机产生的 X 射线束在钢中的什值层厚度分别取值 20mm、16mm。

d_3 ——移动式铅屏风厚度, mm; 实际探伤过程中, 为满足监督区距离要求。根据建设单位提供的资料, 移动式铅屏风厚度为 15mm。

d_4 ——铅的什值层厚度, mm; 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT 250-2014) 中附录表 B.2X 射线束在铅和混凝土中的什值层厚度, 本项目 350kV 探伤机和 280kV 探伤机产生的 X 射线束在铅中的什值层厚度分别取值 8.2mm 和 5.7mm。

(2) 泄漏射线

根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式, 可以估算出探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围, 见式 (11-6)。

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \dots \dots \dots (11-6)$$

式中:

K_1 ——距探伤机表面 R_1 (m) 处的周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$; 对于控制区边界取 $15 \mu\text{Sv/h}$, 对于监督区边界取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$;

K_0 ——距离探伤机表面 1m 处的周围剂量当量率, 根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022), X 射线探伤机在额定工作条件下, 当管电压 $> 200\text{kV}$ 时, 距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率 $< 5 \text{mSv/h}$, 即本项目 RT-3505T 和 RT-2805T 型 X 射线探伤机相

应的 $K_0=5000\mu\text{Sv/h}$ 。

R_0 ——探伤机表面外 1m；

R_1 ——参考点距探伤机表面的距离，m。

(3) 散射线

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

$$\eta_{rR} \leq k \frac{\dot{H}_{L,h} \cdot r_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \alpha_r a q} \dots\dots\dots (11-7)$$

由上式可以推导出：

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot \alpha_r \cdot a}{r_i^2 \cdot r_R^2} \cdot q \cdot \frac{1}{k} \cdot \eta_{rR} \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：

$\dot{H}_{L,h}$ ——参考点处周围剂量当量率的控制水平（Sv/h）；

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

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

F_{j0} （350kV）= $I \cdot \delta_x = 23.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.118 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

F_{j0} （280kV）= $I \cdot \delta_x = 20.9 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.105 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

α_r ——反射物的反射系数，根据《辐射防护导论》（方杰主编）P187 页图 6.4，单能光子在钢上的反射系数保守均取 0.007。

a ——X 射线束在反射物上的投照面积（ m^2 ）， $a = \pi (r_i \times \tan(\theta/2))^2$ ， θ 为辐射角，本项目取 40° ，即 $a=0.1$ ；

r_i ——辐射源同反射点之间的距离（m），取 1m；

r_R ——反射点到参考点的距离（m）；

k ——单位换算系数，对于 X 射线源为 1.67×10^{-2} ；

q ——参考点所在位置相应的居留因子，取 1。

(4) 理论计算结果

本项目 X 射线移动探伤是根据待检测的工件材料及厚度选用相应的探伤机，且每次探伤作业仅限单台探伤机开机操作。假设探伤作业时，设备满功率运行，将相关参数带入公式（11-5）~（11-8），可估算出本项目 X 射线移动探伤时控制区和监督区的边界范围，见表 11-6。

表 11-6 X 射线移动探伤控制区与监督区估算结果

探伤机型号	射线类型		控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
经移动式铅屏风屏蔽				
RT-3505T	有用线束	探伤钢板厚度 30mm	14.8	36.2
	泄漏辐射		19	45
	散射辐射		18	44
RT-2805T	有用线束	探伤钢板厚度 20mm	7.4	18.1
	泄漏辐射		19	45
	散射辐射		17	42

因此,本项目 RT-3505T 型 X 射线探伤机满功率开机条件下对 30mm 钢板进行移动探伤时,有用线束方向经移动式铅屏风屏蔽最大控制区范围约 14.8m,最大监督区范围约 36.2m;非有用线束方向最大控制区范围约 19m,最大监督区范围约 45m。RT-2805T 型 X 射线探伤机满功率开机条件下对 20mm 钢板移动探伤时,有用线束方向经移动式铅屏风屏蔽最大控制区范围约 7.4m,最大监督区范围约 18.1m,非有用线束方向最大控制区范围约 19m,最大监督区范围约 45m。

实际移动探伤时,建设单位应采取本报告关于 X 射线移动探伤的控制区和监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分,然后采用便携式 X-γ 剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整。

11.2.5 人员受照剂量

1、计算公式

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

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-9)$$

式中:

H——年有效剂量, mSv/a;

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

t——探伤装置年照射时间, h/a;

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子, 本项目保守取 1;

T——人员在相应关注点驻留的居留因子, 取值参考 GBZ/T 250-2014 附录 A 表 A.1。

2、辐射工作人员年有效剂量

本项目现有辐射工作人员 120 名, 其中 114 名共同负责全国移动探伤和车间内移动探伤, 共分为 38 个移动探伤小组。因此移动探伤工作人员按统一工作量计算年有效剂量。

(1) γ 射线移动探伤工作人员

本项目新增 γ 射线移动探伤年曝光时间为 3200h, γ 射线移动探伤小组共 38 组, 则单个 γ 射线移动探伤小组新增年曝光时间为 84.2h, 每组由 2 名辐射操作人员和 1 名现场安全员组成。放射源运输全部由具备放射性物品运输资质的单位负责, 假设每次 γ 射线移动探伤作业操作步骤如下:

a、放射源出库: 辐射工作人员(安全员)在放射源暂存库内从放射源暂存库管理员交接放射源(0.8h, 周围剂量当量率保守取 $23.3\mu\text{Sv/h}$), 将探伤机放到铅箱内(0.4h, 周围剂量当量率保守按源容器表面外 5cm 处周围剂量当量率控制值取 0.5mSv/h , 下同), 在全程监控条件下交接给具备放射性物品运输资质的单位, 由其采用专用运输车辆运输到项目部。

b、项目部内近距离移动: 到达项目部后, 放射源运输单位按程序要求交接给本项目辐射工作人员。在不涉及公用道路的厂区内移动时, 辐射操作工作人员采用手推车将含源 γ 射线探伤机推至具体的作业现场(8.3h, 周围剂量当量率取前文表 11-4 中理论计算值 $1.57\mu\text{Sv/h}$), 该过程使含源装置处于人员监视之下。

c、调整阶段: 到达作业现场后, 将探伤机从铅箱内取出(0.4h, 周围剂量当量率取 0.5mSv/h), 并连接好输源管, 辐射操作工作人员布线、摆放工件及布片。辐射操作工作人员在探伤机 1m 处累计操作 4.2h(周围剂量当量率取 0.02mSv/h)。

d、探伤前后送、收放射源: 本项目 γ 射线探伤机均采用手动出源的方式, 送、收放射源的位置距探伤机保守取 10m, 探伤机距离照射位置保守取 6m, 平均每秒送源(收源)1m, 各移动探伤小组年操作时间约为 0.2h。放射源送到预定位置后操作人员立即离开探伤地点, 到辐射影响可忽略的地方。

^{192}Ir 放射源初装源时的活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci), 并且随着源的使用活度不断衰减。保守估算, 本项目取放射源额定装源活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci) 计算。在送、收源过程中, 人员距离放射源的距离是不断变化的(10m~16m), 因此操作位置的 γ 辐射剂量率也是变化的, 可以由下列方法估算出送、收源过程的平均 γ 辐射剂量率, 在距离操作人员 10m~16m 内假设 6 个点位, 分别为 11m、12m、13m、14m、15m、16m。根据《辐射防护导论》(方杰主编) P74 式 (3.4), γ 点源无屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率计算公式如下:

$$K = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} \dots \dots \dots (11 - 10)$$

式中:

K——无屏蔽防护时, 参考点的周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

A——放射性活度，Bq；本项目 ^{192}Ir 放射源活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，即 $3.7 \times 10^6\text{MBq}$ ；

Γ ——周围剂量当量率常数，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）附录 A 表 A.1 可知：对于 ^{192}Ir ， $\Gamma=0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ ；

r——参考点距离放射源的距离，m。

则距离 ^{192}Ir 放射源 10m~16m 各点位的周围剂量当量率估算结果见表 11-7。

表 11-7 距离 ^{192}Ir 放射源 10m~16m 各点位的周围剂量当量率

距离（m）	11	12	13	14	15	16
周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	5198	4368	3721	3209	2796	2457

由表 11-7 可知：送、收源过程中操作位置的周围剂量当量率平均值为 $3625\mu\text{Sv/h}$ 。

e、探伤阶段：辐射操作工作人员通过摇动手柄，把放射源从探伤机内顶出，通过输源管至预定的位置。操作人员在手动出源后马上退至控制区边界处，曝光结束后，摇动手柄收源（探伤现场操作周围剂量当量率取 $15\mu\text{Sv/h}$ ），各移动探伤小组年曝光时间约为 84.2h，辐射操作工作人员利用现有的屏障进行操作。

f、操作结束后，辐射操作工作人员将储源容器与管线断开，在探伤机 1m 处（周围剂量当量率取 0.02mSv/h ）各移动探伤小组年操作时间约为 4.2h；将其放回铅箱（0.4h，周围剂量当量率取 0.5mSv/h ），将铅箱用推车推至专用运输车辆装车（1.7h）。

g、运输阶段：放射源由作业地点运回到总部厂区场地内由具备放射性物品运输资质的单位完成。

h、押运回放射源暂存库后，辐射工作人员（安全员）在放射源暂存库内将放射源移交给放射源暂存库管理员（0.8h，周围剂量当量率取 $23.3\mu\text{Sv/h}$ ），放射源暂存库管理员将探伤机放回储源坑（0.4h，周围剂量当量率取 0.5mSv/h ）。

表 11-8 移动探伤小组探伤工艺各阶段受照附加有效剂量

探伤阶段	工作时间	周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	有效剂量（ μSv ）	岗位
a	0.8h	23.3	18.64	安全员
	0.4h	500	200	
b	8.3h	1.57	13.03	操作人员
c	0.4h	500	200	
	4.2h	20	84	
d	0.2h	3625	725	
e	84.2h	15	1263	
f	4.2h	20	84	
	0.4h	500	200	
h	0.8h	500	400	安全员
	0.4h	23.3	9.32	

合计	2556	操作人员
	641	安全员

现保守估计，每次 γ 射线移动探伤整个操作流程的操作人员附加有效剂量约为 2556 μ Sv，安全员附加有效剂量约为 641 μ Sv。结合现有的企业工作负荷计划和辐射管理经验，每组辐射工作人员移动探伤各工艺环节年照射时间如表 11-8 所示。根据公式（11-9），居留因子取 1，则 γ 射线移动探伤操作人员的年有效剂量约 2.56mSv/a；取源、还源安全员的年有效剂量为 0.64mSv/a。

现场安全员主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源 γ 射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，本报告保守将辐射剂量贡献视为全部来自监督区处人员管理。监督区边界剂量周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu$ Sv/h，单个 γ 射线移动探伤小组年曝光时间为 84.2h，居留因子取 1，则单名现场安全员的年有效剂量约 0.06mSv/a，叠加取源、还源受照剂量为 0.7mSv/a。

（2）X 射线移动探伤

鉴于 X 射线移动探伤工作场所各不相同，故本次评价采用边界控制限值开展剂量估算。保守假设：a、本项目新增 X 射线移动探伤年曝光时间为 800h；b、X 射线移动探伤作业分 38 组，每组由 3 名辐射工作人员组成，其中 2 名轮流负责探伤装置操作，另 1 名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入；c、X 射线探伤机有延时开机功能，操作人员开机后马上退至控制区边界处（该处周围剂量当量率 $\leq 15\mu$ Sv/h，保守以 15 μ Sv/h 计算）；巡界人员主要在监督区边界处进行安全警戒（监督区的边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu$ Sv/h，保守以 2.5 μ Sv/h 计算）。

根据式（11-9），居留因子取 1，则单名 X 射线移动探伤操作人员的年有效剂量约 0.32mSv/a；单名 X 射线移动探伤巡界人员的年有效剂量约 0.05mSv/a。

（3）综合剂量

考虑到单名辐射操作人员既从事 γ 射线移动探伤，又从事 X 射线移动探伤，故本报告进行剂量叠加，即 2.56mSv/a（ γ 射线移动探伤）+0.32mSv/a（X 射线移动探伤）+1.88mSv/a（最大辐射工作人员年有效剂量）=4.76mSv/a，小于本次评价项目职业人员剂量约束值（5.0mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于职业人员“剂量限值”的要求（20mSv/a）。

3、放射源管理人员年有效剂量

根据工序，保守取辐射工作人员放射源时处于离探伤机 5cm 处（根据 GBZ 117-2022 保守

取剂量率为 0.5mSv/h) 和离探伤机 1m 处 (根据 GBZ 117-2022 保守取剂量率为 0.02mSv/h 值) 的时间分别为 4.2h 和 8.3h, 放射源暂存库管理员交接放射源 (4.2h, 新增放射源储源坑周围剂量当量率保守取 $0.4 \times 14 + 0.8 \times 11 = 14.4 \mu\text{Sv/h}$), 则单名放射源暂存库管理人员由于存/取新增放射源一年所受附加剂量约为 2.31mSv, 按保守叠加最大辐射工作人员年有效剂量 1.88mSv/a 和车间内移动探伤年有效剂量 0.021mSv/a (取移动探伤作业周围公众成员年有效最大剂量), 则年有效剂量约为 4.21mSv/a。该剂量几乎全部来源于处于探伤机 5cm 处时所受的照射, 而实际中工作人员极少处于如此近的位置。因此, 单个辐射工作人员由于存/取放射源所致的剂量将远低于 4.21mSv/a, 小于本次评价项目职业人员剂量约束值 (5.0mSv/a), 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中关于职业人员“剂量限值”的要求 (20mSv/a)。

4、公众成员年有效剂量

由于全国移动探伤同一地点公众成员的年照射时间不变, 故本次只考虑车间内移动探伤和放射源暂存库对周围公众成员年有效剂量的计算。

根据操作规范, 在每次移动探伤作业前, 该公司均须将探伤计划 (包括探伤时间、地点等) 告知探伤作业所涉及区域内及周边的相关部门及相关人员, 严格执行清场工作。探伤作业一般均在晚上等现场其他非辐射工作人员下班后进行。该公司在进行移动探伤前划定控制区和监督区, 公众成员不得进入监督区区域, 监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

(1) 车间内移动探伤作业周围公众成员

车间内 X、 γ 移动探伤年曝光时间为 $50 + 200 = 250\text{h}$, 居留因子取 1/8, 根据公式 (11-9) 计算可知车间内移动探伤作业周围公众成员年有效剂量为 0.08mSv/a, 小于本次评价项目公众成员剂量约束值 (0.25mSv/a), 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中关于公众成员“剂量限值”的要求 (0.25mSv/a)。

(2) 放射源暂存库周围公众成员

表 11-9 放射源暂存库周围公众受照剂量估算结果

关注点	居留因子	关注点辐射剂量率取值 ($\mu\text{Sv/h}$) ^①	关注点与源点距离 (m) ^②	保护目标与源点距离 (m) ^③	保护目标处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$) ^④	年照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	周照射时间 (h)	周有效剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)
东侧厂区道路	1/8	4.05E-02	0.98	0+0.98	4.05E-02	8760	4.43E-02	175.2	8.87E-01
东侧浙江海重重工有限公司	1	4.05E-02	0.98	10+0.98	3.23E-04		2.83E-03		5.65E-02
南侧车间过道	1/8	5.02E-05	0.84	0+0.84	5.02E-05		5.50E-05		1.10E-03

南侧组对焊接区	1/2	5.02E-05	0.84	15+0.84	1.41E-07		6.18E-07		1.24E-05
西侧核电模块及配管生产区	1/2	3.23E-02	0.97	14+0.97	1.36E-04		5.94E-04		1.19E-02
北侧办公室	1	1.48E-02	0.94	4+0.94	5.36E-04		4.69E-03		9.39E-02
北侧热处理区	1/2	1.48E-02	0.94	7+0.94	2.07E-04		9.09E-04		1.82E-02
北侧焊材库	1/2	1.48E-02	0.94	24+0.94	2.10E-05		9.21E-05		1.84E-03
注： ①根据表 11-3 中对应关注点取值； ②根据表 11-1 中保守取值； ③根据表 7-1 中对应距离保守取值； ④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，即④=①×② ² /③ ² 。									

根据公式（11-9）计算可知，放射源暂存库周围公众成员的年有效剂量最大值为 4.43E-02mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于公众成员“剂量限值”的要求（0.25mSv/a），周有效剂量最大值为 1.69μSv/周，满足 GBZ 117-2022 中“关注点的周围剂量当量参考控制水平，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周”的要求。

（3）车间内移动探伤对厂区楼层的公众

本项目车间内移动探伤采用 15mm 厚、尺寸为 2.5m（宽）×2m（高）移动铅屏风进行屏蔽，探伤工件最大尺寸为 Φ600mm×12m。

代表性的楼层为厂区内生活楼，共 6 层，层高为 3m，生活楼总高 18m，离车间内移动探伤区域的最近距离为 110m，则探伤机与生活楼楼顶的张角为 $\arctan(18/0.6)/110=9^\circ$ ，小于探伤机张角 45° ，故进行车间内移动探伤时生活楼能完全被铅屏风屏蔽。

根据剂量率与距离平方成反比的关系求得生活楼辐射剂量率约为 $2.5\mu\text{Sv/h} \times 54^2\text{m}/110^2\text{m}=0.6\mu\text{Sv/h}$ ，车间内移动探伤年曝光时间为 250h，则生活楼公众成员的年有效剂量为 0.15mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于公众成员“剂量限值”的要求（0.25mSv/a）。

11.3 “三废”影响分析

11.3.1 放射性“三废”

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生。

（1）γ 射线探伤机内放射源使用到一定年限后，将退役产生废旧放射源。公司已与浙江省

科器进出口有限责任公司签订了废旧放射源返回协议。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。

(2) 超过安全使用期限的报废 γ 射线探伤机属于放射性固体废物，应委托探伤机生产单位进行回收处理。公司已将报废 γ 射线探伤机交于探伤机生产单位（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行报废处置。

11.3.2 非放射性“三废”

(1) 放射源暂存库内储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，扩建后放射源暂存库净体积约为 65m³，风机风量为 300m³/h，通风换气次数至少每小时 4 次，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，由机械排风装置经放射源暂存库的排风口及时排至室外。X、 γ 射线移动探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

(2) 探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液均属于危险废物，须定期委托有资质的单位处理。

11.4 事故影响分析

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》第四十条规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-10。

表 11-10 辐射事故等级划分表

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

11.4.1 事故风险分析及防范措施

1、X 射线探伤机

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

表 11-11 X 射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
贮存过程	X 射线探伤机被盗,使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员不必要的照射。	贮存射线装置的场所,应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志,其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求,应安装防盗门、防盗窗、监控及报警器装置等。
运输过程	X 射线探伤机被盗、丢失,使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员不必要的照射。	①运输前,企业应对运输车辆和设备进行全面安全检查,发现问题及时解决。 ②运输中途如有人员需离开车辆,应至少保留 1 名工作人员负责车辆看管。 ③加强运输过程中的防盗意识,做好运输车辆安保措施。
移动探伤过程	①在进行移动探伤时,移动探伤工作人员误入控制区或周围公众成员误入监督区和控制区,给上述工作人员及公众成员造成误照射; ②工作人员或公众还未全部撤离控制区,工作人员启动设备,造成有关人员被误照; ③移动探伤时在未照射完毕的情况下,移动探伤工作人员误入控制区给工作人员造成误照射; ④在作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线和电离辐射警告标志未发生作用的情况下,人员误入正在运行的射线装置工作场所; ⑤探伤工作结束后,探伤机未存放到指定的地方,随意存放,导致非辐射工作人员误通电,产生 X 射线污染,对公众造成不必要的照射,同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。	①严格执行辐射安全管理制度,按照操作规程进行作业。每次移动探伤工作前,配备警戒绳、工作状态指示灯、声音提示装置及警示灯,在监督区四周可设置醒目的警示指示和提醒。 ②配置必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测,及时发现使用过程中的射线泄漏。为辐射工作场所配置个人剂量报警仪,探伤工作人员可根据个人剂量报警仪是否报警而正确判断是否安全。 ③对 X 射线移动探伤制定操作规程,明确 X 射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施,规定必须进行清场和巡逻的工作程序,在探伤现场做好警戒工作,严防工作人员和公众误留在警戒区内。 ④加强对探伤装置使用现场的管理,防止射线装置被盗、丢失。 ⑤制定《射线装置使用登记制度》,规定设备的使用登记情况,加强对射线装置的监管和维护。 ⑥加强工作人员的教育与培训,正确佩戴个人剂量计,并定期检测。如发现超剂量,应进行调查,或改善防护条件或措施。

2、 γ 射线探伤机

本项目 γ 射线探伤机内含的放射源 ^{192}Ir 是封装在密闭包壳中的,工艺上利用放射性同位素衰变产生的 γ 射线。正常情况下不会发生放射性泄漏事故,但由于 γ 射线贯穿能力很强,照射范围常常超出工作场所以外,因此密封放射源可能发生的事故和不安全工况存在于贮存阶段、运输阶段和使用阶段,最有可能发生的事故工况发生在使用阶段,具体分析如下。

表 11-12 含源 γ 射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
贮存过程	①放射源暂存库的视频监控系统和红外报警装置发生故障，导致人员进入放射源暂存库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ②放射源暂存库的防盗门和储源坑铅板的防盗锁损坏，导致人员进入放射源暂存库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ③在电离辐射警告标志未发生作用的情况下，导致人员进入放射源暂存库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ④退役或不用的放射源未放置到指定的地方，随意存放，导致工作人员或公众成员造成不必要的照射，同时加大了放射源遗忘或被盗的可能性。	①建立完善的规章制度并落实于实际工作中，每次操作辐射工作人员必须严格按照操作规程进行操作，检查放射源暂存库的视频监控系统、红外报警装置等防护装置是否正常，如果失灵，应立即修理，确保探伤工作人员的安全； ②计划定期进行放射源暂存库的环境监测，发现问题及时整改，防止环境风险的发生； ③制定应急预案并加强应急演练，防止环境风险的发生。
运输过程	①单人运输放射源，无专人押运。 ②采用非专用运输车辆运输放射源，车上没有固定放射源专用的铅箱，亦未对 γ 射线探伤机采取临时固定措施，保持其运输条件下在车辆内的位置不变，导致放射源丢失。 ③放射源运输过程中未采取严格有效的安全保卫措施致使放射源及运输车辆被盗。 ④工作人员麻痹大意，玩忽职守，致使含源的 γ 射线探伤机无人看管，在转场装载时又未进行检查确认，导致放射源被盗。	①放射源运输应采用专用车辆进行运输，专人押运。禁止使用报废的、擅自改装的、检测不合格的或者不符合国家规定要求的车辆、设备从事放射源道路运输活动。 ②专用运输车辆上应在固定位置配备储存 γ 射线探伤机的保险柜及防盗设施，在保险柜和运输车辆上设置“当心电离辐射”警示标志。 ③专用运输车辆应安装 GPS 定位系统、辐射监测设备对运输全过程进行在线监控，并实时记录行驶轨迹。 ④运输前，企业应对运输车辆和设备进行全面安全检查，发现问题及时解决。 ⑤运输中途如有人员需离开车辆，应至少保留 1 名工作人员负责源箱的看管。 ⑥加强运输过程中的防盗意识，做好运输车辆安保措施。

移动探伤过程	①移动探伤时在工作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线和电离辐射警告标志未起作用的情况下，人员误入正在运行的探伤工作场所或公众还未全部撤离控制区，工作人员启动设备，造成有关人员被误照； ②放射源因故从机器上拆下来，γ射线探伤机探伤后未放入放射源暂存库中保管，可能会发生放射源丢失或被盗事故； ③检修机器时仪器中的放射源从铅容器中掉出来，由于该放射源为密封源，一般不会对周围环境（地面、空气、机器等）产生弥散性污染，但是若操作不当，将对操作工人产生较强的辐射照射； ④由于探伤机故障使得放射源在输源导管中发生卡源的情况，不能退回密封容器内； ⑤工作人员不按要求佩戴个人防护用品，造成超剂量照射。	⑥严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程进行作业。每次移动探伤工作前，配备工作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线等，在监督区四周可设置醒目的电离辐射警告标志和警示语等提示信息。 ⑦配置必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测，及时发现使用过程中的射线泄漏。为辐射工作场所配置了个人剂量报警仪，探伤工作人员可根据个人剂量报警仪是否报警而正确判断是否安全。 ⑧对γ射线移动探伤制定操作规程，明确γ射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，规定必须进行清场和巡逻的工作程序，在探伤现场做好警戒工作，严防工作人员和公众误留在警戒区内。 ⑨加强对探伤装置使用现场的管理，防止放射源被盗、丢失。制定《放射源使用登记制度》，规定设备的使用登记情况，加强对放射源的监管和维护。 ⑩γ射线移动探伤结束后，应进行放射性水平测量，确认放射源已经回到探伤机的源容器内。领用γ射线探伤机时也应进行放射性水平测量，确认放射源在探伤机的源容器内。 ⑪γ射线探伤机的检修应由有经验和经过培训的技术人员进行处理，技术人员应做好个人的防护，公司对周围工作人员作好疏散工作。 ⑫中国能源建设集团浙江火电建设有限公司不得自行进行倒源操作，所有换源工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责。 ⑬γ射线探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，工作人员手动回源。一旦发生此类故障，应立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入辐射区。同时，现场工作人员第一时间联系放射源生产单位，在专业人员的指导下严格按照生产单位提供的操作规程处理卡源故障。处理卡源故障的工作人员应穿戴好个人防护用品（铅衣、铅手套、铅眼镜等），佩戴个人剂量计和剂量报警仪，利用长柄夹等辅助工具进行操作。如公司不具备能力处理卡源故障，应在放射源生产单位工作人员到场前务必封锁并保护好现场，严禁无关人员靠近。待处理完卡源故障后，确保放射源已经安全收回至探伤机内后方可消除警戒状态。在处理完故障后，尽快对处理卡源故障的工作人员个人剂量计进行监测，一旦发现个人剂量超标现象，及时采取相应的措施。建设单位应定期检查，维修设备，杜绝此类故障发生。 ⑭γ射线探伤机应定期进行检查、维护和保养，应严格制定防范措施，经常对设备的性能进行检查，禁止使用超过10年的γ射线探伤机。 ⑮加强工作人员的教育与培训，正确佩戴个人剂量计，并定期检测。如发现超剂量，应进行调查，或改善防护条件或措施。
--------	---	--

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》等法律法规要求，使用Ⅱ类放射源和Ⅱ类射线装置的单位应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

12.1.1 机构设置

公司开展工业探伤工作，对放射防护安全负主体责任，已成立以陈根卫为组长的辐射安全管理领导小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作，明确了相关负责人和各成员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施，可以满足本项目扩建后的辐射安全管理需要。

12.1.2 辐射人员管理

（1）个人剂量检测

辐射工作人员均配置个人剂量计和个人剂量报警仪。使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

现有辐射工作人员均已配置个人剂量计和个人剂量报警仪，建立个人剂量档案。

（2）辐射工作人员培训

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函[2019]853 号）和《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）精神，所有辐射工作人员必须通过生态环境部举办的辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）自主培训并参加 X 射线/γ 射线探伤类别考核，经考核合格取得成绩单后方可上岗，并按时重新参加考核。

本项目所有辐射工作人员均从现有辐射工作人员中调配，不新增。现有辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训并通过考核，符合持证上岗的要求，所有证书均在有效期内。

（3）辐射工作人员职业健康体检

新增辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准

的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查，并建立个人健康档案。

公司所有辐射工作人员均已开展职业健康体检，并建立了职业健康监护档案。

12.1.3 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定，公司应对本单位的放射源和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- （一）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （二）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- （三）辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- （四）放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射源和射线装置台账；
- （五）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- （六）辐射事故及应急响应情况；
- （七）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- （八）存在的安全隐患及其整改情况；
- （九）其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

公司已按要求编写了安全和防护状况年度评估报告，每年定期上报至发证机关。本项目正式开展后，公司需将本项目射线装置纳入安全和防护状况年度评估报告，定期上报至发证机关。

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许可管理办法（2021 年修改）》第十六条规定，使用Ⅱ类射线装置和Ⅱ类放射源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、放射源和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。产生放射性固体废物的，还应具有确保放射性固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。

公司现有辐射安全规章制度制定情况见前文表 1 中 1.4.2 章节，内容健全完善且规范，且严格执行于实际工作中，满足现有核技术利用项目的管理需要，合理可行。本次扩建的内容与现有已许可的辐射活动相同，故现有规章制度基本可以满足本项目实施后的辐射安全管理需

要。

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

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》第十六条规定，使用Ⅱ类放射源和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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

本项目相关辐射监测仪器配置计划见前文表 10 章节中表 10-4。监测仪器按要求配备齐全后，本次评价认为能够满足本项目的仪器配备要求。同时，本次评价建议公司每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正和维护，并建立完善的辐射防护检测设备台账。

12.3.2 个人剂量监测

公司应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理规定，为辐射工作人员配备个人剂量计；同时，应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计，并进行个人剂量监测（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月）和职业健康检查（不少于 1 次/2 年），建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

12.3.3 探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求，公司应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

（1）正式使用前监测：委托有相关监测资质的监测单位对核技术应用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

（2）常规监测：日常使用过程中对控制区、监督区边界及使用场所周边关注点进行监测。如发现划定的区域未能满足相关标准的要求，及时对划定的分区进行调整，并将每次巡测结果记录存档备案。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 8.4.1.1 条款，进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。第 8.4.3 条款：每次移动式探伤作业时，运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：a) 新开展现场射线探伤的单位；b) 每年抽检一次；c) 在居民区进行的移动式探伤；d) 发现个人季

度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。

（3）每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，对放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。参考《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条款规定，年度监测周期为 1 次/年。

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等标准要求，本项目辐射工作场所监测计划见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射工作场所监测计划

场所名称	监测类型	监测项目	监测范围	监测频次	监测方式
放射源暂存库	验收监测		四侧屏蔽墙和顶棚外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、排风管道口处；储源坑表面 30cm 处；含源 γ 射线探伤机出入库时源容器表面。	验收期间监测 1 次	委托监测
	常规监测			每次有新源入库	自行监测
	年度监测			1 次/年	委托监测
X、 γ 移动探伤作业地点	验收监测	周围剂量当量率	①巡测：在 X、 γ 射线探伤机处于照射状态，用便携式- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量，划分控制区和监督区；工作完毕且 γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置后，源容器表面及工作场所处； ②操作位：在工作状态下和探伤机停止工作时分别检测操作位置的辐射水平。	验收期间监测 1 次	委托监测
	年度监测			1 次/年	委托监测
	常规监测		①巡测：在 X、 γ 射线探伤机处于照射状态，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量，划分控制区和监督区；工作完毕且 γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置后，源容器表面及工作场所处； ②操作位：在工作状态下和探伤机停止工作时分别检测操作位置的辐射水平。	每次移动探伤作业	自行监测
				发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。	出现上述情况时

所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。公司应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应查找原因并及时报告，提出改进辐射防护工作的意见和建议。

12.3.4 环保竣工验收

公司应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环环评[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

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

- （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，公司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主管部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生主管部门报告。如发生放射源被盗的事故，则还须向公安部门报告。

公司已制定《辐射事故应急预案》，并成立了以总经理/党委书记为总指挥的辐射事故应急领导小组，包括应急处置行动组、疏散引导组、安全救护组、通讯联络组、现场警戒组和救援处置组，见附件 12。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。

本次新增的内容与现有已许可的内容相同，因此现有辐射事故应急预案可以满足本次项目的应急要求。同时，本项目投入运行后，公司应好以下工作：

- 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支出，纳入部门预算。
- ②公司应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。
- ③公司应将本单位的应急预案报所在地生态环境主管部门备案，开展隐患排查并及时消除隐患，防止发生事故。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

1、项目概况

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司计划在现有辐射活动规模的基础上，新增 40 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚放射源 ^{192}Ir ，最大出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 23 台 X 射线探伤机（其中 RT-3505T 型 19 台、RT-2805T 型 4 台）均用于移动探伤。同时，对现有放射源暂存库及辅房进行扩容改造，本次放射源暂存库扩容改造内容为：现有放射源暂存库的东侧、西侧和北侧屏蔽墙、顶棚的屏蔽防护维持现状，拆除台阶、防护门和南侧屏蔽墙，在现有放射源暂存库南侧新扩建放射源暂存库，新扩建区域北墙与探伤室共用一堵墙，采用 800mm 进行防护，其他三侧墙体均为 400mm 混凝土，顶棚采用 300mm 混凝土，下方为土层，无地下室，不做特殊防护；防护门采用铅门，铅板厚度为 15mm，门体尺寸：1200mm（宽） $\times$ 2350mm（高）、门洞尺寸：800mm（宽） $\times$ 2000mm（高）。在现有 26 个储源坑的基础上新增 25 个储源坑（11 个 2 源/坑、14 个 1 源/坑），用于现有已许可和本次新增的 γ 射线探伤机不作业时的存放。同时新增 1 间 X 射线贮存间，用于 X 射线机不使用时的临时贮存。暗室、评片室、危废暂存间等功能间均依托现有场所，不另设。

公司拟在华业钢构核电装备有限公司生产车间指定区域进行 X、 γ 射线移动探伤，并配备一扇 15mm 厚、尺寸为 2.5m（宽） $\times$ 2m（高）的移动式铅屏风（仅车间内移动探伤使用）进行屏蔽防护。

2、项目布局及分区

（1）放射源暂存库及临时贮存场所按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中两区划分原则，本项目拟将放射源暂存库及周围区域划分为控制区和监督区。以放射源暂存库的实体屏蔽为界，将放射源暂存库划为控制区，严禁无关人员进出控制区，保障该区的辐射安全；将放射源暂存库外相邻区域划为监督区，对该区不需采取专门的安全防护措施，但要定期检查其辐射剂量。本项目 γ 射线探伤机当天不能及时回到公司总部放射源暂存库时，公司应设置放射源临时贮存设施，并实行分区管理，将放射源临时贮存设施划为临时控制区，贮存设施周围 1m 处划定为临时监督区，设置电离辐射警告标志，告诫无关人员请勿靠近。

（2）移动探伤根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“7.2 分区设置”，公司

开展 X、 γ 射线移动探伤作业时，根据现场具体情况，利用便携式 X- γ 剂量率仪巡测，一般将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，控制区的边界尽可能设定实体屏蔽，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。该公司拟采取的布局与分区措施基本满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于“移动探伤”的要求。

3、辐射安全防护措施结论

本项目放射源暂存库已采取实体屏蔽，其屏蔽防护性能均能符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。

本项目放射源暂存库和移动探伤均按标准要求划分控制区和监督区，针对 X、 γ 射线探伤装置的固有安全属性、储存、运输、移动探伤等环节均采取相应的辐射安全和防护措施，并配套足够数量的防护用品和检测仪器。

13.1.2 环境影响分析结论

1、辐射剂量率影响预测结论

（1）放射源暂存库安全防护能力分析

经辐射环境影响预测，当放射源暂存库处于最大贮存工况时，放射源暂存库和储源坑周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对于放射源贮存设施“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

（2）移动探伤控制区和监督区划分

根据理论预测结果，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件和移动式铅屏风屏蔽后划定的控制区距离为 22m，监督区距离为 54m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为 7m，监督区距离为 17m。RT-3505 型 X 射线探伤机满功率开机条件下对 20mm 钢板进行移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约 1.1m，最大监督区范围约 1.2m；非有用线束方向最大控制区范围约 19m，最大监督区范围约 45m。RT-2805 型 X 射线探伤机满功率开机条件下对 30mm 钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约 3.4m，最大监督区范围约 8.3m，非有用线束方向最大控制区范围约 19m，最大监督区范围约 45m。

实际 X、 γ 射线移动探伤时，本次评价建议建设单位采取本报告关于移动探伤的控制区和

监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分，然后采用便携式 X- γ 剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整。

2、个人剂量影响预测结论

根据剂量估算结果，本项目所致辐射工作人员及周围公众人员的年有效剂量低于本项目剂量约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。只要根据本报告提出的辐射防护要求严格进行控制区和监督区的划分管理，切实落实警戒线、警戒灯的设置及巡检等工作，移动探伤时，人员不会受到额外的辐射照射。

3、非辐射环境影响分析结论

公司已按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，与供源单位签订废旧放射源返回协议。报废的 γ 射线探伤机应委托 γ 射线探伤机生产单位进行回收处理。

放射源暂存库内储存的放射源与空气电离将产生一定量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经放射源暂存库的排风口及时排出。X、 γ 射线移动探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液均属于危险废物，定期委托有资质的单位处理处置。

13.1.3 可行性分析结论

1、产业政策符合性分析结论

结合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）》，本项目属于第一类鼓励类中第三十一项“科技服务业”第 1 条“工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”，符合国家产业政策的要求。

2、实践正当性分析结论

本项目实施的目的是为了对外开展各项无损检测业务，具有良好的经济效益与社会效益。经辐射防护屏蔽和安全管理后，其获得的利益远大于对环境的辐射影响。因此，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则。

3、选址合理性分析

本项目放射源暂存库评价范围 50m 内和厂区内移动探伤作业区评价范围 100m 内主要为中国能源建设集团浙江火电建设有限公司生产车间、厂区道路及浙江海重重工机械有限公司，无居民点和学校等环境敏感点，项目用地性质为工业用地，周围无环境制约因素，且评价范围内不涉及易燃易爆物质和危险化学品的存放。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，本项目放射源暂存库的选址合理可行。

4、项目可行性

综上所述，中国能源建设集团浙江火电建设有限公司 X、 γ 射线移动式探伤及放射源暂存库扩建项目的建设符合土地利用规划、区域规划环评和海盐县生态环境分区管控动态更新方案的建设要求，项目选址合理，符合国家产业政策要求和实践正当性的原则。在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，企业将具备相应从事的辐射活动的技术能力，本项目投入运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

1、公司建立健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行防护措施自觉性，杜绝辐射事故的发生。

2、辐射工作人员规范使用个人剂量计和个人剂量报警仪，并形成制度。

13.2.2 承诺

1、本项目环评报批后，建设单位承诺及时向有权限的生态环境主管部门重新申领《辐射安全许可证》。

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

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：		
公章		
经办人（签字）：	年	月 日
审批意见：		
公章		
经办人（签字）：	年	月 日