

报告编号：WKFHP-26048

核技术利用建设项目

浙江三方控制阀股份有限公司
工业 X、 γ 射线固定式探伤改扩建项目
环境影响报告表
(送审稿)

浙江三方控制阀股份有限公司

2026年6月

生态环境部监制

表1 项目基本情况

建设项目名称		浙江三方控制阀股份有限公司工业 X、γ 射线固定式探伤改扩建项目			
建设单位		浙江三方控制阀股份有限公司			
法人代表	方*良	联系人	陈*权	联系电话	138****6395
注册地址		浙江省杭州市富阳区富春街道金秋大道 41 号			
项目建设地点		浙江省杭州市富阳区富春街道金秋大道 41 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	1000	项目环保投 资(万元)	500	投资比例(环保 投资/总投资)	50%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建(含改建) <input type="checkbox"/> 其他		占地面积(m ²)	无新增
应用 类 型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线 装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				
<p>1.1 建设单位基本情况</p> <p>浙江三方控制阀股份有限公司(以下简称为“公司”)成立于 2008 年 11 月,原名为浙江三方集团有限公司,前身为杭州富阳自动化仪表厂。厂址位于浙江省杭州市富阳区富春街道金秋大道 41 号内,主要经营范围:阀门、氮气减压装置、取样分析装置、减温减压装置(含计量器具)、仪器仪表的设计、制造和销售等。</p> <p>企业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,其环评批复与竣工环保验收文件见附件 5。</p>					

表 1-1 企业主体工程非放射性项目历年环评审批及验收情况

序号	项目名称	环评情况	验收情况
1	浙江三方控制阀股份有限公司建设项目	富环开发（2008）517号	富环保验（2009）93号
2	浙江三方控制阀股份有限公司年产单偏心衬胶蝶阀 1000 台扩建项目	富环开发（2011）765号	富环许可（2）验收 2012-53号
3	浙江三方控制阀股份有限公司产品试制基地建设项目	富环许审（2013）471号	未实施，不具备验收条件
4	浙江三方控制阀股份有限公司扩建控制阀生产线项目	富环许审（2013）534号	未实施，不具备验收条件
5	浙江三方控制阀股份有限公司年产调节阀系列 22000 台（套）生产技改项目	富环许审（2013）662号	富环许验（2014）61号
6	浙江三方控制阀股份有限公司年产 1000 套 CAP1400 压水堆核级专用阀（主给水调节阀、稳压器比例喷雾阀）技改项目	富环许审（2014）436号	富环许验（2016）162号

公司持有有效的《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证〔A0038〕，种类和范围：使用Ⅱ类射线装置，有效期至 2027 年 5 月 25 日，见附件 7。厂区内现建有 3 间固定式探伤室，已许可 1 台 6MeV 电子直线加速器，3 台 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机和。现有 1#探伤室内已许可 2 台 XXQ-2505 型 X 射线定向探伤机用于固定式探伤，该辐射活动为《浙江三方控制阀股份有限公司 X 射线室内探伤项目（已建）》中内容，于 2012 年 5 月 24 日通过了原杭州市环境保护局的环评审批（杭环辐评批〔2012〕0013 号），并于 2017 年 4 月 20 日完成了验收（杭环辐验〔2017〕9 号）；现有 2#探伤室内已许可 1 台 6MeV 电子直线加速器和 1 台 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机，3#探伤室已许可 2 台 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机（一用一备），并于，2024 年 8 月 2 日进行了自主验收。其环评批复与竣工环保验收文件见附件 6。

1.2 项目建设目的与任务由来

随着公司发展规模壮大及市场需求扩大，现有 1#探伤室配置 2 台 XXQ-2505 型 X 射线定向探伤机，1#探伤室的净尺寸为 10.0m（长）×6.78m（宽）×8.0m（高），工件门的门洞尺寸为 3.46m（宽）×3.78m（高）；2#探伤室配置 1 台 6MeV 电子直线加速器，2#探伤室净尺寸为 10.0m（长）×7.95m（宽）×9.0m（高），工件门的门洞尺寸为 3.5m（宽）×4.0m（高）；3#探伤室配置 2 台 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机（一用一备），3#探伤室净尺寸为 7.0m（长）×4.45m（宽）×9.0m（高），工件门的门洞尺寸为 3.5m（宽）×3.5m（高）。工件最大尺寸为 2.5m（长）×2.0m（宽）×2.0m（高），厚度范围为 20~280mm，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：①随着客户对产品要

求的提高，存在局部探伤和全体积探伤的差异性，探伤年拍片量计划由原有的 2.88 万张增加 3.84 万张，现有 3 间探伤室已处于满负荷甚至超负荷运行状态，难以满足连续生产需求，易造成待检工件积压、生产工序等待、交货周期拉长。②新增 1 台 6MeV 电子直线加速器，与 2#探伤室原有 6MeV 电子直线加速器形成双高能探伤工位，分担大型厚壁工件探伤任务，大幅度缩短大件交货周期。

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，公司需在现有 3 间探伤室的基础上，将现有 1#探伤室及操作室、暗室、评片室等辅助用房进行拆除改造，并扩建 2 间探伤室（编号为 1#探伤室和 4#探伤室）及操作室、暗室、评片室等辅助用房，对自生产的阀门及其零部件、焊缝进行无损检测。其中 1#探伤室拟配置 1 台 DZ-6/1000 型 6MeV 电子直线加速器和 1 台 $^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机；4#探伤室拟配置 2 台 $^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机（一用一备）和现有 1#探伤室内在用 2 台 XXQ-2505 型 X 射线定向探伤机有探伤作业仅限于固定式探伤，不涉及移动式探伤。

根据原环境保护部、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》和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》，本项目电子直线加速器属于“工业探伤用加速器”，属于 II 类射线装置； $^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，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——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，浙江三方控制阀股份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。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

浙江三方控制阀股份有限公司计划将厂区内现有 1#探伤室及操作室、暗室、评片室

等辅助用房进行拆除改造，并扩建 2 间探伤室（编号为 1#探伤室和 4#探伤室）及操作室、暗室、评片室等辅助用房，对自生产的阀门及其零部件、焊缝进行无损检测，改建前后的平面布置图见附图 6 和附图 7。其中 1#探伤室拟新配置 1 台 6MeV 电子直线加速器和 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机；4#探伤室拟新配置 2 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（一用一备）和现有 1#探伤室内在用 2 台 XXQ-2505 型 X 射线定向探伤机。所有探伤作业仅限于固定式探伤，不涉及移动式探伤。直线加速器型号为 DZ-6/1000，电子束最大能量为 6MeV，距靶 1m 处 X 射线空气吸收剂量率最大值为 1200cGy/min，有用线束朝向 1#探伤室的西侧，其他方向均为非有用线束；每台 γ 射线探伤机内含 1 枚放射源 ^{192}Ir ，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ /枚，有用线束朝向 1#探伤室和 4#探伤室的任一侧；X 射线探伤机有用线束朝向 4#探伤室的西侧。本项目 1#探伤室内西北侧和 4#探伤室内东北侧均设有 2 个储源坑，均用于 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不进行探伤作业时的临时贮存。本项目产生的危废暂存依托现有的危废暂存间，不另设。

本次改扩建项目实施后，公司许可的最终辐射活动规模为：建有 4 间探伤室，配置 2 台 6MeV 电子直线加速器，6 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 2 台 XXQ-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。任一间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；4 间探伤室存在同时开机运行的工况。

1.4 项目选址及环境保护目标

1.4.1 企业地理位置及外环境关系

浙江三方控制阀股份有限公司位于浙江省杭州市富阳区富春街道金秋大道 41 号，地理位置见附图 1。厂区外东侧隔金秋大道为空地（规划为商业办公综合用地），南侧隔三桥路为空地（规划为批发市场用地）和爱格板材轻钢龙骨厂家，西侧为公交停车场，西南侧隔三桥路为浙江容大电力设备制造有限公司，北侧隔北环路为河流；厂区内西南侧出租于富阳市金明塑钢有限公司和杭州福达仪表有限公司使用，周围环境关系见附图 2。

1.4.2 辐射工作场所位置及外环境关系

本项目拟建的两间探伤室位于厂区内生产车间一北侧，呈东西方向紧邻并列设置，本报告将其视作一个整体的辐射工作场所。该场所的东侧紧邻操作室和高温试验室，约 21m 为低温试验室，约 31m 为定位器车间，约 38m 为厂区内道路；南侧紧邻生产车间一；

西侧紧邻厂区内道路，约6m为2#和3#探伤室及操作室等辅助用房，约13m为车间二；北侧紧邻厂区内道路，约19m为铸件仓库，约20m为其他仓库和车棚，约35m为北环路；正上方为无人平台，正下方为土层，无地下层。

1.4.3 探伤装置储存设施位置

本项目 1#探伤室内西北侧和 4#探伤室内东北侧均设有 2 个储源坑，均用于 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不进行探伤作业时的临时贮存。储源坑实行双人双锁制度，并由专人管理。电子直线加速器不进行探伤作业时，暂存于 1#探伤室内，设备安全锁钥匙由专人保管。

1.4.4 洗片和评片及危废暂存间位置

本项目洗片和评片工作分别在新建的暗室和评片室内完成，不依托现有辐射工作场所配套的暗室和评片室，其中暗室和评片室均位于 1#探伤室东侧操作室的二层，具体位置见附图 9。探伤过程中产生的各类危废集中收集后，暂存于现有的危废暂存间。危废暂存间位于本项目拟建地的西北侧，具体位置见附图 5，其中废胶片存放于 1#危废暂存间，建筑面积约 25m²；废显（定）影液和洗片废液存放于 2#危废暂存间，建筑面积约 78m²。

1.4.5 周边环境保护目标

本项目环境保护目标主要为评价范围 50m 内该公司从事放射源管理和电子直线加速器、 γ 射线探伤机和 X 射线探伤机操作的辐射工作人员及周围公众成员。

1.5 相关规划符合性

1.5.1 用地规划符合性

根据建设单位提供的土地证（见附件 4）及富阳主城区 05 单元（暨金桥工业园区）控制性详细规划——用地规划图（见附图 18），本项目用地性质为工业用地，符合用地规划要求。

1.5.2 “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。

对照杭州市富阳区富春街道“三区三线”划定方案（见附图 19），本项目位于城镇开发边界内，不涉及生态保护红线和永久基本农田，符合“三区三线”管控要求。

1.5.3 与《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》（杭环发〔2024〕49号），生态环境分区管控是以改善生态质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。本项目与杭州市生态环境分区管控动态更新方案符合性判定情况见下表。

表 1-2 本项目与杭州市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

内容	符合性分析
生态保护红线	根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》（杭环发〔2024〕49号），见附图 20，本项目位于富阳区中心城区产业集聚重点管控单元（编码：ZH33011120015），属于重点管控单元。与杭州市富阳区富春街道“三区三线”划定方案（见附图 19）比对，本项目不涉及生态保护红线。
环境质量底线	经现场检测，本项目探伤室拟建址及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率均处于当地本底水平，未见异常。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可做到达标排放，符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。
生态环境准入清单	<p>根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》（杭环发〔2024〕49号），本项目所在地属于富阳区中心城区产业集聚重点管控单元（编码：ZH33011120015），该管控单元的生态环境准入清单要求如下：</p> <p>①空间布局约束：根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。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。</p> <p>②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，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。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。重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。</p> <p>③环境风险防控：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。</p> <p>④资源开发效率要求：强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水标杆园区建设。本项目为核技术利用建设项目，属于企业现有生产线配套的质检服务，不属于《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》附件工业项目分类表中工业项目，且项目在现有厂区内实施建设，不新增占地面积。项目运营过程中会产生少量的臭氧、氮氧化物等</p>

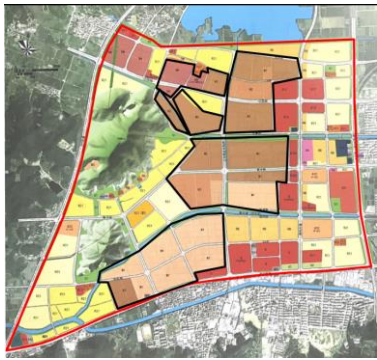
有害气体，经机械通风系统可排出探伤室外，臭氧可在环境中自动分解，洗片与评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片与洗片废液委托有资质单位定期处置，不外排，故项目运营后对周围环境不会产生较大影响。同时，公司建立《辐射事故应急预案》，并设置辐射事故应急小组和应急物资，具备完善的风险防范措施。

因此，本项目的实施符合《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》的管控要求。

1.5.4 与富阳主城区 05 单元（暨金桥工业园区）控制性详细规划环评的符合性分析

根据《富阳主城区 05 单元（暨金桥工业园区）控制性详细规划环境影响报告书》及环评批复（富环函〔2020〕10 号），本项目所在金桥工业园区生态空间单位为“工业区”，具体生态空间清单要求如下：

表 1-3 金桥工业园区生态空间清单

所含空间单元	用地规划图	管控要求
工业区		1、工业项目管控要求详见环境准入清单和“三线一单”中管控要求。2、合理规划生活区与工业区，在居住区和工业园、工业企业之间设置隔离带，确保人居环境安全和群众身体健康。3、针对区域环境问题，采取切实可行的整治方案。4、加强土壤和地下水污染防治与修复。5、最大限度保留区内原有自然生态系统，保护好河湖湿地生境，禁止未经法定许可占用水域；除防洪、重要航道必须的护岸外，禁止非生态型河湖堤岸改造；建设项目不得影响河道自然形态和河湖水生态（环境）功能。

本项目非工业型项目，经分析符合《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》的管控要求。已合理规划生活区和工业区，确保人居环境安全和群众身体健康，“三废”污染物皆可控制和处理。项目在现有厂区内开展，不占用水域，不会影响河道功能使用。因此，本项目的建设符合区域规划环评的要要求。

1.6 选址合理性分析

本项目辐射工作场所评价范围 50m 内主要为浙江三方控制阀股份有限公司的车间一、车间二、铸件仓库、其他仓库、车棚、厂区道路和北环路等，不涉及居民点和学校等环境敏感点。项目用地为工业用地，周围环境无制约因素。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。

1.7 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会

会令第7号), 本项目属于核技术在工业领域内的运用, 不属于限制类、淘汰类项目, 符合国家产业政策的要求。对照《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引(2019年本)》, 本项目不属于限制类和淘汰类, 符合杭州市产业政策的要求。

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阀门及其零部件、焊缝进行无损检测, 以提高企业生产水平和保证产品质量, 具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后, 其对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

1.9 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

公司持有有效的《辐射安全许可证》, 证书编号: 浙环辐证(A0038), 种类和范围: 使用II类射线装置, 有效期至2027年5月25日, 见附件7。厂区内现建有3间固定式探伤室, 3间探伤室环评批复与竣工环保验收基本情况汇总见表1-2, 现有已许可的放射源和射线装置台账明细表见表1-5~表1-7。

表 1-4 公司已许可的放射源台账明细表

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	使用状态
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² Bq×1枚	II类	使用	固定式探伤	3#探伤室	3#探伤室内储源坑	在用

表 1-5 公司已许可的射线装置台账明细表(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	使用状态
1	电子直线加速器	II类	1台	DZ-6/1000	电子	6	距靶1m处最大空气吸收剂量率为7.2×10 ⁸ μGy/h	固定式探伤	2#探伤室	在用

表 1-6 公司已许可的射线装置台账明细表(X射线机)

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(定向)	II类	2台	XXG-2505	250	5	固定式探伤	1#探伤室	在用

1.9.2 辐射安全管理现状

1、现有辐射安全防护管理机构成立

公司已成立以何文光为组长，方鉴为副组长的辐射安全管理小组（见附件 8），负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。小组人员组成上涵盖了现有核技术利用项目涉及的部门，在框架上基本符合要求；明确了相关负责人和各成员及其职责，内容较为完善。

2、现有辐射安全规章制度的制定情况

公司开展 X 射线（X 射线探伤机、直线加速器）和 γ 射线（ ^{192}Ir - γ 射线探伤机）固定式探伤工作多年，已制定《辐射安全防护和安全管理制度》、《辐射安全管理组织架构和岗位职责》、《X 射线机安全操作规程》、《 γ 射线机安全操作规程》、《电子直线加速器安全操作规程》、《放射性同位素订购、运输及退役处理制度》、《放射性同位素和射线装置使用登记》、《X、 γ 射线探伤设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训、职业健康体检及个人剂量监测制度》、《监测方案》、《自行检查和年度评估制度》、《辐射事故应急预案》等制度，部分制度已张贴上墙于辐射工作现场处。公司现有辐射管理制度较为全面，符合相关要求。公司严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

3、现有辐射工作人员管理情况

据统计，公司现有 9 名辐射工作人员。

①所有辐射工作人员均持有有效的辐射安全与防护证书，符合持证上岗的要求。

②所有辐射工作人员均配备个人剂量计，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个人剂量档案，单名辐射工作人员年有效剂量最大值为 1.08mSv/a，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）中对辐射工作人员“剂量限值”的要求。

③所有辐射工作人员均已开展职业健康体检，并建立职业健康监护档案。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 2025 年度职业健康体检报告，在岗辐射工作人员均可继续从事放射性工作，健康无异常。

公司现有辐射工作人员基本情况一览表见下表，现状管理情况见附件 10。

表 1-7 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及类别	个人剂量监测结果 (mSv)					职业健康体检时间/结论
		2025 年第一 季度	2025 年第二 季度	2025 年第三 季度	2025 年第四 季度	年有效剂 量	
金*群	FS24ZJ110**** (X 射线探伤)	0.12	0.03	0.06	0.03	0.24	2025 年 9 月 2 日/可继续 从事放射工 作
	FS24ZJ110**** (γ 射线探伤)						
吕*	FS24ZJ120*** (X 射线探伤)	0.03	0.03	0.07	0.03	0.16	
	FS24ZJ110**** (γ 射线探伤)						
蔡*娇	FS24ZJ120*** (X 射线探伤)	0.03	0.06	0.03	0.03	0.15	
	FS24ZJ110**** (γ 射线探伤)						
骆*锋	FS23ZJ120*** (X 射线探伤)	0.20	0.03	0.03	0.06	0.32	
	FS23ZJ110**** (γ 射线探伤)						
洪*华	FS26ZJ120*** (X 射线探伤)	0.24	0.10	0.07	0.09	0.50	
	FS26ZJ110**** (γ 射线探伤)						
朱*祥	FS23ZJ120*** (X 射线探伤)	0.96	0.03	0.03	0.06	1.08	
	FS23ZJ110**** (γ 射线探伤)						
曾*泉	FS23ZJ120*** (X 射线探伤)	0.07	0.03	0.03	0.03	0.16	
	FS23ZJ110**** (γ 射线探伤)						
华*	FS24ZJ120*** (X 射线探伤)	0.15	0.06	0.03	0.03	0.27	
	FS24ZJ110**** (γ 射线探伤)						
唐*洪	FS25ZJ120*** (X 射线探伤)	0.12	0.09	0.03	0.06	0.30	
	FS25ZJ110**** (γ 射线探伤)						

4、现有辐射安全防护措施落实情况

公司于厂区内建设有 1#、2#和 3#探伤室，3 间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 3 间探伤室的工件门和工作人员出入门均已设置门-机联锁装置，探伤室内各类射线装置（X 射线探伤机、 γ 射线探伤机、电子直线加速器）均与防护门锁，当防护门未完全关闭时，射线装置无法启动；射线装置运行过程中若防护门被意外打开，设备将立即停止出束。

（2）现有 3 间探伤室门口和内部同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤室内每台探伤机联锁。

（3）现有 3 间探伤室各设有一套 24 小时持续有效的视频监控系统，1#探伤室工件门和工作人员出入门各设有 1 个监控探头，1#探伤室内北侧墙体设有 2 个监控探头；2#和 3#探伤室工件门和工作人员出入门各设有 1 个监控探头，2#和 3#探伤室内各设有 1 个监控探头，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 3 间探伤室工件门、工作人员出入门、2#和 3#探伤室内的储源坑均已设置符合 GB 18871-2002 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

（5）现有 3 间探伤室内的四侧墙面、操作室的操作台等处均设有 1 个紧急停机按钮，已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。

（6）现有 3 间探伤室内分别设有 1 套机械通风装置，其中 1#探伤室净容积为 454m³，设计风机风量为 3000m³/h，有效通风换气次数 6 次/h；2#探伤室净容积为 858m³（含迷道），设计风机风量为 30000m³/h，有效通风换气次数 34 次/h；3#探伤室净容积为 381m³（含迷道），设计风机风量为 5000m³/h，有效通风换气次数 13 次/h，排风管道外口朝向厂区道路，排风口高出地面 3m，满足标准中每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

（7）现有 3 间探伤室内均配置了 1 套固定式场所辐射探测报警装置，固定剂量率监测探头拟安装在探伤室内墙体上，固定剂量率监测装置显示屏安装在操作室内。

（8）2#、3#探伤室均设置了红外线防盗报警装置，并与当地公安“110”联网。

（9）2#、3#探伤室内储源坑的坑盖日常保持锁紧状态，实行双人双锁制度。

5、现有防护用品与辐射监测仪器

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 9 枚个人剂量计、9 台个人剂量报警仪、3 台便携式 X- γ 剂量率仪、3 台固定式辐射剂量监测仪、1 个长柄

夹、1个储源罐、2套个人防护用品（铅衣、铅帽、铅围脖、铅手套、铅眼镜），可以满足现阶段的 X、 γ 射线固定式探伤工作要求。

6、现有“三废”处理

公司现有核技术利用项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生。经与建设单位核实，项目退役的 ^{192}Ir 密封放射源，由成都中核高通同位素股份有限公司回收处置（见附件 19），不自行留存、不暂存退役放射源，放射性固体废物得到合规处置。项目运行过程中产生的常规“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。目前公司已设置 2 间规范的危废暂存间，并与兰溪自立环保科技有限公司签订了工业废物（液）处理处置合同（见附件 14），危废集中收集后统一交由有资质单位进行处理。根据建设单位提供的现有 2025 年 9 月 5 日的危废转移联单（见附件 15），2025 年上半年至转移时废显（定）影液/定影液产生量为 0.5647t。现有 3 间探伤室均已设置机械排风系统，少量的臭氧和氮氧化物通过风管引至室外。

7、现有场所检测与年度评估

公司每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，公司已委托杭州普洛赛斯检测科技有限公司开展 2026 年度场所辐射检测工作（见附件 15），检测日期：2026 年 5 月 21 日，相关检测结果满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和现阶段的最新标准《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）中的相关标准要求，见下表。

表 1-8 2025 年度现有辐射工作场所检测情况表（1）

检测场所	检测项目	检测对象	检测工况	检测结果 ①($\mu\text{Sv/h}$)	标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)	达标情况
1#探伤室	周围剂量当量率	仅开机 1 台 XXG-2505 型定向 X 射线探伤机（丹东新科电器有限公司生产，额定参数为 250kV，5mA）	235kV，5mA，主射朝东	0.09~0.19	2.5	达标
2#探伤室		仅开机 1 台 DZ-6/1000 型电子直线加速器（中广核达盛加速器技术有限公司，额定参数为 6MeV）	6MeV，主射朝南	0.06~0.20	2.5	达标
3#探伤室		仅开机 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（1 枚含放射源的额定装源活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ）	出厂活度为 $2.257 \times 10^{12}\text{Bq}$	0.06~0.19	2.5	达标

注：①指探伤室墙体和门的屏蔽体 30cm 处的周围剂量当量率检测结果，该检测结果均未扣除本底值（ $0.04\mu\text{Sv/h} \sim 0.12\mu\text{Sv/h}$ ），均已经过校准因子修正。②3 间探伤室同时开机运行。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，公司已对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估（见附件 13），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，2025 年度安全和防护状况评估报告已按要求及时上报。

8、现有辐射事故应急预案执行情况

公司已制定《辐射事故应急预案》（见附件 11）。公司每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。经与建设单位核实，公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

表2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² Bq×1 枚	II类	使用	固定式探伤	1#探伤室	1#探伤室内储源坑	拟购, 本次评价
		3.7×10 ¹² Bq×2 枚	II类	使用	固定式探伤	4#探伤室	4#探伤室内储源坑	一用一备, 拟购, 本次评价

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

表3 非密封放射性物质

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

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

表4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子直线加速器	II类	1台	DZ- 6/1000	电子	6	距靶 1m 处最大空气吸收 剂量率为 $7.2 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$	固定式探伤	1#探伤室	拟购, 本 次评价

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II类	2台	XXQ-2505	250	5	无损检测	4#探伤室	现有

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终排放去向
废旧放射源	固态	^{192}Ir	5个月更换一次，年产生4枚废源，退役活度约为 $9.08 \times 10^{11}\text{Bq/枚}$				暂存于1#探伤室和4#探伤室的储源坑内	由放射源生产单位回收处置
拟报废的 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1#探伤室和4#探伤室的储源坑内	由 γ 射线探伤机生产单位回收处理。
废显（定）影液	液态	/	/	64kg	768kg	/	暂存于危废暂存间内的专用容器内，废显（定）影液与洗片废液使用专用容器收集、废胶片用袋子收集后集中存放于危废暂存间	定期委托有资质的单位处理处置。
废胶片	固态	/	/	32kg	384kg	/		
洗片废液	液态	/	/	16kg	1920kg	/		
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，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

<p>(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；</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令第二十四号，2002年10月28日通过，2003年9月1日起施行，2018年12月29日第二次修正；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005年9月14日国务院令第449号公布，2005年12月1日起施行，2019年3月2日第二次修订；</p> <p>(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；</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006年1月18日原环境保护总局令第31号公布；2006年3月1日起施行；2021年1月4日第四次修正；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(14)《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；</p> <p>(15)《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；</p>

(16)《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；

(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，2020年11月5日通过；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)《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；

(20)《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；

(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8月19日通过，2019年11月1日起施行；

(23)《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；

(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，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；

(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；2021年2月10日第三次修正；

(26)《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；

(27)《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，2024年12月31日起实施；

(28)关于印发《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》的通知，浙环发(2024)18号，浙江省生态环境厅，2024年3月28日起施行；；

(29)关于印发《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》(杭环发(2024)49号)的通知，杭州市生态环境局，2024年8月12日起施行；

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(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;</p> <p>(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;</p> <p>(3)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022), 2023 年 3 月 1 日实施;</p> <p>(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;</p> <p>(5)《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》(GB/T 30371-2013), 2015 年 3 月 1 日实施;</p> <p>(6)《无损检测用电子直线加速器》(GB/T 20129-2015), 2016 年 5 月 1 日实施;</p> <p>(7)《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB 5172-2025), 2026 年 5 月 1 日实施;</p> <p>(8)《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;</p> <p>(9)《γ 射线探伤机》(GB/T 14058-2023), 2023 年 10 月 1 日实施;</p> <p>(10)《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002), 2003 年 4 月 1 日实施;</p> <p>(11)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019), 2020 年 4 月 1 日实施;</p> <p>(12)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021), 2021 年 5 月 1 日实施;</p> <p>(13)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021), 2021 年 5 月 1 日实施;</p> <p>(14)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021), 2021 年 8 月 1 日实施;</p> <p>(15)《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023), 2023 年 7 月 1 日实施;</p> <p>(16)《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022), 2023 年 7 月 1 日实施;</p> <p>(17)《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA 1002-2012), 2020 年 5 月 20 日实施;</p> <p>(18)。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 环评委托书;</p> <p>(2) 建设单位提供的与工程建设有关其他设计资料等。</p>

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)”，结合本项目辐射污染特点(II类放射源和II类射线装置应用项目)，故确定本项目评价范围为 1#探伤室和 4#探伤室实体屏蔽外 50m 的区域，评价范围示意图见前文图 1-2。

7.2 保护目标

本项目主要环境保护目标为探伤室周围 50m 内从事放射源管理、电子直线加速器和 X、 γ 射线探伤机操作的辐射工作人员及周围公众成员，具体见下表。

表 7-1 本项目评价范围 50m 内环境保护目标分布表

辐射工作场所名称	环境保护目标		方位	与探伤室的最近距离 (m)	人数	保护要求
1#探伤室、4#探伤室	职业人员	放射源管理	内部	0	2 人	剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$
		操作室、暗室、评片室等辅助用房	西、北	0	4 人	
		2#和 3#探伤室及其配套的操作室等辅助用房	西	6	4 人	
	公众成员	高温试验室	东	0	2 人	剂量约束值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$
		低温试验室		21	2 人	
		定位器车间		31	25 人	
		厂区内道路		38	10 人/d	
		生产车间一	南	0	50 人	
		厂区内道路	西	0	10 人/d	
		车间二		13	50 人	
		厂区内道路	北	0	10 人/d	
		铸件仓库		19	1 人	
		其他仓库和车棚		20	50 人/d	
北环路	35	100 人/d				

注：①1#探伤室与 4#探伤室呈东西方向紧邻并列设置，本报告将其视作一个整体的辐射工作场所。②2 间探伤室的正上方为无人平台，正下方均为土层，无地下层，属于人员不可达区域。③北环路涉及的公众为流动人员，本报告结合道路等级并类比同类项目车流量，估算出人数规模。④本项目操作室位于 1#探伤室西侧、4#探伤室北侧；暗室、评片室位于操作室正上方二层，档案室位于操作室正上方三层，暗室、评片室、档案室等辅助用房均紧邻 1#探伤室和 2#探伤室。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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”，本次评价保守取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 10%分别作为本项目剂量约束值管理目标，即职业照射剂量约束值为 5mSv/a；公众照射剂量约束值为 0.1mSv/a。

三、辐射工作场所的分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30271-2013）

本标准适用于能量为 15MeV 以下的无损检测用电子直线加速器工程，包括胶片 X 射线照相、计算机 X 射线成像（CR）、数字 X 射线实时成像、数字 X 射线照相（DR）

及工业计算机 X 射线层析扫描 (ICT) 等。

5.3.7.1 泄漏剂量

在 X 射线束前向准直器 $\pm 1/2$ 准直器锥角到 $\pm 180^\circ$ 的范围内, 距靶 1m 处泄漏剂量率与 X 射线束中心轴线上剂量率的百分比应小于 0.1%。

8.1.3 辐射防护安全要求

8.1.3.1 辐射屏蔽材料采用混凝土时, 其强度等级应不低于 C25, 密度不低于 2350kg/m^3 。

8.1.3.2 辐射屏蔽室的结构及预埋件、穿越防护墙线缆及管道应满足所有设备安装、运行、检修和维修的要求, 且不能影响辐射防护效果。

8.1.3.3 辐射屏蔽室外围的辐射剂量水平应符合 GB 18871-2002 的职业照射剂量限值要求 (见附录 A); 在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为: 职业照射年有效剂量限值为 5mSv , 公众成员年有效剂量限值为 0.1mSv 。

8.1.3.4 屏蔽门与墙体搭接合理, 间隙与搭接比值不小于 1/10。

8.1.3.5 辐射屏蔽室应设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和视频监控、紧急停机开关等装置; 装备多个射线装置时, 应能联锁切换。

8.1.3.6 辐射屏蔽室迷道入口处应设置显示加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志。

8.1.3.7 剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备。

8.1.3.8 其他物理因素安全要求见附录 B。

8.1.3.9 辐射屏蔽室屏蔽计算方法参见附录 C。

8.1.4.3 通风要求

8.1.4.3.1 辐射屏蔽室应根据 GBZ 2.1-2007 规定的工作场所的臭氧和氮氧化物等有害气体限值 (见附录 B.3), 结合加速器装置最大能量、最大剂量输出工况进行通风设计。

8.1.4.3.2 排风口的高度应根据 GB 3095 的规定, 按照气体排出量和附近环境与气象资料计算确定。

8.1.4.3.3 冷却设备室应设计有与室外自然热交换的通道。

8.1.4.4 防火要求

8.1.4.4.1 厂房防火设计应按照 GB 50016 进行。

8.1.4.4.2 厂房耐火等级应不低于二级, 并设置火灾报警、火情停机装置以及有效的

灭火器材。

7.3.3 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

本标准适用于使用 600 kV 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。本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

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 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

5.2 γ 射线探伤机

5.2.1 源容器及其传输导管

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

表 2 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

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

5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

- a) 严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志；
- b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；
- c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于

2.5 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。

5.2.5 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 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/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 μ Sv/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顶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 μ Sv/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。

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

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

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

3.3 其他要求

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

3.3.2 探伤装置的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。

7.3.5 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）

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

6.1.1 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、渗漏液等接触的构筑物表面；采用不同防渗、防腐工艺应分别建设贮存分区。

6.1.6 贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

7.3.6 《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）及修改单

表 1 工作场所空气中化学有害因素职业接触限值

序号	中文名	英文名	化学文摘号 CAS 号	OELs (mg/m^3)		
				MAC	PC-TWA	PC-STEL
35	臭氧	Ozone	10028-15-6	0.3	—	—
95	氮氧化物	Nitrogen	10102-43-9;	—	5	10

	(一氧化氮和二氧化氮)	oxides(Nitric oxide, Nitrogen dioxide)	10102-44-0			
--	-------------	--	------------	--	--	--

7.3.7 《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006）

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；并应保持有良好的通风和照明。

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

7.8 无使用价值或不继续使用的退役密封源应退回生产厂家。

7.3.8 《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）

本标准规定了粒子加速器辐射安全与防护的通用要求。本标准适用于能量不低于 1MeV 的粒子加速器的辐射安全与防护。本标准不适用于像密封型中子管之类的可移动加速器和货物/车辆辐射检查系统用加速器。

4.2 职业照射和公众照射的年剂量限值应符合 GB 18871 中剂量限值的相关规定。

4.3 应结合粒子加速器特点和应用场景合理确定剂量约束值，一般情况下，职业照射剂量约束值不超过 5mSv/a，公众照射剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

5.6.1 可能产生感生放射性气体或臭氧等有害气体的粒子加速器工作场所应设置通风系统，通风系统的设计应确保气流方向由低污染区流向高污染区，并根据放射性气体或臭氧等有害气体的产生量和工作需要确定换气次数。

7.3.9 本项目剂量管理目标

(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)、《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》(GB/T 30271-2013)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)、《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB 5172-2025)等评价标准,确定本项目有效剂量约束值: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 0.1mSv/a。

(2) 工作场所周围剂量当量率控制水平

本项目 1#探伤室拟配置 1 台 6MeV 电子直线加速器和 1 台 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机; 4#探伤室拟配置 2 台 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机(一用一备)和现有 2 台 XXQ-2505 型 X 射线定向探伤机。两间探伤室的顶棚均为无人平台,本项目探伤室高 10.2m,但探伤室邻近存在建筑物(南侧紧邻车间一)且在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内。本项目工作场所周围剂量当量率控制水平见下表。

表 7-2 工作场所周围剂量当量率控制水平

工作场所	关注点位	周围剂量当量率控制水平	备注
1#探伤室	四侧墙体及防护门表面外30cm处	2.5μSv/h	①直线加速器:基于《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》(GB/T 30271-2013)和《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB 5172-2025)中未明确加速器机房周围剂量当量率控制水平,本次评价参考《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》(HJ 785-2016)第4.3.2条款、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)第6.1.4条款。 ② ¹⁹² Ir-γ射线探伤机:《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)第6.1.3条款和6.1.4条款。
	顶棚外30cm处	2.5μSv/h	
4#探伤室	四侧墙体及防护门表面外30cm处	2.5μSv/h	¹⁹² Ir-γ射线探伤机、X射线探伤机:《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)第6.1.3条款和6.1.4条款。
	顶棚外30cm处	2.5μSv/h	
储源坑	储源坑的坑盖表面30cm处	2.5μSv/h	《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。

(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,本项目探伤工作场所空气中 O₃ 最高容许浓度为 0.3mg/m³,NO_x 时间加权平均容许浓度为 5mg/m³。

(4) 通风要求

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)第 6.1.10 条款的要求,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。

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

浙江三方控制阀股份有限公司位于浙江省杭州市富阳区富春街道金秋大道 41 号，厂区外东侧隔金秋大道为空地（规划为商业办公综合用地），南侧隔三桥路为空地（规划为批发市场用地）和爱格板材轻钢龙骨厂家，西侧为公交停车场，西南侧隔三桥路为浙江容大电力设备制造有限公司，北侧隔北环路为河流；厂区内西南侧出租于富阳市金明塑钢有限公司和杭州福达仪表有限公司使用。

8.1.2 场所位置

本项目拟建的两间探伤室位于厂区内生产车间一北侧，呈东西方向紧邻并列设置，本报告将其视作一个整体的辐射工作场所。该场所的东侧紧邻操作室和高温试验室，约 21m 为低温试验室，约 31m 为定位器车间，约 38m 为厂区内道路；南侧紧邻生产车间一；西侧紧邻厂区内道路，约 6m 为 2#和 3#探伤室及操作室等辅助用房，约 13m 为车间二；北侧紧邻厂区内道路，约 19m 为铸件仓库，约 20m 为其他仓库和车棚，约 35m 为北环路；正上方为无人平台，正下方为土层，无地下层。

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

8.3.1 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。

8.3.2 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。

8.3.3 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，对本项目探伤室拟建址及周围环境进行检测

布点，布点情况见附图 17。

8.3.4 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：2026 年 3 月 30 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：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以 10 秒的间隔读取 10 个数据；
- (6) 检测工况：2#和 3#探伤室同时开机工作，其中 2#探伤室内仅开机 1 台 DZ-6/1000 型电子直线加速器（中广核达盛加速器技术有限公司，额定参数为 6MeV），检测工况为 6MeV，主射线方向固定朝南；3#探伤室内仅开机 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（内 1 枚含放射源的额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ），检测时 ^{192}Ir 放射源活度为 $2.22\times 10^{12}\text{Bq}$ 。
- (7) 天气环境条件：天气：阴；室外温度：25℃；室内温度：13℃；相对湿度：62%；
- (8) 检测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表 8-1 检测仪器的参数与规范

仪器名称	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H（内置探头：6150AD 6/H；外置探头：6150AD-b/H）
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	外置探头：10nSv/h~99.99 μ Sv/h；主机：0.1 μ Sv/h~10mSv/h
能量范围	外置探头：20keV-7MeV；主机：60keV-1.3MeV
检定证书编号	NJYF-20260350086
检定有效期	2026 年 3 月 2 日~2027 年 3 月 1 日
检定单位	浙江省质量科学研究院
校准因子 C_f	1.02
探测限	10nSv/h

8.3.5 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

8.4 检测结果及评价

检测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目辐射工作场所拟建址及周围环境辐射检测结果

点位编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		监测值	标准值	
1#	现有 1#操作室	151	3	室内
2#	高温试验室	143	2	
3#	低温试验室	144	1	
4#	车间一	147	2	
5#	现有 2#操作室	143	1	
6#	理化试验室	105	1	
7#	车间二	94	1	
8#	现有 1#危废暂存间	108	1	
9#	现有 2#危废暂存间	113	1	
10#	铸件仓库	89	1	
11#	其他仓库	115	2	
12#	车棚	112	2	
13#	拟建辐射工作场所西侧厂区内道路	100	3	室外
14#	拟建辐射工作场所北侧厂区内道路	114	1	
15#	北环路	105	1	

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。

③γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除宇宙射线响应值 31.0nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，13#~15#点位取 1，其余点位取 0.9。

由表8-2可知，本项目探伤室拟建址各检测点位室内的γ辐射空气吸收剂量率范围为（84~151）nGy/h；室外的γ辐射空气吸收剂量率范围为（100~114）nGy/h。由《浙江省环境天然放射性水平调查总结报告》可知，杭州市室内γ辐射剂量率范围为（56~443）nGy/h，道路上γ辐射剂量率范围为（28~220）nGy/h，可见该辐射场所拟建址的γ辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工程分析

9.1.1 建设阶段工艺流程及产污环节

本项目建设阶段主要为将厂区内现有 1#探伤室及操作室、暗室、评片室等辅助用房进行拆除改造，扩建 2 间探伤室（编号为 1#探伤室和 4#探伤室）及操作室、暗室、评片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。

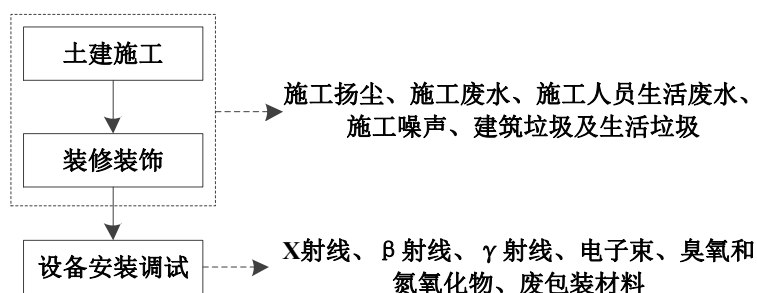


图 9-1 建设阶段工艺流程及产污环节示意图

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 X 射线、β 射线、γ 射线、电子束、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

本次评价的探伤装置为电子直线加速器、 ^{192}Ir -γ 射线探伤机和 X 射线探伤机。

9.2.1 电子直线加速器

1、设备组成及工作方式

本项目拟采用分体式驻波电子直线加速器，具有 X 射线束的剂量率大、焦点小，因而曝光时间短、检测灵敏度高、操作简单、安全可靠的特点。该加速器主要由射线机头、一体式操作台及水冷机组等组成。

(1) 射线机头

分体式射线单元是加速器主机的核心组件。主要有加速管、固态调制器、电子枪电源、电离室、速调管、四端环流器、充气系统等。

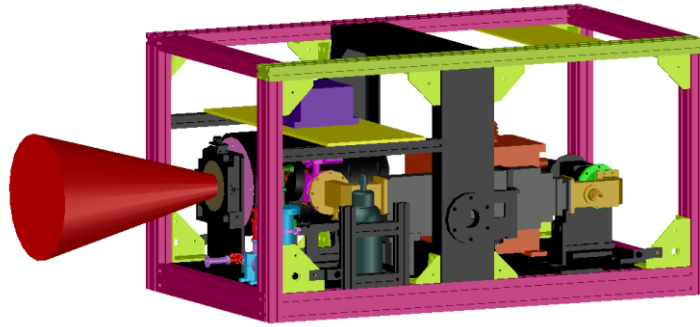


图 9-2 射线单元

①加速管

加速管是由电子枪、谐振腔链、靶、耦合波导、波导窗和钛泵等构成的全密封整体部件。采用 C 波段加速管，剂量稳定性比 S 波段更高，且寿命更长。

②固态调制器

本机采用固态调制器，全寿命周期无定期更换部件。调制器包含两个主要的单元，即脉冲发生单元、脉冲变压器单元，同时其中集成了磁控管灯丝电源。脉冲发生单元将输入的 380V 交流电进行整流，为充电电路进行充电，由 FPGA 电路按照预设的脉冲宽度等参数，控制高压电流的产生和停止。采用 Modbus-TCP 作为总线接口，并具有多路硬件连锁，确保系统安全运行。

③电子枪电源

枪电源是驱动加速管电子枪的脉冲功率源。可以为电子枪提供独立的脉冲高压，其高压可独立于磁控管高压进行产生和停止，以获得更加快速、精准的剂量匹配。该枪电源同时可为电子枪提供灯丝加热电流。

④电离室

电离室是整机剂量系统的重要组成部分，是确保系统剂量准确的基础部件。本系统采用医疗级电离室，为全密封结构，具有优异的线性和重复性。

⑤速调管

采用速调管作为微波系统的功率源。采用速调管的优势是磁控管打火较多，速调管几乎不打火，寿命更长，稳定性刚好。

⑥四端环流器

四端环流器位于磁控管和加速管之间，起微波隔离作用。驻波加速管在微波功率馈入加速管时产生部分功率反射，如果直接返回磁控管将导致磁控管产生频率牵引，脱离预定工作频率，严重时会引起磁控管内打火，损坏磁控管。四端环形器可将加速管反射

的微波功率引导至吸收负载，从而将磁控管与其负载加速管隔离开来，保证磁控管地正常、稳定工作。

⑦充气系统

微波系统内充有 SF₆ 绝缘气体。SF₆ 充气系统负责维持波导系统内部 SF₆ 具有一定的气压。SF₆ 充气组件包括截止阀、数显压力传感器及连锁输出。SF₆ 气体正常工作压力为 0.9MPa，系统具有上下限保护。当气压不在上下限范围内时，将产生气压连锁报警。

(2) 一体式操作台

操作台即人机界面，可依据接口协议，将操作台功能整合至客户的系统中。

(3) 水冷机柜

水冷机柜是加速器系统中重要的配套设备。它主要是通过水冷机柜内冷却水的不断循环，将加速器中的加速管、靶、波导窗、磁控管、环流器、负载等部件工作时产生的热量带走，使其内部保持恒定的工作温度，以保证加速器的正常工作。冷却水系统是闭路循环系统。冷却水使用蒸馏水或去离子水。

2、设备性能参数

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的电子直线加速器性能参加见表 9-1。

表 9-1 本项目电子直线加速器性能参数表

设备类型		电子直线加速器
型号		DZ-6/1000
射线装置类别		II类
电子束最大能量		6MeV
距靶 1m 处最大辐射剂量率		1200cGy/min (即 7.2×10 ⁸ μGy/h)
焦点直径		<1.5mm
X 射线均匀度		>62%
X 射线束不对称性		<±5%
胶片成像	钢铁厚度穿透力	50~280mm
	灵敏度 (线性像质计)	优于 1%
X 射线机头尺寸 (L×W×H)		1320mm (长)×902mm (宽)×795mm (高)
漏线量		主射线束范围外，距靶 1m 的球面上，任何 100cm ² 的区域内测得的平均剂量率，不超过 0°方向主射线束中心轴线上距靶 1m 处剂量率的 0.1%
照射视野尺寸		由顶角为 30°的圆锥形准直锥孔限定

3、工作原理

电子直线加速器是产生高能电子束的装置，当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空

气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再利用 X 射线对工件进行无损探伤，检测工件的焊缝。

电子直线加速器工作原理见图 9-3，内部结构见图 9-4。

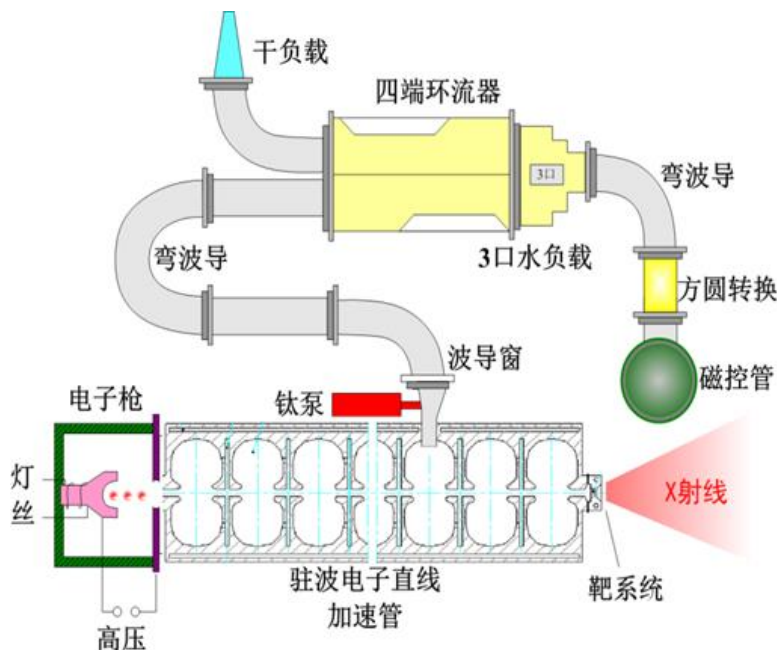


图 9-3 电子直线加速器工作原理示意图

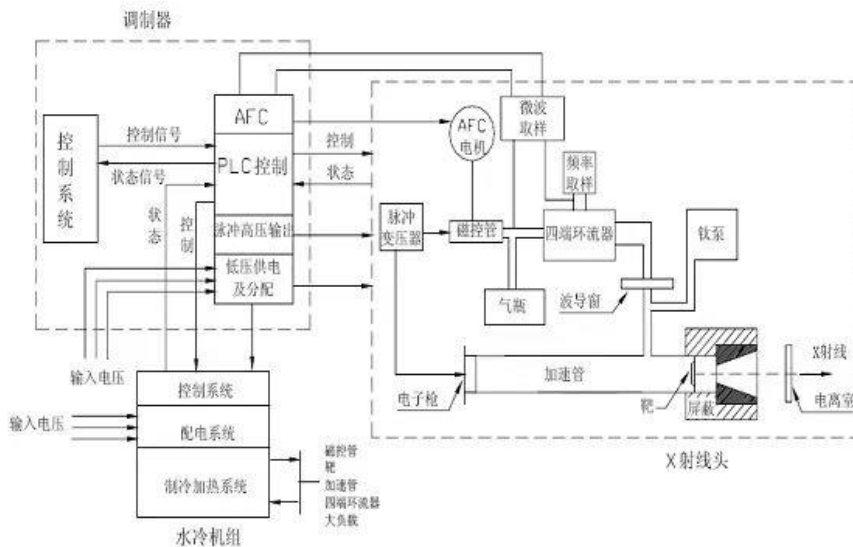


图 9-4 电子直线加速器内部结构示意图

4、电子直线加速器固定式探伤工艺流程及产污环节

本项目电子直线加速器在固定式的探伤室内探伤，探伤作业前打开固定式场所辐射探测报警装置，辐射工作人员随身携带好个人剂量计和个人剂量报警仪。待检工件使用轨道平板车送入探伤室，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，工作人员撤离探伤室，并将工件门关闭。然后将主开关打到钥匙开关上，设定相应参数，调整好加速器的位置、高度，不涉及仰角。按下开关，预警灯亮，预警时间过后，

将打开高压，控制面板调节预设参数，高压打开之后，将显示实际参数值；预设时间过后，高压关闭，在短时间的余热冷却时间之后，系统将处于初始状态，在余热冷却时间里，同时也将高压发生器电容电量放电。当达到预定的照射时间后，关闭电源，当高压停止时，逆时针旋转操作台上的高压钥匙开关，一次照射完毕。待全部曝光摄片完成后，工作人员确认固定式场所辐射探测报警装置的监测值正常，携带个人剂量计和个人剂量报警仪进入探伤室，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的 X 片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

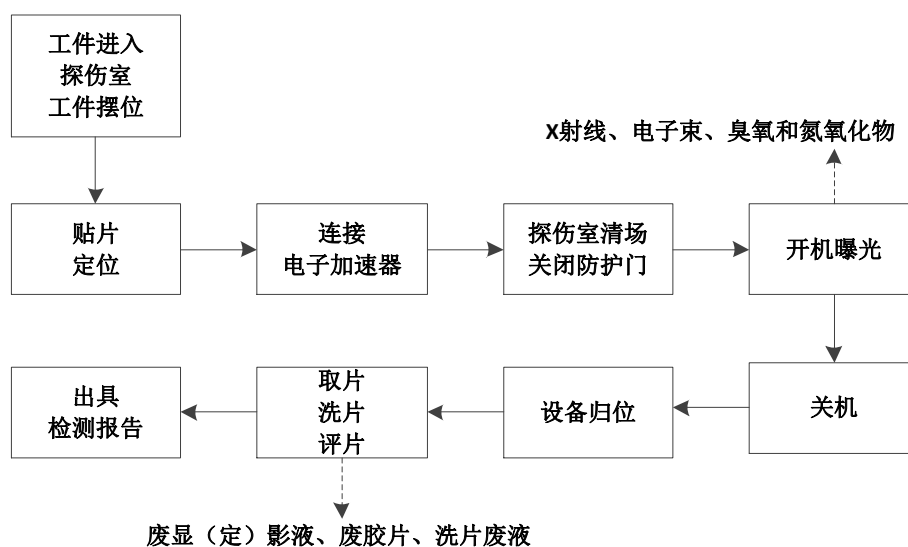


图 9-5 电子直线加速器探伤工艺流程及产污环节示意图

5、暗室洗片流程及产污环节

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

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

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

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

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

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

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

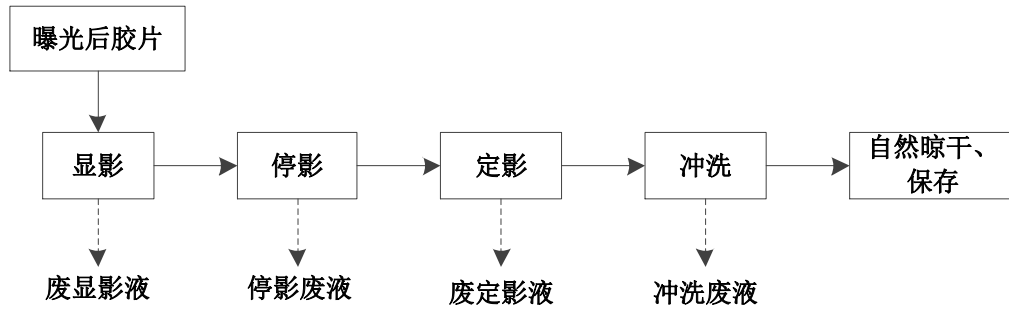


图 9-6 暗室洗片流程及产污环节示意图

9.2.2 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 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 9-7，内部结构见图 9-8。



图 9-7 典型 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机外观图

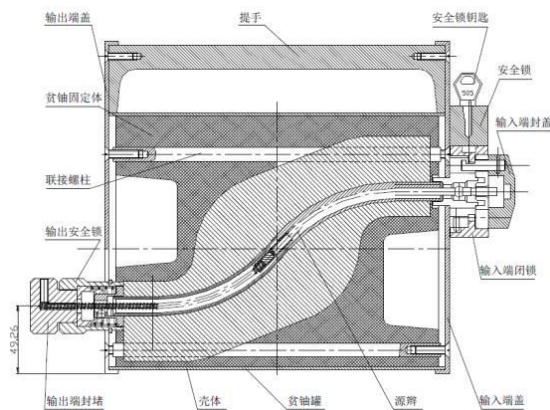


图 9-8 典型 γ 射线探伤机内部结构示意图

2、设备性能参数

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机性能参数见表 9-2。

表 9-2 γ 射线探伤机技术参数

设备类型	^{192}Ir - γ 射线探伤机
型号	DLTS-B
核素名称	^{192}Ir
核素形态	固态密封源
放射源类别	II类
额定装源活度	$3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci) /枚
距容器 5cm 处的周围剂量当量率	0.5mSv/h
距容器 100cm 处的周围剂量当量率	0.02mSv/h
透照厚度 (A3 钢)	10~100mm
射线源焦点	$\phi 2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 、 $\phi 3\text{mm} \times 3\text{mm}$
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 (长) \times 130mm (宽) \times 240mm (高)
控制器设置形式	电动出源和收源

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的。

4、 γ 射线探伤机固定式探伤工艺流程及产污环节

密封源 ^{192}Ir 在探伤机出厂时就已安装在探伤机内。探伤机不工作时，放射源位于探伤机内贮存位置，密封源发射的 γ 射线通过探伤机自身的贫铀结构屏蔽和防护。

当需要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内取出并交于操作人员，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。人员在操作室内，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，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。暗室洗片流程同上

文所述，此处不赘述。

探伤作业时，放射源保管人员领用含源的 γ 射线探伤机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，并在全程监控下交接给探伤操作人员，领用时必须填写《放射源出入库登记表》。探伤作业完成后，含源的 γ 射线探伤机存放于储源坑前放射源保管人员再对含源的 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，储源坑实行双人双锁制度，并至少由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。

出现卡源故障时，可在操作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。

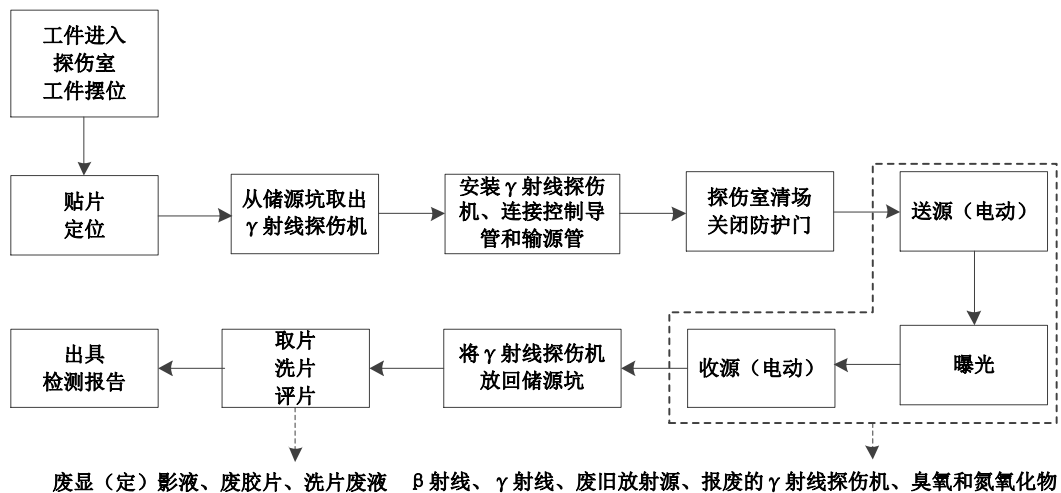


图 9-9 γ 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

5、换源流程

经与建设单位核实，浙江三方控制阀股份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（浙江三方控制阀股份有限公司）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（浙江三方控制阀股份有

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(浙江三方控制阀股份有限公司),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”,浙江三方控制阀股份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,浙江三方控制阀股份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“放射源转让协议与废旧放射源返回协议”与“放射源委托运输协议”,见附件16和附件17。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2028年7月11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2029年8月5日。

因此,本项目的放射源运输方案和废源回收处置方案合理可行。

洗片流程及产污环节见前文图9-6,此处不赘述。

9.2.3 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、控制器、连接电缆及附件组成,具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点。

典型X射线探伤机外观情况见下图。



图 9-10 典型 X 射线探伤机外观图

2、工作原理

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

典型的 X 射线管结构见下图。

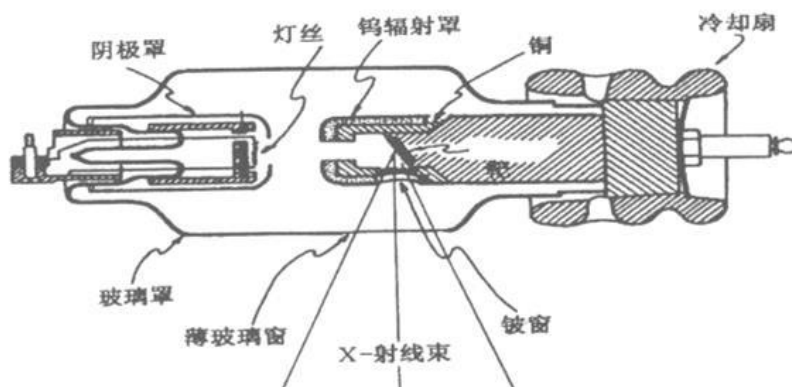


图 9-11 典型 X 射线管示意图

3、工艺流程及产污环节

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探伤室防护门，

打开探伤室内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。待检工件使用轨道平板车送入探伤室，再选择适当位置放置，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，检查无误，工作人员撤离探伤室，并将工件门关闭，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，工作人员进入探伤室，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的 X 片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。本项目工艺流程及产污环节见下图。

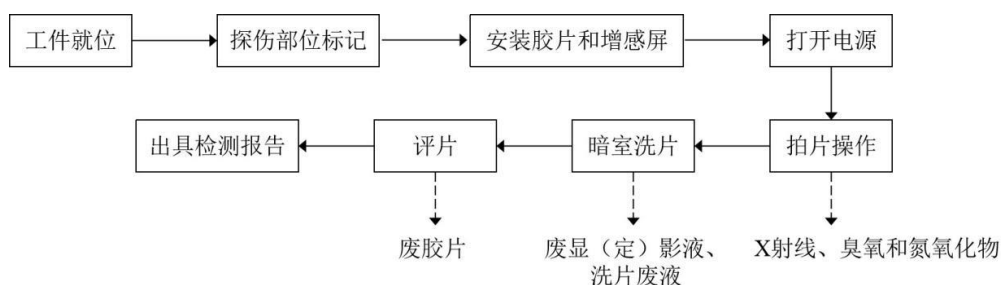


图 9-12 X 射线固定式探伤工艺流程产污环节示意图

洗片流程及产污环节见前文图 9-6，此处不赘述。

综上所述，本项目 X 射线固定式探伤的产污因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物等非放射性气体及废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物。

9.2.4 探伤工况、探伤工件及作业方式

（1）探伤工况

任一间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，本项目单间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 2h，主要为吊装工件、画标记、暗室处理及资料整理等。1#探伤室内电子直线加速器年拍片量为 10000 张， $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机年拍片量为 4400 张；4#探伤室内 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机年拍片量为 15000 张，X 射线探伤机年拍片量为 9000 张，则本项目年拍片量合计为 38400 张。

1#探伤室配置加速器和 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机，探伤对象以厚壁构件为主，受工件壁厚、射线衰减影响，加速器单张曝光最长需 5min，因此 1#探伤室单片最长曝光时间均保守按 5min 计，单间探伤室日拍片量为 $14400 \text{ (张/年)} / 300 \text{ (d/年)} = 48 \text{ 张/d}$ ，则相应

的日曝光时间为 4 小时；对于 4#探伤室 $^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机和 X 射线探伤机的单片最长曝光时间均保守按 3min 计，单间探伤室日拍片量为 24000 （张/年）/ 300 （d/年）= 80 张/d，则相应的日曝光时间为 4 小时，则推导出本项目的拍片量与计划曝光时间匹配。任一间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；4 间探伤室存在同时开机运行的工况。

（2）探伤工件

探伤工件主要为公司自生产的阀门及其零部件、焊缝，材质均为钢，检测方式为抽检。工件最大尺寸为 2.5m （长） $\times 2.0\text{m}$ （宽） $\times 2.0\text{m}$ （高），厚度范围为 $20\sim 280\text{mm}$ 。根据探伤工件厚度的差异性选择合适的探伤装置，其中电子直线加速器主要用于厚度为（ $50\sim 280$ ）mm 的工件探伤； $^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机主要用于厚度为（ $20\sim 100$ ）mm 的产品无损检测；X 射线探伤机主要用于厚度为不超过 40mm 的产品无损检测。

（3）作业方式

本项目电子直线加速器主要为水平方向出束，不涉及任何仰角，其有用线束仅朝向 1#探伤室的西侧，其他方向均为非有用线束。被检测工件吊装到运动回转盘上，工作人员为被检测工件贴胶片。启动运动平车，将工件移动到指定的曝光区域，运动行程 3500mm 。转动工件回转盘，可调整工件曝光角度，旋转角度 360° 。启动加速器的平移机构，可调整曝光焦距，平移运动 1000mm 。启动加速器的升降机构，可调整射线高度，升降运动 3000mm 。启动加速器的仰卧运动机构，可调整加速器的出束角度 $\leq 30^\circ$ ，具体见图 9-13。电子直线加速器在 1#探伤室的作业区域见图 11-1。当电子直线加速器不作业时，闲置在 1#探伤室划定的区域，设备的安全钥匙及时拔出并专人负责保管。1#探伤室初步设计阶段已充分考虑多台设备作业区域，预留探伤装置各自独立探伤作业的空间，相互不交叉影响。

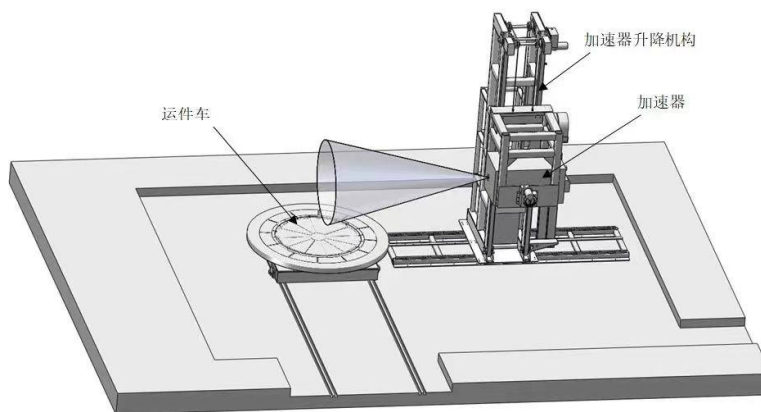


图 9-13 加速器检测工艺示意图

9.2.5 人员配置与岗位内容

公司已成立了以何文光为组长，方鉴为副组长的辐射安全管理小组，现有 9 名辐射工作人员，本次拟新增 2 名辐射工作人员，其中 1 名专职负责辐射安全管理；其中 2 名专职负责放射源的保管工作；8 名为辐射操作人员，分为 4 组，每组 2 名固定绑定对应一间探伤室，专职负责对应探伤室内所有探伤装置的固定式探伤（X、 γ 射线探伤不同时操作使用），实行昼间单班制（8 小时），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。

9.2.6 同一探伤室内多台设备可行性分析

本项目 1#探伤室每次仅开启 1 台探伤装置，不存在电子直线加速器和 γ 射线探伤机同时开机的工况。4#探伤室内的 γ 射线探伤机为一用一备，不存在 2 台 γ 射线探伤机运行的工况，且不存在 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机同时开机的工况。同时，加强电子直线加速器和 γ 射线探伤机安全锁的钥匙、X 射线探伤机和 γ 射线探伤机安全锁的钥匙保管工作，同一间探伤室内涉及的 2 类钥匙串结在一起。因此，本项目 1#和 4#探伤室内多台设备的安全风险可控，具有可行性。

9.3 污染源项描述

9.3.1 放射性污染源项

1、电子直线加速器

本项目电子直线加速器的电子束最大能量为 6MeV，参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）第 4.2.2 条款，对于能量不高于 10MeV 的电子束，在辐射屏蔽设计中不需要考虑所产生的中子防护问题。

根据《辐射防护手册——第三分册》（李德平、潘自强主编）P97 页表 4.4，本项目加速器的电子最大能量为 6MeV，电子能量不超过相关核素的反应阈能，与空气中的 C、O、N 等相互作用，诱发不了感生放射性核素 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N ，因此本次评价不考虑其感生放射性影响。加速器设备设计有冷却水循环系统，属于内循环，正常运行时在内部不断循环，不外排，故本项目不涉及放射性废水的排放。

因此，本次评价不考虑加速器结构材料、冷却水和空气的感生放射性以及中子等相应的防护问题，重点关注的放射性污染因子主要为电子束、韧致辐射（X 射线）等。

①电子束

加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。

②X 射线

加速器产生的电子经过加速后，受到金属靶的阻止而产生韧致辐射，由于 X 射线的贯穿能力极强，对周围环境可能造成辐射污染，但运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。在加速器开机时间内 X 射线为主要辐射环境污染因素，污染途径为外照射。

辐射场中的 X 射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射。

表 9-3 电子直线加速器放射性污染源项

设备名称	电子束最大能量	有用线束/散射辐射 (距靶 1m 处最大空气吸收剂量率)	泄漏辐射率
电子直线加速器	6MeV	$\leq 7.2 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$	$\leq 0.1\%$

2、 γ 射线探伤机

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) 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 9-4 放射性核素的主要辐射特性

核素	半衰期	衰变方式 (分支比, %)	射线 类型	辐射能量 (MeV)	辐射 能量强度*	周围剂量当量率常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)
^{192}Ir	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。

根据放射性核素 ^{192}Ir 的主要辐射特性可知，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含的放射源 ^{192}Ir 衰变时会发射出不同能量的 β 射线和 γ 射线，根据《 γ 射线探伤机》(GB/T 14058-2023) 中第 5.4.1.1 条款规定，当 γ 射线探伤机采用贫化铀作为源容器屏蔽材料时，其外表面应包覆足够厚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 ^{192}Ir - 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 9-5 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

②废旧放射源

本项目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。经与建设单位核实,本项目每台 γ 射线探伤机内含的放射源 ^{192}Ir 额定装源活度均为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci) /枚,计划 5 个月更换一次,则本项目探伤室内废旧放射源年产生量约 4 枚。

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计算结果如下:

$$3.70 \times 10^{12}\text{Bq} / 2^{(150/74.02)} = 9.08 \times 10^{11}\text{Bq} \text{ (24.5Ci)}$$

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,将废旧放射源返回到放射源生产单位。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。

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。

3、X 射线探伤机

由 X 射线探伤机的工作原理可知, X 射线随探伤装置的开、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束状态(曝光状态)时,才会发出 X 射线,对周围环境产生辐射影响。因此,在开机曝光期间, X 射线是本项目的主要污染因子。

辐射场所中的 X 射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射,本项目 X 射线探伤机辐射源强详情见下表。

表 9-6 本项目拟配置 X 射线探伤机辐射源强一览表

编号	设备名称	设备型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	有用线束/散射辐射的 X 射线距靶点 1m 输出量 ^① mSv·m ² / (mA·min)	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 ^② (μSv/h)
1	X 射线探伤机 (定向)	XXQ-2505	250	5	16.5	5×10 ³

注：①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。XXQ-2505 型 X 射线探伤机最大管电压为 250kV，则滤过条件为 0.5mm 铜时 X 射线距辐射源点 1m 处输出量为 16.5mSv·m²/ (mA·min)。

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

9.3.2 非放射性污染源项

(1) 臭氧和氮氧化物

本项目电子直线加速器和 γ 射线探伤机在工作状态时，产生的 X、γ 射线将会使探伤室内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目 2 间探伤室内均拟设一套机械通风装置，其中 1#探伤室净容积约 498m³ (含迷道)，设计风机风量均不低于 5000m³/h，有效通风换气次数不低于 10 次/h；4#探伤室净容积约 246m³ (含迷道)，设计风机风量均不低于 1000m³/h，有效通风换气次数不低于 4 次/h，排风管道外口朝向厂区道路，排风口高出地面 3m，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应不小于 3 次”的要求。

(2) 废显 (定) 影液、废胶片、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 38400 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 768L (密度保守按 1g/cm³，折合重量约 768kg)，废胶片新增年产生量约 1152 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，完好的胶片直接进行存档备查。因此，本项目废胶片年产生量为 1152 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 11.52kg)。

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 38400 张=1152（单年废胶片量）+37248（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 384kg。

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 1920kg。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 9-7 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	768 kg/a	洗片	液态	卤化银、硫代硫酸钠、对苯二酚等	卤化银、硫代硫酸钠、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			384 kg/a	评片、胶片存档	固态	废胶片	废胶片	每次室内探伤、存档期满	T	
3	洗片废液			1920kg/a	洗片	液态	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	每次固定式探伤	T	

（3）废靶件

参考《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）中第 7.3.1 条款“当能量大于 10MeV 的加速器工业 CT 报废或退役时，对加速器产生的放射性废靶、废水等含感生放射性的废物，应按法规要求送交有相应资质的放射性废物集中贮存单位贮存”，本项目加速器能量为 6MeV，小于 10MeV，故不产生放射性废靶。考虑靶材非易耗品，本项目仅定性分析，后期探伤过程如有加速器废靶产生，应根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）要求，对废靶外表面进行辐射剂量率监测，符合解控水平后由设备厂家回收。

9.3.3 运行期事故工况污染源项

（1）探伤室门-机联锁失效，可能使人员受到超剂量照射；

(2) 维修时厂家维修人员和运行单位人员管理不当, 探伤机/电子直线加速器发生异常出束, 维修人员受到超剂量照射;

(3) 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, 可能使人员受到超剂量照射。

本项目事故工况污染源项同正常工况污染源项。

9.3.4 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

公司持有有效的《辐射安全许可证》, 证书编号: 浙环辐证 (A0038), 种类和范围: 使用II类射线装置, 有效期至 2027 年 5 月 25 日, 见附件 7。厂区内现建有 3 间固定式探伤室, 3 间探伤室环评批复与竣工环保验收基本情况和现有已许可的放射源和射线装置台账明细表见表 1.1 小节。

2、现有固定式探伤工艺流程及产污环节

现有电子直线加速器探伤工艺流程及产污环节见图 9-5, 现有 γ 射线固定式探伤工艺流程及产污环节见图 9-9, 现有 X 射线固定式探伤工艺流程产污环节见图 9-12, 此处不赘述。

3、现有探伤室辐射安全和防护措施

公司于厂区内建设有 1#、2#和 3#探伤室, 3 间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 3 间探伤室的工件门和工作人员出入门均已设置门-机联锁装置, 探伤室内各类射线装置 (X 射线探伤机、 γ 射线探伤机、电子直线加速器) 均与防护门联锁, 当防护门未完全关闭时, 射线装置无法启动; 射线装置运行过程中若防护门被意外打开, 设备将立即停止出束。

(2) 现有 3 间探伤室门口和内部同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置, 并与探伤室内每台探伤机联锁。

(3) 现有 3 间探伤室各设有一套 24 小时持续有效的视频监控系统, 1#探伤室工件门和工作人员出入门各设有 1 个监控探头, 1#探伤室内北侧墙体设有 2 个监控探头; 2#和 3#探伤室工件门和工作人员出入门各设有 1 个监控探头, 2#和 3#探伤室内各设有 1 个监控探头, 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 3 间探伤室工件门、工作人员出入门、2#和 3#探伤室内的储源坑均已设

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) 现有 3 间探伤室内的四侧墙面、操作室的操作台等处均设有 1 个紧急停机按钮，已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。

(6) 现有 3 间探伤室内分别设有 1 套机械通风装置，其中 1#探伤室净容积为 454m³，设计风机风量为 3000m³/h，有效通风换气次数 6 次/h；2#探伤室净容积为 858m³（含迷道），设计风机风量为 30000m³/h，有效通风换气次数 34 次/h；3#探伤室净容积为 381m³（含迷道），设计风机风量为 5000m³/h，有效通风换气次数 13 次/h，排风管道外口朝向厂区道路，排风口高出地面 3m，满足标准中每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

(7) 现有 3 间探伤室内均配置了 1 套固定式场所辐射探测报警装置，固定剂量率监测探头拟安装在探伤室内墙体上，固定剂量率监测装置显示屏安装在操作室内。

(8) 2#、3#探伤室均设置了红外线防盗报警装置，并与当地公安“110”联网。

(9) 2#、3#探伤室内储源坑的坑盖日常保持锁紧状态，实行双人双锁制度。

4、现有监测设备和防护用品

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 9 枚个人剂量计、9 台个人剂量报警仪、3 台便携式 X-γ 剂量率仪、3 台固定式辐射剂量监测仪、1 个长柄夹、1 个储源罐、2 套个人防护用品（铅衣、铅帽、铅围脖、铅手套、铅眼镜），可以满足现阶段的 X、γ 射线固定式探伤工作要求。

5、现有污染物达标排放情况

公司每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，公司已委托杭州普洛赛斯检测科技有限公司开展 2026 年度场所辐射检测工作，检测日期：2026 年 5 月 21 日，相关检测结果满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和现阶段的最新标准《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）中的相关标准要求，具体监测结果详见表 1-9。

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、放射性固废产生，“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。目前公司已设置规范的危废暂存间，并与兰溪自立环保科技有限公司签订了工业废物（液）处理处置合同，危废集中收集后统一交由有资质单位进行处理。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。

6、辐射安全管理现状

根据前文表 1 中 1.9.2 “辐射安全管理现状” 的内容描述，公司已成立以何文光为组长，方鉴为副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。制定了多项辐射安全规章制度，部分制度已张贴上墙于辐射工作现场处。现有辐射工作人员的辐射安全培训、个人剂量检测与职业健康体检等三项安全管理工作已严格按照规定落实，并及时建立相应的档案备查。公司已对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告，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。

综上所述，现有核技术利用项目不存在工艺不足及改进情况。

表10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 场所布局及合理性分析

(1) 本项目探伤工作场所为三层建筑：①一层主建筑：1#探伤室、4#探伤室、操作室；②二层辅房：暗室、评片室；③三层辅房：档案室。一层到三层之间设有通行的人工楼梯，其中辅房主要集中在1#探伤室的东侧和4#探伤室的北侧，不位于任一探伤室的正上方。1#探伤室和4#探伤室的南侧均拟设1扇混凝土工件门（电动开启），便于工件进出。两间探伤室共用操作室，探伤室与操作室之间均拟设“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探伤室，并通过迷道多次散射降低工作人员受照剂量。1#探伤室内西北侧和4#探伤室内东北侧均设有2个储源坑，均用于含源 γ 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和评片室内完成洗片和评片工作，完好的胶片在底片存档室建档备查，探伤过程中产生的各类危废依托厂区现有的危废暂存间进行暂存。

(2) 探伤工件最大尺寸为2.5m（长） \times 2.0m（宽） \times 2.0m（高），1#探伤室净尺寸为7.6m（长） \times 6.9m（宽） \times 9.0m（高），工件门的门洞尺寸为2.5m（宽） \times 3.0m（高），4#探伤室净尺寸为5.4m（长） \times 4.3m（宽） \times 9.5m（高），工件门的门洞尺寸为3.0m（宽） \times 3.0m（高），采用轨道平板车将工件送入探伤室，平板车的尺寸为2.5m（长） \times 2.0m（宽） \times 0.4m（高），满足探伤工件进出探伤室并位于探伤室内探伤的要求。探伤室内拟采用行车进行吊装工件，行车设计高度为7.0m，故探伤室的设计高度可以满足工作要求。

(3) 操作室位于1#探伤室的东侧和4#探伤室的北侧，电子直线加速器的有用线束仅朝向1#探伤室的西侧，不朝向操作室； γ 射线探伤机有用线束朝向1#探伤室和4#探伤室的任一侧，通过设置迷道避免了有用线束直接朝向操作室；X射线探伤机有用线束朝向4#探伤室的西侧，不朝向操作室。

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，操作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;操作室、暗室、评片室、档案室及楼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8~附图10。

10.1.3 辐射屏蔽防护设计

根据建设单位提供的资料,本项目拟建探伤室的辐射屏蔽防护设计方案见下表。

表 10-1 本项目拟建探伤室辐射屏蔽防护设计方案

1#探伤室		
探伤室规格	外尺寸	面积为 120.36m ² , 11.8m (长)×10.2m (宽)×10.2m (高)
	内尺寸	面积为 52.44m ² , 7.6m (长)×6.9m (宽)×9.0m (高)
东墙	东墙分为 L 型迷道区段、平直无迷道区段两部分: ①迷道段:迷道内墙为 1600mm 混凝土,长为 6100mm;迷道外墙为 1500mm 混凝土;迷道设置形式为“L”; ②剩余平直段(无迷道区域):整墙采用 1600mm 混凝土,与 4#探伤室共用。	
南墙	1700mm 混凝土	
西墙	2600mm 混凝土	
北墙	1600mm 混凝土	
顶棚	1200mm 混凝土	
地坪	无地下层,不做特殊防护	
工件门	电动门,门洞的尺寸为 2.5m (宽)×3.0m (高);门体的尺寸为 4.7m (宽)×3.8m (高),采用 1600mm 混凝土(门与墙体左、右搭接均为 1100mm,上、下搭接各为 800mm、0mm);防护门底部做 10mm 钢板+20mm 铅板凹槽盖板进行屏蔽补偿)。	
工作人员出入口	电动门,门洞的尺寸为 0.8m (宽)×2.1m (高);门体的尺寸为 1.2m (宽)×2.4m (高),敷设 20mm 铅板(门与墙体左、右、上搭接均为 200mm,下搭接各为 100mm,按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则,间隙应尽量小)。	
储源坑	2 个,位于 1#探伤室内西北侧,设计原则为“一源一坑”,用于存放 1 台 ¹⁹² Ir-γ 射线探伤机,采用下沉式设计。单坑的净尺寸为 450mm (长)×450mm (宽)×470mm (深),坑四壁与底部均为混凝土层,顶盖尺寸为 550mm (长)×550mm (宽),采用 10mm 铅板,顶盖与源坑各侧之间的搭接均为 50mm。	
穿墙管道	1 根为控制导管、1 根为电缆管线,1 根预留给电气等设备设施穿线,该 3 根穿墙管道管径均为 200mm,埋深均为 800mm,以“U”型地埋管道穿越 1#探伤室的东墙和迷道墙,连接至操作室的控制台。	
排风管道	预留 1 根,管径 300mm,埋深 400mm,以“U”型地埋管道穿越 1#探伤室的西	

		墙, 连至室外, 设计风量为 5000m ³ /h, 排风口高出地面 3m。
4#探伤室		
探伤室规格	外尺寸	面积为 43.92m ² , 7.2m (长) × 6.1m (宽) × 10.2m (高)
	内尺寸	面积为 23.22m ² , 5.4m (长) × 4.3m (宽) × 9.5m (高)
东、南、西墙		900mm 混凝土
北墙		迷道内墙为 900mm 混凝土, 长为 4600mm; 迷道外墙为 900mm 混凝土; 迷道设置形式为“L”。
顶棚		700mm 混凝土
地坪		无地下层, 不做特殊防护
工件门		电动门, 门洞的尺寸为 3.0m (宽) × 3.0m (高); 门体的尺寸为 4.2m (宽) × 3.6m (高), 采用 900mm 混凝土 (门与墙体左、右、上搭接均为 600mm, 下搭接各为 0mm, 防护门底部做 10mm 钢板+20mm 铅板凹槽盖板进行屏蔽补偿)。
工作人员出入门		电动门, 门洞的尺寸为 0.8m (宽) × 2.1m (高); 门体的尺寸为 1.2m (宽) × 2.4m (高), 敷设 15mm 铅板 (门与墙体左、右、上搭接均为 200mm, 下搭接各为 100mm, 按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则, 间隙应尽量小)。
储源坑		2 个, 位于 4#探伤室内东北侧, 设计原则为“一源一坑”, 用于存放 1 台 192Ir- γ 射线探伤机, 采用下沉式设计。单坑的净尺寸为 450mm (长) × 450mm (宽) × 470mm (深), 坑四壁与底部均为混凝土层, 顶盖尺寸为 550mm (长) × 550mm (宽), 采用 10mm 铅板, 顶盖与源坑各侧之间的搭接均为 50mm。
穿墙管道		1 根为控制导管、1 根为电缆管线, 1 根预留给电气等设备设施穿线, 该 3 根穿墙管道管径均为 200mm, 埋深均为 800mm, 以“U”型埋地管道穿越 4#探伤室的北墙, 连接至操作室的控制台。
排风管道		预留 1 根, 管径 300mm, 埋深 400mm, 以“U”型埋地管道穿越 4#探伤室的西墙, 连至室外, 设计风量为 1000m ³ /h, 排风口高出地面 3m。
注: ①表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm ³ , 铅的密度不小于 11.34g/cm ³ 。		

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: ①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, 不得破坏探伤室墙体的屏蔽效果。③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, 探伤室的四侧墙体、防护门和顶棚外 30cm 处的周围剂量当量率均满足 2.5 μ Sv/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, 本项目探伤室的辐射屏蔽防护设计方案合理可行。

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

10.1.4.1 探伤装置固有安全属性

表 10-2 探伤装置固有安全属性基本要求

装置名称		设备技术要求
电子直线加速器	加速器装置	加速器装置的稳定性、可靠性应能满足使用要求。
	控制台	①控制台设有钥匙开关和密码。 ②控制按钮采用安全电压。 ③控制系统具备如下功能：a、正常开机和停机；b、出束前声光报警；c、设备状态及故障显示、报警及自动停机；d、显示装置的主要参数；e、安全连锁；f、紧急停机。
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。
	操作台	①操作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。

10.1.4.2 工作前检查项目和设备维护

表 10-3 本项目探伤装置工作前检查与设备维护内容

电子直线加速器	工作前检查项目	检查加速器的安全连锁、紧急停机按钮、射线源开关钥匙、通风换气装置以及剂量监测与警示标志及装置等，确认其处于正常状态。
	设备维护	由生产厂家专业工程师负责。
γ 射线探伤机	工作前检查项目	a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常；b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；c) 确认放射源锁紧装置工作正常；d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；e) 安全连锁是否工作正常；f) 报警设备和警示灯运行是否正常；g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固；h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰；j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合 5.2.1.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。
	设备维护	a) 应定期对探伤装置中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修探伤装置时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。浙江三方控制阀股份有限公司的人员不应单独对探伤装置进行维修。b) 应经常对探伤装置的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。c) 探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。d) 每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。e) 严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、连锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。f) 更换输源管、控制缆和源辫等配件时，必须使用该探伤装置原生产厂家的合格配件。

X 射线探伤机	工作前检查项目	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安全联锁是否正常工作；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。

10.1.4.3 探伤工作场所辐射安全和防护及环保措施

根据《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30271-2013）、《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）及《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）等标准与文件要求，并结合项目实际情况，本项目 2 间探伤室投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施：

一、探伤室的建设

1、每间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，防护门与所有探伤装置联锁，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。

2、每间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，并与所有探伤装置联锁。“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、每间探伤室拟设 1 套 24 小时持续有效的视频监控系统，且录像保存在 30 天以上，并与厂区现有的值班室（位于南门入口处）联网。2 间探伤室内北侧和南侧墙体拟各设 1 个视频监控探头，迷道口、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。在操作室的操作台拟设专用的监视器，可监控探伤室内人员活动情况和探伤装置的运行情况。

4、每间探伤室的工件门、工作人员出入门、储源坑均拟设置符合 GB 18871-2002 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

5、每间探伤室内的四侧墙面、迷道内、操作室的操作台等处均拟设 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、每间探伤室内拟设 1 套机械通风装置，每小时有效通风换气次数不小于 3 次，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。

7、每间探伤室内拟安装 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室，并与门连锁。

8、每间探伤室拟配置 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、每间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、每间探伤室拟设红外线防盗报警装置，并与当地公安“110”联网。

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

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

辐射安全设施布置方案见图 10-3。

二、探伤室内储源坑的辐射安全和防护措施

本项目在 1#探伤室内西北侧和 4#探伤室内东北侧均设有 2 个储源坑，用于 $^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机不作业时临时贮存，场所的辐射安全和防护措施要求如下：

1、储源坑设计已考虑“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的基本要求，不存放易燃易爆、腐蚀性等物品。

2、储源坑的铅盖均拟设防盗锁，保持在锁紧状态，并指定 2 名工作人员专职负责放射源的保管工作，实行双人双锁制度。探伤室内拟设置 24 小时持续有效的视频监控录像系统，且录像保存时间在 30 天以上，并与值班室联网；拟设置红外线报警装置，并与当地公安“110”联网，满足“防盗、防破坏”要求。

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

4、储源坑拟采用符合标准要求的实体屏蔽进行防护，经辐射环境影响预测，本项目储源坑外 30cm 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 μ Sv/h 的要求，其辐射屏蔽防护性能有效可行，满足“防射线泄漏”要求。

5、储源坑附近严禁存放易燃易爆和腐蚀性物品，本项目储源坑位于探伤室内，均不涉及易燃易爆物质及危险化学品等存放，满足“防爆”的要求。

6、储源坑的坑盖上均拟设显著的电离辐射警告标志，告诫无关人员请勿靠近。

三、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。

四、新建探伤室辐射安全管理措施

1、公司应建立放射源和射线装置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、公司应制定固定式探伤相关管理制度，禁止将电子直线加速器、 γ 射线探伤机和 X 射线探伤机移出探伤室外开展移动探伤作业。

3、严格控制每间探伤室的运行工况，每次探伤工作仅限 1 台探伤装置开机运行，禁止 2 台及 2 台以上探伤装置同时开机运行。

4、本次申报的探伤装置均必须在指定编号的探伤室内开展工作。

5、探伤室涉及多台不同类型探伤装置的使用，应做好 1#探伤室直线加速器和 γ 射线探伤机，4#探伤室 γ 射线探伤机和 X 射线探伤机安全锁的钥匙保管工作，同一间探伤室内所有探伤装置钥匙串结在一起。同时，合理规划多台设备每日探伤的时序问题。

五、辐射监测仪器与防护用品配置

公司已有的辐射监测仪器与防护用品仅满足现有 3 间探伤室的工作需求。根据相关标准要求，本项目在现有的基础上应增配一定数量的辐射监测仪器与防护用品，方可满足探伤工作需求，具体见下表。

表 10-4 本项目扩建后监测仪器与防护用品增配情况

名称	现有数量	新增数量	备注
个人剂量计	9 枚	2 枚	2 枚为放射源管理人员，9 枚为辐射工作人员
个人剂量报警仪	9 台	2 台	2 台为放射源管理人员，9 台为辐射工作人员
便携式 X- γ 剂量率仪 (含报警功能)	3 台	1 台	每间探伤室配置 1 台，供放射源管理人员和辐射操作人员使用
固定式辐射剂量监测仪 (含报警功能)	3 台	1 台	每间探伤室配置 1 台
长柄夹（长度至少 1.5m）	1 个	1 个	每两间探伤室共用 1 个
储源罐	1 个	1 个	每两间探伤室共用 1 个
铅衣、铅帽、铅围脖、铅手套、铅眼镜	各 2 套	各 2 套	每间探伤室配置 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。

六、探伤设施的退役

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

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

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：

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掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样处理。

③X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。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。

④清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

⑤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。

七、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

本项目危废的暂存依托项目西北侧现有的 1#危废暂存间和 2#危废暂存间，其中废胶片存放于 1#危废暂存间，该场所的建筑面积为 25m²，一次性最大贮存能力为 10t；废显（定）影液和洗片废液存放于 2#危废暂存间，该场所的建筑面积为 78m²，一次性最大贮存能力为 30t。危废暂存间已采用防盗门，门上均设置符合《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）要求的危废标识和防盗锁，并指定专人管理。库内地面已硬化处理并采取防渗措施，四周设有液体导流和收集设施，已分区存放，现场处张贴有《危险废物污染环境防治责任制度》、《危险废物管理周知卡》等。现有危废暂存间的建设满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求。根据现有 2025 年 9 月 5 日的危废转移联单（见附件 15），1#危废暂存间主要存放主体工程产生的废活性炭、废油漆桶、废油漆毡、油漆渣及现有 1#探伤室产生的废胶片等危废，2025 年上半年至转移时产生量约 0.93t，转移周期为半年一次，故还有剩余空间容纳本项目产生的废胶片；2#危废暂存间主要存放主体工程产生的磷化废液、废机油及现有 1#探伤室产生的废显（定）影液、洗片废液等危废，2025 年上半年至转移时产生量约 6.6812t，转移周期为半年一次，故还有剩余空间容纳本项目产生的废显（定）影液、洗片废液。

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 (设施)名称	危险废物名 称	危险废 物类别	危险废物 代码	位置	占地 面积	贮存 方式	贮存 能力	贮存 周期
1	1#危废 暂存间	废胶片	HW16	900-019-16	本项目 西北侧	25m ²	专用 防渗 容器	10t	一年
2	2#危废 暂存间	废显（定） 影液	HW16	900-019-16		78m ²		30t	一年
3		洗片废液	HW16	900-019-16					

（2）危废暂存间的环境管理

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。

（3）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。

（4）危废的委托处置

浙江三方阀控制股份有限公司已与并兰溪自立环保科技有限公司签订了工业废物（液）处理处置合同，危废集中收集后统一交由有资质单位进行处理。因此，本项目危废委托处置方案可行。

八、探伤室辐射安全和防护及环保措施与相关标准符合性分析

本项目 1#和 4#探伤室使用 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机，1#和 4#探伤室辐射安全和防护及环保措施与《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）符合性分析见下表。

表 10-6 本项目与环发[2007]8 号文的对照性分析评价

序号	文件要求内容	本项目情况	符合情况
1	至少有 1 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	公司已成立以何文光为组长，方鉴为副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。	符合
2	每台探伤装置须配备 2 名以上操作人员，操作人员应参加辐射安全与防护培训，并考核合格。	公司每台 γ 射线探伤机均拟配备 2 名探伤操作人员，操作人员上岗前拟参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	符合
3	必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。	公司已持有辐射安全许可证，本项目报批后，公司应当及时向生态环境部门重新申领辐射安全许可证。	符合
4	探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。	该公司拟在日常操作中落实该要求，当 γ 射线探伤装置到 10 年年限后，及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。	符合
5	明确 2 名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。放射源库设置红外和监视器等保安设施，源库门应为双人双锁。探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管的，应利用保险柜现场保存，但须派专人 24 小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。	公司现有与拟建储源坑均设于探伤室内，仅用于存放所在探伤室使用的 γ 射线探伤机，已配置 2 名专职管理人员负责放射源库的保管工作。探伤室内及门口拟设置 24 小时持续有效的视频监控录像系统，探伤室内拟设置红外线报警装置，并与当地公安“110”联网，储源坑外表面拟设置电离辐射警告标志。	符合
6	制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有 2 人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。	公司已制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度，并由专门的放射源保管员做好放射源相关的领取、归还和登记工作，在今后的探伤工作过程中严格按照制度执行，由 2 名源库工作人员在场定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应，核实记录妥善保存，并建立计算机管理档案。	符合
7	每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	公司已制定相应的设备维修制度，制度中明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录；实际探伤过程中严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合
8	探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	公司承诺开展探伤工作时，至少 2 名操作人员同时在场。每名操作人员均佩戴 1 枚个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪，个人剂量计拟定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	符合

9	每次探伤工作前,操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。	公司已制定 γ 射线室内探伤操作规程,明确规定:每次探伤工作前,操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。实际工作过程中,探伤操作人员严格按照探伤操作规程执行。	符合
10	更换放射源时,探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》,申请转入放射源;探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起20日内,分别将1份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。	本项目探伤装置装源(包括更换放射源)由放射源生产单位操作,并承担安全责任,浙江三方控制阀股份有限公司不得自行进行装源操作。更换放射源时,该公司拟向浙江省生态环境厅提交《放射性同位素转让审批表》,申请转入放射源;在转让活动完成之日起20日内,公司与放射源生产单位拟分别将1份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。	符合
11	发生或发现辐射事故后,当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求,立即向使用地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	公司已制定辐射事故应急预案,在预案中明确规定:发生或发现辐射事故后,当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告,公司应根据法规要求,立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	符合
12	探伤室建筑(包括辐射防护墙、门、辐射防护迷道)的防护厚度应充分考虑 γ 射线直射、散射效益。	本项目探伤室拟采用混凝土防护墙及防护门对 γ 射线进行屏蔽,经理论预测,其屏蔽防护措施能够满足标准要求。	符合
13	探伤室应安装固定式辐射剂量仪,剂量率水平应显示在控制机房内,并与门连锁	探伤室内拟安装固定式剂量监测系统,剂量率水平应显示在操作室内,并与门连锁。	符合
14	应配置便携式辐射检查报警仪,该报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。	公司承诺按要求配置便携式辐射检测报警仪,并将该报警仪与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。	符合
15	探伤室工作人员入口门外和被探伤物件出入口门外应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱。探伤作业时,应由声音警示,灯箱应醒目显示“禁止入内”。	本项目探伤室防护门外拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱,警告无关人员勿靠近探伤室或在探伤室周围做不必要的逗留。	符合
16	γ 射线探伤室的各项安全措施必须定期检查,并做好记录。	公司承诺将对本项目探伤室的各项安全措施定期检查,并做好记录,并在管理制度里明确上述要求,在今日的工作中严格按照制度实施。	符合

本项目1#探伤室使用电子直线加速器,1#探伤室辐射安全和防护及环保措施与《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB5172-2025)符合性分析见下表。

表 10-7 与《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB5172-2025)符合性分析

序号	标准要求内容	项目拟设置情况	符合性分析
1	控制区、监督区的入口应设置控制区和监督区标识,控制区出入口和其他适当	监督区外拟划黄色警戒线,1#探伤室防护门(控制区出入口)显著位	符合

	位置还应设置明显的电离辐射警告标志。	置拟设置电离辐射警告标志和中文警示说明。	
2	加速器室、束流终端室应设置足够的屏蔽体以达到辐射屏蔽设计目标,并确保人员受照剂量满足“职业照射剂量约束值不超过 5mSv/a,公众照射剂量约束值不超过 0.1mSv/a”的要求。	本项目 1#探伤室已设计足够的屏蔽体,经理论计算,本项目所致辐射工作人员和公众年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求(职业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$; 公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$)。	符合
3	风管、电缆和水管等需要贯穿屏蔽体时,贯穿开口宜避开束流前向和全居留场所,采用 S 型或 U 型等非直通方式,必要时应增设局部屏蔽体以达到辐射屏蔽设计目标。	本项目 1#探伤室预留穿墙管道(控制导管、电缆管线、预留电器等设施穿墙管道)与排风管道均以“U”型管道穿越探伤室	符合
4	加速器室和束流终端室出入口应设有出入管控措施以防止人员未经授权进入。	监督区外拟划黄色警戒线,1#探伤室防护门(控制区出入口)显著位置拟设置电离辐射警告标志和中文警示说明,警告无关人员勿靠近探伤室或在探伤室周围做不必要的逗留。	符合
5	粒子加速器主要控制系统应利用开关钥匙或具有类似功能的装置控制,并设置控制系统操作人员的权限,确保开关钥匙或装置处于受控状态。	本项目电子加速器射线源开关有钥匙控制,且与探伤室防护门串联。	符合
6	加速器室和束流终端室出入口的门应设置门-机连锁,某区域连锁门未完全关闭时该区域不能供束。	本项目 1#探伤室拟设置门-机连锁,以确保在防护门关闭后才能进行探伤作业。	符合
7	加速器室和束流终端室内部及其各出入口、控制室/台的显著位置,应设有必要数量的急停装置。急停装置周围应设有醒目标识及文字显示。	本项目 1#探伤室内的四侧墙面、迷道内及操作室的操作台等处均拟设 1 个紧急停机按钮,并给出清晰的标记和说明。	符合
8	粒子加速器工作场所应设置工作状态指示装置。其中,加速器室、束流终端室内部应设有工作状态指示及警示装置,在加速器准备运行前发出警示信号。加速器室和束流终端室出入口应设置与区域内束流状态连锁的工作状态指示装置并配有中文说明。	本项目 1#探伤室的防护门口和内部均拟安装显示“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。	符合
9	加速器室和束流终端室内应设紧急开门装置。	本项目 1#探伤室工件门和人员门的内侧分别拟设 1 个室内紧急开门装置。	符合
10	粒子加速器屏蔽体外相邻场所内人员全居留场所且剂量率可能超过辐射屏蔽设计目标的区域应安装固定式区域辐射监测仪。当监测数据超过设定阈值时,发出报警信号。	操作室拟安装 1 个固定式场所辐射探测报警装置探头。	符合

11	为了解加速器室和束流终端室内的束流状态和辐射水平,必要时可在束流运行区域内安装固定式区域辐射监测仪。	本项目 1#探伤室内拟安装 1 个固定式场所辐射探测报警装置探头。	符合
12	可能产生感生放射性气体或臭氧等有害气体的粒子加速器工作场所应设置通风系统,通风系统的设计应确保气流方向由低污染区流向高污染区,并根据放射性气体或臭氧等有害气体的产生量和工作需要确定换气次数。	本项目 1#探伤室净容积约 498m ³ (含迷道),设计风机风量均不低于 5000m ³ /h,有效通风换气次数不低于 10 次/h,排风管道外口朝向厂区道路,排风口高出地面 3m。	符合
13	应合理布置粒子加速器工作场所内进风口和排风口的位置,室外进风口应避免受到排风的污染。	本项目 1#探伤室净容积约 498m ³ (含迷道),设计风机风量均不低于 5000m ³ /h,有效通风换气次数不低于 10 次/h,排风管道外口朝向厂区道路,排风口高出地面 3m。	符合
14	粒子加速器调试、运行和维修应遵循相应的操作规程并采取相应的辐射防护措施,确保调试、运行和维修期间的辐射安全。	电子直线加速器由生产厂家专业工程师负责	符合

10.2 “三废”的处理

10.2.1.1 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 ^{192}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坑内,做好保管工作。

10.2.2 非放射性“三废”

(1) 本项目电子直线加速器、 γ 射线探伤机和 X 射线探伤机在工作状态时,产生的 X、 γ 射线将会使探伤室内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物。探伤室内拟设机械排风系统,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 土建施工阶段

本项目施工期涉及探伤室及辅助用房的施工建设，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) 扬尘

在整个施工期，扬尘来自于材料运输、基础建设等施工活动，由于扬尘源多且分散，属无组织排放。受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性大。因此，建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，以降低建筑扬尘对周围环境的影响，现场堆积建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。土建工程结束后扬尘影响即可恢复。

(2) 噪声

施工机械在运行中会产生噪声，拟采用低噪声设备，避免夜间施工等措施以降低噪声影响，对周围环境影响较小。

(3) 废水

本项目施工期污水主要为各种施工机械设备清洗用水和施工现场清洗、建材清洗、混凝土养护产生的废水以及施工人员的生活污水。生活污水经化粪池预处理后，纳入市政污水管网，清洗用水用于场地洒水抑尘、场地浇灌等，含有泥浆的建筑废水经沉淀后进行回收利用。

(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及施工人员生活垃圾，建筑垃圾于指定位置堆放后按规定处置，生活垃圾统一收集后委托环卫部门及时清运处理。

11.1.2 设备安装调试阶段

待本项目的电子直线加速器、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，浙江三方控制阀股份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两间探伤室投入使用时对周围环境的辐射影响。

11.2.1 场所周围辐射水平

11.2.1.1 预测工况确定

本项目 1#探伤室拟配置 1 台 6MeV 电子直线加速器和 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机，其中电子直线加速器有用线束朝向 1#探伤室的西侧，其他侧为泄漏辐射和散射辐射； ^{192}Ir - γ 射线探伤机有用线束朝向 1#探伤室的任一侧；4#探伤室拟配置 2 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（一用一备）和现有 2 台 XXQ-2505 型 X 射线定向探伤机， ^{192}Ir - γ 射线探伤机有用线束朝向 4#探伤室的任一侧，X 射线定向探伤机有用线束朝向 4#探伤室的西侧。每间探伤室仅限一台探伤装置开机作业，两间探伤室存在同时运行的工况。

表 11-1 本项目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	靶点距离各侧内墙的距离 (m)					
			有效厚度 D(mm)	HVL/TVL (mm)		东墙	南墙	西墙	北墙	顶棚	地坪
1#探伤室	$3.7 \times 10^6 \text{MBq}$	$0.17 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$	1600mm 混凝土	HVL 50mm	2.3E-10	1.0	1.0	1.0	1.0	9.8	0.4
				TVL ₁ : 370mm; TVL: 330mm							
4#探伤室	$3.7 \times 10^6 \text{MBq}$	$0.17 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$	900mm 混凝土	HVL 50mm	3.8E-06	1.0	1.0	1.0	1.0	8.0	0.4
				HVL: 28mm							
	$23.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	5mA									

由上表可知，射线能量：电子直线加速器 $>^{192}\text{Ir}$ - γ 射线探伤机 $>$ X 射线探伤机。对于 2#探伤室，X 射线探伤机与 ^{192}Ir - γ 射线探伤机作业范围完全一致，且 X 射线探伤机射线能量小于 ^{192}Ir - γ 射线探伤机。因此，综合考虑有用线束朝向、射线能量与什值层厚度、探伤机的作业范围后，1#探伤室以单台电子直线加速器和单台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机为预测对象，4#号探伤室以单台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机为预测对象。

11.2.1.2 测点位选取

根据本项目工程特征及探伤室周围环境状况，选择关注点为 2 间探伤室四周屏蔽墙、顶棚和防护门外 30cm 处。关注点的分布情况见图 11-1 和图 11-2，关注点情况列于表 11-2。

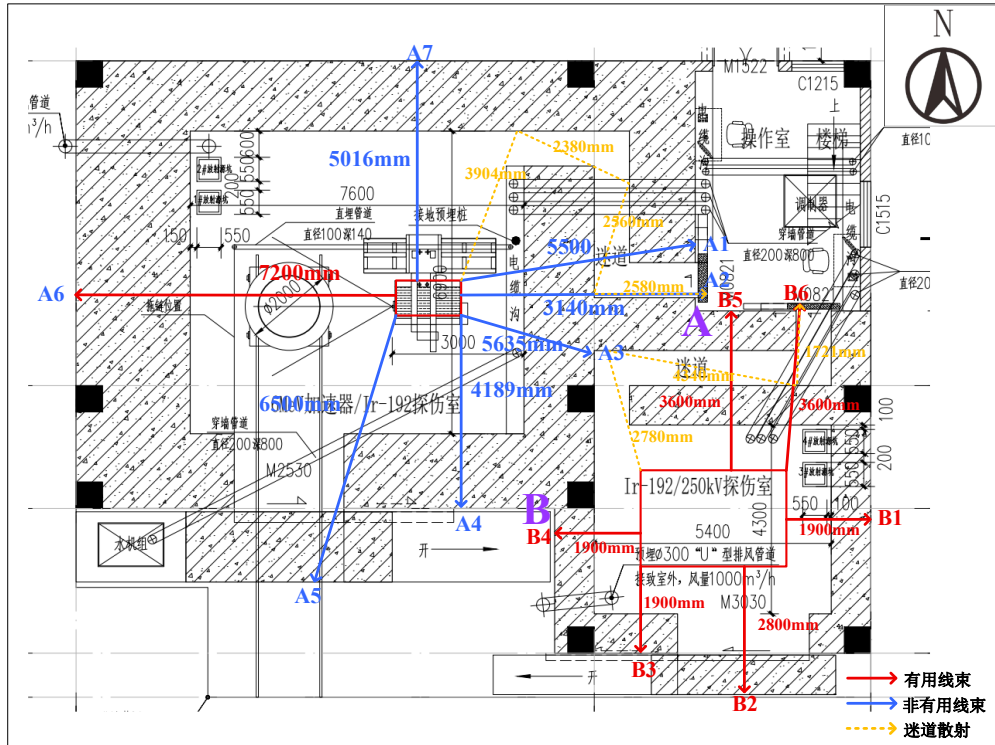


图 11-1 探伤室平面布局及预测点位示意图 (1)

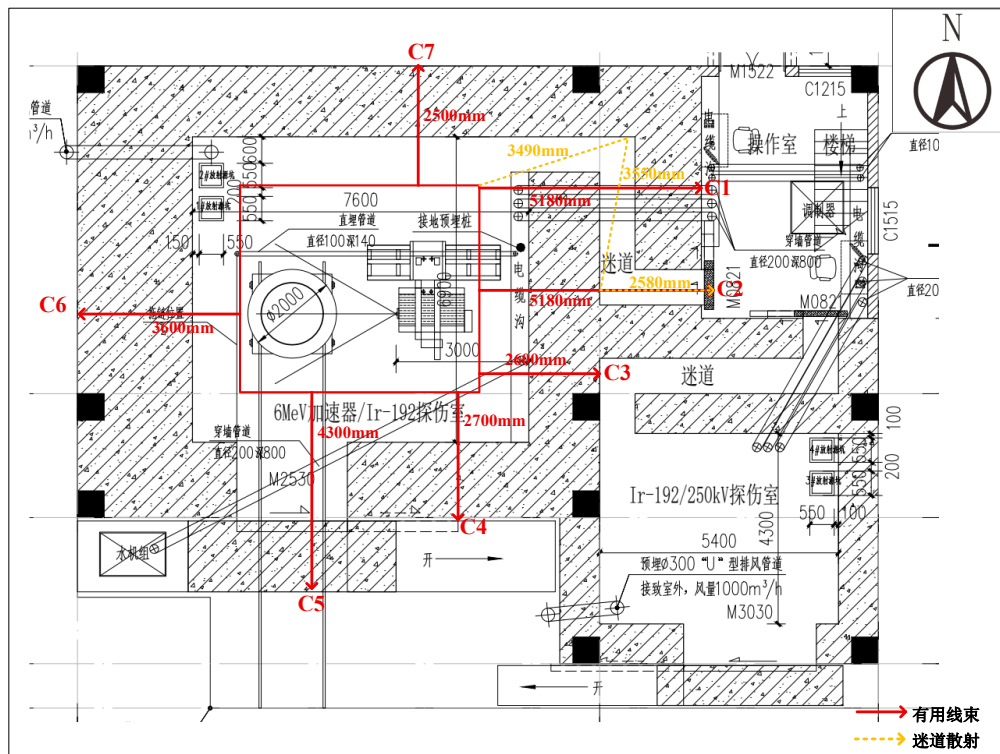


图 11-2 探伤室平面布局及预测点位示意图 (2)

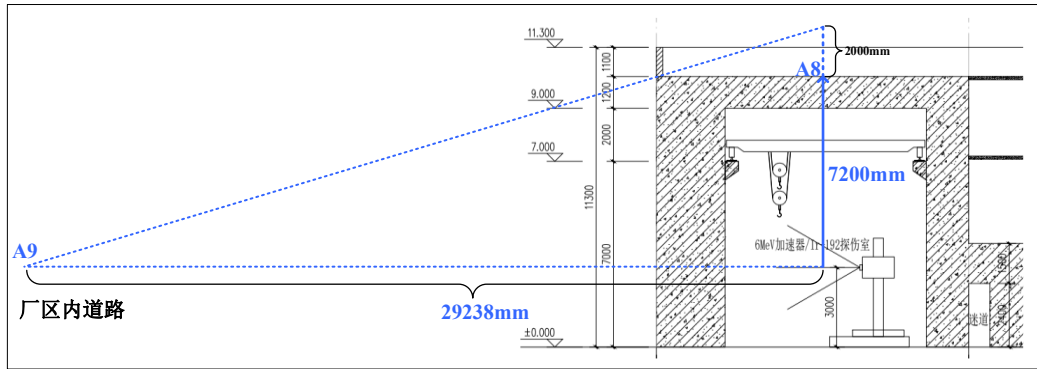


图 11-3 1#探伤室剖面布局及预测点位示意图 (1)

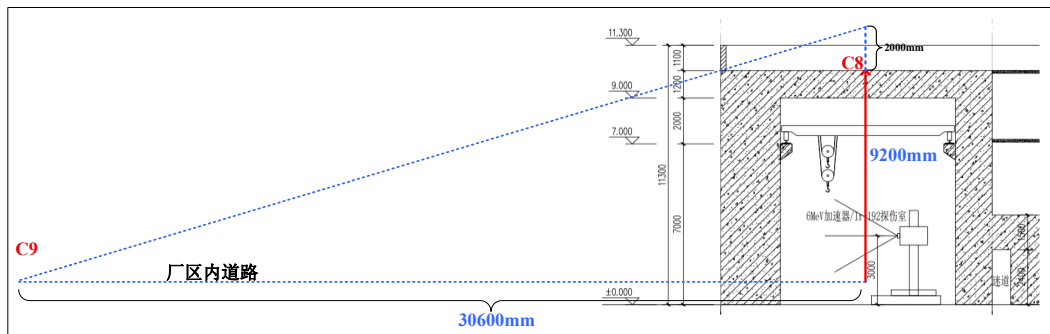


图 11-4 1#探伤室剖面布局及预测点位示意图 (2)

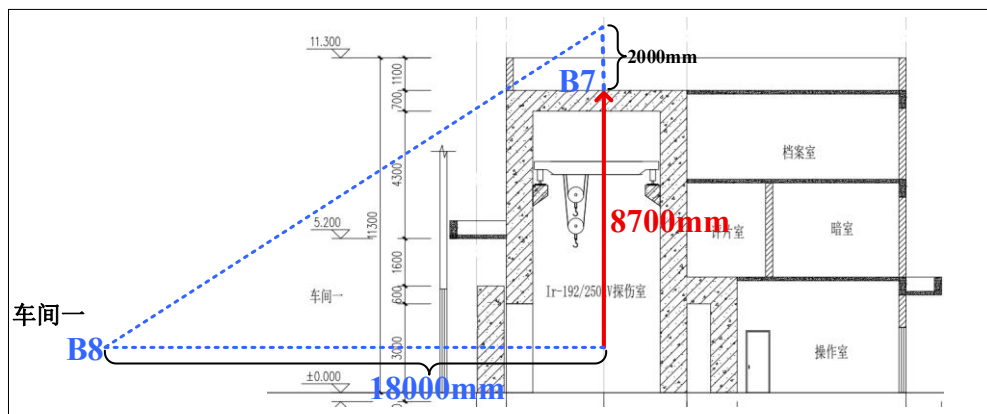


图 11-5 4#探伤室剖面布局及预测点位示意图

表 11-2 预测点位基本情况表

场所名称	点位	点位描述	环境特征	需考虑的辐射类型
1#探伤室	A1/C1	东墙外 30cm 处	操作室	电子直线加速器：泄漏辐射、散射辐射 γ 射线探伤机：有用线束
	A2/C2	工作人员出入口外 30cm 处	操作室	电子直线加速器：泄漏辐射、散射辐射 γ 射线探伤机：有用线束
	A3/C3	东墙外 30cm 处	1#探伤室	电子直线加速器：泄漏辐射、散射辐射 γ 射线探伤机：有用线束、迷道散射
	A4/C4	南墙外 30cm 处	车间一	电子直线加速器：泄漏辐射、散射辐射 γ 射线探伤机：有用线束
	A5/C5	工件门外 30cm 处	车间一	电子直线加速器：泄漏辐射、散射辐射 γ 射线探伤机：有用线束

	A6/C6	西墙外 30cm 处	厂区内道路	电子直线加速器：有用线束 γ 射线探伤机：有用线束
	A7/C7	北墙外 30cm 处	厂区内道路	电子直线加速器：泄漏辐射、散射辐射 γ 射线探伤机：有用线束
	A8/C8	顶棚外 30cm 处	无人平台	电子直线加速器：泄漏辐射、散射辐射 γ 射线探伤机：有用线束
	A9/C9	天空反散射点	厂区内道路	电子直线加速器：泄漏辐射、散射辐射 γ 射线探伤机：有用线束、天空反散射
4#探伤室	B1	东墙外 30cm 处	厂区内道路	γ 射线探伤机：有用线束
	B2	工件门外 30cm 处	车间一	γ 射线探伤机：有用线束
	B3	南墙外 30cm 处	车间一	γ 射线探伤机：有用线束
	B4	西墙外 30cm 处	车间一	γ 射线探伤机：有用线束
	B5	北墙外 30cm 处	操作室	γ 射线探伤机：有用线束
	B6	工作人员出入口 外 30cm 处	操作室	γ 射线探伤机：有用线束、散射辐射
	B7	顶棚外 30cm 处	无人平台	γ 射线探伤机：有用线束
	B8	天空反散射点	车间一	γ 射线探伤机：有用线束、天空反散射辐射

11.2.1.3 电子直线加速器辐射影响预测（1#探伤室）

（1）电子束对周围环境的影响

根据《辐射防护技术与管理》（张丹枫、赵兰才主编），电子在物质中最大射程可由下式计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{\beta\max} \quad (11-1)$$

式中：d——最大射程，cm；

ρ ——防护材料的密度，g/cm³；

$E_{\beta\max}$ ——电子最大能量，MeV。

根据式 11-1 计算可知，本项目加速器电子束的最大能量为 6MeV 时，在空气中（0.00129g/cm³）的最大射程约为 2326cm，在混凝土（2.35g/cm³）的最大射程约为 1.3cm。本项目 1#探伤室的混凝土墙厚均在 1500mm 以上，因此电子直线加速器发射的电子束对 1#探伤室外环境辐射影响可以忽略不计。

（2）X 射线对周围环境的影响

根据《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T30371-2013）附录 C 中的公式 C.1~C.5，同时参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）公式 5 和公式 6，可推导出本项目电子直线加速器关注点处辐射剂量率计算公式如下：

①有用线束和泄漏辐射

$$H = \frac{D_0 \cdot B_X \cdot T \cdot f}{d^2} \quad (11-2)$$

式中：H——关注点处周围剂量当量率，μSv/h；

B_x——X 射线在物质中的屏蔽透射比，按式 11-6 计算；

d——X 射线源到关注点处的距离，m；

D₀——距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率，mGy/min；本项目 6MeV 电子直线加速器距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率为 1200cGy/min，即 12000mGy/min (7.2×10⁸μGy/h)；

T——参考点处的居留因子，本项目均保守取 1；

f——对有用线束取 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，本项目取 0.1%。

② 散射辐射

有屏蔽体情况下散射剂量率计算公式如下：

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

式中：H——关注点处周围剂量当量率，μSv/h；

H₀——第一次散射面上的空气吸收剂量率，μGy/h；本项目 6MeV 电子直线加速器距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率为 1200cGy/min，即 7.2×10⁸μGy/h；

B_x——X 射线在物质中的屏蔽透射比，按式 11-6 计算；

α₁——X 射线第一次散射系数；

α₂ 和 α_n——X 射线第一次散射系数和第 n 次散射系数 (n>2)；

A₁——第一次散射的散射面积，m²；

A_n——迷道的截面积，m²；

d₁——X 射线第一次散射距离，m；

d₂ 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；

对于工作人员出入口 30cm 处，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 1#探伤室迷道门外，具体散射路径见图 11-1。

本项目参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 附录 A，对于能量大于 3MeV 的 X 射线认为其散射一次后的能量均为 0.5MeV；对于初级 X 射线，散射系数 α₁ 取值为 5×10⁻³，对于一次散射后的 X 射线散射系数 α₂ (假设一次散射后的反射过程一样，E=0.5MeV) 取值为 2×10⁻²。

对于散射面积的确定，A₁ 为第一次散射宽度与高度的乘积，之后的散射面积

均为迷道宽度与高度的乘积。X 射线束在反射物上的投照面积 a (m^2) 可由公式 $a = \pi (r_i \times \tan(\theta/2))^2$ 计算获取, 其中 r_i 为辐射源同反射点的距离, θ 为辐射角。本项目电子直线加速器的辐射角为 30° , 靶点与工件最近距离保守取 $1m$, 则 $A_1 = 0.23$, $A_2 = A_3 = A_4 = A_5 = 0.8m \times 2.4m = 1.92m^2$ 。

对于各侧墙体散射距离的确定, d_1 为有用线束到被照射物体的距离, 取 $1m$, d_2 为被照射物体发生散射到关注点的距离;

对于迷道散射距离的确定, $d_1 = 1.0m$, $d_2 = 3.90m$, $d_3 = 2.38m$, $d_4 = 2.56m$, $d_5 = 2.58m$ 。

③天空反散射

1#探伤室为单层建筑, 因此还需考虑天空反散射的影响, 天空反散射示意图见下图。

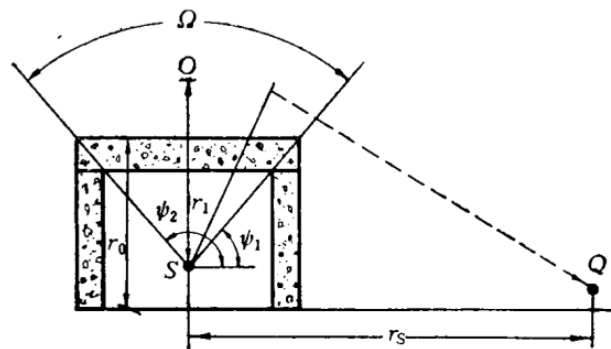


图 11-6 天空反散射示意图

天空反散射剂量率计算公式如下:

$$H = \frac{(2.5 \times 10^{-2} D_0 \cdot \Omega^{1.3})}{(d_i \cdot d_s)^2} B_x \quad (11-4)$$

式中: H ——关注点处周围剂量当量率, $\mu Sv/h$;

d_i ——源到屋顶外表面 $2m$ 高处的垂直距离, m ; 本项目 1#探伤室外高为 $10.2m$, 加速器靶点距离地坪最大距离为 $3m$, 则 d_i 取值 $9.2m$;

d_s ——源到关注点处的最小水平距离, m ; 本项目 1#探伤室取值 $29m$;

D_0 ——距靶 $1m$ 处 X 射线的空气吸收剂量率, $\mu Gy/h$; 本项目 $6MeV$ 电子直线加速器距靶 $1m$ 处 X 射线的空气吸收剂量率为 $1200cGy/min$, 即 $7.2 \times 10^8 \mu Gy/h$;

B_x ——屋顶的屏蔽透射比;

Ω ——X 射线源到屋顶的立体角, Sr ; 设辐射源位于探伤室的作业位置, 如图 11-1 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:

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

式中: a ——屋顶长度之半, m , 本项目 1#探伤室的屋顶外长为 $11.8m$, 则 $a = 5.9m$;

b——屋顶宽度之半，m；本项目 1#探伤室的屋顶外宽为 10.2m，则 b=5.1m；
 c——源到屋顶表面中心的距离，m；本项目 1#探伤室外高为 10.2m，加速器靶点距离地坪最大距离为 3.0m，则 c=7.2m；

d——源到屋顶边缘的距离，且 $d=\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ ，m，本项目 1#探伤室 d=10.6m。

则可计算出： $\Omega=1.5Sr$ 。

④屏蔽透射比

$$B_x = 10^{-(S+TVL_e-TVL_1)/TVL_e} \quad (11-6)$$

式中： B_x ——X 射线在物质中的屏蔽透射比；

S——屏蔽物质的厚度，cm；

TVL₁——第一什值层厚度，cm；

TVL_e——平衡什值层厚度，cm；

根据 NCRP Report No.151:Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-ray Radiotherapy Facilities 中 P161 页表 B.2、P167 页表 B.7 及《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 附录 A 表 A.2 和表 A.3，本项目 TVL₁、TVL_e 取值情况见下表。

表 11-3 TVL₁ 和 TVL_e 取值

X 射线能量 (MeV)	辐射类型	混凝土		铅	
		TVL ₁ (cm)	TVL _e (cm)	TVL ₁ (cm)	TVL _e (cm)
6MeV	有用线束	37	33	5.7	5.7
6MeV	90° 泄漏辐射	34	29	5.7	5.7
0.5MeV	散射辐射	15.2	11.9	0.5	1.2

(3) 单台设备运行预测结果

本项目单台 6MeV 电子直线加速器运行时，1#探伤室周围辐射剂量率预测结果如下：

表 11-4 1#探伤室内单台电子直线加速器独立运行时辐射环境水平预测结果

关注点位	射线来源	衰减距离(m)	屏蔽体			屏蔽透射比 B _x	周围剂量当量率 H	
			有效厚度 S	TVL ₁ (cm)	TVL _e (cm)		屏蔽后 (μSv/h)	总贡献值 (μSv/h)
A1 (东墙)	泄漏辐射	d=5.8	3100mm 混凝土	34.0	29.0	3.04E-11	6.29E-07	6.29E-07
	工件散射	d1=1.0 d2=8.8		15.2	11.9		1.69E-26	
A2(人员门)	泄漏辐射	d=5.9	1600mm 混凝土	34.0	29.0	4.52E-06	9.35E-02	9.35E-02
	迷道散射	d1=1.0m d2=3.90m	20mm 铅	0.5	1.2	5.6E-03	2.69E-06	

		d3=2.38m d4=2.56m d5=2.58m						
A3 (东墙)	泄漏 辐射	d=5.8	1600mm 混凝土	34.0	29.0	4.52E-06	9.67E-02	9.67E-02
	工件 散射	d1=1.0 d2=8.8		15.2	11.9	6.79E-14	9.36E-11	
A4 (南墙)	泄漏 辐射	d=4.5	1700mm 混凝土	34.0	29.0	2.04E-06	7.27E-02	7.27E-02
	工件 散射	d1=1.0 d2=5.5		15.2	11.9	9.81E-15	1.03E-11	
A5 (工件 门)	泄漏 辐射	d=6.8	1600mm 混凝土	34.0	29.0	4.52E-06	7.04E-02	7.04E-02
	工件 散射	d1=1.0 d2=5.6		15.2	11.9	6.79E-14	6.89E-11	
A6 (西墙)	有用 线束	d=7.5	2600mm 混凝土	37.0	33.0	1.75E-08	2.24E-01	2.24E-01
A7 (北墙)	泄漏 辐射	d=5.3	1600mm 混凝土	34.0	29.0	4.52E-06	1.16E-01	1.16E-01
	工件 散射	d1=1.0 d2=4.9		15.2	11.9	6.79E-14	8.99E-11	
A8 (顶棚)	泄漏 辐射	d=7.2	1200mm 混凝土	34.0	29.0	1.08E-04	1.50E+00	1.50E+00
	工件 散射	d1=1.0 d2=7.2		15.2	11.9	1.56E-10	9.57E-08	
A9 (天空反 射)	天空反 散射	d _i =9.2m d _s =29m	1200mm 混凝土	15.2	11.9	1.56E-10	6.69E-08	6.69E-08
注：1#探伤室正下方为土层，属于人员不可达区域，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。								

因此，本项目单台 6MeV 加速器独立运行时，1#探伤室周围辐射剂量当量率最大值为 1.50 μ Sv/h，且该点位为顶棚外 30cm 处无人平台，均不超过 2.5 μ Sv/h，其屏蔽防护性能满足《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等相关标准要求。

11.2.1.4 γ 射线探伤机辐射影响预测（1#和 4#探伤室）

（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：

$$H = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} B_x \quad (11-7)$$

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，放射源 ^{192}Ir 在混凝土中的半值层厚度为 50mm，在铅中的半值层厚度为 3mm。

② 迷道散射

计算公式同前文（11-3），参数意义相同。

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

对于 1#探伤室工作人员出入口 C2 点，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 1#探伤室迷道门外，具体散射路径见图 11-2。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， α_1 取值为 5×10^{-3} ， α_2 取值为 2×10^{-2} 。对于散射面积的确定： $A_1=3.2\text{m} \times 0.8\text{m}=2.56\text{m}^2$ ； $A_2=A_3=2.4\text{m} \times 0.8\text{m}=1.92\text{m}^2$ 。对于迷道散射距离的确定， $d_1=3.49\text{m}$ ， $d_2=3.55\text{m}$ ， $d_3=2.58\text{m}$ 。对于 4#探伤室工作人员出入口 B6 点，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 4#探伤室迷道门外，具体散射路径见图 11-1。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， α_1 取值为 5×10^{-3} ， α_2 取值为 2×10^{-2} 。对于散射面积的确定： $A_1=1.7\text{m} \times 3.0\text{m}=5.1\text{m}^2$ ； $A_2=A_3=0.8\text{m} \times 3.0\text{m}=2.4\text{m}^2$ 。对于迷道散射距离的确定， $d_1=2.78\text{m}$ ， $d_2=4.34\text{m}$ ， $d_3=1.72\text{m}$ 。

③ 天空反散射

计算公式同前文（11-4），参数意义相同。

d_i ——源到屋顶外表面 2m 高处的垂直距离, m; 本项目 1#探伤室外高为 10.2m, γ 射线探伤机靶点距离地坪最大距离为 1.0m; 4#探伤室外高为 10.2m, γ 射线探伤机靶点距离地坪最大距离为 1.5m;

d_s ——源到关注点处的最小水平距离, m; 本项目 1#探伤室取值 30.6m; 4#探伤室取值 18m;

D_0 ——距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率, $\mu\text{Gy/h}$; 本项目 γ 射线探伤机距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率为 $6.29 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$;

a——屋顶长度之半, m, 本项目 1#探伤室的屋顶外长为 11.8m; 4#探伤室的屋顶外长为 7.2m;

b——屋顶宽度之半, m; 本项目 1#探伤室的屋顶外宽为 6.9m; 4#探伤室的屋顶外宽为 6.1m;

c——源到屋顶表面中心的距离, m; 本项目 1#探伤室外高为 10.2m, γ 射线探伤机靶点距离地坪最大距离为 1.0m; 本项目 4#探伤室外高为 10.2m, γ 射线探伤机靶点距离地坪最大距离为 1.5m;

d——源到屋顶边缘的距离, 且 $d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$, m。

表 11-5 天空反散射各项参数取值表

参数	1#探伤室	4#探伤室
d_i	11.2m	10.7m
d_s	30.6m	18m
a	5.9m	3.6m
b	3.45m	3.05m
c	9.2m	8.7m
d	11.5m	9.9m
Ω	0.8Sr	0.5Sr

(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, 4#探伤室周围辐射剂量率预测结果如下:

表 11-6 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 来源	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 ($\mu\text{Sv/h}$)	总贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)
4#探伤室							
B1 (东墙)	有用 线束	r=2.2	900mm 混凝土	50	3.81E-06	4.96E-01	4.96E-01
B2 (工件门)	有用 线束	r=3.1	900mm 混凝土	50	3.81E-06	2.50E-01	2.50E-01
B3	有用	r=2.2	900mm 混凝土	50	3.81E-06	4.96E-01	4.96E-01

(南墙)	线束						
B4 (西墙)	有用 线束	r=2.2	900mm 混凝土	50	3.81E-06	4.96E-01	4.96E-01
B5 (北墙)	有用 线束	r=3.9	1800mm 混凝土	50	1.46E-11	6.02E-07	6.02E-07
B6 (人员门)	有用 线束	r=3.9	900mm 混凝土	50	3.81E-06	1.58E-01	1.58E-01
	迷道 散射	d1=2.78m d2=4.34m d3=1.72m	15mm 铅	3	3.13E-02	5.36E-05	
B7 (顶棚)	有用 线束	r=8.7	700mm 混凝土	50	6.10E-05	5.07E-01	5.07E-01
B8 (天空反 散射点)	天空 反散射	di=10.7m ds=18m	700m 混凝土	50	6.10E-05	1.78E-06	1.78E-06
1#探伤室							
C1 (东墙)	有用 线束	r=5.5	3100mm 混凝土	50	2.17E-19	4.51E-15	4.51E-15
C2 (人员门)	有用 线束	r=5.5	1600mm 混凝土	50	2.33E-10	4.84E-06	1.21E-05
	迷道 散射	d1=3.49m d2=3.55m d3=2.58m	20mm 铅	3	3.13E-02	7.26E-06	
C3 (东墙)	有用 线束	r=2.9	1600mm 混凝土	50	2.33E-10	1.74E-05	1.74E-05
C4 (南墙)	有用 线束	r=3.0	1700mm 混凝土	50	3.73E-09	2.60E-04	2.60E-04
C5 (工件门)	有用 线束	r=4.6	1600mm 混凝土	50	2.33E-10	6.92E-06	6.92E-06
C6 (西墙)	有用 线束	r=3.9	2600mm 混凝土	50	2.22E-16	9.18E-12	9.18E-12
C7 (北墙)	有用 线束	r=2.8	1600mm 混凝土	50	2.33E-10	1.87E-05	1.87E-05
C8 (顶棚)	有用 线束	r=9.5	1200mm 混凝土	50	5.96E-08	4.15E-04	4.15E-04
C9 (天空反 散射点)	天空 反散射	di=11.2m ds=30.6m	1200m 混凝土	50	5.96E-08	9.40E-10	9.40E-10
注：1#和4#探伤室正下方为土层，属于人员不可达区域，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。							
因此，本项目单台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机独立运行时，1#探伤室周围辐射剂量当量率最大值为 $4.15 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ ，4#探伤室周围辐射剂量当量率最大值为 $0.507 \mu\text{Sv/h}$ ，均不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，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，可定性推导出本项目 $^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机独立运行时，1#和 4#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。

11.2.1.5 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一个操作室及两间探伤室的交接处等特殊点位（见图 11-1），需考虑剂量叠加影响，具体核算结果见表 11-5。

表 11-7 两间探伤室同时运行时关注点处的周围剂量当量率

关注点名称	关注点处周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）		
	1#探伤室单独运行	4#探伤室单独运行	2 间探伤室同时运行
2 间探伤室交接处 A	9.35E-02（关注点 A2）	6.02E-07（关注点 B5）	9.35E-02
2 间探伤室交接处 B	7.27E-02（关注点 A3）	4.96E-01（关注点 B4）	5.69E-01

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 $0.569\mu\text{Sv/h}$ ，可满足《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

现有 2#和 3#探伤室位于本项目拟建址西南侧约 6m，根据本项目辐射环境现状检测报告，本项目运行过程中可不考虑现有 2#和 3#探伤室的辐射剂量贡献值。

11.2.1.6 探伤室局部贯穿辐射影响

本项目 1#探伤室预留 3 根穿墙管道，以“U”型管道穿越 1#探伤室的东墙和迷道墙，连接至操作室的控制台，管径均为 200mm，埋深均为 800mm；排风管道预留 1 根，管径 300mm，埋深 400mm，以“U”型地埋管道穿越 1#探伤室的西墙连至室外，排风口高出地面 3m。4#探伤室预留 3 根穿墙管道，以“U”型管道穿越 4#探伤室的北墙，连接至操作室的控制台，管径均为 200mm，埋深均为 800mm；排风管道预留 1 根，管径 300mm，埋深 400mm，以“U”型地埋管道穿越 1#探伤室的西墙连至室外，排风口高出地面 3m。

本项目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，本项目穿墙、通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。

11.2.1.7 放射源储存设施辐射影响预测

（1）储源坑的容积设计合理性分析

本项目 1#和 4#探伤室内均设 2 个储源坑，用于存放不作业时的 $^{192}\text{Ir-}\gamma$ 射线探伤机。

设计原则均为“一源一坑”，布局设计相同，内尺寸均为 450mm（长）×450mm（宽）×470mm（深），坑四壁与底部均为混凝土层，顶盖尺寸为 550mm（长）×550mm（宽），采用 10mm 铅板，顶盖与源坑各侧之间的搭接均为 50mm，坑口高出地面 100mm。

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机外尺寸一般为 350mm（长）×130mm（宽）×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：

$$K = \frac{K_0}{N} \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \quad (11-8)$$

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 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 ^{192}Ir 在铅中的半值层厚度为 3mm。

储源坑呈下沉式，四壁和底部均为人员无法到达区域，故本次评价仅预测坑盖的辐射影响。根据储源坑的设计深度为 470mm，源容器到坑盖外 30cm 处距离 r 保守取值为 0.77m。根据公式（11-8）计算可知，本项目储源坑内存放 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机时，则其坑盖外 30cm 处周围剂量当量率为 0.209 $\mu\text{Sv/h}$ 。基于本项目 1#和 4#探伤室内设置 2 个紧邻排列的储源坑，本报告考虑坑盖的辐射剂量叠加，保守按 2 倍核算，则储源坑的坑盖外 30cm 处周围剂量当量率为 0.418 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对于放射源储存设施“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。

11.2.2 人员受照剂量

11.2.2.1 年有效剂量估算公式

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第 3.1.1 条款中公式

（1），人员受年有效剂量计算公式如下：

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

式中：

E——一年有效剂量，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，本次评价均保守取 1；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子。

11.2.2.2 居留因子确定

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 A 表 A.1，不同场所与环境条件下的居留因子见下表。

表 11-8 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	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息区、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

注：取自 NCRP144。

11.2.2.3 辐射工作人员年有效剂量

(1) 放射源保管人员

本项目放射源保管人员受到辐射照射的途径主要包括两个方面：a) 日常探伤工作，工作人员存取含源的 γ 射线探伤机受到的外照射；b) 含新源的 γ 射线探伤机送入和含废源的 γ 射线探伤机取走的过程，工作人员近距离接触导致的外照射。

① 日常探伤工作存取含源的 γ 射线探伤机

本项目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（11-9），居留因子取 1，可估算出：完成存/取一次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 $\mu\text{Sv} \times 300 \times 10^{-3} = 1.35\text{mSv}$ ，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)。

②含新源的 γ 射线探伤机送入和含废源的 γ 射线探伤机取走的过程

本项目每年换源 4 次, 具体换源过程在放射源生产单位厂区内进行, 浙江三方控制阀股份有限公司不涉及。当含新源的 γ 射线探伤机送入时, 由浙江省科学器材进出口有限责任公司立即取走含废源的 γ 射线探伤机, 最终运回到放射源生产单位进行回收处置。一般双方在探伤室外进行交接, 全程监控。该存取过程涉及到对存取源容器出入库表面剂量监测、打开和关闭储源坑、近距离移动 γ 射线探伤机等工作内容。保守假设存入新源的 γ 射线探伤机的过程需要 1min, 工作人员距离探伤机 5cm, 该处周围剂量当量率取 $100\mu\text{Sv/h}$; 取出含废源的 γ 射线探伤机的过程需要 1min, 工作人员距离探伤机 5cm。根据工程分析, 废源的活度约 18.5Ci (保守计作 20Ci), 根据源容器外周围剂量当量率与放射源的活度成正比的关系式, 可推导出含废源的 γ 射线探伤机外 5cm 处的周围剂量当量率为 $20\mu\text{Sv/h}$ 。

上述工作内容由 2 名辐射工作人员完成, 居留因子取 1。根据公式 (11-8) 计算, 则单名辐射工作人员由于含新源的 γ 射线探伤机送入和含废源的 γ 射线探伤机取走所致的年有效剂量为 0.004mSv/a 。

综上所述, 本项目放射源保管人员的剂量叠加结果为 0.679mSv/a , 小于本次评价项目剂量约束值要求 (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》(GB18871-2002) 中剂量限值要求 (职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$)。

(2) 探伤操作人员

本项目探伤操作人员受到辐射照射的途径主要包括两个方面: a) 探伤期间, 工作人员在操作室内拍片受到的外照射; b) 探伤作业前, 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。

①开机状态下

本项目 2 间探伤室同时开机状态下, 对辐射工作人员影响的区域主要在操作室内, 该处周围剂量当量率为 $9.35 \times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ (2 间探伤室交界处 A), 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, 所有工作由 4 名辐射工作人员完成。根据公式 (11-8), 居留因子取 1, 可估算出本项目探伤室开机时操作位处的单名辐射工作人员的年有效剂量为 0.03mSv/a 。

②不开机状态

本项目探伤室不开机状态下，辐射工作人员在每间探伤室内日工作时间为 4h，年工作 300 天，则探伤室内年操作时间为 1200h，所有工作由 4 名辐射工作人员完成。

a、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 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。同时，一间探伤室不开机状态下，辐射工作人员在其内部工作时，另一间探伤室可能会开机。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。根据公式（11-9），居留因子取 1，可估算出本项目探伤室不开机时室内相关操作所致单名辐射工作人员的年有效剂量为 2.72mSv/a。

③综合剂量

综上所述，本项目单名探伤操作人员的剂量叠加结果为：

$$H_{\text{开机}} + H_{\text{不开机}} = 0.03\text{mSv/a} + 0.5\text{mSv/a} + 2.72\text{mSv/a} = 3.25\text{mSv/a}$$

因此，本项目从事固定式 X、 γ 射线探伤操作的单名辐射工作人员的最大年有效剂量为 3.25mSv/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 $\leq 20\text{mSv/a}$ ）。

11.2.2.4 周围公众成员及评价范围内环境保护目标年有效剂量

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（11-9），本项目 1#探伤室和 4#探伤室同时运行时周围公众及评价范围内其他代表性的环境保护目标年有效剂量估算结果见下表。

表 11-9 人员受照剂量计算参数及计算结果一览表

人员属性		居留因子	源点/散射体与关注点距离(m)	源点/散射体与保护目标距离(m)	关注点处辐射剂量率取值($\mu\text{Sv/h}$)	保护目标处辐射剂量率取值($\mu\text{Sv/h}$)	周受照时间(h/周)	周受照总剂量($\mu\text{Sv/周}$)	年受照时间(h/a)	年受照总剂量(mSv/a)	
公众成员	高温试验室	东侧	1/4	2.2	4.96E-01 (B1 关注点)	4.96E-01	24	2.98E+00	1200	1.49E-01	
	低温试验室		1/4	2.2		23.2		4.46E-03		2.68E-02	1.34E-03
	定位器车间		1/4	2.2		33.2		2.18E-03		1.31E-02	6.53E-04
	厂区内道路		1/16	2.2		40.2		1.49E-03		2.23E-03	1.11E-04
	生产车间一	南侧	1/4	2.2	2.2	5.69E-01 (交接处 B)		5.69E-01		3.41E+00	1.71E-01
	厂区内道路	西侧	1/16	7.5	7.5	2.24E-01 (A5 关注点)		2.24E-01		3.36E-01	1.68E-02
	车间二		1/4	7.5	20.5			3.00E-02		1.80E-01	8.99E-03
	铸件仓库		1/8	7.5	27.5			1.67E-02		5.00E-02	2.50E-03
	厂区内道路	北侧	1/16	5.3	5.3	1.16E-01 (A6 关注点)		1.16E-01		1.74E-01	8.70E-03
	其他仓库和车棚		1/8	5.3	25.3			5.09E-03		1.53E-02	7.64E-04
北环路	1/16		5.3	40.3	2.01E-03		3.01E-03	1.50E-04			

根据上表计算可知，本项目两间探伤室同时运行所致公众成员最大受照周有效剂量为 $3.41\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.171mSv 。因此，公众成员年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”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。

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，公司应按照国家规定将废旧放射源返回生产单位。

2、报废的 γ 射线探伤机

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

11.2.3.2 非放射性“三废”

1、臭氧和氮氧化物

本项目电子直线加速器、 γ 射线探伤机和X射线探伤机在工作状态时，产生的X、 γ 射线将会使探伤室内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物。2间探伤室内均各设一套机械排风系统，臭氧和氮氧化物通过排风管道引至探伤室外，排风口高出地面3m。

(1) 臭氧

由于本项目各辐射装置射线能量由大到小依次为电子直线加速器、 ^{192}Ir - γ 射线探伤机、X射线探伤机，故本报告1#探伤室以电子直线加速器为对象，4#探伤室以 ^{192}Ir - γ 射线探伤机为对象，预测本项目室内探伤过程臭氧对周围环境的影响。

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

①平均电子束所致 O_3 的产额

$$P = 45dIG \quad (11-10)$$

式中：P—— O_3 的产额，mg/h；

d——电子束在空气中的行程，本项目保守取值100cm；

I——电子束流强度，mA，本项目保守取值0.1mA；

G——空气吸收100eV辐射能量产生的 O_3 分子数，保守值可取为10；

经计算，本项目1#探伤室电子直线加速器所致 O_3 的产额 $P=4500\text{mg/h}$ 。

②点状 γ 射线密封源所致的 O_3 产额

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

式中：

P——O₃的产额，mg/h；

A——放射性活度，本项目放射源 ¹⁹²Ir 的放射性活度均为 3.7×10¹²Bq，即 3.7×10⁶MBq；

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 ¹⁹²Ir 的周围剂量当量率常数为 0.17μSv·m²/（MBq·h），即 2.83×10⁻⁹Sv·m²/（MBq·min）；

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

V——探伤室的体积，m³，本项目 4#探伤室净容积约 246m³（含迷道）；

经计算：本项目 4#探伤室 γ 射线探伤机所致 O₃ 的产额 P=2.0mg/h。

③O₃ 浓度

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

$$Q = \frac{P \cdot T \cdot (1 - e^{-1/t})}{V} \quad (11-12)$$

式中：Q——空气中 t 时刻 O₃ 的空气浓度，mg/m³；

T——O₃ 的有效清除时间，h。T = $\frac{T_v \cdot T_d}{T_v + T_d}$ ，其中 T_v 表示平均每次换气需通风的时间，h；本项目 1#探伤室的净容积为 498m³（含迷道），设计风量不低于 5000m³/h；4#探伤室的净容积为 246m³（含迷道），设计风量不低于 1000m³/h，则正常通风状态下，1#探伤室对应的 T_v=0.10h，4#探伤室对应的 T_v=0.25h。T_d 表示 O₃ 的有效分解时间，0.83h，则 1#探伤室对应的 T=0.09h；4#探伤室对应的 T=0.19h。

t——连续照射时间，h；

V——探伤室的体积，m³，本项目 1#探伤室的净容积为 498m³（含迷道）；4#探伤室的净容积为 246m³（含迷道）。

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

$$Q = \frac{P \cdot T}{V} \quad (11-13)$$

经计算，本项目 4#探伤室内 γ 射线探伤机所致 O_3 浓度 $Q=1.54 \times 10^{-3} \text{mg/m}^3$ ，本项目 4#探伤室内 O_3 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。

本项目 1#探伤室内电子直线加速器所致 O_3 浓度 $Q=0.80 \text{mg/m}^3$ ；该浓度值大于《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 ”，对工作人员是危险的。

④ O_3 的排放

加速器长期正常运行期间，室内臭氧达到饱和平衡浓度，通常情况下，该浓度大大高于 GBZ2.1 所规定的工作场所最高容许浓度。因此，当加速器停止运行后，人员不能直接进入辐照机房，风机必须继续运行，室内臭氧浓度随时间急剧下降，浓度变化的平衡方程为：

$$d_c/d_t = -C/T \quad (11-14)$$

当 $t=0$ 时，

$$Q_s = Q \quad (11-15)$$

得到浓度随时间的变化公式为：

$$Q_s = Q \cdot e^{-\frac{t}{T}} \quad (11-16)$$

由此可得：

关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -T \cdot \ln \frac{C_0}{Q} \quad (11-17)$$

式中：

C_0 ：GBZ2.1 规定的臭氧的最高容许浓度， $C_0=0.3 \text{mg/m}^3$ ；

T ：为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间（h）。

根据上述公式，本项目加速器停止运行后，本项目加速器停止运行后，1#探伤室需要持续通风的时间预测结果如下：

表 11-10 持续通风时间计算

场所名称	I(mA)	d(cm)	V(m ³)	T _v (h)	T _d (h)	T(h)	Q(mg/m ³)	T(h)
1#探伤室	0.1	100	498	0.10	0.83	0.09	0.80	0.088 (=5.28min)

因此，本次评价建议电子加速器停机后，1#探伤室继续排风约 6min 后其室内臭氧

浓度可降至要求的 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，可满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）中的限值要求（臭氧最高允许浓度 $\leq 0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ），室内环境空气质量得到保证。

（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 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ”，满足标准要求。

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

本项目 X 射线探伤机与电子直线加速器仅在接通电源工作时可以产生 X 射线，因此贮存阶段不会产生 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 11-11 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/电子直线加速器	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。	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

		②人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。	即整改。 ②对固定式探伤制定操作规程，明确电子直线加速器、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，导致人员进入探伤室内未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ②储源坑铅板的防盗锁损坏，导致人员进入探伤室内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内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，检查探伤室内的视频监控系统、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内储源坑的环境监测，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-机连锁失效，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，造成严重的安全隐患。 ④检修机器时γ射线探伤机中	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-机连锁、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，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

	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>⑥人为故意引起的辐射照射。</p>	<p>岗。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>
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许可管理办法（2021年修改）》等法律法规要求，使用II类射线装置和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 机构的设置

公司已成立以何文光为组长，方鉴为副组长的辐射安全管理小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作，明确了相关负责人和各成员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施，可以满足本项目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1.9.2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）》，本项目辐射工作人员辐射安全考核专业类别见下表。

表 12-1 本项目辐射工作人员辐射安全考核专业类别清单

序号	工作人员属性	辐射安全考核专业类别
1	辐射安全管理人员	辐射安全管理
2	放射源管理人员	γ射线探伤
3	X射线固定式探伤操作人员（X射线探伤机、加速器）	X射线探伤
4	γ射线固定式探伤操作人员	γ射线探伤

12.2 辐射安全管理规章制度

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

12.2.1 现有规章制度执行与落实情况

公司现有辐射安全规章制度制定情况见前文表 1 中 1.9.2 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。

12.2.2 本项目规章制度要求

本项目在现有电子直线加速器、X射线探伤机和¹⁹²Ir-γ射线探伤机固定式探伤的内容，对原有辐射安全管理制度进行针对性的补充、完善，制定相关规章制度后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）将本次新增探伤工作场所的监测方案纳入原有监测制度；
- （2）结合本项目探伤室运行时的辐射风险，完善辐射事故应急预案。

综上所述，公司在落实上述制度后，能够确保本项目探伤室的安全使用，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。现有辐射工作人员均按要求开展了个人剂量监测与职业健康体检，符合相关标准要求。公司现有 9 枚个人剂量计、9 台个人剂量报警仪、3 台便携式 X-γ 剂量率仪、3 台固定式辐射剂量监测仪、1 个长柄夹、1 个储源罐、2 套个人防护用品（铅衣、铅帽、铅围脖、铅手套、铅眼镜），可以满足现阶段的固定式探伤工作要求。公司每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，公司已委托杭州普洛赛斯检测科技有限公司开展 2026 年度场所辐射检测工作（见附件 12），检测日期：2026 年 5 月 21 日，相关检测结果满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和现阶段的最新标准《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）中的相关标准要求。

12.3.2 本项目辐射监测要求

12.3.2.1 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 类射线装置与 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。

本项目辐射监测仪器配置计划见前文的表 10-4。待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，公司每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正和维护，并建立完善的辐射防护检测设备台账。

12.3.2.2 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（不超过 1 次/季）和职业健康检查（不少于 1 次/2 年），建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

12.3.2.3 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。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 8.3.4 条款和《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）第 7.2.1.3 条规定，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。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。

本项目辐射工作场所监测计划建议如下：

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
1#探伤室、4#探伤室	验收监测	周围剂量当量率	①控制区：探伤室的四侧屏蔽墙、防护门及顶棚外 30cm 处、防护门门缝四周、各类穿墙管道口处、储源坑表面 30cm 处；含源 γ 射线探伤机出入储源坑时源容器表面； ②监督区：工作人员操作室内人员操作位及评价范围内需关注的环境敏感目标。	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
	放射性固废	周围剂量当量率	加速器废靶外表面	废靶回收处置前	自行监测

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 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》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。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，公司已对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估（见附件 13），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，2025 年度安全和防护状况评估报告已按要求及时上报。

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

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的

防范措施，并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生行政部门报告，当发生人为破坏行为时，应及时向公安部门报备。

12.6.2 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

本项目投入运行后，公司应根据本项目特点修订和完善现有辐射事故应急预案，应在现有预案基础上补充以下内容：

①制定辐射事故应急培训计划方案，每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，以验证该预案的有效性。演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，演习报告存盘。可提出将每年用于辐射应急工作的（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。

在企业制定完善规章制度及操作规程下，严格按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

浙江三方控制阀股份有限公司计划将厂区内现有 1#探伤室及操作室、暗室、评片室等辅助用房进行拆除改造，并扩建 2 间探伤室（编号为 1#探伤室和 4#探伤室）及操作室、暗室、评片室等辅助用房，对自生产的阀门及其零部件、焊缝进行无损检测。其中 1#探伤室拟配置 1 台 6MeV 电子直线加速器和 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机；4#探伤室拟配置 2 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（一用一备）和现有 2 台 XXQ-2505 型 X 射线定向探伤机。所有探伤作业仅限于固定式探伤，不涉及移动式探伤。直线加速器型号为 DZ-6/1000，电子束最大能量为 6MeV，距靶 1m 处 X 射线空气吸收剂量率最大值为 1200cGy/min，有用线束朝向 1#探伤室的西侧，其他方向均为非有用线束；每台 γ 射线探伤机内含 1 枚放射源 ^{192}Ir ，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ /枚，有用线束朝向 1#探伤室和 4#探伤室的任一侧；X 射线探伤机有用线束朝向 4#探伤室的西侧。本项目产生的危废暂存依托现有的危废暂存间，不另设。

13.1.2 辐射安全与防护结论

（1）本项目探伤室四侧墙体、防护门和顶棚在采取实体屏蔽后，其屏蔽防护性能均能符合《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。

（2）探伤工作场所划定控制区和监督区，实行分区管理。探伤室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、排风系统、固定式辐射剂量监测仪（含报警功能）等辐射安全设施，防护门外 1m 处划定黄色警戒线，可满足辐射安全要求。

13.1.3 环境影响分析结论

13.1.3.1 污染因子

本项目污染因子主要为 X 射线、 β 射线、 γ 射线、电子束、废旧放射源、报废的 γ 射线探伤机等放射性污染及臭氧和氮氧化物、废显（定）影液、废胶片与洗片废液等非放射性污染。

13.1.3.2 辐射环境影响评价结论

(1) 场所周围辐射水平预测

经理论预测，本项目探伤室投入运行后，各侧屏蔽墙体和防护门处周围剂量当量率满足均满足《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 2.5 μ Sv/h 的要求。

(2) 保护目标受照剂量

经理论预测，本项目探伤室投入运行后，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 20mSv/a、公众成员 \leq 1mSv/a）以及本项目剂量约束值要求（职业人员 \leq 5.0mSv/a、公众成员 \leq 0.1mSv/a）。

(3) 放射性“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，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。

13.1.3.3 非辐射环境影响评价结论

(1) 臭氧和氮氧化物

探伤过程产生少量臭氧和氮氧化物，通过机械通风装置排至探伤室外，臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

(2) 废显（定）影液、废胶片与洗片废液

探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片、洗片废液均属于危险废物，须定期委托有资质的单位处理，危废暂存间按照要求进行地面硬化，做到防腐防渗，对周围环境几乎不会造成影响。

13.1.4 辐射安全管理结论

(1) 公司已成立以何文光为组长，方鉴为副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。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（包括本项目辐射安全管理人员、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,并按要求及时参加复训。

(3) 公司应为放射源管理人员和辐射操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。同时,个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满75周岁,或者停止辐射工作30年;职业健康监护档案应长期保存。

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

13.1.5 项目可行性结论

(1) 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号),本项目属于核技术在工业领域内的运用,不属于限制类、淘汰类项目,符合国家产业政策的要求。对照《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引(2019年本)》,本项目不属于限制类和淘汰类,符合杭州市产业政策的要求。

(2) 实践正当性

本项目实施的目的是为了对自生产的阀门及其零部件、焊缝进行无损检测,以提高企业生产水平和保证产品质量,具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后,其对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

(3) 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《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》的相关要求,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内主要为浙江三方控制阀股份有限公司的车间一、车间二、铸件仓库、其他仓库、车棚、厂区道路和北环路等,无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测,本项目运营过程中产生的电离辐射,经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是

可接受的。

因此，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

（4）项目区辐射环境背景水平

本项目探伤室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，本项目选址合理，符合国家产业政策，符合实践正当性原则，符合“三区三线”和《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》相关要求，该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，建设单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，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）建设单位应加强对探伤室以及探伤工作场所内人员进出的管理，健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员对辐射防护与操作的理解和执行水平，杜绝辐射事故的发生。

（2）辐射工作人员应规范运行设备并有效使用个人剂量计、个人剂量报警仪等监测用品；建设单位应定期对探伤设备、防护设施进行检查与维修。

（3）建设单位应严格执行相关法律法规，落实有关规定，并及时更新完善，提高制度可操作性。

13.2.2 承诺

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

（2）环评报批后，建设单位需及时向有关部门重新申领《辐射安全许可证》。

（3）建设项目竣工后，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）、《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，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。

(4) 建设单位承诺不擅自在其厂区内自行开展放射源更换工作，并严禁使用超过10年的 γ 射线探伤机。

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