

报告编号：WKFHP-25037

核技术利用建设项目

浙江石化阀门有限公司

X、 γ 射线固定式探伤扩建项目

环境影响报告表

(公示稿)

浙江石化阀门有限公司

2026年04月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江石化阀门有限公司

X、 γ 射线固定式探伤扩建项目

环境影响报告表

建设单位名称：浙江石化阀门有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：杨荣水

通讯地址：浙江省温州经济技术开发区滨海园区三路 518 号

邮政编码：325024

联系人：肖东海

电子邮箱：/

联系电话：15001886299

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	14
表 3	非密封放射性物质	14
表 4	射线装置	15
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	16
表 6	评价依据	17
表 7	保护目标与评价标准	21
表 8	环境质量和辐射现状	30
表 9	项目工程分析与源项	33
表 10	辐射安全与防护	53
表 11	环境影响分析	64
表 12	辐射安全管理	85
表 13	结论与建议	93
表 14	审批	97

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江石化阀门有限公司 X、γ 射线固定式探伤扩建项目			
建设单位		浙江石化阀门有限公司			
法人代表	杨荣水	联系人		联系电话	
注册地址		浙江省温州经济技术开发区滨海园区三路 518 号			
项目建设地点		浙江省温州市龙湾二期（0577-WZ-WW10）D-09 区块			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	780	项目环保投资（万元）	400	投资比例（环保投资/总投资）	51.2%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 迁扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	不新增占地
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	贮存 II 类放射源				
<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位简介</p> <p>浙江石化阀门有限公司（以下简称“公司”）成立于 1985 年 09 月 08 日，注册地址为浙江省温州经济技术开发区滨海园区三路 518 号，是一家专业从事阀门和旋塞等制造及销售的民营企业。</p> <p>公司现有三个厂区：温州经济技术开发区滨海园区 A305 号地块（原温州经济技术开发区滨海园区一道二路 A201 厂区，以下简称“一厂区”）；温州经济技术开发区丁山垦区 D30d-2 地块（以下简称“二厂区”）；温州市龙湾二期（0577-WZ-WW10）D-09 区块（以下简称“三厂区”）。本次辐射项目位于三厂区，公司成立以来非放射性项目环评及验收情况见表 1-1，具体见附件 5。</p>					

表 1-1 企业成立以来环评及验收情况汇总表

厂区	实施项目	环评批复时间	环评批文	建设情况	验收情况	验收文件
一厂区	年产大小 4 万台高、中压阀门迁建项目	2006.03	温开环建（2006）24 号	已建	已验	温开环验（2008）14 号
二厂区	长输管线全焊接大口径球阀、旋塞阀建设项目	2011.11	温开环建（2011）130 号	已建	已验	2019 年完成自主验收
	年产 1000 台（超）临界火电机组用阀门技改项目	2014.07	温开环建（2014）59 号	已建	已验	2019 年完成自主验收
三厂区	新建项目（年产 40 万套阀门）	2025.05	温环建（2025）065 号	建设中	未验	/

公司于 2021 年委托杭州旭辐检测技术有限公司编制了《浙江石化阀门有限公司 X 射线室内探伤项目环境影响报告表》，建设内容为：租赁温州经济技术开发区滨海园区一道二路 A201 厂区（一厂区），新建一间探伤铅房，配备一台 XXH-3005 型 X 射线周向探伤机（最大管电压/最大管电流为 300kV/5mA），该辐射项目用于一厂区生产的高压阀门检测。2021 年 11 月 17 日取得温州市生态环境局的环评批复（文号：温环辐〔2021〕18 号），2021 年 11 月 29 日申领《辐射安全许可证》（证书编号：浙环辐证[C2723]），种类和范围为使用 II 类射线装置，有效期至 2026 年 11 月 28 日，2022 年 07 月 25 日完成自主验收，具体见附件 6 和附件 7。

公司于 2023 年 8 月开始向温州市生态环境局龙湾分局提出申请暂停使用公司现有探伤室，在停用期间，公司所有探伤工作安排委外进行，且探伤室门禁锁定期检查，探伤设备按时做好保养维护等工作。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

公司三厂区主体工程建成后，将形成年产 40 万套阀门的生产规模，产品种类较多，型号规格不同，厚度范围为（10~250）mm，最大尺寸为 2.0m（直径）×5.0m（长），对企业内部的检测水平和质量保证提出了更高要求。经了解，一厂区现有探伤室已于 2023 年 8 月已暂停使用，且存在一定局限性，主要体现在：①老探伤室距离三厂区相对较远，不利于产品运输和转移；②老探伤室内尺寸为 2.3m（长）×2.5m（宽）×2.5m 高，不满足大型尺寸工件实现固定式探伤的要求；③老探伤室仅配置了 1 台 XXH-3005 型 X 射线周向探伤机，射线穿透能力最大约 50mm，无法满足厚度 50mm 以上的产品检测需求；④老探伤室的探伤拍片量有限，无法承担现阶段生产线的检测量需求，容易造成检测工作积压，不满足客户的采购时间需求。结合各探伤装置的探测上限（最大穿透力）和探测下限（设备灵敏度）的差异性，亟需配置更高能量的 II 类放射源和 6MeV 无损加速器等辐射设备来支撑生产发展，其中 ⁶⁰Co-γ 射线探伤机可满足（40-200）mm 厚度的产品检测需求；¹⁹²Ir-γ 射线探伤机可满足（20-100）mm 厚度的产品

检测需求；6MeV 无损加速器可满足（50-280）mm 厚度的产品检测需求；同时为匹配现状生产线产品的无损检测工作量，并兼顾远期业务的上升空间，需建设 3 间探伤室同时运行，提高检测效率，加快供货时间。

在此背景下，公司拟于三厂区（龙湾二期（0577-WZ-WW10）D-09 区块）生产车间一层新建 3 间探伤室及其配套控制室、暗室、危废暂存间、X 射线探伤机暂存间和评片室等。1 号探伤室拟购置 1 台 DZ-6 型 6MeV 电子直线加速器和 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{60}Co 1 枚，活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ），并设置 1 个储源坑用于临时贮存不作业时的 ^{60}Co - γ 射线探伤机；2 号探伤室拟购置 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{60}Co 1 枚，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）和 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{192}Ir 1 枚，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ），并设置 1 个储源坑用于临时贮存不作业时的 ^{60}Co - γ 射线探伤机，设置 3 个储源坑（两用一备）用于临时贮存不作业时的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机；3 号探伤室拟购置 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{192}Ir 1 枚，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）、1 台 XXH-3005 型 X 射线周向机探伤机（原探伤室搬迁）、1 台 XXH-2505 型 X 射线探伤机（周向机）和 1 台 XXQ-2505 型 X 射线探伤机（定向机），X 射线探伤机不工作时，临时贮存在 X 射线探伤机暂存间， ^{192}Ir - γ 射线探伤机不工作时，临时贮存在 2 号探伤室储源坑内。所有探伤作业仅限于固定式探伤，不涉及移动式探伤。

待三厂区新探伤室建成并投入使用后，一厂区原有的老探伤室将淘汰使用。公司拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，清除老探伤室所有电离辐射警告标志和安全告知，不存在环境污染遗留问题。原有 1 台 XXH-3005 型 X 射线周向机探伤机将搬迁至三厂区 3 号探伤室内使用。

根据原环境保护总局公告 2005 年第 62 号《关于发布放射源分类办法的公告》和原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ - γ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，属于 II 类放射源；电子直线加速器属于“工业探伤用加速器”，X 射线探伤机属于“工业用 X 射线探伤装置”，均属于 II 类射线装置。对照生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目”。本次评价内容为使用 II 类射线装置、使用 II 类放射源，应编制环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门重新申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，浙江石化阀门有限公司委托卫康环保科技（浙江）有限公司

对本项目进行环境影响评价，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、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，编制完成了本项目的环影响报告表。

1.1.3 项目建设内容与规模

浙江石化阀门有限公司拟于三厂区（龙湾二期（0577-WZ-WW10）D-09 区块）生产车间一层新建 3 间探伤室及其配套控制室、暗室、危废暂存间、X 射线探伤机暂存间和评片室等。1 号探伤室拟购置 1 台 DZ-6 型 6MeV 电子直线加速器和 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{60}Co 1 枚，活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ），并设置 1 个储源坑用于临时贮存不作业时的 ^{60}Co - γ 射线探伤机；2 号探伤室拟购置 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{60}Co 1 枚，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）和 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{192}Ir 1 枚，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ），并设置 1 个储源坑用于临时贮存不作业时的 ^{60}Co - γ 射线探伤机，设置 3 个储源坑（两用一备）用于临时贮存不作业时的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机；3 号探伤室拟购置 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{192}Ir 1 枚，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）、1 台 XXH-3005 型 X 射线周向机探伤机（原探伤室搬迁）、1 台 XXH-2505 型 X 射线探伤机（周向机）和 1 台 XXQ-2505 型 X 射线探伤机（定向机），X 射线探伤机不工作时，临时贮存在 X 射线探伤机暂存间， ^{192}Ir - γ 射线探伤机不工作时，临时贮存在 2 号探伤室储源坑内。所有探伤作业仅限于固定式探伤，不涉及移动式探伤。本项目 3 间探伤室存在同时运行的情况，但每间探伤室单次仅使用 1 台探伤设备，不存在单间探伤室 2 台及 2 台以上探伤设备同时运行的工况。

本项目辐射装置具体应用见表 1-2。

表 1-2 本次评价的辐射装置应用情况表

电子直线加速器							
序号	名称	类别	数量	型号	最大能量 (MeV)	剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	备注
1	电子直线加速器	II	1 台	DZ-6	6MeV	距靶 1m 处最大空气吸收剂量率为 $6\times 10^8\mu\text{Gy/h}$	1 号探伤室内使用，主射方向朝西南侧
放射源							
序号	装置名称	核素名称	枚数	额定装源活度	类别	备注	
1	^{60}Co - γ 射线探伤机	^{60}Co	2	$3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$	II	1 枚在 1 号探伤室内使用，1 枚在 2 号探伤室内使用	
2	^{192}Ir - γ 射线探伤机	^{192}Ir	2	$3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$	II	1 枚在 2 号探伤室内使用，1 枚在 3 号探伤室内使用	
合计			4	/			

射线装置								
序号	装置名称	型号	数量	类别	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	出束类型	备注
1	X 射线探伤机	XXH-2505	1	II	250	5	周向	3号探伤室内使用, 水平周向, 主射方向朝东南侧、西南侧、西北侧和东北侧
2		XXQ-2505	1	II	250	5	定向	3号探伤室内使用, 主射方向朝西南侧
3		XXH-3005	1	II	250	5	周向	原探伤室搬迁, 3号探伤室内使用, 水平周向, 主射方向朝东南侧、西南侧、西北侧和东北侧

1.2 相关规划符合性分析

1.2.1 用地规划符合性分析

本项目位于浙江省温州市龙湾二期 (0577-WZ-WW10) D-09 区块。根据不动产权证 (见附件 4), 本项目用地性质为工业用地。因此, 本项目建设符合城乡规划和当地土地利用规划的要求。

1.2.2 与《龙湾二期 (含两线区域) 控制性详细规划》符合性分析

(1) 规划范围

本次规划范围: 北至龙湾二期围垦北堤线, 西至金海三道、天瑞大道, 东至龙湾二期围垦东堤线, 南至滨海二十五路, 总规划面积约 24.12 平方公里。

(2) 功能定位

以智能制造、新材料、新能源为主导功能, 配套设施完善的智能制造高地、产教融合示范区。

(3) 控制规模

龙湾二期规划总用地面积为 2411.82 公顷, 其中城市建设用地面积为 1988.79 公顷, 非建设用地 408.80 公顷。

龙湾二期规划居住人口 9.5 万人, 共分为 4 个单元, 北片为 0577-WZ-WW06 单元, 含 2 个街坊; 中片为 0577-WZ-WW08、0577-WZ-WW09 两个单元, 各含 5 个街坊; 南片为 0577-WZ-WW10 单元, 含 4 个街坊; 总共 478 个地块。

(4) 用地布局规划

①公共管理和公共服务设施用地

规划公共管理和公共服务设施用地 166.65 公顷, 占城市建设用地的 8.4%。其中文化设施

用地 13.56 公顷，规划教育科研用地 143.83 公顷，体育用地 4.0 公顷，医疗卫生用地 5.26 公顷。

②商业服务业设施用地

规划商业服务业设施用地 114.93 公顷，占城市建设用地的 5.8%。其中商业用地 79.24 公顷，商务用地 30.53 公顷，娱乐康体用地 4.64 公顷，公用设施营业网点用地 0.52 公顷。

③工业用地

规划工业用地 837.84 公顷，占城市建设用地的 42.1%，其中创新型产业用地 213.94 公顷；一类工业用地 102.10 公顷，二类工业用地 521.80 公顷。

④道路与交通设施用地

规划道路与交通设施用地 487.08 公顷，占城市建设用地的 24.5%，其中城市道路用地 481.22 公顷，交通场站用地 5.86 公顷。

⑤公用设施用地

规划公用设施用地 24.92 公顷，占城市建设用地的 1.3%。其中供应设施用地 8.84 公顷，环境设施用地 15.55 公顷，安全设施用地 0.53 公顷。

⑥绿地与广场用地

规划绿地与广场用地 357.37 公顷，占城市建设用地的 18%。其中公园绿地 322.65 公顷，防护绿地 31.07 公顷，广场用地 3.65 公顷。

⑦非建设用地

规划非建设用地 408.80 公顷，均为水域（不含桥梁下水域面积）。

符合性分析：本项目位于龙湾二期（0577-WZ-WW10）D-09 区块，根据《龙湾二期（含两线区域）控制性详细规划》（具体见附图 13），企业所在地规划为工业用地。根据业主提供的海域使用权出让（国有建筑用地使用权）合同，本项目所在地为工业用途，符合土地利用规划要求。本次建设项目为核技术利用建设项目，符合功能定位。

1.2.3 与《温州湾新区（龙湾围垦区）控制性详细规划环境影响报告书》符合性分析

（1）区域概况

温州湾新区成立前，新能源科技产业园隶属龙湾区空港片区，开发用地已相对成熟，由温州空港新区管理中心委托编制了《温州湾新能源科技产业园控制性详细规划修改》工作；温州湾新区成立后，新区管委会委托编制了《温州湾新区龙湾二期（含两线区域）控制性详细规划》。鉴于新能源科技产业园和龙湾二期（含两线区域）产业定位基本一致且区域相邻，新区管委会在今后的开发过程中，将坚持节约集约、突出主导产业、深化产城融合的理念，统一管理、统

筹开发两块区域，着力打造全国民营经济高质量发展示范区。龙湾二期和新能源科技产业园均属于龙湾围垦区，因此，委托编制《温州湾新区（龙湾围垦区）控制性详细规划环境影响报告书》，并于2024年6月12日通过浙江省生态环境厅关于《温州湾新区（龙湾围垦区）控制性详细规划环境影响报告书》的审查（审批文号：浙环函〔2024〕232号）。

（2）负面清单和环境准入条件清单

禁止准入产业：十四、纺织业 17：棉纺织及印染精加工 171*；毛纺织及染整精加工 172*；麻纺织及染整精加工 173*；丝绢纺织及印染精加工 174*；化纤织造及印染精加工 175*；针织或钩针编织物及其制品制造 176*；家用纺织制成品制造 177*；产业用纺织制成品制造 178*（①有洗毛、脱胶、缫丝工艺的；②染整工艺有前处理、染色、印花（喷墨印花和数码印花的除外）工序的）。十五、纺织服装、服饰业 18：机织服装制造 181*；针织或钩针编织服装制造 182*；服饰制造 183*（有染色、印花（喷墨印花和数码印花的除外）工序的）。十六、皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业 19：皮革鞣制加工 191；皮革制品制造 192；毛皮鞣制及制品加工 193（有鞣制、染色工艺的）。二十二、石油、煤炭及其他燃料加工业 25：精炼石油产品制造 251；煤炭加工 252（全部（单纯物理分离、物理提纯、混合、分装的除外；煤制品制造除外；其他煤炭加工除外））。二十三、化学原料和化学制品制造业：基础化学原料制造 261（涉及化学合成反应的新建项目）；农药制造 263、涂料、油墨、颜料及类似产品制造 264、合成材料制造 265、专用化学产品制造 266 和炸药、火工及焰火产品制造 267（全部（含研发中试；不含单纯物理分离、物理提纯、混合、分装的）新建项目）；肥料制造 262（化学方法生产氮肥、磷肥、复混肥的全部新建项目）；日用化学产品制造 268（以油脂为原料的肥皂或皂粒制造（采用连续皂化工艺、油脂水解工艺的除外）；香料制造，以上均不含单纯混合或分装的）。二十五、化学纤维制造业 28：纤维素纤维原料及纤维制造 281；合成纤维制造 282（全部（单纯纺丝、单纯丙纶纤维制造的除外））。二十八、黑色金属冶炼和压延加工业 31：炼铁 311、炼钢 312 和铁合金冶炼 314（全部）。二十九、有色金属冶炼和压延加工业 32：常用有色金属冶炼 321；贵金属冶炼 322；稀有稀土金属冶炼 323（从有色金属矿、阳极泥中提炼常用有色金属或贵金属的新建项目；稀有稀土金属冶炼全部新建项目）。

限制准入产业：十九、造纸和纸制品业 22：纸浆制造 221*和造纸 222*（含废纸造纸）（全部（手工纸、加工纸制造除外）新建项目）。二十四、医药制造业 27：化学药品原料制造 271（涉及化学合成反应的新建项目）。十七、木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业；十八、家具制造业；三十、金属制品；三十一、通用设备制造业；三十二、专用设备制造；三十三、

汽车制造业；三十四、铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造；三十五、电气机械和器材制造；三十七、仪器仪表制造业；三十八、其他制造；四十、金属制品、机械和设备修理（有电镀工艺的新建项目）。

（3）规划区域生态空间清单

表 1-3 规划区域生态空间清单

环境管控单元名称及编号	管控措施	现状用地类型
浙江省温州市温州湾新区产业集聚重点管控单元（ZH33030320003）	<p>①优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。</p> <p>②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。加强土壤和地下水污染防治与修复。</p> <p>③定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。</p> <p>④推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。</p>	现状为工业用地、其他非建设用地、水域等

符合性分析：本项目为核技术利用项目，不属于工业项目。经对照《温州湾新区（龙湾围垦区）控制性详细规划环境影响报告书》中“环境准入条件清单”可知：项目不属于该工业区中的禁止准入类产业和限制准入产业；对照规划区的“生态空间准入清单”管控措施表，本项目不属于三类工业项目，建设地点位于工业用地内，本项目与周边设置防护绿地、道路与河流等隔离带。因此，本项目建设符合《温州湾新区（龙湾围垦区）控制性详细规划环境影响报告书》中的环境准入条件清单和生态空间清单的要求。

1.2.4 “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”分别对应应在城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。

本项目位于浙江省温州市龙湾二期（0577-WZ-WW10）D-09区块，根据温州市区国土空间总体规划（2021-2035年）——县域国土空间控制线规划图（附图11），本项目属于城镇开发边界，用地及评价范围均不涉及永久基本农田、生态保护红线。因此，本项目建设符合浙江省“三区三线”要求。

1.2.5 与《温州市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

生态环境分区管控是以改善生态环境质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。

(1) 生态保护红线

根据《温州市生态环境分区管控动态更新方案》（温环发〔2024〕49号），本项目位于浙江省温州市温州湾新区产业集聚重点管控单元（编码：ZH33030320003），具体见附图12。与温州市区国土空间总体规划（2021-2035年）——县域国土空间控制线规划图（附图11）对比，本项目所在区域不涉及生态保护红线。

(2) 环境质量底线

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

(3) 资源利用上线

本项目营运过程中会消耗一定量的电源和水资源等，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。

(4) 生态环境准入清单

根据《温州市生态环境分区管控动态更新方案》（温环发〔2024〕49号），本项目位于浙江省温州市温州湾新区产业集聚重点管控单元（编码：ZH33030320003），具体见附图11。该管控单元生态环境准入清单见表1-4。

表 1-4 本项目与温州市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

生态环境管控要求		本项目情况	符合性分析
空间布局约束	根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目为核技术利用建设项目，不属于三类工业项目。厂区内及厂区围墙外设置绿地和绿化带。	符合
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据环境功能目标实现情况，编制实施重点污染物减排计划，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平，推动企业绿色低碳技术改造。新建、改建、扩建高耗能、高排放项目须符合生态环境保护法律法规和相关法定规划，强化“两高”行业排污许可证管理，推进减污降碳协同控制。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，深化工业园区（工业	本项目不涉及污染物总量控制，探伤过程中产生的极少量的臭氧、氮氧化物等气体，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	符合

	企业)“污水零直排区”建设,所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。	质量影响较小。产生的危废委托有资质单位处置。	
环境风险防控	定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施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。	公司已制定《辐射事故应急预案》,并设置辐射事故应急小组和应急物资,具备完善的风险防范措施。	符合
资源开发效率要求	推进工业集聚区生态化改造,强化企业清洁生产改造,推进节水型企业、节水型工业园区建设,落实煤炭消费减量替代要求,提高资源能源利用效率。	项目使用清洁能源,运行过程推进清洁生产理念,节约资源,提高资源有效利用。	符合

因此,本项目符合生态环境准入清单要求。综上,本项目的建设符合《温州市生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

1.3 项目选址及周边环境保护目标

1.3.1 项目地理位置

本项目位于龙湾二期(0577-WZ-WW10)D-09 区块,东南侧隔金海五道(在建)为空地(规划工业用地),西南侧隔滨海二十四路(在建)为良固阀门有限公司(在建),西北侧隔金海四道(在建)为温州未来智能家居制造产业基地(在建),东北侧隔滨海二十三路(拟建)为空地(规划教育科研用地)。公司周围环境关系见附图 2,本项目环境实景图见附图 9。

1.3.2 项目周边环境概况

本项目拟建 3 间探伤室相邻设置,位于三厂区生产车间一层,此处将其视为整体进行描述。生产车间为地上三层结构(一层层高 9.5m,二层层高 6.8m,三层层高 8.0m),下方为土层,无地下室。探伤室拟建址东南侧紧邻操作室;7m~50m 范围内为毛坯仓库和配电间;西南侧紧邻过道,5m~50m 范围内为抛丸区和热处理区;西北侧紧邻厂区内道路,15m~50m 范围内为金海四道;东北侧紧邻过道,3m~50m 范围内为评片室、资料室、X 射线探伤机暂存间、暗室、危废暂存间、卫生间和厂区内道路;正上方紧邻二层生产车间的喷漆流水线和过道等,隔 6.8m 开放空间为三层生产车间的仓库;正下方为土层,无地下室。

1.3.3 辅助用房及储源坑位置关系

本项目探伤室配套的操作室位于 3 号探伤室东南侧;暗室、危废暂存间、评片室、资料室、X 射线探伤机暂存间等辅助用房均位于 3 号探伤室东北侧。

本项目拟建 5 个储源坑,其中 1 个 ^{60}Co 储源坑位(S1)于 1 号探伤室内东南侧,1 个 ^{60}Co 储源坑(S2)位于 2 号探伤室内东北侧,3 个 ^{192}Ir 储源坑(S3~S5)位于 2 号探伤室内东北侧,且与 ^{60}Co 储源坑并排设置。含源 γ 射线探伤机不进行探伤作业时,放置于对应的储源坑内。

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 号探伤室内，设备安全锁钥匙由专人保管。X 射线探伤机不进行探伤作业时，暂存于 X 射线探伤机暂存间内，实行双人双锁制度，并由专人管理。

本项目探伤室及储源坑布局图见附图 6 和附图 7。

1.3.4 环境保护目标

本项目环境保护目标为评价范围 50m 内从事放射源管理、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。

1.3.5 选址合理性分析

本项目用地性质属于工业用地，项目周围 50m 范围内主要为生产车间、厂内道路和金海四道，不涉及学校、居民区、医院等环境敏感区，也不涉及生态保护红线。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

1.4 产业政策符合性分析

根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

1.5 实践正当性分析

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

本项目实施的目的是为了对公司自生产的阀门进行无损检测，以提高公司生产水平和确保产品的质量，具有良好的经济效益与社会效益。经辐射屏蔽防护和安全管理后，其射线装置和放射源运行所致辐射工作人员和周围公众成员的辐射剂量符合年剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因而，只要按规范操作，该公司使用探伤装置和放射源是符合辐射防护“实践的正当性”原则的。因此，本项目是正当可行的。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

1.6.1 现有核技术利用项目环评、许可和验收情况

建设单位已取得浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，有效期至2026年11月28日，证书编号：浙环辐证[C2723]，种类和范围：使用II类射线装置。建设单位已经许可的现有设备为：

1台XXH-3005型X射线周向探伤机（最大管电压300kV，最大管电流5mA），详见下表。

表 1-1 原有核技术利用项目环保手续履行情况一览表

序号	名称	所属厂区	型号	数量	使用场所	环评批复	验收情况
1	X射线探伤机（周向）	一厂区	XXH-3005	1台	温州经济技术开发区滨海园区一道二路 A201 探伤室内	温环辐（2021）18号	2022年7月完成自主验收

1.6.2 辐射安全管理现状

公司于2023年8月1日开始向温州市生态环境局龙湾分局提出申请暂停使用公司现有探伤室，在停用期间，公司所有探伤工作安排委外进行，且探伤室门禁联锁定期检查，探伤设备按时做好保养维护等工作。待三厂区新探伤室建成并投入使用后，一厂区原有的老探伤室将淘汰使用，现有1台XXH-3005型X射线周向机探伤机将搬迁至三厂区新建3号探伤室内使用。

1、现有辐射安全管理机构成立

公司已发文成立以杨聪为组长的辐射安全管理机构，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，见附件 11。

2、现有辐射安全规章制度的制定与落实

公司已制定《废液、固体废物处理方案》、《自行检查及年度监测方案》、《辐射工作人员培训计划、体检及保健制度》、《X射线探伤设备检修维护制度》、《辐射人员职业健康管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《X射线装置安全操作规程》、《岗位职责》、《辐射事故应急预案》等安全规章制度，同时相关制度已张贴上墙于操作室内。

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

公司已于2023年8月已申请停用现有探伤室，探伤室未使用，辐射工作人员无个人剂量检测报告。辐射工作人员核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单和职业健康检查报告具体见附件16和附件17。

4、现有辐射安全和防护措施落实情况

公司现有探伤室工件防护门设置了门-机联锁装置、工作状态指示灯与声光报警装置，并与防护门表面张贴电离辐射警告标志和中文警示说明；探伤室内装有视频监控系统、内部与操

作台设有紧急停机按钮，还设有1套机械排风系统，臭氧和氮氧化物通过排风管道收集后排放至外环境。根据项目实际情况划分了控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

5、现有“三废”处理情况

现有探伤室运行过程中无放射性废气、放射性废水和放射性固废产生，“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非放射性有害气体。公司已与浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司签订危废委收运合同，浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司已与温州市环境发展有限公司签署危险废物委托处置合同。温州市环境发展有限公司资质范围涵盖本项目产生的所有废物类别（HW16类感光材料废物），对探伤过程产生的废显（定）影液、废胶片、洗片废液进行处置，具体见附件14。

探伤室内设有1套机械排风系统，臭氧和氮氧化物通过排风管道收集后排放至外环境，对周围环境影响较小。

6、现有辐射监测仪器与防护用品

公司现有1台个人剂量报警仪、1台便携式X-γ剂量率仪。

7、现有场所检测与年度评估

公司已委托浙江正安检测技术有限公司于2025年12月29日对公司现有探伤室进行了检测，具体见附件13。检测当日，探伤室开机1台XXH-3005型X射线探伤机（周向）（额定参数：管电压 $\leq 300\text{kV}$ ，管电流 $\leq 5\text{mA}$ ；检测工况：220kV，5mA，检测时无工件，水平周向），探伤室的四周屏蔽墙、顶棚和防护门外30cm处周围剂量当量率为（0.13~0.16） $\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤室的墙体和门的屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

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，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。

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。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	⁶⁰ Co	3.7×10 ¹² Bq×2 枚	II类	使用	无损探伤	1 枚在 1 号探伤室中使用, 1 枚在 2 号探伤室中使用	不作业时, 1 枚临时贮存于 1 号探伤室的储源坑 (S1) 内, 1 枚临时贮存于 2 号探伤室的储源坑 (S2) 内	拟购, 本次评价
2	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² Bq×2 枚	II类	使用	无损探伤	1 枚在 2 号探伤室中使用, 1 枚在 3 号探伤室中使用	不作业时, 临时贮存于 2 号探伤室的储源坑 (S3~S5) 内	

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子直线加速器	II类	1台	DZ-6	电子	6	距靶 1m 处最大空气吸收剂量率为 6×10 ² Gy/h	工业探伤	三厂区生产车间一层内 1 号探伤室	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 (周向)	II类	1台	XXH-2505	250	5	固定式探伤	三厂区生产车间一层内 3 号探伤室	拟购, 本次评价
2	X 射线探伤机 (定向)	II类	1台	XXQ-2505	250	5	固定式探伤		
3	X 射线探伤机 (周向)	II类	1台	XXH-3005	300	5	固定式探伤		原探伤室搬迁

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废旧放射源	固态	⁶⁰ Co	约 10 年更换一次，废源年产生量为 2 枚/10 年，退役活度约为 9.91×10^{11} Bq/枚				1 枚临时贮存于 1 号探伤室的储源坑内，1 枚临时贮存于 2 号探伤室的储源坑内	由放射源生产单位回收处置。
		¹⁹² Ir	约 5 个月更换一次，废源年产生量为 4 枚/年，退役活度约为 9.08×10^{11} Bq/枚				暂存于 2 号探伤室的储源坑内	
报废的 γ 射线探伤机	固态	/	超过 10 年安全使用期限的 γ 射线探伤机，拟报废				暂存于探伤室内的储源坑内	由 γ 射线探伤机生产单位回收处理。
废显（定）影液	液态	/	/	95kg	1140kg	/	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	/	/	47.5kg	570kg	/		
洗片废液	液态	/	/	237.5kg	2850kg	/		
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

法律文件	<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) 《放射性物品运输安全管理条例》，国务院令第 562 号，2009 年 9 月 7 日通过，2010 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《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>(11) 《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>(12) 《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>(13) 《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>(14) 《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</p>
------	--

局，环发[2007]8号，2007年1月15日印发；

(15)《关于做好放射性废物(源)收贮工作的通知》，原环境保护部办公厅，环办辐射函[2017]609号，2017年4月21日印发；

(16)《放射性废物分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告2017年第65号，2018年1月1日起施行；

(17)《产业结构调整指导目录(2024年本)》，2023年12月27日国家发展和改革委员会令第7号公布，2024年2月1日起施行；

(18)《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；

(19)《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；

(20)《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；

(21)《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；

(22)《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；

(23)《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；

(24)《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；

(25)《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；

(26)《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；

(27)《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；

	<p>(28)《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；</p> <p>(29)《关于印发<浙江省生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，浙江省生态环境厅，浙环发[2024]18号，2024年3月28日印发；</p> <p>(30)《温州市生态环境局关于印发<温州市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，温州市生态环境局，温环发[2024]49号，2024年11月15日起实施。</p>
技 术 标 准	<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)《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》(HJ 1258—2022)，2022年7月1日实施；</p> <p>(6)《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>(7)《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>(8)《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB 5172-2025)，2026年05月01日实施；</p> <p>(9)《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>(10)《γ射线探伤机》(GB/T 14058-2023)，2023年10月1日实施；</p> <p>(11)《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002)，2003年4月1日实施；</p> <p>(12)《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>(13)《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>(14)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)，2021年5月1日实施；</p> <p>(15)《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>(16)《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>(17)《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>(18)《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>
其他	<p>(1) 环评委托书;</p> <p>(2) 公司提供的其他与工程建设有关的技术资料;</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）”，结合本项目的辐射污染特点（II 类射线装置、II 类放射源），本项目评价范围为探伤室实体屏蔽外 50m 的区域。

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，具体见表 7-1。

表 7-1 本项目辐射工作场所主要环境保护目标一览表

环境保护目标	所在位置	人员规模	方位	与探伤室边界最近距离 (m)	保护要求
辐射工作人员	操作室	9 人	东南侧	紧邻	剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$
	评片室、资料室、X 射线探伤机暂存间、暗室、危废暂存间等辅助用房	9 人	东北侧	3	
公众成员	毛坯仓库	约 10 人次/d	东南侧	7	剂量约束值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$
	配电间	约 2 人次/d		45	
	过道	约 30 人次/d	西南侧	紧邻	
	抛丸区	约 10 人		5	
	热处理区	约 10 人		15	
	厂区内道路	约 20 人次/d	西北侧	紧邻	
	金海四道（在建）	约 200 人次/d		15	
	过道	约 20 人次/d	东北侧	紧邻	
	卫生间	约 100 人次/d		25	
	厂区内道路	约 20 人次/d		45	
	二层生产车间（喷漆流水线、过道等）	约 30 人	上方	紧邻	
三层生产车间（仓库等）	约 10 人次/d	6.8			

注：①3 间探伤室紧邻、并列设置，本报告将其视作一个整体的辐射工作场所；②3 间探伤室的正下方均为土层，无地下层，属于人员不可达区域；③辐射操作人员兼职负责评片室、资料室、X 射线探伤机暂存间、暗室、危废暂存间等辅助用房的工作内容。

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。

（1）防护与安全的最优化

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

(2) 辐射工作场所的分区

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。

(3) 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；

(4) 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取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，具体见表 7-2。

表 7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5.0mSv/a
公众照射有效剂量	0.1mSv/a

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。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	最大周围剂量当量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05
固定式	F	1	0.1

5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

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

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

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

d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA 1002 的相关要求。

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

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

5.2.5 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与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。

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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

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。

7.3.3 《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）

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。

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、泄漏液等接触的构筑物表面；采用不同防渗、防腐工艺应分别建设贮存分区。

6.1.6 贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

7.3.6 《工作场所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 (一氧化氮和二氧化氮)	Nitrogen oxides(Nitric oxide, Nitrogen dioxide)	10102-43-9; 10102-44-0	—	5	10

7.3.7 本项目管理目标

(1) 剂量约束值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》(GB/T 30371-2013)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)等评价标准,确定本项目有效剂量约束值:职业人员个人剂量约束值为 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 号探伤室内使用直线加速器和 ^{60}Co - γ 射线探伤机; 2 号探伤室内使用 ^{60}Co - γ 射线探伤机、 ^{192}Ir - γ 射线探伤机; 3 号探伤室使用 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 X 射线探伤机。本项目工作场所周围剂量当量率控制水平见下表。

表 7-3 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 号探伤室	四侧墙体及防护门表面外 30cm 处	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	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 30371-2013)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 条款及附录 A。 ② ^{60}Co - 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	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	
2 号探伤室	四侧墙体及防护门表面外 30cm 处	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	^{60}Co - γ 射线探伤机、 ^{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	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	
3 号探伤室	四侧墙体及防护门表面外 30cm 处	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	^{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	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	
储源坑	储源坑的坑盖表面 30cm 处	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	《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 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

8.1.1 项目地理位置

本项目位于龙湾二期（0577-WZ-WW10）D-09 区块，东南侧隔金海五道（在建）为空地（规划工业用地），西南侧隔滨海二十四路（在建）为良固阀门有限公司（在建），西北侧隔金海四道（在建）为温州未来智能家居制造产业基地（在建），东北侧隔滨海二十三路（拟建）为空地（规划教育科研用地）。

8.1.2 项目场所位置

本项目拟建 3 间探伤室相邻设置，位于三厂区生产车间一层，此处将其视为整体进行描述。生产车间为地上三层结构（一楼层高 9.5m，二楼层高 6.8m，三楼层高 8.0m），下方为土层，无地下室。探伤室拟建址东南侧紧邻操作室；7m~50m 范围内为毛坯仓库和配电间；西南侧紧邻过道，5m~50m 范围内为抛丸区和热处理区；西北侧紧邻厂区内道路，15m~50m 范围内为金海四道；东北侧紧邻过道，3m~50m 范围内为评片室、资料室、X 射线探伤机暂存间、暗室、危废暂存间、卫生间和厂区内道路；正上方紧邻二层生产车间的喷漆流水线和过道等，隔 6.8m 开放空间为三层生产车间的仓库；正下方为土层，无地下室。

8.2 辐射环境质量现状评价

8.2.1 监测目的

通过现场监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。

8.2.2 环境现状评价对象

本项目探伤室拟建地址及周边环境。

8.2.3 监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.4 监测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等要求，结合现场条件，对本项目各辐射工作场所及周围环境进行监测布点。本项目共布设 9 个监测点位，布点情况见附图 8，检测报告及检测资质见附件 15。

8.2.5 监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司（资质证书编号：211112051235）；
- (2) 监测时间：2026年01月14日；
- (3) 监测方式：现场检测；
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 监测频次：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以10秒间隔读取10个数；
- (6) 监测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：晴；室内温度：12℃；室外温度：12℃；相对湿度：65%；
- (8) 监测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表8-1。

表 8-1 监测仪器设备参数

仪器名称	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H (主机：6150 AD-b/H 外置探头：6150 AD 6/H)
仪器编号	165455+167510
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	2025H21-20-5773017001
检定有效期	2025年2月28日~2026年2月27日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 C_f	1.06
探测限	10nSv/h

8.2.6 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。

8.2.7 监测结果及评价

监测结果见表8-2。

表8-2 本项目探伤工作场所及周围环境辐射本底监测结果

位点编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		位置
		平均值	标准差	
1#	探伤工作场所拟建位置	149	3	室内
2#	毛坯仓库	170	3	室内
3#	热处理区	186	2	室内
4#	抛丸区	168	3	室内
5#	厂区内道路 (西北侧)	120	3	道路
6#	过道	142	2	室内
7#	配电间	135	2	室内
8#	厂区内道路 (东北侧)	119	3	道路
9#	金海四道 (在建)	111	3	道路

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¹³⁷Cs作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取1.20Sv/Gy；
 3、根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中5.5条款，建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取0.8，平房取0.9，原野、道路取1。γ辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值25.5nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，5#、8#点位、9#点位取1；其余点位取0.8。

由表8-2可知：本项目探伤工作场所及周围环境室内γ辐射空气吸收剂量率范围为135nGy/h~186nGy/h，道路γ辐射空气吸收剂量率为111nGy/h~120nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，温州市道路上γ辐射（空气吸收）剂量率范围为36nGy/h~154nGy/h；温州市室内的γ辐射（空气吸收）剂量率范围为73nGy/h~198nGy/h。因此，本项目拟建场所及周围环境的γ辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目施工期涉及 3 间探伤室及其配套控制室、暗室、危废暂存间、评片室和 X 射线探伤机暂存间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图 9-1。

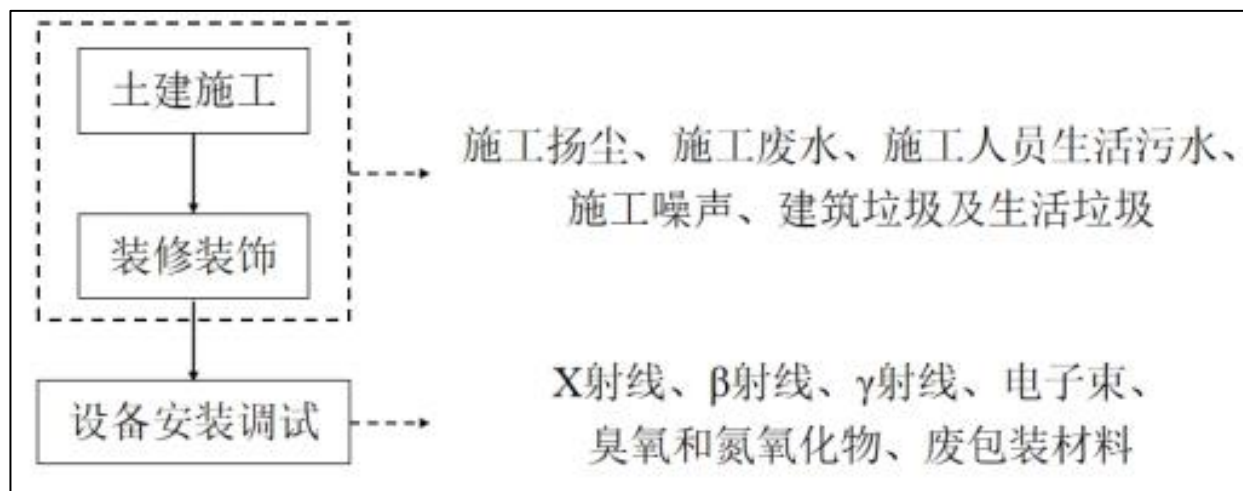


图 9-1 施工期工艺流程及产物环节示意图

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、臭氧和氮氧化物及废包装材料。本项目施工作业范围有限，施工期较短，因此其对周围环境的影响是短暂的。随着施工期的结束，其环境影响也将不复存在。

9.2 工艺设备和工艺分析

9.2.1 γ 射线探伤机

1、设备组成及工作方式

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

典型 γ 射线探伤机外观见图 9-2~图 9-3，内部结构见图 9-4。

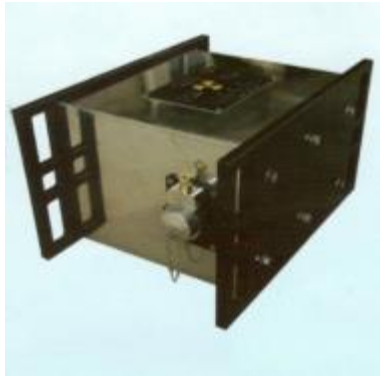


图 9-2 典型 ^{60}Co - γ 射线探伤机外观图



图 9-3 典型 ^{192}Ir - γ 射线探伤机外观图

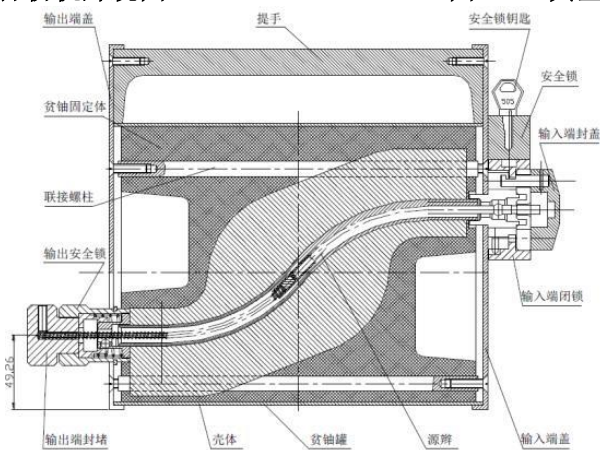


图 9-4 典型 γ 射线探伤机内部结构示意图

2、设备性能参数

根据建设单位提供的资料，本项目 γ 射线探伤机性能参数见表 9-1。

表 9-1 γ 射线探伤机技术参数

设备类型	^{60}Co - γ 射线探伤机	^{192}Ir - γ 射线探伤机
探伤机类别	移动式 (M)	便携式 (P)
核素名称	^{60}Co	^{192}Ir
核素形态	固态密封源	固态密封源
额定装源活度	$3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci)	$3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci)
距源容器表面 5cm 处最大周围剂量当量率	1mSv/h	0.5mSv/h
距源容器表面 100cm 处最大周围剂量当量率	0.05mSv/h	0.02mSv/h
透照厚度 (A3 钢)	40mm~200mm	20mm~100mm
射线源焦点	$\phi 4\text{mm} \times 4\text{mm}$	$\phi 2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 、 $\phi 3\text{mm} \times 3\text{mm}$
输源软管长度	6.3m	6.3m
控制部件导管长度	10~15m	10~15m
机体重量	205kg	25kg
机体外形尺寸	530mm×374mm×303mm	350mm×130mm×240mm
出源与回源方式	电动+手动	电动+手动

3、工作原理

γ 射线探伤机在工作过程中，通过密封源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ 产生的 γ 射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像，显示裂缝所在位置， γ 射线探伤机据此实现探伤目的。

4、 γ 射线探伤工艺流程及产污环节

(1) 放射源领取

探伤前，由探伤操作人员到探伤室内的储源坑领取含源 γ 射线探伤机，领用时须填写《放射源出入库登记表》。放射源管理员（2 名）进入探伤室内，其中一名管理人员打开一个储源坑的铅盖，取出其中的含源 γ 射线探伤机，并用便携式 X- γ 剂量率仪对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行检测，确认探伤机内有源，合上储源坑的铅盖，同时记录检测值。放射源管理员将取出的含源 γ 射线探伤机在全程监控下交接给探伤操作人员，由其开展下一步的探伤工作。探伤工作结束后，含源 γ 射线探伤机返回探伤室内的储源坑，保管人员对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率再次进行检测，并与出库时的检测值对比，确保放射源的存在及处于最佳的屏蔽位置，并做好检测的记录，填写《放射源出入库登记表》，详细记录项目名称，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，并由 2 名辐射工作人员专职负责放射源的保管工作，制定《放射源使用登记制度》，贮存、领取、使用、归还放射源时，应及时进行登记、检查，做到账物相符，以确保放射源的安全监管，防止放射源意外丢失，对公众人员造成不必要的危害。

放射源领取工作及产污流程见图 9-5。

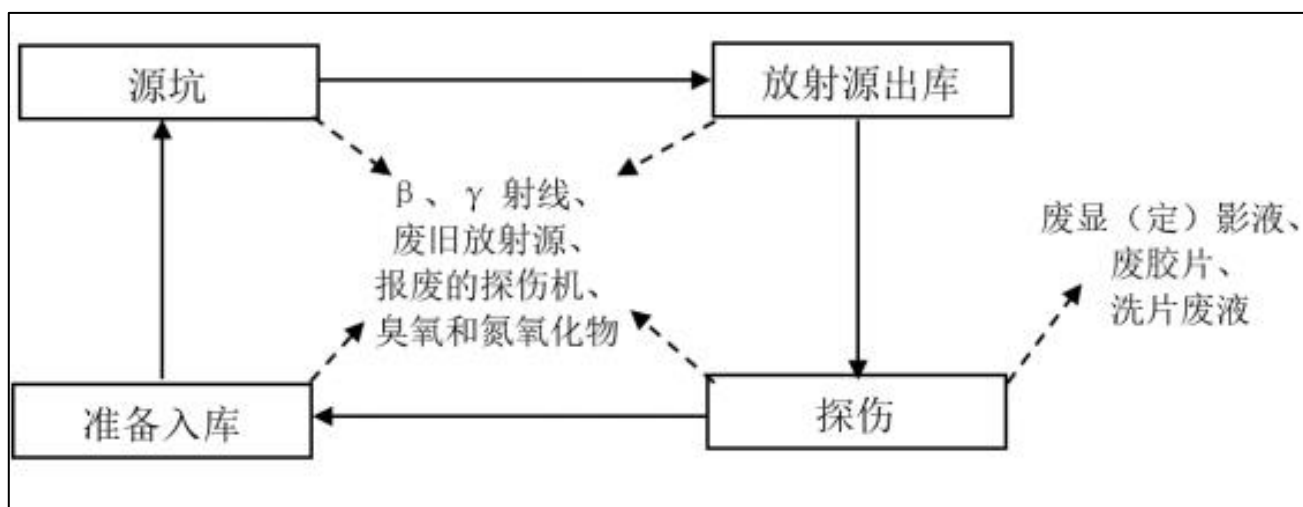


图 9-5 放射源领取工作及产污流程示意图

(2) 固定式探伤

当需要对被检工件进行固定式探伤操作前，探伤操作人员必须关闭探伤室所有防护门，打开固定式场所辐射探测报警装置，随身携带好个人剂量计和个人剂量报警仪。将需要进行 γ 射线探伤的工件放置于轨道车上，送入探伤室内，设置适当位置。在工件待检部位布设胶片并加以编号完毕后，放射源保管人员将含源 γ 射线探伤机从储源坑内取出并交于探伤操作人员，探伤操作人员再将 γ 射线探伤机放置工件附近，安装 γ 射线探伤机，将控制部件和输源导管连接好，开启探伤机闭锁装置。工作人员清场退出探伤室，关闭探伤室所有防护门。工作人员在控制室内，接通探伤机电源，通过探伤设备控制面板电动驱动，将放射源推送至曝光位置进行曝光。待曝光结束后，通过电动装置再将放射源收回探伤机贮源位，放射源回位后关闭安全锁。工作人员打开防护门进入探伤室，将含源 γ 射线探伤机交由放射源保管人员放回储源坑，收取工件上的贴片。经洗片、评片，给出无损检测结果。

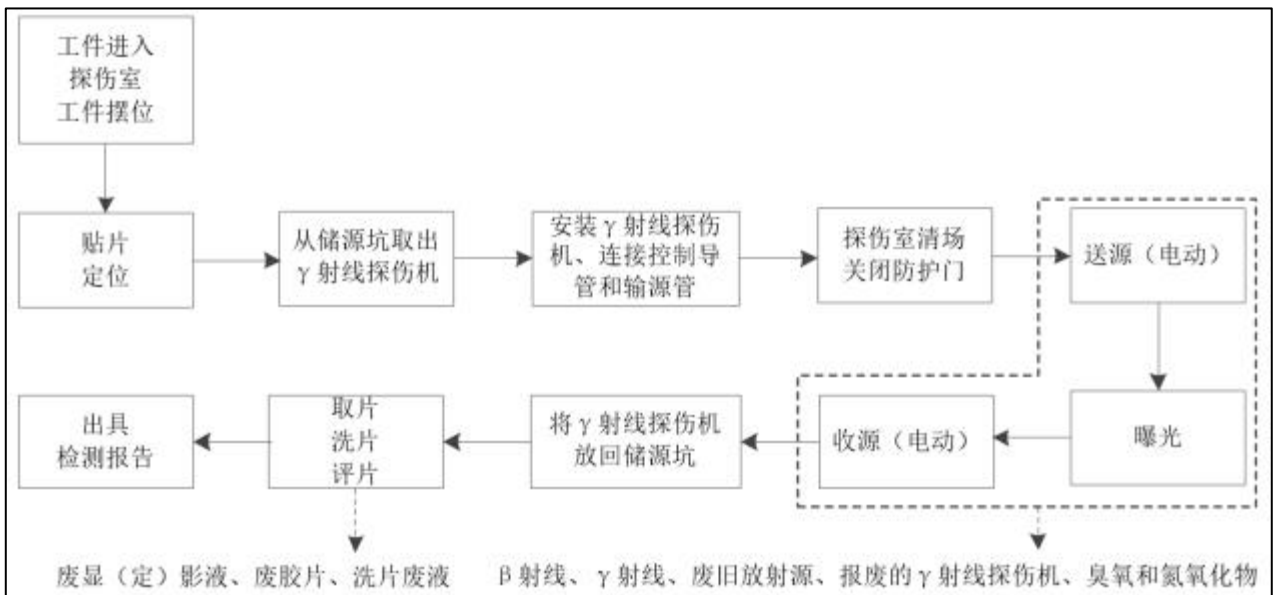


图 9-6 γ 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

(3) 洗片

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

洗片工艺流程及产污环节见图 9-7。

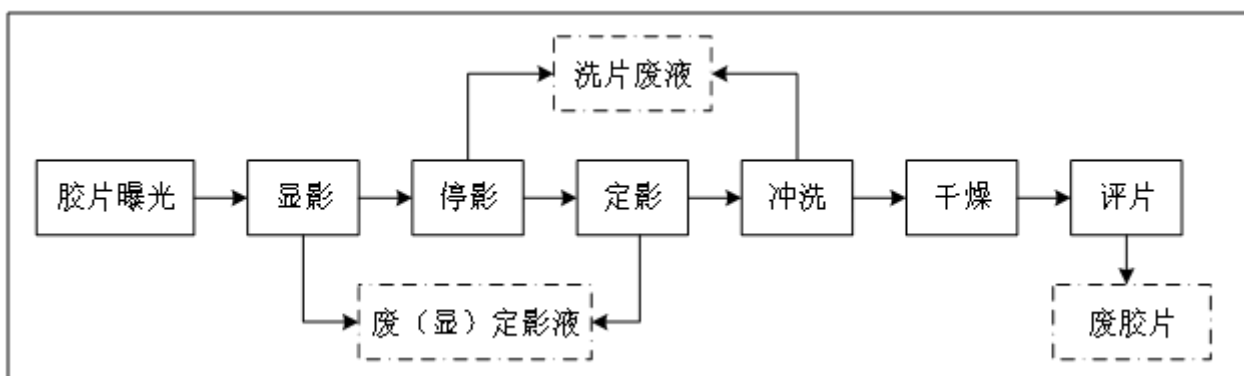


图 9-7 洗片工艺流程及产污环节示意图

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

5、换源流程

当使用的放射源活度下降至不能满足无损检测需求时，需要更换放射源，换源流程如下：

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

(2) 获取浙江省生态环境厅的批准后，放射源使用单位（浙江石化阀门有限公司）委托有资质的运输单位将源容器运输至放射源生产单位，在生产单位厂区内由生产单位完成装源工作。

(3) 放射源生产单位委托有资质的运输单位将装有新源的 γ 射线探伤机运输至放射源使用

单位，同时将装有废源的 γ 射线探伤机运回放射源生产单位，在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。

浙江石化阀门有限公司不得自行进行倒源操作，本项目所有放射源退役和换源的工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责，运输过程中的安全责任由委托的第三方有资质运输单位负责。

9.2.2 电子直线加速器

1、设备组成及工作方式

本项目拟购DZ-6型电子直线加速器，由加速管、电子枪、微波功率源、微波传输系统、AFC系统、温控系统、中央控制系统等组成。本系列产品具有输出X射线束剂量率大、焦点小、曝光时间短、检测灵敏度高等特点。

（1）加速管

加速管是电子束加速过程的腔体，由电子枪、谐振腔链、靶、耦合波导、波导窗和钛泵等构成，是全密封真空器件，管内的静态真空度高达 10^{-6}Pa 。加速管的初始端连接电子枪，末端带有金属靶。来自微波传输系统的微波功率经波导窗、耦合波导送到谐振腔链（由一系列特定形状的无氧铜腔体串联而成）中，形成具有特殊场形分布的电场和磁场。初始端电子枪所发射的电子进入加速管后，从电场中获得能量，加速到6MeV后轰击末端的金属靶产生我们所需的X射线。加速器采用精心设计的轴耦合结构驻波加速管，工作于2998MHz， $\pi/2$ 模式。驻波加速管相较于行波加速管，具有分路阻抗大、品质因数高和加速效率高的优点。轴耦合结构相较于边耦合结构，技术更为成熟，性能更为可靠。

（2）电子枪

电子枪是加速器的电子源，它产生一定能量、流强和形状要求的电子束，电子束进入加速管后得到加速。电子枪原理如下图所示：

根据加速器的设计要求，电子枪的工作电压为10kV，发射束流320mA。具有电子注入直径小、射程远、刚性好、动态散焦小的特点。电子枪采用金属—陶瓷封装结构，具有良好的绝缘性、气密性和牢固性，陶瓷管有足够的爬电长度以承受15kV以上的脉冲高压

(3) 微波功率源

磁控管是一种特殊的二极管，除了有阳极和阴极外，还有外加磁场。它是利用磁场控制阳极电流，产生微波振荡的电子管，是自激振荡器，效率可达 30%~60%。某些场合要求磁控管频率可调；例如电子直线加速器整机联调时，为了得到束流最佳的输出状态，则要求磁控管的工作频率与加速管的频率特性有最好的配合，对于驻波加速管来说，要求更为严格，因此，加速器所用的磁控管都是频率可调谐的。磁控管振荡频率的调谐主要是利用机械调谐方法。一般是在阳极块的谐振腔中插入金属杆，改变插入深度，可在数兆赫范围内调频。

加速管所需的微波功率是由微波功率源产生。本加速器使用的微波功率源是 MG5193 磁控管。磁控管的工作磁场由一块永久磁铁提供。磁控管的阳极接地，阴极接脉冲负高压，该脉冲高压通常称为磁控管的阳极电压，它是由脉冲调制器通过脉冲变压器提供的。磁控管的阴极是间热式。磁控管加脉冲阳极电压后起振工作，其脉冲阳极电流的峰值大约 100A。这时在磁控管的输出端可以得到约 2.5MW 的脉冲微波功率。该功率经微波传输系统送到加速管中。正常状态下磁控管的工作频率和加速管谐振腔的谐振频率相等，典型值为 2998MHz。磁控管具有频率调节机构，其工作频率可以通过伺服马达手动调节，也可由 AFC 系统自动调节。磁钢中心的场强约为 1570Gauss。MG5193 磁控管，由国际著名生产商英国 E2V 公司生产。

(4) 微波传输系统

微波传输系统的作用是传输相应波段的大功率微波，主要由直波导、弯波导和四端环流器组成。直波导和弯波导都为矩形波导。四端环流器的作用是保证微波单一方向传输，即微波只能从功率源传输到加速管，而不能从加速管传输到功率源，这样可以避免从加速管回来的反射波对功率源造成影响，起到保护功率源稳定运行的作用。

(5) AFC 系统

电子加速器中一般都设有自动稳频系统(Auto Frequency Control System, AFC)。电子加速器微波功率源的振荡频率必须与加速管的工作频率相一致，才能保证加速器稳定地工作。加速管的频率会随着温度的变化而漂移，AFC 系统可以实时监控加速管的频率，并调节磁控管输出的微波的频率，始终保持微波的频率与加速管的频率一致。否则就会因为频率的偏离，造成电子能量的降低和电子能谱的增宽，从而导致加速器输出剂量率的降低，甚至导致停止出束。根据选定的厚度，软件 AFC 系统会自动计算所需射线剂量进行出束。采用软硬两种 AFC 系统，硬件 AFC 采用传统微波检频和稳频调谐电路，软 AFC 采用特定算法对磁控管精确控制以达到稳频目的。两套系统采用不同的控制方式且均可独立运行，让剂量稳定性更有保障。

(6) 温控系统

温控系统是加速器的一个组成部分，虽然它在加速器系统中所占的比重并不大，但它却起着重要的作用。X 射线头内许多部件工作时会发出大量的热量，需要及时散发，而水冷则是最经济最适用的技术手段。需要水冷的部件主要有磁控管、加速管、四端环流器、大功率吸收负载、靶等。其中加速管设计工作条件是温度 25 度，因此，对水冷却要求较高，水冷系统入口水温的变化小于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，通过橡胶水管引至 X 射线头。各分管路上装有水流压力开关，能检测水流的变化，我们的系统能确保水冷系统工作正常，及时将部件产生的热量带走。

(7) 中央控制系统

中央控制系统包含：一台工业计算机、中控西门子 PLC 控制器、中央控制电路板、电源、联锁控制箱。中央控制系统作为整个加速器控制的控制核心，所有加速器相关数据信息由下位机通过以太网传输到中控 PLC，PLC 再对各种数据信息进行整理实时在上位机（即工业计算机）进行显示。各安全联锁、温度、剂量信息等通过中控电路板进行隔离送 PLC 进行处理。上位机承载加速器控制系统软件，方便对加速器进行各项数据的实时监控。

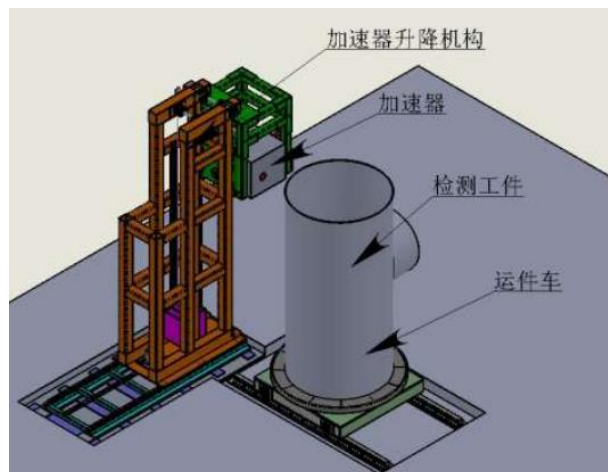


图 9-8 加速器检测参考图

2、设备性能参数

表 9-2 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
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	$\leq 1000\text{cGy/min}$
焦点直径	$< 2\text{mm}$

X 射线均匀度		>62%	
X 射线束不对称性		<±3%	
胶片成像	钢铁厚度穿透力	50mm~280mm	
	灵敏度	线型像质计	>1%
		孔型像质计	ASTM E-142 1-2T
漏线量		在主射线束范围之外, 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		有锥角为 30° 的圆锥形准直器限定	
激光中心对位装置: 附有一个激光束方向指示器, 能沿着 X 射线中心线投射光束 (可见光)		附有十字线性激光对准指示器指示, 与射线主束偏离 ≤ ±5mm	
可靠性 (长时间稳定出束)		提供连续 8 小时稳定运行, 在 8 小时内可由控制台操作人员恢复的短时间中断不应超过 4 次, 且每次时间不超过 15 分钟。提供连续工作 2 小时以上稳定不间断运行的记录文件	
到剂量率达到预定值所需时间		<5 秒	
水冷系统正常稳定工作水温		25°C±2°C, 采用 PLC 控制	
配电		三相四线 380V, 50Hz, 20kVA	

3、工作原理

DZ 系列驻波电子直线加速器, 是利用工作在 S 波段 (3GHz) 的微波, 加到由一系列谐振在该频率的谐振腔组成的腔链中, 在高真空状态下, 激发起高强度驻波电场, 电子枪产生的电子在该电场下加速, 最终达到所要求的能量后, 打到重金属靶上, 产生韧致辐射—X 射线。

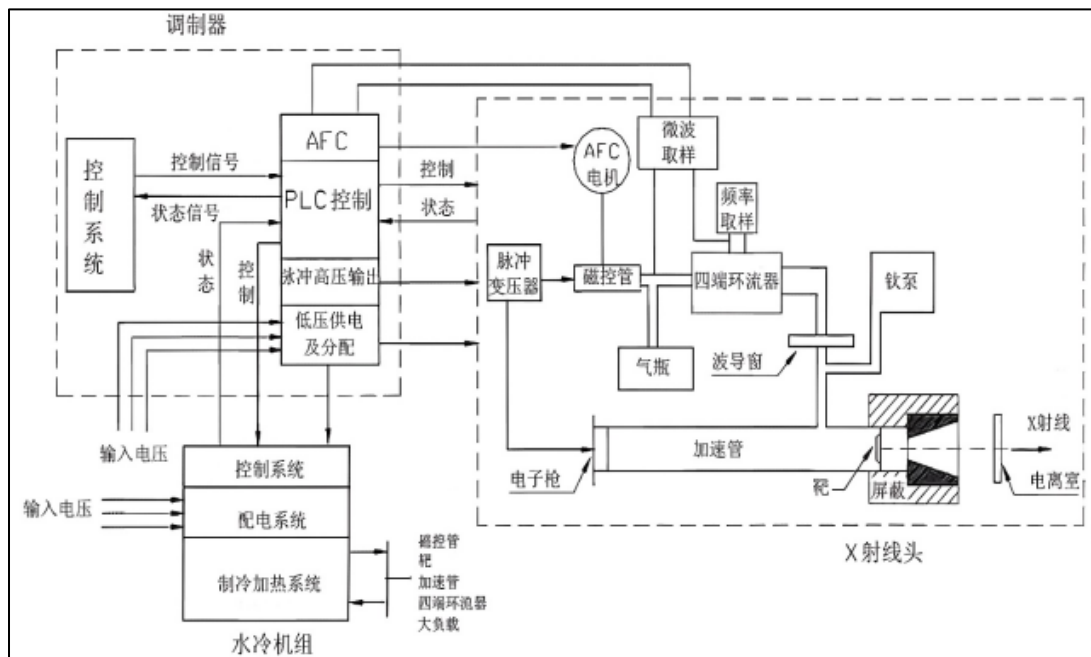


图 9-9 电子直线加速器工作原理示意图

4、电子直线加速器工艺流程及产污环节

本项目电子直线加速器在 1 号探伤室内探伤，加速器主射方向朝向 1 号探伤室西南侧墙体。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（加速器张角为 30° ，X 射线头可上下移动，上下可移动距离为 1.0m，X 射线头在最高点时离探伤室顶棚距离约 6.7m， $\tan 15^\circ \times 7.5\text{m}$ （X 射线头距西南侧墙最短距离）=2.1m<4.2m（距西北墙距离）<6.6m（距顶棚距离）<9.3m（距东南墙距离），故加速器无法照射到探伤室顶棚及其他侧墙壁）。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胶片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

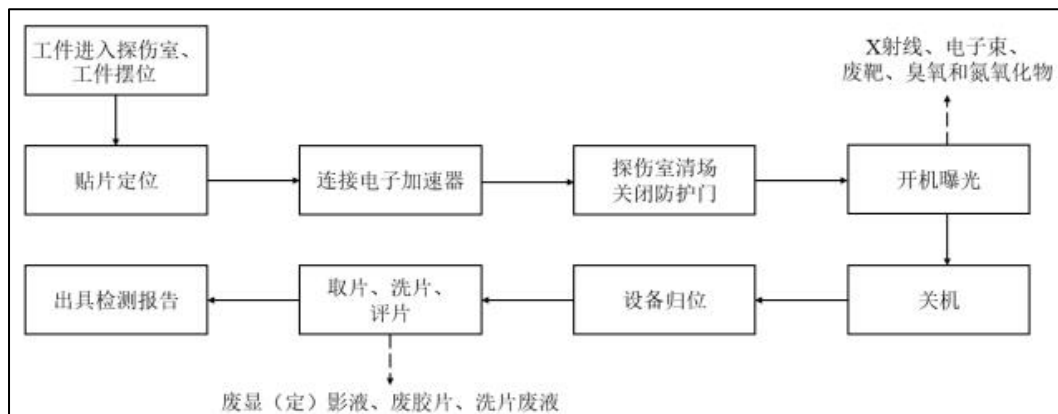


图 9-10 电子直线加速器探伤工艺流程及产污环节示意图

9.2.3X 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 9-11 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。

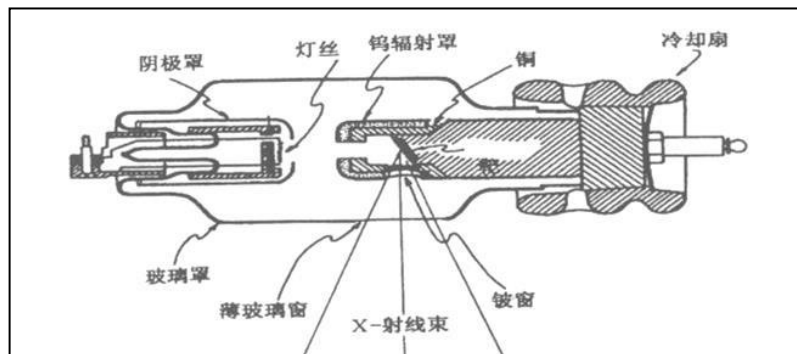


图 9-12 典型 X 射线管示意图

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。探伤工件在探伤室外由行吊放置于平板车上送入探伤室内，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。

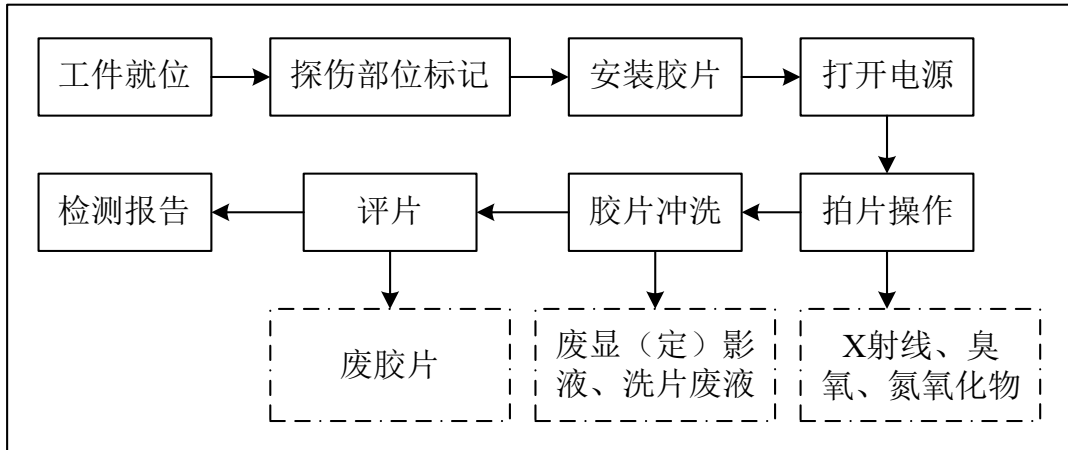


图 9-13 X 射线固定式探伤工艺流程产污环节示意图

洗片流程及产污环节见前文图 9-7，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 运行工况和人员配置计划

本项目探伤工件主要为公司自生产的阀门，检测方式为抽检，公司根据待检产品的厚度和检测需求，选择合适的探伤装置进行无损检测，1 号探伤室探伤工件的最大尺寸为 2.0m(直径)×5.0m(长)；2 号探伤室探伤工件的最大尺寸为 2.0m(直径)×4.5m(长)；3 号探伤室探伤工件的最大尺寸为 1.5m(直径)×4.0m(长)。结合各探伤装置的探测上限（最大穿透力）和探测下限（设备灵敏度）的差异性及对外探伤的业务量，本次评价的探伤设备主要检测厚度范围见表 9-3。

表 9-3 各探伤装置主要检测厚度范围

设备名称	型号	主要检测厚度范围（钢，mm）
⁶⁰ Co-γ 射线探伤机	/	40~200
¹⁹² Ir-γ 射线探伤机	/	20~100
电子直线加速器	DZ-6	50~280
X 射线探伤机	XXH-2505	3~40
	XXQ-2505	3~40
	XXH-3005	3~50

固定式探伤时，每间探伤室每次仅开启 1 台探伤装置，不存在 2 台及 2 台以上探伤装置同时在 1 间探伤室内运行的工况，3 间探伤室可同时运行。本项目每周探伤工作 6 日，全年按 50 周计，则年探伤工作 300 天。探伤工作负荷见表 9-4。

本项目 3 间探伤室计划每日均工作 8h，其中日曝光时间均为 3.5h 左右，日不曝光时间为 6.5h，其中辐射工作人员在探伤室内工作时间约为 1.2h（2 人完成，单名辐射工作人员约为 0.6h），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 3.3h，主要为吊装工件、画标记、暗室处理及资料整理等。

表 9-4 本项目探伤工作负荷

工作场所	设备名称	年拍片量（张）	单片平均曝光时间（min）	年出束时间（h）	周出束时间（h）
1 号探伤室	电子直线加速器	6000	5	500	10
	^{60}Co - γ 射线探伤机	10000	3	500	10
	小计	16000	/	1000	20
2 号探伤室	^{60}Co - γ 射线探伤机	5000	3	250	5
	^{192}Ir - γ 射线探伤机	15000	3	750	15
	小计	20000	/	1000	20
3 号探伤室	^{192}Ir - γ 射线探伤机	15000	3	750	15
	X 射线探伤机	6000	3	300	6
	小计	21000	/	1050	21
合计		57000		/	

9.2.5 辐射工作人员配置

本项目主要使用 X、 γ 射线探伤机和电子直线加速器进行固定式探伤作业，根据关于印发《关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求》的通知》（环发〔2007〕8 号）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”，本项目拟配置 9 名辐射工作人员，均为本次新增。辐射工作人员的配置计划详见下表。

表 9-5 本项目辐射工作人员配置计划

岗位	人数	备注
辐射安全管理	1 人	专职，负责单位辐射安全管理
固定式探伤	6 人	专职，分 3 组，每组由 2 名辐射工作人员组成。每组负责承担一间探伤室内所有探伤装置的固定式探伤工作，实行一班制（8 小时），每周工作 6 天，全年按 50

		周计，年工作 300 天。
放射源管理	2 人	专职，负责探伤室储源坑内的放射源管理
合计	9 人	/

9.3 污染源项描述

9.3.1 运行期正常工况污染源项

1、 γ 射线探伤机

(1) β 、 γ 射线

本项目放射源应用的放射性核素为 ^{60}Co 、 ^{192}Ir ，根据《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）P54 页与 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表 9-6。

表 9-6 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 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)
^{60}Co	5.3a	β^- (100%)	β^-	0.315	99.74%	0.35
			γ	1.173 1.332	100% 100%	
^{192}Ir	74d	β^- (95.22) ϵ (4.78) β^+ (~0)	β^-	0.672 0.536 0.240	46% 41% 8%	0.17
			γ	0.296	34.6	
				0.308	35.8	
				0.316 0.468	82.9%, 100 58.0	

注：*该数值为辐射的相对强度，带%号的表示绝对强度。

本项目 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ γ 射线探伤机内含的放射源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ 衰变时会发射出不同能量的 β 射线和 γ 射线。根据《 γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2023）中第 5.4.1.1 条款规定，当 γ 射线探伤机采用贫化铀作为源容器屏蔽材料时，其外表面应包覆足够厚度的低原子序数的非放射性材料，以减弱和吸收贫化铀发射的 β 辐射；其源通道也应包覆足够厚度的非放射性材料。 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 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ 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 ^{60}Co - γ 射线探伤机拟采用移动式探伤机， ^{192}Ir - γ 射线探伤机拟采用便携式探伤机，源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值见表 9-7。

表 9-7 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
移动式	M	1	0.05

(2) 废旧放射源

公司使用的放射源到一定时间后，不能满足无损检测要求，将退役成为废旧放射源。本项目每台 γ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度均为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ (100Ci) /枚，其中放射源 ^{60}Co 计划10年更换一次， ^{192}Ir 计划5个月更换一次，则本项目废旧放射源 ^{60}Co 年产生量为2枚/10年，废旧放射源 ^{192}Ir 年产生量为4枚/年。参考《电离辐射防护基础》（陈志编著，清华大学出版社）P11页公式（2-11）， ^{60}Co 的半衰期为5.3a、 ^{192}Ir 的半衰期为74d，则单枚废旧放射源的活度估算结果如下：

$$\text{废旧放射源 } ^{60}\text{Co}: 3.70 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(10/5.23)} = 9.91 \times 10^{11} \text{Bq} (26.8\text{Ci})$$

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

公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源返回协议。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。

(3) 报废的 γ 射线探伤机

γ 射线探伤装置的安全使用期限为 10 年，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，应委托 γ 射线探伤机生产单位进行回收处理。

2、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，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 9-8 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	$6 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$	$\leq 0.1\%$

备注：表中数据源自设备厂家提供。

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 9-9 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	最大管电流	有用线束/散射辐射的 X 射线距靶点 1m 输出量 ^① $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 ^② $(\mu\text{Sv/h})$
1	X 射线探伤机	XXH-2505、 XXQ-2505	250kV	5mA	16.5	5×10^3
2		XXH-3005	300kV	5mA	20.9	

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。XXH-2505 和 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 $16.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，XXH-3005 型 X 射线探伤机最大管电压为 300kV，则滤过条件为 3mm 铝时 X 射线距辐射源点 1m 处输出量为 $20.9 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

②根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，管电压 $> 200 \text{kV}$ 时，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

4、非放射性污染

三厂区主体工程非放射性内容已于 2025 年 05 月 30 日取得温州市生态环境局的环评批复（文号：温环建〔2025〕065 号）。本项目辐射工作人员均由公司内部非放射性工作人员调岗过来，不

新增生活污水产生量。生活污水依托厂区内的化粪池预处理满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中三级标准后纳入市政污水管网，送至温州经济技术开发区第三污水处理厂处理达标后排放，企业纳管标准执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准（其中工业废水纳管排放的氨氮、总磷执行《工业企业废水氨、磷污染物间接排放限值》（DB33/887-2013）中的间接排放标准，总氮标准限值参照执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）。温州经济技术开发区第三污水处理厂尾水排放标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准。项目不新增生活垃圾产生量，生活垃圾依托厂区的垃圾收集桶，集中收集后交由环卫部门统一清运。优选低噪声风机，源强控制在 70dB（A）以下，在距离衰减的基础上，厂界噪声排放可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 3 类标准要求。上述非放射性污染源项仅定性分析，本报告重点关注臭氧和氮氧化物等非放射性气体和各类危险废物。

（1）臭氧和氮氧化物

本项目电子直线加速器、 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。每间探伤室均拟设一套机械通风装置，其中 1 号探伤室净容积约 826m³（含迷道），设计风机风量均不低于 3000m³/h，有效通风换气次数大于 3 次/h；2 号探伤室净容积约 480m³（含迷道），设计风机风量均不低于 2500m³/h，有效通风换气次数大于 3 次/h；3 号探伤室净容积约 410m³（含迷道），设计风机风量均不低于 2000m³/h，有效通风换气次数大于 3 次/h。1 号探伤室内通风口以“U”型埋地管道穿越探伤室的西北侧墙至室外排放；2 号探伤室内通风口以“U”型埋地管道穿越 2 号探伤室的西南侧墙再以“U”型埋地管道穿越 1 号探伤室西北侧墙后至室外排放；3 号探伤室内通风口以“U”型埋地管道穿越 3 号探伤室的东北侧墙，以“U”型埋地管道穿越 2 号探伤室的西南侧墙再以“U”型埋地管道穿越 1 号探伤室西北侧墙后至室外排放。3 号探伤室西北侧墙外为厂区内道路，已避开人员集中区，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、废胶片及洗片废液

本项目探伤年拍片量为 57000 张，按洗 1000 张片用 20L 显（定）影液，经估算项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约 1140L，密度保守按照 1g/cm³，折算重量为 1140kg。废片率按 3% 计算，则每年产生废胶片约 1710 张，单张胶片平均重量约 10g，折算重量为 17.1kg。该部分危险废物定期委托有资质的单位处理。

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1710(单年废胶片量)+55290(第8年作为危废的废胶片量)=57000张,单张胶片平均重量约10g,折算重量为570kg。

本项目暗室洗片过程中会产生少量的洗片废液。参考企业现有的实际产污经验值,按洗1000张片产生50L洗片废液,则本项目洗片废液年产生量约2850L,密度保守按照1g/cm³,折算重量为2850kg。该部分废水含较高浓度的AgBr、显(定)影剂及强氧化物,需做危险废物处理,定期委托有资质的单位处理处置。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求,本次评价明确危险废物的名称、数量、类别、形态、危险特性和污染防治措施等内容,具体见表9-10。

表9-10 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	年产生量	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	1140kg	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	固定式探伤	T	收集暂存于危废暂存间,定期委托有资质单位处置
2	废胶片			570kg	评片	固态	废胶片	废胶片	固定式探伤、存档期满		
3	洗片废液			2850kg	洗片	液态	AgBr、显(定)影剂及强氧化物	AgBr、显(定)影剂及强氧化物	固定式探伤		

(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。

9.3.2 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。

9.4 现有辐射项目工艺不足及改进情况

9.4.1 现有探伤室运行期工艺流程及产污环节

现有 X 射线探伤机开展固定式探伤的工艺流程及产污环节见图 9-12。

9.4.2 现有辐射防护用品及防护措施落实情况

公司现有探伤室工件防护门设置了门-机联锁装置、工作状态指示灯与声光报警装置，并与防护门表面张贴电离辐射警告标志和中文警示说明；探伤室内装有视频监控系统、内部与操作台设有紧急停机按钮，设有1套机械排风系统，臭氧和氮氧化物通过排风管道收集后排放至外环境。根据项目实际情况划分了控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。公司现有1台个人剂量报警仪、1台便携式X-γ剂量率仪。

9.4.3 现有辐射工作人员管理情况

公司已于2023年8月已申请停用现有探伤室，探伤室未使用，辐射工作人员无个人剂量检测报告。辐射工作人员核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单和职业健康检查报告具体见附件17和附件18。

9.4.4 原有辐射工作场所监测情况

公司已委托浙江正安检测技术有限公司于2025年12月29日对公司现有探伤室进行了检测，具体见附件13。检测当日，探伤室开机1台XXH-3005型X射线探伤机（周向）（额定参数：管电压 $\leq 300\text{kV}$ ，管电流 $\leq 5\text{mA}$ ；检测工况：220kV，5mA，检测时无工件，水平周向），探伤室的四周屏蔽墙、顶棚和防护门外30cm处周围剂量当量率为（0.13~0.16） $\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤室的墙体和门的屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

9.4.5 现有“三废”治理措施

建设单位已经许可的射线装置运行过程中均无放射性废气、放射性废水和放射性固废产生。

(1) 臭氧和氮氧化物

现有探伤室已设置机械通风装置，可将废气排至室外，对周围环境影响较小。

(2) 危险废物

浙江石化阀门有限公司已与浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司签订危废委收运合同，浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司已与温州市环境发展有限公司签署危险废物委托处置合同。温州市环境发展有限公司资质范围涵盖本项目产生的所有废物类别（HW16 类感光材料废物），对探伤过程产生的废显（定）影液、废胶片、洗片废液进行处置，具体见附件 14。

9.4.6 现有工艺不足或改进情况

综上所述，现有辐射项目各项环保设施运行正常，过程中无任何环境污染事故。现场监测表明，项目探伤室四侧墙体、防护门和顶棚外 30cm 处周围剂量当量率能够满足相关标准要求，不存在工艺不足，不需要改进。

待三厂区新探伤室建成并投入使用后，一厂区原有的老探伤室将淘汰使用。公司拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，清除老探伤室所有电离辐射警告标志和安全告知，不存在环境污染遗留问题，并按照《浙江省辐射环境管理办法（2021年修正）》中第十八条要求，对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报温州市生态环境局核销。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 布局及合理性分析

(1) 功能布局设计

本项目探伤工作场所位于生产车间一层西北侧，由 3 间探伤室及其辅助用房组成。3 间探伤室均拟设置 1 扇电动混凝土工件门（均设于西北侧），采用平板轨道车输送工件进出探伤室，便于工件进出。3 间探伤室与控制室之间均拟设“L”型迷道和电动人员门，便于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。曝光后的胶片统一在探伤室东北侧的暗室、评片室以及资料室内完成洗片、评片和胶片存档工作。产生的各类危废暂存于探伤室东北侧的危废暂存间内，定期委托有资质的单位处理处置。X 射线探伤机不探伤作业时，暂存在 X 射线探伤机暂存间，探伤室的平面和剖面设计分别见附图 6。

(2) 尺寸设计

1 号探伤室探伤工件的最大尺寸为 2.0m（直径）×5.0m（长），探伤室内尺寸为 10.9m（长）×9.4m（宽）×7.9m（高），工件门的门洞尺寸为 3.5m（宽）×3.4m（高）；2 号探伤室探伤工件的最大尺寸为 2.0m（直径）×4.5m（长），探伤室内尺寸为 8.0m（长）×7.4m（宽）×7.9m（高），工件门的门洞尺寸为 2.8m（宽）×2.9m（高）；3 号探伤室探伤工件的最大尺寸为 1.5m（直径）×4.0m（长），探伤室内尺寸为 6.2m（长）×8.1m（宽）×7.9m（高），工件门的门洞尺寸为 2.0m（宽）×2.9m（高）。工件拟采用叉车运送入探伤室，在探伤室内拟采用行车吊装工件，1 号探伤室行车离地高度为 6.0m，载重量 20t，行车距离顶棚 1.9m；2 号探伤室行车离地高度为 6.4m，载重量 10t，行车距离顶棚 1.5m；3 号探伤室行车离地高度为 6.7m，载重量 5t，行车距离顶棚 1.2m。因此，3 间探伤室均满足探伤工件进出探伤室并位于探伤室内探伤的要求。

(3) 有用线束朝向设计

本项目操作室位于 3 间探伤室的东南侧，电子直线加速器的有用线束仅朝向 1 号探伤室的西南侧，不朝向操作室； γ 射线探伤机有用线束朝向 3 间探伤室的任一侧；X 射线探伤机（周向）有用线束朝向 3 号探伤室的任一侧；X 射线探伤机（定向）有用线束朝向 3 号探伤室的西南侧。本项目通过设置迷道避免了有用线束直接朝向操作室。

(4) 局部贯穿设计

本项目探伤室分别预留 γ 射线探伤机控制导管、电缆管与通风管，均以“U”型管道穿越探伤室，其中 1 号探伤室 γ 射线探伤机控制导管埋深为 500mm，2 号探伤室和 3 号探伤室 γ 射

线探伤机控制导管埋深为 550mm 管径均为 100mm；电缆管埋深均为 500mm，管径为 100mm；通风管埋深均为 350mm，1 号探伤室管径为 250mm，2 号探伤室和 3 号探伤室管径均为 160mm。本项目探伤室各类穿墙管道设计图见附图 7。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 γ 射线探伤机控制导管、电缆管与通风管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。

（5）辐射安全设计

本项目拟建探伤室东南侧紧邻操作室；西南侧紧邻过道；西北侧紧邻厂区内道路；东北侧紧邻过道；正上方为二层生产车间喷漆流水线；正下方均为土层，无地下层，属于人员不可达区域。探伤室六侧紧邻环境不涉及公众人员长居留因子的区域。因此，本项目探伤室的设计已充分考虑周围的辐射安全。

综上所述，本项目探伤工作场所的功能设计较为完善，可以满足固定式的基本配置需求。探伤室设计可满足探伤工件进出探伤室并于探伤室内进行探伤检测的要求，操作室避免了有用线束直射并与探伤室分开。因此，本项目探伤室的设计满足《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 分区原则及两区规划

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

根据控制区、监督区的划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，将3间探伤室内部区域划为控制区，在探伤室工件门显著位置设置电离辐射警告标志和中文警示说明；将探伤室四侧墙体外1m处、操作室、评片室、资料室、X射线探伤机暂存间、暗室和危废暂存间划分为监督区，对该区不采取专门防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率，在正常工作过程中，监督区内不得有无关人员滞留。辐射工作场所分区管理示意图见附图10。

10.1.3 辐射工作场所屏蔽防护设计

根据建设单位提供的设计资料，本项目探伤室的屏蔽防护设计方案见表 10-1。

表 10-1 探伤室屏蔽情况一览表

项目		屏蔽防护设计方案
1号探伤室	外尺寸	13.9m (长) × 13.4m (宽) × 9.4m (高)
	内尺寸	10.9m (长) × 9.4m (宽) × 7.9m (高)
	四侧墙体	西南侧为 2500mm 混凝土, 其余各侧为 1500mm 混凝土
	顶棚	1500mm 混凝土
	工件门 (设于西北侧墙上)	电动移门, 门洞尺寸为 3.5m (宽) × 3.4m (高); 门体尺寸为 5.2m (宽) × 5.0m (高), 采用 1500mm 混凝土; 门与墙体左搭接为 1000mm, 右搭接为 700mm, 上搭接为 1000mm, 下搭接为 600mm
	迷道	迷道设置形式为 L 型, 宽 800mm, 迷道内墙为 1200mm 混凝土, 迷道外墙为 1200mm 混凝土, 迷道顶部为 600mm 混凝土
	人员门	电动移门, 门洞尺寸为 0.8m (宽) × 2.0m (高); 门体尺寸为 1.2m (宽) × 2.2m (高), 采用 20mm 铅防护; 门与墙体左、右搭接各为 200 mm, 上搭接 150mm, 下搭接为 50mm
	γ 射线探伤机控制导管	预留 1 根管道, 管径 100mm, 埋深 500mm, 以“U”型地埋管道穿越探伤室的东北侧墙
	电缆管	预留 2 根管道, 管径 100mm, 埋深 500mm, 以“U”型地埋管道穿越探伤室的东南侧墙
	通风管	设置一个通风口, 管径 250mm, 埋深 350mm, 以“U”型地埋管道穿越探伤室的西北侧墙至室外排放, 风机设计风量 3000m ³ /h
	储源坑 (S1)	在 1 号探伤室内东南侧设置 1 个储源坑, 采用下沉式设计, 用于临时贮存 ⁶⁰ Co-γ 射线探伤机 (S1), 内尺寸为 1200mm (长) × 700mm (宽) × 750mm (深), 坑四壁与底部均为混凝土层, 坑盖采用 16mm 铅板, 坑盖与四侧的搭接宽度均为 20mm
2号探伤室	外尺寸	10.4m (长) × 11.6m (宽) × 9.1m (高)
	内尺寸	8.0m (长) × 7.4m (宽) × 7.9m (高)
	四侧墙体	西南侧为 1500mm 混凝土, 其余各侧为 1200mm 混凝土
	顶棚	1200mm 混凝土
	工件门 (设于西北侧墙上)	电动移门, 门洞尺寸为 2.8m (宽) × 2.9m (高); 门体尺寸为 3.9m (宽) × 4.1m (高), 采用 1200mm 混凝土防护; 门与墙体左搭接为 600mm, 右搭接为 500mm, 上搭接为 600mm, 下搭接为 600mm
	迷道	迷道设置形式为 L 型, 宽 800mm, 迷道内墙为 1000mm 混凝土, 迷道外墙为 1200mm 混凝土, 迷道顶部为 550mm 混凝土
	人员门	电动移门, 门洞尺寸为 0.8m (宽) × 2.0m (高); 门体尺寸为 1.2m (宽) × 2.25m (高), 采用 20mm 铅防护; 门与墙体左、右搭接各为 200mm, 上搭接 150mm, 下搭接为 100mm
	γ 射线探伤机控制导管	预留 3 根管道, 管径 100mm, 埋深 550mm, 以“U”型地埋管道穿越探伤室的东北侧墙
电缆管	预留 1 根管道, 管径 100mm, 埋深 500mm, 以“U”型地埋管道穿越探伤室的东南侧墙	
通风管	设置一个通风口, 管径 160mm, 埋深 350mm, 以“U”型地埋管道穿越 2 号探伤室的西南侧墙再穿越 1 号探伤室西北侧墙后至室外排放, 风机设计风量 2500m ³ /h	
储源坑 (S2~S5)	在 2 号探伤室内西北侧设置 4 个储源坑, 采用下沉式设计, 坑四壁与底部均为混凝土层, 其中 1 个用于临时贮存 ⁶⁰ Co-γ 射线探伤机 (S2), 内尺寸为 1200mm (长) × 700mm (宽) × 700mm (深), 坑盖采用 16mm 铅板; 另外 3 个用于临时贮存 ¹⁹² Ir-γ 射线探伤机 (S3~S5), 内尺寸为 700mm (长) × 500mm (宽) × 500mm (深), 坑盖采用 10mm 铅板, 坑盖与四侧的搭接宽度均为 20mm	
3号	外尺寸	8.25m (长) × 11.6m (宽) × 8.7m (高)
	内尺寸	6.2m (长) × 8.1m (宽) × 7.9m (高)

探伤室	四侧墙体	西南侧为 1500mm 混凝土，东南侧为 800mm 混凝土，其余各侧为 850mm 混凝土
	顶棚	800mm 混凝土
	工件门 (设于西北侧墙上)	电动移门，门洞尺寸为 2.0m (宽) × 2.9m (高)；门体尺寸为 3.0m (宽) × 3.4m (高)，采用 850mm 混凝土防护；门与墙体左、右搭接为 500mm，上搭接为 400mm，下搭接为 100mm
	迷道	迷道设置形式为 L 型，宽 800mm，迷道内墙为 800mm 混凝土，迷道外墙为 800mm 混凝土，迷道顶部为 400mm 混凝土
	人员门	电动移门，门洞尺寸为 0.8m (宽) × 2.0m (高)；门体尺寸为 1.2m (宽) × 2.25m (高)，采用 10mm 铅防护；门与墙体左、右搭接各为 200mm，上搭接 150mm，下搭接为 100mm
	γ 射线探伤机控制导管	预留 3 根管道，管径 100mm，埋深 550mm，以“U”型地埋管道穿越探伤室的东南侧墙
	电缆管	预留 1 根管道，管径 100mm，埋深 500mm，以“U”型地埋管道穿越探伤室的东南侧墙
	通风管	设置一个通风口，管径 160mm，埋深 350mm，以“U”型地埋管道穿越 3 号探伤室的东北侧墙，穿越 2 号探伤室的西南侧墙再穿越 1 号探伤室西北侧墙后至室外排放，风机设计风量 2000m ³ /h
注：混凝土的密度不小于 2.35g/cm ³ ，铅的密度不小于 11.3g/cm ³		

探伤室应按照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 γ 射线探伤机控制导管、电缆管、通风管等敷设形式，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 2.5μSv/h 的限值要求，职业人员满足 GB 18871-2002 中职业照射剂量限值要求，周围公众年有效剂量满足 GB 18871-2002 中公众照射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

装置名称		设备技术要求
γ 射线探伤机	源容器及其传输导管	本项目 γ 射线探伤机类别为便携式 (P) 和移动式 (M)，当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖时，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。
电子直线	设备	加速器装置的稳定性、可靠性应能满足使用要求。

加速器	操作台	①操作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、安全联锁；f、紧急停机。
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

γ 射线探伤机	工作前检查项目	①检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常；②检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；③确认放射源锁紧装置工作正常；④检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；⑤安全联锁是否工作正常；⑥报警设备和警示灯运行是否正常；⑦检查源容器和源传输导管是否连接牢固；⑧检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；⑨检查警告标签和源的标志内容是否清晰；⑩测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）5.2.1.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。
	设备维护	①应定期对探伤装置中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修探伤装置时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位的人员不应单独对探伤装置进行维修。②应经常对探伤装置的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。③探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。④每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。⑤严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、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。⑥更换输源管、控制缆和源辨等配件时，必须使用该探伤装置原生产厂家的合格配件。
电子直线加速器	工作前检查项目	检查加速器的安全联锁、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。
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 临时贮存场所辐射安全和防护措施

本项目 γ 射线探伤机不作业时，存放于 1 号探伤室和 2 号探伤室专用储源坑内；电子直线加速器不作业时存放于 1 号探伤室；X 射线探伤机不作业时，存放于 X 射线探伤机暂存间。

表 10-4 探伤装置不作业时贮存场所辐射安全和防护措施

项目	拟采取的辐射安全和防护措施
----	---------------

放射源	<p>探伤室内的储源坑</p> <p>①探伤室及储源坑墙体结构上拟防火，内部严禁烟火，探伤室附近拟配若干灭火器，满足“防火”要求。</p> <p>②探伤室的地面及储源坑底部和四侧拟采用水泥硬化处理，并设置防潮层以防渗，满足“防水”要求。</p> <p>③探伤室出入口的防护门及储源坑的铅盖均拟设防盗锁，保持在锁紧状态，并指定 2 名工作人员专职负责放射源的保管工作，实行双人双锁制度。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，且录像保存时间在 90 天以上，并与值班室联网；探伤室内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。</p> <p>④领用、交还含放射源的源容器时，对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器按规定位置存放，领用和交还均有详细的登记，满足“防丢失”的要求。</p> <p>⑤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，本项目满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“放射源贮存设施在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$”的要求，其辐射屏蔽防护性能有效可行，满足“放射线泄漏”要求。</p> <p>⑥探伤室内及附近严禁存放易燃易爆和腐蚀性物品，本项目四周主要为生产车间、厂内道路和金海四道，均不涉及易燃易爆物质及危险化学品等存放，满足“防爆”要求。</p> <p>⑦探伤室出入口的防护门和储源坑的坑盖上均拟设显著的电离辐射警告标志，告诫无关人员请勿靠近。</p> <p>⑧本项目为 II 类放射源，其风险等级为二级，治安防范级别也为二级，公司严格按照《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）的标准要求进行管理处置。</p> <p>⑨公司拟制定含源 γ 射线探伤机的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度，明确放射源的流向。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有 2 人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。同时，探伤室现场拟张贴相关辐射安全管理制度。</p>
射线装置	<p>1号探伤室（贮存电子直线加速器）</p> <p>①电子直线加速器贮存在 1 号探伤室，探伤室设计已考虑“防盗、防火、防潮、防爆”的基本要求，不存放易燃易爆、腐蚀性等物品。</p> <p>②公司应制定电子直线加速器的使用登记制度，并建立设备管理台账。</p> <p>X射线探伤机暂存间（贮存X射线探伤机）</p> <p>①X射线探伤机暂存间仅用于存放X射线探伤机，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。探伤机检修均由设备生产厂家承担，建设单位工作人员不承担检修工作。</p> <p>②X射线探伤机暂存间应满足“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。</p> <p>③公司应制定X射线探伤机的领取、归还和登记制度，并建立设备管理台账。</p>

10.1.4.4 固定式探伤辐射安全和防护措施

表 10-5 X、 γ 射线固定式探伤辐射安全和防护措施

项目	拟采取的辐射安全和防护措施
探伤室的 建设	<p>本项目建有 3 间探伤室，开展 X、γ 射线固定式探伤。根据国家相关法律法规和标准要求，并结合项目实际情况，本项目在投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施：</p> <p>（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，防护门与所有探伤机联锁，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。每间探伤室内有多台探伤装置，每台装置均拟与防护门联锁。</p> <p>（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，并与所有探伤机联锁。“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。</p> <p>（3）每间探伤室拟设 1 套 24 小时持续有效的视频监控系統，且录像保存时间在 30 天以上，</p>

	<p>并与厂区的值班室联网。视频监控装置拟设 11 个，分别位于 3 间探伤室内的西侧、东侧和迷道处，工件门外设置一个，操作室内对准人员门处设置一个，保证监控无死角。在控制室的工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。</p> <p>(4) 每间探伤室的工件门、人员门均拟设置符合 GB 18871-2002 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。</p> <p>(5) 每间探伤室内的四侧墙面、迷道内以及控制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。</p> <p>(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，排风管道外口已避免朝向人员活动密集区。</p> <p>(7) 每间探伤室内拟安装 1 套固定式场所辐射探测报警装置，在每间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，其显示单元设置在控制室，并与门连锁。</p> <p>(8) 拟配置 3 台便携式 X-γ 剂量率仪巡测，防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。</p> <p>(9) 探伤室的工件门和人员门拟采用电动门，均具有防夹功能。工件门和人员门的内侧分别拟设 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，工作人员可通过操作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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(12) 探伤作业时，每间探伤室工作人员入口门外工件门外的工作状态指示灯箱拟醒目显示“禁止入内”。</p> <p>(13) 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。</p> <p>(14) 每间探伤室内工件门和人员进出门处均设置一个紧急开门按钮。</p>
探伤操作的放射防护	<p>(1) 对正常使用的探伤室应检查检测室防护门-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。</p> <p>(2) 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出检测室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(5) 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。</p> <p>(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。</p>
辐射安全管理	<p>(1) 严格控制探伤室运行工况，每间探伤室探伤工作仅限 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。</p> <p>(2) 公司应建立放射源和射线装置的管理档案和台帐记录，贮存、领取、使用、归还探伤机时应及时进行登记、检查，做到账物相符，并要求专人负责保管。</p> <p>(3) 相关辐射安全规章制度应张贴上墙于探伤工作现场处。</p> <p>(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。</p> <p>(5) 本项目涉及多台不同类型探伤装置的使用，应做好 1 号探伤室电子直线加速器和 γ 射线探伤机、2 号探伤室 γ 射线探伤机、3 号探伤室 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。</p>

10.1.4.5 辐射防护设施、辐射检测仪器及防护用品配置

本项目每间探伤室单次仅开启 1 台探伤装置，不涉及 2 台及 2 台以上探伤装置同时在 1 间

探伤室内运行的工况。本项目拟配置 9 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，2 名为放射源管理人员；6 名为固定式探伤操作人员，每 2 名为一个固定式探伤小组，每组承担 1 间探伤室内所有的探伤作业。本项目辐射防护设施、辐射检测仪器与防护用品配置计划见表 10-6。

表 10-6 本项目辐射防护设施、辐射检测仪器与防护用品配置计划表

序号	辐射防护设施	配置数量	备注
1	个人剂量计	9 枚	1 枚为辐射管理人员使用，2 枚为放射源管理人员，6 枚为辐射操作人员使用，均为本次新增
2	个人剂量报警仪	9 台	1 台为辐射管理人员使用，2 台为放射源管理人员，6 台为辐射操作人员使用，1 台利旧使用，8 台本次新增
3	便携式 X-γ 剂量率仪	3 台	新增 2 台，利旧使用 1 台
4	视频监控装置	11 个	每间探伤室内各安装 3 个，探伤室防护门外、工件门外均安装 1 个
5	监视器	1 个	拟安装于控制室的工作台
6	固定式场所辐射探测报警装置	3 套	每间探伤室拟安装 1 个探头，显示单元设置在控制室的工作台
7	显示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，并与探伤机联锁	9 套	每间探伤室的工件门口、工作人员出入口和内部各拟安装 1 套
8	紧急停机按钮	18 个	每间探伤室内拟安装 5 个、控制室的每个操作台拟安装 1 个
9	机械通风装置	3 套	每间探伤室拟安装 1 套
10	长柄夹（长度至少 1.5m）	1 个	3 间探伤室共用 1 个
11	储源罐	1 个	3 间探伤室共用 1 个
12	铅衣、铅手套等	8 套	2 套为放射源管理人员，6 套为辐射操作人员使用，

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

10.1.4.6 废旧放射源的处置及换源

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

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

(3) 废旧放射源临时贮存在探伤室的储源坑内，公司应及时通知放射源销售单位专车取走。

(4) 严禁将废旧放射源非法转让，随意丢弃。

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

10.1.4.7 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：

a、有使用价值的 γ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照 GBZ 117-2022 第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

b、掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样处理。

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

d、当所有放射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

e、清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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

10.1.4.8 危险废物环境管理措施

本项目固定式探伤的洗片工作均在暗室内完成，该过程产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液等危废收集后暂存于危废暂存室，再定期委托资质单位处理处置。

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

(1) 危废暂存室情况

本项目固定式探伤产生的危废全部暂存于危废暂存间，位于探伤室东北侧，建筑面积约 8.5m²，一次性最大贮存能力约 8t，该场所的建设必须满足《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,库内地面采取硬化处理和防渗措施;采用防盗门,门上设置符合《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022)要求的危废标识和防盗锁,并由专人管理;库内分区存放,不同贮存分区之间应采取隔离措施,并设置液体导流和收集设施。根据工程分析计算可知,本项目固定式探伤产生的废显(定)影液、废胶片与洗片废液的年产生总量为4.56t,占地面积约为5.0m²,计划的贮存期限为1年,可以满足本项目危废贮存的空间要求。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求,本次评价明确危险废物贮存场所(设施)的名称、位置、占地面积、贮存方式、贮存容积、贮存周期等内容,具体见表10-7。

表 10-7 危险废物贮存场所(设施)基本情况表

序号	贮存场所(设施)名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	危废暂存间	废显(定)影液	HW16	900-019-16	探伤室东北侧	8.5m ²	专用防渗容器	8t	1年
2		废胶片	HW16	900-019-16			袋装堆放		
3		洗片废液	HW16	900-019-16			专用防渗容器		

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

(2) 危废的转移

对于厂内运输,本项目危废从厂区内产生环节运输到危废暂存间,应由专人负责,专用容器或废物袋收集转移,避免可能引起的散落、滴漏。对于厂外运输,危废由有资质单位定期到厂内收集并运输转移,采用专用车辆。危废转移过程中应严格执行转移联单管理制度,危险废物电子转移联单数据应当在信息系统中至少保存十年。

(3) 危废的委托处置

浙江石化阀门有限公司已与浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司签订危废委收运合同,浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司已与温州市环境发展有限公司签署危险废物委托处置

合同。温州市环境发展有限公司资质范围涵盖本项目产生的所有废物类别（HW16 类感光材料废物），具体见附件 14。

10.2 三废的治理

本项目的运行无放射性废水、放射性废气产生。

（1）公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与放射性生产销售单位签订废旧放射源返回协议。

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

（4）储源坑内暂存的含源 γ 射线探伤机与空气电离会产生少量的臭氧和氮氧化物，由探伤室的机械排风装置及时排出。固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外，臭氧在常温常压状态下将会在短时间内自动分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

（4）探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液均属于危险废物，固定式探伤产生的危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，委托有资质的公司进行处理处置。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工阶段

本项目施工期涉及 3 间探伤室及其配套控制室、暗室、危废暂存间、评片室和 X 射线探伤机暂存间等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：施工期产生的废水主要为施工人员的生活污水，生活污水产量较小，经建设单位化粪池预处理后纳入市政污水管网，对周围环境影响较小。

(4) 固体废物：整个施工过程中产生少量以建筑垃圾为主的固体废物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

本项目用于固定式探伤的 X、 γ 射线探伤机与电子直线加速器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、电子束、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目探伤设备的安装调试均要求在辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行，建设单位不得自行安装和调试设备。在设备安装调试阶段，建设单位应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在防护门外设置电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。由于设备的安装和调试均在探伤室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应及时回收包装材料作为一般固体废物进行处置。

11.2 运行阶段辐射环境影响分析

11.2.1 预测工况确定

本项目 1 号探伤室拟配置 1 台 6MeV 电子直线加速器和 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机，其中电子直线加速器有用线束朝向 1 号探伤室的西南侧，其他侧为泄漏辐射和散射辐射； ^{60}Co - γ 射线探伤机有用线束朝向 1 号探伤室的任一侧。2 号探伤室拟配置 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机和 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机，有用线束朝

向 2 号探伤室的任一側。3 号探伤室拟配置 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机、1 台 XXH-2505 型 X 射线探伤机（周向机）和 1 台 XXQ-2505 型 X 射线探伤机（定向机）， ^{192}Ir - γ 射线探伤机有用线束朝向 3 号探伤室的任一側；XXH-2505 型 X 射线探伤机（周向机）有用线束朝向东南側、西南側、西北側和东北側；XXQ-2505 型 X 射线探伤机（定向机）有用线束朝向西南側。每间探伤室内每次仅开启 1 台辐射装置进行探伤作业，不存在同一探伤室内 2 台及 2 台以上辐射装置同时运行的工况；但存在三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 Bx	靶点距离各侧内墙的距离 (m)						
			有效厚度 d (mm)	HVL 或 TVL (mm)		西北墙	东北墙	东南墙	西南墙	顶棚	地坪	
1 号探伤室	^{60}Co - γ 射线探伤机	$3.7 \times 10^6 \text{MBq}$	$0.35 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$	1500mm 混凝土	HVL 70mm	$3.5 \text{E}-07$	4.2	5.5	9.3	5.5	6.7	0.2
	电子直线加速器	$6 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$		2500mm 混凝土	TVL ₁ : 370mm; TVL: 330mm	$3.5 \text{E}-08$	6.0	3.2	7.0	10.3	6.6	1.6
2 号探伤室	^{60}Co - γ 射线探伤机	$3.7 \times 10^6 \text{MBq}$	$0.35 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$	1200mm 混凝土	HVL 70mm	$6.9 \text{E}-06$	3.4	4.3	6.8	3.5	6.7	0.2
	^{192}Ir - γ 射线探伤机	$3.7 \times 10^6 \text{MBq}$	$0.17 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$		HVL 50mm	$6.0 \text{E}-08$	3.4	4.3	6.8	3.5	6.7	0.2
3 号探伤室	^{192}Ir - γ 射线探伤机	$3.7 \times 10^6 \text{MBq}$	$0.17 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$	850mm 混凝土	HVL 50mm	$7.6 \text{E}-06$	3.3	3.2	5.4	3.1	6.8	0.2
	XXH-2505 型 X 射线探伤机	$16.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	5mA		TVL: 90mm	$3.6 \text{E}-10$	3.3	3.2	5.4	3.1	6.8	0.2
	XXQ-2505 型 X 射线探伤机						3.3	3.2	5.4	3.1	6.8	0.2
XXH-2505 型 X 射线探伤机	$20.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	5mA	3.3	3.2			5.4	3.1	6.8	0.2		

由上表可知，射线能量： ^{60}Co - γ 射线探伤机 > ^{192}Ir - γ 射线探伤机 > X 射线探伤机（XXH-2505 和 XXQ-2505 型）。对于 2 号探伤室， ^{60}Co - γ 射线探伤机与 ^{192}Ir - γ 射线探伤机作业范围完全一致，且 ^{192}Ir - γ 射线探伤机射线能量小于 ^{60}Co - γ 射线探伤机。对于 3 号探伤室， ^{192}Ir - γ 射线探伤机与 X 射线探伤机作业范围完全一致，且 X 射线探伤机能量小于 ^{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 号探伤室以单台电子直线加速器和单台 ^{60}Co - γ 射线探伤机为预测对象，2 号探伤室以单台 ^{60}Co - γ 射线探伤机为预测对象，3 号探伤室以单台 ^{192}Ir - γ 射

线探伤机为预测对象。

本项目探伤室所在建筑为地上三层结构，且顶棚与其余各侧防护水平相当。因此，本报告无需考虑天空反散射影响。

11.2.2 关注点的选取

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3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。

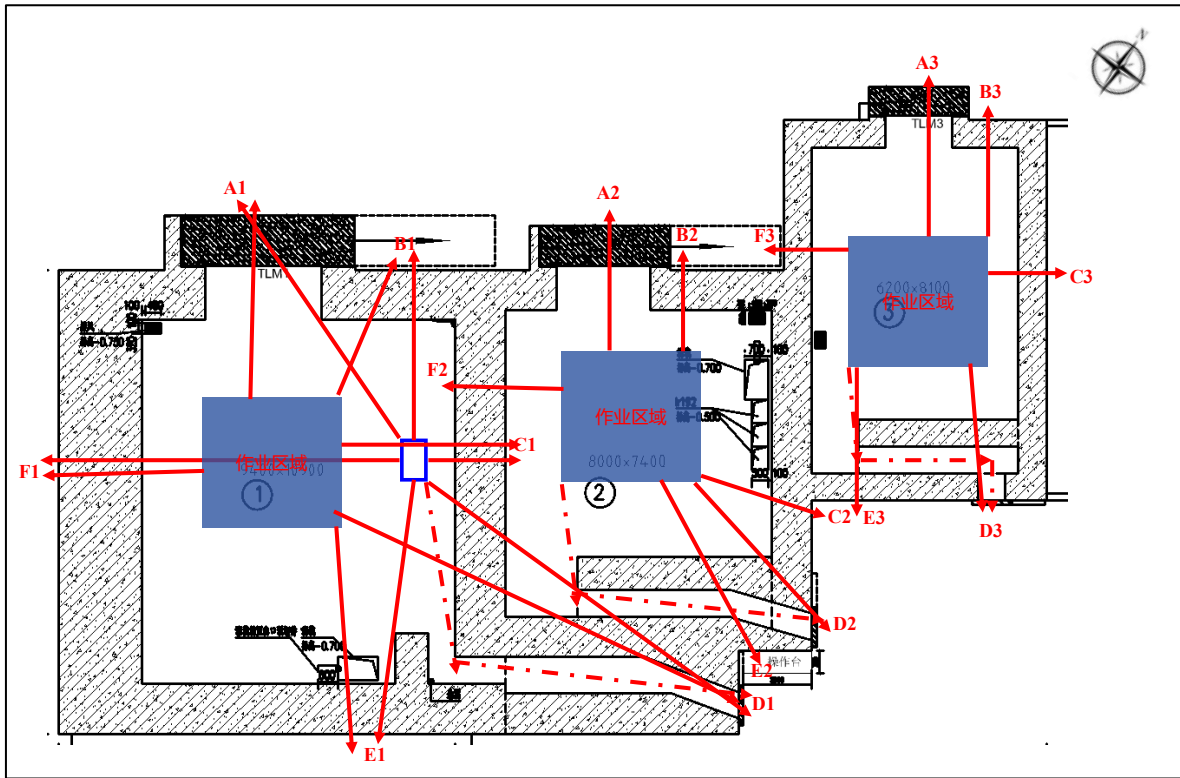


图 11-1 本项目探伤室平面布局与预测点位图 (单位:mm)

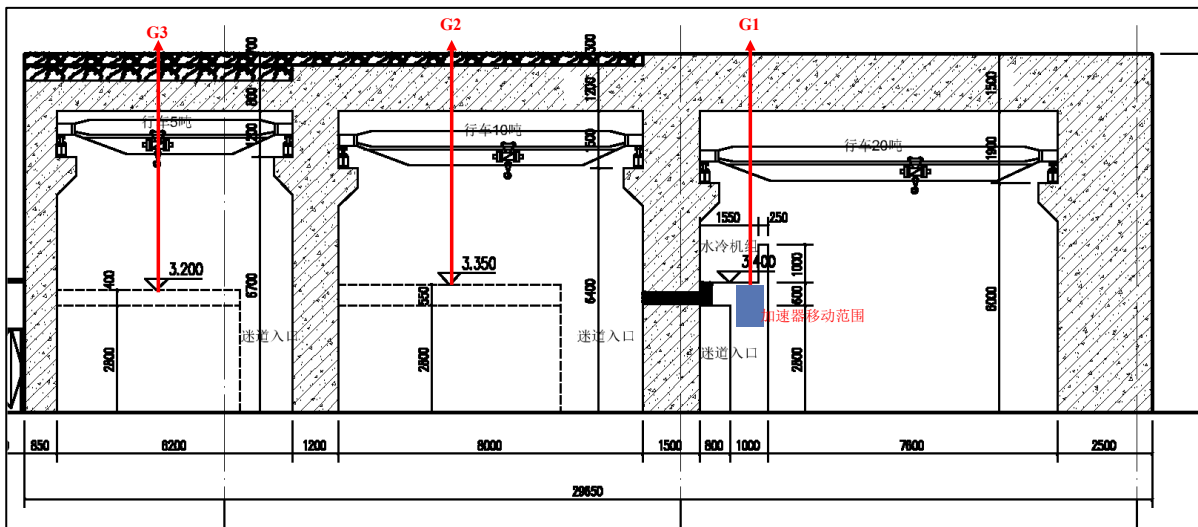


图 11-2 本项目探伤室剖面布局与预测点位图 (单位:mm)

表 11-2 探伤室各关注点位分布情况表

点位编号	点位描述	源点与关注点距离 R (m)	需考虑的辐射类型	设备类型
A1	工件门外 30cm 处	8.5	散射辐射、泄漏辐射	电子直线加速器
		6.7	有用线束	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机
B1	西北侧墙外 30cm 处	6.0	散射辐射、泄漏辐射	电子直线加速器
		4.2	有用线束	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机
C1	东北侧墙外 30cm 处	3.2	散射辐射、泄漏辐射	电子直线加速器
		5.5	有用线束	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机
D1	人员门外 30cm 处	11.5	散射辐射、泄漏辐射、迷道散射	电子直线加速器
		10.2	有用线束、迷道散射	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机
E1	东南侧墙外 30cm 处	7.0	散射辐射、泄漏辐射	电子直线加速器
		9.3	有用线束	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机
F1	西南侧墙外 30cm 处	10.3	有用线束	电子直线加速器
		5.5	有用线束	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机
G1	顶棚外 30cm 处	6.6	散射辐射、泄漏辐射	电子直线加速器
		6.7	有用线束	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机
A2	工件门外 30cm 处	4.7	有用线束	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机
B2	西北侧墙外 30cm 处	3.4	有用线束	
C2	东北侧墙外 30cm 处	4.3	有用线束	
D2	人员门外 30cm 处	6.0	有用线束、迷道散射	
E2	东南侧墙外 30cm 处	6.8	有用线束	
F2	西南侧墙外 30cm 处	3.5	有用线束	
G2	顶棚外 30cm 处	6.7	有用线束	
A3	工件门外 30cm 处	4.2	有用线束	¹⁹² Ir-γ 射线探伤机
B3	西北侧墙外 30cm 处	3.3	有用线束	
C3	东北侧墙外 30cm 处	3.2	有用线束	
D3	人员门外 30cm 处	5.7	有用线束、迷道散射	
E3	东南侧墙外 30cm 处	5.4	有用线束	
F3	西南侧墙外 30cm 处	3.1	有用线束	
G3	顶棚外 30cm 处	6.8	有用线束	

注：1、R=探伤装置与墙体、顶棚或防护门最近距离+屏蔽体厚度+0.3m，结果向下保留一位小数；2、由于本项目包括多种探伤装置，考虑的辐射类型需进行比较，保守按剂量较大的辐射类型计算，各探伤装置剂量率比对详见 11.2.1；3、探伤室正下方为土层，无地下室，故不设预测关注点。

11.2.3 场所辐射水平预测

11.2.3.1 电子直线加速器

(1) 电子束

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：

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{\rho\max} \dots\dots\dots (\text{式 } 11 - 1)$$

式中:

d ——最大射程, cm;

ρ ——防护材料的密度, g/cm³;

$E_{\rho\max}$ ——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、在铅 (11.3g/cm³) 的最大射程约为 0.27cm。1 号探伤室的混凝土墙厚均在 1500mm 以上, 人员防护门铅厚度为 20mm, 因此电子直线加速器发射的电子束对探伤室外环境辐射影响可以忽略不计。

(2) X 射线

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:

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

式中:

H ——关注点处周围剂量当量率, μSv/h;

D_0 ——距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率, μGy/h; 根据建设单位提供资料, 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 6×10⁸μGy/h;

T ——参考点处的居留因子, 本项目均保守取 1;

d ——X 射线源到关注点处的距离, m;

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%;

B_X ——X 射线在物质中的屏蔽透射比, 按式 11-3 计算;

$$B_X = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \dots\dots\dots (\text{式 } 11 - 3)$$

式中:

B_X ——X 射线在物质中的屏蔽透射比;

X_e ——第 i 种屏蔽体厚度, mm;

TVL_1 ——第一什值层厚度, mm;

TVL ——平衡什值层厚度, mm。

根据 NCRP Report No.151:Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-ray Radiotherapy Facilities 中 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 取值情况见表 11-3。

表 11-3 TVL₁ 和 TVL 取值一览表

X 射线能量 (MeV)	辐射类型	混凝土		铅	
		TVL ₁ (mm)	TVL (mm)	TVL ₁ (mm)	TVL (mm)
6MeV	有用线束	370	330	57	57
6MeV	90° 泄漏辐射	340	290	/	/
0.5MeV	散射辐射	152	119	5	12

(3) X 射线散射辐射

有屏蔽体情况下散射剂量率计算公式如下:

$$H = H_0 \cdot \frac{(\alpha_1 \cdot A_1) (\alpha_2 \cdot A_2) \cdots (\alpha_n \cdot A_n)}{(d_1 \cdot d_2 \cdots d_n)^2} B \dots\dots\dots \text{(式 11-4)}$$

式中:

H ——关注点处周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

H_0 ——第一次散射面上的空气吸收剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

B ——屏蔽透射因子, 根据公式 $B = 10^{-X/\text{TVL}}$ 计算, 其中 X 为屏蔽层厚度;

α_1 ——X 射线第一次散射系数;

α_2 和 α_n ——分别为 X 射线第二次散射系数和第 n 次散射系数 ($n > 2$);

A_1 ——第一次散射的散射面积, m^2 ;

A_n ——迷道的截面积, m^2 ;

d_1 ——X 射线第一次散射距离, m ;

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

对于四侧墙壁、顶棚及工件门仅考虑有用线束在工件上的一次散射辐射; 对于人员门, 本次评价按最不利情况保守考虑, 选择散射次数最少的路径进行预测, 则射线需经过至少 3 次以上的散射才能到达探伤室迷道门外, 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 α_1 取值为 5×10^{-3} , 对于一次散射后的 X 射线散射系数 α_2 (假设一次散射后的反射过程一样, $E=0.5\text{MeV}$) 取值为 2×10^{-2} 。

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

对于迷道散射面积的确定， A_1 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 $A_1 = 0.23m^2$ ， $A_2 = 0.8 \times 2.8m = 2.2m^2$ 。

对于迷道散射距离的确定， $d_1 = 4.8m$ ， $d_2 = 6.1m$ 。

(4) 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 号探伤室周围辐射剂量率预测结果如下：

表 11-4 1 号探伤室内单台电子直线加速器独立运行时周围辐射水平预测结果

关注点位	辐射类型	距离 (m)	屏蔽体 (mm)			屏蔽透射比	剂量率 ($\mu Sv/h$)	总剂量率 ($\mu Sv/h$)
			厚度	TVL_1	TVL			
A1(工件门)	散射辐射	8.5	1500mm 混凝土	152	119	4.7E-13	2.0E-08	8.3E-02
	泄漏辐射			340	290	1.0E-05	8.3E-02	
B1(西北墙)	散射辐射	6.0	1500mm 混凝土	152	119	4.7E-13	3.9E-08	1.7E-01
	泄漏辐射			340	290	1.0E-05	1.7E-01	
C1(东北墙)	散射辐射	3.2	1500mm 混凝土	152	119	1.0E-05	5.9E-01	5.9E-01
	泄漏辐射			340	290	4.7E-13	1.4E-07	
D1(人员门)	散射辐射	$d_1 = 4.8$ $d_2 = 6.1$	20mm 铅板	5	12	5.6E-03	4.2E-04	4.2E-04
	泄漏辐射	11.5	1500mm 混凝土 + 1200 混凝土	340	290	7.3E-10	3.3E-06	
E1(东南墙)	散射辐射	4.9	1500mm 混凝土	152	119	4.7E-13	5.9E-08	2.5E-01
	泄漏辐射			340	290	1.0E-05	2.5E-01	
F1(西南墙)	有用线束	10.3	1500mm 混凝土	370	330	3.5E-08	2.0E-01	2.0E-01
G1(顶棚)	散射辐射	7.0	1500mm 混凝土	152	119	4.7E-13	2.9E-08	1.2E-01
	泄漏辐射			340	290	1.0E-05	1.2E-01	

备注：1 号探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护，故本次评价对地面不设关注点进行辐射剂量率预测。

因此，本项目单台 $6MeV$ 加速器独立运行时，1 号探伤室周围辐射剂量当量率最大值为 $0.25\mu Sv/h$ ，均不超过 $2.5\mu Sv/h$ ，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。

11.2.3.2 γ 射线探伤机

(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：

$$\dot{K} = \frac{A \cdot \Gamma}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-5)}$$

式中：

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

A ——放射源活度， 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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ；根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 表 A.1 可知：对于 ^{60}Co ， $\Gamma=0.35 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$ ；对于 ^{192}Ir ， $\Gamma=0.17 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$ ；

R ——参考点到放射源的距离，单位为米（m）。

利用下列公式计算有屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率：

$$K = \dot{K} \cdot B \dots\dots\dots \text{(式 11-6)}$$

式中：

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

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

B ——屏蔽透射因子，根据公式 $B = 2^{-X/HVL}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度， mm 。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A 表 A.2，放射源 ^{60}Co 在混凝土的半值层厚度为 70mm ；在铅的半值层厚度为 13mm ； ^{192}Ir 在混凝土中的半值层厚度为 50mm ；在铅的半值层厚度为 3mm 。

（2）迷道散射

根据 NCRP Report NO.51:Radiation protection design guidelines for 0.1-100MeV particle accelerator facilities (0.1-100MeV) P63(13)，经 n 次散射后迷道外入口的剂量率计算公式如下：

$$H = H_0 \cdot \frac{(\alpha_1 \cdot A_1) \cdot (\alpha_2 \cdot A_2) \cdots (\alpha_n \cdot A_n)}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rn})^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(式 11-7)}$$

H_0 ——对于 γ 辐射源，数值由 A 和 Γ 确定，其中 A 是放射源活度， Γ 是周围剂量当率常数；

α_1 ——入射到第一个散射体的 γ 射线的散射系数；

α_2 和 α_n ——从以后的物质散射出来的 γ 射线的散射系数；

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

A_1 —— γ 射线入射到第一散射物质的散射面积， m^2 ，散射宽度与探伤室内高度的乘积；

A_2 和 A_n ——分别为 γ 射线第二次和第 n 次的散射面积（ $n>2$ ）， m^2 。对于迷道第二次以上的散射的散射面积取散射宽度或迷道宽度与探伤室内高度的乘积；

B ——屏蔽透射因子，根据公式 $B = 2^{-X/HVL}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；

d_1 —— γ 射线源与第一散射物质的距离；

d_{r1} ， d_{r2} 和 d_{rn} ——分别为 γ 射线第一次、第二次和第 n 次散射后的距离 ($n>2$)，m。

本次评价按最不利情况保守考虑，选择散射次数最少的路径进行预测，则射线需经过至少 3 次以上的散射才能到达探伤室迷道门外，具体散射路径见图 11-1。1 号探伤室迷道散射次数 $n=2$ 次， $A_1=2.7m^2$ ， $A_2=2.9m^2$ 。2 号探伤室迷道散射次数 $n=2$ 次， $A_1=2.4m^2$ ， $A_2=2.7m^2$ 。3 号探伤室迷道散射次数 $n=3$ 次，3 号探伤室迷道散射次数 $n=3$ 次， $A_1=3.2m^2$ ， $A_2=3.2m^2$ ， $A_3=1.0m^2$ 。

(3) 单台设备运行预测结果

①本项目单台 $^{60}Co-\gamma$ 射线探伤机运行时，1 号探伤室和 2 号探伤室周围辐射剂量率预测结果如下：

表 11-5 1 号探伤室内单台 $^{60}Co-\gamma$ 射线探伤机独立运行时周围辐射水平预测结果

关注点位	辐射类型	A	Γ	距离 (m)	屏蔽体 (mm)		屏蔽透射因子	剂量率 ($\mu Sv/h$)
					厚度	HVL		
A1 (工件门)	有用线束	3.7×10^6 MBq	0.35 $\mu Sv \cdot m^2 / (MBq \cdot h)$	6.7	1500mm 混凝土	70	$3.5E-07$	$1.0E-02$
B1 (西北墙)	有用线束			4.2	1500mm 混凝土	70	$3.5E-07$	$2.6E-02$
C1 (东北墙)	有用线束			5.5	1500mm 混凝土	70	$3.5E-07$	$1.5E-02$
D1 (人员门)	散射辐射			$d_1=9.9$ $d_{r1}=4.8$ $d_{r2}=6.1$	20mm 铅板	13	$3.5E-01$	$6.4E-03$
	有用线束			10.2	1500mm 混凝土 +1200mm 混凝土	70	$2.4E-12$	
E1 (东南墙)	有用线束			9.3	1500mm 混凝土	70	$3.5E-07$	$5.2E-03$
F1 (西南墙)	有用线束			5.5	1500mm 混凝土	70	$3.5E-07$	$1.5E-02$
G1 (顶棚)	有用线束			6.7	1500mm 混凝土	70	$3.5E-07$	$1.0E-02$

备注：1 号探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护，故本次评价对地面不设关注点进行辐射剂量率预测。

因此，本项目单台 $^{60}Co-\gamma$ 射线探伤机独立运行时，1 号探伤室周围辐射剂量当量率最大值为 $0.026\mu Sv/h$ ，均不超过 $2.5\mu Sv/h$ ，其屏蔽防护性能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu Sv/h$ ”的要求。

表 11-6 2 号探伤室内单台 $^{60}Co-\gamma$ 射线探伤机独立运行时周围辐射水平预测结果

关注点位	辐射类型	A	Γ	距离 (m)	屏蔽体 (mm)		屏蔽透射因子	剂量率 ($\mu Sv/h$)
					厚度	HVL		
A2 (工件门)	有用线束	3.7×10^6 MBq	0.35 $\mu Sv \cdot m^2 / (MBq \cdot h)$	4.7	1200mm 混凝土	70	$6.9E-06$	$4.0E-01$
B2 (西北墙)	有用线束			3.4	1200mm 混凝土	70	$6.9E-06$	$7.7E-01$
C2 (东北墙)	有用线束			4.3	1200mm 混凝土	70	$6.9E-06$	$4.8E-01$
D2 (人员门)	散射辐射			$d_1=5.7$ $d_{r1}=3.0$ $d_{r2}=4.5$	20mm 铅板	13	$3.5E-01$	$8.7E-02$
	有用线束			6.0	1200mm 混凝土 +1000mm 混凝土	70	$3.5E-10$	
E2 (东南墙)	有用线束			6.8	1200mm 混凝土	70	$2.5E-09$	$7.0E-05$

					+800mm 混凝土			
F2 (西南墙)	有用线束			3.5	1200mm 混凝土	70	6.9E-06	7.3E-01
G2 (顶棚)	有用线束			6.7	1200mm 混凝土	70	6.9E-06	2.0E-01

备注：2号探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护，故本次评价对地面不设关注点进行辐射剂量率预测。

因此，本项目单台 ^{60}Co - γ 射线探伤机独立运行时，2号探伤室周围辐射剂量当量率最大值为 $0.77\mu\text{Sv/h}$ ，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）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。同时，可定性推导出本项目 2号探伤室内 ^{192}Ir - γ 射线探伤机独立运行时，屏蔽防护性能也能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

②本项目单台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机运行时，3号探伤室周围辐射剂量率预测结果如下：

表 11-7 3号探伤室内单台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机独立运行时周围辐射水平预测结果

关注点位	辐射类型	A	Γ	距离(m)	屏蔽体 (mm)		屏蔽透射因子	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
					混凝土厚度	HVL		
A3	有用线束	3.7×10^6 MBq	0.35 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$	4.2	850mm 混凝土	50	7.6E-06	5.6E-01
B3	有用线束			3.3	850mm 混凝土	50	7.6E-06	9.0E-01
C3	有用线束			3.2	850mm 混凝土	50	7.6E-06	9.6E-01
D3	散射辐射			$d_1=5.7$ $d_{r1}=4.0$ $d_2=4.0$ $d_3=1.2$	10mm 铅板	3	9.9E-02	7.9E-04
	有用线束			5.4	800mm 混凝土 +800mm 混凝土	50	2.3E-10	
E3	有用线束			5.7	800mm 混凝土	50	1.5E-05	6.0E-01
F3	有用线束			3.1	850mm 混凝土	50	7.6E-06	1.0E+00
G3	有用线束			6.8	800mm 混凝土	50	1.5E-05	4.2E-01

因此，本项目单台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机独立运行时，3号探伤室周围辐射剂量当量率最大值为 $1.0\mu\text{Sv/h}$ ，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）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。同时，可定性推导出本项目 X 射线探伤机独立运行时，3号探伤室的屏蔽防护性能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

11.2.3.3 三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，仅考虑两间探伤室交接处等特殊点位的辐射剂量率叠加（具体见图 11-1 和图 11-2），具体核算结果见下表。

表 11-8 三间探伤室同时运行时关注点处的周围剂量当量率

关注点名称	关注点处周围剂量当量率 (μSv/h)			
	1 号探伤室 单独运行	2 号探伤室单 独运行	3 号探伤室 单独运行	同时运行
B1 与 B2' (1 号探伤室与 2 号探伤室西北侧交接处)	1.7E-01	7.7E-01	/	9.4E-01
B2 与 F3 (2 号探伤室与 3 号探伤室西北侧交接处)	/	7.7E-01	1.0E+00	1.8
C2 与 E3 (2 号探伤室与 3 号探伤室东北侧交接处)	/	4.8E-01	6.0E-01	1.1
G1 与 G2 (1 号探伤室与 2 号探伤室顶棚交接处)	1.2E-01	2.0E-01	/	3.2E-01
G2 与 G3 (2 号探伤室与 3 号探伤室顶棚交接处)	/	2.0E-01	4.2E-01	6.2E-01
D1、E2 (1 号和 2 号探伤室操作台)	4.2E-04	7.0E-05	/	4.9E-04

因此，本项目三间探伤室同时运行时，交接处周围剂量当量率最大值为 1.8μSv/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)中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h”的要求。

11.2.4 局部贯穿分析

本项目探伤室分别预留 γ 射线探伤机控制导管、电缆管与通风管，均以“U”型管道穿越探伤室，其中 1 号探伤室 γ 射线探伤机控制导管埋深为 500mm，2 号探伤室和 3 号探伤室 γ 射线探伤机控制导管埋深为 550mm 管径均为 100mm；电缆管埋深均为 500mm，管径为 100mm；通风管埋深均为 350mm，1 号探伤室管径为 250mm，2 号探伤室和 3 号探伤室管径均为 160mm。本项目探伤室各类穿墙管道设计图见附图 7。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 γ 射线探伤机控制导管、电缆管与通风管等管道的布置方式不会破坏墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

11.2.5 探伤室内储源坑辐射影响预测

本项目含源γ射线探伤机不作业时，临时贮存于探伤室内的储源坑。

1、储源坑的容积设计合理性分析

本项目1号探伤室内东南角设置1个储源坑(编号1#)，2号探伤室内东北侧设置4个储源坑(编号2#~编号5#)，采用下沉式设计，设计原则为“一源一坑”。各源坑设计参数见下表，储源坑平面与剖面布局图见附图7。

表 11-9 探伤室内储源坑设计参数一览表

场所	编号	单坑设计尺寸	用途	屏蔽防护
1号探伤室	1#储源坑	1200mm(长)×700mm(宽) ×750mm(深)	用于 ⁶⁰ Co-γ射线探伤机不作业时的临时贮存	坑四壁与底部均为混凝土层，坑盖采用16mm铅板。
2号	2#储源坑			

探伤室	3#储源坑~5#储源坑	700mm（长）×500mm（宽）×500mm（深）	用于 ¹⁹² Ir-γ射线探伤机不作业时的临时贮存	坑四壁与底部均为混凝土层，坑盖采用10mm铅板。
-----	-------------	----------------------------	--------------------------------------	--------------------------

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的⁶⁰Co-γ射线探伤机外尺寸为530mm（长）×374mm（宽）×303mm（高），¹⁹²Ir-γ射线探伤机外尺寸为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⁶⁰Co/¹⁹²Ir射线探伤机贮存的空间要求。因此，本项目探伤室内储源坑的容积设计合理可行。

2、储源坑外表面剂量估算

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

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

式中：K——设置屏蔽层后r（m）处的周围剂量当量率，μSv/h；

K₀——辐射场中r₀（m）处没有设置屏蔽防护时周围剂量当量率，μSv/h；根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表2，本项目⁶⁰Co-γ射线探伤机类别为移动式（M），离源容器表面5cm处的最大周围当量剂量率为1.0mSv/h；¹⁹²Ir-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。

r₀——放射源距照射容器表面5cm处距离；按放射源离源容器外表面的距离+离源容器表面的距离计算，⁶⁰Co离源容器外表面的距离和¹⁹²Ir离源容器外表面的距离按0.05m计；

N——减弱倍数，根据公式 $N=2^{(d/HVL)}$ 计算获取，式中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A 表 A.2，放射源 ⁶⁰Co 在铅中的半值层厚度为 13mm，¹⁹²Ir 在铅中的半值层厚度为 3mm。

r——放射源到坑盖外表面 30cm 的距离；按放射源离源容器外表面的距离+离源容器表面的距离计算。

（3）储源坑外表面剂量率估算结果

储源坑为下沉式，四壁和底部均为人员无法到达区域，故本次评价仅预测坑盖的辐射影响，预测结果见表 11-10。

表 11-10 储源坑外表面剂量率估算结果一览表

放射源	K ₀ （μSv/h）	r ₀ （m）	r（m）	d/HVL	K（μSv/h）
⁶⁰ Co	1000	0.05	0.70	16/13	2.17
¹⁹² Ir	500	0.05	0.56	10/3	3.95E-01

注：1、r=储源坑深度-γ射线探伤机高度+0.3m，结果保留 2 位小数；2、半值层数据来源于 GBZ 117—2022 中表 A.2。

由上表可知，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 2.5μSv/h 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

11.2.6 人员受照剂量

11.2.6.1 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:

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

式中:

H——年有效剂量, mSv/a;

\dot{H} ——关注点处周围剂量当量率, μSv/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。

11.2.6.2 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表 11-11。

表 11-11 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。

11.2.6.3 辐射工作人员年有效剂量

(1) 放射源保管人员

放射源保管人员取源时, 其余探伤室不进行探伤作业, 因此, 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

据存/取一次放射源所需的工序, 主要为从储源坑内存取放射源和近距离移动 γ 射线探伤机, 本次评

价保守全按 ^{60}Co - γ 射线探伤机（类别：移动式 M）考虑。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，移动式 γ 射线探伤机源容器表面 5cm 处最大周围剂量当量率为 1mGy/h）和离探伤机 100cm 处（根据 GBZ 117-2022，移动式 γ 射线探伤机源容器表面 100cm 处最大周围剂量当量率为 0.05mGy/h）的时间分别为 0.05min 和 1min。保守估计每间探伤室每日存/取 2 次，年工作 300 天，根据公式（11-9），居留因子取 1，可估算出本项目放射源管理人员年有效剂量为 $2 \times 2 \times 300 \times (0.05/60 \times 1 + 1/60 \times 0.05) = 2.0\text{mSv}$ 。

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，浙江石化阀门有限公司不涉及。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（有放射性物品运输资质的运输单位）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，具体见附件 10。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 26.8Ci（保守计作 27Ci），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 $27\mu\text{Sv/h}$ 。

上述工作内容由 2 名辐射工作人员共同完成，居留因子取 1。根据公式（11-9）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 $1.1 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ 。

综上所述，本项目放射源保管人员的剂量叠加结果为 2.0mSv ，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 3 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各操作台处，1 号和 2 号探伤室操作台处辐射剂量率为 $4.9 \times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$ ，3 号探伤室操作台处辐射剂量率为 $7.9 \times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$ ，3

间探伤室的年出束时间分别为 1000h、1000h 和 1050h，此处保守将 3 间探伤室均按照 1050h，周出束时间按照 21h 来计算。本项目固定式探伤每间探伤室由 2 位辐射工作人员共同操作。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 1 号探伤室和 2 号探伤室的单名辐射工作人员的年有效剂量均为 $5.2 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，周有效剂量为 $1.0 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$ 。3 号探伤室单名辐射工作人员的年有效剂量为 $8.3 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，周有效剂量为 $1.7 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}$ 。

②不开机状态

a、从储源坑内存取 γ 射线探伤机、在探伤室内摆放 γ 射线探伤机以及收回输源导管的过程一般不超过 3min，每间探伤室由 2 名探伤操作人员轮流操作，每天最多操作 2 次，则单名探伤操作人员年受照时间为 12.5h，周受照时间为 0.25h，取探伤操作人员处于离探伤机 1m 处，周围剂量当量率保守按 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机表面外 1m 处周围剂量当量率控制值取 0.05mSv/h 。该环节单名探伤操作人员年附加有效剂量为 $6.3 \times 10^{-1} \text{mSv}$ ，周附加有效剂量为 $12.5 \mu\text{Sv}$ 。

b、其他操作包括布置底片和摆放工件等，单次操作时间不超过 1min，每间探伤室年拍片不超过 21000 次，由 2 名探伤操作人员轮流操作，则单名探伤操作人员年受照时间为 175h，周受照时间为 3.5h，日收照时间约为 0.6h。该工作时段 γ 射线探伤机始终处于未出源状态，保守按 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机已从储源坑中取出计算，探伤操作人员距离探伤机一般超过 2m，其操作期间的周围剂量当量率保守取值 0.0125mSv/h 。该环节单名探伤操作人员年附加有效剂量为 2.2mSv ，周附加有效剂量为 $43.8 \mu\text{Sv}$ 。

③综合剂量

综上所述，本项目单名探伤操作人员的最大剂量叠加结果为：最大年有效剂量为 $9.1 \times 10^{-2} \text{mSv} + 6.3 \times 10^{-1} \text{mSv} + 2.2 \text{mSv} = 2.9 \text{mSv}$ ，最大周有效剂量 $1.8 \mu\text{Sv} + 12.5 \mu\text{Sv} + 43.8 \mu\text{Sv} = 58.1 \mu\text{Sv}$ 。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 2.9mSv/a ，最大周有效剂量为 $58.1 \mu\text{Sv}$ 。年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5 \text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20 \text{mSv/a}$ ）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“对放射工作场所，其值应不大于 $100 \mu\text{Sv/周}$ ”的要求。

11.2.6.4 公众成员年有效剂量

本项目拟建 3 间探伤室，因此需考虑 3 间探伤室内探伤装置叠加影响。根据周围剂量当量率与距离平方成反比关系，利用上表的相关数据，本项目公众成员的预期年剂量水平的计算见表 11-12。

表 11-12 公众成员年有效剂量计算结果

保护	方	居留	源点与关	源点与保护	保护目标处辐	周受照	周受照	年受照	年受照
----	---	----	------	-------	--------	-----	-----	-----	-----

目标	向	因子	注点距离 (m)	目标距离 (m) ^①	射剂量率取值 ($\mu\text{Sv/h}$) ^②	时间 (h/周)	总剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	时间 (h/a)	总剂量 (mSv/a)	
毛坯仓库	东南侧	1/8	7.0	13.7	6.5E-02	20	2.9E-01	1000	1.4E-02	
			6.0	17.7	1.0E-02	20		1000		
			5.4	21.1	3.9E-02	21		1050		
配电间		1/8	7.0	51.7	4.6E-03	20	2.7E-02	1000	1.4E-03	
			6.0	55.7	1.0E-03	20		1000		
			5.4	59.1	5.0E-03	21		1050		
过道		西南侧	1/16	10.3	10.3	2.0E-01	20	3.6E-01	1000	1.8E-02
				4.7	14.3	6.0E-02	20		1000	
			3.1	18.3	2.9E-02	21		1050		
抛丸区	1		10.3	21	4.8E-02	20	1.9E+00	1000	9.6E-02	
			4.7	19	3.4E-02	20		1000		
			3.1	23	1.8E-02	21		1050		
热处理区	1		10.3	25	3.4E-02	20	1.2E+00	1000	5.8E-02	
			4.7	29	1.5E-02	20		1000		
			3.1	33	8.8E-03	21		1050		
厂区内道路	西北侧	1/16	6.0	8.7	8.1E-02	20	1.6E+00	1000	7.9E-02	
			3.4	6.1	2.4E-01	20		1000		
			3.3	3.3	9.0E-01	21		1050		
金海四道（在建）		1/16	6.0	23.7	1.1E-02	20	7.8E-02	1000	3.9E-03	
			3.4	21.1	2.0E-02	20		1000		
			3.3	18	3.0E-02	21		1050		
过道		东北侧	1/16	11.5	13	3.3E-04	18	6.0E-02	1000	3.0E-03
				6.0	8.2	4.7E-02	20		1000	
				3.2	3.2	7.9E-04	21		1050	
卫生间	1/8		11.5	37.7	3.9E-05	20	7.4E-03	1000	3.7E-04	
			6.0	32.9	2.9E-03	20		1000		
			3.2	27.9	1.0E-05	21		1050		
厂区内道路	1/16		11.5	57.7	1.7E-05	20	1.7E-03	1000	8.3E-05	
			6.4	52.9	1.3E-03	20		1000		
			3.2	47.9	3.5E-06	21		1050		
二层喷漆流水线	正上方	1/4	6.6	8.3	7.6E-02	20	1.2E+00	1000	6.1E-02	
			6.7	8.4	1.3E-01	20		1000		
			6.8	8.5	2.7E-01	21		1050		
三层仓库		1/8	6.6	14.3	2.6E-02	20	4.1E-01	1000	2.1E-02	
			6.7	14.4	4.3E-02	20		1000		
			6.8	14.5	9.2E-02	21		1050		

注：1、源点与保护目标距离=探伤室边界与保护目标距离+源点与关注点距离-0.3m；

2、利用周围剂量当量率与距离平方成反比的关系求得保护目标处辐射剂量率。

根据上表计算可知，公众人员最大受照年有效剂量为 $9.6 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，周有效剂量为 $1.9 \mu\text{Sv}$ ，满足本

项目的剂量约束值要求（公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ），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。

11.2.7 “三废”影响分析

11.2.7.1 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。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。

（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。

11.2.7.2 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、X射线探伤机在工作状态时以及储源坑暂存放射源时，会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物。每间探伤室均拟设一套机械通风装置，其中1号探伤室净容积约 826m^3 （含迷道），设计风机风量均不低于 $3000\text{m}^3/\text{h}$ ，有效通风换气次数大于3次/h；2号探伤室净容积约 480m^3 （含迷道），设计风机风量均不低于 $2500\text{m}^3/\text{h}$ ，有效通风换气次数大于3次/h；3号探伤室净容积约 410m^3 （含迷道），设计风机风量均不低于 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，有效通风换气次数大于3次/h。排风管道外口均朝向厂区道路，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”。

根据《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013），辐射屏蔽室应满足GBZ 2.1规定的工作场所的臭氧和氮氧化物等有害气体限值。因此，本报告采用理论计算的方式对固定式探伤过程中产生的臭氧进行定量分析。

① 臭氧

由于射线能量电子直线加速器 $>^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机 $>^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机 $>$ X射线探伤机（XXH-2505和XXQ-2505型），故本报告1号探伤室以电子直线加速器为对象，2号探伤室以 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机为对象，3号探伤室以 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机为对象预测本项目固定式探伤过程臭氧对周围环境的影响。

A、1号探伤室

本项目1号探伤室电子直线加速器产生的臭氧浓度参照《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB

5172-2025) 附录 E 的计算公式进行估算。

$$C_{O_3} = 2.79 \times \frac{Id}{V} \times (1 - e^{-\frac{v}{V}t}) \dots\dots\dots \text{(式 11-10)}$$

式中:

C_{O_3} ——探伤室中臭氧浓度, mg/m^3 ;

I ——电子束流强度, mA ; 本项目探伤室取 0.1mA ;

d ——电子束在空气中的径迹长度, cm ; 本项目取加速器到有用线束方向屏蔽墙距离, 为 640cm ;

V ——探伤室体积, m^3 ; 本项目 1 号探伤室约为 826m^3 (含迷道);

v ——排气速率, m^3/s ; 本项目探伤室为 $0.83\text{m}^3/\text{s}$;

t ——辐照时间, s ; 本项目单次出束时间为 180s 。

根据式 11-11 计算可知, 本项目 1 号探伤室探伤结束后机房内的臭氧浓度为 $4.50 \times 10^{-2} \text{mg}/\text{m}^3$, 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 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 的臭氧浓度限值要求。

B、2 号探伤室、3 号探伤室

本项目 2 号探伤室 ^{60}Co - γ 射线探伤机和 3 号探伤室 ^{192}Ir - γ 射线探伤机产生臭氧的根据《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。

a) 点状 γ 射线密封源所致的 O_3 产额

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

式中:

P —— O_3 的产额, mg/h ;

A ——放射性活度, 本项目 ^{60}Co 和 ^{192}Ir 的放射性活度均为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$, 即 $3.7 \times 10^6\text{MBq}$;

K_{γ} ——周围剂量当量率常数, 根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 附录 A 表 A.1, 本项目 ^{60}Co 的周围剂量当量率常数为 $0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$, 即 $5.83 \times 10^{-9}\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{min})$; 本项目 ^{192}Ir 的周围剂量当量率常数为 $0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$, 即 $2.83 \times 10^{-9}\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{min})$;

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

V ——探伤室的体积, m^3 , 本项目 2 号探伤室的净容积约 480m^3 (含迷道); 3 号探伤室净容积约 410m^3 (含迷道);

根据式 11-11 计算可知, 本项目 2 号探伤室辐射所致 O_3 的产额为 $5.07\text{mg}/\text{h}$; 3 号探伤室辐射所致

O₃的产额为 2.35mg/h

b) O₃浓度

2号探伤室探伤过程中产生的 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：

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

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；2号探伤室的净容积约 480m³（含迷道）；设计风量为 2500m³/h，则正常通风状态下，对应的T_v=0.192h。T_d表示 O₃ 的有效分解时间，0.83h，则T=0.16h；2号探伤室的净容积约 410m³（含迷道）；设计风量为 2000m³/h，则正常通风状态下，对应的T_v=0.205h。T_d表示 O₃ 的有效分解时间，0.83h，则T=0.16h。

t——连续照射时间，h；本项目单次出束时间为 0.05h；

V——探伤室的体积，m³，2号探伤室的净容积约 480m³（含迷道）；3号探伤室净容积约 410m³（含迷道）。

根据式 11-13 计算可知，本项目 2号探伤室探伤结束后机房内的臭氧浓度为 1.69×10⁻³mg/m³；3号探伤室探伤结束后机房内的臭氧浓度为 9.17×10⁻⁴mg/m³。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 0.3mg/m³ 的臭氧浓度限值要求。

② 氮氧化物

氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且以臭氧的毒性最高。因此，本项目产生的氮氧化物浓度也能满足《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 5mg/m³ 的氮氧化物浓度限值要求。

(2) 废显（定）影液、废胶片和洗片废液

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

11.3 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 ⁶⁰Co/¹⁹²Ir 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表 11-13。

表 11-13 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-机连锁失效，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-机连锁失效探伤期间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。 ②人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。	①每天开展探伤工作前，检查确认门-机连锁、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，定期开展所有的连锁和紧急停机开关等相关检查工作。如存在安全隐患，应立即整改。 ②对固定式探伤制定操作规程，明确电子直线加速器、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、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	① γ 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	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。 ② γ 射线探伤机的检修应由有经验和经过培训的技术人员进行处理，技术人员应做好个人的防护，公司对周围工作人员作好疏散工作。 ③ γ 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

	<p>入探伤室，将受到较大额外辐射照射，造成严重的安全隐患。</p> <p>④检修机器时 γ 射线探伤机中的放射源从容器中掉出来，会对操作人员及可能到达的公众成员产生很强的辐射照射。</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>平测量，确认放射源在探伤机的源容器内。</p> <p>④γ 射线探伤必须 2 人或以上共同作业，探伤开机前注意探伤室清场，探伤期间工作人员不得脱岗。</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。立即联系放射源生产单位工作人员，严禁自行处置。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	<p>使用单位人员单独对探伤机进行维修而造成误照射。</p>	<p>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。</p>

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》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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 管理机构的设置

公司已发文成立以杨聪为组长的辐射安全管理机构，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，故现有辐射安全管理机构可以满足本项目扩建后的管理需求。

12.1.2 辐射工作人员管理

一、现有辐射工作人员

现有辐射工作人员辐射安全管理现状见前文表1章节中1.6.2章节，此处不赘述。

二、拟新增辐射工作人员

(1) 个人剂量检测

建设单位拟为新增的固定式探伤和放射源管理辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪，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。使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过3个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应当终生保存。

(2) 辐射工作人员培训

根据生态环境部《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函[2019]853号）和《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019年，第57号）精神，所有辐射工作人员必须通过生态环境部举办的辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）自主培训并参加考核取得成绩单，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。

根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021年版）》，本项目辐射工作人员辐射安全考核专业类别见表 12-1。

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	备注
1	辐射安全管理人员	辐射安全管理	持不同专业类别的工作人员不可交叉使用，需满足相应的资质条件后方可上岗。
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	
4	γ 射线固定式探伤操作人员	γ 射线探伤	

(3) 辐射工作人员职业健康体检

新增辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查，并建立个人健康档案。

建设单位拟组织新增的固定式探伤和放射源管理辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，建立个人健康档案，并长期保存，并每2年进行在岗期间体检，离岗前进行离岗体检。

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 1.6.2 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 X 射线探伤机固定式探伤的基础上新增电子直线加速器、⁶⁰Co-γ 射线探伤机、¹⁹²Ir-γ 射线探伤机的内容，属于扩建项目。公司应结合本项目开展特点和实际管理经验，对原有辐射安全管理制度进行针对性的补充、完善，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) 关于电子直线加速器和 γ 射线探伤机分别制定相应的固定式探伤操作流程；

- (2) 放射源管理规定（购买、使用、转让、返回或送贮等）；
- (3) 放射源和电子直线加速器使用登记和台账管理制度；
- (4) 废旧放射源处置制度；
- (5) 卡源故障处理制度；
- (6) 射线装置报废管理制度；
- (7) 放射源固定式探伤源操作规程；
- (8) 工业电子直线加速器操作规程；
- (9) 1号探伤室放射源与直线加速器交替使用的安全管理措施；
- (10) 危险废物安全处置管理制度；
- (11) 本次新增探伤工作场所的监测方案纳入原有监测制度；
- (12) 结合电子直线加速器和 γ 射线探伤机运行时的辐射风险，完善原有辐射事故应急预案。

综上所述，公司在落实上述制度后，能够确保本项目探伤室的安全使用，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 现有辐射监测执行情况

公司已制定《辐射工作场所监测制度》，每年定期委托有资质的单位进行辐射工作场所监测。现有辐射监测仪器与防护用品，可以满足现阶段的固定式探伤工作要求。

12.3.2 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，使用II类射线装置和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。

本项目辐射监测仪器配置计划见前文的表10-6。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。

12.3.3 个人剂量监测

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

12.3.4 探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求，公司应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

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

（2）常规监测：每次开展 γ 探伤工作前，辐射工作人员均需进行辐射巡测。并定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第8.3.4条款，本项目探伤室投入使用后每年至少进行1次常规监测。

（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 辐射工作场所监测计划建议

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#~3#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； 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

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

12.4 年度安全状况评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定，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日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。

本项目实施后，安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

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

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.5 竣工环保验收

建设单位是本项目竣工环境保护验收的责任主体，应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范——核技术利用》（HJ 1326-2023）等规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，组织成立由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式协助开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。验收报告公示期满后5个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

本项目竣工环境保护验收一览表见表12-3。

表 12-3 项目竣工环境保护验收一览表

项目	“三同时”措施	验收要求
辐射安全	拟设专门的辐射安全与环境保护管	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》

管理机构	理机构，或者指派 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中有关要求。
屏蔽防护设计	探伤室的屏蔽防护设计详见本报告表 10-1。	探伤室周围剂量当量率满足《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。
辐射防护措施	辐射工作场所的辐射安全和防护措施详见本报告 10.1.4~10.1.8 章节。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中有关要求。
人员配备	所有辐射工作人员拟参加辐射安全和防护知识培训，取得成绩合格单，方可上岗。	满足《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）的要求。
	所有辐射工作人员拟佩戴个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为 1 个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量监测档案。	满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求。
	所有辐射工作人员拟进行岗前、在岗或离岗职业健康检查，并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中有关要求。
辐射安全管理制度	建设单位拟制定的辐射安全管理制度详见本报告 12.2 章节。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中有关要求。

12.6 环保投资估算

本项目总投资额为 780 万元，环保投资为 400 万元，占总投资额的 51.2%，环保投资估算情况见表 12-4。

表 12-4 辐射安全设施和环保设施（措施）投资一览表

序号	类别	环保设施/措施	投资额（万元）
1	屏蔽措施	探伤室：四周墙体、迷道、顶棚和防护门；储源坑；	352
2	安全装置	显示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，并与探伤机联锁装置	2
		紧急停机按钮	0.5
		视频监控系统	2
		红外线防盗报警装置	2
		工作状态指示灯	1
		声音提示装置	1
		电离辐射警告标志	0.5
3	监测仪器及警示装置	固定式辐射剂量监测系统（含报警功能）	5
		便携式辐射剂量仪（含报警功能）	2
		个人剂量计	不单独核算，已包括在个人剂量检测费用中
		个人剂量报警仪	2

4	三废处理	排风系统	6
		危废包装容器、危废委托处理	3
		废源收贮	10
5	人员管理	辐射工作人员辐射安全培训和职业健康管理	2
6	管理制度	制定相关辐射安全管理制度并张贴上墙	2
7	应急设施	应急和救助的资金、物资准备（使用放射源处理工具如长柄夹、储源罐等，灭火器等）	2
8	设备维护	定期对探伤装置的配件进行检查、维护等	2
9	辐射监测	个人剂量监测	1
		探伤工作场所年度监测	2
合计			400

12.7 辐射事故应急

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下列内容：

- （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。

12.7.1 现有应急预案执行情况

公司已制定《辐射事故应急预案》。该预案明确了事故处理措施，公布了事故情况下各部门（包括公司内部各涉源部门和生态环境、卫生、公安等管理部门）的联络电话。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。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。因此，现有辐射事故应急预案合理可行。

12.7.2 本项目应急预案要求

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补充电子直线加速器和 γ 射线探伤固定式探伤事故风险类型和事故等级划分，针对 γ 射线探伤机使用过程中及 1 号探伤室内电子直线加速器和 γ 射线探伤机交替使用过程中可能发生的辐射事故风险，如放射源丢失或被盗、卡源故障、人员误入导致误照射、联锁装置失效导致误照射等，提出具体、可行的风险防范措施和应急处置措施，以满足事故应急要求。

针对探伤室电子直线加速器和 γ 射线探伤机交替使用制定完善的《放射源固定式探伤操作规程》、《工业直线电子加速器操作规程》、《探伤室放射源与直线加速器固定交替使用的安全管理措施》等制度，制度中应明确 1 号探伤室内严禁直线加速器和 γ 射线探伤机同时开机使用，当使用 γ 射线探伤机进行探伤作业时，直线加速器主控钥匙应拔下妥善保管；当使用直线电子直线加速器进行探伤作业时，应确保 γ 射线探伤机已回源并存放在储源坑内；严禁 γ 射线探伤机未返回储源坑进行其他作业。对探伤室可能产生的辐射事故编制专项辐射事故应急预案。

②制定辐射事故应急培训计划方案，每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，以验证该预案的有效性。演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，演习报告存盘。可提出将每年用于辐射应急工作的（包括应急装备、应急技术支持、培训及演习等）支出，纳入部门预算。

③公司应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

④公司应将本单位的应急预案报所在地生态环境主管部门备案，开展隐患排查并及时消除隐患，防止发生事故。

在企业制定完善规章制度及操作规程下，严格按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

浙江石化阀门有限公司公司拟于三厂区（龙湾二期（0577-WZ-WW10）D-09 区块）生产车间一层新建 3 间探伤室及其配套控制室、暗室、危废暂存间、X 射线探伤机暂存间和评片室等。1 号探伤室拟购置 1 台 DZ-6 型 6MeV 电子直线加速器和 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{60}Co 1 枚，活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ），并设置 1 个储源坑用于临时贮存不作业时的 ^{60}Co - γ 射线探伤机；2 号探伤室拟购置 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{60}Co 1 枚，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）和 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{192}Ir 1 枚，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ），并设置 1 个储源坑用于临时贮存不作业时的 ^{60}Co - γ 射线探伤机，设置 3 个储源坑（两用一备）用于临时贮存不作业时的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机；3 号探伤室拟购置 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（内置放射源 ^{192}Ir 1 枚，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）、1 台 XXH-2505 型 X 射线探伤机（周向机）和 1 台 XXQ-2505 型 X 射线探伤机（定向机），X 射线探伤机不工作时，临时贮存在 X 射线探伤机暂存间， ^{192}Ir - γ 射线探伤机不工作时，临时贮存在 2 号探伤室储源坑内。所有探伤作业仅限于固定式探伤，不涉及移动式探伤。本项目 3 间探伤室存在同时运行的情况，但每间探伤室单次仅使用 1 台探伤设备，不存在单间探伤室 2 台及 2 台以上探伤设备同时运行的工况。

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、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

（1）主要污染因子

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。

(2) 辐射剂量率影响预测结论

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(3) 个人剂量影响预测结论

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 $\leq 20\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 1\text{mSv/a}$ ）以及本项目剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ）。

(4) “三废”环境影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固废产生。本项目探伤室内产生的少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风装置排出探伤室，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。探伤过程产生的废胶片、废显（定）影液与洗片废液经收集后定期委托有资质单位进行处理处置。

公司已按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，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。

13.1.4 辐射安全管理结论

(1) 公司已成立辐射安全管理小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。同时应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

(2) 公司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 可行性分析结论

(1) 规划符合性与选址合理性分析结论

本项目位于浙江省温州市龙湾二期（0577-WZ-WW10）D-09 区块，用地性质为工业用地，符合土地利用规划要求，项目符合《温州市生态环境分区管控动态更新方案》和“三区三线”的要求，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。同时，本项目探伤室评价范围内无居民和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众成员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。

(2) 产业政策符合性分析结论

根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目的应用不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

(3) 实践正当性分析结论

本项目的建设是为了保证公司自生产的阀门等产品的质量，因此，该项目的实践是必要的。本项目运行过程中，对射线装置和放射源的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置和放射源的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

(4) 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《温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 建议与承诺

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：

公章

经办人（签字）：

年 月 日

审批意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日

