

核技术利用建设项目

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司
新建 2 台工业 CT 装置项目
环境影响报告表

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司

2025 年 10 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司
新建 2 台工业 CT 装置项目
环境影响报告表

建设单位名称：华进半导体封装先导技术研发中心有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：无锡市新吴区景贤路 2 号

邮政编码：214000

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：

表 1 项目基本概况

建设项目名称		华进半导体封装先导技术研发中心有限公司新建 2 台工业 CT 装置项目			
建设单位		华进半导体封装先导技术研发中心有限公司			
法人代表姓名		联系人		联系电话	
注册地址		无锡市新吴区太湖国际科技园菱湖大道 200 号中国传感网国际创新园 D1 栋			
项目建设地点		无锡市新吴区景贤路 2 号厂区主厂房一层、二层 X-RAY 检测间			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		300	项目环保总投资（万元）	200	投资比例（环保投资/总投资） 66.7%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） 58.7
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	/			
	1 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来 1.1 建设单位基本情况 华进半导体封装先导技术研发中心有限公司成立于 2012 年 9 月，注册地位于无锡市新吴区太湖国际科技园菱湖大道 200 号中国传感网国际创新园 D1 栋。公司现有两个厂区，一厂区位于无锡市新吴区太湖国际科技园菱湖大道 200 号中国传感网国际创新园 D1 栋，二厂区位于无锡市新吴区景贤路 2 号。经营范围包含：集成电路制造、集成电路销售、信息系统集成服务、集成电路设计、计算机软硬件及外围设备制造、集成电路芯片及产品制造、集成电路芯片及产品销售等。 1.2 项目规模及任务由来				

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司于二厂区内使用 2 台 Cheetah EVO 型工业 CT 装置（许可证上均为 III 类射线装置，型号分别为 YXLON EVO 型及 Cheetah EVO 型），用于开展公司晶圆、SIP 类等产品的无损检测工作。根据环境保护部部长信箱中关于《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》，自屏蔽式 X 射线探伤装置应满足“在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内”的要求，经现场勘查，本项目 2 台 Cheetah EVO 型工业 CT 装置维修门打开时，人员可进入内部，不属于自屏蔽式 X 射线探伤装置。根据《射线装置分类》，本项目 2 台 Cheetah EVO 型工业 CT 装置应属于其他工业用 X 射线探伤装置，属于 II 类射线装置，因此本项目应当编制环境影响评价报告表。

本项目 2 台工业 CT 装置（1#、2#装置）分别建于二厂区主厂房（共二层）一层、二层 X-RAY 检测间内，均用于开展公司晶圆、SIP 类等产品的无损检测工作。2 台工业 CT 装置型号均为 Cheetah EVO 型，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 1mA，额定功率均为 64W，工作时主射线均朝顶部照射。1#装置工件门朝东南侧摆放在一层 X-RAY 检测间内，控制台位于 1#装置东南侧；2#装置工件门朝西南侧摆放在二层 X-RAY 检测间内，控制台位于 2#装置西南侧。正常摆放工件时人员无需进入曝光室内，装置进行检修时工作人员能够进入曝光室内。

公司现有 8 名辐射工作人员，本项目拟调配 4 名辐射工作人员专职负责检测工作，拟调配人员不继续负责其他射线装置检测工作。每台装置周开机曝光时间不超过 10 小时，年开机曝光时间不超过 500 小时。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1：

表 1-1 华进半导体封装先导技术研发中心有限公司本次评价核技术应用情况一览表

序号	射线装置名称型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	工作场所名称	环评情况	许可情况	备注
1	Cheetah EVO 型工业 CT 装置	1	160	1	主厂房一层 X-RAY 检测间	本次环评	未许可	1#装置，主射线朝顶部照射，额定功率为 64W
2	Cheetah EVO 型工业 CT 装置	1	160	1	主厂房二层 X-RAY 检测间	本次环评	未许可	2#装置，主射线朝顶部照射，额定功率为 64W

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《建设项目环境影响评价分类管理名录》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目使用 II 类射线装置应当编制环境影响评价报告表。受华进

半导体封装先导技术研发中心有限公司委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测和评价分析，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

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司二厂区位于无锡市新吴区景贤路2号，地理位置图见附图1。公司东北侧为运河西路，东南侧为景贤路，西南侧为园区道路及无锡盛景微电子股份有限公司，西北侧为河道，公司厂区平面布局及周围环境示意图见附图2。

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司已于公司一厂区内使用2台Ⅲ类射线装置（Y-cheetah μ HD 型、ZEISS Xradia 610 Versa 型），Y-cheetah μ HD 型 X 射线检测仪位于一厂区厂房二楼实验室，ZEISS Xradia 610 Versa 型高分辨率 X 射线断层扫描系统。位于一厂区 D1 栋检测中心一楼辐射设备间。

本项目2台工业CT装置分别建于二厂区主厂房（共二层）一层、二层 X-RAY 检测间内。1#装置所在 X-RAY 检测间东北侧依次为键合区、车间内过道、晶圆回流区及湿法区，东南侧依次为楼梯间、车间内过道、展示区、大堂、电梯间、报告厅、设备间、厂区道路及景贤路，西南侧依次为厂区道路、园区道路及无锡盛景微电子股份有限公司，西北侧依次为光罩间、键合区、灰区、薄膜刻蚀区、物料房、包装区、维修房、气瓶间、设备通道及车间内过道，楼上二层为空调机房，楼下无建筑；2#装置所在 X-RAY 检测间东北侧依次为维修间、治具房、物料房、清洗房、产线会议室、二期生产车间、楼梯间、MAU 机房，东南侧依次为车间内过道及二期生产车间，西南侧依次为车间内过道、风淋室、空调机房、楼梯间、卫生间、厂区道路、园区道路及无锡盛景微电子股份有限公司，西北侧依次为车间内过道、二期生产车间、成品库、光刻板库、备品备件库、原材料仓库及厂区道路，楼下一层为薄膜刻蚀区，楼上无建筑。二厂区主厂房一层、二层车间平面布局图分别见附图3、附图4。

本项目2台工业CT装置周围50m范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及2台装置建址周围评价范围内的公众。

3 原有核技术利用项目情况

3.1 建设单位辐射安全许可情况

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司已取得由无锡市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证【B0950】”，种类和范围为“使用Ⅲ类射线装

置”，发证日期为2024年2月6日，有效期至2028年8月21日，辐射安全许可证正副本复印件见附件5。公司现许可4台III类射线装置，公司现有核技术应用项目见表1-2。

表 1-2 公司现有核技术利用项目清单

序号	名称	型号	类别	数量	环评审批	环保验收、许可情况	备注
1	X 射线检测仪	Y-cheetah μ HD 型	III	1	已备案	已许可 时间：2018.7.26	使用
2	高分辨率 X 射线断层扫描系统	ZEISS Xradia 610 Versa 型		1	备案号： 202432021400000010 时间：2024.1.11	已许可 时间：2024.2.6	使用
3	X 射线检测仪	YXLON EVO 型		1	备案号： 202332021400000235 时间：2023.6.12		使用
4	X 射线检测仪	Cheetah EVO 型		1	备案号： 202432021400000010 时间：2024.1.11		使用

注：3号、4号装置为本次项目2台工业CT装置。

3.2 辐射工作人员培训情况

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司现有8名辐射工作人员，其中1名辐射工作人员通过生态环境部培训平台线上考核，另外7名辐射工作人员根据《生态环境部关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部办公厅，2021年3月12日印发）要求参加并通过了无锡乐安环境监测技术有限公司组织的培训，辐射工作人员一览表见附件9。

公司现有辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累积剂量，并每三个月送常州环宇信科环境检测有限公司进行个人剂量监测，根据公司2024年~2025年4个季度辐射工作人员个人剂量监测报告（附件7）可知，辐射工作人员个人剂量检测结果均未见异常；公司已每两年组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

3.3 工作场所及辐射环境监测情况

公司已配备7台个人报警仪，本项目拟沿用已有的4台个人剂量报警仪，并新增1台环境辐射剂量巡测仪，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

公司现有核技术利用项目已委托江苏宁大卫防检测技术有限公司开展年度环保检测（附件8），根据检测结果可知，公司射线装置监测结果均满足相关标准的要求。

4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加2台工业CT装置建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效地控制，其对周围环境

的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，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。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 CT 装置	II类	1	Cheetah EVO 型	160	1	无损检测	主厂房一层 X-RAY 检测间	1#装置，主射线朝顶部照射，最大功率为 64W
2	工业 CT 装置	II类	1	Cheetah EVO 型	160	1	无损检测	主厂房二层 X-RAY 检测间	2#装置，主射线朝顶部照射，最大功率为 64W
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	可通过装置通风口排出装置外，依托 X-RAY 检测间内通风系统排入车间，最终通过车间排风系统排入外环境；臭氧常温下 50min 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；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³)和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年修订版), 国家主席令第 9 号公布, 2015 年 1 月 1 日起施行 (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修正版), 2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第 24 号修正 (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 国家主席令第 6 号公布, 2003 年 10 月 1 日起施行 (4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修订版), 国务院令第 682 号, 2017 年 10 月 1 日起施行 (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年修订版), 国务院令第 709 号第二次修订, 2019 年 3 月 2 日发布 (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》, 生态环境部令第 16 号, 2021 年 1 月 1 日起施行 (7) 《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 5 日 (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正版), 2021 年 1 月 4 日中华人民共和国生态环境部令第 20 号修正 (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行 (10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局, 环发〔2006〕145 号, 2006 年 9 月 26 日 (11) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部令第 9 号, 2019 年 11 月 1 日起施行 (12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生态环境部公告 2019 年 第 57 号, 2019 年 12 月 23 日 (13) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》, 生态环境部公告 2019 年 第 39 号, 2019 年 10 月 21 日 (14) 《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 2019 年 第 38 号, 2019 年 11 月 1 日起
------	--

	施行 (15) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018 年修正版), 2018 年 3 月 28 日江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议修正 (16) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》, 苏政发〔2018〕74 号, 2018 年 6 月 9 日 (17) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》, 苏政发〔2020〕1 号, 2020 年 1 月 8 日 (18) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》, 苏政发〔2020〕49 号, 2020 年 6 月 21 日 (19) 《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, 2021 年 5 月 28 日
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) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022) (4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) (5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) (6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) (7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) (参照) (8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及修改单
其他	与本项目相关附件: (1) 项目委托书 (附件 1) (2) 射线装置使用承诺书 (附件 2) (3) 辐射防护屏蔽设计说明 (附件 3) (4) 辐射环境现状检测报告复印件 (附件 4) (5) 辐射安全许可证正副本复印件 (附件 5) (6) 本项目 X 射线管参数说明 (附件 6) (7) 个人剂量检测报告复印件 (附件 7) (8) 年度检测报告复印件 (附件 8)

	(9) 辐射工作人员自主培训证书 (附件 9)
--	-------------------------

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“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，确定本项目评价范围为 2 台工业 CT 装置曝光室边界外周围 50m 区域。

保护目标

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74 号）、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。

对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。本项目利用 X 射线进行无损检测，占用资源少，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。

本项目 2 台工业 CT 装置周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 2 台装置建址周围评价范围内的公众。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表

项目	环境保护目标名称		方位	最近距离	规模	环境保护要求
1#装置	职业人员	1#装置 辐射工作人员	东南侧 (操作位)	紧邻	2 人	职业人员年剂量约束值为 5mSv/a
	公众	键合区工作人员	东北侧	紧邻	10~15 人	公众年剂量约束值为 0.1mSv/a
		车间内过道工作人员		约 25 m	流动人群	
		晶圆回流区、湿法区工作人员		约 29 m	10~20 人	
		楼梯间、车间内过道工作人员	东南侧	紧邻	流动人群	
		展示区、大堂、电梯间、报告厅工作人员		约 10 m	流动人群	
		设备间工作人员		约 18 m	4~6 人	

		厂区道路行人		约 28 m	流动人群	
		景贤路行人		约 48 m	流动人群	
		厂区道路行人	西南侧	紧邻	流动人群	
		园区道路行人		约 20 m	流动人群	
		无锡盛景微电子股份有限公司工作人员		约 45 m	5~10 人	
		光罩间、键合区、灰区、薄膜刻蚀区、物料房、包装区、维修房、气瓶间工作人员	西北侧	紧邻	20~30 人	
		设备通道、车间内过道工作人员		约 38 m	流动人群	
		空调机房工作人员	楼上二层	约 10 m	流动人群	
2# 装置	职业人员	2#装置 辐射工作人员	西南侧 (操作位)	紧邻	2 人	职业人员年剂量约束值为 5mSv/a
	公众	维修间、治具房、物料房、清洗房、产线会议室工作人员	东北侧	紧邻	15~20 人	公众年剂量约束值为 0.1mSv/a
		二期生产车间工作人员		约 23 m	10~20 人	
		楼梯间工作人员		约 41 m	流动人群	
		MAU 机房工作人员		约 44 m	4~8 人	
		车间内过道工作人员	东南侧	紧邻	流动人群	
		二期生产车间工作人员		约 8 m	10~20 人	
		车间内过道、风淋室、空调机房工作人员	西南侧	紧邻	流动人群	
		楼梯间、卫生间工作人员		约 41 m	流动人群	
		厂区道路行人		约 13 m	流动人群	
		园区道路行人		约 31 m	流动人群	
		无锡盛景微电子股份有限公司工作人员		约 48 m	1~5 人	
		车间内过道工作人员	西北侧	紧邻	流动人群	
		二期生产车间工作人员		紧邻	10~20 人	
		成品库、光刻板库、备品备件库、原材料仓库工作人员		约 35 m	10~20 人	
		厂区道路行人		约 44 m	流动人群	
		薄膜刻蚀区工作人员	楼下一层	约 6 m	10~20 人	

注：本项目 2 台工业 CT 装置位于不同楼层，2 台装置之间距离约为 36m，2 台装置相互之间辐射影响很小，经过距离衰减后可湮没在本底辐射中，因此本项目不考虑 2 台装置间的叠加影响。

评价标准

1 剂量限值

《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

/	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（但不可做任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv~0.3 mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

（1）辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年剂量限值的 1/4，即职业人员年剂量约束值不大于 5mSv/a；

（2）公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众照射剂量限值的 10%，即公众年剂量约束值不大于 0.1mSv/a。

3 辐射剂量率控制水平

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室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。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平:

(1) 关注点的周围剂量当量参考控制水平, 对放射工作场所, 其值不大于 100 μ Sv/周, 对公众场所, 其值不大于 5 μ Sv/周。

(2) 本项目 2 台工业 CT 装置屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平均不大于 2.5 μ Sv/h; 本项目 1#装置顶部二层车间人员可达, 且 2 台工业 CT 装置高度均较低 (2.05m), 因此取 2 台工业 CT 装置顶部表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

4 辐射环境质量现状监测评价参考值

参考《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(辐射防护 第 13 卷第 2 期, 1993 年 3 月), 江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平 (单位: nGy/h)

	原野	道路	室内
测值范围	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

注: [1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时, 参考测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置 华进半导体封装先导技术研发中心有限公司二厂区位于无锡市新吴区景贤路 2 号，地理位置图见附图 1。公司东北侧为运河西路，东南侧为景贤路，西南侧为园区道路及无锡盛景微电子股份有限公司，西北侧为河道，公司厂区平面布局及周围环境示意图见附图 2。 本项目 2 台工业 CT 装置分别建于厂区主厂房（共二层）一层、二层 X-RAY 检测间内。1#装置所在 X-RAY 检测间东北侧依次为键合区、车间内过道、晶圆回流区及湿法区，东南侧依次为楼梯间、车间内过道、展示区、大堂、电梯间、报告厅、设备间、厂区道路及景贤路，西南侧依次为厂区道路、园区道路及无锡盛景微电子股份有限公司，西北侧依次为光罩间、键合区、灰区、薄膜刻蚀区、物料房、包装区、维修房、气瓶间、设备通道及车间内过道，楼上二层为空调机房，楼下无建筑；2#装置所在 X-RAY 检测间东北侧依次为维修间、治具房、物料房、清洗房、产线会议室、二期生产车间、楼梯间、MAU 机房，东南侧依次为车间内过道及二期生产车间，西南侧依次为车间内过道、风淋室、空调机房、楼梯间、卫生间、厂区道路、园区道路及无锡盛景微电子股份有限公司，西北侧依次为车间内过道、二期生产车间、成品库、光刻板库、备品备件库、原材料仓库及厂区道路，楼下一层为薄膜刻蚀区，楼上无建筑。二厂区主厂房一层、二层车间平面布局图分别见附图 3、附图 4。 本项目 2 台工业 CT 装置周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 2 台装置建址周围评价范围内的公众。 本项目 2 台工业 CT 装置周围环境现状见图 8-1、图 8-2。	
	
1#装置建址东北侧键合区	1#装置建址东南侧楼梯间



图 8-1 1#装置建址周围环境现状照片





图 8-2 2#装置建址周围环境现状照片

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：2 台工业 CT 装置建址周围辐射环境

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在 2 台工业 CT 装置建址周围布置监测点位，共计 13 个监测点位

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测项目： γ 辐射空气吸收剂量率

监测布点：在 2 台工业 CT 装置建址周围进行布点，具体点位见图 8-3、图 8-4

监测时间：2025 年 7 月 30 日

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

监测仪器：FH40G 型辐射剂量检测仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J0317，

检定有效期：2024.10.23~2025.10.22，设备检定证书编号：Y2024-0107364）

检测范围：1nSv/h~100 μ Sv/h

能量响应范围：48keV~4.4MeV

环境条件：天气：阴、温度 26°C、湿度 63.1%RH

监测方法：《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 10s，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。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy

3.2 质量保证措施

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，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》（HJ61-2021）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》（HJ61-2021）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并持有检测上岗证，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检定，监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

评价方法：对照江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果进行评价，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 4。

表 8-1 本项目 2 台工业 CT 装置建址周围 γ 辐射水平测量结果

测点编号	测点位置描述	测量结果(nGy/h)	备注
1	1#装置建址处	46.8	楼房
2	1#装置建址东南侧	46.4	楼房
3	1#装置建址西南侧	46.4	楼房
4	1#装置建址西北侧	47.4	楼房
5	1#装置建址东北侧	47.7	楼房
6	1#装置建址楼上二层	47.1	楼房
7	1#装置建址西南侧无锡盛景微电子股份有限公司外道路	45.9	道路
8	2#装置建址处	47.3	楼房
9	2#装置建址东南侧	48.7	楼房
10	2#装置建址西南侧	48.1	楼房
11	2#装置建址西北侧	48.7	楼房
12	2#装置建址东北侧	47.7	楼房
13	2#装置建址楼下一层	47.9	楼房

注：测量结果已扣除仪器宇宙响应值（宇宙响应值测量点位于苏州市阳澄湖湖中心），并进行了建筑物对宇宙射线的屏蔽修正。

建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子楼房取 0.8，道路取 1。

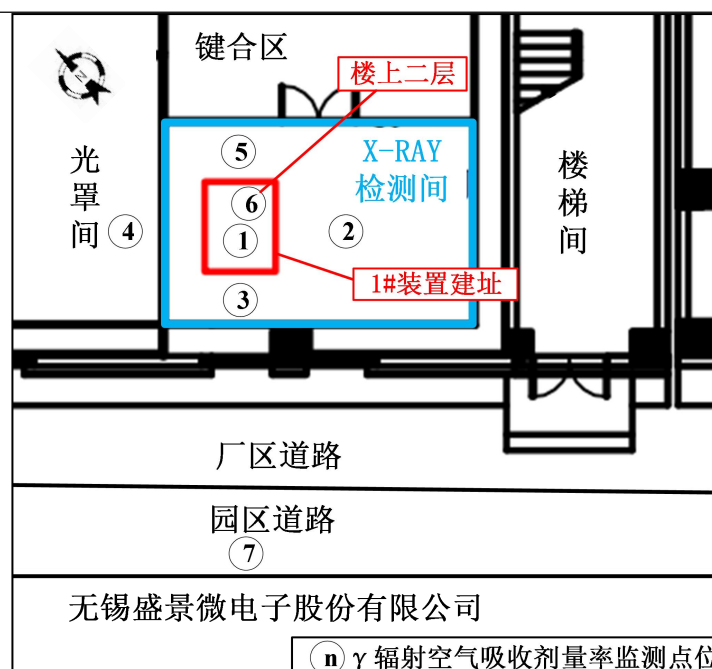


图 8-3 本项目 1#装置建址周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图

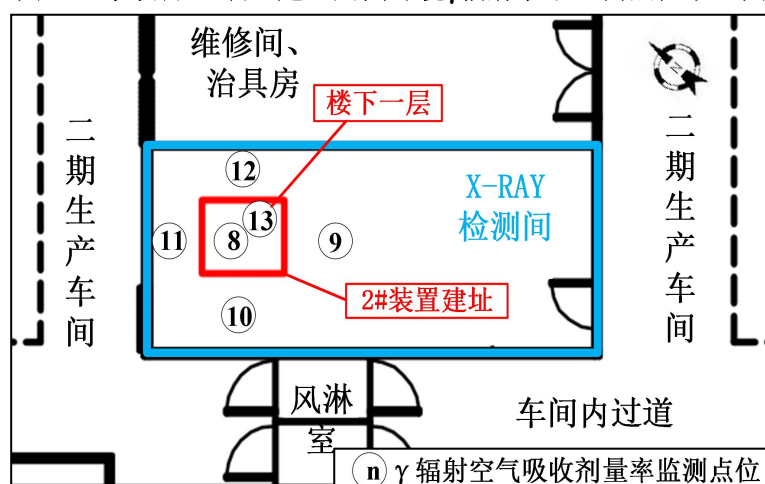


图 8-4 本项目 2#装置建址周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

由表 8-1 的监测结果可知，本项目 2 台工业 CT 装置建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（46.4~48.7）nGy/h，室外道路 γ 辐射水平为 45.9nGy/h。根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（50.7~129.4）nGy/h，室外道路 γ 辐射水平为（18.1~102.3）nGy/h。本项目 2 台工业 CT 装置建址及周围室内环境天然 γ 辐射水平略低于江苏省室内 γ 辐射剂量率水平范围，因本项目 2 所在车间地面及墙体所用金属材料的影响，整体室内环境 γ 辐射剂量率偏低；室外道路 γ 辐射水平处于江苏省室外环境天然 γ 辐射水平测值范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1 工程设备

本项目 2 台工业 CT 装置（1#、2#装置）分别建于二厂区主厂房（共二层）一层、二层 X-RAY 检测间内，均用于开展公司晶圆、SIP 类等产品的无损检测工作，主要检测工件最长约为 240mm、最宽约为 120mm、最厚约为 10mm。

本项目 2 台工业 CT 装置型号均为 Cheetah EVO 型，最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 1mA，额定功率均为 64W。1#装置工件门朝东南侧摆放在一层 X-RAY 检测间内，控制台位于 1#装置东南侧；2#装置工件门朝西南侧摆放在二层 X-RAY 检测间内，控制台位于 2#装置西南侧。

本项目 2 台 Cheetah EVO 型工业 CT 装置均包含曝光室、控制台、工件门、维修门、前视窗、工作状态指示灯、保养柜等，外壳尺寸均为 1.65m（长）×1.40m（宽）×2.05m（高）。本项目工业 CT 装置外观示意图见图 9-1。

图 9-1 工业 CT 装置外观示意图

本项目 2 台工业 CT 装置主射线均朝顶部照射，X 射线管出束角均为 40°，X 射线管无法移动。1#装置 X 射线管距离装置东北侧、西南侧屏蔽体外表面均为 825mm，距离装置东南侧、西北侧屏蔽体外表面均为 700mm，距离顶部屏蔽体外表面为 1400mm，距离底部屏蔽体外表面为 650mm；2#装置 X 射线管距离装置东北侧、西南侧屏蔽体外表面均为 700mm，距离装置东南侧、西北侧屏蔽体外表面均为 825mm，距离顶部屏蔽体外表面为 1400mm，距离底部屏蔽体外表面为 650mm。本项目 1#装置计算示意图见图 9-2，2#装置计算示意图见图 9-3。

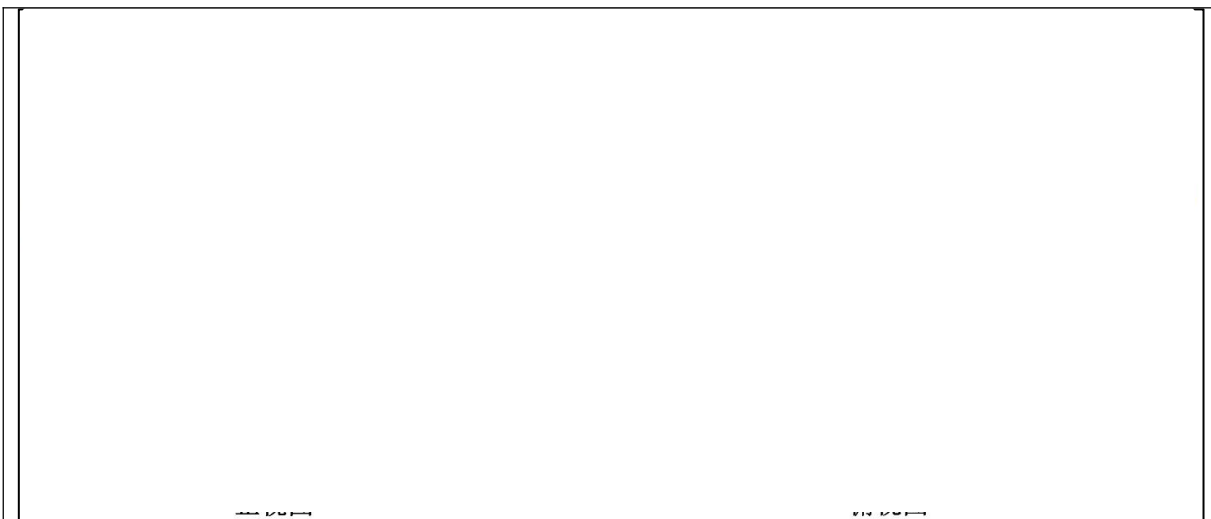


图 9-2 本项目 1#装置计算示意图

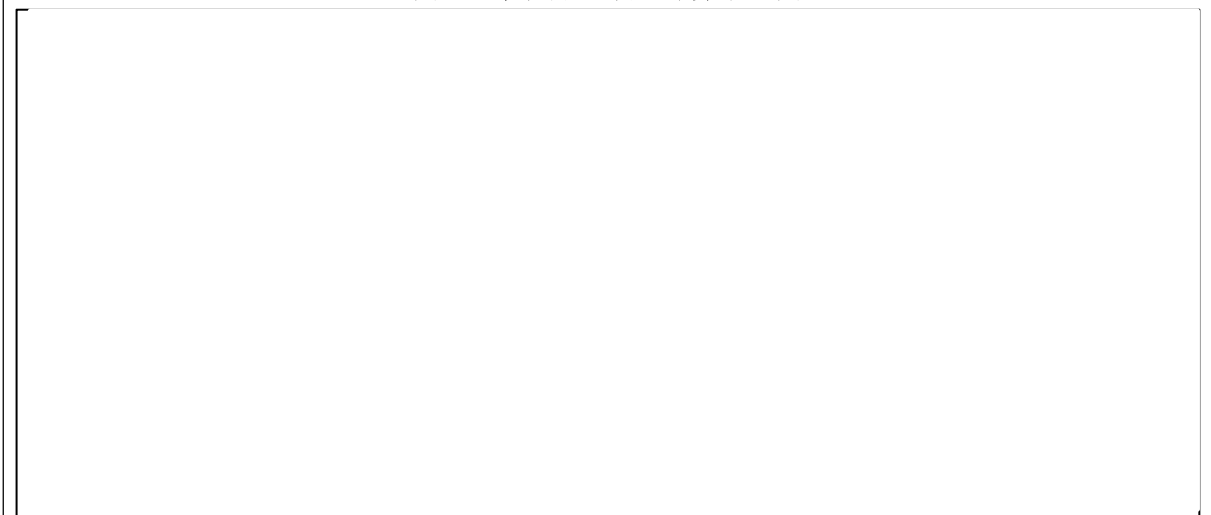


图 9-3 本项目 2#装置计算示意图

2 工业 CT 装置工作原理

2.1 X 射线发生原理

本项目 2 台工业 CT 装置核心均是 X 射线管，它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。常见典型的 X 射线管结构图见图 9-4。

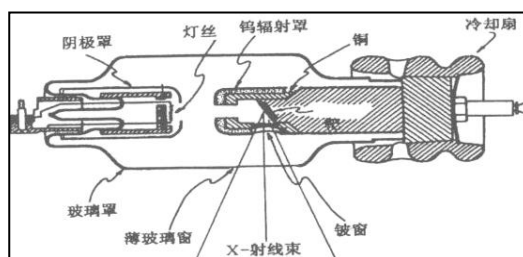


图 9-4 典型的 X 射线管结构图

2.2 工业 CT 装置检测原理

工业 CT 装置能在对检测物体无损伤条件下,以二维断层图像或三维立体图像的形式,清晰、准确、直观地展示被检测物体的内部结构、组成、材质及缺损状况,其基本原理是经过准直的 X 射线束穿过被检物时,根据各个透射方向上各体积元的衰减系数不同,探测器接收到的透射能量也不同,按照一定的图像重建算法,即可获得被检工件截面-薄层无影像重叠的断层扫描图像,重复上述过程又可获得一个新的断层图像,通过测得足够多的二维断层图像就可重建出三维图像。

3 工业 CT 装置工作流程及产污环节

本项目 2 台工业 CT 装置在工作时,辐射工作人员将被测工件放置在载物台上,关闭工件门后,由辐射工作人员在控制台处进行远距离操作调整工件至合适位置,对需检测部位进行无损检测,其工作流程如下:

(1) 开机前确认曝光室的门机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施是否有效,措施有效方可开始检测工作。

(2) 打开工件门,辐射工作人员将被测工件放置在载物台上;

(3) 关闭工件门,辐射工作人员首先在控制台处控制载物台按钮,将载物台调整到合适位置,然后开启工业 CT 装置进行检测,检测过程中会产生 X 射线及少量 O_3 、 NO_x ;

(4) 通过控制台处的显像器对被测工件的缺损状况进行辨别,出具检验报告;

(5) 关机,打开工件门,辐射工作人员取出被测工件。

本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节示意图见图 9-5。

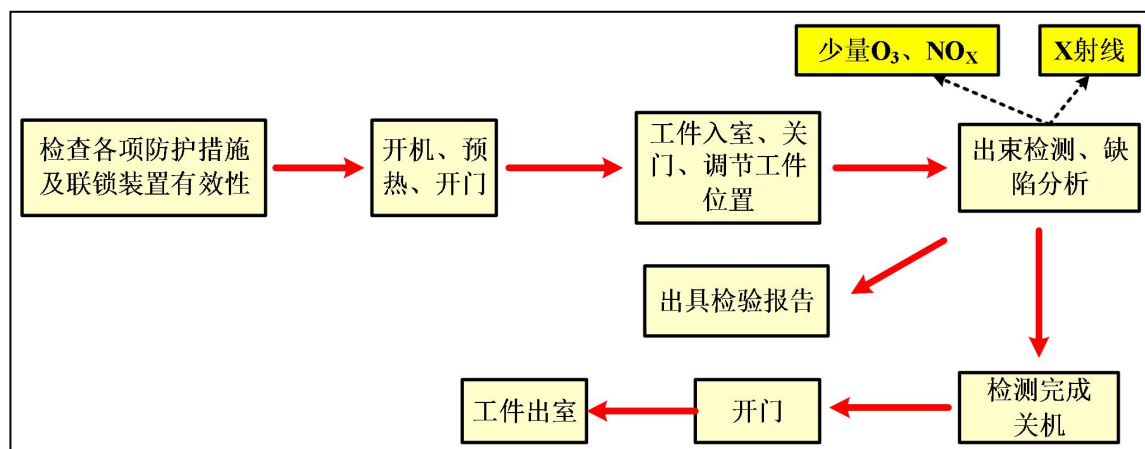


图 9-5 本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节分析示意图

4 原有工艺不足和改进情况分析

根据现场调查可知，公司已有的Ⅲ类射线装置项目工艺流程合理，在使用过程中采取的安全措施符合标准要求，不存在工艺不足情况。

5 工作人员配置及工作机制

公司现有 8 名辐射工作人员，拟为本项目每台装置调配 2 名辐射工作人员，共调配 4 名辐射工作人员专职负责本项目检测工作，拟采取一班制。每台装置周开机曝光时间不超过 10 小时，年开机曝光时间不超过 500 小时。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由工业 CT 装置的工作原理可知，X 射线是随装置的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机曝光期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目探伤期间 X 射线是主要污染物。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。根据厂家提供 X 射线管参数说明（附件 6），本项目 2 台工业 CT 装置 X 射线管的滤过条件均为“1mmAl”，X 射线管在 160kV、1mA 条件下距靶点 1m 处 X 射线剂量率为 $0.58\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{s})$ ，对应靶点在 1m 处的 X 射线输出量为 $34.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

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。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1，本项目 160kV 的 X 射线管距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

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，160kV X 射线 90°散射辐射相应的 X 射线为 150kV。详细参数见表 9-1。

表 9-1 本项目工业 CT 装置参数一览表

设备型号	Cheetah EVO 型工业 CT 装置
最大管电压	
最大管电流	
最大功率	
出束角	
滤过条件	
X 射线机的发射率常数	
泄漏辐射剂量率	
90°散射后能量	

2 非放射性污染源分析

本项目 2 台工业 CT 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。

本项目辐射工作人员在工作过程中将产生生活污水和一般生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目布局及分区合理性分析

本项目 2 台工业 CT 装置（1#、2#装置）分别建于厂区主厂房（共二层）一层、二层 X-RAY 检测间内。2 台工业 CT 装置均包括曝光室和控制台等，1#装置控制台位于 1#装置东南侧，2#装置控制台位于 2#装置西南侧，2 台装置主射线均朝顶部照射，控制台避开了 X 射线主射线方向。本项目 2 台工业 CT 装置布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室与曝光室分开设置及操作室应避开有用线束照射方向的要求，布局设计合理。

本项目拟将 2 台工业 CT 装置实体边界（均含曝光室及保养柜）作为本项目的辐射防护控制区边界（图 10-1、图 10-2 中红色方框），在装置表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将 2 台装置除外的一层、二层 X-RAY 检测间（含控制台）均作为本项目的辐射防护监督区，以 X-RAY 检测间的实体边界作为监督区边界（图 10-1、图 10-2 中蓝色方框），在监督区入口悬挂“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。本项目 2 台工业 CT 装置平面布局及分区图见图 10-1、图 10-2。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》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

图10-1 本项目1#装置平面布局及分区图

图10-2 本项目2#装置平面布局及分区图

2 辐射屏蔽设计

本项目 2 台 Cheetah EVO 型工业 CT 装置曝光室屏蔽防护设计见表 10-1，屏蔽设计见附图 5。

表 10-1 本项目工业 CT 装置曝光室屏蔽设计参数一览表

工业 CT 装置	曝光室屏蔽参数		尺寸参数 （外径）	主射线 方向
	防护材料	厚度		
Cheetah EVO 型工业 CT 装置 （1#、2#装置）	四周及底部屏蔽体			
	顶部屏蔽体			
	工件门（前侧）			
	前视窗（前侧）			
	维修门（后侧）			
	通风口防护罩（左侧）			
	电缆口防护罩（后侧）			

注：1#、2#工业CT装置型号、屏蔽设计均一致，定义1#、2#工业CT装置工件门所在面为前侧。
实际摆放时，1#装置工件门朝东南侧放置，2#装置工件门朝西南侧放置。

3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障工业 CT 装置安全运行，华进半导体封装先导技术研发中心有限公司已参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）设置相应的辐射安全装置和保护措施。

3.1 辐射防护措施

本项目 2 台工业 CT 装置（1#、2#装置）采取的辐射安全装置和保护措施如下，示意图见图 10-3。

（1）2 台装置工件门、维修门均设置门机联锁装置，只有当工件门及维修门完全关闭后才能开机检测。在检测过程中，工件门或维修门被意外打开时，射线管应能立刻停止出束。

（2）2 台装置外顶部均设置工作状态指示灯，并与 X 射线管进行联锁。工业 CT 装置工作时，指示灯开启，警告无关人员勿靠近工业 CT 装置或在装置附近做不必要的逗留。指示灯信号应持续足够长的时间，以确保工业 CT 装置周围人员安全离开，指示灯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。

（3）2 台装置工件门及维修门表面明显位置处均设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

（4）2 台装置正面明显位置处均设置 1 个急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。紧急停机按钮应当带有标签，标明使用方法。

（5）2 台装置表面明显位置处均设置钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人员方可使用，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）2 台装置正面均设置前视窗，辐射工作人员可通过前视窗监视工业 CT 装置内部情况。

（7）本项目正常运行过程中，辐射人员在装置工件门外取放工件，无需进入曝光室内，因此本项目 2 台工业 CT 装置均未在曝光室内设置工作状态指示灯、急停按钮及固定式辐射探测报警装置。

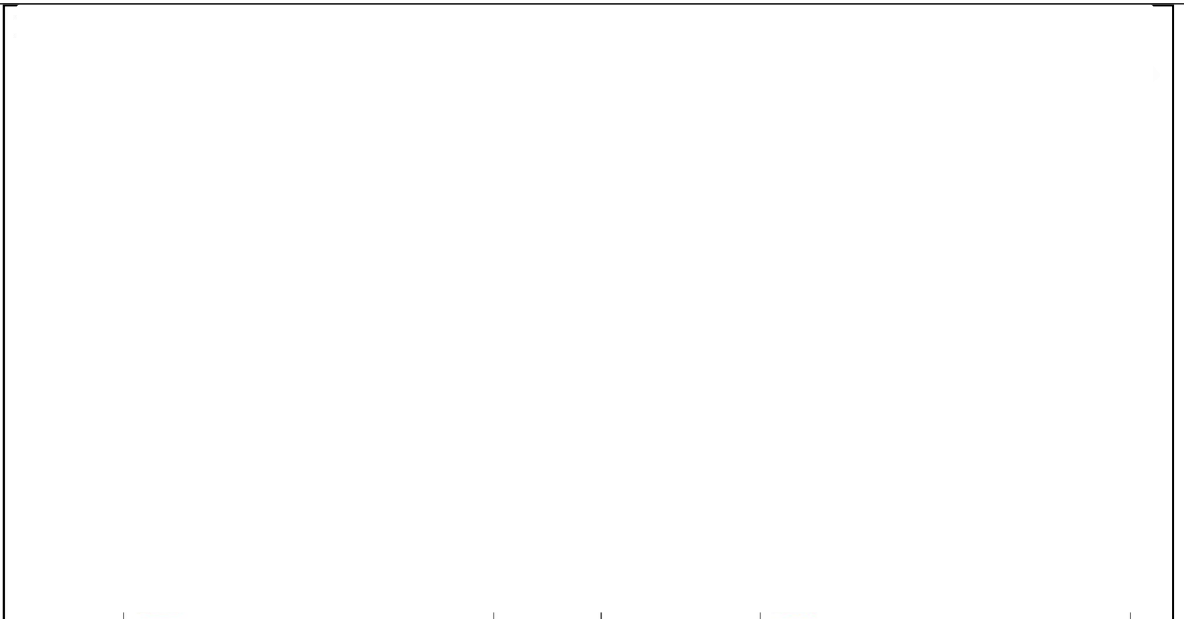


图 10-3 本项目 2 台工业 CT 装置辐射防护措施示意图

3.2 操作防护措施

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中 5.1.2 要求对 2 台工业 CT 装置进行检查, 重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常。

(2) 辐射工作人员拟定期测量 2 台工业 CT 装置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。测量值拟与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时, 拟终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

(3) 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前, 拟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, 则不开展检测工作。

(4) 公司拟对 2 台工业 CT 装置的设备维护负责, 每年至少维护一次, 设备维护由设备制造商进行, 并做好设备维护记录。维修人员进入设备曝光室内部时, 除佩戴常规个人剂量计外, 还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。

3.3 探伤设备退役措施

当 2 台工业 CT 装置不再使用时, 应实施退役程序。

(1) 2 台工业 CT 装置的 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) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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。

三废治理

本项目 2 台工业 CT 装置工作时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，2 台装置均设通风口，并配备了排风扇对曝光室内进行换气，排风扇总有效通风量为 $15\text{m}^3/\text{h}$ ，曝光室内净体积约为 4.8m^3 ，每小时能对曝光室内进行约 3.1 次有效换气；能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

本项目产生的臭氧及氮氧化物通过通风口排入 X-RAY 检测间内，依托 X-RAY 检测间内通风系统排入车间，最终通过车间排风系统排入外环境。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对本项目环境影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

采取上述措施后本项目的废物处置方式能够满足当前生态环境保护管理的要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 2 台工业 CT 装置均由曝光室和控制台等组成的一体式设备，由专业供应商直接运送安装到指定区域，不存在施工期环境影响。

运行阶段对环境的影响

辐射环境影响分析

本项目 1#、2#装置型号、参数等均一致（最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 1mA，额定功率均为 64W），仅在 X-RAY 检测间内的摆放方位不同，因此选取 1#装置满功率运行时的工况（160kV、0.4mA）进行预测，若 1#装置能够满足要求，则 2#装置也能满足要求。

1#装置运行时主射线朝顶部照射，X 射线管出束角度为 40°，主射线仅能够照射到曝光室顶部，故计算时将曝光室顶部屏蔽体按照有用线束照射进行预测计算，将东北侧（含通风口）、东南侧（含工件门、前视窗）、西南侧、西北侧（含维修门、电缆口）、底部屏蔽体均按照非有用线束照射进行预测计算。

本项目 1#工业 CT 装置的 X 射线管出束角为 40°，X 射线管无法移动，X 射线管距离装置东北侧、西南侧屏蔽体外表面为 825mm，距离装置东南侧、西北侧屏蔽体外表面为 700mm，距离顶部屏蔽体外表面为 1400mm，距离底部屏蔽体外表面为 650mm。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 1#装置计算示意图 11-1。

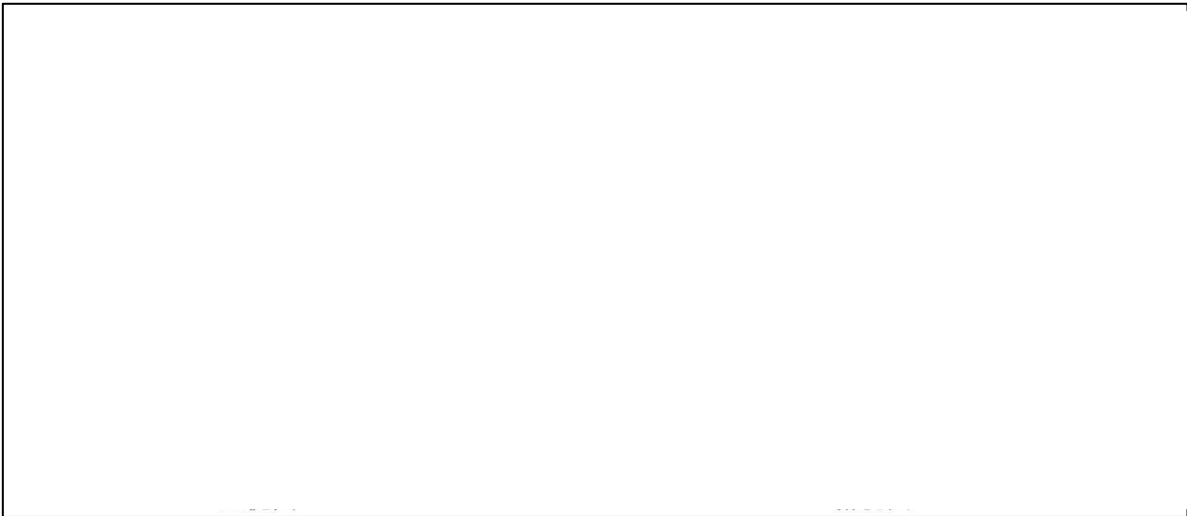


图 11-1 本项目 1#装置计算示意图

1. 理论预测公式

1.1 有用线束方向屏蔽效果预测公式

工业 X 射线探伤装置曝光室屏蔽预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

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

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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：屏蔽透射因子，因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中图 B.1 无本项目参数对应的曲线，按公式（11-2）计算得出：

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

式中：X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：屏蔽材料的什值层厚度；

1.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《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

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

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， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：屏蔽透射因子，按公式（11-2）计算得出；

② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (11-4)$$

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B ：屏蔽透射因子，按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 2 确定 90°散射辐射的射线能量，按公式（11-2）计算得出；

F ： R_0 处的辐射野面积， 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之比。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《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的附录 B 表 B.3；

R_s ：散射体至关注点的距离，m；

R_0 ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

1.3 参考点的年剂量水平估算公式

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \dots\dots\dots (11-5)$$

式中： H_c ：参考点的年剂量水平，mSv/a；

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

t ：探伤装置年照射时间，h/a；

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。

2 屏蔽计算结果

2.1 理论计算结果

表 11-1 本项目有用线束屏蔽体屏蔽效果预测表

关注点	X 设计厚度	I (mA)	$H_0^{①}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	$B^{②}$	$R^{③}$ (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
顶部屏蔽体							2.5	满足

表 11-2 本项目非有用线束屏蔽体屏蔽效果预测表

关注点		东北侧屏蔽体/通风口 (左侧)	东南侧屏蔽体/工件门 (前侧)	西南侧屏蔽体 (右侧)	西北侧屏蔽体/维修门/ 电缆口 (后侧)	底部屏蔽体	前视窗 (前侧)
X 设计厚度							
泄漏辐射	TVL(mm)						
	$B^{\textcircled{1}}$						
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$						
	$R^{\textcircled{2}}$ (m)						
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$						
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值						
	TVL(mm)						
	$B^{\textcircled{1}}$						
	I (mA)						
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)						
	F (m^2)						
	α						
	R_0 (m)						
	$R_s^{\textcircled{2}}$ (m)						
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$						
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)							
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

从表 11-1 及表 11-2 中预测结果可知, 本项目 1#装置满功率运行时, 曝光室四周、顶部、底部屏蔽体及防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 $0.544\mu\text{Sv/h}$, 能够满足《工

业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。由于 1#、2#装置型号、参数等均一致，可推断 2#装置也能满足相关标准要求。2#装置各关注点处辐射剂量率见表 11-3。

表 11-3 2#装置关注点处屏蔽效果预测表

关注点	东北侧屏蔽体/维修门/电缆口（后侧）	东南侧屏蔽体/通风口（左侧）	西南侧屏蔽体/工件门（前侧）	西北侧屏蔽体（右侧）	顶部屏蔽体	底部屏蔽体	前视窗（前侧）
辐射剂量率(μSv/h)							

2.2 天空反散射影响分析

本项目 1#、2#装置满功率运行时，顶部屏蔽体上方 30cm 处的最大辐射剂量率均为 0.544μSv/h，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，叠加装置曝光室四周屏蔽体外最大辐射剂量率 0.128μSv/h 后，关注点总剂量率均约为 0.672μSv/h，能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

2.3 通风口、电缆口及工件门缝隙辐射防护评价

本项目 2 台工业 CT 装置通风口、电缆口处均设置 5.2mmPb+4mmFe 防护罩，由表 11-2、表 11-3 计算结果可知，2 台装置在满功率条件下运行时，通风口外 30cm 处辐射剂量率最大为 0.064μSv/h，电缆口外 30cm 处辐射剂量率为 0.080μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

本项目 X 射线经过防护罩后至少会经过 3 次散射到达通风口及电缆口处，X 射线至少经过 3 次散射才能到达防护罩外，根据《辐射防护导论》第 189 页“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”，可推断通风口处、电缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风口及电缆口处防护罩射线散射示意图如图 11-2、图 11-3。



图 11-2 通风口防护罩散射示意图

图 11-3 电缆口防护罩散射示意图

本项目 2 台工业 CT 装置工件门、维修门与屏蔽体之间的缝隙宽度均为 2mm，工件门、维修门与屏蔽体重叠部分不小于防护门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

2.4 有效剂量估算

本项目辐射工作人员为射线装置操作人员，公众主要为 2 台工业 CT 装置曝光室 50m 范围内的其他人员。1#装置楼上二次公众年有效剂量拟按照 1#装置顶部表面 30cm 处辐射剂量率取值计算，根据剂量率与距离的平方成反比公式（11-9）可得到楼上二层关注点处的辐射剂量率。

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \dots\dots\dots (11-6)$$

式中：H₁—距射线源点 R₁ 处的剂量率，μSv/h；

H₂—距射线源 R₂ 处的剂量率，μSv/h；

R₁—装置各屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；

R₂—监督区外各计算点位距射线源的距离，m。

表 11-4 本项目 X 射线实时成像检测装置周围人员关注点位辐射剂量率

关注点	H ₁ (μSv/h)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	H ₂ (μSv/h)
1#装置楼上二层 地面 1m 处				
2#装置楼下一层 地面 1m 处				

根据表 11-3 结果代入公式 (11-5)，以装置周围各关注点处辐射剂量率值进行周剂量估算及年剂量估算，结果见表 11-5 及表 11-6。

表 11-5 本项目 2 台工业 CT 装置周围人员周受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用 因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μSv/h)	周工作时 间 (h)	周剂量估算 值(μSv/周)	剂量约束值 (μSv/周)	评价
1	1#装置东南侧						100 (职业人员)	满足
2	2#装置西南侧							满足
3	1#装置监督区 东北侧						5 (公众)	满足
4	1#装置监督区 东南侧							满足
5	1#装置监督区 西南侧							满足
6	1#装置监督区 西北侧							满足
7	1#装置监督区 楼上二层							满足
8	2#装置监督区 东北侧							满足
9	2#装置监督区 东南侧							满足
10	2#装置监督区 西南侧							满足
11	2#装置监督区 西北侧							满足
12	2#装置监督区 楼下一层							满足

从表 11-5 中预测结果可以看出，本项目 2 台工业 CT 装置周围辐射工作人员周有效剂量最大值为 1.280μSv，周围公众成员周有效剂量最大为 0.800μSv，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和本项目管理目标中关注点的周围剂量当量参考控制水平要求：职业人员周有效剂量不超过 100μSv，公众周有效剂量不超过 5μSv。

表 11-6 本项目 2 台工业 CT 装置周围人员年受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用 因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μSv/h)	年工作时 间 (h)	年剂量估算 值(mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	评价
----	-----	------------	-----------	-----------------	---------------	-------------------	------------------	----

1	1#装置东南侧						5 (职业人员)	满足
2	2#装置西南侧							满足
3	1#装置监督区 东北侧						0.1 (公众)	满足
4	1#装置监督区 东南侧							满足
5	1#装置监督区 西南侧							满足
6	1#装置监督区 西北侧							满足
7	1#装置监督区 楼上二层							满足
8	2#装置监督区 东北侧							满足
9	2#装置监督区 东南侧							满足
10	2#装置监督区 西南侧							满足
11	2#装置监督区 西北侧							满足
12	2#装置监督区 楼下一层							满足

从表 11-6 中预测结果可以看出，本项目 2 台工业 CT 装置周围辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.064mSv，周围公众成员年有效剂量最大为 0.040mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

2.5 叠加辐射影响

本项目 2 台工业 CT 装置位于不同楼层，2 台装置之间距离约为 36m，2 台装置相互之间辐射影响很小，经过距离衰减后可湮没在本底辐射中，因此本项目不考虑 2 台装置间的叠加影响。

3 三废治理评价

本项目 2 台工业 CT 装置工作时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，2 台装置均设通风口，并配备排风扇对曝光室内进行换气，每小时能对曝光室内进行约 3.1 次有效换气；能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

本项目产生的臭氧及氮氧化物通过通风口排入 X-RAY 检测间内，依托 X-RAY 检

测间内通风系统排入车间，最终通过车间排风系统排入外环境。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对本项目环境影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

采取上述措施后本项目的废物处置方式能够满足当前生态环境保护管理的要求。

事故影响分析

1 潜在事故分析

本项目 2 台工业 CT 装置只有在开机曝光时才产生 X 射线，因此 X 射线探伤事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）由于安全联锁装置失灵，导致工件门或维修门未完全关闭时开机工作，人员受到误照射；在检测过程中，工件门或维修门被意外打开，导致人员受到误照射。

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

（3）由于工件碰撞造成工业 CT 装置工件门破损，导致工件门外产生漏射线。

2 辐射事故预防措施

华进半导体封装先导技术研发中心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操作，并在实际工作中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，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

（1）企业内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

（2）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次在开启工业 CT 装置前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障的情况下开机检测。

（3）辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应尽快采取应对措施。

3 辐射事故处置方法

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，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 2 台工业 CT 装置均属于Ⅱ类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。在发生事故后：

（1）辐射工作人员或操作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

（2）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（3）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应当立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，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。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目开展工业 X 射线探伤使用的设备为工业 CT 装置，属Ⅱ类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。辐射工作人员均应通过生态环境部组织的“X 射线探伤”类、辐射防护负责人应通过生态环境部组织的“辐射安全管理”类考核，通过考核后方可上岗。

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司现有 8 名辐射工作人员，其中 1 名辐射工作人员通过生态环境部培训平台线上考核，另外 7 名辐射工作人员根据《生态环境部关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部办公厅，2021 年 3 月 12 日印发）要求参加并通过了无锡乐安环境监测技术有限公司组织的培训。公司拟调配 4 名辐射工作人员专职负责本项目检测工作，其中 1 人兼职辐射防护负责人，拟调配的辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。

辐射安全管理规章制度

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求制定了一系列辐射安全管理制度，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、监测方案、台账登记制度、事故应急制度等。

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，基本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。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。

公司还应针对本项目对已有辐射安全管理制度进行补充和完善，使其在实际工作中具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

探伤操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求，明确 2 台工业 CT 装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 2 台工业 CT 装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

岗位职责：明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关

的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 2 台工业 CT 装置的运行和维修时辐射安全管理。

设备检修维护制度：明确 2 台工业 CT 装置及辐射监测设备维修计划、维修的记录和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 2 台工业 CT 装置与剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

人员培训计划和健康管理制：制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。辐射工作人员应在上岗前进行健康检查，开展辐射安全知识培训。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告，2019 年第 57 号），新从事辐射活动的人员须通过生态环境部组织的考核后方可上岗。还应组织新进辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

监测方案：制定辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，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部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，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。

台账管理制度：对 2 台工业 CT 装置使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，并对工业 CT 装置使用进行严格管理。

事故应急预案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

辐射监测

本项目 2 台工业 CT 装置属Ⅱ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目须配置至少 1 台便携式 X-γ剂量率仪，以满足射线装置日常运行时，对 2 台工业 CT 装置周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

公司现已配备 7 台个人剂量报警仪，本项目拟沿用已有的 4 台个人剂量报警仪，并新增 1 台环境辐射剂量巡测仪，能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

公司现有辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累积剂量，并每三个月送常州环宇信科环境检测有限公司进行个人剂量监测，根据公司 2024 年~2025 年 4 个季度辐射工作人员个人剂量监测报告可知（附件 7），辐射工作人员个人剂量检测结果均未见异常；公司已每两年组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。根据放射工作人员职业健康检查表可知（报告编号：职检字第 42507180002 号、职检字第 42507180003 号、职检字第 42507180006 号、职检字第 42507180007 号、职检字第 42507180008 号、职检字第 42507180009 号、职检字第 42507220002 号、职检字第 42507220004 号），公司辐射工作人员均未发现因放射性因素导致的健康损害，均可继续从事原放射工作。

公司现有核技术利用项目已委托江苏宁大卫防检测技术有限公司开展年度环保检测（附件 8），根据检测结果可知，公司射线装置监测结果均满足相关标准的要求。

公司已于每年 1 月 31 日前上报上一年度辐射安全年度评估报告。

本项目运行后，公司拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在进行检测作业时，公司拟定期对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（1 个月/次，最长不超过 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。

本项目辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
2 台工业 CT 装置	周围剂量当量	竣工验收监测，委托有资质的单位进行	1 次	①2 台工业 CT 装置四周屏蔽体外 30cm 处、工件门、维修门外 30cm 处及门缝隙处、通风口、电缆口外； ②辐射工作人员操作位处； ③周围环境保护目标处；
		场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	每 3 个月/次	

辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的单位进行	每 3 个月/次	/
--------	--------	------------	----------	---

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全管理的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，华进半导体封装先导技术研发中心有限公司拟针对项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案，应急预案内容应包括：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司已依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定了辐射事故应急预案，明确建立了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。公司还应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司二厂区位于无锡市新吴区景贤路 2 号，公司东北侧为运河西路，东南侧为景贤路，西南侧为园区道路及无锡盛景微电子股份有限公司，西北侧为河道。

本项目 2 台工业 CT 装置分别建于厂区主厂房（共二层）一层、二层 X-RAY 检测间内。1#装置所在 X-RAY 检测间东北侧依次为键合区、车间内过道、晶圆回流区及湿法区，东南侧依次为楼梯间、车间内过道、展示区、大堂、电梯间、报告厅、设备间、厂区道路及景贤路，西南侧依次为厂区道路、园区道路及无锡盛景微电子股份有限公司，西北侧依次为光罩间、键合区、灰区、薄膜刻蚀区、物料房、包装区、维修房、气瓶间、设备通道及车间内过道，楼上二层为空调机房，楼下无建筑；2#装置所在 X-RAY 检测间东北侧依次为维修间、治具房、物料房、清洗房、产线会议室、二期生产车间、楼梯间、MAU 机房，东南侧依次为车间内过道及二期生产车间，西南侧依次为车间内过道、风淋室、空调机房、楼梯间、卫生间、厂区道路、园区道路及无锡盛景微电子股份有限公司，西北侧依次为车间内过道、二期生产车间、成品库、光刻板库、备品备件库、原材料仓库及厂区道路，楼下一层为薄膜刻蚀区，楼上无建筑。

本项目 2 台工业 CT 装置周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 2 台装置建址周围评价范围内的公众。

1.2 产业政策符合性及实践正当性评价

本项目利用工业 CT 装置对公司晶圆、SIP 类产品进行无损检测工作，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修订，国家发展和改革委员会令第 7 号）的相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类，故本项目符合国家现行产业政策。

本项目的建设将满足企业的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，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。

1.3 项目分区及布局

本项目拟将2台工业CT装置实体边界（含曝光室及保养柜）作为本项目的辐射防护控制区边界，在装置表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将2台装置除外的一层、二层X-RAY检测间（含控制台）均作为本项目的辐射防护监督区，以X-RAY检测间的实体边界作为监督区边界，在监督区入口悬挂“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。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》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

1.4 辐射安全措施

本项目2台工业CT装置型号一致，其采取的辐射安全装置和保护措施如下：本项目工业CT装置工件门、维修门均设置门机联锁装置；装置外顶部设置工作状态指示灯，并与X射线管进行联锁；工件门、维修门表面明显位置处均设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；装置正面明显位置处设置1个急停按钮；装置表面明显位置处设置钥匙开关；装置正面设置前视窗。

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。

1.5 辐射安全管理

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司现有8名辐射工作人员，其中1名辐射工作人员通过生态环境部培训平台线上考核，另外7名辐射工作人员根据《生态环境部关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部办公厅，2021年3月12日印发）要求参加并通过了无锡乐安环境监测技术有限公司组织的培训。公司拟调配4名辐射工作人员专职负责本项目检测工作，其中1人兼职辐射防护负责人，拟调配的辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。公司拟对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。在落实以上辐射安全措施后，本项目辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

根据理论预测结果，本项目2台工业CT装置满功率运行时曝光室各侧屏蔽体外30cm处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的剂量率限值要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目投入运行后辐射工作人员和周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过100 μ Sv，公众周有效剂量不超过5 μ Sv；职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv。

2.3 三废处理处置

本项目2台工业CT装置工作时产生的X射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧及氮氧化物通过通风口排入X-RAY检测间内，依托X-RAY检测间内通风系统排入车间，最终通过车间排风系统排入外环境。本项目2台装置均设通风口，每小时能对曝光室内进行约3.1次有效换气，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于3次的要求。臭氧常温下50min左右可自行分解为氧气，对本项目环境影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，华进半导体封装先导技术研发中心有限公司新建2台工业CT装置项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该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，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

建议和承诺

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) 建设单位在该工程竣工后, 应根据《建设项目环境保护管理条例》及《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定由建设单位在环境保护设施竣工之日起 3 个月内进行自主验收。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司拟成立辐射安全管理机构,并以文件形式明确辐射防护负责人	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求,使用II类射线装置的单位,应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求	/
辐射安全防护措施		工业CT装置周围的辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“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”要求及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中“关注点最高剂量率参考控制水平2.5μSv/h”的要求	199
	本项目2台工业CT装置型号一致,其采取的辐射安全装置和保护措施如下:本项目工业CT装置工件门、维修门均设置门机联锁装置;装置外顶部设置工作状态指示灯,并与X射线管进行联锁;工件门、维修门表面明显位置处均设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明;装置正面明显位置处设置1个急停按钮;装置表面明显位置处设置钥匙开关;装置正面设置前视窗。	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中的相关要求	
人员配备	公司现有8名辐射工作人员,其中1名辐射工作人员通过生态环境部培训平台线上考核,另外7名辐射工作人员根据《生态环境部关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部办公厅,2021年3月12日印发)要求参加并通过了无锡乐安环境监测技术有限公司组织的培训。公司拟调配4名辐射工作人员专职负责本项目检测工作,其中1人兼职辐射防护负责人,拟调配的辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。	满足《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》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求	定期投入
	公司拟委托有资质的单位对4名辐射工作人员开展个人剂量检测(1个月/次,最长不超过3个月/次),并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案		

	公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）组织 4 名辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案		
监测仪器和防护用品	公司已配备 7 台个人剂量报警仪，本项目拟沿用已有的 4 台个人剂量报警仪，并新增 1 台环境辐射剂量巡测仪	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求	1
辐射安全管理制度	公司已根据相关标准要求，制定了一系列辐射安全管理制度，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、监测方案、射线装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案	/

以上措施必须在项目运行前落实。

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

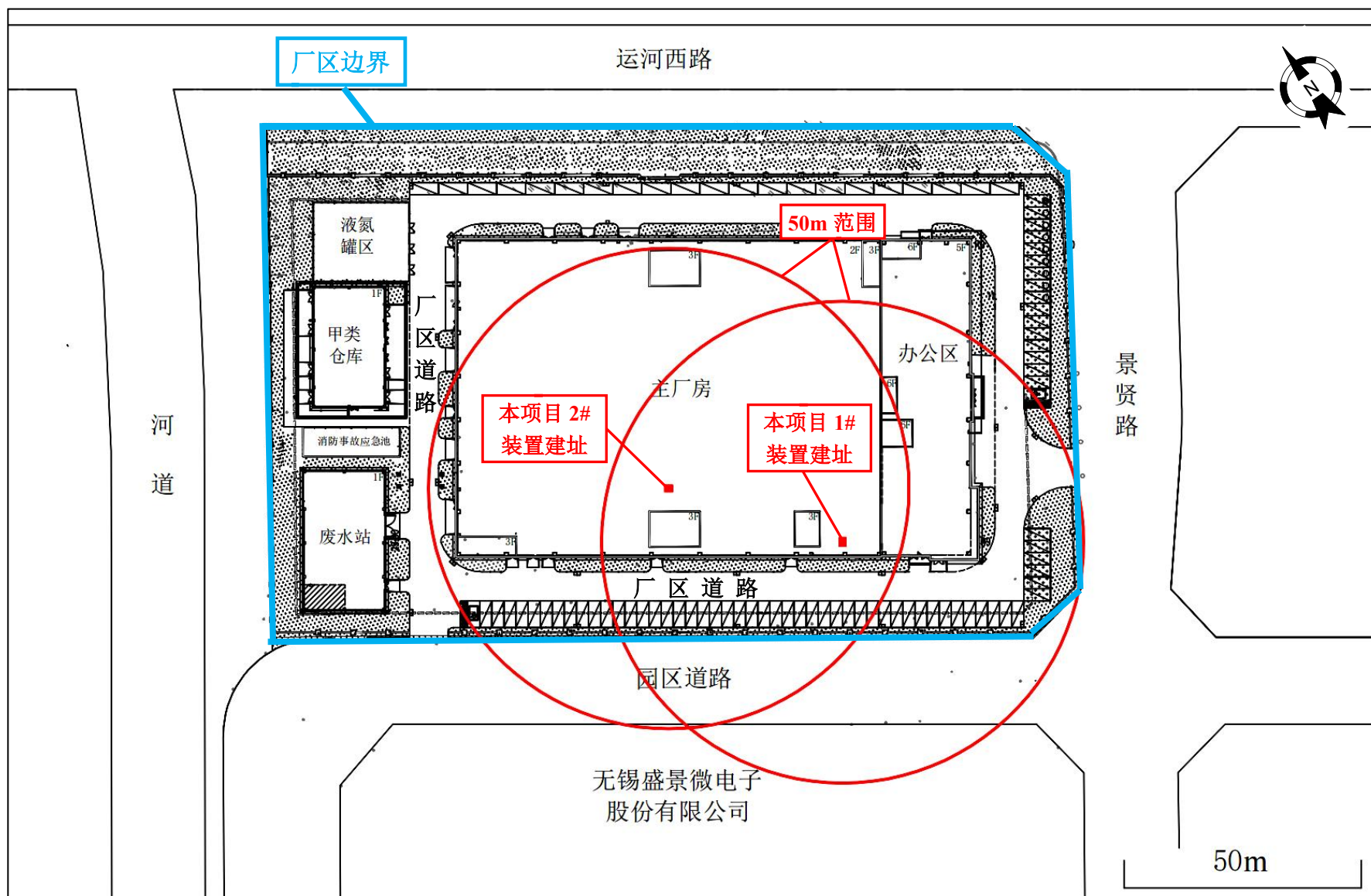
经办人

公 章

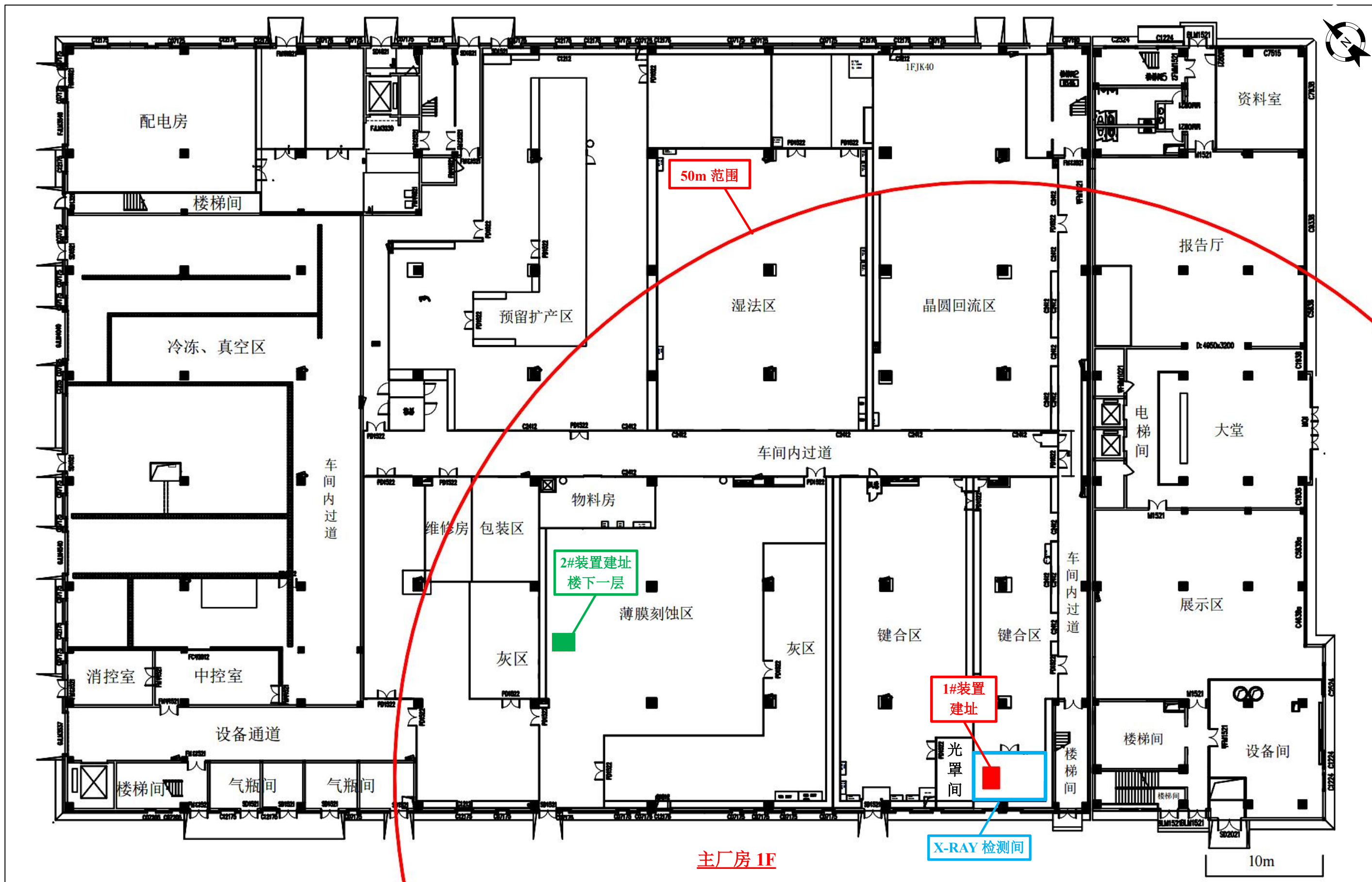
年 月 日



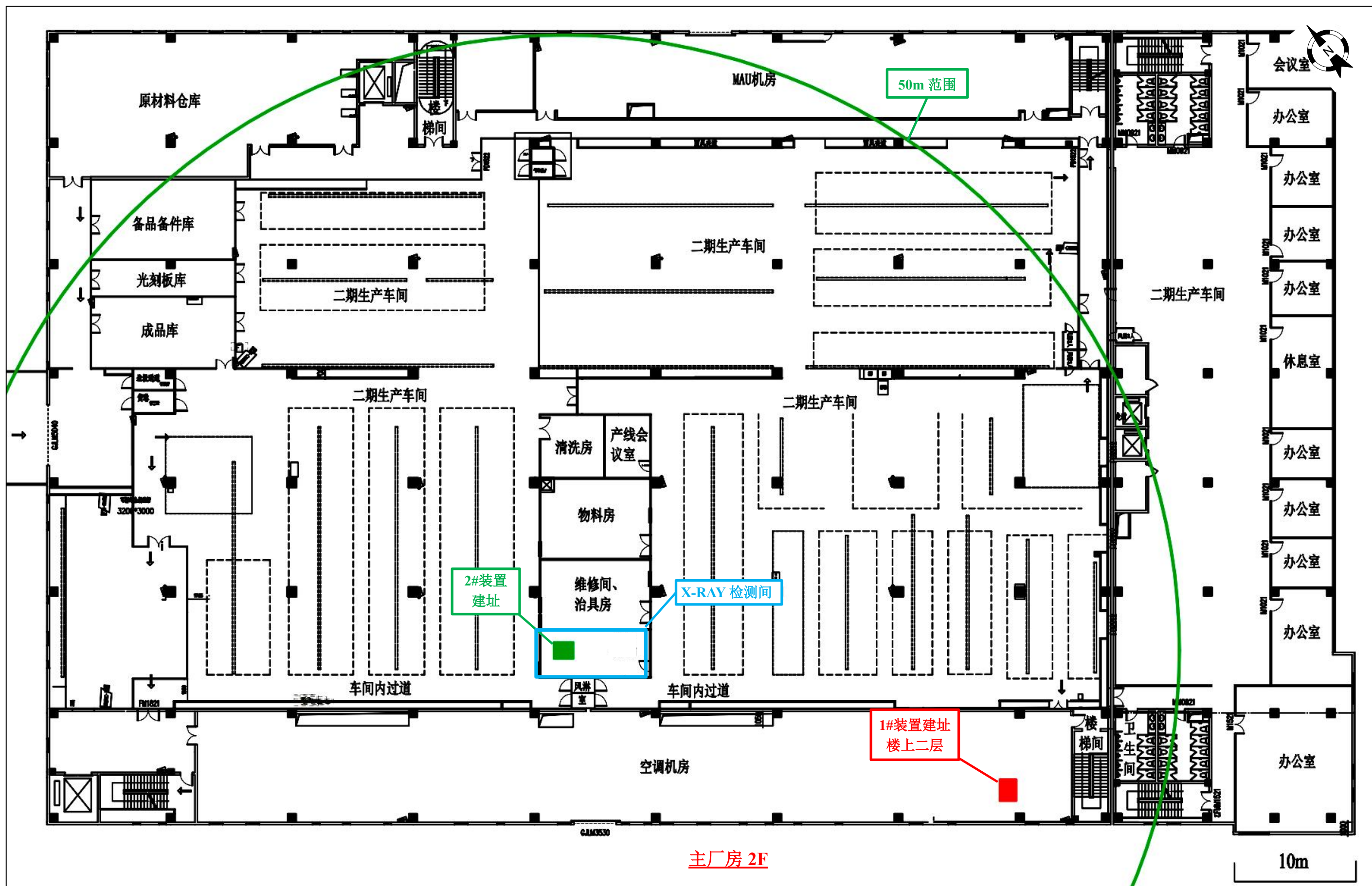
附图 1 华进半导体封装先导技术研发中心有限公司厂区地理位置图



附图 2 华进半导体封装先导技术研发中心有限公司二厂区平面图



附图 3 华进半导体封装先导技术研发中心有限公司二厂区主厂房一层平面布局



附图 4 华进半导体封装先导技术研发中心有限公司二厂区主厂房二层平面布局