

报告编号：WKFHP-24112

核技术利用建设项目

凯喜姆阀门有限公司
X、 γ 射线移动式探伤及放射源暂存库建设项目
环境影响报告表
(公示稿)

凯喜姆阀门有限公司

2025 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

凯喜姆阀门有限公司

X、 γ 射线移动式探伤及放射源暂存库建设项目 环境影响报告表

建设单位名称：凯喜姆阀门有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省温州市龙湾区永兴街道滨海四道 999 号

邮政编码：325024

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	9
表 3	非密封放射性物质	9
表 4	射线装置	10
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6	评价依据	12
表 7	保护目标与评价标准	16
表 8	环境质量和辐射现状	25
表 9	项目工程分析与源项	30
表 10	辐射安全与防护	43
表 11	环境影响分析.....	62
表 12	辐射安全管理	83
表 13	结论与建议	90
表 14	审批	94

表 1 项目基本情况

建设项目名称	凯喜姆阀门有限公司 X、 γ 射线移动式探伤及放射源暂存库建设项目				
建设单位	凯喜姆阀门有限公司				
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址	浙江省温州市滨海园区滨海四道 999 号				
项目建设地点	浙江省温州市龙湾区永兴街道滨海四道 999 号				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	160	项目环保投资 (万元)	125	投资比例(环保投资 /总投资)	78.1%
项目性质	☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²)	无新增
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	/			

1.1 项目概况

1.1.1 建设单位简介

凯喜姆阀门有限公司（以下简称“公司”）创建于 1983 年，原称“瓯海永兴管道阀门厂”，1992 年更名为“温州市通用阀门厂”；1995 年企业改制，改称“浙江凯喜姆阀门有限公司”，1999 年更名为“凯喜姆阀门有限公司”；2012 年公司搬入浙江省温州市龙湾区永兴街道滨海四道 999 号，是一家集科研、制造、销售于一体的现代化专业阀门制造公司，主要从事阀门和旋塞研发、普通阀门和旋塞制造、阀门和旋塞销售、泵机真空设备制造、工业自动控制系统装置制造、通用设备制造等。

公司历年项目申报情况，见表 1-1。

表 1-1 公司历年项目申报情况

序号	环评情况	批复情况	验收情况	主体工程	是否投产	备注
1	年产 800 吨核能阀门和年产 15000 吨出口阀门投资项目	温环建〔2006〕34 号	于 2018 年 12 月通过原温州市龙湾区环境保护局验收；龙环建验〔2018〕6038 号	年产 800 吨核能阀门和年产 15000 吨出口阀门	已投产	/
2	凯喜姆阀门有限公司智能化车间扩建项目	温环龙建〔2022〕16 号	尚未验收	年产 4200 吨工艺阀门、2000 吨法兰和 3000 吨管件	试运行阶段	主体工程尚未达到验收要求

1.1.2 项目建设目的和任务由来

主体工程《年产 800 吨核能阀门和年产 15000 吨出口阀门投资项目》年产 800 吨核能阀门和年产 15000 吨出口阀门，阀门的无损检测委托温州冰川无损检测有限公司的探伤室（探伤室租赁于凯喜姆阀门有限公司的 3 号车间，探伤室含放射源暂存间，探伤室配有操作室、暗室、评片室与危废暂存间。探伤室使用 1 台 ^{60}Co 射线探伤机、1 台 ^{192}Ir 探伤机及 1 台 3505 型 X 射线探伤机对凯喜姆阀门有限公司生产的阀门铸件进行探伤，每天工作 4 小时。无损检测合作协议见附件 8。）进行检测。

随着公司业务范围不断扩张，公司应市场及客户需要，将研发超大口径低温阀系列，此项目研发成功后将提高企业市场竞争力，为公司未来发展提供保障。拟研发生产的部分阀门（10m 长×2.3m 宽×3.5m 高）尺寸较大，厚度约 10~100mm，超出了温州冰川无损检测有限公司的探伤室大门尺寸。为满足生产及检测需要，现提出在现有厂区 1#车间 2#车间之间过道指定区域进行移动探伤辐射环评的许可申请，使用 1 台 XXQ-3005 型 X 射线定向探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电压为 5mA）对较薄的大型阀门进行移动探伤，使用 5 台 YG-192S 型 γ 射线探伤机（每台 γ 射线探伤机内含 1 枚放射源 ^{192}Ir ，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）对较厚的大型阀门进行移动探伤。

根据原国家环境保护总局公告环发〔2007〕8 号《关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求》，从事移动探伤作业应拥有 5 台以上探伤装置。公司拟购 5 台 YG-192S 型 γ 射线探伤机（每台 γ 射线探伤机内含 1 枚放射源 ^{192}Ir ，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，属于 II 类放射源）和 1 台 XXQ-3005 型 X 射线定向探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电压为 5mA，属于 II 类射线装置）对自生产的阀门进行移动式探伤；在 2#车间内西南侧新建 1 间放射源暂存库（内设 5 个储源坑）和 1 间 X 射线机贮存间，分别用于 X、 γ 射线探伤机不作业时的暂存；在 3 车间 B 区西侧配套建设暗室与评片室等辅助用房，危废暂存间依托于 2#车间西侧已建的危废暂存间，用于探伤洗片、评片及探伤过程中产生的各类危废的临时暂存。

根据原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号《关于发布放射源分类办法的公告》和原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目使用的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，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》。

为保护环境，保障公众健康，凯喜姆阀门有限公司委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行环境影响评价工作，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场勘察和资料收集等工作，并结合项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.1.3 项目建设内容和规模

本项目拟购置 5 台 YG-192S 型 γ 射线探伤机（每台 γ 射线探伤机内含 1 枚放射源 ^{192}Ir ，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，属于 II 类放射源）、1 台 XXQ-3005 型 X 射线定向探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，属于 II 类射线装置）在现有厂区 1#车间 2#车间之间过道指定区域（区域尺寸为 11m $\times$ 3m）对自生产的阀门进行移动式探伤，主射线均朝向东侧；在 2#车间内西南侧新建 1 间放射源暂存库（内设 5 个储源坑）和 1 间 X 射线探伤机贮存间，用于 γ 、X 射线探伤机不作业时的临时贮存；在 3#车间 B 区西侧新建 1 间暗室与 1 间评片室等辅助用房，危废暂存间依托于 2#车间西侧已建的危废暂存间，用于探伤洗片、评片及探伤过程中产生的各类危废的临时暂存。

1.2 相关规划符合性分析

1.2.1 用地性质符合性分析

本项目位于浙江省温州市龙湾区永兴街道滨海四道 999 号，不新增用地，根据企业提供的不动产权证（见附件 5），本项目用地性质为工业用地，根据《温州浙南沿海先进装备产业集聚区核心区控制性详细规划》（见附图 9），该地块用地类型为 1 类工业用地，因此本项目建设符合当地用地规划要求。

1.2.2 区域规划环评符合性分析

根据《温州浙南沿海先进装备产业集聚区核心区总体规划环境影响报告书》及《温州浙南沿

海先进装备产业集聚区核心区总体规划环评关于《温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》的补充说明》相关文件，项目位于浙江省温州市温州湾新区产业集聚重点管控单元（ZH33030320003），环境准入条件清单准入清单见下表。

（1）规划环评环境准入和条件清单

表 1-2 环境准入条件清单

区域	分类	行业清单	工艺清单	产品	制订依据
浙江省温州市空港新区产业集聚重点管控单元 ZH33030320003	禁止准入类产业	42 精炼石油产品制品 251	全部（除单纯物理分离、物理提纯、混合、分装的）	/	《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）
		54 水泥、石灰和石膏制造 301	水泥制造（除水泥粉磨站）	/	
		61 炼铁 311	全部	钢、铁、锰、铬合金	
		62 炼钢 312；铁合金冶炼 314	全部	钢、铁、锰、铬合金	
		64 常用有色金属冶炼 321；贵金属冶炼 322；稀有稀土金属冶炼 323	全部	/	
		67 金属制品表面处理及热处理加工	电镀、有钝化工艺的热镀锌	电镀和热镀锌产品	
		87 火力发电 4411	燃煤火电	/	
		3 牲畜饲养 031；家畜饲养 032；其他畜牧 039	全部	/	

（2）符合性分析

本项目不在禁止准入类产业条件清单内，不属于环境准入条件清单所列项目，因此本项目符合环境准入条件，符合规划环评要求。

1.2.3 “三区三线”符合性分析

2022 年 9 月 30 日自然资源部办公厅发布了《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》，其中“三区”是指农业空间、生态空间、城镇空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应农业空间、生态空间、城镇空间中划定的永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界三条控制线。其中，城镇开发边界内可分为城镇集中建设区、城镇弹性发展区和特别用途区。

根据温州市自然资源和规划局龙湾分局出具的说明文件（见附件 6），本项目位于城镇开发边界内，项目用地及评价范围均不涉及生态保护红线，因此符合浙江省“三区三线”相关规定和管理要求。

1.2.4 与温州市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

根据《温州市生态环境分区管控动态更新方案》，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。本项目与温州市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析判定情况见表 1-3。

表 1-3 与温州市生态分区管控动态更新方案符合性分析

内容	符合性分析
生态保护红线	根据温州市生态保护红线图（见附图 10），本项目用地及评价范围均不涉及生态保护红线。
环境质量底线	经现场检测，本项目拟建址及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率均处于当地本底水平，未见异常。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可做到达标排放，符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，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	本项目位于浙江省温州市温州湾新区产业集聚重点管控单元（单元编码：ZH33030320003，见附图 11），生态环境准入清单管控要求如下： ①空间布局约束 根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。 ②污染物排放管控 严格实施污染物总量控制制度，根据环境功能目标实现情况，编制实施重点污染物减排计划，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平，推动企业绿色低碳技术改造。新建、改建、扩建高耗能、高排放项目须符合生态环境保护法律法规和相关法定规划，强化“两高”行业排污许可证管理，推进减污降碳协同控制。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，深化工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。 ③环境风险防控 定期评估沿江湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。 ④资源开发效率要求 推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。 本项目为核技术利用建设项目，主要从事工业探伤作业，不属于《温州市生态环境分区管控动态更新方案》附件中表 1 工业项目分类表中的工业项目，且项目利用现有生产车间 1#车间 2#车间之间过道指定区域开展，不新增用地，不改变土地现状。经营过程中污染物简单，排放量较小，“三废”污染物皆可控制和处理，故项目运营后对周围环境不会产生较大影响。同时，公司已制定《辐射事故应急预案》，并设置辐射事故应急小组和应急物资，具备完善的风险防范措施。因此，本项目的实施符合生态环境准入清单的管控要求。

因此，本项目的建设符合温州市生态环境分区管控动态更新方案的要求。

1.3 项目选址与周边保护目标

1.3.1 项目地理位置及周边环境关系

本项目实施于公司 1#车间 2#车间之间过道指定区域内，位于浙江省温州市龙湾区永兴街道滨海四道 999 号，项目地理位置见附图 1。为方便描述，以厂区东北侧为东，则该厂区东侧为滨

海一路，南侧隔滨海四道为伟明环保装备集团有限公司、永兴街道爱国主义教育基地、温州中伟石化设备制造有限公司和温州金冠精密管件有限公司，西侧为温州市鑫利通五金有限公司、温州德士隆机器公司，北侧为温州风笛服饰有限公司和浙江鑫彩鸿防护用品股份有限公司，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 3。

1.3.2 项目选址及周边环境关系

（1）移动探伤作业区选址及周边环境关系

本项目移动探伤作业区位于公司 1#车间 2#车间之间过道指定区域，区域尺寸为 11m×3m，东侧紧邻车间过道，约 5m 为 1#车间，约 63m 为综合楼；南侧紧邻厂区道路，约 15m 为 3#车间 B 区，约 74m 为门卫室；西侧紧邻 2#车间，约 73m 为温州冰川无损检测有限公司探伤室，约 76m 为放射源暂存库，约 78m 为暗室、评片室；北侧紧邻车间过道，约 89m 为温州风笛服饰有限公司，约 91m 为浙江鑫彩鸿防护用品股份有限公司；正上方为顶棚，正下方为土层，无地下室。

移动探伤作业区边界距厂界东侧约 119m，南侧约 79m，西侧约 103m，北侧约 85m。

（2）放射源暂存库选址及周边环境关系

放射源暂存库位于 2#车间（单层，高约 12.2m，无地下层）内西南侧，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不作业时，临时贮存在放射源暂存库的源坑内（编号 1#~5#）。放射源暂存库建筑面积约 14.7m²，库内拟设 5 个源坑，最多可存放 5 枚放射源。放射源暂存库东侧紧邻 X 射线机贮存间与监控区，约 5m 为 2#车间内仓库区；南侧紧邻厂区道路，约 15m 为 3#车间 B 区与温州冰川无损检测有限公司探伤室，约 25m 为暗室、评片室；西侧紧邻厂区道路，约 14m 为 3#车间，约 23m 为温州市鑫利通五金有限公司；北侧紧邻车间过道，约 50m 为现有的危废暂存库；正上方为仓库，正下方为土层，无地下室。

（3）X 射线机贮存间

X 射线机贮存间位于 2#车间内西南侧，本项目 X 射线探伤机不作业时，临时贮存在 X 射线机贮存间，建筑面积约 14.2m²。X 射线机贮存间东侧紧邻监控区；南侧紧邻监控区；西侧紧邻放射源暂存库；北侧紧邻车间过道；正上方为仓库；正下方为土层；无地下室。具体位置见附图 5。该贮存间仅为 X 射线探伤机不作业的临时贮存，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。同时，X 射线探伤机不开机状态下，对周围环境不会产生辐射影响。

（4）暗室和评片室选址及周边环境关系

本项目移动式探伤作业洗片和评片工作均在新建的暗室和评片室内完成，废显（定）液、废胶片及洗片废液等危险废物集中收集后及时转移至现有的危废暂存间进行暂存，最终委托有资质

的单位处理处置。暗室位于 3#厂房（地上 3 层，高约 22m，无地下层）B 区西侧 1F 至 2F 隔层，由干湿两间组成，建筑面积约 33.4m²；评片室紧邻暗室东侧建设，建筑面积约 35.8m²；将暗室、评片室看作一个整体，则东侧为 3#车间 B 区，南侧为 3#车间 B 区，西侧为厂区道路，北侧为温州冰川无损检测有限公司探伤室，正上方为仓库，正下方为卫生间，无地下室。

1.3.3 环境保护目标

（1）放射源暂存库

本项目放射源暂存库环境保护目标主要为评价范围 50m 内辐射工作人员与公众成员。其中辐射工作人员包括放射源暂存库管理人员、含源 γ 射线探伤机存取源的辐射工作人员及参与含源 γ 射线探伤机短距离移动的辐射工作人员；公众成员为放射源暂存库周围、和温州市鑫利通五金有限公司内非辐射工作人员及其他公众。

（2）移动探伤作业区

本项目移动探伤作业区环境保护目标主要为评价范围 100m 内辐射工作人员与公众成员。其中辐射工作人员为 X、 γ 射线探伤机移动探伤作业的辐射工作人员及参与含源 γ 射线探伤机短距离移动的辐射工作人员；公众成员为凯喜姆阀门有限公司、温州风管服饰有限公司、浙江鑫彩鸿防护用品股份有限公司及厂区南侧滨海四道的非辐射公众人员及其他公众。

1.3.4 项目选址合理性分析

本项目放射源暂存库评价范围 50m 内主要为凯喜姆阀门有限公司内部及温州市鑫利通五金有限公司；移动探伤作业区评价范围 100m 内主要为凯喜姆阀门有限公司、温州风管服饰有限公司、浙江鑫彩鸿防护用品股份有限公司及滨海四道，均无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目放射源暂存库经实体屏蔽措施产生的电离辐射、X 射线移动探伤作业过程、 γ 射线移动探伤作业过程中经 1 扇 10mm 厚移动式铅屏风 2m（宽） $\times$ 4m（高）屏蔽后产生的电离辐射，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。并且本项目移动探伤的控制区与监督区边界均不超厂界。因此，本项目放射源暂存库及移动探伤作业区选址合理可行。

1.4 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 射线探伤机移动式探伤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 射线探伤机移动式探伤不属于限制类、淘汰类项目。因此，本项目符合国家产业政策要求。

1.5 实践正当性分析

本项目实施的目的是对自生产的阀门进行无损检测，以提高企业生产水平和保证产品质量，具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后，其对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，凯喜姆阀门有限公司在此之前未开展过核技术利用项目，无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	1.85×10 ¹³ Bq /3.7×10 ¹² Bq×5 枚	Ⅱ类	使用	无损检测	公司内 移动探伤作业区	不作业时临时贮存于放 射源暂存库的储源坑内	拟购，本次评价

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机（定向）	II类	1 台	XXQ-3005	300	5	无损检测	公司内 移动探伤作业区	拟购，本次评价

（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	最终排放去向
废旧放射源	固态	¹⁹² Ir	约 5 个月更换一次，废源年产生量为 10 枚/年，退役活度为 9.08×10 ¹¹ Bq/枚				暂存于放射源暂存库的储源坑内	由放射源生产单位回收处置。
报废的 γ 射线探伤机	固态	/	超过 10 年安全使用期限的 γ 射线探伤机，拟报废				暂存于放射源暂存库储源坑内	由 γ 射线探伤机生产单位回收处理。
废显（定）影液	液态	/	/	/	60kg	/	暂存于现有危废暂存间防渗容器内	定期委托有资质的单位处理处置。
废胶片	固态	/	/	/	30.3kg	/	暂存于现有危废暂存间布袋中	
洗片废液	液态	/	/	/	150kg	/	暂存于现有危废暂存间防渗容器内	
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	放射源贮存过程产生的臭氧和氮氧化物由机械排风系统引至室外，直接排放于大气环境；移动式探伤过程产生的臭氧和氮氧化物量小且作业场地为开放式场所。因此放射源贮存过程和移动式探伤过程产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响均较小。

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。
2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度，年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(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 日第二次修正； (3) 《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； (4) 《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； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，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； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (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) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行； (9) 《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； (10) 《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； (11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发〔2006〕145 号，原国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日起施行； (12) 《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，原国家环境保护总局，2007 年 1 月 15 日起施行； (13) 《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，原环境保护部办公厅，2014 年 10 月 10 日起施行； (14) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函〔2016〕430 号，2016 年 3 月 7 日起施行； (15) 《关于加强核与辐射安全监管能力建设工作的通知》，环办辐射函〔2017〕1593
------	---

	号，原环境保护部办公厅，2017 年 10 月 19 日印发； （16）《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》，环办辐射函〔2017〕609 号，原环境保护部办公厅，2017 年 4 月 21 日起施行； （17）《放射性废物分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行； （18）《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； （19）《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，2022 年 9 月 30 日起施行； （20）关于印发《生态环境分区管控管理暂行规定》的通知，环环评〔2024〕41 号，2024 年 7 月 6 日起施行； （21）《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； （22）《国家危险废物名录（2025 年版）》，生态环境部令第 36 号，2025 年 1 月 1 日起施行； （23）《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 10 月 1 日起施行； （24）《危险废物转移管理办法》，生态环境部令第 36 号，2025 年 1 月 1 日起施行； （25）《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； （26）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行； （27）《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； （28）《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，2023 年 1 月 1 日起施行； （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年修正)》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日起施行； (31) 《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； (32) 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，2025年2月2日起实施； (33) 浙江省生态环境厅关于印发《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，2024年3月28日起施行； (34) 温州市生态环境局关于印发《温州市生态环境分区管控动态更新方案》的通知，温环发〔2024〕63号，2024年11月15日起施行。
技 术 标 准	(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)，2016年4月1日实施； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，2003年4月1日实施； (3) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)，2023年3月1日实施； (4) 《γ射线探伤机》(GB/T 14058-2023)，2023年10月1日实施； (5) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)，2014年10月1日实施； (6) 《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019)，2019年4月1日实施； (7) 《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ 114-2006)，2007年4月1日实施； (8) 《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》(HJ 1258-2022)，2022年7月1日实施； (9) 《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002)，2003年4月1日实施； (10) 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA 1002-2012)，2012年9月1日实施； (11) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，2020年4月1日实施； (12) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，2021年5月1日实施； (13) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)，2021年5月1日实施；

	(14) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)，2021年8月1日实施； (15) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)，2023年7月1日实施； (16) 《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022)，2023年7月1日实施。
其他	(1) 环评委托书，见附件1； (2) 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》（HJ 10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围）”，结合本项目的辐射污染特点（放射源和射线装置应用项目），同时参考《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”，故确定本项目评价范围确定如下：

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

（2）移动探伤：①短距离移动时：手推车外 2m 范围内；② γ 射线探伤作业时：评价范围为各 γ 射线探伤机的最大监督区范围。经理论计算， ^{192}Ir - γ 射线探伤机移动探伤时经移动式铅屏风屏蔽后最大监督区范围为 76m，小于 100m；③X 射线探伤作业时：XXQ-3005 型 X 射线探伤机移动探伤时经移动式铅屏风屏蔽后有用线束方向及非有用线束方向最大监督区范围为 50m，小于 100m。

因此本项目移动探伤评价范围按 100m 计。

7.2 保护目标

（1）放射源暂存库

本项目放射源暂存库环境保护目标主要为评价范围 50m 内辐射工作人员与公众成员。其中辐射工作人员包括放射源暂存库管理人员、含源 γ 射线探伤机存/取源的辐射工作人员及参与含源 γ 射线探伤机短距离移动的辐射工作人员；公众成员为放射源暂存库周围及温州市鑫利通五金有限公司内非辐射工作人员及其他公众。

表 7-1 本项目放射源暂存库评价范围 50m 内环境保护目标基本情况表

辐射工作场所名称	环境保护目标		人数	方位	相对距离	保护要求
放射源暂存库	职业人员	放射源暂存库内	8 人	内部	紧邻	剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$
		安保值班监控室				
		放射源暂存库内及周围		周围	相邻	
		手推车及周围		/	/	
		暗室、评片室		南	25m	
		现有危废暂存间		北	50m	
	厂区内非	2#车间仓库区	2 人/天	东	5m	剂量约束值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$
		厂区道路	约 50 人/天	南	紧邻	

	辐射 工作 人员	3#车间 B 区	30 人/天	西	15m		
		温州冰川无损检测有限公司 探伤室	约 3 人/天		15m		
		厂区道路	约 50 人/天		紧邻		
		3#车间	30 人/天		15m		
		车间过道	约 20 人/天		北		紧邻
		二层仓库	约 2 人/天		上方		紧邻
	普通 公众 成员	温州市鑫利通五金有限公司	约 30 人/天	西	23		
注：放射源暂存库无地下层。							

（2）移动探伤作业区

本项目移动探伤作业区环境保护目标主要为评价范围 100m 内辐射工作人员与公众成员。其中辐射工作人员为 X、 γ 射线探伤机移动探伤作业的辐射工作人员及参与含源 γ 射线探伤机短距离移动的辐射工作人员；公众成员为凯喜姆阀门有限公司、温州风管服饰有限公司、浙江鑫彩鸿防护用品股份有限公司及厂区南侧滨海四道的非辐射工作人员及其他公众。

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

辐射工作场所名称	环境保护目标		人数	方位	相对距离	保护要求
移动探伤作业区	职业人员	放射源暂存库内	8 人	西	76m	剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$
		安保值班监控室		西	74m	
		手推车及周围		/	/	
		暗室、评片室		西	78m	
	厂区内非辐射工作人员	1#车间	2 人/天	东	5m	剂量约束值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$
		综合楼	40 人/天		63m	
		厂区道路	约 50 人/天		紧邻	
		3#车间 B 区	30 人/天	南	15m	
		门卫室	2 人/天		74m	
		滨海四道	约 500 人/天		83m	
		2#车间	35 人/天	西	5m	
		温州冰川无损检测有限公司探伤室	约 3 人/天		73m	
		车间过道	约 40 人/天		紧邻	
	普通公众成员	温州风管服饰有限公司	约 20 人/天	北	89m	
		浙江鑫彩鸿防护用品股份有限公司	约 20 人/天		91m	

注：3#车间 B 区为 3 层建筑，高约 22m，综合楼为 5 层建筑，高约 23m。

7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

一、剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

二、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原则，参考《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022），并结合项目实际情况，本次评价取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 10%分别作为本项目剂量约束值管理目标。即职业照射剂量约束值为 5mSv/a；公众照射剂量约束值为 0.1mSv/a。

三、辐射工作场所的分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

5.2 γ 射线探伤机

5.2.1 源容器及其传输导管

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

表 2 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

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

5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

a) 严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志；

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

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

d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA 1002 的相关要求。

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

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

5.2.4 放射源的运输和移动

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

5.2.5 废旧放射源的处理

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

7 移动式探伤的放射防护要求

7.2 分区设置

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

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。

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

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

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

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

τ ——每周实际开机时间，单位为小时（h）。

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。

7.2.10 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。

7.3.3 《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）

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

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

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

7.3.4 《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、放射源存放场所（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 实体防范要求

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 存放场所（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。警告标志应符合 GB 2894、GB 18871 的要求。

5.2.4 一、二级风险的库房墙壁应采取混凝土墙或实心砖墙建造，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。

5.2.6 库房、保卫值班室、监控中心的窗口，通风口应设置防盗栅栏。钢筋栅栏应采用直

径不小于 12mm 的实心钢筋；钢管栅栏应采用直径不小于 20mm，厚度不小于 2mm 的钢管；钢板栅栏应采用单根截面积不小于 8mm×20mm 的钢筋（钢管、钢板）。相邻钢筋（钢管、钢板）间隔应不小于 100mm，高度每超过 800mm 的应在中点处再加一道横向钢筋（钢管、钢板）。防盗栅栏应采用直径不小于 12mm 的膨胀螺栓固定，安装应牢固可靠。

7.3.5 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）

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

6 一般规定

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

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

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

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

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

6.1.6 贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

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

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

6.11 辐射防护

6.11.1 剂量限值和污染控制水平

6.11.1.1 从事废物（源）接收、贮存、监测的工作人员及公众的受照剂量应符合 GB 18871 所规定的限值。

6.11.1.2 工作人员的年有效剂量管理目标值不超过 5mSv，公众年有效剂量管理目标值不超过 0.1mSv。

6.11.1.3 库房盖板正上方 0.5m 处的最大剂量率不超过 20μSv/h；库房外墙表面 0.3m 处的最大剂量率不超过 2.5μSv/h。

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

6.11.2 辐射屏蔽

6.11.2.1 接收的废（旧）放射源及放射性废物包装表面的空气吸收剂量率小于 2mSv/h，表面 1m 处剂量率小于 0.1mSv/h。

6.11.2.2 在确定贮存坑盖板及废物库墙体的屏蔽层厚度时，应选取所存废物内可能出现的活度高且 γ 射线能量较高的核素作为屏蔽计算的主要辐射源项；若无法确定核素类型时，按 ⁶⁰Co 核素能量确定屏蔽层厚度。

6.11.2.3 当废物堆放面积和体积均较大时，可选用半无穷大体源模型计算屏蔽厚度。

6.11.2.4 源库的外墙体选用对 γ 射线、中子都有防护效果的混凝土作为防护材料；防护门也要考虑 γ 射线、中子的防护。

6.11.3 辐射分区

废物库库房按其辐射水平和可能污染的程度分为控制区和监督区，对于范围比较大的控制区，如果其中的照射或污染水平在不同的局部变化较大，需要实施不同的专门防护手段或安全措施，则可根据需要再划分不同的子区，以方便管理。将废物（源）贮存车间、废物装卸厅、排风机房等潜在剂量率或污染水平较高的区域定为控制区；其它区域定为监督区。

6.11.4 辐射监测

6.11.4.1 废物库库房应配备固定式 γ 剂量率在线监测系统，有条件时增设中子探头；卫生通过间应配备手脚污染监测装置。

6.11.4.2 配置便携式 X-γ 剂量率仪、中子辐射监测仪、表面污染监测仪、便携式气溶胶监测设备或气溶胶取样器等辐射监测设备，应符合 HJ 61 中的辐射监测要求。

6.11.4.3 应配备个人剂量计和个人剂量报警仪对辐射工作人员的受照剂量进行监测。

7.3.7 管理目标

（1）剂量约束值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放

射防护标准》（GBZ 117-2022）、《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）等评价标准，确定本项目有效剂量约束值：职业人员的有效剂量约束值约束值为5mSv/a，公众成员个人剂量约束值为0.1mSv/a。

（2）放射源贮存设施周围剂量当量率控制水平

本项目放射源暂存库位于2#车间内西南侧，正上方为仓库，正下方为土层，无地下室。参考《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）第6.11.1.3条款：库房盖板正上方0.5m处的最大剂量率不超过20 μ Sv/h；库房外墙表面0.3m处的最大剂量率不超过2.5 μ Sv/h。本项目放射源暂存库的四侧墙体、防护门和顶棚外30cm处周围剂量当量率控制限值为2.5 μ Sv/h，放射源库内储源坑表面外50cm处周围剂量当量率控制限值为20 μ Sv/h。

（3）移动探伤控制区和监督区边界限值

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第7.2.2条款和7.2.8条款，本项目单组X射线与 γ 射线移动探伤周最大曝光时间均小于7h，故可判断出X射线与 γ 射线移动探伤控制区边界周围剂量当量率限值为15 μ Sv/h，监督区边界周围剂量当量率限值为2.5 μ Sv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 地理位置

本项目实施于公司 1#车间 2#车间之间过道指定区域内，位于浙江省温州市龙湾区永兴街道滨海四道 999 号，项目地理位置见附图 1。为方便描述，以厂区东北侧为东，则该厂区东侧为滨海一路，南侧隔滨海四道为伟明环保装备集团有限公司、永兴街道爱国主义教育基地、温州中伟石化设备制造有限公司和温州金冠精密管件有限公司，西侧为温州市鑫利通五金有限公司、温州德士隆机器公司，北侧为温州风笛服饰有限公司和浙江鑫彩鸿防护用品股份有限公司，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 3。

8.1.2 场所位置

(1) 移动探伤作业区选址及周边环境关系

本项目移动探伤作业区位于公司 1#车间 2#车间之间过道指定区域，区域尺寸为 11m×3m，东侧紧邻车间过道，约 5m 为 1#车间，约 63m 为综合楼；南侧紧邻厂区道路，约 15m 为 3#车间 B 区，约 74m 为门卫室；西侧紧邻 2#车间，约 73m 为温州冰川无损检测有限公司探伤室，约 76m 为放射源暂存库，约 78m 为暗室、评片室；北侧紧邻车间过道，约 89m 为温州风笛服饰有限公司，约 91m 为浙江鑫彩鸿防护用品股份有限公司；正上方为顶棚，正下方为土层，无地下室。

移动探伤作业区边界距厂界东侧约 119m，南侧约 79m，西侧约 103m，北侧约 85m。

放射源暂存库位于 2#车间（单层，高约 12.2m，无地下层）内西南侧，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不作业时，临时贮存在放射源暂存库的源坑内（编号 1#~5#）。放射源暂存库建筑面积约 14.7m²，库内拟设 5 个源坑，最多可存放 5 枚放射源。放射源暂存库东侧紧邻 X 射线机贮存间与监控区，约 5m 为 2#车间内仓库区；南侧紧邻厂区道路，约 15m 为 3#车间 B 区与温州冰川无损检测有限公司探伤室，约 25m 为暗室、评片室；西侧紧邻厂区道路，约 14m 为 3#车间，约 23m 为温州市鑫利通五金有限公司；北侧紧邻车间过道，约 50m 为现有的危废暂存库；正上方为仓库，正下方为土层，无地下室。

(3) X 射线机贮存间

本项目 X 射线探伤机不作业时，临时贮存在 X 射线机贮存间，建筑面积约 14.2m²。X 射线机贮存间位于 2#车间内西南侧，其中 2#车间建筑结构为地上 1 层 12.2m 高结构，无地下部分。

X 射线机贮存间东侧紧邻监控区；南侧紧邻监控区；西侧紧邻放射源暂存库；北侧紧邻车间过道；正上方为仓库；正下方为土层；无地下室。具体位置见附图 5。该贮存间仅为 X 射线探伤机不作业的临时贮存，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。同时，X 射线探伤机不开机状态下，对周围环境不会产生辐射影响。

（4）暗室和评片室选址及周边环境关系

本项目移动式探伤作业洗片和评片工作均在新建的暗室和评片室内完成，废显（定）液、废胶片及洗片废液等危险废物集中收集后及时转移至现有的危废暂存间进行暂存，最终委托有资质的单位处理处置。暗室位于 3#厂房（地上 3 层，高约 22m，无地下层）B 区西侧 1F 至 2F 隔层，由干湿两间组成，建筑面积约 33.4m²；评片室紧邻暗室东侧建设，建筑面积约 35.8m²；将暗室、评片室看作一个整体，则东侧为 3#车间 B 区，南侧为 3#车间 B 区，西侧为厂区道路，北侧为温州冰川无损检测有限公司探伤室，正上方为仓库，正下方为卫生间，无地下室。

8.2 环境现状评价对象

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

8.3 辐射环境质量现状

8.3.1 放射源暂存库及移动探伤作业区

1、检测目的

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

2、检测因子

根据项目污染因子特征，环境检测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

3、检测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等要求，结合现场条件，对本项目放射源暂存库、移动探伤作业区拟建址及周围环境进行检测布点，布点情况见附图13，辐射环境本底检测报告及检测资质证书见附件 12。

4、检测方案

- (1) 检测单位：浙江亿达检测技术有限公司；
- (2) 检测时间：2025年1月2日；
- (3) 检测方式：现场检测；
- (4) 检测依据：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 检测频次：仪器读数稳定后，以约10s的间隔读取10个数据；
- (6) 检测工况：辐射环境本底，冰川探伤室未开机。
- (7) 天气环境条件：天气：晴；室内温度：12℃；室外温度：12℃；相对湿度：72%；
- (8) 检测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表8-1。

表 8-1 检测仪器的参数与规范

仪器名称	X、γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H（内置探头：6150AD-b/H 外置探头：6150AD 6/H）
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头：0.05μSv/h～99.99μSv/h；外置探头：0.01μSv/h～10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV≤±30%；外置探头：60keV-1.3MeV≤±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

5、质量保证措施

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）等标准中有关电离辐射环境监测质量保证的通用要求、实验室的质量要求文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书、记录表格）和质量证明文件（包括人员培训考核记录、仪器设备检定/校准证书、监测过程质量控制记录、样品分析测量结果报告及原始记录）实行全过程质量控制，保证此次检测结果科学、有效。本次环境现状检测质量保证主要内容有：

- (1) 检测机构通过了计量认证。
- (2) 检测前制定了详细的检测方案及实施细则。
- (3) 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。

(4) 检测所用仪器已通过计量部门检定/校准合格，且在检定/校准有效使用期内使用。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。

6、检测结果及评价

检测结果见表8-2。

表 8-2 本项目辐射环境本底监测结果

点位 编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1#	放射源暂存库东侧	127	4	室内
2#	放射源暂存库南侧	99	2	室内
3#	放射源暂存库西侧	120	2	室内
4#	放射源暂存库北侧	138	3	室内
5#	放射源暂存库上方仓库	131	4	室内
6#	移动探伤作业区	105	3	室内
7#	2#车间仓库	86	4	室内
8#	2#车间试验区	91	2	室内
9#	3#车间 B 区	106	3	室内
10#	温州冰川探伤室外	105	2	室内
11#	厂区道路	73	2	室外
12#	温州鑫利通五金有限公司	121	1	室外
13#	温州鹏象管件有限公司 (西侧)	120	4	室内
14#	温州鹏象管件有限公司 (东侧)	109	3	室内
15#	1#车间	85	2	室内
16#	综合楼	71	3	室内
17#	厂区道路	87	2	室外
18#	门卫室	71	3	室内
19#	滨海四道	84	5	室外
20#	温州风笛服饰有限公司	86	4	室外
21#	浙江鑫彩鸿防护用品股份有限公司	86	5	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，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、 γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 31.3nGy/h, 本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽 修正因子 1#~8#、12#~15#、18#点位取 0.9; 9#、10#、16#点位取 0.8; 11#、17#、19#、20#、21#点位取 1。

由表8-2可知, 本项目探伤室拟建址各检测点位室内的 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 (71~138) nGy/h; 室外的 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 (73~121) nGy/h。由《浙江省环境天然放射性水平调查总结报告》可知, 温州室内 γ 辐射剂量率范围为 (118~198) nGy/h, 道路上 γ 辐射剂量率范围为 (36~154) nGy/h, 可见该辐射场所拟建址的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平, 未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工程分析

9.1.1 建设阶段工艺流程及产污环节

本项目建设阶段主要为放射源暂存库、X 射线机贮存间及各辅助用房的土建施工，具体工艺流程及产污环节见表 9-1。

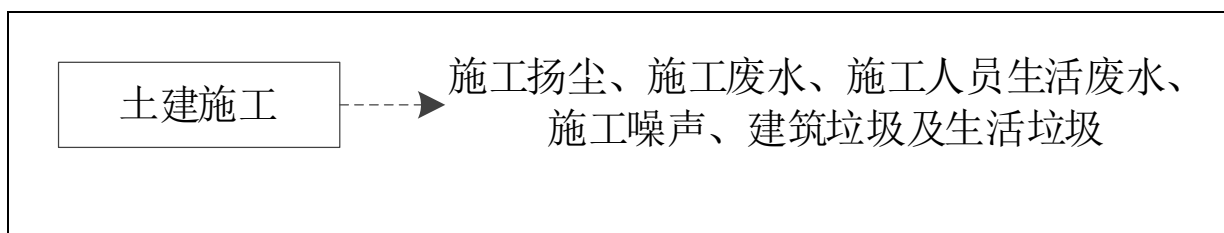


图 9-1 建设阶段工艺流程及产污环节示意图

9.1.2 建设阶段污染源项

本项目建设阶段污染源项为主要污染因子为施工扬尘、施工废水、施工人员生活污水、施工噪声、建筑垃圾及生活垃圾。本项目施工作业范围有限，施工期较短，因此其对周围环境的影响是短暂的。随着施工期的结束，其环境影响也将不复存在。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 γ 射线探伤机、X 射线探伤机设备组成及工作方式

(1) γ 射线探伤机设备组成及工作方式

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

典型 γ 射线探伤设备外观见图 9-2，内部结构见图 9-3。



图 9-2 典型 ^{192}Ir - γ 射线探伤机外观图
(2) X 射线探伤机设备组成及工作方式

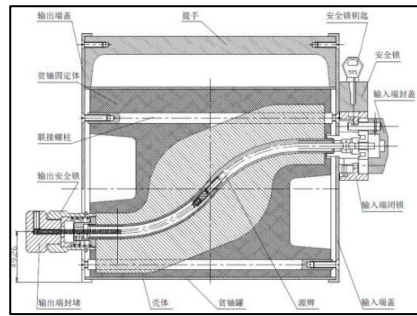


图 9-3 典型 γ 射线探伤机内部结构示意图

本项目 X 射线探伤机主要由 X 射线管头组装体、控制箱及连接电缆组成，具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，曝光时间最长为 5min。为延长 X 射线探伤机使用寿命，探伤机按工作时间和休息时间以 1:1 方式工作和休息，确保 X 射线管充分冷却，防止过热。典型 X 射线探伤机外观情况见图 9-4。



图 9-4 典型 X 射线探伤机外观示意图

9.2.2 γ 射线探伤机、X 射线探伤机设备技术参数

(1) γ 射线探伤机设备性能参数

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的 γ 射线探伤机性能参数见表 9-1。

表 9-1 γ 射线探伤机技术参数

设备类型	^{192}Ir - γ 射线探伤机
探伤机类别	便携式 (P)
核素名称	^{192}Ir
核素形态	固态密封源
额定装源活度	$3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ (100Ci)
距源容器表面 5cm 处的最大周围剂量当量率	0.5mSv/h
距源容器表面 100cm 处的最大周围剂量当量率	0.02mSv/h
透照厚度 (A3 钢)	(20~100) mm
输源软管长度	5m
控制部件导管长度	15m
机体重量	25kg
机体外形尺寸	330mm×168mm×228mm
出源与回源方式	电动+手动

(2) X射线探伤机设备技术参数

经与建设单位核实，本项目拟购的X射线探伤机技术参数见表9-2。

表 9-2 X 射线探伤机技术参数

设备类型	设备型号	输出管电压(kV)	输出管电流(mA)	辐射角度	最大穿透A3钢(mm)	控制电缆线长度(m)	出束方式	冷却方式	绝缘方式	工作方式
X射线探伤机	XXQ-3005	170~300	5	40°±5°	50	25	定向	强迫风冷	SF6气体绝缘	间歇工作 1:1

9.2.3γ 射线探伤机、X 射线探伤机工作原理

(1) γ 射线探伤机工作原理

γ 射线探伤机在工作过程中，通过密封源 ¹⁹²Ir 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。

(2) X 射线探伤机工作原理

X射线探伤机主要由X射线管和高压电源组成。X射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生X射线。典型X射线管结构见图9-5。

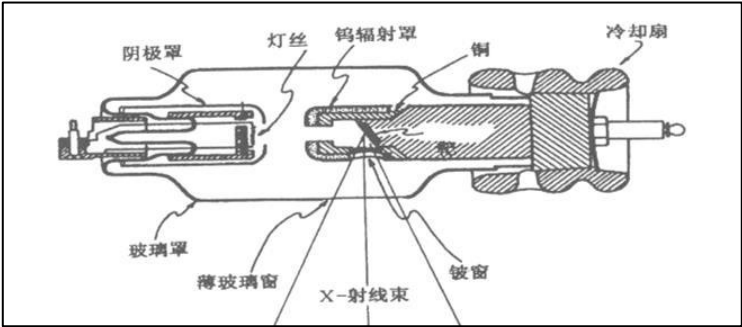


图 9-5 典型 X 射线管结构图

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

9.2.4 γ 射线探伤工艺流程及产污环节

9.2.4.1 射线装置领取

企业在进行移动探伤作业前，应提前提出移动探伤作业申请，经辐射安全管理小组组长同意后，填写《移动探伤申请表》。

（1） γ 放射源领取

探伤前，由移动探伤现场安全员到放射源暂存库领取含源 γ 射线探伤机，领用均须填写《放射源出入库登记表》。源库管理员（2 名）进入放射源暂存库，其中一名管理人员打开一个储源坑的铅盖，取出其中的含源 γ 射线探伤机，并用便携式 X- γ 剂量率仪对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行检测，确认探伤机内有源，合上储源坑的铅盖，同时记录检测值。源库管理员将取出的含源 γ 射线探伤机在全程监控下交接给现场安全员，现场安全员再把已存放含源 γ 射线探伤机的铅箱搬运至放射源专用手推车上。

（2）X 射线装置领取

本项目 X 射线探伤机不工作时，存放于专门的 X 射线机贮存间，双人双锁，由专人管理。移动探伤前，由辐射操作人员到 X 射线机贮存间领取 X 射线探伤机，领用须填写《射线装置领用登记表》。探伤工作结束后，X 射线探伤机返回 X 射线机贮存间，填写《射线装置领用登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。

9.2.4.2 放射源短距离移动

按照规定路线对含源 γ 射线探伤机进行短距离移动，在移动前应使用链条将含源 γ 射线探伤机固定在手推车上，检查无晃动。短距离移动路线应设置警戒带及警示牌，安全员进行清场排查工作。

9.2.4.3 移动式探伤操作流程

（1） γ 射线探伤机探伤操作流程

①公司在进行移动探伤之前，应根据几何不清晰度要求，算出照射距离，确定放射源的位置；根据底片黑度要求，算出照射时间。根据放射源活度理论估算出控制区及监督区的边界距离，提前将探伤作业的性质、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公告形式张贴至车间公告栏、厂区大门处公告栏及附近其他企业厂区大门处公告栏告知探伤场所附近公众。

②对划出的控制区及监督区的范围和边界进行确认，确认后，对监督区边界范围内区域进行清场，将无关人员全部撤出监督区边界线以外。在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置有提示“预备”和“照射”状

态的指示灯和声音提示装置，并与 γ 射线探伤机联锁，边界处拉起警戒绳。监督区边界上张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息并悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。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，必要时应调整区域的范围和边界。在移动探伤工作期间，便携式X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态。

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

④用便携式X- γ 剂量率仪检查确定源在装置内后，连接输源管。将输源管端部三脚架固定安放到确定的照射处，确认控制部件、行程记录仪、输源管及各个连接口无异常，通过摇动手柄送出放射源，并监视行程记录仪，同时记录照射时间，到预定照射时间后，摇动手柄将放射源收回到照射容器安全位置。

⑤从检测工件上取下已曝光的底片，待暗室冲洗处理后评片，完成一次探伤任务。

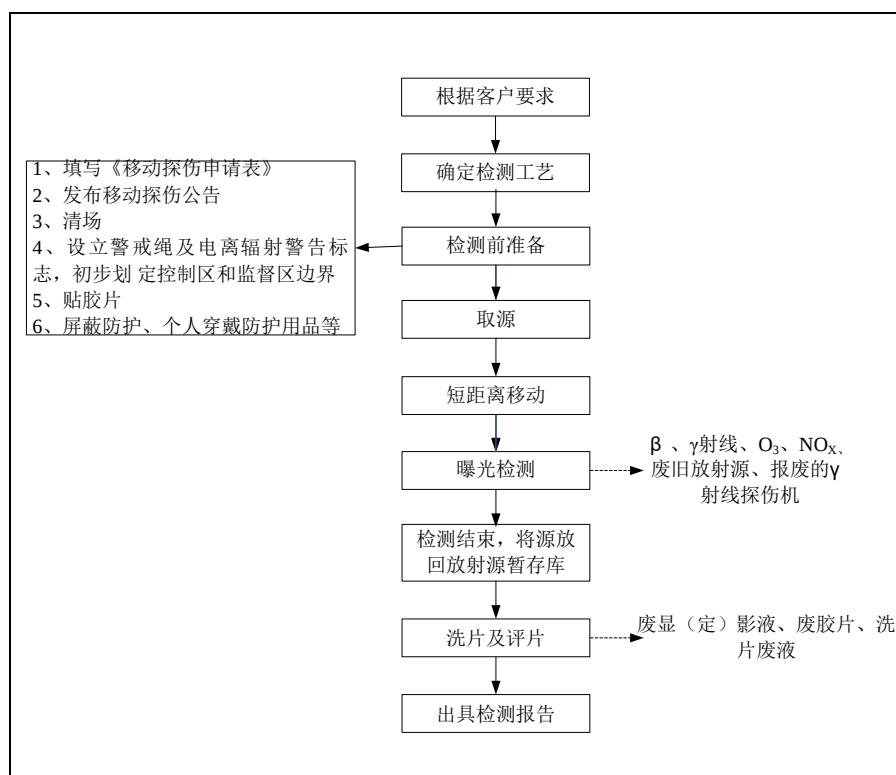


图 9-6 γ 射线移动探伤工艺流程及产污流程示意图

（2）X射线探伤机探伤操作流程

①在探伤之前，应根据设备的最大管电压和最大管电流等参数理论估算出控制区及监督区的边界距离，提前将探伤作业的性质、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移动探伤作业区附近公众。

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

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

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

⑤探伤结束，关闭机器。清理完现场后解除警戒，工作人员离场。

⑥从检测工件上取下已曝光的底片，并将胶片统一运回暗室。待暗室冲洗处理后评片，完成一次探伤任务。

9.2.4.4 放射源返回

探伤工作结束后，含源 γ 射线探伤机返回放射源暂存库内的储源坑，保管人员对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率再次进行检测，并与出库时的检测值对比，确保放射源的存在及处于最佳的屏蔽位置，并做好检测的记录，填写《放射源出入库登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。同时，放射源暂存库和储源坑均实行双人双锁制度，并由2名辐射工作人员专职负责放射源的保管工作，制定《放射源使用登记制度》，贮存、领取、使用、归还放射源时，应及时进行登记、检查，做到账物相符，以确保放射源的安全监管，防止放射源意外丢失，对公众人员造成不必要的危害。

放射源暂存库工作及产污流程见图 9-7。

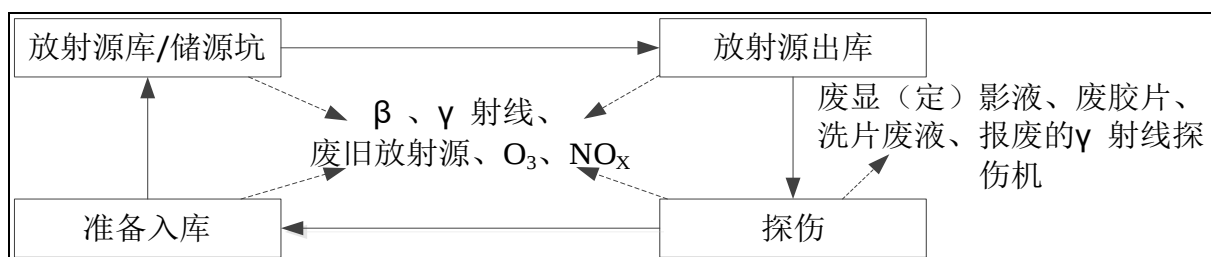


图 9-7 放射源暂存库/储源坑工作及产污流程示意图

9.2.4.5 暗室洗片

本项目 X 射线移动式探伤工艺流程及产污环节与 γ 射线移动式探伤基本相同。

探伤检测后将照射过的暗袋放至暗室，在无可见光只有暗室红灯的情况下拆开暗袋，取出胶片放入洗片架，从取出胶片直至定影操作结束，以下所有操作过程均必须在暗室内进行，采用手动洗片的方式。

（1）显影：将带胶片的洗片夹依次放入显影槽内，视放置位置，保证胶片之间的间隔至少 12mm，不要多放，正常显影在 20℃时 5~8min。显影过程中最好是 1min 内将胶片作为水平和垂直方向搅动数秒钟。

（2）停影：在显影结束后，将洗片夹从显影槽内取出，放入流动清水中去除胶片上附着的残留显影液，停影时间控制在 0.5~1min。

（3）定影：将停显后的胶片立即放入定影槽内，注意胶片之间不得互相接触，以免出现叠影。为保证均匀而快速的定影，胶片在刚浸入定影液时以及最初的 1min，均应做上下方向的搅动约 10min，然后让其在定影中浸渍到定影结束。定影时间至少为底片通透时间的两倍。但对于刚配置不久的定影液，定影时间不得超过 15min。

（4）冲洗：定影完成后，将洗片夹从定影槽中取出，放置在流动水中冲洗 20~30min，去除胶片上附着的残留定影液。

（5）干燥：冲洗完成后，将胶片从洗片夹中取出，通过悬挂或其他方式将胶片在环境温度的静止空气或循环空气下进行干燥。

（6）显影液或定影液经过一定数量的胶片处理后，其洗片性能将下降，此时应配置新液替换旧液，废液采用专用防渗容器收集后转移到危废暂存间暂存。

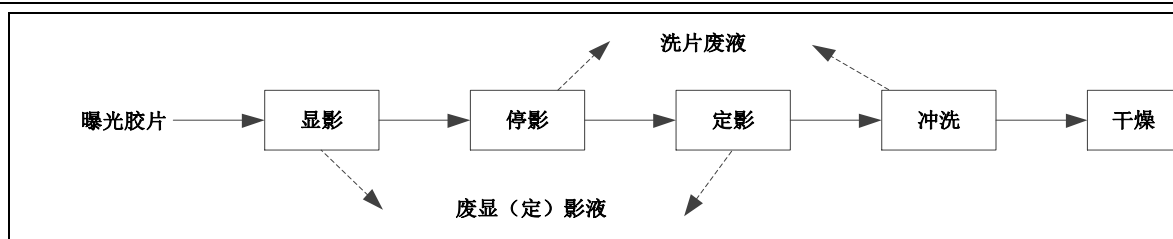


图 9-8 暗室洗片工艺流程及产污环节示意图

综上所述，本项目 γ 射线移动式探伤与 X 射线移动式探伤的主要产污因子为： β 、 γ 射线、废旧放射源、臭氧和氮氧化物等非放射性气体及废显（定）影液、废胶片、洗片废液及报废的 γ 射线探伤机等危险废物。

9.2.5 换源流程

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（凯喜姆阀门有限公司）按照《辐射安全许可证》许可的种类和范围，向浙江省生态环境厅申请购买新源，并按要求填报《放射性同位素转让审批表》，经其批准同意后方可开展购源工作。

（2）获取浙江省生态环境厅的批准后，放射源使用单位（凯喜姆阀门有限公司）委托有放射性物品运输资质的运输单位（浙江省科学器材进出口有限责任公司）将从 γ 射线探伤机生产厂家处购买的源容器及其相关附件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（凯喜姆阀门有限公司），同时将装有废源的 γ 射线探伤机运回放射源生产单位，在生产单位厂区内由生产单位完成倒源工作。放射源使用单位在废源收贮的活动完成之日起 20 日内向浙江省生态环境厅备案。

根据《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号文）规定：“探伤装置装源（包括更换放射源）应由放射源生产单位进行操作，并承担安全责任，放射源生产单位也可委托有能力的单位进行装源操作。生产、销售、使用探伤装置单位不得自行进行装源操作。放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度”，凯喜姆阀门有限公司不得自行进行倒源操作。本项目放射源退役和换源的所有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，放射源运输过程中的安全责任由运输单位负责。目前，凯喜姆阀门有限公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订了“放射源委托运输协议”（见附件 9）与“放射源转让协议与废旧放射源返回协议”（见附件 10）。经核实，浙江省科学器材进出口有限责任公司具备有效的《辐射安全许可证》，

证书编号：浙环辐证〔A0135〕，种类和范围：销售Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类放射源；销售Ⅲ类射线装置，有效期至 2027 年 2 月 20 日；同时具备有效的《中华人民共和国道路运输经营许可证》，证号：浙交运管许可杭字（330101200129）号，经营范围：货运：经营性危险货物运输（第 7 类）（剧毒化学品、国家特别管控危险化学品除外），有效期至 2025 年 8 月 31 日。

因此，本项目的放射源运输方案和废源回收处置方案合理可行。

9.2.6 探伤工作负荷

实际探伤时，公司根据待检产品的厚度，结合各探伤装置的探测上限（最大穿透力）和探测下限（设备灵敏度）的差异性，选择合适的探伤装置进行无损检测，本项目移动探伤的检测形式为抽检，工作时段为22:00~6:00。本次评价的探伤机主要检测厚度范围见表9-3。

在移动式探伤时，移动探伤作业地点仅开启1台探伤机，不存在2台及2台以上探伤机同时运行的工况。探伤工作负荷见表9-4。

表9-3 各探伤机主要检测厚度范围

序号	设备名称	主要检测厚度范围（钢，mm）
1	YG-192S型γ射线探伤机	20~100
2	XXQ-3005型X射线探伤机	20~50

表9-4 本项目探伤工作负荷

序号	探伤类型	设备名称	年拍片量 （万张）	单片出束时间（min）	年曝光时间（h）
1	移动式探伤	YG-192S型γ射线探伤机	0.25	≤5	≤209
		XXQ-3005型X射线探伤机	0.05	≤5	≤42

注：考虑实际工作中移动探伤业务的不均匀性，本报告保守按照年工作50周来计。

根据建设单位提供的资料，本项目移动探伤小组共2组，单组γ射线移动探伤的年曝光时间为105h，单组X射线移动探伤的年曝光时间为21h，全年按50周计，则单组γ射线移动探伤周曝光时间约4.2h，单组X射线移动探伤周曝光时间约0.42h。

9.2.7 辐射工作人员配置及合理性分析

根据相关文件和标准要求，本项目拟配置1名辐射安全管理人员，4名辐射操作人员，2名放射源暂存库管理员，2名现场安全员，具体岗位分工和职责内容见表9-6。其中γ射线和X射线移动式探伤工作人员交叉使用。本项目辐射工作人员配置计划见下表。

表9-5 本项目辐射工作人员配置计划

序号	岗位	数量	备注
1	辐射安全管理	1名	专职，负责单位辐射安全管理
2	放射源管理	2名	负责放射源暂存库及储源坑内的放射源管理
4	移动式探伤	6名	专职，共2组，由6名辐射工作人员组成。 ①γ射线移动探伤时，人员岗位职责分配：2名为探伤操作人员，每次移动探伤时同时在场并共同负责操作γ射线探伤机的安全使用及状态监护等工作；1名为现场安全员，主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源γ射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。 ②X射线移动探伤时，人员岗位职责分配：2名轮流负责操作X射线探伤机，1名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入。
合计		9名	/

9.3污染源项描述

9.3.1放射性污染源项

(1) X 射线

由X射线探伤机的工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目X射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出X射线。因此，在开机曝光期间，X射线成为污染环境的主要污染因子，污染途径是X射线外照射。

辐射场中的X射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射，主要辐射源强见表9-6。

表9-6 有用线束和散射辐射的X射线输出量

型号	有用线束/散射辐射的X射线输出量 ^① mSv·m ² /（mA·min）	X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值 ^② （μSv/h）
XXQ-3005	20.9	5×10 ³

注：①参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B表B.1，有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量，本项目工件材料主要为钢，本次评价保守参考图B.2“X射线穿过混凝土的透射”取值；在未获得厂家给出的输出量；散射辐射屏蔽估算选取表B.2中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计。

②根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表1，管电压>200kV时，距靶点1m处的泄漏辐射剂量率为5×10³μSv/h。

(2) β、γ 射线

本项目放射源应用的放射性核素为¹⁹²Ir，根据《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）P85、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 表 A.1，相关核素的辐射特性见表 9-7。

表 9-7 放射性核素的主要辐射特性

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

注：*该数值为辐射的相对强度，带%号的表示绝对强度。

本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含的放射源 ^{192}Ir 衰变时会发射出不同能量的 β 射线和 γ 射线。根据《 γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2023）中第5.4.1.1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。 β 射线穿透能力相对较小，已基本被源容器屏蔽。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 射线探伤机的污染因子主要是 γ 射线。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 5.2.1.1 条款，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机拟采用便携式探伤机，源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值见表 9-8。

表 9-8 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

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

（3）废旧放射源

公司使用的放射源到一定时间后，不能满足无损检测要求，将退役成为废旧放射源。本项目每台 γ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度均为 $3.7\times10^{12}\text{Bq}$ （100Ci）/枚，其中 ^{192}Ir 计划5个月更换一次，则本项目废旧放射源 ^{192}Ir 年产生量为10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74.02d，则单枚废旧放射源的活度估算结果如下：

废旧放射源 ^{192}Ir : $3.70\times10^{12}\text{Bq}/2^{(150/74.02)}=9.08\times10^{11}\text{Bq}$ （24.5Ci）

公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源返回协议。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订了废旧放射源返回协议，见附件10。

9.3.2非放射性污染

（1）臭氧和氮氧化物

本项目放射源暂存库内储存的放射源与空气电离将产生臭氧和氮氧化物，该部分废气最终由机械排风装置经放射源暂存库的排风口及时排出；移动探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物产生量小且作业场地为开放式场所，不会造成气体积聚。且臭氧在常温常压状态下可自行分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的1/3且其毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

（2）废显（定）影液、废胶片及洗片废水

本项目X、 γ 射线移动探伤洗片与评片过程中产生的废显（定）影液及废胶片属于《国家危险废物名录（2025年版）》中HW16 感光材料废物，废物代码为900-019-16，并无放射性。项目X、 γ 射线移动探伤新增年拍片总量为0.3万张，按洗1000张片用20L显（定）影液，经估算项目工作过程中废显（定）影液新增年产生量约60L（密度保守按1g/cm³，折合重量约60kg）；

项目废胶片新增年产生量约30张（废片率按1%计）根据《承压设备无损检测、第1部分：通用要求》（NB/T 47013.1-2015）中第7.3.3条款要求，无损检测记录的保存期应符合相关法规标准的要求，且不得少于7年。7年后若用户需要，可将原始检测数据转交用户保管。经与建设单位核实，存档满7年后的胶片均作为危废交有资质单位处理处置。基于本项目运行后的第8年开始，同一年既有探伤洗片产生的废胶片，又有存档期满后产生的废胶片，本次评价保守考虑来核算废胶片年产生量，即3030张=30（单年废胶片量）+3000（第8年作为危废的废胶片量）张，单张胶片平均重量约10g，折算重量为30.3kg。

本项目暗室洗片过程中会产生洗片废液，参考同企业现有的实际产污经验值，按洗1000张片产生50kg洗片废液，经估算项目工作过程中每年产生的洗片废液约150kg；该部分废液含较高浓度的AgBr、显（定）影剂及强氧化物，参考废显（定）影液作为危险废物进行管理，定期委托有资质的单位处理处置。

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

表 9-9 本项目危险废物基本情况汇总表

序号	危废名称	危废类别	危废代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16	900-019-16	60kg/a	洗片	液态	显（定）影液	显（定）影液	每次移动式探伤	T	收集于危废暂存间，定期委托有资质单位处理处置。
2	废胶片	HW16	900-019-16	30.3kg/a	评片	固态	废胶片	废胶片	每次移动式探伤、存档期满	T	

3	洗片废液	HW16	900-019-16	150kg/a	洗片	液态	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	每次移动式探伤	T	质单位处理处置。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 场所布局及合理性分析

（1）放射源暂存库、X 射线机贮存间、暗室、评片室及危废暂存间

放射源暂存库和 X 射线机贮存间位于 2#车间内西南侧，主要分别用于 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机、X 射线探伤机不作业的临时存放。曝光后的胶片分别在暗室和评片室内完成洗片、晾片和评片工作，完好的胶片建档备查，探伤过程中产生的各类危废集中收集后暂存于现有的危废暂存间。

（2）移动探伤作业区

本项目移动探伤作业区位于 1#车间 2#车间之间过道指定区域。根据图 10-1、图 10-2，本项目移动探伤作业时 γ 射线经移动式铅屏风屏蔽后最大监督区与 X 射线最大监督区均未超出厂界。

因此，本项目探伤工作场所的功能设计较为完善，满足移动式探伤的基本用房配置需求。布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.1 条款要求，合理可行。

10.1.2 分区原则及划分

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 6.4 条款规定，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》（GBZ 117-2022）规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，具体划分情况如下：

（1）放射源暂存库

本项目拟将放射源暂存库实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，在放射源暂存库防护门外 1m 处采用黄色警戒线作为标志，贮源期间禁止任何人员入内，并设置电离辐射警告标志和中文警示说明；X 射线机贮存间、安保值班监控室以及放射源暂存库四侧屏蔽体外 1m 其他区域划为监督区，贮源期间限制非辐射工作人员入内，分区管理示意图见附图 5。

（2）移动式探伤作业区

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“7.2 分区设置”，公司开展 X、γ 射线移动探伤作业时，根据现场具体情况，利用便携式 X-γ 剂量率仪巡测，一般将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/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 2.5μSv/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。

10.1.3 辐射屏蔽防护设计

根据建设单位提供的资料，本项目放射源暂存库与移动探伤区域的辐射屏蔽防护设计方案分别见表 10-1。

表 10-1 本项目屏蔽防护设计方案

放射源暂存库		
外尺寸	面积为 32.9m ² ，3.87m（长）×3.4m（宽）×2.5m（高）	实际面积为 29.75m ²
内尺寸	面积为 19.96m ² ，3.07m（长）×2.6m（宽）×2.5m（高）	实际面积为 16.81m ²
东南侧切除矩形尺寸	面积为 20.88m ² ，2.1m（长）×0.6m（宽）×2.5m（高）	面积为 3.15m ²
四侧墙体	400mm 混凝土	
顶棚	300mm 混凝土	
地坪	下方为土层，不做特殊防护	
防护门	推拉门，内衬 5mm 铅板。	
储源坑	共设有 5 个源坑，每个源坑间距为 200mm，其中 3#源坑与 4#源坑间距为 120mm；源坑均采用下沉式设计，每个源坑内尺寸为 450mm（长）×450mm（宽）×470mm（深），源坑四壁及底部为混凝土；每个源坑设置 1 个铰链式坑盖，坑盖尺寸为 500mm（长）×500mm（宽），盖板与源坑四侧搭接宽度均为 50mm，坑盖采用 10mm 铅板+6mm 镀锌钢板。源坑设计见附图 6。	
排风管道	地埋式设计，管径为 200mm，埋深 400mm，以“U”型地埋管道穿越放射源暂存库的西墙至室外 3.5m 处高空排放，风机设计风量 80m ³ /h。	
注：①本项目放射源暂存库为不规则形状，外尺寸实际面积=外尺寸-东南侧切除矩形尺寸，内尺寸实际面积=内尺寸-东南侧切除矩形尺寸。		
②表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm ³ ，铅的密度不小于 11.34g/cm ³ 。		
移动探伤区域		
移动探伤区域配置 10mm 铅屏风 2m（宽）×4m（高）1 扇，铅屏风位于主射方向，铅屏风距离出束点约 1m，且出束点位于铅屏风的中央。		

放射源暂存库应按照设计图纸文件和国家有关标准规范进行土建工程和附属工程的施工及安装，确保施工质量和辐射屏蔽防护性能。建设单位应做好以下工作：

①放射源暂存库的四侧屏蔽墙及顶棚属于大体积混凝土浇筑，应尽量保证一次整体浇筑并有充分的振捣，以防出现裂缝和过大的气孔，影响屏蔽效果。

②合理设置排风管道敷设形式，不得破坏放射源暂存库墙体的屏蔽效果。③放射源暂存库的防护门安装时应尽可能减少缝隙泄漏辐射，通常防护门宽与门洞的部分应大于“门—墙”间隙的 10 倍。

本项目放射源暂存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。经理论预测，放射源暂存库的四侧墙体、防护门和顶棚外 30cm 处的周围剂量当量率均满足 2.5μSv/h 的限值要求，职业人员和周围公众年有效剂量均满足（GB 18871-2002）中剂量限值和本项目剂量约束值的要求。因此，本项目放射源暂存库的辐射屏蔽防护设计方案合理可行。

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

10.1.4.1 探伤装置固有安全属性

表 10-2 探伤装置固有安全属性		
装置名称		设备技术要求
γ 射线探伤机	源容器及其传输导管	本项目 γ 射线探伤机类别为便携式（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不超过《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 2 规定的控制值，随机文件中有该指标的说明。其他放射防护性能符合（GB/T 14058）的要求。
	探伤装置	本项目 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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。
		①控制台拟设置有高压接通时的外部报警或指示装置；设有钥匙开关和紧急停机开关。②移动式探伤机的控制台还拟设延时开机功能。

10.1.4.2 工作前检查项目和设备维护

表 10-3 本项目探伤装置工作前检查与设备维护内容		
γ 射线探伤机	工作前检查项目	a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常；b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；c) 确认放射源锁紧装置工作正常；d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；e) 安全连锁是否工作正常；f) 报警设备和警示灯运行是否正常；g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固；h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰；j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合 5.2.1.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。
	设备维护	a) 应定期对探伤装置中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修探伤装置时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位的人员不应单独对探伤装置进行维修。b) 应经常对探伤装置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。c) 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。d) 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。e) 严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、连锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。f) 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。
X 射线探伤机	工作前检查项目	a) 探伤机外观是否完好；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；c) 安全连锁是否正常工作；d) 报警设备和警示灯是否正常运行；e) 螺栓等连接件是否连接良好。
	设备维护	a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；d) 应做好设备维护记录。

10.1.4.3 X、γ 射线探伤机临时贮存场所辐射安全和防护措施

本项目 X、γ 射线探伤机不作业时，存放于厂区内放射源暂存库和 X 射线机贮存间。

表 10-4 探伤装置不作业时贮存场所辐射安全和防护措施	
场所名称	拟采取的辐射安全和防护措施
放射源暂存库	①源库为单独的建筑，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。
	②放射源暂存库墙体结构上拟防火，库内严禁烟火，库房附近拟配若干灭火器，满足源库的“防火”要求。
	③放射源暂存库的地面拟采用水泥硬化处理，并设置防潮层以防渗，源库四周拟设排水沟，满足源库的“防水”要求。

	④放射源暂存库出入口的防护门及储源坑的铅盖均拟设防盗锁，保持在锁紧状态，并指定 2 名工作人员专职负责放射源暂存库的保管工作，实行双人双锁制度。库内及门口拟设置 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。 ⑤领用、交还含放射源的源容器时，对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器按规定位置存放，领用和交还均有详细的登记，满足源库的“防丢失”的要求。 ⑥放射源暂存库拟采用符合标准要求的实体屏蔽进行防护，经辐射环境影响预测，本项目放射源暂存库处于最大贮存工况时，源库周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 2.5μSv/h 的要求，其辐射屏蔽防护性能有效可行，满足源库的“防射线泄漏”要求。 ⑦放射源暂存库内及附近严禁存放易燃易爆和腐蚀性物品，源库四周主要为生产车间、车间内道路，均不涉及易燃易爆物质及危险化学品等存放，满足源库的“防爆”要求。 ⑧放射源暂存库出入口的防护门和储源坑的坑盖上均拟设显著的电离辐射警告标志，告诫无关人员请勿靠近。 ⑨本项目为Ⅱ类放射源，其风险等级为二级，治安防范级别也为二级，公司严格按照《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）的标准要求，加强放射源暂存库的安保措施。 ⑩公司拟制定含源 γ 射线探伤机的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度，明确放射源的流向。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有 2 人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。同时，放射源暂存库现场处拟张贴相关辐射安全管理制度。
X 射线机 贮存间	①X射线机贮存间仅存放X射线探伤机，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。探伤机检修均由设备生产厂家承担，建设单位工作人员不承担检修工作。 ②X射线机贮存间实行双人双锁，由专职工作人员负责，采用防盗门，门上设有电离辐射警告标志。同时，贮存间入口处拟设视频监控装置，可实时掌握库房动态。 ③X射线机贮存间应满足“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。 ④公司应制定射线装置的领取、归还和登记制度，并建立设备管理台账。

10.1.4.4 X、γ 射线探伤机在短距离移动过程中辐射安全和防护措施

表 10-5 探伤装置短距离移动过程中辐射安全和防护措施

装置名称	短距离移动过程中辐射安全和防护措施
γ 射线 探伤机	（1）在进行 γ 射线探伤机短距离移动前，应张贴公示； （2）在源箱上设置“当心电离辐射”警示标志； （3）移动路径全程拉设警戒带，并悬挂“当心电离辐射”警示牌，由现场安全员负责清场工作。 （4）移动过程中，应缓慢，平稳，避免手推车因倾倒或颠簸导致意外发生。 （5）本项目使用手推车运输含源 γ 射线探伤机，含源装置处于人员监视之下。 （6）在卸源的整个过程中，辐射工作人员要轻拿轻放，防止源脱落，保证源安全地放在工点位置，并且要用辐射巡测仪监测整个过程。 （7）预备好拾源夹及储源罐以事故应急使用。 （8）当探伤完毕后，需要装源时，在装源的整个过程中，工作人员要轻拿轻放，防止源脱落，保证源安全地放在手推车上，并且要用辐射巡测仪监测整个过程。 （9）公司拟制定 γ 射线探伤机运输管理规定，工作人员严格按照规定进行规范运输。
X 射线 探伤机	（1）短距离移动全程由经过培训的辐射工作人员负责。 （2）公司拟制定 X 射线探伤机短距离移动管理规定，工作人员严格按照规定进行规范运输。

10.1.4.5 X、γ 射线移动式探伤辐射安全和防护措施

1、作业前准备

（1）在实施移动式探伤工作之前，作业内拟对工作环境进行全面评估，以保证实现安

全操作。评估内容至少应包括接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

（2）本项目 γ 、X 射线移动式探伤由 6 名辐射工作人员组成，共分为 2 组。开展 γ 射线移动式探伤工作时拟配备 2 名专职的辐射操作人员和 1 名现场安全员；开展 X 射线移动式探伤工作时拟配备 2 名专职的辐射操作人员和 1 名现场安全员。

（3）移动式探伤工作前应将探伤作业的性质、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。以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

2、分区设置

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

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

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

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

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

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

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

（8）探伤机控制台（X 射线发生器控制面板）拟设置在合适位置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

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

3、安全警示

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

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

（3） γ 射线探伤与 X 射线探伤的警示信号指示装置均与探伤机联锁；的警示信号指示装置均与探伤机联锁。

(4) 在控制区的所有边界均能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

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

4、边界巡查与检测

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

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

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

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

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

(6) 开展移动式探伤时仅限在划定区域内进行，严禁在划定区域外进行移动式探伤作业。

(7) 公司开展移动式探伤时拟采取各类措施确保厂界外辐射剂量率低于监督区边界 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求，否则不宜开展移动式探伤。

(8) 本项目于厂区划定区域内开展移动探伤时，应严格管控实际的运行工况。

5、 γ 射线移动式探伤操作要求

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

(2) 探伤作业开始前备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态：

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；

⑦其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。

(3) 移动探伤作业时，企业应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，包含公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息；做好周围公众的告知和警戒工作。

6、 γ 射线移动式探伤放射防护检测要求

(1) 进行移动式探伤时，拟通过巡测确定控制区和监督区。

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

(3) 在工作状态下检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

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

7、废旧放射源的处置及换源

(1) 凯喜姆阀门有限公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

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

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

(4) 严禁将废旧放射源非法转让，随意丢弃。

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

8、国家及省关于 γ 射线移动探伤的管理要求

本项目对照《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号）、《关于进一步加强 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函〔2014〕1293 号）、《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》（浙环发〔2022〕30 号）等文件中的要求，相关符合性分析评价分别见表 10-6～表 10-8。

表 10-6 本项目与环发〔2007〕8 号文的对照性分析评价			
《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》 (环发〔2007〕8 号)		本项目情况	符合情况
1	至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	该公司已成立辐射安全管理领导小组,并配备 1 名专职人员负责辐射安全管理工作。	符合
2	从事移动探伤作业的,应拥有 5 台以上探伤装置。	本次拟新增 5 台 γ 射线探伤机,均用于移动探伤作业。	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,该公司应申领辐射安全许可证,在取得辐射安全许可证后,方可开展探伤工作。	符合
5	探伤装置的安全使用期限为 10 年,禁止使用超过 10 年的探伤装置。	该公司拟在日常操作中落实该要求,当 γ 射线探伤装置到 10 年年限后,及时报废,并将该要求写入探伤设备管理要求。	符合
6	明确 2 名以上工作人员专职负责放射源暂存库的保管工作。放射源暂存库设置红外和监视器等保安设施,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暂存库保管的,应利用保险柜现场保存,但须派专人 24 小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。	该公司安排 2 名工作人员专职负责放射源暂存库的保管工作,源库拟设置红外报警装置,源库内和出口处拟安装视频监控装置,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,源库设计为双人双锁。	符合
7	制定探伤装置的领取、归还和登记制度,放射源台账和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源,明确每枚放射源与探伤装置的对应关系,做到账物相符,一一对应。核实时应有 2 人在场,核实记录应妥善保存,并建立计算机管理档案。	该公司已制定探伤装置的领取、归还和登记制度,放射源台账和定期清点检查制度,并由专门的放射源保管员做好放射源相关的领取、归还和登记工作,在今后的探伤工作过程中严格按照制度执行,由 2 名源库工作人员在场定期核实探伤装置中的放射源,明确每枚放射源与探伤装置的对应关系,做到账物相符,一一对应,核实记录妥善保存,并建立计算机管理档案。	符合
8	每个月对探伤装置的配件进行检查、维护,每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护,发现问题应及时维修。并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	该公司已制定相应的设备维修制度,制度中明确:每个月对探伤装置的配件进行检查、维护,每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护,发现问题及时维修,并做好记录;在今后的实际探伤过程中拟严格按照制度执行,严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合

续表 10-6 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
9	探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	该公司每次开展 γ 射线移动探伤工作，单个探伤小组拟配备 2 名探伤操作人员和 1 名现场安全员同时在场，每名辐射工作人员均佩戴 1 枚个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪。个人剂量计拟定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。	符合
10	每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。	该公司已制定 γ 射线移动探伤操作规程，明确规定：每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。实际工作过程中，探伤操作人员严格按照探伤操作规程执行。	符合
11	探伤装置必须专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。	该公司进行移动探伤作业时，严格遵守探伤装置专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。	符合
12	室外作业时，应设定控制区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守，监测控制区的辐射剂量水平。	开展移动探伤时，现场安全员严格按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中的要求设定控制区和监督区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，必要时设专人警戒，现场安全员监测控制区和监督区的辐射剂量水平，并记录档案。	符合
13	作业结束后，必须用辐射剂量监测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。	移动探伤作业结束后，现场安全员用辐射巡测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由现场安全员在检查记录上签字，方携带探伤装置离开现场。	符合
14	探伤装置转移到外省、自治区、直辖市使用的，使用单位应当于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级环境保护主管部门备案，经备案后，到移出地省级环境保护主管部门备案。异地使用活动结束后，使用单位应在放射源转出使用地后 20 日内，先后向使用地、移出地省级环境保护主管部门注销备案。	本项目移动探伤作业区为 1#车间与 2#车间之间过道指定区域，不涉及其他使用场所。	符合
15	更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起 20 日内，分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。	更换放射源时，该公司拟向浙江省生态环境厅提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；在转让活动完成之日起 20 日内，凯喜姆阀门有限公司与放射源生产单位拟分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。	符合
16	发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	该公司已制定《辐射事故应急预案》，在预案中明确规定：发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告，公司应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	符合

表 10-7 本项目与环办函〔2014〕1293 号文的对照性分析评价

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

表 10-8 本项目与浙环发〔2022〕30 号文的对照性分析评价

《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》 (浙环发〔2022〕30 号)		本项目情况	符合情况
1	浙江省生态环境主管部门颁发辐射安全许可证的作业单位（以下简称“本省单位”）应设立由单位法定代表人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，制定单位辐射安全管理制度，培植单位核安全文化。	该公司已建立由单位法定负责人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，制定单位辐射安全管理制度，培植单位核安全文化。	符合
2	单位法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。	该公司已明确单位法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。	符合
3	辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理，定期核查各项目有关资料。	该公司已明确 1 名辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理，定期核查各项目有关资料。	符合
4	项目负责人负责该项目的辐射安全管理工作，检查操作人员和现场安全员的操作与记录情况。	该公司 γ 射线移动探伤作业项目点拟配备项目负责人，负责该项目点的辐射安全管理工作，每天检查操作人员和现场安全员的操作和记录情况。	符合
5	现场安全员负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源 γ 射线探伤机（以下简称“探伤机”）的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。	该公司每个 γ 射线移动探伤作业场所拟配备 1 名现场安全员，主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤装置等工作，同时做好相关记录。	符合
6	操作人员负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。	该公司 γ 射线移动探伤作业场所拟配备 4 名操作人员，负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。	符合
7	放射源贮存库管理员负责放射源贮存库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。	本项目放射源暂存库已安排 2 名工作人员专职负责放射源暂存库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。	符合
8	辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员和放射源贮存库管理员必须通过相应的核技术利用辐射安全与防护考核。	本省单位的辐射安全负责人、作业项目点负责人、现场安全员和操作人员等上岗前，均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。	公司已建立辐射安全管理制度，主要包括：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射源使用登记制度、工作场所监测制度、人员剂量管理和健康管理制度、人员培训制度等。	符合
10	作业单位应制定并不断完善辐射事故应急预案，细化应急报告程序及应急处置措施，明确应急物资、设备型号（名称）、存放地点等，并定期组织开展应急演练。	公司已建立并不断完善辐射事故应急预案，细化，细化应急报告程序及应急处置措施，明确应急物资、设备型号（名称）、存放地点等，并定期组织开展应急演练。	符合

续表 10-8 与浙环发〔2022〕30 号文的对照性分析评价

《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》 (浙环发〔2022〕30 号)		本项目情况	符合情况
11	作业单位应每月对探伤机及配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤机的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录。	该公司已制定相应的设备维修制度，制度中明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录。	符合
12	作业单位之间不得借用许可资质、探伤机和辐射工作人员，未通过相应核技术辐射安全与防护考核的人员不得作业。	该公司承诺不借用许可资质、探伤机和辐射工作人员，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、源辫位置指示器等存在故障的探伤机。	该公司拟在日常操作中落实该要求，当 γ 射线探伤装置到 10 年年限后，及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。 在今后的实际探伤过程中拟严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合
14	作业单位应在现场项目部存放项目相关的操作规程、应急预案、出入库记录等辐射安全管理资料。作业结束后，应当将项目的相关资料及时归档，保留期限至少两年。	该公司承诺作业项目地存放项目相关的辐射环境管理资料，并将所有项目点的相关资料及时归档，保留期限不少于两年。	符合
15	作业委托单位应选择辐射安全管理水平良好的作业单位，与作业单位签订职责明确的责任书，明确专人负责，提供能满足作业要求的工作场所，配合落实放射源贮存库等。作业场所和放射源贮存库不符合辐射安全管理要求的，作业单位不得接受委托开展作业。	本项目对自生产的阀门进行移动探伤检测，不接受委托开展作业。	符合
16	作业单位应确保每台探伤机至少有 2 名操作人员和 1 名现场安全员同时在场。同一作业点，同一单位有多台探伤机使用的，现场安全员配备须满足辐射安全管控要求。操作人员以及现场安全员应配备个人剂量报警仪和个人剂量计，并持有标注照片、姓名、培训类别和所属单位等的人员信息牌。每个作业点配备至少 1 台辐射监测仪以及必要的个人防护和应急用品。	公司每台 γ 射线探伤机拟配备 2 名辐射操作人员和 1 名现场安全员同时在场，探伤作业时，操作人员以及现场安全员应配备个人剂量报警仪和个人剂量计，并佩戴标注照片、姓名、培训类别和所属单位等人员信息牌。每个作业点拟配备至少 1 台 X-γ 剂量率仪以及必要的个人防护和应急用品。	符合
17	探伤作业时（应急探伤除外），作业单位必须在作业现场边界外公众可达地点放置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息。作业单位应将作业计划和影响范围书面告知作业委托单位，作业委托单位应通知本单位相关人员，并协助作业单位做好周围公众的告知和警戒工作。	公司承诺室外探伤时（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	本省单位送贮废旧放射源的，应当在废旧放射源送贮活动完成之日起 20 日内，向注册地生态环境主管部门办理备案手续。	公司承诺在废旧放射源送贮活动完成之日起 20 日内，向注册地生态环境主管部门办理备案手续。	符合

续表 10-8 与浙环发〔2022〕30 号文的对照性分析评价

《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》 (浙环发〔2022〕30 号)		本项目情况	符合 情况
19	各级生态环境主管部门应当将作业单位列为特殊监管对象，加强监督管理，强化作业点的现场检查及在线监管系统使用情况的监督检查。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	
20	作业单位和作业委托单位违反本规定的行为，各级生态环境主管部门按有关法律、法规、规章进行查处，按规定公开环境违法信息，相关情况纳入企业环境信用评价结果。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	/
21	作业单位在移入地首次作业时，当地生态环境主管部门应对其现场检查，核实相关信息，督促作业单位做好辐射安全工作，消除安全隐患。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	

10.1.4.6 辐射工作人员配置和其他相关人员要求

(1) 移动探伤工作场所拟配备 2 名以上辐射操作人员（同时在场）和 1 名现场安全员，但现场安全员应具有对现场辐射安全负责的权限，发现安全问题及时叫停探伤作业。

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

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

①法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。

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

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

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

⑤操作人员负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。

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

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

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

10.1.4.7 辐射防护设施、辐射检测仪器及防护用品配置

本次新增的 γ 射线移动探伤和 X 射线移动探伤混合使用（不同时使用），同一个移动探伤作业点不同时开机使用 2 台及 2 台以上的探伤机。本项目计划新增 9 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，2 名为放射源管理人员，4 名为移动探伤操作人员，2 名为现场安全员。本项目辐射防护设施、辐射检测仪器与防护用品配置计划见表 10-9。

表 10-9 本项目辐射防护设施、辐射检测仪器与防护用品配置计划表

类别	辐射防护设施	单组配置	备注
放射源管理	个人剂量计	2 枚	拟新增
	个人剂量报警仪	2 台	拟新增
	便携式 X-γ 剂量率仪	1 台	拟新增
	红外线防盗报警装置	1 套	拟新增
	视频监控装置	3 台	放射源暂存库内拟安装 2 个，安保值班监控室内拟安装 1 个
X、γ 射线移动探伤	个人剂量计	6 枚	本项目 γ、X 射线移动式探伤由 6 名辐射工作人员组成，辐射操作人员交叉使用，专职，共 2 组。本项目移动探伤计划配置个人剂量计 6 枚；个人剂量报警仪 6 个；便携式 X-γ 剂量率仪 1 台；准直器 1 组；电离辐射警告标志、“禁止进入射线工作区”警告牌、“无关人员禁止入内”警告牌 4 套；提示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，与探伤机联锁 4 套；安全信息公示牌（面积不小于 2 平方米）1 个；对讲装置 3 个；警戒绳（不低于 500m）1 套；应急储源罐 1 个；应急箱（包括放射源的远距离处理工具）1 个；其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）1 套；铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜各 1 套；10mm 铅屏风（移动式）1 扇。
	个人剂量报警仪	6 台	
	便携式 X-γ 剂量率仪	1 台	
	准直器	1 组	
	电离辐射警告标志、“禁止进入射线工作区”警告牌、“无关人员禁止入内”警告牌	4 套	
	提示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，与探伤机联锁	4 套	
	安全信息公示牌（面积不小于 2 平方米）	1 个	
	对讲装置	3 个	
	警戒绳（不低于 500m）	1 套	
	应急储源罐	1 个	
	应急箱（包括放射源的远距离处理工具）	1 个	
	其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）	1 套	
	铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜	各 2 套	
	10mm 铅屏风（移动式）	1 扇	

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。

10.1.4.8 数字化管理要求

（1）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，实现作业活动的全流程闭环管理。

（2）每台探伤机均应安装在线监管系统终端，未安装终端的不得使用。作业单位应加强终端的日常管理和维护，确保数据上传有效。

（3）作业单位应做好在线监管系统人员、放射源、探伤机等信息录入及更新，按在线监管系统要求落实出入库扫码工作。

（4）作业单位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。

10.1.4.9 探伤设施的退役

（1）本项目 X 射线探伤机后期如报废，公司应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021

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

(2) 本项目 γ 射线探伤机内含II类放射源,相关工作场所如服务期满并拟淘汰使用,公司应按照《核技术利用设施退役》(HAD 401/14-2021)的要求实施探伤室的退役活动,并根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》的规定,及时办理相应的退役环境影响评价手续,确保退役场所满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中相关要求,方可无限制开放使用。

当工业探伤设施不再使用,应实施退役程序,包括以下内容:

①有使用价值的 γ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构,或者按照 GBZ117-2022 第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

②掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样对待。

③X 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。

④当所有辐射源从现场移走后,使用单位按监管机构要求办理相关手续。

⑤清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

⑥对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测,以确认现场没有留下放射源,并确认污染状况。

10.1.5 危险废物环境管理措施

本项目移动式探伤项目部的洗片工作均在新建的暗室内完成;该过程产生的废显(定)影液、废胶片和洗片废液等危废收集后暂存于现有危废暂存间,再定期委托永嘉县方盛环保科技有限公司龙湾分公司收集、贮存和转运,最终交由永嘉县方盛环保科技有限公司处理处置。

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

(1) 危废暂存

本项目 1#车间 2#车间之间过道指定区域移动探伤作业产生的危废全部暂存于现有危废暂存间,位于 2#车间西侧,建筑面积约 8m^2 ,高约 2.8m,一次性最大贮存能力约 8t。现有危废暂存间有 2m^2 专供本项目暂存,贮存量约 2t,本项目废显(定)影液、废胶片与洗片废液的年产生总量为 0.24t,计划的贮存期限一般不超过 3 个月,可以满足本项目危废贮存的空间要求。

该场所的装修已满足“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，地面硬化已做防渗处理，采用防盗门，门上设置符合《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）要求的危废标识和防盗锁，并由专人管理；库内分区存放，不同贮存分区之间应采取隔离措施，已设置专用防渗容器、防渗托盘，并设置液体导流和收集设施。其建设满足《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。

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

表 10-10 危险废物贮存场所（设施）基本情况表

序号	贮存场所（设施）名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	危废暂存间	废显（定）影液	HW16	900-019-16	2#车间西侧	2m ²	专用防渗容器	2t	每 3 个月转移一次
2		废胶片	HW16	900-019-16			袋装堆放		
3		洗片废液	HW16	900-019-16			专用防渗容器		

危废暂存间的环境管理应满足：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，防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危废包装容器应粘贴符合规定的标签，注明危险废物名称、来源、数量、主要成分和性质。③危险废物必须分类分区贮存，不同类危险废物间应有明显间隔，严禁不相容、具有反应性的危险废物混合贮存。④建立危险废物管理台账，管理人员应作好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留三年。

（2）危废的转移

对于厂内运输，本项目危废从厂区内产生环节运输到危废暂存间，应由专人负责，专用容器或废物袋收集转移，避免可能引起的散落、滴漏。

（3）危废的委托处置

凯喜姆阀门有限公司已与永嘉县方盛环保科技有限公司龙湾分公司签订收集、贮存和转运合同；永嘉县方盛环保科技有限公司龙湾分公司与温州中权汽车运输有限公司签订了危废委托运输合同，还与永嘉县方盛环保科技有限公司签订了危废委托处置合同，相关委托合同及资质证书见附件 12。

10.2 三废的治理

本项目的运行无放射性废水、放射性废气产生。

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

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

(3) 放射源暂存库内储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离会产生少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出。在 1#车间 2#车间之间过道指定区域进行的移动探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物由于产生量小且作业场地为开放式场所，臭氧在常温常压状态下将会在短时间内自动分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

(4) 探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液均属于危险废物，本项目产生的危险废物经集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，定期委托永嘉县方盛环保科技有限公司龙湾分公司收集、贮存和转运，最终交由永嘉县方盛环保科技有限公司处理处置。

10.3 建设项目环保投资

本项目总投资预计为 160 万元，其中辐射环保投资 125 万元，占总投资的 78.1%。本项目环保投资一览表详见表 10-11。

表 10-11 环保投资估算一览表

类别	环保设施和环保措施	费用（万元）
屏蔽措施	放射源暂存库的四侧屏蔽体和防护门、源坑	70
	铅防护屏风	14
安全装置	视频监控装置	1
	红外线防盗报警装置	2
	准直器	1
	电离辐射警告标志、“禁止进入射线工作区”警告牌、“无关人员禁止入内”警告牌	1
	提示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，与探伤机联锁	1
	安全信息公示牌（面积不小于 2 平方米）	1
	对讲装置	0.5
	警戒绳（不低于 500m）	0.5
	应急储源罐	1

	应急箱（包括放射源的远距离处理工具）	2
	其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）	2
	铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜	3
监测仪器及 警示装置	便携式 X- γ 剂量率仪	1
	个人剂量计	1
	个人剂量报警仪	1
三废处理	机械排风系统	1
	危废包装容器、危废委托处理	5
人员管理	辐射工作人员上岗培训和健康管理	4.5
管理制度	制定相关辐射安全管理制度并张贴上墙	0.5
应急设施	应急和救助的资金、物资准备（应急储源罐、应急箱和其他辅助设备）	5
设备维护	每个月对探伤装置的配件进行检查、维护等	1
辐射监测	个人剂量监测	3
	探伤工作场所年度监测	2
合计		125

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

本项目建设阶段主要影响为将生产车间的部分空间改造为放射源暂存库、X 射线机贮存间、暗室、评片室，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，因此只要采取一定的措施即可很大程度降低施工期的废气污染。

（2）废水：施工期间，有少量含有泥浆的施工废水产生，应对这些废水进行集中收集妥善处理，建议在采取简单的沉淀处理后排入已有的排污管道。施工人员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：整个施工过程中产生少量以建筑垃圾为主的固体废物，企业应妥善收集后处理处置。施工人员生活垃圾经收集后交环卫部门清运。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 放射源暂存库辐射影响预测

11.2.1.1 射线探伤机内放射源屏蔽状态下辐射环境影响分析

本项目拟配备的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机为 P 类探伤机，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：

$$K = \frac{K_0}{N} \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：K——设置屏蔽层后r（m）处的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

r_0 ——参考点到放射源的距离，m；

r——关注点到放射源的距离，m；

K_0 ——辐射场中 r_0 （m）处没有设置屏蔽防护时周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表2，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机类别为便携式（P），离源容器表面100cm处的最大周围当量剂量率为0.02mSv/h。

N——减弱倍数，根据公式 $N = 2^{-X/\text{HVL}}$ 计算获取，式中X：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， ^{192}Ir 放射源在钢和铅中的半值层厚度（HVL）分别为14mm、3mm。

表 11-1 距探伤机外表面不同距离处的辐射水平估算结果

探伤机外表面 (m)	0.5	1.0	2.0	3.0
周围剂量当量率 (mSv/h)	0.08	0.02	0.005	0.0022

通过表中计算结果可以看出, 辐射工作人员取还探伤机、在探伤过程中摆放探伤机或进行其他活动的过程中近距离接触 γ 射线探伤机将受到一定的外照射。因此, 实际工作过程中工作人员应注意控制与探伤机接触时间, 进行工件调运以及胶片贴、取等其他工作时还应注意与探伤机保持一定的距离。

11.2.1.2 源坑容量设计合理性分析

本项目放射源暂存库设置5个储源坑(编号1#~5#), 设计原则均为“一源一坑”, 采用下沉式设计。每个储源坑详细的设计见表11-2及附图8。

表11-2 放射源暂存库内储源坑设计情况表

场所	编号	单坑设计尺寸	用途	屏蔽防护
放射源暂存库	1#~5#储源坑	450mm(长)×450mm(宽) ×470mm(深)	备用坑(用于 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不作业时的临时贮存)	坑四壁与底部均为混凝土层, 坑盖采用6mm镀锌钢板+10mm铅板

根据建设单位提供的资料, 本项目拟购的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机外尺寸为330mm(长)×168mm(宽)×228mm(高)。根据探伤机的摆放位置, 本项目单个储源坑能满足1台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机贮存的空间要求。因此, 本项目放射源暂存库内储源坑的容积设计合理可行。

11.2.1.3 源坑表面辐射影响预测

本项目源坑位于地平面下, 四周及底部均为地下土层, 因此仅需考虑坑盖外辐射影响。

利用下列公式计算有屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率:

$$K = K_1 \cdot B \dots \dots \dots (11-2)$$

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

K_1 ——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 $B = 2^{-X/\text{HVL}}$ 计算, 其中 X 为屏蔽层厚度, mm;

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中附录A 表A.2, ^{192}Ir 对于铅的半值层厚度为3mm。

储源坑呈下沉式, 四壁和底部均为人员无法到达区域, 故本次评价仅预测坑盖的辐射影响, 对应储源坑的设计深度为470mm, 源容器到坑盖外50cm处距离 r 保守取值0.78m。根据公式(11-1)、(11-2)计算得到源坑的坑盖表面外0.5m处辐射剂量率结果见表11-3。

表11-3 源坑外屏蔽计算结果一览表

关注点位	屏蔽	K_0	r_0/r (m)	K_1	屏蔽层	HVL	B	K ($\mu\text{Sv/h}$)
------	----	-------	-------------	-------	-----	-----	---	--------------------------

	材料	($\mu\text{Sv/h}$)		($\mu\text{Sv/h}$)	厚度 (mm)	(mm)		
存有 ^{192}Ir - γ 射线 探伤机源坑坑 盖表面 0.5m	10m m 铅板	20	1/0.78	32.9	6 (钢)	14 (钢)	7.37×10^{-2}	2.42
					10 (铅)	3 (铅)		

注：R₁=源坑深度- γ 射线探伤机高度+50cm，结果向下保留 2 位小数。

根据公式（11-1）、（11-2）计算可知，坑盖外 50cm 处周围剂量当量率为 2.42 $\mu\text{Sv/h}$ 。因此，满足《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）中“库房盖板正上方 0.5m 处的最大剂量率不超过 20 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

11.2.1.4 放射源暂存库外表面辐射影响预测

在计算放射源暂存库外剂量率时，选择剂量关注点为放射源暂存库四周屏蔽墙、顶棚及防护门外 30cm 处。关注点的分布情况见图 11-1 和图 11-2。

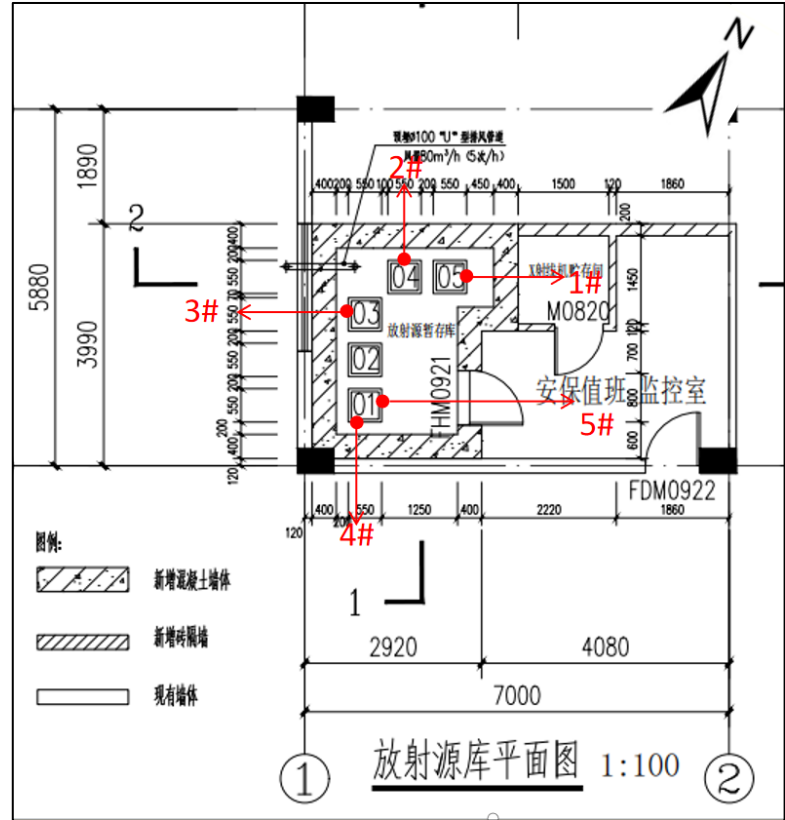


图11-1 放射源暂存库平面布局及预测点位示意图（单位：mm）

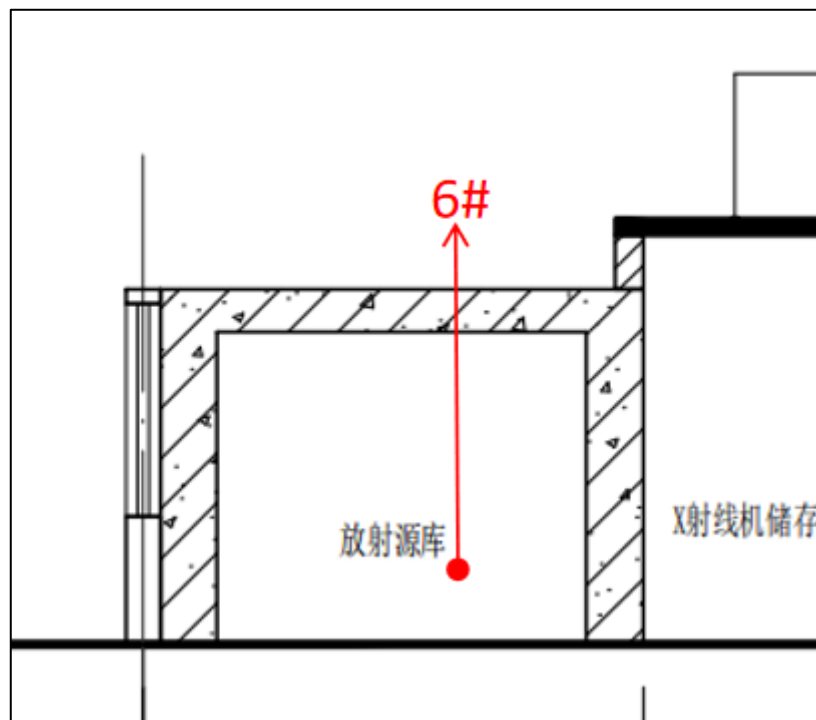


图11-2 放射源暂存库平面布局及预测点位示意图（单位：mm）

本项目放射源暂存库最大储存量为 5 枚 ^{192}Ir ，按保守简单叠加后放射源等效点源处的总剂量率为 $5 \times 2.42 = 12.1 \mu\text{Sv/h}$ ，按最不利情况考虑，放射源等效点源与北侧、西侧、南侧墙体最近距离为 0.2m；与防护门最近距离为 1.25m；与东侧墙体最近距离为 0.45m；与顶棚最近距离为 2.0m。根据公式（11-1）、（11-2）计算得到放射源暂存库内存放 5 枚 ^{192}Ir 时，放射源暂存库屏蔽体外 30cm 参考点处的辐射剂量率，计算结果详见表 11-4。

表11-4 放射源暂存库外30cm处周围剂量当量率预测结果

关注点位	屏蔽材料	K_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	R_0 (m)	R (m) ①	K_1 ($\mu\text{Sv/h}$)	B ②	K ($\mu\text{Sv/h}$)
1#（东侧）	400mm 混凝土	12.1	0.78	1.15	2.55	3.9×10^{-3}	0.20
2#（北侧）	400mm 混凝土	12.1	0.78	0.9	4.17	3.9×10^{-3}	3.49×10^{-2}
3#（西侧）	400mm 混凝土	12.1	0.78	0.9	4.17	3.9×10^{-3}	3.49×10^{-2}
4#（南侧）	400mm 混凝土 +240mm 实心砖③	12.1	0.78	1.14	2.60	2.4×10^{-4}	1.37×10^{-3}
5#（防护门）	5mm 铅	12.1	0.78	1.65	1.24	0.315	0.85
6#（顶棚）	300mm 混凝土	12.1	0.78	2.75	0.45	1.6×10^{-2}	1.53×10^{-2}

注：① R =放射源到放射源等效点源的距离+等效点源与屏蔽体最近距离+屏蔽体厚度+0.3m；

②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 NCRP Report No.151（Appendix

A, P158) 并进行密度换算, ^{192}Ir 对于实心砖的半值层厚度为 60mm; 根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中附录 A 表 A.2, ^{192}Ir 对于铅的半值层厚度为 3mm。

③本项目放射源暂存库南侧紧邻 2#车间南侧墙, 西侧紧邻 2#车间西侧墙。根据企业提供的资料, 2#车间南侧墙为 240mm 厚实心砖墙, 西侧为玻璃+实心砖墙结构。本环评按最不利影响计, 则南侧为 400mm 混凝土+240mm 实心砖墙, 西侧为 400mm 混凝土。

综上所述, 放射源暂存库屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大为 $0.85\mu\text{Sv/h}$, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中“放射源贮存设施在公众能接近的距外表面最近处, 其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平”的要求, 同时满足《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》(HJ 1258-2022) 中“库房外墙表面 0.3m 处的最大剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求, 放射源暂存库对周围辐射环境影响很小。

11.2.1.5 放射源暂存库局部贯穿辐射影响

本项目放射源暂存库排风管道地埋式设计, 管径为 200mm, 埋深 400mm, 地下管道以“U”型穿过放射源暂存库的西墙, 一直延伸到厂房西墙后, 排风口与室外地面齐平。根据《辐射防护导论》(方杰主编) P189 页的实例证明, 本项目放射源贮存过程中产生的 γ 射线需经过三次以上散射才能经排风管道散射至源库北墙外, 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。排风管道设计方案见图 11-4。

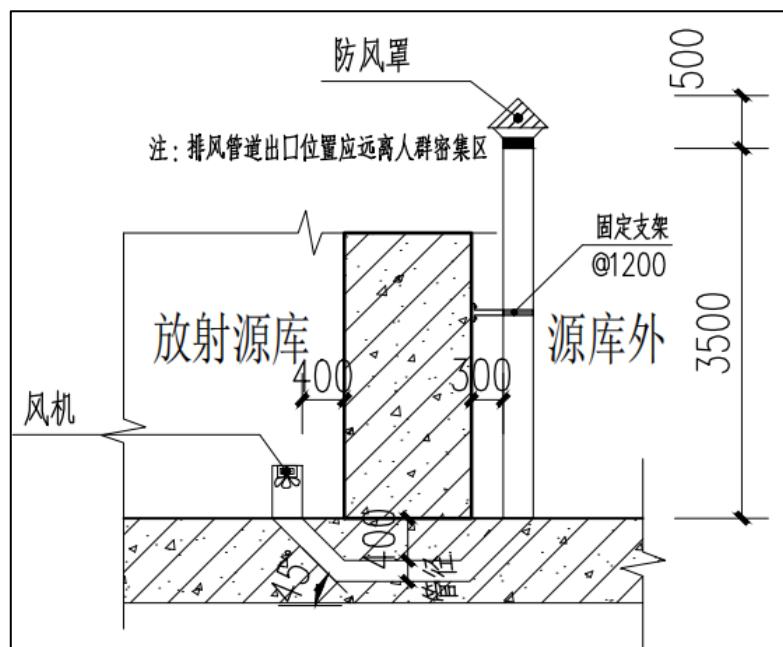


图11-3 排风管道设计方案

11.2.2 含源 γ 射线探伤机的短距离移动

本项含源 γ 射线探伤机从放射源暂存库运到移动探伤作业区或从移动探伤作业区运回到放射源暂存库时 γ 射线探伤机置于铅箱中, 采用双锁锁住箱盖, 铅箱牢固固定在手推车上,

再由现场安全员与辐射工作人员转移至移动探伤作业区或放射源暂存库。本项目拟配备1个运输铅箱，采用铅钢结构，铅厚度不低于5mm，单个铅箱仅存放1台 γ 射线探伤机。根据公式（11-1），放射源 ^{192}Ir 在铅的半值层为3mm，可估算出单个运输箱外不同距离处的周围剂量当量率。

表11-5 运输箱外不同距离处的周围剂量当量率

距离（m）	1	2	3	5	10
周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	6.30	1.57	0.70	0.25	0.06

注：由《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）可知，距便携式 γ 射线探伤机源容器外表面1m处的周围剂量当量率控制值为0.02mSv/h。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）， γ 射线探伤机源容器外表面5cm处周围剂量当量率低于0.5mSv/h满足《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2019）规定的运输工具外表面上任一点的辐射水平应不超过2mSv/h的标准限值。

由表11-5可知，保守估计，在忽略运输箱距运输车距离条件下，距离运输车外表面2m处的周围剂量当量率为 $1.57 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ ，该剂量率低于《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2019）规定的运输工具外表面2m处辐射水平应不超过0.1mSv/h的标准限值。

11.2.3 γ 射线移动探伤控制区和监督区的理论划分

根据公司提供的资料，本项目拟购的每台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机内分别配置1枚最大出厂活度为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{192}Ir 密封放射源，均为便携式探伤机（P）。 ^{192}Ir - γ 射线探伤机主要用于检测碳钢及不锈钢厚度为（30~100）mm的阀门，

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5~15cm。经准直器屏蔽后，有用线束方向为东向。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求， γ 射线移动探伤作业时，应将周围剂量当量率 $>15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，其外围周围剂量当量率 $>2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为监督区。同时，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录A关于“控制区距离概念”，根据放射源的 γ 射线向各个方向辐射的不同情况，确定三种不同的控制区距离，如图11-4所示：

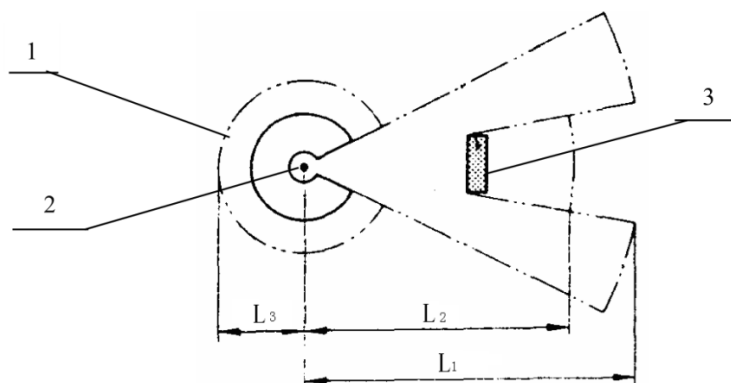


图11-4 应用屏蔽物的控制区（无比例）

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。

经与建设单位核实，为了将移动探伤作业范围控制在厂界内，在进行厂区内进行移动探伤时，增设屏蔽能力为10mm厚、尺寸为2m（宽）×4m（高）的移动式铅屏风1扇进行屏蔽，以阻挡对厂界外其他公众的照射，因此，计算此方位时须考虑到屏蔽透射因子。

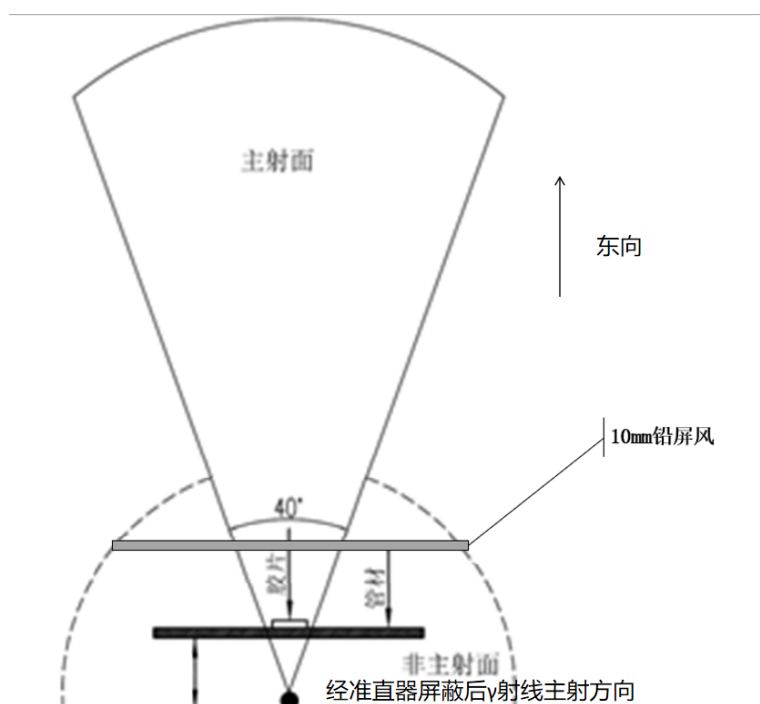


图 11-5 移动探伤作业射线照射示意图

（1）控制区距离的确定

对于移动式探伤，控制区边界的周围剂量当量率为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，可由公式（11-3）计算确定控制区的距离：

$$L_1 = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{15}} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中： L_1 ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

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

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

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

根据公式（11-3）计算可知： ^{192}Ir 放射源相应的 $L_1=205\text{m}$ 。

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

$$L_2 = L_1 \times \left(\sqrt{-\frac{t_1}{\text{HVL}_1}} * \sqrt{-\frac{t_2}{\text{HVL}_2}} \right) \dots\dots\dots (11-4)$$

式中： L_2 ——有工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

L_1 ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

t_1 ——被检测工件的厚度，单位为 mm；

HVL_1 ——检测工件的半值层厚度，单位为 mm，近似值见表 A.2；

t_2 ——移动式铅屏风的厚度，单位为 mm；

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

有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式（11-5）：

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{-\frac{t_3}{\text{HVL}_3}} \dots\dots\dots (11-5)$$

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

L_1 ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

t_3 ——源容器或其他屏蔽物（准直器）厚度，单位为 mm；

HVL_2 ——源容器或其他屏蔽物（准直器）的半值层厚度，单位为 mm，近似值

见表 A.2。

在工件、准直器和移动式铅屏风等屏蔽作用情况下，本次评价保守取 ^{192}Ir 放射源探伤工件最小厚度 20mm 钢板、准直器最小厚度 25mm 钨及移动式铅屏风厚度 10mm 作为计算依据，结合附录 A 中表 A.1，具体见表 1。

表11-6 不同材料在不同放射源能量下半值层厚度的近似值

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

注：本项目进行移动探伤作业时，配有 10mm 的铅屏风进行辐射屏蔽防护。

根据公式(11-4)和公式(11-5)计算可知：本项目 γ 射线不经任何屏蔽时， $L_1=L_2=L_3=205\text{m}$ ； γ 射线经准直器或移动式铅屏风进行辐射屏蔽防护后， ^{192}Ir 放射源相应的 $L_2=31\text{m}$ ， $L_3=7\text{m}$ 。

（2）监督区距离的确定

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

$$^{192}\text{Ir} \text{ 放射源: } L1'=L1 \times \sqrt{\frac{15}{2.5}} = 205 \times 2.45 \approx 502 \text{ (m)} ;$$

$$L2'=L2 \times \sqrt{\frac{15}{2.5}} = 31 \times 2.45 \approx 76 \text{ (m)} ;$$

$$L3'=L3 \times \sqrt{\frac{15}{2.5}} = 7 \times 2.45 \approx 17 \text{ (m)} .$$

据此计算出本项目 γ 射线移动探伤时，主射线方向和非主射线方向两种情况下控制区和监督区的距离，具体见表 11-7。

表11-7 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 ($3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$)	20mm	经移动式铅屏风屏蔽					
		/	31	/	/	76	/
		未经移动式铅屏风屏蔽					
		205	98	7	502	241	17

因此，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件和移动式铅屏风屏蔽后划定的控制区距离为 31m，监督区距离为 76m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为 7m，监督区距离为 17m。实际移动探伤时，建设单位应采取本报告关于 γ 射线移动探伤的控制区和监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分，然后采用便携式 X- γ 剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整。

11.2.4 X射线移动探伤控制区和监督区的理论划分

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第8.4.2条款，在X射线探伤机处于照射状态，建设单位用便携式X-γ剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，参照GBZ 117-2022第7.2.2条确定的剂量率值确定控制区边界；以2.5μSv/h为监督区边界。本项目X射线移动探伤小组的周探伤时间为0.9h，小于7h，故可判定出本项目X射线移动探伤控制区边界周围剂量当量率限值为15μSv/h。

在实际探伤过程中，X射线定向探伤机的主束射向所检查的工件，周向探伤机被放入待检压力容器中才能出束。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。

根据企业提供的资料，本项目X射线探伤机主射方向为东向。

（1）有用线束

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

$$K = \frac{I \delta_x (r_0/r)^2}{10^{(d_1/d_2)} * 10^{(d_3/d_4)}} \dots\dots\dots (11-6)$$

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

I——X射线机管电流，mA；本项目X射线探伤机的管电流均为5mA；

δ_x——X射线探伤机的发射率常数，mGy m² mA⁻¹ min⁻¹；根据前文表9章节可知，δ_x（300kV）=20.9mSv•m²/（mA•min）；

r₀——X射线管钨靶离焦点的距离，本项目均取1m；

r——参考点到X射线机靶的距离，m；

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XXQ-3005型X射线探伤机满功率最大电压为300kV时，探伤工件最小透照厚度为20mm，材质主要为钢。

d₂——钢的什值层厚度，mm；根据NCRP REPORT No.151:Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities中P158页Fig.A.1a，300kV探伤机产生的X射线束在钢中的什值层厚度分别取值16mm。

d₃——移动式铅屏风厚度，mm；实际探伤过程中，为满足监督区距离要求。根据建设单位提供的资料，移动式铅屏风厚度为10mm。

d_4 ——铅的什值层厚度, mm; 根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT 250-2014)中附录表B.2X射线束在铅和混凝土中的半值层厚度和什值层厚度, 本项目300kV探伤机产生的X射线束在铅中的什值层厚度分别取值5.7mm。

(2) 泄漏辐射

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)标准中规定: X射线探伤装置在额定工作条件下, 管电压>200kV时, X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值为5mSv/h。一般情况下出厂合格的X射线探伤机都将满足该要求。根据下列公式可以估算出探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围。

$$K_1 = K_0 \times \frac{R_0^2}{R_1^2} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中: K_1 ——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 $2.5\mu\text{Sv/h}$;

K_0 ——距离探伤机表面 1m 处的周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

R_0 ——探伤机表面外, 本项目均取 1m;

R_1 ——参考点距探伤机表面的距离, m。

(3) 散射辐射

散射线可根据《辐射防护导论》(方杰主编, P185, 式 6.6) 及推导公式计算:

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

由上式可以导出:

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot \alpha_r \cdot a}{r_i^2 \cdot r_R^2} \cdot q \cdot \frac{1}{k} \cdot \eta_{rR} \dots\dots\dots (11-9)$$

式中: $\dot{H}_{L,h}$ ——参考点处 X 辐射计量率, Sv/h; 控制区边界取 $1.5 \times 10^{-5} \text{Sv/h}$, 监督区边界取 $2.5 \times 10^{-6} \text{Sv/h}$;

F_{j0} ——辐射源处辐射水平, $\text{Gy m}^2/\text{min}$, 由 $I \cdot \delta_x$ 确定, δ_x 的取值详见表 3;

α_r ——反射物的反射系数, 依据《辐射防护导论》图 6.4, 单能光子在铁上的反射系数保守取 0.007;

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

r_i ——辐射源同反射点之间的距离, m, 取 1m;

r_R ——反射点到参考点的距离, m;

k ——单位换算系数，对于 X 射线源为 1.67×10^{-2} 。

q ——参考点所在位置相应的居留因子，取 1。

(4) 理论计算结果

本项目X射线移动探伤是根据待检测的工件材料及厚度选用相应的探伤机，且每次探伤作业仅限单台探伤机开机操作。假设探伤作业时，设备满功率运行，将相关参数代入公式（11-7）～（11-9），可估算出本项目X射线移动探伤时控制区和监督区的边界范围，见表11-8。

表11-8 X射线移动探伤控制区与监督区估算结果

探伤机型号	射线类型		控制区范围（m）	监督区范围（m）
经移动式铅屏风屏蔽				
XXQ-3005	有用线束	探伤钢板厚度 20mm	21	50
	泄漏辐射		19	45
	散射辐射		17	42
未经移动式铅屏风屏蔽				
XXQ-3005	有用线束	探伤钢板厚度 20mm	153	374
	泄漏辐射		19	45
	散射辐射		17	42

由上表可知：

最大管电压为 300kV 的 X 射线探伤机满功率开机条件下对 20mm 钢板进行移动探伤时，有用线束方向经移动式铅屏风屏蔽最大控制区范围约 21m，最大监督区范围约 50m；非有用线束方向最大控制区范围约 19m，最大监督区范围约 45m。

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

11.2.5 人员受照剂量

11.2.5.1 计算公式

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

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

式中：E——年有效剂量，mSv/a；

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

t——探伤装置年照射时间，h/a；

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子，本项目保守取 1；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子，取值参考 GBZ/T250-2014 附录 A 表 A.1。

11.2.5.2放射源管理人员年有效剂量

根据存/取一次放射源所需的工序，主要为从储源库（坑）内存取放射源和短距离移动 γ 射线探伤机，本次评价移动探伤装置为 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（类别：便携式P）。保守取辐射工作人员存/取一次放射源时处于离探伤机5cm处（根据GBZ 117-2022，便携式 γ 射线探伤机源容器表面5cm处最大周围剂量当量率为0.5mGy/h）和离探伤机100cm处（根据GBZ 117-2022，便携式射线探伤机源容器表面100cm处最大周围剂量当量率为0.02mGy/h）的时间分别为0.5min和1min。根据公式（11-10），居留因子取1，可估算出：完成存/取一次放射源暂存库内的放射源的操作所受的辐射剂量约 $4.5 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ；保守估计本项目移动探伤约每日存/取1次，年工作140天，则年存/取次数约140次，该工作由2名放射源管理人员完成，则放射源管理人员存/取放射源受到的年有效剂量为 $H=4.5 \times 10^{-3} \times 140=0.63 \text{mSv}$ 。

放射源管理人员年有效剂量为0.63mSv，小于本次评价项目职业人员剂量约束值（5.0mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于职业人员“剂量限值”的要求（20mSv/a）。

11.2.5.3移动式探伤辐射工作人员年有效剂量

（1） γ 射线移动探伤

根据建设单位提供的资料， γ 射线移动探伤小组共2组，每组由2名辐射操作人员和1名现场安全员组成。单组工作人员 γ 射线移动探伤年曝光时间为209h，周曝光时间为4.2h，放射源运输全部由具备放射性物品运输资质的单位负责，假设每次 γ 射线移动探伤作业操作步骤如下：

a、放射源出库：辐射工作人员在放射源暂存库内打开储源坑（1min，周围剂量当量率取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ），将探伤机从储源坑拿出放到铅箱内（0.5min，周围剂量当量率保守按源容器表面外5cm处周围剂量当量率控制值取 0.5mSv/h ，下同），在全程监控条件下交接给现场安全员由其采用专用运输车辆运输到探伤地点。

b、厂区内短距离移动：在不涉及公用道路的厂区内移动时，辐射工作人员采用手推车将含源 γ 射线探伤机推至移动探伤作业区（3min，周围剂量当量率取前文表11-5中理论计算值 $1.57 \mu\text{Sv/h}$ ），该过程使含源装置处于人员监视之下。到达移动探伤作业区后，现场安全员按程序要求交接给本项目辐射工作人员。

c、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）。

d、探伤前后送、收放射源：本项目 γ 射线探伤机均采用手动出源的方式，送、收放射源的位置距探伤机保守取10m，探伤机距离照射位置保守取6m，平均每秒送源（收源）1m，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，退至控制区边界外。

^{192}Ir 放射源初装源时的活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ （100Ci），并且随着源的使用活度不断衰减。保守估算，本项目取放射源额定装源活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ （100Ci）计算。在送、收源过程中，人员距离放射源的距离是不断变化的（10m~15m），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~15m内假设5个点位，分别为11m、12m、13m、14m、15m。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：

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

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

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

Γ ——周围剂量当量率常数，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

附录 A 表 A.1 可知：对于 ^{192}Ir ， $\Gamma=0.17\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ ；

r——参考点距离放射源的距离，m。

则距离 ^{192}Ir 放射源10m~15m各点位的周围剂量当量率估算结果见表11-9。

表11-9 距离 ^{192}Ir 放射源10m~15m各点位的周围剂量当量率

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

由表11-9可知：送、收源过程中操作位置的周围剂量当量率平均值为 $3858\mu\text{Sv/h}$ 。

e、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 $15\mu\text{Sv/h}$ ），每次累计操作时间为3h。

f、操作结束后，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 ），将铅箱移动至手推车固定（2min，周围剂量当量率取 0.02mSv/h ）。

g、厂区内短距离移动：在不涉及公用道路的厂区内移动时，辐射工作人员采用手推车将含源 γ 射线探伤机由移动探伤作业区转移至放射源暂存库（3min，周围剂量当量率取前文表11-5中理论计算值 $1.57\mu\text{Sv/h}$ ），该过程使含源装置处于人员监视之下。

h、放射源入库：运回放射源暂存库后，辐射工作人员在源库内，打开储源坑（1min，周围剂量当量率取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），将探伤机放回储源坑（0.5min，周围剂量当量率取 0.5mSv/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 $6.3\times 10^{-2}\text{mSv}$ 。

结合现有的企业工作负荷计划和辐射管理经验，每位辐射工作人员按以上步骤累计操作最多约35次/年（0.7次/周）。根据公式（11-10），居留因子取1，则单名 γ 射线移动探伤操作人员的年有效剂量约 2.75mSv/a ，周有效剂量约 $54.9\mu\text{Sv/周}$ 。

现场安全员主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源 γ 射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，本报告保守将辐射剂量贡献视为全部来自监督区处人员管理。监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Gy/h}$ ，单个 γ 射线移动探伤小组年曝光时间为105h，居留因子取1，则单名现场安全员的年有效剂量约 0.26mSv/a ，周有效剂量约 $5.3\mu\text{Sv/周}$ 。

（2）X射线移动探伤

鉴于X射线移动探伤工作场所各不相同，故本次评价采用边界控制限值开展剂量估算。保守假设：a、本项目单个X射线移动探伤小组年曝光时间为21h；b、X射线移动探伤共1组，每组由3名辐射工作人员组成，其中2名轮流负责探伤装置操作，另1名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入；c、X射线探伤机有延时开机功能，操作人员开机后马上退至控制区边界处（该处周围剂量当量率 $\leq 15\mu\text{Gy/h}$ ，保守以 $15\mu\text{Gy/h}$ 计算）；d、巡界人员主要在监督区边界处进行安全警戒（监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，保守以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 计算）。

根据公式（11-10），居留因子取1，则单名X射线移动探伤操作人员的年有效剂量约 0.16mSv/a ，周有效剂量约 $3.2\mu\text{Sv/周}$ ；单名X射线移动探伤巡界人员的年有效剂量约 0.05mSv/a ，周有效剂量约 $1.1\mu\text{Sv/周}$ 。

（3）综合剂量

考虑到单名辐射操作人员既从事 γ 射线移动探伤，又从事X射线移动探伤，故本报告进行剂量叠加，即单名辐射操作人员年有效剂量为 2.75mSv/a （ γ 射线移动探伤） $+0.16\text{mSv/a}$ （X射线移动探伤） $=2.91\text{mSv/a}$ ，周有效剂量为 $(2.91/50)\text{mSv/a}=58.2\mu\text{Sv/周}$ ；因此本项目移动探伤工作人员年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ），也满足

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ ）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ”的要求。

11.2.5.4 公众成员年有效剂量

（1）放射源暂存库周围公众

本项目放射源暂存库评价范围 50m 内的环境保护目标分布情况，根据公式（11-10），利用表 11-3 相关数据，本项目放射源暂存库同时运行时周围公众及评价范围内其他代表性的环境保护目标年有效剂量估算结果见表 11-11。

表11-11 放射源暂存库周围公众及环境保护目标年有效剂量估算

公众保护目标点	放射源暂存库与保护目标距离（m）	参考点到点源距离（m）	放射源暂存库保护目标处辐射剂量率取值 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）*	居留因子 T	年受照时间 t（h/a）	年有效剂量 H（mSv/a）
2#车间仓库	5+1.15	1.15	6.99×10^{-3}	1/2	2000	3.50×10^{-3}
车间过道	0.9	0.9	3.49×10^{-2}	1/8		7.07×10^{-3}
厂区道路（西侧）	0.9	0.9	3.49×10^{-2}	1/8		7.07×10^{-3}
厂区道路（南侧）	1.14	1.14	1.37×10^{-3}	1/8		4.45×10^{-4}
2F 仓库	2.75	2.75	1.6×10^{-2}	1/2		1.54×10^{-2}
3#车间 B 区	15+1.14	1.14	6.83×10^{-6}	1/2		6.83×10^{-6}
鑫利通五金有限公司	23+0.9	0.9	4.95×10^{-5}	1/8		1.24×10^{-4}

注：①X 射线机贮存间、放射源暂存库东侧监控区禁止公众进入，故本报告表此关注处不纳入公众剂量；②关注点处周围剂量当量剂量率由放射源暂存库外 30cm 处辐射剂量率（靠近关注点一侧）与距离的平方成反比的关系式计算推导出。

公众人员最大受照年有效剂量为 $1.54 \times 10^{-2}\text{mSv}$ ，满足《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）中“公众年有效剂量管理目标值不超过 0.1mSv ”的要求，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）。本报告保守选取 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机作为评价对象进行理论计算，因此实际公众人员最大受照年有效剂量将小于 $1.85 \times 10^{-2}\text{mSv}$ 。

（2）移动探伤作业场所周围公众

根据操作规范，在每次移动探伤作业前，该公司均须将探伤计划（包括探伤时间、地点等）告知探伤作业所涉及区域内及周边的相关部门及相关人员，严格执行清场工作。探伤作业一般均在晚上等现场其他非辐射工作人员下班后进行，或者提前一天通知周围的非辐射工作人员在探伤作业时间回避现场。该公司在进行移动探伤前划定控制区和监督区，公众成员不得进入监督区区域，监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

① γ 射线移动探伤作业周围公众成员

本项目监督区均在厂界范围内,每次进行移动探伤前必须清场。移动探伤区域配置 10mm 铅屏风 2m (宽)×4m (高) 1 扇,铅屏风位于主射方向,铅屏风距离出束点约 1m,且出束点位于铅屏风的中央。综合楼距移动探伤边界约 63m,高约 23m,主射出束角为 40 度,根据相似三角形,主射束无法到达综合楼,因此移动探伤对综合楼高层处的影响较小,且综合楼处于 γ 射线移动探伤的监督区边界区域,所以综合楼及其他区域公众人员的有效剂量估算如下:

保守假设: a、本项目 γ 射线移动探伤工作次数为 70 次/年; b、某一公众成员每次探伤时在监督区边界处停留时间为 1h,在 1h 内有 5min γ 射线探伤机处于出源照射状态,居留因子取 1。

根据公式(11-10)计算可知,该地点公众成员的年有效剂量为 $1.46 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$,小于本次评价项目公众成员剂量约束值(0.1mSv/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(1.0mSv/a)。

②X 射线移动探伤作业周围公众成员

保守假设: a、本项目 X 射线移动探伤工作次数约为 14 次/年; b、某一公众成员每次探伤时在监督区边界处停留时间为 1h,在 1h 内有 5min γ 射线探伤机处于出源照射状态,居留因子取 1。根据公式(11-10)计算可知,公众成员的年有效剂量不超过 0.01mSv/a ,小于本次评价项目公众成员剂量约束值(0.1mSv/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(1.0mSv/a)。

11.2.6“三废”影响分析

11.2.6.1放射性“三废”

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生。

(1) 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。公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订了废旧放射源返回协议。当放射源需要报废时,公司应按照规定将废旧放射源返回生产单位。

(2) 报废的 γ 射线探伤机

超过安全使用期限的报废 γ 射线探伤机属于放射性固体废物,应委托探伤机生产单位进行回收处理。

11.2.6.2非放射性“三废”

(1) 臭氧和氮氧化物

放射源暂存于放射源暂存库时，也会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物，放射源暂存库拟设机械排风系统，设计风量为 $80\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数为 5 次，满足《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）中“废物贮存区换气次数约 2~3 次/h”的要求。排风管汇集引至源库外 3.5m 处高空排放，避免朝向人员活动密集区，位置合理。

（2）其他废物

探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液均属于危险废物，须定期委托有资质的单位处理。废放射源由放射源生产单位回收，超过安全使用期限的报废 γ 射线探伤机属于放射性固体废物，应委托探伤机生产单位进行回收处理。

11.3 事故影响分析

本项目X射线探伤机仅在接通电源工作时可以产生X射线，因此贮存阶段和运输阶段均不会产生X射线，无需特殊的辐射防护，最有可能发生的事故工况发生在使用阶段，具体见表11-12。

γ 射线探伤机内含的放射源 ^{192}Ir 是封装在密闭包壳中的，工艺上利用放射性同位素衰变产生的 γ 射线。正常情况下不会发生放射性泄漏事故，但由于 γ 射线贯穿能力很强，照射范围常常超出工作场所以外，因此密封放射源可能发生的事故和不安全工况存在于贮存阶段、运输阶段和使用阶段，最有可能发生的事故工况发生在使用阶段，具体分析见表 11-13。

表11-12 X射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

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

表11-13 含源 γ 射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
贮存过程	①放射源暂存库的视频监控系统和红外报警装置发生故障，导致人员进入放射源暂存库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ②放射源暂存库的防盗门和储源坑铅板的防盗锁损坏，导致人员进入放射源暂存库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ③在电离辐射警告标志未发生作用的情况下，导致人员进入放射源暂存库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ④退役或不用的放射源未放置到指定的地方，随意存放，导致工作人员或公众成员造成不必要的照射，同时加大了放射源遗忘或被盗的可能性。	①建立完善的规章制度并落实于实际工作中，每次操作辐射工作人员必须严格按照操作规程进行操作，检查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； ②计划定期进行放射源暂存库的环境监测，发现问题及时整改，防止环境风险的发生； ③制定应急预案并加强应急演练，防止环境风险的发生。
厂区内短距离移动过程	X射线探伤机损坏，使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员不必要的照射。	①运输前，企业应对设备进行全面安全检查，发现问题及时处理解决。 ②加强运输过程中的安全意识，做好设备安保措施。
移动探伤过程	①移动探伤时在工作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线和电离辐射警告标志未起到作用的情况下，人员误入正在运行的探伤工作场所或公众还未全部撤离控制区，工作人员启动设备，造成有关人员被误照； ②放射源因故从机器上拆下来，γ射线探伤机探伤后未放入放射源暂存库中保管，可能会发生放射源丢失或被盗事故； ③检修机器时仪器中的放射源从铅容器中掉出来，由于该放射源为密封源，一般不会对周围环境（地面、空气、机器等）产生弥散性污染，但是若操作不当，将对操作工人产生较强的辐射照射； ④由于探伤机故障使得放射源在输源导管中发生卡源的情况，不能退回密封容器内； ⑤工作人员不按要求佩戴个人防护用品，造成超剂量照射；铅屏风未放置或未正确放置，造	①严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程进行作业。每次移动探伤工作前，配备工作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线等，在监督区四周可设置醒目的电离辐射警告标志和警示语等提示信息。 ②配置必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测，及时发现使用过程中的射线泄漏。为辐射工作场所配置了个人剂量报警仪，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。 ③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。 ④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。 ⑤γ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。 ⑥γ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。 ⑦凯喜姆阀门有限公司不得自行进行倒源操作，所有换源工作必须由放射源生产单位

	成公众人员大剂量照射。	负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责。 ⑧γ射线探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，应由工作人员手动回源。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。在借助工具处理卡源事故过程中，假设每次处理时间为1min，距源约0.3m，γ点源（以¹⁹²Ir放射源为例）无屏蔽体情况下工作人员处理一次事故所受剂量约为120mSv，远超辐射工作人员年剂量限值。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。 ⑨γ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。 ⑩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，出束前铅屏风正确放置。
--	-------------	---

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

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

12.1.1 机构的设置

公司开展工业探伤工作，对放射防护安全负主体责任，已成立以章成选为组长的辐射安全管理小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作，明确了相关负责人和各成员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施，可以满足本项目建设完成后的辐射安全管理需要。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）对本项目拟增加新的辐射工作人员，公司应做好以下相关管理工作：

①所有辐射工作人员（包括辐射安全管理人员、放射源管理人员、辐射操作人员）应根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）的要求参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn/>）学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训。放射源管理人员和辐射操作人员均应配备个人剂量计，定期送检有资质单位（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月），并建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案。同时，辐射安全管理人员因不参与实际的辐射操作，可不进行个人剂量检测和职业健康体检。

②所有辐射工作人员的辐射安全和防护考核成绩报告单、个人剂量检测档案、职业健康档案记录三个文件上的人员信息应统一。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》第四十一条规定，职业健康监护档案应长期保存。

③根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021年版）》，对于使用 X、 γ 射线探伤设备的辐射工作人员，辐射安全考核专业类别和从业范围均不同。对于 X 射线探伤机，辐射工作人员上岗前应参加“X 射线探伤”类别的相关培训，经考核合格后方可上岗。对于 γ 射线探伤机，辐射工作人员上岗前应参加“ γ 射线探伤”类别的相关培训，经考核合格后方可上岗。考虑到本项目辐射工作人员混合干 X、 γ 射线探伤，实际工作中持有“X 射线探伤”与“ γ 射线探伤”类别培训证书的辐射工作人员应不交叉使用，满足人员资质条件方可上岗。

④根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 4.4 条款，本项目探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》第十六条规定，使用 II 类射线装置和 II 类放射源的单位要有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射源和射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。产生放射性固体废物的，还应具有确保放射性固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。

因此，建议在从事辐射工作前，应结合现行法律法规要求及实际工作情况，制定一系列相关辐射安全管理规章制度，形成完善的体系，为本项目的安全开展、辐射防护和环境保护提供有力保障。建设单位拟制定的相关辐射安全规章制度名录见表 12-1。

表 12-1 建设单位拟制定的相关辐射安全规章制度名录

序号	制度名称	
1	综合	辐射防护和安全保卫制度
		γ 射线移动式探伤操作规程
		X 射线移动式探伤操作规程
		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度等）
		放射源暂存库安保管理制度
		X 射线机贮存间安保管理制度
		放射源管理规定（购买、使用、转让、返回或送贮）
		射线装置使用登记制度
2	监测	监测方案
		监测仪表使用与校验管理制度
3	人员	辐射工作人员岗位职责
		辐射工作人员培训/再培训管理制度
		辐射工作人员个人剂量管理制度

		辐射工作人员职业健康管理制度
4	应急	辐射事故应急预案
5	三废	废旧放射源退役制度
		射线装置报废处置制度
		危险废物处理处置制度
6	其他	辐射安全档案管理制度

其中《辐射防护和安全保卫制度》、《 γ 射线移动式探伤操作规程》、《X射线移动式探伤操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》与《辐射事故应急预案》等制度需张贴上墙于相关辐射工作场所现场处，上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性。

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

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，公司需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》第十六条规定，使用II类放射源和II类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

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

12.3.2 个人剂量监测

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

12.3.3 探伤机检测

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 8.2 条款，本项目投入使用后，探伤机的检测要求如下：

表12-2 探伤机检测

防护性能检测	检测方法	X射线探伤机防护性能检测方法按GB/T 26837的要求进行； γ 射线探伤机防护性能检测方法按GB/T 14058的要求进行。
	检测周期	使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。
密封放射源泄漏检验	检验方法	用滤纸或软质材料沾取5%EDTA- Na_2 溶液或其他去污剂擦拭密封导向管内壁，测量擦拭物的放射性，如有明显增高（例如20Bq），应将放射源送回生产厂家进一步检验。
	检验周期	每年对探伤机放射源传输管道进行放射性污染检验，检查放射源的密封性能。

12.3.4 探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求，公司应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

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

（2）常规监测：日常使用过程中对控制区、监督区边界及使用场所周边关注点进行监测。如发现划定的区域未能满足相关标准的要求，及时对划定的分区进行调整，并将每次巡测结果记录存档备案。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 8.3.4 条款：本项目探伤室投入使用后每年至少进行 1 次常规监测；第 8.4.1.1 条款：进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。第 8.4.3 条款：每次移动式探伤作业时，运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：a）新开展现场射线探伤的单位；b）每年抽检一次；c）在居民区进行的移动式探伤；d）发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。

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

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等标准要求，本项目辐射工作场所监测计划见表 12-3。

表12-3 本项目辐射工作场所监测计划

场所名称	监测类型	监测项目	监测范围	监测频次	监测方式
放射源暂存库	验收监测	周围剂量当量率	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；储源坑表面 30cm 处；含源 γ 射线探伤机出入库时源容器表面。	验收期间监测 1 次	委托监测
	常规监测			放射源出入库	自行监测
	年度监测			1 次/年	自行监测
X、 γ 移动探伤作业地点	验收监测	周围剂量当量率	①巡测：在 X、 γ 射线探伤机处于照射状态，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量，划分控制区和监督区；工作完毕且 γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置后，源容器表面及工作场所处； ②操作位：在工作状态下和探伤机停止工作时分别检测操作位置的辐射水平。	验收期间监测 1 次	委托监测
	年度监测			1 次/年	委托监测
	常规监测	周围剂量当量率	①巡测：在 X、 γ 射线探伤机处于照射状态，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量，划分控制区和监督区；工作完毕且 γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置后，源容器表面及工作场所处； ②操作位：在工作状态下和探伤机停止工作时分别检测操作位置的辐射水平	每次移动式探伤时	自行监测
			a) 新开展现场射线探伤的单位； b) 每年抽检一次； c) 在居民区进行的移动式探伤； d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。	出现上述情况时	委托监测

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

12.4 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，公司应对本单位的放射源和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- （一）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （二）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；

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

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.5 竣工环保验收

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

12.6 辐射事故应急

12.6.1 应急预案制定要求

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

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

发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施

并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境主管部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生主管部门报告。如发生放射源被盗的事故，则还须向公安部门报告。

12.6.2 本项目应急预案的要求

本项目投入运行后，公司应做好以下工作：

（1）公司应设置辐射事故应急小组，配置相应的应急装备和物资，以满足实际应急需要。

（2）辐射事故应急预案应明确 X、 γ 射线移动式探伤的风险内容和应急措施，尤其是卡源故障的风险防范措施，以满足项目变化后的相关要求。

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

（4）公司应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

（5）公司应将本单位的应急预案报所在地生态环境主管部门备案，开展隐患排查并及时消除隐患，防止发生事故。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目工程概况

凯喜姆阀门有限公司计划在浙江省温州市龙湾区永兴街道滨海四道 999 号现有厂区 1# 车间 2#车间之间过道内指定区域开展辐射活动，主要包括：①购置 5 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 1 台 XXQ-3005 型 X 射线探伤机（定向），均用于移动探伤。②新建 1 间放射源暂存库（内设 5 个储源坑）和 1 间 X 射线机贮存间，用于 γ 、X 射线探伤机不作业时的临时贮存。其中每台 γ 射线探伤机内置 1 枚密封源 ^{192}Ir ，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 。③新建 1 间暗室、1 间评片室等辅助用房，危废暂存间依托于 2#车间西侧的已建危废暂存间，用于探伤洗片、评片及探伤过程中产生的各类危废的临时暂存。

13.1.2 辐射安全和防护

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

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

13.1.3 环境影响分析结论

（1）主要污染因子

本项目投入运行后，主要污染因子为X射线、 β 射线、 γ 射线、废旧放射源、报废的 γ 射线探伤机及非放射性污染（臭氧和氮氧化物、废显（定）影液、废胶片及洗片废液）。

（2）环境影响分析结论

①放射源暂存库安全防护能力分析

经辐射环境影响预测，当放射源暂存库处于最大贮存工况时，源库和储源坑周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（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。

②移动探伤控制区和监督区划分

根据理论预测结果，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件和移动式铅屏风屏蔽后划定的控制区距离为31m，监督区距离为76m；有用线束方向以外经准

直器屏蔽后划定的控制区距离为7m，监督区距离为17m；XXQ-3005型X射线探伤机满功率开机条件下对20mm钢板进行移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约21m，最大监督区范围约50m；非有用线束方向最大控制区范围约19m，最大监督区范围约45m。

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

③人员年有效剂量

根据剂量估算结果，本项目所致辐射工作人员年有效剂量和公众人员均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于职业人员“剂量限值”与剂量约束值的要求。

④“三废”环境影响分析

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。报废的 γ 射线探伤机应交予 γ 射线探伤机生产单位进行回收处理。

放射源暂存库内储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离会产生少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出。移动式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

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

13.1.4 辐射安全管理结论

①公司已成立以章成选为组长的辐射安全管理小组，负责辐射安全与环境保护管理工作。同时应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

②公司应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公司应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1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。

④公司应按本报告提出的要求制定辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.5 项目可行性分析结论

（1）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”，因此，本项目符合国家产业政策要求。

（2）实践正当性分析

本项目实施的目的是对自生产的阀门进行无损检测，以提高企业生产水平和保证产品质量，具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后，其对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

（3）选址合理性

本项目位于浙江省温州市龙湾区永兴街道滨海四道 999 号，不新增土地。同时本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素，符合用地规划要求。项目建设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，符合“三线一单”的建设要求，项目周围对本项目的实施均无潜在的安全隐患。放射源暂存库评价范围 50m 内和移动探伤作业区评价范围 100m 内主要为凯喜姆厂区生产车间、道路及周边企业，无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

（4）项目可行性

综上所述，本项目选址合理，符合国家产业政策，符合实践正当性原则，符合《温州市生态环境分区管控动态更新方案》的要求，该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，建设单位将具备相应从事的辐射活动的技术能力。本项目投入运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

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

2、辐射工作人员规范使用个人剂量计和个人剂量报警仪，并形成制度。

13.2.2 承诺

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

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

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

公章

经办人

年 月 日

审批意见：

公章

经办人

年 月 日