

核技术利用建设项目

福州六和金属科技有限公司
2 台工业 CT 机项目

环境影响报告表



福州六和金属科技有限公司

二〇二五年一月

核技术利用建设项目

福州六和金属科技有限公司 2 台工业 CT 机项目

环境影响报告表



建设单位名称：福州六和金属科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：福建省闽侯县青口镇新城西路 11 号

邮政编码：350100 联系人：李懋

电子邮箱： 联系电话：13960917820

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	10
表 3	非密封放射性物质	10
表 4	射线装置	11
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6	评价依据	13
表 7	保护目标与评价标准	15
表 8	环境质量和辐射现状	22
表 9	项目工程分析与源项	25
表 10	辐射安全与防护	31
表 11	环境影响分析	40
表 12	辐射安全管理	52
表 13	结论与建议	56
表 14	审批	59
附件 1	委托书	
附件 2	辐射管理机构 and 责任人工作职责	
附件 3	放射工作人员防护管理制度	
附件 4	X 射线数字成像检测系统工作人员岗位职责	
附件 5	X 射线数字成像检测系统安全操作规程	
附件 6	辐射防护和安全保卫制度	
附件 7	设备检修维护制度	
附件 8	人员培训计划、监测方案	
附件 9	辐射事故应急预案	
附件 10	环境现状检测报告	
附件 11	厂家提供的参数说明	
附件 12	项目工业 CT 机周围剂量检测报告	

表 1 项目基本情况

项目名称		福州六和金属科技有限公司 2 台工业 CT 机项目				
建设单位		福州六和金属科技有限公司				
法人代表		***	联系人	李懋	联系电话	***
注册地址		福建省闽侯县青口镇新城西路 11 号				
项目建设地点		福建省闽侯县青口镇新城西路 11 号				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		850	项目环保投资 (万元)	35	投资比例(环保 投资/总投资)	4.1%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	60
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			
其它						

1.1 建设单位情况

福州六和金属科技有限公司成立于 2022 年 05 月 20 日，位于福建省福州市闽侯县青口镇新城西路 11 号，法定代表人为宗绪顺，所属行业为汽车制造业，主要从事汽车零部件制造。

1.2 项目由来

为满足生产需要，福州六和金属科技有限公司拟新增 1 台型号为“RG-AI-ROBCII”的在线 X 光检测设备，转台式零部件智能检测系统（以下简称 1 号工业 CT 机），和 1 台型号为“NAOMi-CT 3D-L”的桌面式 CT 设备（以下简称 2 号工业 CT 机），两台工业 CT 机均自带屏蔽体，用于检测公司生产的零部件等的工艺和质量。

本项目预计新增辐射工作人员 4 人，在投入使用前应取得核技术利用辐射安全与防护考核合格成绩单。福州六和金属科技有限公司无其他核技术利用设备，本次属公司首次开展核技术利用建设项目，项目 2 台工业 CT 机基本情况详见表 1.2-1

1.2-1 本项目射线装置参数一览表

射线装置	型号	管电压 (kV)	管电流 (mA)	类别	所在场所	数量
转台式零部件智能检测系统	RG-AI-ROBCII	225	15	II 类	低压车间内西北侧 CT 检测区	1 台
桌面式 CT 设备	NAOMi-CT 3D-L	100	10	II 类		1 台

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，本次拟建的 2 台工业 CT 机均属于 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》（修订本）（国务院令 653 号）、《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）、《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）等国家辐射环境管理相关法律法规的规定，福州六和金属科技有限公司 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。

福州六和金属科技有限公司于 2024 年 6 月正式委托福建九邦环境检测科研有限公司进行辐射环境影响评价（委托书详见附件 1）。福建九邦环境检测科研有限公司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本项目环境影响报告表。

1.3 项目地理位置及周边概况

福州六和金属科技有限公司位于福建省福州市闽侯县青口镇新城西路 11 号，项目地理位置见图 1.3-1。福州六和金属科技有限公司 2 台工业 CT 机项目位于福州六和金属科技有

限公司厂区内压铸车间西北侧 CT 检测区内，占地面积约为 60m²，项目 CT 检测区与本项目车间相对位置图及周边情况示意图见图 1.3-2。项目所在低压车间北侧隔道路为机加工车间；西侧为厂区道路，隔道路为厂区内预留；东侧为厂区道路，隔道路为厂区配套用房；南侧为厂区道路，隔道路为厂区外空地。

福州六和金属科技有限公司 2 台 CT 机均位于低压车间西北侧 CT 检测区，占地面积约为 60m²，项目占地四周情况见表 1.3-1，平面布置图见图 1.3-3，四周分布情况见图 1.3-4。

表 1.3-1 CT 机四周情况一览表

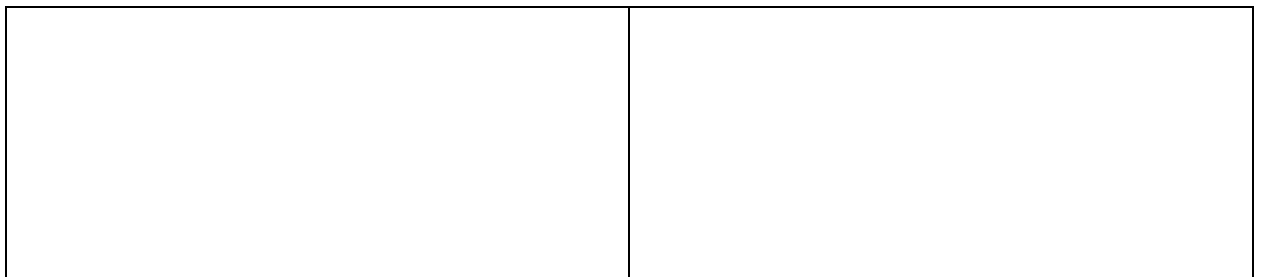
方位	低压车间西北侧 CT 检测区	距离
东侧	仓库区	10m
南侧	热处理区	4m
北侧	荧光检测区	3m
西侧	车间内过道	0m
楼上	一层建筑，楼上为房顶，无人员到达	/
楼下	无地下室（无人员到达）	/



图 1.3-1 项目地理位置图

图 1.3-2 CT 机相对厂区位置及周边情况图

图 1.3-3 车间平面布置图



CT 机所在位置（检测区）	南侧热处理区
北侧荧光检测区	东侧仓库区
	/
西侧车间内过道	/

图 1.3-4 CT 室及四周照片

备注：项目 1 号 CT 机向东，主束方向向上；2 号 CT 机向西，主束方向向南

图 1.3-5 项目 CT 检测区 2 台 CT 机布置图

1.4 项目可行性分析

（1）产业政策相符性分析

根据《产业结构调整指导目录(2024 年本)》，本项目属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》鼓励类中第六类“核能”中的第 6 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，因此本项目建设符合国家当前产业政策。

（2）实践正当性分析

本项目的建设有利于提高公司所生产的产品质量以及竞争力，在保障公司生产的零部件质量的同时也创造更大的经济效益和社会效益，符合辐射防护“实践的正当性”原则。本项目考虑了经济和社会的因素之后，通过探伤室辐射防护措施将辐射环境影响保持在可合理达到的尽量低的水平，符合辐射防护“最优化”原则。本项目通过对潜在照射所致危险实时控制，使本项目所引起的个人照射可满足剂量限值要求，符合辐射防护“剂量限值”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。

（3）与《闽侯县国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性分析

项目符合《闽侯县国土空间总体规划（2021-2035 年）》的管控要求，根据闽侯县国土空间规划分区图，本项目所在区域不在城镇开发边界、永久基本农田保护红线、生态保护

红线三条控制线范围内，项目所在区域不占用城镇空间、农业空间和生态空间。

因此，本项目符合《闽侯县国土空间总体规划（2021-2035年）》要求。

（4）与“三线一单”分区管控方案符合性分析

1、生态保护红线

本项目位于福建省福州市闽侯县青口镇新城西路福州六和金属科技有限公司现有压铸车间内。项目周边无国家公园、自然保护区、森林公园的生态保育区和核心景观区、风景名胜区的核心景区、地质公园的地质遗迹保护区、世界自然遗产的核心区和缓冲区、湿地公园的湿地保育区和恢复重建区、饮用水水源的一级保护区、水产种质资源保护区的核心区和其他需要特别保护或法律法规禁止开发的区域。因此，项目建设区不涉及生态保护红线。

2、环境质量底线

根据辐射环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率处于正常本底水平。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，放射性废气和放射性固体废物等均采取了合理、有效、可行的处理措施，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境现状，不会突破当地环境质量底线。

3、资源利用上限

本项目营运过程中会消耗一定量的电源等，主要来自工作人员操作过程和贮存过程的设施用电，但项目资源消耗量较少，不会突破能源利用上线，符合资源利用上线要求。

4、环境准入负面清单

根据《福建省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的通知》（闽政〔2020〕12号）和《福州市生态环境分区管控方案（2023年更新）》（榕政办规〔2024〕20号）相关要求并对照福建省生态环境分区管控数据应用平台查询数据分析，项目所在位置属于福建省福州市陆域区域，本项目位于福建闽侯青口汽车工业园区内。符合性分析具体见下表1.4-1。

表 1.4-1 与闽侯县生态环境准入清单符合性分析

单元名称	类别	管控要求		本项目情况	符合性
福建闽侯青口汽车工业园区（ZH35012120001）	重点管控单元	空间布局约束	1.禁止在园区及其上游汇水区域内新建畜禽养殖项目。 2.现有电镀企业不得进行改、扩建，限制新建电镀企业。 3.严格限制新建、扩建食品、轻工、石材、建材等与园区规划产业不符的项目。 4.居住用地周边禁止布局潜在废气扰民的建设	本项目为工业探伤项目。符合空间布局要求	符合

		项目。		
	污染物排放管控	1.完善建设污水收集管网，做到雨污分流，保证园区内所有工业废水、生活污水纳入污水处理厂处理并达标排放。 2.根据区域发展需要择机建设电镀中心，实现污染物集中控制。 3.落实新增 VOCs 排放总量控制要求。	本项目不涉及废水排放，本项目不涉及电镀；项目不涉及 VOCs 排放。	符合
	环境风险防控	1.建立健全环境风险防控体系，制定环境风险应急预案，建设事故应急池，成立应急组织机构，防止在处理安全生产事故过程中产生的可能严重污染水体的消防废水、废液直接排入水体。 2.应采取有效措施防止园区建设对区域地下水、土壤造成污染。	项目为工业 CT 机项目，项目将编制辐射事故应急预案	符合
	资源开发效率要求	使用燃煤锅及燃油锅炉企业尽快进行能源改造，近期可使用生物质颗粒，远期鼓励以 LNG 或电能替代其它能源。	项目使用电能为能源	符合

综上所述：项目建设符合“三线一单”控制要求。

(5) 与《闽侯县青口镇总体规划（2010-2030）》符合性分析

根据《闽侯县青口镇总体规划》(福州中心城区汽车城分区规划青口片区)(2010-2030)，“青口汽车城园区功能定位为汽车整车生产园区、零部件生产区、总成配套产业园区、精细化工、再生材料产业区、新兴物流园区、汽车服务贸易区、综合性汽车销售展示服务区、汽车产业研发教育区、汽车配套产业区、综合配套产业区和休闲旅游度假区等多个组团”；“土地功能定位为二类工业用地”；“零部件产业区位于中心绿轴西侧、整车生产区南部及东西台组团。联合形成汽车零部件产业集群的规模发展”。

本项目作为汽车用副车架生产配套工业 CT 机项目，入驻青口汽车城园区，并按总体规划进行合理布局，因此选址符合《闽侯县青口镇总体规划》（福州中心城区汽车城分区规划青口片区）（2010-2030）。

青口汽车城产业布局见图 1.4-1。

图 1.4-1 本项目与闽侯县青口镇总体规划位置关系图

(6) 与《福州青口投资区环境影响报告书》及审查意见符合性

表 1.4-2 规划环评及审查意见符合性分析

类别	报告书产业规划及规划审查要求	本项目情况	符合性
产业政策要求	限制引入： 钢铁、冶金等大气污染严重行业；屠宰及肉类、蛋类加工；味精、柠檬酸、氨基酸制造，淀粉，淀粉糖等制品；含洗毛、染整、脱胶工段的纺织项目；有蚕蛹废水、精炼废水等的丝绸项目；制革，毛皮鞣制；纸浆制造，造纸(含废纸造纸)；基本化学原料制造，化学肥料制造，化学农药制造，化学染料制造，合成染料制	项目主要从事汽车零部件配套工业 CT 机项目，属于园区鼓励类行业	符合

	造, 助剂及其它有机产品制造, 有机化工原料及中间体制造, 合成材料制造, 合成树脂及其它高分子材料制造, 专用化学品制造, 生物化工, 感光材料制造, 磁性记录材料制造, 日用化学品制造等; 化学药品制造, 生物制品; 化学纤维制造; 电镀(区域内允许建设一个规模化的电镀中心, 并要求采用清洁生产工艺), 对于电子、食品、轻工、石材、建材等现有行业应限制其生产规模和用地规模的进一步扩大, 规划区内限制新建此类项目		
	鼓励 与汽车工业、汽车零配件加工等机械加工行业相关的产业进入规划区		
清洁生产要求	福州青口投资区按照《清洁生产促进法》和“高效率、高标准、高起点建设”的要求, 本着“清洁生产, 源头控制”的原则, 在引进企业的控制上, 要求入区企业必须生产工艺是国内外先进水平的, 能耗、水耗和污染物产生量是同行业中前沿水平的, 废物利用和处置是符合循环经济理念的。	项目能耗、水耗低, 污染物排放量少, 清洁生产满足Ⅱ级(国内清洁生产先进水平)清洁生产的要求	符合
能源要求	发展清洁能源, 规划区内严格禁止燃煤锅炉上马, 逐步限制燃油锅炉, 鼓励以 LNG 或电能替代其它能源;	本项目能源均采用电	符合

(7) 与《福州青口投资区环境影响跟踪评价报告》符合性分析

规划跟踪评价报告中产业政策要求: 禁止在规划区及其上游汇水区域内新建畜禽养殖项目, 现有的畜禽养殖项目应在规划中期内全部搬迁取缔。对于电子、食品、轻工、石材、建材等现有行业应限制其生产规模和用地规模的进一步扩大, 规划区内限制新建此类项目, 鼓励与汽车工业、汽车零配件加工等机械加工行业相关的产业进入规划区。鼓励发展循环经济。

本项为汽车零部件生产配套 CT 机项目, 属于园区鼓励类的产业。符合规划环评跟踪评价报告要求。

1.5 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和减少到“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。

1.6 项目环保投资

本项目环保投资明细见表 1.6-1。

表 1.6-1 项目环保投资一览表

序号	项目	投资金额(万元)
1	辐射安全装置和保护措施（电离辐射警告标志警戒线（绳）、警告牌等）	3
2	个人剂量监测、辐射安全与防护培训及考核	6
3	辐射监测仪器	10
4	危险废物处置费用	2
5	环境影响评价费用	6
6	辐射安全规章制度上墙、竣工环保验收	8
合计		35

本项目总投资 850 万元，其中环保投资 35 万元，占总投资的 4.1%。今后在项目实践过程中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

17 原有核技术利用项目情况

建设单位此前未开展过核技术利用项目，未持有过辐射安全许可证，本项目为首次申请核技术利用项目。

福州六和金属科技有限公司至今，未受到环境违法处罚。

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	理化性状	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	转台式零部件智能检测系统	II 类	1	RG-AI-ROBC II	225	15	产品质量检测	压铸车间内西北侧 CT 检测区	/
2	桌面式 CT 设备	II 类	1	NAOMi-CT 3D-L	100	10	产品质量检测		

(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	气态	/	/	少量	少量	/	通风排放	最终排入大气
氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	通风排放	最终排入大气

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

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订版），2019 年 3 月 18 日；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 7 月 16 日修订；</p> <p>(6) 《关于发布射线装置分类办法的公告》，2017 年 12 月 6 日；</p> <p>(7) 《关于发布放射源分类办法的公告》，2005 年 12 月 23 日</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，2020 年 11 月 30 日；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 修正版）生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 3 月 24 日；</p> <p>(11) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，2007 年 6 月 3 日；</p> <p>(12) 《关于核技术利用辐射按照与防护培训和考核有关事项的公告》中华人民共和国生态环境部，2019 年 12 月 23 日；</p> <p>(13) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度》，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(14) 《关于印发《关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求》的通知》环发[2007]8 号；</p> <p>(15) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，2016 年 3 月 17 日；</p> <p>(16) 《产业结构调整指导目录》（2024 年本）；</p> <p>(17) 《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》，2013 年 3 月 15 日。</p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《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>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），2023 年 3 月 1 日实施；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单（GBZ/T250-2014/XG1-2017）；</p> <p>(6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p>

其他	<p>(1) 委托书 (见附件 1);</p> <p>(2) 《辐射防护技术与管理》(张丹枫赵兰才编著) 第一卷;</p> <p>(3) 《辐射防护导论》(方杰主编);</p> <p>(4) X 射线装置技术参数。</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)中的相关要求,“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)。”本项目为使用 II 类射线装置,且本项目工业 CT 机自带屏蔽体。因此,本项目评价范围为 CT 检测区外 50m 范围。CT 机评价范围见图 1.3-1。

7.2 保护目标

本项目辐射环境评价范围内均无居民点、学校等敏感目标分布。区内保护目标包括职业工作人员周围加工车间工人及偶尔经过的公众人群。本项目周围主要环境保护目标见表 7.2-1。

表 7.2-1 本项目放射源库周围主要环境保护目标

场所	保护目标	方位	距离	人数	管理限值 (mSv/a)
CT 检测区(1号工业CT机)	辐射工作人员	本项目	/	2	5
CT 检测区(2号工业CT机)			/	2	
荧光探伤区	公众	北侧	3m	2	0.25
机加工车间		北侧	31m	6	
车间内过道		西侧	紧邻	2	
车间外道路		西侧	9m	2	
热处理工程区		南侧	4m	1	
后处理工程区		东南侧	8 m	5	
仓库区		东侧	11 m	1	
模具烘烤区		东北侧	26 m	3	
低压工程区		东南侧	38 m	6	
车间北侧过道		北侧	22 m	2	
车间门口		东侧	46 m	2	
周转区		东南侧	47 m	1	

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

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当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）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。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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（但不可做任何追溯性平均），20mSv。

B) 任何一年中的有效剂量，50mSv

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众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。

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

表 7.3-1 本项目相关标准限值

对象	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： 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任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： 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。

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。

6.4.1.2 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全防护措施的性质和范围。

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。

11.4.3.2 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。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 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，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T26837 的要求。

5.1.2 工作前检查项目应包括：

a) 探伤机外观是否完好；

- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全连锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

a) 使用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；

- b) 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；
- c) 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；
- d) 应做好设备维护记录。

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 GBZT250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平,对放射工作场所,其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

6.1.5 探伤室应设置门-机连锁装置，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 GB18871 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。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条~第 7.4 条的要求。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

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

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及第 1 号修改单

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。探伤室屏蔽要求如下：

3.1.1 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_e 和导出剂量率参考控制水平（ H_{e-d} ）：

1) 人员在关注点的周剂量参考水平 H_e 如下：

职业工作人员： $H_e \leq 100 \mu\text{Sv/周}$

公众： $H_e \leq 5 \mu\text{Sv/周}$

2) 相应 H_e 的导出剂量率参考控制水平 H_{e-d} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按下式计算

$$H_{e-d} = H_e / (t * \mu * T)$$

式中：

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

μ ——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使用因子；

t ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/每周）。

t 按下式计算：

$$t = W / (60 * I) \dots\dots\dots (2)$$

W——X射线探伤的周工作负荷（平均每周X射线探伤照射的累积量“mA*min值”），mA*min/周；

60——小时与分钟的换算系数；

I——X射线探伤装置在最高管电源线的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。

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

c) 关注点剂量率参考控制水平 H_e 为上述 H_{e-d} 和 $H_{e, \max}$ 二者的较小值

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 探伤室上分已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物的自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面30cm处和（或）该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同3.1.1。

b) 除3.1.2 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的关注点的剂量率总和，应按3.1.1 c) 的剂量率参考控制水平 H_e （ $\mu\text{Sv/h}$ ）加以控制。

2) 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以取 $100 \mu\text{Sv/h}$ 。

本项目相关限值采用标准见表7.3-2。

表 7.3-2 本项目相关标准限值

项目	内容	相关限制	标准名称
连续5年的年平均有效剂量限值	辐射工作人员	20mSv	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)
年有效剂量限值	非辐射工作人员	1mSv	
管理限值	辐射工作人员	5mSv/a	辐射工作人员取连续5年年平均有效剂量限值的1/4作为管理限值
	非辐射工作人员	0.25mSv/a	非辐射工作人员取年有效剂量限值的1/4作为管理限值
周围剂量当量率控制目标值	关注点最高周围剂量当量率参考控制水平	$\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$	《工业X射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015)
剂量率参考控制水平	探伤室外表面30cm处剂量率控制值	$\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$	《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)
	对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶表面30cm处剂量率控制值	$\leq 100 \mu\text{Sv/h}$	《工业X射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015)

表 8 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在地的辐射环境质量现状，福建九邦环境检测科研有限公司委托福建宏邦检测技术有限公司于 2024 年 6 月 26 日对本项目工作场所及其周围环境进行 γ 辐射剂量率背景水平调查。

8.1 环境现状监测点位、监测因子

(1) 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)中“5.3.3 射线装置”的辐射环境监测内容，结合本项目评价范围(CT 检测区外 50m 范围)，本项目工业 CT 机所放置位置、CT 检测区周边及厂房外道路，监测点位见表 8.1-1。监测点位见图 8.1-1。

(2) 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率

表 8.1-1CT 检测区周边监测点位情况表

点位编号	检测点位	检测指标
R1	设备拟安装位置	γ 辐射空气吸收剂量率
R2	设备北侧荧光探伤区	
R3	设备北侧机加工车间	
R4	设备西侧车间内过道	
R5	设备西侧车间外道路	
R6	设备南侧热处理工程区	
R7	设备东南侧后处理工程区	
R8	设备东北侧仓库区	
R9	设备东北侧模具烘烤区	
R10	设备东侧低压工程区	
R11	设备北侧过道	
R12	车间东侧门口	
R13	车间东侧厕所	
R14	铝锭仓库	
R15	周转区	

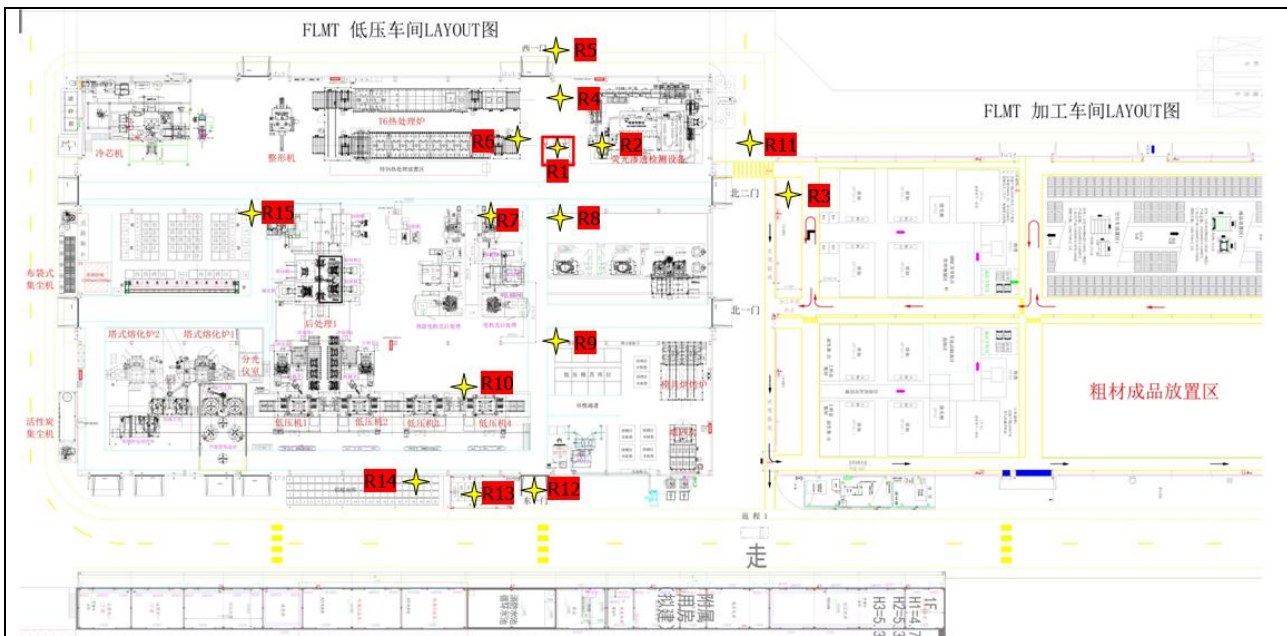


图 8.1-1 检测点位图

8.2 监测方案、质量保证措施

1、监测方案

①监测时间及环境条件监测单位:福建宏邦检测技术有限公司;监测时间:2024年6月26日;监测环境条件:温度 34℃,湿度 47%RH。

②监测方法:《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)和《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)

③监测仪器:便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪。

本次现状监测使用的仪器参数见表 8.2-1, 该仪器由上海市计量测试技术研究院检定校准。

2、质量保证

- ①合理布设监测点位, 保证各监测点位布设的科学性;
- ②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;
- ③监测仪器已经计量部门检定, 检定合格, 并在检定有效期内;
- ④每次测量前后均检查仪器的工作状态是否良好;
- 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, 经过校对、校核, 最后由技术总负责人审定。

8.3 检测结果及评价

本项目源库及辐射工作场所周围 X- γ 辐射剂量率现状监测结果见表 8.6-1。

表 8.6-1 辐射工作场所周围 X- γ 辐射剂量率现状监测结果

序号	检测点位	测量值 (nGy/h)	备注
R1	设备拟安装位置	43.95	室内监测点
R2	设备北侧荧光探伤区	38.17	
R3	设备北侧机加工车间	48.46	
R4	设备西侧车间内过道	47.12	
R5	设备西侧车间外道路	51.89	室外监测点
R6	设备南侧热处理工程区	49.57	室内监测点
R7	设备东南侧后处理工程区	59.63	
R8	设备东北侧仓库区	45.38	
R9	设备东北侧模具烘烤区	47.99	
R10	设备东侧低压工程区	49.02	
P11	设备北侧过道	47.99	室外监测点
R12	车间东侧门口	48.70	
R13	车间东侧厕所	106.73	
R14	铝锭仓库	94.54	室内监测点
R15	周转区	52.19	

备注：1.辐射环境检测点位见检测布点图；

2.表中计算结果已乘以建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，厂房取 0.9，原野、道路取 1；

3.根据 HJ 1157-2021，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数取 1.20 Sv/Gy；

(¹³⁷Cs 作为检定参考辐射源)

4.以上检测结果均已扣除测量点处的宇宙射线响应值 (48.10nGy/h)

根据《中国环境天然放射性水平》(2015 年版)，福建省道路天然 γ 辐射剂量率范围为 39.4~399.1nGy/h，全省室内天然 γ 辐射剂量率范围为 70.9~357.1nGy/h。本项目室内本底辐射剂量当量率为 38.17~94.54nGy/h，室外道路本底辐射剂量当量率为 51.89~106.73nGy/h。表 8-2 的监测结果说明本项目所在地环境辐射水平与环境本底水平相当，当地辐射水平无异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工艺流程

9.1.1 工作原理

1、设备结构组成

(1) 1号工业 CT 机

本项目 1 台转台式零部件智能检测系统型号为 RG-AI-ROBCII，由兰州瑞奇戈德测控技术有限公司生产，最大管电压为 225kV，最大管电流为 15mA，主要由 X 射线系统、数字式平板探测器、射线智能检测系统、检测机械系统、操控系统构成。设备规格约为 4200mm(W)*5700mm(D)*29500mm(H)属于工业 CT 的一种，其工作原理与一般工业 CT 相同。效果图见图 9.1-1。

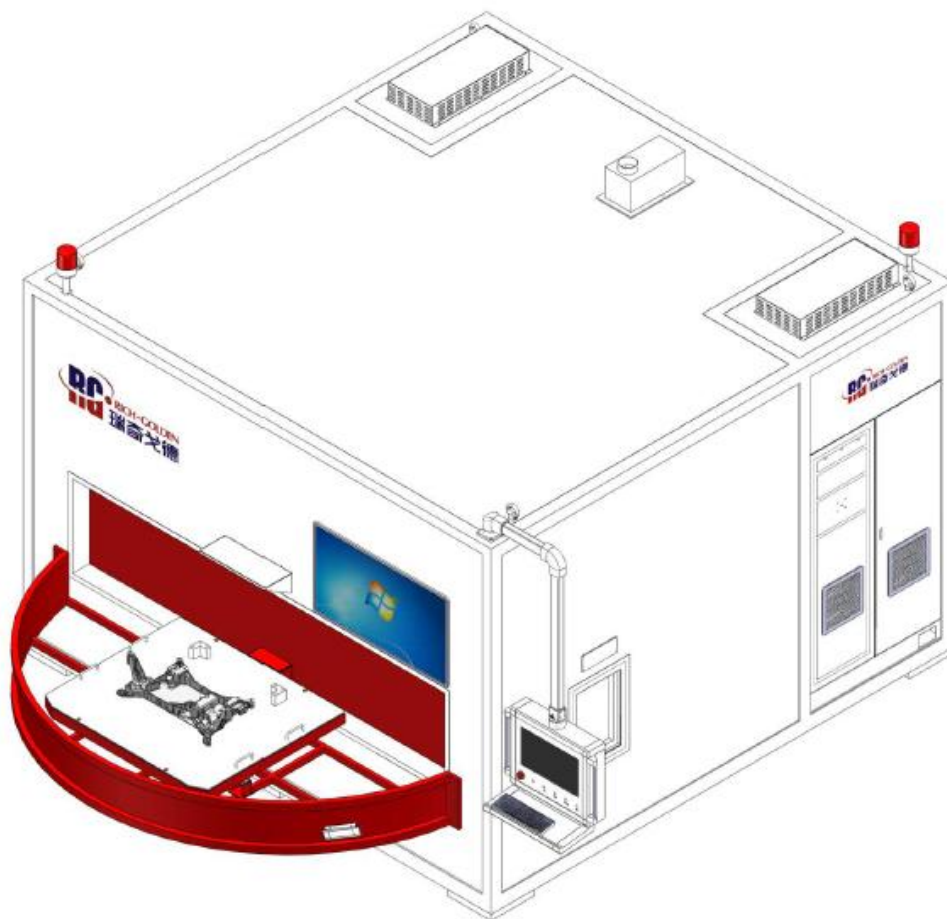


图 9.1-1 本项目 1 号工业 CT 机效果图 (RG-AI-ROBCII)

(2) 2号工业 CT 机

项目另 1 台 X 射线 3D 扫描系统型号为 NAOMi-CT 3D-L”的桌面式 CT 设备（以下简称 2 号工业 CT 机），两台工业 CT 机均自带屏蔽体，用于检测，由日本公司生产，最大管

电压为 100kV，最大管电流为 10mA，主要由 X 射线源、探测器、图像采集系统构成。设备规格约为 820mm(W)*450mm(D)*403mm(H)属于工业 CT 的一种，其工作原理与一般工业 CT 相同。效果图见图 9.1-2。

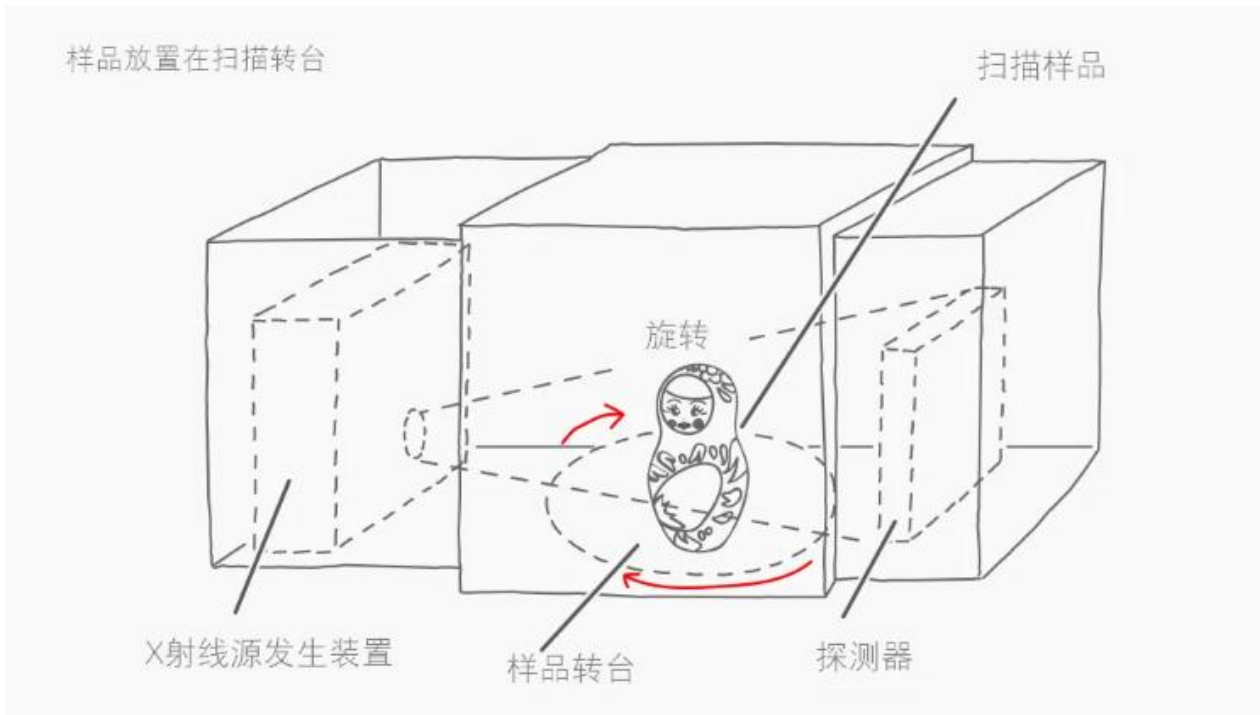


图 9.1-2 本项目 2 号工业 CT 机效果图 (NAOMi-CT 3D-L)

CT 是计算机断层 X 射线摄影术 (Computed Tomography) 的简称，它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。设备组成及基本参数见表 9.1-1 和表 9.1-2。

表 9.1-1 项目 1 号工业 CT 机设备功能和基本组件 (RG-AI-ROBCH)

序号	系统名称	设备	作用
1	X 射线系统	iXRS-225 高稳定性恒电压式 X 射线系统	提供高品质高分辨率 X 射线
2	数字式平板探测器	Y.Panel 2530 数字式平板探测器	在 X 射线成像领域既可清晰地实现静态拍片功能，亦可实现连续的动态成像功能，满足要求严苛的全天候工业无损检测环境的应用。
3	射线智能检测系统	计算机系统	射线智能检测平台系统软件
4		RG-AIDR 射线智能检测平台	
5		图像分析软件	
6	检测机械系统	X 射线主防护铅房	X 射线防护铅房采用钢-铅-钢结构设计，能对 225kV 的 X 射线进行可靠防护，防护性能达到 GBZ117-2015 《工业 X 射线探伤卫生防护标准》要求

7		工件旋转进出托架	实现物料进出
8		多自由度机器人检测单元	机器人检测单元由1台FANUC的机器人和U型安装机构组成（U型安装机构固定X射线管头和平板探测器），具有全位置调节功能，射线管前端还安装有气动光闸，以确保工件进出时无射线泄露
9	操控系统	RG-CTR20 吊臂式操控系	机器人专用控制系统，实现机器人的示教和运

表 9.1-2 项目 2 号 CT 机设备功能和基本组件 (NAOMi-CT 3D-L)

序号	系统名称		规格
1	动力源	动力源	AC100V~240V 50
		消耗功率	1.0kVA
2	X 射线	管电压	50~100kV
		管电流	2~10mA
		高压发生器	直流整流器（转子点火系统）
		冷却	石油和空气
		焦斑大小	0.5mm
3	探测器	活跃成像区域	263×213（mm）
		像素大小	75
		像素	3462×2808（mm）
		灰阶	16 位元
4	图像采集	图像获取规模	部分扫描 $\phi 68 \times 38 \sim 49$ （mm）
			正常扫描 $\phi 146 \times 153 \sim 185$ （mm）
			偏置扫描 $\phi 251 \times 130 \sim 185$ （mm）
			2D 采集 H263×L213（mm）

2、工作原理

(1) 1 号工业 CT 机

依据本文件制造的检测系统采用一体化设计，以满足现场工艺布局要求。整套集成检测所需的防护、运动、自动成像检测、智能识别和分拣，吊臂式主控操作台安装在铅房旁边，检测机械装置安装在防护合格的铅房内。系统设置有多重安全防护，如防护铅门的开/关与射线源开启进行连锁控制，铅门关闭时方可发射射线，一旦铅门打开射线发射自动停止或无法开启。在主控操作台、铅房内都安装有“急停”开关，可在任何需要紧急断电的情况下，在任何位置实现设备就近急停，确保产品、设备和人员安全。整套系统以 RG-AIDR 射线智能检测平台软件为核心，集成数据采集、电气和射线控制于一体，以实现铝合金空心副车架的在线自动检测及评估要求，同时兼顾不同规格、不同形状的铝合金、镁合金铸件内部缩松、气孔、夹杂等缺陷的一般 X 射线检测要求。检测缺陷主要为缩松、气孔、夹杂等。

(2) 2 号工业 CT 机

NAOMi 桌面式工业 CT 简单易操作，功能与传统 CT 一致，通过 X-ray 辐照样品进行透射成像，所有可以放进的样品都可以进行 3D 扫描，例如玩具、种子、食品、塑料制品、铝合金、医疗器具、药品等。所有物品均可扫描，如玩偶、种子、资品等下面是 Naomi 桌面式工业 CT 系统的结构图，并附带 Naomi 桌面式工业 CT 系统，对几种常见材料的 X 射线穿透能力。

9.1.2 工艺流程及产污环节

本项目使用的 2 台工业 CT 机主要用于产品质量检测。其工艺流程基本相同，除上料工序有所不同外其余流程一致，工艺流程示意图详见图 9.1-2：

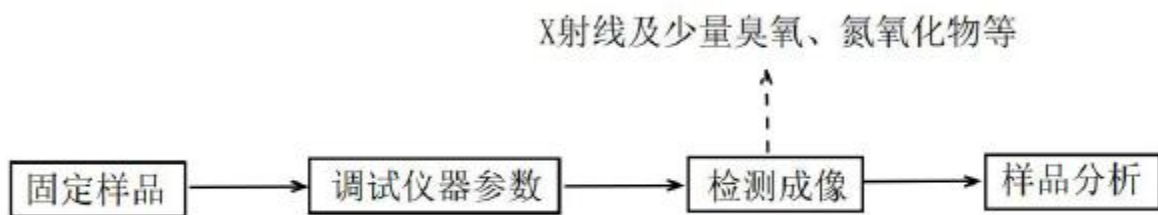


图 9.1-2 项目 CT 机工艺流程图

本项目整个无损探伤检测过程由设备自动进行，设备开机期间工作人员在设备操作台上进行监控。具体过程为：

a) 上下料工序

1 号工业 CT 机（RG-AI-ROBCII）采用对称转盘设计，待检/检测状态自循环，工作时由外部人工或机械手将扫码后的工件按特定规则放置在待检托盘上，检测开始时旋转进入检测区。

2 号工业 CT 机（NAOMi-CT 3D-L）采用采用仓门设计，待检时将产品放入仓内按特定规则放置在待检托盘上，关闭仓门，检测开始时在仓内旋转。

b) 设置检测模板参数

对同类型工件的批量自动检测时，先将样本工件送入检测区域，进入射线智能检测平台的“评估标准”模式，调节机器人系统，设置检测速度、检测点位、亮度/对比度等参数，通过 X 射线控制机器人人工调节 X 射线机管电压、管电流，检测人员确认图像质量是否满足检测要求。同时，在射线智能检测系统“评估标准”模式中，设定工件的特别关注检测点和各检测点不同的缺陷通过/报警条件等参数，设置完成后所有的参数都将保存为评估模板文件以供全自动检测时系统识别调用。更换工件类型时需要选择保存的检测模板或重新创建。

c) 全自动检测工序

进入射线智能检测平台“全自动”模式，启动检测开始指令发出后，X 射线机开始曝光，

系统依照评估模板文件中设定的参数自动采集和判别检测图像，对发现缺陷的工件系统自动打标和报警，检测过程中系统同时实时显示高分辨率的检测图像，检测人员还可对被检工件的检测结果进行人工干预。检测完毕后系统将工件的检测图像完整保留在计算机内或立即传输到图像集中存储服务器上。

d) 人工检测

其他类型的少量工件手动常规检测时，可通过维修铅门或转台将工件放置到检测台上，人工调节 X 射线管位置、平板探测器位置后开启射线，进入射线智能检测平台“手动操作”模式即可进行检测。

X 射线数字成像检测系统（工业 CT 机）设备技术参数见表 9.1-4。

表 9.1-4 X 射线数字成像检测系统（工业 CT 机）设备参数

设备型号	RG-AI-ROBCII	NAOMi-CT 3D-L
生产厂家	兰州瑞奇戈德测控技术有限公司	RF Co,Ltd.
用途	无损检测	无损检测
设备尺寸	4200mm(W)*5700mm(D)*29500mm(H)	820mm(W)*450mm(D)*403mm(H)
设备自屏蔽	设备具有自屏蔽箱体	设备具有自屏蔽箱体
最大管电压和最大管电流	225kV, 15mA	100kV, 10mA
成像方式	数字实时成像	数字实时成像
检测范围 (mm)	最大产品尺寸： 1400mm(L)*1200mm(W)*600mm(H)重量： ≤60KG	160 mm×160 mm×160 mm
主束方向	向上	向右（南）
排气量	240 m ³ /h	0.949m ³ /min
运行时最大管电压、管电流	225kV, 8mA	/
距辐射源点（靶点）1m 处输出量（H ₀ ）	5.838mGy · m ² /（min · mA）* ^①	1.715 mGy · m ² /（min · mA）* ^② （Cu 过滤片，0.5mm）
角度	20°	5°

备注：*^①来自设备参数说明；*^②根据《辐射防护导论》（方杰主表）附图 3 曲线查得

9.2 源项描述

9.2.1 建设阶段的污染源项

本次工业 CT 机在现有厂房内采用警戒带围挡组成 CT 检测区，且工业 CT 机均自带屏蔽体，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产

生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

9.2.2 运行阶段污染源项

1、正常工况

(1) 放射污染源

根据工业 CT 机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的工业 CT 机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，而 X 射线可以得到屏蔽室的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、反射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

(2) 非放射性污染

本项目的工业 CT 机工作时最大管电压为 225kV 及 100kV，依据 0.6kV 以上的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，因此该项目运行时室内将产生少量的臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。

(3) 其他污染

该项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示探伤结果，不涉及胶片、影液等感光材料废物。无放射性废物及其他废气、废水和固体废物产生。

2、事故工况

工业 CT 机可能发生最大概率辐射事故主要有以下几个方面：

(1) X 射线装置在对工件进行 X 射线检测时，人为解除门机联锁装置或门机联锁装置发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线发生器出束，X 射线泄露使工作人员受到不必要的照射。

(2) 由于设备故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。此时工作人员应立即关闭电源，防止事故的发生：

(3) 设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器，使检修人员受到意外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 工作场所分区管理

本项目使用的 2 台工业 CT 机均自带铅屏蔽体，操作台均位于铅屏蔽体外侧；按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，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范围，将辐射工作场所分为控制区和监督区。

控制区：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。

监督区：应将下述区域设定为监督区: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。

由于本工业 CT 机自屏蔽材料的屏蔽作用，使得出束状态下 X 射线装置周围剂量率远低于国家标准的辐射剂量率限值。根据分区原则以及结合本项目情况，本项目分区如下：工业 CT 机设备自屏蔽体内部区域划为控制区，CT 机以外 30cm 内区域划为监督区。

本项目检测区控制区和监督区见图 10.1-1。

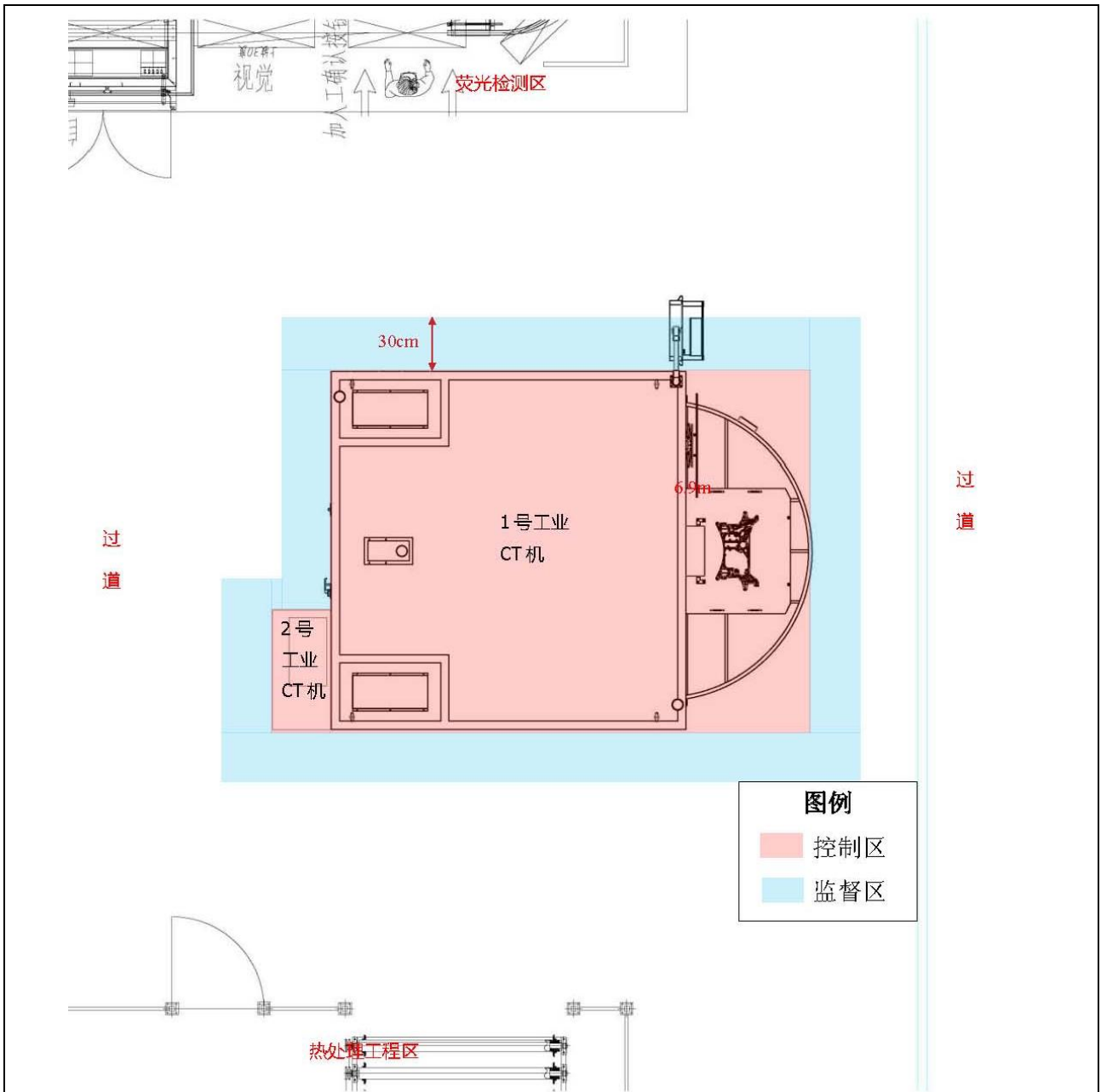


图 10.1-1 分区示意图

工业 CT 机控制区密封在钢结构材料内部，无法进入，控制区边界采用门机联锁装置并设置电离辐射警示标志和工作状态指示灯；监督区无需专门的防护手段或安全设施，但需要对职业照射条件进行监督，工业 CT 机设备出束状态下禁止无关人员进入监督区，并在该入口处悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设置标明监督区的标牌。

参考《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中对工业 X 射线探伤项目的辐射防护要求，由以上分析可知，该项目固有的辐射防护设施以及公司拟为该项目落实的防护措施较全面和完善，符合相关要求。

图 10.1-2 1号工业 CT 机侧视图

图 10.1-3 1号工业 CT 机俯视图

图 10.1-4 2号工业 CT 机俯视图

图 10.1-5 2号工业 CT 机侧视图

10.2 辐射屏蔽设计

本项目 2 台工业 CT 机均采用钢铅钢防护结构实现完全屏蔽防护设计。该工业 CT 机的辐射源（X 射线发生器）安装在一个全密封的自屏蔽壳内。内层为钢板，中层为铅板，外表层为钢板，能有效降低设备运行对周围环境造成的辐射影响。具体各侧铅屏蔽体的屏蔽防护设计详见表 10.2-1、表 10.2-2。CT 机剖视图见图 10.1-2~10.1-4 所示。

表 10.2-1 项目 1 号 CT 机自带铅屏蔽体的辐射防护屏蔽设计一览表

序号	方位	设计情况	屏蔽单量
1	顶部	2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板	16mm Pb
2	底部	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	10mm Pb
3	前面	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mm Pb
4	后面	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	10mm Pb
5	左侧	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mm Pb
6	右侧	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mm Pb
备注	根据建设单位提供，铅屏蔽体为钢板+铅板+钢板结构，本次评价取内衬铅板厚度作为屏蔽体铅当量，不计钢板屏蔽效果。		

表 10.2-2 项目 2 号 CT 机自带铅屏蔽体的辐射防护屏蔽设计一览表

序号	方位	设计情况	屏蔽单量 (Pb)
1	顶部	3mm 铅板	3mm Pb
2	底部	3mm 铅板	3mm Pb
3	前面	4.6mm 铅板	4.6mm Pb
4	后面	3mm 铅板	3mm Pb
5	左侧	2mm 铅板+2mm 铅板	4mm Pb
6	右侧	3mm 铅板+4.5mm 铅板	7.5mm Pb
备注	根据建设单位提供，仅提供铅板层厚度铅，本次评价取铅板厚度作为屏蔽体铅当量。		

1 号 CT 机

(1) 门——机联锁机制

维修铅门为手动推拉开启，两套独立的安全开关与 X 射线机系统连锁开关连接，可防止铅门在检测过程中打开或在门打开时自动关闭射线，确保防护安全。

(2) 警告标志及工作状态指示灯

该设备设置一个工作状态三色指示灯，以警示人员注意安全。配备了红色、绿色、黄

色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态:红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开，这时设备正在工作中;绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开 X 射线管对物品进行检测。黄灯闪烁表示进料门未关。

(3) 视频监控设施

本项目工业 CT 机内均设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

(4) 急停按钮和控制锁

该工业 CT 的墙体距离底面 1.2 米处安装 2 只急停开关，关闭任意一道开关设备都将停止供电停止运行，紧急情况下可按下急停开关快速切断供电系统使 X 射线立即停止出束。急停按钮被按下后，必须首先将其复位，系统才可重启。

(5) 通风装置

防护铅房内采取下侧自然进风，后部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄露。

(6) 操作台

设备操作台连接屏幕设有 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。且操作台与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管电压。

2 号 CT 机

(1) 门——机联锁机制

维修铅门为手动推拉开启，与 X 射线机系统连锁开关连接，可防止铅门在检测过程中打开或在门打开时自动关闭射线，确保防护安全。

(2) 警告标志及工作状态指示灯

该设备设置一个工作状态三色指示灯，以警示人员注意安全。配备了红色、绿色、黄色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态:红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开，这时设备正在工作中;绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开 X 射线管对物品进行检测。黄灯闪烁表示进料门未关。

(3) 视频监控设施

本项目 2 号工业 CT 机内均设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

(4) 急停按钮

在 X 射线摄影的软件画面中，有停止 X 射线扫描过程的取消按钮。CT 机同时设置了物理电源开关，紧急情况下可直接关掉装置的电源使 X 射线立即停止出束。

(5) 通风装置

防护铅房内，后部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄露。

10.3 工作场所辐射安全和防护

(1) 设备自带防护

本项目两台 CT 机设备均自带有一个工作警示灯，舱门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示，并且警示灯串在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动。舱门关闭后，警示灯开始闪烁，在此期间，辐射仍然保持关闭状态，一旦打开 X 射线，警示灯就会亮起红色。

(2) 监测设备

①公司拟在 CT 检测区配备一台便携式剂量仪，对正在工作的工业 CT 机进行剂量率监测，以确认工业 CT 机是否正常工作。

②公司拟在 CT 检测区配置一台固定式场所辐射探测报警装置，对正在工作的工业 CT 机的检测区场所进行实时监测，确保检测区剂量率正常。

(3) 人员防护

①建设单位拟为本项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，工作人员在进行工作时，正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

②必须对职业人员进行个人剂量监测，对工作人员个人照射的累积剂量进行监测。各项规章制度、操作规程和应急处理设施应制定完善，严格按照相关规定操作。

(4) CT 检测区防护

拟在 CT 检测区外均设电离辐射警告标识和中文警示说明。

10.4 辐射安全和防护分析

为分析本项目工业 CT 机的辐射防护性能，根据福州六和金属科技有限公司提供的设计资料，将本项目工业 CT 机的主要技术参数列表分析，并与《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中的技术要求对照，具体见表 10.4-1。

表 10.4-1 本项目工业 CT 机辐射防护措施符合性分析表

《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)	本项目情况	符合性

<p>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。</p>	<p>本项目 2 台工业 CT 机操作位均设置于 CT 机的右前侧，避开有用线束的直接照射(有用线束周向)。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>本项目按 GB18871 的要求对工作场所进行分区管理，工业 CT 机自屏蔽体内部区域划为控制区，工业 CT 机周边 30cm 范围内设为监督区，实行分区管理。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>根据表 11 的预测计算，本项目两台 CT 的屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率最大值为多少 1.540μSv/h，符合标准控制限值要求</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>项目探伤室顶部无人员到达，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量小于 100μSv/h。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>本项目工业 CT 机设备防护门设有门——机联锁装置，当防护门未全部关闭时不能开机曝光。且控制柜与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。</p>	<p>符合</p>
<p>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>	<p>该设备设置一个工作状态三色指示灯，以警示人员注意安全。配备了红色、绿色、黄色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态:红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开，这时设备正在工作中；绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开 X 射线管对物品进行检测。黄灯闪烁表示进料门未关。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。</p>	<p>符合</p>
<p>6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的</p>	<p>本项目 CT 检测区拟设电离辐射警告标识</p>	<p>符合</p>

电离辐射警告标志和中文警示说明。	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。	本项目工业 CT 机内部人员无法进入，CT 机外部与操作位及机体各设置 2 个急停按钮，出现紧急事故时，能立即关停 CT 机电源，确保停止照射。	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 1 号 CT 机配置一个风扇，风量为 240m ³ /h，根据设备尺寸推算内部体积约 38.3m ³ ，则每小时换气次数可达 6.26 次大于 3 次，工将排放口外排，且通风口设有铅板防护； 本项目 2 号 CT 机配置一个风扇，风量为 0.949m ³ /min，根据设备尺寸推算内部体积约 0.1476m ³ ，则每小时换气次数可达 386 次，大于 3 次，工将排放口外排，且通风口设有铅板防护。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	项目在 CT 检测内安装一台固定式场所辐射探测报警装置，对正在工作的工业 CT 机的场所进行实时监测，确保剂量率正常。	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。	建设单位已制订详细的操作规程并进行内部培训，明确要求在使用射线装置前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。	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。	建设单位拟为本项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，工作人员在进行工作时，正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。	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。	建设单位已委托第三方检测机构对检测区周围的环境辐射水平进行每年一次年度检测。并且日常使用 X-γ 辐射剂量率仪，定期(每月不少于 1 次)对设备外周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。	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。	建设单位已制订详细的操作规程并进行内部培训，明确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。	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。	建设单位已制定详细的辐射防护制度，在工业 CT 机工作期间，辐射工作人员均已正确使用佩戴个人剂量片。	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	本项目工业 CT 机设备设有防护门，人员无法进入。只有在防护门关闭、所有防护	符合

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。	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。	
6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条~第 7.4 条的要求。	本项目不涉及	符合

10.5 三废的治理

(1) 废气

项目 CT 机 X 射线电离空气产生的少量臭氧和氮氧化物通过通风系统排入大气。本项目 1 号 CT 机配置一个风扇，风量为 240m³/h，根据设备尺寸推算内部体积约 38.3m³，则每小时换气次数可达 6.26 次；|本项目 2 号 CT 机配置一个风扇，风量为 0.949m³/min，根据设备尺寸推算内部体积约 0.1476m³，则每小时换气次数可达 386 次；项目两台 CT 机有效换气次数均大于每小时 3 次，可及时将臭、氮氧化物等有害气体排出 CT 机外，符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)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”。另 CT 检测区所在厂房内安装有动力排风装置和空调，在工作期间保持开启。因此，只要室内的空气保持清新和流通，由 CT 机内部产生的少量臭氧不会对室内环境造成影响。

(2) 废水、固废

该项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示探伤结果，不涉及胶片、影液等感光材料废物。无放射性废物及其他废气、废水和固体废物产生。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本次的 2 台工业 CT 机在现有厂房内采用警戒带围挡组成 CT 检测区，且工业 CT 机均自带屏蔽体，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

11.2 运行阶段对环境的影响

本次 2 台工业 CT 机的主要环境污染因子是能量流形式的 X 射线，设备基本工作参数见表 11.2-1。

表 11.2-1 工业 CT 机工作参数

设备型号	RG-AI-ROBCII	NAOMi-CT 3D-L
最大管电压 kV	225	100
最大管电流 mA	15	10
X 射线机光电管正常工作时的电压范围 kV	10~225	10~100
X 射线机光电管正常工作时的电流范围 mA	0~15	0~10
运行时最大管电压，管电流	225kV，8mA	/
每次检测 X 射线的出射时间，min/次	3.5	5
每个工件的检测次数，次/件	6	5
每天检测工件的时间，小时/日	8	8
周工作天数，天/周	5	5
年工作周数，天/年	260	260
检测范围	最大产品尺寸： 1400mm(L)*1200mm(W)*600mm(H) 重量：≤60KG	最大产品尺寸： 160 mm*160 mm*160 mm 重量：≤20KG

表 11.2-2 本项目 1 号工业 CT 机 X 射线管距离各侧距离一览表

序号	范围	射线出口距离
1	左侧（南侧）	1172mm
2	右侧（北侧）	1172mm
3	上侧（主束方向）	2000mm
4	下侧	260mm
5	前侧（东侧）	415mm
6	后侧（西侧）	1985mm

表 11.2-3 本项目 2 号工业 CT 机 X 射线管距离各侧距离一览表

序号	范围	射线出口距离
1	左侧（北侧）	340mm
2	右侧（主束方向）	480mm
3	上侧	250mm
4	下侧	150mm
5	前侧（西侧）	210mm
6	后侧（东侧）	210mm

11.2.1 辐射环境影响分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)“4 探伤室辐射屏蔽估算方法”并结合本项目情况及特点对屏蔽防护体的屏蔽效果进行计算。

本项目使用的 1 号工业 CT 机（型号为 RG-AI-ROBCII），最大管电压为 225kV，最大电流为 15mA（运行时最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA），建设单位提供的每天工作的时间为 8h，年工作时间为 260 天。配置 2 人操作，操作位设置于设备右前侧。

本项目使用的 2 号工业 CT 机（型号为 NAOMi-CT 3D-L），最大管电压为 100kV，最大电流为 10mA，建设单位提供的每天工作的时间为 8h，年工作时间为 260 天。配置 2 人操作，操作位设置于设备右前侧。

11.2.2 辐射工作场所周围关注点的辐射水平估算

1、关注点剂量率参考控制水平的确定

①人员在关注点的周剂量参考水平 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取屏蔽体表面 30cm 处作为关注点，计算公式如下：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$$

式中：

$H_{c,d}$ ——导出剂量率参考控制水平。

H_c ——周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周($\mu\text{Sv}/\text{周}$)，本项目周剂量控制水平辐射工作人员取 $100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众取 $5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ （每年按 50 周计算，辐射工作人员和公众对应的年有效剂量限值分别为 5mSv 、 0.25mSv ）；

t ——X 射线装置周照射时间，单位为小时每周(h/周)。本项目以 10h/周计。

U ——使用因子：X 射线装置向关注点方向照射的使用因子；本项目工业 CT 机射线主束方向向上上侧取 1，其余取 1/4。

T ——居留因子：人员在相应关注点驻留的居留因子，参考人员在辐射场所周围的实际

驻留位置取值;按照本项目对辐射工作人员最不利的情况分析,本工业 CT 机在放置工件后,在操作台进行操作。本工业 CT 机在放置工件后,在操作台进行操作,因此前侧操作台辐射工作人员居留因子保守取 1;后侧、左侧、右侧、上侧、下侧辐射工作人员居留因子保守取 1/4;

③关注点最高剂量参考控制水平 $H_{e,max}=2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

④关注点剂量率参考控制水平 H_e 为上述 $H_{c,d}$ 和 $H_{e,max}$ 二者的较小值。

则关注点剂量率参考控制水平如下

表 11.2-4 关注点剂量率参考控制水平计算结果

关注点	U	T	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	T (h/周)	$H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	H_e ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率控制要求/ $\mu\text{Sv}/\text{h}$
左侧	1/4	1/4	100	10	160	2.5	2.5
右侧	1/4	1/4	100		160	2.5	2.5
上侧	1	1/4	100		40	2.5	2.5
下侧	1/4	1/4	100		40	2.5	2.5
前侧	1/4	1	100		160	2.5	2.5
后侧	1/4	1/4	100		160	2.5	2.5

2、项目工业 CT 机周围关注点的剂量率估算

本项目 1 号 CT 机射线固定朝上(下→上),因此本评价主束方向仅考虑上侧。因上、下侧无人员,故本评价仅考虑右侧、左侧、前侧、后侧泄漏辐射和散射辐射。

本项目 2 号 CT 机射线固定朝上(左→右),因此本评价主束方向仅考虑右。因上、下侧无人员,故本评价仅考虑左侧、前侧、后侧泄漏辐射和散射辐射。

(1) 屏蔽透射因子

对于给定的屏蔽物质厚度 X,相应的辐射屏蔽透射因子 B 计算公式如下:

$$B=10^{-X/\text{TVL}} \quad (11-2)$$

式中:X——屏蔽物质厚度,与 TVL 取相同的单位;

TVL——半值层厚度, mm; ,

本项目 1 号工业 CT 机最大管电压为 225kV,本评价根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2,采用内插法计算 X 射线在铅中半值层取值,TVL=2.15mm。计算可得各侧屏蔽透射因子,见表 11.2-5。

表 11.2-5 项目 1 号工业 CT 机各侧屏蔽透射

关注点	X/屏蔽物质厚度	TVL/半值层厚度	B/屏蔽透射因子
顶部	16mm	2.15 mm	3.62×10^{-8}
底部	10mm	2.15 mm	2.23×10^{-5}
前面	14mm	2.15 mm	3.08×10^{-7}
后面	10mm	2.15 mm	2.23×10^{-5}

左侧	14mm	2.15 mm	3.08×10^{-7}
右侧	14mm	2.15 mm	3.08×10^{-7}

本项目 2 号工业 CT 机最大管电压为 100kV，本评价采用根据《辐射防护手册》（第三册）（李德平、潘自强主编）表 3.5 取值，TVL=0.84mm。计算可得各侧屏蔽投射因子，见表 11.2-6。

表 11.2-6 项目 2 号工业 CT 机各侧屏蔽投射

关注点	X/屏蔽物质厚度	TVL/什值层厚度	B/屏蔽渗透因子
顶部	3mm	0.84 mm	2.68E-04
底部	3mm	0.84 mm	2.68E-04
前面	4.6mm	0.84 mm	3.34E-06
后面	2mm	0.84 mm	4.16E-03
左侧	2mm	0.84 mm	4.16E-03
右侧	7.5mm	0.84 mm	1.18E-09

(2) 有用线束

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 H 按下式计算：

有用线束： $H = (I \cdot H_0 \cdot B) / (R^2)$

式中：

H——关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I——X 射线装置的常用最大管电流，mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

B——屏蔽透射因子；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。本项目关注点的取值：取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体上侧表面 30cm 处作为关注点。

表 11.2-7 项目 1 号 CT 机设备外表面 30cm 处辐射剂量率（主射线）

注：根据设备厂家提供的设计资料：根据设备厂家提供的资料，该型号工业 CT 在最大管电压（225kV）下运行时，输出量（ H_0 ）为 $5.838 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / \text{min} \cdot \text{mA}$ ，换算后为 $3.50 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

表 11.2-8 项目 2 号 CT 机设备外表面 30cm 处辐射剂量率（主射线）

注：项目 CT 机使用 0.5mmCu 过滤片，根据《辐射防护导论》（方杰主表）附图 3 曲线，查得号工业 CT 在最大管电压（100kV）输出量（ H_0 ）为 $1.715 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / \text{min} \cdot \text{mA}$ ，换算后为 $1.03 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

(3) 泄漏辐射与散射辐射

① 泄漏辐射

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关心点的泄漏辐射剂量 H_c 按下式计算：

$$H = (H_L \cdot B) / R^2$$

式中：

H——关注点剂量率参考控制水平，单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。

B——屏蔽透射因子，按公式11-2 计算。

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离，单位是m。本项目关注点的取值：考虑工件大小及最不利情况，取工业CT机曝光点到铅屏蔽体前后左右侧表面30cm处作为关注点。

H_L ——距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。

根据GBZ/T250-2014表1，本项目1号CT机最大管电压225kV，则本项目 $H_L=5 \times 10^3$ 。本项目2号CT机最大管电压100kV，则本项目 $H_L=1 \times 10^3$ 。

② 散射辐射

散射辐射屏蔽透射因子：

表 11.2-9 项目 1 号 CT 机散射辐射屏蔽透射因子计算参数及结果

注：屏蔽厚度 X 见“表 10.1-1 屏蔽体结构和屏蔽参数”；由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》表 2 可知，225kV X 射线 90° 散射辐射相应的 X 射线为 200kV，因此查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》附录 B 表 B.2，X 射线管电压为 200kV 时，TVL 为 1.4mm。

表 11.2-10 项目 2 号 CT 机散射辐射屏蔽透射因子计算参数及结果

注：本项目设备最大管电压 100kV 状态下铅值层由，X 射线管电压为 200kV 时，根据《辐射防护手册》（第三册）（李德平、潘自强主编）表 3.5 取值，TVL=0.84mm。

散射辐射预测：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关心点的散射辐射剂量率按下式计算：

$$H = \frac{IH_0 B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

式中：

I——X射线装置的常用最大管电流，mA；

H₀——距辐射源点（靶点）1m处输出量，μSv·m²/(mA·h)；

B——屏蔽透射因子；

F——R₀处的辐射野面积，单位为平方米（m²）；

α——散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其1m处的散射辐射剂量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的α值时，可以水的α值保守估计，见《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录B表B.3；

R₀——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）。

项目1号CT机圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为20°，根据GBZ/T250-2014表B4.2，当X射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为20°时， $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ 取值为50。

项目2号CT机圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为5°，
散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其1m处的散射辐射剂量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率的比，与散射物质有关，在未获得相应物质的α值时，可以按水模体的α值保守估计，见《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的B.3，本设备α取值0.04（项目管电压100kv，小于表B.3提供的管电压150KV，本项目按照最不利情况150KV管电压数据计算），

R₀：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为m，本设备R₀=0.15m。本设备X射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为5°，F·α/R₀²的值取为0.000961。

表 11.2-11 本项目1号工业CT机关注点剂量率估算结果

3、项目 2 号工业 CT 机周围关注点的剂量

综上所述，项目两台工业CT机周围关注点满足《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中要求的“关注点最高剂量率参考控制水平2.5μSv/h”的要求，同时也满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中要求的“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h”的要求。

11.2.3 年附加有效剂量估算

年附加有效剂量估算：

$$H=D_r \cdot t \cdot T / 1000$$

式中：

H——X、γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_r ——为参考点处剂量率，μSv/h。

t——X射线装置周照射时间，单位为小时每年（h/a）。

T——人员在相应关注点驻留的居留因子。

项目CT机辐射工作人员居留因子取1，非辐射工作人员（公众人员）荧光探伤区、机加工车间、热处理工程区、后处理工程区、模具烘烤区、低压工程区居留因子取1（全居留）；车间内过道、车间外道路、仓库区、车间北侧过道、车间门口、铝锭仓库和周转区居留因子取1/8（偶然居留）。

表 11.2-13 项目 1 号工业 CT 机年附加有效剂量估算结果

最大值为0.0416mSv，公众人员最大年附加有效剂量为0.0127mSv。

因此本项目2台CT机投入使用后辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年附加有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值20mSv和公众人员年有效剂量限值1mSv的要求，同时满足辐射工作人员的管理限值5mSv/a和公众人员管理限值0.25mSv/a的要求。

11.2.4.三废治理措施后的环境影响分析

工业CT机在运行过程中，X射线管加高压轰击靶材料而产生X射线。在此过程中，X射线会电离空气产生少量的臭氧和氮氧化物，从而对周边环境产生一定的影响。由于X射线工业CT检测过程中，每次检测时间较短，且铅室间断性进出被检工件而打开、关闭防护门，产生的少量臭氧和氮氧化物不会形成局部聚集，且臭氧在50分钟后自动分解为氧气，另CT检测区所在车间安装有动力排风装置和空调，在工作期间保持开启，故所产生的气体对周围环境空气质量及周围工作人员影响极小。

本项目不产生放射性气体、放射性废水、放射性固体废物，无感光材料废物产生及其他废气产生。

11.3 事故影响及事故防范措施

11.3.1 事故风险危害识别分析

本项目两台工业 CT 机均属于 II 类射线装置，只有当设备开机并处于出束状态时才会产生 X 射线，设备关机时不会产生 X 射线；因此，辐射事故多为人员误留或误入机房产生的误照射事故，主要有：

(1) X 射线装置在对工件进行 X 射线检测时，门-机联锁发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线发生器出束，X 射线泄露使工作人员受到不必要的照射。

(2) 由于设备故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。

(3) 设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器，使检修人员受到意外照射。

11.3.2 辐射事故应急措施

(1) 事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即封闭现场，通讯员负责联络事故应急处理领导小组和应急处理专业队伍。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》，在事故发生后 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。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

(2) 辐射事故应急措施

辐射事故类别及处理措施详见表 11.3-1：

表 11.3-1 事故类别及处理措施

辐射事故	风险识别	应急措施
工业CT机 (II 类射线装置)	误照事故， 超剂量照射 事故	①一旦发现有人误入或误留机房，工作人员应立刻切断电源，确保射线装置停止工作； ②误入或误留人员应在最短的时间内撤离机房。机房外划出警戒范围，设置明显的电离辐射标志，禁止公众人员入内； ③对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查或在指定的医疗机构救治； ④发现上述事故者应立即报告公司辐射事故应急小组，由公司辐射事故应急小组上报当地生态环境部门和公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门； ⑤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。

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

③现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计和剂量报警仪。

④应尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

⑥以上应急响应流程公司应每年组织演练一次。

（3）事故预防措施

①建立辐射安全管理机构，制定完善的规章制度，并在实际工作过程中严格执行；

②加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识；

③辐射工作场所按要求设置相应的辐射安全与防护设施，定期检查各辐射工作场所和设备的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。

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 辐射安全与环境保护管理机构

福州六和金属科技有限公司已成立了辐射安全与环境管理机构，并明确了相应的职责。建立辐射防护管理领导小组。共同协作负责辐射安全与防护工作的具体组织、协调、督查与指导；负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度并组织实施；建立辐射工作人员的辐射防护档案与健康监护档案；定期对辐射安全与防护工作进行督查，确保不发生辐射安全事故。

领导小组职责：

（一）组长职责：领导整个应急工作，协调各部门的工作，为应急工作提供资金保障。并向当地环保、卫生、公安等主管部门报告。

（二）副组长职责：配合组长工作，当组长不在时，行使组长权利。

（三）救护职责：当事故发生后，迅速与医疗救护单位联系，配合协助其工作。

（四）物资供应职责：为事故的救助提供必要的物质保障。

12.1.2 放射工作人员的配置及培训情况

该公司拟为本项目配备 2 人辐射工作人员进行检测工作。要求该 2 人辐射工作人员均需参加有资质单位组织的辐射安全和防护知识的培训，并取得培训合格证方可进行辐射工作。

在此基础上，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

12.2 辐射安全管理规章制度

1、安全管理规章制度

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要健全操作规程、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，并有完善的辐射事故应急措施。相关制度要求见表 12.2-1。

福州六和金属科技有限公司已成立辐射安全与环境管理机构，并根据相关要求已制定了《辐射安全管理制度汇编》（测厚仪工作人员岗位职责、辐射工作人员培训管理制度、辐

射防护措施、安全记录、辐射工作人员个人剂量管理制度、测厚仪辐射防护和安全保卫制度、测厚仪操作规程、X射线CT机操作规程、X射线检测系统操作规程、辐射装置检修维护制度、辐射工作场所监测制度、放射源台账管理制度)、《辐射事故应急预案》等辐射安全管理制度。

表 12.2-1 福州六和金属科技有限公司拟建立的管理制度

管理要求	内容
辐射防护和安全保卫制度	对单位辐射工作人员职责、工作程序和个人防护作出要求。
操作规程	规定了辐射工作人员操作射线装置的详细流程，能减少辐射操作规程事故的发生。
岗位职责	明确了辐射工作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任。
事故应急预案	规定了发生辐射事故时单位相关人员职责和处理程序，将辐射事故应急预案射事故的影响减少到最小。
人员培训计划	规定了辐射工作人员必须参加国家核技术利用辐射安全与防护培训考核，持证上岗
辐射环境监测方案	规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对检测结果存档保留。
个人剂量监测方案	提出对辐射工作人员个人剂量监测和体检的要求，并要求档案终身保存。
设备维修维护制度、装置使用登记和台账管理制度	公司制订的《射线装置使用登记制度》规定了操作人员在日常操作过程中记录探伤机使用时的管电压、管电流、曝光时间、使用人等情况。

在此基础上，项目建设单位的辐射安全管理规章制度符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等管理规定。

本项目在建成后，应对辐射安全管理制度进行及时更新。

2、辐射工作人员拟配备人数

本项目拟配备 4 人辐射工作人员。详细的人员结构在后期项目运营期将根据实际需要再进行调整。

3、辐射工作人员培训

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，使用射线装置的单位，其辐射工作人员和辐射防护管理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。

本项目正式开展运营前，建设单位将严格根据相关法律法规的要求，督促本项目涉及的辐射工作人员和辐射防护管理人员报名参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）关于辐射安全与防护知识的学习、考试，取得考核合格证书后方可上岗。

12.3 辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)等的要求,公司针对本项目制定相应的辐射监测计划,包括:

①辐射工作人员配备个人剂量计,并定期(每季度1次)送检;

②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,并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告;

③公司配置 X-γ 剂量率测量仪,自行定期对射线装置周围环境进行监测,发现问题及时整改,所有监测记录均存档备查。

具体监测计划见表 12.3-1。

表 12.3-1 辐射监测计划

监测计划	监测方案	监测项目	监测频次	检测方式
辐射工作人员个人剂量监测	佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量	每季度一次	委托有资质单位检测
常规监测	工业 CT 机自屏蔽体外壳 30cm 处;自屏蔽体周围 50m 内的巡测及人员经常停留位置,设备四周环境敏感目标	X-γ 辐射剂量率	每月 1 次	自行使用便携式 X-γ 剂量率测量仪监测
工作场所和周围环境监测			每年 1 次	委托有资质单位检测
竣工环保验收			运行后监测 1 次	
监测依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)			

12.4 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》(试行),建设单位根据本单位核技术利用类型和可能发生的辐射事故风险,制定了《辐射事故应急预案》。

根据《辐射事故应急预案》,建设单位成立了辐射事故应急处理工作领导小组,领导小组成员名单如下:

表 12.4-1 应急领导小组成员一览表

福州六和金属科技有限公司已制定了《辐射事故应急预案》，明确了放射性事故应急处理机构和职责，在发生辐射事故时，能够立即启动本单位的应急预案，采取应急措施，及时向当地生态环境主管部门报告，同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。并且落实人员培训及演练情况，根据培训及演练情况及时更新预案内容。

12.5 建设项目竣工环保验收一览表

建设项目竣工环保验收一览表见表 12.5-1

表 12.5-1 建设项目竣工环保验收一览表

编号	验收项目	验收内容	验收标准及要求
1	辐射防护措施	(1) 设置工作状态警示灯、电离辐射警示标志； (2) 配置 1 台便携式剂量率仪、1 台固定式场所辐射探测报警装置； (3) 4 台个人剂量报警仪； (4) 所有辐射工作人员配备个人剂量计；	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 及《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中照射限值要求，即辐射工作人员年平均有效剂量限值 5mSv/a，公众人员年平均有效剂量限值 0.25mSv/a，周围剂量当量率参考控制水平小于 2.5μSv/h。
2	管理制度	(1) 个人剂量计季度检定并建立个人辐射档案； (2) 完善射线装置台账； (3) 辐射工作人员上岗培训； (4) 辐射工作人员 2 年参加一次职业体检；(5) 建立相关规章制度 (6) 辐射工作人员取得辐射安全与防护培训合格证书，持证上岗，建立个人档案。	

表 13 结论与建议

13.1 结论

1.辐射安全与防护分析结论

(1) 项目安全设施

本项目设置的 2 台工业 CT 机自带铅屏蔽体，有固定的辐射工作场所，且场所均设有相应的辐射安全和防护措施。本项目辐射工作场所拟设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 等相关文件的要求。

综上所述,本项目拟采用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽射线装置产生的 X 射线,对辐射工作场所采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

(2) 三废的治理

本项目所使用的工业 CT 机只有在开机并出线的状态时,才会有 X 射线的产生,不产生放射性气体、放射性废水、放射性固体废物,无感光材料废物产生及其他废气产生。

由于 X 射线检测过程中,每次检测时间较短,且铅室间断性进出被检工件而打开、关闭防护门,产生的少量臭氧和氮氧化物不会形成局部聚集,且臭氧在 50 分钟后自动分解为氧气,另 CT 检测区所在厂房内安装有动力排风装置和空调,在工作期间保持开启,故所产生的气体对周围环境空气质量及周围工作人员影响极小。

2.环境影响分析结论

通过现状监测可知,福州六和金属科技科技有限公司 2 台工业 CT 机项目所在区域的环境 X- γ 剂量率水平均在环境本底范围值内。

(1) 建设阶段对环境的影响

本次的工业 CT 机在现有厂房内采用警戒带围挡组成 CT 检测区,且工业 CT 机均自带屏蔽体,不涉及土建工程,故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理,设备安装产生的噪声为间断性的,随着设备安装的结束,噪声影响也随即结束。

(2) 运行阶段对环境的影响

①辐射工作场所屏蔽防护设计

经估算可知，在自带的铅屏蔽体的防护作用下本项目 1 号工业 CT 机上侧（主束射线方向）辐射剂量率最大为 0.0192 μ Sv/h，1 号工业 CT 机前侧、后侧、左侧和右侧屏蔽体外非有用线束辐射剂量率最大为 0.023 μ Sv/h；项目 2 号 CT 机右侧（主束射线方向）辐射剂量率最大为 0.372 μ Sv/h，2 号工业 CT 机前侧、后侧、左侧和右侧屏蔽体外非有用线束辐射剂量率最大为 1.540 μ Sv/h；均满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中要求的“关注点最高剂量率参考控制水平 2.5 μ Sv/h”的要求，同时也满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中要求的“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

②年附加有效剂量估算

根据剂量估算结果，本项目 CT 机对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 0.0416mSv，公众人员最大年附加有效剂量为 0.0127mSv。

本项目辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年附加有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求，同时满足辐射工作人员的管理限值 5mSv/a 和公众人员管理限值 0.25mSv/a 的要求。

3.可行性分析结论

项目投入使用主要对公司生产的汽车零部件进行质量检测，项目在加强管理后均满足国家相关法律法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。同时，本项目属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》鼓励类中第六类“核能”中的第 6 条“核技术应用:同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业政策，

4.总结论

综上所述，福州六和金属科技有限公司两台 X 射线数字成像检测系统项目在落实本报告表提出的各项污染防治措施和安全管理措施后，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，项目正常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，从环境保护和辐射防护角度论证，该项目是可行的。

13.2 建议和要求

(1) 在项目建设同时，项目应确保辐射防护设施和管理措施的建设，必须做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”；

(2) 制订辐射监测计划、购置相关辐射科室的监测仪器；

(3) 建议做好各项环保安全设施的维护，完善各项制度，加强日常管理；

(4) 成立的专门放射防护领导小组应定期开展活动，检查放射工作场所相关的管理制度，加紧配置各种防护设备，放射工作人员一定要持证上岗，落实个人佩带有个人射线剂量仪，定期进行放射人员的健康体检，杜绝放射事故隐患，确保核技术应用设备和人员的安全；

(5) 应做到定期检查探伤室设置的“电离辐射”标志，工作报警装置和联锁装置，发现故障及时解决；

(6) 项目工业 CT 机投入使用前，应向生态环境保护主管部门申报，经有关部门验收合格后方可运行；

(7) 对本报告表提出的辐射防护措施，应严格执行，辐射防护存在不足的地方，应尽快完善；

(8) 公司若未来如需增加本报告表所涉及之外的污染源和射线装置或对其使用功能进行调整变动，则应按要求向有关生态环境保护主管部门进行申报，并按污染控制目标采取相应的污染治理措施,主动接受生态环境保护主管部门的监督管理。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公章

年 月 日

审批意见：

经办人

公章

年 月 日