

核技术利用建设项目

厦门鸿基伟业复材科技有限公司 2 台工业 CT 机项目 环境影响报告表

(公示稿)

厦门鸿基伟业复材科技有限公司

2024 年 1 月

核技术利用建设项目

厦门鸿基伟业复材科技有限公司 2 台工业 CT 机项目 环境影响报告表

(公示稿)

建设单位名称：厦门鸿基伟业复材科技有限公司

建设单位法人代表：王梦君

通讯地址：厦门市同安区集祥路 69 号

邮政编码：361100

联系人：黄**

电子邮箱：8384***@qq.com

联系电话：131***

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	7
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.....	23
表 9 项目工程分析与源项.....	26
表 10 辐射安全与防护.....	32
表 11 环境影响分析.....	44
表 12 辐射安全管理.....	57
表 13 结论与建议.....	63

附件

附件 1 委托书

附件 2 检测资质（涉及商业秘密已删除）

附件 3 检测报告（涉及商业秘密已删除）

附件 4 管理制度（涉及商业秘密已删除）

附件 5 工业 CT 相关材料（涉及商业秘密已删除）

附件 6 核技术利用辐射安全与防护考核成绩单（涉及个人隐私已删除）

表1 项目基本情况

项目名称	厦门鸿基伟业复材科技有限公司 2 台工业 CT 机项目				
建设单位	厦门鸿基伟业复材科技有限公司				
法人代表	王梦君	联系人	黄**	联系电话	1315****
注册地址	厦门市同安区集祥路 69 号厂房				
项目建设地点	厦门市同安区集祥路 69 号厂房				
立项审批部门	/			批准文号	/
建设项目总投资（万元）	800	项目环保投资（万元）	15	投资比例	1.9%
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 ）	90
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.建设单位情况				
<p>厦门鸿基伟业复材科技有限公司（以下简称“鸿基伟业”）注册地址位于厦门市同安区集祥路 69 号厂房,本项目建设地点位于厦门市同安区集祥路 69 号厂房,该公司于 2007 年 01 月成立,经营范围包括工程和技术研究和试验发展等,主要为:新材料技术推广服务;脚踏自行车及残疾人座车制造;助动自行车制造;模具制造;其他非金属加工专用设备制造;纺织专用设备制造;玻璃纤维及制品制造;体育器材及配件制造;运动防护用具制造;体育用品及器材批发(不含弩);自行车零售等。</p>					
2. 目的和任务由来					
<p>厦门鸿基伟业复材科技有限公司无原有核技术利用设备应用,本次属于首次开展核技术利用建设项目。</p> <p>为提高产品质量,厦门鸿基伟业复材科技有限公司拟在厂房一楼测试房内设置 1 间 X 射线检测室,使用 1 台自屏蔽式 X 射线检测系统和 1 台自屏蔽式微焦点工业 CT 机,主要用于自行车车圈、自行车车架等碳纤维制品的无损检测分析,为方便表述,以下对 X 射线检测系统和微焦点工业 CT 机均采用简称“工业 CT 机”。根据《中华人民共和国</p>					

环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》以及《建设项目环境保护管理条例》（国务院 682 号令）等法律法规，厦门鸿基伟业复材科技有限公司 2 台工业 CT 机项目应进行环境影响评价。

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，2017 年 12 月 6 日发布），鸿基伟业使用的工业 CT 机属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），“使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。

因此，厦门鸿基伟业复材科技有限公司于 2023 年 7 月委托湖北君邦环境技术有限责任公司（以下简称“我公司”）对其 2 台工业 CT 机项目进行环境影响评价工作。我公司接受委托后，组织技术人员于 2023 年 8 月、9 月对厦门鸿基伟业复材科技有限公司 2 台工业 CT 机项目工作场所防护情况和辐射工作人员的防护情况进行了调查，充分收集了有关资料，在完成辐射环境质量现状监测、污染源分析等工作的基础上，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求编制完成了《厦门鸿基伟业复材科技有限公司 2 台工业 CT 机项目环境影响报告表》。

3. 项目建设规模

鸿基伟业拟在测试房建设一间 X 射线检测室使用 2 台自屏蔽式工业 CT 机，工业 CT 机均为定向照射，其中 X 射线检测系统主射方向为向左（以防护门所在面为正面），微焦点工业 CT 机主射方向为向右（以防护门所在面为正面），主要用于自行车车圈、自行车车架等碳纤维制品的无损检测分析。本项目辐射工作的种类和范围为使用 II 类射线装置。本项目拟用工业 CT 机详细情况见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置使用情况

序号	射线装置	型号	数量 (台)	最大管电 压 (kV)	最大管电 流 (mA)	类别	使用场所	测试对象	备注
1	X 射线检测系统	FSX-T160-P4 343-C-6S	1	160	1.25	II 类	X 射线检测室	自行车车圈、自行车	新增，主射方向为向左
2	微焦点工业 CT 机	AX-3000CT-D	1	180	0.5	II 类		车架等碳纤维制品	新增，主射方向为向右

4. 项目选址及周边保护目标

本项目建设地点位于厦门市同安区集祥路 69 号厂房（项目地理位置图见图 1-1），建设项目四周均为工业企业。本项目工业 CT 机拟安装于测试房的 X 射线检测室内，测试房位于厂房北部，厂房为 2 层建筑物（一楼设有夹层），该厂房东侧为单位停车场及同福路，南侧为厂区道路及集祥路，西侧为厂区道路及同福二路，北侧为厂区道路、物

料棚及厦门可富汽车配件有限公司厂房。

本项目 X 射线检测室位于测试房内东部，X 射线检测室东侧为楼梯间、卫生间、冰库、总配电室、燃机室及调树脂车间等区域；南侧为走廊、生产车间（成型车间、车圈成型生产线）及裁纱区等，西侧为测试房其他区域、辐条拉挤区、实验室、空气压缩机房、辐条成型区等区域；北侧为厂区道路、物料棚及厦门可富汽车配件有限公司厂房；X 射线检测室内楼下无建筑物，楼上为夹层车圈卷料区及开发办公室等。

微焦点工业 CT 机位于 X 射线检测室南部，其控制台位于其正面南侧（右面）；X 射线检测系统位于 X 射线检测室北部，其控制台位于其东侧（右侧）；X 射线检测室与其他生产区域相对独立，选址符合要求，各四周情况详见表 1-2。

表 1-2 射线装置所在 X 射线检测室四周紧邻区域情况一览表

辐射场所	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上
X 射线检测室	楼梯间、通道（楼梯间入口）	走廊	测试房其他区域	厂区道路及物料堆场	夹层车圈卷料区等

本项目使用的工业 CT 机在工作过程中产生的 X 射线经其自屏蔽体屏蔽后并通过距离衰减，同时在该公司各项辐射安全防护措施有效的条件下，对周边环境人员造成的辐射影响较小，本项目拟建辐射工作场所周边 50m 范围内无以居住、医疗卫生、文化教育、科研等为主要功能的环境影响敏感区域，故项目选址可行。

本项目现状照片见图 1-2，厂区平面图详见图 1-4。本项目的周边保护目标主要是操作射线装置的辐射工作人员和周边公众人员（包含一般工作人员）。



图 1-1 本项目地理位置图



图 1-2 拟建 X 射线检测室四周现状情况



厂房东侧停车场



厂房南侧厂区道路



厂房西侧同福二路



北侧厦门可富汽车配件有限公司厂房

图 1-3 厂房四周情况

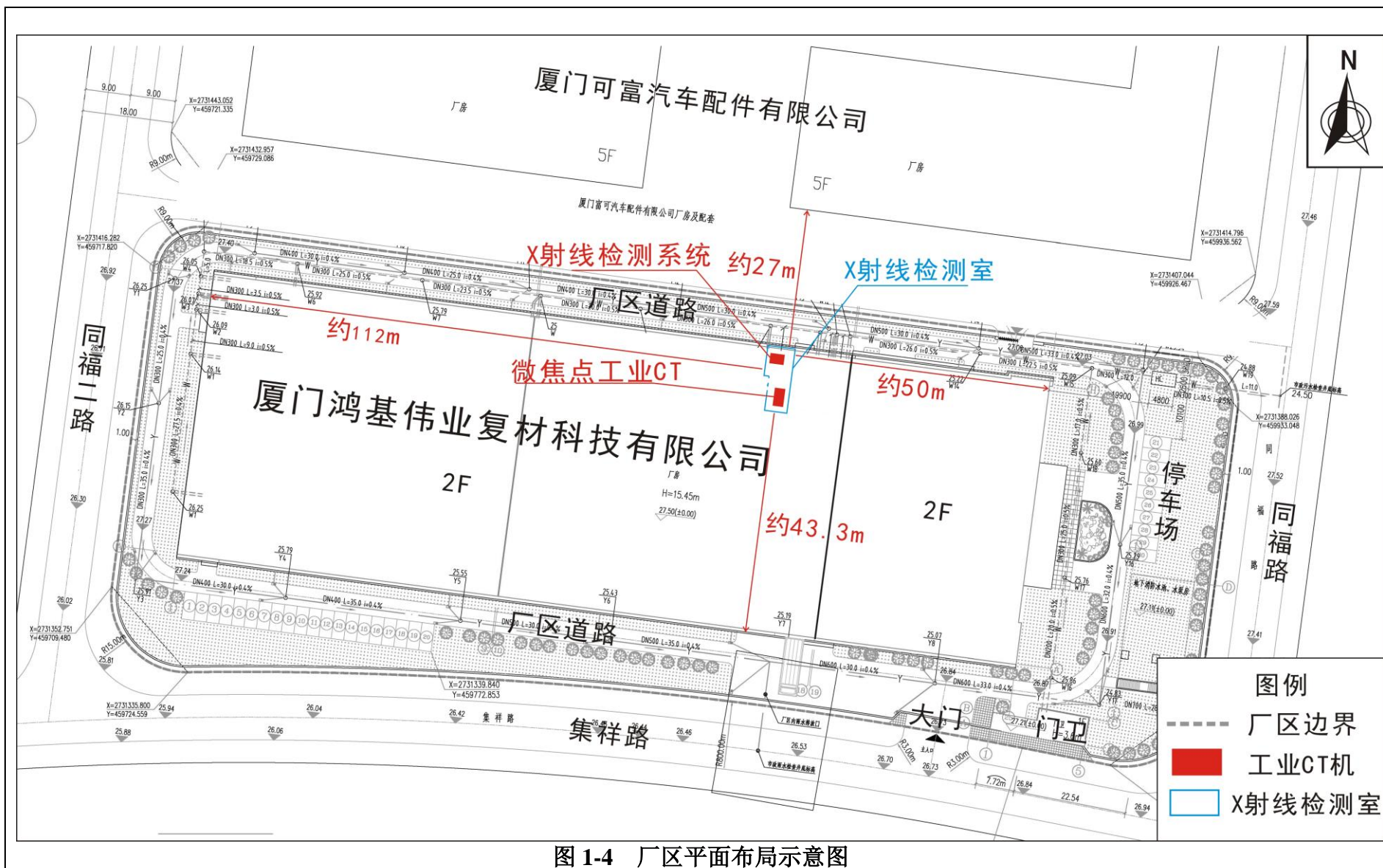


图 1-4 厂区平面布局示意图

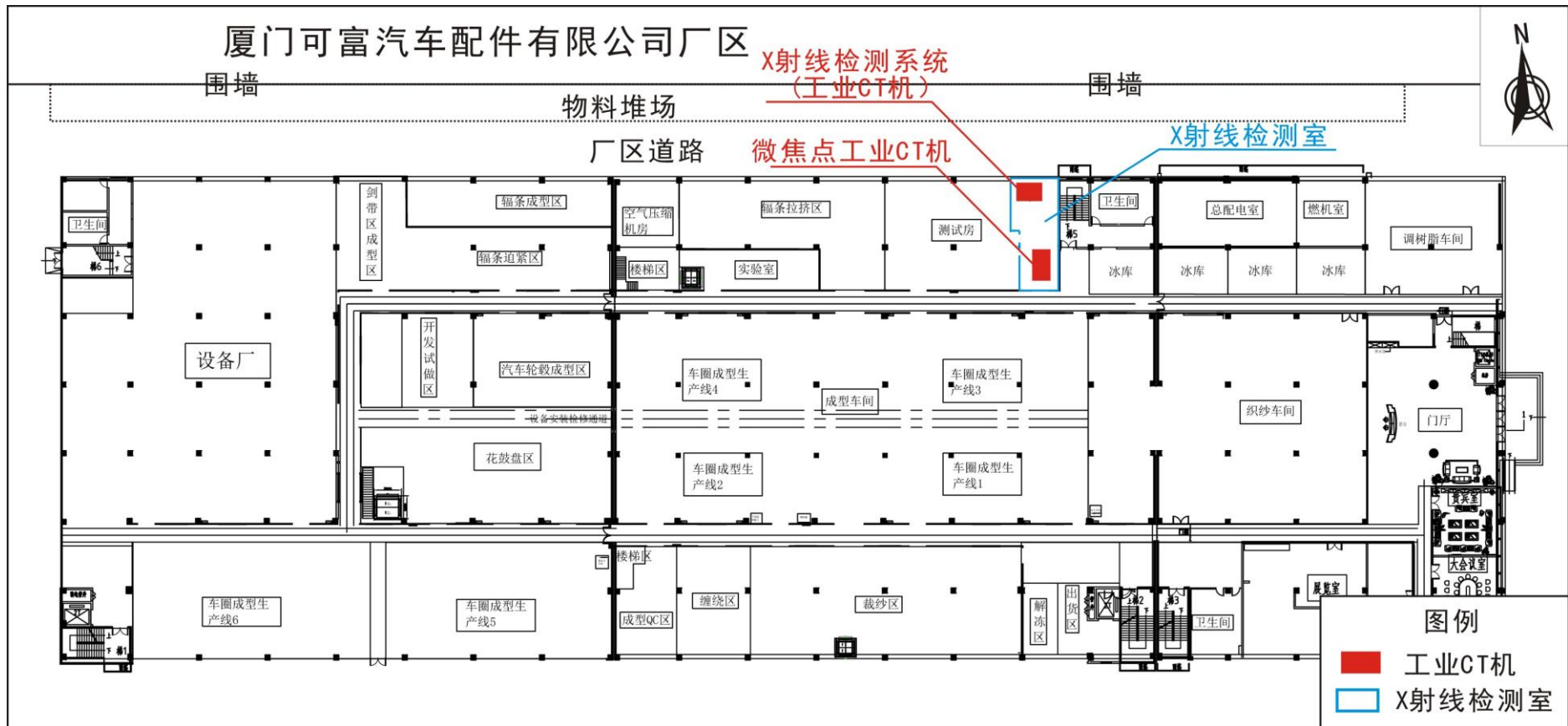


图 1-5 厂房一楼平面布局示意图

5.产业政策符合性分析

项目投入使用主要用于自行车车架、车圈等碳纤维制品的无损检测分析，保证产品合格，符合辐射防护“实践的正当性”原则；同时，本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 21 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》第十四类“机械”中的第 6 条“科学研究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 机、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”，因此本项目符合国家产业政策。

6、代价利益分析

厦门鸿基伟业复材科技有限公司 2 台工业 CT 机项目实施后，经过无损检测检查可发现产品缺陷，能起到提前预防安全事故发生，在保证安全使用的同时，也创造了更大的经济效益和社会效益。

表2 放射源

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

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

表3 非密封放射性物质

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

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

表4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线检测系统	II类	1	FSX-T160-P4343-C-6S	160	1.25	自行车车圈、自行车车架等碳纤维制品	X 射线检测室	新增
2	微焦点工业 CT 机	II类	1	AX-3000CT-D	180	0.5	自行车车圈、自行车车架等碳纤维制品	X 射线检测室	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	大气环境中
氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	大气环境中
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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、含有放射性的废弃物要注明，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》(2014年4月修订),中华人民共和国主席令第九号,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》(2002年10月28日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过,根据2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改<中华人民共和国劳动法>等七部法律的决定》修正);</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)《建设项目环境保护管理条例》,中华人民共和国国务院令第253号,2017年10月1日起施行(根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订);</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449号,2005年12月1日起施行,2019年3月18日第二次修订;</p> <p>(6)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》,中华人民共和国生态环境部令 第16号,2021年1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》(2021年1月修订),原国家环保总局令 第31号,2006年3月1日起施行;</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》,中华人民共和国环境保护部令 第18号,2011年5月1日起施行;</p> <p>(9)《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》,环发[2012]98号文;</p> <p>(10)《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》,环发[2012]77号文;</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(公告2017年第66号),2017年12月6日发布;</p> <p>(12)《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》,国环规环评【2017】4号,2017年11月20日施行。</p>
------	--

<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</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》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022);</p> <p>(6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 本项目委托书;</p> <p>(2) 厦门鸿基伟业复材科技有限公司提供的本项目相关资料。</p>

表7 保护目标与评价标准

评价范围

参考《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)中环境影响报告书相关要求,即“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)”,结合本项目特点,本项目的评价范围为工业 CT 机屏蔽体外 50m 的范围。

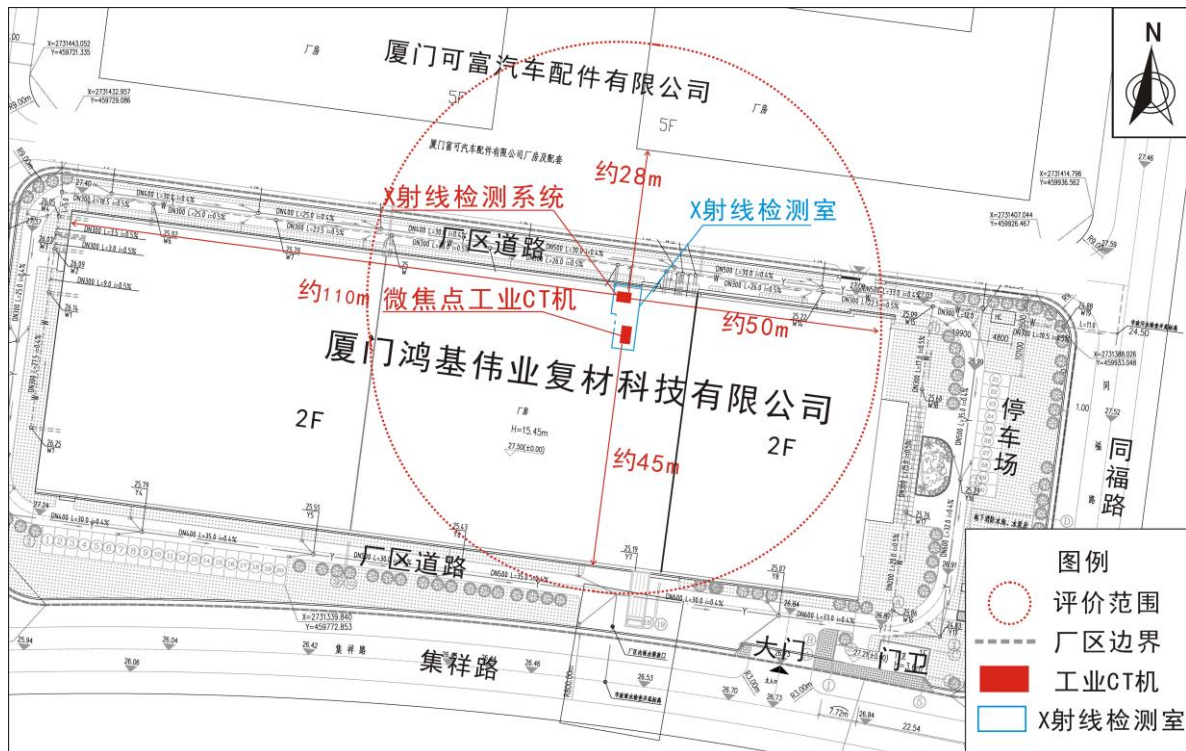


图 7-1 本项目评价范围示意图

保护目标

根据对本项目周围环境的调查,本项目拟建辐射场工作场所周边评价范围(50m)为自有厂区内和厦门可富汽车配件有限公司厂区,均为工业企业厂区范围内,本项目周边保护目标为辐射工作场所屏蔽体边界外 50m 范围内的辐射工作人员及周边公众成员。本项目辐射工作人员为工业 CT 机操作人员,公众成员为厂区内其他工作人员及厂区外人员等。本项目评价范围内的环境保护目标具体见表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

评价项目	方位	距离	场所	环境保护目标	人员规模	剂量约束值
X 射线检测系	东侧	0~2.2m	控制台(操作位)	辐射工作人员	1~2 人 ^注	5mSv/a
		2.2~13.3m	楼梯间、卫生间	公众人员	流动人群	0.25mSv/

统		13.3~50m	总配电室、燃机室及调树脂车间等区域		约 5 人	a	
	南侧	0~9.9m	X 射线检测室内检测工件准备区域	辐射工作人员	1~2 人 ^注	5 mSv/a	
		9.9~13m	走廊	公众人员	流动人群	0.25mSv/a	
		13~50m	生产车间（成型车间、车圈成型生产线）及裁纱区等		约 20 人		
	西侧	0~0.7m	X 射线检测室内	辐射工作人员 ^注	一般情况下无人 ^注	5mSv/a	
		0.7~15.3m	测试房其他区域	公众人员	1~3 人	0.25mSv/a	
		15.3~50m	辐条拉挤区、空气压缩机房、辐条成型区等		约 15 人		
	北侧	0~1.2m	X 射线检测室内	辐射工作人员 ^注	一般情况下无人 ^注	5mSv/a	
		1.2~9.2m	厂区道路及物料堆场	公众人员	流动人群	0.25mSv/a	
		9.2~28m	厦门可富汽车配件有限公司厂区道路		流动人群		
		28~50m	厦门可富汽车配件有限公司厂房		5~10 人		
	楼上	正上方紧邻	厂房一楼夹层区域（夹层车圈卷料区等）		约 5 人		
	微焦点工业 CT 机	东侧	0.7m	X 射线检测室内	辐射工作人员	一般情况下无人 ^注	5mSv/a
			0.7~3.7m	通道（楼梯间出入口）	公众人员	流动人群	0.25mSv/a
			3.7~50m	冰库及调树脂车间等区域		约 5 人	
		南侧	1.4m	X 射线检测室内	辐射工作人员	1~2 人 ^注	5mSv/a
1.4~4.4m			走廊	公众人员	流动人员	0.25mSv/a	
4.4~45m			生产车间（成型车间、车圈成型生产线）及裁纱区等		约 20 人		
45~50m			厂区道路		流动人员		
西侧		0~1.95m	X 射线检测室内，操作位等	辐射工作人员	1~2 人 ^注	5mSv/a	
		1.95~16.5m	测试房其他区域	公众人员	1~3 人	0.25mSv/a	
		16.5~50m	辐条拉挤区、实验室、楼梯区、辐条迫紧区等		约 15 人		
北侧		0~8.05m	X 射线检测室内	辐射工作人员	1~2 人	5mSv/a	
		8.05~16m	厂区道路及物料堆场	公众人员	流动人群	0.25mSv/a	
		16~34.8m	厦门可富汽车配件有限公司厂区道路		流动人群		
		34.8~50m	厦门可富汽车配件有限		5~10 人		

		公司厂房		
楼上	正上方； 紧邻	厂房一楼夹层区域（夹层车圈卷料区等）		约5人

注：①本项目操作人员共计2人；② X射线检测室采用授权出入（设置门禁），只允许辐射工作人员进入。

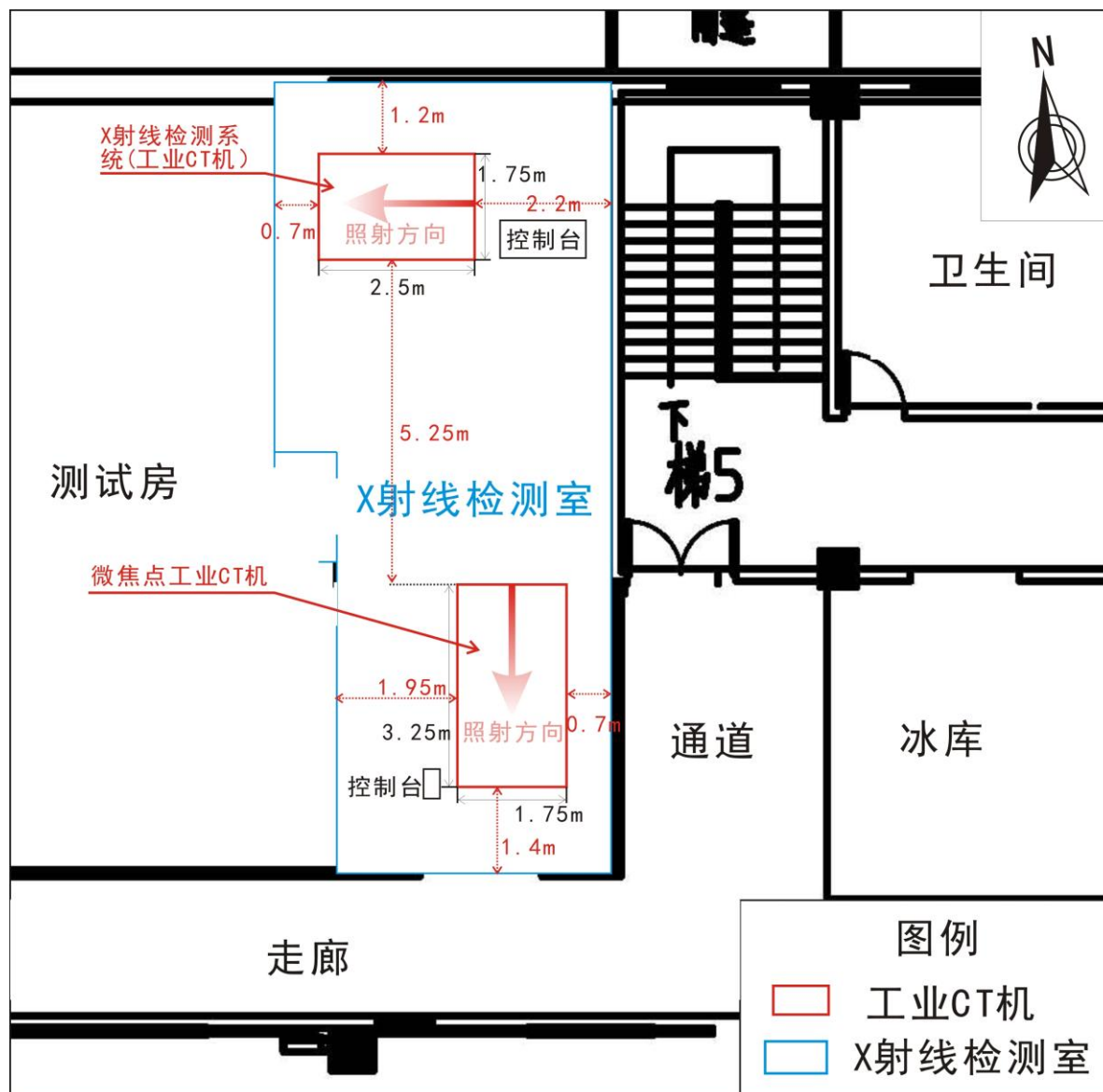


图 7-2 X 射线检测室平面布局示意图

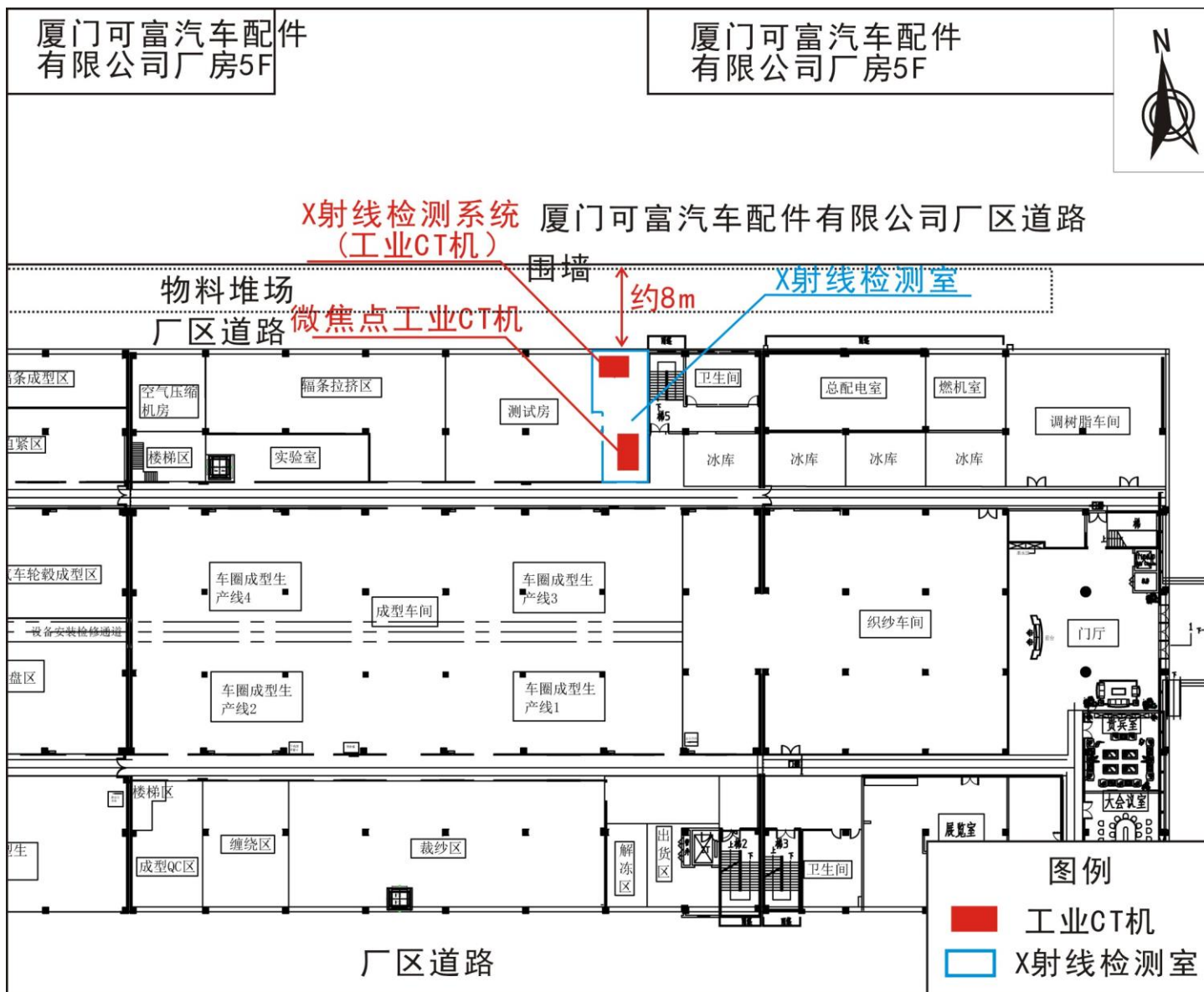


图 7-3 X 射线检测室四周情况示意图

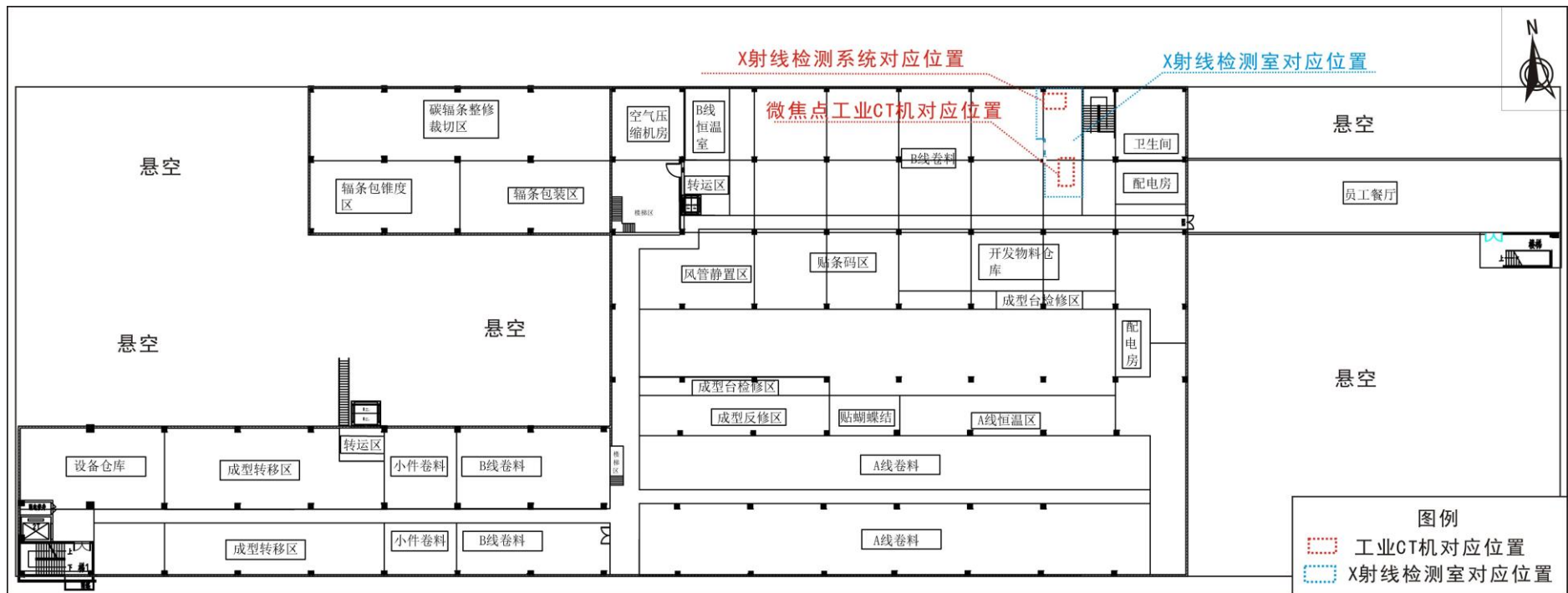


图 7-4 厂房一楼夹层平面布局示意图

评价标准

(1) 剂量限值和剂量约束值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的要求,本项目相关限值采用标准见表 7-2。

表 7-2 本项目相关标准限值

内容	项目	剂量限值	标准名称
连续五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	公众成员	1 mSv	
剂量约束值	辐射工作人员	5mSv/a	辐射工作人员取年有效剂量限值的 1/4 作为剂量约束值
	公众成员	0.25mSv/a	公众成员取年有效剂量限值的 1/4 作为剂量约束值

(2) 剂量当量率控制水平

依据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中的要求,本项目相关剂量当量率控制水平见表 7-3。

表 7-3 本项目相关剂量当量率控制水平

内容	项目	控制水平	标准名称
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	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)
剂量率参考控制水平	关注点最高剂量率参考控制水平	$H_{c, \max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)
	关注点剂量率参考控制水平 ^注	$2.5\mu\text{Sv/h}$	

注:本项目关注点剂量率参考控制水平详见表 11-1。

(3) 辐射安全防护措施要求

《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)对工作场所辐射防护要求、安全装置和警示标志要求做了明确规定:

表 7-4 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)相关内容

相关条款	具体内容(节选,不适用于本项目的条款未给出)
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GBZ 128的要求进行个人剂量监测,按GBZ 98的要求进行职业健康监护。

	<p>4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。</p> <p>4.6 应制定辐射事故应急预案。</p>
5 探伤机的放射防护要求	<p>5.1.2 工作前检查项目应包括：</p> <p>a) 探伤机外观是否完好；</p> <p>b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；</p> <p>c) 液体制冷设备是否有渗漏；</p> <p>d) 安全联锁是否正常工作；</p> <p>e) 报警设备和警示灯是否正常运行；</p> <p>f) 螺栓等连接件是否连接良好；</p> <p>g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。</p> <p>5.1.3 X射线探伤机的维护应符合下列要求：</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>d) 应做好设备维护记录。</p>
6.1 探伤室放射防护要求	<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>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>6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：</p> <p>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；</p> <p>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>6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：</p> <p>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；</p> <p>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>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>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>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>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。</p> <p>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> <p>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。</p> <p>6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。</p>
6.2 探伤室探伤操作的放	<p>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。</p>

射防护要求	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>
6.3 探伤设施的退役	<p>当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。</p> <p>g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。</p>

表8 环境质量和辐射现状

1.项目的地理和场所位置

本项目建设地点位于厦门市同安区集祥路 69 号厂房，建设项目四周均为工业企业。本项目工业 CT 机拟安装于测试房东侧的 X 射线检测室内。

2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

(1) 环境现状评价的对象

本次环境现状评价的对象为拟建辐射工作场所周边环境。

(2) 监测因子

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

(3) 监测点位

按《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)中有关布点原则和方法，并结合本项目的实际情况，本项目辐射水平背景值监测点位见图 8-1。

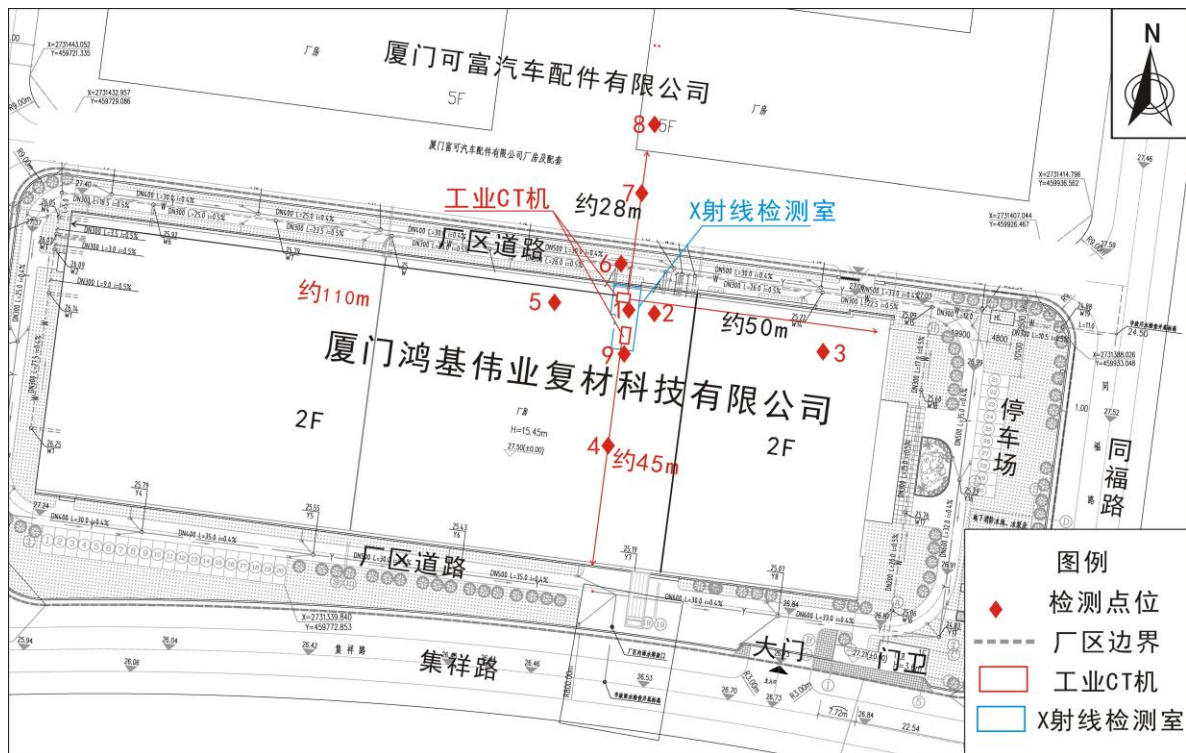


图 8-1 拟建辐射工作场所周边辐射水平背景值监测点位示意图

3.监测方案、质量保证措施和监测结果

(1) 监测方案

① 监测单位

湖北君邦检测技术有限公司

②监测时间及环境条件

监测时间：2023年8月25日

天气情况：晴

温度：18~22℃

相对湿度：58%

③监测方法

本次 γ 辐射空气吸收剂量率现状检测方法依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）提供的方法。

具体测量步骤如下：

a) 开机预热。

b) 手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为1m。

c) 仪器读数稳定后，通常以约10s的间隔（可参考仪器说明书）读取/选取10个数据，记录在测量原始记录表中。

④检测仪器

本次监测仪器为环境X、 γ 辐射剂量仪，该仪器由上海市计量测试技术研究院·华东国家计量测试中心检定，仪器参数见表8-2。

表8-2 环境现状监测仪器及参数一览表

仪器名称	环境X、 γ 辐射剂量仪
仪器型号	PN98（PN-1）
生产厂家	上海何亦仪器仪表有限公司
能量响应	主机能量范围：45KeV-3MeV； 外置探测器能量范围：20KeV-7MeV
量程	主机测量范围：0.1 μ Sv/h-10mSv/h 外置探测器测量范围：10nGy/h-100 μ Gy/h
相对固有误差	不超过 \pm 15%
检定证书编号	2023H21-20-4774697001
仪器检定有效期限	2023年8月15日-2024年8月14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

(2) 质量保证措施

①本项目监测单位已取得了湖北省市场监督管理局的检验检测机构资质认定（CMA认证），具备有完整、有效的质量控制体系；

②根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）制定监测方案及实施细则，布设监测点位，保证各监测点位布

设的科学性；

③监测仪器经计量部门检定合格，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正常，对仪器进行校验；

⑤监测人员经考核并持有合格证书上岗，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

⑥建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据等全部保留，以备复查；

⑦监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑧监测报告严格实行三级审核制度，经过复核，最后由授权签字人签发。

（3）监测结果

拟建辐射工作场所周边 γ 辐射空气吸收剂量率背景值监测结果见表 8-3，检测报告见附件 7。

表 8-3 拟建辐射工作场所周边 γ 辐射空气吸收剂量率背景值监测结果

序号	检测点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率测量值 \pm 标准差（nGy/h）	检测工况
1	拟安装工业 CT 机位置处（室内）	***	背景检测
2	东侧卫生间（室内）	***	
3	东侧调树脂车间（室内）	***	
4	南侧裁纱区（室内）	***	
5	西侧辐条拉挤区（室内）	***	
6	北侧厂区道路（室外）	***	
7	北侧厦门可富汽车配件有限公司厂区道路（室外）	***	
8	北侧厦门可富汽车配件有限公司厂房一楼（室内）	***	
9	厂房一楼夹层车圈卷料区（室内）	***	

4.环境现状调查结果评价

由表 8-3 的监测结果可知，拟安装工业 CT 机场所及其周边环境 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果在 141.6~157.2nGy/h 之间（已扣除宇宙射线响应值），处于当地天然本底水平涨落范围内（根据《中国环境天然放射性水平》给出已扣除宇宙射线响应值的检测结果，厦门市原野 γ 辐射剂量率范围为 72.7~85.6nGy/h，道路 γ 辐射剂量率范围为 78.2~129.4nGy/h，室内 γ 辐射剂量率范围为 161.9~193.5nGy/h）。

表9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1.工作原理

(1) 设备组成

本项目工业 CT 机均由定位系统、X 射线管、X 射线检测器、防护罩（自屏蔽体）、控制器、显示器、计算机软件及其他辅件等构成。

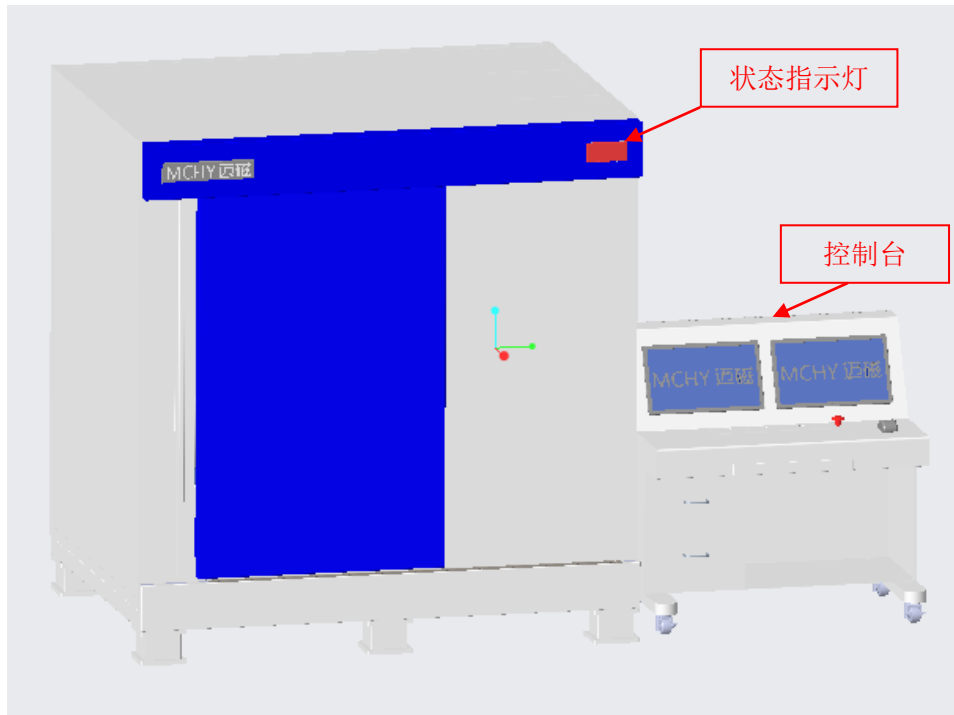


图 9-1 X 射线检测系统（工业 CT 机）效果图



图 9-2 X 射线检测系统（工业 CT 机）内部结构示意图

工作状态指示灯

涉密不可公开

图 9-3 微焦点工业 CT 机实物图

涉密不可公开

图 9-4 微焦点工业 CT 机内部机构示意图

表 9-1 本项目工业 CT 机基本参数一览表

序号	射线装置	尺寸大小	
		项目	规格
1	X 射线检测系统	外部尺寸	长 2.5m, 宽 1.725m, 高 2.2m;
2		内部空间尺寸	长 1.86m, 宽 1.54m, 高 1.875m;
3		X 射线发射装置可上下移动 0.6m, 辐射源点距四周屏蔽体外表面最小距离 (该设备图纸中尺寸已包含屏蔽体厚度)	***
4		检测工件最大尺寸	直径 0.8m, 高 (长) 1m
5		载物台可移动距离	***

6	微焦点 工业 CT 机	最大管电流管电压	160kV; 1.25mA
7		输出量	在满负荷条件下 X 射线管 1m 处的最大输出量 (最大剂量率) 为*** μ Sv/h
8		泄漏剂量率	*** μ Sv/h
9		外部尺寸	长 3.256m, 宽 1.748m, 高 2.252m
10		内部空间尺寸	***
11		辐射源点距四周屏蔽体外表面最小距离 (该设备图纸中尺寸为未包含屏蔽体厚度)	X 射线发射装置可上下移动***
12		检测工件最大尺寸	直径 0.8m, 高 (长) 1m
13		样品台可水平移动距离	样品台 X 轴可水平移动距离***00mm; Y 轴 (焦距方向即主射方向上) 可移动***0mm
14		最大管电流管电压	180kV; 0.5mA
15		输出量	在满负荷条件下 X 射线管 1m 处的最大输出量 (最大剂量率) 为*** μ Sv/h
16	泄漏剂量率	*** μ Sv/h	

(2) 工作原理

工业 CT 机的工作原理是射线管通电时通过高压发生器、X 光管产生电子束，电子束撞击靶，产生 X 射线。利用不同物质和不同的物体结构对 X 射线衰减系数的不相同，使用精确准直的 X 射线从各种不同的角度扫描工件，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，来判断工件内部结构情况。

2. 工艺流程及产污环节

本项目是利用工业 CT 机自行车车圈、自行车车架等碳纤维制品进行无损检测分析。

工业 CT 机工艺流程及产污环节详见图 9-5。

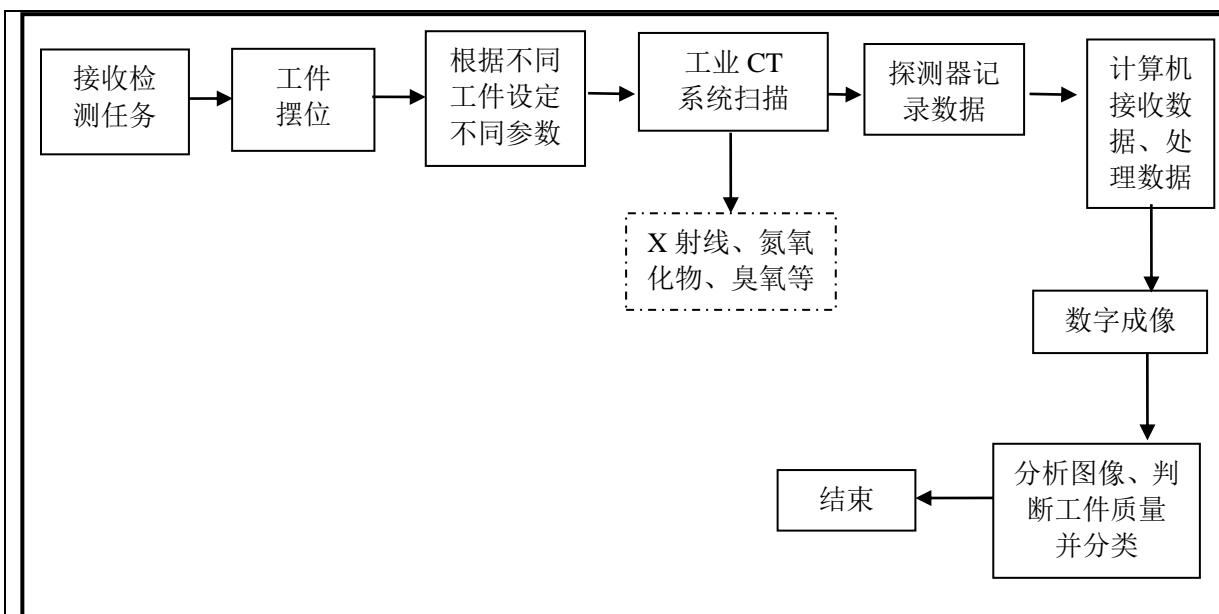


图 9-5 工业 CT 机工艺流程及产污环节示意图

具体过程为：

(1) 工作人员做开机前和检测前的准备，检查项主要包括：工业 CT 机外观是否完好、电缆线是否完好、警示灯是否正常、安全连锁是否正常等，确保辐射安全措施能正常运行；

(2) 辐射工作人员打开工件进出防护门，工作人员手部拿起待检工件，然后将工件放入到工业 CT 机内部的检测平台上，整个过程中，工作人员无法进入工业 CT 机设备内部区域，仅通过手部在工件进出门送取待检工件；

(3) 通过操作控制软件，设置检测工艺的相关参数和扫描参数；

(4) 启动机械扫描系统，通过数据传输控制单元将数据信号收集处理后，通过网络传送到计算机硬盘中保存；

(5) 计算机接收到数据后自动生成图像文件，需要时可保存原始扫描数据文件；

(6) 最后对图像文件进行分析，并出具相关报告。

(7) 完成所有检测任务，设备关机，取走控制台钥匙，关好设备所在 X 射线检测室的门（带门禁）。

综上，本项目工业 CT 机在照射过程中，X 线球管连续地发射 X 射线，一旦切断电源，便不会再有 X 射线产生。因此，本项目运行过程中污染物为 X 射线及微量的臭氧和氮氧化物。

3.工作人员及工件路线

工业 CT 机开展分析检测时，辐射工作人员将 X 射线检测室内的待检工件取出，

然后放置在工业 CT 机内部的检测平台上，检测完成后，根据检测合格情况，将工件分类放置于 X 射线检测室的检测后工件区域。

4.工作量预计

根据建设单位提供数据，每台工业 CT 机检测单个工件的曝光时间 4~15 秒，每天预计每台工业 CT 机检测 100~480 个工件，每周工作 5 天，预计每周工业 CT 最大曝光时间为 10h，一年按 50 周计算，则每台工业 CT 年最大出束时间为 500 小时。

本项目拟配置 1 名辐射管理人员，2 名操作人员（辐射工作人员）。

污染源项描述

1.建设阶段的污染源项

本项目工业 CT 机由厂家一体化设计并制造，建设单位无需进行辐射屏蔽防护建设。

本项目建设阶段仅为工业 CT 机所在的 X 射线检测室需要检测简单装修，在建设阶段不产生放射性废气、放射性废水及放射性固体废物，产生的环境影响主要是装修时施工产生的噪声、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，施工期短，合理安排施工秩序，施工时间，并依托厂房建设主体工程的环保措施处理。

2.运行阶段污染源项

（1）外照射源的强度

根据建设单位提供数据，X 射线检测系统的最大管电压为 160kV，最大管电流为 1.25mA，在满负荷条件下 X 射线管 1m 处的最大输出量（最大剂量率）为**** $\mu\text{Sv/h}$ ，泄漏剂量率为*** $\mu\text{Sv/h}$ ；微焦点工业 CT 机的最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA，在满负荷条件下 X 射线管 1m 处的最大输出量（最大剂量率）为*** $\mu\text{Sv/h}$ ，泄漏剂量率为*** $\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 正常工况

①X 射线

由工业 CT 机的工作原理可知，X 射线随设备的开、关而产生和消失。本项目使用的工业 CT 机只有在开机并处于出束状态（曝光状态）时，才会发出 X 射线，对周围环境产生辐射影响。因此，在开机曝光期间，X 射线是本项目的主要污染因子。

②臭氧和氮氧化物

本项目工业 CT 机在工作时，会产生微量的臭氧和氮氧化物。

③固废

本项目采用数字成像技术，不产生废显（定）影液及废胶片。

(3) 非正常工况

①工业 CT 机在对工件进行检测的工况下，门-机联锁失效，致使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

②在设备联锁失效时出束，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。

③工业 CT 机在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

本项目工业 CT 机事故状态下污染源项同正常工况。

表10 辐射安全与防护

项目安全设施

1.工作场所布局和分区

(1) 工作场所布局

本项目工业 CT 机拟安装场所 X 射线检测室位于测试房内东部，X 射线检测室东侧为楼梯间、卫生间、冰库、总配电室、燃机室及调树脂车间等区域；南侧为走廊、生产车间（成型车间、车圈成型生产线）及裁纱区等，西侧为测试房其他区域、辐条拉挤区、实验室、空气压缩机房、辐条成型区等区域；北侧为厂区道路、物料棚及厦门可富汽车配件有限公司厂房；X 射线检测室内楼下无建筑物，正上方为（楼上）厂房一楼夹层区域（夹层车圈卷料区等）；X 射线检测室与其他生产区域相对独立，通过工业 CT 机屏蔽实体的有效屏蔽，不会对外环境人员造成影响，该项目的辐射工作场所布局是合理可行的。

(2) 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“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。”、“6.4.1.1 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。”和“6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定位监督区：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。”

控制区：将工业 CT 机屏蔽体内部区域划为控制区。

监督区：将工业 CT 机屏蔽体外的 X 射线检测室其他区域划为监督区。

本次辐射工作场所分区见表 10-1。

表 10-1 本项目辐射工作场所分区

序号	辐射工作场所	控制区	监督区
1	X 射线检测系统	X 射线检测系统屏蔽体内	X 射线检测系统和微焦点工业 CT 机屏蔽体外的 X 射线检测室其他区域
2	微焦点工业 CT 机	微焦点工业 CT 机屏蔽体内	

本项目工业 CT 机所在 X 射线检测室与其四周厂房内其他区域相对较为独立，在自屏蔽体的屏蔽防护有效的条件下，不会对外环境人员造成影响，从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的辐射工作场所布局和分区是合理可行的。

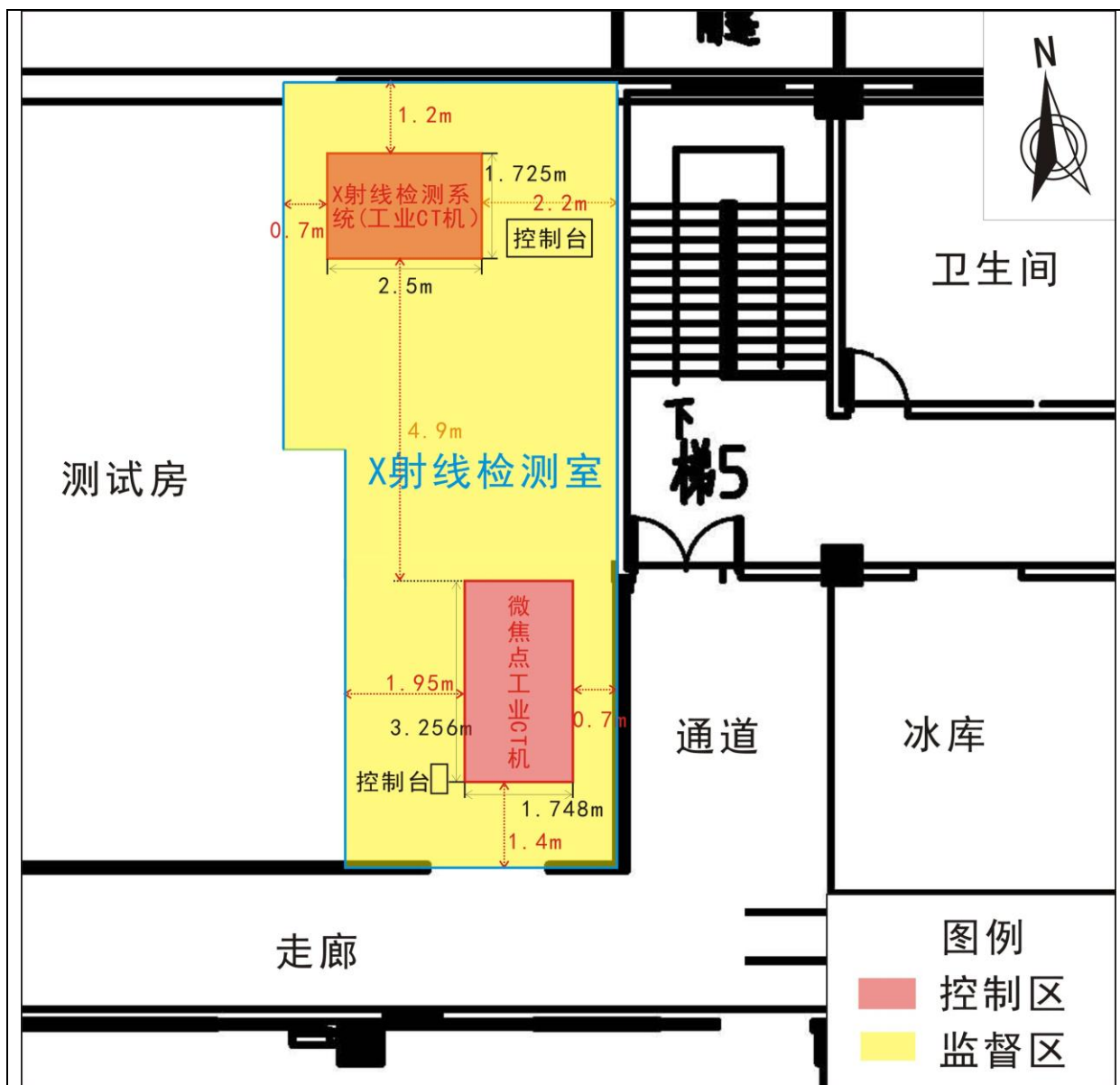


图 10-1 辐射工作场所分区图

2.工作场所辐射安全和防护

(1) 工作场所辐射屏蔽防护

本项目工业 CT 机自屏蔽体左面、右面、正面、背面、顶面、底面的屏蔽体材料及厚度详见下表 10-2。

表 10-2 本项目工业 CT 机自屏蔽体的设计

序号	射线装置	防护位置	屏蔽防护设计	
			材料及厚度	规格
1	X 射线检测系统	正面屏蔽体	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	①外部尺寸：长 2.5m，宽 1.725m，高 2.2m； ②内部空间尺寸：***；
2		背面屏蔽体		
3		顶板屏蔽体		
4		右侧屏蔽体		
5		左侧屏蔽体（主束方向）	3mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	
6		底部屏蔽体	3mm 钢板+8mm 铅板+10mm 钢板	
7		防护门	3mm 钢板+8mm 铅板+3mm 钢板	
8		通风口及电线电缆口补偿措施	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	
9	微焦点工业 CT 机	正面屏蔽体	6.5mm 铅板+6.5mm 钢板	①外部尺寸：长 3.256m，宽 1.748m，高 2.252m ②内部空间尺寸：***；
10		背面屏蔽体	6.5mm 铅板+8.5mm 钢板	
11		顶板屏蔽体	6.5mm 铅板+6.5mm 钢板	
12		左侧屏蔽体	6.5mm 铅板+8.5mm 钢板	
13		右侧屏蔽体（主束方向）	9mm 铅板+6.5mm 钢板	
14		底部屏蔽体	6.5mm 铅板+12mm 钢板	
15		防护门	6.5mm 铅板+6.5mm 钢板	
16		通风口及电线电缆口补偿措施	6.5mm 铅板+6.5mm 钢板	

涉密不可公开

图 10-2 X 射线检测系统尺寸图



俯视图

图 10-3 微焦点工业 CT 机尺寸图

(2) 辐射工作场所拟采取的辐射安全措施

为确保辐射工作人员的工作环境和铅屏蔽体外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，本项目辐射工作场所拟设置多重安全防护措施，同时根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“1 范围 工业 CT 探伤和非探伤目的的同辐射源范围的无损检测参考使用”，因本项目 X 射线检测系统和微焦点工业 CT 机为设备厂家批量一体化设计并建造，设备出厂时其电路、电控及屏蔽防护系统、警示灯均已建设完成，建设单位无法增加工业 CT 机设备上的安全防护措施，如设备出束时的声音提示装置等。此外，非维护保养情况下，人员不进入工业 CT 机内部。拟设置的辐射安全措施具体如下：

① 控制台

本项目工业 CT 机均设有控制台，X 射线检测系统控制台位于 X 射线检测系统东侧；微焦点工业 CT 机控制台位于工业 CT 机正面西侧；辐射工作人员通过控制台设置管电压、管电流等参数及高压接通或断开状态显示。同时控制台设置了钥匙电源开关，设备钥匙由专人负责保管，只有辐射工作人员在场时，才可拿到钥匙打开设备，人员离开后，取走设备钥匙，保证了设备的安全性。

② 外部报警或者指示装置

本项目 X 射线检测系统和微焦点工业 CT 机开展检测时，工作人员仅需站立在屏蔽体外，通过设备上的工件进出门，将待检测工件放置工业 CT 机内部的载物平台，工作人员无法进入工业 CT 机屏蔽体内部。

X 射线检测系统和微焦点工业 CT 机拟在设备外部配置工作状态指示灯及其说明：X 射线检测系统处于预备状态时，控制台显示灯为绿色，X 射线检测系统处于照射状态时，设备表面的顶部警示灯会变红，出束期间指示灯长亮，以警示人员注意安全。

微焦点工业 CT 机处于预备状态时，操作面板显示灯为绿色，微焦点工业 CT 机处于照射状态时，设备表面的长条型警示灯带会变黄，出束期间指示灯长亮，以警示人员注意安全。

拟在 X 射线检测系统和微焦点工业 CT 机操作位处设置固定式辐射探测报警装置。

③ 门-机-灯联锁

本项目工业 CT 机均拟设置门-机-灯联锁装置，铅防护门关闭的情况下，经控制台操作后工业 CT 机才能出束，若防护门被意外打开，设备立即停止出束。

④ 监视装置

本项目工业 CT 机均拟在设备内部设置监视器，可监视设备内部待检工件的运行情况。

⑤ 警告标志

拟在工业 CT 机所在 X 射线检测室进出门及设备表面拟张贴明显的电离辐射警告标志并附中文警示说明。

⑥ 紧急停机装置

本项目工业 CT 机均拟在设备外表面及控制台设置紧急停机按钮，以使辐射工作人员在日常检测工件时或维护保养状态下，发生紧急情况，按下紧急停机按钮就令设备停机，紧急停机按钮旁拟张贴说明标签及使用方法。

⑦ 监测设备

拟为每名辐射工作人员配备个人剂量计，拟配备 2 台个人剂量报警仪和 1 台 X、 γ 辐射巡检仪，用于日常监测。

辐射工作人员当班使用前，拟检查监测设备是否完好，确保其能正常使用。工作人员开展无损检测时，佩戴个人剂量计仪。

⑧ 通风

本项目 X 射线检测室拟设置机械排风装置，X 射线检测系统内部拟设置风扇，排风

量为 400m³/h，根据设备尺寸推算内部体积约 5.23m³，侧每小时换气次数可达 76.5 次；微焦点工业 CT 机内部拟设置风扇，排风量为 180m³/h，根据设备尺寸推算内部体积约 7.84m³，每小时换气次数可达 23 次；因此本项目 X 射线装置均符合参考标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，采用铅板对风口机械补偿防护，同时设备所在的车间已设置了通风换气系统。

⑨门禁系统

为加强工业 CT 机所在区域的辐射安全管理，单位拟在 X 射线检测室安装门禁或者门锁系统，仅辐射工作人员可进入该区域。

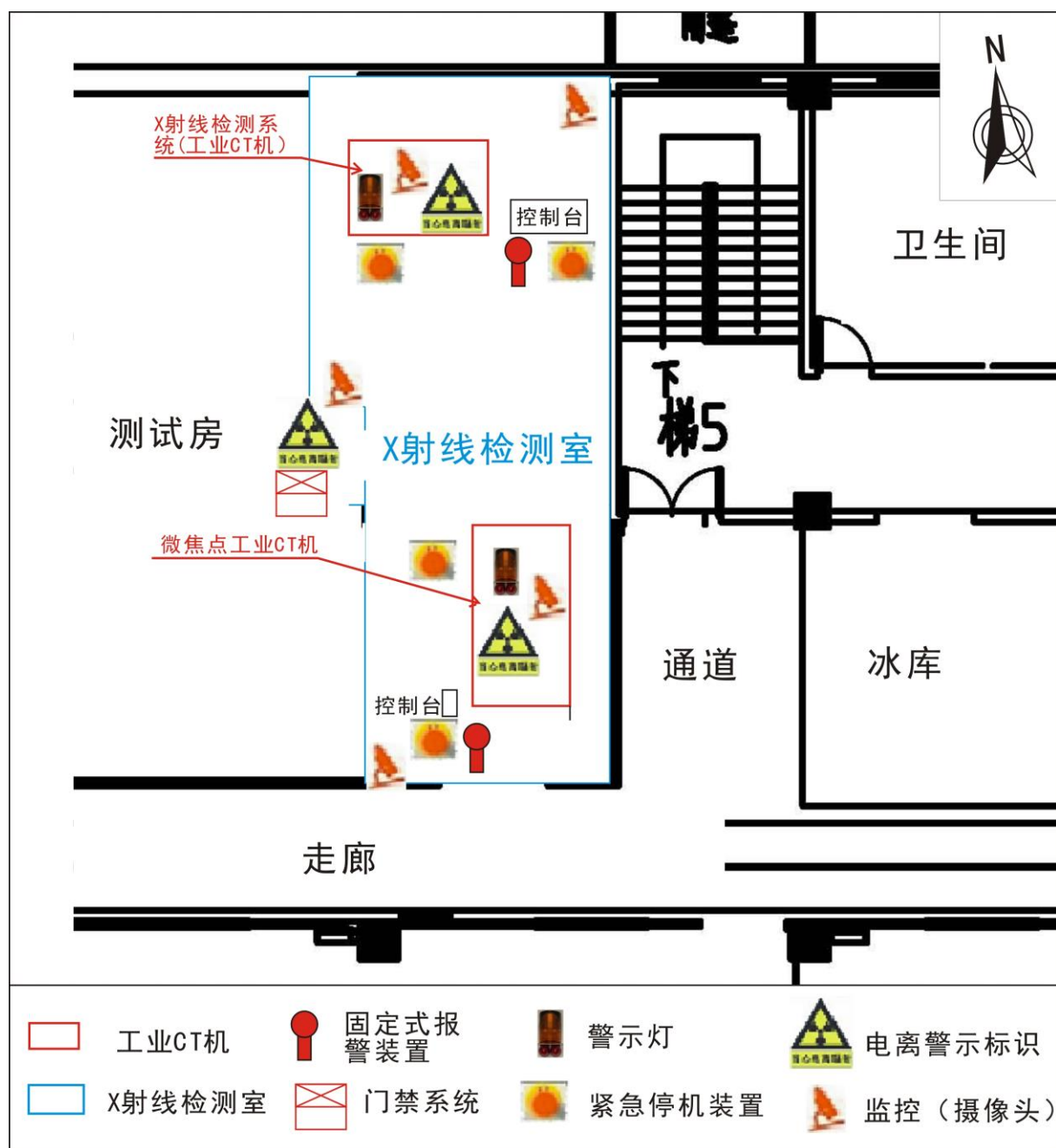


图 10-4 辐射安全设施设置示意图

⑩工业 CT 机设备的退役

建设单位在后期的使用过程中，若因出现工业 CT 机设备的停用或退役，应将工业 CT 机设备中的 X 射线发生器处置至无法使用的状态，或者经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。当设备移走后，建设单位应办理辐射安全许可证中的工业 CT 机设备辐射场所注销手续，同时清除该场所的所有电离辐射警告标志和安全告知。

3.辐射安全防护措施符合性分析

本项目辐射工作场所拟配置的各项辐射安全防护措施及管理制度与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环保总局令第 31 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令 第 18 号）中的相关要求进行了对比，均符合该标准要求，符合性分析情况见表 10-3。

表 10-3 辐射防护制度对照 31 号令及 18 号令等法规要求的对照表

31 号令及 18 号令等法规条文规定	项目实际情况	符合情况
使用 II 类射线装置，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	建设单位已成立辐射安全防护领导小组，负责管理单位的辐射安全工作，确保辐射工作场所的正常运行	符合
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。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训	本项目配置的辐射工作人员，均已参加并通过核技术利用辐射安全与防护考核	符合
放射性同位素与射线装置使用场所应当设置明显的放射性标志和中文警示说明，入口处应设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号，有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射安全措施	本项目辐射工作场所拟设置电离辐射警示标识、视频监控及检测室设置门禁系统，可防止工作人员和公众受到意外照射	符合
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、辐射监测等仪器	本项目辐射工作人员拟配备个人剂量计，场所拟配备个人剂量报警仪、辐射监测仪	符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	建设单位已制定一套辐射管理规章制度文件，并严格实施	符合
有完善的辐射事故应急措施	拟根据项目情况辐射事故应急预案	符合
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告	建设单位将在本项目正式运行后，编制辐射安全和防护状况年度评估报告，并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统备案	符合
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	建设单位拟为辐射工作人员配备个人剂量计，并为辐射工作人员建立个人剂量和职业健康档案	符合

发证机关		
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托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	本项目在建成并运行后，建设单位将委托有资质单位对辐射工作场所进行监测，并出具监测报告	符合

本项目辐射工作场所拟配置的各项辐射安全防护措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的相关要求进行了对比，均符合该标准要求，符合性分析情况见表10-4。

表 10-4 各项辐射安全防护措施与 GBZ 117-2022 相关要求的对照表

标准要求	本项目拟配置情况	符合性	
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	单位成立了辐射防护领导小组负责辐射安全与环境保护管理工作	/	
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。	单位成立了辐射防护领导小组负责辐射安全与环境保护管理工作，并明确了人员及其职责，同时建立了放射防护管理制度和放射防护措施	符合	
4.3 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GBZ 98的要求进行职业健康监护。	拟为每位辐射工作人员配备个人剂量计，开展个人剂量监测	符合	
4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪	本项目拟配置 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，拟为每位辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪	符合	
4.6 应制定辐射事故应急预案。	已制定辐射事故应急预案	符合	
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) 安全联锁是否正常工作； 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。	建设单位建立射线装置使用台账管理制度，设置了射线装置使用登记表等（见附件 4 中的射线装置使用台账管理制度）	符合	
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。	建设单位建立了设备维修维护制度，设置了设备维护记录等（见附件 4 中的设备维修维护制度）	符合	
6.1 探伤	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	本项目 X 射线检测系统主束向设备左侧照射，微焦点工业 CT 机主束向	符合

室放射防护要求	与探伤室分开。	设备右侧照射，X射线检测系统辐射工作人员在设备右侧控制台设置曝光参数，微焦点工业CT机辐射工作人员在设备正面右侧操作台设置曝光参数	
	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	已根据 GB18871 的要求，将本项目工业CT机辐射工作场所划分了控制区和监督区管理	符合
	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	本项目工业CT机均拟设置门-机-灯联锁装置，铅防护门关闭的情况下，经控制台操作后工业CT机才能出束，若防护门被意外打开，设备立即停止出束；本项目工业CT机开展检测时，工作人员仅需站立在屏蔽体外，通过设备上的工件进出门，将待检测工件放置工业CT机内部的载物平台，无需工作人员进入工业CT机屏蔽体内部	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	本项目X射线检测系统和微焦点工业CT机拟在设备外部配置工作状态指示灯及其说明；X射线检测系统处于预备状态时，控制台显示灯为绿色，X射线检测系统处于照射状态时，设备表面的顶部警示灯会变红，出束期间指示灯长亮，以警示人员注意安全；微焦点工业CT机处于预备状态时，操作面板显示灯为绿色，微焦点工业CT机处于照射状态时，设备表面的长条型警示灯带会变黄，出束期间指示灯长亮，以警示人员注意安全	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拟在设备内部设置监视器，可监视设备内部待检工件的运行情况	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	在工业CT所在X射线检测室进出门及设备表面拟张贴明显的电离辐射警告标志并附中文警示说明。	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	本项目工业CT拟在设备外表面及控制台设置紧急停机按钮，以使辐射工作人员在日常检测工件时或维护保养状态下，发生紧急情况，按下紧急停机按钮就令设备停机，紧急停机按钮旁拟张贴说明标签及使用方法	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X射线检测系统内部拟设置风扇，排风量为400m ³ /h，每小时换气次数可达76.5次；微焦点工业CT机内部拟设置风扇，排风量为180m ³ /h，每小时换气次数可达23次	符合

	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置	拟在 X 射线检测系统和微焦点工业 CT 机操作位处设置固定式辐射探测报警装置	符合
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。 g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。	建设单位建立了射线装置停用或退役管理制度，对射线装置停用或退役作出了规定（见附件 4 中的射线装置停用或退役管理制度）	符合

4.环保措施投资情况

本项目总投资 800 万，其中环保措施投资 15 万，环保措施投资一览表见表 10-5。

表 10-5 环保措施投资一览表

序号	环保措施	投资估算 (万元)
1	X 射线检测室场所装修、警戒线设置、门锁/门禁设置等	5
2	管理制度张贴、视频监控安装、电离辐射警示标志等设置	2
3	固定式辐射探测报警装置、个人剂量报警仪、个人剂量计及个人剂量监测、辐射监测仪、职业健康体检等	8
合计		15

5.项目安全设施可行性

根据本项目辐射工作场所拟设置的各项辐射安全与防护措施可知，本项目工业 CT 机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，本项目工业 CT 机采用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽其辐射源产生的 X 射线，对辐射工作场所采取的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。

三废的治理

(1) X 射线

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、放射性废水及放射性固体废物。因此，在开机曝光期间，X 射线是该项目的主要污染因子。

在工业 CT 机开机曝光期间，对工件进行检测时，X 射线经透射、反射，对系统及周围环境产生辐射影响，对辐射工作人员及周边其他非辐射工作人员形成外照射。设备运行期间产生的 X 射线经设备铅屏蔽体的屏蔽，对周围环境影响较小。

（2）废气

本项目工业 CT 机设备拟配有排风扇，工业 CT 机设备产生的微量臭氧和氮氧化物，通过排风扇排出后，依托设备所在生产车间和检测室的通风系统排出，对周围环境影响较小。

（3）固体废物

本项目运行期间不产生固废，射线装置报废后应将 X 射线发生器处置至无法使用状态。

表11 环境影响分析

<p>建设阶段对环境的影响</p> <p>本项目工业 CT 机由厂家一体化设计并制造，建设单位无需进行辐射屏蔽防护建设。本项目建设阶段仅为工业 CT 机所在的 X 射线检测室需要检测简单装修，在建设阶段不产生放射性废气、放射性废水及放射性固体废物，产生的环境影响主要是装修时，施工产生的噪声、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，施工期短，合理安排施工秩序，施工时间，并依托厂房建设主体工程的环保措施处理。</p>
<p>运行阶段对环境的影响</p> <p>1.辐射屏蔽设计环境影响分析</p> <p>(1) 辐射工作场所周围关注点的辐射水平估算</p> <p>参照《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 X 射线检测系统的最大管电压为 160kV，最大管电流为 1.25mA，在满负荷条件下 X 射线管 1m 处的最大输出量（最大剂量率）为***$\mu\text{Sv/h}$，泄漏剂量率为***$\mu\text{Sv/h}$；微焦点工业 CT 机的最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA，在满负荷条件下 X 射线管 1m 处的最大输出量（最大剂量率）为***$\mu\text{Sv/h}$，泄漏剂量率为***$\mu\text{Sv/h}$（见附件 5），每台射线装置年最大出束时间为 500 小时，一年按 50 周计算，则每周受照射最大时间为 10h。</p> <p>① 剂量率参考控制水平的确定</p> <p>取工业 CT 机自屏蔽体外表面 30cm 处作为关注点进行剂量率参考控制水平的确定，计算公式如下：</p> $\dot{H}_{c,d}=H_c/(t \cdot U \cdot T) \quad (\text{公式 11-1})$ <p>式中：</p> <p>H_c—周剂量参考控制水平，单位为微希每周（$\mu\text{Sv} \cdot \text{wk}^{-1}$），本项目周剂量控制水平辐射工作人员 $H_c \leq 100 \mu\text{Sv} \cdot \text{wk}^{-1}$，公众 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv} \cdot \text{wk}^{-1}$。本项目工业 CT 机位于 X 射线检测室内，门口设置了门禁系统，设备周边 30cm 处仅辐射工作人员可到达，因此取 $H_c \leq 100 \mu\text{Sv} \cdot \text{wk}^{-1}$</p> <p>$\dot{H}_{c,d}$—导出剂量率参考控制水平。</p> <p>$t$—X 人员周受照射时间，单位为小时每周（h/周），本项目每周照射的时间为 10h。</p> <p>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 X 射线检测系统</p>

射线出束方向为从右向左照射，其左侧为主射方向使用因子取 1，余下设备三面及顶部和底部的使用因子取 1/4；微焦点工业 CT 机射线出束方向为从左向右照射，其右侧为主射方向使用因子取 1，余下设备三面及顶部和底部的使用因子取 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；按照最不利情况分析，设备四周辐射工作人员居留因子取 1，底部及顶部的居留因子取 1/16。



图 11-1 X 射线检测系统辐射源点距四周屏蔽体外表面距离示意图（俯视图）

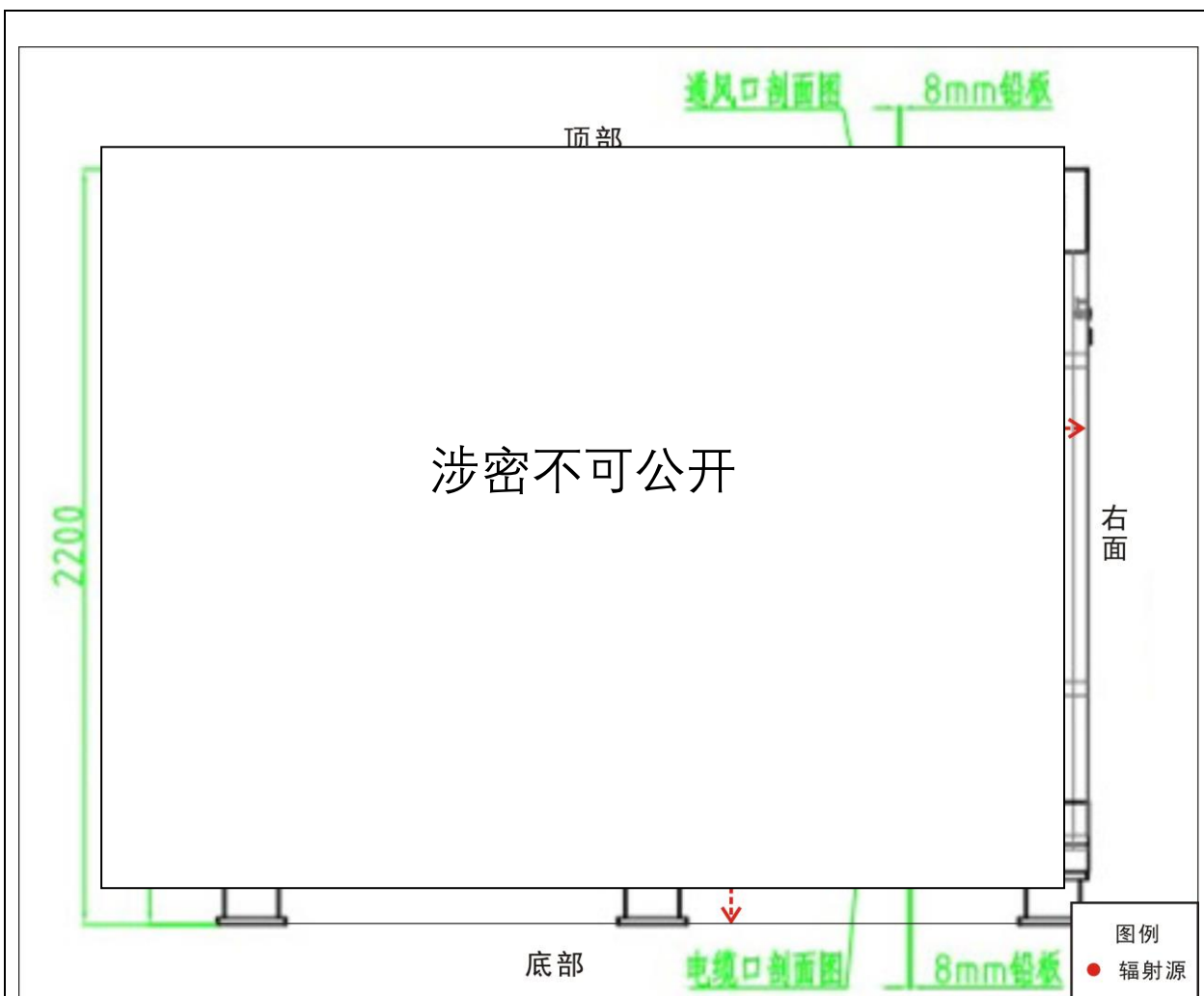


图 11-2 X 射线检测系统辐射源点距四周屏蔽体外表面距离示意图（正视图）



图 11-3 微焦点工业 CT 机辐射源点距四周屏蔽体外表面距离示意图（俯视图）

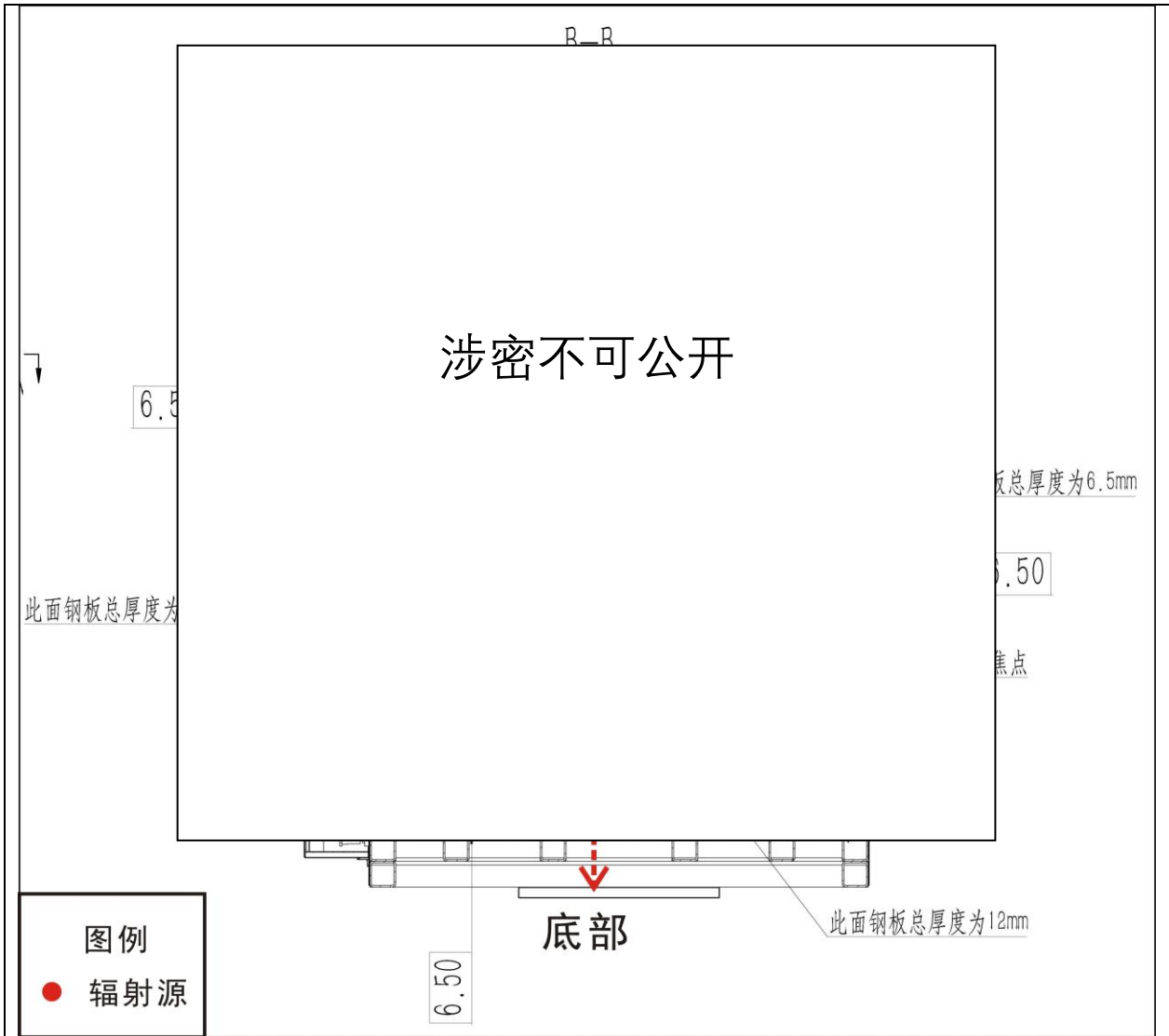


图 11-4 微焦点工业 CT 机辐射源点距四周屏蔽体外表面距离示意图（右视图）

表 11-1 关注点剂量率参考控制水平计算结果

序号	场所	关注点描述	U	T	$H_c^{①}$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{wk}^{-1}$)	t (h)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)
1	X 射线检测系统	正面屏蔽体外 30cm 处	1/4	1	100.00	10	40	2.50
2		左侧屏蔽体外 30cm 处	1	1	100.00		10	2.50
3		右侧屏蔽体外 30cm 处	1/4	1	100.00		40	2.50
4		背面屏蔽体外 30cm 处	1/4	1	100.00		40	2.50
5		顶部屏蔽体外 30cm 处	1/4	1/16	100.00		640	2.50
6		底部屏蔽体外 30cm 处	1/4	1/16	100.00		640	2.50
7	微焦点工业 CT 机	正面屏蔽体外 30cm 处	1/4	1	100.00	10	40	2.50

8	右侧屏蔽体外 30cm 处	1	1	100.00		10	2.50
9	左侧屏蔽体外 30cm 处	1/4	1	100.00		40	2.50
10	背面屏蔽体外 30cm 处	1/4	1	100.00		40	2.50
11	顶部屏蔽体外 30cm 处	1/4	1/16	100.00		640	2.50
12	底部屏蔽体外 30cm 处	1/4	1/16	100.00		640	2.50

备注：①由于 X 射线检测室内部只有辐射工作人员可进出，其他人无法进出，周剂量按照辐射工作人员进行取值，取 $100\mu\text{Sv}\cdot\text{wk}^{-1}$ ；② \dot{H}_c 为关注点剂量率参考控制水平，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的“3.1.1”进行取值。

因此，本项目工业 CT 机设备四周、顶棚、底板剂量率参考控制水平取 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

②剂量率估算

I 有用线束

屏蔽透射因子： $B = (\dot{H}_c \cdot R^2) / (I \cdot H_0)$ （公式 11-2）

式中：

B—屏蔽透射因子，根据 GBZ/T 250-2014 中附录 B 图 B.1，本项目射线装置最大管电压分别为 160kV 和 180kV，因此可参考 200kV 对应曲线，本项目不考虑钢板的屏蔽。

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

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，本项目关注点取设备表面 30cm 处作为关注点。

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

$I \cdot H_0$ —工业 CT 机在最高管电压条件下常用最大管电流时，距辐射源点（靶点）1m 处的最大剂量率，结合本项目实际情况，根据建设单位提供数据，X 射线检测系统的最大管电压为 160kV，最大管电流为 1.25mA，在满负荷条件下 X 射线管 1m 处的最大输出量（最大剂量率）为*** $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，泄漏剂量率为*** $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；微焦点工业 CT 机的最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA，在满负荷条件下 X 射线管 1m 处的最大输出量（最大剂量率）为*** $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，泄漏剂量率为*** $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

表 11-2 有用线束的剂量率计算结果

辐射场所	关注点位置	屏蔽材料厚度	$I \cdot H_0$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	R (m)	B	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
X 射线检测系统	设备左面屏蔽体外 30cm	3mm 钢板 +10mm 铅板	***	1.46+0.3	0.000001	***

	处（主束方向）	+2mm 钢板				
	左面约 0.7m 处（测试房内）		***	1.46+0.7	0.000001	***
微焦点工业 CT 机	设备右面屏蔽体外 30cm 处（主束方向）	9mm 铅板 +6.5mm 钢板	***	1.943+0.0155+0.3	0.0000015	***
	右面约 1.7m 处（走廊）		***	1.943+0.0155+1.7	0.0000015	***

II 泄漏辐射

$$\dot{H}_c = (\dot{H}_L \cdot B) / R^2 \quad (\text{公式 11-3})$$

式中：

B—屏蔽透射因子， $B = 10^{-X/\text{TVL}}$ ，X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同单位；TVL—见附录 B 表 B.2，本项目射线装置最大管电压分别为 160kV 和 180kV，因此可参考 200kV 对应的 TVL 值为 1.4mm，本项目不考虑钢板的屏蔽。

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

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，本项目关注点取设备表面 30cm 处作为关注点，根据设备拟放置位置，周边公众人员活动的较近位置。

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

表 11-3 泄露辐射的剂量率计算结果

辐射场所	关注点位置	屏蔽材料厚度	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)	B	R (m)	关注点剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)
X 射线检测系统	设备正面屏蔽体外 30cm 处	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	1.9307E-06	0.59+0.135+0.3	***
	操作台（设备右面屏蔽体外 30cm 处）	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	1.9307E-06	1.04+0.3	***
	设备右面屏蔽体外 2.2m 处楼梯间	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	1.9307E-06	1.04+2.2	***
	设备左面屏蔽体外 30cm 处（主束方向）	3mm 钢板	/	/	1.46+0.3	***
	设备左面屏蔽体外约 0.7m 处测试房（主束方向）	+10mm 铅板 +2mm 钢板	/	/	1.46+0.7	***
	设备背面屏蔽体外 30cm 处	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	1.9307E-06	1+0.3	***
	设备背面约 1.2m 处厂区道路	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	1.9307E-06	1+1.2	***

	设备顶部屏蔽体外 30cm 处	3mm 钢板+8mm 铅板	***	1.9307E-06	0.7+0.3	***
	设备顶部屏蔽体 0.8m 处夹层	铅板+2mm 钢板	***	1.9307E-06	0.7+0.8	***
	设备底部屏蔽体外 30cm 处	3mm 钢板+8mm 铅板+10mm 钢板	***	1.9307E-06	0.9+0.3	***
	防护门	3mm 钢板+8mm 铅板+3mm 钢板	***	1.9307E-06	0.59+0.135+0.3	***
微焦点工业 CT 机	操作位（设备正面屏蔽体外 30cm 处）	6.5mm 铅板+8.5mm 钢板	***	2.27585E-05	0.6495+0.32+0.015+0.3	***
	正面屏蔽体外 1.95m 处测试房		***	2.27585E-05	0.6495+0.32+0.015+1.95	***
	设备背面屏蔽体外 30cm 处	6.5mm 铅板+6.5mm 钢板	***	2.27585E-05	0.7505+0.013+0.3	***
	设备背面屏蔽体外 0.7m 处通道		***	2.27585E-05	0.7505+0.013+0.7	***
	设备顶板屏蔽体外 30cm 处	6.5mm 铅板+6.5mm 钢板	***	2.27585E-05	0.533+0.013+0.3	***
	设备顶部屏蔽体 0.75m 处夹层		***	2.27585E-05	0.533+0.013+0.75	***
	设备左侧屏蔽体外 30cm 处	6.5mm 铅板+8.5mm 钢板	***	2.27585E-05	0.857+0.015+0.4255+0.3	***
	设备右侧屏蔽体外 30cm 处（主束方向）	9mm 铅板+6.5mm 钢板	/	/	1.943+0.0155+0.3	/
	设备右侧屏蔽体外 1.4m 处走廊（主束方向）		/	/	1.943+0.0155+1.4	/
	设备底部屏蔽体外 30cm 处	6.5mm 铅板+12mm 钢板	***	2.27585E-05	0.667+0.0165+0.3	***
	防护门	6.5mm 铅板+6.5mm 钢板	***	2.27585E-05	0.7505+0.013+0.3	***

III 散射辐射

$$\dot{H}_c = \{ (I \cdot H_0 \cdot B) / R_s^2 \} \cdot \{ (F \cdot \alpha) / R_0^2 \} \quad (\text{公式 11-4})$$

式中：

B—屏蔽透射因子， $B = 10^{-X/\text{TVL}}$ ，X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同单位；TVL—见 GBZ/T 250-2014 中附录 B 表 B.2，本项目射线装置最大管电压分别为 160kV 和 180kV，根据 GBZ/T 250-2014 中 4.2.3a) 散射辐射对应最高电压按 150kV 取值，对应的 TVL 值为 0.96mm，本项目不考虑钢板的屏蔽。

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

R_s —散射体至关注点的距离，单位是 m，取载物台（样品台）中心距四周屏蔽体最

小距离可作为散射体至关注点的距离进行计算， $R_s=L-L_x/2$ ， L 为载物台（样品台）位于工业 CT 机内部中心点距四周屏蔽体最小距离（每台工业 CT 机载物台（样品台）的高度已固定与辐射源点（靶点）最低高度一致）， L_x 为载物台（样品台）可移动的行程。

R_0 —辐射源点（靶点）至检测工件距离，单位是 m。

H_0 —辐射源点（靶点）剂量率。

F — R_0 处辐射野面积，单位是 m^2 。

α —散射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的 B.4.2，根据射线夹角及 200kV 的取值，可将公式（11-4）中 $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ 的值取为 50。

表 11-4 散射辐射的剂量率估算结果

辐射场所	关注点位置	屏蔽材料厚度	$I \cdot H_0$ ($\mu\text{Sv/h}$)	B	R (m)	关注点剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)
X 射线检测系统	设备正面屏蔽体外 30cm 处	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	4.64159E-09	0.39+0.135+0.3	***
	操作台（设备右面屏蔽体外 30cm 处）	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	4.64159E-09	1.37+0.3	***
	设备右面屏蔽体外 2.2m 处楼梯间	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	4.64159E-09	1.37+2.2	***
	设备左面屏蔽体外 30cm 处（主束方向）	3mm 钢板	/	/	0.73+0.3	/
	设备左面屏蔽体外约 0.7m 处测试房（主束方向）	+10mm 铅板 +2mm 钢板	/	/	0.73+0.7	/
	设备背面屏蔽体外 30cm 处	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	4.64159E-09	0.8+0.3	***
	设备背面约 1.2m 处厂区道路	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	4.64159E-09	0.8+1.2	***
	设备顶部屏蔽体外 30cm 处	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	4.64159E-09	1.3+0.3	***
	设备顶部屏蔽体 0.8m 处夹层	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	***	4.64159E-09	1.3+0.8	***
	设备底部屏蔽体外 30cm 处	3mm 钢板+8mm 铅板+10mm 钢板	***	4.64159E-09	0.9+0.3	***
	防护门	3mm 钢板+8mm 铅板+3mm 钢板	***	4.64159E-09	0.39+0.135+0.3	***
微焦点工业 CT 机	操作位（设备正面屏蔽体外 30cm 处）	6.5mm 铅板	***	1.69499E-07	0.4505+0.013+0.3	***
	正面屏蔽体外 1.95m 处测试房	+6.5mm 钢板	***	1.69499E-07	0.4505+0.013+1.95	***
	设备背面屏蔽体外 30cm 处	6.5mm 铅板	***	1.69499E-07	0.3495+0.32+0.015+0.3	***
	设备背面屏蔽体外	+8.5mm 钢板	***	1.69499E-07	0.3495+0.32	***

	0.7m 处通道				+0.015+0.7	
	设备顶板屏蔽体外 30cm 处	6.5mm 铅板 +6.5mm 钢板	***	1.69499E-07	1.333+0.013 +0.3	***
	设备顶部屏蔽体 0.75m 处夹层		***	1.69499E-07	1.333+0.013 +0.75	***
	设备左侧屏蔽体外 30cm 处	6.5mm 铅板 +8.5mm 钢板	***	1.69499E-07	0.857+0.015 +0.4255+0.3	***
	设备右侧屏蔽体外 30cm 处 (主束方向)	9mm 铅板 +6.5mm 钢板	/	/	0.743+0.015 5+0.3	/
	设备右侧屏蔽体外 1.4m 处走廊 (主束方向)		/	/	0.743+0.015 5+1.4	/
	设备底部屏蔽体外 30cm 处	6.5mm 铅板 +12mm 钢板	***	1.69499E-07	0.667+0.016 5+0.3	***
	防护门	6.5mm 铅板 +6.5mm 钢板	***	1.69499E-07	0.4505+0.01 3+0.3	***

表 11-5 关注点总剂量率估算结果

序号	设备	关注点位置	H (μSv/h)			总剂量率 (μSv/h)
			有用线束	泄漏辐射	散射辐射	
1	X 射线检测系统	设备正面屏蔽体外 30cm 处	/	***	***	***
2		操作台 (设备右面屏蔽体外 30cm 处)	/	***	***	***
3		设备右面屏蔽体外 2.2m 处 楼梯间	/	***	***	***
4		设备左面屏蔽体外 30cm 处 (主束方向)	***	/	/	***
5		设备左面屏蔽体外约 0.7m 处测试房 (主束方向)	***	/	/	***
6		设备背面屏蔽体外 30cm 处	/	***	***	***
7		设备背面约 1.2m 处厂区道路	/	***	***	***
8		设备顶部屏蔽体外 30cm 处	/	***	***	***
9		设备顶部屏蔽体 0.8m 处夹层	/	***	***	***
10		设备底部屏蔽体外 30cm 处	/	***	***	***
11		防护门	/	***	***	***
12	微焦点工业 CT 机	操作位 (设备正面屏蔽体外 30cm 处)	/	***	***	***
13		正面屏蔽体外 1.95m 处测试房	/	***	***	***
14		设备背面屏蔽体外 30cm 处	/	***	***	***
15		设备背面屏蔽体外 0.7m 处 通道	/	***	***	***
16		设备顶板屏蔽体外 30cm 处	/	***	***	***
17		设备顶部屏蔽体 0.75m 处夹层	/	***	***	***
18		设备左侧屏蔽体外 30cm 处	/	***	***	***
19		设备右侧屏蔽体外 30cm 处	***	/	/	***

		(主束方向)				
20		设备右侧屏蔽体外 1.4m 处走廊 (主束方向)	***	/	/	***
21		设备底部屏蔽体外 30cm 处	/	***	***	***
22		防护门	/	***	***	***

由表 11-4 的计算结果可知，X 射线检测系统机屏蔽体外关注点剂量率在 3.69E-04~0.039 μ Sv/h 之间；微焦点工业 CT 机屏蔽体外关注点剂量率在 0.002~0.097 μ Sv/h 之间。

IV 两台工业 CT 机同时运行时叠加的辐射影响分析

由于本项目两台工业 CT 机在同一 X 射线检测室内使用，并且存在两台设备同时运行的情况，因此需要将两台工业 CT 机的辐射影响进行叠加；在实际使用过程中，人员受到工业 CT 机辐射影响与人员活动位置、驻留时间、工业 CT 机开机出束时间等有关系，在理论分析过程中无法获得精确参数，同时尽可能考虑到最不利的影响（保守条件下），因此，本次叠加估算为人员均受到两台工业 CT 机最大辐射影响的叠加，即剂量率选取两个工业 CT 机屏蔽体表面剂量率进行分析，根据表 11-4 可知 X 射线检测系统屏蔽体外 30cm 处最大剂量率估算值为 0.039 μ Sv/h，微焦点工业 CT 机屏蔽体外 30cm 处最大剂量率估算值为 0.097 μ Sv/h，则两台工业 CT 机同时运行时屏蔽体外 30cm 处最大剂量率估算值不大于 0.136 μ Sv/h，根据 X 射线剂量率衰减原理，与辐射源距离越大剂量率越小，故工业 CT 机屏蔽体外 30cm 以外的 X 射线检测室内及四周区域剂量率远小于 0.136 μ Sv/h。

综上所述，本项目工业 CT 机屏蔽体外 30cm 处最大剂量率估算值小于 0.136 μ Sv/h，满足表 11-1 的控制值要求，因此满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平”的要求，同时满足参考标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“X 射线探伤室墙和门的辐射屏蔽应满足屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”和“对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 μ Sv/h”的要求。

(2) 年有效剂量估算

本评价按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量采用下式进行计算：

$$H_{E-r} = D_r \times t \times 10^{-3} \times T \quad (\text{mSv/a}) \quad (\text{公式 11-5})$$

其中： H_{E-r} ：X—X 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_r ：X—X 射线空气吸收剂量率， μ Sv/h；

T: 居留因子;

t: X—照射时间, 小时。

照射时间选取: 根据建设单位提供的资料, 每台工业 CT 机年最大出束时间为 500 小时, 设备检测工件时, 工作人员处于操作位 (保守考虑人员不轮班), 其居留因子取 1, 考虑到设备运行时, 辐射工作人员可能会到设备旁巡查, 其居留因子取 1/4; X 射线检测室正上方夹层与西侧测试房内有其他工作人员工作区域, 公众成员居留因子取 1, X 射线检测室东侧、北侧、及南侧无人员驻留, 公众成员居留因子取 1/4。

最大照射剂量选取: 辐射工作人员取屏蔽体外剂量率最大估算值 $0.136\mu\text{Sv/h}$, 公众成员无法进入 X 射线检测室内部区域, 因 X 射线检测西侧测试房与南侧走廊在工业 CT 机的主射方向, 其中 X 射线检测西侧测试房公众成员居留因子取 1, 因此选取该处位置进行分析。辐射工作人员及公众成员年有效剂量见表 11-6。

表 11-6 辐射剂量计算结果

保护目标		位置	居留因子	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv)	总年有效剂量 (mSv)
X 射线检测系统	辐射工作人员	操作台	1	0.002	500	0.001	0.018
		设备旁 30cm 处	1/4	0.136	500	0.017	
	公众人员	设备左侧测试房	1	0.026	500	0.013	0.013
微焦点工业 CT 机	辐射工作人员	操作台	1	0.015	500	0.008	0.025
		设备旁 30cm 处	1/4	0.136	500	0.017	
	公众人员	设备右侧走廊	1/4	0.037	500	0.005	0.005

注: 公众人员剂量估算时以辐射影响最大且公众能到达的最近位置作为估算点, 选取了西侧测试房及南侧走廊。

根据剂量估算结果, 本项目辐射工作场所的工作人员年有效剂量最大值为 0.025mSv , 周围公众人员的年有效剂量最大值为 0.013mSv , 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。

2.三废治理影响分析

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, 产生的臭氧在屏蔽体内再排到屏蔽体外时, 因 X 射线检测室通风良好空间大臭氧被稀释, 可以忽略其对环境的影响。不产生放射性气体、放射性废水及放射性固体废物。

(1) X 射线

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、放射性废水及放射性固体废物。在开机曝光期间，X 射线是该项目的主要污染因子，在工业 CT 机开机曝光期间，对工件进行照射时，X 射线经透射、反射，对系统及周围环境产生辐射影响，对辐射工作人员及周边其他非辐射工作人员形成外照射，设备运行产生的 X 射线经铅屏蔽体的屏蔽，对周围环境影响较小。

(2) 废气

本项目 X 射线检测室拟设置机械排风装置，X 射线检测系统内部拟设置风扇，排风量为 400m³/h，根据设备尺寸推算内部体积约 5.23m³，侧每小时换气次数可达 76.5 次；微焦点工业 CT 机内部拟设置风扇，排风量为 180m³/h，根据设备尺寸推算内部体积约 7.84m³，每小时换气次数可达 23 次；符合参考标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，工业 CT 机设备产生的微量臭氧和氮氧化物，通过排风扇排出后，依托设备所在厂房和检测室的通风系统排出，对周围环境影响较小。

事故影响分析

(1) 事故等级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻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，详见表 11-7。

根据原国家环保总局 2006 年 145 号《辐射事故分级》规定，“一般辐射事故:是指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。”“较大辐射事故是指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。”

本项目工业 CT 机若辐射安全管理不当，可能发生一般辐射事故。

(2) 可能发生的辐射事故及预防措施

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度》（原国家环境保护总局 环发<2006>145 号文件）等相关规定，发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。针对可能发生的辐射事故，本项目采取的预防措施如表 11-7。

表 11-7 本项目辐射工作场所拟采取预防措施

序号	可能产生的辐射事故	拟采取的预防措施
1	工业 CT 机在对工件进行检测的工况下，联锁装置失效，至使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射	必须进行联锁装置的定期检查，严格按照操作规程进行作业，确保安全。每天检测作业前，检查确认辐射安全联锁、急停开关、工业 CT 机完好性等项安全措施，避免联锁失灵等设施设备事故。杜绝联锁装置旁路情况下开机操作
2	在门-机联锁失效时出束，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射	辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪和个剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行检测，并建立个人剂量档案，确保工作人员的照射剂量控制在剂量管理限值范围内。个人剂量报警仪在工作期间，随身携带，并设定安全阈值和报警，同时为确保检测值准确，建设单位应定期将个人剂量报警仪和辐射监测仪送有资质单位检定或校准
3	工业 X 射线 CT 机在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射	调试、维修、维护作业应由专业人员按规定程序完成，作业过程中应有两名有维修资格的人员操作，拨下控制台安全联锁钥匙，并在控制台设立维修标牌。作业完工后应确认维护门关闭，安全联锁恢复。维修人员需佩戴个人剂量报警仪

表12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1.辐射安全与环境保护管理机构

厦门鸿基伟业复材科技有限公司成立了以王**为组长，潘**为副组长，**为成员的辐射防护领导小组负责辐射安全与环境保护管理工作，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第3号）中规定的：“使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作”。

领导小组职责：

- （1）辐射安全许可证的申请、颁发、续发、换发、变更内容；
- （2）射线装置设备和放射性同位素的引入和场地的新建、改建、扩建均先上报各行政主管部门，取得相应级别行政许可后，方可购入或施工；
- （3）组织辐射工作人员参加辐射防护相关培训及考核；
- （4）组织辐射工作人员开展个人剂量检测和职业健康检查，建立人员职业健康档案。
- （5）定期组织对辐射工作场所进行日常监测，同时按要求每年委托有资质单位对辐射工作场所开展年度监测，并取得相应的监测报告；
- （6）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，并向当地生态环境、卫生健康、公安等主管部门报告；
- （7）负责单位辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理，每年12月31日前对单位辐射工作场所进行年度评估，并编制年度评估报告，上交管理部门备案。

综上，建设单位的辐射安全管理满足相关规定及要求，此外，建设单位在工业CT机运行后，应注重设备安全及人员的辐射安全管理，设备安全的安全管理主要包括定期对设备安全连锁系统、警示灯等措施进行检查及记录，人员的安全管理主要包括个人剂量计的配备管理、定期进行辐射安全培训、个人剂量监测及职业健康体检等。

2.辐射工作人员配置

厦门鸿基伟业复材科技有限公司拟配备管理人员1名，操作人员2名，均于2023年10月通过核技术辐射安全与防护考核。因此，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。在今后的工作中公司还应不断加强对职业人员的有关技能和辐射安全防护知识的再教育或培训，进一步提高对专业技能和放射防护工作重要性的认识。

辐射安全管理规章制度

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环保总局令第 31 号）、《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）相关规定，建设单位制定了《辐射安全防护和安全保卫制度》、《辐射事故/事件应急预案》、《岗位职责》、《辐射监测计划》、《设备维修维护制度》、《辐射工作人员培训考核制度》、《个人剂量管理制度》、《职业健康检查制度》等辐射安全管理制度，相关制度见表 12-1。

表 12-1 建设单位已建立的管理制度

序号	要求建立的管理制度	公司对应建立的管理制度
1	辐射防护和安全管理 制度	公司制定了《辐射防护和安全保卫制度》对公司辐射工作人员职责、检测工作程序和个人防护做出要求
2	应急预案	公司制定了《辐射事故/事件应急预案》，规定了发生辐射事故时公司相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小
3	岗位职责	公司制定的《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
4	监测计划	公司制定的《辐射环境监测方案》中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
5	培训计划	公司制定的《辐射工作人员培训制度》中规定了辐射工作人员必须参加生态环境部门组织的辐射安全与防护培训，持证上岗，并对内部培训做了要求
6	操作规程	公司制定的《射线装置操作规程》中规定了辐射工作人员操作工业 CT 机的详细流程，能减少辐射事故的发生
7	设备检修维护制度	公司制定的《设备检修维护制度》中提出了对安全防护设备和工业 CT 机的定期检修和维护要求，能防止因设备损坏造成辐射事故
8	使用登记、台账制度	公司制定的《射线装置管理台账制度》中提出了工业 CT 机使用情况进行登记
9	职业健康监护制度	公司制定的《个人剂量监测计划、职业健康体检及管理规定》中提出对辐射工作人员个人剂量检测和体检的要求，且档案终身保存
10	辐射工作人员个人剂量档案制度	

公司应严格执行辐射安全管理规章制度，并根据公司的发展，及时对辐射安全管理规章制度进行补充完善，在此基础上公司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。

辐射监测

（1）环境监测

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)中的相关规定,项目正常运行后,建设单位应该对辐射工作场所周围的环境进行背景监测,不具备自行监测能力的,可以委托具有检测机构资质认证的环境监测机构进行监测。

具体监测方案如下:

①监测内容:对该建设单位辐射工作场所四周环境进行辐射水平监测。

②监测频度:项目正常运行后进行监测,以后每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围:主要对辐射工作场所周围的环境进行监测,重点对辐射工作场所周围的人员流动较多的地方进行监测。

④监测项目:X- γ 辐射空气吸收剂量率。

(2) 场所辐射防护监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(原国家环保总局令第31号)和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(中华人民共和国环境保护部令第18号)中的相关要求,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,可以委托具有检测机构资质认证的环境监测机构进行监测。并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门,以便了解和监护防护设施的运行情况,为主管部门下一步辐射防护决策提供科学技术依据。

具体监测方案如下:

①检测内容:对该建设单位辐射工作场所四周环境进行常规监测。监测数据每年年底向审批部门上报备案。

②监测频度:在项目建成运行后应进行项目的验收监测,以后每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围:主要对工业CT机屏蔽体外30cm及周围进行监测,重点对设备周围、防护门及缝隙处、操作台等处进行监测。

④监测项目:X- γ 辐射空气吸收剂量率。

(3) 个人剂量监测

建设单位应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定,为辐射工作人员配备个人剂量计,并进行个人剂量监测(90天/次)和职业健康体检(2年/次),建立个人剂量档案和职业健康监护档案,并为辐射工作人员长期保存职业照射记录。建设单位应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计。

表 12-2 本项目辐射监测计划

监测因子	监测项目	监测频次	监测点位	控制要求
X-γ 辐射空气吸收剂量率	竣工环保验收监测	竣工后调试阶段开展竣工环保验收监测	①工业 CT 机外表面及门缝 30cm 处； ②设备操作台； ③X 射线检测室周边人员经常活动的位置； (参考 GBZ117-2022 中“8.3.3 辐射水平定点检测”的内容)	剂量率不大于 2.5μSv/h
	年度监测	1 次/年		
	自主监测	1 次/季度		
个人剂量	个人剂量计实测	1 次/季度	辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计，佩戴于左胸前	5mSv/a

(4) 验收监测

建设单位应在建设项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期，并在调试期间应开展验收监测；验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 12-3 “三同时”验收一览表

类别	验收内容		验收要求
辐射防护设计及辐射安全防护设施	设备屏蔽区域墙体、底板及顶棚	详见表 10-2	本项目工业 CT 机设备屏蔽体外 0.3m 周围关注点剂量率应不大于 2.5μSv/h
	通风系统	工业 CT 机设备配备了通风系统	已配备列出的辐射安全防护措施
	监测、报警仪器	配备 2 台个人剂量报警仪、1 台辐射监测仪，并能正常使用	
	电离辐射警告标识及视频监控	检测室出入口处及本项目工业 CT 机设备表面均设置规范的电离辐射警告标识及警戒线，同时工业 CT 机内部均安装了视频监控装置	
	设备工作状态显示与联锁装置	设备顶部设置设备状态指示灯，并与工业 CT 机设备联锁	
	紧急停机装置及钥匙开关	设备及操作台设有紧急停机按钮，急停机按钮旁张贴了说明标签及使用方法，同时操作台配置了钥匙开关	
	个人剂量计及监测、报警仪器	为所有辐射工作人员配备个人剂量计，同时配备 2 台个人剂量报警仪和 1 台辐射监测仪，每台工业 CT 机操作位配备一台固定式辐射探测报警装置，并能正常使用	个人剂量监测每年不少于 4 次，场所日常监测每周 1 次，场所年度监测 1 年 1 次；有检测记录和检测报告原件存档；年有效剂量限值(辐射工作人员：5mSv，公众年有效剂量：0.25mSv)

管理制度	辐射安全管理机构	成立辐射安全领导小组并明确职责	根据建设单位实际情况制定并完善规章制度；按制度执行到位
	辐射事故应急预案	制定了辐射事故应急预案	
	辐射安全与防护培训	全部辐射工作人员均需取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单	
	职业健康体检管理	全部辐射工作人员均需进行职业健康体检，约每2年1次	
	监测制度	制定《辐射环境监测计划》并严格执行	
	台账制度	落实设备使用台账管理制度及辐射环境监测台账管理	
	年度评估报告制度	每年1月31日前提交辐射安全年度评估报告	
	操作规程、岗位职责、检修维护等制度	制定完善的操作规程、岗位职责、检修维护制度等辐射安全管理制度	

辐射事故应急

1.辐射事件应急处理机构与职责

(1) 该公司成立了辐射事件应急处理领导小组，组织、开展辐射事件的应急处理救援工作，领导小组组成如下：

组长：王**

副组长：潘**

成员：李**、王**、蓝**、税**、黄**、高**

应急电话：0592-3306517 负责人手机：180**

(2) 应急处理领导小组职责：

①定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至公司领导层并落实整改措施；

②事故发生后立即组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理；

③负责向公司及时报告事故情况；

④负责辐射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

⑤辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

⑥负责迅速安置受照人员就医，组织人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

2.辐射事故应急预案和应急人员的培训演习计划

(1) 该公司制定的辐射事故应急预案如下：

①发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；应当立即撤离有关工作人员，封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节。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，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告；

②依据应急预案，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

③事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护监测人员的允许不得进入事故区；

④各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。并编写事故发生的基本情况，原因分析及处理结果的书面报告报生态环境部门，凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

（2）应急人员的培训演习计划

①应急培训

（I）公司辐射工作人员上岗前应参加辐射安全与防护知识的考核，通过后才能上岗。

（II）公司将积极开展辐射安全防护知识的内部学习，提高辐射工作人员的防护意识，避免辐射事故的发生。同时将定期邀请生态环境主管部门的专家讲课，主要包括辐射安全的基础知识、核技术应用项目的防护安全、辐射事故应急等内容。

②应急演练

（I）辐射安全防护领导小组根据需要，每年至少组织一次辐射事故应急演练，辐射事故演练分为专业性演练和综合性演练，专业性演练由辐射事故应急小组的成员参加，综合性演练除了辐射事故应急小组外，公司其他部门的相关成员也应参加。

（II）演练过程中应注重人员救助、物资援助的演练。同时应急演练前建设单位应制定相应的方案和程序，演练完成后对演练情况作出总结，发现问题及时整改。

表13 结论与建议

结论

1. 项目概况结论

本项目建设地点位于福建省厦门市同安区集祥路 69 号厂房，建设单位拟在测试房建设一间 X 射线检测室使用 2 台自屏蔽式工业 CT 机，工业 CT 机均为定向照射，其中 X 射线检测系统主射方向为向左（以防护门所在面为正面），微焦点工业 CT 机主射方向为向右（以防护门所在面为正面），主要用于自行车车圈、自行车车架等碳纤维制品的无损检测分析，本项目辐射工作的种类和范围为使用 II 类射线装置。

2. 项目选址合理性分析结论

本项目使用的两台工业 CT 机在工作过程中产生的 X 射线经其屏蔽体屏蔽后并通过距离衰减，同时在辐射安全防护措施有效的条件下，对周边环境人员造成的辐射影响较小，同时 X 射线检测室位于厂房内部，周边区域的人群不密集、不长期居留、无办公区，周围人员较少，通过门禁管控，公众成员无法进入，故项目选址可行。

3. 辐射安全与防护分析结论

(1) 项目安全设施

本项目所涉及的辐射工作场所，设有相应的辐射安全和防护措施，辐射工作场所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《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，本项目各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

① 电离辐射

本项目工业 CT 机运行产生的 X 射线，经铅屏蔽体屏蔽后，对周围环境影响较小。

② 废气

本项目两台工业 CT 机拟配置排风扇，工业 CT 机产生的微量臭氧和氮氧化物，通过排风扇排出后，依托厂房已有的通风系统，排至车间顶部排风口，本项两台工业 CT 机运行时产生的微量臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

③ 固体废物

本项目采用数字成像技术，不产生废显（定）影液及废胶片。本项目射线装置报废

后需将 X 射线管处置至无法使用状态。

4.环境影响分析结论

本项目工业 CT 机由厂家一体化设计并制造，建设单位无需进行辐射屏蔽防护建设。

本项目工业 CT 机所在的 X 射线检测室仅简单装修，在建设阶段不产生放射性废气、放射性废水及放射性固体废物，产生的环境影响主要是装修时，施工产生的噪声、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，施工期短，合理安排施工秩序，施工时间，并依托厂房建设主体工程的环保措施处理。

根据监测结果可知，拟安装工业 CT 机场所及所在厂房周边环境 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果在 141.6~157.2nGy/h 之间（已扣除宇宙射线响应值），处于当地天然本底水平涨落范围内（根据《中国环境天然放射性水平》给出已扣除宇宙射线响应值的检测结果，厦门市原野 γ 辐射剂量率范围为 72.7~85.6nGy/h，道路 γ 辐射剂量率范围为 78.2~129.4nGy/h，室内 γ 辐射剂量率范围为 161.9~193.5nGy/h）。

（2）运行阶段对环境影响

①辐射工作场所屏蔽防护设计

经计算分析可知，本项目工业 CT 机在正常运行时能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平”的要求，同时满足参考标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“X 射线探伤室墙和门的辐射屏蔽应满足屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”和“对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 μ Sv/h”的要求。

②年有效剂量估算

经过剂量估算，本项目辐射工作场所的工作人员年有效剂量最大值为 0.025mSv，周围公众人员的年有效剂量最大值为 0.013mSv，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。

5.可行性分析结论

（1）项目投入使用主要用于自行车车架、车圈等碳纤维制品的无损检测分析，保

证产品合格，符合辐射防护“实践的正当性”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。同时，本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 21 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》第十四类“机械”中的第 6 条“科学研究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 机、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”，因此本项目符合国家产业政策。

（2）代价利益分析

厦门鸿基伟业复材科技有限公司 2 台工业 CT 机项目实施后，经过无损检测检查可发现产品缺陷，能起到提前预防安全事故发生，在保证安全使用的同时，也创造了更大的经济效益和社会效益。

6. 总结论

综上所述，建设单位具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实各项防护措施后，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，厦门鸿基伟业复材科技有限公司 2 台工业 CT 机项目是可行的。

建议


- （1）建设单位应在本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；
- （2）建设单位应在本项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期，并在调试期间应开展验收监测；
- （3）建设单位应在本项目验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上生态环境主管部门报送相关信息。

环评任务委托书

湖北君邦环境技术有限责任公司：

根据国家《中华人民共和国放射性污染防治法》、《环境影响评价法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和建设项目环境管理的有关规定，现委托贵公司对我单位 2 台工业 CT 机项目（1 台自屏蔽式 X 射线检测系统和 1 台自屏蔽式微焦点工业 CT 机） 进行环境影响评价工作。

特此委托

委托单位：（盖章） 厦门鸿基伟业复材科技有限公司

委托日期：2023 年 7 月 20 日