

编号：ZFHK-FB22220032

核技术利用建设项目

杭州中泰深冷技术股份有限公司

X 射线探伤机建设项目

环境影响报告表

(报批稿)

杭州中泰深冷技术股份有限公司

2023年2月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

杭州中泰深冷技术股份有限公司

X 射线探伤机建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：杭州中泰深冷技术股份有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：杭州市富阳区东洲街道高尔夫路 228 号

邮政编码：311401

联系人

电子邮箱：

联系电话

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	9
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	19
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	28
表 11 环境影响分析	34
表 12 辐射安全管理	46
表 13 结论与建议	51

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目周边环境关系图
- 附图 3 建设单位厂区平面布置图
- 附图 4 B 生产厂房平面布置图
- 附图 5 本项目探伤室平面图
- 附图 6 本项目探伤室剖面图
- 附图 7 杭州市“三线一单”图集

附件

- 附件 1 申请函
- 附件 2 营业执照
- 附件 3 法人身份证
- 附件 4 辐射安全许可证
- 附件 5 大环评批复
- 附件 6 原有射线装置环保手续
- 附件 7 本底监测报告
- 附件 8 原有探伤室工作场所放射防护检测报告
- 附件 9 原有辐射工作人员培训证书
- 附件 10 个人剂量检测报告
- 附件 11 辐射防护管理领导小组
- 附件 12 辐射事故应急处理预案
- 附件 13 辐射防护相关制度
- 附件 14 危险废物委托处置协议
- 附件 15 建设单位承诺书
- 附件 16 环评文件确认书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		杭州中泰深冷技术股份有限公司 X 射线探伤机建设项目			
建设单位		杭州中泰深冷技术股份有限公司			
法人代表	██████	联系人	██████	联系电话	██████
注册地址	浙江省杭州市富阳区东洲街道高尔夫路 228 号				
建设地址	浙江省杭州市富阳区东洲街道高尔夫路 228 号，B 生产厂房				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	200	项目环保投资（万元）	25	投资比例（环保投资/总投资）	12.5%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	/
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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
	<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位概况及项目建设概述</p> <p>杭州中泰深冷技术股份有限公司（以下简称“建设单位”）成立于 2006 年，原名杭州中泰过程设备有限公司。建设单位主营深冷技术设备的开发、设计、制造和销售，核心制造产品为冷箱及成套装置、板翅式换热器，具体包括 LNG 成套装置、深冷净化（液氮洗）装置、冷箱及板翅式换热器等，被广泛应用于能源、化工、冶金和电力等基础工业领域，特别在天然气液化、现代煤化工（MTO、煤制天然气、煤制油等）等领域近几年得到了更为迅速的应用。</p> <p>杭州中泰深冷技术股份有限公司现持有浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：浙环辐证[A0128]，发证日期：2022 年 01 月 07 日，有效期至：2027 年 01 月 06 日。许可的种类和范围为：使用 II 类射线装置。</p>				

1.1.2 项目任务由来

因业务发展，建设单位拟在杭州市富阳区东洲街道高尔夫路 228 号建设生产厂房，新增用地 92464m²，新建建筑总面积 133029.14m²，其中 B 生产厂房面积 62420m²。项目建成后可形成年生产成套深冷设备 20 套、冷箱 20 套、板翅式换热器 3000 吨的生产规模。《杭州中泰深冷技术股份有限公司深冷技术新能源、高端装备智能制造产业项目环境影响报告书》已于 2022 年 2 月 18 日取得杭州市生态环境局富阳分局批复，批复文号：富环许审[2022]9 号。目前该项目正在建设中，主体结构已完成。

本次环评主要针对拟增加使用的 X 射线探伤机项目进行辐射影响评价，建设单位拟在新建 B 生产厂房内建设 1 间探伤室及控制室、洗片室和储片室等附属用房，并新增 2 台 X 射线探伤机，搬迁 1 台原有已许可使用的 X 射线探伤机，均在本项目新建探伤室内使用。3 台 X 射线探伤机均属于 II 类射线装置。

对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号），X 射线探伤机属于工业用 X 射线探伤装置的分类范围，为 II 类射线装置。根据《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”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环境影响评价文件形式应为编制环境影响报告表，并在环评批复后及时重新申领辐射安全许可证。

杭州中泰深冷技术股份有限公司委托中辐环境科技有限公司开展“杭州中泰深冷技术股份有限公司 X 射线探伤机建设项目”的环境影响评价工作。在接受委托后，环评单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集、辐射环境现状监测等工作，并结合项目特点，按照《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》（HJ10.1-2016）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

1.1.3 建设内容及规模

杭州中泰深冷技术股份有限公司拟在厂区 B 生产厂房（单层建筑）内新建 1 间探伤室及控制室、洗片室和储片室等附属用房，并新增 2 台 X 射线探伤机，搬迁原有 1 台探伤机，共 3 台探伤机在探伤室内使用（不同时使用）。本项目探伤工件主要为建设单位生产的压力容器，最大直径 5m，长度 9m。

本项目新建探伤室为混凝土浇筑而成，尺寸为 14.1m×10.85m×9.8m，探伤室东、

南、西三侧屏蔽墙厚度均为 550mm 混凝土；北侧屏蔽墙厚度为 650mm 混凝土；顶棚为无人到达区域，厚度为 400mm 混凝土；无地下层。探伤室南侧屏蔽墙外由东至西依次设置储片室、洗片室和控制室。探伤室平面布置图见附图 5，剖面图见附图 6。

本项目 3 台 X 射线探伤机分别为：①新增 MG_i450X 型定向探伤机，最大管电压为 450kV，最大管电流为 10mA；②搬迁 XXQ2505 型定向探伤机，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA；③新增 RD-300LGP 型周向探伤机，最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA。

MG_i450X 型定向探伤机夹装在运动拖链支架上使用，出束方向固定向北；XXQ2505 型定向探伤机按使用需求，放置在被检工件南侧或内部进行出束，出束方向朝北；RD-300LGP 型周向探伤机放置在被检工件内部需要探伤的位置，周向出束，出束方向朝向南、北、顶棚和地面。三台探伤机不存在同时出束和任意组合出束。探伤机移动/摆放位置范围见附图 5。

本次环评射线装置主要技术参数信息见表 1-1。

表 1-1 本项目使用 X 射线探伤机技术参数表

编号	设备名称	型号	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	射束	备注
1	X 射线探伤机	MG _i 450X	II类	1	450	10	定向	新增
2	X 射线探伤机	XXQ2505	II类	1	250	5	定向	搬迁
3	X 射线探伤机	RD-300LGP	II类	1	300	5	周向	新增

建设单位原有 1 间探伤室位于 A 生产厂房内，本项目实施后建设单位辐射活动总规模为：

2 间工业探伤室并使用 5 台 X 射线探伤机。原有探伤室使用 XXH2505 型周向和 XXQ1606 型定向，共 2 台探伤机；本项目探伤室使用 MG_i450X 型定向、XXQ2505 型定向和 RD-300LGP 型周向，共 3 台探伤机。所有探伤机仅限在室内使用。

1.1.4 劳动定员及工作负荷

本项目拟新增配备辐射工作人员 2 人，并同时承担本项目洗片、评片等工作。辐射工作人员日工作 8 小时，年工作约 300 天。新建探伤室内 3 台 X 射线探伤机射线出束时间不超过 3h/天，则本项目探伤室 X 射线探伤机射线出束时间为 900h/年。

根据生态环境部《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，建设单位应尽快组织本项目辐射工作人员到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加相应类别

的辐射安全与防护培训，并取得考核合格成绩报告单后方可上岗。

1.2 项目周边环境关系及选址合理性分析

1.2.1 项目地理位置

杭州中泰深冷技术股份有限公司位于浙江省杭州市富阳区东洲街道高尔夫路 228 号。厂区东侧为杭州富阳海陆医药公司等企业和空地；东南侧为杭州蔚然实业有限公司；南侧为空地；西南侧为杭州新南藤竹制品有限公司；西侧为浙江海正动物保健品有限公司；北侧为高尔夫路，隔路为中控技术富阳产业园和蜂巢垄居民区。项目地理位置见附图 1，周边环境关系图见附图 2。

1.2.2 项目周边环境关系

本项目探伤室位于杭州中泰深冷技术股份有限公司厂区内 B 生产厂房内中间位置，探伤室东侧 58m 处为厂区内东侧道路，82m 处为 C 生产厂房；南侧 90m 处为厂区内南侧道路；西侧 38m 处为厂区内西侧道路，78m 处为 A 生产车间；北侧 192m 处为厂区内北侧道路。建设单位厂区平面图见附图 3。

探伤室东侧为组装区；南侧紧邻储片室、洗片室和控制室；西侧为焊接区；北侧为试验区。B 生产厂房平面布置图见附图 4。

1.2.3 选址合理性分析

本项目探伤室位于杭州中泰深冷技术股份有限公司厂区 B 生产厂房内，用地性质属于工业用地。本项目为建设单位深冷技术新能源、高端装备智能制造产业项目配套无损检测，其选址符合企业生产线工艺流程便利性，探伤室实体边界外 50m 评价范围内主要为厂区内建筑 and 道路，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区，项目运营过程产生的电离辐射，经采取满足标准要求的辐射防护措施后对周围环境与人员的辐射影响满足标准要求，因此项目选址相对较合理。

1.3 产业政策符合性和实践正当性分析

1.3.1 产业政策符合性分析

本项目的建设不属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）中国家限制类和淘汰类项目，属于国家允许类产业，符合国家产业政策。

1.3.2 实践正当性分析

杭州中泰深冷技术股份有限公司 A 生产厂房现有 1 间探伤室并使用 3 台探伤机，

用于建设单位压力容器的无损探伤。建设单位为缓解产能瓶颈并为创新型的新产品、高端产品提供产业化基地，实施深冷技术新能源、高端装备智能制造产业项目，并计划配置探伤机，可有效保证无损检测效果、保证产品质量、大大提高了生产效率，使用过程中采取满足国家标准要求的辐射安全防护措施，同时加强辐射安全管理，对周围环境和人员的影响满足标准要求。因此，本项目使用 X 射线探伤装置的目的是正当可行的，并且该项目有较好的经济效益和社会效益，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

1.4 《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》符合性分析

杭州市共划定综合环境管控单元 329 个，其中优先保护单元 196 个，总面积为 9158.4 平方公里；重点管控单元 121 个，总面积为 2387.49 平方公里；一般管控区 12 个，总面积 5307.68 平方公里。

本项目位于浙江省杭州市富阳区东洲街道高尔夫路 228 号杭州中泰深冷技术股份有限公司厂区内 B 生产厂房。根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于“富阳区富阳中心城区产业集聚重点管控单元”（ZH33011120015）。

本项目“三线一单”符合性分析详见表 1-3。

表 1-3 杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析一览表

“三线一单”内容		建设单位情况	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。	本项目位于产业集聚重点管控单元，属于企业深冷技术新能源、高端装备智能制造产业项目配套辐射探伤服务项目。	符合
	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。	本项目所在厂区与周边居民区、工业企业等有道路和绿化带等作为隔离带。	符合
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。	本项目属于核技术利用建设项目，不涉及污染物排放总量。	符合
	所有企业实现雨污分流。	企业排水采用雨污分流制度，雨水经厂区雨水排水管排入附近雨水管网；生活污水经厂区污水处理系统处理达标后外排。	符合
环境风险防控	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。	建设单位已制定《辐射事故应急处理预案》，加强风险管控。	符合
资源开发效率要求	/	/	/

综合上述分析，本项目建设符合《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》中的要求。

1.5 “三线一单”符合性分析

根据《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环环评[2021]108号），“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

（1）与“生态保护红线”的相符性

生态保护红线是生态空间范围内具有特殊重要生态功能必须实行强制性严格保护的区域。根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于“富阳区富阳中心城区产业集聚重点管控单元”（ZH33011120015），未涉及杭州市生态红线。

（2）与“环境质量底线”的相符性

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射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，不会突破环境质量底线。

（3）与“资源利用上线”的相符性

本项目水、电等公共资源由富阳区供水管网和电网供应，项目用地为工业用地；且整体而言本项目所用资源相对较小，也不占用当地其他自然资源和能源，因此本项目符合资源利用上限的要求。

（4）与“生态环境准入清单”的相符性

本项目位于“富阳区富阳中心城区产业集聚重点管控单元”（ZH33011120015），项目属于核技术利用项目，不属于高污染、高能耗工业，满足管控措施，不在环境功能区负面清单内，符合生态环境准入清单的要求。

综上所述，本项目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，本项目的建设符合“三线一单”要求。

1.6 原有项目核技术利用和许可情况

1.6.1 原有核技术利用项目许可情况

杭州中泰深冷技术股份有限公司现有辐射活动已取得《辐射安全许可证》（浙环辐证[A0128]），有效期至：2027年01月06日。公司目前许可的种类和范围：使用

II类射线装置。

1.6.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

建设单位原有射线装置清单情况表 1-4。

表 1-4 建设单位原有核技术利用项目情况一览表

序号	射线装置名称	型号	参数	数量	类别	使用地址/状态	环评批复情况	验收情况
1	X 射线探伤机	XXH2505	250kV, 5mA	1	II	探伤室	杭环辐评批 [2010]0056号	富环发 [2012]87 号
2	X 射线探伤机	XXQ1606	160kV, 5mA	1	II	探伤室		
3	X 射线探伤机	XXQ2505	250kV, 5mA	1	II	探伤室		

注：3#XXQ2505 型 X 射线探伤机为本项目拟搬迁设备，搬迁后不在原探伤室内使用。

1.7 原有核技术利用项目管理情况

(1) 辐射防护管理机构

根据相关法律、法规、规范的要求，建设单位已成立了辐射安全领导小组，并明确领导小组职责。

(2) 安全管理规章制度

建设单位制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括《辐射事故应急处理预案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《使用场所安全措施》、《岗位职责》、《X 射线探伤操作规程》、《使用登记制度》、《射线机的检修维护制度》、《人员培训计划》、《监测方案》。建设单位已有管理制度内容较为全面，符合相关要求，原有规章制度基本满足公司从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。

(3) 辐射安全与防护培训情况

目前建设单位共有 2 名辐射工作人员，均在生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加辐射安全与防护培训，并已取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格报告单，且均在有效期内。

(4) 个人剂量监测及职业健康体检情况

建设单位现有辐射工作人员 2 人，建设单位已委托浙江杭康检测技术有限公司进行了个人剂量当量监测，根据建设单位最近一年度个人剂量监测报告显示个人剂量情况正常，均低于工作人员剂量约束值 5mSv/a。

建设单位已为现有辐射工作人员进行了上岗前、在岗期间职业健康检查，由杭州职业病防治院承担，体检结果表明现有辐射工作人员可继续原辐射工作。

（5）现有辐射工作场所管理

建设单位现有辐射工作场所设置有门机联锁、指示灯和声音提示装置、急停装置、视频监控装置和电离辐射警示标识等，并划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。建设单位每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，检测结果标明建设单位原有探伤室各监测点 X 射线剂量率均符合标准要求。建设单位现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。

（6）危险废物管理

建设单位原有 X 射线探伤机使用过程中产生的废显（定）影液及废胶片，使用专用的容器收集废定影液、显影液暂存在危废暂存库。2022 年公司已与杭州立佳环境服务有限公司签订了危险废物处置协议。

（7）辐射应急演练和年度评估

建设单位已制定有《辐射事故应急处理预案》，建设单位定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急处理预案进行完善和修订。经与公司核实，自核技术利用项目开展以来，未发生过辐射事故。

（8）年度评估报告

建设单位执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

建设单位每年底对辐射防护工作进行年度评估，经建设单位核实，历年均未发生辐射事故。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	1	MGi450X	450	10	无损检测	B 生产厂房探伤室	新购
2	X 射线探伤机	II	1	XXQ2505	250	5	无损检测	B 生产厂房探伤室	搬迁
3	X 射线探伤机	II	1	RD-300LGP	300	5	无损检测	B 生产厂房探伤室	新购

(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
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	/	少量	/	/	排入大气环境
废显（定）影液	液态	/	/	/	1.6t/a	/	暂存于危废暂存库	交由有资质的单位处理
废胶片	固态	/	/	/	0.5t/a	/	暂存于危废暂存库	交由有资质的单位处理
冲洗废水	液体	/	/	/	1800L/a	/	暂存于危废暂存库	交由有资质的单位处理

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

表 6 评价依据

<p>法 规 文 件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2014 年），自 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》（中华人民共和国主席令第 24 号，2018 年），自 2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年），自 2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年），自 2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《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），自 2021 年 1 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》（国务院令第 449 号，2005 年），自 2005 年 12 月 1 日起施行，2019 年 3 月 2 日部分修改；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年），自 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》（国家环保总局第 31 号令；根据 2017 年 12 月 20 日环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改部分规章的决定》修正；根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正；根据 2021 年 1 月 4 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》修正）；</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年），自 2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号，原国家环保总局、公安部、卫生部文件），自 2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(11) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2021 年省政府令第 388 号修订），2021 年 2 月 10 日施行；</p> <p>(12) 《浙江省辐射环境管理办法》（省政府令第 289 号），2021 年 2 月</p>
----------------------------	---

	<p>10 日修订；</p> <p>(13) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4 号)；</p> <p>(14) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》(生态环境部公告 2018 年第 9 号)；</p> <p>(15) 《浙江省环境保护厅关于发布<省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2015 年本)>及<设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单(2015 年本)>的通知》(浙环发[2015]38 号)；</p> <p>(16) 《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2019 年本)>的通知》(浙环发[2019]22 号)；</p> <p>(17) 《浙江省生态环境保护条例》(2022 年 8 月 1 日起施行)；</p> <p>(18) 《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)，2020 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(19) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9 号)，自 2021 年 3 月 15 日起施行。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及第 1 号修改单；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(7) 《环境监测技术规范》(HJ61-2021)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 杭州中泰深冷技术股份有限公司提供的其它相关资料。</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》（HJ10.1-2016）中规定的“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”的要求，确定以本项目新建探伤室实体边界外 50m 范围内作为本项目的评价范围，评价范围示意图见附图 3。

7.2 保护目标

根据厂区平面布置情况及周围环境关系，确定环境保护目标为本项目评价范围内活动的职业人员和周围公众人员，主要环境保护目标情况如表 7-1 所示。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标		与探伤室相对方位	与探伤室边界最近距离 (m)		规模	年剂量约束值
			水平	垂直		
辐射工作人员	控制室	南侧	紧邻	0	2 人	职业人员： 5mSv
	储片室	南侧	紧邻	0		
	洗片室	南侧	紧邻	0		
其他工作人员或公众	组装区	东侧	2	0	约 10 人	公众： 0.1mSv
	评片室	南侧	4.1	0	约 2 人	
	检验室	南侧	9.9	0	约 2 人	
	管理室	南侧	13.6	0	1 人	
	茶水间	南侧	17	0	约 20 人/d	
	焊接区	西侧	2	0	约 10 人	
	厂区内西侧道路	西侧	38	0	约 100 人次/d	
试验区	北侧	2.8	0	约 5 人		

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》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐照的防护和实践中的安全。

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

附录 B

B1.1 职业照射

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

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

本项目取其四分之一，即不超过 5mSv 作为辐射工作人员的年照射剂量约束值。

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。

本项目取其十分之一，即不超过 0.1mSv 作为公众的年照射剂量约束值。

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置(以下简称 X 射线装置或探伤机)进行探伤的工作。

3.1.2 控制台

3.1.2.1 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体上应设置于探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

3.1.2.4 应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

4.1 防护安全要求

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全,操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平,对职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$,对公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$;

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.4 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 4.1.3；

b) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。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。

4.1.6 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。“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。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 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。按钮或拉绳应当带有标签,标明使用方法。

4.1.11 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。

4.2 安全操作要求

4.2.1 探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外,还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时剂量仪报警,探伤工作人员应立即离开探伤室,同时阻止其他人进入探伤室,并立即向辐射防护负责人报告。

4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率,包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时,应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

4.2.3 交接班或当班使用剂量仪前,应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作,则不应开始探伤工作。

4.2.4 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置,如准直器和附加屏蔽,把潜在的辐射降到最低。

4.2.5 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。

7.3.3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室屏蔽要求。

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，不需要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价值层厚度（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免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，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目新建探伤室位于浙江省杭州市富阳区东洲街道高尔夫路 228 号杭州中泰深冷技术股份有限公司厂区。厂区东侧为杭州富阳海陆医药公司等企业和空地；东南侧为杭州蔚然实业有限公司；南侧为空地；西南侧为杭州新南藤竹制品有限公司；西侧为浙江海正动物保健品有限公司；北侧为高尔夫路，隔路为中控技术富阳产业园和蜂巢垄居民区。项目地理位置见附图 1，探伤室辐射工作场所位置见附图 3。

本项目新建探伤室位于 B 生产厂房，现状照片见图 8-1。



图 8-1 本项目新建探伤室及 B 生产厂房现状照片

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位及结果

8.2.1 环境现状评价对象

探伤室拟建地址及其周围辐射环境本底水平。

8.2.2 监测因子

γ 辐射剂量率

8.2.3 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2022 年 11 月 22 日
- (3) 监测方式：现场监测
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- (5) 监测频次：依据标准予以确定

- (6) 监测工况：辐射环境本底
- (7) 天气环境条件：温度：23℃，湿度：62%RH，晴
- (8) 监测报告编号：HJ22380037
- (9) 监测设备

表 8-1 监测设备信息

仪器名称	X、γ 辐射剂量当量率仪
仪器型号	FH40G-L10+FHZ672E-10
生产厂家	Thermo SCIENTITIC
仪器编号	05035404
能量范围	40KeV~4.4MeV
量 程	主机：10nSv/h~100mSv/h；探头：1nSv/h~100 μ Sv/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院，华东国家计量测试中心
校准证书	2022H21-10-3832004001
校准日期	2022 年 03 月 01 日

8.2.4 质量保证措施

(1) 本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性；

(2) 采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

(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) 监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

(5) 监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由技术总负责人审定。

8.3 监测点位及结果

根据项目的平面布置及项目情况，在新建探伤室及周边布设 17 个监测点位。监测点位图见图 8-2、8-3，监测结果详见表 8-2。

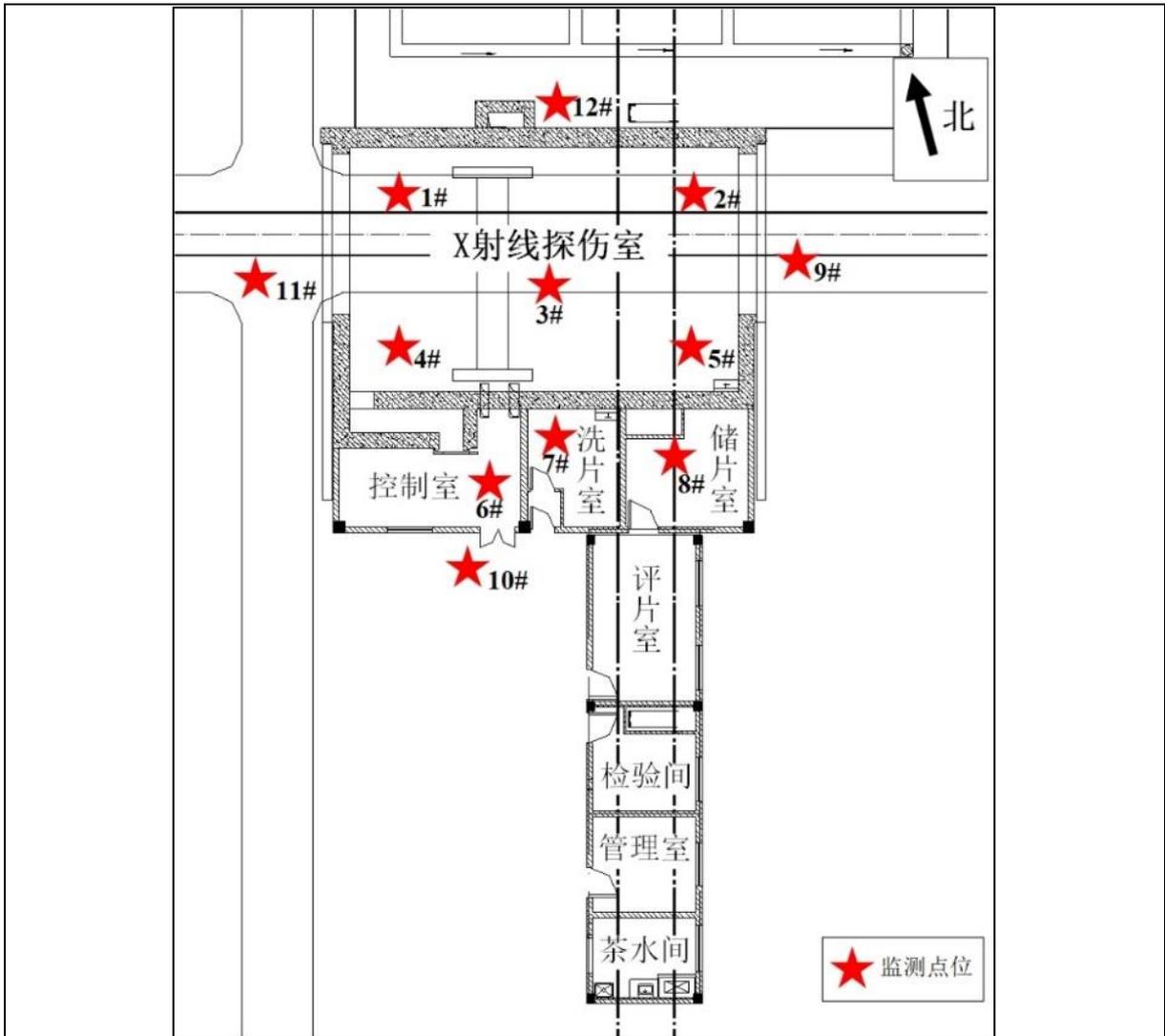


图 8-2 本项目探伤室及四周辐射质量现状监测点位图 1



图 8-3 本项目探伤室及四周辐射质量现状监测点位图 2

表 8-2 探伤室拟建地辐射环境现状监测结果一览表

监测点编号	测量位置	监测结果 (nGy/h)	备注
1#	探伤室点位 1	138±3	室内
2#	探伤室点位 2	136±3	室内
3#	探伤室点位 3	136±3	室内
4#	探伤室点位 4	136±3	室内
5#	探伤室点位 5	138±3	室内
6#	控制室	142±2	室内
7#	洗片室	157±3	室内
8#	储片室	150±2	室内
9#	探伤室东侧点位 1	132±2	室内
10#	探伤室南侧点位 1	131±2	室内
11#	探伤室西侧点位 1	133±3	室内
12#	探伤室北侧点位 1	132±2	室内
13#	东侧厂区内道路	85±3	室外
14#	探伤室南侧点位 2	123±3	室内
15#	西侧厂区内道路	84±3	室外
16#	A 生产厂房	126±2	室内
17#	探伤室北侧点位 2	133±3	室内

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正；

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k_1 ×仪器检验源效率因子 k_2 ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3 ×测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.12，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20 Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 11nGy/h。

8.4 环境现状调查结果的评价

由监测结果可知，本项目探伤室及周边室内 γ 空气吸收剂量率范围为 123~157nGy/h，即 $12.3 \times 10^{-8} \sim 15.7 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，探伤室周边室外 γ 空气吸收剂量率范围为 84~85nGy/h，即 $8.4 \times 10^{-8} \sim 8.5 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 。根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知杭州地区室内 γ 辐射剂量率在 $5.6 \times 10^{-8} \sim 44.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间；道路 γ 辐射剂量率在 $2.8 \times 10^{-8} \sim 22.0 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间。可见本项目所在区域的 γ 辐射水平处于当地本底水平范围之内，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目拟在 B 生产车间内新建 1 间探伤室及其配套的辅助工作场所，施工期主要有噪声、废气、废水和固体废物对环境的影响。施工期的环境影响已在《杭州中泰深冷技术股份有限公司深冷技术新能源、高端装备智能制造产业项目环境影响报告书》中进行了分析，本项目不再重复分析。

设备安装调试时设备通电开机会产生 X 射线。设备安装调试过程中主要污染包括设备的包装废物和调试时产生的 X 射线。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 X 射线探伤机结构

X 射线探伤机是由 X 射线发生器、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。X 射线探伤机外型见图 9-1。



图 9-1 典型 X 射线探伤机外型及内部结构图

9.2.2 探伤原理

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，当射线下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 射线探伤机就以此实现探伤的目的。

X 射线管主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，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。靶体

一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管基本结构如图 9-2 所示。

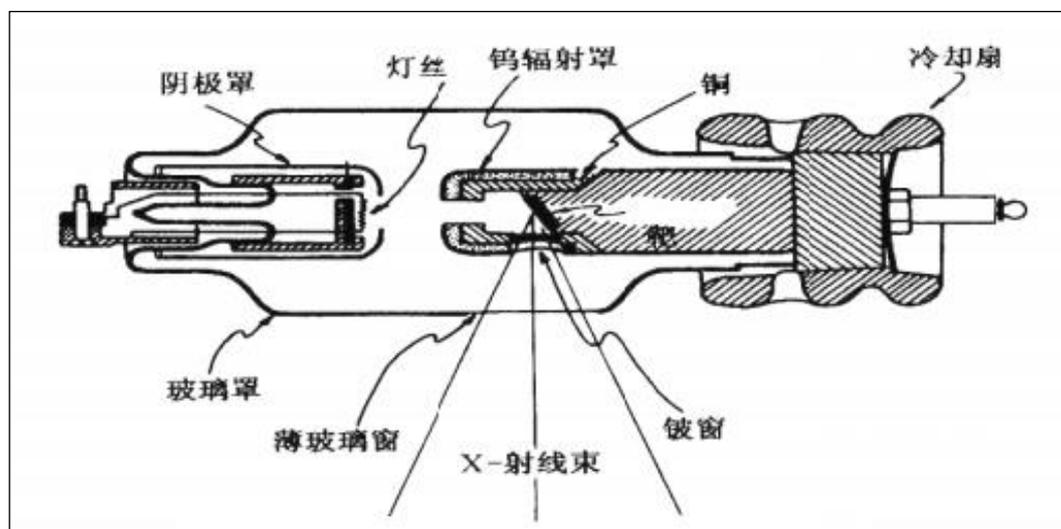


图9-2 X射线管基本结构图

9.2.3 X射线探伤机技术参数

本项目X射线探伤机主要技术参数见表9-1。

表9-1 本项目X射线探伤机主要技术参数

编号	设备名称	型号	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	射束方向	备注
1	X 射线探伤机	MGi450X	II类	1	450	10	北	新增
2	X 射线探伤机	XXQ2505	II类	1	250	5	北	搬迁
3	X 射线探伤机	RD-300LGP	II类	1	300	5	南、北、顶棚、地面	新增

9.2.4 探伤机工作流程及产污环节分析

(1) 本项目探伤机出束情况

本项目探伤工件为不同尺寸、厚度的容器，外形为长筒型，放置于探伤室内时管口朝向东、西两侧。工件上有两条纵向焊缝、一条横向环形焊缝，本项目使用定向探伤机对纵向焊缝进行无损探伤检测，使用周向探伤机对横向焊缝进行无损探伤检测。

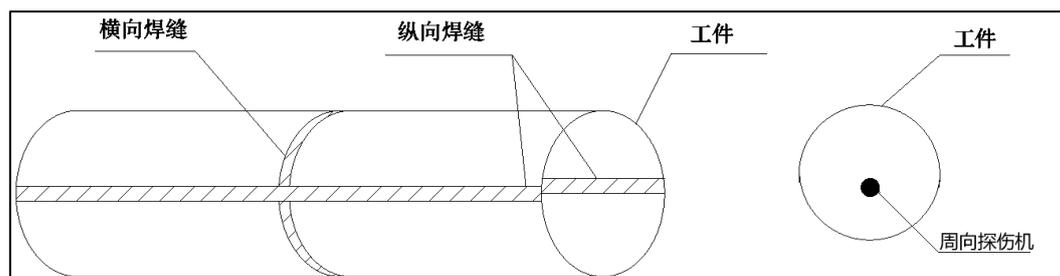


图9-3 本项目探伤工件示意图

(2) 本项目探伤流程

探伤机每隔一段时间后需要训机，然后出曝光曲线。训机的目的是为了提高射线管真空度，如果真空度不良，会使阳极烧毁或者击穿射线管，导致故障，甚至报废。本项目采用射线成像技术，辐射工作人员在控制室操作台远距离操作 X 射线探伤机，对拟检测的工件进行 X 射线无损检测。探伤作业之前，根据待检工件规格尺寸及检测计划，选用合适的探伤机，并操作运输电车将待检工件运送至探伤室内。

①采用 MG_i450X 型定向 X 射线探伤机

将 MG_i450X 型定向 X 射线探伤机夹装在探伤室南侧运动拖链夹具上，将需要进行无损探伤的工件经平板车轨道放置于探伤室内合适位置后，辐射工作人员在待检部位布设 X 射线胶片加以编号。检查无误后，辐射工作人员撤离探伤室，并关闭所有防护门，然后调节相应管电压、管电流和曝光时间等，开启 X 射线管进行扫描。MG_i450X 型探伤机可随运动拖链在探伤室内东-西方向移动，移动距离为 8.5m。

②采用 XXQ2505 型定向 X 射线探伤机

使用 XXQ2505 型定向 X 射线探伤机前，将需要进行无损探伤的工件经平板车轨道放置于探伤室内合适位置，再根据使用需求，将探伤机摆放在被检工件南侧或内部合适位置。辐射工作人员在待检部位布设 X 射线胶片加以编号。检查无误后，辐射工作人员撤离探伤室，并关闭所有防护门，然后调节相应管电压、管电流和曝光时间等，开启 X 射线管进行扫描。扫描过程中射线源不移动。

③采用 RD-300LGP 型周向 X 射线探伤机

使用 RD-300LGP 型周向 X 射线探伤机进行探伤作业前，将需要进行无损探伤的工件经平板车轨道放置于探伤室内合适位置后，辐射工作人员将周向探伤机放置在被检工件内部合适位置，并在待检部位布设 X 射线胶片加以编号。检查无误后，辐射工作人员撤离探伤室，并关闭所有防护门，然后调节相应管电压、管电流和曝光时间等，开启 X 射线管进行扫描。扫描过程中射线源不移动。

X 射线管开启前，防护门外指示灯亮，并发出警报声，射线管出束，开始扫描。扫描完成后，关闭电源，指示灯熄灭。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，取下 X 片待洗片室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。本项目探伤室工作流程及产污环节分析图如图 9-4 所示。

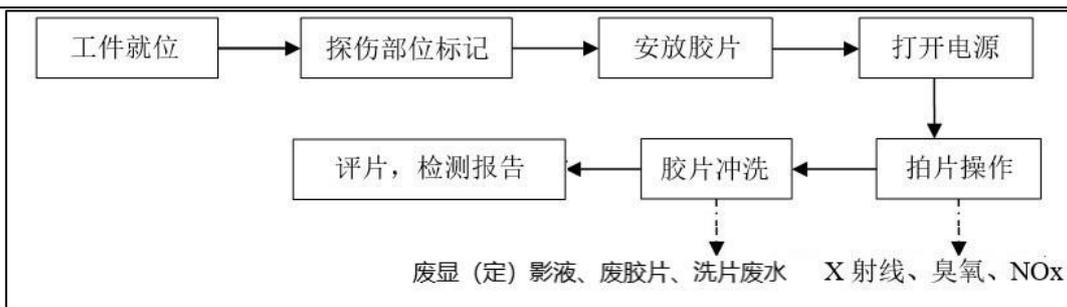


图 9-4 探伤室工作流程及产污环节分析图

由图 9-4 可知，本项目探伤室 X 射线探伤中产生的主要污染物为 X 射线、臭氧、NO_x、废显（定）影液、废胶片。

9.3 污染源项分析

9.3.1 正常工况下污染源项描述

(1) X 射线

本项目 X 射线探伤机为 II 类射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。X 射线装置在非曝光状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。

(2) 臭氧及氮氧化物

X 射线探伤机在开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。本项目探伤室北侧设有排风口，内设两台排风装置，设计风量均为 3250m³/h，则总排风量为 6500m³/h。排风口采用 U 形槽体布置，连接排风管道，产生的臭氧和氮氧化物最终从 B 生产厂房屋顶排放。本项目探伤室尺寸为 14.1m×10.85m×9.8m，体积约 1500m³，通排风次数约为 4.3 次/h。因此，本项目设计的排风装置可满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“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。

(3) 废显（定）影液及胶片

探伤作业完成后，需对拍摄的底片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影液与废胶片，属于《国家危险废物名录(2021 年版)》中感光材料废物，危废代码为 HW16：900-019-16，并无放射性。根据建设单位提供的资料，本项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约 1.6t/a，每年产生废胶片约 0.5t/a，该部分危险废物定期委托有资质单位处理，完好的胶片由公司定期建档备查。

洗片过程中会产生一定量的洗片废水，清洗水循环使用，直到不能满足清洗要求后再进行更换。清洗废水约每月更换三次，单次更换的洗片废水产生量不超过 50L，则洗片废水年产生量约 1800L。该部分废水含有显（定）影剂及强氧化物等，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 9-2。

表 9-2 本项目危险废物基本情况汇总表

序号	危废名称	危废代码	产生量	产生工序	形态	主要成分	危险特性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16: 900-019- 16	1.6t/a	洗片	液态	显（定）影液	T	收集于危废暂存间，定期委托有资质的单位进行处置
2	废胶片		0.5t/a	阅片	固态	废胶片	T	
3	洗片废水		1800L/a	洗片	液态	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	T	

9.3.2 非正常工况污染源项描述

（1）辐射工作人员还未撤离探伤室，外面人员启动探伤机进行探伤，造成误照射。

（2）安全连锁装置发生故障，探伤机工作时无关人员误入探伤室，造成相关人员被照射。

非正常工况污染源项同正常工况。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所平面布局

本项目新建探伤室位于 B 生产厂房中部，生产厂房共 1 层，无上下层。控制室拟设在探伤室南侧，探伤室平面布置见表 10-1，布置图见附图 4。

表 10-1 辐射工作场所位置及四周布局一览表

辐射场所	方位	周边房间及场所
探伤室	东侧	组装区
	南侧	储片室、洗片室、控制室
	西侧	焊接区
	北侧	试验区
	顶部	顶部（不上人屋面）

本项目 X 射线探伤工作区的平面布置便于探伤，促进各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护。探伤机工作过程中产生的 X 射线经屏蔽墙和屏蔽门后并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理可行的。

10.1.2 两区划分

为加强射线装置所在区域的管理，避免无关人员受到不必要的照射，划定辐射控制区和监督区。根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中对防护安全的要求：应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

根据本项目实际情况，考虑安全和便于管理，本项目将探伤室混凝土墙围成的内部区域和迷道划分为控制区，探伤机开机出束时，任何人不得停留/进入控制区；将控制室、洗片室、储片室，东、西两侧工件防护门外 2m 和东、西、北三侧墙体外 2m 以内的区域划分为监督区，探伤机出束时，无关人员不得进入监督区。建设单位拟在边界处设置监督区警示牌或警示线。本项目工作场地的分区管理划分见表 10-2 与图 10-1。

表10-2 探伤室两区划分

控制区	探伤室、迷道
监督区	控制室、洗片室、储片室，东西两侧工件防护门外2m，东、西、北三侧墙体外2m以内的区域

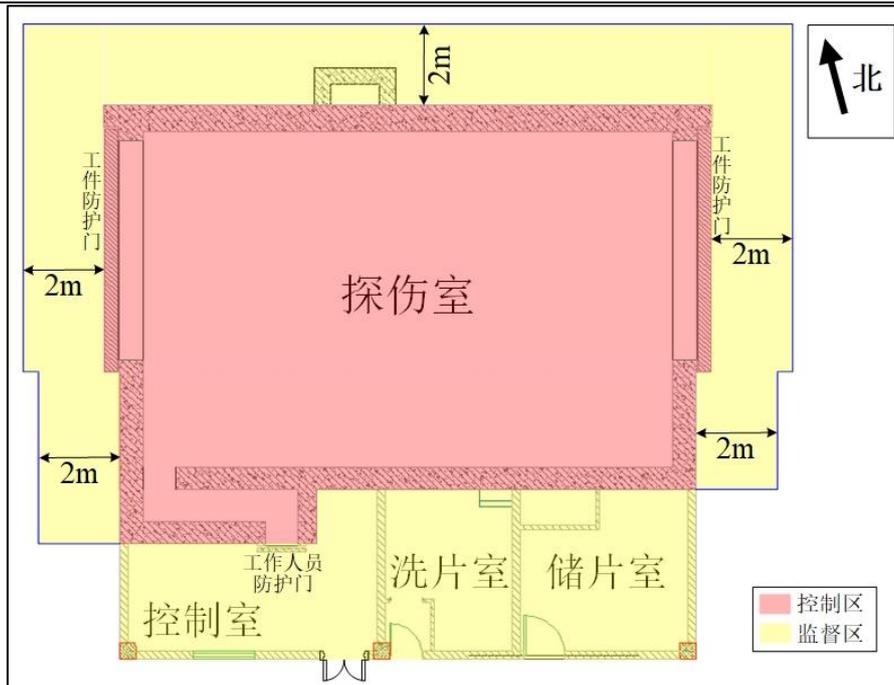


图10-1 探伤室两区划分图

10.1.3 辐射安全及防护措施

(1) 探伤室屏蔽防护设计

根据建设单位提供的探伤室设计资料可知，本项目拟建的探伤室为一层建筑，为混凝土浇筑而成，尺寸为 $14.1\text{m} \times 10.85\text{m} \times 9.8\text{m}$ ，全无窗设计。探伤室东、南、西三侧屏蔽墙厚度均为 550mm 混凝土；北侧屏蔽墙厚度为 650mm 混凝土；顶棚为无人到达区域，厚度为 400mm 混凝土；无地下层。探伤室南侧设有 L 型迷道，迷道宽 0.8m，高 2.6m，迷道门洞高 2m，迷道内墙厚度为 550mm 混凝土。探伤室东西两侧工件防护门均采用 32mmPb 铅门，迷道处人员防护门采用 10mmPb 铅门。探伤室北侧设有排风口，内设两台排风装置，总设计风量均为 $6500\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时通风换气次数约为 4.3 次，满足探伤室有效通风换气次数需求。探伤室南侧设置了迷道，并设置有工作人员防护门。控制室位于探伤室的南侧。工件门防护门和工作人员防护门均设计门-机联锁安全装置，并设置开机工作警示灯、电离辐射警告标志。

本项目新建探伤室屏蔽防护设计情况见表 10-3。

表 10-3 拟建探伤室屏蔽防护设计情况一览表

屏蔽措施	新建探伤室
各屏蔽墙厚	北墙 650mm 混凝土；东、南、西三侧墙体均为 550mm 混凝土。
顶棚厚度	400mm 混凝土。
地坪厚度	无地下层。

工件防护门 (2 扇)	电动推移大门,门洞尺寸宽 5400mm×高 6300mm,门尺寸宽 6000mm×高 6800mm,敷设 32mm 厚铅板(门两侧与墙体的搭接为 300mm,上搭接为 300mm,下搭接为 200mm,按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则,间隙应尽量小)。
人员防护门 (1 扇)	电动推移大门,门洞尺寸宽 800mm×高 2000mm,门尺寸宽 1200mm×高 2200mm,敷设 10mm 厚铅板(门两侧与墙体的搭接为 200mm,上搭接为 150mm,下搭接为 50mm,按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则,间隙应尽量小)。
迷道	L 型迷道,迷道宽 0.8m,高 2.6m。迷道为 550mm 混凝土。
排风口	排风口设置于探伤室北侧,采用 U 形槽体布置。
电缆沟	探伤室电缆沟采用 U 形槽体布置,走线沟槽处加盖定制钢盖板。

注:混凝土密度为 2.35t/m³,铅密度为 11.3g/cm³。

(2) 探伤室的安全装置及污染防治措施

①屏蔽防护:本项目新建探伤室采用混凝土墙和铅防护门进行屏蔽防护,且南侧设有迷道,探伤室与控制室分开设置,辐射工作人员在探伤室外远程操作,可保障工作人员在操作设备过程中的安全。

③根据 11 章的理论预测结果,本项目探伤室四侧墙体和防护门外 30cm 处剂量、率均小于剂量率参考控制水平;本项目探伤室顶面为不上人平台,顶面 30cm 处剂量率也小于剂量率参考控制水平。

④门机连锁:探伤室人员防护门和工件防护门拟设置与 X 射线探伤机高压电源连锁,任意防护门未关闭,高压电源不能正常启动;高压电源未关闭,防护门均不能正常打开。门机连锁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。每台 X 射线探伤机均与防护门连锁。

⑤指示灯和声音提示装置:探伤室内外均拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置,并与探伤机连锁。“预备”信号持续时间足够长,以确保探伤室内人员安全离开;“预备”和“照射”信号有明显区别,且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。探伤室内外醒目位置处标明“预备”和“照射”信号意义的说明。

⑥警示标志:探伤室人员防护门与工件防护门上均拟设置电离辐射警告标识和中文警示说明。

⑦紧急停机按钮:控制室操作台上设有急停按钮,探伤室四侧内墙均设有急停按钮,且设置位置方便人员滞留探伤室内时,无需穿过主射线束就能使用。急停按钮相互串联,按下按钮,探伤机高压电源立即被切断,探伤机停止出束。急停按钮拟设置标签,标明使用方法。

⑧视频监控系统：探伤室内及出入口处拟分别安装 1 套实时视频监控系统，并连接到控制室，辐射工作人员能在控制室内实时监控探伤过程及探伤室出入口处人员活动，如果出现异常能迅速启动紧急停机按钮。

⑨探伤室内拟设置机械通风设施，设计风机风量约为 6500m³/h，每小时有效通风换气次数约为 4.3 次，排气口位于探伤室北侧，排风管采取墙体底部 U 形穿越，并连接探伤室外排风管道，产生的臭氧最终从 B 生产厂房屋顶排放。排风管道外口位于 B 生产厂房屋顶，为无人员到达区域。

⑩建设单位已配备 1 台 X-γ 辐射剂量率巡测仪，并拟为每个新增辐射工作人员配备个人剂量计，配备 2 台个人剂量报警仪。

⑪探伤室施工时注意施工质量，混凝土浇注时避免出现气泡、麻脸，确保砂浆饱满，不留空隙。屏蔽墙内不可埋设电线管、安装电器盒，保证每个位置达到同等的屏蔽效果。

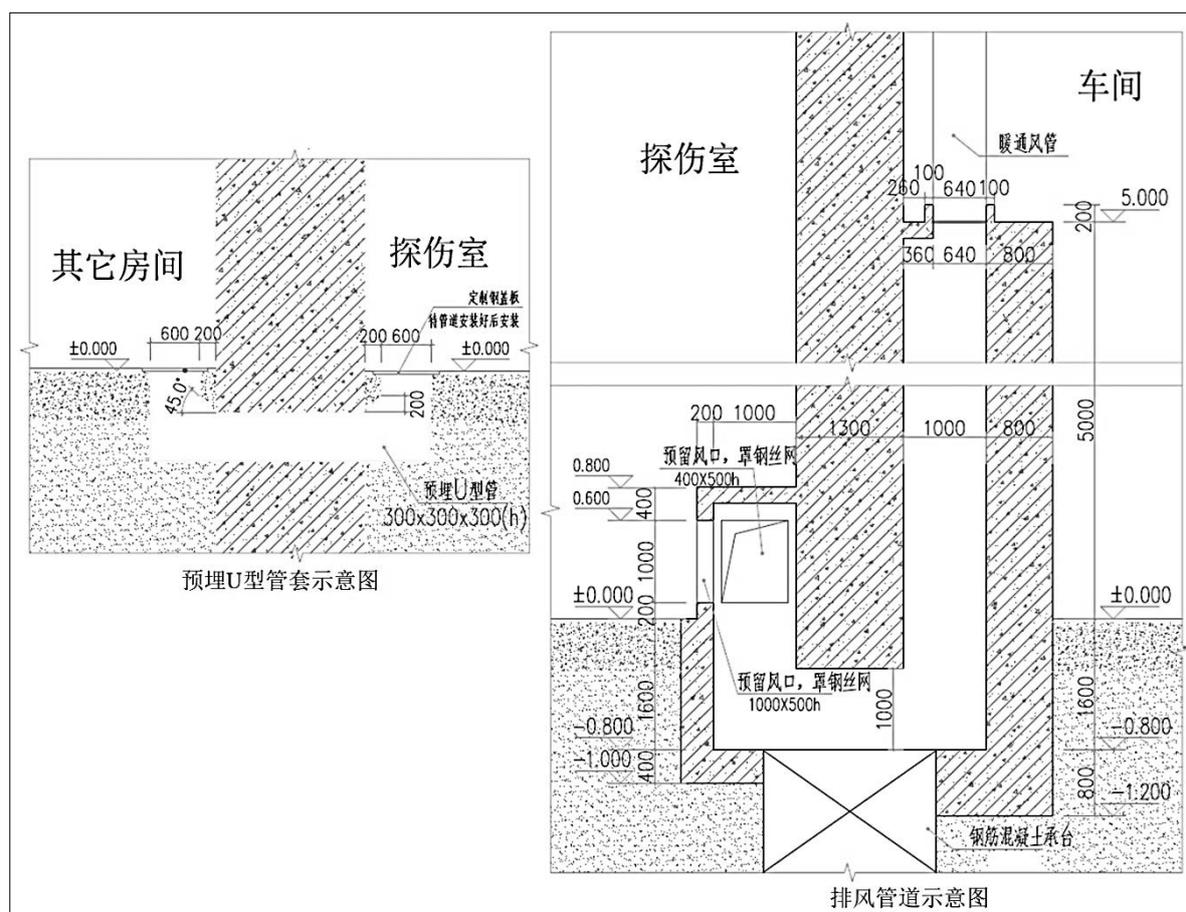


图 10-2 本项目预埋 U 型管及排风管道示意图

10.1.4 控制台管理要求

①控制台设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电

流和照射时间选取及设定值显示装置。

②控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

③控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

③控制台设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

④控制台应设置紧急停机开关。

⑤操作台应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

10.1.5 探伤装置的检查和维护

(1) 工作前检查项目应包括：

①探伤机外观是否存在可见的损坏；

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。

(2) 运营单位的定期检查：

①电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；

②所有的联锁和紧急停机开关的检查；

③制造商推荐的其他常规检测项目。

(3) 设备维护应符合下列要求：

①建设单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；

②设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；

③当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件都来自设备制造商；

④应做好设备维护记录。

10.2 三废的治理

本项目运行过程中无放射性废水、废气及放射性固体废物产生。

(1) 臭氧及氮氧化物

X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤室中的空气电离产生臭氧和氮氧化物，拟建探伤室设有机械通风装置，每小时有效通风换气次数约为 4.3 次，可满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中探伤室“每小时有效通风换气次数不小于 3 次”的要求；产生的少量臭氧和氮氧化物可通过排风装置抽出探伤室外，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度，再由排风管道排至 B 生产厂房屋顶排放，对周围环境空气质量影响较小。

(2) 危险废物

本项目探伤室南侧设有洗片室及储片室，对于探伤洗片和阅片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及高浓度的洗片废水。本项目洗片室拟配置 2 个容积为 50L 的废液桶，用于收集废显（定）影液和洗片废水，然后转移至危废暂存库（尺寸 10m×3m×3.5m，位于 A 生产厂房南侧）进行集中贮存。该场所的建设应满足“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”的要求，地面必须硬化处理，采用防盗门窗，门上应设规范的危废标识并上锁管理。同时，本项目危险废物产生量较小，贮存期限一般不超过 1 年，可以满足贮存的容积要求。产生的危废最终由建设单位委托杭州立佳环境服务有限公司定期进行处置。本项目危废贮存情况见表 10-4。

序号	贮存场所	危险废物名称	危险废物类别	贮存方式	贮存量
1	危废暂存库 (A 生产厂房 南侧)	废显（定）影液	HW16: 900-019-16	专用防渗容器	1.6t/a
2		废胶片		袋装堆放	0.5t/a
3		洗片废水		专用防渗容器	1800L/a

危废暂存场所的日常管理应做到：**a.** 专人管理，其他人员未经允许不得入内。**b.** 危险废物贮存前应做好统一包装（液体桶装、固体袋装），防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危废包装容器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。**c.** 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。**d.** 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。根据《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）中第二十条规定“危险废物电子转移联单数据应在信息系统中至少保存十年”。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

本项目拟在 B 生产厂房内建设 1 间探伤室及其配套的辅助工作场所，施工期主要有噪声、废气、废水和固体废物对环境的影响。施工期的环境影响已在《杭州中泰深冷技术股份有限公司深冷技术新能源、高端装备智能制造产业项目环境影响报告书》中进行了分析，本项目不再重复分析。

11.1.2 安装调试阶段环境影响分析

在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目通过理论计算评价方法来预测运行期 X 射线探伤室建成投入使用后的辐射环境影响。

11.2.1 工作场所周围环境辐射影响分析

本项目新建 1 间探伤室及控制室、洗片室和储片室等附属用房，并新增 2 台 X 射线探伤机，搬迁 1 台原有探伤机，均在本项目新建探伤室内使用，3 台设备不存在同时出束及组合出束。本项目探伤室内使用的 3 台探伤机情况见表 11-1。

表 11-1 本项目探伤室内使用 3 台探伤机

编号	设备名称	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	主束方向射束	备注
1	MGi450X 型定向探伤机	450	10	北	新增
2	XXQ2505 型定向探伤机	250	5	北	搬迁
3	RD-300LGP 型周向探伤机	300	5	南、北、顶棚、地面	新增

注：本项目所在 B 生产厂房为单层建筑，无地下层，可不对地坪方向进行影响分析。

由于上表可知，MGi450X 型探伤机电流、电压均大于 XXQ2505 型探伤机，且主束方向均向北侧；XXQ2505 型探伤机摆放位置范围位于 MGi450X 型和 RD-300LGP 型探伤机之间。根据《工业 Z 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽”。本项 3 台探伤机不存在同时出束，因此本次仅对 MGi450X 型定向探伤机和 RD-300LGP 型周向探伤机进行预测分析，若预测结果满足相关标准要求，则

XXQ2505型定向探伤机也可满足要求。

对于 MG_i450X 型定向探伤机，探伤室北侧墙体以有用线束照射进行估算，而其他方向均以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）照射进行估算；对于 RD-300LGP 型周向探伤机，探伤室南、北侧墙体和顶棚以有用线束照射进行估算，而其他方向均以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）照射进行估算。本项目探伤室所在厂房无上下层，因此，地面可以不进行关注点的相关计算。

根据建设单位的提供的资料，本项目 MG_i450X 型定向 X 射线探伤机射线源在探伤室内可随运动拖链东-西移动；RD-300LGP 型周向探伤机根据使用需求摆放在工件内部。本次环评预测分析 X 射线探伤机在正常工作的情况下对周围环境的影响。

(1) 关注点选取

本项目的关注点分布如图11-1所示：

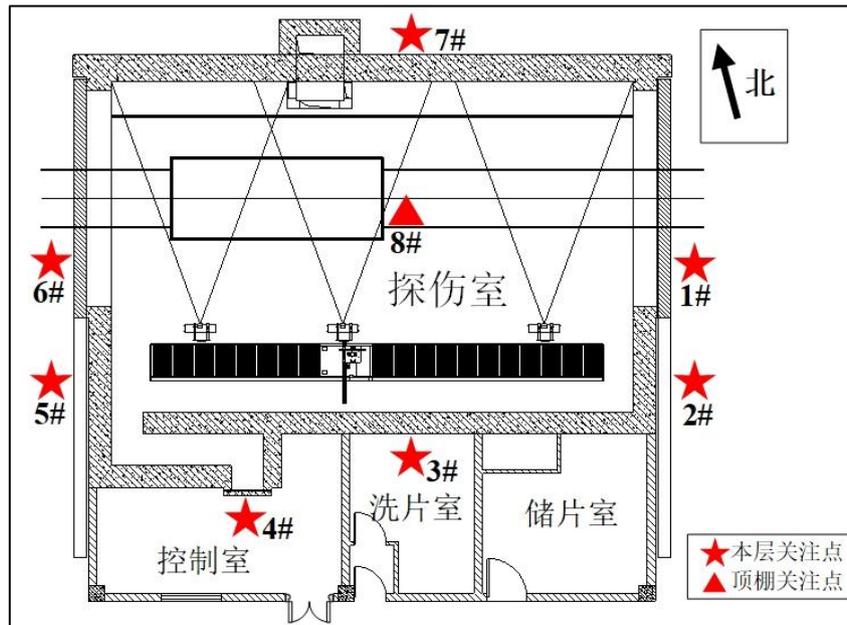


图 11-1 本项目关注点分布示意图

探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($\dot{H}_{c,d}$)：

①人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c ，如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

②相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按式 (11-1) 计算：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{式 (11-1)}$$

式中：

H_c ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（ $\text{h}/\text{周}$ ）。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

c) 关注点剂量率参考控制水平 H_c 为上述 a) 中的 $H_{c,d}$ 和 b) 中的 $H_{c,max}$ 二者的较小值。

根据建设单位提供的资料，本项目设备主要进行工件无损检测工作，拟配备辐射工作人 2 人，日工作 8 小时，年工作约 300 天。3 台 X 射线探伤机射线出束时间合计 3h/天，则本项目探伤室内 X 射线探伤机射线出束时间约为 18h/周。

居留因子选取参考表 11-1。

表 11-1 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、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

注：取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 A.1

探伤室周边关注点剂量率参考控制水平计算结果见表 11-2。

表 11-2 本项目探伤室周边关注点剂量率参考控制水平取值

方位	关注点	T	U	H_c $\mu\text{Sv}/\text{h}$	$H_{c,max}$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$	$H_{c,d}$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$	H_c $\mu\text{Sv}/\text{h}$
东侧工件防护门外表面 30cm 处	1#	1/4	1	5	2.5	1.11	1.11
东侧墙体外表面 30cm 处	2#	1/4	1	5	2.5	1.11	1.11
南侧墙体外表面外表面 30cm 处	3#	1	1	100	2.5	5.56	2.5
南侧人员防护门表面 30cm 处	4#	1	1	100	2.5	5.56	2.5
西侧墙体外表面 30cm 处	5#	1/4	1	5	2.5	1.11	1.11
西侧工件防护门外表面 30cm 处	6#	1/4	1	5	2.5	1.11	1.11
北侧墙体外表面 30cm 处	7#	1/4	1	5	2.5	1.11	1.11
顶棚外表面 30cm 处	8#	1/40	1	5	100	11.11	11.11

注：探伤室所在厂房共地上 1 层，无地下层，所以不在探伤室底部设置关注点；探伤室顶棚为不上人屋面，居留因子取 1/40；探伤室东、西两侧工件防护门和东、西、北三侧墙外 2m 处均划为监督区，无关人员不得靠近。

(2) 公式及参数选取

①有用线束的屏蔽估算方法如下：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B 。关注点的剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 (11-2) 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (11-2)$$

式中：

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为 mA；MGi450X 型定向探伤机：最大管电流 10mA，RD-300LGP 型周向探伤机：最大管电流 5mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6.0×10^4 ，见附录表 B.1；MGi450X 型定向探伤机：因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录表 B.1 中管电压最大为 400kV，因此本项目根据《辐射防护导论》P343 附图 4，450kV 的 X 射线探伤机发射率取 $60\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $3.60\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；RD-300LGP 型周向探伤机：《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录表 B.1 中 300kV 的 X 射线探伤机发射率取 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.254\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B ——屏蔽透射因子；MGi450X 型定向探伤机：由于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）图 B.2 中管电压最大为 400kV，因此本项目根据《核技术利用项目的辐射屏蔽防护与计算》P22 表 1-17 续表内插法，450kV 的 X 射线 TVL_{混凝土}=109.5mm 时 $B=1.16\times 10^{-6}$ ；RD-300LGP 型周向探伤机：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）图 B.2 可得 300kV 时，650mm 的混凝土 $B=2.70\times 10^{-7}$ ，550mm 的混凝土 $B=2.50\times 10^{-6}$ ，400mm 的混凝土 $B=8.70\times 10^{-5}$ ，10mm 的铅 $B=7.00\times 10^{-4}$ 。

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

②泄漏辐射和散射辐射屏蔽

a) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相应关系：

对于给定屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下面公式 (11-3) 计算，

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (11-3)$$

式中：

X ——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL ——见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.2。

b) 泄漏辐射屏蔽的估算方法如下：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（11-3）计算，然后按式（11-4）计算泄漏辐射在关注点的剂量率 H ，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

$$H = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad (11-4)$$

式中：

B ——屏蔽透射因子；MGi450X 型定向探伤机：因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2 中最大管电压为 400kV，因此本项目根据《核技术利用项目的辐射屏蔽防护与计算》P22 表 1-17 续表内插法，450kV 的 X 射线源 $TVL_{\text{混凝土}}=109.5\text{mm}$ ， $TVL_{\text{铅}}=9.25\text{mm}$ ；RD-300LGP 型周向探伤机：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2，300kV 的 X 射线源 $TVL_{\text{混凝土}}=100\text{mm}$ ， $TVL_{\text{铅}}=5.7\text{mm}$ ；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

H_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ，见表 1；根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 得出，450kV 的 MGi450X 型定向探伤机和 300kV 的 RD-300LGP 型周向探伤机，X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率均取 $5.0 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

c) 散射辐射屏蔽的估算方法如下：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B ，按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL ，然后按式（11-3）计算。关注点的散射辐射剂量率 H （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按公式（11-5）计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (11-5)$$

式中：

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；
 MGi450X 型定向探伤机：最大管电流 10mA；RD-300LGP 型周向探伤机：最大管电流 5mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6.0×10^4 ，见表 B.1；MGi450X 型定向探伤机：因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录表 B.1 中管电压最大为 400kV，因此本项目根据《辐射防护导论》P343 附图 4，450kV 的 X 射线探伤机发射率取 $60\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $3.60\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；RD-300LGP 型周向探伤机：《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录表 B.1 中 300kV 的 X 射线探伤机发射率取 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.254\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B ——屏蔽透射因子；MGi450X 型定向探伤机：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 及外推法，450kV 的散射辐射为 300kV，300kV 的 X 射线 $\text{TVL}_{\text{混凝土}}=100\text{mm}$ ， $\text{TVL}_{\text{铅}}=5.7\text{mm}$ ；RD-300LGP 型周向探伤机：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，300kV 的散射辐射为 200kV，200kV 的 X 射线 $\text{TVL}_{\text{混凝土}}=86\text{mm}$ ， $\text{TVL}_{\text{铅}}=1.4\text{mm}$ ；

F —— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_s ——散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

（3）屏蔽计算

根据公式（11-3）计算主束方向屏蔽体外表面 30cm 处主射线辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-3、11-4。

表 11-3 有用线束辐射剂量水平预测参数及结果（MGi450X 型定向探伤机）

关注点	编号	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	I mA	R m	X mm	TVL mm	B	H $\mu\text{Sv}/\text{h}$
北侧墙体外表面 30cm 处	7#	3.60×10^6	10	7.04	混凝土 650	混凝土 109.5	1.16×10^{-6}	8.42×10^{-1}

表 11-4 有用线束辐射剂量水平预测参数及结果（RD-300LGP 型周向探伤机）

关注点	编号	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	I mA	R m	B	H $\mu\text{Sv}/\text{h}$
南侧墙体外表面外表面 30cm 处	3#	1.254×10^6	5	6.20	2.50×10^{-6}	4.08×10^{-1}
南侧人员防护门表面 30cm 处	4#	1.254×10^6	5	7.75	1.75×10^{-9}	1.83×10^{-4}

北侧墙体外表面 30cm 处	7#	1.254×10^6	5	3.90	2.70×10^{-7}	1.11×10^{-1}
顶棚外表面 30cm 处	8#	1.254×10^6	5	7.97	8.70×10^{-5}	8.59

根据公式 (11-1)、(11-4) 计算探伤室四周泄漏辐射剂量率水平, 相关计算参数及计算结果见表 11-5、11-6。

表 11-5 泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果 (MGi450X 型定向探伤机)

关注点	编号	H_L $\mu\text{Sv/h}$	R m	X mm	TVL mm	B	H $\mu\text{Sv/h}$
东侧工件防护门外表面 30cm 处	1#	5.0×10^3	3.50	铅 32	铅 9.25	3.47×10^{-4}	1.42×10^{-1}
东侧墙体外表面 30cm 处	2#	5.0×10^3	3.07	混凝土 550	混凝土 109.5	9.49×10^{-6}	5.03×10^{-3}
南侧墙体外表面 30cm 处	3#	5.0×10^3	3.06	混凝土 550	混凝土 109.5	9.49×10^{-6}	5.07×10^{-3}
南侧人员防护门表面 30cm 处	4#	5.0×10^3	4.61	混凝土 550	混凝土 109.5	7.87×10^{-7}	1.85×10^{-4}
				铅 10	铅 9.25		
西侧墙体外表面 30cm 处	5#	5.0×10^3	3.07	混凝土 550	混凝土 109.5	9.49×10^{-6}	5.03×10^{-3}
西侧工件防护门外表面 30cm 处	6#	5.0×10^3	3.50	铅 32	铅 9.25	3.47×10^{-4}	1.42×10^{-1}
顶棚外表面 30cm 处	8#	5.0×10^3	6.57	混凝土 400	混凝土 109.5	2.22×10^{-4}	2.58×10^{-2}

表 11-6 泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果 (RD-300LGP 型周向探伤机)

关注点	编号	H_L $\mu\text{Sv/h}$	R m	X mm	TVL mm	B	H $\mu\text{Sv/h}$
东侧工件防护门外表面 30cm 处	1#	5.0×10^3	3.06	铅 32	铅 9.25	3.47×10^{-4}	1.85×10^{-1}
东侧墙体外表面 30cm 处	2#	5.0×10^3	4.14	混凝土 550	混凝土 109.5	9.49×10^{-6}	2.77×10^{-3}
西侧墙体外表面 30cm 处	5#	5.0×10^3	4.14	混凝土 550	混凝土 109.5	9.49×10^{-6}	2.77×10^{-4}
西侧工件防护门外表面 30cm 处	6#	5.0×10^3	3.06	铅 32	铅 9.25	3.47×10^{-4}	1.85×10^{-1}

根据公式 (11-1)、(11-5) 计算探伤室四周散射辐射剂量率水平, 相关计算参数及计算结果见表 11-7、11-8。

表 11-7 散射辐射剂量率水平预测参数及结果 (MGi450X 型定向探伤机)

关注点	编号	H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	R m	X mm	TVL mm	B	H $\mu\text{Sv/h}$
东侧工件防护门外表面 30cm 处	1#	3.60×10^6	3.06	铅 32	铅 5.7	2.43×10^{-6}	9.35×10^{-2}
东侧墙体外表面 30cm 处	2#	3.60×10^6	2.69	混凝土 550	混凝土 100	3.16×10^{-6}	1.57×10^{-1}
南侧墙体外表面 30cm 处	3#	3.60×10^6	5.00	混凝土 550	混凝土 100	3.16×10^{-6}	4.55×10^{-2}
南侧人员防护门	4#	3.60×10^6	6.55	混凝土 550	混凝土 100	5.57×10^{-8}	4.67×10^{-4}

表面 30cm 处				铅 10	铅 5.7		
西侧墙体外表面 30cm 处	5#	3.60×10^6	2.69	混凝土 550	混凝土 100	3.16×10^{-6}	1.57×10^{-1}
西侧工件防护门外表面 30cm 处	6#	3.60×10^6	3.06	混凝土 550	混凝土 100	2.43×10^{-6}	9.35×10^{-2}
顶棚外表面 30cm 处	8#	3.60×10^6	4.17	混凝土 400	混凝土 100	1.00×10^{-4}	2.07

表 11-8 散射辐射剂量率水平预测参数及结果 (RD-300LGP 型周向探伤机)

关注点	编号	H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	R m	X mm	TVL mm	B	H $\mu\text{Sv/h}$
东侧工件防护门外表面 30cm 处	1#	1.254×10^6	3.06	铅 32	铅 5.7	2.43×10^{-6}	1.63×10^{-2}
东侧墙体外表面 30cm 处	2#	1.254×10^6	3.30	混凝土 550	混凝土 100	3.16×10^{-6}	1.82×10^{-2}
西侧墙体外表面 30cm 处	5#	1.254×10^6	3.30	混凝土 550	混凝土 100	3.16×10^{-6}	1.82×10^{-2}
西侧工件防护门外表面 30cm 处	6#	1.254×10^6	3.06	铅 32	铅 5.7	2.43×10^{-6}	1.63×10^{-2}

探伤室四周散射辐射剂量率水平与泄漏辐射剂量率水平叠加后, 相关计算结果见表 11-9、11-10。

表 11-9 探伤室四周辐射剂量率水平预测参数及结果 (MGi450X 型定向探伤机)

关注点	编号	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	合计 ($\mu\text{Sv/h}$)
东侧工件防护门外表面 30cm 处	1#	1.42×10^{-1}	9.35×10^{-2}	2.35×10^{-1}
东侧墙体外表面 30cm 处	2#	5.03×10^{-3}	1.57×10^{-1}	1.62×10^{-1}
南侧墙体外表面外表面 30cm 处	3#	5.07×10^{-3}	4.55×10^{-2}	5.06×10^{-2}
南侧人员防护门表面 30cm 处	4#	1.85×10^{-4}	4.67×10^{-4}	6.52×10^{-4}
西侧墙体外表面 30cm 处	5#	5.03×10^{-3}	1.57×10^{-1}	1.62×10^{-1}
西侧工件防护门外表面 30cm 处	6#	1.42×10^{-1}	9.35×10^{-2}	2.35×10^{-1}
顶棚外表面 30cm 处	8#	2.58×10^{-2}	2.07	2.10

表 11-10 探伤室四周辐射剂量率水平预测参数及结果 (RD-300LGP 型周向探伤机)

关注点	编号	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	合计 ($\mu\text{Sv/h}$)
东侧工件防护门外表面 30cm 处	1#	1.85×10^{-1}	1.63×10^{-2}	2.02×10^{-1}
东侧墙体外表面 30cm 处	2#	2.77×10^{-3}	1.82×10^{-2}	2.10×10^{-2}
西侧墙体外表面 30cm 处	5#	2.77×10^{-4}	1.82×10^{-2}	2.10×10^{-2}
西侧工件防护门外表面 30cm 处	6#	1.85×10^{-1}	1.63×10^{-2}	2.02×10^{-1}

表 11-11 各关注点剂量率预测结果与周围剂量当量率控制要求比较

关注点	编号	MGi450X 型 定向探伤机辐 射剂量率预测 结果 $\mu\text{Sv/h}$	RD-300LGP 型 周向探伤机辐 射剂量率预测 结果 $\mu\text{Sv/h}$	周围剂量当量 率控制要求 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满 足控制 要求
东侧工件防护门外表面 30cm 处	1#	2.35×10^{-1}	2.02×10^{-1}	1.11	满足
东侧墙体外表面 30cm 处	2#	1.62×10^{-1}	2.10×10^{-2}	1.11	满足

南侧墙体外表面外表面 30cm 处	3#	5.06×10^{-2}	4.08×10^{-1}	5.56	满足
南侧人员防护门表面 30cm 处	4#	6.52×10^{-4}	1.83×10^{-4}	5.56	满足
西侧墙体外表面 30cm 处	5#	1.62×10^{-1}	2.10×10^{-2}	1.11	满足
西侧工件防护门外表面 30cm 处	6#	2.35×10^{-1}	2.02×10^{-1}	1.11	满足
北侧墙体外表面 30cm 处	7#	8.42×10^{-1}	1.11×10^{-1}	1.11	满足
顶棚外表面 30cm 处	8#	2.10	8.59	11.1	满足

因此由表 11-11 可知，在 MG450X 型定向探伤机正常工作下，探伤室四侧屏蔽体外的辐射剂量率最大为北侧墙体外表面 30cm 处，剂量率为 $8.42 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ；顶棚处辐射剂量率为 $2.10 \mu\text{Sv/h}$ ；在 RD-300LGP 型周向探伤机正常工作下，探伤室四侧屏蔽体外的辐射剂量率最大为南侧墙体外表面外表面 30cm 处，剂量率为 $4.08 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ；顶棚处辐射剂量率为 $8.59 \mu\text{Sv/h}$ ；均可满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中规定“关注点最高周围当量剂量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”、“对于不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”以及由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）计算得到的剂量率参考控制水平的要求。

（3）人员辐射年有效剂量估算

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = H \times t \times 10^{-3} (\text{mSv/a}) \quad (11-6)$$

式中：

$H_{E,r}$ ——X 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

H ——关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ——X 射线照射时间，h/a；

根据建设单位提供信息，本项目拟配备辐射工作人员 2 人，辐射工作人员均为新增，不兼任其他辐射岗位，日工作 8 小时，年工作约 300 天。新建探伤室内 3 台 X 射线探伤机射线出束时间不超过 3h/天，则辐射工作人员年受照时间不超过 900h/年。

本项目工作人员和公众的年剂量采用 MG450X 型定向探伤机和 RD-300LGP 型周向探伤机辐射剂量率预测结果的较大值进行估算，具体见表 11-12。

表 11-12 设备运行时周围工作人员和公众的年剂量估算值

保护目标	对应关注点	关注点剂量率 μSv/h	居留因子	受照时间 h/a	与对应关注点最近距离 m	年剂量估算值 mSv	年剂量约束值
探伤室辐射工作人员	3#	4.08×10^{-1}	1	900	/	3.67×10^{-1}	职业 5mSv/a
南侧储片室工作人员	3#	4.08×10^{-1}	1	900	/	3.67×10^{-1}	
南侧洗片室工作人员	3#	4.08×10^{-1}	1	900	/	3.67×10^{-1}	
东侧组装区工作人员	1#	2.35×10^{-1}	1	900	2	5.29×10^{-2}	公众 0.1mSv/a
南侧评片室工作人员	3#	4.08×10^{-1}	1	900	4.1	2.18×10^{-2}	
南侧检验室工作人员	3#	4.08×10^{-1}	1	900	9.9	3.75×10^{-3}	
南侧管理室工作人员	3#	4.08×10^{-1}	1	900	13.6	1.99×10^{-3}	
南侧茶水间工作人员	3#	4.08×10^{-1}	1/4	900	17	3.18×10^{-4}	
西侧焊接区工作人员	6#	2.35×10^{-1}	1	900	2	5.29×10^{-2}	
西侧厂区内道路工作人员和公众	6#	2.35×10^{-1}	1/8	900	38	1.83×10^{-5}	
北侧试验区工作人员	7#	8.42×10^{-1}	1	900	2.8	9.67×10^{-2}	

因此由表 11-12 可知，本项目辐射工作人员最大年剂量为 $3.67 \times 10^{-1} \text{mSv}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值的要求和本次评价年剂量约束值（职业人员 5mSv/a）的要求；公众最大年剂量为 $9.67 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，因关注点 X 射线辐射剂量率随关注点与辐射源点的距离增加呈现衰减趋势，所以本项目 50m 范围内及更远的公众受照的年有效剂量最大不超过 $9.67 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值的要求和本次评价年剂量约束值（公众 0.1mSv/a）的要求。

11.2.2 辐射叠加影响分析

本项目拟建探伤室西侧现有 1 间探伤室，距离本项目约 137m。根据《杭州中泰深冷技术股份有限公司 X 射线探伤机工作场所放射防护检测报告》（HKJZFJ220093-C，见附件 9）可知，现有探伤室探伤机运行时，探伤室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率趋近于本底值。故本项目不考虑叠加影响。

11.2.3 其它污染物对环境的影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固体废物产生。

X 射线探伤机探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由探伤室北侧设置的排风装置排至 B 生产厂房屋顶排放，对周围环境影响较小。

X 射线探伤机探伤洗片和阅片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废水均属于危险废物，收集暂存与危废暂存库，定期委托有资质的单位处理处置。危废暂

存库按照要求进行地面硬化，做到防腐防渗，对周围环境几乎不会造成影响。

11.3 事故影响分析

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》（环发〔2006〕145号）的规定，发生辐射事故时，建设单位应当立即启动本单位的辐射事故应急处理预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管和公安部门报告。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。

11.3.1 可能发生的辐射事故

建设单位使用的探伤机属II类射线装置，可能的事故工况主要有以下几种情况：

（1）辐射工作人员或公众还未全部撤出探伤室，外面人员启动探伤机进行探伤，造成有关人员被误照，引发辐射事故。

（2）安全联锁装置发生故障，探伤机工作时无关人员打开探伤室并误入，造成人员被照射，引发辐射事故。

11.3.2 事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施和应急预案防范措施：

（1）定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，并严格按制定的各项管理制度执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

（2）建设单位已制定《X射线探伤操作规程》。凡涉及对设备进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

（3）每日检查防护门的门机联锁装置，确保在防护门关闭后，X射线探伤机才能进行照射；

（4）定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换；

（5）建设单位新增辐射工作人员需到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单后方可上岗；

(6) 建设单位制定了辐射事故应急处理预案，包括编制目的及依据、组织体系及职责、辐射事故等级划分、应急响应、应急处理工作程序、应急保障等；

(7) 建设单位制定了已制定了《辐射防护和安全保卫制度》、《使用场所安全措施》、《岗位职责》、《X 射线探伤操作规程》、《使用登记制度》、《射线机的检修维护制度》、《人员培训计划》、《监测方案》等辐射管理制度。辐射工作场所日常工作中严格按照各种制度执行，防止辐射事故的发生。

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

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用Ⅱ类射线装置的工作单位，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。

建设单位已成立辐射防护管理领导小组，成员名单如下：

组 长：章有虎

副组长：钟晓龙

成 员：俞富灿、李斌、张玉萍、胡际良、李晓华、徐明飞、姜玮

辐射防护管理领导小组职责：

（一）负责组织贯彻落实国家有关辐射防护管理的法律法规，指导、监督、检查本单位辐射安全和防护工作，指挥、协调辐射事故应急处置。

（二）负责制定辐射防护管理制度并督促落实，向上级部门书面报告本单位年度辐射防护管理工作情况。

（三）负责协调办理《辐射安全许可证》；配发辐射工作人员个人剂量片并定期送检；保障开展辐射防护工作所需的必要条件。

（四）负责联系设备厂商定期对设备进行维护保养，发现故障及时检修。

（五）负责定期组织辐射工作人员参加职业病健康检查，并建立健康档案；组织辐射工作人员参加辐射防护安全知识和设备操作培训。

（六）负责辐射工作场所日常管理，实时监测辐射工作场所及周边辐射剂量，发生异常情况及时上报。

（七）负责组织辐射事故应急响应与处置，定期开展应急演练。

成立文件中明确了管理小组成员组成及相关职责，故建设单位原有辐射防护管理领导小组能够满足本项目辐射安全管理工作的需求，在核技术利用项目运行过程中，建设单位应根据人事变动情况及时调整机构组成。

12.1.2 辐射人员管理

（1）个人剂量监测

建设单位拟为本项目新增辐射 2 名辐射工作人员配置个人剂量计。个人剂量计常

规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

(2) 辐射工作人员培训

根据生态环境部《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），自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，应当通过生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。考核成绩有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。核技术利用单位应妥善留存本单位相关辐射工作人员自行考核记录。

建设单位拟组织 2 名新增辐射工作人员到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加相应类别的辐射安全与防护培训，并取得考核成绩合格报告单。

(3) 辐射工作人员职业健康体检

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。

建设单位拟组织 2 名新增辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，满足从事辐射工作要求后方可上岗。建设单位拟为每名辐射工作人员建立个人健康档案。

12.1.3 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，辐射工作单位应当编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《辐射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。

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》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施。

为了保障 X 射线探伤机的安全使用，建设单位已制定了《辐射防护和安全保卫制

度》、《使用场所安全措施》、《岗位职责》、《X射线探伤操作规程》、《使用登记制度》、《射线机的检修维护制度》、《人员培训计划》、《监测方案》、《辐射事故应急处理预案》等制度。

为有效处理探伤过程中可能产生的工业探伤辐射事故，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，建设单位已制定《辐射事故应急处理预案》等规章制度。

建设单位所有相关制度应以正式文件形式制定，并将各项管理制度、操作规程等悬挂于辐射工作场所。建设单位对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。

12.3 辐射监测

12.3.1 辐射工作人员个人剂量监测

建设单位拟为新增的辐射工作人员配置个人剂量计。个人剂量计每三个月送检，并建立个人剂量档案。

12.3.2 辐射工作场所监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。

建设单位已配置 1 台 X- γ 辐射剂量率巡测仪，每季度对探伤室及周围辐射环境进行一次自行监测。

建设单位须定期（每年一次）请有资质的单位对探伤室及周围环境进行辐射环境监测，建立监测技术档案，年度监测报告应作为《辐射安全与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。

建设单位制定了辐射监测计划，并将每次监测结果记录存档备查。

表 12-1 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	探伤室	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	工件防护门、工作人员防护门及缝隙处、管线洞口，工作人员控制室、迷道、探伤室四周屏蔽墙外30cm处	委托监测
日常监测	探伤室	周围剂量当量率	1次/季度	按照国家规定进行	工件防护门、工作人员防护门及缝隙处、管线洞口，工作人员控制室、迷道、探伤室四周屏蔽墙外30cm处	自行监测

验收监测	探伤室	周围剂量当量率	项目完成3个月内	按照国家规定进行	工件防护门、工作人员防护门及缝隙处、管线洞口，工作人员控制室、迷道、探伤室四周屏蔽墙外30cm处	委托监测
------	-----	---------	----------	----------	--	------

12.3.3 竣工环保验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.4 辐射事故应急

本项目 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，建设单位根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定，制定了《辐射事故应急处理预案》。建设单位定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急处理预案进行完善和修订。

项目投产运营后，建设单位应根据项目实际运营情况，按照国家有关法规和管理规定修订不断完善《辐射事故应急处理预案》，力求内容较全、措施具体，针对性强、便于操作，在应对辐射性事故和突发性事件时基本可行。此外建设单位制定计划定期安排应急物资储备、辐射应急培训和辐射应急演练。

经与建设单位核实，自原有核技术利用项目运行以来，未发生过辐射事故。

12.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用射线装置的单位应具备相应的条件，对其从事辐射活动能力的评价详见表 12-2。

表 12-2 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）使用 II 类放射源，使用 II 类射线装置的，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。	已设置辐射防护管理领导小组，并设有符合要求的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；
（二）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	建设单位拟组织 2 名新增辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训并考核合格

。	格，并取得成绩单；
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素；
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	建设单位已制定相应的操作规程，拟按要求张贴电离辐射警告标志；新建探伤室拟设置门机联锁、急停装置、视频装置等防护措施；
（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	建设单位拟为新增2名辐射工作人员配置个人剂量计，配备2台个人剂量报警仪，已配置1台X-γ辐射剂量率巡测仪；
（六）有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位已制定《辐射防护和安全保卫制度》、《使用场所安全措施》、《岗位职责》、《X射线探伤操作规程》、《使用登记制度》、《射线机的检修维护制度》、《人员培训计划》、《监测方案》等制度；
（七）有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已制定《辐射事故应急处理预案》；
（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不涉及放射性废气、废液和固体废物。

综上所述，杭州中泰深冷技术股份有限公司在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

杭州中泰深冷技术股份有限公司拟在杭州市富阳区东洲街道高尔夫路 228 号厂区 B 生产厂房内新建 1 间探伤室及控制室、洗片室和储片室等附属用房，并新增 1 台 MG450X 型定向探伤机（最大管电压为 450kV，最大管电流 10mA）、1 台 RD-300LGP 型周向探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流 5mA）、搬迁已许可的 1 台 XXQ2505 型定向探伤机（最大管电压为 250kV，最大管电流 5mA），在本项目新建探伤室内使用。3 台 X 射线探伤机不同时使用，均属于 II 类射线装置。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

（1）辐射安全防护措施结论

本项目探伤室北侧屏蔽墙厚度为 650mm 混凝土，东、南、西三侧屏蔽墙厚度为 550mm 混凝土，顶棚厚度均为 400mm 混凝土，无地下层；工件防护门（2 扇）门洞尺寸宽 5400mm×高 6300mm，门尺寸宽 6000mm×高 6800mm，敷设 32mm 厚铅板；人员防护门门洞尺寸宽 800mm×高 2000mm，门尺寸宽 1200mm×高 2200mm，敷设 10mm 厚铅板；探伤室南侧设 L 型迷道，迷道宽 0.8m，高 2.6m，厚度为 550mm 混凝土。

本项目探伤室设置门机联锁、指示灯和声音提示装置、警示标志、急停按钮、视频监控系统等安全防护措施，探伤室内设置机械通风设施，设计风量为 6500m³/h，每小时有效通风换气次数约为 4.3 次，排风口位于探伤室北侧，采用 U 形槽体布置，连接排风管道至 B 生产厂房屋顶排放；电缆沟采用 U 形槽体布置，加盖金属盖板。建设单位已配备 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪，并拟为每个辐射工作人员配备个人剂量计，配备 2 台个人剂量报警仪。

建设单位在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

（2）辐射安全管理结论

建设单位根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，已成立辐射防护管理领导小组，负责辐射安全与环境保护管理工作以及应急救援指挥工

作；辐射防护管理领导小组的主要任务是确保射线探伤机的使用安全，避免或减少辐射事故的发生；建设单位已制定了《辐射防护和安全保卫制度》、《使用场所安全措施》、《岗位职责》、《X射线探伤操作规程》、《使用登记制度》、《射线机的检修维护制度》、《人员培训计划》、《监测方案》等制度。

建设单位拟组织新增的2名辐射工作人员参加生态环境部培训平台组织的相应类别的核技术利用辐射安全与防护培训学习和考核，在取得考核成绩合格报告单后人员方可上岗；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；进行职业健康监护和个人剂量监测，并建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

综上，杭州中泰深冷技术股份有限公司已具备从事辐射活动的的能力，能够满足辐射安全管理的要求。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 电离辐射

本项目的运行期主要污染因子为X射线。根据理论计算分析，本项目探伤室3台探伤机分别运行状态下，探伤室四周的辐射剂量率满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中规定“关注点最高周围当量剂量率参考控制水平不大于2.5 μ Sv/h”的要求；探伤室顶棚的辐射剂量率满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中规定“对于不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平通常可取为100 μ Sv/h”；探伤室四周及顶棚均《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）计算得到的剂量率参考控制水平的要求。

本项目辐射工作人员最大年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值的要求和本次评价年剂量约束值（职业人员5mSv/a）的要求；公众最大年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值的要求和本次评价年剂量约束值（公众0.1mSv/a）的要求。

(2) 其他污染物对环境的影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固体废物产生。

X射线探伤机探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由探伤室北侧设置的排风装置排至B生产厂房屋顶排放，排风量6500m³/h，有效换气次数约为4.3次/h，可满足探伤室内每小时有效通风换气次数不小于3次的要求，对周围环境影响较小。

X 射线探伤机探伤洗片和阅片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废水均属于危险废物，须定期委托有资质的单位处理处置，危废暂存库按照要求进行地面硬化，做到防腐防渗，对周围环境几乎不会造成影响。

13.1.4 可行性分析结论

（1）产业政策符合性

本项目为 X 射线探伤检测项目，对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），不属于其限制类和淘汰类，为允许类，因此本项目建设符合相关的产业政策。

（2）实践的正当性

杭州中泰深冷技术股份有限公司拟在厂区 B 生产厂房内新建 1 间探伤室及其附属用房，并新增 2 台 X 射线探伤机，搬迁原有 1 台探伤机在新建探伤室内使用，本项目为建设单位深冷技术新能源、高端装备智能制造产业项目的配套无损检测项目。因此，该项目使用 X 射线探伤机的目的是正当可行的。并且该项目有较好的经济效益和社会效益，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

（3）选址的合理性

本项目探伤室位于建设单位厂区 B 生产厂房新建探伤室内，用地性质属于工业用地，且周围无环境制约因素。根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目地块位于“富阳区富阳中心城区产业集聚重点管控单元”（ZH33011120015）。

本项目探伤室实体边界外 50m 评价范围内主要为厂区内建筑及道路，不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区，项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众的辐射影响是可接受的，因此项目选址相对合理。

综上所述，杭州中泰深冷技术股份有限公司 X 射线探伤机建设项目，具有实践正当性，选址相对合理，在落实本评价报告所提出的各项污染防治和辐射环境管理措施后，该企业将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其 X 射线探伤机在探伤室内运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从环境保护和辐射安全角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

(1) 应结合工作实际情况，进一步加强档案管理，对辐射安全管理制度进行不断修改、完善并及时更新。

(2) 辐射监测仪器和其他辐射防护设备要落实专人负责定期检查、维护，确保其状况良好，以确保监测数据的可靠，为单位辐射防护提供可靠依据；

(3) 应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

13.2.2 承诺

(1) 按照国家相关法律法规及环评报告的要求补充和更新相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，保证各种规章制度和操作规程的有效执行，并对应急预案定期进行演练、总结。

(2) 辐射工作人员参加辐射安全与防护培训并取得合格成绩单后方可上岗，并按接受再培训。为每名辐射工作人员配备个人剂量仪，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案；相关辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对其进行职业健康检查，并建立职业健康档案。

(3) 承诺严格执行辐射监测计划，发现隐患及时整改；对门-机连锁装置、指示灯和声音提示装置等防护设施进行经常性检查，发现防护设施故障或失灵应立即维护、修复。

(4) 在本次环评报告取得批复后及时重新申领辐射安全许可证；在本项目新增 X 射线探伤机调试正常后，及时组织开展项目工程竣工环境保护验收，编制验收报告，经验收合格后方可正式投入运行。