

报告编号：WKFHP-24039

核技术利用建设项目

浙江金龙自控设备有限公司

工业 X、 γ 射线固定式探伤扩建项目

环境影响报告表

(报批稿)

浙江金龙自控设备有限公司

2025 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江金龙自控设备有限公司

工业 X、 γ 射线固定式探伤扩建项目

环境影响报告表

建设单位名称：浙江金龙自控设备有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：余金权

通讯地址：浙江省温州市瑞安市飞云街道飞云新区民心路 518 号

邮政编码：325207

联系人：许小芳

电子邮箱：/

联系电话：15372866120

目录

表 1 项目基本情况..... 1

表 2 放射源..... 12

表 3 非密封放射性物质..... 12

表 4 射线装置..... 13

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）..... 14

表 6 评价依据..... 15

表 7 保护目标与评价标准..... 19

表 8 环境质量和辐射现状..... 26

表 9 项目工程分析与源项..... 30

表 10 辐射安全与防护..... 46

表 11 环境影响分析..... 55

表 12 辐射安全管理..... 70

表 13 结论与建议..... 76

表 14 审批..... 80

附图:

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目周围环境关系及评价范围示意图

附图 3 项目周围环境实景图

附图 4 现有 1#探伤室及辅助用房现状勘查图

附图 5 厂区总平面布置图

附图 6 生产车间剖面图

附图 7 探伤工作场所所在生产车间 1F 平面布局图

附图 8 探伤工作场所所在车间 2F 平面布局图

附图 9 评片室所在综合楼 1F 平面布局图

附图 10 公司现有 1#探伤室平面布局图

附图 11 探伤工作场所平面布局及分区管理示意图 (单位: mm)

附图 12 拟建探伤工作场所剖面图 (单位: mm)

附图 13 拟建 2#探伤室内储源坑平面与剖面布置设计图 (单位: mm)

附图 14 拟建 2#探伤室内各类穿墙管道剖面设计图

附图 15 现有 1#探伤室内电缆管口改造后管道穿墙剖面设计图

附图 16 探伤工作场所辐射安全和防护设施方案布置图

附图 17 辐射工作场所环境本底监测点位图

附图 18 瑞安生态环境分区管控动态更新方案图集

附图 19 温州市陆域生态环境管控单元分类图

附图 20 瑞安市“三区三线”局部图

附图 21 瑞安市飞云新区单元 (0577-RA-JN-09) 控制性详细规划修改土地使用规划图

附图 22 辐射事故应急预案演练留档图

附件:

- 附件 1 环评委托书
- 附件 2 法定代表人身份证扫描件
- 附件 3 营业执照
- 附件 4 不动产权证
- 附件 5 公司所在地理位置证明
- 附件 6 辐射安全许可证正副本
- 附件 7 主体工程非放射性项目环评批复及验收文件
- 附件 8 公司现有辐射项目环评批复与验收文件
- 附件 9 现有辐射安全管理领导小组成立文件
- 附件 10 现有辐射安全规章制度
- 附件 11 现有辐射工作人员管理情况（辐射安全培训、个人剂量检测与职业健康体检）
- 附件 12 现有辐射事故应急预案
- 附件 13 现有辐射场所检测报告
- 附件 14 现有危废转移联单
- 附件 15 放射源委托运输协议及运输资质
- 附件 16 放射源转让及废旧放射源回收协议
- 附件 17 危废委托处置协议及处置资质证书
- 附件 17-1 浙江金龙自控设备有限公司与温州润瑞环保科技有限公司签订危废委托收运合同
- 附件 17-2 温州润瑞环保科技有限公司与温州市环境发展有限公司签订危险废物委托处置合同
- 附件 17-3 温州润瑞环保科技有限公司与丽水市宇顺运输有限公司签订危废运输协议
- 附件 18 辐射环境本底检测报告及检测资质证书
- 附件 19 专家意见及修改清单

表1 项目基本情况

建设项目名称		浙江金龙自控设备有限公司工业 X、γ 射线固定式探伤扩建项目			
建设单位		浙江金龙自控设备有限公司			
法人代表	余金权	联系人	许小芳	联系电话	15372866120
注册地址		浙江省温州市瑞安市飞云街道飞云新区民心路 518 号			
项目建设地点		浙江省温州市瑞安市飞云街道飞云新区民心路 518 号厂区生产车间内 1F 西南侧 2#探伤室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		900	项目环保投资（万元）	220	投资比例（环保投资/总投资） 24.4%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			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 项目建设单位情况 浙江金龙自控设备有限公司（以下简称“公司”）成立于 2003 年 7 月 10 日，注册地址位于浙江省温州市瑞安市飞云街道飞云新区民心路 518 号，是一家集科研、开发、生产、销售、服务于一体的现代化科技型企业，主要从事油田、化工、石化等行业用泵、阀、油田采注系统计量装置、水处理装置等石油开采设备的设计开发和生产制造。公司现有两个厂区，其中老厂区位于浙江省温州市瑞安市飞云街道飞云新区民心路 518 号，新厂区位于浙江省温州市瑞安市飞云街道宏锦路 66、68 号。 公司自成立以来主体工程非放射性内容的环评批复与竣工环保验收基本情况汇总如下：				

表 1-1 公司主体工程非放射性项目历年环保审批及验收情况

序号	建设地点	项目名称	生产内容	环评情况	验收情况
1	老厂区	浙江金龙自控设备有限公司新建项目	年产 200 台油田注采计量装置及阀门 14500 台	瑞环建（2009）95 号	瑞环建验（2012）13 号
2	老厂区、新厂区	浙江金龙自控设备有限公司新增年产 200 套石油钻采设备数字化车间技改项目	新增年产 200 套石油钻采设备	温环瑞建备（2022）51 号	2022 年 08 月 09 日完成自主验收
3		浙江金龙自控设备有限公司技改项目	新增年产 50 套石油钻采设备，达到总年产 450 台石油钻采设备及阀门 14500 台	温环瑞建备（2024）68 号	目前项目正处于建设阶段，不具备验收条件

公司持有效的《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证〔C2474〕，种类和范围：使用 II 类射线装置，有效期至 2026 年 10 月 18 日，见附件 6。新厂区不涉及任何辐射活动，仅老厂区生产车间西南侧建有 1 间固定式探伤室（编号为 1#探伤室），已许可 1 台 XXG-2505 型 X 射线定向探伤机和 1 台 XXH-3005 型 X 射线周向探伤机用于固定式探伤。上述辐射活动于 2016 年 3 月 15 日通过了原温州市环境保护局的环评审批（温环辐〔2016〕4 号），2018 年 2 月 26 日完成自主验收（验收意见见附件 8）。由现场勘查可知，建设单位使用的 X 射线周向机型号实为 XXHz-3005 型，对此，建设单位已于 2024 年 10 月 16 日对其射线机型号进行了台账维护和更新，将 XXH-3005 型 X 射线周向探伤机型号更改为实际 XXHz-3005 型。

1.2 项目建设目的和任务由来

随着公司发展规模壮大及市场需求扩大，公司需探伤的阀门和油田注采计量装置等探伤工件尺寸和厚度变大，改进后的产品直径由 30mm~1.5m 调整为 50mm~2.0m，厚度由 8~40mm 调整为 8~100mm。现有 1#探伤室内尺寸为 9.0m（长）×5.2m（宽）×4.5m（高），门洞的尺寸为 4.1m（宽）×4.5m（高），虽可以满足较大尺寸产品的探伤要求，但存在一定的工作局限性，主要体现在：①1#探伤室内现有在用的 X 射线探伤机最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，最大检测厚度为 40mm，无法满足厚度 40~100mm 产品的检测需求；②随着客户对产品要求的提高，探伤年拍片量计划由原有的 1 万张增加到 2.44 万张，会导致 1#探伤室的工作负荷超载。故现有 1#探伤室无法满足公司的产品检测需求。综上，公司需进行探伤的产品种类较多且待检量增加，一间探伤室无法满足生产要求。

因此，为进一步满足工件的检测需求，增强公司的检测能力，保证产品质量，提升企业综合竞争力，在现有 1#探伤室的基础上，公司计划对现有操作室、暗室和评片室等辅助用房及生产车间进行局部改造，扩建 1 间探伤室（编号为 2#探伤室）并购置 2 台 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机（一用一备）和 1 台 XXG-3505 型 X 射线定向探伤机进行固定式探伤作业。现有 1#探伤室内

已许可的 1 台 XXHz-3005 型 X 射线周向探伤机和 1 台 XXG-2505 型 X 射线定向探伤机继续于 1#探伤室内进行探伤作业活动。

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}Ir 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重新申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，浙江金龙自控设备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，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘和收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目环境影响报告表。

1.3 项目建设内容和规模

浙江金龙自控设备有限公司拟在生产车间内 1F 西南侧新增 1 间探伤室（2#探伤室）进行固定式探伤作业，并拟购 2 台 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机（一用一备）和 1 台 XXG-3505 型 X 射线定向探伤机，在拟建 2#探伤室内东南侧设置 2 个储源坑用于 γ 射线探伤机不作业时的临时贮存，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 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ 。

本项目在现有 1#探伤室的基础上，计划将现有操作间、暗室和评片室等辅助用房及生产车间进行局部改造为 2#探伤室，将现有操作间、暗室及评片室的剩余区域重新改造为操作间和暗室（现有 1#探伤室和本次 2#探伤室共同使用），同时将综合楼内 1F 北侧 1 间闲置用房作为评片室使用。操作台的位置不发生变化，但改造后现有 1#探伤室电缆管道穿墙口位于拟建 2#探伤室内，因此将现有 1#探伤室内电缆口由以“U”型管道穿越工作人员出入门右侧（1#探伤室北侧墙体），更改为以“U”型管道穿越工作人员出入门左侧墙体（1#探伤室北侧墙体），现有电缆孔采用混凝土进行封堵，设计电缆管道直径为 50mm，管道埋深为 600mm，埋长为 1400mm。所有探伤作业仅限于固定式探伤，不涉及移动式探伤。改造前平面布局图情况详见附图 10，1#探伤室内电缆管口改造后管道穿墙剖面设计图见附图 15。

拟建 2#探伤室和现有 1#探伤室共用 1 间操作间、1 间暗室、1 间评片室与 1 间现有危废暂存间等辅助用房，现有 3 名辐射工作人员，拟新增 1 名辐射工作人员（每 2 名辐射工作人

员负责 1 间探伤室），另外增加 2 名放射源管理人员和 1 名辐射安全管理人员，共 7 名辐射工作人员。依托现有辐射防护设施和辐射检测仪器，包括 3 枚个人剂量计、3 台个人剂量报警仪和 1 套个人防护用品（铅防护帽、铅防护眼镜、铅防护服、铅防护手套等），并新增 3 枚个人剂量计、3 台个人剂量报警仪、1 台便携式 X-γ 剂量率仪、1 套红外线防盗报警装置和 2 套固定式场所辐射探测报警装置（现有 1#探伤室和新建 2#探伤室各安装 1 套）。

固定探伤时，每间探伤室内每次仅开启 1 台辐射装置进行探伤作业，不存在 2 台及 2 台以上辐射装置同时运行的工况；2 间探伤室存在同时运行工况。

本次新增的 2 台 ^{192}Ir -γ 射线探伤机（一用一备）、1 台 XXG-3505 型 X 射线定向探伤机仅在 2#探伤室内使用，不得用于 1#探伤室内作业。本次扩建项目实施后，公司最终的辐射活动规模为：建有 2 间探伤室，配置 2 台 ^{192}Ir -γ 射线探伤机（一用一备）、1 台 XXG-3505 型 X 射线定向探伤机、1 台 XXHz-3005 型 X 射线周向探伤机和 1 台 XXG-2505 型 X 射线定向探伤机，均为固定式探伤，不涉及移动式探伤。

本项目辐射装置具体应用见下表。

表 1-2 本次评价的辐射装置应用情况表

放射源										
序号	装置名称		核素名称		枚数(枚)	额定装源活度		类别	用途	工作场所
1	¹⁹² Ir-γ 射线探伤机		¹⁹² Ir		2	3.7×10 ¹² Bq/枚		II	固定式探伤	2#探伤室
射线装置										
序号	装置名称	型号	数量(台)	类别	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）	XXG-3505	1	II	350	5	固定式探伤	2#探伤室	主射线方向定向朝南	

1.4 项目选址及周边环境保护目标

1.4.1 项目所属厂区地理位置及外环境关系

本次辐射项目实施于老厂区内，该厂区位于浙江省温州市瑞安市飞云街道飞云新区民心路 518 号，项目地理位置见附图 1。厂区东侧为温州富我箱包有限公司和温州岳虹塑料机械有限公司，南侧隔民心路为瑞安市博业激光应用技术有限公司，西侧隔河为浙江中健工业装备有限公司和浙江宝隆机械有限公司，西北侧为浙江金龙自控设备有限公司（新厂区），北侧为佰和控股有限公司、瑞安市新康泰包装有限公司和大裕汽车零部件有限公司。周围环境关系图见附图 2，周围环境实景图见附图 3。

1.4.2 辐射工作场所位置及外环境关系

本项目拟建 2#探伤室位于生产车间内 1F 西南侧，生产车间为 4F 建筑（其中 1~2F 为生产车间，3F 为仓库，4F 为流量计车间），下方为土层，无地下室。拟建 2#探伤室东侧为喷漆区，南侧为 1#探伤室，西侧为操作间和暗室，北侧为生产车间内焊接区车间、试压车间和装配车间等其他区域，正上方隔顶棚约 8m 为 3F 仓库，下方为土层，无地下室。老厂区总平面布置见附图 5，生产车间剖面图见附图 6，拟建 2#探伤室平面布置图见附图 7。

1.4.3 含源 γ 射线探伤机存储位置及外环境关系

本项目拟在 2#探伤室内东南侧设置 2 个储源坑，用于 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不作业时临时贮存。储源坑实行双人双锁制度，并由专人管理。

1.4.4 暗室、评片室与危废暂存间位置

本项目操作间、暗室等辅助用房位于生产车间内 1F，评片室位于公司综合楼内 1F 北侧，洗片和评片工作均在暗室与评片室内完成。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危废暂存间进行暂存，危废暂存间位于生产车间内 2F。

1.4.5 环境保护目标

本项目环境保护目标为评价范围 50m 内从事放射源管理和 X、 γ 射线固定式探伤操作的辐射工作人员及公众成员。

1.5 相关规划符合性分析

1.5.1 用地规划符合性分析

本项目位于浙江省温州市瑞安市飞云街道飞云新区，根据《瑞安市飞云新区单元（0577-RA-JN-09）控制性详细规划修改（02-24 地块）》（见附图 21）和建设单位提供的不动产权证（见附件 4），本项目用地性质为工业用地。因此，本项目符合用地规划要求。

1.5.2 与瑞安市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

根据《瑞安市生态环境分区管控动态更新方案》（瑞政办〔2024〕72 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。

（1）生态保护红线

根据《瑞安市“三区三线”局部图》（见附图 20），本项目位于城镇集中建设区，本项目所在区域不涉及生态保护红线。

（2）环境质量底线

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

(3) 资源利用上线

本项目运行过程会消耗一定量的电力、水资源等，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。

(4) 生态环境准入清单

根据《温州市生态环境分区管控动态更新方案》和《瑞安市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目所在区域属于浙江省温州市瑞安经济开发区产业集聚重点管控区（编码：ZH33038120002），属于重点管控单元，详见附图 18 和附图 19，该管控单元生态环境准入清单内容见下表。

表 1-3 本项目所在管控单元生态环境准入清单

生态环境管控要求			本项目状况	符合性分析
参考文件	《瑞安市生态环境分区管控动态更新方案》	《温州市生态环境分区管控动态更新方案》		
空间布局约束	禁止新建、扩建不符合园区发展(总体)规划及当地主导(特色)产业的其他三类工业建设项目。合理规划居住区与工业功能区，限定三类工业空间布局范围。	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。严格控制重要水系源头地区和重要生态功能区三类工业项目准入。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。合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目为核技术利用建设项目，主要从事探伤作业，非生产型项目，不属于三类工业项目。厂区周围并无居住区，不存在影响人居环境安全的情况。	符合
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平，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。	本项目为核技术利用项目，不属于三类工业，本项目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。	符合
环境风险	定期评估沿江河湖库工业企业	定期评估沿江河湖库工业企业、工	公司已制定《辐射	符合

险防控	业、工业集聚区环境与健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	业集聚区环境与健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	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。	
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。	本项目不消耗碳资源，运行过程中会产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，经机械通风系统可排出探伤室外，臭氧可在环境中自动分解。	符合

综上所述，本项目符合《温州市生态环境分区管控动态更新方案》和《瑞安市生态环境分区管控动态更新方案》中的建设要求。

1.5.3 “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《瑞安市“三区三线”局部图》（见附图20），本项目位于城镇集中建设区，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。

1.6 选址合理性分析

本项目拟建2#探伤室评价范围50m内主要为厂区内生产车间、综合楼、宿舍楼、厂区内道路、温州富我箱包有限公司、温州岳虹塑料机械有限公司和浙江宝隆机械有限公司，不涉及学校和居民区等环境敏感点。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，本项目的选址基本合理可行。

1.7 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射线探伤机的应用属于第一类鼓励类第十四项“核

能”第1条“科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于3.0纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，符合国家产业政策。

1.8 实践正当性分析

本项目实施的目的是为了对自生产的产品进行无损检测，项目产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，经辐射屏蔽防护和安全管理后，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的年有效剂量符合剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因而，按照规范正当操作，本项目是符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则的。

1.9 原有核技术利用项目许可情况

1.9.1 原有核技术利用项目环评、许可和验收情况

公司持有效的《辐射安全许可证》（见附件6），证书编号：浙环辐证〔C2474〕，种类和范围：使用II类射线装置，有效期至2026年10月18日。已许可的作业设备为1台XXG-2505型X射线定向探伤机，1台XXHz-3005型X射线周向探伤机，均用于固定式探伤。所有探伤装置均通过环评审批和竣工环保验收。现有已许可的射线装置台账明细见下表。

表 1-4 公司现有已许可射线装置一览表

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	使用状态
1	X射线探伤机（周向）	II类	1台	XXHz-3005	300	5	固定式探伤	老厂区生产车间西南侧 现有1#探伤室	正常使用
2	X射线探伤机（定向）	II类	1台	XXG-2505	250	5			正常使用

1.9.2 辐射安全管理现状

1、现有辐射安全管理机构的设置

公司已成立以余正伦为组长的辐射安全管理防护小组，负责公司辐射安全管理工作，督促辐射防护管理制度实施。文件明确了相关负责人与成员的岗位职责，内容较为完善合理，见附件9。

2、现有辐射安全规章制度的制定

公司现已制定《辐射安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《使用场所安全措施》、《岗位职责》、《操作规程》、《使用登记制度》、《设备检修维护制度》、《人员培训、体检及保健制度》、《监测方案》、《辐射事故应急预案》、《辐射安全年度评估制度》等规章制度，见附件10。

公司现有辐射管理制度较为全面，符合相关要求。公司各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

3、现有辐射工作人员管理

根据建设单位提供资料，公司现有辐射工作人员总计 3 名，现状管理情况见附件 11；

(1) 现有 3 名辐射工作人员均持合格的辐射防护成绩报告单，且在有效期内，符合持证上岗的要求。

(2) 现有 3 名辐射工作人员均配备了个人剂量计，已委托有资质的单位定期进行个人剂量检测，并建立了个人剂量档案。根据建设单位提供的最近一年连续四个季度的个人剂量档案，单名辐射工作人员的年有效剂量最大值为 0.162mSv/a，符合项目剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对辐射工作人员“剂量限值”的要求。

(3) 现有 3 名辐射工作人员均已开展职业健康体检，并建立了职业健康监护档案。辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过 2 年。根据公司提供的职业健康体检报告，在岗辐射工作人员均可继续从事原放射性工作，健康无异常。公司现有辐射工作人员基本情况一览表见下表。

表 1-5 公司现有辐射工作人员基本情况一览表

姓名	辐射安全与防护 培训证书编号	个人剂量监测结果（mSv）					职业健康检查时间 /结论
		2023 年第 四季度	2024 年第 一季度	2024 年第 二季度	2024 年第 三季度	年有效 剂量	
卢赛	FS20ZJ1200373 (X 射线探伤)	0.097	<0.020	0.022	<0.020	0.139	2024 年 5 月 16 日/ 可继续原放射工作
陈瑞鹏	FS0ZJ1200057 (X 射线探伤)	0.089	<0.020	0.032	0.099	0.230	2024 年 5 月 16 日/ 可继续原放射工作
	FS24ZJ1100074 (γ 射线探伤)						
温作桥	FS24ZJ1200391 (X 射线探伤)	/	/	/	0.030	0.030	2024 年 5 月 16 日/ 可从事放射工作
	FS24ZJ1100072 (γ 射线探伤)						

注：①最低探测水平：MDL=0.020mSv；根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）第 8.1.5 条款，当工作人员的外照射个人监测结果小于 MDL 值时，报告中的监测结果表述为<MDL。为便于职业照射统计，在相应的剂量档案中记录为 MDL 值的一半。② “/” 表示此时该名辐射工作人员尚未从事辐射工作。

4、现有辐射监测仪器与防护用品

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

表 1-6 公司现有辐射监测仪器与防护用品一览表

序号	名称	数量
1	个人剂量计	3枚
2	个人剂量报警仪	3台
5	铅防护帽、铅防护眼镜、铅防护服、铅防护手套等个人防护用品	各1套

5、现有“三废”处理情况

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

（1）公司已设 1 间规范的危废暂存间，设计贮存能力约为 8t/a，转移周期为 1 年/次，设置双人双锁，并由专人管理，地面已硬化处理并采取防渗措施，已做分区存放管理，现场已张贴相关制度，满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中相关要求，探伤产生的废显（定）影液等危险废物集中收集后统一交由温州润瑞环保科技有限公司进行处置（公司现有最新危废转移联单见附件 14）。浙江金龙自控设备有限公司已与温州润瑞环保科技有限公司签订收运服务合同，温州润瑞环保科技有限公司与温州市环境发展有限公司签订危险废物委托处置合同，温州润瑞环保科技有限公司与丽水市宇顺运输有限公司签订危废运输协议，相关委托合同见附件 15。

（2）现有 1#探伤室已设置机械排风系统，少量的臭氧和氮氧化物通过风管引至室外，对周围环境影响较小。

6、现有辐射安全防护措施落实情况

公司老厂区现有 1 间探伤室（1#探伤室），现有 1#探伤室各项辐射安全防护措施情况如下，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中相关要求。

（1）现有 1#探伤室的工件门和工作人员出入口均已设置门-机联锁装置，防护门与 X 射线探伤机联锁门-机联锁。

（2）所有防护门外顶部设有显示“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。

（3）现有 1#探伤室已设有 1 套 24 小时持续有效的视频监控系统，在探伤室内西侧防护墙设有 1 个监控探头，在探伤室外工件门出入口处设有 1 个监控探头，操作间内北侧墙体设有 1 个监控探头，在操作间的操作台设有专用的监视器，可监控探伤室内人员活动情况和探

伤装置的运行情况。

（4）现有 1#探伤室工作人员出入防护门和工件防护门已在显著位置处张贴了电离辐射警告标志和中文警示说明。

（5）现有 1#探伤室内的北侧墙面、操作间的操作台已设有 1 个紧急停机按钮。

（6）现有 1#探伤室内已设有 1 套机械通风装置，设计风量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，1#探伤室体积约 210.6m^3 ，每小时有效通风换气次数为 5 次，满足每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求，排风管道外口已避免朝向人员活动密集区。

（7）现有 1#探伤室的工件门外 1m 处已划定黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

7、辐射安全和防护状况年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，公司已对本单位的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。公司已委托杭州旭辐检测技术有限公司于 2024 年 11 月 26 日对相关辐射工作场所进行了检测（见附件 13），检测结果为：当 XXHz-3005 型周向 X 射线探伤机开机工作（管电压 285kV，管电流 5mA），主要射线束方向平行于地面，另 1 台 XXG-2505 型定向 X 射线探伤机未开机时，现有 1#探伤室外各检测点 X 射线周围剂量当量率在 $127\sim 306\text{nSv/h}$ 之间，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

8、现有辐射事故应急执行情况

公司已制定《辐射事故应急预案》，见附件 12。公司定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事件应急处理预案进行完善和修订。经与建设单位核实，公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

表2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² Bq×2 枚	II类	使用	一用一备，固定式探伤	老厂区生产车间内 1F 西南侧 2#探伤室	不作业时，临时贮存于 2#探伤室的储源坑内	拟购，本次评价

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	1 台	XXG-3505	350	5	固定式探伤	老厂区生产车间 内 1F 西南侧 2# 探伤室	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 2 枚/年,退役活度约为 $9.08 \times 10^{11} \text{Bq/枚}$				暂存于老厂区生产车间内 1F 西南侧 2#探伤室储源坑内	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				暂存于老厂区生产车间内 1F 西南侧 2#探伤室储源坑内	由 γ 射线探伤机生产单位回收处理。
废显（定）影液	液态	/	/	24kg	288kg	/	暂存于危废暂存间内的专用容器内	定期委托有资质的单位处理处置。
废胶片	固态	/	/	12.36kg	148.32kg	/		
洗片废液	液态	/	/	60kg	720kg	/		
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	由机械排风系统引至探伤室外,排放于大气环境。

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》，主席令第九号，1989年12月26日通过，2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令第二十四号，2002年10月28日通过，2003年9月1日起施行，206年7月2日第一次修正，2018年12月29日第二次修正； (3) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，主席令第四十三号，1995年10月30日通过，2020年4月29日第二次修订，2020年9月1日起施行； (4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003年6月28日通过，2003年10月1日起施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，1998年11月29日国务院令第253号发布，2017年7月16日修订，2017年10月1日起施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005年9月14日国务院令 第449号公布，2005年12月1日起施行，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和防护管理办法》，2011年4月18日原环境保护部令第18号公布，2011年5月1日起施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，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； (9) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令第612号，2011年11月30日通过，2012年3月1日起施行； (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； (12) 《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； (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日印发； （14）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，原环境保护部办公厅环，办辐射函〔2016〕430号，2016年3月7日印发； （15）《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》，原环境保护部办公厅，环办辐射函〔2017〕609号，2017年4月21日印发； （16）《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； （17）《产业结构调整指导目录（2024年本）》，2023年12月27日国家发展和改革委员会令第7号公布，2024年2月1日起施行； （18）《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； （19）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部令第16号，2020年11月5日通过；2021年1月1日起施行； （20）《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； （21）《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； （22）《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； （23）《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； （24）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年8月19日通过，2019年11月1日起施行； （25）《浙江省生态环境保护条例》，2022年5月27日浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第71号通过，2022年8月1日起施行； （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) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布；2011 年 12 月 1 日起施行；2021 年 2 月 10 日第三次修正； (28) 《浙江省辐射环境管理办法》，浙江省人民政府令第 388 号，2011 年 12 月 18 日公布，2012 年 2 月 1 日起施行，2021 年 2 月 10 日修订； (29) 《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》，浙江省生态环境厅，浙环发〔2024〕67 号，2025 年 2 月 2 日起实施； (30) 《关于印发<浙江省生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，浙江省生态环境厅，浙环发〔2024〕18 号，2024 年 3 月 28 日印发； (31) 《关于<温州市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，温州市生态环境局，温环发〔2024〕49 号，2024 年 10 月 15 日起施行； (32) 《关于印发<瑞安市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，瑞安市人民政府办公室，瑞政办〔2024〕72 号，2025 年 1 月 20 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) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第1号修改单，2017年10月27日实施； (5) 《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； (6) 《γ射线探伤机》（GB/T 14058-2023），2023年10月1日实施； (7) 《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002），2003年4月1日实施； (8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），2020年4月1日实施； (9) 《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； (10) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），2021 年 5 月 1 日实施； (11) 《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； (12) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023），2023 年 7 月 1 日实

	施； （13）《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022），2023 年 7 月 1 日实施。
其他	（1）环评委托书； （2）建设单位提供的工程设计图纸及技术参数资料。

表7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围）”，结合本项目的辐射污染特点（放射源和射线装置应用项目），故确定本项目评价范围为2#探伤室实体屏蔽外50m的区域，评价范围示意图见附图2。

7.2 保护目标

根据本项目2#探伤室评价范围、辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目2#探伤室环境保护目标为评价范围50m内从事放射源管理的辐射工作人员及周围公众成员详见下表。

表 7-1 固定式探伤评价范围内环境保护目标一览表

环境保护目标		人员规模	相对方位	与 2#探伤室边界最近距离(m)	剂量约束值(mSv/a)
辐射工作人员	操作间	4 人	西侧	紧邻	5
	暗室	4 人（辐射操作人员兼顾）		紧邻	
公众人员	喷漆区	约 5 人次/d	东侧	紧邻	0.25
	配电房、工具间和楼梯间	约 50 人次/d		26	
	温州岳虹塑料机械有限公司	约 20 人次/d		48	
	温州富我箱包有限公司	约 10 人次/d		48	
	加工区	5 人次/d	东南侧	4	
	综合楼	约 50 人次/d		12	
	过道	约 20 人次/d	南侧	6	
	综合楼	约 50 人次/d		12	
	厂区内道路	约 100 人次/d		26	
	过道	约 20 人次/d	西侧	5	
	浙江宝隆机械有限公司	约 50 人次/d		47	
	宿舍楼（6F）	约 50 人	西北侧	47	
	生产车间内过道	约 50 人次/d	北侧	紧邻	
	焊接车间、试压车间	约 50 人次/d		8	
	装配车间	约 10 人次/d		26	
	原材料仓库	约 5 人次/d		42	
	成品仓库	约 5 人次/d	东北侧	27	
	电工组	约 3 人次/d		31	
	五金、电气元件仓库	约 5 人次/d		35	
	生产办公室	约 2 人次/d		42	
	原材料仓库	约 5 人次/d		45	
	3F 仓库	约 5 人次/d	正上方	8	
	4F 流量计车间	约 7 人次/d		12	
无地下室					

注：①1#探伤室和 2#探伤室共用 1 间操作间，公司现有 3 名辐射工作人员，拟新增 1 名辐射工作人员（每 2 名辐射工作人员负责 1 间探伤室内辐射工作）。

7.3 评价标准

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

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

（1）防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

（2）剂量限值

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

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

（3）剂量约束值

11.4.3.2 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。

（4）辐射工作场所的分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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

5.1 X 射线探伤机

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

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

5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

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

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

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

d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA 1002 的相关要求。

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

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

5.2.4 放射源的运输和移动

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

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

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。

6.1 探伤室放射防护要求

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

线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室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，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

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

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

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

- c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。
- e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。
- f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。
- g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

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

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求，适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

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

3.3 其他要求

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

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

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

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

7.3.4 《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。

5.8 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账目，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。

7.4 项目管理目标

1、剂量约束值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等评价标准，确定本项目有效剂量约束值：

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

2、探伤室周围剂量当量率控制水平

（1）本项目2#探伤室位于老厂区生产车间内1F西南侧，2#探伤室正上方隔顶棚约8m为3F仓库，无地下室。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第6.1.3条款和6.1.4条款，本项目2#探伤室的墙体、门及顶棚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100μSv/周，对公众场所，其值应不大于5μSv/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2.5μSv/h。

（2）根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第5.2.3.3条款：c）在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽能使该处周围剂量当量率小于2.5μSv/h或者审管部门批准的控制水平。本项目2#探伤室内储源坑的坑盖表面30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。

3、臭氧与氮氧化物浓度限值

根据《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GB2.1-2019）及第1号修改单，臭氧职业接触限值：最高容许浓度：0.3mg/m³；氮氧化物的时间加权平均容许浓度为5mg/m³。

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 本次辐射项目实施于老厂区内，该厂区位于浙江省温州市瑞安市飞云街道飞云新区民心路 518 号。厂区东侧为温州富我箱包有限公司和温州岳虹塑料机械有限公司，南侧隔民心路为瑞安市博业激光应用技术有限公司，西侧隔河为浙江中健工业装备有限公司和浙江宝隆机械有限公司，西北侧为浙江金龙自控设备有限公司（新厂区），北侧为佰和控股有限公司、瑞安市新康泰包装有限公司和大裕汽车零部件有限公司。 8.1.2 项目场所位置 本项目拟建 2#探伤室位于生产车间内 1F 西南侧，生产车间为 4F 建筑（其中 1~2F 为生产车间，3F 为仓库，4F 为流量计车间），下方为土层，无地下室。拟建 2#探伤室东侧为喷漆区，南侧为 1#探伤室，西侧为操作间和暗室，北侧为生产车间内焊接区车间、试压车间和装配车间等其他区域，正上方隔顶棚约 8m 为 3F 仓库，下方为土层，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2#探伤室及周围环境。 8.3 辐射环境质量现状 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2#探伤室及周围环境进行检测布点，布点情况见附图17，辐射环境本底检测报告及检测资质证书见附件18。

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：2024年10月09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；
- (7) 天气环境条件：天气：多云；室内温度：23℃；室外温度：24℃；相对湿度：60%；
- (8) 检测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见下表。

表 8-1 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 _r	1.04
探测限	10nSv/h

备注：本项目监测时，使用设备外置探头。

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

检测结果见下表。

表 8-2 本项目辐射场所拟建址及周围环境辐射本底检测结果

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#	拟建 2#探伤室所在区域	93	2	室内
2#	喷漆区	93	2	室内
3#	配电房	91	3	室内
4#	温州岳虹塑料机械有限公司	87	3	室内
5#	加工区	87	3	室外
6#	现有 1#探伤室	94	2	室内
7#	综合楼北侧过道	89	2	室外
8#	评片室	95	4	室内
9#	综合楼	96	4	室内
10#	综合楼南侧厂区内道路	90	3	室外
11#	操作间	92	2	室内
12#	暗室	91	3	室内
13#	生产车间外西侧过道	91	3	室外
14#	生产车间内过道	90	3	室内
15#	焊接车间	91	2	室内
16#	温州富我箱包有限公司	89	2	室内
17#	宿舍楼	95	4	室内
18#	浙江宝隆机械有限公司	91	3	室内

备注：①本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

②本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

③γ 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，6#点位取 0.9，5#、7#、10#、13#点位取 1，其余点位取 0.8。

由上表可知，本项目拟建2#探伤室周围环境各检测点位室外的γ辐射空气吸收剂量率范围为（87~91）nGy/h，室内的γ辐射空气吸收剂量率范围为（87~96）nGy/h。由《浙江省环境天然放射性水平调查总结报告》可知，温州市道路上γ辐射剂量率范围为（36~

154) nGy/h, 建筑物室内 γ 辐射剂量率范围为(73~198) nGy/h, 可见本项目的 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将现有操作间、暗室和评片室及生产车间的部分区域进行改造为 2#探伤室、操作间和暗室等辅助用房的土建施工以及设备安装调试阶段，具体工艺流程及产污环节见下图。

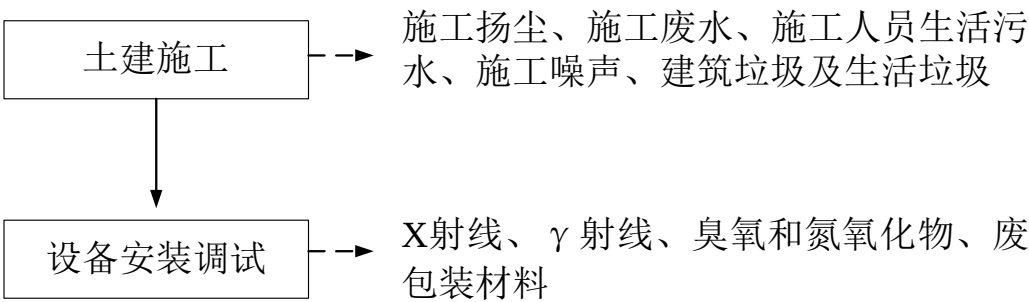


图 9-1 建设阶段工艺流程及产污环节示意图

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 工程设备和工艺分析

9.2.1 γ 射线探伤机

1、设备组成及工作方式

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

典型 γ 射线探伤设备外观见图 9-2，内部结构见图 9-3。



图 9-2 典型 ^{192}Ir - γ 射线探伤机外观图

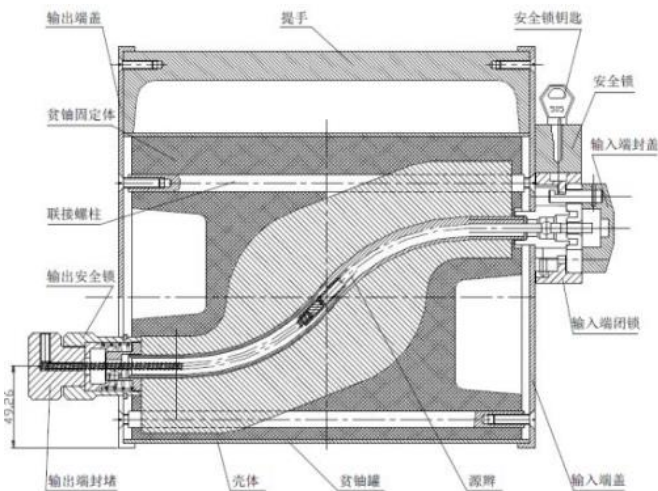


图 9-3 典型 γ 射线探伤机内部结构示意图

2、设备性能参数

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一览表

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) /枚
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)	20~100mm
射线源焦点	$\phi 2\times 2$ 、 $\phi 3\times 3$
输源软管长度	6.3m
控制部件导管长度	10~15m
机体重量	25kg
机体外形尺寸	350mm $\times$ 130mm $\times$ 240mm
出源与回源方式	电动+手动

3、工作原理

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

4、 γ 射线探伤工艺流程及产污环节

(1) 放射源领取

固定式探伤前，由探伤操作人员到 2#探伤室的储源坑领取含源 γ 射线探伤机，须填写《放射源出入库登记表》。放射源管理员进入 2#探伤室内，其中一名管理人员打开一个储源坑的铅盖，取出其中的含源 γ 射线探伤机，并用便携式 X- γ 剂量率仪对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行检测，确认探伤机内有源，合上储源坑的铅盖，同时记录检测值。放射源管理员将取出的含源 γ 射线探伤机在全程监控下交接给探伤操作人员，由其开展下一步的固定式探伤工作。探伤工作结束后，含源 γ 射线探伤机返回 2#探伤室内的储源坑，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》，详细记录放射性同位素的核素名称、归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。同时，2#探伤室内储源坑实行双人双锁制度，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。

(2) 固定式探伤

当需要对被检工件进行固定式探伤操作前，探伤操作人员必须关闭 2#探伤室所有防护门，打开固定式场所辐射探测报警装置，随身携带好个人剂量计和个人剂量报警仪。将需要进行 γ 射线探伤的工件放置于轨道车上，送入 2#探伤室内，设置适当位置。在工件待检部位布设胶片并加以编号完毕后，放射源保管人员将含源 γ 射线探伤机从储源坑内取出并交于探伤操作人员，探伤操作人员再将 γ 射线探伤机放置工件附近，安装 γ 射线探伤机，将控制部件和输源导管连接好，开启探伤机闭锁装置。工作人员清场退出 2#探伤室，关闭 2#探伤室所有防护门。工作人员在操作间内，接通探伤机电源，通过探伤设备控制面板电动驱动，将放射源推送至曝光位置进行曝光。待曝光结束后，

通过电动装置再将放射源收回探伤机贮源位，放射源回位后关闭安全锁。工作人员打开防护门进入 2#探伤室，将含源 γ 射线探伤机交由放射源保管人员放回储源坑，收取工件上的贴片。经洗片、评片，给出无损检测结果。

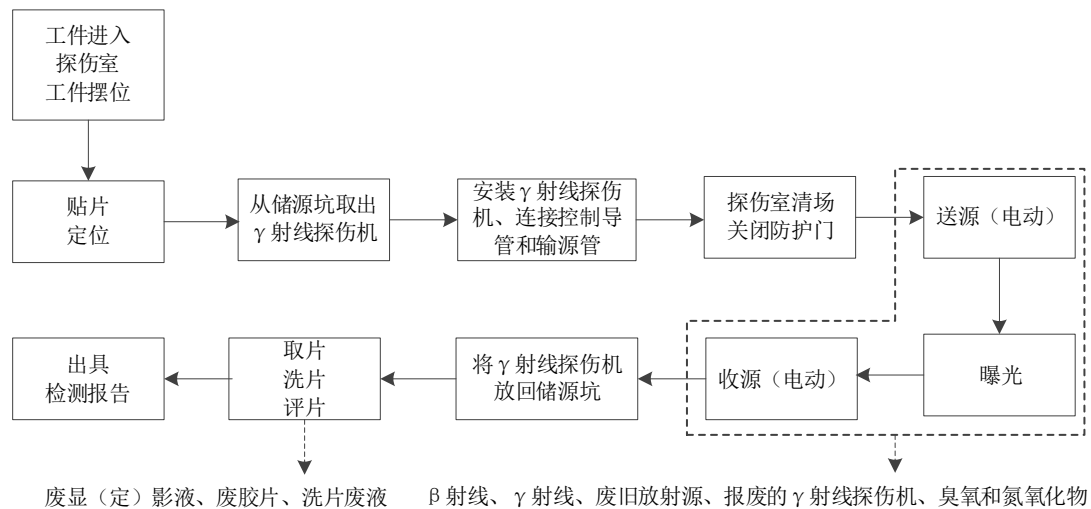


图 9-4 γ 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

（3）暗室洗片

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。洗片工艺流程参考下图。

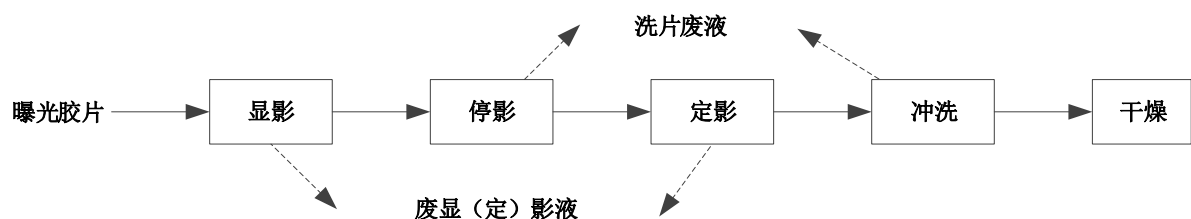


图 9-5 暗室洗片工艺流程及产污环节示意图

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

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（浙江金龙自控设备有限公司）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(浙江金龙自控设备有限公司)委托有放射性物品运输资质的运输单位将从 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(浙江金龙自控设备有限公司),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”,浙江金龙自控设备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,浙江金龙自控设备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15)与“放射性源转让协议与废旧放射源返回协议”(见附件16)。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II类、III类射线装置,有效期至2028年7月11日(见附件16);同时具备有效的《中华人民共和国道路危险货物运输许可证》,证号:浙交运管许可杭字(330101200129)号,经营范围:放射性物质,有效期至2025年8月31日(见附件15)。

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。

9.2.2 X射线探伤机

1、设备组成及工作方式

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



图 9-6 典型 X 射线探伤机外观示意图

2、X射线产生原理

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

X射线探伤机主要由X射线管和高压电源组成。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为靶所突然阻挡从而产生X射线。典型X射线管结构见下图。

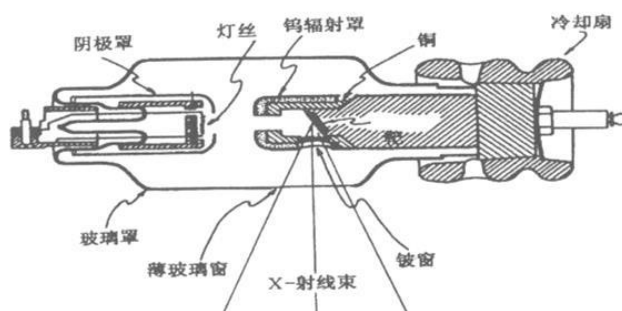


图 9-7 典型 X 射线管结构图

3、X射线探伤工艺流程及产污环节

该公司X射线探伤工作在固定的2#探伤室内，当需要对被检工件进行固定式探伤操作前，探伤操作人员必须关闭2#探伤室所有防护门，打开固定式场所辐射探测报警装置，随身携带好个人剂量计和个人剂量报警仪。将需要进行X射线探伤的工件放置于轨道车上，送入2#探伤室内，设置适当位置，在工件待检部位布设胶片并加以编号，检查

无误，工作人员撤离2#探伤室，并将工件门和工作人员出入门关闭，然后根据探伤工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等，检查无误即进行曝光。当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员进入2#探伤室，打开工件门将探伤工件送出2#探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的胶片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

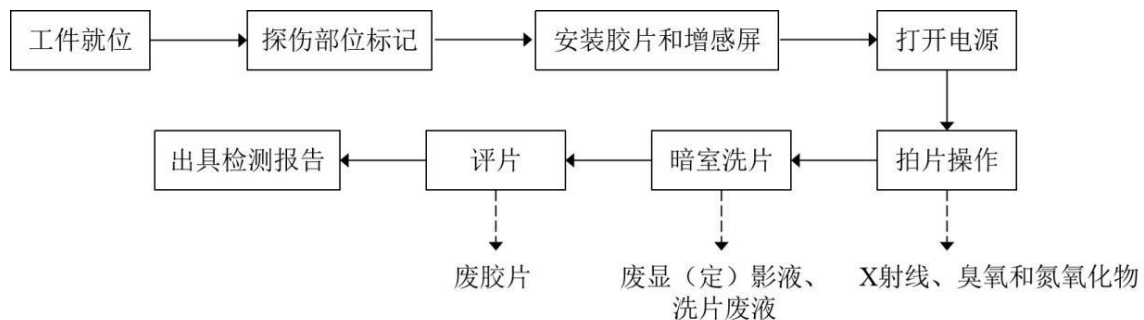


图 9-8 X 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

9.2.3 探伤工作负荷

（1）探伤工况

根据建设单位提供的资料，公司探伤年拍片量计划由原有的 1 万张增加到 2.44 万张，其中新增的 1.44 万张年拍片量为 2#探伤室内进行探伤作业产生的，其中 2#探伤室内 ^{192}Ir - γ 射线探伤机年拍片量为 6000 张，XXG-3505 型 X 射线探伤机年拍片量为 8400 张。2#探伤室计划每日工作 8h，其中日曝光时间为 4h，年工作 300 天，则年曝光时间为 1200h，全年按 50 周计，则周曝光时间为 24h；日不曝光时间为 4h，其中辐射工作人员在 2#探伤室内工作时间为 2h，主要为存取密封源、近距离移动 γ 射线探伤机、安装控制导管和输源导管、布置底片及摆放工件等；在 2#探伤室外工作时间为 2h，主要为吊装工件、画标记、暗室处理及资料整理等。

对于2#探伤室，X射线探伤机和 γ 射线探伤机的单片最长曝光时间均保守按5min计，则2#探伤室日拍片量为 $14400 \text{ (张/年)} / 300 \text{ (d/年)} = 48 \text{ 张/d}$ ，则相应的日曝光时间为4小时，则推导出2#探伤室的拍片量与计划曝光时间匹配。固定探伤时，每间探伤室内每次仅开启1台辐射装置进行探伤作业，不存在2台及2台以上辐射装置同时运行的工况；2间探伤室存在同时运行工况。

（2）探伤工件

探伤工件主要为公司自生产的阀门和油田注采计量装置等，材质为钢，检测方式为抽检。待检工件直径范围为50mm~2.0m、厚度范围为8~100mm。实际探伤时，辐射

工作人员根据待检工件的厚度和检测需求，选择合适的探伤装置进行无损检测。结合各探伤装置的探测上限（最大穿透力）和探测下限（设备灵敏度）的差异性，本次评价的探伤设备主要检测厚度范围见下表。

表 9-1 各辐射装置主要检测厚度范围

序号	设备名称	主要检测厚度范围（钢，mm）
1	¹⁹² Ir-γ射线探伤机	20~100
2	XXG-3505型X射线探伤机（定向）	≤60

9.2.4 辐射工作人员配置及合理性分析

本项目主要使用X、γ射线探伤机进行固定式探伤作业，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）等相关规定，建设单位作为探伤装置使用单位，本项目共配置7名辐射工作人员（均由公司内部非辐射工作人员调配而来），项目实施后，现有3名辐射工作人员，拟新增1名辐射工作人员（其中2名辐射工作人员负责1间探伤室内辐射工作）。辐射工作人员的配置计划详见下表。

表 9-2 辐射工作人员配置要求

序号	内容	人员配置	现有	新增
1	至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	1名，专职，负责辐射安全管理。	/	1名
2	每台探伤装置必须配备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。	4名，专职，每2名辐射工作人员负责1间探伤室内辐射工作。单间探伤室实行昼间单班制（8小时），每周工作6天，全年按50周计，年工作300天。	3名	1名
3	明确2名以上工作人员专职负责放射源的保管工作。	2名，专职，负责2#探伤室内储源坑内的放射源管理。	/	2名
辐射工作人员总数		7名		

9.2.5 固定式探伤作业区域及有用线束朝向

对于¹⁹²Ir射线探伤机的有用线束均朝向2#探伤室的任一侧，XXG-3505型X射线探伤机（定向）有用线束仅朝向2#探伤室的南侧。操作间位于2#探伤室西侧，且2#探伤室与操作间之间设有迷道，避免了有用线束直射操作间。

本项目2#探伤室内探伤机的作业区域范围见下表和表11章节中预测点位示意图。

表 9-3 2#探伤室内探伤机的作业区域范围

场所名称	探伤机	探伤机靶点与各侧内墙（门）的最近距离（m）					
		东墙	南墙	西墙	北墙	顶棚	地坪
2#探伤室	¹⁹² Ir	0.8	1.3	0.8	1.3	3.1	0.7
	XXG-3505	1	1.4	1	1.4	3.1	0.7

注：X射线、γ射线探伤机离地最大高度为0.7m。

9.2.6 现有核技术利用项目工艺不足及改进情况

1、现有核技术利用项目基本情况

公司老厂区建有1间探伤室及操作间、暗室和评片室与危废暂存间等辅助用房，

配有 1 台 XXG-2505 型 X 射线定向探伤机, 1 台 XXHz-3005 型 X 射线周向探伤机, 均用于固定式探伤。所有探伤装置均通过环评审批、辐射安全许可和竣工环保验收, 详见表 1 章节。

2、现有 X 射线探伤固定式探伤工艺流程

现有 X 射线探伤固定式探伤工艺流程及产污环节见图 9-8, 此处不赘述。

3、现有辐射工作场所平面布局

公司老厂区现有 1#探伤场所的平面布局见附图 10。

4、现有 1#探伤室辐射屏蔽防护设计

公司现有 1#探伤室辐射屏蔽防护设计详情见下表。

表 9-4 公司现有 1#探伤室辐射屏蔽防护设计一览表

项目		设计情况
探伤室	内尺寸	尺寸为 9.0m (长) × 5.2m (宽) × 4.5m (高)
	外尺寸	尺寸为 10.2m (长) × 6.4m (宽) × 4.8m (高)
四侧墙体		600mm 混凝土
顶棚		350mm 混凝土
地坪		无地下层, 不做特殊防护
工件防护门		电动推移门, 敷设 22mm 铅板, 门洞的尺寸为 4.1m (宽) × 4.5m (高), 门体的尺寸为 4.4m (宽) × 4.7m (高), 门与墙体上、下搭接各为 100mm, 左右搭接各为 150mm (按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则, 间隙应尽量小)
工作人员防护门		电动推移门, 敷设 25mm 铅板, 门洞的尺寸为 0.6m (宽) × 2.0m (高), 门体的尺寸为 0.8m (宽) × 2.2m (高), 门与墙体上、下搭接各为 100mm, 左右搭接各为 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)
迷道		迷道内墙为 300mm 混凝土, 外墙为 600mm 混凝土, “L”型迷道, 迷道内墙尺寸为 2.0m (长) × 0.6m (宽)
电缆管线		1 个直径 150mm, 管道埋深均为 600mm, 埋长均为 1300mm, 以 “U” 型管道穿越探伤室北侧墙体
通风设施		1 个直径 300mm, 埋深 300mm, 埋长 1000mm, 以地下 “U” 型管道穿越探伤室东侧墙体, 机械排风, 设计风量为 1000m³/h
备注: 表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm³, 铅的密度不小于 11.34g/cm³。		

5、现有辐射工作场所安全防护措施对标符合性分析

现有 1#探伤室安全防护措施与 GBZ 117-2022 标准比对分析结果见下表。

表 9-5 现有 1#探伤室安全防护措施与标准符合性分析一览表

序号	标准要求的措施	现有 1#探伤室的实际情况	符合性分析	整改措施
1	应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	探伤工作场所已实行分区管理，工件门外 1m 处划定黄色警戒线	符合	/
2	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。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	工件门和工作人员出入门均安装了门-机联锁装置。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均已与防护门联锁。联锁装置可以实现防护门被意外打开时，应能立刻停止出束。	符合	/
2	探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	所有防护门外顶部已安装可显示“预备”和“照射”状态的指示灯与声音提示装置，并与所有探伤机联锁。“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。现有 1#探伤室内部未设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，且未于醒目位置处设有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	不符合	应在现有 1#探伤室内部设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，且于醒目位置处设有对“照射”和“预备”信号意义的说明。
3	探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在操作间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。	现有 1#探伤室外工件门入口处、探伤室内西侧已安装视频监控装置，操作间内北侧墙体设有 1 个监控探头，在操作间的操作台设有专用的监视器。	符合	/
4	探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	工件门和工作人员出入门均张贴有电离辐射警告标志和中文警示说明。	符合	/
5	探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	现有 1#探伤室内北侧防护墙已设置 1 个紧急停机按钮，按钮旁未设有标签，标明使用方法。	不符合	拟与现有 1#探伤室东侧、南侧、西侧防护墙分别设置 1 个紧急停机按钮，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。并于紧急停机按钮旁设有标签，标明使用方法。
6	探伤室应设置机械通风装置，排	现有 1#探伤室已设置 1 套机	符合	/

	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。	械通风装置，现有 1#探伤室体积约 210.6m ³ ，设计风量为 1000m ³ /h，每小时有效通风换气次数为 5 次，满足每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。		
7	探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	现有 1#探伤室未设置固定式场所辐射探测报警装置。	不符合	应于现有 1#探伤室内拟设置固定式场所辐射探测报警探头，数值显示屏安装在操作间内，并与防护门联锁。

6、现有污染物排放达标分析

(1) 公司已委托杭州旭辐检测技术有限公司于 2024 年 11 月 26 日对相关辐射工作场所进行了检测（见附件 13），检测结果为：当 XXHz-3005 型周向 X 射线探伤机开机工作（管电压 285kV，管电流 5mA），主要射线束方向平行于地面，另 1 台 XXG-2505 型定向 X 射线探伤机未开机时，现有 1#探伤室外各检测点 X 射线周围剂量当量率在 127~306nSv/h 之间，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）不大于 2.5μSv/h 的要求。

(2) 公司现有核技术利用项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生，“三废”污染物主要为探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片、洗片废液及臭氧和氮氧化物等，处理措施如下：

①公司已设 1 间规范的危废暂存间，满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中相关要求，探伤产生的废显（定）影液等危险废物集中收集后统一交由温州润瑞环保科技有限公司进行处置。浙江金龙自控设备有限公司已与温州润瑞环保科技有限公司签订收运服务合同，温州润瑞环保科技有限公司与温州市环境发展有限公司签订危险废物委托处置合同，温州润瑞环保科技有限公司与丽水市宇顺运输有限公司签订危废运输协议，相关委托合同见附件 17。

②现有 1#探伤室已设置机械排风系统，少量的臭氧和氮氧化物通过风管引至室外，对周围环境影响较小。

7、辐射安全管理现状

根据前文 1.8.2 章节“辐射安全管理现状”的详细介绍，现有核技术利用项目均正常开展中，辐射工作场所布局合理，分区管理到位，各项辐射安全和防护措施较完善，相关辐射安全规章制度较齐全。现有辐射工作人员均已参加辐射安全培训，及时进行个

人剂量检测与职业健康体检并形成档案。同时，公司配备相应的个人剂量计、个人剂量报警仪及基本的防护用品。“三废”污染物均得到有效、合理、可行的处置。公司已对本单位的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。自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

8、上级主管部门监督检查和自行监测过程中发现的问题及整改情况

经上级主管部门进行检查，1#探伤室防护门门缝剂量超标，公司通过使用铅板进行屏蔽防护，根据于2024年11月26日杭州旭辐检测技术有限公司对相关辐射工作场所进行检测结果可知（见附件13），现有1#探伤室防护门各检测点X射线周围剂量当量率在146~306nSv/h之间，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）不大于2.5μSv/h的要求。因此，该处剂量超标问题得以很好的处理。

综上，公司现有核技术利用项目有以下几点不足需改进，按照要求配置后可以满足探伤工作要求：

（1）现有1#探伤室内未设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，且未于醒目位置处设有对“照射”和“预备”信号意义的说明。按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准要求，应在现有1#探伤室内设置有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，且在醒目位置处张贴对“照射”和“预备”信号意义的说明。按照要求配置后可以满足探伤工作要求。

（2）现有1#探伤室内东侧、南侧、西侧防护墙未设置急停按钮，且未于紧急停机按钮旁设有标签，标明使用方法。按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准要求，为了使人员处在现有1#探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用，应于现有1#探伤室内东侧、南侧、西侧防护墙各设置1个急停按钮，并在紧急停机按钮旁设有标签，标明使用方法。按照要求配置后可以满足探伤工作要求。

（3）现有1#探伤室内未配置固定式场所辐射探测报警装置和便携式X-γ剂量率仪，按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准要求，现有1#探伤室应增加配置1套固定式场所辐射探测报警装置和便携式X-γ剂量率仪。按照要求配置后可以满足探伤工作要求。

9.3 污染源项描述

9.3.1 放射性污染源项

1、X 射线探伤机

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 9-6 X 射线探伤机辐射源强一览表

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 mGy·m ² /（mA·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 （μSv/h）
1	X 射线探伤机 （定向）	XXG-3505	23.5	5×10 ³

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。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 23.5mGy·m²/（mA·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>200kV 时，漏射线所致周围剂量当量率控制值为 5×10³μSv/h。

2、γ 射线探伤机

（1）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 页，《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 表 A.1，相关核素的辐射特性见下表。

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 （μSv·m ² /MBq·h）
¹⁹² Ir	74d	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¹⁹²Ir-γ射线探伤机内含的放射源¹⁹²Ir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。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¹⁹²Ir-γ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下表。

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	最大周围剂量率 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

（2）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 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ （100Ci）/枚，其中放射源 ^{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：

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

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放射源转让及废旧放射源回收协议，见附件15。

（3）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。

9.3.2 非放射性污染

本报告重点关注臭氧和氮氧化物等非放射性气体和各类危险废物，对于其他非放射性污染已在《浙江金龙自控设备有限公司技改项目》中进行评价，故本报告中对以下非放射性污染源项仅定性分析：①生活污水。本项目辐射工作人员均源自公司现有员工，不新增生活污水产生量，生活污水依托厂区化粪池预处理满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的三级排放标准后纳入市政污水管网，送至瑞安市江南污水处理厂处理达标后排放，排放标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-

2002)中的一级A级标准。②噪声。通过实施车间的合理布局、设备的减震降噪、墙体的阻隔以及距离的衰减等措施后,各侧厂界噪声排放可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)中的3类标准(昼间:65dB(A),夜间55dB(A))要求。③生活垃圾。本项目不新增生活垃圾产生量,生活垃圾依托厂区设有的垃圾收集桶,集中收集后交由环卫部门统一清运。

(1) 臭氧和氮氧化物

本项目固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物,通过机械排风装置排至室外。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、废胶片及洗片废液

本项目探伤洗片与评片过程中产生的废显(定)影液及废胶片属于《国家危险废物名录(2025年版)》中感光材料废物,危废代码为HW16:900-019-16,并无放射性。本项目X、 γ 射线探伤新增年拍片总量为14400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288L(密度保守按 $1\text{g}/\text{cm}^3$,折合重量约288kg),废胶片新增年产生量约432张(废片率按3%计),该部分危险废物定期委托有资质的单位处理。完好的胶片均交付于客户方进行存档,无需存档。因此,本项目废胶片年产生量为432张(无损检测胶片尺寸大小存在差异,单片平均重量按10g计,则折合重量约4.32kg)。

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 $14832\text{张}=432\text{张}(\text{单年废胶片量})+14400\text{张}(\text{第8年作为危废的废胶片量})$ 张,单张胶片平均重量约10g,折算重量为148.32kg。

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,本项目洗片废液年产生量约720kg。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,具体见下表。

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	288kg	洗片	液态	显（定）影液	卤化银、对苯二酚等	每次固定式探伤	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	148.32kg	评片	固态	废胶片	废胶片	每次固定式探伤	T	
3	洗片废液	HW16	900-019-16	720kg	洗片	液态	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	每次固定式探伤	T	

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) 本项目 2#探伤室的北侧设 1 扇工件门铅防护推移门（电动开启），以便于工件进出，2#探伤室与操作间之间设“L”型迷道和 1 扇人员通道铅防护门（电动开启），便于辐射工作人员进出 2#探伤室，并降低工作人员受照剂量。2#探伤室东南侧设有 2 个储源坑用于 ^{192}Ir 射线探伤机不作业时的临时存放。曝光后的胶片分别在暗室、评片室内完成洗片和评片工作，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危废暂存间。探伤工作场所平面布局与剖面布局设计图见附图 11~附图 12。

(2) 2#探伤室内尺寸为 6.68m（长） $\times$ 3.5m（宽） $\times$ 3.8m（高），工件门的门洞尺寸为 2.7m（宽） $\times$ 3.4m（高），待检工件直径为 50mm~2.0m、厚度为 8~100mm。本项目拟采用轨道车将工件送入 2#探伤室，轨道车的尺寸为 4250mm（长） $\times$ 2390mm（宽） $\times$ 700mm（高），满足探伤工件进出 2#探伤室并位于 2#探伤室内探伤的要求。

(3) ^{192}Ir - γ 射线探伤机的有用线束朝向 2#探伤室的任一侧，XXG-3505 型定向 X 射线探伤机有用线束朝向 2#探伤室南侧，操作间位于 2#探伤室西侧，避开了有用线束直射并经迷道与 2#探伤室分开。

因此，本项目探伤工作场所的功能设计较为完善，满足固定式探伤的基本用房配置需求。2#探伤室的尺寸设计已预留宽裕的作业空间，满足最大工件位于 2#探伤室内关门探伤的要求。2#探伤室的设置已充分注意周围的辐射安全，操作间已避开有用线束直射并与 2#探伤室分开，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：

本项目拟将 2#探伤室和现有 1#探伤室实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，在 2#

探伤室防护门外 1m 处采用黄色警戒线作为标志，探伤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；操作间、暗室等辅助用房及车间过道等相邻区域划为监督区，探伤期间限制非辐射工作人员入内，分区管理示意图见附图 11。

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 2#探伤室的辐射屏蔽防护设计方案见下表。

表 10-1 本项目 2#探伤室屏蔽防护设计方案一览表

项目		改建后
探伤室	内尺寸	尺寸为 6.68m（长）×3.5m（宽）×3.8m（高）
	外尺寸	尺寸为 7.58m（长）×5.3m（宽）×4.55m（高）
四侧墙体		900mm 混凝土
顶棚		750mm 混凝土
地坪		无地下层，不做特殊防护
工件防护门		电动推移门，敷设 50mm 铅板，门洞的尺寸为 4.1m（宽）×4.5m（高），门体的尺寸为 4.4m（宽）×4.7m（高），门与墙体上、下搭接各为 100mm，左右搭接各为 150mm（按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）
工作人员防护门		电动推移门，敷设 40mm 铅板，门洞的尺寸为 0.6m（宽）×2.0m（高），门体的尺寸为 0.8m（宽）×2.2m（高），门与墙体上、下搭接各为 100mm，左右搭接各为 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）
迷道		迷道内墙与外墙均为 900mm 混凝土；内墙长 1.65m（长）×0.6m（宽），外墙长 1.95m，迷道高 2.2m；迷道设置形式为“L”型迷道
电缆管线		1 个直径 50mm，管道埋深为 600mm，埋长均为 1400mm，以“U”型管道穿越探伤室西侧墙体
通风设施		1 个直径 200mm，管道埋深为 600mm，埋长均为 1540mm，以“U”型管道穿越探伤室东侧墙体，机械排风，设计风量为 1000m³/h
控制导管		1 个直径 100mm，管道埋深为 600mm，埋长均为 2330mm，以“U”型管道穿越探伤室西侧墙体
储源坑		2#探伤室内东南侧共设 2 个储源坑，设计原则为“一源一坑”，采用下沉式设计。布局设计相同，内尺寸为 600mm（长）×350mm（宽）×500mm（高），储源坑四壁与底部均为混凝土层，顶盖尺寸为 680mm（长）×430mm（宽），采用 10mm 铅板，顶盖与储源坑四侧搭接均为 40mm，（按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）

2#探伤室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：①2#探伤室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合理设置电缆管道、控制导管、排风管道等敷设形式，不得破坏 2#探伤室墙体的屏蔽效果。③2#探伤室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 2#探伤室的屏蔽墙厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和

结构等各种因素。经理论预测，2#探伤室的四侧墙体、防护门、顶棚外表面 30cm 处的周围剂量当量率均满足 2.5μSv/h 的限值要求，2#探伤室内储源坑外表 30cm 处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 2#探伤室和 2#探伤室内储源坑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

一、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。
X 射线探伤机	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。
	控制台	①控制台拟设置有高压接通时的外部报警或指示装置；②设有钥匙开关和紧急停机开关。
备注：参考文件为《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）。		

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	①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；②检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；③确认放射源锁紧装置工作正常；④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；⑤安全连锁是否工作正常；⑥报警设备和警示灯运行是否正常；⑦检查源容器和源传输导管是否连接牢固；⑧检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；⑨检查警告标签和源的标志内容是否清晰；⑩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	①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。②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。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。⑤严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、连锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。⑥更换输源管、控制缆和源辨等配件时，必须使用该探伤装置原生产厂家的合格配件。
X 射线探伤机	工作前检查项目	①探伤机外观是否完好；②电缆是否有断裂、扭曲以及破损；③安全连锁是否正常工作；④报警设备和警示灯是否正常运行；⑤螺栓等连接件是否连接良好；⑥机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。
	设备维护	①使用单位应对探伤装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护

		应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；②设备维护包括探伤装置的彻底检查和所有零部件的详细检测；③当设备有故障或损坏需要更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；④应做好设备维护记录。
--	--	--

二、X、 γ 射线固定式探伤辐射安全和防护措施

本项目共建有 1 间探伤室，开展 X、 γ 射线固定式探伤。根据国家相关法律法规和标准要求，并结合项目实际情况，本项目在投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施：

（1）2#探伤室的工件门和工作人员出入门均拟设置门-机联锁装置，防护门与所有探伤机联锁（ γ 射线探伤机、X 射线探伤机等 II 类射线装置与防护门均采用不同联锁系统），确保在防护门关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置方便 2#探伤室内部的人员在紧急情况下离开 2#探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，能立刻停止出束或回源。

（2）2#探伤室的门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与所有辐射装置联锁。“预备”信号可以持续足够长的时间，以确保 2#探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

（3）2#探伤室拟设 1 套 24 小时持续有效的视频监控系统，且录像保存时间在 30 天以上。2#探伤室内西侧和东侧墙体拟各设 1 个视频监控探头，工件门入口处拟设 1 个视频监控探头，保证监控无死角，且覆盖到储源坑。在操作间的操作台拟设专用的监视器，可监控 2#探伤室内人员活动情况和探伤装置的运行情况。

（4）2#探伤室的工件门、工作人员出入门和储源坑均拟设置合 GB 18871-2002 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

（5）2#探伤室内的东、南、西侧墙面、迷道内、操作间的操作台等处均拟设 1 个急停按钮，并给出清晰的标记和说明，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，可使人员处在 2#探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮带有标签，标明使用方法。

（6）2#探伤室内拟设 1 套机械通风装置，设计风量为 1000m³/h。本项目 2#探伤室的净容积约为 98m³（含迷道），有效通风换气次数约为 10 次，可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.10 条款“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不小于 3 次”的要求。

(7) 2#探伤室内拟安装 1 套固定式场所辐射探测报警装置, 在 2#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辐射剂量率, 并有报警功能, 其显示单元设置在操作间, 并与门联锁。

(8) 2#探伤室拟配置 1 台便携式辐射检测报警仪, 该报警仪拟与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。

(9) 2#探伤室的工件门和工作人员出入门采用电动门, 均具有防夹功能。工件门和工作人员出入门的内侧分别拟设 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而离开 2#探伤室。同时, 工作人员可通过控制台上的电动操控按钮从室外打开工件门, 通过工作人员出入门外侧墙上的电动操控按钮从室外打开工作人员出入门。

(10) 2#探伤室拟设红外线防盗报警装置, 并与当地公安“110”联网。

(11) 2#探伤室结构上防火, 操作间内拟设 2 台干粉灭火器, 作为应急物资备用。

(12) 2#探伤室的工件门外 1m 处拟划定黄色警戒线, 告诫无关人员不得靠近。

三、探伤操作的放射防护

1、对正常使用的探伤室应检查门-机安全联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

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检测室, 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。

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。

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。

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、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。

四、新建 2#探伤室辐射安全管理措施

1、 ^{192}Ir - γ 射线探伤机必须在指定的 2#探伤室内进行固定式探伤, 禁止在 2#探伤室

以外进行固定式/移动式探伤。

2、2#探伤室涉及多台不同类型探伤装置的使用，应做好 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机安全锁的钥匙保管工作，2 类钥匙串结在一起。同时，合理规划多台设备每日探伤的时序问题。

3、严格控制 2#探伤室运行工况，每次探伤工作仅限 1 台辐射装置开机运行，禁止 2 台及 2 台以上辐射装置同时开机运行。

4、公司应建立放射源、射线装置的管理档案和台帐记录，贮存、领取、使用、归还探伤机时应及时进行登记、检查，做到账物相符，并要求专人负责保管。

5、相关辐射安全规章制度应张贴上墙于探伤工作现场处。

五、辐射防护设施、辐射检测仪器及防护用品配置

本项目 2#探伤室内不同时开机使用 2 台及 2 台以上的辐射装置，存在与现有 1#探伤室同时运行的工况。

本项目扩建后共计 7 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 名为探伤操作人员。辐射安全管理人员负责辐射安全与环境保护管理工作，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。

本项目辐射防护设施、辐射检测仪器配置计划见下表。

表 10-4 本项目扩建后辐射防护设施、辐射检测仪器配置计划表

辐射防护设施	现有数量	新增数量	备注
个人剂量计	3 枚	3 枚	2 枚为放射源管理人员，4 枚为辐射操作人员
个人剂量报警仪	3 台	3 台	2 台为放射源管理人员，4 台为辐射操作人员
便携式 X- γ 剂量率仪（含报警功能）	0 台	1 台	供放射源管理人员和辐射操作人员使用，新建 2#探伤室和现有 1#探伤室可共用 1 台
红外线防盗报警装置	0 套	1 套	设于 2#探伤室内预防放射源丢失
固定式场所辐射探测报警装置	0 套	2 套	每间探伤室配置 1 套
铅防护帽、铅防护眼镜、铅防护服、铅防护手套等个人防护用品	1 套	0 套	/

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

六、废旧放射源的处置及换源

（1）浙江金龙自控设备有限公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订放射性

同位素转让及退役源返回协议，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 2#探伤室的储源坑内，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。

七、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 2#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。

3、当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序，包括以下内容：

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

(b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样对待。

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

(d) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

(e) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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

八、危险废物环境管理措施

本项目固定式探伤的洗片工作均在暗室内完成；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危废暂存间，最终交由温州市环境发展有限公司处理处置。

本项目依托老厂区生产车间内 2F 现有危废暂存间进行危废贮存，面积约为 12m²，设计贮存能力约为 8t/a，转移周期为 1 年/次，根据公司提供的现有 2024 年危废转移联单（见附件 14）可知，现有危废暂存间主要存放主体工程产生的危险废弃物有含乳化液金属屑、废活性炭、污泥、漆渣等及现有 1#探伤室产生的废显（定）影液、废包装桶等，年产生量共计约 2.2t/a，去除主体工程产生危险废物后，贮存能力约为 5.8t/a。同时，本项目废（显）定影液年产生量为 0.29t，洗片废液年产生量为 0.71t，废胶片年产生量为 0.15t，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），故有剩余空间容纳本项目产生的危废。危废暂存间设置双人双锁，并由专人管理，地面已硬化处理并采取防渗措施，已做分区存放管理，现场张贴有《危险废物人员培训制度》、《危险废物污染环境防治责任制度》、《建立危险废物台账管理制度》和《危险废物管理周知卡》等相关制度。危废暂存间内北侧墙体上安装有 1 套机械通风装置，设计风量为 2280m³/h，危废暂存间净容积约 48m³，每小时有效通风换气次数为 48 次，排风管道外口已避免朝向人员活动密集区。危废暂存间门上设置符合《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，该场所的建设满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求。

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，具体见下表。

表 10-5 危险废物贮存场所（设施）基本情况表

序号	贮存场所名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量	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	0.29t/a	约 12m ²	专用防渗容器	8t	一年
2		废胶片	HW16	900-019-16	0.15kg/a		袋装堆放		
3		洗片废液	HW16	900-019-16	0.72t/a		专用防渗容器		

危废暂存间的日常管理应做到：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，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。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

浙江金龙自控设备有限公司已与温州润瑞环保科技有限公司签订小微危废一站式收运服务合同，温州润瑞环保科技有限公司与温州市环境发展有限公司签订危险废物委托处置合同，温州润瑞环保科技有限公司与丽水市宇顺运输有限公司签订危废运输协议，相关委托合同及资质证书见附件 17。

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。公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订了放射源转让及废旧放射源回收协议。

（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签订了报废 γ 射线探伤机回收协议。

（3）2#探伤室内储源坑储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离会产生少量的臭氧和氮氧化物，以及固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，均通过 2#探伤室内的机械排风装置排至室外，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，固定式探伤产生的危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，定期委托温州市环境发展有限公司进行处理处置。

表11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响分析 11.1.1 施工阶段的环境影响分析 本项目拟建 2#探伤室位于浙江金龙自控设备有限公司老厂区生产车间内 1F 西南侧，建设阶段主要影响为拟将生产车间内部的部分空间改造为 2#探伤室，工程量较小，施工期较短，施工期对环境的影响，本报告仅作简要分析。 （1）扬尘 施工过程中会产生扬尘，主要是墙体增加防护厚度装修过程中产生的扬尘（TSP）。建设单位应加强施工区域管理，对施工场地采取围挡措施，尽量降低建筑粉尘对周围环境和公众的影响。 （2）废水 施工期产生的废水主要为施工人员的生活污水，生活污水产量较小，可依托建设单位化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，送至瑞安市江南污水处理厂处理达标后排放，排放标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 A 级标准。 （3）噪声 施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止机械噪声的超标。本项目施工期间产生的噪声，通过实施车间的合理布局、设备的减震降噪、墙体的阻隔以及距离的衰减等措施后，可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的相关标准要求。 （4）固体废物 建设过程中产生的装修垃圾堆放在住建部门指定的地点，严禁随意堆放和倾倒。施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。 综上所述，本项目施工范围较小，在公司的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，实施各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。 11.1.2 设备安装调试阶段的环境影响分析 本项目用于固定式探伤的 X、γ 射线探伤机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均要求在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告标志，禁止无关人员靠近。

由于设备的安装和调试均在 2#探伤室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应及时回收包装材料及其它固体废物作为一般固体废物进行处置。

11.2 运行阶段对环境的影响

目前本项目处于筹建阶段，本次评价采用理论计算的方法来预测 2#探伤室投入使用时对周围环境的辐射影响。

11.2.1 预测工况确定

本项目新建 2#探伤室拟配置 2 台 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机（一用一备）和 1 台 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机。存在新建 2#探伤室和现有 1#探伤室同时运行的工况，每间探伤室内每次仅开启 1 台辐射装置进行探伤作业，不存在 2 台及 2 台以上辐射装置同时运行的工况。

根据《辐射防护导论》（方杰主编）P76 页公式（3.10）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）P3 页公式（4）中有用线束剂量率计算公式可知，各射线装置对探伤室周围的剂量率跟 AΓ（活度×周围剂量当量率常数）或 Iδ_x（X 射线机管电流×X 射线探伤机的发射率常数）成正比。考虑本项目各探伤装置有用线束朝向，以 2#探伤室南墙外 30cm 处作为关注点为例（放射源有用线束朝向 2#探伤室各侧墙体，X 射线探伤机有用线束朝向 2#探伤室南侧墙体），2#探伤室南墙屏蔽有效厚度 d 为 900mm 混凝土，距离 r 为 2.2m，关注点处各探伤装置的辐射影响对比情况见下表。

表 11-1 本项目 2#探伤室拟配置探伤装置辐射影响一览表

探伤装置	A/δ _x	Γ/I	屏蔽体厚度		屏蔽透射比 B _x	屏蔽后周围剂量当量率 H（μSv/h）
			有效厚度 d(mm)	半值层厚度 HVL(mm)		
¹⁹² Ir-γ 射线探伤机	100Ci	0.17μSv·m ² /MBq·h	900mm 混凝土	50mm ^①	3.81E-06	4.96E-01
350kV X 射线定向探伤机	23.5mGy·m ² /(mA·min)	5mA		30mm ^②	9.31E-10	1.36E-03

注：①数值来源于《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中附录 A 中表 A.2。
②数值来源于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2。

由上表可知：¹⁹²Ir-γ 射线探伤机的射线能量最大，穿透性最强。结合考虑探伤机的作业范围后，选取 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机作为 2#探伤室的评价对象进行理论计算，预测背

景为单台探伤装置独立运行，内置密封源的额定装源活度为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq/枚}$ 。如 2#探伤室能够满足 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机的辐射防护要求，其也能够满足最大管电压为 350kV、最大管电流为 5mA 的 XXG-3505 型 X 射线探伤机（定向）的辐射防护要求。此外，2#探伤室位于老厂区生产车间内 1F 西南侧，且所属车间为 4F 建筑（其中 2#探伤室所在位置是由生产车间 1F 和生产车间 2F 合并而成的生产车间 1F），无地下室，2#探伤室正上方隔顶棚约 8m 为 3F 仓库，且顶棚屏蔽防护采用 750mm 混凝土，具备有效的屏蔽防护能力，因此本报告不考虑天空反散射的影响。

11.2.2 预测点位选取

根据 2#探伤室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见表 11-2、图 11-1、图 11-2 和图 11-3。

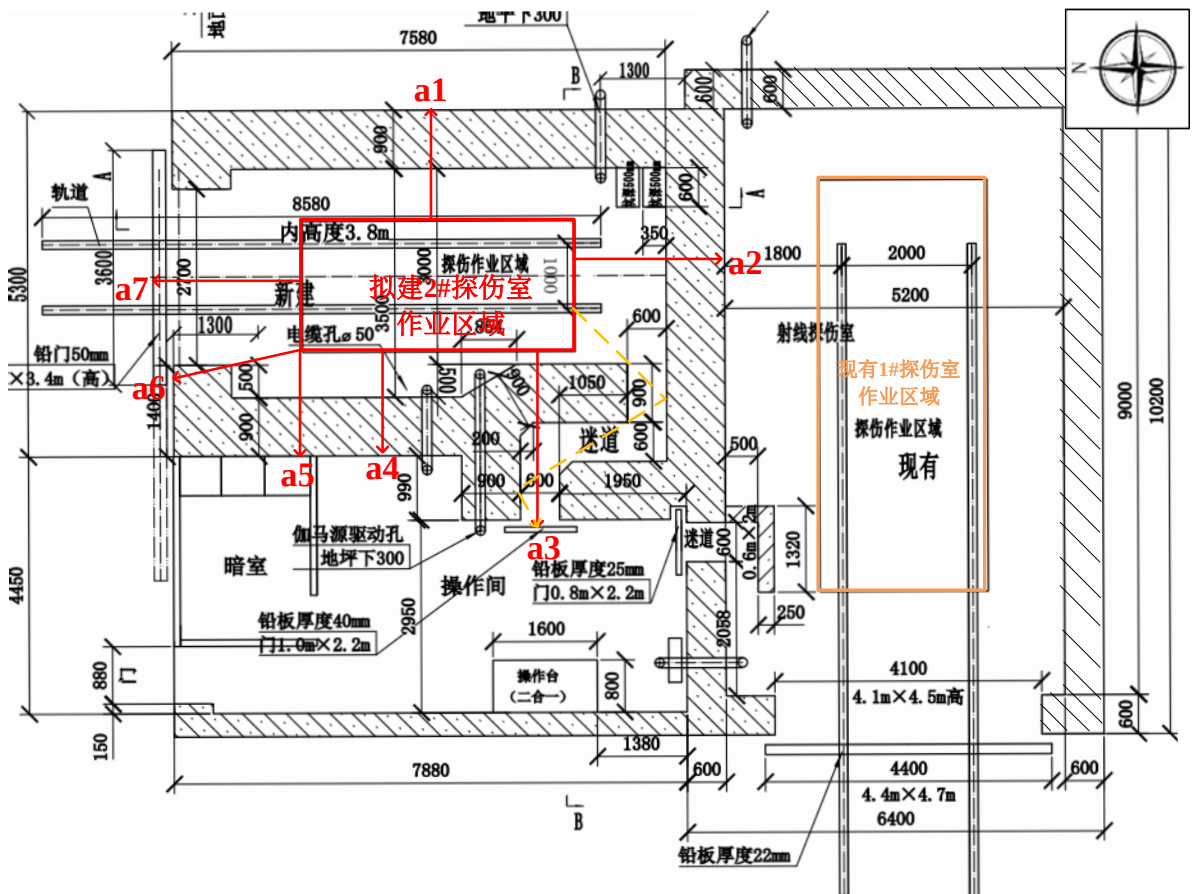


图 11-1 探伤工作场所平面布局及 γ 射线探伤机预测点位示意图（单位：mm）

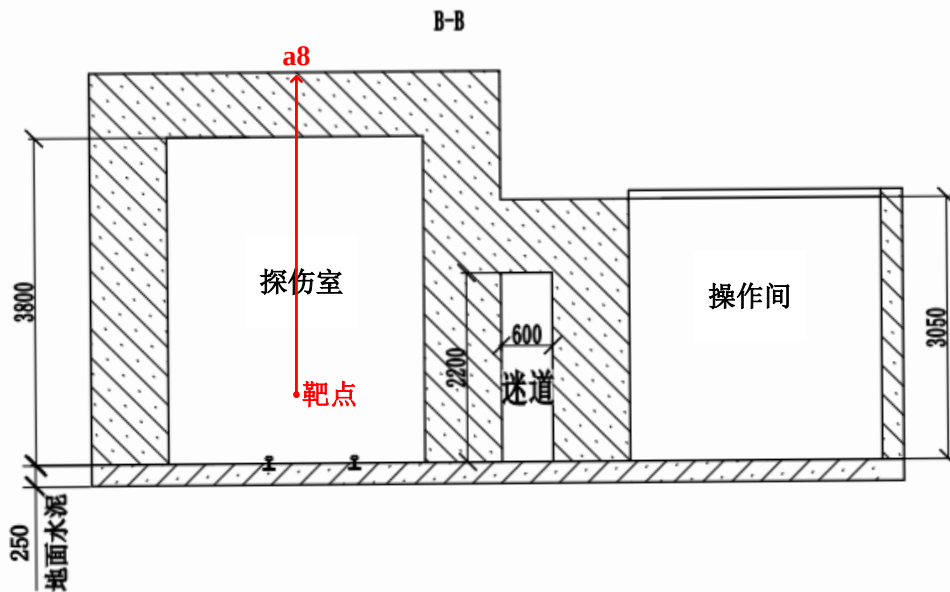


图 11-2 探伤工作场所剖面布局及预测点位示意图（单位：mm）

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
2#探伤室	单台 ¹⁹² Ir-γ 射线探伤机出束（额定装源活度均为 3.7×10 ¹² Bq/枚）	a1	东墙外 30cm 处	喷漆区	有用线束
		a2	南墙外 30cm 处	1#探伤室	有用线束
		a3	工作人员防护门外 30cm 处	操作间	有用线束、散射辐射
		a4	西墙外 30cm 处	操作间	有用线束
		a5	西墙外 30cm 处	暗室	有用线束
		a6	北墙外 30cm 处	车间内过道	有用线束
		a7	工件门外 30cm 处	车间内过道	有用线束
		a8	顶棚外 30cm 处	不上人平台	有用线束
备注：2#探伤室正下方为土层，无地下室，故不设预测关注点。					

11.2.3 γ 射线探伤机辐射影响预测

1、 γ 射线对周围环境的影响

（1）有用线束

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。根据《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和减弱倍数的定义，可推导出：本项目 γ 射线室内探伤作业时，有屏蔽体情况下有用线束辐射剂量率计算公式如下：

$$H = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} B_x \quad (11-1)$$

式中：H——有屏蔽体情况下参考点的直射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A——放射性活度，MBq，本项目取值 $3.70 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，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 ——关注点距离放射源的距离，m。

B_x ——屏蔽透射比，根据公式 $B_x=2^{-(d/\text{HVL})}$ 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》（GBZ 117-2022）中附录 A 表 A.2， ^{192}Ir 在混凝土中的半值层厚度为 50mm。

（2）迷道散射

有屏蔽体情况下散射剂量率计算公式如下：

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

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 $H_0=6.29\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ；

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 ；

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散射宽度或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 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 2#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， $A_1=0.9\text{m}\times 2.2\text{m}=1.98\text{m}^2$ ， $A_2=A_3=0.6\text{m}\times 2.2\text{m}=1.32\text{m}^2$ ； $d_1=1.9\text{m}$ ， $d_2=0.9\text{m}$ ， $d_3=0.36\text{m}$ 。

2、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，2#探伤室周围辐射剂量率预测结果如下：

表 11-3 2#探伤室内单台 ¹⁹² Ir-γ 射线探伤机独立运行时辐射环境水平预测结果							
关注点 编号	射线类型	衰减距 离(m)	屏蔽体厚度		屏蔽透射 比 Bx	周围剂量当量率 H	
			有效厚度 d（mm）	HVL （mm）		屏蔽后 （μSv/h）	总贡献值 （μSv/h）
a1(东墙)	有用线束	2.0	900mm 混凝土	50	3.81E-06	6.65E-01	6.00E-01
a2(南墙)	有用线束	2.5	900mm 混凝土	50	3.81E-06	4.96E-01	3.84E-01
a3(工作人 员防护门)	有用线束	2.7	900mm 混凝土	50	3.81E-06	3.29E-01	3.29E-01
	迷道散射	d ₁ =1.9 d ₂ =0.9 d ₃ =0.36	40mm 铅	3	9.69E-05	2.22E-05	
a4(西墙)	有用线束	2.0	900mm 混凝土	50	3.81E-06	7.41E-01	6.00E-01
a5(西墙)	有用线束	2.0	900mm 混凝土	50	3.81E-06	7.41E-01	6.00E-01
a6(北墙)	有用线束	2.5	900mm 混凝土	50	3.81E-06	4.96E-01	3.84E-01
a7(工件门)	有用线束	2.6	50mm 铅	3	9.61E-06	1.37E+00	8.94E-01
a8(顶棚)	有用线束	4.15	750mm 混凝土	50	3.05E-05	1.04E+00	1.11E+00
备注：①2#探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护，故本次评价对地面不设关注点进行辐射剂量率预测。							
经计算可知，单台 ¹⁹² Ir-γ 射线探伤机独立运行时，四周屏蔽墙及防护门外关注点剂量率最大值为 0.894μSv/h，顶棚外关注点剂量率最大值为 1.11μSv/h，其屏蔽防护性能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。同时，由表 11-1 可知相对于最大管电压为 350kV、最大管电流为 5mA 的 X 射线探伤机， ¹⁹² Ir-γ 射线探伤机的射线能量较大，穿透性较强，因此可定性推导出最大管电压为 350kV、最大管电流为 5mA 的 X 射线探伤机独立运行时，2#探伤室的屏蔽防护性也能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。							
3、两间探伤室同时运行的叠加影响							
大部分预测点的周围剂量当量率主要受单间探伤室的影响，基于两间探伤室共用 1 个操作间及两间探伤室的交接处等特殊点位，需考虑剂量叠加影响，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（μSv/h）						
	1#探伤室单独运行 ^①	2#探伤室单独运行 ^②	2 间探伤室同时运行				
操作间	1.79E-01（点位 2）	6.00E-01（关注点 a4）	7.79E-01				
东墙交界处	2.07E-01（点位 19）	6.00E-01（关注点 a1）	8.07E-01				
备注：①根据建设单位提供的 2024 年辐射工作场所年度检测报告可知，见附件 13； ②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，交接处周围剂量当量率最大值为 0.807μSv/h，可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。							

11.2.4 探伤室局部贯穿辐射影响

本项目 2#探伤室设计 1 根电缆线路，以“U”型管道穿越 2#探伤室西侧墙体，电缆管道直径为 50mm，管道埋深均为 600mm，埋长均为 1400mm；2#探伤室设计 1 根输源管道，以“U”型管道穿越 2#探伤室西侧墙体，电缆管道直径为 100mm，管道埋深均为 600mm，埋长均为 1540mm；设计 1 根排风管道，以地下“U”型管道依次穿越 2#探伤室东侧墙体，管径为 200mm，埋深 600mm，埋长 2330mm。本项目 2#探伤室各类穿墙管道剖面设计图见附图 14。

现有 1#探伤室电缆管道穿墙口改造后，以“U”型管道穿越 1#探伤室北侧墙体，设计电缆管道直径为 50mm，管道埋深为 600mm，埋长为 1200mm，1#探伤室内电缆管口改造后管道穿墙剖面设计图见附图 15。

现有电缆管道孔采用混凝土进行封堵，不会破坏 1#探伤室和 2#探伤室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

所有穿墙管道均避开了有用线束的方向，本次评价仅考虑散射线对管道出口处的辐射剂量贡献值。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页的实例证明，本项目所有射线均需经过三次以上散射才能经各类管道散射至探伤室墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。因此，本项目电缆、控制导管及排风等管道的布置方式不会破坏墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

11.2.5 2#探伤室内储源坑辐射影响预测

本项目含源 γ 射线探伤机不作业时，临时贮存于 2#探伤室内的储源坑。

1、储源坑的容积设计合理性分析

本项目 2#探伤室内东南侧设置 2 个储源坑，用于存放不作业时的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机。设计原则均为“一源一坑”，采用下沉式设计，布局设计相同，内尺寸为 600mm（长） $\times$ 350mm（宽） $\times$ 500mm（高），储源坑四壁与底部均为混凝土层，顶盖尺寸为 680mm（长） $\times$ 430mm（宽），顶盖与源坑各侧之间的搭接均为 40mm，采用 10mm 铅板。源坑平面与剖面布局图见附图 13。

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 350mm（长） $\times$ 130mm（宽） $\times$ 240mm（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 2#探伤室内储源坑的容积设计合理可行。

2、储源坑外表面剂量估算

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:

$$K = \frac{K_0}{N} \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \quad (11-3)$$

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

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 $N=2^{(d/\text{HVL})}$ 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》(GBZ 117-2022)中附录 A 表 A.2, ^{192}Ir 在铅中的半值层厚度为 3mm;

r——放射源至源容器表面 30cm 处的距离, m;

r_0 ——放射源与预测点的距离, m。

本项目储源坑呈下沉式, 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, 预测结果为: 单个储源坑内存放 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机时, 对应储源坑的设计深度为 500mm, 源容器到坑盖外 30cm 处距离 r 保守取值 0.50m, 根据公式(11-3)计算可知, 坑盖外 30cm 处周围剂量当量率为 $5 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。

综上, 本项目储源坑外 30cm 处周围剂量当量率均满足《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》(HJ1258-2022)第 6.11.1.3 条款的要求。

11.2.6 人员受照剂量

1、计算公式

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

$$E = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \quad (11-4)$$

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/T 250-2014 附录 A 表 A.1, 具体数值见下表。

表 11-5 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 (T)	示例
全居留	1	操作台、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	通道、休息区、仓库
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

注：取自 NCRP144。

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，主要为从储源坑内存取放射源和近距离移动 γ 射线探伤机，本次评价对于本项目2#探伤室按 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（类别：便携式P）考虑。

本评价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分别为0.5mSv/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0.02mSv/h）的时间分别为0.5min和1min。根据公式（11-4），居留因子取1，可估算出：完成存/取一次2#探伤室内的放射源的操作所受的辐射剂量约4.50 μSv 。

本项目2#探伤室实行单班制工作，每日存/取最多1次，固定式探伤年工作300天。因此，本项目放射源管理人员年有效剂量为 $4.50\mu\text{Sv} \times 300 \times 10^{-3} = 1.35\text{mSv}$ 。上述所有辐射工作均由2名辐射工作人员完成，则单名放射源管理人员年有效剂量为0.675mSv，小于本次评价项目职业人员剂量约束值（5.0mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于职业人员“剂量限值”的要求（20mSv/a）。

3、固定式探伤操作人员年有效剂量

本项目固定式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，工作人员在操作间内拍片受到的外照射；b) 探伤作业前，工作人员在2#探伤室内近距离移动 γ 射线探伤机、安装控制部件及输源导管、布置底片和摆放工件等准备工作时受到贮存状态放射源的外照射。

①开机状态下

本项目2#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间内操作位处，该处周围剂量当量率为 $3.29 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，2#探伤室每日实际曝光时间为4h，年工作日300天，则年曝光时间为1200h。本项目固定式探伤由2名辐射工作人员轮流操作。根据公式（11-4），居留因子取1，可估算出2#探伤室开机时操作位处的单名辐射工作人员的年有效剂量为 $3.95 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ 。

②不开机状态

本项目2#探伤室不开机状态下，辐射工作人员在2#探伤室内日工作时间为4h，年工

作 300 天，则辐射工作人员年受照时间为 1200h，所有工作由 2 名辐射工作人员完成。

a、每日近距离移动 γ 射线探伤机和安装控制部件及输源导管等环节一般不超过 5min，年操作时间为 25h，保守取辐射工作人员处于离 γ 射线探伤机 100cm 处，根据 GBZ 117-2022，源容器表面 100cm 处最大周围剂量当量率 0.02mSv/h。该环节单名辐射工作人员年有效剂量为 0.5mSv/a。

b、其他操作包括布置底片和摆放工件等，年操作时间为 1175h。该工作时段的 γ 射线探伤机始终处于未出源状态，辐射工作人员距离储源坑（布置在探伤室内一角）和 γ 射线探伤机一般超过 2m，本项目储源坑外 30cm 处周围剂量当量率估算值为 $5 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，根据公式（11-4），居留因子取 1，可估算出不开机状态下时探伤室内储源坑所致单名探伤操作人员的年有效剂量为 $2.94 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ 。根据公式（11-1）可知，射线装置所产生的剂量率与距离的平方成反比，因此超过 2m 处剂量率较小，故暂不考虑。

同时，2#探伤室不开机状态下，1#探伤室可能会开机运行，基于辐射安全考虑，本次评价 2#探伤室不工作状态下，期间室内其他操作时周围剂量当量率保守取 306nSv/h（数值来源于附件 13 现有辐射场所检测报告），根据公式（11-4），居留因子取 1，年操作时间按照 1175h，可估算出本项目探伤室不开机时室内相关操作所致单名探伤操作人员的年有效剂量为 $3.60 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ 。

③综合剂量

综上所述，本项目单名探伤操作人员的最大剂量叠加结果为：

$$H_{\text{开机}} + H_{\text{不开机}} = 3.95 \times 10^{-1} \text{mSv/a} + 0.5 \text{mSv/a} + 3.60 \times 10^{-1} \text{mSv/a} = 1.26 \text{mSv/a}$$

因此，本项目从事固定式 X、 γ 射线探伤操作的单名探伤人员的最大年有效剂量为 1.26mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员 $\leq 5.0 \text{mSv/a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于剂量限值的要求（职业人员 $\leq 20 \text{mSv/a}$ ）。

4、公众成员年有效剂量

结合本项目评价范围 50m 内的环境保护目标分布情况，根据公式（11-10），本项目 2#探伤室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下表。

表 11-6 2#探伤室周围公众及环境保护目标年有效剂量估算

人员属性	关注点	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 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	居留因子 T	周受照时间(h/周)	周受总剂量($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	年受照时间 t(h/a)	年有效剂量 H (mSv/a)
公众成员	东侧	喷漆区	2.0	2.0	6.00E-01	1/4	3.60E+00	1200	1.80E-01
		配电房、工具间和楼梯间	2.0	26+2.0	3.06E-03	1/4	1.84E-02		9.18E-04
		温州岳虹塑料机械有限公司	2.0	48+2.0	9.60E-04	1	2.30E-02		1.15E-03
		温州富我箱包有限公司	2.0	48+2.0	9.60E-04	1	2.30E-02		1.15E-03
	东南侧	加工区	2.0	4+2.0	6.67E-02	1/4	4.00E-01		2.00E-02
		综合楼	2.0	12+2.0	1.22E-02	1	2.94E-01		1.47E-02
	南侧	过道	2.5	6+2.5	3.32E-02	1/16	4.98E-02		2.49E-03
		综合楼	2.5	12+2.5	1.14E-02	1	2.74E-01		1.37E-02
		厂区内道路	2.5	26+2.5	2.95E-03	1/16	4.43E-03		2.22E-04
	西侧	过道	2.0	5+2.0	4.90E-02	1/16	7.35E-02		3.67E-03
		浙江宝隆机械有限公司	2.0	47+2.0	1.00E-03	1	2.40E-02		1.20E-03
	西北侧	宿舍楼（1F）	2.0	47+2.0	9.60E-04	1	2.30E-02		1.15E-03
		宿舍楼（3F）	2.0	48+2.0	8.88E-04	1	2.13E-02		1.07E-03
		宿舍楼（6F）	2.0	50+2.0	3.06E-03	1	7.35E-02		3.67E-03
	北侧	生产车间内过道	2.5	2.5	8.94E-01	1/16	1.34E+00		6.71E-02
		焊接车间、试压车间	2.5	8+2.5	5.07E-02	1/4	3.04E-01		1.52E-02
		装配车间	2.5	26+2.5	6.88E-03	1/4	4.13E-02		2.06E-03
		原材料仓库	2.5	42+2.5	2.82E-03	1/5	1.35E-02		6.77E-04
	东北侧	成品仓库	2.0	27+2.0	4.25E-03	1/5	2.04E-02		1.02E-03
		电工组	2.0	31+2.0	3.28E-03	1/4	1.97E-02		9.85E-04
		五金、电气元件仓库	2.0	35+2.0	2.61E-03	1/5	1.25E-02		6.27E-04
		生产办公室	2.0	42+2.0	1.85E-03	1	4.43E-02		2.22E-03
		原材料仓库	2.0	45+2.0	1.62E-03	1/16	2.43E-03		1.21E-04
	正上方	3F 仓库	4.15	8+4.15	1.29E-01	1/5	6.22E-01		3.11E-02
		4F 流量计车间	4.15	12+4.15	7.33E-02	1/4	4.40E-01		2.20E-02

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 1.80E-01mSv，周有效剂量为 3.60 μSv ，小于本次评价项目剂量约束值（公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），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 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ），也满足《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 $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ”的要求。

11.3 “三废”影响分析

11.3.1 放射性“三废”

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生。

1、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。

11.3.2 非放射性“三废”

1、臭氧和氮氧化物

本项目 X 射线探伤机、 γ 射线探伤机运行时，会和空气发生作用产生少量的臭氧和氮氧化物。2#探伤室内设有一套机械通风装置，臭氧和氮氧化物通过排风管道可引至 2#探伤室外，对周围环境影响较小。

（1）臭氧

由于本项目各辐射装置射线能量由大到小依次为 ^{192}Ir - γ 射线探伤机、XXG-3505 型 X 射线探伤机，因此本报告 2#探伤室以 ^{192}Ir - γ 射线探伤机为对象，预测本项目固定式探伤过程中臭氧与氮氧化物对周围环境的影响。

本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机产生的臭氧产额与浓度参照《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）中给出的公式进行估算。

①点状 γ 射线密封源所致的臭氧产额

$$P = 3.02AK_{\gamma}GV^{1/3} \dots\dots\dots (11-12)$$

式中：

P—— O_3 的产额，mg/h；

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

K_{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，本项目 ^{192}Ir 的周围剂量当量率常数为 $0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$ ，即 $2.83 \times 10^{-9}\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{min})$ ；

G——空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分子数，本次评价取值 10；

V——探伤室的体积， m^3 ，本项目 2#探伤室净容积约 98m^3 （含迷道）；

经计算：本项目 2#探伤室 γ 射线探伤机所致 O_3 的产额 $P=1.45\text{mg/h}$ 。

②臭氧浓度

$$Q = \frac{P \cdot T \cdot (1 - e^{-1/t})}{V} \dots\dots\dots (11 - 13)$$

式中：Q——空气中 t 时刻 O_3 的空气浓度， mg/m^3 ；

T—— O_3 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，h；本项目 2#探伤室的净容积为 98m^3 （含迷道），设计风量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ；则正常通风状态下，2#探伤室对应的 $T_v=0.09\text{h}$ 。 T_d 表示 O_3 的有效分解时间， 0.83h ，则 2#探伤室对应的 $T=0.08\text{h}$ 。

t——连续照射时间，h；

V——探伤室的体积， m^3 ，本项目 2#探伤室的净容积约为 98m^3 （含迷道）；

当射线照射时间较长时， $t \gg T$ 时，臭氧浓度达到饱和，则公式（11-13）可简化为：

$$Q = \frac{P \cdot T}{V} \dots\dots\dots (11 - 14)$$

经计算，本项目 2#探伤室内 γ 射线探伤机所致 O_3 浓度 $Q=1.37 \times 10^{-3}\text{mg/m}^3$ 。因此，本项目 2#探伤室 O_3 室内浓度低于《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）及第 1 号修改单中规定的“ O_3 最高允许浓度 0.3mg/m^3 ”，满足标准要求。

（2）氮氧化物

氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且以臭氧的毒性最高。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）及第 1 号修改单中规定的“ NO_x 时间加权平均容许浓度 5mg/m^3 ”，满足标准要求。

2、废显（定）影液、废胶片和洗片废液

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。

11.4 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，因此非工作状态下不会产生 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。

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。

本项目各辐射装置风险环节、风险识别及相应防范措施详见下表。

表 11-7 事故影响分析一览表

探伤装置	风险环节	风险识别	防范措施
X 射线探伤机	固定式探伤过程	①探伤装置在对工件进行照相的工况下，门-机联锁失效，致使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机联锁失效探伤期间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。 ②人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。	①每天开展探伤工作前，检查确认门-机联锁、急停按钮、视频监控、工作状态指示灯、声音提示装置、通风换气装置、固定式辐射剂量监测系统及探伤设备完好性等各项安全措施的有效性。只有确认探伤室内无人且门已关闭，所有安全措施起作用并给出启动信号后才能启动照射，避免发生误照射。同时，定期开展所有的联锁和紧急停机开关等相关检查工作。如存在安全隐患，应立即整改。 ②对固定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。定期对操作人员进行培训，使之熟练掌握探伤操作要点，并严格按照操作规范操作。
	检修/维护过程	设备维护由非专业人员进行导致误照射。	严格落实《设备检修维护制度》，由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。
γ 射线探伤机	贮存过程	①探伤室储源坑的视频监控系统和红外报警装置发生故障，导致人员进入储源坑未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ②探伤室储源坑铅板的防盗锁损坏，导致人员进入探伤室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，导致人员进入探伤室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，检查探伤室的视频监控系统、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计划定期进行探伤室及探伤室储源坑的环境监测，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。
	固定式探伤过程	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。 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	①严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程进行作业。每天开展探伤工作前，检查确认门-机联锁、急停按钮、视频监控、工作状态指示灯、声音提示装置、固定式辐射剂量监测系统及探伤设备完好性等各项安全措施的有效性。只有确认探伤室内无人且门已关闭，所有安全措施起作用并给出启动信号后才能启动照射，避免发生误照射。 ②γ 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。 ③γ 射线探伤结束后，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，

		安全隐患。 ④检修机器时 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。	确认放射源在探伤机的源容器内。 ④γ 射线探伤必须 2 人或以上共同作业，探伤开机前注意探伤室清场，探伤期间工作人员不得脱岗。 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。 ⑥γ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。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。 ⑦对γ射线固定式探伤制定操作规定，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。定期对操作人员进行培训，使之熟练掌握探伤操作要点，并严格按照操作规范操作。
	检修/维护过程	使用单位人员单独对探伤机进行维修而造成误照射。	严格落实《设备检修维护制度》，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。

表12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

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

12.1.1 机构的设置

公司开展工业探伤工作，对放射防护安全负主体责任，已成立以余正伦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，督促辐射防护管理制度实施，可以满足本项目扩建后的辐射安全管理需要。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）现有辐射工作人员辐射安全管理现状见前文表 1 章节中 1.8.2 章节，此处不赘述。

（2）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。对于，辐射安全管理人员和放射源管理人员上岗前应参加“辐射安全管理”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均需进行 X、 γ 射线探伤，故实际工作中应同时持有“X 射线探伤”与“ γ 射线探伤”类别的培训证书，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 辐射安全管理制度

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

公司现有辐射安全规章制度制定情况见前文表 1 中 1.8.2 章节，内容健全完善且规范，且严格执行于实际工作中，满足现有核技术利用项目的管理需要，合理可行。在现有 X 射线探伤机固定式探伤的基础上，本项目新增了 $^{192}\text{Ir}/\gamma$ 射线探伤机固定式探伤内容。公司应结合本项目开展特点和实际管理经验，对原有辐射安全管理制度进行针对性的补充、完善后，将 X、 γ 射线各相关规章制度均张贴于本项目相关辐射工作现场处，使之切实可行又符合相关管理规定，并付诸严格执行。

拟完善、补充的内容如下：

- （1）关于 γ 射线探伤机制定相应的固定式探伤操作流程；
- （2）放射源管理规定（购买、使用、转让、返回或送贮等）；
- （3）放射源使用登记和台账管理制度；
- （4）废旧放射源处置制度；
- （5）卡源故障处理制度；

- (6) 射线装置报废管理制度；
- (7) 危险废物安全处置管理制度；
- (8) 本次新增探伤工作场所的监测方案纳入原有监测制度；
- (9) 结合 γ 射线探伤机运行时的辐射风险，完善原有辐射事故应急预案。

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 现有核技术利用项目辐射监测开展情况

公司已制定《监测方案》，并定期委托有资质的单位进行辐射工作场所监测，日常内部常规检测已执行。现有辐射工作人员按要求定期进行个人剂量检测与职业健康体检。

12.3.2 本项目辐射监测要求

1、监测仪器

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

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

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。

3、探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求，公司应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

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

（2）常规监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。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；

（3）年度监测：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下表。

表 12-1 本项目辐射工作场所监测计划

场所名称	监测类型	监测项目	监测范围	监测频次	监测方式
探伤室	验收监测	周围剂量当量率	①控制区：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； ②监督区：工作人员操作间内人员操作位及评价范围内需关注的环境敏感目标； ③含源 γ 射线探伤机出入库时源容器表面（每次探伤工作完成后，辐射工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）。	验收期间监测 1 次	委托监测
	常规监测			1 次/年	自行监测
	年度监测			1 次/年	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 现有应急预案制定与执行情况

公司已制定《辐射事故应急预案》，每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。经与建设单位核实，公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

12.6.3 本项目应急预案的要求

相对已许可的辐射内容，本次项目新增关于 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机固定式探伤，因此现有辐射事故应急预案需结合项目情况加以完善以满足本次项目的应急要求。本项目投入运行后，公司应好以下工作：

（1）补充 γ 射线探伤固定式探伤事故风险类型和事故等级划分，如放射源丢失或被盗、卡源故障、人员误入导致误照射、联锁装置失效导致误照射等，提出具体、可行的风险防范措施和应急处置措施，以满足事故应急要求。应确保 γ 射线探伤机已回源并存放在储源坑内；严禁 γ 射线探伤机未返回储源坑进行其他作业。

（2）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。

（3）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。

（4）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。

在企业制定完善规章制度及操作规程下，严格按照规章制度及操作规程开展探伤作业，将有效避免辐射事故发生。一旦发生辐射事故时，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》，由辐射事故领导小组按程序上报当地生态环境主管部门，放射源丢失、被盗的情况同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作。辐射事故应急应纳入本单位安全生产事故应急管理体系，定期组织演练。经采取以上措施后，企业辐射事故风险水平可控制在可接受水平。

表13 结论与建议

13.1 结论 13.1.1 项目工程概况 浙江金龙自控设备有限公司拟在生产车间内 1F 西南侧新增 1 间探伤室（2#探伤室）进行固定式探伤作业，并拟购 2 台 ^{192}Ir-γ 射线探伤机（一用一备）和 1 台 XXG-3505 型 X 射线定向探伤机，在拟建 2#探伤室内东南侧设置 2 个储源坑用于 γ 射线探伤机不作业时的临时贮存，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 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$。 本项目在现有 1#探伤室的基础上，计划将现有操作室、暗室和评片室等辅助用房及生产车间进行局部改造为 2#探伤室，将现有操作间、暗室及评片室的剩余区域重新改造为操作间和暗室（现有 1#探伤室和本次 2#探伤室共同使用），同时将综合楼内 1F 北侧 1 间闲置用房作为评片室使用。 拟建 2#探伤室和现有 1#探伤室共用 1 间操作间、1 间暗室、1 间评片室与 1 间现有危废暂存间等辅助用房，现有 3 名辐射工作人员，拟新增 1 名辐射工作人员（每 2 名辐射工作人员负责 1 间探伤室内辐射工作），另外增加 2 名放射源管理人员和 1 名辐射安全管理人员，共 7 名辐射工作人员。固定探伤时，每间探伤室内每次仅开启 1 台辐射装置进行探伤作业，不存在 2 台及 2 台以上辐射装置同时运行的工况；2 间探伤室存在同时运行工况。 本次扩建项目实施后，公司最终的辐射活动规模为：建有 2 间探伤室，配置 2 台 ^{192}Ir-γ 射线探伤机（一用一备）、1 台 XXG-3505 型 X 射线定向探伤机和 1 台 XXHz-3005 型 X 射线周向探伤机和 1 台 XXG-2505 型 X 射线定向探伤机，均为固定式探伤，不涉及移动式探伤。 13.1.2 辐射安全和防护 （1）本项目2#探伤室拟采取实体屏蔽，探伤室的门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置、拟设置门-机联锁装置、视频监控系统 and 急停按钮等辐射安全防护措施，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）本项目探伤室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、固定式探伤等环节拟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、 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探伤室安全防护能力分析

经理论预测，本项目2#探伤室投入运行后，各侧屏蔽墙体、防护门及顶棚处周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

②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及周围公众人员的年有效剂量低于本项目剂量约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

③“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 射线探伤机应交于 γ 射线探伤机生产单位进行回收处理。

2#探伤室内储源坑储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离会产生少量的臭氧和氮氧化物，以及固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，均通过 2#探伤室内的机械排风装置排至室外。

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公司已成立的辐射安全生产领导小组和辐射安全管理小组，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。

（3）事故风险与防范

公司应按本报告提出的要求完善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 项目可行性结论

（1）产业政策符合性分析

结合中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，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”，X 射线探伤机的应用属于第一类鼓励类第十四项“核能”第 1 条“科学仪器和工业仪表”，不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

（2）实践正当性分析

本项目实施的目的是为了对自生产的产品进行无损检测，其产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，经辐射屏蔽防护和安全管理后，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的年有效剂量符合剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因而，按照规范正当操作，本项目是符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则的。

（3）相关规划符合性及选址合理性

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《温州市生态环境分区管控动态更新方案》和《瑞安市生态环境分区管控动态更新方案》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。辐射工作场所评价范围 50m 内主要为厂区内生产车间、综合楼、宿舍楼、厂区内道路、温州富我箱包有限公司、温州岳虹塑料机械有限公司和浙江宝隆机械有限公司，不涉及学校和居民区等环境敏感点。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，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

（5）环保可行性结论

综上所述，本项目的建设符合土地利用规划、《温州市生态环境分区管控动态更新

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

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

- 1、公司建立健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行防护措施自觉性，杜绝辐射事故的发生。
- 2、辐射工作人员规范使用个人剂量计和个人剂量报警仪，并形成制度。

13.2.2 承诺

- 1、本项目环评报批后，建设单位承诺及时向有权限的生态环境主管部门重新申领《辐射安全许可证》。
- 2、建设项目竣工后，建设单位承诺按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）、《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）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