

报告编号：WKFHP-24093

核技术利用建设项目
阀毕威阀门有限公司
工业 γ 射线固定式探伤建设项目
环境影响报告表
(报批稿)

建设单位：阀毕威阀门有限公司

编制单位：卫康环保科技（浙江）有限公司

2025 年 06 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

阀毕威阀门有限公司

工业 γ 射线固定式探伤建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：阀毕威阀门有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江丽水市碧湖产业区块碧兴街 815 号

邮政编码：323000

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	7
表 3 非密封放射性物质	7
表 4 射线装置	8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	9
表 6 评价依据	10
表 7 保护目标及评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	19
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	33
表 11 环境影响分析.....	43
表 12 辐射安全管理	62
表 13 结论与建议	71
表 14 审批	75

表 1 项目基本情况

建设项目名称		阀毕威阀门有限公司工业 γ 射线固定式探伤建设项目			
建设单位		阀毕威阀门有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江丽水市碧湖产业区块碧兴街 815 号			
项目建设地点		浙江丽水市碧湖产业区块碧兴街 815 号 3# 厂房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		260	项目环保投资 (万元)	100	投资比例 (环保 投资/总投资) 38.46%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m²) 不新增
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		

1.1 建设单位基本情况

阀毕威阀门有限公司（以下简称“公司”）成立于 2007 年 9 月 21 日，原名浙江阀毕威阀门有限公司，2019 年 11 月更名为阀毕威阀门有限公司，位于浙江丽水市碧湖产业区块碧兴街 815 号，主要从事高中低压阀门、仪器仪表、机械设备等制造。

公司于 2023 年委托浙江宏澄环境工程有限公司编制了《阀毕威阀门有限公司年产 5000 吨流量控制阀水性油漆线改造建设项目环境影响报告表》，该项目于 2023 年 9 月 15 日通过了丽水市生态环境局莲都分局的环评审批，批复文号：丽环建莲〔2023〕34 号，2024 年 5 月 30 日完成自主验收，主体工程非放射性内容环评手续文件见附件 4。

1.2 项目建设目的与任务由来

为提高公司生产水平和保证产品质量，公司拟对自生产的阀门进行无损检测。公司生产的阀门厚约（20~200）mm，且阀门种类较多，普通 X 射线探伤机的射线穿透能力无法满足

检测需求，需引入更高能量的 γ 射线探伤机进行无损检测。 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机适用于（40～200）mm 厚的产品检测， $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机适用于（20～100）mm 厚的产品检测，可与产品无损检测需求匹配。故阀毕威阀门有限公司计划在现有 3#厂房内西侧建设 1 间探伤室（探伤室内设 2 间储源间）及相关辅助用房，探伤室拟配置 1 台 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机和 2 台 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机（交替使用），对生产的阀门进行固定式探伤。每台 γ 射线探伤机内置 1 枚密封源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ ，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ 。危废暂存于探伤室南侧配套的新建危废暂存间。

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》，本项目 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，属于 II 类放射源。对照生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目”。本次评价内容为使用 II 类放射源，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，阀毕威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，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 项目建设内容与规模

经与建设单位核实：本项目建设内容与规模为：

阀毕威阀门有限公司计划在浙江丽水市碧湖产业区块碧兴街 815 号现有厂区 3#厂房内西侧建设 1 间探伤室（内设 2 间储源间）、1 间控制室及相关辅助用房，探伤室拟配置 1 台 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机（内置 1 枚放射源 ^{60}Co ，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）、2 台 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机（交替使用，每台 γ 射线探伤机内置 1 枚放射源 ^{192}Ir ，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ），对生产的阀门进行固定式探伤，公司所有探伤工作均在探伤室内完成，不在探伤室外开展。危废暂存于探伤室南侧新建危废暂存间。

探伤室内北侧拟建设 2 间储源间，其中 1 间用于储存 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机，放置在地上铅罩内；1 间用于储存 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机，储源间内设 2 个储源坑，设计原则为“一源一坑”。

1.4 项目选址及环境保护目标

1.4.1企业地理位置及周围环境关系

阅毕威阀门有限公司位于浙江丽水市碧湖产业区块碧兴街 815 号，地理位置见附图 1。公司厂区东侧为浙江金尊人防设备有限公司，南侧隔碧兴街为碧盛嘉苑小区，西南侧隔河为恒大电气有限公司北区，西侧为河流和浙江博峰铜业有限公司，西北侧为浙江实利电机有限公司，北侧为浙江正达环保设备有限公司和浙江申嘉焊材科技有限公司，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 3。

1.4.2探伤室拟建位置及周围环境关系

本项目探伤室及其辅房位于 3#厂房内西侧，所属建筑为单层约 13m 高建筑，无地下室，生产厂房布置见附图 4。

将探伤室和储源间看成一个整体辐射工作场所，则场所东侧紧邻车间通道，东侧约 6m、25m 分别为原料仓库、成品堆放区和办公区；南侧紧邻胶片存放室和危废暂存间，南侧约 4m 为机加工区；西侧紧邻车间通道，西侧约 6m、38m 处分别为厂区道路和浙江博峰铜业有限公司（已建）；西北侧约 42m 为浙江实利电机有限公司宿舍（已建）；西南侧约 25m 为打磨区与装配区；北侧由西到东依次为控制室、评片室、洗片室，北侧约 6m、29m、40m 依次为毛胚机加工区、厂区道路及浙江正达环保设备有限公司（已建）；正上方隔约 5m 的开放性空间为车间顶部，属于不上人平台；正下方为土层，无地下室。本项目外环境关系详见表 7-1。

1.4.3储源间拟建位置

探伤室内北侧拟建设2间储源间，其中1间用于储存⁶⁰Co-γ射线探伤机，放置在地上铅罩内；1间用于储存¹⁹²Ir-γ射线探伤机，储源间内设2个储源坑，设计原则为“一源一坑”。

1.4.4洗片、评片及危废暂存间位置

本项目评片室和洗片室位于探伤室北侧，建筑面积分别约8.46m²和11.38m²，具体位置见附图5。本项目探伤过程中产生的各类危险废物，收集后临时贮存于探伤室南侧危废暂存间，建筑面积约13.8m²。

1.4.5 周边环境保护目标

本项目环境保护目标主要为探伤室和储源间评价范围 50m 内公司从事放射源管理、γ 射线固定式探伤操作的辐射工作人员及周围公众成员。

1.4.6 相关规划符合性分析

1、用地规划符合性分析

根据建设单位提供的不动产权证（见附件 5），本项目用地性质为工业用地，符合《丽水

市国土空间总体规划（2021-2035 年）》及相关控制性规划的要求。

2、与区域规划及规划环评符合性分析

根据已批复的《阅毕威阀门有限公司年产 5000 吨流量控制阀水性油漆线改造建设项目环境影响报告表》的结论，主体工程符合《丽水市莲都“山海协作工程”工业示范区控制性详细规划》及《丽水市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。

本次辐射项目为主体工程生产线配套的质检服务，非生产型项目，同时利用已建建筑开展作业，用地性质为工业用地且不新增用地。运行过程中污染物种类简单，排放量较小，“三废”污染物皆可控制和处理。因此，本项目亦符合所在区域规划及规划环评的相关要求。

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），“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、永久基本农田保护红线、生态保护红线三条控制线。

根据本项目三区三线（见附图 11），本项目位于城镇开发边界内，在现有厂区内实施建设，用地性质为工业用地，不涉及生态保护红线和永久基本农田，符合莲都区“三区三线”划定方案的要求。

4、《丽水市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

根据《丽水市生态环境分区管控动态更新方案》（丽环发〔2024〕17 号），本项目与《丽水市生态环境分区管控动态更新方案》相关要求符合性分析如下：

（1）生态保护红线

结合本项目三区三线位置图（见附图 11），本项目不在划定的生态保护红线范围内，符合生态保护红线的管控要求。

（2）环境质量底线

①大气环境质量底线

本项目运行过程中会产生少量的臭氧和氮氧化物，通过机械排风系统引至室外，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，不会突破区域大气环境质量底线。

②水环境质量底线

本项目辐射工作人员来自公司非辐射工作人员内部调剂，运行过程中不新增生活污水排放量，不会突破区域水环境质量底线。

③土壤环境风险防控底线目标

本项目运行过程中不会产生污染土壤的污染物，且利用已建建筑作业，主体工程生产车间均已硬化处理，并分区防渗，不会降低区域土壤环境质量。

(3) 资源利用上线

①能源（煤炭）资源利用上线目标

本项目运行过程主要消耗电能等清洁能源，符合能源消耗相关要求。

②水资源利用上线目标

本项目施工期工程量很小，施工人员消耗水量较少；运营期主要为办公人员生活用水，用量很小，不会给区域水资源利用造成影响。

③土地资源利用上线目标

本项目利用已建建筑开展作业，不新增占地，不会对当地的土地利用格局造成影响。

(4) 生态环境准入清单

根据《丽水市生态环境分区管控动态更新方案》（丽环发〔2024〕17号），本项目位于“浙江省丽水市莲都区碧湖城镇生活重点管控区”，单元编码：ZH33110220003，见附图12。

表 1-1 项目与管控单元生态环境准入清单符合性分析

类别	管控要求	本项目情况	是否符合
空间 布局约束	禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目。现有二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定。推进城镇绿廊建设，协同建设区域生态网络和绿道体系，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。推进既有建筑绿色化改造，高质量发展零碳低耗绿色建筑。	本项目主要对产品进行质检，非工业项目。	符合
污染物 排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河排污口，现有的入河排污口应限期拆除，但相关法律法规和标准规定必须单独设置排污口的除外。加快污水处理设施建设与提标改造，加快完善城乡污水管网，加强对现有雨污合流管网的分流改造，深化城镇“污水零直排区”建设。加强	本项目不涉及污染物总量控制，不涉及土壤和地下水污染。项目所属主体工程已设雨污分流系统。	符合

	噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟治理，严格施工扬尘监管，依法严禁秸秆、垃圾等露天焚烧。加强土壤和地下水污染防治与修复。推动能源、工业、建筑、交通、居民生活等重点领域绿色低碳转型。		
环境 风险防控	合理布局工业、商业、住、科教等功能区块，严格控制恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。推进“宁静小区”试点建设，加强噪声源头管理和健康风险防控。	公司拟制定《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。	符合
资源开发 效率要求	面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水。到 2025 年，推进生活节水降损，实施城市供水管网优化改造，城市公共供水管网漏损率控制在 9%以内。	本项目仅为工作人员办公用水，水量较小，不涉及其他能源消耗。	符合

因此，本项目符合《丽水市生态环境分区管控动态更新方案》的建设要求。

1.4.7 选址合理性分析

本项目评价范围 50m 内主要为阀毕威阀门有限公司的生产厂房和厂区道路、浙江博峰铜业有限公司、浙江实利电机有限公司宿舍及浙江正达环保设备有限公司，不涉及居民区、学校、生态保护红线等环境敏感区。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，本项目探伤室的选址合理可行。

1.5 产业政策符合性

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目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”，符合国家产业政策要求。

1.6 实践正当性分析

本项目实施的目的是为了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。从利益代价角度分析，本项目的建设是可行的。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，阀毕威阀门有限公司无《辐射安全许可证》，不存在原有核技术利用项目许可情况。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq） / 活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	⁶⁰ Co	3.70×10 ¹² Bq×1 枚	Ⅱ类	使用	固定式探伤	探伤室	不作业时，临时贮存于 储源间内铅罩内	拟购，本次评价
2	¹⁹² Ir	3.70×10 ¹² Bq×2 枚	Ⅱ类	使用	固定式探伤	探伤室 (2 枚放射源交替使用)	不作业时，临时贮存于 储源间的储源坑内	

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

表 3 非密封放射性物质

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

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	⁶⁰ Co	约 10 年更换一次，废源年产生量为 1 枚/10 年，退役活度为 9.91×10 ¹¹ Bq/枚				临时贮存于储源间内	由放射源生产单位回收处置。
		¹⁹² Ir	约 6 个月更换一次，废源年产生量为 2 枚/年，退役活度为 6.86×10 ¹¹ Bq/枚				临时贮存于储源间的储源坑内	
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				储源间/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	/	/	/	1280kg	/	液态废物采用专用容器收集，固态胶片采用袋装收集，均暂存于危废暂存间内	定期委托有资质的单位处理处置。
废胶片	固态	/	/	/	640kg	/		
洗片废液	液态	/	/	/	3200kg	/		
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	固定式探伤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。

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； (11) 《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； (12) 《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； (13) 《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； (14) 《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； (15) 《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；
------	--

(16) 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； (17) 《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； (18) 《国家危险废物名录（2025年版）》，2024年11月26日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号公布，2025年1月1日起施行； (19) 《关于发布<建设项目危险废物环境影响评价指南>的公告》，原环境保护部公告2017年第43号，2017年10月1日起施行； (20) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部令第23号，2022年1月1日起施行； (21) 《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； (22) 《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； (23) 《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； (24) 《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； (25) 《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； (26) 《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； (27) 浙江省生态环境厅关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2024年本）》的通知，浙环发〔2024〕67号，浙江省生态环境厅，2024年12月31日发布，2025年2月2日起实施； (28) 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； (29) 丽水市生态环境局关于印发《丽水市生态环境分区管控动态更新方案》的通

	知，丽环发〔2024〕17号，2024年7月30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)《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； (6)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，2020年4月1日实施； (7)《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； (8)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)，2021年5月1日实施； (9)《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； (10)《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，2022年11月8日实施。 (11)《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)，生态环境部，2022年7月1日实施。
其他	(1) 环评委托书； (2) 企业提供的与工程建设有关其他设计资料等。

表 7 保护目标及评价标准

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）”，结合本项目的实际情况，确定本项目评价范围为探伤室和储源间实体屏蔽外50m的区域，评价范围示意图见附图2。

7.2 保护目标

本项目的的主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、辐射工作场所布局、厂区总平面布置及外环境特征，本项目环境保护目标为评价范围 50m 内活动的职业人员和公众成员，其中职业人员指放射源管理人员和探伤操作人员，具体分布情况见表 7-1。

表 7-1 评价范围 50m 内环保保护目标分布表

场所名称	环境保护目标名称		方位	与探伤室的最近距离/m	人数
探伤室和 储源间	职业 人员	探伤室内	/	0	6 人
		控制室、评片室、洗片室	北	紧邻	
	公众	车间通道	东	紧邻	约 10 人/d
		原料仓库、成品堆放区		6	约 10 人
		办公区		25	1 人
		胶片存放室、危废暂存间	南	紧邻	2 人
		机加工区		4	约 3 人
		打磨区与装配区	西南	25	约 5 人
		车间通道	西	紧邻	约 10 人/d
		厂区道路		6	约 20 人/d
		浙江博峰铜业有限公司		38	约 10 人
		浙江实利电机有限公司宿舍	西北	42	约 50 人
		毛胚机加工区	北	6	约 3 人
		厂区道路		29	约 20 人/d
		浙江正达环保设备有限公司		40	约 20 人

注：本项目探伤室和储源间上方隔 5m 的开放性空间为车间顶部，属于不上人平台；下方均为土层，无地下室，故上下两侧均无环境保护目标。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

二、剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 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”，本次评价取相应剂量限值的 25%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 0.25mSv/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。

5.2 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。

5.2.3.2 移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源，应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确存储安全。

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 μ 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

5.2.4.1 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

6.1.5 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。

7.3.3 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）

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

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

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

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

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

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

6.1.6 贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

7.3.4 《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）

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

本项目储源间参照执行此标准。

7.3.5 《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）

表1工作场所空气中化学有害因素职业接触限值中规定 O_3 最高容许浓度为 0.3mg/m^3 。
 NO_x 时间加权平均容许浓度为 5mg/m^3 。

7.3.6 管理目标

（1）个人剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防

护标准》（GBZ 117-2022），确定本项目职业人员个人剂量约束值为5mSv/a，公众成员个人剂量约束值为0.25mSv/a。

（2）探伤室周围剂量当量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《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），本项目各辐射工作场所的辐射剂量率控制值如表7-2所示。

表 7-2 本项目辐射工作场所的辐射剂量率控制值

工作场所	关注点	辐射剂量率控制值 ($\mu\text{Sv/h}$)
探伤室工作场所	探伤室四周墙外、防护门外 30cm 处	≤ 2.5 ①
	探伤室顶棚 30cm 处	≤ 100 ②
储源间	储源间的四周墙外、防护门和顶棚外 30cm 处	≤ 2.5 ③
储源坑	储源坑盖板外 50cm 处	≤ 20 ④

注：①根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.3 条款，探伤室墙体和防护门外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.4 条款，本项目探伤室上方无已建、拟建建筑物，探伤室旁邻近建筑物不在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

③根据《工业探伤放射防护标准》（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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平，本项目放射源暂存库的四侧墙体、防护门和顶棚外 30cm 处周围剂量当量率控制限值均为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

④根据《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 $20\mu\text{Sv/h}$ 。

（3）工作场所中臭氧和氮氧化物控制水平

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》（GBZ 2.1-2019）及第1号修改单的表1工作场所空气中化学有害因素职业接触限值，本项目辐射工作场所空气中 O_3 最高容许浓度为 0.3mg/m^3 ， NO_x 时间加权平均容许浓度为 5mg/m^3 。探伤室每小时有效通风换气次数不小于3次。

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 企业地理位置及周围环境关系

阅毕威阀门有限公司位于浙江丽水市碧湖产业区块碧兴街 815 号，地理位置见附图 1。公司厂区南侧隔碧兴街为碧盛嘉苑小区，西南侧隔河为恒大电气有限公司北区，西侧为河流和浙江博峰铜业有限公司，西北侧为浙江实利电机有限公司，北侧为浙江正达环保设备有限公司和浙江申嘉焊材科技有限公司，东侧为浙江金尊人防设备有限公司，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 3。

8.1.2 探伤室拟建位置及周围环境关系

本项目探伤室位于 3#厂房内西侧，将探伤室和储源间看成一个整体辐射工作场所，则场所东侧紧邻车间通道，东侧约 6m、25m 分别为原料仓库、成品堆放区和办公区；南侧紧邻胶片存放室和危废暂存间，南侧约 4m 为机加工区；西侧紧邻车间通道，西侧约 6m、38m 处分别为厂区道路和浙江博峰铜业有限公司（已建）；西北侧约 42m 为浙江实利电机有限公司宿舍（已建）；西南侧约 25m 为打磨区与装配区；北侧由西到东依次为控制室、评片室、洗片室，北侧约 6m、29m、40m 依次为毛胚机加工区、厂区道路及浙江正达环保设备有限公司（已建）；正上方隔约 5m 的开放性空间为车间顶部，属于不上人平台；正下方为土层，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，评价对象为探伤室拟建址及周围环境。

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

结合本项目环境保护目标分布、评价范围和工程现状情况，本次共布设 11 个检测点位，检测点位示意图见附图 13。

(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11月26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13℃，室外温度：13℃；相对湿度：67%；
 - ⑧检测仪器：X、γ辐射周围剂量当量率仪；
- 检测仪器相关的参数见表 8-1。

表 8-1 X、γ 辐射周围剂量当量率仪的参数与规范

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	2024HI21-20-5106288001
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 本项目拟建场所及周围环境辐射本底监测结果

位点编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		位置
		平均值	标准差	
1#	本项目探伤室拟建址	113	2	室内
2#	毛胚机加工区	114	2	
3#	成品堆放区	110	3	
4#	原料仓库	114	2	
5#	办公区	113	1	
6#	机加工区	114	2	
7#	装配区	116	3	
8#	厂区道路（探伤室西侧）	142	2	室外
9#	浙江博峰铜业有限公司	117	4	室内
10#	浙江实利电机有限公司宿舍楼	99	3	
11#	浙江正达环保设备有限公司	117	4	

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，8# 点位取 1，10#取 0.8，其余点位取 0.9。

由表 8-2 监测结果可知，本项目拟建场所各监测点位室内 γ 辐射空气吸收剂量率在 99nGy/h~117nGy/h 之间，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为 142nGy/h。根据《浙江省环境天然放射性水平调查总结报告》，丽水市室内 γ 辐射剂量率范围为 76nGy/h~205nGy/h，道路上 γ 辐射剂量率范围为 68nGy/h~175nGy/h。因此，本项目辐射场所拟建址的 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探伤室及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图 9-1。 <pre>graph TD; subgraph Box1 []; TS[土建施工] --> ZZ[装修装饰]; end; Box1 -.-> P1[施工扬尘、施工废水、施工人员生活废水、施工噪声、建筑垃圾及生活垃圾]; ZZ --> EAT[设备安装调试]; EAT -.-> P2[β射线、γ射线、臭氧和氮氧化物、废包装材料];</pre> 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。设备安装调试阶段主要污染因子为β射线、γ射线、臭氧和氮氧化物及包装废弃物。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 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。

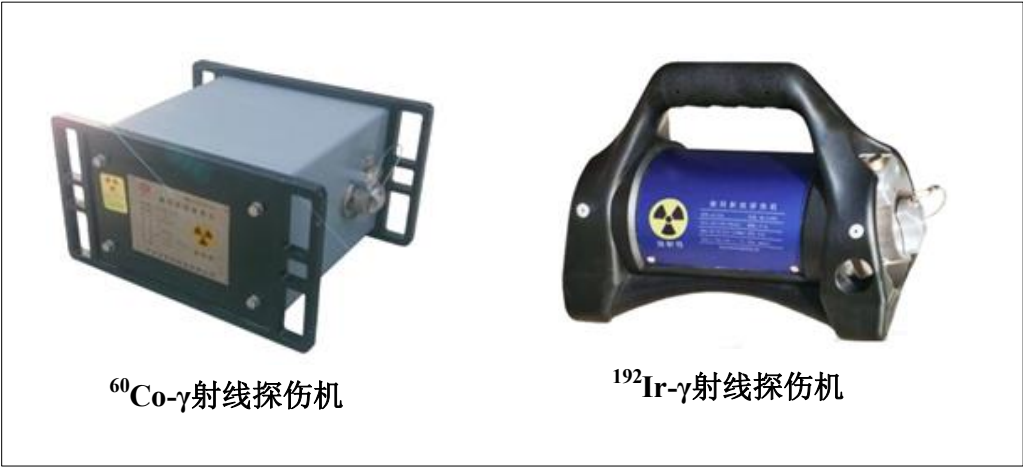


图 9-2 典型 γ 射线探伤机外观图

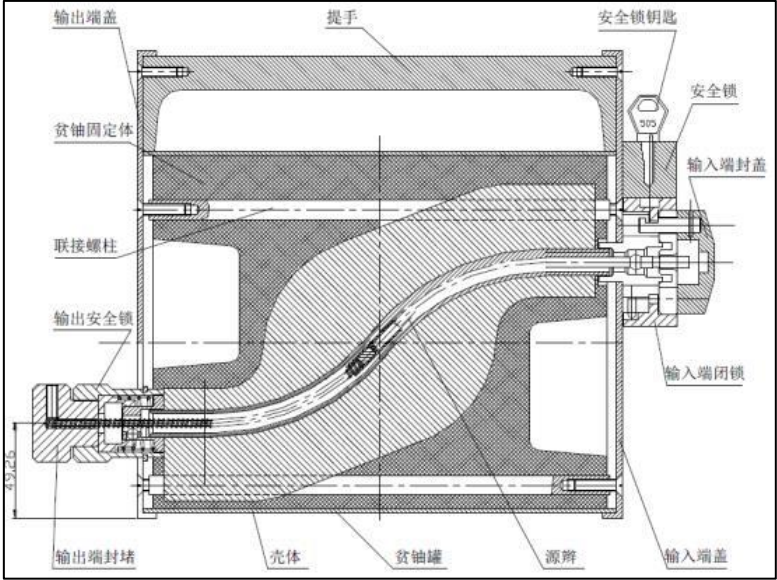


图 9-3 典型 γ 射线探伤机内部结构示意图

9.2.2 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	^{60}Co - γ 射线探伤机	^{192}Ir - γ 射线探伤机
探伤机类别	移动式 (M)	便携式 (P)
核素名称	^{60}Co	^{192}Ir
核素形态	固态密封源	固态密封源
额定装源活度	$3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci)	$3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci)
距源容器表面 5cm 处的最大周围剂量当量率	1mSv/h	0.5mSv/h
距源容器表面 100cm 处的最大周围剂量当量率	0.05mSv/h	0.02mSv/h
透照厚度 (A3 钢)	40~200mm	20~100mm
机体外形尺寸	360mm×360mm×300mm	320mm×185mm×245mm

9.2.3 工作原理

γ 射线探伤机在工作过程中，通过密封源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ 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的。

9.2.4 γ 射线固定式探伤工艺流程及产污环节

辐射工作人员开展探伤作业时，通过推车将需要进行探伤的工件送入探伤室内。当对工件进行探伤操作前，操作人员必须关闭探伤室大门，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。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或储源间内取出并交于操作人员，操作人员不进入储源间。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。工作人员清场退出探伤室，关闭探伤室所有防护门。人员在控制室内，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探伤室，收取工件上的贴片。经洗片、评片，给出无损检测结果。每天多次探伤工作全部结束后再将含源 γ 射线探伤机交由放射源保管人员放回储源间/储源坑。

探伤作业时，源库管理人员到储源间领取含源的 γ 射线探伤机，从储源间或源坑取出时应进行放射性水平测量，确认放射源在源容器内，同时记录检测值，领用时必须填写《放射源出入库登记表》。每日探伤作业完成后，再将含源的 γ 射线探伤机存放于储源间或储源坑；存放前放再对含源的 γ 射线探伤机进行放射性水平测量，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》，详细记录归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。同时，储源间和储源坑实行双人双锁制度，并由2名辐射工作人员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。

出现卡源故障时，可在控制室内通过摇柄手动送源/回源方式驱动放射源回到贮源位，并再次确认放射源回到贮源位。若手动仍不能回源的，应及时通知放射源生产单位到现场处理。

主要涉源步骤、操作位置及操作时间如下：

①放射源存取：

本项目一天两班制工作，每班 2 人。辐射工作人员合理安排探伤作业，探伤室内仅同时使用 1 台探伤机进行作业，探伤室每日每种放射源存/取最多 1 次。根据存/取一次放射源所需的工序，主要为从储源间或储源坑内存取放射源和近距离移动 γ 射线探伤机，保守取辐射工作人员存/取一次 ^{192}Ir γ 射线探伤机时处于离探伤机 5cm 处和离探伤机 100cm 处的时间分别为 0.5min 和 1min；存/取一次 ^{60}Co γ 射线探伤机时处于离探伤机 5cm 处和离探伤机 100cm 处的时间分别为 0.5min 和 0.5min。

②探伤前准备工作：不开机状态下，每班辐射工作人员在探伤室内日工作时间为 2h，其中每日近距离移动 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，保守取辐射工作人员处于离 γ 射线探伤机 100cm 处。其他操作包括布置底片和摆放工件等，每日每班所需时间约 115min。

③探伤操作：开机状态下，辐射工作人员主要在控制室内操作位处进行设备操作，每班年拍片量 32000 张，每次曝光 1min，年工作 300 天，则探伤室每日每班实际曝光时间为 1.8h。

γ 射线固定式探伤流程及产污环节见图 9-4。

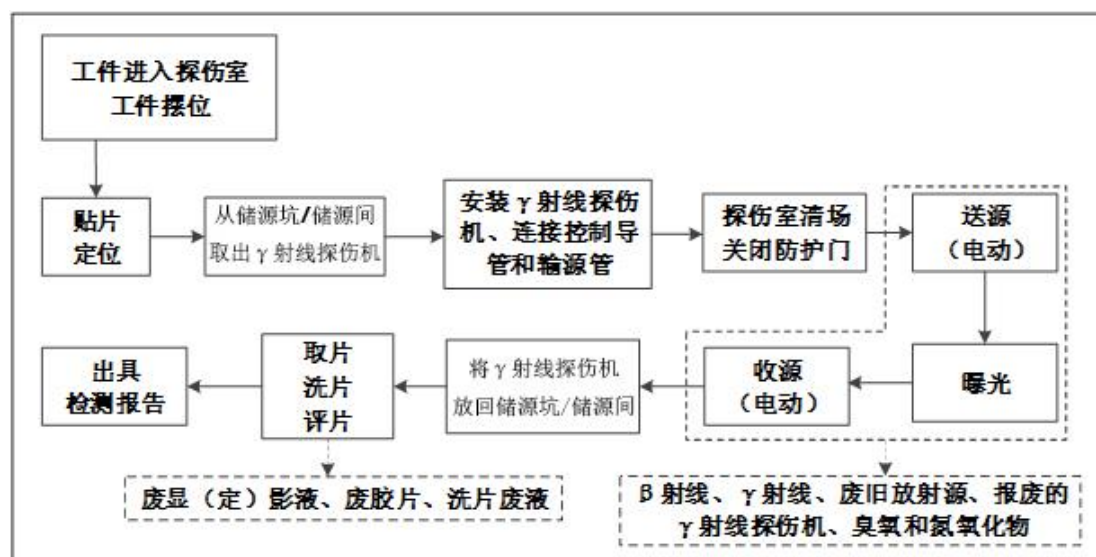


图 9-4 γ 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

后续胶片冲洗在洗片室内完成，采用人工洗片方式，主要流程：

先把胶片放到显影槽内使用显影液浸泡 3-5min，然后放入停影槽内使用清水浸泡约 3-5min，接着放入定影槽内使用定影液里浸泡 10-15min，再进入冲洗槽采用清水冲洗约 20-

30min，最后自然晾干后保存。停影槽和冲洗槽的水自然循环使用，定期更换产生的洗片废液作为危险废物收集后处理处置。

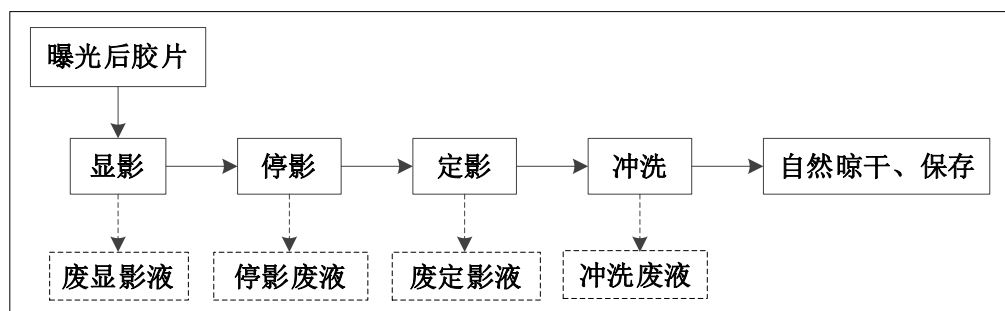


图 9-5 洗片室洗片流程及产污环节示意图

9.2.5 换源流程

经与建设单位核实，阀毕威阀门有限公司厂区内不涉及换源工作。当使用的放射源活度下降至不能满足无损检测需求时，需要更换放射源，换源流程如下：

（1）放射源使用单位（阀毕威阀门有限公司）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（阀毕威阀门有限公司）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 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（阀毕威阀门有限公司），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”，阀毕威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，阀毕威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”与“废旧放射源返回协议”，见附件 6 和附件 7。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和废源返回方案合理可行。

9.2.6 探伤工况、探伤工件及作业方式

（1）探伤工况

正常情况下，探伤室每次探伤仅开启一台探伤装置，不存在 2 台及 2 台以上探伤装置同时开机运行的工况。根据建设单位提供的资料，本项目探伤室计划实行每日 2 班制，每班 2 人，每班工作 8h，每班拍片量约 32000 张/年，单片曝光时间按 1min 计，年工作 300 天，则每班日曝光时间为 1.8h，年曝光时间为 540h，全年按 50 周计，则周曝光时间为 10.8h，该环节辐射工作人员主要在控制室内负责设备操作；每班日不曝光时间为 6.2h，其中辐射工作人员在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；在探伤室外工作时间为 4.2h，主要为调整工件、画标记、洗片室洗片及资料整理等。本项目年拍片量总量约 64000 张。

γ 射线探伤机的单片曝光时间按 1min 计，探伤室每班拍片量为 32000（张/年）/300（d/年） $\approx$ 107 张/班/d，则相应的日曝光时间为 1.8h/班，则推导出本项目的拍片量与计划曝光时间匹配。

（2）探伤工件

探伤工件主要为公司自生产的阀门，材质均为钢，检测方式为抽检。探伤室检测的工件最大直径 1.5m、最大长度 2.0m。根据探伤工件厚度的差异性选择合适的探伤装置，其中 ^{60}Co - γ 射线探伤机主要用于厚度为（40~200）mm 的产品无损检测； ^{192}Ir - γ 射线探伤机主要用于厚度为（20~100）mm 的产品无损检测。

（3）作业方式

$^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ - γ 射线探伤机有用线束朝向探伤室的任一侧。当 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ - γ 射线探伤机不作业时，均暂存于储源间内，实行双人双锁制度，并专人负责保管。经与建设单位核实，本项目各探伤装置在探伤室内的作业范围见

表 9-2。

表 9-2 探伤装置距离探伤室内墙的最近距离

场所名称	设备名称	探伤机靶点与各屏蔽内墙最近距离（m）				
		东墙	南墙	西墙	北墙	顶棚
探伤室	$^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机	1.5	1.5	2.6	1.1（迷道内墙）	6.0

注： $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机靶点距离地面最大距离约 1.0m。

9.2.7 人员配置与岗位内容

本项目计划配置7名辐射工作人员，均由公司内部非放射性工作人员调岗过来，不兼任其他放射性工作，其中1名专职负责辐射安全管理；2名负责放射源的管理，4名负责探伤机的操作，共同负责承担探伤室内所有探伤装置的固定式探伤（单次探伤仅限1台探伤装置），实行两班制（每班8小时，每班2人），年工作300天。

上述人员配置计划符合《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）中“ γ 射线探伤装置的单位，至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作；明确2名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作；探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场”，合理可行。

9.3 污染源项描述

9.3.1 放射性污染源项

（1） β 、 γ 射线

根据《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）表 1.11 及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 表 A.1，相关放射性核素的主要辐射特性见表 9-3。

表 9-3 放射性核素的主要辐射特性

核素	半衰期	衰变方式 (分支比, 100%)	射线 类型	辐射能量 (MeV)	辐射 能量强度*	周围剂量当量率常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)
^{60}Co	5.26a	β^- (100)	β^-	0.315	99.74%	0.35
			γ	1.732 1.332	100% 100%	
^{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 0.308 0.316 0.468	34.6 35.77 82.9%, 100 58.0	

注：*该数值为辐射的相对强度，带%号的表示绝对强度。

根据放射性核素的主要辐射特性可知，本项目 γ 射线探伤机内含的放射源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ 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度的低原子序数的非放射性材料，以减弱和吸收贫化铀发射的 β 辐射；其源通道也应包覆足够厚度的非放射性材料。因此， β 射线对周围环境的辐射影响甚微，可忽略不计，而 γ 射线具有较强的贯穿能力，则本项目污染因子主要是 γ 射线。放射源贮存过程中有小部分穿过储源坑屏蔽体（主要为坑盖）/储源间屏蔽体（主要为四侧及顶棚墙体）泄漏到工作场所及周围环境中，放射源使用过程中对探伤室周围的工作人员和公众成员产生 γ 射线外照射。

（2）废旧放射源

放射源使用到一定时间后，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 ^{60}Co 计划约 10 年更换一次， ^{192}Ir 计划约 6 个月更换一次，则本项目废旧放射源 ^{60}Co 年产生量为 1 枚/10 年，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）， ^{60}Co 的半衰期为 5.26a、 ^{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：

$$\text{废旧放射源 } ^{60}\text{Co}: 3.70 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(10/5.26)} = 9.91 \times 10^{11} \text{Bq} \text{ (26.8Ci)}$$

$$\text{废旧放射源 } ^{192}\text{Ir}: 3.70 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(180/74.02)} = 6.86 \times 10^{11} \text{Bq} \text{ (18.5Ci)}$$

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 7。

（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

本项目辐射工作人员均由公司内部非放射性工作人员调岗过来，不新增生活污水产生量，生活污水依托厂区主体工程配套的化粪池预处理满足《污水综合排放标准》（GB

8978-1996)中三级标准(其中NH₃-N、TP纳管标准执行《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》(DB 33/887-2013)中标准限值;TN 执行《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)表 1 中 B 级标准)后纳入市政污水管网,送至碧湖镇城镇污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准(其中 COD、NH₃-N、TN、TP 指标执行《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB33/2169-2018)中表 1 限值)后外排。项目不新增生活垃圾产生量,生活垃圾依托厂区主体工程拟设置的垃圾收集桶,集中收集后交由当地环卫部门统一清运。优选低噪声风机,噪声源强控制在70dB(A)以下,在隔声减震和距离衰减的基础上,厂界噪声排放满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)中 3 类标准。上述非放射性污染源项已在主体工程《阀毕威阀门有限公司年产 5000 吨流量控制阀水性油漆线改造建设项目环境影响报告表》中详细评价,本次评价仅定性分析。

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。

(1) 臭氧和氮氧化物

本项目固定式探伤和放射源临时暂存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。项目探伤年拍片总量为64000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)影液年产生量约1280L(密度保守按1g/cm³,折合重量约1.28t),废胶片年产生量约640张(废片率按1%计,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6.4kg),完好的胶片直接进行存档。按照《承压设备无损检测 第1部分:通用要求》(NB/T 47013.1-2015)第7.3.3条款要求进行无损检测记录的保存,存档期限不低于7年。因此,本项目需要存档的胶片量为63360张,存档期满后作为危险废物委托有资质的单位处理。基于本项目运行的第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64000(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640kg),该部分危险废物定期委托有资质的单位处理。

本项目洗片室洗片过程中会产生洗片废液，按洗 1000 张片产生 50L 洗片废液，经估算本项目洗片废液年产生量约 3200kg。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 9-4。

表 9-4 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(t/a)	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16	900-019-16	1.28	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	收集危废暂存间，定期委托有资质单位处理处置。
2	废胶片	HW16	900-019-16	0.64	评片	固态	废胶片	废胶片	每次固定式、存档期满	T	
3	洗片废液	HW16	900-019-16	3.2	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) 本项目探伤工作场所由 1 间探伤室、2 间储源间、1 间危废暂存间、控制室及相关辅房组成。探伤室的西侧拟设 1 扇混凝土工件门（电动开启），便于工件进出。探伤室与控制室之间拟设迷道和 1 扇工作人员进出铅防护门（电动开启），便于辐射工作人员进出探伤室，并通过迷道多次散射降低工作人员受照剂量。经理论预测，工作人员进门口处辐射剂量率满足相关标准限值要求，迷道设计合理。探伤室内设 2 个储源间，其中一个为 ^{60}Co 射线探伤机储源间，一间为 $^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机储源间，拟设 2 个储源坑，分别用于 ^{60}Co 和 $^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机不作业时的临时贮存。曝光后的胶片分别在洗片室和评片室内完成洗片和评片工作，完好的胶片直接存档。探伤过程产生的各类危废集中收集后暂存于探伤室南侧危废暂存间。探伤工作场所平面布局与剖面布局见附图 5 和附图 6。

(2) 探伤室净尺寸为 10.6m（长） $\times$ 5.6m（宽） $\times$ 7.0m（高），工件门的门洞尺寸为 3.5m（宽） $\times$ 4.0m（高），待检工件最大直径 1.5m、最大长度 2.0m。工件输送方式均为推车运送，设计尺寸为 1.2m（宽） $\times$ 0.5m（高）。辐射工作人员开展探伤作业时，通过推车将需要进行探伤的工件送入探伤室内。工件门采用下沉式和地面采用搭接屏蔽射线。探伤室内部拟设 5.5m 高的行车负责工件吊装，故探伤室的设计高度可以满足工作要求。

(3) $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机的探伤过程应使用准直器，有用线束应避开朝向控制室一侧。本项目探伤室设置有迷道，可进一步减低 γ 射线束对控制室的影响。

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。探伤室的尺寸设计已预留宽裕的作业空间，满足最大工件位于探伤室内关门探伤的要求。探伤室的设置已充分注意周围的辐射安全，控制室已避开有用线束照射的方向并与探伤室分开，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，拟将探伤室、储源间的实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，在探伤室防护门外 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；控制室、评片室、洗片室、胶片存放室、危废暂存间及车间通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 5。

10.1.3 辐射屏蔽防护设计

根据建设单位提供的资料，本项目探伤室的辐射屏蔽防护设计方案见表 10-1 和 10-2。

表 10-1 探伤室屏蔽防护设计方案

探 伤 室	外尺寸	面积为 65.7m ² ，13.0m（长）×8.0m（宽）×8.0m（高） （不包含迷道、储源间）
	内尺寸	面积为 59.4m ² ，10.6m（长）×5.6m（宽）×7.0m（高） （不包含迷道、储源间）
	东、南、西墙	1200mm 混凝土
	北墙	迷道“L”型，长 6700mm，宽 800mm，内高 2200mm，迷道内墙为 1200mm 混凝土，迷道外墙为 1200mm 混凝土；储源间外墙 1200mm。
	顶棚	1000mm 混凝土
	地坪	150mm 混凝土（防止地面下沉而做的平板基础）
	工件门	电动推拉门，门洞尺寸为 3.5m（宽）×4.0m（高）；门体尺寸为 5.1m（宽）×5.0m（高），采用 1200mm 混凝土，门与墙体左、右、上、下搭接分别为 800mm、800mm、700mm、300mm（按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。
	工作人员进出门	电动推拉门，门洞尺寸为 0.9m（宽）×2.2m（高）；门体尺寸为 1.3m（宽）×2.5m（高），采用 15mm 铅板，门与墙体左、右、上、下搭接分别为 200mm、200mm、200mm、100mm（按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。
	排风管道	探伤室内拟设 1 套机械排风系统，风机设计风量为 1500m ³ /h，排风管道预留 1 根，管径 300mm，埋深 400mm，以“U”型地埋管道穿越探伤室的东墙，连至探伤室外，排风口高出室外地面 3.5m。
	控制导管	预留 1 根，管径 100mm，埋深 400mm，以“U”型地埋管道穿越探伤室的北墙（迷道内外墙），连接至控制室的控制台。
	强弱电电缆	预留 1 根，管径 175mm，埋深 400mm，以“U”型地埋管道穿越探伤室的北墙（迷道内外墙），连接至控制室的控制台。
	预留管道	预留 1 根，管径 100mm，埋深 400mm，以“U”型地埋管道穿越探伤室的北墙（迷道内外墙），连接至控制室的控制台。
注：表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm ³ ，铅的密度不小于 11.3g/cm ³ 。		

表 10-2 储源间屏蔽防护设计方案

储源间	探伤机种类	⁶⁰ Co 射线探伤机	¹⁹² Ir 射线探伤机
	内尺寸	面积为 1.87m ² , 1.7m（长）×1.1m（宽）×2.2m（高）	面积为 1.85m ² , 1.7m（长）×1.09m（宽）×2.2m（高）
	东	200mm 混凝土（储源间共用墙体）	1200mm 混凝土（与探伤室共用墙体）
	南	300mm 混凝土	300mm 混凝土
	西	1200mm 混凝土（与探伤室共用墙体）	200mm 混凝土（储源间共用墙体）
	北	1200mm 混凝土（与探伤室共用墙体）	1200mm 混凝土（与探伤室共用墙体）
	顶棚	1000mm 混凝土	1000mm 混凝土
	地坪	150mm 混凝土（防止地面下沉而做的平板基础）	150mm 混凝土（防止地面下沉而做的平板基础）
	防护门	手动平开门，门洞尺寸为 0.9m（宽）×2.0m（高）；门体尺寸为 1.0m（宽）×2.1m（高），采用 20mm 铅板，门与墙体搭接均为 50mm（按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。	手动平开门，门洞尺寸为 0.9m（宽）×2.0m（高）；门体尺寸为 1.0m（宽）×2.1m（高），采用 5mm 铅板，门与墙体搭接均为 50mm（按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。
	储源坑	不设储源坑， ⁶⁰ Co-γ 射线探伤机加装 10mm 铅防护罩。	2 个，位于储源间，设计原则为“一源一坑”，用于存放 2 台 ¹⁹² Ir-γ 射线探伤机，采用下沉式设计。单坑净尺寸为 450mm（长）×450mm（宽）×470mm（深），坑四壁与底部均为混凝土层，坑盖尺寸为 550mm（长）×550mm（宽），采用 10mm 铅板，坑盖与四周搭接均为 50mm。
排风管道	2 间储源间内拟共用 1 套机械排风系统，风机设计风量为 40m ³ /h。排风管道预留 1 根，管径 100mm，埋深 400mm，以“U”型地埋管道穿越储源间东墙、洗片室的东墙，连至储源间外，排风口高出室外地面 3.5m。		
注：表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm ³ ，铅的密度不小于 11.3g/cm ³ 。			

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

10.1.4.1 γ 射线探伤机固有安全属性

本项目 γ 射线探伤机类别为便携式 (P) 和移动式 (M), 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。

10.1.4.2 工作前检查项目和设备维护

表 10-3 本项目 γ 射线探伤机工作前检查与设备维护内容

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 GBZ 117-2022 中 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 γ 射线探伤机中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修 γ 射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。 b) 应经常对 γ 射线探伤机的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。

10.4.1.3 探伤工作场所辐射安全和防护及环保措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《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）及《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）等标准与文件要求，并结合项目实际情况，本项目探伤室投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施：

1、探伤室

（1）探伤室的工件门和工作人员进出门均拟设置门-机连锁装置，防护门与所有探伤装置连锁，确保在防护门关闭后才能进行探伤作业。门-机连锁装置的设置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，能立刻停止出束或回源。控制台上拟设置与探伤室防护门连锁的接口， $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ - γ 射线探伤机各设置专用接口，可以实现不同时连锁功能。

（2）探伤室的防护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，并与所有探伤装置连锁。“预备”信号可以持续足够长的时间，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) 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，并与值班室联网。本项目拟设 5 个监控探头，其中探伤室内部设 2 个探头，呈对角设置，保证监控无死角，且覆盖到储源间防护门处；迷道内设 1 个探头；工件门外设 1 个监控探头；工作人员进出门外设 1 个探头。在控制室的控制台处均拟设专用的监视器，可监控探伤室内人员活动情况和探伤装置的运行情况。

(4) 探伤室的工件门、工作人员进出门和储源间防护门、储源间内坑盖均拟设置符合 GB 18871-2002 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

(5) 探伤室内的四侧墙面、迷道内、控制室的控制台等处均拟设 1 个紧急停机按钮，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) 探伤室、储源间内各拟设 1 套机械通风装置，风机设计风量分别为 $1500\text{m}^3/\text{h}$ 和 $40\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数不小于 3 次，排风管道外口已避免朝向人员活动密集区。

(7) 探伤室内拟安装 1 套固定式辐射剂量监测系统，在探伤室内设置固定式辐射剂量监测仪探头，该监测系统能够显示探伤室内实时辐射剂量率，并有报警功能，其显示单元设置在控制室，并与门连锁。

(8) 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) 探伤室的工件门和工作人员进出门均采用电动门，采用双电机进行驱动。门口拟设防夹装置，当门口有人员或者物品靠近时，防护门无法关闭。工件门和工作人员进出门的内侧分别拟设 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，通过工作人员进出门外侧墙上的电动操控按钮从室外打开工作人员进出门。在断电情况下，本项目拟通过打开工作人员进出门的方式保证内部人员进出，工作人员进出门电机拟安装在铅门上方，可采用手动摇手柄进行打开防护门。

(10) 探伤室内储源间拟设 1 套红外线防盗报警装置，并与当地公安“110”联网。

(11) 探伤室结构上防火，就近处拟设 2 台干粉灭火器，作为应急物资备用。

(12) 探伤室的工件门外 1m 处拟划定黄色警戒线，同时在探伤室东侧和西侧墙体外设置电离警示标识或 1m 警戒线，探伤作业期间告诫无关人员不得靠近。

(13) 各项辐射安全管理制度上墙张贴于辐射工作现场处。

辐射安全设施布置方案见附图 10。

2、放射源的管理

(1) 储源间及储源坑应认真做好防水、防火、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”工作。

(2) 储源间的防护门、储源坑的坑盖均拟设有双锁扣，日常保持锁紧状态，实行双人双锁制度。

(3) 储源间及储源坑内严禁存放爆炸物品和腐蚀性物品。

(4) 公司拟指定 2 名辐射工作人员负责放射源的保管工作。

(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。

(6) 更换放射源时，阀毕威阀门有限公司向浙江省生态环境主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。

(7) 放射源换源工作必须由放射源生产单位进行，阀毕威阀门有限公司不得擅自在其厂区内开展换源工作。

(8) 对拟退役或不用的放射源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ ，公司按照事先达成的废源返回协议，委托有资质的单位运输，返回放射源生产单位，并有详细的交接记录，档案长期保存。目前公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订放射源转让及废旧放射源返回协议。

(9) 放射源的购买及报废手续应遵照相应审批部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

(10) 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。公司应加强储源坑及探伤室等的安保措施，具体如下：

①探伤室的工件门和工作人员进出门分别采用混凝土和铅防护门，具有防盗功能，通过门控系统方能打开。

②依托厂区现有的保卫值班室，同时 24 小时有专人值守。

③探伤室内视频监控系统拟与值班室联网。

④值守人员应认真履行岗位职责，对进出探伤室的人员进行检查，制止非法侵入；严格执行交接班制度，并有记录。

⑤加强夜间和节假日巡逻，做好防盗和防破坏措施。

⑥设置治安保卫机构或者配备专人，对治安防范措施开展日常检查，及时发现、整改治安隐患，并保存检查、整改记录。

(11) 加强储源间及储源坑的日常管理工作，建立放射源出入库制度。本项目为两班制，每班交接班做好探伤机的移交工作，探伤室每日存取放射源各 1 次，及时做好放射源使用登记制度，并做好次日的工作交接程序。在此基础上，放射源的辐射风险可控。

3、探伤操作的放射防护

(1) 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护措施。

(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探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

(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。

4、辐射安全管理

(1) 公司拟建立放射源的管理档案和台账记录，贮存、领取、使用、归还探伤装置时应及时进行登记、检查，做到账物相符，并要求专人负责保管。

(2) 公司拟制定固定式探伤相关管理制度，禁止将 γ 射线探伤机移出探伤室外开展移动探伤作业。

(3) 严格控制探伤室的运行工况，每次探伤工作仅限 1 台探伤装置开机运行。

(4) 探伤室评价范围涉及公司生产车间，尤其是临近车间的非辐射工作人员，需要加

强协调和管理，确保辐射安全措施得到有效落实。

(5) 探伤室辐射安全防护采用多重防护措施，内置无死角监控，显示屏安装控制台，可以实时监控探伤室内部情况。安装固定式辐射剂量监测系统，显示屏安装控制台上方，实时检测辐射情况，保证人员在安全情况下进行操作。操作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，进出探伤室时报警仪报警马上退出探伤室。探伤室内部四周和控制台安装应急按钮，探伤工作前后可采用便携式 X- γ 剂量率仪进行探伤室内外辐射剂量检测，做好辐射剂量记录，保证没有辐射剂量泄漏时关闭防护门。以上均为最大化保证和预防操作人员安全，保证和预防辐射泄漏事件发生。

5、辐射监测仪器与防护用品配置

根据相关标准要求，本项目辐射监测仪器与防护用品配置计划见表 10-4。

表 10-4 本项目辐射监测仪器与防护用品配置情况

名称	本项目拟配数量
个人剂量计	6 枚
个人剂量报警仪	6 台
便携式 X- γ 剂量率仪	1 台
固定式辐射剂量监测仪	1 台
准直器	2 个
铅衣、铅帽、铅围脖、铅手套、铅眼镜	各 1 套

上述用于放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定/校准，并取得相应证书，并在其有效时间内使用。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

6、探伤设施的退役

(1) 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。

(2) 当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序，包括以下内容：

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 GBZ 117-2022 标准第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

②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。

③清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

④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、危险废物环境管理措施

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

（1）危废的临时贮存

本项目危废暂存于探伤室南侧危废暂存间内。该危废暂存间建筑面积约 13.8m²，有效贮存容积约 9t。本项目危废产生量约 5.12t/a，则该危废暂存间满足本项目的贮存需求。本项目危废暂存间的装修应满足“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”的要求，地面硬化拟防渗处理，拟采用防盗门窗，拟设置危废标识，墙体内侧四周拟设围堰。

危废暂存间的日常管理要求：①专人管理，其他人员未经允许不得入内。②危险废物贮存前做好统一包装（液体桶装、固体袋装），防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危废包装容器粘贴符合规定的标签，注明危险废物名称、来源、数量、主要成分和性质。③危险废物将分类分区贮存，不同类危险废物间有明显间隔，严禁将不相容、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，管理人员做好危险废物情况的记录，记录上注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后继续保留十年。

根据《浙江省固体废物污染环境防治条例》第 52 条规定“危险废物产生单位贮存危险废物，应当采取符合国家和省环境保护标准的防护措施，贮存期限不得超过一年；确需延长的，应当在期满前三十日内通过省固体废物治理系统变更危险废物管理计划，说明延长的期限和理由。延长期限不得超过一年”，结合本项目危废的产生情况及危废暂存间的可依托空间，本报告建议建设单位每年转移一次本项目产生的危废。

（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

阅毕威阀门有限公司已与丽水市民康废物处置有限公司签订了危废委托处置合同。丽水市民康废物处置有限公司具备有效的《危险废物经营许可证》（经营许可证号码：331103000031，有效期至2026年05月17日），核准经营的危废类别包括HW16：900-019-16，与本项目产生的危废类别相符，因此具备处理本项目危废的能力。因此，本项目危险废物处置方案基本可行，相关委托协议及资质证书见附件9。

10.2 “三废”的处理

10.2.1 放射性“三废”

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生。

（1） γ 射线探伤机内 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ 密封源退役后仍具有很强的放射性，公司应按国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源返回协议。在收贮前，公司应将退役的放射源暂存于储源间/储源坑内，做好保管工作。

（2）超过安全使用期限的拟报废 γ 射线探伤机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。在回收前，公司应将拟报废 γ 射线探伤机暂存于储源间/储源坑内，做好保管工作。

10.2.2 非放射性“三废”

（1）固定式探伤过程中产生的 γ 射线将会使空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物，探伤室内拟设1套机械排风系统，该部分废气通过排风管道排至探伤室外。

（2）探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片、洗片废液均属于危险废物，企业应将该部分废物集中收集和贮存，并定期委托有资质的单位回收处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建阶段对环境的影响

本项目建设阶段主要影响为将生产车间部分空间改造为探伤室及辅助用房，不涉及设备安装调试。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的降低施工期的废气污染。

(2) 废水：施工期间，有少量含有泥浆的施工废水产生，应对这些废水进行集中收集妥善处理，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。

11.1.2 设备安装调试阶段

待本项目的含源 γ 射线探伤机按照国家规定的程序合法购置到位后，需安装和调试后方可使用。安装调试期对于环境主要影响为电离辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目探伤设备的安装调试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，阀毕威阀门有限公司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，在探伤室防护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

11.2.1 场所周围辐射水平

11.2.1.1 预测工况

本项目探伤室拟配置 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机和 2 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（交替使用）。探伤室每次探伤仅开启一台探伤装置，不存在 2 台及 2 台以上探伤装置同时开机运行的工况。

根据有用线束剂量率计算公式，各探伤装置对探伤室周围的剂量率跟 $A\Gamma$ （活度×周围剂量当量率常数）成正比，以探伤室顶棚关注点 J 为例，探伤室屏蔽有效厚度 d 为 1000mm 混凝土，距离 r 为 7.3m，各探伤装置于探伤室关注点 J 处的周围剂量当量率对比情况见表 11-1。

表 11-1 探伤室关注点 A8 各探伤装置的周围剂量当量率对比情况

探伤装置	A/δ_x	Γ/I	屏蔽体厚度		屏蔽透射比 η	屏蔽后周围剂量当量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)
			有效厚度 d (mm)	半值层/ HVL (mm)		
^{60}Co - γ 射线探伤机	$3.7\times 10^6\text{MBq}$	$0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$	混凝土 1000	70*	$5.01\text{E-}05$	1.22
^{192}Ir - γ 射线探伤机	$3.7\times 10^6\text{MBq}$	$0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$		50*	$9.54\text{E-}07$	0.01

注：*数值来源于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A。

由上表 11-1 可知：对于探伤室， ^{60}Co - γ 射线探伤机的射线能量最大，穿透性最强。因此，本报告选取 ^{60}Co - γ 射线探伤机作为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。如探伤室能够满足 ^{60}Co - γ 射线探伤机的辐射防护要求，其也能够满足 ^{192}Ir - γ 射线探伤机的辐射防护要求。探伤室所在 3#厂房为单层建筑， ^{60}Co - γ 射线探伤机有用线束穿过顶棚经混凝土屏蔽后，与顶棚上方的空气作用发生散射，故还需考虑本项目天空反散射对周围环境的影响。

11.2.1.2 预测点位

根据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情况见表 11-1，预测点位示意图见图 11-1 和图 11-2。

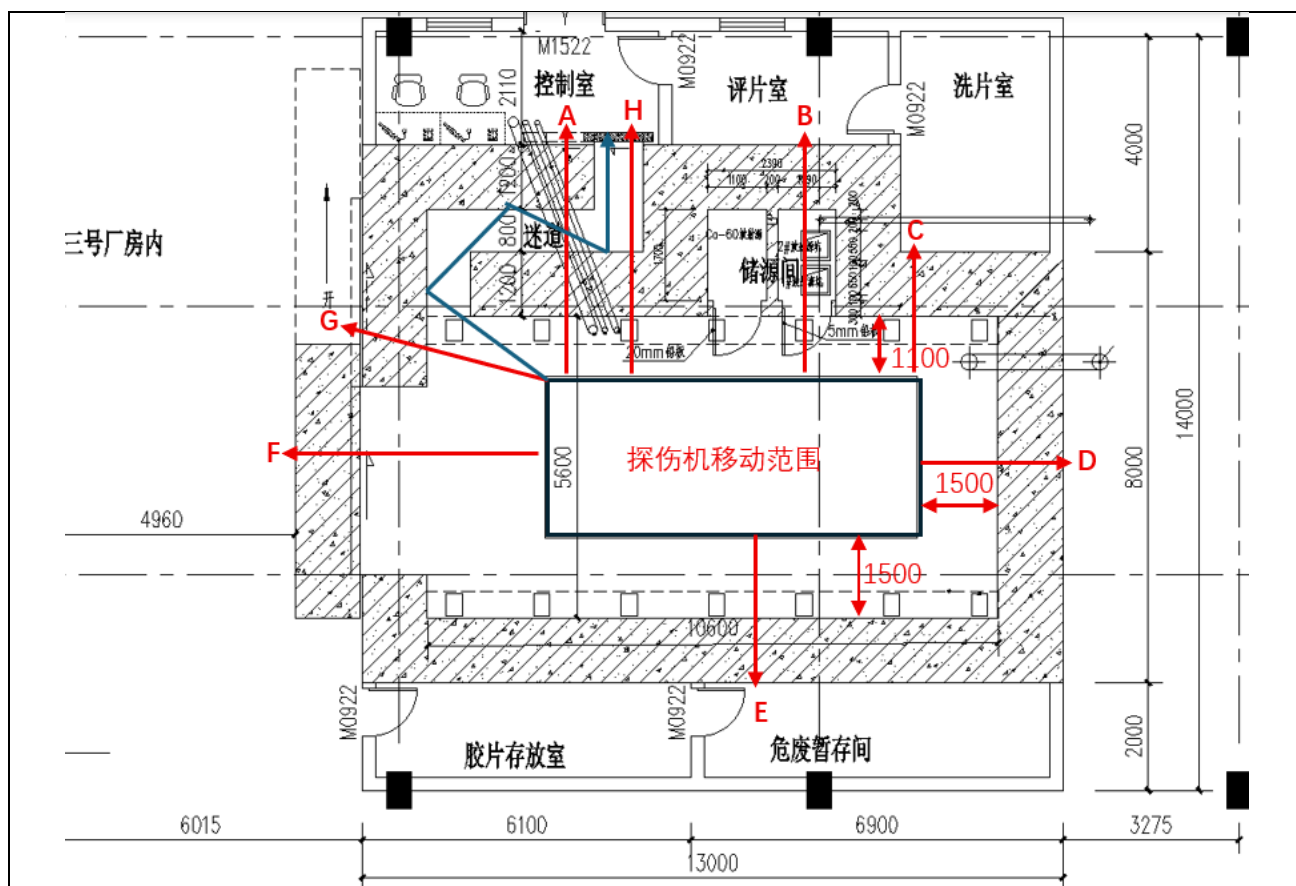


图 11-1 探伤室平面布局及预测点位示意图 (单位: mm)

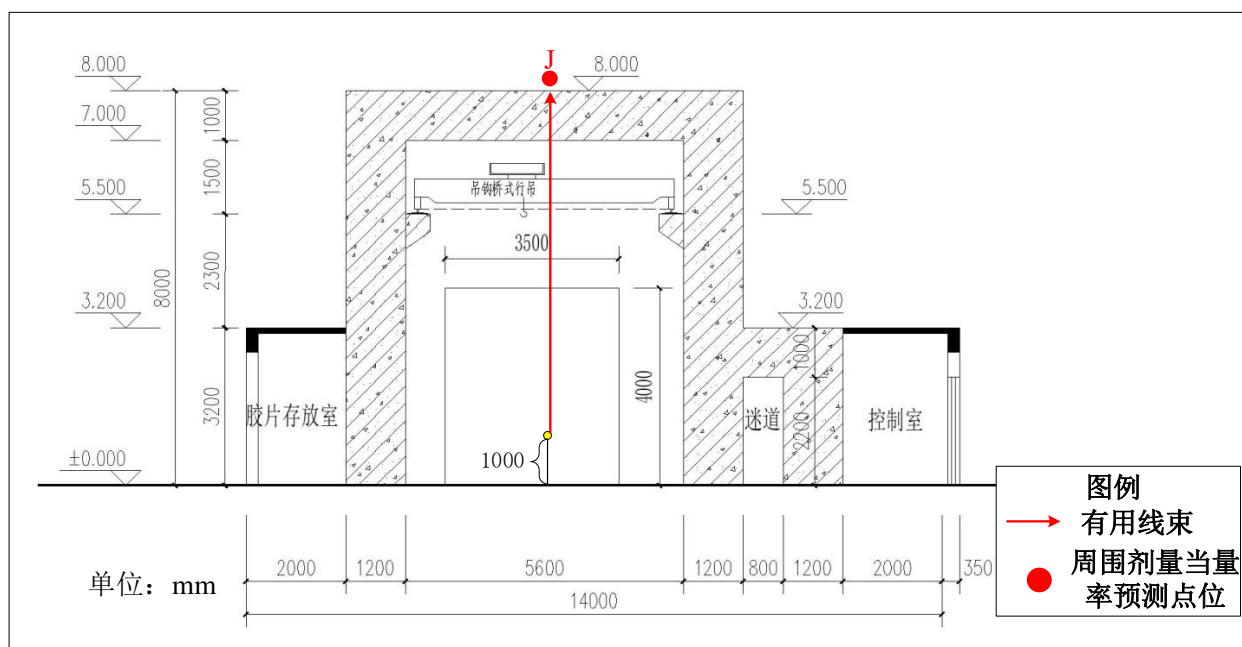


图 11-2 探伤室南北剖面布局及预测点位示意图

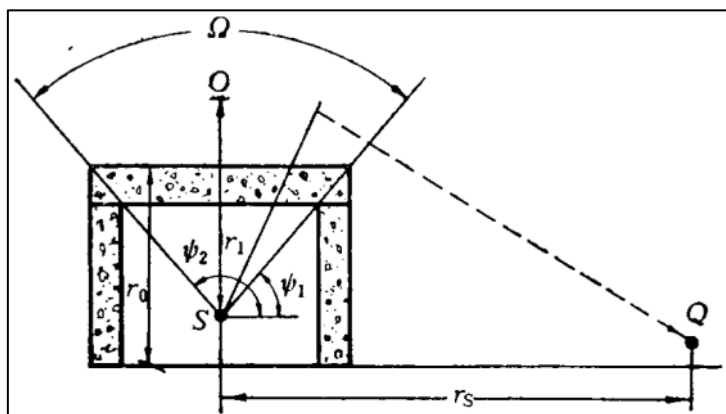


图 11-3 天空反散射示意图

表 11-2 预测点位基本情况表

点位编号	预测点位描述	环境特征	需考虑的辐射类型
探伤室	A	北墙外 30cm 处	控制室
	B	北墙外 30cm 处	评片室
	C	北墙外 30cm 处	洗片室
	D	东墙外 30cm 处	车间通道
	E	南墙外 30cm 处	危废暂存间
	F	工件门外 30cm 处	车间通道
	G	西墙外 30cm 处	车间通道
	H	工作人员进出门外 30cm 处	控制室
	J	顶棚外 30cm 处	开放空间
	Q	天空反散射到地面	生产车间
注：探伤室下方为土层，无地下室，故不设预测点位。探伤过程应使用准直器，有用线束避开朝向控制室，保守起见，控制室处仍以有用线束进行估算。			

11.2.1.3 预测公式

(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），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：

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

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 γ 射线探伤机内含的放射源 ^{60}Co 的额定装源活度均为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，即 $3.7 \times 10^6 \text{MBq}$ ；

Γ ——周围剂量当量率常数，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 ^{60}Co ， $\Gamma = 0.35 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$ 。

r——关注点距离放射源的距离，m。

η ——屏蔽透射比，根据公式 $\eta=2^{-(d/HVL)}$ 计算获取，式中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A 表 A.2，放射源 ^{60}Co 在混凝土和铅中的半值层厚度分别为 70mm 和 13mm。

（2）迷道散射

根据 NCRP Report NO.51: Radiation protection design guidelines for 0.1-100 MeV particle accelerator facilities（0.1-100MeV 粒子加速器设施辐射防护设计准则）P63 页公式（13），有屏蔽防护时，经 i 次散射后迷道外入口的剂量率计算公式如下：

$$H = \frac{H_0 \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \eta \cdots \cdots \cdots (11-2)$$

式中：H——经 i 次散射后关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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， Γ_k 是周围剂量当量率常数。

对于放射源 ^{60}Co ， $A=3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ ， $\Gamma=0.35 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$ ，则 $H_0=1.295 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{h}$ 。

α_1 ——入射到第一个散射体的 γ 射线的散射系数；

α_2 ——从以后的物质散射出来的 γ 射线的散射系数；本次评价偏安全考虑， γ 射线散射后能量保守按照 0.5MeV，对于后续散射过程，假设能量不再改变，由 NCRP Report NO.51: Radiation protection design guidelines for 0.1-100 MeV particle accelerator facilities（0.1-100MeV 粒子加速器设施辐射防护设计准则）P110 页附录 E.15，本项目 α 均保守取 1.0×10^{-2} 。

A_1 —— γ 射线入射到第一散射物质的散射面积， m^2 ；

A_2 ——迷道的截面积， m^2 ；

d_1 —— γ 射线源与第一散射物质的距离，m；

$d_{r1}, d_{r2} \dots d_{rj}$ ——沿着迷道长轴的中心线距离，m；

j——指第 j 个散射过程；

η ——屏蔽透射比，根据公式 $\eta=2^{-(d/HVL)}$ 计算获取，式中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm。 γ 射线散射后能量保守按照 0.5MeV，和 ^{192}Ir 的原始射线能量相近，本报告参考 ^{192}Ir 进行相关参数取值。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A 表 A.2，散射后的放射源 ^{60}Co 在铅中的半值层厚度均保守取值

3mm。

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3次以上的散射才能到达探伤室迷道门外。对于探伤室，散射面积的确定： $A_1=0.5\text{m} \times 2.2\text{m}=1.1\text{m}^2$ ； $A_2=0.8\text{m} \times 2.2\text{m}=1.76\text{m}^2$ ； $A_3=0.8\text{m} \times 2.2\text{m}=1.76\text{m}^2$ 。对于迷道散射距离的确定， $d_1=3.0\text{m}$ ， $d_2=2.2\text{m}$ ， $d_3=2.8\text{m}$ ， $d_4=2.2\text{m}$ 。

(3) 天空反散射

探伤室为单层建筑，由于探伤室屋顶上属于人员不可达区域，还需考虑天空反散射的影响，天空反散射示意图见图 11-3。

参考《辐射防护导论》（方杰主编）P181 页公式（6.1），对于天空反散射对地面点 Q 点造成的辐射剂量率，可以使用公式（11-3）来计算：

$$H = \frac{D_{10}\Omega^{1.3}\eta}{0.67 (r_i r_s)^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：H——在距离辐射源 r_s 处地面天空反散射的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

r_i ——辐射源到屋顶上方 2m 处的距离，m，本项目探伤室外高为 8.0m，则 d_i 均为 9.0m；

r_s ——室外参考点 Q 到源的距离 m，根据计算本项目探伤室 r_s 取 18.1m；

D_{10} ——离源上方 1m 处的剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ ；

对于放射源 ^{60}Co ， $D_{10}=1.295 \times 10^6 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}=2.16 \times 10^4 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ ；

η ——屋顶的屏蔽透射比，无量纲，本项目探伤室的顶棚屏蔽设计厚度为 1000mm 混凝土， ^{60}Co 在混凝土中的半值层厚度为 70mm。结合公式 $\eta=2^{-(d/\text{HVL})}$ ，其中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm，则本项目探伤室的 $\eta=5.01 \times 10^{-5}$ 。

Ω ——辐射源对屋顶张的立体角，Sr；设辐射源位于探伤室的作业位置，如图 11-3 所示。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P182 页公式（6.2），立体角 Ω 计算公式如下：

$$\Omega = 4 \tan^{-1} \frac{a \cdot b}{c \cdot d} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：a——屋顶长度之半，m，本项目探伤室的屋顶内长为 10.6m，则 $a=5.3\text{m}$ ；

b——屋顶宽度之半，m；本项目探伤室的屋顶内宽为 5.6m，则 $b=2.8\text{m}$ ；

c——源到屋顶表面中心的距离，m；本项目探伤室的外高均为 8.0m，放射源距离地坪最大距离为 1.0m，则 $c=7.0\text{m}$ ；

d——源到屋顶边缘的距离，且 $d=\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ ，m，本项目探伤室 $d=9.2\text{m}$ ；

则可计算出：探伤室 $\Omega=0.91\text{Sr}$ 。

11.2.1.4 场所辐射水平预测

本项目单台 ^{60}Co - γ 射线探伤机运行时，探伤室周围辐射水平预测结果见表 11-3。

表 11-3 探伤室内单台 ^{60}Co - γ 射线探伤机运行时周围辐射水平预测结果

关注点 编号	射线 来源	衰减 距离 (m)	屏蔽体厚度		屏蔽 透射比 η	屏蔽后周围 剂量当量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	
			有效厚度 d (mm)	半值层厚 度 HVL (mm)			
A (北侧迷道外 墙)	有用 线束	4.6	1200mm 混凝土 +1200mm 混凝土	70	4.77E-11	2.92E-06	
B (北侧储源间 外墙)	有用 线束	4.6	1200mm 混凝土	70	6.91E-06	3.24E-01	
			5mm 铅板	13	7.66E-01		
C (北墙)	有用 线束	2.6	1200mm 混凝土	70	6.91E-06	1.32E+00	
D (东墙)	有用 线束	3.0	1200mm 混凝土	70	6.91E-06	9.94E-01	
E (南墙)	有用 线束	3.0	1200mm 混凝土	70	6.91E-06	9.94E-01	
G (西墙)	有用 线束	4.1	1200mm 混凝土	70	6.91E-06	5.32E-01	
H (人员进出 防护门)	有用 线束	4.6m	1200m 混凝土	70	6.91E-06	1.90E-01	1.90E-01
			15mm 铅板	13	4.49 E-01		
	迷道 散射	$d_1=3.0\text{m}$ $d_2=2.2\text{m}$ $d_3=2.8\text{m}$ $d_3=2.2\text{m}$	15mm 铅板	3	3.13E-02	1.47E-06	
F (工件门)	有用 线束	5.3m	1200mm 混凝土	70	6.91E-06	3.19E-01	
J (顶棚)	有用 线束	7.3m	1000mm 混凝土	70	5.01E-05	1.22E+00	
Q (生产车间)	天空 反散 射	$r_i=9.0\text{m}$ $r_s=18.1\text{m}$	1000mm 混凝土	70	5.01E-05	5.48E-05	2.74E-02
	有用 线束	18.1m	1200mm 混凝土	70	6.91E-06	2.73E-02	

因此，本项目探伤室运行时，四侧墙体和防护门处预测点的周围剂量当量率最大值不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，顶棚预测点的周围剂量当量率最大值不超过 $100\mu\text{Sv/h}$ ，可满足《工业探伤

放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。探伤室的屏蔽防护设计合理，且迷道的长度、宽度和弯曲度设计可以满足有效屏蔽辐射的作用。

11.2.1.5 探伤室局部贯穿辐射影响

本项目探伤室预留管道合计 4 根，其中 1 根强弱电电缆管径为 175mm、埋深 400mm，1 根预留管道和 1 根 γ 射线探伤机控制导管的管径均为 100mm、埋深 400mm，均以“U”型地埋管道穿越探伤室北侧迷道，连接至控制室的操作位；1 根为排风管道，管径 300mm，埋深 400mm，以“U”型地埋管道穿越探伤室的东墙，连至探伤室外，排风口高出室外地面 3.5m。

本项目探伤室各类穿墙管道剖面设计图见附图 8。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。

11.2.1.6 探伤室内储源间辐射影响预测

本项目含源 γ 射线探伤机不作业时，临时贮存于储源间内的储源坑。

1、储源坑的容积设计合理性分析

本项目探伤室内北侧设有2间储源间，其中1间用于 ^{60}Co - γ 射线探伤机不工作时的临时暂存；1间拟设2个储源坑，单坑净尺寸为450mm（长） $\times$ 450mm（宽） $\times$ 470mm（深），设计原则均为“一源一坑”，采用下沉式设计，用于 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不工作时的临时暂存。根据建设单位提供的资料，本项目拟购的 ^{60}Co - γ 射线探伤机外尺寸为360mm（长） $\times$ 360mm（宽） $\times$ 300mm（高）， ^{192}Ir - γ 射线探伤机外尺寸为320mm（长） $\times$ 185mm（宽） $\times$ 245mm（高）。根据探伤机的摆放位置，本项目储源间和储源坑分别能满足1台 ^{60}Co 和2台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机贮存的空间要求。因此，本项目储源间和储源坑的容积设计合理可行。

2、计算公式

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：

$$K = \frac{K_0}{N} \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \cdot \dots\dots\dots (11-5)$$

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 ^{60}Co - γ 射线探伤机类别为移动式(M), 离源容器表面5cm处的最大周围当量剂量率为 1.0mSv/h ; ^{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, 放射源 ^{60}Co 在铅中的半值层厚度为 13mm, ^{192}Ir 在铅中的半值层厚度为 3mm。

r_0 ——参考点到放射源的距离, m; 本项目参考点距源容器表面 0.05m, 源容器外表面距放射源约 0.1m, 故本项目 $r_0=0.05+0.1=0.15\text{m}$;

r ——关注点到放射源的距离, m;

3、储源坑外表面剂量估算

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, 源容器到坑盖外 0.5m 处距离保守取值 0.72m, 故 $r=0.72+0.1=0.82\text{m}$, 坑盖采用 10mm 铅板防护。根据公式 (11-5) 计算可知, 坑盖外 0.5m 处周围剂量当量率为 $1.66\mu\text{Sv/h}$ 。因此, 本项目储源坑外 0.5m 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》(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 $20\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

4、储源间辐射水平预测

(1) 预测工况

本项目共有 2 间储源间, 其中储存 ^{192}Ir - γ 射线探伤机储源间内共设计有 2 个储源坑, 采用“一源一坑”的贮存方式, 可存放 2 台含 ^{192}Ir 源 γ 射线探伤机, 最大出厂活度均为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq/枚}$ 。储存 ^{60}Co - γ 射线探伤机储源间采用地上储存, 储存在 10mm 铅罩内, 存放 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机, 最大出厂活度均为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$; 本次评价保守按照最大设计库容作为预测依据。

(2) 预测点位

根据储源间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储源间四侧屏蔽墙、防护门和顶棚外 30cm 处。具体点位布置见图 11-4, 基本情况详见表 11-4。

表 11-4 储源间预测点位基本情况表

场所名称	点位编号	点位描述	环境特征
储源间	a	北墙外 30cm 处	评片室
	b	北墙外 30cm 处	评片室
	c	探伤室北墙外 30cm 处	洗片室
	d	¹⁹² Ir 探伤机储源间防护门外 30cm 处	探伤室
	e	⁶⁰ Co 探伤机储源间防护门外 30cm 处	探伤室
	h	西侧墙体外 30cm 处，	探伤室迷道
	f	顶棚外 30cm 处	开放空间

注：储源间所在生产厂房为一层建筑，无地下室，故不设预测关注点。

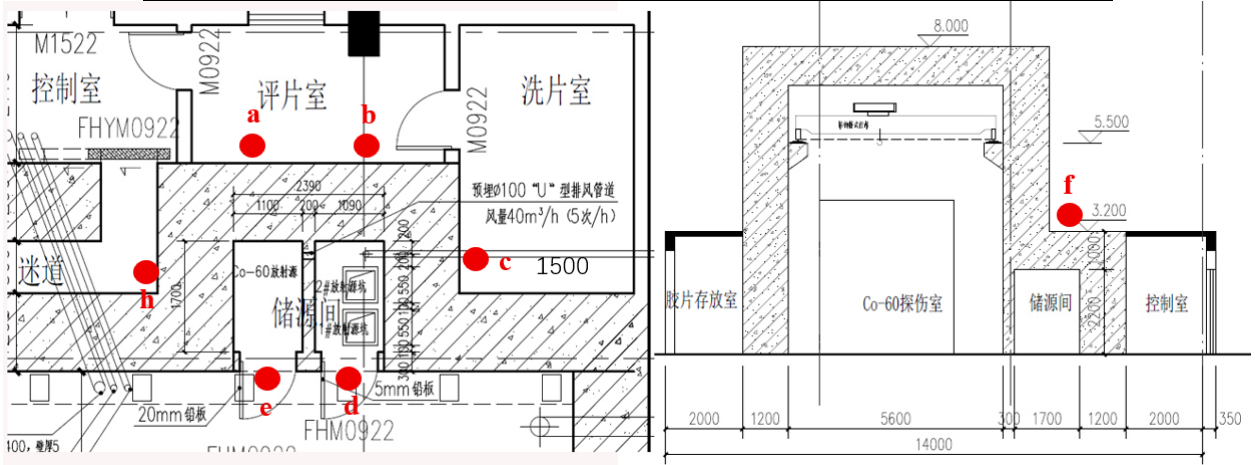


图 11-4 储源间预测点位示意图（单位：mm）

(2) 预测结果

储源间四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处周围剂量当量率预测结果见下表。

表 11-5 储源间外 30cm 处周围剂量当量率预测结果

参数 点位	K ₀ (μSv/h)	r ₀ (m)	r (m)	d (mm)	HVL (mm)	N	K (μSv/h)
1 台 ⁶⁰ Co-γ 探伤机							
a	1000	0.15	2.35	10mm 铅 +1200mm 混凝土	铅：13 混凝土：70	2.47E+05	1.65E-05
e	1000	0.15	1.45	10mm 铅 +20mm 铅	铅：13	4.95	2.16
h	1000	0.15	2.05	10mm 铅 +1200mm 混凝土	铅：13 混凝土：70	2.47E+05	2.17E-02
f	1000	0.15	3.20	10mm 铅 +1000mm 混凝土	铅：13 混凝土：70	3.40 E+05	6.46E-06
2 台 ¹⁹² Ir -γ 探伤机							
b	1000	0.15	1.90	10mm 铅 +1200mm 混凝土	铅：3 混凝土：50	1.69E+08	3.69E-08
c	1000	0.15	1.65	10mm 铅 +1200mm	铅：3 混凝土：50	1.69E+08	4.89E-08

				混凝土			
d	1000	0.15	1.04	10mm 铅 +5mm 混凝土	铅：3	3.20E+01	6.50E-01
f	1000	0.15	3.50	10mm 铅 +1000mm 混凝土	铅：3 混凝土：50	3.33E+06	5.52E-07

根据表 11-5 可知，当 2 间储源间同时储存有 3 台含源 γ 射线探伤机时，储源间周围剂量当量率最大值为 $2.16\mu\text{Sv/h}$ ，可以满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对于放射源贮存设施“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

综上所述，本项目储源间可以满足本次申报的含源 γ 射线探伤机的临时贮存要求。实际工作中，建设单位应做好以下工作：储源间每次有新源入库时需进行检测，须满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求，检测达标后方可投入使用。

保守需考虑探伤室与储源间辐射水平的叠加影响，因此计算关注点 a 与关注点 B 叠加后剂量率为 $0.324\mu\text{Sv/h}$ ，关注点 c 与关注点 C 叠加后剂量为 $1.32\mu\text{Sv/h}$ ，可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

11.2.2 人员受照剂量

11.2.2.1 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：

$$E = H \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-6)$$

式中：E——一年有效剂量，mSv/a；

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。

11.2.2.2 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，主要为从储源间或储源坑内存取放射源和近距离移动 γ 射线探伤机， ^{60}Co - γ 射线探伤机为移动式， ^{192}Ir - γ 射线探伤机为便携式。保守取放射源管理人员存/取一次 ^{60}Co - γ 射线探伤机处于离探伤机 5cm 处（根据 GBZ 117-2022，移动式 γ 射线

探伤机源容器表面5cm处最大周围剂量当量率为1mSv/h)和离探伤机100cm处(根据GBZ 117-2022,移动式 γ 射线探伤机源容器表面100cm处最大周围剂量当量率为0.05mSv/h)的时间分别为0.5min和0.5min;存/取一次 ^{192}Ir - γ 射线探伤机时处于离探伤机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0.05mSv/h)和离探伤机100cm处(根据GBZ 117-2022,便携式 γ 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(11-6),居留因子取1,可估算出:完成存/取一次放射源 ^{60}Co 的操作所受的辐射剂量约8.4 μSv ;完成存/取一次放射源 ^{192}Ir 的操作所受的辐射剂量约4.5 μSv ,取源时受到源坑照射所受的辐射剂量约2.5 μSv 。

探伤室内不存在两种探伤机同时开机,本项目放射源管理人员每日存/取放射源 ^{60}Co 或 ^{192}Ir 最多1次,年工作300天。因此,本项目放射源管理人员年有效剂量为4.62mSv/a,小于本次评价项目职业人员剂量约束值(5.0mSv/a),符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于职业人员“剂量限值”的要求(20mSv/a)。

11.2.2.3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,工作人员在控制室内拍片受到的外照射;b)探伤作业前,工作人员在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。本项目探伤室探伤工作分为2班/d,每班2人。

①开机状态下

本项目探伤室开机状态下,对辐射工作人员影响的区域主要在控制室内操作位处,根据表11-3可知,操作位处周围剂量当量率保守取H点处剂量当量率为0.19 $\mu\text{Sv/h}$ 。探伤室每日每班实际曝光时间为1.8h,年工作日300天,则年曝光时间为540h。根据公式(11-10),居留因子取1,可估算出探伤室操作位处的辐射工作人员的年有效剂量为0.10mSv/a。

②不开机状态

本项目探伤室不开机状态下,辐射工作人员在每班探伤室内日工作时间为2h,年工作300天,则每班辐射工作人员在探伤室内年操作时间为600h。

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3min,年操作时间为15h,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,移动式和便携式 γ 射线探伤机源容器表面100cm处最大周围剂量当量率分别为

0.05mSv/h、0.02mSv/h。则每日每班辐射工作人员近距离接触探伤机受照有效剂量为1.05mSv/h。

b、其他操作包括布置底片和摆放工件等，年操作时间为 585h。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（布置在储源间的储源坑内）和 γ 射线探伤机一般超过 2m。基于辐射安全考虑，本次评价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 2.5 μ Sv/h（《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 μ Sv/h 或者审管部门批准的控制水平”）。则每日每班辐射工作人员在探伤室内工作时受照有效剂量为 1.46mSv/h

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 2.51mSv/a。

③综合剂量

综上所述，本项目探伤室的每班探伤操作人员的最大剂量叠加结果为 2.61mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员 ≤ 5.0 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 ≤ 20 mSv/a）。

11.2.2.4 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（11-6），本项目探伤室运行时评价范围内公众成员及环境保护目标年有效剂量于周有效剂量估算结果见表 11-。

表 11-6 本项目评价范围内公众成员及环境保护目标年有效剂量计算结果

关注点	源点与关注点距离 (m)	源点与保护目标距离 (m)	保护目标处周围剂量当量率 H (μ Sv/h) ①	周受照时间 (h)	年受照时间 (h)	居留因子	周有效剂量 (μ Sv/周)	年有效剂量 (mSv/a)
车间通道 (D)	3.0	3.0	9.94E-01	21.6	1080	1/8	2.68	1.34E-01
原料仓库、成品堆放区 (D)	3.0	8.7	1.18E-01	21.6	1080	1/8	3.19E-01	1.59E-02
办公区 (D)	3.0	27.7	1.17E-02	21.6	1080	1	2.53E-01	1.26E-02
胶片存放室、危废暂存间 (E)	3.0	3.0	9.94E-01	21.6	1080	1/8	2.68	1.34E-01
机加工区 (E)	3.0	6.7	1.99E-01	21.6	1080	1/4	1.07	5.37E-02
装配区	3.0	27.7	1.17E-02	21.6	1080	1/4	6.32E-02	3.16E-03

(E)								
车间通道 (G)	4.1	4.1	5.32E-01	21.6	1080	1/8	1.44	7.18E-02
厂区道路 (G)	4.1	9.8	9.31E-02	21.6	1080	1/16	1.26E-01	6.28E-03
浙江博峰铜 业有限公司 (G)	4.1	41.8	5.12E-03	21.6	1080	1/4	2.76E-02	1.38E-03
浙江实利电 机有限公司 宿舍 (G)	4.1	45.8	4.26E-03	21.6	1080	1	9.20E-02	4.60E-03
毛胚机加工 区 (C+c)	2.6	8.3	1.30E-01②	21.6	1080	1/4	7.02E-01	3.51E-02
厂区道路 (C+c)	2.6	31.3	9.11E-03②	21.6	1080	1/16	1.23E-02	6.15E-04
浙江正达环 保设备有限 公司 (C+c)	2.6	42.3	4.99E-03②	21.6	1080	1/4	2.69E-02	1.35E-03
注：①保护目标处周围剂量当量率均根据辐射剂量率与距离的平方成反比的关系式推导获取；②保守需考虑探伤室与储源间辐射水平的叠加影响，关注点 c 与关注点 C 叠加后剂量为 1.32μSv/h。								

因此，本项目探伤室运行时所致公众成员受到的年有效剂量最大值和周有效剂量最大值为分别为 0.134mSv/a 和 2.68μSv/周，为小于本次评价项目剂量约束值（公众成员≤0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值的要求（公众成员≤1.0mSv/a）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“对公众场所，其值应不大于 5μSv/周”的要求。

11.2.3 “三废”影响分析

11.2.3.1 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。

公司应按照国家有关废旧放射源处置的规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源返回协议，将废旧放射源返回到放射源生产单位。报废的γ射线探伤机应委托γ射线探伤机生产单位进行回收处理。

11.2.3.2 非放射性“三废”

1、臭氧和氮氧化物

探伤室内拟设 1 套机械排风系统，臭氧和氮氧化物通过排风管道引至室外。放射源临时贮存过程中放射源处于源容器内，释放的 γ 射线与空气电离产生的臭氧和氮氧化物极少，本报告仅定性分析，重点关注固定式探伤过程中产生的 γ 射线与空气电离作用产生的臭氧和氮氧化物。

(1) 臭氧

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

①点状 γ 射线密封源所致的 O_3 产额

$$P = 3.02AK_{\gamma}GV^{1/3} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中：P—— O_3 的产额，mg/h；

A——放射性活度，本项目放射源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ 的放射性活度均为 $3.70 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，即 $3.70 \times 10^6\text{MBq}$ ；

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 ^{60}Co 的周围剂量当量率常数为 $0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$ ，即 $5.83 \times 10^{-9}\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{min})$ ； ^{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 $2.83 \times 10^{-9}\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{min})$ ；本项目保守取 ^{60}Co 的周围剂量当量率常数进行估算；

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 ，本项目探伤室的净体积约 428m^3 （含迷道）。

经计算：本项目探伤室内 γ 射线探伤机所致 O_3 的产额 $P=4.9\text{mg/h}$ 。

② O_3 浓度

本项目探伤过程中产生的 O_3 ，一部分因时间原因自然分解，另一部分由排风系统排到室外，则空气中臭氧的平均浓度：

$$Q = \frac{P \cdot T \cdot (1 - e^{-1/t})}{V} \dots\dots\dots (11-8)$$

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；本项目探伤室的风机设计风量为 $1500\text{m}^3/\text{h}$ ，其中探伤室的净体积约 428m^3 （含迷道），则正常通风状态下， $T_V=0.29\text{h}$ 。 T_d 表示 O_3 的有效分解时间， 0.83h ，则探伤室相应的 $T=0.21\text{h}$ ；

t——连续照射时间，h；

V——探伤室的体积， m^3 ，本项目探伤室的净体积约 428m^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（11-5）可简化为：

$$Q = \frac{P \cdot T}{V} \dots\dots\dots (11-9)$$

经计算，本项目探伤室内 ^{60}Co - γ 射线探伤机所致 O_3 浓度 $Q_1=0.002\text{mg}/\text{m}^3$ 。因此，本项目 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 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ”，满足标准要求。同时，探伤室内臭氧通过排风系统排出后，在常温常压状态下会自动分解为氧气，其浓度进一步的降低，远低于《环境空气质量标准》（GB 3059-2012）及 2018 年修改单中二级标准要求“ O_3 的 1 小时平均浓度限值为 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ”。

（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“ NO_x 时间加权平均容许浓度 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ”，满足标准要求；排出后环境空气中的 NO_x 浓度能满足《环境空气质量标准》（GB 3059-2012）及 2018 年修改单中二级标准要求“ NO_x 的 1 小时平均浓度限值 $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ ”。

综上所述，本项目探伤过程中产生的非放射性有害气体，对大气环境影响较小。

2、废显（定）影液、废胶片与洗片废液

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

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故分级

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

表 11-7 辐射事故等级划分表

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

一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。
--------	--

11.3.2 辐射风险识别

(1) γ 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) γ 射线探伤机在出源或回源过程中出现“卡源”或因操作不当导致源掉落，导致人员误入造成误照射。

(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。

11.3.3 风险防范措施

(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、固定式场所辐射探测报警装置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所有防护门已关闭，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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) γ 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) 阀毕威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负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责。

(6) 加强辐射工作人员培训教育，操作人员应经过专业培训，具备相应的资质和经验。操作前需对个人剂量报警仪和巡测仪进行检查和校准，确保设备正常运行。每次进入

探伤室，辐射工作人员均应携带个人剂量计、个人剂量报警仪和巡测仪，巡测仪并处于开机状态。

(7) 探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，工作人员手动回源。一旦发生此类故障，应关闭探伤室防护门，立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入辐射区。同时，现场的工作人员第一时间联系放射源生产单位，由厂家的专业工程师严格按照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。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。建设单位应定期检查，维修设备，杜绝此类事故发生。

(8) 制定 γ 射线固定式探伤操作规程，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，并建立完善的《放射源使用登记制度》，加强对放射源的监管和维护。

(9) 定期对 γ 射线探伤机和管线进行检查和维护， γ 射线探伤机不得带病运行，也不得使用超过使用年限探伤机。

11.3.4 应急处置方案

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。

辐射事故应急处置方案见表 11-。

表 11-8 辐射事故应急处置方案

辐射事故风险类型	事故应急处置方案
放射源被盗、丢失	①启动辐射事故应急预案；②将事故情况上报当地生态环境主管部门、卫生部门，公安部门，并寻找丢失的放射源；③找到放射源后立即设置控制区，将受照人员送往医院；④事故处理按相应规程进行处理，处理裸源应佩戴个人防护用品，并使用长柄工具；⑤事故处理完毕后，应成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。
放射源使用过程中的卡源及误照射	①启动辐射事故应急预案；②确定现场的辐射强度及影响范围，应马上疏散现场人员，设置警戒防护区，划出禁入控制范围，防止外照射的危害；③分析事故，弄清放射源所在位置，制定处理方案，采取强有力措施，并组织实施；④如无法通过摇柄使源回位，应封锁现场，立即联系专业人员处理；处理过程，处置人员应穿戴铅衣，佩戴个人剂量报警仪和个人剂量计，携带巡测仪并始终处于开机状态；作业时尽量利用墙角、建筑物等屏障物防护，动作迅速，尽量缩短作业时

	间，必要时可采纳多人轮换作业的方式，尽量使用长柄工具，远离放射源，严禁用身体任何部位直接接触放射源。⑤记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响；⑥事故处理完毕后，应成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。
--	--

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年修订）》、《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 管理机构的设置

本项目为建设单位首次开展核技术利用建设项目，目前处于筹建阶段。建设单位拟成立辐射安全管理小组，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，确定管理机构领导、成员及辐射防护管理专（兼）职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。

管理小组具体职责：①全面负责公司辐射安全管理工作；②认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合公司实际情况制定安全规章制度并检查监督实施；③负责辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；④检查安全环保设施，开展环保监测，对使用Ⅱ类放射源安全防护情况进行年度评估；⑤实施辐射工作人员的健康体检并做好职业健康检查的档案管理工作；⑥编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；⑦定期向生态环境部门报告安全工作，接受生态环境部门的监督和检查。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）辐射安全和防护培训

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），建设单位拟安排所有辐射工作人员（包括辐射安全管理人员、辐射操作人员）通过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，参加辐射防护考核并取得合格的成绩单后方可上岗。其中辐射安全管理人员报名参加“辐射安全管理”类别考核，辐射工作人员报名参加“ γ 射线探伤”类别考核，并按要求及时重新进行考核。

（2）个人剂量监测

建设单位拟为所有辐射工作人员配置个人剂量计，定期送检具备资质的个人剂量监测技术服务机构（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。根据《放射工作人员职业健康管理辦法》第十一条规定，建设单位拟建立并终生保存个人剂量监测档案。辐射安全管理人员不参与实际的辐射操作，可不进行个人剂量监测。

（3）职业健康体检

本项目辐射工作人员上岗前，拟进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，建设单位拟对其进行离岗前的职业健康检查。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）》第四十一条规定，建设单位拟建立完善的职业健康档案并长期保存。辐射安全管理人员不参与实际的辐射操作，可不进行职业健康体检。

（4）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。

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）》规定，使用 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，建设在从事辐射工作前，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 射线固定式探伤操作规程
		设备检修维护制度
		放射源管理规定（购买、使用、转让、返回或送贮等）
		放射源使用登记制度
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	废旧放射源处置制度
		危险废物安全处置管理制度
6	其他	辐射安全管理档案制度

本次评价对各项制度的要点提出以下建议：

辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 γ 射线探伤机的运行和维修时辐射安全管理。

γ 射线固定式探伤操作规程：针对本项目 γ 射线固定式探伤分别制定操作规程，明确辐射工作人员资质条件要求、 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，重点是明确 γ 射线探伤机固定式探伤时的操作步骤，明确每次 γ 射线固定式探伤工作前，操作人员应检查 γ 射线探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能，确保辐射安全措施的有效性。

设备检修维护制度：明确 γ 射线探伤装置、辐射监测设备以及探伤室各项辐射安全设施（如安全联锁装置、照射信号指示器等）维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保 γ 射线探伤装置及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。重点是明确：每个月对 γ 射线探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对 γ 射线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；禁止使用超过10年的探伤装置，当 γ 射线探伤装置到10年年限后，应及时报废。

放射源管理规定：明确放射源购买、使用、转让、返回或送贮等过程中的辐射安全管理要求，指定专职工作人员管理放射源。

放射源使用登记制度：应记载探伤装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对探伤装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度；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，重点是明确：由2名源库工作人员负责放射源相关的领取、归还和登记工作，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。

辐射工作人员岗位职责：明确辐射安全管理人员、探伤操作人员、放射源专职管理人

员及维修人员等的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射工作人员培训/再培训管理制度：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

辐射工作人员个人剂量管理制度：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质单位进行监测。明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，并建立个人剂量档案。

辐射工作人员职业健康管理制度：明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，建立职业健康体检档案。

监测方案：购置辐射监测仪器等设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测方式有企业自主监测与有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，并定期上报生态环境行政主管部门。

辐射事故应急预案：根据《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号文）的要求，公司应成立单位负责人为领导的放射性事故应急领导小组。针对可能产生的辐射污染情况制定事故应急制度，该制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附上各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，定期应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景；演练参与人员等。

废旧放射源处置制度：应与放射源的生产单位与销售单位签订回收协议，明确其有义务接受退役的放射源。放射源使用一定时间退役为废源后，应及时通知源的销售单位专车取走。

危险废物安全处置管理制度：应制定危废管理计划，建立危废产生和贮存台账，保存危废申报登记材料、危废转移审批材料、危废转移联单及危废委托处置合同等。

辐射安全档案管理制度：应建立辐射安全工作档案，并专人负责保管，主要包括：①辐射环评、辐射安全许可证及相关审批文件档案：历次核技术利用项目环境影响评价文件及环评批复文件、历次辐射安全许可证申请和变更、延续等办理手续的材料、辐射安全许可证正副本、历次核技术利用项目验收文件和批复等。②辐射安全管理制度：放射源和射线装置台账、放射源和射线装置购买和送贮（报废）相关材料、辐射安全管理制度文件资

料、放射源和射线装置使用登记和维修维护记录、历次辐射管理培训和辐射应急演练记录、历次生态环境部门监督检查的检查表及整改报告、历次辐射安全和防护年度评估报告、辐射事故（事件）处理情况相关材料等。③辐射工作人员档案：辐射工作人员名单、辐射工作人员辐射岗位培训合格证、历次辐射工作人员个人剂量监测报告和个人剂量监测台账、历次放射性工作场所监测报告、辐射防护仪器设备和用品台账等。

《辐射安全和防护制度》、《岗位职责》、《操作规程》和《辐射事故应急预案》等相关制度，应张贴上墙于探伤工作现场处。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。

综上所述，公司在落实上述制度后，能够确保本项目的安全运行，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 监测设备配置

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。

本项目拟配置 4 台个人剂量报警仪、1 台便携式 X- γ 剂量率仪和 1 台固定式场所辐射探测报警装置。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。公司计划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有关规定，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），建立个人剂量监测档案。

12.3.3 工作场所监测

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：建设单位应委托有相关监测资质的监测单位对核技术利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：建设单位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。参考《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。根据该标准第 5.2.3.6 条款，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。

（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，年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条款规定，年度监测周期为 1 次/年。

表 12-2 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
探伤室和 储源间	验收监测	周围剂量 当量率	1、探伤室四侧屏蔽墙和顶棚外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、各类穿墙管道口处，控制台处、探伤室入口处； 2、储源间四侧屏蔽墙和顶棚外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、各类穿墙管道口处、储源坑表面 30cm 处、源容器表面。	验收期间监测 1 次	委托监测
	常规监测			1 次/年（每次领用和归还含源 γ 射线探伤机均需测量源容器表面辐射剂量率）	自行监测
	年度监测			1 次/年	委托监测

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

（2）辐射水平定点检测，一般情况下应检测以下各点：a）通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；b）探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；c）探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；d）人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；e）人员经常活动的位置；f）每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以

确保探伤机已经停止工作。

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 辐射事故应急

12.5.1 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，公司根据可能产生的辐射事故风险，拟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下列内容：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故调查、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。

12.5.2 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）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。每年应至少演练 1 次，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。

（2）公司应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

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

12.6 竣工环保验收

闽毕威阀门有限公司是本项目竣工环境保护验收的责任主体，应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）及《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）等规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，组织成立由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测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协助开展验收工作。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。除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。验收报告公示期满后 5 个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。本项目竣工环境保护验收一览表见

表 12-3。

表 12-3 项目竣工环境保护验收一览表

项目	“三同时”措施	验收要求
辐射安全管理机构	拟设专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 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。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中有关要求。
屏蔽防护设计	探伤室的屏蔽防护设计详见本报告表 10-2 和表 10-3。	①探伤室四侧墙体和防护门外 30cm 处周围剂量当量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 2.5 μ Sv/h 的限值要求，顶棚外 30cm 处周围剂量当量率满足 100 μ Sv/h 的限值要求 ②储源间四侧墙体和防护门外 30cm 处周围剂量当量率满足《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 2.5 μ Sv/h 或者审管部门批准的控制水平。储源坑盖板外 50cm 处满足《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）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。
辐射防护措施	辐射工作场所的辐射安全和防护措施详见本报告 10.1.4~10.1.7 章节。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中有关要求。
人员配备	所有辐射工作人员拟参加辐射安全和防护知识培训，取得成绩合格单，方可上岗。	满足《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。
	所有辐射工作人员拟佩戴个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为 1 个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量监测档案。	满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128 2019）的要求。
	所有辐射工作人员拟进行岗前、在岗或离岗职业健康检查，并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中有关要求。
辐射安全管理制度	建设单位拟制定的辐射安全管理制度详见本报告表 12-1。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中有关要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

阅毕威阀门有限公司计划在现有厂区3#厂房内西侧建设1间探伤室（内设2间储源间）、1间控制室及相关辅助用房，探伤室拟配置1台 ^{60}Co - γ 射线探伤机（内置1枚放射源 ^{60}Co ，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）、2台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（交替使用，每台 γ 射线探伤机内置1枚放射源 ^{192}Ir ，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ），对生产的阀门进行固定式探伤。危废暂存于探伤室南侧的危废暂存间。

探伤室内北侧拟建设2间储源间，其中1间用于储存 ^{60}Co - γ 射线探伤机，放置在地上铅罩内；1间用于储存 ^{192}Ir - γ 射线探伤机，储源间内设2个储源坑，设计原则为“一源一坑”。

13.1.2 辐射安全与防护结论

（1）本项目探伤室的四侧墙体、防护门和顶棚在采取实体屏蔽后，其屏蔽防护性能符合国家相关标准要求。

（2）辐射工作场所划定控制区和监督区，实行分区管理；拟设工作状态指示灯、声音提示装置，并与所有探伤装置联锁、门-机联锁、急停按钮、视频监控系统、红外线报警系统、室内紧急开门装置、防夹装置、固定式场所辐射探测报警装置、机械排风系统等辐射安全设施，可满足辐射安全要求。

13.1.3 环境影响分析结论

（1）污染因子

本项目污染因子主要为 β 射线、 γ 射线、臭氧和氮氧化物及废显（定）影液、废胶片和洗片废液。

（2）环境影响评价结论

①探伤室周围辐射水平预测

本项目投入运行后，探伤室的四侧墙体和防护门外30cm处周围剂量当量率符合《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，顶棚外30cm处周围剂量当量率满足 $100\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

②储源间周围辐射水平预测

经辐射环境影响预测，当储源间处于最大贮存工况时，储源间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。

③保护目标受照剂量

本项目投入运行后，在做好辐射安全措施的基础上，本项目辐射工作人员和周围公众成员年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众成员的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 1\text{mSv/a}$ ）以及本项目剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ）。

④“三废”影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生。

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。

固定式探伤过程中产生的少量臭氧和氮氧化物，通过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）公司拟成立辐射安全管理小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。同时应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

（2）公司拟组织所有辐射工作人员（包括辐射安全管理人员、放射源管理人员、辐射操作人员）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，并按要求及时参加再培训。

（3）公司拟为所有辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检有资质单位（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。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。

（4）公司拟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，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

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”，符合国家产业政策要求。

(2) 实践正当性

本项目实施的目的是为了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。从利益代价角度分析，本项目的建设是可行的。

(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，符合相关规划环评要求。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《丽水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。本项目探伤室和储源间评价范围 50m 内主要为阀毕威阀门有限公司的生产厂房和厂区道路、浙江博峰铜业有限公司及浙江实利电机有限公司宿舍，不涉及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，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

(4) 项目区域辐射环境背景水平

本项目辐射工作场所拟建址及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地本底水平，未见异常。

(5) 环保可行性结论

综上所述，阀毕威阀门有限公司工业 γ 射线固定式探伤建设项目的建设符合土地利用规划、区域规划环评、三区三线及《丽水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，符合国家和地方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的自觉性，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、建设单位承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”处理设施及措施等辐射环保内容进行建设，加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用品的使用，落实辐射工作人员的辐射安全与防护培训、个人剂量监测、职业健康体检，并建立相应的人员档案。

2、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》。

3、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：	
经办人	公章 年 月 日
审批意见：	
经办人	公章 年 月 日