

核技术利用建设项目

吴江华丰电子科技有限公司
新增 5 台工业 CT 检测装置项目
环境影响报告表

吴江华丰电子科技有限公司

2025 年 4 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

吴江华丰电子科技有限公司 新增 5 台工业 CT 检测装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：吴江华丰电子科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：江苏省苏州市吴江经济技术开发区吉市东路 168 号

邮政编码：215000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	5
表 3	非密封放射性物质	5
表 4	射线装置	6
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	7
表 6	评价依据	8
表 7	保护目标与评价标准	10
表 8	环境质量和辐射现状	15
表 9	项目工程分析与源项	19
表 10	辐射安全与防护	25
表 11	环境影响分析	30
表 12	辐射安全管理	42
表 13	结论与建议	47
表 14	审批	51
附表		52

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目厂区总平面布置图及周围环境示意图
- 附图 3 工业 CT 检测装置拟建场址评价范围
- 附图 4 一楼车间平面布局图
- 附图 5 项目生态红线图
- 附图 6 项目与生态环境管控单元位置关系图

附件

- 附件 1 审批申请书
- 附件 2 项目委托书
- 附件 3 射线装置使用情况承诺书
- 附件 4 报批申请书
- 附件 5 营业执照、法人身份证明材料
- 附件 6 公司辐射安全许可证
- 附件 7 环境辐射水平现状检测报告
- 附件 8 公司现有辐射工作人员个人剂量检测报告
- 附件 9 设备说明书及技术参数
- 附件 10 设备厂家资质
- 附件 11 项目主动公开信息一览表
- 附件 12 公示删减说明
- 附件 13 环境保护措施承诺
- 附件 14 环评技术合同

表 1 项目基本情况

建设项目名称		吴江华丰电子科技有限公司新增 5 台工业 CT 检测装置项目			
建设单位		吴江华丰电子科技有限公司			
法人代表	金寿丰	联系人		联系电话	
注册地址		江苏省苏州市吴江经济技术开发区吉市东路 168 号			
项目建设地点		江苏省苏州市吴江经济技术开发区吉市东路 168 号二期 1F SMT 车间			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	1850	项目环保投资 (万元)	50	投资比例(环保投资/总投资)	2.7%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他		占地面积 (m ²)	155
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类 (医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			

项目概述

1、建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况

吴江华丰电子科技有限公司有两个厂区，为吉市东路厂区和绣湖西路厂区，公司经营范围包括一般项目：技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；电子元器件制造；电子元器件批发；电子元器件零售；模具制造；模具销售；锻件及粉末冶金制品销售。本项目位于苏州市吴江经济技术开发区吉市东路 168 号。

公司现已开展核技术利用项目，原先 11 台射线装置均已履行相关环保手续，并已取得辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[E0629]”，种类和范围为“使用 II 类、III 类射线装

置”，有效日期至 2029 年 9 月 22 日（辐射安全许可证正、副本复印件见附件 6）；公司现有 11 台射线装置，其中 3 台 II 类射线装置，8 台 III 类射线装置，均已完成环境影响评价及竣工环保验收。

根据市场及公司发展规划，公司扩大产能，新增生产设备，为配套扩产的产品检测需要，本项目拟新增 5 台 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置进行模组的无损检测，检测对象材质为 PCB 线路板，尺寸为 8.8×78mm～14×24mm 左右，日检测最大工件数 2000 片/台，单个工件曝光检测时间平均 6s-18s/片，保守取 18s/片，每台工业 CT 每天最多曝光时间为 10h，两班制运行，每天每班制曝光时间不超过 5h，每年工作约 300 天（50 周），工业 CT 检测装置年曝光时间约为 3000h，每年年曝光时间不超过 1500h。

华丰电子现有 11 台射线装置，其中 3 台 II 类射线装置，8 台 III 类射线装置，每台 II 类射线装置每班制配备两名辐射工作人员，本项目每台工业 CT 检测装置每班制拟配备两名辐射工作人员，共新增 20 名辐射工作人员专门从事本次新增 5 台工业 CT 检测装置的辐射工作，不再从事其他辐射工作。

本项目 5 台工业 CT 检测装置核技术应用情况见表 1-1，吴江华丰电子科技有限公司现有核技术应用项目情况见表 1-2。

表 1-1 本项目 5 台工业 CT 检测装置核技术应用情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	额定功率 W	类别	工作场所名称	活动种类
1	OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置	5	130	0.3	39	II	吉市东路厂区二期 1F SMT 车间	使用

表 1-2 吴江华丰电子科技有限公司现有核技术应用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	验收情况
1	OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置	1	130	0.3	II	吉市东路厂区二期 1F SMT 车间	使用	已环评	已许可	已验收
2	CHEETAH EVO 型 X-ray 射线检查机	1	160	1	III	吉市东路厂区二期 QE 实验室	使用	已环评	已许可	/
3	X-eye SF160 型 X 射线检测仪	1	160	0.2	II		使用	已环评	已许可	已验收
4	JSX-3400R 型 X-RF 检测仪	1	50	1	III	吉市东路厂区一期 1F 来料检测室	使用	已环评	已许可	
5	TS-XA4000-S	1	50	0.2	III		使用	已环评	已许可	/

	型 X 射线光谱分析仪							评	可	
6	BA-100 型 X 射线测厚仪	1	50	1	III		使用	已环评	已许可	/
7	SEC X-eye3000 型 X 射线透视检测仪	1	90	1	III	吉市东路厂区一期 2F QE 实验室	使用	已环评	已许可	/
8	X-eye SF160 型 X 射线检测仪	1	160	0.2	II	吉市东路厂区一期 3F 技术实验室	使用	已环评	已许可	已验收
9	SFT9200 型 X 射线测厚仪	1	50	1	III	绣湖西路厂区 X-ray 测量室	使用	已环评	已许可	/
10	FT9300 型 X 射线测厚仪	1	50	1.5	III		使用	已环评	已许可	/
11	BA-100 型 X 射线测厚仪	1	50	1	III		使用	已环评	已许可	/

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”项目，应编制环境影响报告表。受吴江华丰电子科技有限公司委托，苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2、项目周边保护目标及项目选址情况

吴江华丰电子科技有限公司有两个厂区，为吉市东路厂区和绣湖西路厂区，本项目位于吉市东路厂区（吉市东路 168 号）。厂区东侧为法兰泰克智能装备有限公司、苏州恒悦新材料有限公司；南侧为吉市东路；西侧为长浜路；北侧为南村路。本项目地理位置图见附图 1，厂区总平面布置图及周围环境示意图见附图 2。

本次新增 5 台 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置位于吉市东路厂区二期 1F SMT 车间内，SMT 车间内现有 1 台 OmronVT-X750 型工业 CT，扩建后 6 台工业 CT 将全部一起放置于 SMT 车间西侧的 X-ray 区域。

由于 SMT 车间扩大产能、增加生产设备，车间内部正在进行平面布局调整，X-ray 区域目前为车间内空置区域，放有 1 台清洗机（后期将搬离），布局调整完成后，X-ray 区域东侧为 SMT 生产线、清洗机，南侧为室内走道、会议室、办公室，西侧为卫生间、空调机房、厂务机房，北侧为车间内走道、RF 车间的镭雕区域和发电机房。二期厂房共 3 层，本项目位于 1 楼，层高约为 6.5 米，无地下建筑，工业 CT 检测装置正上方为二期 2F 西车间绕线区域。

本项目工业 CT 检测装置周围 50m 评价范围均在华丰电子厂区内，评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。项目周围环境保护目标主要为从事本项目工业 CT 检测装置操作的辐射工作人员及设备周围公众。

3、实践正当性

吴江华丰电子科技有限公司拟在厂区内新增 5 台工业 CT 检测装置对产品进行无损检测，确保其产品质量。虽然在运行期间，工业 CT 检测装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 CT 检测装置	II	5	OmronVT-X750	130	0.3	无损检测	吉市东路厂区二期 1F SMT 车间	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强 度	用途	工作场 所	氚靶情况			备注
										活度	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、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过打开工件投入口、工件取出口排出，经洁净车间新风装置排入室外。臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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 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	1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修正通过），2015 年 1 月 1 日起实施； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修正本），2018 年 12 月 29 日起实施； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施； 4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订本），2019 年 3 月 2 日； 5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订本），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； 6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日公布实施； 7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），2021 年 1 月 1 日起实施； 8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； 9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； 10) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日印发； 11)产业结构调整指导目录（2024 年本）； 12) 《江苏省辐射污染防治条例》（修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第 2 号公告公布，2018 年 5 月 1 日起实施； 13)关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告（生态环境部公告第 38 号，2019 年 10 月 25 日印发）； 14) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》（生态环境部公告第 39 号，2019 年 10 月 25 日印发）； 15) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部部 令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行； 16) 《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发（2018）74 号），2018 年 6 月 9 日印发； 17) 《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发（2020）1 号），2020 年 1 月 8 日
------	---

	印发； 18)《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），2020年6月21日印发； 19)《江苏省生态空间管控区域监督管理办法》（苏政办发〔2021〕20号），2021年5月1日起实施； 20)《江苏省人民政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域调整管理办法的通知》（苏政办发〔2021〕3号），2021年1月6日印发； 21)《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，江苏省生态环境厅办公，2021年5月31日印发。
技术标准	1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016） 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） 3)《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） 4)《环境辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 5)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） 6)《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022） 7)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单 8)《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128 2019）
其他	报告附件： 1) 辐射安全许可证正副本复印件，附件 6 2) 环境辐射水平现状检测报告，附件 7 3) 公司现有辐射工作人员个人剂量检测报告，附件 8 4) 设备说明书及技术参数，附件 9 5) 设备厂家资质，附件 10

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目为新增 5 台工业 CT 检测装置，项目工业 CT 检测装置属 II 类射线装置。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“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”相关规定，由于扩建后 6 台工业 CT 检测装置统一放置于二期厂房 1F SMT 车间西侧 X-ray 区域，故本项目将 SMT 车间内全部 6 台工业 CT 检测装置拟放置区（X-ray 区域）边界外 50m 区域定为项目的评价范围。本项目评价范围示意图见附图 3。

保护目标

本项目建设地点位于江苏省苏州市吴江经济技术开发区吉市东路 168 号，核对《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发[2018]74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发[2020]1 号）以及《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发[2020]49 号）、《江苏省自然资源厅关于苏州市吴江区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函[2024]439 号）后可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域的优先保护单元。同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条中的环境敏感区。本项目 SMT 车间内全部 6 台工业 CT 检测装置拟放置区（X-ray 区域）50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

1、工业 CT 检测装置周围公众。

2、从事工业 CT 检测装置操作的辐射工作人员。

表 7-1 项目保护目标一览表

主要环境保护目标	方位	场所名称	距工业 CT 检测装置边界最近距离	规模	年受照剂量
本项目辐射工作人员	/	二期 1F SMT 车间 X-ray 区域	约 0.3m	24 人（X-ray 区域共放置 6 台工业 CT，两班制，每天设备每班制配备 2 名辐射工作人员）	5mSv/a
项目评价范围内公众	X-ray 区域东侧	SMT 车间生产线	4m	16 名固定工作人员	0.1mSv/a
		SMT 车间办公室	32m	12 名固定工作人员	

		SMT 车间保养室	35m	5 名固定工作人员	
		SMT 车间钢网室	32m	2 名固定工作人员	
		SMT 车间备料室	32m	4 名固定工作人员	
	X-ray 区域南侧	室内员工走道	4m	厂区内流动人员	
		会议室、办公室、商谈区	7m	4 名固定工作人员、厂内流动人员	
		厂内停车场	26m	厂内流动人员	
	X-ray 区域西侧	卫生间	1.8m	厂内流动人员	
		空调机房	0.8m	偶有检修人员	
		室外员工走道	13m	厂内流动人员	
		研发楼	28m	10 名固定工作人员	
	X-ray 区域北侧	维修保养室	3m	1-2 名固定工作人员	
		室内员工走道	3m	厂内流动人员	
		发电机房	16m	厂内流动人员	
		空压机房	28m	厂内流动人员	
		空调机房	40m	厂内流动人员	
		卫生间	48m	厂内流动人员	
	X-ray 区域正上方（2 楼）	二期 2F 西车间绕线区域	约 5m	10 名固定工作人员	

评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类型 \ 限值	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； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。
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，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，50mSv。

6.6.2.2 对于任何在控制区工作的工作人员，或有时进入控制区工作并可能受到显著职业照射的工作人员，或其职业照射剂量可能大于 5mSv/a 的工作人员，均应进行个人监测。

6.6.2.3 对在监督区或只偶尔进入控制区工作的工作人员，如果预计其职业照射剂量在 1mSv/a~5mSv/a 范围内，则应尽可能进行个人监测。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 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 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/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 μ 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 μ Sv/h。

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

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。

3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

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

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

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

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

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

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

4、本项目辐射剂量管理限值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），确定本项目管理目标为：

（1）本项目职业人员剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中职业人员年有效剂量值的 1/4，即 5mSv/a；公众活动区域相关人员剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中公众年有效剂量值的 1/10，即 0.1mSv/a；

（2）本项目 X 射线检测装置四周屏蔽体外辐射屏蔽应同时满足：

a）四周屏蔽体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 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周；

b）四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。

5、参考资料

①《辐射防护导论》，方杰主编。

②《中国环境天然放射性水平》：江苏省 γ 辐射空气吸收剂量率天然辐射水平。

表 7-3 江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0
（均值 $\pm$ 3s）	50.4 $\pm$ 21.0	47.1 $\pm$ 36.9	89.2 $\pm$ 42.0

注：按测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

吴江华丰电子科技有限公司有两个厂区，为吉市东路厂区和绣湖西路厂区，本项目位于吉市东路厂区（吉市东路 168 号）。厂区东侧为法兰泰克智能装备有限公司、苏州恒悦新材料有限公司；南侧为吉市东路；西侧为长浜路；北侧为南村路。本项目地理位置图见附图 1，厂区总平面布置图及周围环境示意图见附图 2。

本次新增 5 台 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置位于吉市东路厂区二期 1F SMT 车间内，SMT 车间内现有 1 台 OmronVT-X750 型工业 CT，扩建后 6 台工业 CT 将全部一起放置于 SMT 车间西侧的 X-ray 区域。由于 SMT 车间扩大产能、增加生产设备，车间内部正在进行平面布局调整，X-ray 区域目前为车间内空置区域，布局调整完成后，X-ray 区域东侧依次为 SMT 车间生产线、SMT 车间办公室、保养室、钢网室等，南侧依次为室内车间内走道、会议室、办公室，西侧为卫生间、空调机房，北侧目前放有 1 台清洗机、调整布局后依次车间内走道、维修保养室、发电机房等。二期厂房共 3 层，本项目位于 1 楼，层高约为 6.5 米，无地下建筑，工业 CT 检测装置正上方为二期 2F 西车间绕线区域。

工业 CT 检测装置拟建场址和周边环境现状见图 8-1。

	
X-ray 区域拟建场址（目前空置）	X-ray 区域北侧（目前放有 1 台清洗机）

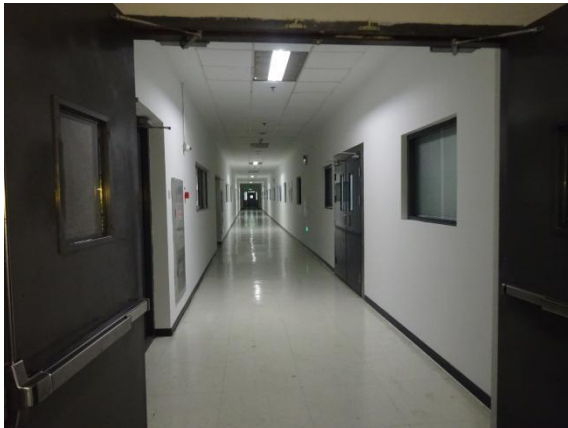
	
X-ray 区域东侧（SMT 产线）	X-ray 区域西侧（卫生间）
	
X-ray 区域南侧（办公室、商谈区）	X-ray 区域南侧（室内员工走道）
	
X-ray 区域正上方（2F 西车间绕线区域）	

图 8-1 工业 CT 检测装置拟建场址和周边环境

2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：工业 CT 检测装置拟建址周围辐射环境

监测因子：环境 γ 辐射剂量率

监测点位：在拟建址周围布置监测点位，共计 9 个监测点位

3、监测方案、质量保证措施及监测结果

(1) 监测方案

监测项目：环境 γ 辐射剂量率

监测布点：在工业 CT 检测装置拟建址周围布置监测点位，具体点位见图 8-2

监测时间：2025 年 1 月 13 日

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司

监测仪器：FH40G 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪（探头型号 FHZ 672 E-10）

（设备编号：SDWH 2442，检定有效期：2024.11.05~2025.11.04）

监测方法：《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。

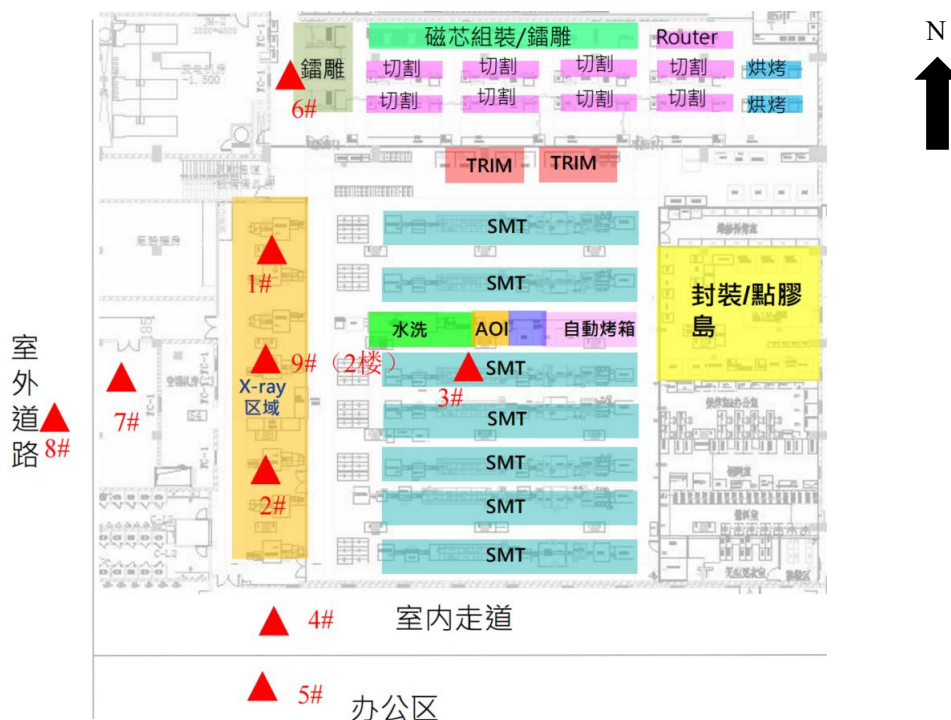


图 8-2 拟建址周围环境 γ 辐射剂量率监测点位示意图

(2) 质量保证措施

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定；

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点；

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

的要求，实施全过程质量控制；

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验，监测报告实行三级审核。

(3) 监测结果

本项目监测仪器为 FH40G 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪（探头型号 FHZ 672 E-10），X- γ 辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源，折算系数为 1.2Sv/Gy。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1。

评价方法：参照江苏省 γ 辐射空气吸收剂量率天然辐射水平调查结果，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 7。

表 8-1 本项目工业 CT 检测装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率测量结果

检测点位描述			检测结果 ^[1] (nGy/h)		备注
测点 编号	位置	属性	平均值	标准差	
1#	X-ray 区域拟建场址 1（北）	室内（楼房）	76.3	1.5	本底 监测
2#	X-ray 区域拟建场址 2（南）	室内（楼房）	81.1	0.7	
3#	X-ray 区域东侧（SMT 生产线）	室内（楼房）	61.9	0.3	
4#	X-ray 区域南侧 1（室内走道）	室内（楼房）	93.9	1.1	
5#	X-ray 区域南侧 2（会议室、办公室）	室内（楼房）	91.9	0.9	
6#	X-ray 区域北侧（RF 车间镭雕区域） ^[2]	室内（楼房）	81.2	1.2	
7#	X-ray 区域西侧 1（空调机房）	室内（楼房）	81.5	1.0	
8#	X-ray 区域西侧 2（室外道路）	道路	91.8	1.0	
9#	X-ray 区域正上方（2 楼绕线车间）	室内（楼房）	93.6	1.2	

注：[1]测量数据已扣除宇宙射线响应值，检测仪器的宇宙射线响应值为 5.23nGy/h；

[2]X-ray 区域北侧检测时为 RF 车间镭雕区域，后期车间平面布局将调整为 RF 车间包装区域。

4、环境现状调查结果评价

从监测结果可知，本项目监测点位 1#~7#、9#位于室内（楼房），环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 61.9~93.9nGy/h，处于江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果中室内的测值范围内（50.7~129.4nGy/h）；监测点位 8#位于室外道路，环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 91.8nGy/h，处于江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果中道路的测值范围内（18.1~102.3nGy/h）。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、工业 CT 检测装置情况介绍

本项目为新增 5 台 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置项目，装置的 X 射线管能够进行移动，移动范围见图 11-1，射线距装置左侧最近距离为 470mm，距装置右侧最近距离为 470mm，距装置前侧最近距离为 530mm，距装置后侧最近距离为 530mm，距装置底部最近距离为 500mm，距装置顶部最近距离为 1040mm。

装置由检测室和操作台组成，设备操作台位于检测室外部，与装置相连。该装置检测室尺寸约为 1550mm（长）×1925mm（宽）×1645mm（高），检测室采用铅板对 X 射线进行屏蔽，定义操作面板所在面为装置前侧，检测室前侧（包括检修防护门）、后侧、左侧（包括工件投入口防护门）、右侧（包括工件取出口防护门）、顶部、底部内均含 5mm 铅板；设备最大管电压为 130kV，最大管电流为 0.3mA，功率为 39W，滤过条件为 0.5mm 铝；主射线方向朝上照射，最大出束角度为 45°。

本项目工业 CT 检测装置样式图见图 9-1、装置外观尺寸图见图 9-2。

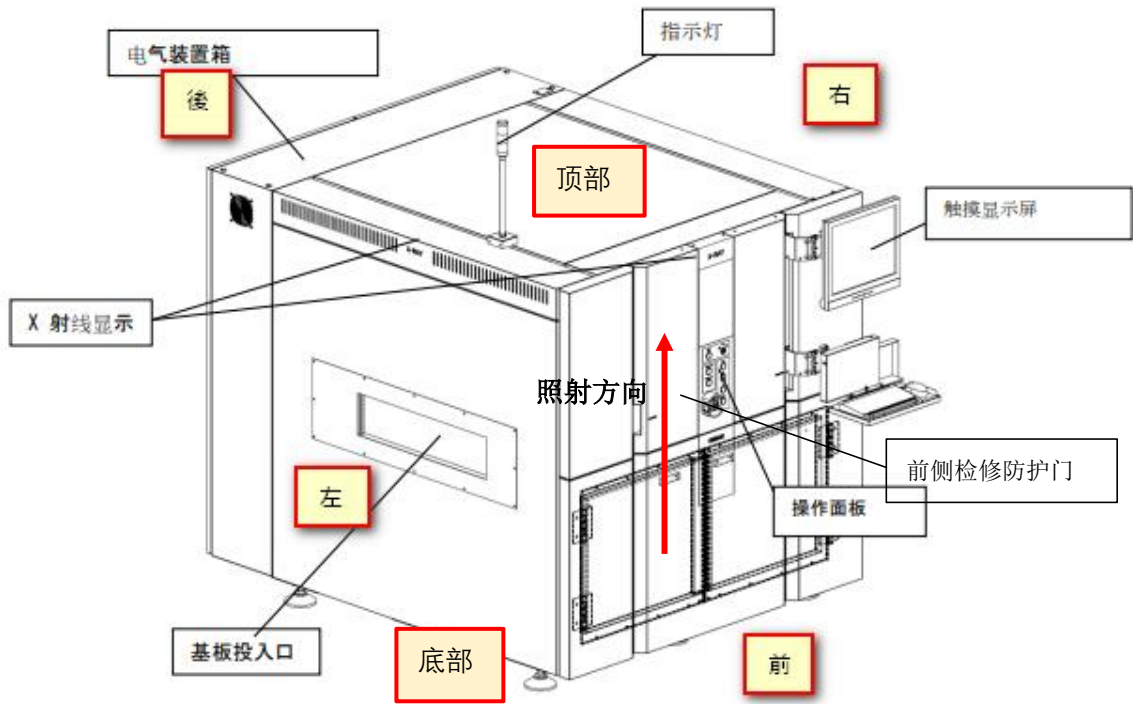
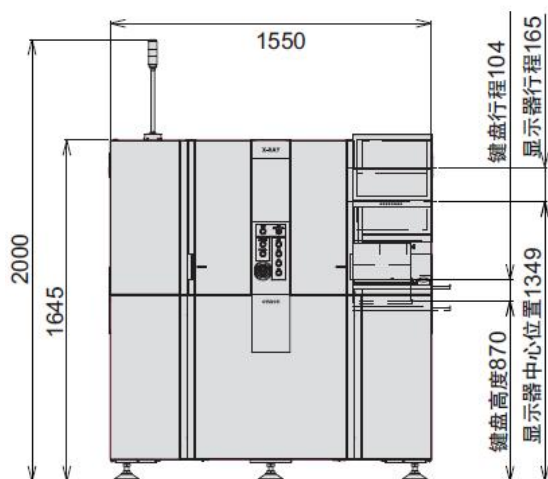
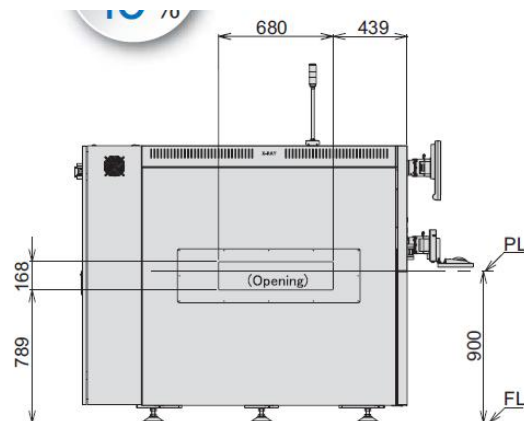


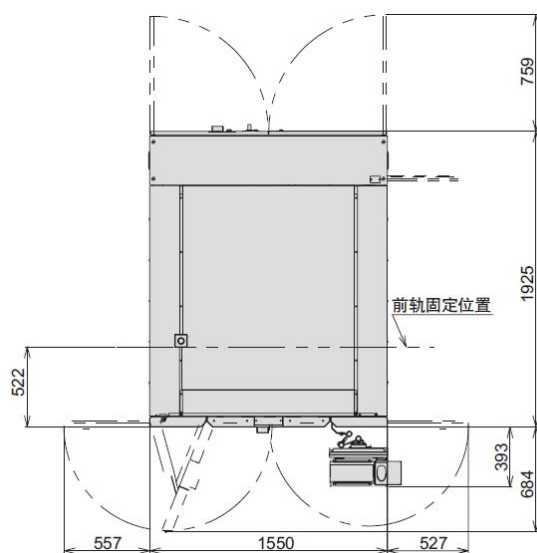
图 9-1 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置样式图



正视图



侧视图



俯视图

图 9-2 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置装置外观尺寸图（单位：mm）

2、工业 CT 检测装置工作原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据需要，可由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线，X 射线的波长很短一般为 $0.001\sim 0.1\text{nm}$ 。X 射线以光速直线传播，不受电场和磁场的影响，可穿透物质，在穿透过程中有衰减，X

射线无损检测的实质是根据被检验工件与其内部缺欠介质对射线能量衰减程度不同，而引起射线透过工件后强度差异。X 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，从而可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

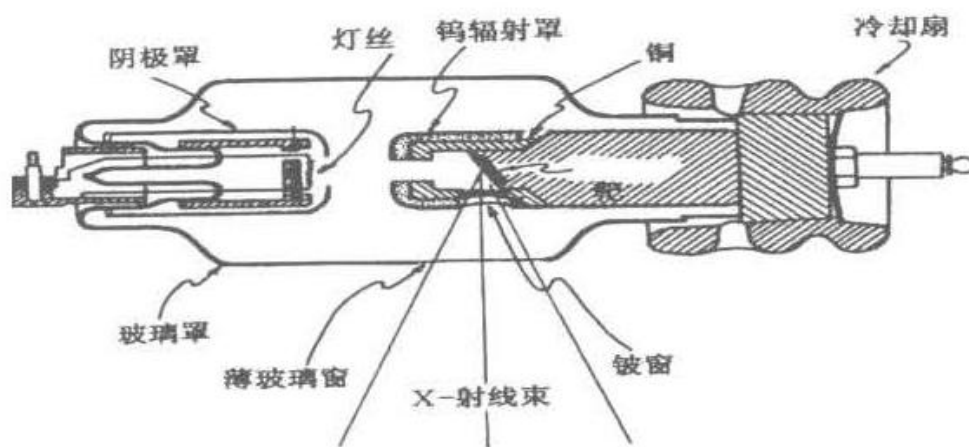


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

工业 CT 检测装置工作原理是依据由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质密度越大，射线强度减弱越大，X 射线穿透被检工件后被数字平板探测器所接收，数字平板探测器把不可见的 X 射线检测信号转换为光学图像，按照一定的图像重建算法，即可获得被检工件截面一薄层无影像重叠的断层扫描（CT）图像，重复上述过程又可获得一个新的断层图像，当测得足够多的二维断层图像就可重建出三维图像。同时，可根据三维图像查看工件内部的缺陷性质、大小、位置等信息，可迅速对工件缺陷进行辨别，从而达到无损检测的目的。

3、工艺流程及产污环节

辐射工作人员将待检工件放置在送板机上，检测时辐射工作人员设置好检测参数，送板机通过工件门自左向右自动传输至铅房内样品台进行检测，工件门自动开合，X 射线出束期间，工业 CT 自动完成检测并保存分析数据，辐射工作人员无需进入检测室，无需人员干预。工件传输示意图见图 9-4。

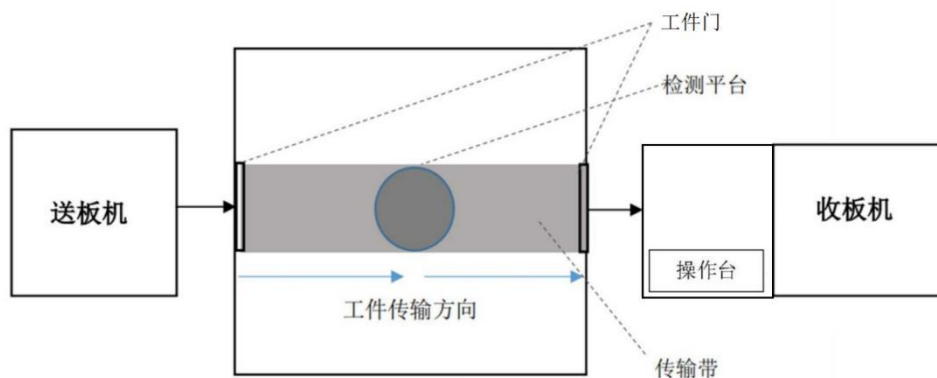


图 9-4 本项目工件传输示意图

其工作流程如下：

（1）准备：辐射工作人员巡视设备周围情况，检查设备安全装置情况，须所有辐射安全措施均有效情况下才能进行工件检测；

（2）开机、启动：辐射工作人员在操作面板处启动设备，打开操作软件，开启自动检测程序，根据待检工件的材质、厚度处选取曝光条件、确定曝光参数；

（3）工件传入：辐射工作人员将工件放置于送板机，工件自动通过传输带传送至射线装置铅房内的样品台上，工件投入口防护门自动关闭；

（4）曝光检测：装置进入自动采集扫描状态，X 射线出束开关自动打开，启动曝光，进行无损检测，检测期间 X 射线管发出 X 射线电离曝光室中的空气产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）；达到预定的曝光时间后关机，停止出束，完成曝光作业；

（5）工件传出：检测完成后，X 射线出束开关自动关闭，待 X 射线不再出束后，工件取出口防护门自动打开，工件通过传送带传出至收板机，辐射工作人员在收板机处将工件收板。

本项目工业 CT 检测装置工艺流程及产污环节如图 9-5 所示：

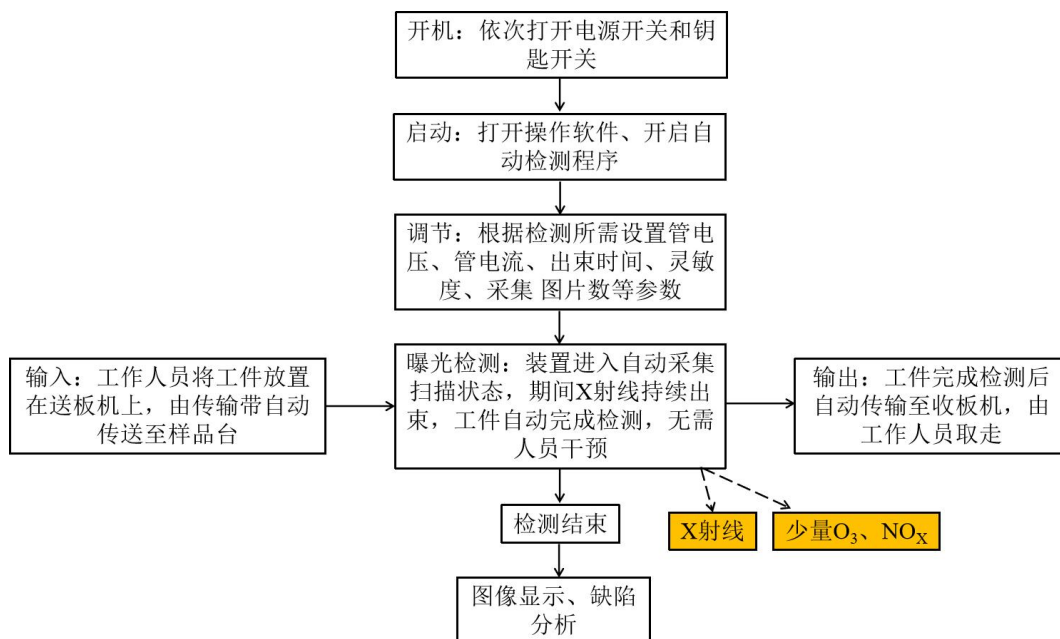


图 9-4 本项目工业 CT 检测装置工艺流程及产污环节分析示意图

4、人员配置及工作制度

本项目新增 5 台 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置进行模组的无损检测，检测对象材质为 PCB 线路板，尺寸为 8.8×78mm~14×24mm 左右，日检测最大工件数 2000 片/台，单个工件曝光检测时间平均 6s-18s/片，保守取 18s/片，每台工业 CT 每天最多曝光时间为 10h，两班制运行，每天每班制曝光时间不超过 5h，每年工作约 300 天（50 周），工业 CT 检测装置年曝光时间约为 3000h，每班年曝光时间不超过 1500h。

5、原有工艺不足和改进情况

建设单位原许可的辐射工作场所均有完善的环评、辐射安全许可证及竣工验收手续。根据原有项目竣工验收意见及最近一次该辐射工作场所年检报告可知，原有核技术利用项目均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《低能射线装置放射防护标准》（GBZ 115-2023）相应要求。

建设单位已建立一套完善的辐射安全与防护相关规章制度，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施配备到位。原有辐射工作人员最新连续四季度个人剂量结果均负荷管理目标剂量要求，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施及相关制度齐全。辐射工作人员辐射安全与防护培训合格证书均在有效期内，建设单位已为其建立个人剂量监测档案及职业健康管理档案。

综上所述，原有工艺不存在不足情况。

污染源项描述

1、辐射污染源分析

由工业 CT 检测装置工作原理可知,只有工业 CT 检测装置在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线,若未完全屏蔽会对检测室外工作人员和公众产生一定外照射,因此工业 CT 检测装置在开机检测期间,X 射线是项目主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类:

有用线束辐射: X 射线机发出的用于工件检测的辐射束,又称为主射线束。本项目工业 CT 检测装置型号为 OmronVT-X750,装置最大管电压为 130kV,最大管电流为 0.3mA,功率为 39W,滤过条件为 0.5mm 铝;参考《辐射防护导论》(方杰主编)中的附图 3,读取曲线后计算得 0.5mm 铝滤过条件下,输出量(H_0)为 $26.5 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h}) = 1.59 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

漏射线辐射: 由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117—2022)中表 1,本项目距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应小于 1mSv/h ($1 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$)。

散射线辐射: 当主射线照射到检测工件时,会产生散布于各个方面上的散射辐射,根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014),X 射线经检测工件 90° 散射后,散射线能量和辐射剂量率远小于主射线能量和辐射剂量率。本项目 130kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值保守取 130kV。

本项目检测室的顶部屏蔽体主要受到主射线辐射影响,其他各侧屏蔽体主要受到漏射线辐射影响和散射线辐射影响。

2、非辐射污染源分析

本项目工业 CT 检测装置运行时无放射性废气、放射性废水和放射性固体废物产生。检测装置在工作状态时,产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物,臭氧和氮氧化物可通过打开工件投入口、工件取出口排出,经洁净车间新风装置排入室外。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气,其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施 1、工作场所布局及分区 本项目新增 5 台 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置与现有 1 台 OmronVT-X750 型工业 CT 均放置于二期 1F SMT 车间西侧的 X-ray 区域。工业 CT 检测装置均设有检测室及操作台，操作台位于曝光室右边，与装置相连，OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置主射线方向朝向顶部，操作台避开了 X 射线主射线方向，布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于“操作室应避开有用线束照射的方向并与探伤室分开”的要求。 本项目待检工件通过工业 CT 检测装置左、右两侧连接的送板机、收板机由传输带自左向右自动传输至铅房内样品台进行检测，扩建后将全部 6 台工业 CT 检测装置设备边界作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；检测装置设备边界西扩 1m、东扩 0.5m、南侧送板机边界、北侧收板机外扩 0.5m 作为辐射防护监督区边界，监督区边界设置移动挡板进行实体隔断，并在监督区入口处的醒目位置设立标示牌，工作期间禁止无关人员靠近。项目工业 CT 检测装置监督区及控制区示意图见图 10-1。 本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。
--

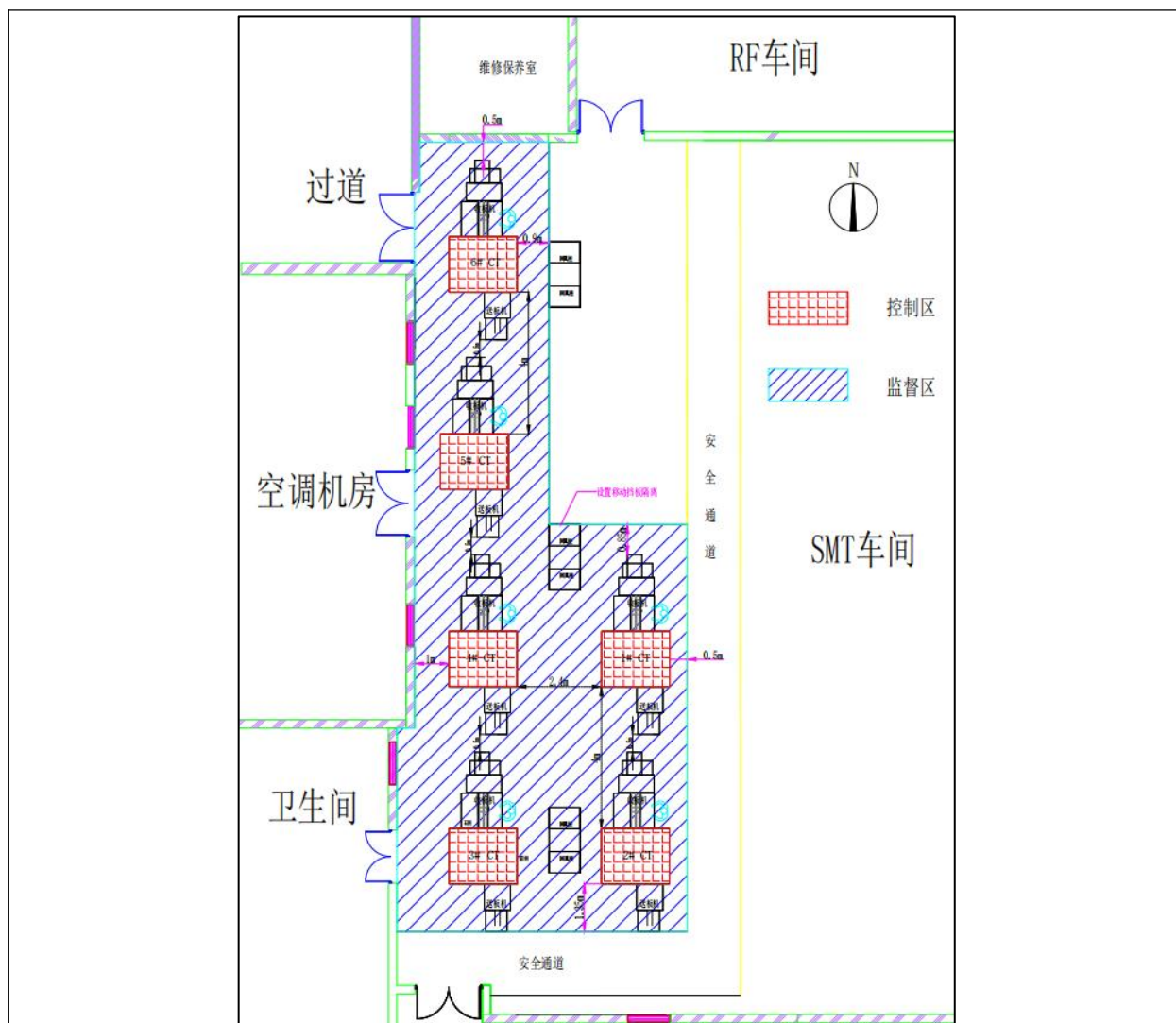


图 10-1 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置监督区及控制区示意图

2、工作场所辐射屏蔽设计及射线装置主要参数

本项目设备为 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置，该装置由检测室和操作台组成。该装置检测室尺寸约为 1550mm（长）×1925mm（宽）×1645mm（高），检测室采用铅板对 X 射线进行屏蔽，定义操作面板所在面为装置前侧，该装置屏蔽参数见表 10-1。

表 10-1 本项目 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置屏蔽设计参数

工业 CT 检测装置型号	检测室屏蔽参数		检测装置尺寸参数	主射线方向
	位置	屏蔽体材料及厚度		
Omron VT-X750	前面	5mm Pb	1550mm（长） ×1925mm（宽） ×1645mm（高）	向上，最大出束角度为 45°
	左侧	5mm Pb		
	右侧	5mm Pb		
	后侧	5mm Pb		

	顶部	5mm Pb		
	底部	5mm Pb		
	工件进出口防护门	5mm Pb		
	检修防护门	5mm Pb		
	电缆孔	5mm Pb		
	工件门、检修门与装置外壳搭接处重叠宽度 65mm，工件门、检修门与装置外壳之间的缝隙宽度 6mm，工件门、检修门与装置外壳搭接处重叠宽度大于工件门、检修门与装置外壳之间的缝隙宽度的 10 倍。			

3、工作场所辐射安全措施

(1) 本项目工业 CT 检测装置通过自带铅板对 X 射线进行防护。

(2) 本项目辐射工作人员装置工作时无法进入检测装置内部（仅检修时可进入），工业 CT 检测装置设置门-机联锁装置，本项目工业 CT 工件门和检修门均设有门-机联锁装置，只有在门（包括工件门、检修门）关闭后才能进行出束，探伤作业。在探伤过程中，任一防护门被意外打开时，能立刻停止出束。

(3) 本项目工业 CT 检测装置上方设显示“预备”和“照射”状态的指示灯，检测装置工作时，指示灯开启，警告无关人员勿靠近装置或在装置周围做不必要的逗留。“预备”信号应持续足够长的时间，“预备”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“预备”和“照射”信号意义的说明。

(4) 本项目工业 CT 检测装置表面设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

(5) 本项目工业 CT 检测装置前侧操作面板设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出；

(6) 本项目工业 CT 检测装置在前侧操作面板及装置背面各安装 1 个急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射；

(7) 本项目工业 CT 检测装置在工作时人员无法进入工业 CT 检测装置内部，故无需在装置内部设置监视装置和固定式场所辐射探测报警装置。

(8) 本项目工业 CT 检测装置的工件门与屏蔽体的间隙微小（可忽略），并设置搭接，防止射线泄漏。

(9) 项目工业 CT 检测装置未设置机械排风装置，检测时产生的少量臭氧和氮氧化物通过打开工件投入口、工件取出口排出后进入生产车间，生产车间为洁净车间设有新

风装置，车间空气通过排风柱进行实时换气，换气次数大于3次/小时，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）标准要求。

（10）本项目电缆从工业CT检测装置电源从机台左后侧电源线孔接入，沿着左侧线槽绕线到电源接线端子上，整台装置仅1个电源走线孔。走线孔加装带铅板夹层屏蔽保护罩（5mm铅当量）作为开口地方的屏蔽补偿，屏蔽保护罩将走线孔完全遮蔽，走线孔远离射线源避开射线源直照面，确保电缆孔不破坏检测室的整体防护效果。

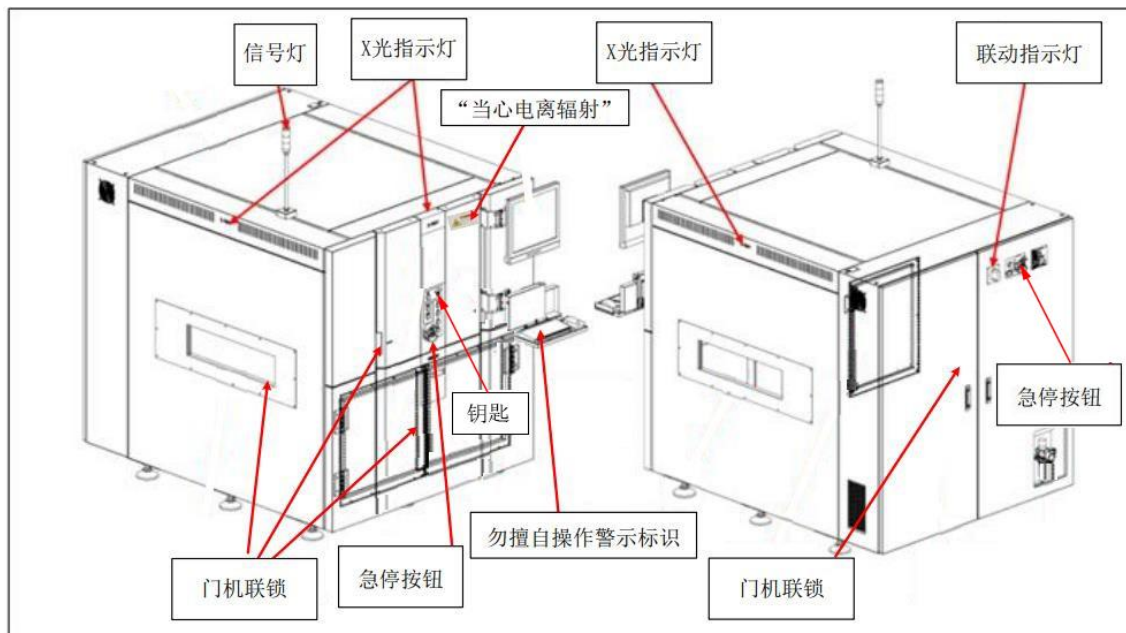


图 10-2 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置安全措施示意图

4、探伤操作的放射防护措施

（1）正常使用时，辐射工作人员应检查装置防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施是否有效。

（2）本项目工业CT检测装置正常进行检测时工作人员无需进入曝光室内部，射线装置需定期进行检修，检修时，关闭X射线出束装置，工作人员佩戴常规个人剂量计，携带个人剂量报警仪和便携式X-γ剂量率仪由前侧检修防护门进入设备内部进行检修。

（3）定期测量检测装置周围区域的剂量率水平，包括辐射工作人员工位和公众居留处，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，应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

（4）辐射工作人员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。

（5）在每一次照射前，辐射工作人员都应该检查安全装置，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。

5、探伤设施的退役要求

(1) 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。

(2) 清除本项目涉及的所有电离辐射警告标志和安全告知。

(3) 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。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废的治理

1、固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

2、液体废物

本项目运行后不会产生放射性液体废物。

3、气体废物

本项目工业 CT 检测装置在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

项目工业 CT 检测装置未设置机械排风装置，检测时产生的少量臭氧和氮氧化物通过打开工件投入口、工件取出口排出后进入生产车间，生产车间为洁净车间设有新风装置，车间空气通过排风柱进行实时换气，换气次数大于 3 次/小时，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）标准要求。臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目工业 CT 检测装置建设项目，已在生产工厂内组装完成，仅在厂内完成安装，过程中会产生少量的噪声和固体废物。但本项目施工期较短，施工量不大，对车间厂房周围环境影响较小，施工期结束后，施工期环境影响将随之消失。

运行阶段对环境的影响

1、设备参数

本项目工业 CT 检测装置通过含铅板的检测室对 X 射线进行防护。本项目装置型号为 OmronVT-X750 工业 CT 检测装置，工作时主射线固定向上照射（定义检修门所在面为装置前侧），拟建场址为二期 1F SMT 车间西侧 X-ray 区域，扩建后 X-ray 区域共有 6 台工业 CT 检测装置。

项目工业 CT 检测装置运行时，X 射线管能够进行前、后、左及右方向移动。根据厂家提供资料，辐射源到顶部外表面最近距离为 1040mm，到底部外表面最近距离为 500mm，到左、右部外表面最近距离均为 470mm，到前、后部外表面最近距离均为 530mm。

主射线朝顶部照射，如图 11-1，计算时将检测室顶部按照有用线束照射进行预测计算，将前、后、左、右、底部及各防护门（定义检修门所在面为装置前侧）均按照非有用线束照射进行预测计算。本项目预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。本项目工业 CT 检测装置最近距离及主射线范围示意图见图 11-1。

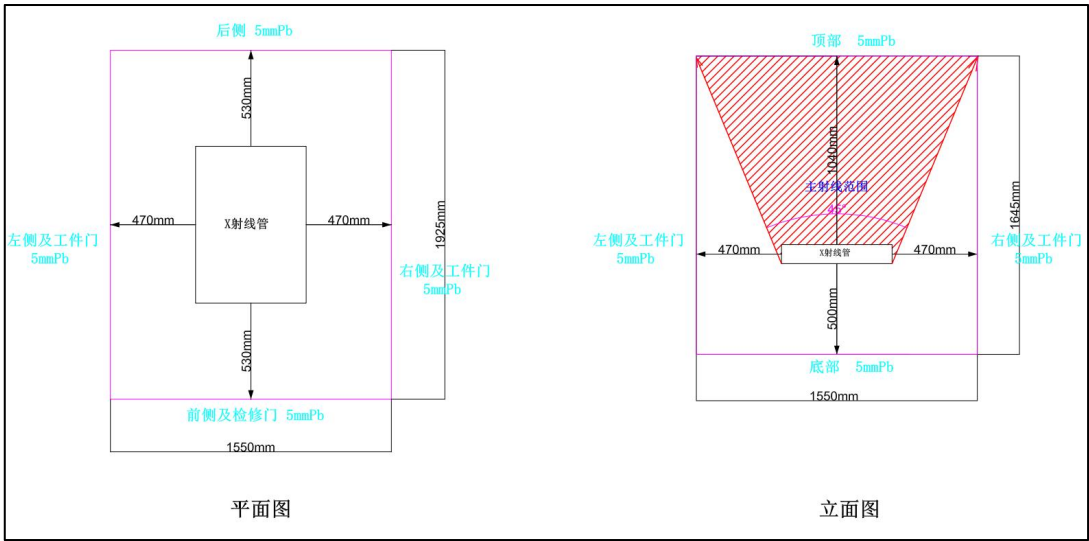


图 11-1 检测装置辐射源点到各侧屏蔽体最近距离及主射线范围示意图（单位：mm）

本次评价选取 6 台工业 CT 检测装置在满功率工况下,同时曝光进行辐射影响预测。

2、有用线束屏蔽估算

顶部预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的计算公式:

(1) 有用线束屏蔽估算

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{公式(1)}$$

式中: $\dot{H}$: 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA ;

H_0 : 距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$, 本项目取值参考《辐射防护导论》(方杰主编)中的附图 3, 读取曲线后计算得 0.5mm 铝滤过条件下, 输出量(H_0)为 $26.5 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}) = 1.59 \times 10^6 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$;

B : 屏蔽透射因子, 本项目查取什值层、按下述计算公式 2 计算得出屏蔽透射因子, 取值参考《辐射防护导论》(方杰主编)中的表 3.5, 管电压 100kV 时, TVL 为 0.84mm 铅, 管电压 150kV 时, TVL 为 0.96mm 铅, 内插法计算得管电压 130kV 时, TVL 为 0.912mm 铅, 然后按公式(2)计算得出 3.29×10^{-6} 。

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

式中: X : 屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位。

TVL: 什值层厚度, mm ;

R : 辐射源点(靶点)至关注点的距离, 米(m)。

3、非有用线束屏蔽估算

装置非有用线束屏蔽体预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中非有用线束屏蔽估算的计算公式:

(1) 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{公式(3)}$$

式中: $\dot{H}$: 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

$\dot{H}_L$: 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$, 取值参考《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117—2022)中表 1, 本项目距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应小于 1mSv/h ($1 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$);

B : 屏蔽透射因子, 同有用线束屏蔽透射因子, 本项目取值 3.29×10^{-6} ;

R : 辐射源点（靶点）至关注点的距离，米（m）。

(2) 散射辐射

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

式中： $\dot{H}$: 关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA;

H_0 : 距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，保守同有用线束距辐射源点（靶点）1m 处输出量计算，本项目取值 $1.59\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B : 屏蔽透射因子，散射 TVL 保守取主射线的 TVL，同有用线束屏蔽透射因子，本项目取值 3.29×10^{-6} ;

F : R_0 处的辐射野面积，平方米（ m^2 ）；

α : 散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以用水的 α 值保守估计，取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录 B 表 B.3，经查，本项目 $\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$ 取值为 1/60；

R_s : 散射体至关注点的距离，米（m）；

R_0 : 辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，米（m）。

4、参考点处剂量率理论计算结果

表 11-1 工业 CT 检测装置主射线方向屏蔽体屏蔽效果预测表

取值 点位	设计厚度	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	屏蔽体顶部 30cm 处剂量 率参考控制水 平（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	评价
顶部	5mmPb	0.3	$26.5\times 6\times 10^4$	3.29×10^{-6}	1.34	0.874	2.5	满足

注： $R_{\text{顶部}}=X$ 射线机距顶部屏蔽体距离 1.04m+参考点 0.3m=1.34m

表 11-2 工业 CT 检测装置非有用线束方向屏蔽效果预测表

取值 点位		取值					
		前侧	检修门及 操作位	后侧及电 缆穿屏蔽 体处	左侧及工 件门	右侧及工 件门	底部
X 设计厚度（mm）		5mmPb	5mmPb	5mmPb	5mmPb	5mmPb	5mmPb
泄 漏	B	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}
	$\dot{H}_L$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	1×10^3	1×10^3	1×10^3	1×10^3	1×10^3	1×10^3

辐 射	R (m)	0.83	0.83	0.83	0.77	0.77	0.5
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	4.78×10^{-3}	4.78×10^{-3}	4.78×10^{-3}	5.55×10^{-3}	5.55×10^{-3}	1.32×10^{-2}
散 射 辐 射	散射线能量(kV)	130	130	130	130	130	130
	B	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}
	I (mA)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	1.59×10^6	1.59×10^6	1.59×10^6	1.59×10^6	1.59×10^6	1.59×10^6
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	1/60	1/60	1/60	1/60	1/60	1/60
	R_s (m)	0.83	0.83	0.83	0.77	0.77	0.5
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	3.80×10^{-2}	3.80×10^{-2}	3.80×10^{-2}	4.41×10^{-2}	4.41×10^{-2}	1.05×10^{-1}
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)		4.28×10^{-2}	4.28×10^{-2}	4.28×10^{-2}	4.97×10^{-2}	4.97×10^{-2}	1.18×10^{-1}
射线装置屏蔽体表面 30cm 处剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：① $R_{\text{前侧}} = R_s = X$ 射线机距前侧屏蔽体最短距离 0.53m+参考点 0.3m=0.83m；

② $R_{\text{检修门及操作位}} = R_s = X$ 射线机距检修门及操作位屏蔽体最短距离 0.53m+参考点 0.3m=0.83m；

③ $R_{\text{后侧及电缆穿屏蔽体处}} = R_s = X$ 射线机距后侧屏蔽体最短距离 0.53m+参考点 0.3m=0.83m；

④ $R_{\text{左侧及工件门}} = R_s = X$ 射线机距左侧及工件门屏蔽体最短距离 0.47m+参考点 0.3m=0.77m；

⑤ $R_{\text{右侧及工件门}} = R_s = X$ 射线机距右侧及工件门屏蔽体最短距离 0.47m+参考点 0.3m=0.77m；

⑥ $R_{\text{底部}} = X$ 射线机距底部屏蔽体最短距离 0.5m（设备直接立于地面，保守取 X 射线机距底部屏蔽体最短距离 0.5m）；

⑦本项目散射辐射屏蔽计算时散射体至关注点的距离（ R_s ）取值保守使用辐射源点（靶点）至关注点的距离（ R ）

从表 11-1、表 11-2 中预测结果可以看出，当本项目工业 CT 检测装置满功率运行时，射线装置表面外 30cm 处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中辐射屏蔽剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的控制要求。

5、保护目标剂量评价

（1）关注点处辐射剂量率

本项目 5 台及现有 1 台工业 CT 检测装置自动作业，辐射工作人员设定工作参数后，无需辐射工作人员实时干预操作，仅在射线装置故障、报错时操作设备进行复位。根据工艺流程，偶尔需要在送板机、收板机处进行作业，辐射工作人员居留因子取 1。

本项目辐射工作人员主要是装置操作人员，公众主要为装置周围其他非辐射工作人员，关注点如图 11-2 所示。

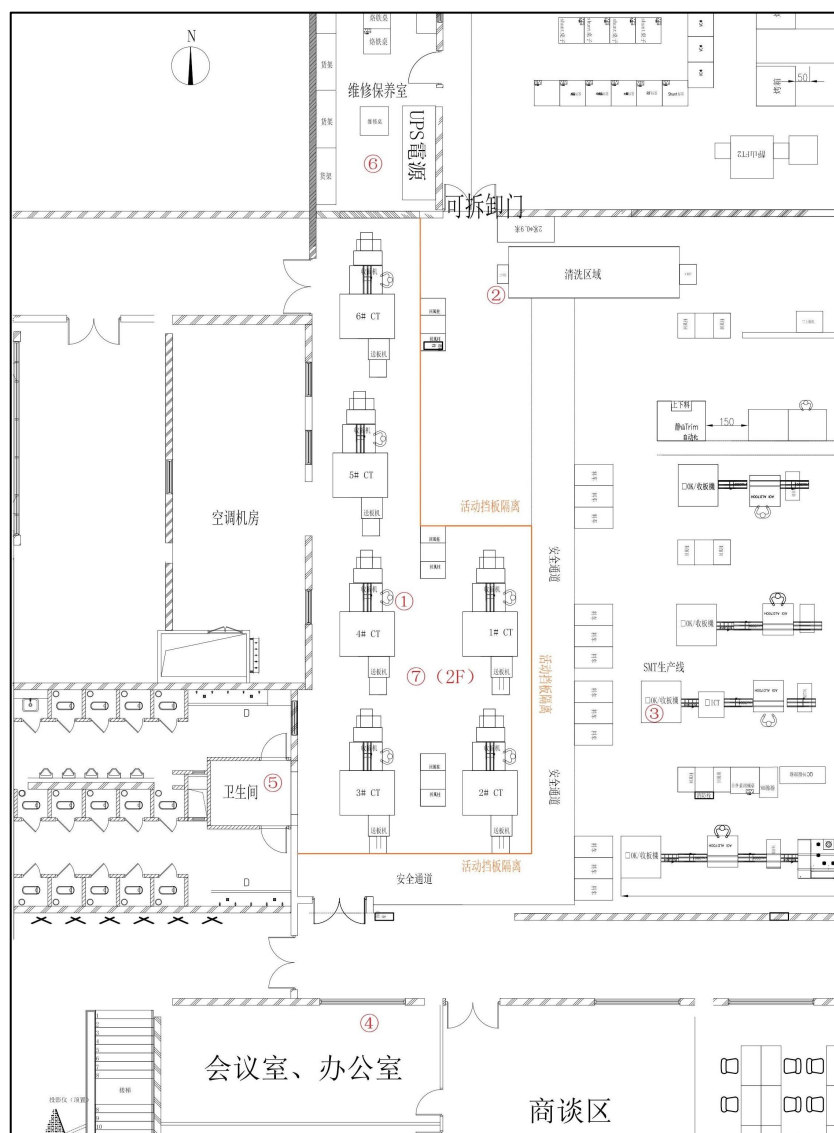


图 11-2 工业 CT 检测装置周围关注点示意图

本项目辐射工作人员主要是装置操作人员，公众主要为装置拟建址周围 50m 范围内其他人员。根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到各关注点处辐射剂量率：

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad \text{公式 (5)}$$

式中： H_1 —距射线源 R_1 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_2 —距射线源 R_2 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_1 —装置各屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；

R_2 —监督区外各计算点位距射线源的距离，m。

根据公式 5，可估算出四周关注点处（散射辐射、泄漏辐射影响）的辐射剂量率，保守取单台辐射剂量率的 6 倍进行年受照剂量估算，四周关注点参数及辐射剂量率具体见表 11-3。

表 11-3 四周关注点参数及剂量率估算结果

编号	名称	方位	距离 (m)	单台辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	6 台叠加辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
①	操作位	装置右侧	0.3m+X 射线机距左、右侧屏蔽体距离 0.47m=0.77m	4.97×10^{-2}	0.298
②	清洗区域	东	4m+X 射线机距前、后侧屏蔽体距离 0.53m=4.53m	1.43×10^{-3}	8.61×10^{-3}
③	SMT 生产线	东	4.4m+X 射线机距前、后侧屏蔽体距离 0.53m=4.93m	1.21×10^{-3}	7.27×10^{-3}
④	会议室、办公室	南	7m+X 射线机距左、右侧屏蔽体距离 0.47m=7.47m	5.28×10^{-4}	3.17×10^{-3}
⑤	卫生间	西	1.8m+X 射线机距前、后侧屏蔽体距离 0.53m=2.33m	5.42×10^{-3}	3.25×10^{-2}
⑥	维修保养室	北	6m+X 射线机距左、右侧屏蔽体距离 0.47m=6.47m	7.03×10^{-4}	4.22×10^{-3}

⑦号关注点位于 X-ray 区域正上方（二期 2F 西车间绕线区域），处于工业 CT 检测装置有用线束照射方向，根据设备参数、平面布局等数据，预估图 11-3 中 1 号、2 号、3 号点 2F 正上方区域收到的有用线束影响最大，分别计算其有用线束剂量率。

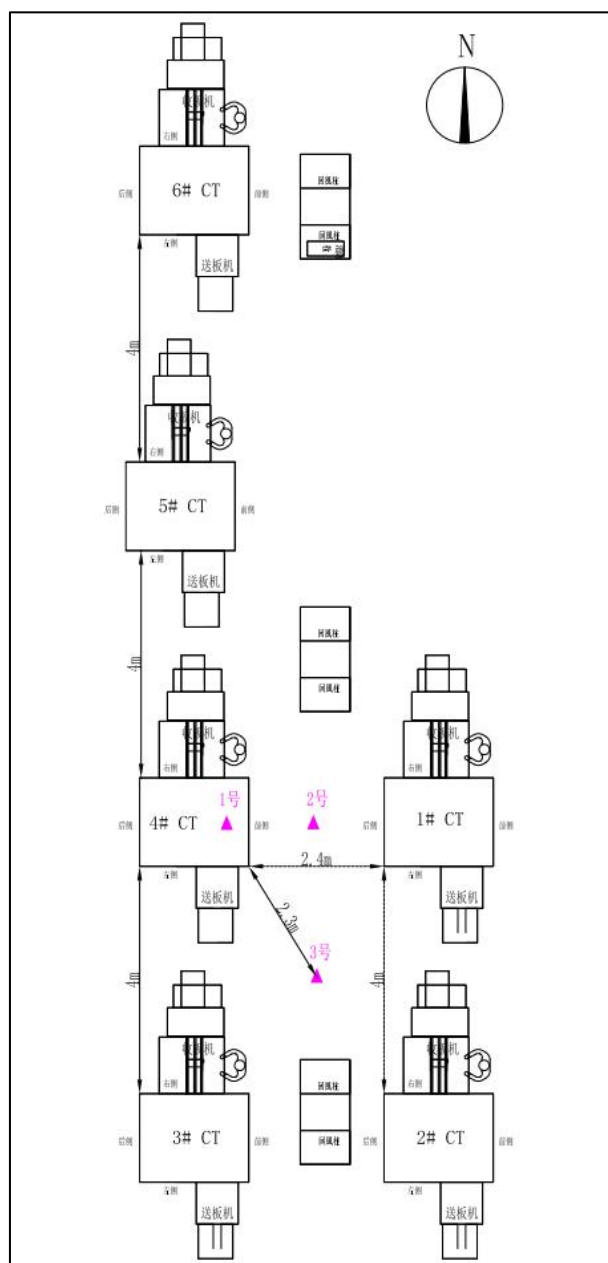


图 11-3 有用线束预测点位平面示意图

根据设备平面布局、设备参数、楼层高度等数据，根据 1 号、2 号、3 号点位分情况绘制有用线束立面示意图。

1 号点位

由图 11-3，1 号点位位于 4#CT 的正上方，经绘制立面图发现，3#、5#CT 有用线束无法照射至 1 号点位，该点位同时受 4#、1#两台 CT 有用线束的影响，其照射立面示意图如下，1#CT 穿过屏蔽体顶部铅板的距离为 5.92mm。

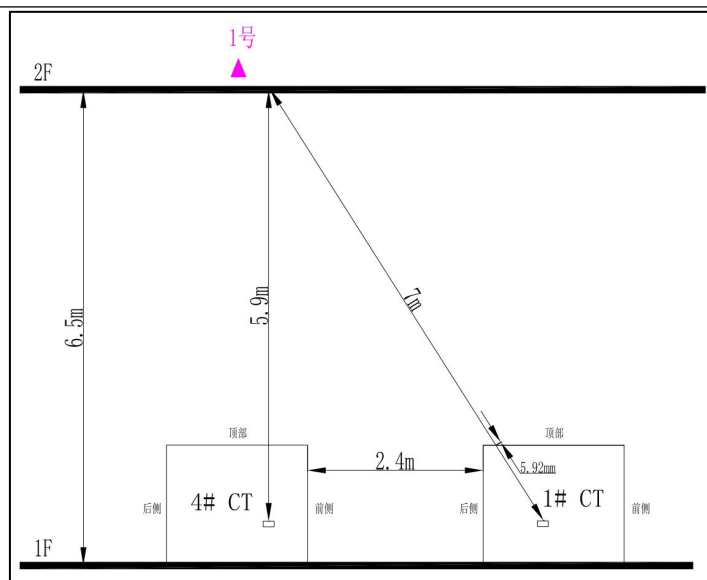


图 11-4 1 号点位有用线束照射示意图

根据公式 1、公式 2，计算⑦号关注点（1 号点位）剂量率。

表 11-4 ⑦号关注点（1 号点位）参数及剂量率估算结果

设备	屏蔽厚度	I (mA)	$H_0 (\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	B	R (m)	$\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$
4#工业 CT	5mmPb	0.3	1.59×10^6	3.29×10^{-6}	5.9	0.0451
1#工业 CT	5.92mmPb	0.3	1.59×10^6	3.23×10^{-7}	7	0.0031
合计						0.0483

2 号点位

由图 11-3，2 号点位位于 1#、4#CT 中间位置的正上方，经绘制立面图发现，3#、5#CT 有用线束无法照射至 2 号点位，该点位同时受 4#、1#两台 CT 有用线束的影响，其照射立面示意图如下，1#、4#CT 穿过屏蔽体顶部铅板的距离为 5.21mm。

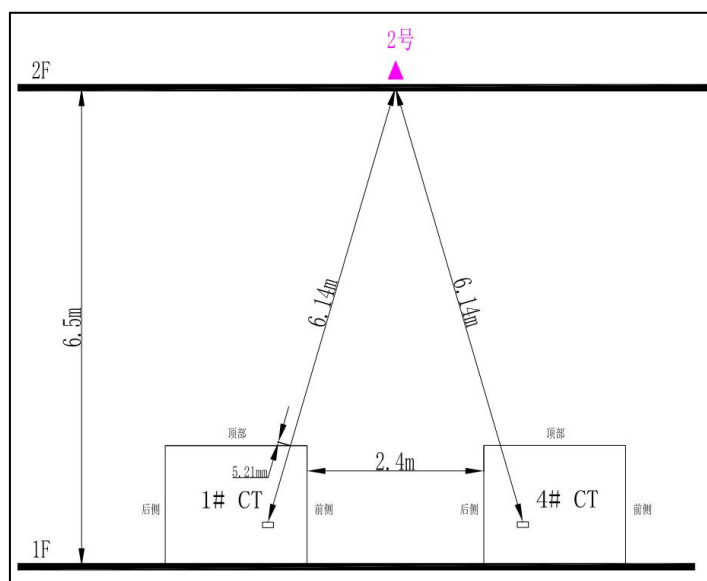


图 11-5 2 号点位有用线束照射示意图

根据公式 1、公式 2，计算⑦号关注点（2 号点位）剂量率。

表 11-5 ⑦号关注点（2 号点位）参数及剂量率估算结果

设备	屏蔽厚度	I (mA)	$H_0 (\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	B	R (m)	$\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$
4#工业 CT	5.21mmPb	0.3	1.59×10^6	1.99×10^{-6}	6.14	0.0251
1#工业 CT	5.21mmPb	0.3	1.59×10^6	1.99×10^{-6}	6.14	0.0251
合计						0.0503

3 号点位

由图 11-3，2 号点位位于 1#、2#、3#、4#CT 中间位置的正上方，经绘制立面图发现，1#、2#、3#、4#CT 有用线束均能照射至 3 号点位，其照射立面示意图如下（下图表示 1#、4#CT 示意图，2#、3#CT 示意图与此一致），4 台 CT 穿过屏蔽体顶部铅板的距离为 5.6mm。

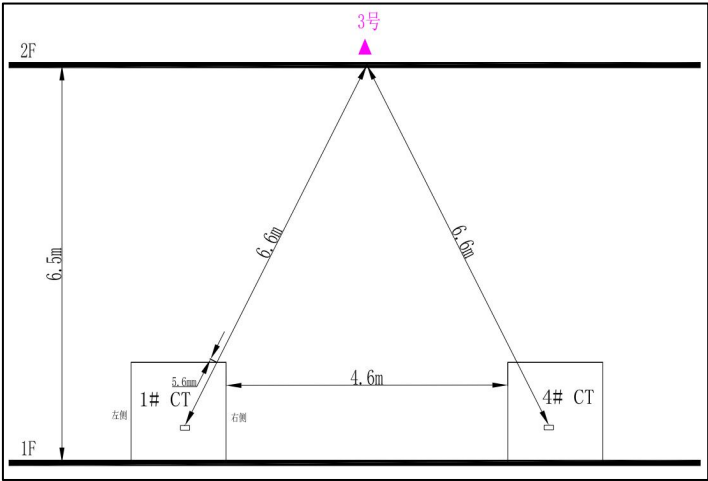


图 11-6 3 号点位有用线束照射示意图（1#、4#CT）

根据公式 1、公式 2，计算⑦号关注点（3 号点位）剂量率。

表 11-6 ⑦号关注点（3 号点位）参数及剂量率估算结果

设备	屏蔽厚度	I (mA)	$H_0 (\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	B	R (m)	$\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$
1#工业 CT	5.6mmPb	0.3	1.59×10^6	7.24×10^{-7}	6.6	0.0079
2#工业 CT	5.6mmPb	0.3	1.59×10^6	7.24×10^{-7}	6.6	0.0079
3#工业 CT	5.6mmPb	0.3	1.59×10^6	7.24×10^{-7}	6.6	0.0079
4#工业 CT	5.6mmPb	0.3	1.59×10^6	7.24×10^{-7}	6.6	0.0079
合计						0.0238

综上，⑦号关注点的最大辐射剂量率出现在 2 号点位，其值为 0.0503μSv/h。

(2) 年剂量估算

本项目辐射工作人员和周围公众受照剂量预测可参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽

规范》（GBZ/T250-2014）中的公式（1）来估算，估算公式如下：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (6)$$

式中： H_c ：参考点的剂量水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ 、 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ：参考点处剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t ：探伤装置照射时间， $\text{h}/\text{周}$ 、 $\text{h}/\text{年}$ ；

U ：探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ：人员在相应关注点驻留的居留因子。

根据公式（6），可估算出本项目所致辐射工作人员和周围公众的年受照剂量，具体计算参数及计算结果见表 11-7。

表 11-7 工业 CT 检测装置所致辐射工作人员和周围公众年受照剂量估算表

保护目标	关注点		使用因子 U	居留因子 T	最大剂量率值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	周剂量估算值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	目标管理值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	年剂量估算值 ($\text{mSv}/\text{年}$)	目标管理值 ($\text{mSv}/\text{年}$)	结论
辐射工作人员	①	操作位	1	1	0.2980	2.5	8.94	100	0.447	5	满足
周围公众	②	清洗区域	1	1	8.61×10^{-3}	2.5	0.2583	5	0.0129	0.1	满足
	③	SMT 生产线	1	1	7.27×10^{-3}	2.5	0.2181	5	0.0109	0.1	满足
	④	会议室、办公室	1	1	3.17×10^{-3}	2.5	0.0950	5	0.0047	0.1	满足
	⑤	卫生间	1	0.25	3.25×10^{-2}	2.5	0.2441	5	0.0122	0.1	
	⑥	维修保养室	1	1	4.22×10^{-3}	2.5	0.1266	5	0.0063	0.1	满足
	⑦	二期 2F 西车间绕线区域	1	1	0.0503	2.5	1.5090	5	0.0755	0.1	满足

注：本次新增工业 CT 检测装置两班制运行，每天曝光时间不超过 10h，每年工作约 300 天（50 周），工业 CT 检测装置年曝光时间约为 3000h，每班年曝光时间不超过 1500h。

从表 11-7 中预测结果可以看出，当 SMT 车间全部 6 台 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置满功率运行时，辐射工作人员所受年有效剂量最大为 0.447mSv，周围公众年有效剂量最大为 0.0755mSv，50m 评价范围内其他公众距本项目相对较远，经距离的进一步衰减后，基本湮灭在环境本底辐射中。人员受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求（职业人员年受照剂量不超过 5mSv，公众年受照剂量不超过 0.1mSv）。

6、电缆口、防护门搭接设计辐射影响分析

本项目 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置电缆管道位于装置后侧下方，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖 5mm 防护铅板，利用散射降低电缆管道口的辐射水平，X 射线至少经过三次散射才能到达管道口，根据《辐射防护导论》P189“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。这时，迷道口也只需采用普通门”，OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

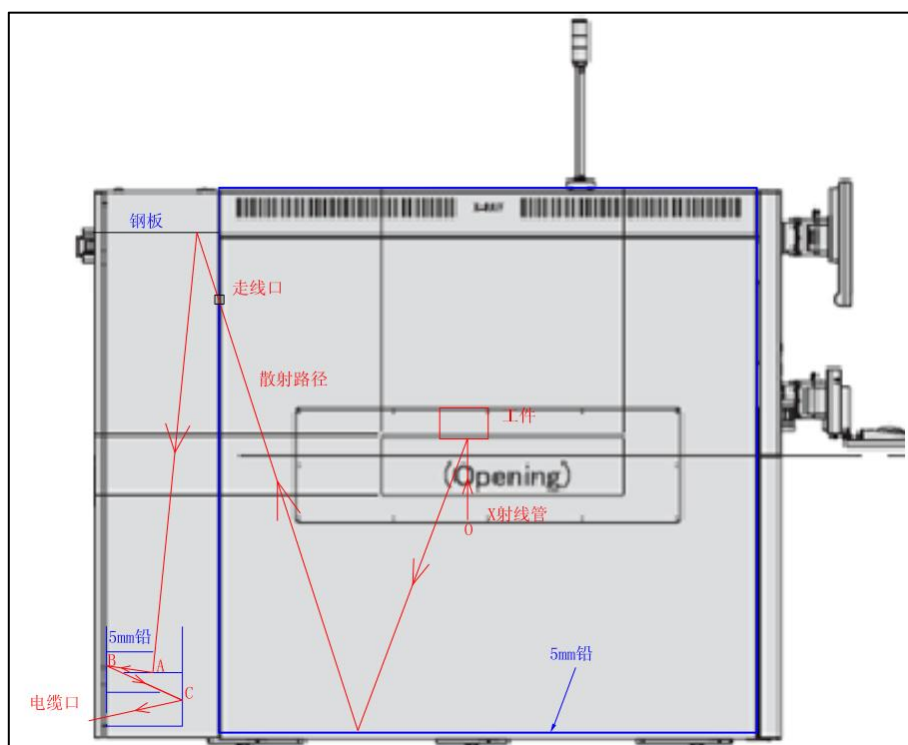


图 11-7 本项目电缆管道散射示意图

本项目工件门防护门、检修防护门与装置外壳搭接处重叠宽度 65mm，工件防护门、检修防护门与装置外壳之间的缝隙宽度 6mm，工件防护门、检修防护门与装置外壳搭接处重叠宽度大于工件防护门、检修防护门与装置外壳之间的缝隙宽度的 10 倍，确保工件防护门、检修防护门不破坏曝光室的整体防护效果，可有效防止射线漏出；X 射线进入缝隙至少经过三次散射才能到达射出。根据《辐射防护导论》P189“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，由此可以推断，本项目工业 CT 检测装置防护门搭接设计能够满足辐射防护要求。

事故影响分析

1、主要事故风险

工业 CT 检测装置只有在开机出束时才产生 X 射线，因此，本项目事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）门-机联锁装置失灵，工件进口防护门、出口防护门、检修防护门未关闭就进行检测探伤作业或者检测探伤时工件进口防护门、出口防护门、检修防护门被意外打开，致使 X 射线泄漏到检测室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

（2）机器调试、检修时误照。工业 CT 检测装置在调试或检修过程中，责任者脱岗，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

2、辐射事故处置方法及预防措施

（1）检修时，关闭 X 射线出束装置，工作人员需佩戴常规个人剂量计，携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪再进入装置内部，装置外部另有一人陪同，防止误开机使人员受到照射；

（2）一旦发生事故，切断电源，确保 X 射线机停止出束；

（3）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（4）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

吴江华丰电子科技有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行无损检测作业，每次无损检测前均检查门机联锁、急停按钮等安全措施的有效性，定期检测室周围的辐射水平，确保工作安全有效运转。同时，公司在实际工作中应不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，定期检查探伤设备及监测仪器的性能，尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。同时，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。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》等法律法规要求，使用射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作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；自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。吴江华丰电子科技有限公司已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确了各成员管理职责。

华丰电子现有 11 台射线装置，其中 3 台 II 类射线装置，8 台 III 类射线装置，每台 II 类射线装置每班制配备两名辐射工作人员，本项目每台工业 CT 检测装置每班制拟配备两名辐射工作人员，共新增 20 名辐射工作人员专门从事本次新增 5 台工业 CT 检测装置的辐射工作，不再从事其他辐射工作。

本项目辐射安全与环境保护管理工作人员和辐射工作人员均需通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加核技术利用辐射安全与防护考核，通过考核后，方能从事本项目辐射工作。

核技术利用辐射安全考核内容包括公共科目和专业科目两部分。公共科目包括《核技术利用辐射安全法律法规》、《电离辐射安全与防护基础》，专业科目辐射安全与环境保护管理工作人员报考类别为“辐射安全管理”，辐射工作人员报考类别为“X 射线探伤”。

辐射安全管理规章制度

吴江华丰电子科技有限公司根据《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》中的相关要求，并针对现有核技术利用项目具体情况制定了辐射安全管理制度，主要包括《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《人员培训计划》、《台账管理制度》、《监测方案》及《辐射事故应急方

案》等。公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。

公司还应根据本项目具体情况补充制定《工业 CT 检测装置操作规程》、《监测异常报告制度》，并对现有的辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性，现对各项辐射安全管理制度需补充和完善的要点提出如下建议：

辐射防护和安全保卫制度：根据单位的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是工业 CT 检测装置的安全防护和管理落实到个人。

操作规程：补充制定工业 CT 检测装置操作规程，明确工业 CT 检测装置辐射工作人员的资质条件要求、操作步骤以及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确工业 CT 检测装置的操作步骤，工作前的安全检查，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器。

岗位职责：完善岗位职责，明确工业 CT 检测装置操作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

设备检修维护制度：完善设备检修维护制度，明确工业 CT 检测装置的安全联锁装置、工作状态指示灯等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。重点是工业 CT 检测装置的辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

人员培训计划：完善人员培训计划，明确工业 CT 检测装置操作人员的培训内容、周期、方式以及考核的办法等内容，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

个人剂量监测和职业健康体检制度：完善个人剂量监测和职业健康体检制度，明确工业 CT 检测装置操作人员开展辐射工作时应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，明确工业 CT 检测装置操作人员进行职业健康体检的周期，并建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

辐射环境监测方案：完善辐射环境监测方案，明确工业 CT 检测装置日常工作的监测项目和监测频次，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。

辐射事故应急预案：针对工业 CT 检测装置可能产生的辐射事故完善辐射事故应急预案，明确工业 CT 检测装置辐射防护措施及事故处理程序等。发生辐射事故时，公司应当立即启动事故应急预案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地

生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。同时，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。

监测异常报告制度：补充制定监测异常报告制度，明确按照相关标准要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测；当发现辐射工作场所及周围环境监测出现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告；当发现个人剂量监测结果异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。

本项目工业 CT 检测装置操作人员应在公司辐射安全与防护领导小组的领导下，明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的安全措施进行检查。此外，对于操作规程、岗位职责和辐射事故应急方案响应程序等制度应张贴于工业 CT 检测装置拟建处附近的醒目处。

辐射监测

1、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。公司 SMT 车间 X-ray 区域已配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，满足辐射监测要求，本项目拟为新增辐射工作人员配备 20 台个人剂量报警仪、20 台个人剂量计，满足辐射监测仪器配置要求。

2、监测方案

吴江华丰电子科技有限公司已根据辐射管理要求，制定了如下监测方案：

（1）请有资质单位定期对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，周期：每年一次；

（2）辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（不少于 1 次/3 个月）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案，终生保存；

（3）所有辐射工作人员上岗前均进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，均定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），确认可继续从事放射工作，并建立个人职业健康档案。

（4）利用自配备的辐射巡测仪对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行自主监测，建议每季度一次，并记录档案。

本项目运行后，应落实上述监测方案，方能满足辐射安全管理的要求。

表 12-1 项目监测计划一览表

监测项目	监测类型	监测因子	监测单位和监测频次	监测点位
工作场所及 周围环境监 测	竣工环保验 收监测	X-γ辐射剂 量率	请有资质单位监测,取得辐射 安全许可证后 3 个月内,最长 不得超过 1 年	操作位、工业 CT 检测装 置四周表面 30cm、工件 门表面 30cm、周边关注 点
	年度监测	X-γ辐射剂 量率	请有资质单位监测,不少于 1 次/年	
	日常监测	X-γ辐射剂 量率	自主监测, 建议不少于 1 次/ 季度	
个人剂量监 测	/	职业性外照 射个人剂量	定期送有资质部门进行监测, 不少于 1 次/三个月	/

公司现有核技术利用项目已认真落实以上监测方案, 每年请有资质监测单位对现有辐射工作场所及周围环境辐射水平进行了监测, 并每季度进行自主监测(利用自配备的辐射巡测仪)。现有辐射工作人员均配备了个人剂量计, 委托有资质单位定期进行监测, 现有辐射工作人员最近一年的受照剂量均未超过职业人员年剂量管理限值 5mSv/a, 定期组织辐射工作人员进行了职业健康体检, 现有辐射工作人员均可继续原放射工作, 并已按相关要求建立了辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。公司已于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交了上一年度的评估报告。

本项目运行后, 也应落实上述监测方案, 方能满足辐射安全管理的要求。

3、现有项目辐射监测开展情况

建设单位每年请有资质监测单位进行辐射工作场所及周围环境辐射水平进行检测, 根据苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司检测报告(报告编号: SDWH-R202400302), 辐射装置表面及操作位、公众区的 X、γ辐射剂量率均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)或《低能射线装置放射防护标准》(GBZ115-2023)中剂量当量率参考控制水平的要求。

辐射事故应急

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素, 辐射事故可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。本项目为使用 II 类射线装置, 事故多为开机误照射事故, 通常情况下属于一般辐射事故。

为加强射线装置在探伤过程中的辐射安全和管理, 预防和控制放射性突发事件的发生而造成的危害, 保障公司员工及社会公众的健康与安全, 吴江华丰电子科技有限公司已制定了辐射事故应急方案, 应急方案内容主要有:

- (1) 应急机构、组成人员以及职责分工;
- (2) 辐射事故分级与应急响应措施;

(3) 应急人员的组织、培训及联系方式;

(4) 辐射事故调查、报告和处理程序;

(5) 应急演习计划。

华丰电子已制定防辐射设备管理制度、防辐射事故应急预案，成立辐射安全防护小组，定期进行辐射安全培训，每年进行一次辐射应急演练。2024 年 10 月，华丰电子进行 X 射线泄露事故的应急演练，演练主要流程为事故发生→开启紧急预案，进行紧急救援→紧急救援完毕，事故后复原→演练总结培训。

公司应针对本项目工业 CT 检测装置可能产生的辐射事故完善辐射事故应急预案，明确工业 CT 检测装置辐射防护措施及事故处理程序等，使其具有一定的操作性。公司应加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，积极开展辐射应急演习，发现问题及时解决，尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。同时，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。

表 13 结论与建议

结论 1、项目概况 根据市场及公司发展规划，公司扩大产能，新增生产设备，为配套扩产的产品检测需要，本项目拟新增 5 台 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置进行模组的无损检测，检测对象材质为 PCB 线路板，位于吉市东路厂区二期 1F SMT 车间内，与车间内现有 1 台 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置一起放置于 SMT 车间西侧的 X-ray 区域。本项目工业 CT 检测装置型号为 OmronVT-X750，最大管电压为 130kV、最大管电流为 0.3mA、额定功率为 39W，为 II 类射线装置。 2、实践正当性评价 本项目的建设和运行满足了企业的发展需求，提高了产品的质量，在做好辐射防护的基础上，其建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。 3、选址、布局合理性评价 本项目位于吉市东路厂区（吉市东路 168 号）。厂区东侧为法兰泰克智能装备有限公司、苏州恒悦新材料有限公司；南侧为吉市东路；西侧为长浜路；北侧为南村路。 SMT 车间扩大产能、增加生产设备，车间内部正在进行平面布局调整，X-ray 区域目前为车间内空置区域，放有 1 台清洗机（后期将搬离），布局调整完成后，X-ray 区域东侧为 SMT 生产线、清洗机，南侧为室内走道、会议室、办公室，西侧为卫生间、空调机房、厂务机房，北侧为车间内走道、RF 车间的镭雕区域和发电机房。二期厂房共 3 层，本项目位于 1 楼，层高约为 6.5 米，无地下建筑，工业 CT 检测装置正上方为二期 2F 西车间绕线区域。 本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，且不涉及江苏省国家级生态保护红线区域和江苏省生态空间管控区域。根据现场检测与环评预测，本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。因此，本项目周围无环境制约因素，项目选址合理。 本项目新增 5 台 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置与现有 1 台 OmronVT-X750 型工业 CT 均放置于二期 1F SMT 车间西侧的 X-ray 区域。工业 CT 检测装置均设有检测室
--

及操作台，操作台位于曝光室右边，与装置相连，OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置主射线方向朝向顶部，操作台避开了 X 射线主射线方向，项目工业 CT 检测装置工作场所布局设计基本合理。

4、辐射防护措施评价

本项目工业 CT 检测装置通过自带铅板的检测室对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目拟配备的工业 CT 检测装置以最大功率运行时其表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率限值要求（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）。

本项目待检工件通过工业 CT 检测装置左、右两侧连接的送板机、收板机由传输带自左向右自动传输至铅房内样品台进行检测，扩建后将全部 6 台工业 CT 检测装置设备边界作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；检测装置设备边界西扩 1m、东扩 0.5m、南侧送板机边界、北侧收板机外扩 0.5m 作为辐射防护监督区边界，监督区边界设置移动挡板进行实体隔断，并在监督区入口处的醒目位置设立标示牌，工作期间禁止无关人员靠近。

5、辐射安全措施评价

本项目拟落实的辐射安全措施包括：工业 CT 检测装置设置门机联锁装置；工业 CT 检测装置设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯，并与 X 射线管联锁；工业 CT 检测装置前侧操作面板设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出；工业 CT 检测装置设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止射线照射；工业 CT 检测装置设有符合要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；工业 CT 检测装置按照控制区和监督区进行分区管理，控制区内禁止任何人员进入，监督区内禁止任何人员靠近。

公司 SMT 车间 X-ray 区域已配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，满足辐射监测要求，本项目拟为新增辐射工作人员配备 20 台个人剂量报警仪、20 台个人剂量计，用于对工业 CT 检测装置工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警，以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

6、保护目标剂量评价

根据理论估算结果，本项目在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员及周围公众年受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目管理目标（职业人员年受照剂量不超过 5mSv，公众年受照剂量不超过 0.1mSv）的剂量限值要求。

7、三废处理处置

本项目无放射性三废产生。

本项目工业 CT 检测装置在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。项目工业 CT 检测装置未设置机械排风装置，检测时产生的少量臭氧和氮氧化物通过打开工件投入口、工件取出口排出后进入生产车间，生产车间为洁净车间设有新风装置，车间空气通过排风柱进行实时换气，换气次数大于 3 次/小时，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）标准要求。臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

8、辐射环境管理

- （1）委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- （2）公司配置辐射剂量监测仪器，定期对工作场所辐射水平进行检测；
- （3）在项目运行前，公司委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均配带个人剂量计，定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案；
- （4）在项目运行前对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立职业健康监护档案。

公司已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前完善相关的辐射安全管理制度；公司为本项目拟配备的辐射工作人员需参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核，需进行个人剂量监测和职业健康体检，并建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。

综上所述，吴江华丰电子科技有限公司新增 5 台工业 CT 检测装置项目符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议与承诺

(1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

(2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

(3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

(4) 建议项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见

经办人

公 章
年 月 日

审批意见

经办人

公 章
年 月 日

附表

“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员的管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的管理要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：本项目检测室采用铅板对 X 射线进行屏蔽。型号为 OmronVT-X750 型工业 CT 检测装置，定义操作面板所在面为装置前侧，检测室前侧、后侧、左侧、右侧、工件门、底部、顶部屏蔽体均采用 5mm 铅板进行防护。	装置表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）剂量率限值要求。辐射工作人员及公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》和《工业探伤放射防护标准》中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（工作人员年有效剂量约束值 5mSv，公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。	10
	安全措施：工业 CT 检测装置设置门机联锁装置；工业 CT 检测装置设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯，并与 X 射线管联锁；工业 CT 检测装置前侧操作面板设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出；工业 CT 检测装置设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止射线照射；工业 CT 检测装置设有符合要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；工业 CT 检测装置按照控制区和监督区进行分区管理，控制区内禁止任何人员进入，监督区内禁止任何人员靠近。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的管理要求。	
	岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。标明控制区、监督区边界。		

污染防治措施	废气：臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。	项目工业 CT 检测装置未设置机械排风装置，检测时产生的少量臭氧和氮氧化物通过打开工件投入口、工件取出口排出后进入生产车间，生产车间为洁净车间设有新风装置，车间空气通过排风柱进行实时换气，换气次数大于 3 次/小时。臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。	/
人员配备	公司辐射工作人员均参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中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的管理要求。	/
	公司辐射工作人员均配备个人剂量计，每 3 个月定期送检，并建立辐射工作人员个人剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测及建立个人剂量监测档案的管理要求。	/
	公司辐射工作人员均定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员定期进行职业健康体检及建立职业健康监护档案的管理要求。	/
监测仪器和防护用品	已配备 1 台辐射巡测仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器配置要求。	/
	新增配备 20 台个人剂量报警仪、20 台个人剂量计。		
辐射安全管理制度	对已制定的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急预案等辐射安全管理制度进行补充和完善。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置的单位需具备有健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/

注：“三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。