

核技术利用建设项目

渠梁电子有限公司 2 台工业 CT 机项目

环境影响报告表

(公开版)

渠梁电子有限公司

二〇二五年十二月



表 1 项目基本情况

建设项目名称		渠梁电子有限公司 2 台工业 CT 机项目			
建设单位		渠梁电子有限公司			
法人代表	赵*	联系人	卢*	联系电话	157****4030
注册地址		福建省泉州市晋江市集成电路科学园建兴路 368 号			
项目建设地点		福建省泉州市晋江市集成电路科学园建兴路 368 号 2#生产厂房（P1 单元）4 楼			
立项审批部门		/		批准文号	
建设项目总投资（万元）	**	项目环保投资（万元）	**	投资比例（环保投资/总投资）	**%
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 ）	56.6
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	/			
<h3>1.1 建设单位情况</h3> <p>渠梁电子有限公司坐落于福建省泉州市晋江市福建省集成电路产业园，是一家专注于集成电路封装测试的高新技术企业。公司成立于 2017 年 7 月 19 日，注册资本为人民币 92431.7 万元，总占地面积 147097 平方米。公司主要生产微型摄像模组、液晶显示模组组装，内存模块、快闪记忆卡研发制造，半导体集成电路（含 MEMS 和化合物半导体集成电路）设计，以及电晶体、电子零组件、电子材料等产品的研发制造，提供 BGA、PGA、FPGA 等先进封装测试服务及设备出租出售业务，产品应用于 5G、AI、新能源等领域。</p> <p>渠梁电子有限公司集成电路封装测试项目主体工程已取得了泉州市生态环境局环评批复文件，批复号分别为“晋环保函〔2018〕118 号”和“泉晋环评〔2021〕表 45 号”。</p>					

1.2 项目建设内容与项目由来

（一）建设内容

为满足集成电路封装测试工艺中产品内部结构的无损检测需求，渠梁电子有限公司拟在福建省泉州市晋江市集成电路科学园建兴路 368 号公司 2#生产厂房（P1 单元）4 楼 X-ray 室安装使用 2 台 CA20 型工业 CT 机（最大管电压 120kV，最大管电流 225 μ A，属于 II 类射线装置）。工业 CT 机用于检测材质为环氧树脂芯片的内部缺陷，芯片最大厚度约 5mm。本项目拟使用的 2 台工业 CT 机自带屏蔽体，并分别安装固定在 X-ray 室内中部与西侧。本项目工业 CT 机应用情况见表 1-1。

表 1-1 工业 CT 机应用情况一览表

序号	设备名称	数量（台）	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（ μ A）	类别	设备位置
1	工业 CT 机	2	CA20	120	225	II 类	2#生产厂房（P1 单元）4 楼 X-ray 室

（二）项目由来

根据《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）可知，本项目工业 CT 机属于 II 类射线装置。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 653 号）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部部令第 20 号）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令第 16 号）等国家环境管理相关法律法规的规定，本项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中“五十五、核与辐射”类下的“172、核技术利用建设项目”，本次评价涉及的工业 CT 机对应该类别中“使用 II 类射线装置的”项目，因此渠梁电子有限公司 2 台工业 CT 机项目应进行辐射环境影响评价并编制环境影响报告表。

渠梁电子有限公司于 2025 年 10 月正式委托江西核工业环境保护中心有限公司进行辐射环境影响评价（委托书详见附件 1）。江西核工业环境保护中心有限公司受委托后，立即组织人员进行现场踏勘和资料收集等相关工作，在此基础上编制完成了本项目环境影响报告表。

1.3 项目地理位置及周边环境

(1) 项目位置

本项目工业 CT 机位于福建省泉州市晋江市集成电路科学园建兴路 368 号公司 2#生产厂房（P1 单元）4 楼 X-ray 室，地理坐标为东经 118°34'49"，北纬 24°45'57"。2#生产厂房（P1 单元）东南侧为内部道路；西南侧为内部道路；西北侧为 11#管桥和内部道路；东北侧为 2#生产厂房（P2）。

X-ray 室东南侧为过道，西南侧为出胶室、物料室，西北侧为电气室、楼梯间加压送风井，东北侧为部品室、化学品室，楼上为天台，无人到达，楼下为 WB 前电浆清洗台。本项目周围工作场所情况见表 1-2。

表 1-2 本项目周围场所一览表

位置	东南侧	西南侧	西北侧	东北侧	楼上	楼下
2#生产厂房（P1 单元）	内部道路	内部道路	11#管桥和内部道路	2#生产厂房（P2）	/	/
4 楼 X-ray 室	过道	出胶室、物料室	电气室、楼梯间加压送风井	部品室、化学品室	天台	WB 前电浆清洗台

1 号工业 CT 机位于 2#生产厂房（P1 单元）4 楼 X-ray 室内中部，距离 X-ray 室西北墙内侧 2m，东北墙内侧 2.78m，东南墙内侧 1.47m，西南墙内侧 5.03m，楼顶内侧 5.9m。

2 号工业 CT 机位于 2#生产厂房（P1 单元）4 楼 X-ray 室内西侧，距离 X-ray 室西北墙内侧 5.82m，东北墙内侧 7.64m，东南墙内侧 1.08m，西南墙内侧 0.16m，楼顶内侧 5.9m。两台工业 CT 机的直线距离为 3.4m。

根据现场踏勘及调查，本项目 1 号工业 CT 机自屏蔽体外西北侧 46m 为 1#废水厂。本项目 1 号工业 CT 机自屏蔽体外周围 50m 范围内辐射环境保护目标主要为本项目辐射工作人员；以及 2#生产厂房（P1 单元）、1#废水厂、内部道路的公众人员。

本项目 2 号工业 CT 机自屏蔽体外西北侧 42m 为 1#废水厂，西北侧 48m 为混气站。本项目 2 号工业 CT 机自屏蔽体外周围 50m 范围内辐射环境保护目标主要为本项目辐射工作人员；以及 2#生产厂房（P1 单元）、1#废水厂、混气站、11#管桥、内部道路的公众人员。本项目周围 50m 范围内均为渠梁电子有限公司厂内区域，无居民点、学校、行政办公区等人群密集区，项目选址合理。

本项目地理位置图见图 1-1。

1.4 与“三线一单”管控方案相符性

本项目三线一单符合性分析一览表见表 1-3。本项目生态环境准入要求符合性分析表见

表 1-4。

表 1-3 本项目三线一单符合性分析一览表

生态保护红线	本项目位于福建省泉州市晋江市集成电路科学园建兴路 368 号 2#生产厂房（P1 单元）4 楼 X-ray 室内，根据《泉州市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的通知》（泉政文〔2021〕50 号），并结合其动态更新成果文件《泉州市生态环境局关于发布泉州市 2023 年生态环境分区管控动态更新成果的通知》（泉环保〔2024〕64 号），经核查，项目用地仍不在泉州市生态保护红线范围内，本项目符合“三线一单”生态保护红线的管控要求。
环境质量底线	根据现场监测，本项目 2 台工业 CT 机拟建址及周围环境的辐射本底水平未见异常。根据辐射环境影响预测，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。项目无放射性废气、废水和固体废弃物产生，工业 CT 机运行时产生的少量氮氧化物和臭氧，通过机械通风可满足相关要求，符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目运营过程中会消耗一定量的水、电资源，主要来自工作人员的日常工作用水和设施用电，但项目规模小，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。

表 1-4 本项目生态环境准入要求符合性分析表

环境管控单元名称及代码	单元类型	生态环境准入要求		本项目情况	符合性
晋江市集成电路产业园区科学园（ZH35058220003）	空间布局约束	1.科学园集成电路封装测试产业如需自行配套电镀工序，不得承接建设项目以外的产品加工。 2.工业园禁止引入电镀、退镀和含铬钝化工艺。 3.工业园光刻胶产业禁止引入树脂合成等涉及化学反应的工艺和产品。 4.禁止开发占用区内的生态公益林。		本项目未承接建设项目以外的产品加工；未引入电镀、退镀和含铬钝化工艺；未引入树脂合成等涉及化学反应的工艺和产品；未开发占用区内的生态公益林。	符合
	重点管控单元	污染物排放管控	1.落实新增 VOCs 排放总量控制要求。 2.涉 VOCs 排放的企业，应严格按照国家、地方相关污染物排放标准和规范要求落实污染防治措施。 3.引进项目清洁生产水平须达到国内先进水平芯片制造、芯片封测项目须达到国际先进水平。 4.加快园区内污水管网及依托污水处理设施的建设工程，确保工业企业的所有废(污)水都纳管集中处理，鼓励企业中水回用。	本项目不涉及 VOCs 排放及污水排放。	符合

		<p>5.加快依托的南港污水处理厂尾水深海排放工程建设进度。</p> <p>6.园区依托的污水处理厂应执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准。</p>		
	环境风险防控	建立健全环境风险防控体系,制定环境风险应急预案,建立完善有效的环境风险防控设施和有效的拦截、降污、导流等措施,防止泄漏物和事故废水污染地表水、地下水和土壤环境。	本项目将建立健全环境风险防控体系,编制环境风险应急预案,配套建设有效的风险防控设施及拦截、降污、导流措施,防范泄漏物、事故废水污染地表水、地下水与土壤环境。	符合
	资源开发效率要求	高污染燃料禁燃区内,禁止使用高污染燃料,禁止新建、改建、扩建燃用高污染燃料的设施。	本项目不使用高污染燃料,也不新建、改建、扩建燃用高污染燃料的设施。	符合

1.5 与“三区三线”管控方案的相符性

“三区三线”是根据城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的空间,分别对应划定的城镇开发边界线、永久基本农田保护红线、生态保护红线三条控制线。

本项目位于福建省泉州市晋江市集成电路科学园建兴路368号渠梁电子有限公司现有场地内,渠梁电子有限公司主体工程建设阶段已依法履行环境影响评价审批手续,相关前期环保手续均符合现行环境管理的规定要求。项目建设不新征用地、不砍伐周边植被,无需额外占用土地资源及破坏生态环境,拟建位置及评价范围均不涉及永久基本农田与生态保护红线,符合国土空间规划管控要求。综上,本项目建设符合泉州市及晋江市“三区三线”划定成果要求。

1.6 可行性分析

根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》,本项目拟使用的工业CT机属于“十四、机械中的1、科学仪器和工业仪表,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”,属于国家鼓励类产业,符合国家产业政策。

工业CT机的应用具备其他技术无法替代的特点,可对材料内部是否存在缺陷进行判断,对减少因材料质量问题对生产造成的影响起到十分重要的作用,具有明显的社会效益

和经济效益。本项目工业 CT 机在使用过程中产生电离辐射，对周围环境产生一定影响，但在使用过程中采取了必要的防护措施减少本项目的辐射影响，使本项目的辐射影响在相应的标准范围内。因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

1.7 评价目的

（1）对本项目核技术利用场所及周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

（2）通过环境影响评价，预测本项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染对策，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，使辐射环境影响满足相关标准要求 and 减少到“可合理达到的尽量低的水平”。

（4）提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

1.8 本项目环评内容、评价因子及评价重点

本项目污染因子为工业 CT 机应用产生的电离辐射。本次评价因子包括：周围剂量当量率，有效剂量等，重点评价其产生的电离辐射对环境及敏感点人群的影响。

1.9 原有核技术利用项目许可情况

（一）许可情况

渠梁电子有限公司于 2025 年 9 月 28 日已取得辐射安全许可证，证书编号为闽环辐证[C0364]，许可种类和范围为使用Ⅲ类射线装置。公司Ⅲ类射线装置均已履行了环境影响评价备案手续，辐射安全许可证详见附件 2，有效期至 2030 年 09 月 27 日。渠梁电子有限公司已许可射线装置一览表见表 1-5。

表 1-5 渠梁电子有限公司已许可射线装置一览表

序号	装置名称	型号	类别	数量 (台)	活动 种类	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	场所名称
1	*****	*****	**	1	使用	50	1	*****
2	*****	*****	**	1	使用	120	0.2	
3	*****	*****	**	1	使用	50	1	
4	*****	*****	**	1	使用	160	1	*****

5	****	****	**	1	使用	120	0.2	****
6	****	****	**	1	使用	160	1	****
7	****	****	**	1	使用	160	1	
8	****	****	**	1	使用	160	0.2	
9	****	****	**	1	使用	160	1	
10	****	****	**	1	使用	160	0.2	****
11	****	****	**	1	使用	160	1	
12	****	****	**	1	使用	160	1	
13	****	****	**	1	使用	160	0.4	
14	****	****	**	1	使用	160	1	****
15	****	****	**	1	使用	50	0.2	****
16	****	****	**	1	使用	45	1	****

（二）辐射安全管理

渠梁电子有限公司现有辐射工作场所的辐射防护设施运行工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实等方面运行良好。

（1）公司已成立了渠梁电子有限公司辐射安全与防护管理领导小组，负责辐射工作场所的辐射安全及应急管理工作，配套制订了《射线装置操作规程》《辐射防护和安全保卫制度》《射线装置操作人员岗位职责》《辐射事故应急预案》等规章制度，并要求工作人员严格按照规章制度要求执行。

（2）公司制定有辐射监测方案，并将监测数据记录存档。辐射工作场所监测结果满足相关标准要求。

（3）渠梁电子有限公司现有辐射工作人员参加了辐射安全与防护培训，已配备个人剂量计，接受剂量监测，建立个人剂量监测档案并存档，根据 2024 年第四季度至 2025 年第三季度年度个人剂量监测结果可知，辐射工作人员年有效剂量均低于 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准要求；已组织现有辐射工作人员进行了职业健康体检，建立了辐射工作人员职业健康监护档案。

1.10 环保投资

本项目总投资为**万元，其中环保投资为**万元，占总投资的**%。项目环保投资情况见表 1-6。

表 1-6 环保投资情况一览表

环保投资项目	投资内容	投资金额（万元）	
辐射防护	工业 CT 机身自屏蔽体、防护门、工作状态指示灯、观察窗等。	**	**
辐射监测仪器	个人剂量报警仪 4 个、便携式 X-γ 剂量率仪 1 台（新配备）、固定式辐射探测报警装置 1 台。	**	
个人剂量检测、职业健康体检等	/	/(依托现有辐射工作人员)	
环保手续	环评、验收费和年度监测费用等。	**	

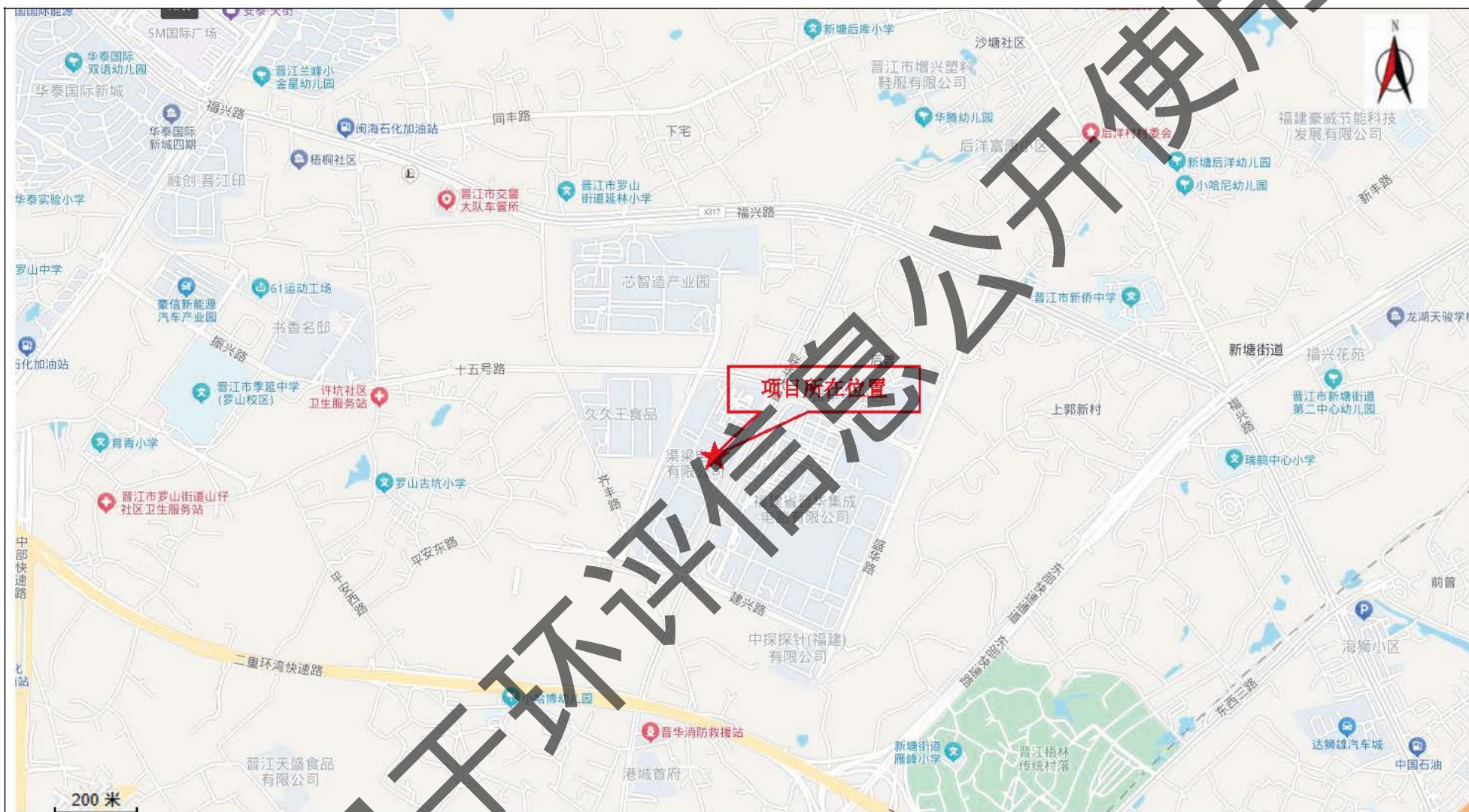


图 1-1 项目地理位置图

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》（GB18871-2002）

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) 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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 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 机	II类	2 台	CA20	120	0.225	无损检测	2#生产厂房 (P1 单元) 4 楼 X-ray 室	设备自带屏蔽体
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，（2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订，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》（中华人民共和国主席令第二十四号，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六号，2003年10 月1日起施行）；</p> <p>(4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院令 第682号，2017 年10月1日起实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令 第709号， 2019年修订）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版，生态环境部部令第16号）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（关于废止、修改部分生态环境规 章和规范性文件的决定，生态环境部部令第20号）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令第18号，2011 年5月1日起施行）；</p> <p>(9) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》（环办函〔2006〕629号，2006年9 月28日印发）；</p> <p>(10) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年12月1日第6次委务会议审议通 过，自2024年2月1日起施行）；</p> <p>(11) 《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），自 2017 年 12 月 6 日起施行；</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环 发〔2006〕145号，2006年9月26日）；</p> <p>(13) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号）；</p> <p>(14) 原福建省环保厅关于印发《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试 行）的通知（闽环保辐射〔2013〕10号）；</p> <p>(15) 《福建省生态环境保护条例》（福建省第十三届人民代表大会常务委员会第32次 会议通过，2022年5月1日实行）；</p> <p>(16) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部部令第9号， 2019年11月1日起施行）；</p>
------	---

	<p>(17) 《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 第 57 号，2020 年 1 月 1 日起实施）；</p> <p>(18) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，2025 年 1 月 1 日起施行。</p>
技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(5) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）。</p>

其他

- (1) 委托书（附件 1）；
- (2) 《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年 7 月第 1 版）；
- (3) 《辐射防护基础》(李星洪等编)；
- (4) 建设单位提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目拟使用的工业 CT 机运行过程中主要为电离辐射对周围环境的影响。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) 评价范围和保护目标的相关规定,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),考虑到该项目的实际情况,确定本项目评价范围为工业 CT 机自带屏蔽体外 50m 以内的区域。

7.2 保护目标

本项目工业 CT 机自屏蔽体外周围 50m 范围内辐射环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、2#生产厂房(P1 单元)、1#废水厂、管桥及内部道路的公众。

本项目环境保护目标及与本项目相对位置见表 7-1。距离取两台工业 CT 中较近的值。

表 7-1 环境保护目标一览表

场所名称		环境保护对象	方位	距离	人数	辐照类型	年剂量约束值 (mSv/a)
1 号工业 CT 机	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
2 号工业 CT 机	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**

	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**

7.3 评价标准

7.3.1 职业照射、公众照射剂量限值与剂量约束值

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

附录B中对“剂量限值”要求如下：

(1) 职业照射剂量限值

1) 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;

(2) 公众照射剂量限值

1) 年有效剂量, 1mSv;

2) 特殊情况下, 如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

2. 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)

第6.1.1款规定：对职业照射用年有效剂量评价, 应符合GB18871-2002的B1.1的规定。第6.1.3款规定：对职业照射受照剂量大于调查水平时, 除记录个人监测的剂量结果外, 还应作进一步调查, 本标准建议的年调查水平为有效剂量5.0mSv/a。

综上所述, 本次评价以不超过 5.0mSv 作为辐射工作人员年有效剂量约束值; 以不超过 0.1mSv 作为公众人员年剂量约束值。

7.3.2 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002), 应将辐射工作场所分为控制区、监督区。

对于需要专门防护手段或安全措施的区域划分为控制区, 对于未被设定为控制区, 不需要专门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, 划分为监督区。对控制区和监督区的人员活动进行限制, 辐射控制区和辐射监督区以外区域对人员活动不限制。

7.3.3 工作场所周围剂量当量率控制水平

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

7.3.4 防护要求

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

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

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

1、项目地理和场所位置

本项目工业 CT 机位于福建省泉州市晋江市集成电路科学园建兴路 368 号 2#生产厂房(P1 单元) 4 楼 X-ray 室。

2、监测内容与点位

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）第 4.2.2 条中有关布点原则和方法并结合本项目的实际情况进行监测布点，本次监测主要针对拟建辐射工作场所及周边环境γ辐射剂量率。

3、监测仪器与规范

电离辐射监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 电离辐射监测仪器的参数与规范表

仪器型号	FH40G 探头：FHZ672 B-10，F117
生产厂家	Thermo
监测规范	《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）
监测单位	江西省地质局实验测试大队
监测时间	2025 年 10 月 23 日
校准单位	中国计量科学研究院
校准证书编号	*****
校准日期	2025 年 07 月 17 日
量程范围	*****
能量响应范围	*****

4、质量保证措施

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

8.2 辐射环境质量现状监测结果

本项目委托江西省地质局实验测试大队于 2025 年 10 月 23 日对本项目场址及周围的辐射环境现状进行监测，监测结果见表 8-2，监测报告见附件 10。

表 8-2 项目周围环境 γ 辐射剂量率监测数据

序号	测点位置	环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h)	标准差	备注
		平均值		
1	拟建 1 号工业 CT 机位置	**	**	室内监测点位
2	拟建 2 号工业 CT 机位置	**	**	
3	X-ray 室东北侧化学品室	**	**	
4	X-ray 室西南侧物料室	**	**	
5	X-ray 室西南侧出胶室	**	**	
6	X-ray 室东南侧过道	**	**	
7	X-ray 室西北侧电气室	**	**	
8	X-ray 室东北侧部品室	**	**	
9	X-ray 室楼下 WB 前电浆清洗台	**	**	
10	2#生产厂房 (P1) 西北侧内部道路	**	**	室外监测点位
11	2#生产厂房 (P1) 西南侧内部道路	**	**	
12	2#生产厂房 (P1) 东南侧内部道路	**	**	
13	1#废水厂东南侧	**	**	
14	混气站东南侧	**	**	

注：①以上数据均已扣除宇宙射线的贡献；②现场检测所有点位探头均朝下，离地 1m。

本项目表 8-2 所列监测数据已根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

第 5.5 条扣除仪器对宇宙射线的响应值，环境 γ 辐射剂量率测量结果按下式计算：

$$\dot{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \dot{D}_c$$

式中： \dot{D}_γ -测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

k_1 -仪器检定/校准因子，此处取**；

k_2 -仪器检验源效率因子，本仪器无检验源，此处取**；

R_γ -仪器测量读数均值（空气比释动能和周围剂量当量的换算系数为 1.20Sv/Gy），Gy/h；

k_3 -建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取**，道路取**；

\dot{D}_c -测点处宇宙射线响应值，依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）附录 D 节进行修正”，修正后为**nGy/h。

8.3 辐射环境质量现状评价

由上表 8-2 可知，渠梁电子有限公司拟建工业 CT 机工作场所室内环境 γ 辐射剂量率为：

~nGy/h；室外环境 γ 辐射剂量率为：**~**nGy/h。

本评价项目建设区域室内、室外道路的环境 γ 辐射（空气吸收）剂量率（已扣除宇宙射线的贡献）处于福建省室内、室外辐射环境本底范围值内（注：福建省室内辐射环境本底范围

值 70.9~357.1nGy/h，室外辐射环境本底范围值 39.4~399.1nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年 7 月第 1 版）第 391~392 页）。

仅限于环评信息公示使用

表 9 项目工程分析与源项

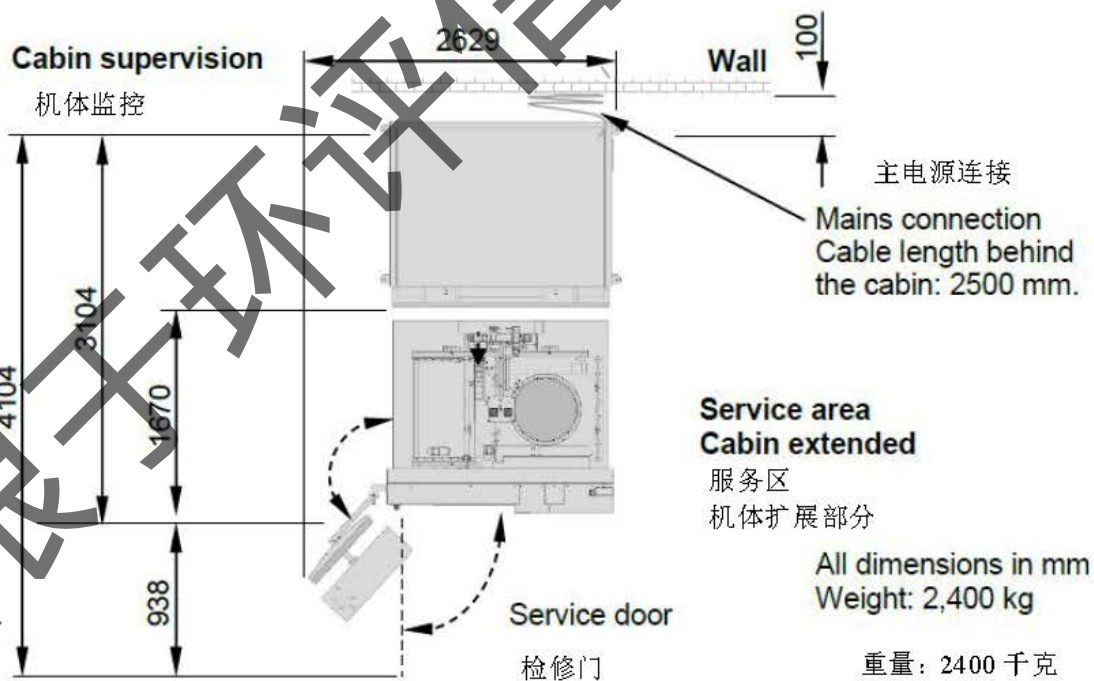
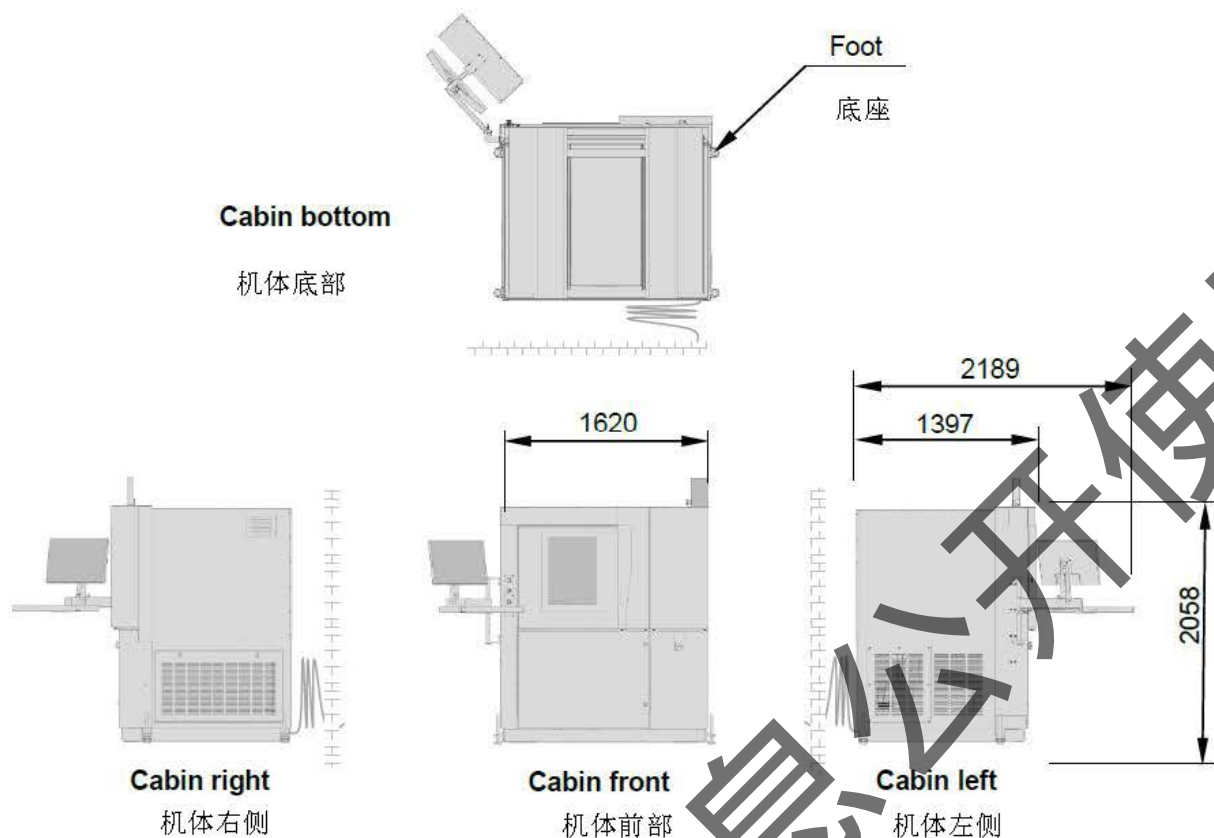
9.1 工程设备和工艺分析

1、设备组成

本项目拟使用的 CA20 型工业 CT 机主要由 X 射线源、X 射线成像探测器、精密样品台、图像采集系统、三维图像重建和处理系统等组成，设备主视图及三视图见图 9-1、9-2，设备内部结构图见图 9-3 所示。



图 9-1 设备主视图



2、运行方式

本项目工业 CT 机自带屏蔽体，待检工件通过防护门放入屏蔽体内进行检测，防护门通过电脑操作台的操作面板或开关按键方式进行开合，具有门机联锁功能，人员不能进入屏

蔽体内部。操作人员放置好工件、关闭防护门、设置好检测参数后，设备可自动完成分析测试工作，自动保存分析数据，通过操作位置上的图像摄制和处理系统对检测图像进行进一步处理。X 射线出束期间，操作人员一般位于工业 CT 机东南侧的电脑操作台，出束期间无需人员干预。操作人员离开现场时，将 X-ray 室门关闭，X-ray 室门设有门禁，只有授权人员才能进入。

本项目工业 CT 机 X 射线源可沿上下移动，移动距离为 0.2m（以观察窗一侧为正面）。待检工件放在样品台上后，可通过控制面板调节机械转盘至合适位置。X 射线透过待检工件后由平板探测器接收，然后再由重构软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息。扫描过程中，工件可以在样品台上进行 360 度旋转，以获取工件每个位置的 2D 图像，在获取 360 度工件不同位置的 2D 图片后，进行 3D 重构，得到工件的 3D 内部结构图。

3、工作原理

（1）X 射线管原理

工业 CT 机通过 X 射线管产生 X 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，它装在聚焦杯中，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 射线装置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 射线装置两极上的高压即为管电压。X 射线装置产生的 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 射线机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，准直性较高。

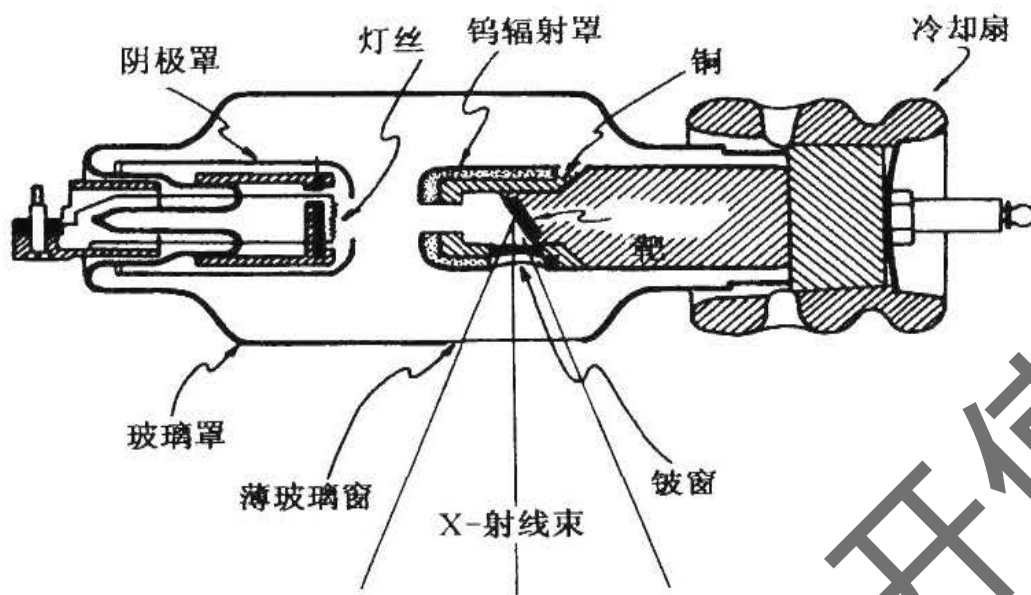


图 9-4 X 射线管示意图

(2) 工业 CT 机扫描原理

①工业 CT 机扫描原理

电子计算机断层摄影 (Computed Tomography, 简称 CT) 是近几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, 发现被检对象内部密度的微小变化。

工业 CT 机一般由射线源、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, 其工作原理示意图如图 9-5 所示。射线源提供 CT 扫描成像的能量线束用以穿透工件, 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。机械扫描系统实现 CT 扫描时工件的旋转或平移, 以及载物台、工件、图像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。

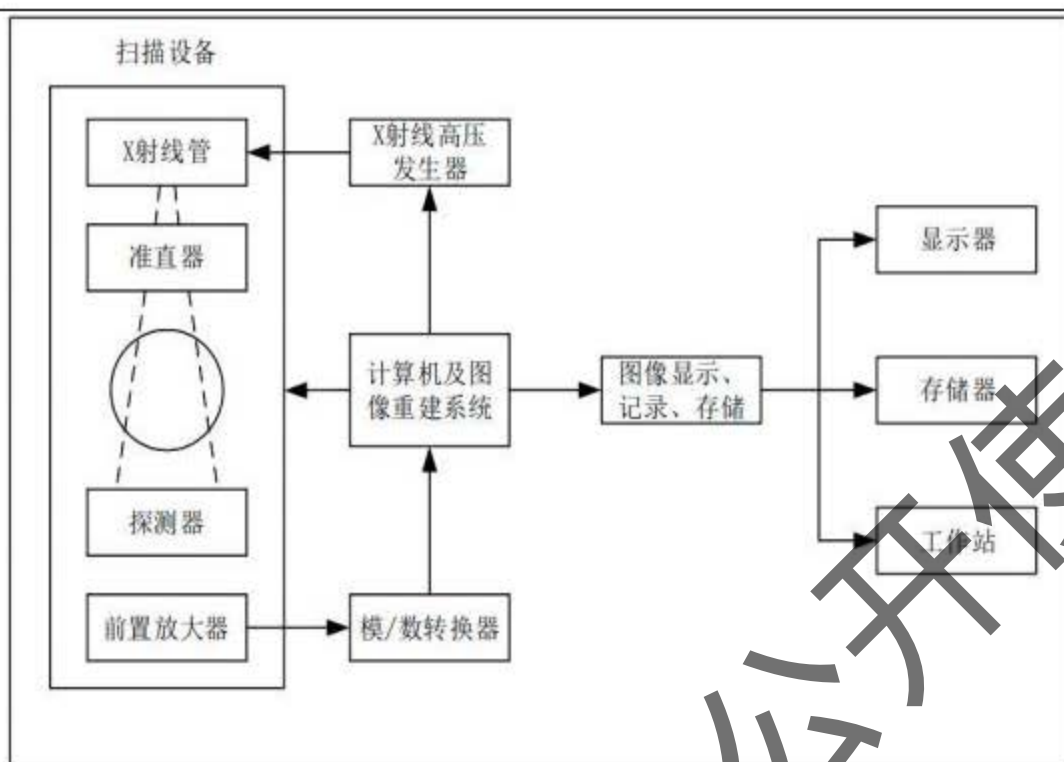


图 9-5 工业 CT 机工作原理示意图

4、工作流程及产污环节

本项目工业 CT 机检测流程如下：

①准备

工作人员巡视设备周围情况，检查设备情况，选取曝光条件，确定曝光参数。

②放置工件

待检工件由工作人员通过防护门放入工业 CT 机屏蔽体内样品台上。

③曝光

工作人员设置管电流、管电压、曝光时间等参数后，单色指示灯亮，说明箱体防护门和检修门处于关闭状态，可安全开启射线源。启动曝光后，工作状态指示灯（单色）处于闪烁状态，实施扫描作业（此时射线处于打开状态）；达到预定的曝光时间后，射线停止出束，单色指示灯熄灭，完成曝光作业。

④判断样品是否合格

检测过程中，X 射线透射工件后，经数字图像增强器接收转换成放大的数字信号后，经计算机处理得到数字化图像。工作人员在电脑操作台显示器上得到实时数字图像，根据实时数字图像，判断样品是否合格。

⑤检测完毕取下工件

工作结束后，打开防护门，取出待检工件，检测完成。

工业 CT 机操作流程和产污环节如图 9-6 所示。

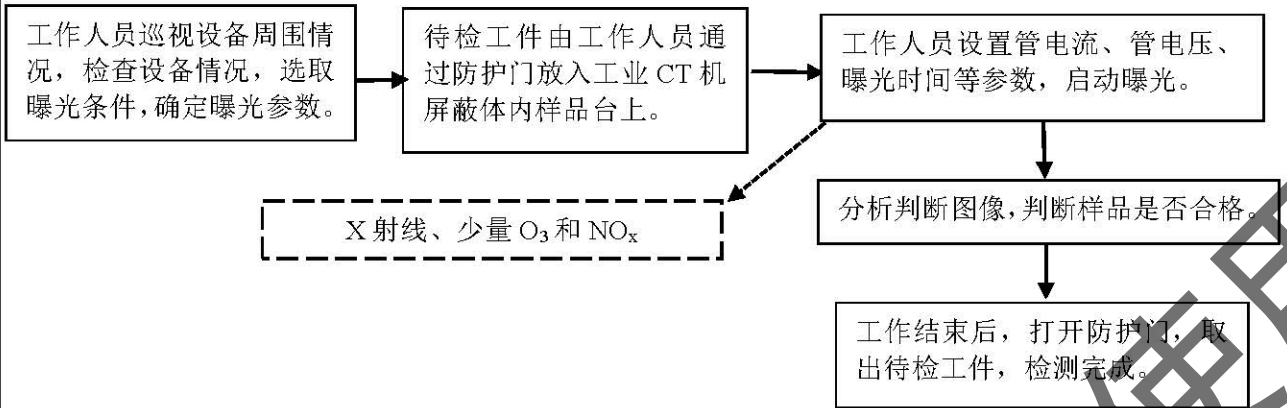


图 9-6 工业 CT 机操作流程和产污环节

5、工作负荷

本项目拟配备 4 名辐射工作人员，均依托现有辐射工作人员，每台工业 CT 机拟配置 2 名工作人员。工业 CT 机投入使用后，预计每台工业 CT 机平均每天检测 60 个工件，每个工件检测出束时间平均 6min，每台工业 CT 机每天出束 6h。公司每周工作 5 天，年工作时间为 50 周，每台工业 CT 周出束时间为 30h，年出束时间为 1500h。

9.2 污染源项分析

9.2.1 施工期的污染源项

本项目使用成品电气设备，由生产厂家搬送至辐射工作场所，不涉及施工建设，不会产生施工废水和扬尘，同时不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体。本项目主要环境影响因子是设备搬运和安装时产生的噪声及设备包装材料等固体废物。

9.2.2 运行期的污染源项

一、辐射污染源项

本项目内容为使用工业 CT 机，相关参数及源项见表 9-1。

表9-1 工业CT机相关参数及源项

序号	设备名称	型号	数量 (台)	最大管电压、 最大管电流	圆锥束中心轴和圆锥边界夹角 (°)	滤过条件	辐射源点 1m 处剂量率		
							有用线束 mGy.m²/ (mA.min)	泄漏辐射 (µSv/h)	散射辐射 mGy.m²/ (mA.min)
1	工业 CT 机	CA20 型	2	120kV、 225µA	**	**	**	**	**

(一) 正常工况下污染源分析

本项目主要污染因子为 X 射线，随 X 射线源的开和关而产生和消失。在正常工况下，检测过程中产生的射线可以得到屏蔽体的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、漏射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

（二）事故工况下污染源分析

本项目在事故工况下，可能产生辐射影响的情形有以下几点：

- a.装置防护门安全联锁发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线出束，X 射线泄漏使工作人员受到不必要的照射；
- b.装置防护门安全联锁失效，工作人员在取放工件的过程中，意外开启机器产生射线，导致工作人员被意外照射；
- c.装置检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启机器产生射线，使检修人员受到意外照射。

二、非放射性源项

本项目工业 CT 机采用数字成像方式，在显示屏上直接显示结果，不涉及胶片，显影、定影液等感光材料废物；无放射性废气、废水和固体废物产生。工业 CT 机开机出束时，工业 CT 机的 X 射线能量较低，X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧 50 分钟后自动分解为氧气。

工业CT机达到设备使用年限或是阴极射线管损坏进行更换时，会产生废旧阴极射线管，根据《国家危险废物名录》（2025年版），产生的废旧阴极射线管属于危险废物，属HW49 其他废物（废物代码900-044-49），应委托有资质单位处置，拆除阴极射线管的探伤机在任何情况下均不会再产生X射线，可由企业按照一般设备报废的相关规定进行处置。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目设有独立的 X-ray 室作为辐射工作场所，X-ray 室设置了门禁，只有授权人员才能进入。1 号工业 CT 机放置在 X-ray 室中侧；2 号工业 CT 机放置在 X-ray 室西侧，充分考虑了周围的辐射安全。有用线束从下朝上照射，电脑操作台设在工业 CT 机东南侧位置，避开了有用射线方向。工作场所布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

(1) 划分原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所依据管理的需要，可分为控制区、监督区。其划分原则如下：

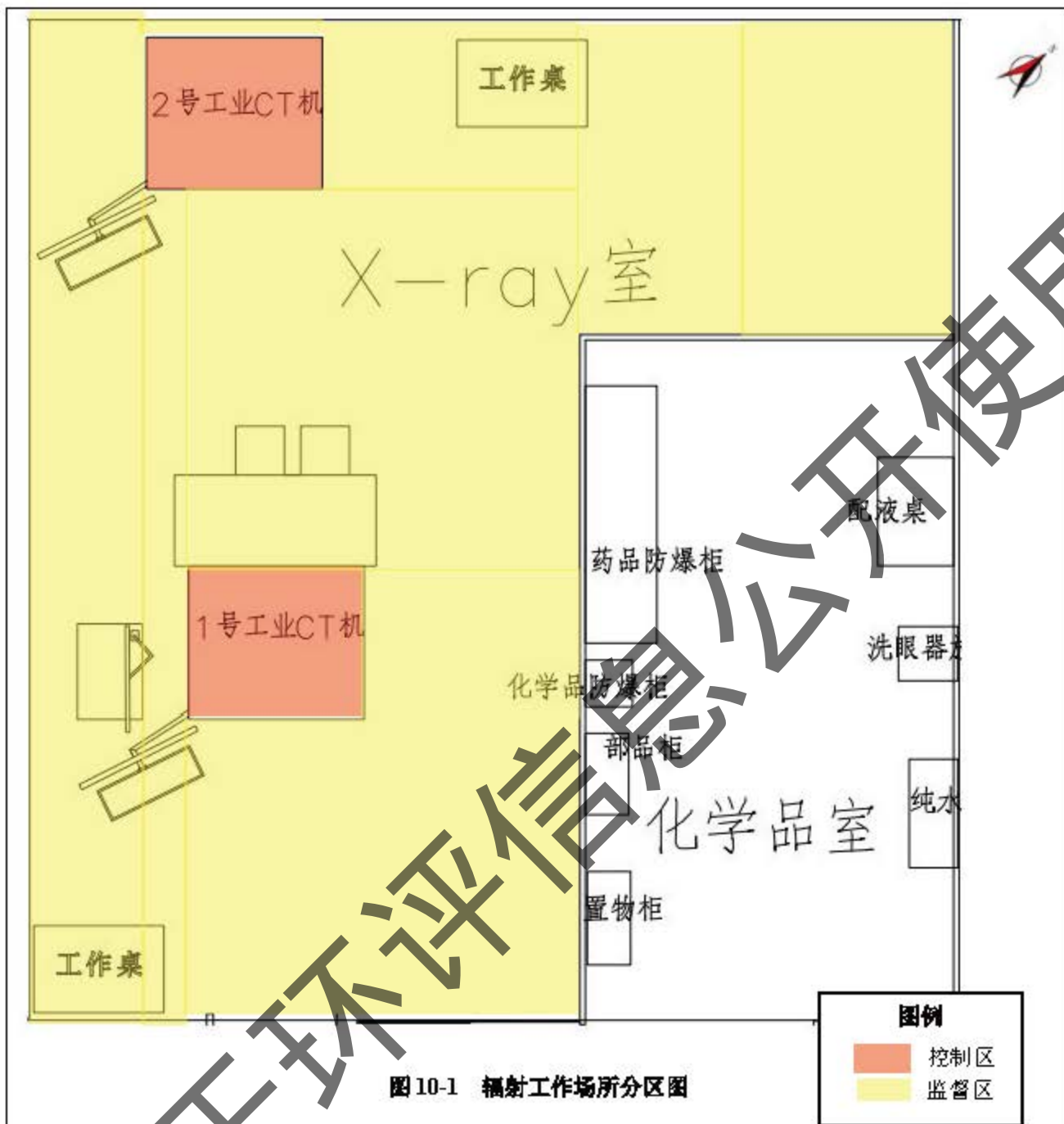
①把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

②把未被定为控制区，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的区域划分为监督区。

(2) 两区划分情况

根据两区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等相关规定，将辐射工作场所进行分区管理，建设单位拟将工业 CT 机自带屏蔽体内部划为控制区，将控制区外整个 X-ray 室划为监督区。辐射工作场所布局和分区示意图如图 10-1 所示，分区管理措施如下：

控制区通过实体屏蔽、紧急停机按钮、门机联锁装置等进行控制，监督区通过警示说明和门禁等进行管理。综上所述，辐射工作场所的布局和分区方案有利于分区管理，可有效隔离非辐射工作人员进入监督区，布局和分区合理。



10.1.3 辐射安全场所屏蔽设计方案

本项目 X-ray 室墙壁为 50mm 库板，地板和顶部为 15cm 混凝土。本项目拟使用的工业 CT 机自带钢铅结构的屏蔽体，X 射线管带有铅保护外壳，位于屏蔽体内部，工业 CT 机自带屏蔽参数见表 10-1。

表 10-1 工业 CT 机自屏蔽体参数一览表

设备型号		CA20 型
最大管电压、最大管电流		120kV, 225 μ A
主射线方向		**
圆锥束中心轴和圆锥边界夹角		**
整机外尺寸		**mm (长) \times **mm (宽) \times **mm (高)
铅玻璃尺寸		**mm (宽) \times **mm (高)
进出料口防护门尺寸		**mm (宽) \times **mm (高)
屏蔽厚度 (设备自带)	前部	**mm 铅板+**mm 钢板
	后部	**mm 铅板+**mm 钢板
	左部	**mm 铅板+**mm 钢板
	右部	**mm 铅板+**mm 钢板
	顶部	**mm 铅板+**mm 钢板
	底部	**mm 铅板+**mm 钢板
	防护门	**mm 铅板+**mm 钢板
	检修门	**mm 铅板+**mm 钢板
	观察窗	**mmPb

注：铅板密度为 11.3g/cm³，钢板密度为 7.8g/cm³。

10.1.4 工业 CT 机辐射安全与防护措施

(1) 工业 CT 机固有安全性

①开机时系统自检，开机后控制器首先进行系统诊断测试。若诊断测试正常，该设备会示意操作者可以进行出束操作；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

②当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，提醒操作人员发生了故障。

③当出束阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段。

④过电流保护，设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值时或高压对地放电时，设备会自动切断高压。

⑤过电压保护，设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

⑥继电保护，冷却循环油流量继电器、温度继电器及射线屏蔽室门开关的触点均为串联，在正常时均接通；若有一个没接通，不能达到高压。

(2) 工业 CT 机的防护措施

①安全联锁系统

本项目工业 CT 机设有门机联锁、多重开关等安全联锁系统。本项目工业 CT 机防护门安装了 2 个安全互锁传感器作为门机联锁装置；本项目工业 CT 机设有 1 个钥匙开关、1 个主电源开关，均设在设备正面。

具体实现如下：本项目安全联锁设计要求主电源开关打开、钥匙开关闭合、紧急停机按钮复位、防护门和检修门正常关闭、指示灯正常的情况下工业 CT 机才能启动和正常出束，一旦其中有一道设施未到位，工业 CT 机不能启动。X 射线出束期间，任何一道安全设施触发或者发生故障，X 射线立即切断出束，复位后 X 射线不会自动出束。

②紧急停机按钮

本项目的工业 CT 机在正面控制面板设有 1 个紧急停机按钮和一个主电源开关，发生紧急事故时可以迅速切断设备的电源或者按下紧急停机按钮，工业 CT 机立即停止出束。紧急停机按钮将标明功能和使用方法。

③警示设施和工作状态指示灯

建设单位将在工业 CT 机的正面张贴包含中文警示信息的“电离辐射警告标志”；X-ray 室门口将张贴“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”中文警示说明。本项目工业 CT 机顶部右侧设有工作状态指示灯，具有 3 种工作状态指示：工作人员设置管电流、管电压、曝光时间等参数后，单色指示灯亮，说明箱体防护门和检修门处于关闭状态，可安全开启射线源。启动曝光后，工作状态指示灯（单色）处于闪烁状态，实施扫描作业（此时射线处于打开状态）；达到预定的曝光时间后，射线停止出束，单色指示灯熄灭，完成曝光作业。建设单位将在 X-ray 室内醒目位置张贴工业 CT 机 3 种信号指示意义的中文说明。

④辐射监测设施

建设单位拟配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，定期使用便携式 X- γ 剂量率仪（每日 1 次）对工业 CT 机周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。此外，本项目为每位辐射工作人员配备 1 个个人剂量报警仪，拟将参考控制水平** $\mu\text{Sv/h}$ 设为个人剂量报警仪的报警阈值，当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员将立即停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作场所，并立即向辐射工作负责人报告。

建设单位拟为工业 CT 机设置 1 套固定式辐射探测报警装置，外挂在工业 CT 外部上。显示器设置在工业 CT 机正面，以便实时监控。

本项目辐射监测设施清单见表 10-2。

表 10-2 本项目辐射监测设施及防护用品清单

序号	防护用品名称	数量
1	个人剂量报警仪	**台
2	便携式 X- γ 剂量率仪	**台
3	个人剂量计	**个
4	固定式辐射探测报警装置	**台

⑤设备排风设计及穿线孔屏蔽

本项目工业 CT 机自带通风设施，拟设置排风孔防护罩，屏蔽厚度不低于同侧，不影响主箱体防护罩的屏蔽防护效果。本项目工业 CT 机排风扇排风量为**m³/h，主箱体体积约**m³，每小时排风次数为**次。本项目 X-ray 室室内配置空调系统，以维持作业环境的温湿度条件；机房未设置专用机械排气口，依托门缝的自然渗透实现室内空气的向外排出。从通风及辐射防护角度，X-ray 室作业过程中 X 射线电离空气产生的臭氧等污染物产生量较低，且机房采用负压设计，门缝自然渗透的排风方式可有效排出室内低浓度污染物，同时该方式与机房的辐射防护密闭要求相适配，符合 X 射线作业场所的通风及安全防护相关规范要求。

本项目工业 CT 机穿线孔设置铅防护罩，屏蔽厚度不低于同侧，不影响主箱体防护罩的屏蔽防护效果。

⑥监控摄像头

本项目工业 CT 机内拟设置监控摄像头，显示器可显示在电脑操作台。拟在 X-ray 室内及 X-ray 室东南侧过道各安装 1 个监控摄像头，显示器位于警卫中控室，可监视 X-ray 室内人员的活动。

10.1.5 辐射安全与防护措施符合性分析

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）各项具体要求，对本项目工业 CT 机的辐射防护设施及措施与标准对照分析，详见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射防护设施及措施与标准对照情况

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	设计情况	符合性
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。	本项目工业 CT 机自带屏蔽体，放在独立的房间（X-ray 室）内使用，充分考虑了邻近场所的辐射安全。本项目电脑操作台设置在工业 CT 机东南侧，避开了有用线束方向。	符合
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。	建设单位拟将 2 台工业 CT 机自带屏蔽体内部划为控制区，将控制区外整个 X-ray 室划为监督区。控制区通过实体屏蔽、门机联锁装置等进行控制，监督区通过警示说明和门禁等进行管理。	符合
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。	由表 11 理论估算结果可知，本项目运行对关注点人员的周剂量满足对职业工作人员不大于 100μSv/周，对公众不大于 5μSv/周的要求。 本项目工业 CT 机屏蔽体外关注点最高周围剂量当量率最大值为 0.25μSv/h，满足不大于 2.5μSv/h 的控制水平。	符合
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；	工业 CT 机上方为天台，人员不可到达，由表 11 理论估算结果可知，工业 CT 机上方屏蔽体外 30cm 的周围剂量率为**μSv/h。	符合

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 μ Sv/h。		
6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目的工业 CT 机防护门安装了 2 个安全互锁传感器作为门机联锁装置，只有在防护门关闭好的情况下安全回路才会接通，若门没有关好，门机联锁不能就绪，射线管无法出束。工业 CT 机内部无人进入，紧急情况使用紧急停机按钮可以停止工业 CT 机出束。设备运行过程中，任何一处可开启之处被外力开启时，会中断高压发生器的主供电，X 射线立即停止出束。	符合
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。	<p>本项目正常工作时，人员无需进入设备内部，因此在屏蔽体内部设状态指示灯和声音提示装置的要求不适用。</p> <p>本项目工业 CT 机顶部右侧设有工作状态指示灯，具有 3 种工作状态指示：工作人员设置管电流、管电压、曝光时间等参数后，单色指示灯亮，说明箱体防护门和检修门处于关闭状态，可安全开启射线源。启动曝光后，工作状态指示灯（单色）处于闪烁状态，实施扫描作业（此时射线处于打开状态）；达到预定的曝光时间后，射线停止出束，单色指示灯熄灭，完成曝光作业。</p> <p>建设单位将在 X-ray 室内醒目位置张贴工业 CT 机 3 种信号指示意义的中文说明。</p>	符合
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。	本项目工业 CT 机内拟设置监控摄像头，显示器可显示在电脑操作台。拟在 X-ray 室内及 X-ray 室东南侧过道各安装 1 个监控摄像头，显示器位于警卫中控室。	符合
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。	建设单位将在工业 CT 机正面张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，在 X-ray 室门口将张贴“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”中文警示说明。	符合
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。	<p>本项目正常工作时，人员无需进入设备内部，因此屏蔽体内安装紧急停机按钮或拉绳的要求不适用本项目。</p> <p>工业 CT 机正面机身处的显眼位置设有 1 个紧急停机按钮和 1 个主电源开关，发生紧急事故时不用穿过有用线束迅速切断装置的多项部件的电源，立即终止出束。紧急停机按钮将标明功能和使用方法。</p>	符合
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。	本项目工业 CT 机排风扇排风量为 **m ³ /h，主箱体体积约 **m ³ ，每小时排风次数为 **次。本项目 X-ray 室内配置空调系统，以维持作业环境的温湿度条件；机房未设置专用机械排气口，依托门缝的自然渗透实现室内空气的向外排出。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	建设单位拟为工业 CT 机设置 1 套固定式辐射探测报警装置，外挂工业 CT 机上。显示器设置在工业 CT 机正面，以便实时监控。	符合

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	工作人员作业前检查工业 CT 机门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施，发现异常立刻停止工作并查找原因，排查异常后才能继续工作。	符合
6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。	由于工业 CT 机工作时人员无需进入设备内，建设单位拟为每名辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪和个人剂量计，拟将参考控制水平 2.5 μ Sv/h 设为个人剂量报警仪的报警阈值，当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员将立即停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作场所，并立即向辐射工作负责人报告。	符合
6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	建设单位拟配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪用于日常辐射监测，对工业 CT 机周围剂量当量率进行巡测（每天 1 次），做好巡测记录。当测量值高于参考控制水平时，立刻停止工作并向辐射防护负责人报告并查找原因。计划每年一次委托有资质的第三方检测机构对工业 CT 机外的环境辐射水平进行年度检测。	符合
6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。	工作人员工作前先检查便携式 X- γ 剂量率仪是否正常工作，如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作时，则不能开始检测工作。	符合
6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。	在每次照射前，辐射工作人员需确认工业 CT 机各项安全联锁设施全部正常的情况下，工业 CT 机才能启动和出束，把潜在的辐射降到最小。	符合
6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。	本项目工业 CT 机较小，一般情况下人员无法进入。辐射工作人员在辐射工作前确认各项安全联锁系统正常的情况下，工业 CT 机才能启动，并开始辐射工作。	符合

从表 10-3 可知，建设单位拟采取的辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求等满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

10.1.6 日常检查与维护

（一）日常安全检查

工业 CT 机开机使用时检查防护门门-机联锁装置以及出束信号指示灯等辐射安全与防护措施，若发现任意一项安全措施异常应立刻停止辐射工作，排除异常后才能继续工作。每次工作开始前应进行检查的项目包括：

- （1）工业 CT 机外观是否完好；
- （2）电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- （3）防护门是否正常关闭；
- （4）安全联锁是否正常工作；
- （5）钥匙开关闭合、紧急停机按钮复位是否正常；

(6) 报警设备和警示灯是否正常运行；

(7) 固定式场所辐射探测报警装置、个人剂量报警仪及便携式 X- γ 剂量率仪是否正常运行。

(二) 设备维护

(1) 建设单位应对工业 CT 机维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由具备资质的厂家专业人员负责，由设备管理员做好维修维护记录。

(2) 设备维护包括射线装置的彻底检查和所有零部件的详细检查。

(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) 做好设备维护记录。

10.2 三废的治理

本项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示检测结果，不涉及胶片、显影液、定影液等感光材料废物，无放射性三废的产生。

工业CT机使用时，X射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧50分钟后自动分解为氧气，这部分废气产生量较少。本项目工业CT机排风扇排风量为**m³/h，主箱体体积约**m³，每小时排风次数为**次。本项目X-ray室室内配置空调系统，以维持作业环境的温湿度条件；机房未设置专用机械排气口，依托门缝的自然渗透实现室内空气的向外排出。工业CT机达到设备使用年限或是阴极射线管损坏进行更换时，会产生废旧阴极射线管，根据《国家危险废物名录》（2025年版），产生的废旧阴极射线管属于危险废物，属HW49其他废物（废物代码900-044-49），将委托有资质单位处置，拆除阴极射线管的探伤机在任何情况下均不会再产生X射线，可由企业按照一般设备报废的相关规定进行处置。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境影响

本项目使用成品电气设备，由生产厂家搬送至辐射工作场所现场，不涉及土建施工建设，不会产生施工废水和扬尘，同时不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体。本项目主要环境影响因子为设备搬运和安装时产生的噪声及设备包装材料等固体废物。

(一) 施工期噪声环境影响分析

设备搬运和安装时产生间歇性噪声和振动，搬运和安装工作将选在上午 8:00~12:00 或下午 14:00~17:00，避开午间和夜间休息时间，减少对项目周边人员产生的影响。

(二) 施工期固体废物环境影响分析

设备包装材料属于一般固废，经收集后交由资源回收单位处理，对周边环境不产生影响。

本项目建设期间不涉及射线装置的使用，不会对周边环境产生电离辐射影响，但在安装调试的过程中，需严格按照相关使用说明、相关管理制度执行。本工程规模较小，建设时间较短，对周边环境影响程度均仅局限在厂区内。通过控制作业时间、加强施工现场管理措施，对周围环境影响较小，且该影响是暂时的，随着建设期的结束而消除。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 工业 CT 机关注点剂量率控制水平

参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平：

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： $H_c \leq 20 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；公众： $H_c \leq 1 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

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

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots \dots \dots \text{式 (11-1)}$$

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，有用线束方向使用因子取 1，电脑操作

台会受到漏射线和散射线的影响，使用因子保守取 1；

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（h/周）。

b)关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ：

$$\dot{H}_{c,max} = ** \mu\text{Sv/h}$$

c)关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

\dot{H}_c 为上述 a)中的 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b)中的 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

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时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量率参考控制水平同探伤室墙和入口门外周围剂量当量率参考控制水平。

b)除上述 a)的条件外，应考虑下列情况：

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按探伤室墙和入口门外的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c （ $\mu\text{Sv/h}$ ）加以控制。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 A，不同场所与环境条件下的居留因子取值见下表 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 NCRP144。

根据各关注点环境性质，不同场所与环境条件下的居留因子取值见表 11-1。利用式 11-1 计算探伤室各关注点导出剂量率参考控制水平，相关计算参数和结果详见表 11-2、11-3。

表 11-2 1 号工业 CT 机屏蔽体外剂量率参考控制水平

关注点	1 号工业 CT 机左表面外 30cm	1 号工业 CT 机右表面外 30cm	1 号工业 CT 机后表面外 30cm	1 号工业 CT 机前表面外 30cm	1 号工业 CT 机下表面外 30cm
周剂量参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	**	**	**	**	**
周照射时间 t (h)	**	**	**	**	**
使用因子 U	**	**	**	**	**
居留因子 T	**	**	**	**	**
导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	**	**	**	**	**
关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	**	**	**	**	**
剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	**	**	**	**	**

表 11-3 2 号工业 CT 机屏蔽体外剂量率参考控制水平

关注点	2 号工业 CT 机后表面外 30cm	2 号工业 CT 机左表面外 30cm	2 号工业 CT 机右表面外 30cm	2 号工业 CT 机前表面外 30cm	2 号工业 CT 机下表面外 30cm
周剂量参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	**	**	**	**	**
周照射时间 t (h)	**	**	**	**	**
使用因子 U	**	**	**	**	**
居留因子 T	**	**	**	**	**
导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	**	**	**	**	**
关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	**	**	**	**	**
剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	**	**	**	**	**

11.2.2 辐射环境影响分析

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，本项目相关计算公式如下：

(1) 有用线束的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \bullet I \bullet B}{R^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-2)}$$

\dot{H} ——屏蔽体外关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_0 ——距辐射源点 1m 处的输出量, $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。根据厂家提供资料, 本项目滤过条件为**, 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, 本项目的 2 台工业 CT 管电压为 120kV 计算参照**kV X 射线在距辐射源点(靶点)1m 处输出量, H_0 取值为** $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$;

I ——工业 CT 机最高管电压下的常用最大管电流, mA, 本项目为 225 μA ;

R ——辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

B ——辐射屏蔽透射因子; 对于给定屏蔽物质厚度 X, 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下式计算:

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

X 为屏蔽物质厚度 mm, TVL 为 X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度 mm。

参考《辐射安全手册》(潘自强著)图 6-14, X 射线管电压为 120kV 时, TVL 铅取** mm, TVL 钢取**mm。

(2) 泄漏辐射的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时, 屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-4)}$$

\dot{H} ——屏蔽体外关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_L ——距辐射源点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$; 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 1 可知, 120kV 的 X 射线管组装体 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率 1000 $\mu\text{Sv/h}$;

R ——辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

B ——辐射屏蔽透射因子。

(3) 散射辐射的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时, 屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot I \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-5)}$$

\dot{H} ——屏蔽体外关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_0 ——距辐射源点 1m 处的输出量, $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$;

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

R_s ——散射体至关注点的距离，m；

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

B ——辐射屏蔽透射因子；

F —— R_0 处的辐射野面积， m^2 ； $F=\pi (\tan\theta \cdot R_0)^2$ ，该 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为**；

α ——散射因子，本项目保守取 $\alpha_w \times 10000/400$ ， α_w 参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.3 保守取**kV 时，入射辐射被表面为** cm^2 水模体散射至 1m 处的相对剂量比份 α_w 为**，则散射因子 α 为**。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 2，120kV X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 为 120kV，工业 CT 机圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 85°， $F \cdot \alpha / R_0^2 = \pi (\tan^{**\circ})^2 \cdot 0.04 = **$ 。

本项目圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为**°，工业CT机的左、右、前、后、上均存在主射线照射。保守计算，工业CT机屏蔽体外关注点周围剂量当量率除下方外均按有用线束计算。1号工业CT机和2号工业CT机大小一致，防护一致，因此本次选取代表性的1号工业CT机自屏蔽体外30cm处的周围剂量当量率进行分析。

本项目工业 CT 机 X 射线源可沿上下移动，移动距离为**m（以观察窗一侧为正面）。本项目工业 CT 机圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为**°。X 射线管距工业 CT 机前表面最近距离为**m，距工业 CT 机后表面最近距离为**m；X 射线管距工业 CT 机左表面最近距离为**m，右表面最近距离为**m；X 射线管距工业 CT 机上表面最近距离为**m，下表面最近距离为**m。在屏蔽体外 30cm 处设置参考点。

表 11-4 有用线束方向关注点外剂量率计算结果

位置	屏蔽物质厚度	透射因子 B	$\dot{H}_0 \text{ mGy} \times m^2 / (mA \times min)$	I(mA)	R (m)	$\dot{H} (\mu Sv/h)$	剂量率控制水平($\mu Sv/h$)
工业 CT 机左表面外 30cm (a)	**	**	**	**	**	**	**
工业 CT 机右表面外 30cm (b)	**	**	**	**	**	**	**
工业 CT 机前表面外 30cm (c, 防护门)	**	**	**	**	**	**	**

工业 CT 机前表面外 30cm (c, 观察窗)	**	**	**	**	**	**	**
工业 CT 机后表面外 30cm (d)	**	**	**	**	**	**	**
工业 CT 机上表面外 30cm (e)	**	**	**	**	**	**	**

注：工业 CT 机前表面外 30cm 按观察窗外 30cm 进行评价，本项目 R 值计算采用保守原则，未考虑屏蔽物质厚度，未考虑设备底部厚度尺寸。

表 11-5 泄漏辐射方向关注点外剂量率计算结果

序号	位置	屏蔽物质厚度	透射因子 B	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
1	工业 CT 机下表面外 30cm (f)	5.2mmPb+4mm 钢板	**	**	**	**

表 11-6 散射辐射关注点处剂量率计算结果

序号	位置	屏蔽物质厚度	透射因子 B	\dot{H}_0 mGy×m ² / (mA×min)	电流 I (mA)	R _s (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
1	工业 CT 机下表面外 30cm (f)	**	**	**	**	**	**

表 11-7 泄漏辐射与散射辐射叠加后剂量率计算结果

序号	位置	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	合计 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	工业 CT 机下表面外 30cm (f)	**	**	**	**

由表 11-4~11-7 计算结果可知，工业 CT 机运行时，工业 CT 机屏蔽体外 30cm 处的剂量率在**~** $\mu\text{Sv/h}$ 之间，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求，亦满足剂量率控制水平的要求。

11.3 辐射工作人员和公众人员受照剂量估算

个人年有效剂量计算公式如下：

$$H_{\gamma}=D_{\gamma} \times T \times t \times 10^{-3}(\text{mSv}) \dots \dots \dots \text{式 (11-6)}$$

式中：H_γ—γ辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

D_γ—γ辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T—居留因子；

t—年工作时间，h。

本项目拟配备**名辐射工作人员，均依托现有辐射工作人员，每台工业 CT 机拟配置**名工作人员。工业 CT 机投入使用后，预计每台工业 CT 机平均每天检测**个工作件，每个工作件检测出束时间平均**min，每台工业 CT 机每天出束**h。公司每周工作**天，年工作时间

为**周，每台工业 CT 周出束时间为**h，年出束时间为**h。

表 11-8 1 号工业 CT 机对工作人员和公众成员造成的最大年有效剂量

对象		辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	年曝光(工作)时间(h)	周曝光(工作)时间(h)	居留因子	年有效剂量(mSv/a)	周有效剂量($\mu\text{Sv/周}$)
工作人员	1 号工业 CT 机操作台	**	**	**	**	**	**
公众人员	1 号工业 CT 机左面(化学品室)	**	**	**	**	**	**
	1 号工业 CT 机右面(物料室)	**	**	**	**	**	**
	1 号工业 CT 机前面(过道)	**	**	**	**	**	**
	1 号工业 CT 机后面(电气室)	**	**	**	**	**	**
	1 号工业 CT 机下方(WB 前电浆清洗台)	**	**	**	**	**	**

表 11-9 2 台工业 CT 机对周围环境所造成的最大年有效剂量

对象		1 号工业 CT 机		2 台工业 CT 机总和	
		年有效剂量(mSv/a)	周有效剂量($\mu\text{Sv/周}$)	年总有效剂量(mSv/a)	周总有效剂量($\mu\text{Sv/周}$)
工作人员	1 号工业 CT 机操作台	**	**	**	**
公众人员	部品室、化学品室人员	**	**	**	**
	出胶室、物料室人员	**	**	**	**
	过道人员	**	**	**	**
	电气室人员	**	**	**	**
	WB 前电浆清洗台人员	**	**	**	**

表 11-10 本项目辐射工作人员连续 1 年的有效剂量(mSv)

姓名	2024 年 9-11 月	2024 年 12 月~2025 年 2 月	2025 年 3~5 月	2025 年 6 月	2025 年 7 月~9 月	合计
陈容海	**	**	**	**	**	**
陈娜冰	**	**	**	**	**	**
张燕群	**	**	**	**	**	**
朱志明	**	**	**	**	**	**

由表 11-8~表 11-10 可知，本项目的 2 台工业 CT 机对工作人员职业照射的最大年有效剂量值和周有效剂量值分别为** mSv/a 和** $\mu\text{Sv/周}$ ，由于本项目*名辐射工作人员为厂内现有工作人员，除从事本项目工作外仍需继续从事现有辐射工作。由表 11-7 依托的 4 名辐射工作人员连续一年的有效剂量统计结果可知，最大年有效剂量为** mSv ，叠加本次项目后为** mSv/a 。对公众照射的最大年有效剂量值和周有效剂量值分别为** mSv/a 和** $\mu\text{Sv/周}$ 。综上，本项目

符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）中的相关要求，也低于剂量约束值（工作人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a），亦满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“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 100μSv/周，对公众不大于 5μSv/周”的相关要求。

11.4 非放射性废物排放对环境的影响

（1）臭氧及氮氧化物

工业 CT 机开机出束时，工业 CT 机的 X 射线能量较低，X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧 50 分钟后自动分解为氧气。本项目由主机电脑控制出束成像，不洗片，无放射性三废产生，无废胶片、废显影液产生。

本项目工业 CT 机排风扇排风量为**m³/h，每小时排风次数为**次，主箱体体积约**m³，X-ray 室设置通风系统，对周围环境影响较小。

（2）固体废物

工业CT机达到设备使用年限或是阴极射线管损坏进行更换时，产生的废旧阴极射线管属于危险废物（依据《国家废物危险名录》危废代码为HW49），委托有资质单位处置，拆除阴极射线管的工业CT机在任何情况下均不会再产生X射线，可由企业按照一般设备报废的相关规定进行处置。

11.5 事故影响分析

按照原《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》（闽环保辐射[2013]10 号）要求，建设单位已编制《渠梁电子有限公司辐射事故应急预案》。

（一）可能发生的辐射事故

①装置防护门安全联锁发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线出束，X 射线泄漏使工作人员受到不必要的照射；

②装置防护门安全联锁失效，工作人员在取放工件的过程中，意外开启机器产生射线，导致工作人员被意外照射；

③装置检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启机器产生射线，使检修人员受到意外照射。

（二）事故等级

参考《实用辐射安全手册第二版》关于急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-11。

表 11-11 急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量 (Gy)	急性放射病发生率 (%)	辐射剂量 (Gy)	死亡率 (%)
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令 第 709 号）第 40 条关于辐射事故分级要求，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-12。

表 11-12 辐射事故分级

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡
重大辐射事故	II类放射源丢失、被盗、失控，或者射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾
较大辐射事故	射线装置失控导致 9 人以上（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

（三）辐射事故后果计算

以上事故情形均属于在无有效辐射防护屏蔽情况下，辐射工作人员遭受意外照射，辐射工作人员在工作期间或维修人员在检修期间，均要求佩戴个人剂量报警仪，个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，一旦发生辐射事故，工作人员立即断电，射线装置停止出束。

事故发生时工作人员与射线源距离按 1m 计算，单次辐射事故受照时间按 30s 保守计算，事故辐射剂量率取 1m 处有用线束剂量率进行估算。本项目工业 CT 机有用线束距辐射源点 1m 处剂量率为**mGy·m²/(mA·min)，则单次事故造成的人员可能受到的意外受照剂量为**

$\times 30 \div 60 \times **\text{mGy} \approx **\text{mGy}$ 。

由上可见，单次辐射事故中，人员可能受到的意外照射剂量超出年剂量限值，参照《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）第 40 条的分级规定评估各种事故可能的类别，本项目可能发生的辐射事故为“射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”的类别，属于一般辐射事故。

（四）辐射事故处置方案

一旦发生辐射事故，必须马上停机，切断总电源开关，对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施。其次对设备、设施进行安全检查，确定其功能和安全性能。事故发生后，立即启动本单位的辐射事故应急方案，按照事故应急响应程序处理，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报告。造成或者可能造成人员超剂量照射时，还应同时向当地卫生健康部门报告。事故处理完成后，应查找事故原因，分清事故责任，避免该类事故的再次发生。

（五）辐射事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设单位严格执行以下风险预防措施：

- （1）建设单位应定期对设备的各个安全装置进行检修和维护。
- （2）在辐射工作期间正确佩戴个人剂量报警仪，并定期检查个人剂量报警仪的运行情况。
- （3）设备的检修和维护工作应由具有资质的设备厂家工作人员来进行，检修时应采取可靠的断电措施，切断需检修设备上的电器电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修，禁止合闸”安全标志。
- （4）发生事故的风险主要在于建设单位的辐射安全管理情况，建设单位应定期完善辐射安全管理规章制度、操作规程，并严格执行，让辐射工作人员增强辐射安全意识，尽量避免辐射事故的发生。

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

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应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。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责。

渠梁电子有限公司成立了以封装工程技术部长林*强为辐射安全与防护管理领导小组组长；封装工程技术课长施*喆为辐射安全与防护管理领导小组副组长；朱*明（制程工程师）、张*群（制程工程师）、陈*冰（设备工程师）、陈*海（设备工程师）为成员的辐射安全与防护管理领导小组。

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、设备维修制度、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《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，应建立和实施放射防护管理制度和措施。

为规范管理本单位的辐射工作，有效预防和控制可能发生的辐射事故，强化辐射事故危害意识和责任意识，建设单位制定了《渠梁电子有限公司射线装置操作规程》《渠梁电子有限公司辐射防护和安全保卫制度》《渠梁电子有限公司射线装置操作人员岗位职责》《渠梁电子有限公司辐射事故应急预案》等相关制度，见表12-1。

表12-1 建设单位已制订的规章制度一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求成立的制度	建设单位已建立的管理制度	
	名称	内容
《操作规程》	《渠梁电子有限公司射线装置操作规程》	规定了辐射工作人员操作射线装置的流程，能减少辐射事故的发生。
《岗位职责》	《渠梁电子有限公司射线装置操作人员岗位职责》	明确了操作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任。
《辐射防护和安全保卫制度》	《渠梁电子有限公司辐射防护和安全保卫制度》	明确了辐射安全保卫、辐射防护管理要求。
《设备维修维护制度》	《渠梁电子有限公司射线装置设备保养检修制度》	明确了射线装置维护及保养、防护用品日常维护及保养、应对措施、规范记录等要求。
《辐射工作人员培训考核计划》	《渠梁电子有限公司辐射工作人员培训计划》	明确了辐射工作人员的培训、考核方式。

《监测方案》	《渠梁电子有限公司工业CT机个人剂量和辐射环境监测方案》	明确了个人剂量监测、辐射环境监测方案。
《有完善的辐射事故应急措施》	《渠梁电子有限公司辐射事故应急预案》	明确了应急管理机构及职责、辐射事故应急处理程序、事故报告等内容。

12.3 辐射工作人员的培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定：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。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每五年接受一次再培训。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）参加辐射安全与防护培训，参加相关考试并通过考核，做到持证上岗。

本项目依托的*名辐射工作人员均在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加了辐射安全与防护知识培训，并通过考核。

12.4 辐射监测

本项目使用II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应“配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、固定式和便携式辐射监测等设备。

渠梁电子有限公司拟为本项目配备*台便携式 X-γ剂量率仪，*台个人剂量报警仪，*个固定式辐射探测报警装置。

为保护环境和辐射工作人员及公众健康，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等的要求。渠梁电子有限公司针对本项目制定相应的辐射监测计划，包括：

1、辐射工作人员个人剂量监测

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：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复

制件。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

建设单位将按照有关要求，对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作。委托检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人受照剂量，监测周期为 3 个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

在现有的核技术利用项目管理中，建设单位委托了检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，根据最新 4 个季度的个人剂量检测报告，现有辐射工作人员的年有效剂量均低于评价标准提出的工作人员的年有效剂量约束值。

2、年度常规监测

根据《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）的相关规定，使用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，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。渠梁电子有限公司将执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对渠梁电子有限公司的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前上报原发证机关。

3、竣工环保验收

渠梁电子有限公司应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环保部公告 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，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。本项目环保设施验收期限一般不超过 3 个月，需要对该类环保设施进行调试或者整改的，验收期限可适当延期，但最长不超过 12 个月。

4、工作场所和周围环境监测

建设单位拟为每位辐射工作人员各配备 1 个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪，并在工

作期间佩戴好，个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。将 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 设为个人剂量报警仪的报警阈值，当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作区域，并立即向辐射工作负责人报告。

建设单位拟为工业 CT 机设置 1 套固定式辐射探测报警装置，外挂在设备上。显示器设置在 CT 机正面，以便实时监控。

渠梁电子有限公司制定的辐射监测计划见表 12-2。

表 12-2 辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率	监测方式
工业 CT 机	防护性能	工业 CT 机自屏蔽体上、前、后、左、右 30cm 处，管线孔；自屏蔽体周围 50m 内的巡测及人员经常停留位置。	周围剂量当量率	每日 1 次	自行监测
				每年 1 次	委托有资质单位监测
	安全联锁	实测并检查	安全	每次使用前	自行检查
辐射工作人员		佩带个人辐射剂量计	年有效剂量	操作时，常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月	送有资质单位检测
外环境		实测	周围剂量当量率	每年 1 次	委托有资质单位监测
竣工环境保护验收监测		工业 CT 机自屏蔽体上、前、后、左、右 30cm 处，管线孔；自屏蔽体周围 50m 内的巡测及人员经常停留位置。	周围剂量当量率	本项目运行后监测 1 次	委托有资质单位监测

建设单位制定的工作场所辐射监测计划满足相关法律法规的要求，在原核技术利用项目中，按要求定期对射线装置周围剂量当量率进行了巡测并做好记录，并委托检测机构对辐射设备的环境辐射水平进行年度检测。在后续的管理中，建设单位应严格按照监测计划做好环境辐射监测工作。

12.5 辐射事故应急

为确保公司射线装置的正常、安全使用，及时有效地预防和应对突发的辐射事故，提高应急响应能力，避免或减少因辐射事故造成的人员伤害和财产损失，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的规定，特制定本辐射事故应急预案。

公司成立应急组织小组，作为辐射事件应急处置的决策领导机构，下设四个应急小组：警戒疏散组、抢险抢修组、应急监测组、通讯联络组。

(1) 应急总指挥由辐射设备主要管理人员李政鸿担任（主要责任人员）。

(2) 应急副总指挥由辐射设备主要管理人员范志恒担任。

(3) 应急办公室：主任王*元、组员卢*。

(4) 警戒疏散组：组长为吴*志，组员：黄*鹏。

(5) 抢险抢修组：组长为钟建阳，组员：陈*强、张*辉。

(6) 通讯联络组：负责人张*东。

(7) 应急监测组：负责人卢*。

(一) 平时应急准备

贯彻上级部门放射事故应急工作的法规和政策，积极培训专业技术人员，掌握应急处理与现场救护能力。

维护好辐射防护设施，监测报警仪器，个人剂量计，使之处于良好状态。

公司车辆、机具在应急状态下听从应急小组统一指挥。

(二) 发生事故的应急处理

1、对人员产生超剂量照射的辐射事故

主要情况：管理制度执行不严，射线工作场所管理不善，对人员造成超剂量的照射，引发射线对人体的伤害；射线装置发生故障，如管电压、管电流和曝光时间控制失灵，稳压系统出现故障等，使射线质量、方向（在不切断电源的情况下）失去控制，对人体产生超剂量照射；设备维护、检修状态下，维护检修人员违规操作，处理不善，可能造成对自身的误照射。

应急措施：

(1) 要迅速切断电源，控制并保护好事故现场，同时启动应急处理程序，及时救治受到超剂量照射的人员。

(2) 向上级相关部门进行报告，协助做好辐射工作场所的监测和控制工作；做好受照人员体检、治疗的工作。

(3) 按要求对辐射事故现场进行修复，使其达到相关标准的水平要求。

(4) 将事故的发生、处理过程情况详细记录并存档。

2、其他辐射事故

发现人员要在发现辐射事故时立即上报厂应急领导小组。辐射事故应急领导小组根据事故性质马上做出反应，启动事故应急程序，向上级相关部门报告情况，将事故控制在初发状态。

(三) 应急处理的结束

当辐射事故因素已经消失，应急结束后，应急领导小组召开事故分析会，总结教训，对

事故责任单位与责任人做出处理。对事故的全部材料存档，按上级要求进行上报。做好辐射事故的善后工作。

12.6 竣工环境保护验收内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》相关规定，建设项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。本项目竣工环境保护验收内容详见表 12-3。

表 12-3 本项目竣工环保验收内容

验收内容	验收要求	验收标准
设立辐射安全管理机构或指派辐射管理专职人员	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条（一）
辐射安全与防护措施	<p>（1）本项目工业 CT 机设有安全连锁系统。</p> <p>（2）本项目工业 CT 机顶部右侧设有工作状态指示灯，具有 3 种工作状态指示：工作人员设置管电流、管电压、曝光时间等参数后，单色指示灯亮，说明箱体防护门和检修门处于关闭状态，可安全开启射线源。启动曝光后，工作状态指示灯（单色）处于闪烁状态，实施扫描作业（此时射线处于打开状态）；达到预定的曝光时间后，射线停止出束，单色指示灯熄灭，完成曝光作业。建设单位将在 X-ray 室内醒目位置张贴工业 CT 机 3 种信号指示意义的中文说明。</p> <p>（3）本项目拟在 X-ray 室内及 X-ray 室东南侧过道各安装 1 个监控摄像头，显示器位于警卫中控室，可监视 X-ray 室内人员的活动。</p> <p>（4）建设单位将在装置正面张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，在 X-ray 室门口将张贴“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”中文警示说明。</p> <p>（5）工业 CT 机正面机身处的显眼位置设有 1 个紧急停机按钮。</p>	《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）
辐射安全管理措施	<p>（1）制定相应的辐射规章制度和应急预案，规章制度应张贴在墙面显眼位置。</p> <p>（2）辐射工作人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加辐射安全与防护知识培训和考核，持证上岗。</p> <p>（3）每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，并按时报送辐射安全年度评估报告。</p> <p>（4）成立辐射事故应急小组，明确小组成员分工与职责，并定期进行应急培训与演练。</p> <p>（5）项目取得环评批复后，建设单位应向生态环境主管部门办理辐射安全许可证。</p>	<p>《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》</p> <p>《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》</p>
周围剂量当量率监测情况	屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率应不大于参考控制水平。	《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）
个人剂量监测和人员职业健康监护	委托检测机构为辐射工作人员进行个人剂量监测：每人配备 1 个个人剂量计，定期回收读出个人剂量计，监测周期为 3 个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

<p>环境辐射剂量巡测仪、个人剂量报警仪</p>	<p>本项目拟为每位辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪，并在工作期间佩戴好，个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求；配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪，定期使用便携式 X-γ剂量率仪（每日 1 次）对工业 CT 机周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录；建设单位拟为工业 CT 机设置 1 套固定式辐射探测报警装置，外挂在设备上。显示器设置工业 CT 机正面，以便实时监控。</p>	<p>《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条（四）</p>
--------------------------	--	-------------------------------------

表 13 结论与建议

13.1 结论

渠梁电子有限公司拟在福建省泉州市晋江市集成电路科学园建兴路 368 号 2#生产厂房（P1 单元）4 楼 X-ray 室使用 2 台 CA20 型工业 CT 机（最大管电压 120kV，最大管电流 225 μ A，属于 II 类射线装置），用于检测芯片内部的缺陷。

（1）辐射安全与防护分析结论

辐射安全与防护分析表明，本项目射线装置的辐射屏蔽设计方案、工作场所布局和分区、各项辐射安全与防护措施等均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等国家相关标准的要求。辐射安全管理措施分析表明，建设单位制定了较完善的辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，人员培训和辐射监测计划等均符合相关法规的要求。

（2）环境影响分析结论

理论分析表明，项目正常运行时，工业 CT 机实体屏蔽外关注点的辐射水平均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定的周围剂量当量率控制要求；辐射工作人员和周围公众的有效剂量分别低于职业照射和公众照射剂量约束值，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（3）可行性分析结论

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目使用的工业 CT 机属于鼓励类“十四、机械中的 1、科学仪器和工业仪表，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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

工业 CT 机的应用具备其他技术无法替代的特点，可对材料内部是否存在缺陷进行判断，对减少因材料质量问题对生产造成的影响起到十分重要的作用，具有明显的社会效益和经济效益。本项目工业 CT 机在使用过程中产生电离辐射，对周围环境产生一定影响，但在使用过程中采取了必要的防护措施减少本项目的辐射影响，使本项目的辐射影响在相应的标准范围内。因此项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

（4）总结论

综上所述，渠梁电子有限公司 2 台工业 CT 机项目符合国家产业政策和实践正当性的原则。在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，企业将具备相应从事的辐射活动的技术能力，本项目投入运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议与承诺

(1) 对本评价提出的辐射管理和辐射防护措施，建设单位应尽快落实，在项目建设同时，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”；

(2) 建设单位应安排本项目所有辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习、考试，取得考核合格证书后方能上岗。同时按照国家法律法规要求给辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检，并建立个人剂量监测档案；

(3) 建设单位应安排本项目所有辐射工作人员参加职业健康体检，并为辐射工作人员建立职业健康档案；

(4) 本项目环评批复后，建设单位应及时向生态环境主管部门办理辐射安全许可证重新申领手续并按要求开展竣工环境保护验收工作；

(5) 建设单位如需增加本报告表所涉及之外的射线装置或对其使用功能进行调整，则应按有关要求向生态环境主管部门进行申报，并采取相应的辐射防护措施。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
经办人：	盖章 年 月 日
审批意见：	
经办人：	盖章 年 月 日