

报告编号：WKFHP-24091

核技术利用建设项目

松下家电（中国）有限公司

工业 CT 装置应用项目

环境影响报告表

（报批稿）

松下家电（中国）有限公司

2025 年 12 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

松下家电（中国）有限公司

工业 CT 装置应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：松下家电（中国）有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：林一斌

通讯地址：浙江省杭州市钱塘区松乔街 2 号

邮政编码：

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	6
表 3	非密封放射性物质	6
表 4	射线装置	7
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	8
表 6	评价依据	9
表 7	保护目标与评价标准	11
表 8	环境质量和辐射现状	16
表 9	项目工程分析与源项	20
表 10	辐射安全与防护	25
表 11	环境影响分析.....	30
表 12	辐射安全管理	39
表 13	结论与建议	44
表 14	审批	48

表 1 项目基本情况

建设项目名称		松下家电（中国）有限公司工业 CT 装置应用项目			
建设单位		松下家电（中国）有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省杭州市钱塘区松乔街 2 号			
项目建设地点		浙江省杭州市钱塘区松乔街6号3幢X1栋一层评价中心实验室内新建的X射线实验室			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		160	项目环保投资（万元）	10	投资比例（环保投资/总投资） 6.3%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		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	/				
1.1 项目概述					
1.1.1 建设单位简介					
松下家电（中国）有限公司（以下简称“公司”）成立于 2004 年，注册地址位于浙江省杭州市钱塘区松乔街 2 号，是一家以生产和销售厨卫家电产品为主要业务的私营企业。					
公司租用杭州松下家用电器有限公司位于浙江省杭州市钱塘区松乔街 6 号 3 幢 X1 栋一层部分区域，建设评价中心实验室，租赁面积为 1596m ² ，租赁协议见附件 5。本项目位于评价中心实验室内新建的 X 射线实验室。					
1.1.2 项目建设目的和任务由来					
根据集团公司整体发展规划及集团名下各子公司的产品质量检测需求，松下家电（中国）					

有限公司计划在浙江省杭州市钱塘区松乔街6号3幢X1栋一层评价中心实验室内新建的X射线实验室配置一台XSeeker 8000型工业CT（最大管电压为160kV，最大管电流为1.2mA），对集团名下子公司生产的产品进行无损检测，来确保产品品质，以更好满足客户采购需求。

根据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号关于《发布射线装置分类的公告》，工业CT属于II类射线装置。对照中华人民共和国生态环境部令第16号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目——使用II类射线装置，应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，松下家电（中国）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境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容与规模

松下家电（中国）有限公司拟在浙江省杭州市钱塘区松乔街6号3幢X1栋一层评价中心实验室内新建的X射线实验室配置一台XSeeker 8000型工业CT（最大管电压为160kV，最大管电流为1.2mA），对集团名下子公司生产的产品进行无损检测。操作台位于工业CT探伤铅房西侧0.5m处。

射线装置参数详见表1-1。

表1-1 本项目射线装置配置一览表

设备名称	类别	规格	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	工作场所	备注
工业CT	II类	XSeeker 8000	1台	160	1.2	3幢X1栋一层评价 中心实验室内新 建的X射线实验室	定向机，主 射方向朝南

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

本项目位于浙江省杭州市钱塘区松乔街6号3幢X1栋一层评价中心实验室内新建的X射线实验室，所属园区为松下工业园。3幢X1栋东侧为X2栋厂房；南侧为厂内道路；西侧为HS栋研发中心；北侧为福利栋和成品仓。松下工业园东侧为文津北路；南侧为松乔街；西侧为浙江科泰电气有限公司和史陶比尔（杭州）精密机械电子有限公司；北侧为围垦街。地理位

置见附图 1，平面布置图见附图 2，周围环境关系见附图 3，周围环境实景图见附图 6。

1.2.2 项目周边环境概况

本项目拟建工业 CT 位于 X1 栋一层评价中心实验室内新建的 X 射线实验室，所属建筑结构为地上四层，其中一层为评价中心实验室和生产车间，二到四层为生产车间和车间办公区，下方为土层，无地下室。工业 CT 探伤铅房东侧紧邻 IP 实验室、5~50m 内为性能实验室、环境实验室等功能用房和厂内道路；南侧紧邻廊道、5~50m 内为能效实验室、安规实验室等功能用房和厂内道路；西侧紧邻电气实验室，10~50m 范围内为机械实验室、EMC 实验室等功能用房；北侧紧邻材料实验室，10~50m 范围内均为厂房冲压区；正上方隔开放空间 3m 为会议室；下方无地下室。工业 CT 探伤铅房所在楼层（1F）及其正上方楼层（2F）平面布置见附图 4 和附图 5，本项目周围环境实景图见附图 7。

1.2.3 环境保护目标

本项目环境保护目标为评价范围 50m 内从事工业 CT 操作的辐射工作人员及公众成员。本项目 50m 评价范围不涉及学校、居民区、医院等环境敏感区，也不涉及生态保护红线。

1.3 相关规划符合性分析

1.3.1 用地规划符合性分析

本项目位于浙江省杭州市钱塘区松乔街 6 号 3 幢 X1 栋一层评价中心实验室内新建的 X 射线实验室。根据业主提供的房屋产权证明（附件 4），用地性质为非住宅用地，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。

1.3.2 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《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“ZH33011420003 钱塘区下沙南部、下沙园区北部产业集聚重点管控单元”，属于重点管控单元，与杭州市生态保护红线图（附图 11）对比，此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《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“ZH33011420003 钱塘区下沙南部、下沙园区北部产业集聚重点管控单元”，属于重点管控单元。该管控单元生态环境准入清单见表 1-2。

表 1-2 本项目与杭州市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

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。合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目与附近功能区块之间有防护绿地、生活绿地等隔离带，满足分区差别化的产业准入条件。	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。所有企业实现雨污分流。	本项目工业 CT 运行时产生的臭氧与氮氧化物量少，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响小。	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。	公司拟制定辐射事故应急预案，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制。	符合
资源开发率要求	/	/	/

综上，本项目的建设符合《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

1.4 选址合理性分析

本项目位于浙江省杭州市钱塘区松乔街 6 号 3 幢 X1 栋一层评价中心实验室内新建的 X 射线实验室，不新增土地。同时，本项目用地性质属于非住宅用地，周围无环境制约因素。本项目探伤铅房周围 50m 范围内主要为松下家电（中国）有限公司评价中心试验室内各功能用房、杭州松下家用电器有限公司厂房冲压区和办公区、松下工业园厂内道路。不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

1.5 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)》，本项目工业CT的应用属于第一类鼓励类第十四项“机械”第1条“科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于3.0纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，符合国家产业政策的要求。同时，本项目不属于《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引(2019年本)》中限制类和禁止类项目，符合杭州市产业政策要求。

1.6 实践正当性分析

工业CT在工业上的应用在我国是一门成熟的核技术应用实践，对保证产品质量方面有十分重要的作用。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)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。该项目的实施是为了对产品进行质量控制，实施后将会有效的提升公司的产品质量，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对于“剂量限值”的要求。因此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。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，企业无原有核技术利用及许可情况。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	工业 CT	II类	1台	XSeeker 8000	160	1.2	固定式探伤	3幢 X1 栋一层评价中心验室内新建的 X 射线实验室	拟购，本次评价

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	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	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	排放至大气外环境中，经大气扩散稀释，臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气。

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>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，1998 年 11 月 29 日发布；2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号，2005 年 9 月 14 日公布；2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年 3 月 2 日第二次修订；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 4 月 18 日公布，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2006 年 1 月 18 日公布；2006 年 3 月 1 日起施行；2021 年 1 月 4 日第四次修正；</p> <p>(8) 《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>(9) 《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>(10) 《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；</p> <p>(11) 《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；</p> <p>(12) 《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；</p> <p>(13) 《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，自然资源部办公厅，自然资办函〔2022〕2080 号，2022 年 9</p>
------	---

	<p>月 30 日印发；</p> <p>(14) 《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 71 号，2022 年 5 月 27 日通过，2022 年 8 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《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（2023 年本）>的通知》，浙江省生态环境厅，浙环发〔2023〕33 号，2023 年 9 月 9 日起实施；</p> <p>(16) 《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>(17) 《杭州市生态环境局关于印发杭州市生态环境分区管控动态更新方案的通知》，杭环发〔2024〕49 号，杭州市生态环境局，2024 年 7 月 10 日印发；</p> <p>(18) 关于印发《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引（2019 年本）》的通知，杭州市发展和改革委员会，2019 年 7 月 26 日实施；</p> <p>(19) 杭州市生态环境局关于调整建设项目环境影响评价文件审批及规划环境影响评价审查分工、辐射许可分工的通知，杭环发〔2023〕61 号，2023 年 9 月 9 日实施。</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》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</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；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）。</p>
<p>其 他</p>	<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），本项目评价范围为工业 CT 探伤铅房实体屏蔽外 50m 的区域，评价范围示意图见附图 3。

7.2 保护目标

本项目环境保护目标为评价范围 50m 内从事工业 CT 操作的辐射工作人员及公众成员，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	与工业 CT 自屏蔽体最近距离 (m)
辐射工作人员		操作台	2 人	西侧	0.5
公众成员	松下家电(中国)有限公司	IP 实验室	约 1 人/d	东侧	3
		环境试验室	约 1 人/d		20
		性能实验室	约 2 人/d		16
		解析实验室	约 3 人/d		20
		难燃实验室	约 1 人/d		25
		卫生间	约 10 人次/d		30
		廊道	约 20 人次/d	南侧	2
		安规实验室	约 2 人/d		10
		能效实验室	约 1 人/d		12
		办公区	约 6 人/d		13
		噪音实验室	约 2 人/d	西侧	30
		EMC 实验室	约 3 人/d		25
		机械实验室	约 1 人/d		18
		电气实验室	约 2 人/d		8
		接待大厅	约 2 人次/d		35
	材料实验室	约 2 人次/d	北侧	3	
	杭州松下家用电器有限公司	厂房冲压区		约 10 人次/d	30
			会议室 (2F)	约 2 人次/d	上方
松下工业园		厂内道路	约 40 人次/d	东侧	45
		厂内道路	约 20 人次/d	南侧	45

注：本项目工业 CT 探伤铅房所在区域下方无地下室，因此本项目探伤铅房下方不列为环境保护目标。

7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

（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 25%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	0.25mSv/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。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/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 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周；

b)屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。

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 100μSv/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。

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

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

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

3.3 其他要求

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

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

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

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

7.3.4 本项目管理目标

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

护标准》(GBZ 117-2022)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 等评价标准, 确定本项目的管理目标。

①工作场所剂量率控制水平: 探伤铅房四侧屏蔽体、底部及装载门表面外 30cm 处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$; 拟建探伤铅房上方为会议室, 因此铅房顶棚外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②剂量约束限值: 职业人员年有效剂量不超过 5mSv ; 公众年有效剂量不超过 0.25mSv 。

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

本项目位于浙江省杭州市钱塘区松乔街 6 号 3 幢 X1 栋一层评价中心实验室内新建的 X 射线实验室，所属园区为松下工业园。3 幢 X1 栋东侧为 X2 栋厂房；南侧为厂内道路；西侧为 HS 栋研发中心；北侧为福利栋和成品仓。松下工业园东侧为文津北路；南侧为松乔街；西侧为浙江科泰电气有限公司和史陶比尔（杭州）精密机械电子有限公司；北侧为围垦街。

8.1.2 项目场所位置

本项目拟建工业 CT 位于 X1 栋一层评价中心实验室内新建的 X 射线实验室，所属建筑结构为地上四层，其中一层为评价中心实验室和生产车间，二到四层为生产车间和车间办公区，下方为土层，无地下室。工业 CT 探伤铅房东侧紧邻 IP 实验室、5~50m 内为性能实验室、环境实验室等功能用房和厂内道路；南侧紧邻廊道、5~50m 内为能效实验室、安规实验室等功能用房和厂内道路；西侧紧邻电气实验室，10~50m 范围内为机械实验室、EMC 实验室等功能用房；北侧紧邻材料实验室，10~50m 范围内均为厂房冲压区；正上方隔开放空间 3m 为会议室；下方无地下室。

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

本项目工业 CT 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，对本项目辐射工作场所及周围环境进行监测布点。本项目共布设 22 个监测点位，布点情况见附图 8，监测报告及监测资质见附件 6。

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：2024年11月21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：15℃；室外温度：13℃；相对湿度：69%；
- (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 (内置探头：6150 AD-b/H 外置探头：6150 AD 6/H)
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头：0.05 μ Sv/h~99.99 μ Sv/h 外置探头：0.01 μ Sv/h~10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV $\leq\pm 30\%$ 外置探头：60keV-1.3MeV $\leq\pm 30\%$
检定证书编号	2024H21-20-5106288001
检定有效期	2024年02月23日至2025年02月22日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 C_f	1.04
探测限	10nSv/h

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 本项目拟建场所及周围环境辐射本底监测结果

位点编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		位置
		平均值	标准差	
1	拟建工业 CT 探伤铅房所在区域	108	2	室内
2	临时办公室	107	3	室内
3	IP 实验室	112	3	室内
4	廊道	114	1	室内
5	材料实验室	105	1	室内
6	电气实验室	103	1	室内
7	安规实验室	105	2	室内
8	能效实验室	112	2	室内
9	解析实验室	106	3	室内
10	性能试验室	109	3	室内
11	办公区	117	2	室内
12	机械实验室	110	4	室内
13	EMC 实验室	120	3	室内
14	会议室	121	2	室内
15	噪音实验室	122	4	室内
16	接待大厅	114	2	室内
17	难燃实验室	122	2	室内
18	环境实验室	110	2	室内
19	卫生间	122	2	室内
20	厂内东侧道路	90	2	室外
21	厂内南侧道路	80	4	室外
22	厂房冲压区	92	1	室内

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、γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 31.3nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，20#和 21#点位取 1，其余点位取 0.8。

由表8-2可知：本项目拟建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

92nGy/h ~ 122nGy/h，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为80nGy/h ~ 90nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，杭州市室内的 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为56nGy/h ~ 443nGy/h，杭州市道路上 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为28nGy/h ~ 222nGy/h。因此，本项目工作场所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

本项目工业 CT 属于一体化设计和制造的成套设备,无需施工建设,因此无施工期废物排放。设备调试时会产生 X 射线及少量的臭氧与氮氧化物。

9.2 工艺设备和工艺分析

9.2.1 设备组成及工作方式

本项目拟使用的 XSeeker 8000 型 X 射线检测系统为台式 CT,可放在桌面使用,由硬件部分和软件部分组成,硬件部分包括主探伤铅房、X 射线管、探测器、载物台等,软件部分包括控制系统、定位系统和成像系统。本项目工业 CT 外观情况见图 9-1,外观结构情况见图 9-2,设备内部结构见图 9-3。

该设备有用线束固定朝人员正视设备装载门的右侧(南侧)照射。X 射线管和 X 射线检出器固定,载物台水平最大移动距离约 75mm,载物台轴体可进行 360°旋转。设备采用数字成像方式,待检工件放至载物平台上后,X 射线透过待检工件后在 X 射线检出器上成像,以得到可视化的内部结构等信息。根据样品和检测需求,使用断层扫描或者在扫描过程中对样本进行 180°及以上的不同角度成像,通过计算机软件,得到多方位 2D 图像,将每个角度的图像进行重构,可在电脑中得到可分析的 3D 图像。设备采用电动推拉门,由电脑操作系统控制装载门的开合,操作人员将样品通过装载门放入载物台上,关闭装载门后,操作人员位于操作位,用电脑操作系统设置出束参数,设置完成后,用鼠标点击操作系统的出束按钮进行设备出束,X 射线出束期间无需人员干预,人员无需进入设备内部。

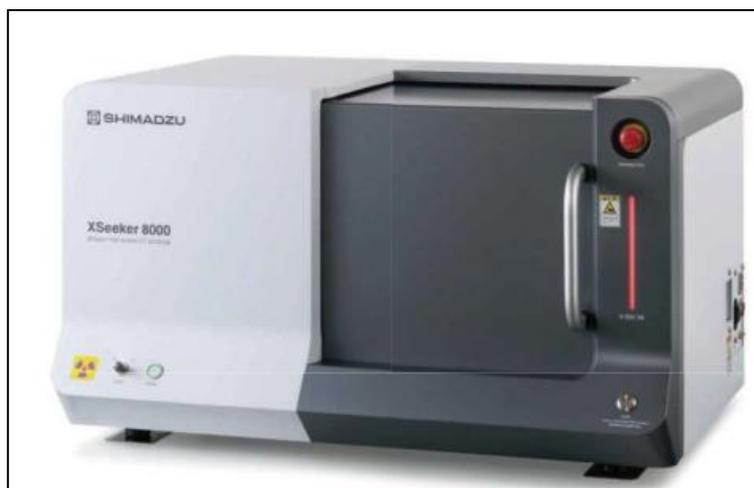


图 9-1 本项目工业 CT 外观示意图

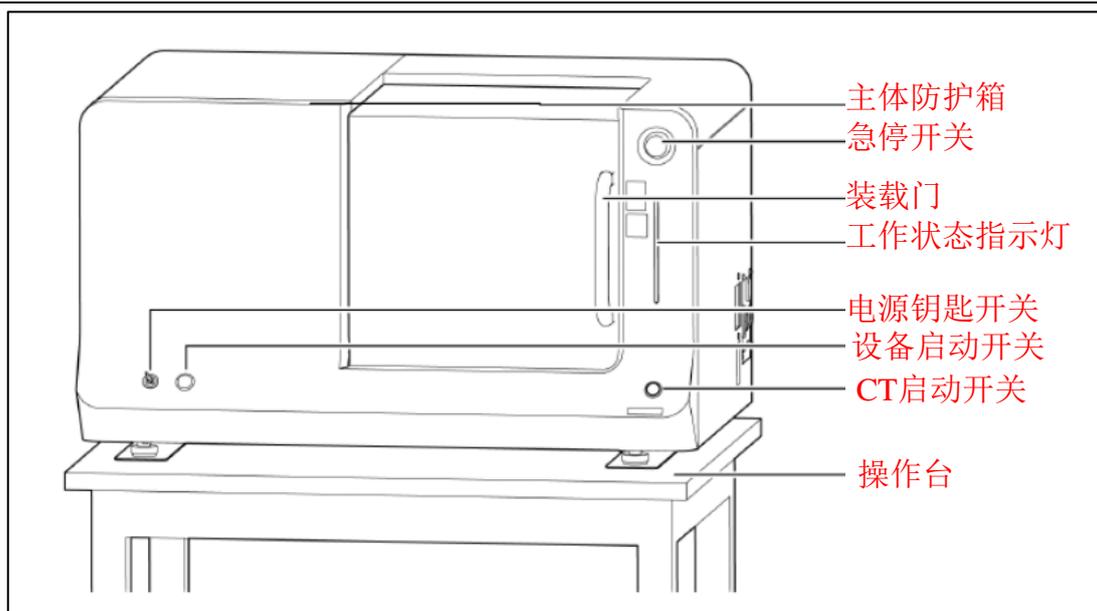


图 9-2 本项目工业 CT 外观结构示意图

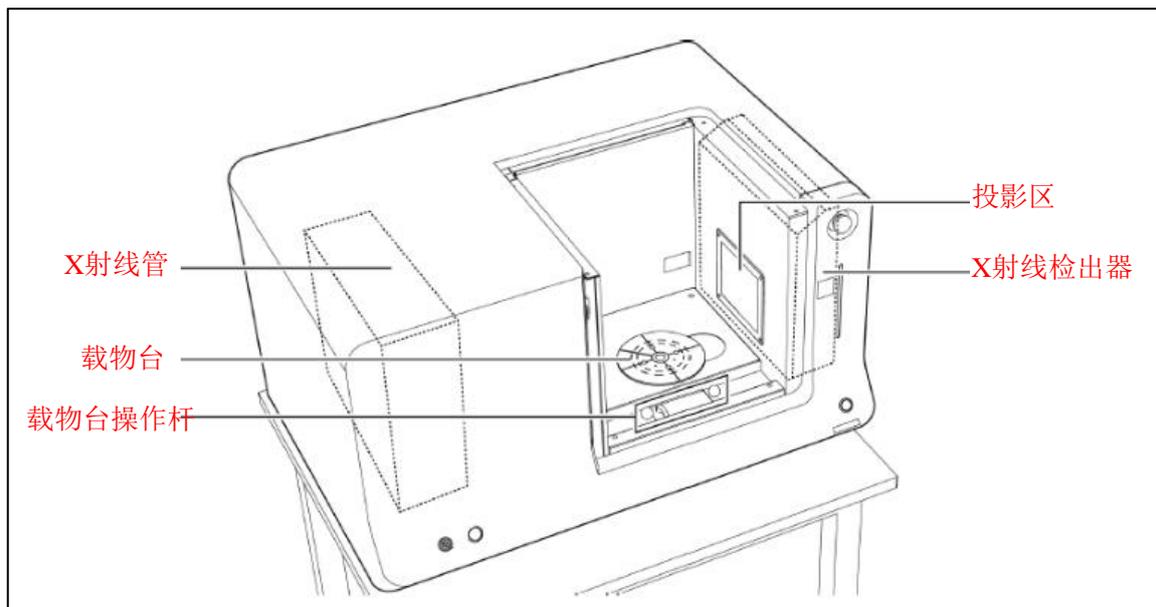


图 9-3 本项目工业 CT 设备内部结构示意图

9.2.2 工作原理

(1) 射线装置原理

射线装置通过 X 射线管产生射线，X 射线管由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，X 射线管示意图如图 9-4 所示。X 射线管阴极是钨制灯丝，它装在聚集杯中，当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束，向嵌在阳极中的金属靶体射击，灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连

续部分，称之为轫致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。

从 X 射线管阴极上产生射向金属靶上的电子形成的电流叫做管电流，加在 X 射线管两极上的高压即为管电压。X 射线机产生的 X 射线强度正比于靶物质的原子序数、电子流强度和管电压的平方。所以，X 射线机的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线管保护罩上的薄窗口引出来，其他方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉。

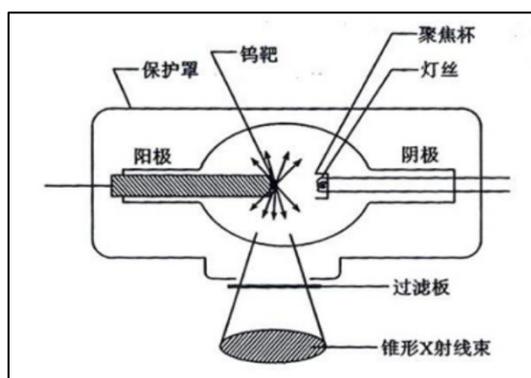


图 9-4 X 射线管示意图

(2) 工业 CT 原理

电子计算机断层摄影(Computed tomography, 简称 CT)是近十年来发展迅速的电子计算机和 X 射线相结合的一项新颖的诊断新技术。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面（被检测对象的薄层，或称为切片）的投影数据，用来重建该剖面的图像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强；同时断层图像中图像强度（灰度）数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系，发现被检对象内部辐射密度的微小变化。

工业 CT 一般由射线源、机械扫描系统、探测器系统、计算机系统和屏蔽设施等部分组成，其工作示意图如图 9-5 所示。射线源提供 CT 扫描成像的能量线束用以穿透试件，根据射线在试件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的 CT 图像重建。与射线源紧密相关的准直器用以将射线源发出的锥形射线束处理成扇形射束。机械扫描系统实现 CT 扫描时试件的旋转或平移，以及机械转盘、试件、探测器空间位置的调整。探测器系统用来接收穿过试件的射线信号，经放大和模数转换后送进计算机进行图像重建。计算机系统用于扫描过程控制、参数调整，完成图像重建、显示及处理等。屏蔽设施用于射线安全防护，一般小型设备自带屏蔽设施。

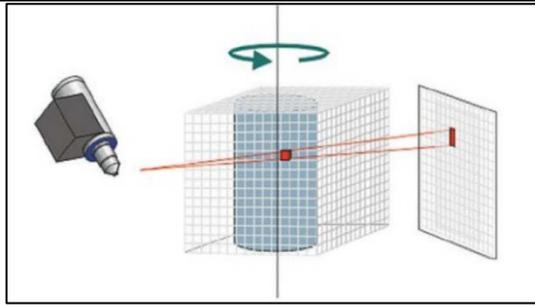


图 9-5 工业 CT 工作示意图

9.2.3 工艺流程及产污环节

本项目主要通过控制电脑上的操作软件完成检测，其产污环节为“检测与分析”环节，污染源为 X 射线、臭氧和氮氧化物。工艺流程及产污环节如图 9-6 所示。

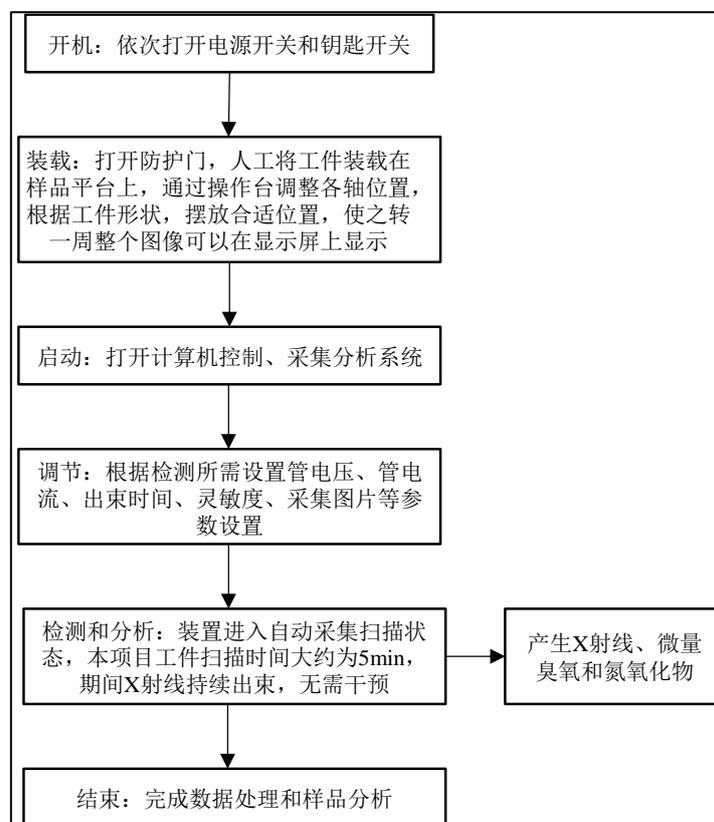


图 9-6 探伤工艺流程及产污环节示意图

9.2.4 运行工况和人员配置计划

本项目探伤铅房装载门设于西侧（电动开启），工件由人工运送至载物台上。有用线束方向朝南侧。探伤工件为松下集团旗下公司所生产喷嘴等产品，材质为 pp 塑料，最大尺寸为 100mm（长）×100mm（宽）×200mm（高）×1mm（厚度）。项目拟配 2 名辐射工作人员，每天工作 2h，每年工作 250 天（50 周，每周工作 5 天）。本项目为抽检，单个工件检测曝光时间约为 5min，

周检测工件 120 件，周曝光时间为 10h，则年出束时间为 500h。

9.3 污染源项描述

(1) X射线

根据工业CT的工作原理可知，X射线是随装置的开、关而产生和消失。因此，在开机曝光时间，X射线是本项目的主要污染因子。

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。为保守分析，场所辐射水平预测时管电压按照200kV的参数进行选取。

①有用线束和散射辐射

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 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；在未获得厂家给的输出量，散射屏蔽估算选取表中各 (kV) 下输出量的较大值保守估计。因此，管电压为 200kV 时，滤过条件取 2mm 铝，有用线束和散射辐射的 X 射线输出量 H_0 为 $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.72\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

②漏射辐射

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 第4.2.2条款表1，本项目工业CT在额定工作条件下，距靶点1m处的泄漏辐射剂量率为 $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 臭氧和氮氧化物

工业CT工作时产生射线，会造成探伤铅房内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物，对周围环境空气会产生影响。本项目工业CT探伤铅房体积小，设备每次工作时间短，电离产生的臭氧和氮氧化物浓度低，工件通过装载门进出时探伤室内部气体可与外部充分交换，探伤铅房X射线实验室内已设有机排风装置，能够有效降低室内的臭氧和氮氧化物浓度。

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

本项目探伤铅房拟建区域位于杭州市钱塘区松乔街 6 号 3 幢 X1 栋一层评价中心实验室内新建的 X 射线实验室，实验室内拟配置 1 台工业 CT（含探伤铅房和操作台），探伤铅房放置于桌面固定使用，桌面高度为 0.7m。装载门位于探伤铅房的西侧（电动开启），便于工件进出；操作台位于探伤铅房西侧，距探伤铅房 0.5m。探伤工件的最大尺寸为 100mm（长）×100mm（宽）×200mm（高）×1mm（厚度），探伤铅房内尺寸为 893mm（长）×650mm（宽）×426mm（高），进件门的门洞尺寸为 400mm（宽）×500mm（高），工件由人工放置在载物台上，尺寸满足探伤工件进出探伤铅房并位于铅房内探伤的要求。

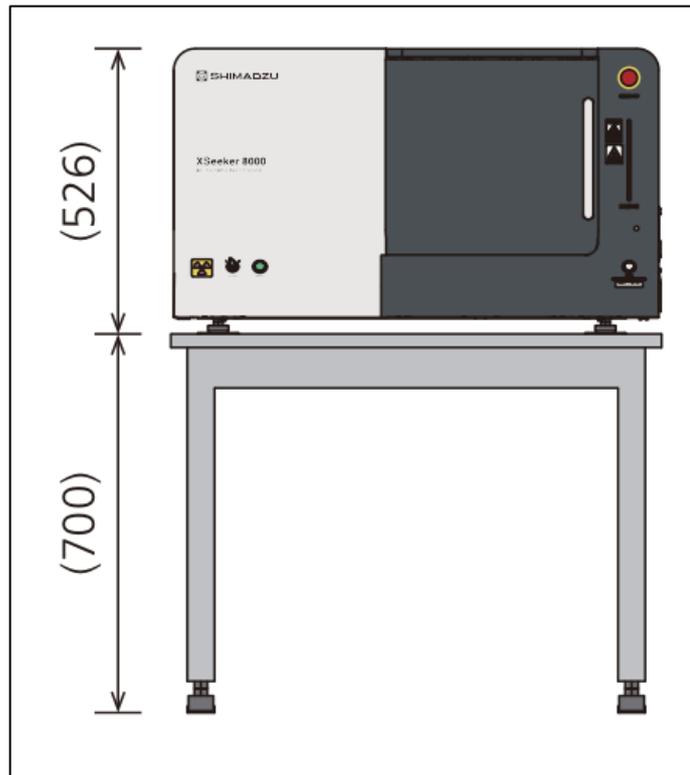


图 10-1 本项目探伤铅房安装方式及桌面高度

工业 CT 的有用线束方向朝南，操作台位于探伤铅房的西侧，已避开有用线束照射的方向并与探伤铅房分开。因此，本项目探伤铅房布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.1 条款要求，合理可行。

10.1.2 分区原则及两区规划

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，将工业CT探伤铅房内部区域划为控制区，在探伤铅房防护门显著位置设置电离辐射警告标志和中文指示说明；将探伤铅房所在X射线实验室除控制区外区域划分为监督区，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9。

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，本项目工业 CT 自带防护铅房，其屏蔽防护设计方案见表 10-1。

表 10-1 探伤铅房屏蔽情况一览表

项目		屏蔽防护设计方案
探伤铅房	外尺寸	900mm（长）×750mm（宽）×526mm（高）
	内尺寸	893mm（长）×650mm（宽）×426mm（高）
东侧屏蔽体		1.6mm 钢+5mm 铅+1.6mm 钢
南侧屏蔽体		1.6mm 钢+7mm 铅+1.6mm 钢
西侧屏蔽体		2mm 钢+5mm 铅+2.3mm 钢
北侧屏蔽体		1.6mm 钢+5mm 铅+1.6mm 钢
顶棚		2.3mm 钢+5mm 铅+3.2mm 钢
底部		2.3mm 钢+5mm 铅+3.2mm 钢
装载门 (设于西防护墙上)		电动双开推拉门，门洞 400mm（宽）×500mm（高），门体 440mm（宽）×540mm（高），2mm 钢+5mm 铅+2.3mm 钢，四周门缝的搭接尺寸约为 20mm
电缆孔		探伤铅房南侧底端设置有电缆孔，穿墙方式：L 型，出线口直径为 50mm，采用 3.2mm 钢板+7mm 铅板防护罩
注：钢的密度不低于 7.85g/cm ³ ，铅的密度不小于 11.3g/cm ³ 。		

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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。由于本项目探伤装置为工业 CT，属于一体化设计和制造的

成套设备，因此本项目参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中，第 6.1.6 规定：“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。”，本项目工业 CT 属于一体化设计和制造的成套设备，设备自带 1 个工作状态指示灯，且与射线源联锁，可起到与有显示“预备”和“照射”状态指示灯一样警示周围公众成员此处正在进行辐射探伤作业的作用，因此本项目工业 CT 可不额外安装有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中第 6.1.10 规定：“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。”，本项目工业 CT 没有自带机械排风装置，由于本项目工业 CT 探伤铅房体积小，设备每次工作时间短，电离产生的臭氧和氮氧化物浓度低，工件进出装载门时探伤室内部气体可与外部充分交换，探伤铅房拟建房间内已设有机械排风装置，能够有效降低室内的臭氧和氮氧化物浓度。因此，本项目探伤铅房可不设置机械排风装置。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中第 6.1.7 规定：“探伤室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。”和第 6.1.11 规定“探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。”。本项目工业 CT 使用的探伤铅房非典型探伤室，且探伤铅房体积小，人员无法进入，因此，本项目工业 CT 探伤铅房内可不设置摄像头，可不安装固定式场所辐射探测报警装置。本项目操作台紧邻位于探伤铅房西侧的急停按钮，所以操作台可不设置急停按钮。

1、设备自带辐射安全防护

(1) 装置已带有铅结构自屏蔽体，屏蔽体由厂家针对射线特征采用一体化设计和制造，屏蔽性能良好，无需额外加建屏蔽体。

(2) 探伤铅房装载门已安装有门机联锁装置，只有在装载门完全关闭时，工业 CT 装置才能出束照射，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门时不能自动开始 X 射线照射；设置了电磁锁定机构，X 射线照射过程中无法打开装载门。

(3) 防护门右侧已设有急停按钮、工作状态指示灯和 CT 开始开关，按下急停按钮，会立刻停止出束，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，工作状态指示灯与 X 射线管联锁。

(4) 防护门左侧已设有系统钥匙开关、操作钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，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。

(5) 探伤铅房防护门上设有电离辐射警告标志。

本项目探伤铅房辐射安全和防护措施方案布置见附图 10，设备泄漏辐射信息表见附件 7。

2、新增防护措施

(1) 为保障非辐射工作人员（公众）安全，项目将工业 CT 探伤铅房内部区域划为控制区，将探伤铅房所在 X 射线实验室除控制区外划分为监督区，采取张贴电离辐射警示标志、建设单位拟在监督区拟设置警戒线等措施进行管控，禁止无关人员靠近，使设备与公众保持一定的距离。

(2) 建设单位拟在探伤铅房所在房间安装一个监控探头。

(3) 建设单位拟在探伤铅房防护门上增加各安全措施的中文字指示说明。

(4) 建设单位拟建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施，并将辐射工作制度张贴在工作现场。

(5) 建设单位拟建立探伤装置使用台账。

3、固定探伤操作的放射防护要求

(1) 工作人员进行探伤工作时，佩戴个人剂量报警仪，随时监测工作场所辐射剂量率变化情况。所有辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，并定期委托有资质的单位进行监测。

(2) 应定期测量工业 CT 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。

(3) 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。

(4) 只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

4、探伤装置的检查和维护

(1) 建设单位的日检，每次工作开始前应进行检查的项目包括：

- ①工业 CT 设备外观是否完好；
- 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。

(2) 设备维护

①建设单位应对工业 CT 的设备维护负责，每年至少维护一次；

②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。设备维护包括工业 CT 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为合格产品；

④应做好设备维护记录。

4、辐射监测仪器和防护用品配置

本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划见表 10-2。

表 10-2 本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划

序号	名称	数量
1	个人剂量计	2 枚
2	个人剂量报警仪	1 台
3	便携式 X-γ 剂量率仪	1 台

用于 X 射线探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定/校准，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、调零、电池、仪器对射线的响应等。

5、探伤设施的退役

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的第 6.3 条款要求，本项目后期投入使用后，对拟报废的工业 CT，公司将射线装置内的 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

10.2 三废的治理

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。同时，工业 CT 采用计算机成像，不需要洗片，也不存在废显（定）影液和废胶片等危险废物的处理问题。

本项目工业 CT 只有在工作状态下会产生辐射，使得工业 CT 铅房内空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物。由于本项目探伤铅房体积小，设备每次工作时间短，电离产生的臭氧和氮氧化物浓度低，工件进出装载门时探伤室内部气体可与外部充分交换，且探伤铅房所在 X 射线实验室内已设有机械排风装置，废气由机械排风装置排出后，臭氧在短时间内可自动分解成氧气，对大气环境基本没有影响。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目拟建工业 CT 位于浙江省杭州市钱塘区松乔街 6 号 3 幢 X1 栋一层评价中心实验室内新建的 X 射线实验室，设备为整体外购，自带防护铅房，因此无土建施工期影响。

本项目工业 CT 的调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行调试设备。在设备调试阶段，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，在探伤铅房所在 X 射线实验室门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近，防止辐射事故的发生。

由于本项目工业 CT 为整体外购，自带防护铅房。因此调试阶段 X 射线经过防护铅房屏蔽后，不会对周围环境造成电离辐射影响。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段辐射环境影响分析

为分析预测本项目工业 CT 投入运行后所引起的辐射环境影响，本项目选用《工业 X 射线探伤辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改清单中计算方法进行理论计算，预测背景为工业 CT 最大工况运行。

本项目工业 CT 靶点固定，载物台仅可在南北方向水平移动，最大移动距离约 75mm，其他方向不可移动，载物台轴体可进行 360°旋转。本项目有用线束的最大张角为 42°，则有用线束半张角为 21°，当 X 射线管出束时， $\tan 21^\circ \times 2 \times 500\text{mm}$ （靶点据南侧屏蔽体距离） $\approx 384\text{mm} < 526\text{mm}$ （南侧屏蔽体高度） $< 750\text{mm}$ （南侧屏蔽体宽度）。因此，本项目有用线束仅朝向南侧，不朝向其他侧。根据 GBZ/T 250-2014 第 3.2.1 条款“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”。故本项目工业 CT 南侧屏蔽体按照有用线束考虑，其他三侧、顶棚和底部屏蔽体和装载门均按泄漏辐射和散射辐射考虑。工业 CT 探伤铅房上方存在已建建筑，且有用线束不朝向顶棚，同时顶棚辐射屏蔽防护水平与其他侧相当，故本项目不考虑天空反散射。

11.2.1 关注点的选取

根据本项目工程特征及探伤铅房周围环境状况，选择剂量关注点为探伤铅房四侧屏蔽体、顶棚、底部和装载门外 30cm 处。关注点的分布情况见图 11-1 和图 11-2，剂量关注点情况列于表 11-1。

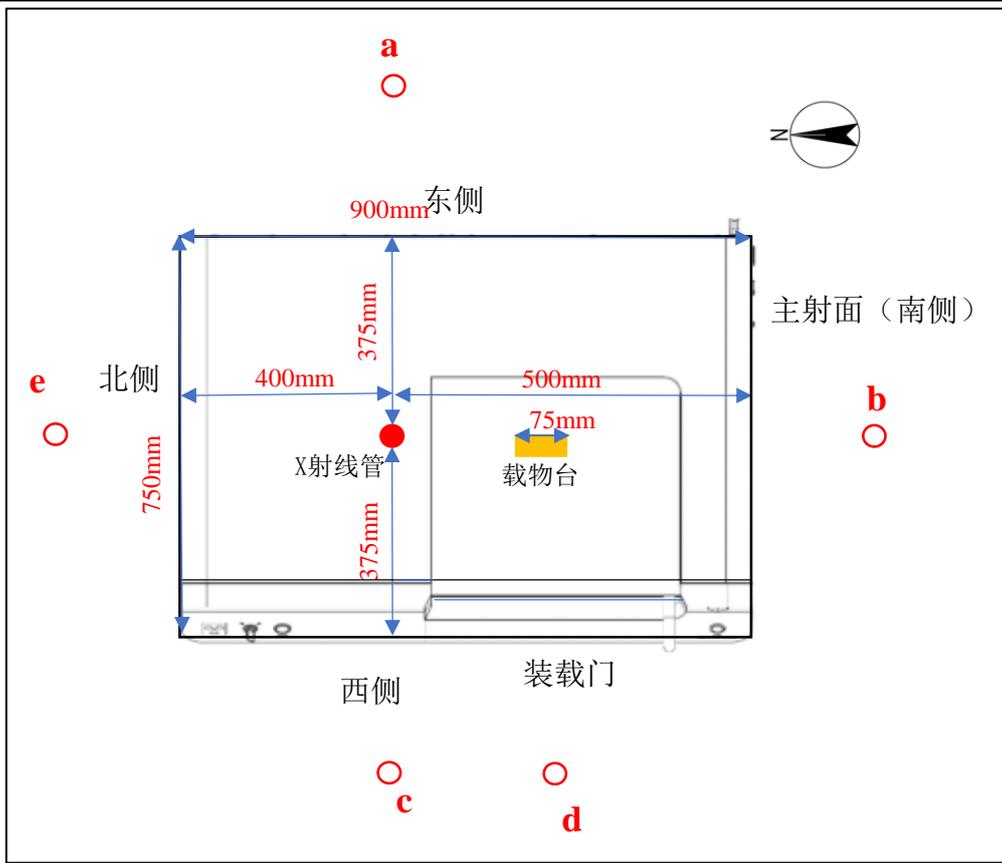


图 11-1 本项目探伤铅房平面布局与预测点位图

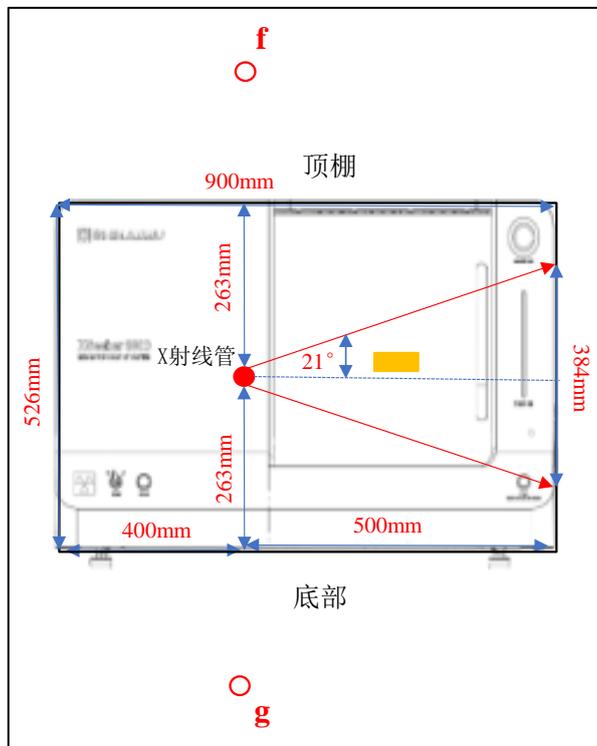


图 11-2 本项目探伤铅房剖面布局与预测点位图

表 11-1 探伤铅房各关注点位分布情况表

关注点位	点位描述	源点与关注点距离 R (m)	散射体至关注点距离 Rs (m)	需屏蔽的辐射源
a	东侧防护墙外 30cm 处	0.6	0.6	泄漏辐射、散射辐射
b	南侧防护墙外 30cm 处	0.8	/	有用线束
c	西侧防护墙外 30cm 处	0.6	0.6	泄漏辐射、散射辐射
d	装载门外 30cm 处	0.6	0.6	泄漏辐射、散射辐射
e	北侧防护墙外 30cm 处	0.7	0.9	泄漏辐射、散射辐射
f	顶棚外 30cm 处	0.5	0.5	泄漏辐射、散射辐射
g	底部外 30cm 处	0.5	0.5	泄漏辐射、散射辐射

注：R=源点与屏蔽体外侧距离+0.3m，Rs=散射体移动区域与屏蔽体外侧距离+0.3m，结果均向下保留一位小数。

11.2.2 场所辐射水平预测

本项目工业 CT 最大管电压为 160kV，最大管电流 1.2mA。为保守分析，场所辐射水平预测时管电压按照 200kV 的参数进行选取。

(1) 有用线束计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的有用线束辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-1) 计算，然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

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，本项目取值 1.2mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；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，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，200kV 时（滤过条件取 2mm 铝），有用线束 X 射线输出量为 $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.72 \times 10^6 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B——屏蔽透射因子；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 图 B.1，当电压为 200kV，滤过条件为 2mm Al 的 X 射线穿过 7mm 铅板时的透射因子取 3.2×10^{-7} ；根据 NCRP Report No. 151 (Appendix A, P158)，可知 200kV 时 X 射线在钢中的什值层 TVL 为 8.8mm，根据公式 $B = 10^{-X/\text{TVL}}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；200kV 有用线束穿过 3.2mm 钢板时的透射因子取 4.3×10^{-1} ；200kV 有用线束穿过 7mm 铅和 3.2mm 钢板时的透射因子为铅的透射因子 \times 钢的透射因子 $= 3.2 \times 10^{-7} \times 4.3 \times 10^{-1} = 1.4 \times 10^{-7}$ ；

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米 (m)，取值见表 11-2。

(2) 泄漏辐射计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-2) 计算:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中: B ——屏蔽透射因子, 根据公式 $B = 10^{-X/TVL}$ 计算, 其中 X 为屏蔽层厚度, mm; 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2, 200kV 时铅的什值层厚度 TVL 为 1.4mm; 根据 NCRP Report No. 151 (Appendix A, P158), 可知 200kV 时 X 射线在钢中的什值层 TVL 为 8.8mm;

R ——距辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m), 取值见表 11-2;

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$), 根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 第 4.2.2 条款表 1, 本项目工业 CT 在额定工作条件下, 距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 散射辐射计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 屏蔽体外关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-3) 计算。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_S^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

式中: I ——X 射线探伤装置在最高管电压下常用最大管电流, mA, 本项目取值 1.2mA;

H_0 ——距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$; 本项目未获得厂家给出的输出量, 辐射屏蔽估算选取表中各千伏 (kV) 下输出量的最大值保守估计。根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1, 200kV 时(滤过条件取 2mm 铝), 散射辐射 X 射线输出量为 $28.7 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$, 即 $1.72 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

B ——屏蔽透射因子, 根据公式 $B = 10^{-X/TVL}$ 计算, 其中 X 为屏蔽层厚度, mm; 查询 GBZ/T 250-2014 表 2, 当 X 射线能量为 200kV 时, 对应的 90°散射辐射最高能量为 150kV, 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2, 150kV X 射线在铅中的什值层 TVL 为 0.96mm; 根据 NCRP Report No. 151 (Appendix A, P158), 可知 150kV X 射线在钢中的什值层 TVL 为 6.0mm;

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) 散射体散射在距其 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。与散射物质有关, 在未获得相应物质的 α 值时, 以水的 α 值保守估计, 见附录 B 表 B.3;

R_0 ——辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, 单位为米 (m);

$$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$$

——根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) B.4.2, 当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20°时, 其值为: 60 (150kV) 和 50 (200~400kV)。本项目保守取值 50;

R_s ——散射体至关注点的距离, 单位为米 (m)。

(5) 预测结果

根据公式 (11-1) ~ (11-3), 代入相关参数, 本项目探伤铅房运行时周围环境辐射水平预测结果见表 11-2~表 11-5。

表 11-2 有用线束辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料 X	I (mA)	$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	B	R (m)	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$
b (南侧)	3.2mm 钢板 +7mm 铅板	1.2	1.72E+06	1.4E-07	0.8	4.52E-01

表 11-3 泄漏辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料 X	B 铅板	B 钢板	B	$H_L(\mu\text{Sv/h})$	R (m)	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$
a (东侧)	3.2mm 钢板 +5mm 铅板	2.7E-04	4.3E-01	1.2E-04	2500	0.6	8.33E-01
c (西侧)	4.3mm 钢板 +5mm 铅板	2.7E-04	3.2E-01	8.6E-05	2500	0.6	5.97E-01
d (装载门)	4.3mm 钢板 +5mm 铅板	2.7E-04	3.2E-01	8.6E-05	2500	0.6	5.97E-01
e (北侧)	3.2mm 钢板 +5mm 铅板	2.7E-04	4.3E-01	1.2E-04	2500	0.7	6.12E-01
f (顶棚)	5.5mm 钢板 +5mm 铅板	2.7E-04	2.4E-01	6.5E-05	2500	0.5	6.50E-01
g (底部)	5.5mm 钢板 +5mm 铅板	2.7E-04	2.4E-01	6.5E-05	2500	0.5	6.50E-01

表 11-4 散射辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料 X	B 铅板	B 钢板	B	I (mA)	$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$	R_s (m)	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$
a (东侧)	3.2mm 钢板 +5mm 铅板	6.2E-06	2.9E-01	1.8E-06	1.2	1.72E+06	50	0.6	2.06E-01
c (西侧)	4.3mm 钢板 +5mm 铅板	6.2E-06	1.9E-01	1.2E-06	1.2	1.72E+06	50	0.6	1.38E-01
d (装载门)	4.3mm 钢板 +5mm 铅板	6.2E-06	1.9E-01	1.2E-06	1.2	1.72E+06	50	0.6	1.38E-01
e (北侧)	3.2mm 钢板 +5mm 铅板	6.2E-06	2.9E-01	1.8E-06	1.2	1.72E+06	50	0.9	9.17E-02

f (顶棚)	5.5mm 钢板 +5mm 铅板	6.2E-06	1.2E-01	7.4E-07	1.2	1.72E+06	50	0.5	1.22E-01
g (底部)	5.5mm 钢板 +5mm 铅板	6.2E-06	1.2E-01	7.4E-07	1.2	1.72E+06	50	0.5	1.22E-01

表 11-5 各关注点位辐射剂量率预测结果汇总

关注点位	有用线束 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	GBZ117-2022 标 准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否 达标
a (东侧)	/	8.33E-01	2.06E-01	1.04	2.5	达标
b (南侧)	4.52E-01	/	/	4.52E-01	2.5	达标
c (西侧)	/	5.97E-01	1.38E-01	7.35E-01	2.5	达标
d (装载门)	/	5.97E-01	1.38E-01	7.35E-01	2.5	达标
e (北侧)	/	6.12E-01	9.17E-02	7.04E-01	2.5	达标
f (顶棚)	/	6.50E-01	1.22E-01	7.72E-01	2.5	达标
g (底部)	/	6.50E-01	1.22E-01	7.72E-01	2.5	达标

因此，本项目工业 CT 在最大工况正常运行时，探伤铅房各关注点辐射剂量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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。本项目东侧总剂量率最高可达到 $1.04\mu\text{Sv/h}$ ，因此，在工业 CT 开机运行时，东侧区域应尽量避免有人员靠近和驻留。

11.2.3 局部贯穿辐射分析

本项目工业 CT 的探伤铅房南侧底端设置有电缆孔，穿墙方式为 L 型，且在铅房内侧电缆孔处设置 3.2mm 钢板+7mm 铅板防护罩，电缆孔处铅防护罩防护效果与铅房南侧相当，故电缆孔处能够满足《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。

根据同型号设备的出厂报告(附件 9)显示：在各处屏蔽体外 5cm 处，各关注点的辐射剂量率在 $0.08\mu\text{Sv/h}\sim 0.10\mu\text{Sv/h}$ 之间。因此，工业 CT 探伤铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率能够满足《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。

11.2.4 人员受照剂量估算

1、计算公式

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

$$E = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中：

E ——年有效剂量，mSv/a；

\dot{H} ——关注点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T ——居留因子；

U ——使用因子，本项目取 1；

t ——受照时间，h/a。

2、估算结果

由于射线装置产生的剂量率与距离平方成反比关系，同方向人员受照剂量仅需考虑与源点距离最近且居留因子最大的保护目标。利用表 11-2、表 11-3、表 11-4 以及表 11-5 的相关数据，本项目相关人员的预期年剂量水平的计算见表 11-6。

表 11-6 人员受照剂量计算参数及计算结果一览表

人员属性		居留因子	源点与关注点距离(m)	源点与保护目标距离(m)	保护目标处辐射剂量率取值($\mu\text{Sv/h}$)	周受照时间(h/周)	周受照总剂量($\mu\text{Sv/周}$)	年受照时间(h/a)	年受照总剂量(mSv/a)
职业	操作台	1	0.6	0.8	4.13E-01	10	4.13	500	2.07
公众	IP 实验室	1	0.6	3.3	3.44E-02	10	3.44E-01	500	1.72E-01
	环境试验室	1	0.6	20.3	9.09E-04	10	9.09E-03	500	4.55E-03
	性能实验室	1	0.6	16.3	1.41E-03	10	1.41E-02	500	7.05E-03
	解析实验室	1	0.6	20.3	9.09E-04	10	9.09E-03	500	4.55E-03
	难燃实验室	1	0.6	25.3	5.85E-04	10	5.85E-03	500	2.93E-03
	卫生间	1/8	0.6	30.3	4.08E-04	10	5.10E-04	500	2.55E-04
	厂内东侧道路	1/8	0.6	45.3	1.82E-04	10	2.28E-04	500	1.14E-04
	廊道	1/8	0.8	2.5	4.63E-02	10	5.79E-02	500	2.90E-02
	安规实验室	1	0.8	10.5	2.62E-03	10	2.62E-02	500	1.31E-02
	能效实验室	1	0.8	12.5	1.85E-03	10	1.85E-02	500	9.25E-03
	办公区	1	0.8	13.5	1.59E-03	10	1.59E-02	500	7.95E-03
	厂内南侧道路	1/8	0.8	45.5	1.40E-04	10	1.75E-04	500	8.75E-05
	噪音实验室	1	0.6	30.3	2.88E-04	10	2.88E-03	500	1.44E-03
	EMC 实验室	1	0.6	25.3	4.13E-04	10	4.13E-03	500	2.07E-03
机械实验室	1	0.6	18.3	7.90E-04	10	7.90E-03	500	3.95E-03	

电气实验室	1	0.6	8.3	3.84E-03	10	3.84E-02	500	1.92E-02
接待大厅	1/2	0.6	35.3	2.12E-04	10	2.12E-03	500	1.06E-03
材料实验室	1	0.7	3.4	2.98E-02	10	2.98E-01	500	1.49E-01
厂房冲压区	1/2	0.7	30.4	3.73E-04	10	3.73E-03	500	1.87E-03
会议室（2F）	1/2	0.5	3.2	1.88E-02	10	9.40E-02	500	4.70E-02

根据表 11-6 计算可知，本项目工业 CT 运行后所致辐射工作人员受照周有效剂量为 4.13 μ Sv，年有效剂量为 2.07mSv；所致公众最大受照周有效剂量为 3.44 $\times 10^{-1}$ μ Sv，年有效剂量为 1.72 $\times 10^{-1}$ mSv。因此，工作人员和公众年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 ≤ 5 mSv/a；公众成员 ≤ 0.25 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 ≤ 20 mSv/a；公众成员 ≤ 1.0 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 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周”的要求。

11.2.5 非放射性污染环境影响分析

工业 CT 工作时产生射线，会造成探伤铅房内空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目工业 CT 探伤铅房体积小，设备每次工作时间短，电离产生的臭氧和氮氧化物浓度低，工件通过装载门进出时探伤室内部气体可与外部充分交换，探伤铅房所在实验室内已设有机械排风装置，废气由机械排风装置排出后，臭氧在短时间内可自动分解成氧气，对大气环境基本没有影响。

11.3 探伤铅房屏蔽防护能力分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的规定，结合建设单位探伤铅房屏蔽防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该建设单位使用的探伤铅房的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，该探伤铅房的设置已充分考虑周围的放射安全，且探伤铅房与操作台分开；结合理论计算结果可知：探伤铅房装载门、六侧屏蔽体的防护性能，均能满足辐射防护；

（2）由辐射环境影响预测分析可知，辐射工作人员和公众成员所受有效剂量能符合《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；

（3）本项目使用的工业 CT 在探伤过程中产生的 X 射线，使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，探伤铅房所在 X 射线实验室通过机械排风系统将臭氧和氮氧化物排至室外，不会对工作人员和公众成员产生影响。

因此，本项目工业 CT 屏蔽能力能达到管电压不大于 160kV、管电流不大于 1.2mA 的射线

装置正常工作时的辐射防护要求。

11.4 事故影响分析

11.4.1 事故风险分析

建设单位使用的射线装置属II类射线装置，可能的事故工况主要有以下几种情况：

（1）工业 CT 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，工业 CT 发生异常出束，维修人员受到超剂量照射。

11.4.2 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：

（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，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

（2）建设单位需制定《工业 CT 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和工作状态指示灯等安全设施，确保在铅门关闭后，工业 CT 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并自主学习，参加考核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。

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，并以文件形式明确管理人员职责。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。

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

12.1.2 辐射人员管理

（1）个人剂量检测

建设单位拟为新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。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）》，本项目工业 CT 操作人员辐射安全考核专业类别为 X 射线探伤。建设单位拟新增 2 名辐射工作人员，由公司现有员工参加生态环境部组织的辐射安全与防护平台自主学习，考核合格后上岗，并按时每五年重新进行考核。

(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 2 名新增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。

12.1.3 辐射安全和防护状况年度评估报告

建设单位核技术利用项目正式开展后，应对开展的核技术利用项目辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的辐射安全和防护状况年度评估报告。辐射安全与防护状况年度评估报告应包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；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；射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况等内容。

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。

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，建设单位承诺将制定以下方面的管理制度：

辐射安全和防护保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是工业 CT 的运行和维修时辐射安全管理。

工业 CT 安全操作规程：针对本项目工业 CT 制定相应的操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、工业 CT 操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确工业 CT 的操作步骤，操作前对辐射安全措施的检查等，确保辐射安全措施的有效性；明确本项目工业 CT 主射方向，确保避免产生额外辐射照射。

设备检修维护制度：对可能引起操作失灵的关键零配件及时进行更换。设备检修时禁止开启检测装置，待检修完毕，开启检测装置试探伤，确认检修完成。检修后主要性能未达仪器基本参数时不准重新投入使用。

辐射工作人员岗位职责：明确管理人员、本项目辐射工作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

射线装置使用登记和台账管理制度：建立工业 CT 的档案和台账，使用射线装置时及时进行登记、检查等，同时加强台账管理。

人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

人员管理制度：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质单位进行监测，公司明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，并做好岗前监测；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，公司建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

辐射事故应急预案：根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号文）的要求，公司应成立单位负责人为领导的辐射事故应急领导小组。针对可能产生的辐射污染情况制定事故应急制度，该制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附上各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故事件情景；演练参与人员等。

自行检查和年度评估制度：定期对工业CT的安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，使用射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

辐射安全档案管理制度：公司须建立个人剂量档案，辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员如调离辐射工作岗位，公司应当将个人剂量档案长期保存；新增辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每两年委托相关资质单位对放射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康监护档案且长期保存。公司应在工作场所醒目位置张贴《操作规程》、《辐射安全与防护保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》与《辐射事故应急预案》等制度，并做好使用登记和台账记录工作。在日后的工作实践中，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》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度进行。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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。公司拟为辐射工作人员配置 1 台个人剂量报警仪和 2 支个人剂量计，配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪。

12.3.2 个人剂量监测

辐射工作人员工作时应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计须定期（一般为一个月，最长不得超过三个月）送检。公司应建立剂量管理限值和剂量评价制度，对受到超剂量限值的应进行评价，跟踪分析高剂量的原因，优化实践行为，并指定专职辐射管理人员负责对个人剂量检测结果（检测报告）统一管理，建立档案，个人剂量档案应当长期保存。

12.3.3 探伤工作场所辐射监测

本项目正式投入使用后，公司须定期（每年 1 次）委托有资质的单位对探伤铅房周围环境进行监测，并建立监测档案，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

①年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量当量率进行监测，监测周期为 1 次/年；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。

②日常自我监测

定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定辐射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，本项目工业 CT 投入使用后每年至少进行 1 次常规监测。

③监测内容和要求

A、监测内容：周围剂量当量率。

B、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-1 监测场所及监测项目建议

场所名称	监测内容	监测项目	监测点位	监测依据	监测周期
本项目探伤工作场所	周围剂量当量率	年度监测	工业CT各侧屏蔽体及装载门外30cm、操作台、管线洞口及其他人员常驻留位置	《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)	1次/年
		自主监测			1次/年
		验收监测			竣工验收
	个人剂量检测	个人剂量当量	所有辐射工作人员	《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)	常规监测周期一般为1个月,最长不应超过3个月

12.3.4 环保竣工验收

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)和《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)的相关要求,对配套建设的环境保护设施进行验收,自行或委托有能力的技术机构编制验收报告,并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测(调查)报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组,采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后,其主体工程方可投入生产或者使用;未经验收或者验收不合格的,不得投入生产或者使用。

12.4 辐射事故应急

公司需建立《辐射事故应急预案》,制定《辐射事故应急预案》后,应制定计划定期组织应急人员进行应急预案的培训和演练。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定,结合单位的实际情况和事故工况分析,辐射事故应急预案应当包括下列内容:

- (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。

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方案,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》,向当地生态环境部门和公安部门报告。事故处理完毕后,成立事故调查小组,分析事故原因,总结教训。建设单位必须加强管理,杜绝辐射安全事故的发生。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 项目概况

根据集团公司整体发展规划及集团名下各子公司的产品质量检测需求，松下家电（中国）有限公司计划在浙江省杭州市钱塘区松乔街 6 号 3 幢 X1 栋一层评价中心实验室内新建的 X 射线实验室配置一台 XSeeker 8000 型工业 CT（最大管电压为 160kV，最大管电流为 1.2mA），对集团名下子公司生产的产品进行无损检测，来确保产品品质，以更好满足客户采购需求。

(2) 项目位置

本项目位于浙江省杭州市钱塘区松乔街 6 号 3 幢 X1 栋一层评价中心实验室内新建的 X 射线实验室，所属园区为松下工业园。3 幢 X1 栋东侧为 X2 栋厂房；南侧为厂内道路；西侧为 HS 栋研发中心；北侧为福利栋和成品仓。松下工业园东侧为文津北路；南侧为松乔街；西侧为浙江科泰电气有限公司和史陶比尔（杭州）精密机械电子有限公司；北侧为围垦街。

本项目拟建工业 CT 位于 X1 栋一层评价中心实验室内新建的 X 射线实验室，所属建筑结构为地上四层，其中一层为评价中心实验室和生产车间，二到四层为生产车间和车间办公区，下方为土层，无地下室。工业 CT 探伤铅房东侧紧邻 IP 实验室、5~50m 内为性能实验室、环境实验室等功能用房和厂内道路；南侧紧邻廊道、5~50m 内为能效实验室、安规实验室等功能用房和厂内道路；西侧紧邻电气实验室，10~50m 范围内为机械实验室、EMC 实验室等功能用房；北侧紧邻材料实验室，10~50m 范围内均为厂房冲压区；正上方隔开放空间 3m 为会议室；下方无地下室。

(3) 项目布局及分区

建设单位拟将工业 CT 探伤铅房内部区域划为控制区，将探伤铅房所在 X 射线实验室除控制区外区域划分为监督区。控制区内不得有无关人员进入，在探伤铅房防护门显著位置设置电离辐射警告标识和中文指示说明；监督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。由上述可知，本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定。

(4) 辐射安全防护措施结论

本项目工业 CT 采用设备自带的防护铅房进行实体屏蔽。探伤铅房外尺寸为 900mm（长）

×750mm（宽）×526mm（高），南侧（主射束方向）屏蔽体为 3.2mm 钢板+7mm 铅板，东侧和北侧屏蔽体为 3.2mm 钢板+5mm 铅板，西侧屏蔽体和装载门为 4.3mm 钢板+5mm 铅板，顶棚和底部屏蔽体为 5.5mm 钢板+5mm 铅板。探伤铅房装载门处已安装有门机联锁装置，并设有工作状态指示灯，与 X 射线联锁；防护门上有系统钥匙开关、电离辐射警告标识和急停按钮；本项目拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪、2 枚个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪。

在落实以上辐射安全措施后，在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

（5）辐射安全管理结论

建设单位按规定拟成立辐射防护管理领导小组，拟根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定一系列辐射安全管理制度。

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，考核合格后方能上岗，并拟委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。建设单位拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测。

建设单位在成立辐射防护管理领导小组、建立健全相应的辐射管理制度和操作规程后，能够具备从事辐射活动的的能力。本项目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。

13.1.2 环境影响分析结论

（1）主要污染因子

本项目主要污染因子为 X 射线、臭氧和氮氧化物。

（2）辐射剂量率影响预测结论

本项目工业 CT 在最大工况正常运行时，探伤铅房四侧、装载门、顶棚和底部关注点辐射剂量率最大值为 1.04μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平。

（3）个人剂量影响预测结论

本项目工业 CT 运行后所致辐射工作人员受照周有效剂量为 4.13μSv，年有效剂量为 2.07mSv；所致公众最大受照周有效剂量为 $3.44 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 $1.72 \times 10^{-1} \text{mSv}$ 。射线装置产生的剂量率与距离平方成反比关系，本项目评价范围内各方向其他公众年有效剂量与周有效剂量均小于表 11-6 的剂量率。因此，厂区工作人员和公众年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职

业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ ；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 $5\mu\text{Sv/周}$ ”的要求。

（4）非辐射环境影响分析结论

少量臭氧和氮氧化物可通过动力通风装置排出实验室，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。

13.1.3 可行性分析结论

（1）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)》，本项目工业CT的应用属于第一类鼓励类第十四项“机械”第1条“科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于3.0纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，符合国家产业政策的要求。同时，本项目不属于《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引(2019年本)》中限制类和禁止类项目，符合杭州市产业政策要求。

（2）实践正当性分析结论

本项目的建设是为了保证产品质量和生产的安全需要，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。

（3）选址合理性分析

本项目位于浙江省杭州市钱塘区松乔街6号3幢X1栋一层评价中心实验室内新建的X射线实验室，不新增土地。同时，本项目用地性质属于非住宅用地，周围无环境制约因素。本项

目探伤铅房周围 50m 范围内主要为松下家电（中国）有限公司评价中心试验室内各功能用房、杭州松下家用电器有限公司厂房冲压区和办公区、松下工业园厂内道路。不涉及自然保护区、风景名胜區、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

（4）项目可行性

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《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》的要求，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铅房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）建设单位在本项目报批后，承诺及时向生态环境部门申领辐射安全许可证。

（2）建设单位承诺在本项目工业 CT 正式运行前根据《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），在规定的验收期限内（一般不超过 3 个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制竣工环境保护验收监测报告表。

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