

报告编号：WKFHP-25006

核技术利用建设项目

中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电
项目部 X、 γ 射线探伤及源库建设项目
环境影响报告表
(报批稿)

中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目部

2025 年 8 月

生态环境部制

核技术利用建设项目

中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目
部 X、 γ 射线探伤及源库建设项目
环境影响报告表

建设单位名称：中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目部

建设单位法定代表人（签名或盖章）：

通讯地址：浙江省宁波市象山县鹤浦镇金七门万全路7号二楼

邮政编码：315733

联系人：6

电子邮箱：/

联系电话：6

表1 项目基本情况

建设项目名称		中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目部 X、γ 射线探伤及源库建设项目				
建设单位		中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目部				
法定代表人	石*	联系人	肖*	联系电话	136****9863	
注册地址		浙江省宁波市象山县鹤蒲镇金七门万全路 7 号二楼				
项目建设地点		浙江省宁波市象山县鹤蒲镇金七门村				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		300	项目环保投资(万元)	170	投资比例(环保投资/总投资)	56.7%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m²）	约 257
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	☒ 贮存II类放射源				

1.1 项目任务由来

1.1.1 浙江金七门核电厂基本情况

浙江金七门核电厂是中核浙能能源有限公司负责开发建设的核电工程，位于浙江省宁波市象山县鹤蒲镇金七门村，地理位置详见附图 1。浙江金七门核电厂厂址内规划建设六台“华龙一号”百万千瓦级压水堆核电机组，厂区统一规划，分期建设。一期工程建设两台“华龙一号”百万千瓦级压水堆核电机组及其配套设施，项目目前处于一期建设阶段。

浙江金七门核电项目选址阶段环评已获生态环境部批复（环审〔2023〕124 号，见附件 7），核电厂主要分为核岛、常规岛和配套设施 BOP 子项。厂区内有多家参建单位，其中淤泥吹填区、西南护岸海工预制场由中国核工业华兴有限公司（中核华兴）承建，核电厂土建建设工程、临建区钢筋加工、库房、搅拌站、钢构车间等生产临建，食堂、宿舍等生活临建及办公楼主要由中国核工业第二二建设有限公司（中核二二土

建)负责承建管理;核电厂正/负挖及爆破工程、临建区土石方回填、土石方临时堆放、常规岛备料、耕植土堆均由中国核工业第二二建设有限公司(二二土石方)负责承建管理;临时消防站由中核浙能能源有限公司(中核浙能)负责管理;一体化安培中心因海工围堰临时预制使用由中国海外集团有限公司(中海公司)负责管理;中国核工业第五建设有限公司(中核五公司浙江金七门核电项目部)负责管理建造核电厂安装建设工程、安装生产临建区、生活区及其办公区。

1.1.2 建设单位基本情况

中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目部(以下简称“浙江金七门核电项目部”)成立于2025年3月24日,为中国核工业第五建设有限公司(简称“中核五公司”)的直属项目部,注册地址为浙江省宁波市象山县鹤蒲镇金七门万全路7号二楼,营业执照详见附件2。中核五公司组建于1964年,隶属于中国核工业集团有限公司,是中国核工业建设股份有限公司重要成员单位。公司是以国防工程、核工程、核电工程和工业与民用建筑安装工程业务为主的大型综合性建筑安装企业。中核五公司承担了金七门核电项目一期核岛、常规岛及BOP子项安装的重要工作,因此公司专门设立了浙江金七门核电项目部作为中核五公司在金七门核电工程建设项目的授权机构,负责实施金七门核电工程建设项目管理活动,核岛、常规岛及BOP子项的安装工作范围包括设备、管道、电气、仪控、通防等相关专业,公司具有专业的施工资质以及深厚的安装经验,重要岗位和关键岗位都是具有资深工作经验的人员。

1.1.3 项目由来

浙江金七门核电项目部为浙江金七门核电厂安装工程施工方之一,施工过程需对核电设施及工件(管道、罐体、平板件等)焊缝进行无损检测,拟在金七门核电厂建设区内配套开展X、 γ 射线室内固定探伤和现场移动探伤,不涉及对外开展移动探伤业务。待检工件最大尺寸为1200mm(长) $\times$ 1000mm(宽) $\times$ 1500mm(高),最大厚度100mm, ^{75}Se - γ 射线探伤机常用探伤工件检测透照厚度为10mm~40mm, ^{192}Ir - γ 射线探伤机常用探伤工件检测透照厚度为20mm~100mm,根据探伤需求浙江金七门核电项目部计划配置20台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机(含20枚 ^{192}Ir 放射源,出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ /枚,II类源)、10台 ^{75}Se - γ 射线探伤机(含10枚 ^{75}Se 放射源,出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ /枚,II类源)及8台X射线探伤机(均为定向机,II类射线装置,详见表1-1),选择 ^{192}Ir - γ / ^{75}Se - γ 射线探伤机,可以显著提高检测效率。 ^{192}Ir 适用于厚壁材料的快速检测,而 ^{75}Se 则适用于中等厚度材料的高效检测。这种组合能够满足不同材料和厚度的检测需求,提高整体检测效率。

为了加强 X 射线探伤机和 γ 放射源在应用中的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保 X 射线和放射源的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规，本项目需进行环境影响评价。

根据原环境保护总局公告 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 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/}$ 枚，属于 II 类放射源；X 射线探伤机属于“工业用 X 射线探伤装置”，属于 II 类射线装置。对照生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目”。本次评价内容为使用 II 类射线装置、使用 II 类放射源，应编制环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。为此，浙江金七门核电项目部委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目开展环境影响评价工作，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等有关技术规范的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表。

1.2 建设内容及规模

1.2.1 固定式探伤

浙江金七门核电项目部拟在浙江金七门核电厂内建设 2 间探伤室及操作室、1 间暗室及评片室、1 间源库（采用源柜的形式进行设计，共设 17 个源格，其中 15 个小源格，2 个大源格，大源格设置在第一层）、1 间器材室、2 间源库值班室、2 间设备库（戊类），开展固定式探伤工作，依托主体工程危废暂存间（在建）暂存本项目探伤所产生的危险废物。拟配置 20 台 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机、10 台 $^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机及 8 台 X 射线探伤机（定向）在 2 间探伤室内进行固定式探伤。 γ 探伤机不作业时贮存于源库的源格中，每台 γ 射线探伤机内置 1 枚密封源 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ ，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/}$ 枚。

本项目源库位于 1#探伤室西侧，源库内采用源柜的形式进行设计，坑四壁与底部均采用混凝土结构，共设 17 个源格，其中 15 个小源格，2 个大源格（预留存放放射源 ^{60}Co ，不属于本项目评价内容），大源格设置在第一层，厚度约为 200mm，大源格尺寸为 1000mm（长） $\times$ 1000mm（宽） $\times$ 1000mm（深），小源格尺寸为 560mm（长） $\times$ 420mm

（宽）×480mm（深），源格柜门为15mm铅板。放射源的购入存储和废放射源的存储于新建源库，X射线探伤机贮存于探伤室南侧的设备库内。

1.2.2 移动式探伤

根据建设单位提供资料，本项目移动探伤作业区域位于浙江金七门核电厂厂区内（区域大小长 430m，宽 350m）和配套安装生产临建区域车间内（区域大小长 108m，宽 48m），拟使用 20 台 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机、10 台 $^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机及 8 台 X 射线探伤机（定向）进行现场移动式探伤，一个探伤作业场所仅进行一组探伤作业使用一台探伤机（如根据本项目 γ 射线移动探伤监督区和控制区理论预测估算，本项目 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为 125m，监督区距离为 306m，故 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机移动探伤时距离靶点 306m 不得有其他移动探伤机作业。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 剂量率仪巡测的方式进行实测验证和调整）。

浙江金七门核电厂区内射线探伤工作执行审批制度，由浙江金七门核电项目部统一协调、审批，当存在交叉探伤作业风险时，浙江金七门核电项目部会根据现场情况对施工进度进行调整，同时实施探伤作业的工期有别、施工地点不同，不存在交叉探伤作业的风险。

1.2.3 建设单位辐射活动规模

待本项目实施后，浙江金七门核电项目部最终的辐射活动规模为 20 台 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机、10 台 $^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机及 8 台 X 射线探伤机（定向）。本项目建成后公司共配置的辐射装置具体应用见下表。

表 1-1 本次评价的辐射装置应用情况一览表

放射源							
序号	装置名称	核素名称	最大出厂活度 (Bq) × 枚数		类别	用途	工作场所
1	¹⁹² Ir-γ 射线探伤机	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² Bq×20 枚		Ⅱ类	室内固定式、现场移动式探伤	1#探伤室、2#探伤室和移动探伤现场
2	⁷⁵ Se-γ 射线探伤机	⁷⁵ Se	3.7×10 ¹² Bq×10 枚		Ⅱ类		
射线装置							
序号	装置名称	型号	数量 (台)	类别	最大管电压/ 管电流	用途	工作场所
1	X 射线探伤机（定向机）	XXG3505-ZD	2	Ⅱ类	350kV， 5mA	室内固定式、现场移动式探伤	1#探伤室、2#探伤室和移动探伤现场
2		CHX2505	4	Ⅱ类	250kV， 5mA		
3		CHX2005	2	Ⅱ类	200kV， 5mA		

1.2.4 劳动定员及工作负荷

(1) 劳动定员

公司辐射工作人员的配置情况一览表见下表。

表 1-2 辐射工作人员配置情况一览表

工作场所	新增辐射工作人员	工作内容
厂区内各辐射场所	1 名辐射防护负责人	负责辐射安全管理工作
1#探伤室	2 名（分为1个工作组，实行昼间一班制）	负责室内探伤工作
2#探伤室	2 名（分为1个工作组，实行昼间一班制）	负责室内探伤工作
源库	2 名	负责放射源领用、厂内运输、归还工作
移动探伤现场	90 名（分为30个工作组，每个工作组3名）	负责移动探伤工作
合计	97 名	/

(2) 工作负荷

本项目各辐射工作场所的工作负荷情况见下表。

表 1-3 本项目各辐射工作场所的工作负荷情况

工作场所	年拍片张数	工作时间	单次拍片 出束时间	工作场所 周出束总 时间	工作场所年 出束总时间
厂内移动 探伤现场	$^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机：20000 张	每天工作 8 小时，每 年工作 300 天（50 周）	3min	20h	1000h
	$^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机：15000 张		3min	15h	750h
	X 射线探伤机：2000 张		3min	3h	150h
1#探伤室	$^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机：10000 张		3min	10h	500h
	$^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机：8000 张		3min	8h	400h
	X 射线探伤机：3000 张		3min	3h	150h
2#探伤室	$^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机：10000 张		3min	10h	500h
	$^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机：8000 张		3min	8h	400h
	X 射线探伤机：3000 张		3min	3h	150h

1.3 项目选址及周边环境保护目标

1.3.1 金七门核电厂地理位置及外环境

本项目位于浙江省宁波市象山县鹤浦镇金七门村的浙江金七门核电厂区内，地理位置见附图 1。其中浙江金七门核电厂 1、2 号机组一体化临建区西侧紧邻南田湾，东、南、北侧靠山，北侧有小岙和水糊涂村，南侧有杨柳坑村；浙江金七门核电厂厂界西侧和南侧紧邻南田湾，北、东侧靠山。浙江金七门核电厂规划建设 6 台百万千瓦级华龙一号核电机组，采用“统一规划，分期建设”的模式，其中一期工程建设两台，现阶段正处于一期建设期。本项目探伤室及操作室、暗室及评片室、危废暂存间、源库等辅助用房和移动探伤现场均位于浙江金七门核电厂厂区内。本项目周围环境关系图见附图 2。

1.3.2 工作场所地理位置及外环境

(1) 固定式探伤工作场所位置

本项目探伤室位于浙江金七门核电厂内生产临建区东南侧，探伤室为独立的一层

建筑，上层为无人可达平台，正下方为土层，无地下室。1#探伤室东侧紧邻2#探伤室，南侧紧邻操作室1和设备库1（戊类，存放放射源和射线装置配套的工机具，应急物资，射线检测相关的警戒设备实施和材料），西侧紧邻源库、器材室和源库值班室，北侧紧邻厂内道路，隔厂区道路约10m为综合用房；2#探伤室东侧紧邻厂内道路，隔厂区道路约23m为仓库，南侧紧邻操作室2和设备库2（戊类，存放放射源和射线装置配套的工机具，应急物资，射线检测相关的警戒设备实施和材料），西侧紧邻1#探伤室，北侧紧邻厂内道路，隔厂区道路约10m为综合用房。本项目辐射工作场所平面图见附图6，剖面图见附图7。

（2）移动式探伤现场工作场所位置

本项目移动式探伤现场工作场所为浙江金七门核电厂厂区内和配套安装生产临建区域，不涉及核电厂外。

核电厂厂区内移动探伤区域东侧紧邻常规岛混凝土骨料备料区，南侧紧邻核岛/常规岛液态流出物排放厂房和联合泵房；西侧紧邻超载堆压区域、辅助锅炉房、备用柴油发电机厂房和辅助变压器区域及公用10kV配电间，北侧紧邻厂区消防补水泵站和生产生活污水处理站。

配套安装生产临建区内移动探伤区域东侧紧邻通风预制车间，南侧紧邻常规岛骨料临时堆放及后续正式一体化办公楼建设预留用地，西侧紧邻成品半成品存放棚区，北侧为不锈钢成品存放间。

（3）源库位置

本项目在1#探伤室西侧新建1间源库，源库为独立的一层建筑，上层为无人可达平台，正下方为土层，无地下室。源库东侧为1#探伤室，南侧为器材室，西侧为登记处，北侧紧邻厂内道路，隔厂内道路约10m为综合用房。

（4）危废暂存库、暗室及评片室等辅助用房位置

本项目危废暂存库位于生产临建区，该用房为一层建筑，废显（定）液、废胶片等危险废物集中收集后及时转移至现有危废暂存间进行暂存，暗室、评片室均位于综合用房一层（该建筑共三层，无地下室），洗片和评片工作均在暗室与评片室内完成。

1.3.3 周围环境保护目标

本项目环境保护目标为本项目辐射工作人员、核电站厂内其他工作人员和公众人员。

1.4 相关规划、产业政策与实践正当性符合性分析

1.4.1 用地规划符合性分析

本项目位于浙江省宁波市象山县鹤浦镇金七门村的金七门核电厂内，金七门核电项目获得象山县自然资源和规划局出具的《临时用地批准书》（见附件4），项目选址阶段环评已获生态环境部批复（环审〔2023〕124号），因此本项目符合土地利用规划。

1.4.2 与《象山县生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

根据象山县人民政府《关于印发<象山县生态环境分区管控动态更新方案>的通知》（象政发〔2024〕24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。本项目与象山县生态环境分区管控动态更新方案符合性判定情况如下。

表 1-4 本项目与象山县生态环境分区管控动态更新方案符合性判定表

内容	符合性分析				
生态保护红线	根据《象山县生态环境分区管控动态更新方案》和《象山县国土空间总体规划-县域三条控制线图》（见附图 15），本项目位于宁波市象山县一般管控单元（ZH33022530001）和宁波市象山县鹤浦产业集聚重点管控单元（ZH33022520024），本项目所在地周边无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等生态保护目标，未触及生态保护红线。				
环境质量底线	经现场检测，根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率处于正常本底水平。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，“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，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，不会突破当地环境质量底线。				
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，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。				
生态环境准入清单	根据《象山县生态环境分区管控动态更新方案》，本项目属于宁波市象山县一般管控单元（ZH33022530001）和宁波市象山县鹤浦产业集聚重点管控单元（ZH33022520024），该管控单元的环境准入清单要求如下：				
	环境管控单元名称	生态环境管控要求			
	宁波市象山县一般管控单元（ZH33022530001）	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求
		禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目扩建、改建不得增加污染物排放总量并严格控制环境风险。禁止新建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目，改建、扩建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目不得增加管控单元污染物排放总量；禁止在工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外新建其他二类工业项目，一二产业融合的加工类项	加强农业面源污染治理，严格控制化肥农药施加量，合理水产养殖布局，控制水产养殖污染，逐步削减农业面源污染物排放量。推动农业领域减污降碳协同。因地制宜选择适宜的技术模式对农	禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥以及可能造成土壤污染的	实行水资源消耗总量和强度双控，推进农业节水，提高农业用水效率。优化能源结构，加强能源清洁利用。

		目、利用当地资源的加工项目、工程项目配套的临时性项目等确实难以集聚的二类工业项目除外；工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外现有其他二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。	田退水进行科学治理，有序推进农田退水零直排工程建设。	清淤底泥、尾矿、矿渣等	
	宁波市象山县鹤浦产业集聚重点管控单元(ZH33022520024)	禁止新建、扩建不符合园区发展规划及当地产业的其他三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。新建二类、三类工业项目污染物排放水平需达到同行业国内先进水平。南部金七门区域仅允许布置能源项目及配套设施。	新建项目应实施主要污染物排放总量等量削减替代。南部金七门区域内企业落实跟踪监测要求，建立长效监管机制。	应在工业用地与居民区之间设置一定宽度的环境隔离带。	园区工业用水重复利用率达到行业先进水平。
符合性分析： 本项目为核技术利用项目，不属于工业类项目。项目不涉及工业污染物总量排放，项目产生的危险废物、废气均采取可行有效的收集、处置措施，符合污染物排放管控要求，项目不涉及土壤和地下水污染途径。建设单位按要求已编制辐射事故应急预案，建立常态化隐患排查机制。项目资源仅为市政给水和市政供电，不涉及煤炭等高污染燃料消耗。因此，本项目的实施符合《象山县生态环境分区管控动态更新方案》的管控要求，符合生态环境准入清单的要求。					

综上所述，本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，本项目的建设符合《象山县生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

1.4.3 “三区三线”符合性分析

根据《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》（自然资办函〔2022〕2080号）要求，“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海报批的依据。其中“三区”具体指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应在城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。

对照《象山县国土空间总体规划-县域三条控制线图》（见附图15），本项目不涉及生态保护红线和永久基本农田，符合“三区三线”管控要求。

1.5 选址合理性分析

本项目探伤室评价范围50m内主要为金七门核电厂厂区内，无居民点和学校等环境敏感点，周围无环境制约因素，且附近区域亦不涉及易燃易爆物质和危险化学品的存放。同时，本项目现场移动探伤工作时间段一般为夜间，公司生产车间和室内探伤均夜间不工作，且距离核电厂内移动探伤区域最近的金七门村（约90m）和杨柳村（约

397m)已整村搬迁(见附件5),符合控制区和监督区的划分原则。经辐射环境影响预测,本项目运营过程中产生的电离辐射,经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此,本项目的选址基本合理可行。

1.6 产业政策符合性分析

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用,根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》,本项目 γ 射线探伤机的应用属于第一类鼓励类第六项“核能”第4条“核技术应用:同位素、加速器及辐照应用技术开发”,X射线探伤机的应用不属于限制类、淘汰类项目。因此,本项目符合国家产业政策要求。

1.7 实践正当性分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中4.3“辐射防护要求”,对于一项实践,只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后,其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时,该实践才是正当的。

浙江金七门核电项目部因承接金七门核电厂核岛安装施工需要,拟在金七门核电厂厂区内开展X、 γ 射线室内固定式、移动式探伤。项目运行目的是为核电厂建设过程中对管道焊缝或结构焊缝进行无损检测,以满足核安全相关法规及技术规范的要求,可对核电厂安装工程质量进行验证,在确保核电站安全运行中起到了重要作用,具有良好的社会效益和经济效益。本项目经辐射防护屏蔽和安全管理后,可保证项目周边辐射剂量率水平控制在合理水平,项目所致人员有效剂量满足项目管理目标要求。因此,从代价利益方面分析,本项目获得的利益远大于对环境的影响,具有明显的经济效率、社会效益,该项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”的原则。

1.8 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目,中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目部在浙江省境内之前未开展过任何辐射相关活动,不存在原有核技术利用项目许可情况。

表2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² Bq×20 枚	Ⅱ类	使用	移动探伤和 固定探伤	1#探伤室、2#探伤 室和移动探伤现场	贮存在 γ 射线探伤 机内，随探伤机一 起贮存在源库内	P(便携式)
2	⁷⁵ Se	3.7×10 ¹² Bq×10 枚	Ⅱ类	使用				P(便携式)

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》（GB18871-2002）。

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	2 台	CHX2005	200	5	室内固定 式、现场移 动式探伤	1#探伤室、2#探 伤室和移动探伤 现场	定向
2	X 射线探伤机	II	4 台	CHX2505	250	5			定向
3	X 射线探伤机	II	2 台	XXG3505-ZD	350	5			定向

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	由机械排风系统引至探伤室外，排放于大气环境。
废旧 ^{192}Ir 放射源	固态	^{192}Ir	约 5 个月更换一次，废源年产生量为 2 枚/年，退役活度约为 $9.08 \times 10^{11}\text{Bq/枚}$	/	/	/	贮存在 γ 射线探伤机内，随探伤机一起贮存在拟建源库源柜内	由放射源生产单位回收处理
废旧 ^{75}Se 放射源	固态	^{75}Se	约 8 个月更换一次，废源年产生量为 1 枚/年，退役活度约为 $9.25 \times 10^{11}\text{Bq/枚}$	/	/	/		
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	/	/	/		由 γ 射线探伤机生产单位回收处理。
废显（定）影液	液态	——	——	/	1744kg	——	废显（定）影液收集于专用容器内，废胶片收集于防漏胶袋内，后暂存于危废暂存库	定期委托有资质的单位处理
废胶片	固态	——	——	/	26.16kg	——		

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说明，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）。

3.本项目冲洗胶片不采用循环用水，洗片废水中 AgBr、显（定）影剂及强氧化物危险废物含量极少，故本项目不作为危险废物处置。

表6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日会议通过，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》，2002年10月28日会议通过，2003年9月1日起施行，2016年7月2日第一次修正，2018年12月29日起修正； (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10月1日起施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号，2017年10月1日起施行； (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449号公布，2005年12月1日起施行，2014年7月29日第一次修订，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许可管理办法》，2005年12月30日会议通过，2006年3月1日起施行；2008年12月6日修改，2017年12月20日修改，2021年1月4日修改； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行； (9) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日起施行； (10) 《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； (11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，原国家环境保护总局环发〔2006〕145号，2006年9月26日起施行； (12) 《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日起施行； (13) 《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日发布执行； (14) 《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》，原环境保护部办公厅，环办函〔2014〕1293号，2014年10月10日起实施；
------	--

	(15) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发〔2006〕145号，原国家环境保护总局，2006年9月26日起施行； (16) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号公布，自2021年1月1日起施行； (17) 《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，自2025年1月1日起施行； (18) 《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； (19) 《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； (20) 《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告2019年第38号，2019年10月24日； (21) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日施行； (22) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行； (23) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》，国家发展和改革委员会令第7号，2024年2月1日起施行； (24) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年第39号，2019年10月25日； (25) 《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； (26) 《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； (27) 《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日起实施； (28) 《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； （29）《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，2014 年 3 月 13 日第一次修正，2018 年 1 月 22 日第二次修正，2021 年 2 月 10 日第三次修正； （30）《浙江省辐射环境管理办法》，2021 年省政府令第 388 号修订，2021 年 2 月 10 日修订； （31）《关于印发浙江省辐射事故应急预案的通知》，浙政办发〔2018〕92 号，浙江省人民政府办公厅，2018 年 9 月 28 日印发； （32）《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 71 号，2022 年 8 月 1 日起施行。 （33）《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 日起施行； （34）关于印发《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》的通知，浙环发〔2024〕18 号，浙江省生态环境厅，2024 年 3 月 28 日起施行； （35）《象山县生态环境分区管控动态更新方案》，象政发〔2024〕24 号，象山县人民政府，2024 年 10 月 11 日起施行。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （4）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （5）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （6）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； （7）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单； （8）《γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2023）； （9）《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）； （10）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （11）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （12）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）； （13）《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）；

	(14)《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)。
其他	(1) 《辐射防护导论》，方杰主编； (2) 《辐射防护手册—第三分册》，李德平、潘自强主编； (3) 环评委托书； (4) 企业提供的与工程建设有关其他设计资料等。

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》（HJ10.1-2016）的相关规定：“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）”。

本项目固定式 X、 γ 射线探伤的评价范围取探伤室和源库屏蔽体边界外延 50m 的区域，移动 X、 γ 射线探伤的评价范围取监督区边界，如监督区边界距探伤装置小于 100m，则评价范围取 100m。

参考《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）第 8.4.2.3 条款规定：“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”，因此放射源运输时，运输车辆外 2m 范围内作为评价范围。

7.2 保护目标

本项目探伤室和源库周围 50m 评价范围内无学校、居民区等其他环境敏感点，环境保护目标主要是本项目辐射工作人员和评价范围内的其他公众成员；移动 X、 γ 射线探伤项目环境保护目标主要是现场辐射工作人员及浙江金七门核电厂厂区内的其他工作人员等。本项目主要环境保护目标为本项目辐射工作人员、公司其他工作人员和公众人员，具体见下表。

表 7-1 本项目辐射工作场所主要环境保护目标

探伤室					
保护目标	所在位置	相对方位	与探伤室边界最近距离(m)	人员规模	剂量约束值(mSv/a)
辐射工作人员	操作室、设备库等辅助用房	南侧	紧邻	4人	5
	专用运输车内及周围	/	/		
公众人员	厂内道路	东侧	紧邻	约100人/天	0.25
	仓库、不锈钢材料堆场		22	约10人/天	
	厂内道路	南侧	3	约100人/天	
	预应力车间		32	约10人/天	
	砼构件预制场		47	约5人/天	
	器材室	西侧	紧邻	约5人/天	
	厂内道路		3	约100人/天	
	电仪预制车间、机加工及维修车间		14	约10人/天	
	废料垃圾池		32	约5人/天	
	通风预制车间		40	约10人/天	
	厂内道路	北侧	紧邻	约100人/天	
	综合用房		11	约10人/天	

	计量室及电仪调试间		45	约5人/天	
源库					
保护目标	所在位置	相对方位	与源库边界最近距离(m)	人员规模	剂量约束值(mSv/a)
辐射工作人员	源库内	/	紧邻	2人	5
	源库值班室	南侧	3		
公众人员	厂内道路	东侧	16	约100人/天	0.25
	仓库、不锈钢材料堆场		38	约10人/天	
	器材室	南侧	紧邻	约5人/天	
	厂内道路		11	约100人/天	
	预应力车间		40	约10人/天	
	登记处	西侧	紧邻	约5人/天	
	厂内道路		2	约100人/天	
	电仪预制车间、机加工及维修车间		11	约10人/天	
	废料垃圾池		28	约5人/天	
	通风预制车间		36	约10人/天	
	厂内道路	北侧	紧邻	约100人/天	
	综合用房		11	约10人/天	
	计量室及电仪调试间		45	约5人/天	
现场移动探伤区域					
保护目标	所在位置	相对方位	与移动探伤区域（探伤机）边界最近距离	人员规模	剂量约束值(mSv/a)
辐射工作人员	专用运输车内及周围	/	/	2人	5
	移动探伤控制区外	/	/	90人	
公众人员	探伤工作场所周围公众人员	/	监督区边界	不定	0.25
	运输车周围	/	0~2m	不定	
备注：①本项目1#探伤室与2#探伤室呈东西方向并排设置，报告中将其视为一个整体的辐射工作场所；②本项目探伤室、源库均为一层建筑，上层为无人可达平台，正下方为土层，无地下室。					

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

一、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）。

二、剂量限值

1) 职业照射

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。

B1.1.1 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；

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；

三、辐射工作场所的分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

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

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

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

X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

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

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

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

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

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

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

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

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

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

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

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

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

7 工业 X 射线移动探伤的放射防护要求

7.1 射线移动探伤作业的准备

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 分区设置要求

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 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区。

a) 对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间明显高于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按式 (7-1) 计算：

$$K = \frac{100}{\tau} \quad (7-1)$$

式 K——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 $100\mu\text{Sv/周}$ 。

b) 对于 γ 射线探伤，控制区距离的估算方法参见本标准附录 A。

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。

7.4 边界巡查与检测

7.4.1 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。

7.4.2 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。

7.4.3 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。

7.4.4 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。

7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

7.5 移动探伤操作要求

7.5.1 X 射线移动式探伤

7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。

7.5.1.2 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。

7.5.2 γ 射线移动式探伤

7.5.2.1 应根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。对于有多个 γ 射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。

7.5.2.2 探伤作业开始前应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。

7.5.2.3 探伤工作完成后，操作人员应使用便携式 X- γ 剂量率仪进行监测，以确保所有 γ 放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前，应进行目视检查，以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落（或掉落）、损坏。

7.3.3 《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）

本标准规定了使用密封放射源（以下简称密封源）及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护要求。本标准适用于 $3.7 \times 10^4 \text{Bq} \sim 3.7 \times 10^{16} \text{Bq}$ ($1 \mu\text{Ci} \sim 1 \text{MCi}$) 量级密封源。

5 密封 γ 放射源容器的放射防护要求

5.8 距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以上的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任一点的空气比释动能率不得超过 0.2mGy/h。

7 密封源贮存的放射防护要求

7.1 使用单位应有密封源的帐目，设立领存登记，状态核查，定期清点，钥匙管理等防护措施。

7.2 使用密封源类型、数量及总活度，应分别设计安全可靠的贮源室、贮源柜、贮源箱等相应的专用贮源设备。

7.3 贮源室应符合防护屏蔽设计要求，确保周围环境安全，贮源室应有专人管理。

7.4 有些贮源室应建造贮源坑，根据存放密封源的最大设计容量确定贮源坑的防护

设施，贮源坑应保持干燥。

7.5 贮源室应设置醒目的电离辐射警示标志，严禁无关人员进入。

7.6 贮源室应有足够的使用面积，便于密封源存取；并应保持良好的通风和照明。

7.7 贮源室及贮源柜、箱等均应有防火、防水、防爆、防腐蚀与防盗等安全设施。

7.8 无使用价值或不继续使用的退役密封源应退回生产厂家。

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

本标准规定了剧毒化学品、放射源存放场地（部位）风险等级划分与治安防范级别、治安防范要求和管理要求。本标准适用于剧毒化学品、放射源存放场所（部位）治安防范系统设计、建设、验收和管理。

5.2 实体防护要求

5.2.1 存放场所的建筑结构、配电设施、通风设施应符合 GB 15603 的要求。

5.2.2 存入场所（部位）的防盗安全门应符合 GB 17565 的要求，其防盗安全级别为乙级（含）以上；防盗锁应符合 GA/T 73 的要求；防盗保险柜应符合 GB 10409 的要求。

5.2.3 存放场所（部位）应设置明显的剧毒、电离辐射警告标志。

5.2.4 一、二级风险的库房墙壁应采取混凝土或实心砖墙建造，墙壁厚度应不小于 250mm，顶部应采用现浇钢筋混凝土或钢筋混凝土楼板建造，厚度不小于 160mm。

5.2.5 库房出入口、保卫值班室出入口和监控中心出入口应设置防盗安全门。

7.3.5 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室。可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路的形式。

3.3.2 探伤装置的操作室应置于探伤室外，操作室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压与相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

7.3.7 本项目管理目标

(1) 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，本次评价取相应剂量限值的四分之一作为本项目剂量约束值管理目标，具体见下表。

表 7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业人员	5mSv/a
公众人员	0.25mSv/a

(2) 关注点的周围剂量当量率参考水平

本项目辐射工作场所的关注点的周围剂量当量率控制水平如下表所示。

表 7-3 本项目各辐射工作场所的关注点的周围剂量当量率控制水平

工作场所	关注点	剂量率控制值 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#和 2#探伤室	探伤室四周墙体及防护门外 30cm 处、电缆洞口处、通风管穿墙处	2.5
	探伤室顶棚 30cm 处	100
源库	源库四周墙体及防护门外 30cm 处、顶棚 30cm 处、源柜外 30cm 处	2.5
移动探伤工作现场	控制区边界	15
	监督区边界	2.5

注：①根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.3 条款要求，本项目探伤室及源库四侧墙体及防护铅门外 30cm 处、电缆洞口处、通风管穿墙处、源库顶棚 30cm 处、源柜外 30cm 处周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

②本项目探伤室上方无已建、拟建建筑物，探伤室旁邻近建筑物不在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内，故根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.4 条款要求，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

③根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）条款 7.2 的要求，本项目开展 X 射线移动探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，考虑到单个探伤工作小组运行时每周实际开机时间低于 7h，因此控制区边界周围剂量当量率 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ ；监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；开展 γ 射线移动探伤作业时，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，周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。

表8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目位于浙江省宁波市象山县鹤浦镇金七门村的浙江金七门核电厂区内，其中浙江金七门核电厂 1、2 号机组一体化临建区西侧紧邻南田湾，东、南、北侧靠山，北侧有小岙和水糊涂村，南侧有杨柳坑村；浙江金七门核电厂厂界西侧和南侧紧邻南田湾，北、东侧靠山。

本项目探伤室位于浙江金七门核电厂内生产临建区东南侧，探伤室为独立的一层建筑，正下方为土层，无地下室。1#探伤室东侧紧邻 2#探伤室，南侧紧邻操作室 1 和设备库 1（戊类），西侧紧邻源库、器材室和源库值班室，北侧紧邻厂内道路，隔厂区道路约 10m 为综合用房；2#探伤室东侧紧邻厂内道路，隔厂区道路约 23m 为仓库，南侧紧邻操作室 2 和设备库 2（戊类），西侧紧邻 1#探伤室，北侧紧邻厂内道路，隔厂区道路约 10m 为综合用房。

本项目移动式探伤现场工作场所为浙江金七门核电厂厂区内和配套安装生产临建区域，不涉及核电厂外。核电厂厂区内移动探伤区域东侧紧邻常规岛混凝土骨料备料区，南侧紧邻核岛/常规岛液态流出物排放厂房和联合泵房；西侧紧邻超载堆压区域、辅助锅炉房、备用柴油发电机厂房和辅助变压器区域及公用 10kV 配电间，北侧紧邻厂区消防补水泵站和生产生活污水处理站。配套安装生产临建区内移动探伤区域东侧紧邻通风预制车间，南侧紧邻常规岛骨料临时堆放及后续正式一体化办公楼建设预留用地，西侧紧邻成品半成品存放棚区，北侧为不锈钢成品存放间。

本项目在 1#探伤室西侧新建 1 间源库，源库为独立的一层建筑，正下方为土层，无地下室。源库东侧为 1#探伤室，南侧为器材室，西侧为登记处，北侧紧邻厂内道路，隔厂内道路约 10m 为综合用房。

8.2 环境现状评价对象

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价。本项目为使用Ⅱ类射线装置和Ⅱ类放射源进行固定探伤和移动探伤作业，源库、固定探伤室和移动式探伤作业区域均在浙江金七门核电厂厂区内。

8.3 辐射环境现状监测

8.3.1 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率。

8.3.2 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，根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况，对本项目探伤室、源库、移动探伤区域及周围环境进行布点监测，布点情况见附图 14，辐射环境本底检测报告及检测资质证书见附件 11。

8.3.3 监测方案

- （1）监测单位：浙江亿达检测技术有限公司；
- （2）监测时间：2025 年 2 月 21 日；
- （3）监测方式：现场检测；
- （4）监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- （5）监测频次：依据 HJ 1157-2021 标准予以确定；
- （6）天气环境条件：天气：阴；室内温度：11℃；室外温度：8℃；相对湿度：50%；
- （7）监测工况：辐射环境本底监测；
- （8）监测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见下表。

表 8-1 监测仪器的基本情况表

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

注：本项目监测时，使用设备外置探头。

8.4 质量保证措施

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）等标准中有关电离辐射环境监测质量保证的通用要求、实验室的质量要求文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书、记录表格）和质量证明文件（包括人员培训考核记录、

仪器设备检定/校准证书、监测过程质量控制记录、样品分析测量结果报告及原始记录) 实行全过程质量控制, 保证此次检测结果科学、有效。本次环境现状检测质量保证主要内容有:

- (1) 检测机构通过了计量认证。
- (2) 检测前制定了详细的检测方案及实施细则。
- (3) 合理布设检测点位, 保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- (4) 检测所用仪器已通过计量部门检定/校准合格, 且在检定/校准有效使用期内使用。检测仪器与所测对象在量程、响应时间等方面相符合, 以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制, 严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行。
- (5) 检测方法采用国家有关部门颁布的标准, 检测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (6) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (7) 现场检测严格按照规定的检测点位、方法、记录内容等进行, 按照统计学原则处理异常数据和检测数据。
- (8) 建立完整的文件资料。仪器校准说明书、检测方案、检测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留, 以备复查。
- (9) 检测报告严格实行三级审核制度, 经过校对、审核, 签发。

8.5 监测结果

监测结果见下表。

表 8-2 辐射剂量率本底检测结果

点位编号	监测点位置	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1#	拟建探伤室及源库所在位置	89	2	室外
2#	仓库	100	1	室内
3#	不锈钢材料堆场	96	1	室外
4#	拟建操作室所在位置	90	2	室外
5#	预应力车间	99	1	室内
6#	砼构件预制场	91	2	室外
7#	综合用房	88	2	室外
8#	拟建评片室所在位置	93	3	室外
9#	拟建暗室所在位置	92	4	室外
10#	电仪预制车间	91	2	室外
11#	机加工及维修车间	94	2	室外
12#	移动探伤场地 (碳钢管道预制车间)	91	2	室外
13#	移动探伤场地 (不锈钢管道预制车间)	93	2	室外
14#	通风预制车间	89	2	室外
15#	移动探伤场地南侧厂内道路	94	2	室外

16#	龙门吊轨道	95	3	室外
17#	移动探伤场地北侧厂内道路	95	2	室外
18#	移动探伤场地（常规岛）	97	3	室外
19#	移动探伤场地（核岛）	95	4	室外
20#	常规岛混凝土骨料备料区	95	2	室外
21#	联合泵房	99	2	室外
22#	核岛/常规岛液态流出物排放厂房	91	4	室外
23#	备用柴油发电机厂房	96	4	室外
24#	辅助锅炉房	98	3	室外
25#	辅助变压器区域及公用 10kV 配电间	97	4	室外
26#	超载堆压区域	95	4	室外
27#	厂区消防补水泵站	94	4	室外

注：1、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.4 条款，本次测量时，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、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.5 条款，本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；3、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，2#和 5#点位取 0.9，其余点位取 1；4、监测点位见附图 14。

由上表可知：本项目拟建探伤工作场所及周围环境室内 γ 辐射空气吸收剂量率在 99~100nGy/h 之间，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为 88~99nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，宁波市室内 γ 辐射空气吸收剂量率在 80~194nGy/h 之间，宁波市室外道路上剂量率范围在 64nGy/h~128nGy/h 之间。因此，本项目工作场所拟建场所及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工程分析

9.1.1 施工阶段工业流程及产污环节

本项目施工期涉及到探伤室、操作室、源库、暗室、洗片室、危废暂存间（依托主体工程拟建危废暂存间）等配套用房的施工建设以及设备安装调试阶段，施工期工艺流程及产污环节如下：

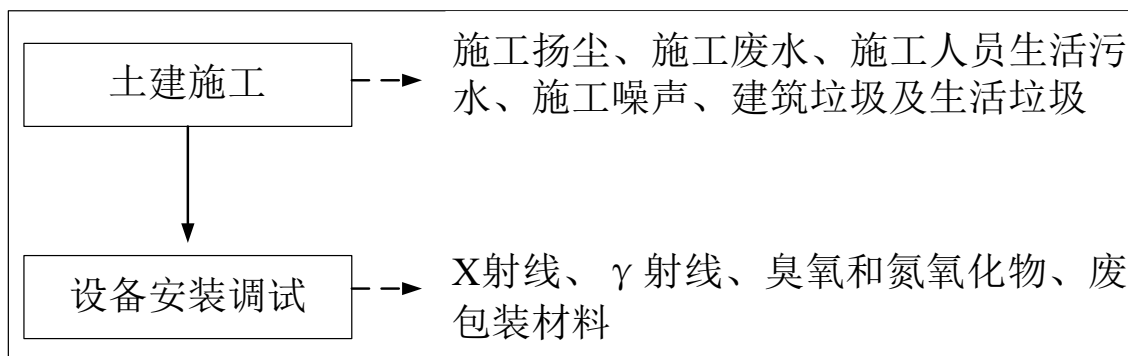


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

9.1.2 建设阶段污染源项

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

9.2 运行期工程设备和工艺分析

9.2.1 设备组成

浙江金七门核电项目部拟在浙江金七门核电厂内配套开展X、γ射线探伤室内固定式探伤和浙江金七门核电厂厂区内移动式探伤，计划配备20台 ^{192}Ir -γ射线探伤机（含20枚 ^{192}Ir 放射源，出厂活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）、10台 ^{75}Se -γ射线探伤机（含10枚 ^{75}Se 放射源，出厂活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）以及8台X射线探伤机（其中350kV/5mA X射线探伤机2台，250kV/5mA X射线探伤机4台，200kV/5mA X射线探伤机2台）。

（1）γ探伤设备

本项目采用便携式γ射线探伤机，结构比较简单，主要由加长输源导管、源屏蔽容器（贮源容器）、遥控控制线及摇把组成。源屏蔽容器是探伤机的主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器，其最外层为钢包壳，内部是贫铀屏蔽层，容器钢壳与贫铀之间充以泡沫塑料，用来吸收贫铀材料的韧致辐射。源屏蔽容器的一端有联锁装置，用来连接控制线缆；另一端通过管接头和输源导管连接。放射源存储于源屏蔽容器内，

并设计有多项安全锁定位置，只有将输源导管及控制线缆与源屏蔽容器正确、可靠连接，并打开安全锁后，才可以将放射源送出容器，缺少任何一个环节，放射源均无法送出，保证放射源的安全使用。未工作时放射源位于源屏蔽容器的“S”形管道中央，以防射线的直通照射，容器外表面的辐射水平远小于允许值。工作时，转动快门环操作偏心轮，使偏心轮中的曝光通道和源通道对直，用快速接头把输源导管和源容器连起来，输源导管的另一端部构成照射头，操作遥控装置将放射源移出源容器至照射头，进行曝光探伤检测。

典型的 γ 探伤设备外观见图 9-2，内部构造示意图详见图 9-3。

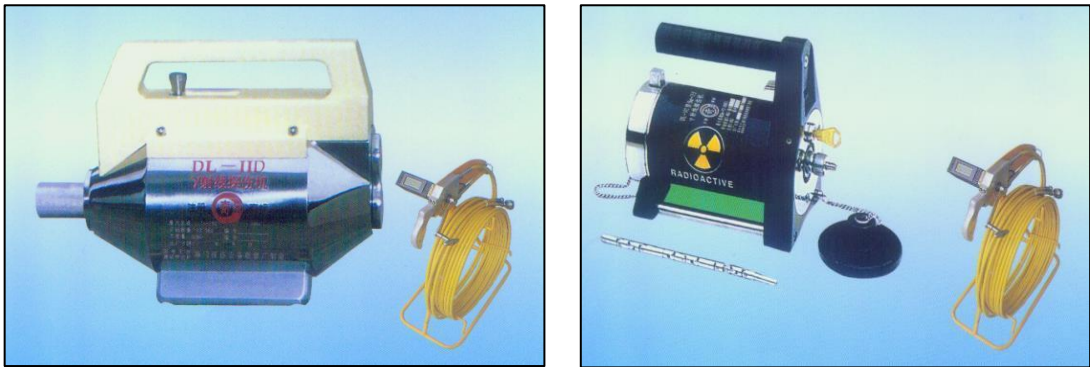


图 9-2 常见的 γ 探伤设备外观示意图

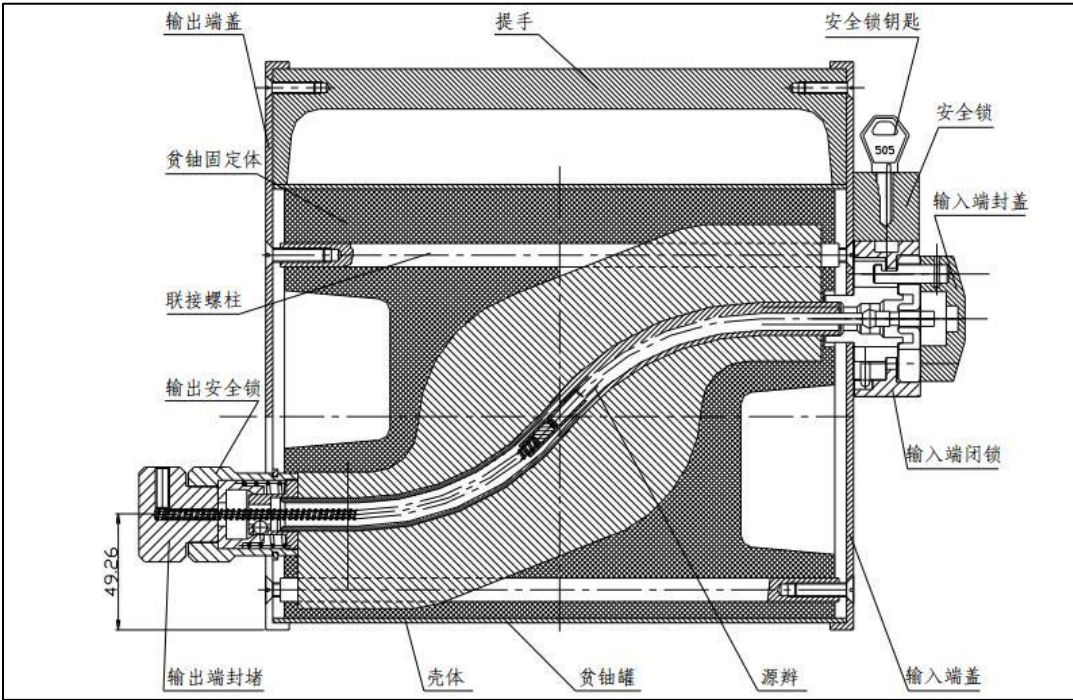


图 9-3 典型的 γ 射线探伤设备内部结构示意图

(2) X 射线探伤设备

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下图。



图 9-4 典型的 X 射线探伤机外观图

9.2.2 工作原理

γ 射线探伤机在工作过程中，通过密封源 ^{192}Ir 、 ^{75}Se 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。

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

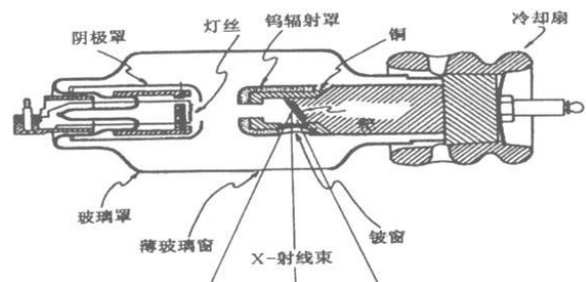


图 9-5 典型 X 射线管结构图

9.2.3 工作方式

移动探伤：本项目移动探伤区域位于浙江金七门核电厂厂区内和配套安装生产临

建区域，根据项目现场情况和业主提供资料，移动式探伤配置 30 个探伤作业小组（每个工作组 3 名辐射工作人员），开展移动探伤作业时，每台 γ 射线探伤机配备 2 名探伤操作人员和 1 名现场安全员（在开展现场移动探伤作业时在随机指派）；每台 X 射线探伤机配备 2 名探伤操作人员。

固定探伤：两间探伤室各配备 2 名辐射工作人员，固定式 X、 γ 射线探伤被检测的工件主要为管道、结构等焊缝，工件最大尺寸为 1200mm(长)×1000mm(宽)×1500mm(高)，最大厚度 100mm，材质为碳钢、合金钢、不锈钢。

根据建设单位提供资料，本项目探伤工作情况如下表所示。

表 9-1 本项目探伤工作情况一览表

作业方式	工作场所	探伤装置	年探伤拍片数(张/a)	单次拍片出束时间(min)	日曝光时间(h)	周曝光时间(h)	年出束总时间(h)
固定式探伤	1#探伤室	$^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机	10000	3	1.67	10	500
		$^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机	8000	3	1.33	8	400
		X 射线探伤机	3000	3	0.50	3	150
	2#探伤室	$^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机	10000	3	1.67	10	500
		$^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机	8000	3	1.33	8	400
		X 射线探伤机	3000	3	0.50	3	150
移动探伤		$^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机	20000	3	3.33	20	1000
		$^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机	15000	3	2.5	15	750
		X 射线探伤机	2000	3	0.33	2	150

9.3 γ 射线探伤工作流程

9.3.1 放射源购入及运输

浙江金七门核电项目部领取《辐射安全许可证》后，按《辐射安全许可证》许可的种类和范围，向放射源生产厂家购置放射源，并由生产厂家负责将放射源运至源库内储存，放射源运输途中的辐射安全责任由运输单位承担。放射源运到源库后，源库管理人员按购货清单逐项核实后，记载放射性同位素的核素名称、出厂时间和活度、标号、编码、来源等，然后放射源入库。放射源使用一定时间后，将实施报废，废旧放射源由放射源生产单位回收处置。

9.3.2 放射源存取

源库实行双人双锁，配备 2 名专职源库管理人员，其工作内容包括放射源出入库登记管理、负责放射源领用或归还放射源、放射源厂内运输工作及与辐射工作人员办理放射源交接手续等。辐射工作人员领用或归还放射源时，源库 2 名保管人员均需在场，其中一名管理人员打开一个源格的铅门，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。浙江金七门核电项目部放射源使用专车运输，机动车辆设置放射性标志、固定源

罐装置或保险箱，放射源运输至探伤室或移动探伤现场时，放射源管理人员与探伤室或移动探伤现场辐射工作人员做好交接手续。

探伤工作结束后，由辐射工作人员操作使放射源回到探伤机安全位置，安全员用监测仪器对作业场所及探伤机进行巡检，确保放射源正确回源，防止源遗落或丢失，由安全员负责当日将探伤机归还至源库，交接给源库管理员，源库管理员对探伤机再次进行检测，并与出库时的检测值对比，确保放射源的存在并处于最佳的屏蔽位置，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。放射源存取及产污流程见下图。

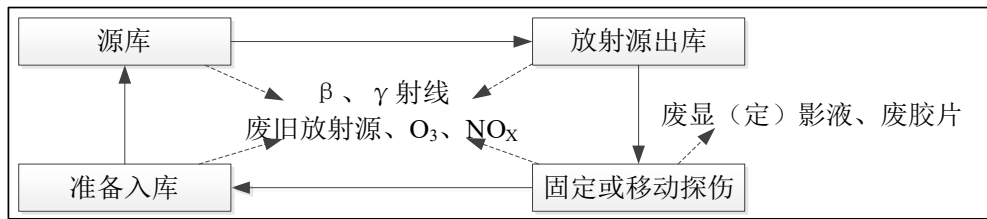


图 9-6 放射源存取及产污流程示意图

9.3.3 γ 射线固定探伤工作流程

- ①将被探伤工件通过工件门运至探伤室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；
- ②关闭探伤室工件门，从源库领用 γ 探伤机，然后将探伤机放置在探伤室合适的位置；
- ③把控制部件和输源管连接好，开启探伤机闭锁装置；
- ④工作人员退出探伤室，关闭探伤室迷道人员防护门；
- ⑤工作人员在操作室操作台预置启动延迟时间、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；
- ⑥确认放射源回到贮源位后，工作人员携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪进入探伤室，将 γ 探伤机通过放射源运输专车归还源库，关门并由专人保管钥匙；
- ⑦工作人员对探伤胶片在暗室进行洗片、阅片，判断工件焊缝的焊接质量、缺陷等。以上工作流程可用下图简示。

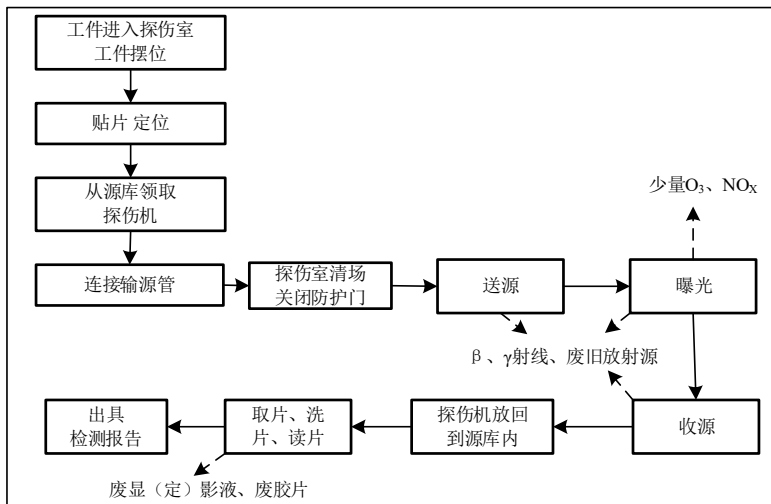


图 9-7 γ 射线固定式探伤工作流程及产污环节示意图

9.3.4 γ 射线移动式探伤工作流程

①接到工程探伤检测任务后，首先向业主单位开具探伤作业票。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现场安全员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对工作场所进行分区管理，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，并在边界拉上警戒绳，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，监督区边界上设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。同时，设有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。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。

③确定源屏蔽容器、输源导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 剂量率仪检查确定源在装置内后，连接输源导管。将输源导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、输源导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源屏蔽容器安全位置。

⑤从检测工件上取下已曝光的底片，待暗室冲洗处理后阅片，判断工件焊缝的焊接质量、缺陷等，完成一次探伤任务。

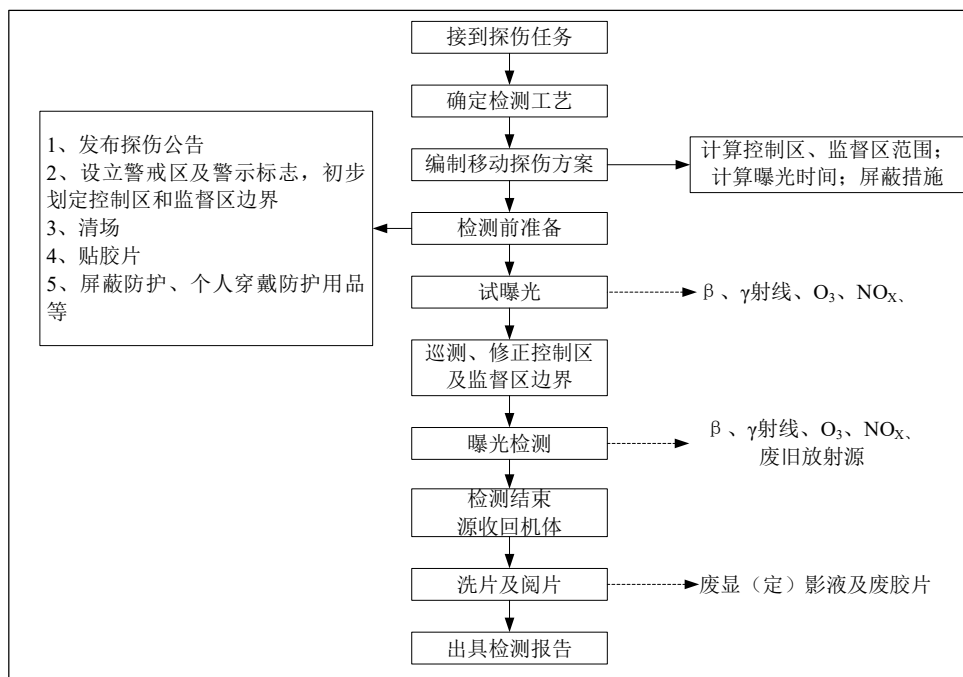


图 9-8 移动式 γ 射线探伤工作流程及产污环节示意图

9.3.5 换源操作

经与建设单位核实，浙江金七门核电项目部在浙江金七门核电厂区内部不涉及任何换源工作。当使用的放射源活度下降至不能满足无损检测需求时，需要更换放射源，换源流程如下：

①放射源使用单位（浙江金七门核电项目部）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源容器运输至放射源生产单位，在放射源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，在放射源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。

浙江金七门核电项目部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委托的第三方有资质运输单位负责。

9.4 X 射线探伤工作流程

9.4.1 X 射线机贮存和领取

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

9.4.2 探伤室固定探伤工作流程

- ①操作人员将探伤工件通过工件门运至探伤室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；
 - ②操作人员在 X 射线机贮存场所领取 X 射线机，然后将 X 射线探伤机放置在探伤室合适的位置；
 - ③检查探伤室内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭工件门，通过迷道门离开探伤室，并关闭迷道人员防护门；
 - ④根据工件规格选择一次透照长度及张数，根据曝光曲线选择合适的管电压以及曝光时间，检查无误即进行曝光。
 - ⑤达到预定照射时间和曝光量后关闭 X 射线探伤机，工作人员取下胶片，曝光结束；
 - ⑥工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊缝的焊接质量、缺陷等。
- 以上工作流程可用下图简示。

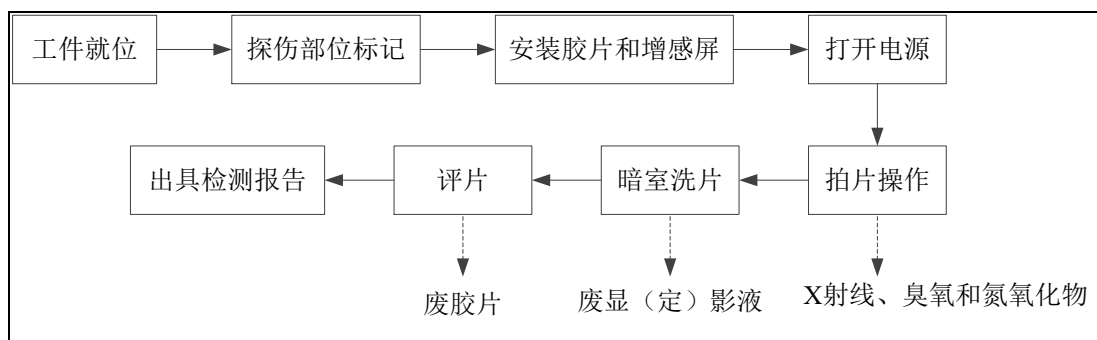


图 9-9 固定式 X 射线探伤工作流程及产污环节示意图

9.4.3 移动式 X 射线探伤工作流程

- ①操作人员在 X 射线机贮存场所领取 X 射线探伤机，并领用台账进行登记。
- ②设备运输。探伤装置使用专用的机动车辆运输，由专人押运，按指定的路线运输至探伤场所。
- ③探伤作业前需要进行公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控

制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。同时应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对工作场所进行分区管理，结合射线装置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，进行初步的控制区和监督区边界划分。对划出的控制区及监督区的范围和边界进行确认，确认后，在控制区边界拉起临时警戒线并设“禁止进入射线工作区”的警告牌和警示灯，在监督区边界上设“无关人员禁止入内”的警告牌，并设提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。由辐射工作人员负责现场巡视及监督检查，采用喇叭告知无关人员请勿靠近现场探伤工作区域，清除控制区和监督区范围内的非辐射工作人员，确保探伤作业时公众成员撤离监督区范围。

④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，操作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辐射监测仪由远及近进行巡测，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。

⑤曝光检测。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。

⑥探伤结束，关闭机器。清理完现场后解除警戒，工作人员离场。

⑦设备运回并入库。专用车辆运输设备至 X 射线贮存场所，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备入库。

⑧从检测工件上取下已曝光的底片，待暗室冲洗处理后阅片，完成一次探伤任务。

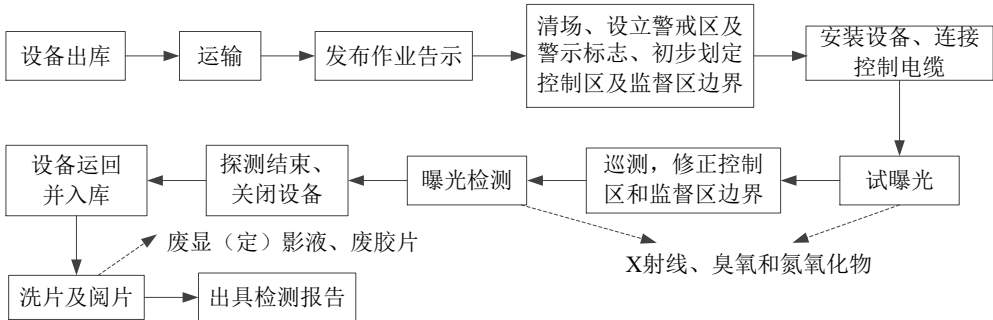


图 9-10 移动式 X 射线探伤工作流程及产污环节示意图

9.5 正常工况污染源项分析

9.5.1 γ 射线探伤放射性源项

（1）核素特性

本项目放射源应用的放射性核素主要为 ^{192}Ir 和 ^{75}Se ，根据《辐射防护手册》（第一分册）（李德平、潘自强主编，P58 页与 P85 页）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-

2022) 附录 A 表 A.1, 放射源的主要辐射特性见下表。

表 9-2 放射源主要辐射特性

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 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)
^{192}Ir	74.02d	β^- (95.22) ϵ (4.78) β^+ (~ 0)	β^-	0.672 0.536 0.240	46% 41% 8%	0.17
			γ	0.296 0.308 0.316 0.468	34.6 35.8 82.9%, 100 58.0	
^{75}Se	120d	ϵ (100)	γ	0.265 0.121 0.136 0.280	58%, 100 27.4 93.1 42.9	0.072

注: *该数值为辐射的相对强度, 带%号的表示绝对强度。

(2) γ 射线和 β 射线

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 14058-2008) 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。 ^{75}Se - γ 射线探伤机内含的放射源 ^{75}Se 衰变时会发射出不同能量的 γ 射线, 污染因子主要是 γ 射线。

在 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 射线外照射; 在 γ 射线探伤机运输过程中对运输人员产生 γ 射线外照射; 放射源在源库中有小部分穿过源库屏蔽体(包括源格、源格防护门、屏蔽墙、顶棚、源库防护门)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》(GBZ117-2022), 对于本项目使用的便携式 γ 探伤机, 设备外表面一定距离处最大周围剂量当量率控制值见下表。

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	最大周围当量剂量率 (mSv/h)	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式探伤机	P	0.5	0.02

(3) 退役放射源

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。

本项目每台 γ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度均为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ (100Ci) /枚，其中放射源 ^{192}Ir 计划 5 个月更换一次，放射源 ^{75}Se 计划 8 个月更换一次，则本项目废旧放射源 ^{192}Ir 年产生量为 2 枚/年。参考《电离辐射防护基础》（陈志编著，清华大学出版社）P11 页公式（2-11）， ^{192}Ir 的半衰期为 74d，则单枚废旧放射源的活度估算结果如下：

$$\text{废旧放射源 } ^{192}\text{Ir}: 3.70 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(150/74)} = 9.08 \times 10^{11} \text{Bq} (24.5\text{Ci})$$

$$\text{废旧放射源 } ^{75}\text{Se}: 3.70 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(240/120)} = 9.25 \times 10^{11} \text{Bq} (25.0\text{Ci})$$

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。公司已与丹东市阳光仪器有限公司签订了放射源转让协议及废旧放射源处理方案，见附件 10。

（4）报废的 γ 射线探伤机

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。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，公司应委托 γ 射线探伤机生产单位进行回收处理。

9.5.2 X 射线探伤放射源项

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，本项目 X 射线探伤机主要辐射源强见下表。

表 9-4 本项目 X 射线探伤机技术参数情况一览表

编号	设备名称	设备型号	有用线束/散射辐射的 X 射线距靶点 1m 输出量 ① $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	距 X 射线管焦点 100cm 处 泄漏射线所致周围剂量当 量率控制值② ($\mu\text{Sv/h}$)
1	X 射线探 伤机（定 向）	CHX2005	28.7	2.5×10^3
2		CHX2505	16.5	5×10^3
3		XXG3505-ZD	23.5	

注：①本项目 XXG-3505 型 X 射线探伤机最大管电压为 350kV。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.1，有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量；在未获得厂家给出的输出量，散射辐射屏蔽估算选取表中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计。当滤过条件为 2mm 铝时，本项目 200kV X 射线探伤机输出量为 $28.7 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；当滤过条件为 0.5mm 铜时，本项目 250kV X 射线探伤机输出量为 $16.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；本项目 350kV X 射线机输出量保守按照管电压 400kV 进行取值，滤过条件为 3mm 铜时，取值为 $23.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。
②根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第 4.2.2 条款表 1，管电压为 150kV~200kV 时，漏射线所致周围剂量当量率控制值为 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ，管电压为 >200kV 时，漏射线所致周围剂量当量率控制值为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

9.5.3 非放射性源项

①废气

X、 γ 射线探伤机在工作状态时，探伤室和探伤现场产生的 X、 γ 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

②危险废物

本项目在进行洗片及阅片时会产生废显（定）影液及废胶片，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。本项目年拍片量共为 87200 张，按洗 1000 张片用 20L 显（定）影液，经估算项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约 1744L（密度保守按 1g/cm^3 ，折合重量约 1744kg），每年产生废胶片约 2616 张（废片率按 3% 计算，单张胶片平均重量保守按 10g，折合重量约 26.16kg），危险废物定期委托有资质的单位处理，完好的胶片由浙江金七门核电项目部定期建档备查。

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，具体见下表。

表 9-5 本项目危险废物基本情况汇总表

序号	危废名称	危废类别	危废代码	产生量 (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	1744	胶片冲洗	液态	显（定）影液	卤化银、对苯二酚等	每次探伤	T	收集于危废暂存库，定期委托有资质单位处理处置。
2	废胶片	HW16	900-019-16	26.16	评片、胶片存档	固态	废胶片	废胶片	每次探伤	T	

表10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局

浙江金七门核电项目部拟在浙江金七门核电厂内建设 2 间探伤室及操作室、1 间暗室及评片室与危废暂存库、1 间源库、1 间器材室、2 间源库值班室、2 间设备库（戊类）开展固定式探伤工作，各功能设施完善。两间探伤室净体积均约 427m^3 （含迷道），内尺寸 12m （长） $\times 7\text{m}$ （宽） $\times 5.15\text{m}$ （高）。两间探伤室均在北侧设有一扇工件出入防护门（电动推拉门），门洞的尺寸为 3.0m （宽） $\times 3.0\text{m}$ （高）；门体的尺寸为 3.4m （宽） $\times 3.6\text{m}$ （高），防护门厚度为含 80mm 铅板的钢铅结构（门与墙体左、右搭接各为 200mm ，上、下搭接各为 300mm ），待检工件最大尺寸为 1200mm （长） $\times 1000\text{mm}$ （宽） $\times 1500\text{mm}$ （高），最大厚度 100mm ，工件可方便出入探伤室且满足防护门关闭时最大工件的探伤需求。本项目操作室与探伤室分开，工件防护门位于探伤室北侧，工件由平板车装载进入探伤室内，工作人员出入防护门位于探伤室南侧，采用“L”型迷路形式，避免了有用线束直射到操作室；1#探伤室西侧设有 1 间源库，共设 17 个源格（15 个小源格、2 个大源格，大源格设置在第一层）用于 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机不作业时的临时存放，其中 1 小源格可存放 2 枚放射源。

本项目现场移动探伤辐射工作场所位于浙江金七门核电厂厂区内和配套安装生产临建区域，现场探伤作业区域边界 100m 区域均为浙江金七门核电厂内车间建筑、厂内道路、山体和南田湾；作业时间为夜间 $22:00\sim 6:00$ ，该时间段公司除现场移动探伤作业区域外无人上班。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，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。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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，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。移动探伤控制区、监督区示意图见附图 13。

综上所述，本项目辐射工作场所布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关要求，因此，本项目辐射工作场所布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

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

根据两区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定，本项目各辐射工作场所分区情况详见下表。

表 10-1 本项目各辐射工作场所分区表

工作场所	控制区	监督区
探伤室和源库	1#探伤室、2#探伤室和源库内部	器材室、源库值班室、操作室 1、设备库 1（戊类）、设备库 2（戊类）、操作室 2、探伤室和源库北侧及源库西侧屏蔽体外 1m 区域
移动探伤区域	距 X 射线探伤机 76m 范围内 ^{192}Ir - γ 射线探伤机：125m ^{75}Se - γ 射线探伤机：91m	距 X 射线探伤机 186m 范围内 ^{192}Ir - γ 射线探伤机：306m ^{75}Se - γ 射线探伤机：222m

本项目以探伤室内部与源库内部为控制区，在探伤室及源库防护门醒目位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，严禁无关人员进出控制区，保障该区的辐射安全；探伤室与源库的监督区边界用黄实线标明，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。

应根据移动探伤工作场所具体情况，利用便携式 X- γ 剂量率仪巡测，将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，并在边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌；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，并在边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时派专人警戒。

本项目分区管理示意图见附图 12~附图 13。

10.2 辐射安全场所屏蔽设计方案

10.2.1 固定式探伤室

本项目探伤室和源库的屏蔽防护设计见下表，探伤室及源库平面及剖面设计图见附图 6~附图 9。

表 10-2 本项目探伤室屏蔽情况一览表

1#探伤室	
外尺寸	13.7m（长）×8.7m（宽）×5.6m（高）
内尺寸	12m（长）×7m（宽）×5.15m（高）
西、北侧墙体	850mm 混凝土
东侧墙体	与 2#探伤室共用 850mm 混凝土
南侧墙体	迷道内墙与外墙均为 850mm 混凝土；内墙长 3.21m，外墙长 3.05m，迷道高 5.15m；迷道设置形式为“L”型迷道
顶棚	450mm 混凝土
地坪	探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护
工件门	电动门，门洞的尺寸为 3.0m（宽）×3.0m（高）；门体的尺寸为 3.4m（宽）×3.6m（高），防护门厚度为含 80mm 铅板的钢铅结构（门与墙体左、右搭接各为 200mm，上、下搭接各为 300mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小。）
工作人员出入口	电动门，门洞的尺寸为 1.0m（宽）×2.4m（高）；门体的尺寸为 1.2m（宽）×2.8m（高），防护门厚度为含 40mm 铅板的钢铅结构（门与墙体左、右搭接各为 100mm，上、下搭接各为 200mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小。）
电缆沟	设计 2 根预埋管道，以 U 型地埋管道穿越探伤室的南墙，设置形式为下穿，出线口尺寸直径为 150mm，出口处敷设 5mm 铅板。
排风	设于北侧墙体离地 4.8m，共设 3 个单层百叶排风口，装有排风扇，风量：3370m³/h，排风口尺寸为 400×400mm，穿越形式为直接穿墙，排风口设防护铅板 50mm 铅板进行防护。1#探伤室总容积均约 427m³（含迷道），故每小时有效通风换气次数均约 7 次。
2#探伤室	
外尺寸	13.7m（长）×8.7m（宽）×5.6m（高）
内尺寸	12m（长）×7m（宽）×5.15m（高）
东、北侧墙体	850mm 混凝土
西侧墙体	与 1#探伤室共用 850mm 混凝土
南侧墙体	迷道内墙与外墙均为 850mm 混凝土；内墙长 3.21m，外墙长 3.05m，迷道高 5.15m；迷道设置形式为“L”型迷道
顶棚	450mm 混凝土
地坪	探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护
工件门	电动门，门洞的尺寸为 3.0m（宽）×3.0m（高）；门体的尺寸为 3.4m（宽）×3.6m（高），防护门厚度为含 80mm 铅板的钢铅结构（门与墙体左、右搭接各为 200mm，上、下搭接各为 300mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小。）
工作人员出入口	电动门，门洞的尺寸为 1.0m（宽）×2.4m（高）；门体的尺寸为 1.2m（宽）×2.8m（高），防护门厚度为含 40mm 铅板的钢铅结构（门与墙体左、右搭接各为 100mm，上、下搭接各为 200mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小。）
电缆沟	设计 2 根预埋管道，以 U 型地埋管道穿越探伤室的南墙，设置形式为下穿，出线口尺寸直径为 150mm，出口处敷设 5mm 铅板
排风	设于北侧墙体离地 4.8m，共设 3 个单层百叶排风口，装有排风扇，风量：3370m³/h，排风口尺寸为 400×400mm，穿越形式为直接穿墙，排风口设防护铅板 50mm 铅板进行防护。2#探伤室总容积均约 427m³（含迷道），故每小时有效通风换气次数均约 7 次。
源库	
外尺寸	5.7m（长）×4.7m（宽）×5.6m（高）
内尺寸	4m（长）×3.25m（宽）×5.15m（高）
南、西、北侧墙体	850mm 混凝土
东侧墙体	与 1#探伤室共用 850mm 混凝土

顶棚	450mm 混凝土
地坪	探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护
防护门	平开门，门洞的尺寸为 1.2m（宽）×2.4m（高）；门体的尺寸为 1.4m（宽）×2.6m（高），防护门厚度为含 15mm 铅板的钢铅结构（门与墙体左、右搭接各为 100mm，上、下搭接各为 100mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小。）
排风	设于北侧墙体离地 4.8m，共设 3 个单层百叶排风口，装有排风扇，风量：3000m ³ /h，排风口尺寸为 350×350mm，穿越形式为直接穿墙，排风口设防护铅板 40mm 铅板进行防护。源库总容积均约 67m ³ ，故每小时有效通风换气次数均约 44 次。
源柜	采用源柜的形式进行设计，共设 17 个源格（其中 15 个小源格，2 个大源格，大源格设置在第一层），1 个小源格可存放 2 枚放射源。采用混凝土嵌装设计；坑四壁与底部均采用混凝土结构，厚度约为 200mm，大源格尺寸为 1000mm（长）×1000mm（宽）×1000mm（深），小源格尺寸为 560mm（长）×420mm（宽）×480mm（深），源格柜门为 15mm 铅板。
注：表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm ³ ，铅的密度不小于 11.3g/cm ³ 。	

10.2.2 移动探伤

移动式 X、 γ 射线探伤时拟充分利用核岛的用房建筑对射线进行屏蔽，或临时拉起警戒线或临时屏障，确保控制区和监督区范围在浙江金七门核电厂厂界范围内并尽可能小。

10.3 辐射安全与防护措施

10.3.1 探伤装置固有安全属性

本项目探伤装置均拟购于有资质的单位，设备在出厂前应具备以下多项安全措施：

1、X 射线探伤机

X 射线管头组装体：X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中第 5.1.1 条款表 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。

控制台：a）控制台应设有延时开机装置。b）应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。c）应设置紧急停机开关。

2、 γ 射线探伤机

本项目 γ 射线探伤机为便携式（P），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《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）5.2.1 款表 2 规定的控制值，随机文件中应有该指标的说明。放射源容器表面剂量率、安全锁、联锁装置、源托、输源管、控制缆等配件、源辨位置指示系统、遥控装置、标志和标识与放射源编码卡等其他放射防护性能应符合 GB/T14058 的要求。

10.3.2 探伤室辐射安全措施

为保障探伤室内放射源及 X 射线探伤机的安全运行，综合考虑《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求，避免在探伤期间维修人员误留或误入机房而发生误照射事故，本项目探伤室设计有相应的辐射安全装置和保护措施主要有：

（1）本项目新建探伤室操作室避开了有用线束直射且与探伤室分开，新建探伤室和源库的屏蔽墙厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素，屏蔽设计方案见表 10-3。

（2）本项目新建探伤室和源库拟按 GB18871 的管理要求进行两区划分与两区管理，辐射工作场所两区划分示意图见附图 12。

（3）本项目新建探伤室工件防护门和人员防护门设置有门-机联锁装置，防护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，应能够停止出束或回源。每台探伤装置（包括 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机）均与防护门联锁。

（4）本项目新建探伤室门口和内部同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与每台探伤机联锁。“预备”信号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。

（5）本项目探伤室内东侧墙体拟设 1 个视频监控探头，探伤室操作室和工件防护门外均各拟设 1 个视频监控探头，监视器在操作室控制台，操作室工作人员可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

（6）本项目新建探伤室防护门醒目位置张贴符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。探伤室工件门防护门内侧设有 1 个室内紧急开门装置，紧急状态下，室内人员可开启该装置离开探伤室。

（7）探伤室内四侧墙体、迷道各设有 1 个急停按钮，操作室控制台设有 1 个急停按钮，出现紧急事故时，按下急停按钮，可立即停止照射或回源。每个按钮下方均表明使用方法。

（8）两间探伤室的排风设施设置详细情况见表 10-3，两间探伤室设计风机风量均为 $3370\text{m}^3/\text{h}$ ，总容积均约 427m^3 （含迷道），每小时有效通风换气次数均约 7 次，排气口均位于探伤室北侧室外，避免了朝向人员活动密集区。

（9）每间探伤室内拟安装 1 套固定式场所辐射探测报警装置，并与防护门联锁，在探伤室内设置固定式辐射剂量监测仪探头，该监测系统能够显示机房内实时剂量，

并有报警功能，其显示单元设置在操作室。当剂量探头监测探伤室内剂量升高（即密封源离开探伤机屏蔽体），防护门无法从外部打开，只有密封源收回探伤机内后，探伤室内剂量水平下降至安全阈值以下，防护门才能从外部打开。探伤室内可以通过电动开关打开防护门。

（10）探伤室工件防护门及墙体外 1m 处拟划定黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

（11）操作室墙体张贴各项规章制度。

（12）探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。

探伤房采用上述辐射安全设计并建设，能够满足符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中有关安全联锁、工作指示灯、警示标志、急停开关等安全设施的设置要求。

10.3.3 安全操作放射防护措施

1、本项目探伤室的安全操作放射防护措施

本项目探伤室的安全操作放射防护措施求见下表。

表 10-3 本项目探伤室的安全操作放射防护措施

措施类别	措施内容	备注
建设单位放射防护措施	a、建设单位对探伤室放射防护安全应负主体责任； b、建设单位已建立放射防护管理组织，已明确放射防护管理人员及其职责，已建立和实施放射防护管理制度和措施，并制定辐射事故应急预案，相关辐射管理制度在操作室上墙。 c、为辐射工作人员配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪，按GBZ 128的要求进行个人剂量监测，按GBZ98的要求进行职业健康监护；组织辐射工作人员参加放射防护培训获得取得符合GB/T 9445要求的无损探伤人员资格方可上岗。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的第4款：使用单位放射防护要求。
室内探伤前检查项目	X射线探伤机： a、探伤机外观是否完好；电缆是否有断裂、扭曲以及破损；螺栓等连接件是否连接良好。 b、安全联锁是否正常工作；报警设备和警示灯是否正常运行。 c、机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的第5.1.2款要求。
	γ 射线探伤机： a、检查源容器和源传输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；	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的第5.2.1.2款要求。

	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 5.2.1.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。	
探伤室操作	a、本项目为新建探伤室配置4支个人剂量计、4台个人剂量报警仪与1台便携式X-γ剂量率仪；工作人员进入探伤室操作时，须佩戴个人剂量计、携带个人剂量报警仪与便携式X-γ剂量率仪，当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。 b、在每一次照射前，拟检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施是否正常；操作人员都应确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。 c、探伤工作人员应正确使用配备的准直器等辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。 d、探伤室工作人员应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量结果超标或异常应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。 e、各项辐射环境管理规章制度拟张贴于操作室墙上，拟建立X射线探伤机使用台账及相关危险废物管理台账。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的第6.2款要求。
探伤机维护	X射线探伤机： a、公司拟对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。 b、设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测。 c、当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品； d、公司拟做好设备维护记录。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的第5.1.3款要求。
	γ射线探伤机： （1）应定期对 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，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。 （2）应经常对 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、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。 （5）更换输源管、控制缆和源辫等配件时，必须使用该探伤装置原生产厂家的合格配件。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的第5.2.2款要求。
2、本项目移动探伤的安全操作放射防护措施		

本项目移动探伤的安全操作放射防护措施见下表

表 10-4 本项目移动式探伤的安全操作放射防护措施

措施类别	措施内容
建设单位放射防护措施	见表10-5
移动式探伤前检查项目	见表10-5
移动式探伤作业前	a、对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。浙江金七门核电项目部在移动探伤作业前需要进行公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容；公告时间需提前1~3个工作日，公告牌尺寸不小于1.2m×1m。除了向可能受影响的公众进行必要的辐射告知外，还将进行清场工作，无法清场时，不开展移动探伤作业，还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）； b、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。本项目开展移动探伤作业时，每台γ射线探伤机配备2名探伤操作人员和1名现场安全员（在开展现场移动探伤作业时在随机指派）。 c、确保在控制区没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。 d、探伤工作组将合理规划移动探伤时间，避开人流高峰期。经与建设单位核实，本项目移动探伤的时间段为夜间22:00~次日6:00，正常情况下，本项目移动探伤时浙江金七门核电厂区内部各区域均处于非工作状态。若出现临时性加班等特殊情况，浙江金七门核电项目部应严格执行辐射告知和清场工作。 e、移动探伤时，配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在移动探伤工作期间，便携式测量仪一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。
移动式探伤作业期间	①分区设置 a、对全国各客户工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。现场探伤工作在指定为控制区的区域进行。 b、将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的区域划为控制区。控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。 c、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。 d、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。 e、每1个探伤作业班组应拟配备1台便携式X-γ剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。拟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。 f、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。 g、在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； h、在各客户工作场所实施移动式探伤工作时，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； i、探伤机控制器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。 ②安全警示 a、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。 b、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。 c、车间内X射线探伤和各客户工作场所γ射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 d、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。 e、拟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。 ③边界巡查与检测 a、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。控制区边界拟设警戒线保证清晰可见，工作期间拟设良好的照明，确保移动探伤时没有人员进入控制区。如果某些工作场所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。 b、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。必要时应调整控制区的范围和边界。 c、移动式探伤的每台探伤机运行时拟配备1台便携式X-γ剂量率仪。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X射线曝光异常或不能正常终止。 d、工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式X-γ剂量率仪，两者均应使用。 ④探伤机操作 X射线探伤机（定向）： 操作X射线探伤机时使用准直器，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。 γ射线探伤机： a、应根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。对于有多个γ射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。 b、探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态： （1）便携式X-γ剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪；（2）导向管，控制缆和遥控；（3）准直器和局部屏蔽；（4）现场屏蔽物；（5）警告提示和信号；（6）应急箱，包括放射源的远距离处理工具； c、其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。 d、移动探伤作业时（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委托单位，作业委托单位应当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。
探伤机维护	见表10-5
其他措施	a、当探伤装置、场所、被检测体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。 b、在工作状态时应检测操作位置的辐射剂量率，确保操作位置的辐射水平是可以接受的。 c、在工作状态时应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。 d、探伤机停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，将其与本底数据对比，以确认探伤机确已停止工作。 e、公司应避免使用高电压等级的X射线探伤机对较薄工件进行探伤作业，否则应根据实际情况扩大监督区和控制区的管控范围。 f、探伤作业严格按照相关要求开展，切实做好监督区和控制区辐射安全管理，高度重视工作人员个人防护和公众安全。

10.3.4 X 射线探伤机贮存间的管理

本项目 X 射线探伤机贮存于探伤室南侧的设备库内。

(1) 设备库的出入口拟设视频监控系统，实行双人双锁，由专职工作人员负责采用防盗门窗，门上拟设电离辐射警告标志。

(2) 射线装置贮存场所仅为 X 射线探伤机的临时贮存，不涉及使用、调试和维修工作。

(3) 设备库应满足“防盗、防火、防潮、防爆”要求。

(4) 公司拟制定 X 射线探伤机的领取、归还和登记制度，并建立设备管理台账。

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

10.3.5 γ 射线探伤机及源库的管理

(1) γ 射线探伤机均拟采用手动出源方式，手动控制放射源传输的 γ 射线探伤机均具有与探伤机房门的开关状态联锁的接口。

(2) γ 射线探伤机拟配备手动控制器 1 台，供 γ 射线探伤机专用。 γ 射线探伤机配备该控制器能实现放射源运动的手动控制，能实现一次操作对一个点进行曝光，当预置好曝光位置和曝光时间，手动把放射源从屏蔽体内通过输源管送到曝光位置，当设定的曝光时间完成后，手动将放射源收回到屏蔽体。

(3) 源库位于 1#探伤室西侧，源库管理措施如下：

本项目新建源库采用源柜的形式进行设计，共设 17 个源格（其中 15 个小源格，2 个大源格，大源格设置在第一层），坑四壁与底部均采用混凝土结构，厚度约为 200mm，大源格尺寸为 1000mm（长） $\times$ 1000mm（宽） $\times$ 1000mm（深），小源格尺寸为 560mm（长） $\times$ 420mm（宽） $\times$ 480mm（深），源格柜门为 15mm 铅板，每个源格放置 2 台含源 γ 射线探伤机。该源库为单独的建筑，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源库墙体结构上防火，库内严禁烟火，拟配备灭火器，满足源库的“防火”要求。

②源库的地面拟采用水泥硬化处理，并设置防潮层以防渗。源坑比室内地面高出 20cm，满足“防水”要求。

③源库出入口的防护门及源柜的防护门上均设有防盗锁，不设窗户，并指定 2 名工作人员专职负责源库的保管工作，实行双人双锁制度。库内及门口拟设置 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，并与源库值班室联网；拟设置红外线报警装置，并与当地公安“110”联网，满足源库的“防盗、防破坏”要求。

④源库内及附近严禁存放易燃易爆和腐蚀性物品，源库四周主要为厂房和堆场等场所，满足源库的“防爆”要求。

⑤源库采用混凝土实体墙屏蔽，源库内源柜为混凝土结构，壁厚 850mm，源库内源柜门厚度为含 15mm 铅板的钢铅结构，在最大储源工况下，源库外公众可达的位置周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足源库的“防射线泄漏”要求。

⑥源库内拟设固定式剂量率监测装置，实时监控源库内辐射剂量率；源库出入口的防护门设显著的电离辐射警示标志，告诫无关人员请勿靠近。

⑦源库排风装置设于北侧墙体离地 4.8m，共设 3 个单层百叶排风口，装有排风扇，风量： $3000\text{m}^3/\text{h}$ ，排风口尺寸为 $350\times 350\text{mm}$ ，穿越形式为直接穿墙，排风口设防护铅板 40mm 铅板进行防护。

⑧本项目为Ⅱ类放射源，放射源在源库内储存期间的防范要求应符合 GA1002 二级风险等级。

⑨公司拟制定 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，源库墙体外张贴源库发生应急事故的处理措施和报告流程。

10.3.6 放射源的运输和移动管理

(1) 目前公司已与丹东市阳光物流有限公司签订了放射性同位素运输协议（见附件 9），由丹东市阳光物流有限公司承担新进放射源与退役放射源的运输责任。

(2) 在源库至探伤室或移动探伤工作场所移动时，放射源的货运运输要求按 GB11806 的规定执行，应满足 A 类与 B 类运输货包要求，应使用小型车辆或手推车，使含源装置处于人员监视之下，在运输过程中，源窗应处于关闭状态，并有专门的锁定装置。

10.3.7 专用运输车的管理

(1) 专用运输车辆上应在固定位置配备储存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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

10.3.8 废旧放射源的处置及换源

(1) 目前公司已与丹东市阳光仪器有限公司签订了放射性同位素转让及废旧放射源处理方案（见附件 10），当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回丹东市阳光仪器有限公司。

(2) 在废旧放射源转让活动完成之日起 20 日内，浙江金七门核电项目部拟将 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源库的源柜内，应及时通知源的销售单位专车取走。

(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。

10.3.9 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（试行）〉的通知》（浙环函[2016]117 号）等文件中的要求，相关符合性分析评价分别见表 10-7～表 10-9。

表 10-5 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。	公司拟成立辐射安全领导小组，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。	本次拟新增 30 台 γ 射线探伤机，用于探伤室固定探伤和移动探伤。	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，操作人员上岗前均拟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源库的保管工作。放射源库设置红外和监视器等保安设施，源库门应为双人双锁。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。	放射源的贮存依托新建源库内，拟安排 2 名工作人员专职负责放射源库的领取和运输工作。源库拟设置红外报警装置和安装视频监控装置，对源库实行 24 小时监控，源库入口拟设置电离辐射警告标志，源库门设计为双人双锁。当天移动探伤工作完成，γ 射线探伤机均返回源库，不在现场临时保存。	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。	该公司拟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 名放射源保管员在场定期核实本项目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。	该公司拟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
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。	浙江金七门核电项目部每次开展移动探伤作业时，每台 γ 射线探伤机配备 2 名探伤操作人员和 1 名现场安全员（在开展现场移动探伤作业时在随机指派）。探伤操作人员和现场安全员上岗前均拟配备 1 枚个人剂量计，开展探伤工作时，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。	浙江金七门核电项目部拟制定 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。	该公司探伤机在浙江金七门核电厂内运输拟设置专车运输，专人押运，押运人员全程监护探伤装置。	符合
12	室外作业时，应设定控制区，并设置明显的警戒线和电离辐射警告标志，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电离辐射警告标志，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 X- γ 辐射剂量率仪进行监测，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。	本项目移动探伤仅限于浙江金七门核电厂内。	不涉及
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，浙江金七门核电项目部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，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。	浙江金七门核电项目部拟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 10-6 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。	浙江金七门核电项目部从事 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。	浙江金七门核电项目部移动探伤工作组开展移动探伤时，移动探伤现场均拟配备 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	浙江金七门核电项目部在实际探伤工作中，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	符合

	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。	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。	
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。	浙江金七门核电项目部拟成立辐射安全领导小组，明确相关岗位责任，并拟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事故发生。	浙江金七门核电项目部为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。	浙江金七门核电项目部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。	浙江金七门核电项目部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 10-7 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》 (浙环函〔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。	浙江金七门核电项目部拟建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。	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。	浙江金七门核电项目部拟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。	浙江金七门核电项目部拟明确 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。	浙江金七门核电项目部每个 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。	浙江金七门核电项目部每个 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。	浙江金七门核电项目部每个 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。	本项目依托的源库已安排放射源工作人员专职负责源库的值守、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。	浙江金七门核电项目部辐射安全负责人、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
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。	浙江金七门核电项目部拟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
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。	浙江金七门核电项目部拟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。	浙江金七门核电项目部拟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。	浙江金七门核电项目部承诺不借用许可资质、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。	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、源辨位置指示器等存在故障的探伤机。	浙江金七门核电项目部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、源辨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。	浙江金七门核电项目部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	浙江金七门核电项目部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	符合

	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。	贮存库不符合辐射安全管理要求的，不接受委托开展作业。	
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。	本项目开展移动探伤作业时，每台 γ 射线探伤机配备 2 名探伤操作人员和 1 名现场安全员（在开展现场移动探伤作业时在随机指派），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。	浙江金七门核电项目部承诺室外探伤时（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；并将作业计划和影响范围书面告知委托单位；委托单位应当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	探伤作业时，作业单位应按标准设定控制区和监督区，设置明显的警戒线、警示灯和电离辐射警告标志，监测、记录辐射剂量水平。在监督区边界外进行全程警戒和巡检，防止无关人员进入监督区。	本项目作业现场按标准设定控制区和监督区，设置明显的警戒线和电离辐射警告标志，监测、记录辐射剂量水平。在监督区边界外进行全程警戒和巡检，防止无关人员进入监督区。	符合
19	在探伤机出入放射源贮存库以及离开作业场所时，作业单位必须对探伤机进行辐射剂量监测，并记录剂量监测值和转移时间等信息。	浙江金七门核电项目部拟配备便携式 X- γ 剂量率仪，在探伤机出入源库、临时存放场所，以及离开作业场所时，对探伤机进行辐射剂量监测，并记录剂量监测值和转移时间等信息。	符合
20	放射源贮存库应满足防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的要求，不得存放易燃、易爆、腐蚀性等物品。指定专职人员负责放射源贮存库的安保工作，24 小时人员值守，实施双人双锁管理。安装入侵报警装置和视频监控等安保设施，实施 24 小时持续有效视频监控，监控录像保存 30 天以上。	本项目新建源库设计拟满足防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的要求，未存放易燃、易爆、腐蚀性物品等，并由管理人员定期清点记录放射源情况；源库拟安装 24 小时持续有效视频监控，监控录像保存 30 天以上，并实施双人双锁管理，由专职工作人员负责。	符合
21	作业单位应加强作业活动的数字化管理工作，规范使用移动探伤放射源在线监管系统（以下简称“在线监管系统”），实现作业活动的全流程闭环管理。	浙江金七门核电项目部承诺加强作业活动的数字化管理工作，规范使用移动探伤放射源在线监管系统，实现作业活动的全流程闭环管理。	符合
22	每台探伤机均应安装在线监管系统终端，未安装终端的不得	浙江金七门核电项目部每台探伤机均拟安装在线监管系统终端，未安装终端的不得	符合

	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。	使用。浙江金七门核电项目部承诺加强终端的日常管理和维护，确保数据上传有效。	
23	作业单位应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。	浙江金七门核电项目部承诺将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。	符合
24	作业单位应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。	浙江金七门核电项目部承诺将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。	符合
25	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。	本项目移动探伤仅限于浙江金七门核电厂内进行。	不涉及
26	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。	浙江金七门核电项目部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
27	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。	浙江金七门核电项目部应主动配合主管部门的监督管理。	/
28	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。	浙江金七门核电项目部应主动配合主管部门的监督管理。	/
29	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。	浙江金七门核电项目部应主动配合主管部门的监督管理。	/

10.3.10 防护用品与监测仪器配置

本项目浙江金七门核电厂内移动探伤区域同一作业地点不同时开机使用 2 台或 2 台以上的探伤设备，开展移动探伤作业时，每台 γ 射线探伤机配备 2 名探伤操作人员和 1 名现场安全员（在开展现场移动探伤作业时在随机指派）。X 射线探伤作业时，每组 2 名辐射工作人员，其中 2 名均为操作人员。

各防护用品及监测仪器拟配备一览表见下表。

表 10-8 X、 γ 探伤拟配备的防护用品和监测仪器一览表

用品/仪器名称	配备数量
固定探伤	
便携式 X- γ 剂量率仪	1 台
个人剂量报警仪	每名辐射工作人员配备 1 台
个人剂量计	每名辐射工作人员配备 1 支
固定式场所辐射探测报警装置	每间探伤室内配备 1 套
移动探伤	
便携式 X- γ 剂量率仪	每个探伤作业小组配备 1 台
个人剂量报警仪	每名移动探伤辐射工作人员配备 1 台
个人剂量计	每名移动探伤辐射工作人员配备 1 支
警戒绳	每个移动探伤现场配备 1000m
警戒灯和声音提示装置	每个移动探伤现场配备 4 个
电离辐射警告标志	每个移动探伤现场配备 8 个
“禁止进入射线工作区”警告牌	每个移动探伤现场配备 4 个
“无关人员禁止入内”警告牌	每个移动探伤现场配备 4 个
准直器	每种型号的 γ 探伤机或 X 射线探伤机各配备 1 套
对讲机	每个移动探伤现场配备 3 个
应急箱	每个移动探伤现场配备 1 个
其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）	每个移动探伤现场配备 1 套
铅衣、铅手套、铅防护眼镜	各 2 套
源库	
便携式 X- γ 剂量率仪	与固定探伤室共用 1 台
个人剂量报警仪	2 台（源库管理员）
个人剂量计	2 个（源库管理员）

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、调零、电池、仪器对射线的响应。

10.3.11 危险废物环境管理措施

本项目危险废物主要为探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液及废胶片，根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）和《危险废物转移管理办法》（生态环境部令第 23 号）等规定，为降低危险废物对环境的影响程度，建设单位针对危险废物的贮存、转移和处置等环节拟采取如下环境管理措施：

（1）危废的贮存

本项目危废暂存库位于浙江金七门核电厂生产临建区西侧，依托主体工程危废暂存间（在建），危废暂存库分固废和液废两间暂存库，两间暂存库建筑面积均约 88m²，贮存能力均约 8t。该场所的建设须满足“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”的要求，地面硬化做防渗处理，设置危废标识，设置专用防渗容器、防渗托盘，其建设必须满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）、《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）的相关要求。本项目液态危险废物预计年产生量约为 1.744t，固体废物预计年产生量约为 0.026t，主体工程产生的危废为废旧油漆桶、废油、废酸洗液、废油漆、硒鼓等，对于产生量较大的危废转移周期较短，对于产生量较小的危废转移周期较长（300d），建设单位在固废暂存库预留了 2m²的空间，液废暂存库预留了 10m²的空间贮存本项目所产生的危险废物，故可以满足贮存的空间要求。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》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，见下表。

表 10-9 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	产生量 (kg/a)	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	液废暂存库	废显（定）影液	HW16	900-019-16	生产临建区西侧	1744	88m ²	专用防渗容器	8t	一年
3	固废暂存库	废胶片				26.16	88m ²	袋装堆放	8t	

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

（2）危废的转移

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

中应严格执行转移联单管理制度，危险废物电子转移联单数据应当在信息系统中至少保存十年。

（3）危废的委托处置

公司已与提供了危废委托处置承诺书，承诺本项目所产生的废显（定）影液、废胶片等危废，将根据危险废物有关存储要求妥善收集后暂存于中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目部的危废暂存间内。严格按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》、《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）和《危险废物转移管理办法》等有关规定，建立危险废物管理台账，并委托具有相应危险废物经营资质的单位处理处置，同时严格执行危险废物转移计划审批和转移联单制度。

10.4 三废的治理

10.4.1 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。

本项目 γ 射线探伤机内放射源退役后仍具有很强的放射性，公司应按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回收协议。在收贮前，公司应将退役的放射源暂存于源库源柜内，做好保管工作。

10.4.2 非放射性“三废”

（1）臭氧和氮氧化物

①移动探伤

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室内探伤

本项目 X、 γ 射线探伤机在工作状态时，产生的 X、 γ 射线将会使探伤室内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物。两间探伤室内均拟设 1 套机械排风系统，设计风机风量为 3370m³/h，探伤室总容积约为 427m³（含迷道），每小时有效通风换气次数约 7 次，排气口位于探伤室北侧室外，避免了朝向人员活动密集区，对周围环境影响较小。

（2）废显（定）影液与废胶片

探伤作业完成后产生的废显（定）影液、废胶片必须按规定进行合理的处置，分类收集后送交有资质的危险废物处置单位集中收集与处置，不得随意排放或废弃，采取该措施后不会对周围环境或人类健康造成危害。

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

本项目施工期涉及到探伤室、源库及操作室等配套用房的施工建设和装修装饰，工程量较小，施工期较短，施工期对环境的影响，本次评价仅作简要分析。

(1) 大气：本项目在施工期产生少量地面扬尘，由于工程量不大，涉及的施工作业面较小，因此对施工场地采取围挡措施即可很大程度的降低施工期的废气污染。

(2) 废水：施工期间，有少量含有泥浆的施工废水产生，应对这些废水进行集中收集妥善处理，根据主体工程处理设施经沉淀处理后排入排污管道。施工人员生活污水经化粪池预处理后排入市政污水管网。

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

(4) 固体废物：建设过程中产生的装修垃圾堆放在指定的地点，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。

11.1.2 设备安装调试阶段

待本项目的X、 γ 射线探伤机按照国家规定的程序合法购置到位后，需安装和调试后方可使用。安装调试期对于环境主要影响为电离辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目探伤设备的安装、调试（如门机联锁等性能）及针对建设单位的使用示范教学均要求在本项目辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行，建设单位不得自行安装和调试设备。在设备安装调试阶段，建设单位应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设置电离辐射警示标志，禁止无关人员靠近。

11.2 运行阶段对环境的影响

目前项目处于筹建阶段，本次评价采用理论计算的方法来预测本项目辐射工作场所运行过程中对周围环境的辐射影响。

11.2.1 固定式 X、 γ 射线探伤辐射环境影响分析

1、关注点的选取

本项目 2 间探伤室拟配置 20 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（含 20 枚 ^{192}Ir 放射源，出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ，II类源）、10 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机（含 10 枚 ^{75}Se 放射源，出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ，II类源）及 8 台 X 射线探伤机（均为定向机，II类射线装置，最高电压为 350kV），各探伤机的辐射影响对比情况见下表。

表 11-1 本项目探伤室拟使用的探伤机辐射影响对比表

探伤机型号	最大管电压/活度	最大射线能量	在混凝土中的半值层厚度
X 射线定向探伤机	350kV	0.350MeV	30mm ^①
⁷⁵ Se- γ 射线探伤机	100Ci	0.401MeV ^②	30mm ^③
¹⁹² Ir- γ 射线探伤机	100Ci	0.612MeV ^②	50mm ^③

注：①数值来源于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 表 B.2；

②数值来源于《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中附录 A 表 A.1；

③数值来源于《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中附录 A 表 A.2。

本项目探伤室内每次仅开启一台探伤机进行探伤，不允许开启 2 台及 2 台以上探伤机同时探伤。由上表可知：相对 X 射线定向探伤机和 ⁷⁵Se- γ 射线探伤机，¹⁹²Ir- γ 射线探伤机的射线能量最大，穿透性最强，且半值层最大，根据源项乘以屏蔽透射因子的计算 ¹⁹²Ir- γ 射线探伤机对环境的影响最大。且各探伤装置的移动探伤范围一致，因此，本报告选取 ¹⁹²Ir- γ 射线探伤机作为评价对象进行理论计算，如探伤室能够满足 ¹⁹²Ir- γ 射线探伤机的辐射防护要求，其也能够满足 ⁷⁵Se- γ 射线探伤机与所有 X 射线探伤机的辐射防护要求。

预测背景为单台探伤机开机运行，¹⁹²Ir- γ 射线探伤机内含放射源的最大出厂活度为 3.7×10^{12} Bq，本项目辐射影响预测点位选取见表 11-2，预测点位示意图分别见图 11-1 和图 11-2。

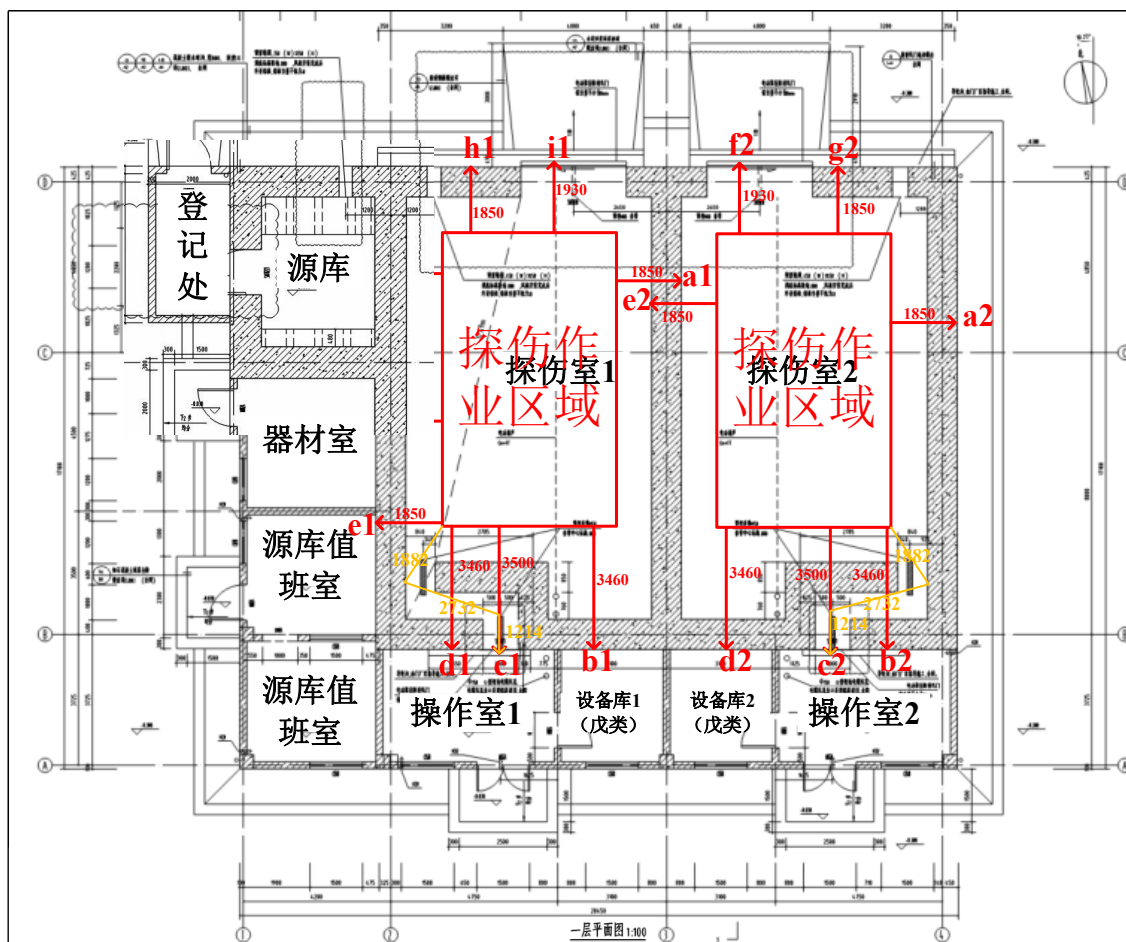


图 11-1 探伤室平面布置预测点位示意图 单位：mm

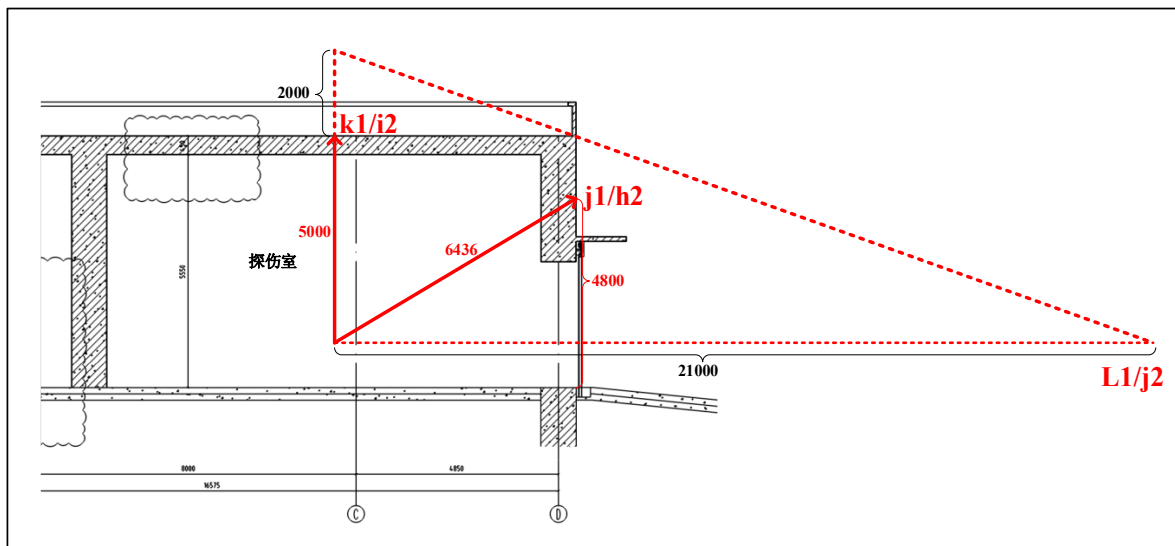


图 11-2 探伤室剖面预测点位示意图 单位：mm

表 11-2 预测点位基本情况表

场所名称	预测工况	点位编号	点位描述	环境特征	需考虑的辐射类型
1#探伤室	单台探伤机开机运行， ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含放射源的最大出厂活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$	a1	东墙外 30cm 处	2#探伤室	有用线束
		b1	南墙外 30cm 处	设备库 1(戊类)	有用线束
		c1	人员防护门外 30cm 处	操作室 1	有用线束、散射辐射
		d1	南墙外 30cm 处	操作室 1	有用线束
		e1	西墙外 30cm 处	源库值班室	有用线束
		f1	西墙外 30cm 处	器材室	有用线束
		g1	西墙外 30cm 处	源库	有用线束
		h1	北墙外 30cm 处	厂内道路	有用线束
		i1	工件门外 30cm 处	厂内道路	有用线束
		j1	排风口外 30cm 处	开放空间	有用线束
		k1	顶棚外 30cm 处	开放空间	有用线束
		L1	天空反散射点位	厂内道路	有用线束、天空反散射
2#探伤室	单台探伤机开机运行， ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含放射源的最大出厂活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$	a2	东墙外 30cm 处	厂内道路	有用线束
		b2	南墙外 30cm 处	操作室 2	有用线束
		c2	人员防护门外 30cm 处	操作室 2	有用线束、散射辐射
		d2	南墙外 30cm 处	设备库 2(戊类)	有用线束
		e2	西墙外 30cm 处	1#探伤室	有用线束
		f2	工件门外 30cm 处	厂内道路	有用线束
		g2	北墙外 30cm 处	厂内道路	有用线束
		h2	排风口外 30cm 处	开放空间	有用线束
		i2	顶棚外 30cm 处	开放空间	有用线束
		j2	天空反散射点位	厂内道路	有用线束、天空反散射

2、计算公式的选取

(1) 剂量率计算公式

因各预测点位与放射源使用位置之间的距离比放射源本身的几何尺寸大 5 倍以上，故可将放射源视为点源。 γ 射线辐射影响预测采用《辐射防护导论》（方杰主编）P76 页式 (3.10) 中 γ 点源空气比释动能率计算公式，无屏蔽体情况下参考点的周围剂

量当量率 $\dot{K}$:

$$\dot{K} = \frac{A \cdot \Gamma_k}{r^2} \quad (11-1)$$

式中:

$\dot{K}$: 无屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

A : 放射性活度, Bq ;

Γ : 空气比释动能率常数, 根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 附录

A 表 A.1: 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 。

探伤作业时, 有屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率 K :

$$K = \dot{K} \cdot B \quad (11-2)$$

式中:

K : 有屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

$\dot{K}$: 无屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

B : 屏蔽透射因子, 根据公式 $B=2^{-(d/\text{HVL})}$ 计算获取, 式中 d : 屏蔽层厚度, mm ;

HVL: 不同材料的半值层厚度, mm 。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中附录 A 表 A.2, 放射源 ^{192}Ir 在混凝土中的半值层厚度为 50mm , 在铅中的半值层厚度为 3mm 。

(2) 迷道散射

有屏蔽体情况下散射剂量率计算公式如下:

$$H = H_0 \cdot \frac{(\alpha_1 \cdot A_1) (\alpha_2 \cdot A_2) \cdots (\alpha_n \cdot A_n)}{(d_1 \cdot d_2 \cdots d_n)^2} B_X \quad (11-3)$$

其中: H_0 ——对于 γ 辐射源, 数值上由 $A\Gamma$ 确定, 其中 A 是放射源活度, MBq ;
 Γ 是周围剂量当量率常数。对于放射源 ^{192}Ir , $A=3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$, $\Gamma=0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$, 则 $H_0=6.29 \times 10^5 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$;

B : 屏蔽透射因子, 根据公式 $B=2^{-(d/\text{HVL})}$ 计算获取, 式中 d : 屏蔽层厚度, mm ;

HVL: 不同材料的半值层厚度, mm 。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中附录 A 表 A.2, 放射源 ^{192}Ir 在铅中的半值层厚度为 3mm 。

α_1 ——X 射线第一次散射系数;

α_2 和 α_n ——X 射线第一次散射系数和第 n 次散射系数 ($n>2$);

A_1 —— γ 射线入射到第一散射物质的散射面积, m^2 ; 对于探伤室散射面积的确定,

本项目射线束最大发射角为 30° ，工件相对靶点距离最近为 1m ，根据三角函数及圆的面积公式求得：探伤工件散射面积为 0.23m^2 。

A_1 和 A_n ——分别为 γ 射线第二次和第 n 次的散射面积 ($n>2$)， m^2 ；对于迷道第二次以上的散射面积取迷道宽度与探伤室内高度的乘积；

d_1 —— γ 射线与第一散射物质的距离， m 。

d_2 和 d_n ——分别为 X 射线第二次散射距离和第 n 次散射距离 ($n>2$)， m ；

本次评价偏安全考虑， γ 射线散射后能量同原始射线能量，由 NCRP Report NO.51: Radiation protection design guidelines for 0.1-100MeV particle accelerator facilities (0.1-100MeV) P110 附录 E.15，本项目 α 均保守取 0.02。

本次评价按最不利情况保守考虑，选择散射次数最少的路径进行预测，则射线需经过至少 2 次以上的散射才能到达探伤室迷道门外，具体散射路径示意图见图 11-1。本项目迷道散射次数为 2 次， $A_1=0.23\text{m}^2$ ， $A_2=A_3=0.84\text{m}\times 5.55\text{m}=4.66\text{m}^2$ ； $d_1=1.9\text{m}$ ， $d_2=2.7\text{m}$ ， $d_3=1.2\text{m}$ 。

(3) 天空反散射

本项目探伤室为单层建筑，且探伤室内所配置射线装置存在有用线束朝顶棚照射的情况，故进行天空反散射评价。

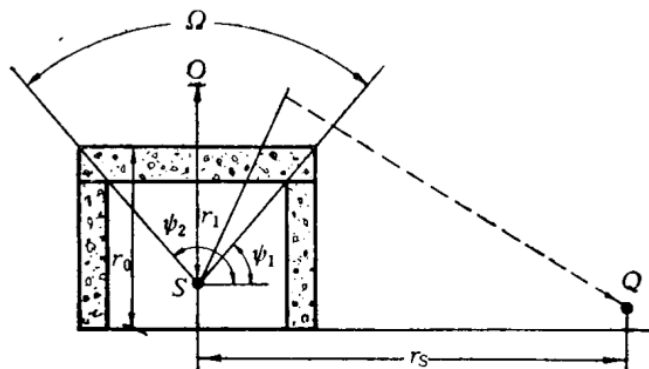


图 11-3 天空反散射示意图

参考《辐射防护导论》（方杰主编）P181 公式 6.1，天空反散射剂量率计算公式如下：

$$H = \frac{B \cdot \dot{D}_{10} \cdot \Omega^{1.3} \cdot 10^6}{0.67 \cdot r_1^2 \cdot r_s^2} \quad (11-4)$$

式中：

H ——关注点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

r_1 ——源到屋顶外表面 2m 高处的垂直距离， m ；本项目靶点距离顶棚最近距离为 5m ，则 r_1 取值 7m 。

r_s ——源到关注点处的最小水平距离， m ；本项目取值 18.2m 。

$\dot{D}_{10}$ ——离源上方 1m 处 X 射线的吸收剂量指数率， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ；根据公式 $\dot{D}_{10} = A\Gamma$

计算；其中 A 是放射源活度，MBq； Γ 是周围剂量当量率常数。对于放射源 ^{192}Ir ， $A=3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ， $\Gamma=0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ ，则 $H_0=6.29\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}=1.05\times 10^{-2}\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{min}^{-1}$ ；

B——辐射减弱的透射比；屋顶的屏蔽透射比，无量纲，本项目探伤室的顶棚屏蔽设计厚度为 450mm 混凝土， ^{192}Ir 在混凝土中的半值层厚度为 50mm。结合公式 $B=2^{-(d/\text{HVL})}$ ，其中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm，则本项目 B 取值 1.95×10^{-3} 。

0.67——单位换算系数。

Ω ——辐射源对屋顶张的立体角，Sr；设辐射源位于探伤室的作业位置，如图 11-2 所示。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P182 页公式（6.2），立体角 Ω 计算公式如下：

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

式中：

a——屋顶长度之半，m，本项目探伤室的屋顶外长为 13.7m，则 $a=6.85\text{m}$ 。

b——屋顶宽度之半，m；本项目探伤室的屋顶外宽为 8.7m，则 $b=4.35\text{m}$ 。

c——源到屋顶表面中心的距离，m；本项目靶点距离顶棚最近距离为 5m。

d——源到屋顶边缘的距离，且 $d=\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ ，m，本项目探伤室 $d=9.5\text{m}$ 。

则可计算出： $\Omega=2.24\text{Sr}$ 。

（4）年有效剂量计算公式

根据《辐射防护导论》（方杰主编），X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下式 11-5 计算。

$$E = D_r \times t \times T \times 10^{-3} \quad \text{式 (11-6)}$$

式中：

E——年受照剂量，mSv/a；

D_r ——关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T——居留因子；本项目的居留因子选取根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 A.1。

t——年受照时间，h/a。

3、单台设备运行预测结果

本项目单台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机运行时，探伤室周围辐射剂量预测结果如下：

表 11-3 探伤室内单台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机运行时辐射影响预测结果

场所名称	关注点位	射线类型	防护材料	A (Bq) 或α	Γ(μSv•m²/MBq•h)或 H₀(μSv•m²•h⁻¹)				r(m)或 d₁/d₂/d₃(m)		HVL(mm)	B	A₁A₂/A₃(m²)	Ḳ(μSv/h)	K 或 H(μSv/h)	总剂量 (μSv/h)	控制限值 (μSv/h)		
1#探伤室	a1 东墙外30cm处	有用线束	850mm混凝土	3.70E+06	0.17				2.2	50	7.63E-06	/	1.30E+05	9.92E-01	9.92E-01	2.5			
	b1 南墙外30cm处	有用线束							3.8				4.36E+04	3.32E-01	3.32E-01				
	c1 人员防护门外30cm处	有用线束							3.8				4.36E+04	3.32E-01	3.32E-01				
		迷道散射	40mm铅	0.02	6.29E+05				1.9/2.7/1.2	3	9.69E-05	0.23/4.66/4.66	/	1.29E-06					
	d1 南墙外30cm处	有用线束	1700mm混凝土	3.70E+06	0.17				3.8	50	5.82E-11	/	4.36E+04	2.54E-06	2.54E-06				
	e1 西墙外30cm处	有用线束	850mm混凝土						2.2		7.63E-06		1.30E+05	9.92E-01	9.92E-01				
	f1 西墙外30cm处	有用线束							2.2				1.30E+05	9.92E-01	9.92E-01				
	g1 西墙外30cm处	有用线束							2.2				1.30E+05	9.92E-01	9.92E-01				
	h1 北墙外30cm处	有用线束							2.2				1.30E+05	9.92E-01	9.92E-01				
	i1 工件门外30cm处	有用线束	80mm铅						2.2	3	9.39E-09		1.30E+05	1.22E-03	1.22E-03				
	j1 排风口外30cm处	有用线束	50mm铅						6.7		9.61E-06		1.40E+04	1.35E-01	1.35E-01				
	k1 顶棚外30cm处	有用线束	450mm混凝土						5.3	50	1.95E-03		2.24E+04	4.37E+01	4.37E+01	100			
	L1 天空反散射点位	有用线束	850mm混凝土						18.2		7.63E-06		1.90E+03	1.45E-02	1.99E-02	2.5			
		天空反散射																	
									$\dot{D}_{10}$	r _l	r _s		a	b			c	d	Ω
				1.05E-02	7	18.2	13.7	4.35	5	9.5	2.24	1.95E-03		5.36E-03					

场所名称	关注点位	射线类型	防护材料	A (Bq) 或α	Γ(μSv•m²/MBq•h)或 H₀(μSv•m²•h⁻¹)				r(m)或 d₁/d₂/d₃(m)		HVL(mm)		B		A₁A₂/A₃(m²)		K̇(μSv/h)	K 或 H(μSv/h)	总剂量 (μSv/h)	控制限值 (μSv/h)				
2#探伤室	a2 东墙外30cm处	有用线束	850mm混凝土	3.70E+06	0.17				2.2		50		7.63E-06		/		1.30E+05		9.92E-01	9.92E-01	2.5			
	b2 南墙外30cm处	有用线束	1700mm混凝土						3.8				5.82E-11				4.36E+04		2.54E-06	2.54E-06				
	c2 人员防护门外30cm处	有用线束	850mm混凝土						3.8				7.63E-06				4.36E+04		3.32E-01	3.32E-01				
		迷道散射	40mm铅	0.02	6.29E+05				1.9/2.7/1.2		3	9.69E-05	0.23/4.66/4.66		/	1.29E-06								
	d2 南墙外30cm处	有用线束	850mm混凝土	3.70E+06	0.17				3.8		50		7.63E-06		/		4.36E+04		3.32E-01	3.32E-01				
	e2 西墙外30cm处	有用线束							2.2								1.30E+05		9.92E-01	9.92E-01				
	f2 工件门外30cm处	有用线束	80mm铅						2.2		3	9.39E-09	1.30E+05				1.22E-03	1.22E-03						
	g2 北墙外30cm处	有用线束	850mm混凝土						2.2		5	7.63E-06	1.30E+05				9.92E-01	9.92E-01						
	h2 排风口外30cm处	有用线束	50mm铅						6.7		3	9.61E-06	1.40E+04				1.35E-01	1.35E-01						
	i2 顶棚外30cm处	有用线束	450mm混凝土						5.3			1.95E-03	2.24E+04				4.37E+01	4.37E+01	100					
	j2 天空反散射点位	有用线束	850mm混凝土						18.2			7.63E-06		1.90E+03			1.45E-02	1.99E-02	2.5					
		天空反散射							Ḋ₁₀		r₁	rₛ	a	b			c			d	Ω	B		H
										1.05E-02	7	18.2	13.7	4.35			5			9.5	2.24	1.95E-03		5.36E-03

由上表可知：当探伤室内仅开启一台活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机进行探伤时，探伤室各侧屏蔽墙体和工件门辐射剂量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室墙和入口门的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；对不需要人员到达的探伤室顶外30cm处的剂量率参考控制水平不大于 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。由表11-1可知，相对X射线定向探伤机（最

高电压为350kV)和⁷⁵Se-γ射线探伤机,¹⁹²Ir-γ射线探伤机的射线能量最大,穿透性最强,且什值层最大,因此可推断出当活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 的⁷⁵Sr-γ射线探伤机与X射线定向探伤机(最高电压为350kV)满功率运行时,探伤室各侧屏蔽墙体和工件门也能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“探伤室墙和入口门的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$;对不需要人员到达的探伤室顶外30cm处的剂量率参考控制水平不大于 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

4、两间探伤室同时运行的叠加影响

两间探伤室单独一个操作室,周围剂量当量率主要受单间探伤室的影响,基于两间探伤室相邻,考虑交接处等特殊点位的剂量叠加影响,具体核算结果见下表。

表 11-4 两间探伤室同时运行时关注点处的周围剂量当量率

关注点名称	关注点处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		
	1#探伤室单独运行	2#探伤室单独运行	两间探伤室同时运行
北墙交界处	1.22E-03 (点位 i1)	1.22E-03 (点位 f2)	2.44E-03
南墙交界处	3.32E-01 (点位 b1)	3.32E-01 (点位 d2)	6.64E-01
顶棚交界处	4.37E+01 (点位 k1)	4.37E+01 (点位 i2)	8.74E+01

注:数据由表 11-3 中预测结果可知。

因此,本项目两间探伤室同时运行时,探伤室四侧墙体交界处周围剂量当量率最大值为 $0.664\mu\text{Sv/h}$,顶棚交界处周围剂量当量率最大值为 $87.4\mu\text{Sv/h}$,可满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“探伤室墙外 30cm 处的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$;对不需要人员到达的探伤室顶外 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

5、探伤室各类管道线路屏蔽效果分析

本项目 2 间探伤室的电缆管道均以“U”型管道从地下穿越探伤室南侧墙体,根据《辐射防护导论》(方杰主编)P189 页的实例证明,本项目所有射线均需经过三次以上散射才能经管道散射至探伤室墙外,经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降,射线通过管道外漏可忽略不计。因此,本项目各类电缆线、X、γ 射线探伤机的控制缆线均为埋地式,不会破坏墙体的屏蔽效果,能够满足辐射防护要求。

本项目 2 间探伤室的排风系统均设于北侧墙体离地 4.8m,共设 3 个单层百叶排风口,穿越形式为直接穿墙,排风口设 50mm 铅板进行防护,根据表 11-4 可知,当探伤室内仅开启一台活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 的 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机进行探伤时,排风口外 30cm 处的辐射剂量率为 $1.35\times 10^{-1}\mu\text{Sv/h}$,能够满足辐射防护要求。

6、探伤室辐射人员年有效剂量估算

根据表 11-4 辐射剂量率的计算结果,居留因子根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽

规范》（GBZ/T 250-2014）附录 A 表 A.1 确定，根据式 11-6 进行年有效剂量估算。

（1）辐射工作人员

本项目探伤操作人员受到辐射照射的途径主要包括两个方面：a）探伤期间，工作人员在操作室内拍片受到的外照射；b）探伤作业前，探伤室内近距离移动探伤机、安装输源导管等准备工作时受到贮存状态放射源的外照射。

①开机状态

本项目探伤室开机状态下，对辐射工作人员影响的区域主要在操作室内控制台处，每间探伤室年曝光时间为1050h。根据公式（11-6），居留因子取1，可估算出本项目探伤室开机时操作位处的单名辐射工作人员的年附加有效剂量如下。

表 11-5 开机状态下探伤室操作位处的单名辐射工作人员的年附加有限剂量

场所名称	关注点辐射剂量率 ^① ($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时间 (h)	居留因子	年有效剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#探伤室	3.32E-01	1050	1	3.49E-01
2#探伤室	3.32E-01	1050	1	3.49E-01

注：①数值来源前文理论预测表11-3，X射线探伤时剂量率保守按 γ 射线探伤时剂量率进行计算；

②不开机状态

辐射工作人员近距离移动探伤机和安装、收回输源导管一般不超过5min，2名辐射工作人员轮流操作，每天最多操作2次，则单名辐射工作人员年受照时间为25h，取辐射工作人员处于离探伤机100cm处，周围剂量当量率保守按源容器表面外1m处周围剂量当量率控制值取0.02mSv/h。该环节单名辐射工作人员年附加有效剂量为0.50mSv/a。

对于1#探伤室内辐射工作人员不开机操作时，应考虑西侧源库和东侧2#探伤室对其产生的影响（对于2#探伤室，西侧源库距离较远，根据周围剂量当量率与距离的平方成反比可知，源库对2#探伤室的影响较小，本报告中以1#探伤室内的辐射工作人员叠加为例进行分析）。2#探伤室对1#探伤室的剂量叠加影响选取点位e2（ 9.92×10^{-1} ，见表11-3）进行估算，根据式11-6，居留因子取1，可估算该条件下单名辐射工作人员年附加有效剂量为 $2.48 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。源库对1#探伤室的剂量叠加影响选取点位1东墙（ 4.24×10^{-6} ，见表11-8）进行估算，居留因子取1，可估算该条件下单名辐射工作人员年附加有效剂量为 $1.06 \times 10^{-7} \text{mSv/a}$ 。

因此不开机状态下，单名辐射工作人员年附加有效剂量为 $0.50 + 2.48 \times 10^{-2} + 1.06 \times 10^{-7} = 0.52 \text{mSv/a}$ 。

③有效剂量统计

综上所述，本项目探伤操作人员的剂量叠加结果为：

$$H_{\text{开机}} + H_{\text{不开机}} = 0.349 \text{mSv/a} + 0.52 \text{mSv/a} = 0.869 \text{mSv/a}$$

因此，本项目从事室内探伤操作的单名辐射工作人员的最大年附加有效剂量为0.849mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ ），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过20mSv/a的剂量限值要求。

（2）公众人员

探伤室周边的公众人员有效剂量计算结果见下表。

表 11-6 探伤室周边的公众人员有效剂量计算结果

工作场所	人员所在位置	居留因子	源点与关注点距离(m)	源点与保护目标距离(m)	保护目标处辐射剂量率取值($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时间(h/a)	年受照总剂量(mSv/a)
1#探伤室	厂内道路	1/4	2.2	9+2.2	3.83E-02	1050	1.00E-02
	仓库、不锈钢材料堆场	1/16	2.2	31+2.2	4.36E-03		2.86E-04
	厂内道路	1/4	3.8	3+3.8	2.07E-01		5.44E-02
	预应力车间	1/4	3.8	32+3.8	7.48E-03		1.96E-03
	砼构件预制场	1/4	3.8	47+3.8	3.72E-03		9.75E-04
	器材室	1/16	2.2	2.2	9.92E-01		6.51E-02
	厂内道路	1/4	2.2	3+2.2	1.78E-01		4.66E-02
	电仪预制车间、机加工及维修车间	1/4	2.2	14+2.2	1.83E-02		4.80E-03
	废料垃圾池	1/16	2.2	32+2.2	4.10E-03		2.69E-04
	通风预制车间	1/4	2.2	40+2.2	2.70E-03		7.08E-04
	厂内道路	1/4	2.2	2.2	2.44E-03		6.41E-04
	综合用房	1/4	2.2	11+2.2	6.78E-05		1.78E-05
	计量室及电仪调试间	1/4	2.2	45+2.2	5.30E-06		1.39E-06
2#探伤室	厂内道路	1/4	2.2	2.2	3.32E-01	1050	8.72E-02
	仓库、不锈钢材料堆场	1/16	2.2	22+2.2	8.20E-03		5.38E-04
	厂内道路	1/4	3.8	3+3.8	2.07E-01		5.44E-02
	预应力车间	1/4	3.8	32+3.8	7.48E-03		1.96E-03
	砼构件预制场	1/4	3.8	47+3.8	3.72E-03		9.75E-04
	器材室	1/16	2.2	2.2	9.92E-01		6.51E-02
	厂内道路	1/4	2.2	12+2.2	1.78E-01		4.66E-02
	电仪预制车间、机加工及维修车间	1/4	2.2	23+2.2	1.83E-02		4.80E-03
	废料垃圾池	1/16	2.2	41+2.2	4.10E-03		2.69E-04
	通风预制车间	1/4	2.2	49+2.2	2.70E-03		7.08E-04
	厂内道路	1/4	2.2	2.2	2.44E-03		6.41E-04
	综合用房	1/4	2.2	11+2.2	6.78E-05		1.78E-05
	计量室及电仪调试间	1/4	2.2	45+2.2	5.30E-06		1.39E-06

由上表可知，本项目运行后所致公众成员最大受照年有效剂量为 $8.72 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ，小于本次评价项目剂量约束值（公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值的要求（公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）。

7、探伤室屏蔽防护能力分析

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等相关规定，结合该公司探伤室屏蔽防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对本项目使用的探伤室的辐射屏蔽防护能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，本项目探伤室的设置均已充分考虑周围的辐射安全，且探伤室与操作室分开。结合理论计算结果可知，本项目探伤室的各侧屏蔽墙、防护门及顶棚的防护性能均能满足辐射防护要求。

（2）由辐射环境影响预测分析可知，辐射工作人员和公众成员所受辐射照射能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值的要求，也能满足本项目剂量约束值要求。

（3）该公司探伤过程中产生的 X、 γ 射线使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，探伤室利用排风管道机械排风，将臭氧和氮氧化物排出探伤室外，不会对工作人员和公众成员产生影响。

因此，本项目探伤室屏蔽能力本项目射线装置正常工作时的辐射防护要求。

11.2.2 源库环境影响分析

1、辐射屏蔽防护性能分析

源库位于 1#探伤室西侧，源库内尺寸 4m（长） $\times$ 3.25m（宽） $\times$ 5.15m（高），建筑面积约 13m²，源库南、西、北侧墙体使用 850mm 混凝土，东侧墙体与 1#探伤室共用 850mm 混凝土，顶棚采用 450mm 混凝土，正下方为土层，无地下室，不做特殊防护；出入口敷设 15mm 铅板，门洞的尺寸为 1.2m（宽） $\times$ 2.4m（高）；门体的尺寸为 1.4m（宽） $\times$ 2.6m（高），门与墙体左、右搭接宽度均为 100mm，上、下搭接均为 100mm。源库内采用源柜的形式进行设计，共设 17 个源格（其中 15 个小源格，2 个大源格，大源格设置在第一层），1 个小源格可存放 2 枚放射源。源格采用混凝土嵌装设计；坑四壁与底部均采用混凝土结构，厚度约为 200mm，大源格尺寸为 1000mm（长） $\times$ 1000mm（宽） $\times$ 1000mm（深），小源格尺寸为 560mm（长） $\times$ 420mm（宽） $\times$ 480mm（深），源格柜门为 15mm 铅板。源库平面及剖面图见附图 9。

2、容积可行性

本项目源库设计库容最多存放 32 枚放射源，大于本次申报含源 γ 射线探伤机（20 台 ¹⁹²Ir- γ 射线探伤机 + 10 台 ⁷⁵Se- γ 射线探伤机），余下 2 个大放射源格用于远期发展使用。

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的 ¹⁹²Ir- γ 射线探伤机外尺寸为 330mm（长） $\times$ 170mm（宽） $\times$ 230mm（高），⁷⁵Se- γ 射线探伤机外尺寸为 240mm（长） $\times$ 105mm（宽）

×180m（高）。根据探伤机的摆放位置，本项目单个源格能满足2台¹⁹²Ir/⁷⁵Se-γ射线探伤机贮存的空间要求。因此，本项目放射源库内的源格容积设计合理可行。

3、源格柜门表面辐射影响预测

本项目源格采用混凝土嵌装设计；坑四壁与底部均采用混凝土结构，厚度约为200mm，源格柜门为15mm铅板。因为本项目小源格可存放2枚放射源，由表11-1可知，相对⁷⁵Se-γ射线探伤机，¹⁹²Ir-γ射线探伤机的射线能量最大，穿透性最强，且什值层最大，因此本报告中预测单个源格内存放2枚¹⁹²Ir放射源时的辐射影响分析。

根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式及《辐射防护导论》（方杰主编）P96页公式（3.45），可推导出：

$$K = \frac{K_0}{N} \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \quad (11-7)$$

式中：K——设置屏蔽层后r（m）处的周围剂量当量率，μSv/h；

K₀——辐射场中r₀（m）处没有设置屏蔽防护时周围剂量当量率，μSv/h；根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表2，本项目¹⁹²Ir/⁷⁵Se-γ射线探伤机类别为便携式（P），离源容器表面5cm处的最大周围当量剂量率为0.5mSv/h。

N——减弱倍数，根据公式 $N=2^{(d/HVL)}$ 计算获取，式中d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录A表A.2，¹⁹²Ir放射源在混凝土和铅中的半值层厚度（HVL）分别为50mm、3mm；⁷⁵Se放射源在混凝土和铅中的半值层厚度（HVL）分别为30mm、1mm。

r——放射源至源容器表面30cm处的距离，m；

r₀——放射源与预测点的距离，m。

本项目源柜中的源格采用混凝土嵌装设计，每2个源格之间只有0.2m的间隙，因此四壁和底部均为人员无法到达区域，故本次评价仅预测源格防护门表面的辐射影响，预测结果为：小源格设计深度为480mm，源容器到源格防护门外30cm处距离r保守取值0.48m，源格防护门外30cm处辐射剂量率结果见下表。

表 11-7 源格防护门外 30cm 处辐射剂量率结果一览表

单个源格存放类型	探伤机	源强 K ₀ (mSv/h)	r ₀ r (m)	d/HVL	减弱倍数 N	剂量率贡献值 (μSv/h)	关注点剂量率 (μSv/h)
2 枚 ¹⁹² Ir	¹⁹² Ir-γ 射线探伤机	0.5	0.05/0.48	15/3	32	0.170	0.340
	¹⁹² Ir-γ 射线探伤机	0.5	0.05/0.48	15/3	32768	0.170	
2 枚 ⁷⁵ Se	⁷⁵ Se-γ 射线探伤机	0.5	0.05/0.48	15/1	32	1.66E-04	3.32E-04
	⁷⁵ Se-γ 射线探伤机	0.5	0.05/0.48	15/1	32768	1.66E-04	

源格位于源库内，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，保守将源格周围剂量当量率按照 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求进行管控，根据上表结算结果可知，本项目源格周围剂量当量率满足 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

4、源库周围辐射剂量率的计算

(1) 预测点位

根据源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源库四侧屏蔽墙、防护门和顶棚外 30cm 处，具体点位布置见图 11-4 和图 11-5。

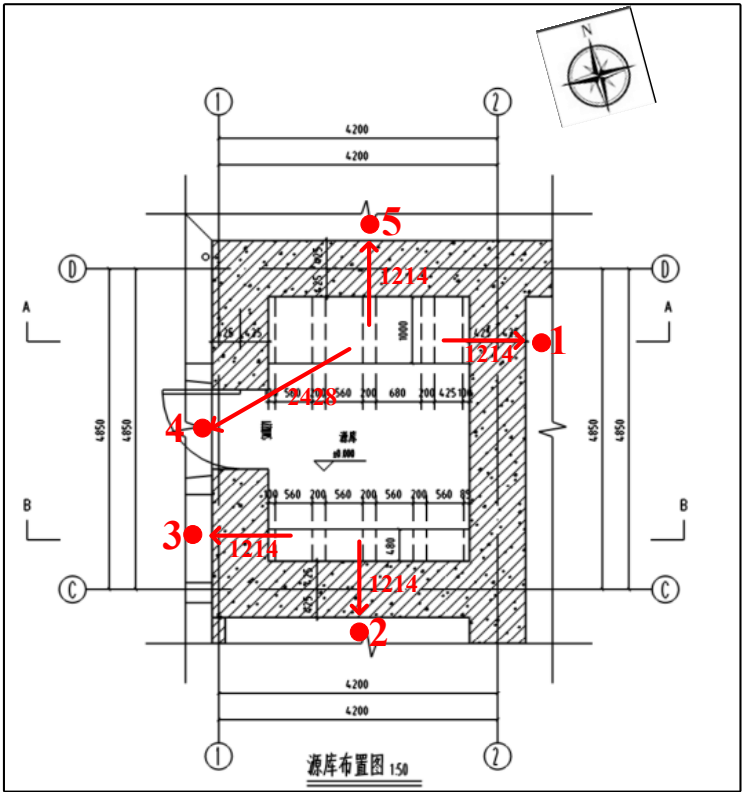


图 11-1 源库预测点位平面示意图 单位：mm

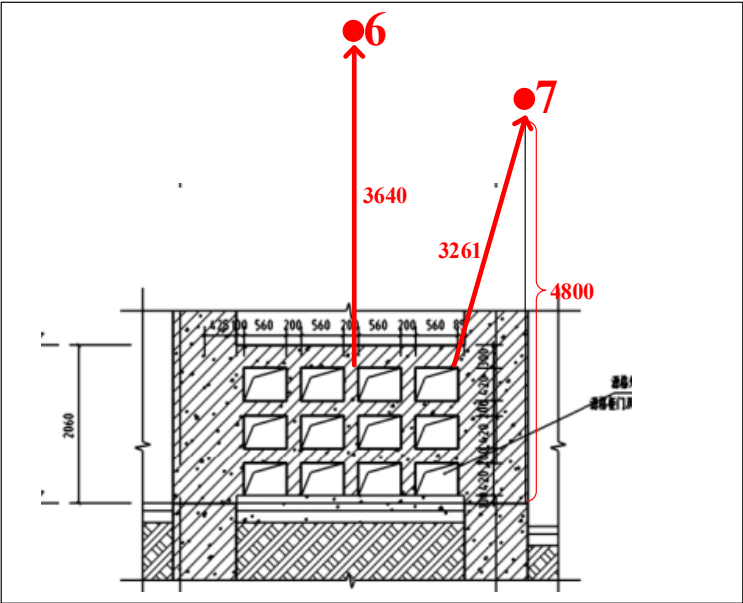


图 11-2 源库预测点位剖面示意图 单位：mm

（2）预测参数选取

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。本项目源库共设 17 个源格（15 个小源格、2 个大源格，大源格设置在第一层），其中 1 小源格可存放 2 枚放射源，可存放 30 台含源 γ 射线探伤机，大源格为远期规划。每台 γ 射线探伤装置内含 1 枚放射源 ^{192}Ir 或 ^{75}Se ，最大出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ 。

（3）预测结果

本项目源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）。根据公式（11-7），本项目源库处于最大贮存工况时，四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处周围剂量当量率预测结果，预测结果见下表。

表 11-8 源库外 30cm 处周围剂量当量率预测结果

关注点参数	1 东墙	2 南墙	3 西墙	4 防护门	5 北墙	6 顶棚	7 排风口
K_0 (mSv/h)	0.5×30	0.5×30	0.5×30	0.5×30	0.5×30	0.5×30	0.5×30
屏蔽材料及厚度	850mm 混凝土	850mm 混凝土	850mm 混凝土	15mm 铅板	850mm 混凝土	450mm 混凝土	40mm 铅板
HVL (mm)	50	50	50	3	50	50	3
N	131072	131072	131072	32	131072	512	10321
r_0 (m)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
r (m)	1.50	1.50	1.50	2.7	1.50	3.9	3.6
K ($\mu\text{Sv/h}$)	1.27E-04	1.27E-04	1.27E-04	1.61E-01	1.27E-04	4.82E-03	2.80E-04
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

综上所述，当放射源库同时储存 30 台含源 γ 射线探伤机时，源库周围剂量当量率最大值为 $1.61\times 10^{-1}\mu\text{Sv/h}$ ；源格周围剂量当量率最大值为 $0.340\mu\text{Sv/h}$ ，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，满足《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ1258-2022）中“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

5、源库与探伤室的叠加影响

本项目源库与 1#探伤室存在交接处，需考虑剂量叠加影响，具体核算结果见下表。

表 11-9 源库与 1#探伤室存在交接处周围剂量当量率

关注点名称	关注点处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		
	1#探伤室单独运行	源库运行	同时运行
西墙交界处	9.92E-01 (关注点 g1)	1.27E-04 (关注点 1)	9.92E-01

因此，本项目 1#探伤室运行时，源库与 1#探伤室交接处周围剂量当量率可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

综上所述，本项目源库可以满足本次申报的含源 γ 射线探伤机的临时贮存要求。实际工作中，建设单位应做好以下工作：放射源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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求，检测达标后方可投入使用。

6、源库管理人员有效剂量计算

本项目仅对负责放射源对接的辐射工作人员（源库管理人员）进行年有效剂量的评价，源库的辐射工作人员和公众人员的年有效剂量亦不重复评价。

a、取源与还源：辐射工作人员在源库内打开源柜（取源与还源共约4min/天，年工作300天，则年受照时间为20h，周围剂量当量率保守取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），将探伤机从源柜拿出放到铅箱内或从铅箱内取出放到源柜（取源与还源共约0.5min/天，年工作300天，则年受照时间为2.5h，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 ），将铅箱放至专用运输车辆装车或从专用运输车卸下（取源与还源共约8min/天，年工作300天，则年受照时间为40h，周围剂量当量率保守按源容器表面外1m处周围剂量当量率控制值取 0.02mSv/h ）。该环节单名辐射工作人员年附加有效剂量为 2.1mSv/a 。

b、运输：源库运送到移动探伤现场由公司辐射工作人员采用专用车辆进行运送（每日往返运送2次，用时共约20min，年工作300天，则年受照时间为10h，周围剂量当量率保守按源容器表面外1m处周围剂量当量率控制值取 0.02mSv/h ）。该环节单名辐射工作人员年附加有效剂量为 0.2mSv/a 。

c、有效剂量统计

综上所述，源库管理人员的剂量叠加结果为：

$$H_{\text{取还源}} + H_{\text{运输}} = 2.1\text{mSv/a} + 0.2\text{mSv/a} = 2.3\text{mSv/a}$$

因此，本项目从事源库管理的单名辐射工作人员的最大年附加有效剂量为 2.3mSv/a ，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ ），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求。

11.2.3 移动探伤环境影响分析

1、X射线移动探伤环境影响分析

本项目建成后共有8台X射线探伤机，均用于浙江金七门核电厂厂区内和配套安装

生产临建区域内进行移动探伤。

(1) 控制区边界与监督区边界周围剂量当量率的确定

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。在此基础上，建设单位须严格遵守《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），利用辐射剂量率仪将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区，严禁公众成员进入该区域。

(2) 移动式探伤控制区和监督区的理论划分

①有用线束

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）有用线束辐射剂量率计算公式来计算本项目移动探伤的有用线束的控制区范围和监督区范围：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (11-8)$$

式中：

I——X射线机管电流，mA；本项目X射线探伤机的管电流为5mA；

H₀——距辐射源点（靶点）1m处输出量，μSv·m²/（mA·h），以mSv·m²/（mA·min）为单位的值乘以6×10⁴（换算系数）。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中的参数进行计算，具体参数详见表9-4；

B——屏蔽透射因子，因《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B中图B.1曲线无钢的屏蔽透射因子，本项目按10^(-d₁/d₂)进行计算；

d₁：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200kV X射线机、250kV X射线机、350kV X射线机常用工件透照厚度分别为30mm钢、40mm钢和55mm钢，材质主要为钢。

d₂：钢的十分之一值层厚度，mm；根据《辐射防护导论》（方杰主编）P103页，图3.23查得，X射线在钢中的什值层厚度为：TVL（200kV）=15mm、TVL（250kV）=18mm、TVL（350kV）=25mm。

②漏射线控制区和监督区的划定（非主射方向）

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），给定屏蔽物厚度X时，屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率（μSv/h）按式（11-2）计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (11-9)。$$

式中：

$\dot{H}$ ——距探伤机表面R处的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，控制区边界取 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

B——透射屏蔽因子，本项目取1；

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1 查得不同管电压下各 X 射线装置的泄漏辐射剂量率，根据表 9-4 进行取值。

③散射线控制区和监督区的划定（非主射方向）

本项目探伤机工作时，X 射线一般只有经 1 次散射后达到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达到工件外，散射线可根据《辐射防护导论》（方杰主编）P185 公式（6.6）计算：

$$\eta_{rR} \leq k \frac{\dot{H}_{L,h} \cdot r_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \cdot \alpha_r \cdot a \cdot q} \quad (11-10)$$

由上式可以推导出：

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

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， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ，由 $I \cdot \delta_x$ 确定， δ_x 取值情况同上，则 F_{j0} 取值如下：

200kV： $F_{j0} = I \cdot \delta_x = 5\text{mA} \times 28.7\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 0.1435\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$

250kV： $F_{j0} = I \cdot \delta_x = 5\text{mA} \times 16.5\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 0.0825\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$

350kV： $F_{j0} = I \cdot \delta_x = 5\text{mA} \times 23.5\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 0.1175\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$

α_r ：反射物的反射系数，根据《辐射防护导论》（方杰主编）P187 图 6.4，200kV 单能光子在铁上的反射系数保守取 0.023，250kV 单能光子在铁上的反射系数保守取 0.021，350kV 单能光子在铁上的反射系数保守取 0.018。

a ：X 射线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，本项目取 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;

η_{rR} : 透射因子, 取 1。

(3) 理论计算结果

本项目移动式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, 将相关参数代入上述公式, 可估算出探伤机探伤时控制区和监督区的边界范围, 见下表。

表 11-10 X 射线探伤机移动式探伤控制区与监督区估算结果

探伤机	射线类型		控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
200kV X 射线 探伤机	有用线束	探伤钢板厚度 30mm	76	186
		泄漏辐射	13	32
		散射辐射	36	89
250kV X 射线 探伤机	有用线束	探伤钢板厚度 40mm	44	109
		泄漏辐射	13	32
		散射辐射	26	64
350kV X 射线 探伤机	有用线束	探伤钢板厚度 55mm	54	133
		泄漏辐射	18	45
		散射辐射	29	71

综上所述, 经理论计算本项目开展 X 射线移动探伤作业时, 管电压为 200kV 的 X 射线探伤机对 30mm 探伤工件进行探伤的情况下, 有用线束方向最大控制区范围为距离靶点约 76m, 最大监督区范围为距离靶点约 186m; 非有用线束方向最大控制区范围为距离靶点约 36m, 最大监督区范围为距离靶点约 89m; 管电压为 250kV 的 X 射线探伤机对 40mm 探伤工件进行探伤的情况下, 有用线束方向最大控制区范围为距离靶点约 44m, 最大监督区范围为距离靶点约 109m; 非有用线束方向最大控制区范围为距离靶点约 26m, 最大监督区范围为距离靶点约 64m; 管电压为 350kV 的 X 射线探伤机对 55mm 探伤工件进行探伤的情况下, 有用线束方向最大控制区范围为距离靶点约 54m, 最大监督区范围为距离靶点约 133m; 非有用线束方向最大控制区范围为距离靶点约 29m, 最大监督区范围为距离靶点约 71m。

实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的降低、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平下降, 从而缩小控制区和监督区的范围, 因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 的要求, 在第一次曝光开始前, 根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界; 在试运行或第一次曝光期间, 借助便携式 X- γ 剂量率仪进行检测或修正, 将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区, 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。

2、 γ 射线移动探伤辐射环境影响分析

根据公司提供的资料，本项目拟购的每台 ^{192}Ir 或 ^{75}Se - γ 射线探伤机内分别配置1枚最大活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 的 ^{192}Ir 或 ^{75}Se 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（20~100）mm的罐体或管件， ^{75}Se - γ 射线探伤机主要用于检测钢板厚度为（10~40）mm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》（GBZ117-2022）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，《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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，如下图所示。

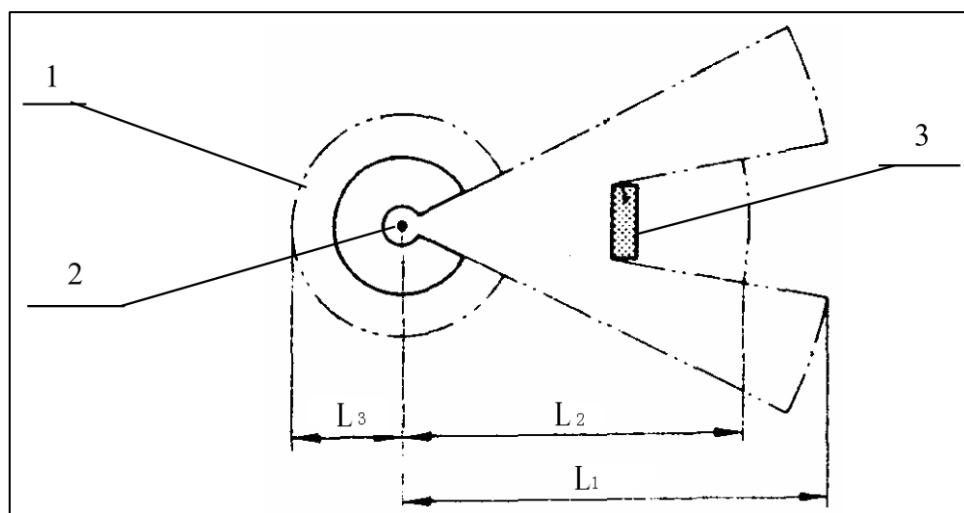


图 11-2 应用屏蔽物的控制区（无比例）

图中：

1——源容器屏蔽；

2——放射源；

3——探伤对象；

L_1 ——辐射未经工件衰减时要求的控制区距离；

L_2 ——有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离；

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。

(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 (11-12) 计算确定控制区的距离：

$$L_1 = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{15}} \quad (11-12)$$

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 γ 射线探伤机内含放射源 ^{192}Ir 和 ^{75}Se 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 $0.17\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ， ^{75}Se 放射源的周围剂量当量率常数为 $0.072\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ；

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

根据公式 (11-10) 计算可知—— ^{192}Ir 放射源相应的 $L_1=205\text{m}$ ， ^{75}Se 放射源相应的 $L_1=134\text{m}$ 。

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 (11-13)。

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_1}{\text{HVL}_1}}} \quad (11-13)$$

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。

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 (11-13)：

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_2}{\text{HVL}_2}}} \quad (11-14)$$

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_2 ——源容器或其他屏蔽物厚度，单位为 mm；

HVL₂——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 ¹⁹²Ir 放射源探伤工件最小厚度 20mm 钢板、⁷⁵Se 放射源探伤工件最小厚度 10mm 钢板及准直器为 25mm 钨作为计算依据，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）附录 A 中表 A.2，具体见下表。

表 11-11 不同材料在不同放射源能量下半值层厚度的近似值

屏蔽材料	半值层厚度（HVL）/mm	
	¹⁹² Ir	⁷⁵ Se
钢	14	9
钨	2.5	2.5

注：*由于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 中表 A.2 对 ⁷⁵Se 放射源在钨中的半值层厚度未作出相关规定，本次评价保守考虑，参考 ¹⁹²Ir 放射源取值为 2.5。

根据公式（11-12）和公式（11-13）计算可知：

¹⁹²Ir 放射源相应的 L₂=125m，L₃=4m；⁷⁵Se 放射源相应的 L₂=91m，L₃=3m。

（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 2.5μSv/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：

¹⁹²Ir放射源：

⁷⁵Se放射源：

$L_1'=L_1 \times (15/2.5)^{1/2}=205 \times 2.45 \approx 502 \text{ (m)}$ ； $L_1'=L_1 \times (15/2.5)^{1/2}=134 \times 2.45 \approx 326 \text{ (m)}$ ；

$L_2'=L_2 \times (15/2.5)^{1/2}=125 \times 2.45 \approx 306 \text{ (m)}$ ； $L_2'=L_2 \times (15/2.5)^{1/2}=91 \times 2.45 \approx 222 \text{ (m)}$ ；

$L_3'=L_3 \times (15/2.5)^{1/2}=4 \times 2.45 \approx 10 \text{ (m)}$ ； $L_3'=L_3 \times (15/2.5)^{1/2}=3 \times 2.45 \approx 7 \text{ (m)}$ 。

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，具体见下表。

表 11-12 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	205	125	4	502	306	10
⁷⁵ Se (3.7×10 ¹² Bq)	10mm	133	91	3	326	222	7

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屏蔽后划定的控制区距离为125m，监督区距离为306m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为4m，监督区距离为10m。⁷⁵Se-γ射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为91m，监督区距离为222m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为3m，监督区距离为7m。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 剂量率仪巡测的方式进行实测验证和调整。

3、人员受照剂量

根据公司提供的资料，移动式探伤配置30个探伤作业小组（每个工作组2名辐射工作人员），开展移动探伤作业时，每台 γ 射线探伤机配备2名探伤操作人员和1名现场安全员（在开展现场移动探伤作业时在随机指派）。辐射工作人员移动探伤运输 γ 射线探伤机等各环节均涉及 γ 射线，均要考虑辐射工作人员的有效剂量，X射线探伤机只有出束环节才有X射线，因此本项目移动探伤以 γ 射线探伤机为主线来进行辐射工作人员的有效剂量计算。

（1）计算公式

根据式11-6进行计算。

（2）辐射工作人员年有效剂量

根据建设单位提供的资料，厂内移动探伤现场X射线年拍片2000张，年出束总时间为150h； γ 射线年拍片35000张，年出束总时间为1750h；共有30个工作小组来承担，则单个工作小组X射线年拍片年出束总时间约为5h， γ 射线年拍片年出束总时间约为58h。

① X射线移动探伤年有效剂量

辐射工作人员剂量率保守取 $15\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子按全居留考虑，保守取 1，年出束总时间为 5h，根据公式（11-6）计算，单名辐射工作人员 X 射线移动探伤的年受照有效剂量最大为 0.08mSv 。

② γ 射线移动探伤年有效剂量

调整阶段：到达作业现场后，将探伤机从铅箱内取出（0.5min，周围剂量当量率取 0.5mSv/h ），并连接好输源管，辐射工作人员布线、摆放工件及布片。辐射工作人员在探伤机1m处累计操作5min（周围剂量当量率取 0.02mSv/h ）。

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，每次探伤送源和收源时间各约为6s，共计12s。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 与 ^{75}Se 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。在

相同的活度和裸源条件下，⁷⁵Se产生的剂量率小于¹⁹²Ir产生的剂量率，本次评价以¹⁹²Ir进行保守估算。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：

$$K = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} \dots\dots\dots (11-14)$$

式中：

K：无屏蔽防护时，参考点的周围剂量当量率，μGy/h；

A：放射性活度，Bq；本项目 ¹⁹²Ir 放射源活度为 3.7×10¹²Bq，即 3.7×10⁶MBq；

Γ：周围剂量当量率常数，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 表 A.1 可知：对于 ¹⁹²Ir，Γ=0.17μSv•m²/MBq•h；

r：参考点距离放射源的距离，m。

则距离¹⁹²Ir放射源10m~16m各点位的周围剂量当量率估算结果见下表。

表 11-13 距离 ¹⁹²Ir 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（μSv/h）	5198	4368	3721	3209	2796	2457

由上表可知：送、收源过程中操作位置的周围剂量当量率平均值为3625μSv/h。

探伤阶段：辐射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15μSv/h）；每次累计操作时间约为250/100h，辐射工作人员利用现有的屏障进行操作。

探伤结束后：辐射工作人员将储源容器与管线断开，辐射工作人员在探伤机1m处（周围剂量当量率取0.02mSv/h）累计操作时间为5min；将其放回铅箱（0.5min，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（2min，周围剂量当量率取0.02mSv/h）。

现保守估计，每次γ射线移动探伤整个操作流程的年附加有效剂量约为0.06mSv，单个工作小组年探伤次数最大为50次，根据公式（11-6）计算可知，居留因子取1，则单名辐射工作人员γ射线移动探伤的年受照有效剂量最大为3mSv。

③有效剂量统计

综上所述，本项目移动探伤辐射工作人员的有效剂量叠加结果为：

$$H_{X \text{ 射线}}+H_{\gamma \text{ 射线}}=0.08\text{mSv/a}+3\text{mSv/a}=3.08\text{mSv/a}$$

因此，本项目从事移动探伤操作的单名辐射工作人员的最大年附加有效剂量为3.08mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员≤5.0mSv/a），满足《电离辐射

防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过20mSv/a的剂量限值要求。

（3）公众人员年有效剂量

①X射线移动探伤年有效剂量

公众成员不得进入监督区区域，公众人员剂量率保守取 2.5μSv/h，居留因子取 1/16，年出束总时间为 150h，根据公式（11-6）计算，公众人员 X 射线移动探伤的年受照有效剂量最大为 0.02mSv。

②γ 射线移动探伤年有效剂量

公众成员不得进入监督区区域，公众人员剂量率保守取 2.5μSv/h，居留因子取 1/16，单个探伤小组年总出束时间为 58h（年出束总时间为 1750h），根据公式（11-6）计算，公众人员 γ 射线移动探伤的年受照有效剂量最大为 0.01mSv。

③有效剂量统计

综上所述，本项目移动探伤公众人员的有效剂量叠加结果为：

$$H_{X\text{ 射线}}+H_{\gamma\text{ 射线}}=0.02\text{mSv/a}+0.01\text{mSv/a}=0.03\text{mSv/a}$$

本项目移动探伤公众人员的年附加有效剂量为0.03mSv/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。

11.2.4 固定式探伤与移动探伤年有效剂量叠加影响分析

本项目移动探伤作业区域位于浙江金七门核电厂厂区内和配套安装生产临建区域，浙江金七门核电厂厂区内的移动探伤区域与探伤室相隔约 1764m，配套安装生产临建区域内的移动探伤区域与探伤室相隔约 62m，故需考虑配套安装生产临建区域内移动探伤与固定式探伤对公众产生的年有效剂量叠加影响。由表 11-6 可知，探伤室运行后所致公众成员最大受照年有效剂量为 $8.72 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ，移动探伤公众人员的年附加有效剂量为 0.03mSv/a，因此，本项目固定式与移动探伤对公众人员产生的年有效剂量为 $8.72 \times 10^{-2}\text{mSv/a}+0.03\text{mSv/a}=0.12\text{mSv/a}$ ，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。

11.3 “三废”影响分析

1、废旧放射源

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。公司已与丹

东市阳光仪器有限公司签订了废旧放射源回收协议。

2、臭氧和氮氧化物

(1) 移动探伤

X 射线移动探伤与 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) 室内探伤

本项目 X、 γ 射线探伤机在工作状态时，产生的 X、 γ 射线将会使探伤室内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目两间探伤室内拟设 1 套机械排风系统，设计风机风量为不小于 3370m³/h，排气口位于探伤室南侧室外。

本次评价采用理论计算的方式以放射源 ¹⁹²Ir 为代表预测本项目室内探伤过程臭氧对周围环境的影响。

根据《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进、娄云，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期）中给出的公式，估算辐射所致臭氧的产额和浓度。

① γ 射线密封源所致的 O₃ 产额

$$P = 3.02AK_{\gamma}GV^{1/3} \quad (11-9)$$

式中：

P: O₃ 的产额，mg/h；

A: 放射性活度，TBq，本项目放射源 ¹⁹²Ir 的放射性活度均为 3.7×10¹²Bq，即 3.7TBq；

K _{γ} : 空气比释动能率常数，Gy·m²·TBq⁻¹·min⁻¹；根据 GBZ117-2022 可知：对于 ¹⁹²Ir，K _{γ} =0.17μSv·m²/MBq·h=2.83×10⁻³Gy·m²·TBq⁻¹·min⁻¹；

G: 空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数，本次评价取值 10；

V: 探伤室的体积，m³，本项目探伤室总容积约 427m³（含迷道）。

经计算：本项目探伤室所致的 O₃ 产额 P=2.38mg/h。

②臭氧浓度计算

本项目探伤过程中产生的 O₃，一部分因时间原因自然分解，另一部分由排风系统排到室外，则空气中臭氧的平均浓度：

$$Q = \frac{P \cdot T \cdot (1 - e^{-1/T})}{V} \quad (11-9)$$

式中：

Q: 空气中 t 时刻 O₃ 的空气浓度，mg/m³；

T: O₃ 的有效清除时间，h。 $T = \frac{T_V \cdot T_d}{T_V + T_d}$ ，其中 T_V 表示平均每次换气需通风的时

间，本项目探伤室设计风量不低于 3370m³/h，则正常通风状态下，探伤室对应的 t_v=0.13h/次；T_d 表示 O₃ 的有效分解时间，0.83h，则 T=0.11h；

t：连续照射时间，h；

V：探伤室的体积，m³，本项目探伤室总容积约 427m³（含迷道）。

当射线照射时间较长时，t>>T 时，臭氧浓度达到饱和，则公式（11-16）可简化为：

$$Q = \frac{P \cdot T}{V} \dots\dots\dots (11 - 17)$$

经计算，本项目探伤室内O₃浓度Q=6.26×10⁻⁴mg/m³。

因此，本项目探伤室内产生的臭氧室内浓度远低于《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)中规定的 O₃ 的最高允许浓度 0.3mg/m³ 限值要求。同时，探伤室内臭氧通过排风系统排出后，在常温常压状态下会自动分解为氧气，其浓度进一步的降低，远低于《环境空气质量标准》（GB 3059-2012）及 2018 年修改单中 O₃ 的 1 小时平均浓度限值 0.2mg/m³ 的要求。

氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，因此，本项目产生的 NO_x 室内浓度也能满足《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）中规定的 NO_x 的最高允许浓度 5mg/m³ 限值要求，排出后环境空气中的 NO_x 浓度能满足《环境空气质量标准》（GB 3059-2012）及 2018 年修改单中 NO_x 的 1 小时平均浓度限值 0.25mg/m³ 的要求。

综上所述，本项目探伤过程中产生的非放射性有害气体，对大气环境影响较小。

3、废显（定）影液与废胶片

探伤作业完成后产生的废显（定）影液、废胶片必须按规定进行合理的处置，分类收集后送交有资质的危险废物处置单位集中收集与处置，不得随意排放或废弃，采取该措施后不会对周围环境或人类健康造成危害。公司已与提供了危废委托处置承诺书，承诺本项目所产生的废显（定）影液、废胶片等危废，将根据危险废物有关存储要求妥善收集后暂存于中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目部的危废暂存间内。严格按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》、《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）和《危险废物转移管理办法》等有关规定，建立危险废物管理台账，并委托具有相应危险废物经营资质的单位处理处置，同时严格执行危险废物转移计划审批和转移联单制度，符合要求。

11.4 事故影响分析

11.4.1 辐射事故分级

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，见下表。

表 11-14 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。

11.4.2 辐射事故风险识别及防范措施

本项目射线探伤机仅在接通电源工作时可以产生 X 射线，因此最有可能发生的事故工况发生在使用阶段，具体见下表。

表 11-14 本项目射线探伤装置风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
X 射线室内探伤	①X 射线探伤机在对工件进行照射的工况下，门-机联锁失效，至使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机联锁失效探伤期间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。 ②操作人员违规操作，造成周围人员的不必要照射，引发辐射事故。 ③射线装置调试或维修期间，调试或维修工程师误开机出束，引发辐射事故。	①定期检查维护，确保门机联锁装置、紧急停机按钮、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等安全措施正常运转，保持完好。 ②从事 X 射线探伤的辐射工作人员必须经过有关部门的专业培训，具备上岗资格证，业务熟练；严格遵守探伤机的使用管理规定和操作规程，禁止违章操作、野蛮作业；作好探伤机的日常维护保养，定期检查，保证设备始终处于完好状态。操作过程中，设备发生任何故障都要立即停机，及时通知有关人员进行维修，并做好故障记录，不允许设备带故障运行。 ③射线装置在调试和使用时，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施，调试和维修工作由厂家专业人员承担。
γ 射线室内探伤	①γ 射线探伤机在对工件进行照射的工况下，探伤室门-机联锁失效，工作人员误入探伤室，或防护门未完全关闭，致使射线泄漏到探伤室外面，给工作人员及周围活动的人员造成不必要的照射。 ②人员滞留探伤室内尚未完全撤出，γ 射线探伤机即对工件进行探伤，造成工作人员受到额外的照射。	①定期检查维护，确保门机联锁装置、紧急停机按钮、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等安全措施正常运转，保持完好。 ②γ 射线室内探伤结束后，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。 ③γ 射线室内探伤开机前注意探伤室清场，

	③放射源源闸开关出现故障未能及时收回，工作人员在不知情的情况下误入探伤室，将受到较大额外辐射照射，造成严重的安全隐患。 ④检修时 γ 射线探伤机中的放射源从容器中掉出来，会对操作人员及可能到达的公众成员产生很强的辐射照射。 ⑤管理人员疏忽或人为故意造成放射源丢失或偷盗事故，将造成严重的安全隐患。 ⑥人为故意引起的辐射照射。	探伤期间工作人员不得脱岗。 ④γ 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。 ⑤建设单位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。 ⑥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，应关闭探伤室防护门，立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入辐射区。同时，现场的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应急剂量监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。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，杜绝此类事故发生。 ⑦对 γ 射线室内探伤制定操作规程，明确 γ 射线机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，并建立完善的《射线装置使用登记制度》和《放射源使用登记制度》，加强对射线装置和放射源的监管和维护。
X 射线移动探伤	①探伤机故障或控制失灵，出现异常曝光可致人员受到一定照射剂量，引发辐射事故。 ②X 射线探伤机探伤时，因作业现场未标划安全防护区、未设置警戒线、现场管理不到位或者曝光前未清查现场，使人员误入或者误留辐射区，引发辐射事故。 ③X 射线探伤机被盗，使不了解探伤机性能的人员开机引发辐射事故。	为防止开展移动探伤时，公众误留、误入控制区或监督区，除探伤现场事先清场，布置足够的警戒绳等围挡防止公众入内、并在关键位置布设警戒灯和警示牌提示公众外，还必须安排专人巡查控制区和监督区边界。因此，每次移动探伤除 1 名操作人员外，还至少有 2 名安全巡查人员。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，应安装防盗门窗、监控等设施。
γ 射线移动探伤	本项目 γ 射线探伤机内含的放射源 ^{192}Ir、^{75}Se 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	（1）贮存阶段 a、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，检查源库的视频监控系统、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； b、计划定期进行源库的环境监测，发现问题

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。 (1) 贮存阶段 a、源库的视频监控系统和红外报警装置发生故障，导致人员进入源库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； b、源库的防盗门和源格防护门的防盗锁损坏，导致人员进入源库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； c、在电离辐射警告标志未发生作用的情况下，导致人员进入源库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； d、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。 (2) 运输过程 ① 风险识别 a、单人运输放射源，无专人押运。 b、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。 c、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。 d、工作人员麻痹大意，玩忽职守，致使含源 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。 (3) 移动探伤过程 ① 风险识别 a、移动探伤时在警示灯、警戒线和警示标识未起作用的情况下，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。 b、放射源因故从机器上拆下来，γ 射线探伤机探伤后未放入源库中保管，可能会发生放射源丢失或被盗事故。 c、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，将对操作人员产生较强的辐射照射。 d、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。 e、工作人员不按要求佩戴个人防护用品，造成超剂量照射。	及时整改，防止环境风险的发生； c、制定应急预案并加强应急演练，防止环境风险的发生。 (2) 运输过程 a、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。 b、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。 c、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。 d、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。 e、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。 f、加强运输过程中的防盗意识，做好运输车辆安保措施。 (3) 移动探伤过程 a、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、警示灯，在监督区四周可设置醒目的警示指示和提醒。 b、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。 c、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。 d、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。 e、γ 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。 f、γ 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。 g、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。 h、γ 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。 i、γ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。 g、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。
--	--	--

11.4.3 应急处置预案

对以上可能发生的事故风险，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关规定，公司应制定辐射事故应急方案，并定期进行演练，及时进行整改，同时还应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。当发生或发现辐射事故，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。当事故发生时，公司应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并填写《辐射事故初始报告表》，向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，还应同时向卫生主管部门报告。如发生放射源被盗的事故，则还须向公安部门报告。

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

12.1.1 机构设置

建设单位对射线装置放射防护安全应负主体责任，拟应成立辐射安全与环境保护管理机构，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，确定管理机构领导、成员及辐射防护管理专（兼）职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。

12.1.2 辐射人员管理

本项目拟新增配备辐射工作人员 97 名。

（1）个人剂量检测

建设单位拟为本项目辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计监测周期一般为 2 个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量档案，一人一档，安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量异常应立即停止辐射相关工作，个人剂量档案应长期保存。

（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>）报名培训考核并取得成绩单，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。

根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录(2021 年版)》，本项目使用 X 射线探伤设备的辐射工作人员考核专业类别为 X 射线探伤，使用 γ 射线探伤设备的辐射工作人员考核专业类别为 γ 射线探伤。

（3）辐射工作人员职业健康体检

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康

标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行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。

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

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施。

建设单位应制定《辐射安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作场所安全措施》、《岗位职责》、《工业X射线机操作规程》、《 γ 射线探伤机操作规程》、《放射源领用、归还登记制度》、《射线装置使用登记制度》、《探伤设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训计划、体检与保健制度》、《监测方案》、《订购、运输及退役处理制度》、《危险废物处理制度》与《辐射安全档案管理制度》等辐射安全管理制度。

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

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》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，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。建设单位拟配备 8 台便携式 X- γ 剂量仪。所有新增辐射工作人员均拟配备个人剂量计，各工作场所均拟配备个人剂量报警仪。

12.3.2 监测计划

（1）个人剂量监测和职业健康检查

本项目新增辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期一般为 2 个月，最长不超过三个月。辐射工作人员职业健康检查应至少每 2 年进行 1 次，并建立职业健康监护档案且终生保存。

(2) 辐射工作场所及周围环境监测

A、年度监测

建设单位应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

B、日常自行监测

建设单位应定期自行开展辐射监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为每次探伤前。

C、监测内容和要求

监测内容：周围剂量当量率。

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

表 12-1 辐射监测计划

场所名称	监测内容	监测类型	监测点位	监测依据	监测周期
探伤室	周围剂量当量率	年度监测	探伤室顶棚、四侧墙体及防护门外 30cm 离地面高度 1m 处，操作室，各电缆管道口、通风口以及四周环境保护目标	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	1 次/年
		自主监测			1 次/季
		验收监测			竣工验收 1 次
源库		年度监测	四侧屏蔽墙和顶棚外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、电缆和排风管道口处；源格表面 30cm 处；含源 γ 射线探伤机出入库时源容器表面。		1 次/年
		自主监测			每次有新源入库
		验收监测			竣工验收 1 次
X 射线移动探伤区域		年度监测	控制区和监督区边界		1 次/年
		自主监测			每次移动探伤工作时
		验收监测			竣工验收 1 次
γ 射线移动探伤区域		年度监测	γ 射线移动探伤现场：由远及近测量，划分控制区、监督区；工作完毕且放回放射源至屏蔽位置后，源容器表面及工作场所。		1 次/年
		自主监测			每次移动探伤工作时
		验收监测			竣工验收 1 次
/	个人剂量检测	个人剂量当量	所有辐射工作人员	《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）	一般为 2 个月，最长不得超过三个月

12.4 年度安全状况评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定，公司应对

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

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- （1）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （2）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- （3）辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- （4）射线装置台账；
- （5）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- （6）辐射事故及应急响应情况；
- （7）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- （8）存在的安全隐患及其整改情况；
- （9）其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.5 辐射事故应急预案

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

- （1）应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）。
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备。
- （3）辐射事故分级与应急响应措施。
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序。
- （5）生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- （6）编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施并在2小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生行政部门报告，当发生人为破坏行为时，应及时向公安部门报备。

12.6 竣工环保验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）和《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，

自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

表13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

浙江金七门核电项目部为浙江金七门核电厂安装工程施工方之一，施工过程中需对核电设施及工件（管道、罐体、平板件等）焊缝进行无损检测，拟在金七门核电厂建设区内配套开展 X、 γ 射线室内固定探伤和现场移动探伤。根据探伤需求浙江金七门核电项目部计划配置 20 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（含 20 枚 ^{192}Ir 放射源，出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，II类源）、10 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机（含 10 枚 ^{75}Se 放射源，出厂活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，II类源）及 8 台 X 射线探伤机（均为定向机，II类射线装置，最大管电压为 350Kv）。放射源非工作状态贮存于新建源库内。

13.1.2 项目位置

本项目探伤室位于浙江金七门核电厂内生产临建区东南侧，探伤室为独立的一层建筑，正下方为土层，无地下室。1#探伤室东侧紧邻 2#探伤室，南侧紧邻操作室 1 和设备库 1（戊类），西侧紧邻源库、器材室和源库值班室，北侧紧邻厂内道路，隔厂区道路约 10m 为综合用房；2#探伤室东侧紧邻厂内道路，隔厂区道路约 23m 为仓库，南侧紧邻操作室 2 和设备库 2（戊类），西侧紧邻 1#探伤室，北侧紧邻厂内道路，隔厂区道路约 10m 为综合用房。

本项目移动式探伤现场工作场所为浙江金七门核电厂厂区内和配套安装生产临建区域，不涉及核电厂外。核电厂厂区内移动探伤区域东侧紧邻常规岛混凝土骨料备料区，南侧紧邻核岛/常规岛液态流出物排放厂房和联合泵房；西侧紧邻超载堆压区域、辅助锅炉房、备用柴油发电机厂房和辅助变压器区域及公用 10kV 配电间，北侧紧邻厂区消防补水泵站和生产生活污水处理站。配套安装生产临建区内移动探伤区域东侧紧邻通风预制车间，南侧紧邻常规岛骨料临时堆放及后续正式一体化办公楼建设预留用地，西侧紧邻成品半成品存放棚区，北侧为不锈钢成品存放间。

本项目在 1#探伤室西侧新建 1 间源库，源库为独立的一层建筑，正下方为土层，无地下室。源库东侧为 1#探伤室，南侧为器材室，西侧为登记处，北侧紧邻厂内道路，隔厂内道路约 10m 为综合用房。

本项目危废暂存库位于生产临建区，该用房为一层建筑，废显（定）液、废胶片等危险废物集中收集后及时转移至现有危废暂存间进行暂存，暗室、评片室均位于综合用房一层（该建筑共三层，无地下室），洗片和评片工作均在暗室与评片室内完成。

(3) 选址合理性分析

本项目位于浙江省宁波市象山县鹤浦镇金七门村的金七门核电厂内，浙江金七门核电项目获得象山县自然资源和规划局出具的《临时用地批准书》（见附件4），项目选址阶段环评已获生态环境部批复，因此本项目符合土地利用规划。本项目各辐射工作场所评价范围内主要为浙江金七门核电厂厂区内，无居民点和学校等环境敏感点，周围无环境制约因素，且附近区域亦不涉及易燃易爆物质和危险化学品的存放。在建筑墙体屏蔽、距离衰减及辐射安全管理措施的基础上，本项目对核电厂区内的非辐射工作人员及周围普通公众的辐射影响符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对公众成员“剂量限值”的要求，也符合本项目剂量约束值的要求。因此，本项目选址合理可行。

(4) 项目布局合理性分析

本项目操作室与探伤室分开。本项目探伤室工件门位于北侧，工件由平板车装载进入探伤室内。探伤室人员门位于探伤室南侧，采用“L”型迷路形式，避免了主射线照射到操作室和工件门等区域；本项目新增放射源的存放在新建源库内，本项目的功能设施完善，布局合理。

(5) 项目所在地区环境质量现状

由监测结果可知，本项目新建探伤室及移动探伤工作场所周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

(6) 辐射安全防护措施结论

探伤室四侧墙体（含迷道）与顶棚均采用混凝土作为屏蔽材料，防护门采用铅板作为屏蔽材料，根据表11的预测结果，探伤室的屏蔽设计合理，符合规范要求。对探伤室工作场所进行分区管理，划分为监督区和控制区，控制区设置相应的警示标志，限制无关人员进入；探伤室拟设置门-机联锁装置、工作状态指示灯、声音提示装置、监视装置、固定式场所辐射探测报警装置、紧急停机按钮、机械排风设施等辐射安全防护措施；探伤室工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪，各项辐射环境管理规章制度拟张贴于操作室墙上，拟建立X射线探伤机使用台账及相关危险废物管理台账等，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。

本项目移动探伤均按标准要求划分控制区和监督区，针对 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。X射线移动探伤与 γ 射线移动探伤的辐射安全防护措施见本报告表10，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。

(7) 辐射安全管理结论

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

②公司拟组织所有辐射工作人员参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训。

③公司拟为所有辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检有资质的单位（常规监测周期一般为2个月，最长不应超过3个月），并建立个人剂量档案。辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每一年或两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的职业健康档案。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满75周岁，或者停止辐射工作30年；职业健康监护档案应长期保存。

13.1.3 辐射环境影响分析结论

(1) 污染因子

本项目探伤室工作场所与X射线移动探伤作业工作场所的主要污染因子为X射线、臭氧、氮氧化物、废显（定）影液和废胶片；源库的主要污染因子为 γ 射线、臭氧、氮氧化物；本项目 γ 射线移动探伤作业工作场所的主要污染因子为 γ 射线、臭氧、氮氧化物、废显（定）影液和废胶片。

(2) 辐射剂量率结论

当探伤室内仅开启一台活度为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{192}Ir -- γ 射线探伤机进行探伤时，探伤室各侧屏蔽墙体和工件门辐射剂量率均满足《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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。可推断出当活度为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{75}Sr -- γ 射线探伤机与X射线定向探伤机满功率运行时，探伤室各侧屏蔽墙体和工件门也能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室墙和入口门的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；对不需要人员到达的探伤室顶外30cm处的剂量率参考控制水平不大于 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(3) X 射线移动探伤工作场所控制区和监督区的划分

经理论计算本项目开展X射线移动探伤作业时，控制区最大范围为距探伤机76m以内区域，监督区最大范围为距探伤机186m以内区域。以上理论计算结果仅为本项目X射线移动探伤控制区和监督区的划分提供参考，实际探伤过程中X射线探伤机的管电压的不同、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的

遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平产生变化，从而改变控制区和监督区的范围。

(4) γ 射线移动探伤工作场所控制区和监督区的划分

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屏蔽后划定的控制区距离为125m，监督区距离为306m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为4m，监督区距离为10m。 ^{75}Se - γ 射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为91m，监督区距离为222m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为3m，监督区距离为7m。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 剂量率仪巡测的方式进行实测验证和调整。

(5) 保护目标剂量

根据剂量估算结果，本项目各辐射工作场所所致辐射工作人员与公众成员的年有效剂量当量小于本次评价项目年剂量约束值（职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“剂量限值”要求。

(6) “三废”环境影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固体废物产生。

①旧放射源

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。公司已与丹东市阳光仪器有限公司签订了废旧放射源回收协议。

②臭氧和氮氧化物

本项目探伤室内产生的臭氧室内浓度远低于《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）中规定的 O_3 的最高允许浓度 0.3mg/m^3 限值要求。同时，探伤室内臭氧通过排风系统排出后，在常温常压状态下会自动分解为氧气，其浓度进一步的降低，远低于《环境空气质量标准》（GB 3059-2012）及 2018 年修改单中 O_3 的 1 小时平均浓度限值 0.2mg/m^3 的要求。

源库内储存的放射源与空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经源库的排风口及时排至室外。X 射线移动探伤与 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。

③废显（定）影液与废胶片

探伤作业完成后产生的废显（定）影液、废胶片必须按规定进行合理的处置，分类收集后送交有资质的危险废物处置单位集中收集与处置，不得随意排放或废弃，采

取该措施后不会对周围环境或人类健康造成危害。公司已与提供了危废委托处置承诺书，承诺本项目所产生的废显（定）影液、废胶片等危废，将根据危险废物有关存储要求妥善收集后暂存于中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目部的危废暂存间内。严格按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》、《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）和《危险废物转移管理办法》等有关规定，建立危险废物管理台账，并委托具有相应危险废物经营资质的单位处理处置，同时严格执行危险废物转移计划审批和转移联单制度，符合要求。

13.1.4 可行性结论

（1）产业政策符合性

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目 γ 射线探伤机的应用属于第一类鼓励类第六项“核能”第4条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”，X射线探伤机的应用不属于限制类、淘汰类项目。因此，本项目符合国家产业政策要求。

（2）实践正当性

浙江金七门核电项目部因承接金七门核电厂核岛安装施工需要，拟在金七门核电厂厂区内开展 X、 γ 射线室内固定式、移动式探伤。项目运行目的是为核电厂建设过程中对管道焊缝或结构焊缝进行无损检测，以满足核安全相关法规及技术规范的要求，可对核电厂安装工程质量进行验证，在确保核电站安全运行中起到了重要作用，具有良好的社会效益和经济效益。本项目经辐射防护屏蔽和安全管理后，可保证项目周边辐射剂量率水平控制在合理水平，项目所致人员有效剂量满足项目管理目标要求。因此，从代价利益方面分析，本项目获得的利益远大于对环境的影响，具有明显的经济效率、社会效益，该项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

13.1.5 环保可行性结论

综上所述，中国核工业第五建设有限公司浙江金七门核电项目部 X、 γ 射线室内探伤与移动探伤建设项目，项目选址合理，符合国家产业政策，符合“三区三线”和《象山县生态环境分区管控动态更新方案》的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。建设单位在落实本报告提出的各项污染防治措施后，其辐射工作场所辐射安全措施及安全管理措施满足从事相应辐射活动的要求，辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，营运期对周围环境产生的辐射影响在可接受范

围内，因此本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议和承诺

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

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

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

表14 审批

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