

编号：25DLFSHP023

核技术利用建设项目
华为终端有限公司
核技术利用改扩建项目
环境影响报告表

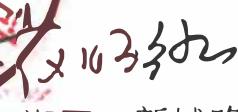
(送审稿)



环境保护部监制

核技术利用建设项目
华为终端有限公司
核技术利用改扩建项目
环境影响报告表

建设单位名称：

建设单位法人代表（签名或签章）： 

通讯地址： 广东省东莞市松山湖园区新城路 2 号

邮政编码： 523808 联系人： 徐惠玲

电子邮箱：

联系电话：

打印编号：1760338053000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	4r620g		
建设项目名称	华为终端有限公司核技术利用改扩建项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	华为终端有限公司		
统一社会信用代码	914419000585344943		
法定代表人（签章）	赵明路 198200316113302		
主要负责人（签字）	张金辉 张金辉		
直接负责的主管人员（签字）	徐惠玲 徐惠玲		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	广东智环创新环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91440101MA59CHG40J		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
陆小茜	20220503544000000023	BH004232	陆小茜
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘早浪	项目基本情况、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH045983	刘早浪

环评项目编制主持人职业资格证书



目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	22
表 3 非密封放射性物质.....	22
表 4 射线装置.....	22
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	24
表 6 评价依据	25
表 7 保护目标与评价标准.....	27
表 8 环境质量现状.....	34
表 9 项目工程分析与源项.....	54
表 10 辐射安全与防护	73
表 11 环境影响分析	99
表 12 辐射安全管理	142
表 13 结论与建议	147
表 14 审批	150
附件 1 项目委托书.....	151
附件 2 营业执照	152
附件 3 场地情况说明	154
附件 4 辐射安全许可证	158
附件 5 核技术利用辐射安全与防护考核证书.....	171
附件 6 个人剂量检测报告	181
附件 7 检测报告	186
附件 8 终端可靠性与失效分析部辐射安全防护管理制度	198
附件 9 终端可靠性与失效分析部辐射事故应急处理预案	206
附件 10 源项参数说明	214

表 1 项目基本情况

建设项目名称	华为终端有限公司核技术利用改扩建项目					
建设单位	华为终端有限公司					
法人代表	赵明路	联系人	徐惠玲	联系电话	[REDACTED]	
注册地址	广东省东莞市松山湖园区新城路 2 号					
项目地点	广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区桃园路 3 号团泊洼 B 区，B5 栋 3 层无损分析室和 B3 栋 1 层 LED 器件实验室及环湖路华为溪流背坡村 D 区，D6 栋负二层 D8-B2-A55 实验室（企业将华为溪流背坡村整个区域的地下建筑命名为 D8）					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资(万元)	2000	项目环保投资(万元)	50	投资比例(环保投资、总投资)	2.5%	
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	/	
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	/			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
		<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			
1.1 建设单位概况及项目建设概述						
1.1.1 单位概况						
华为是全球领先的 ICT (信息与通信) 基础设施和智能终端提供商，致力于把数字世界带入每个人、每个家庭、每个组织，构建万物互联的智能世界。华为在通信网络、IT、						

智能终端和云服务等领域为客户提供有竞争力、安全可信赖的产品、解决方案与服务，与生态伙伴开放合作，持续为客户创造价值，释放个人潜能，丰富家庭生活，激发组织创新。华为坚持围绕客户需求持续创新，加大基础研究投入，厚积薄发，推动世界进步。华为终端业务作为全场景智慧生活领导者，其产品全面覆盖手机、个人电脑和平板电脑、可穿戴设备、移动宽带终端、家庭终端和消费者云等。基于华为三十多年通讯行业的深厚沉淀，凭借自身的全球化网络优势、全球化运营能力和全球化合作伙伴，华为终端业务致力于将最新的科技带给消费者，让世界各地更多的人享受到技术进步的喜悦，以行践言，实现梦想。华为终端有限公司与华为技术有限公司属于关联关系，建设单位对该情况进行了说明见附件3。

华为终端有限公司本期拟改建3台工业CT使用场所，同时再新建使用1台工业CT，共申报改扩建4台设备。建设单位营业执照见附件2。本期建设项目为核技术利用改扩建项目，建设项目地点位于广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区桃园路3号团泊洼B区，具体位置是B5栋3层无损分析室、B3栋1层LED器件实验室及环湖路华为溪流背坡村D区，D6栋负二层D8-B2-A55实验室（企业将华为溪流背坡村整个区域的地下建筑命名为D8），本项目建设项目地理位置详见图1-1。



图1-1 建设项目地理位置图

1.1.2 建设项目规模

为满足业务发展需要，支持公司产品研发与检测的需求，建设单位将原位于华为溪流背坡村D区D1-1-B25R实验室的Xradia510Versa CT型设备及D区D1B栋负二层拆机室的

YXLON FF35 CT 型设备迁至团泊洼 B 区 B5 栋 3 层无损分析室，继续用于器件内部结构分析与重构、Banding 与金线缺陷分析、PCB 走线断裂/VIA 开裂/焊点虚焊或开裂及短路等问题分析，以及 TP 粘胶、整机结构件组装与尺寸分析；同时将原位于团泊洼 D 区 D7 栋一层 CT 室的 TESCAN UniTOM xL CT 型设备迁至团泊洼 B3 栋 1 层 LED 器件实验室，继续用于弯折样机转轴失效分析、膜材叠层失效分析、显示黑斑处结构分析及结构零件装配间隙分析；为实现在跌落/冲击等高速动态场景下对终端电子产品整机的无损观测，建设单位新增一台基于 X 射线强穿透成像能力、适用于平面与螺旋 CT 等特殊检测需求的 UNC225 CT 型设备，可对产品内部结构及组件进行实时动态观测。

本期建设单位核技术利用建设项目属于核技术利用改扩建项目，其中 3 台 II 类射线装置是属于搬迁设备，1 台 II 类射线装置为新购置设备，设备具体参数见表 1-1。

表 1-1 本项目 X 射线装置参数表

装置名称 型号	厂家	类别	数量	最大管电压、 最大管电流	原地址	使用地址	性质	备注
Xradia510Versa CT 型 X 射线 检测系统	德国 ZEISS	II 类	1 台	160kV、 0.4mA	华为溪流背坡 村 D1-1-B25R 实验室	团泊洼 B 区 B5 栋 3 层无损分析 室		
YXLON FF35 CT 型 X 射线 检测系统	德国 YXLON	II 类	1 台	微米焦点： 225kV、3mA 纳米焦点： 190kV、1mA	华为溪流背坡 村 D 区 D1B 栋 负二层拆机室	团泊洼 B 区 B5 栋 3 层无损分析 室	搬 迁	自 带 屏 蔽
TESCAN UniTOM xL CT 型 X 射线 检测系统	捷克 TESCAN	II 类	1 台	230kV、3mA	团泊洼 D 区 D7 栋一层 CT 室	团泊洼 B 区 B3 栋 1 层 LED 器 件实验室		
UNC225 CT 型 X 射线检测系 统	中国 日联科技	II 类	1 台	225kV、3mA (双球管，球 管参数一致)	/	华为溪流背坡村 D 区 D8-B2-A55 实验室	新 购	

1.1.3 项目目的和任务

2025 年 7 月，建设单位委托广东智环创新环境科技有限公司对其核技术利用建设项目进行环境影响评价，委托书见附件 1。

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）的分类办法，本评价项目中的 4 台 CT 型 X 射线检测系统均属 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 版）》（生态环境部第 16 号）中规定，本项目属于“五十五、核与辐射 172 核技术利用建设项目”类别中“使用 II 类射线装置的”的项目，该项目评价应编制环境影响报告表。

1.2 项目周边环境概述以及选址合理性分析

建设项目地点位于广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区桃园路 3 号团泊洼 B 区和环湖路华为溪流背坡村 D 区。具体分布如下：1 台 Xradia510Versa CT 型 X 射线检测系统和 1 台 YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统位于 B5 栋 3 层无损分析室，1 台 TESCAN UniTOM xL CT 型 X 射线检测系统位于 B3 栋 1 层 LED 器件实验室，1 台 UNC225 CT 型 X 射线检测系统位于溪流背坡村 D 区 D8-B2-A55 实验室。

无损分析室位于团泊洼 B 区 B5 栋 3 层。B5 栋位于团泊洼 B 区的西南角，周围环境分布见图 1-2a。大楼内设备屏蔽体周围环境分布图见图 1-2b。无损分析室西北侧为微纳结构分析室，东北侧为化学品实验室，东南为材料分析 1 区，西南侧为光学、电性分析区，正上方为天台，正下方目前空置且

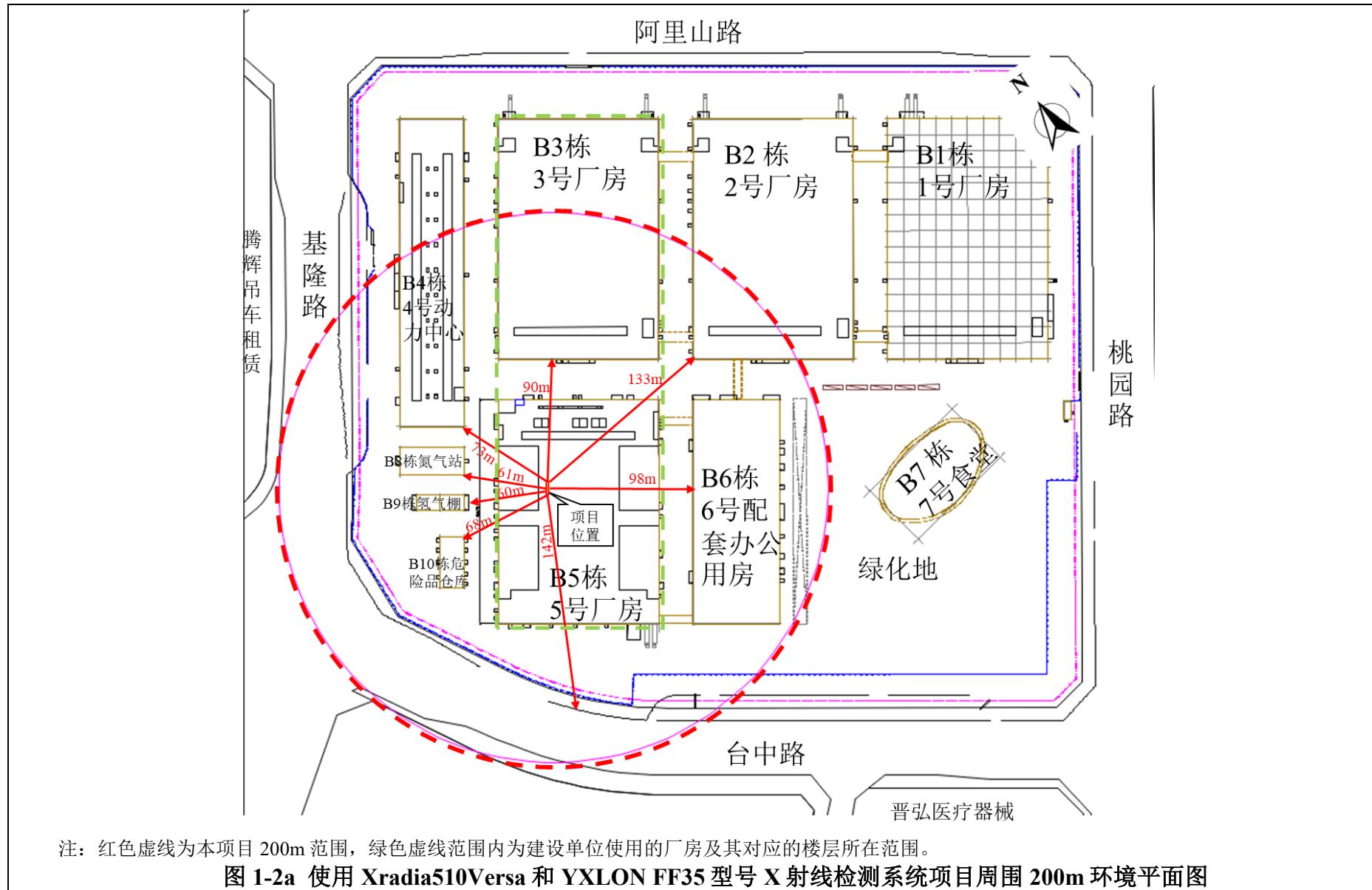
临近园区道路。无损分析室所在楼层以及下一层平面布局图分别见图 1-2c~1-2e。

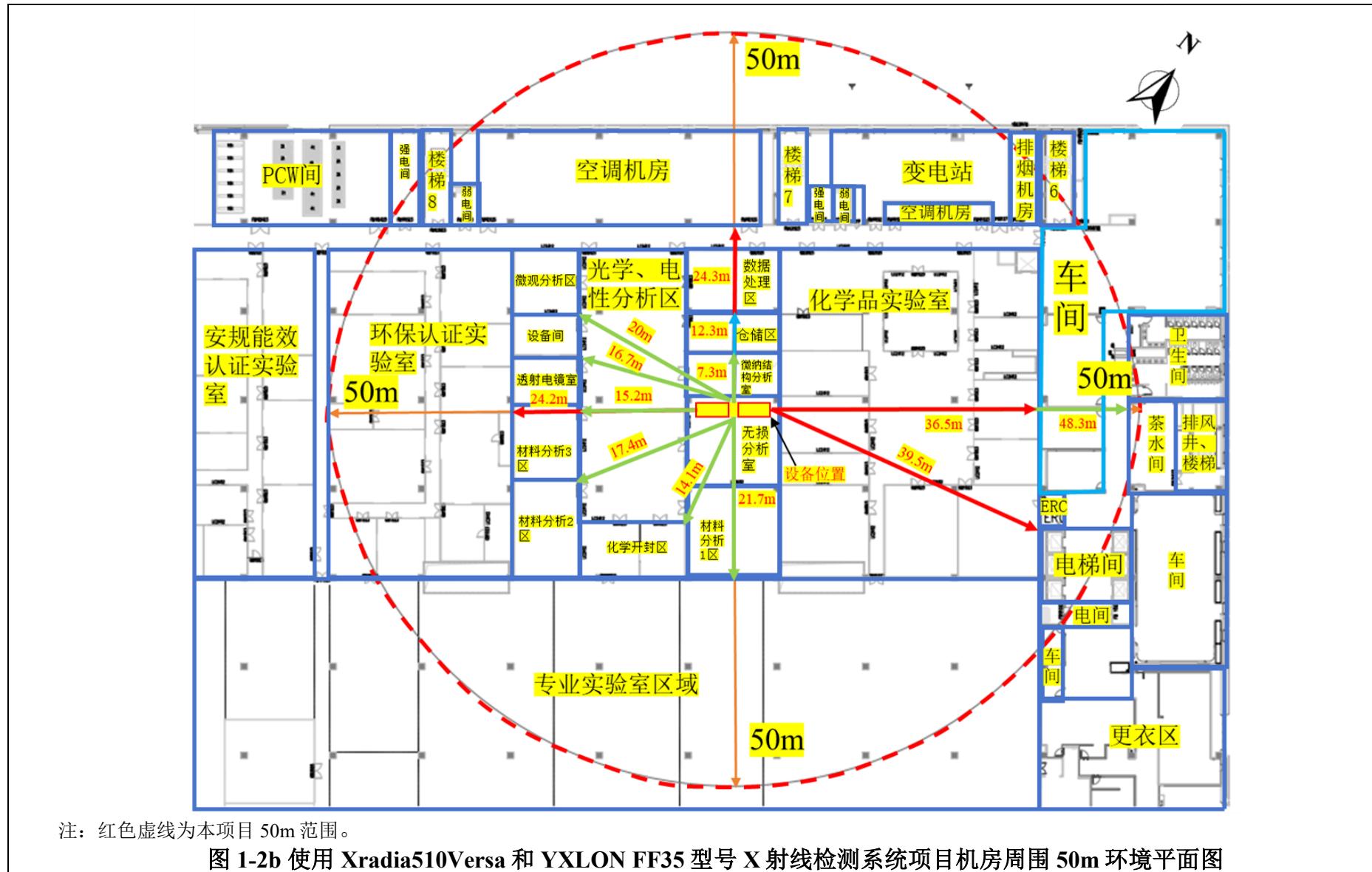
LED 器件实验室位于团泊洼 B 区 B3 栋 1 层。B3 栋位于团泊洼 B 区的西北角，周围环境分布见图 1-3a。大楼内设备屏蔽体周围环境分布图见图 1-3b。LED 器件实验室西北侧紧邻回风夹道，东北侧和东南侧均为过道，西南侧为白光实验室，正上方目前空置，正下方无其他建筑。LED 器件实验室所在楼层以及上一层平面布局图分别见图 1-3c、图 1-3d。

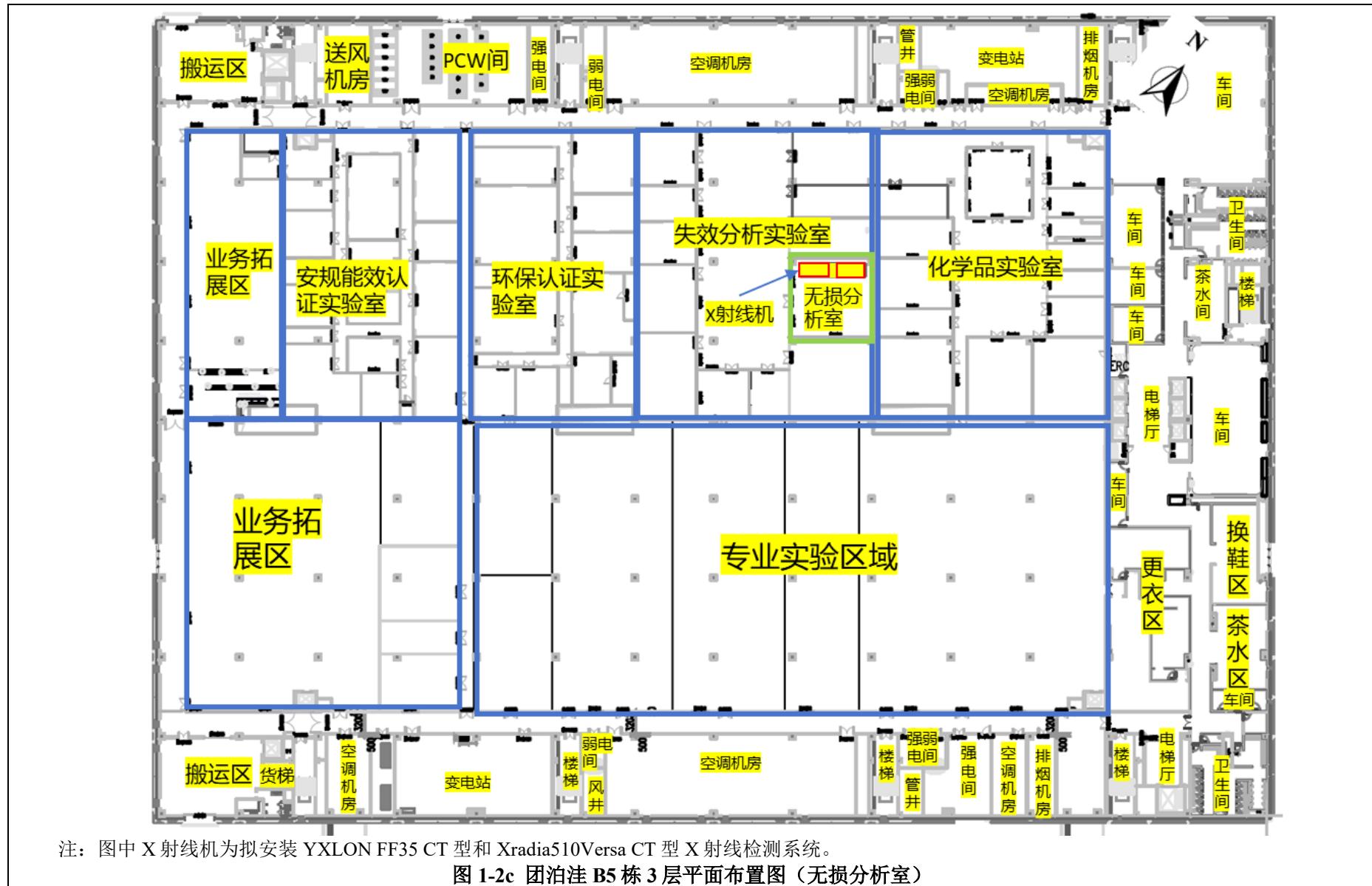
D8-B2-A55 实验室位于华为溪流背坡村 D 区 D6 栋负二层。D6 位于华为溪流背坡村 D 区的东北角，周围环境分布见图 1-4a。大楼内设备屏蔽体周围环境分布图见图 1-4b。D8-B2-A55 实验室西北侧为其他实验室，东北侧为土层，东南侧为机房和实验室，西南侧为过道，正上方为过道，正下方无建筑。D8-B2-A55 实验室所在楼层以及上一层平面布局图分别见图 1-3c、图 1-3d。

表 1-2 机房与周围场所毗邻关系

机房名称	西北侧	东北侧	东南侧	西南侧	上方	下方	所在楼层
无损分析室	微纳结构分析室	化学品实验室	材料分析 1 区	光学、电性分析区	天台	空置	B5 栋 3 层
LED 器件实验室	回风夹道	过道	过道	白光实验室	空置	无建筑	B3 栋 1 层
D8-B2-A55 实验室	实验室	土层	机房和实验室	过道	过道	无建筑	D6 栋负二层







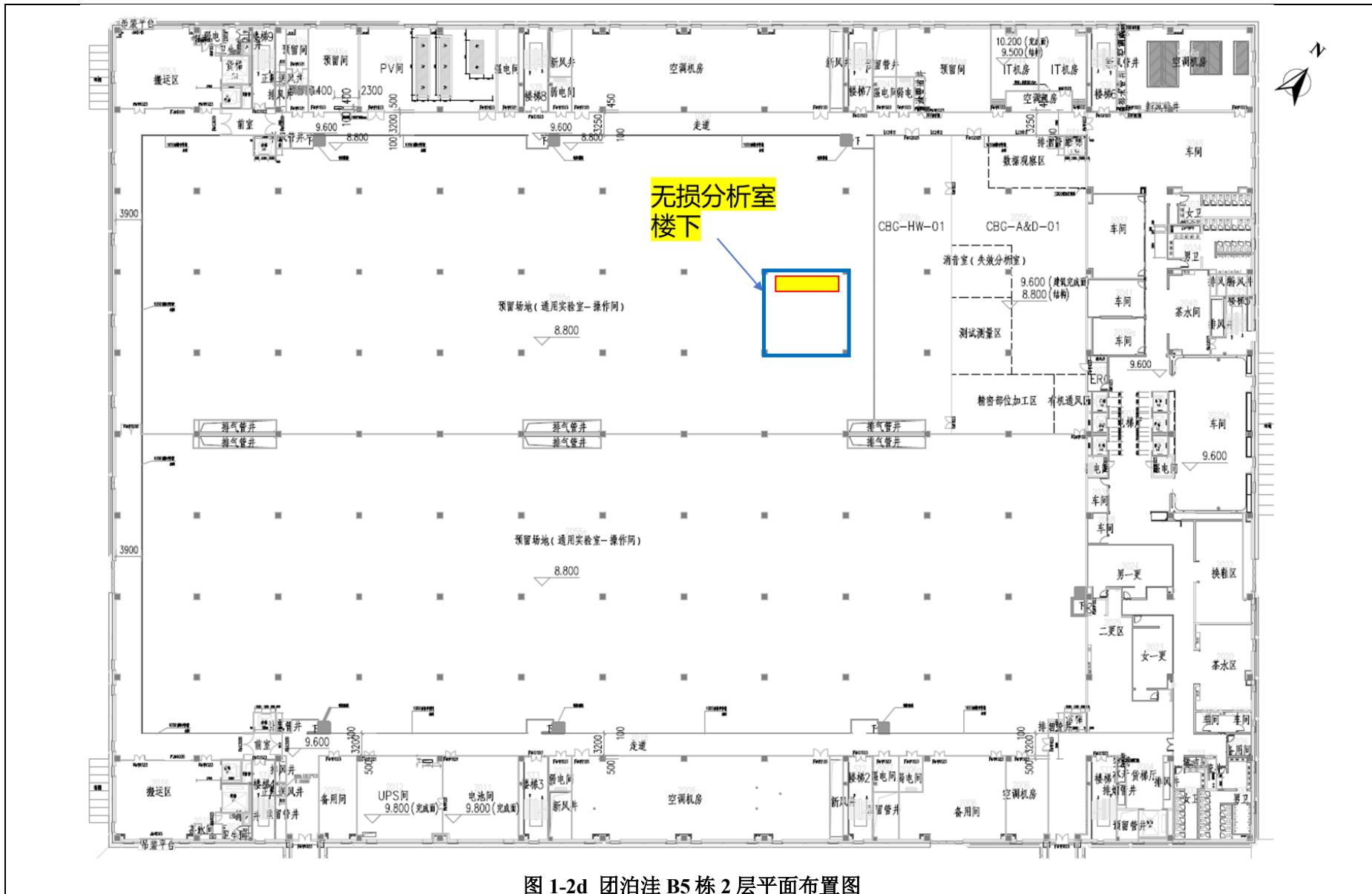


图 1-2d 团泊洼 B5 栋 2 层平面布置图

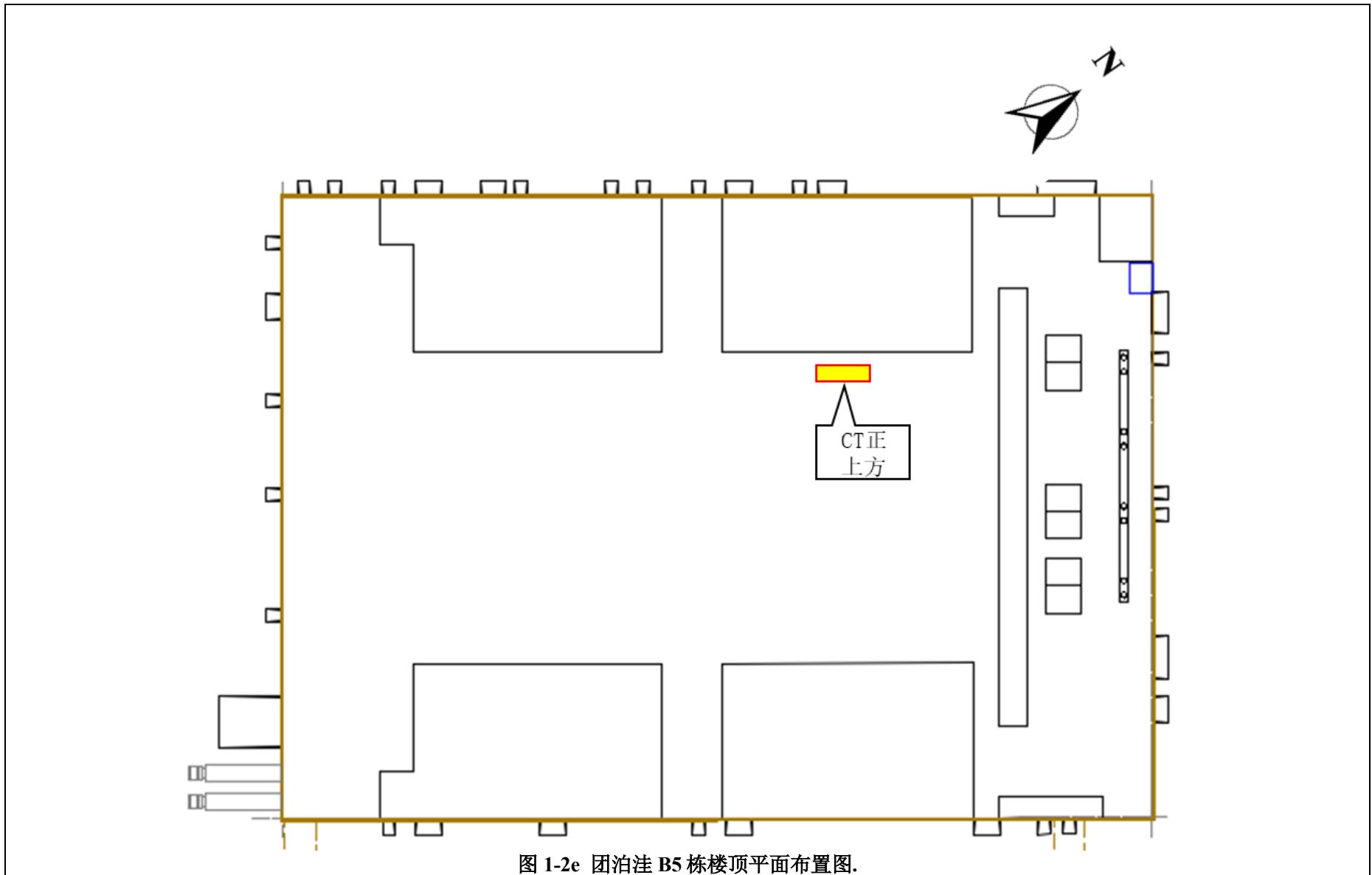
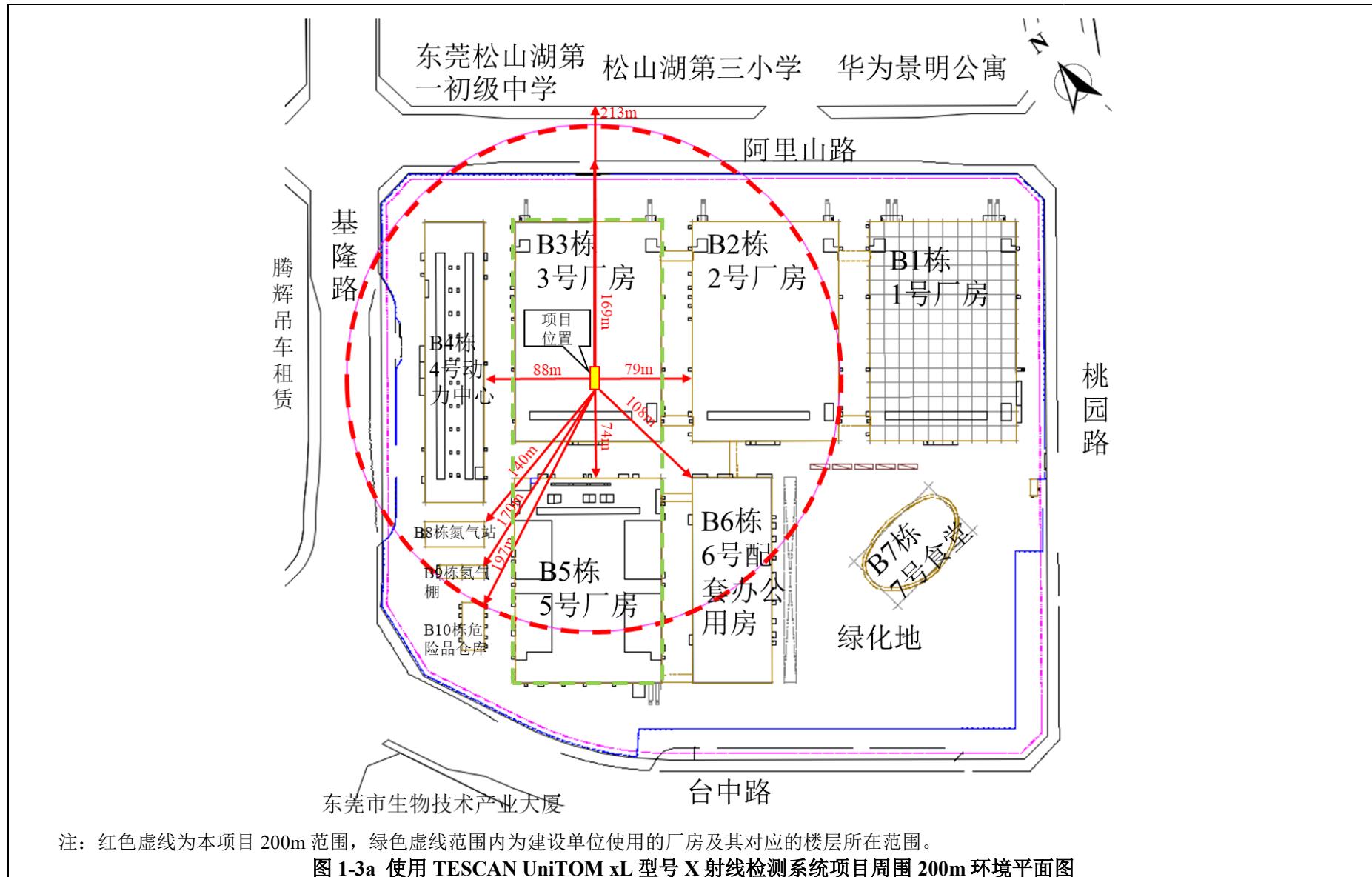
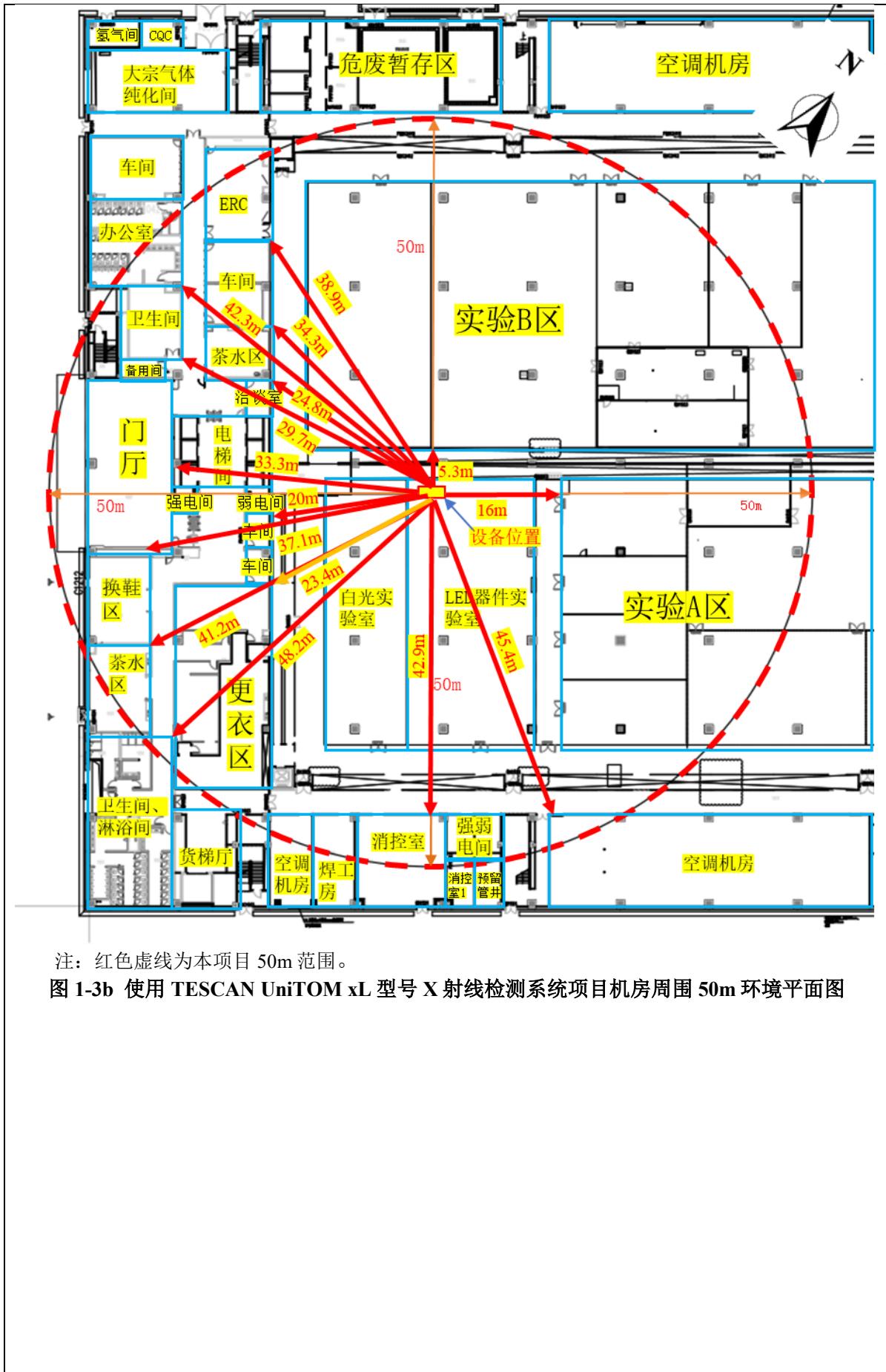
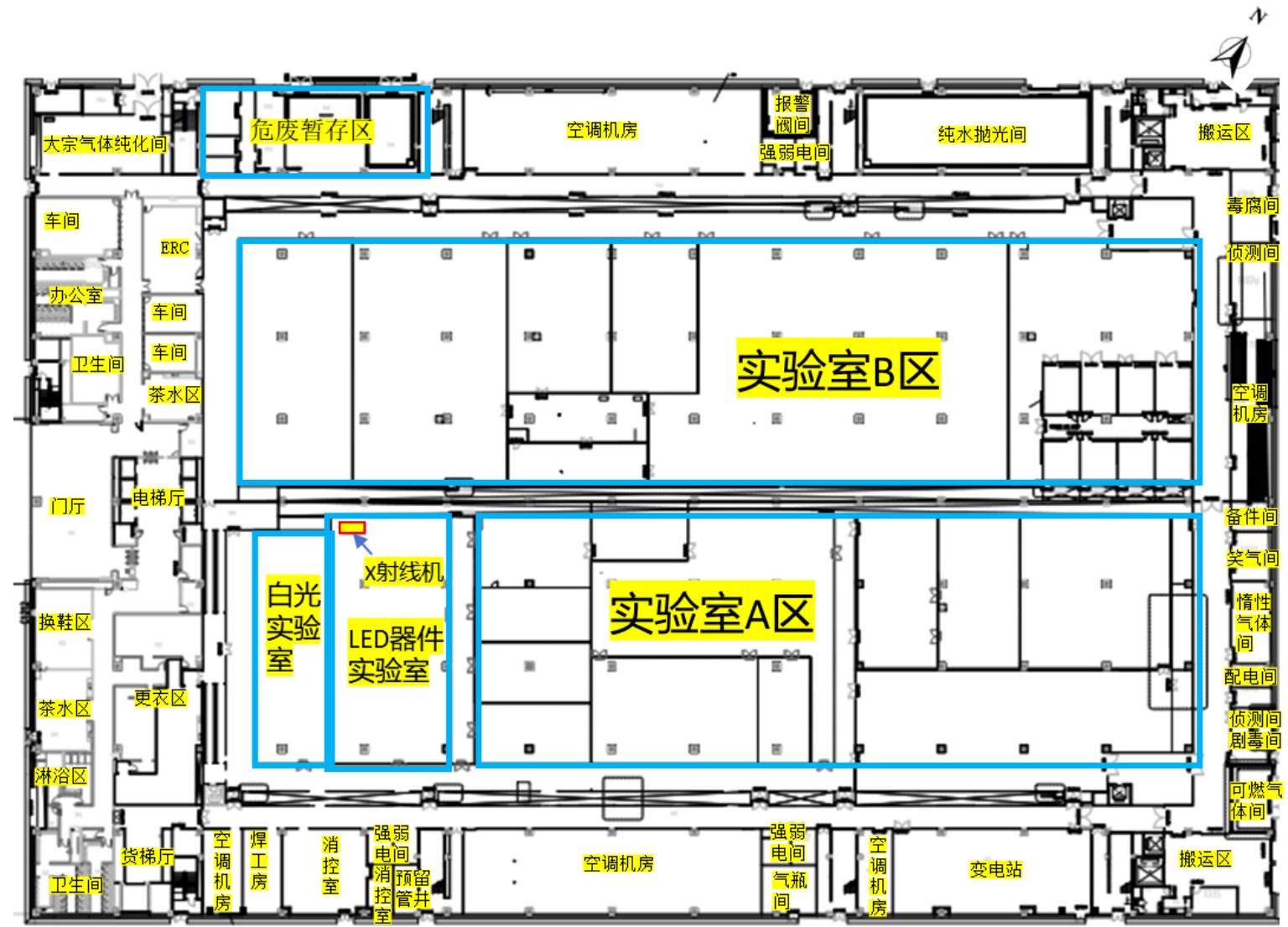


图 1-2e 团泊洼 B5 栋楼顶平面布置图.







注：图中 X 射线机为拟安装 TESCAN UniTOM xL CT 型 X 射线检测系统。

图 1-3c 团泊洼 B3 栋 1 层平面布置图 (LED 器件实验室)

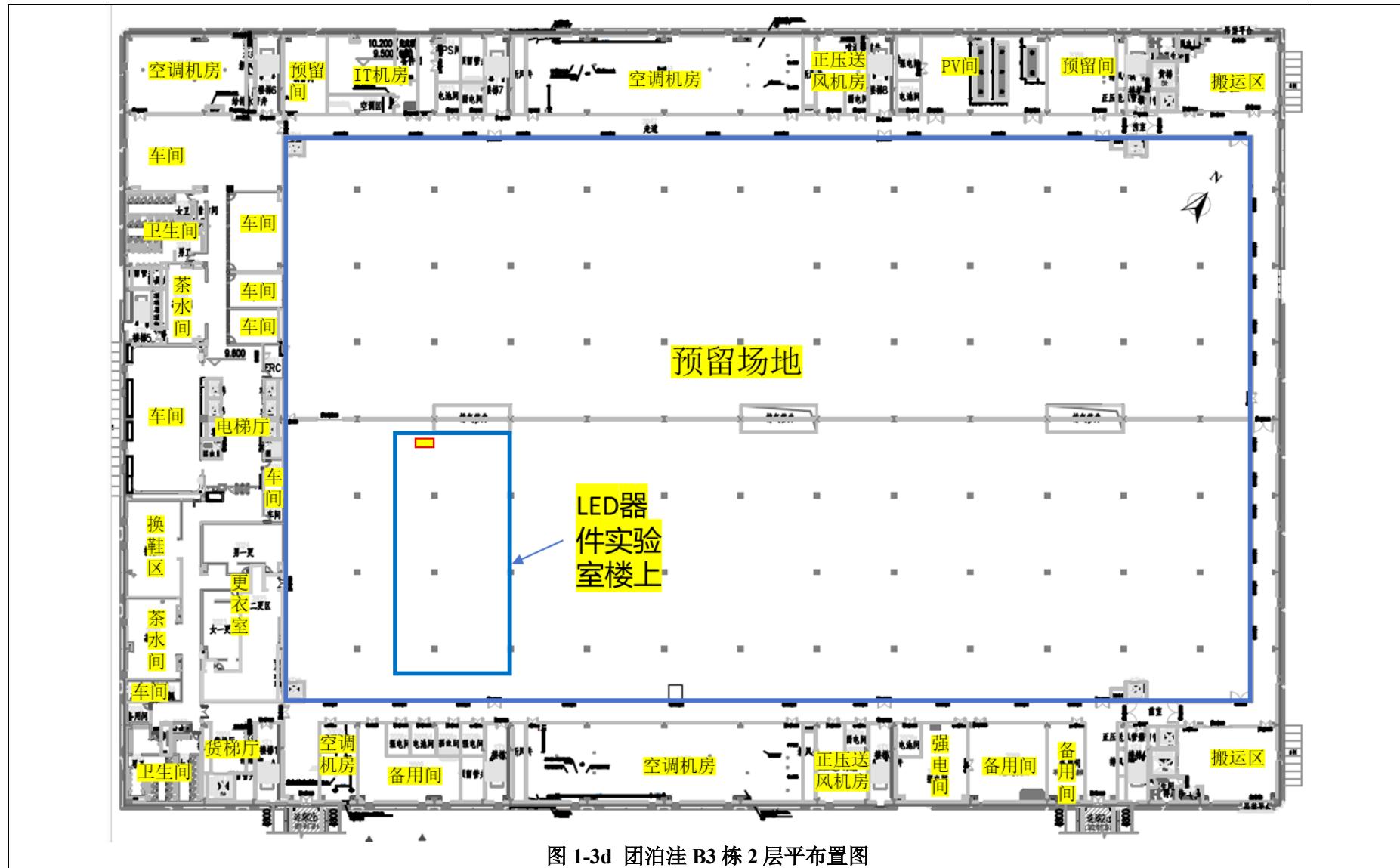


图 1-3d 团泊洼 B3 栋 2 层平布置图



注：红色虚线为本项目 200m 范围，绿色虚线范围内为建设单位使用的厂房及其对应的楼层所在范围。

图 1-4a 使用 UNC225 型号 X 射线检测系统项目周围 200m 环境平面图



注：红色虚线为本项目 50m 范围。

图 1-4b 使用 UNC225 型号 X 射线检测系统项目机房周围 50m 环境平面图





图 1-4f 华为溪流背坡村 D 区 B1 层平面布置图

本评价团泊洼 B 区两个项目机房 200m 范围内主要为园区内部厂房、办公楼、以及道路等，另外部分为周边道路：阿里山路、基隆路和台中路。华为溪流背坡村 D 区项目机房 200m 范围内主要为园区内部厂房、办公楼、以及道路等，另外部分为华为溪流背坡村 C 区部分厂房、办公楼、以及道路等和华为溪流背坡村园区内能源站、道路、树林以及湖泊等详细布局见表 7 评价范围。本项目周围 200m 范围无幼儿园、中小学校等环境敏感点。

1.3 建设单位原核技术应用项目许可情况

华为终端有限公司现有核技术利用项目已获得广东省生态环境厅的行政许可，持有广东省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，证书编号：粤环辐证[04630]，许可种类和范围：使用 II 类、III 类射线装置，最近一次续证是 2024 年 6 月 12 日，有效期至 2029 年 6 月 11 日。本次项目的三台搬迁设备均已在许可证中，许可证正副本扫描件见附件 4。本项目的三台搬迁设备，均已进行环评，并获得广东省生态环境厅的批复。其中 Xradia 510 Versa 报告表编号：19DLFSHP048；批复号：粤环审[2020]124 号。YXLON FF35 和 TESCAN UniTOM XL 的报告表编号：XH23EA023；批复号：粤环审[2023]198 号。企业核技术利用项目环评情况见下表。本项目设备在下表的序号为 1、3、10、16。

表 1-3 核技术利用项目环评情况表

序号	辐射活动场所	装置名称	类别	型号	环评备案情况	验收情况	办证情况
1	拆机室	工业 CT 机	II类	YXLON FF35	粤环审[2023]198 号	已验收	粤环辐证[04630]
2	失效分析实验室	微焦点 X 射线检测系统	II类	Y.cheetah	粤环审[2020]124 号	已验收	
3		工业 CT 机	II类	Xradia 510 Versa	粤环审[2020]124 号	已验收	
4	天安云谷 2 栋 221 实验室	X 射线自动检测装置	III类	HS-160MC	202344190100000165	已验收	粤环辐证[04630]
5	天安云谷 2 栋 406 实验室	X 射线自动检测装置	III类	inspection System EVO 10005466	202344190100000165	已验收	
6	天安云谷 2 号楼 1 楼 2-105 室	工业 CT 机	II类	Vltomelxs 240	粤环审[2020]288 号	已验收	
7	天安云谷 2 号楼 1 楼 2-107 室	X 射线检测系统	III类	Y.cheetah	202344190100000165	已验收	
8	团泊洼 D3-1F-SIP 无尘室-Xray 检测房	X 射线自动检测装置	III类	YXLON-Cheetah	202344190100000165	已验收	

9	团泊洼 D7 栋 4 楼无尘研发实验室	X 射线衍射仪	III类	SmartLab	202444190100000020	已验收	
10	团泊洼 D 区 D7 栋一层 CT 室	工业 CT 机	II类	TESCAN UniTOM XL	粤环审[2023]198 号	已验收	
11		X 射线自动检测装置	III类	YXLON Y.Cheetah	202344190100000165	已验收	
12	无损验证分析室	工业 CT 机	II类	YXLON FF35	粤环审[2023]198 号	已验收	
13		工业 CT 机	II类	FF35	粤环审[2021]193 号	已验收	
14	终端可靠性测试实验室	在线 X 射线自动检测装置	III类	Matrix2.5	202144190100000090	已验收	
15		动态 X 射线检测装置	III类	Dage Quadra7	202144190100000090	已验收	
16	D8-B2-A55 实验室	工业 CT 机	II类	UNC225	本期环评新增设备	暂未验收	暂未办证

1.4 建设单位原有核技术利用项目的运行情况

建设单位严格遵守了《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规，积极配合各级环保部门的监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

(1)建设单位已建立辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，建设单位将在辐射实践中不断总结和完善辐射安全管理，进一步细化辐射安全管理制度，并严格按照规章制度执行。

(2)为加强对辐射安全和防护的管理工作，建设单位成立了辐射安全防护管理小组，已制定了相应的岗位职责、辐射防护和安全保卫、操作规程、辐射工作人员培训、辐射工作人员职业健康检查和个人剂量管理、监测方案、射线装置维修维护、辐射事故应急预案等辐射安全管理制度。

(3)建设单位现有的辐射工作人员，辐射工作期间，辐射工作人员均佩带个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档，个人剂量计每三个月送出进行检测，检测结果显示辐射工作人员的受照剂量均可以满足标准要求。建设单位切实有效的开展了个人剂量监测的相关工作，满足相关标准要求。

(4)建设单位 7 台 II 类射线装置和 8 台 III 类射线装置已完成建设项目环境影响评价登记表备案，并于 2024 年 06 月 12 日取得辐射安全许可证，使用场所为广东省东

莞市松山湖高新技术开发区，具体地址为：工业南路 14 号松山湖天安云谷二栋（一层两间实验室、二层一间实验室及四层一间实验室）、溪流背坡村 D 区（D1B 栋负二层拆机室和 D6 栋负一层 A08 终端可靠性测试实验室）以及团泊洼 D7 栋四层无尘研发实验室。针对现有的射线装置，建设单位 2024 年 11 月 4 日已委托有相关资质的辐射监测机构（东莞市职业病防治院）对辐射工作场所进行监测，检测结果满足标准要求。

(5)建设单位现在从事辐射岗位的工作有 63 名辐射工作人员，目前建设单位有 7 台 II 类射线装置和 8 台 III 类射线装置，此次项目拟新增 1 台 II 类射线装置，共计 8 台 II 类射线装置和 8 台 III 类射线装置，建设单位为每台射线装置安排两名辐射工作人员。其中操作 II 类射线装置的 20 名辐射工作人员已获得核技术利用辐射安全与防护考核证书见附件 5，操作 III 类射线装置的 43 名辐射工作人员，建设单位已组织安排完成辐射安全自主培训，并通过考核，满足《关于进一步优化辐射安全考核的公告》生态环保部公告 2021 年第 9 号文“仅从事 III 类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核”的要求。

(6)建设单位制定了完善的《辐射事故应急预案》，成立了辐射事故应急组织机构，并确定机构人员以及职责。建设单位开展核技术利用项目至今未发生辐射污染或辐射异常等情况，也未发生辐射事故或误照射事故。

1.5 本项目与原有核技术项目的依托关系

建设单位现有 II 类和 III 类射线装置，本期改扩建项目为搬迁 3 台射线检测系统 II 类射线装置，并新增使用 1 台 X 射线检测系统 II 类射线装置，依托关系具体如下：

(1) 辐射工作人员：建设单位原有 63 名辐射工作人员，本项目的三台搬迁设备沿用之前的辐射工作人员，新增的一台设备从原有的辐射工作人员中安排 4 人操作，暂定人员为吕艾凤，张惠冲，张伟和宋宜璇四人（此四人会继续操作原设备，后续剂量估算中会考虑剂量叠加），其 2024 年度个人剂量报告见附件 6，本项目的四台射线装置拟安排 16 名辐射工作人员（除操作新增设备的四人，其余十二人均仅操作本项目设备，后续剂量估算中不涉及剂量叠加），均已获得核技术利用辐射安全与防护考核证书，证书见附件 5。

(2) 管理机构和相关规章制度：本次项目沿用原有的管理机构和规章制度，

建设单位成立了辐射防护安全专职管理小组，明确相关人员的分工职责，制定相应的操作规程、辐射防护和安全保卫、监测方案和辐射事故应急预案等辐射安全管理制度，并严格按照规章制度执行。

（3）辐射环境监测：原有核技术利用项目未配备巡测仪，建设单位拟为本项目4台设备新配置1台辐射剂量率巡测仪，用于核技术利用项目辐射工作场所的日常检测。4台设备位于两个不同的园区，建设单位定期对各场所开展监测。

（4）建设项目竣工后，华为终端有限公司终端可靠性与失效分析部将对核技术项目实现全面、综合性的运行和管理。本项目四台设备的辐射工作人员均为原有辐射工作人员，暂无新增人员，后续新增辐射工作人员，建设单位会统一对新增辐射工作人员上岗培训、个人剂量检测、职业健康和相关的辐射安全综合管理。

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)	年最大操作量 (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)	额度电流 (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	Xradia510Versa CT 型 X 射线检测系统	II类	1	Xradia510Versa CT 型	160kV	0.4mA	器件内部结构分析与重构，缺陷分析 Banding\金线缺陷分析；PCB 走线断、VIA 开裂焊点虚焊\开裂、短路等问题分析；TP 粘胶、整机结构件组装、尺寸分析	团泊洼 B 区 B5 栋 3 层	自带屏蔽

2	YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统	II类	1	YXLON FF35 CT 型	225kV	3mA	器件内部结构分析与重构, 缺陷分析 Banding\金线缺陷分析; PCB 走线断、VIA 开裂焊点虚焊\开裂、短路等问题分析; TP 粘胶、整机结构件组装、尺寸分析	团泊洼 B 区 B5 栋 3 层	自带屏蔽
					190kV	1mA			
3	UNC225 CT 型 X 射线检测系统	II类	1	UNC225 CT 型	225kV (双球管, 球管参数一致)	3mA	终端电子产品整机在跌落/冲击等高速动态场景下的无损观测	环湖路华为 溪流背坡村 D 区 D8-B2-A55R	自带屏蔽
4	TESCAN UniTOM xL CT 型 X 射线检测系统	II类	1	TESCAN UniTOM xL CT 型	230kV	3mA	弯折样机转轴失效分析、膜材类叠层失效分析、显示黑斑处结构分析、结构部门零件装配间隙结构分析	团泊洼 B 区 B3 栋 1 层	自带屏蔽
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(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	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
少量臭 氧、氮氧 化物	气态	-	-	-	-	-	-	排向大气

注：1.常规废弃物排放浓度,对于液态单位为 mg/L , 固体为 mg/kg , 气态为 mg/m³ ; 年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明,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》(2015年1月1日施行)</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2003年9月1日施行, 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第二次修正)。</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003年10月1日施行)</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(1998年11月29日国务院令第253号发布, 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》(2005年9月14日中华人民共和国国务院令第449号公布, 根据2014年7月29日《国务院关于修改部分行政法规的决定》修订, 根据2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》修正)</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006年1月18日国家环境保护总局令第31号公布; 根据2008年12月6日环境保护部令第3号第一次修正; 根据2017年12月12日环境保护部第47号《环境保护部关于修改部分规章的决定》第二次修正; 根据2019年8月22日生态环境部令第7号《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》第三次修正; 根据2021年01月04日生态环境部令第20号《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》)</p> <p>(7) 《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18号, 2011年5月1日施行)</p> <p>(8) 《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日施行)</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021版)》(生态环境部令第16号, 2021年1月1日施行)</p> <p>(10) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》的公告(生态环境部公告2018年第9号 2018年5月16日实施)</p> <p>(11) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告(环境保护部国环规环评[2017]4号, 2017年11月20日起实施)</p> <p>(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</p>
------	--

法规文件	生态环境部公告 2019 年第 57 号, 2020 年 1 月 1 日施行)
技术标准	<p>(1) HJ2.1-2016《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(2017年1月1日实施)</p> <p>(2) HJ 10.1-2016《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》(2016年4月1日施行)</p> <p>(3) GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(2003年4月1日实施)</p> <p>(4) GBZ 117-2022《工业探伤放射防护标准》(2023年3月1日实施)</p> <p>(5) GBZ/T250-2014《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》</p> <p>(6)《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT 250—2014)第1号修改单(国卫通[2017]23号)</p> <p>(7) HJ 1157-2021《环境γ辐射剂量率测量技术规范》</p> <p>(8) HJ 61-2021《辐射环境监测技术规范》</p> <p>(9) GB 22448-2008《500kV以下工业X射线探伤机防护规则》</p> <p>(10) GBZ 128-2019《职业性外照射个人监测规范》(2020-04-01实施)</p> <p>(11) HJ 1326-2023《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》</p>
其他	<p>《中国环境天然放射性水平》(国家环境保护总局 1995 年)</p> <p>《辐射安全手册》(潘自强 2014 年)</p> <p>建设单位提供项目委托书、设计资料、设备技术参数等其它相关材料</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1. 评价范围

本评价项目为使用 4 台II类射线装置，其中型号为 TESCAN UniTOM xL 一台工业 CT 拟建位置为团泊洼 B 区 B3 栋 1 层，型号为 Xradia510Versa 和 YXLON FF35 两台工业 CT 拟建位置为团泊洼 B 区 B5 栋 3 层，型号为 UNC225 一台工业 CT 拟建位置为环湖路华为溪流背坡村 D 区 D8-B2-A55R，参照《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)对核技术利用建设项目环境影响报告的评价范围和保护目标的相关规定，以设备屏蔽体外 50m 的范围作为本项目的评价范围。

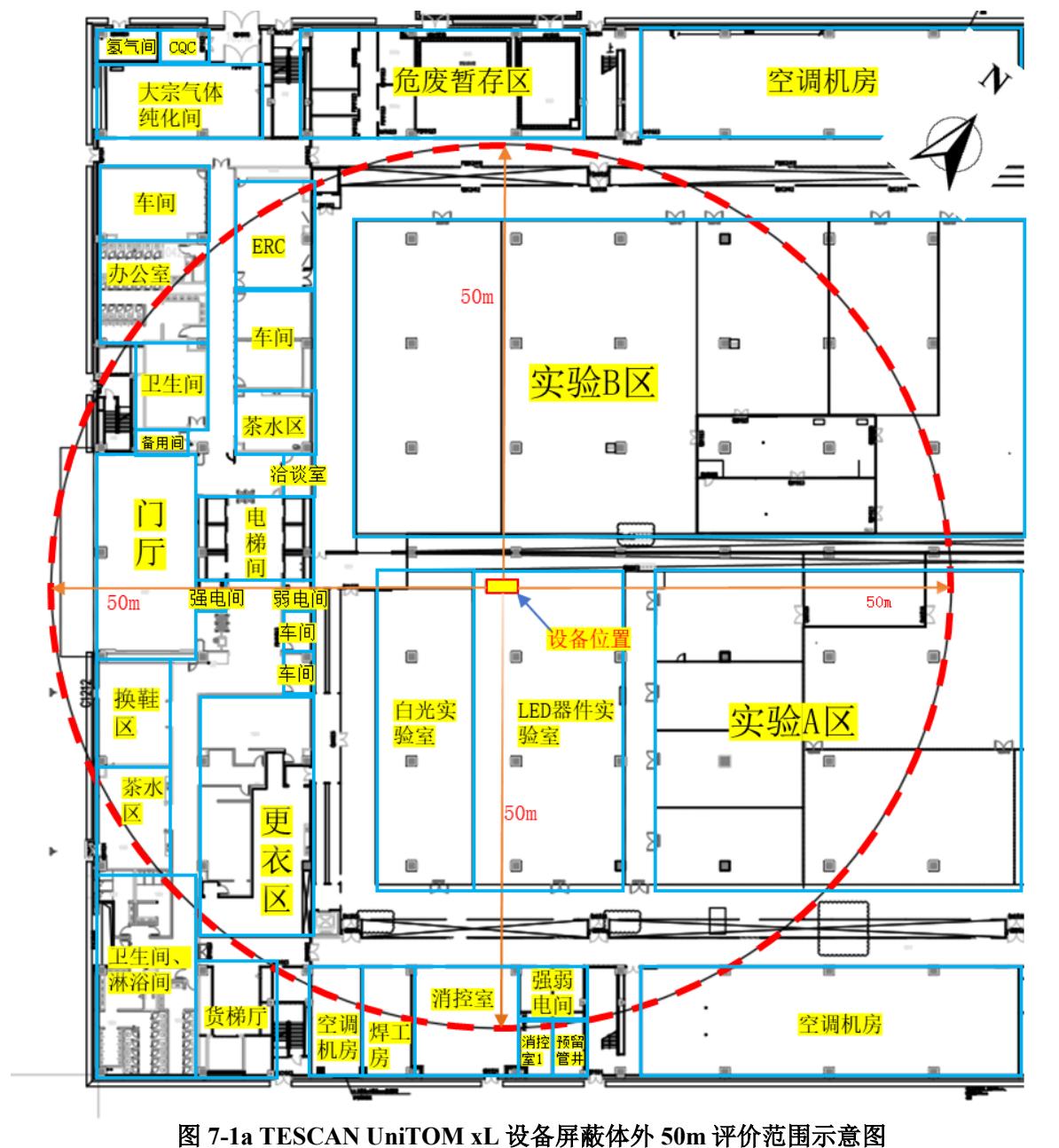


图 7-1a TESCAN UniTOM xL 设备屏蔽体外 50m 评价范围示意图

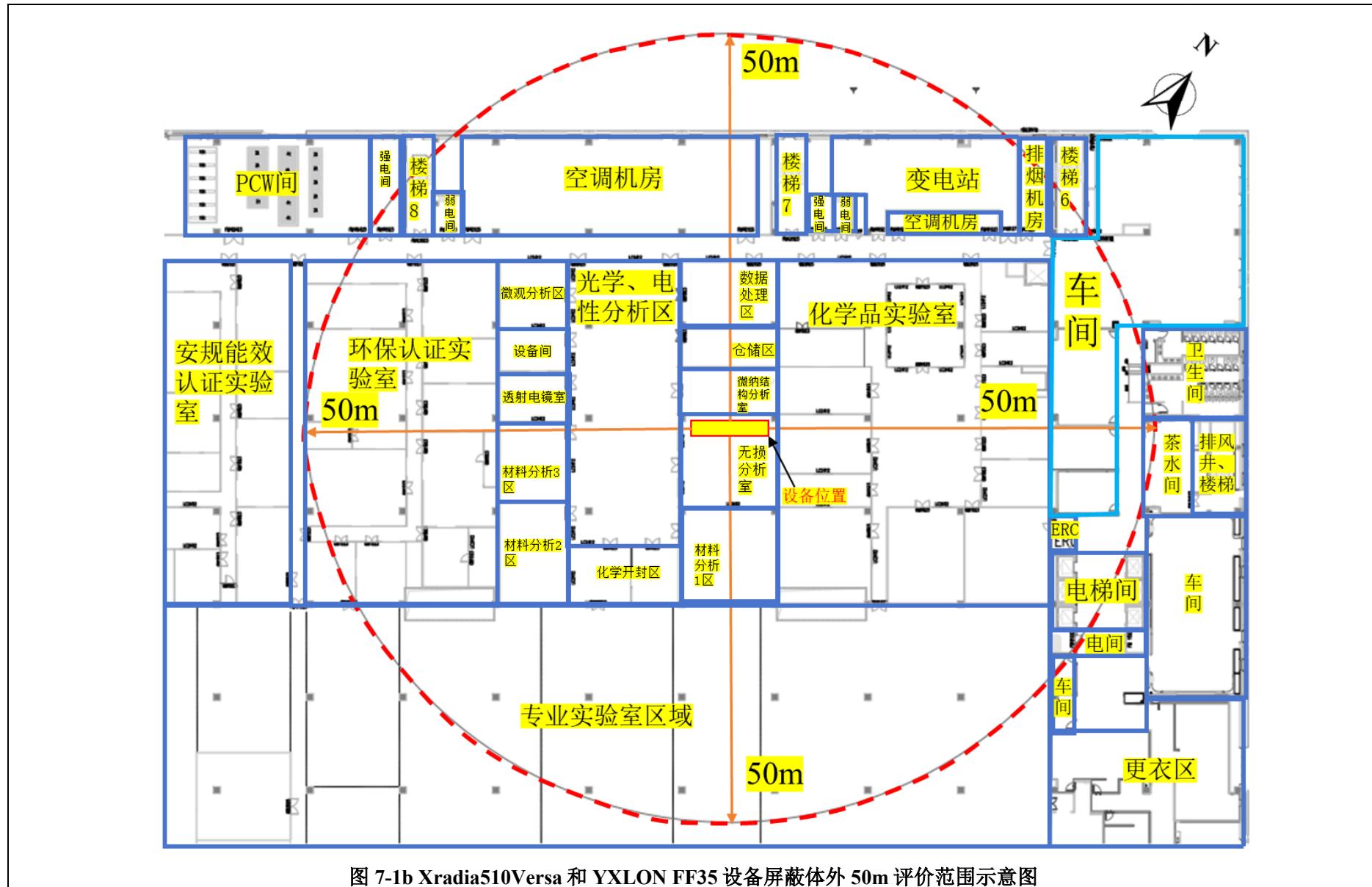


图 7-1b Xradia510Versa 和 YXLON FF35 设备屏蔽体外 50m 评价范围示意图



图 7-1c UNC225 设备屏蔽体外 50m 评价范围示意图

7.2.保护目标

结合本项目的评价范围，确定项目环境保护目标是评价项目周围（50m 范围内）环境中活动的辐射工作人员和公众（包括非辐射工作人员）。

选取评价项目 50m 范围内有人员居留的位置环境保护目标进行重点分析，以此来预测项目运行后对其他距离相对较远的环境保护目标造成的影响。选取环境保护目标分布情况见表 7-1。

表 7-1 评价范围内保护目标关系

设备	方位	场所名称	距离	环境保护目标	人数	剂量约束值	备注
Xradia 510	/	无损分析室	/	辐射工作人员	8 人	5mSv/a	全居留
	东北侧	化学品实验室	紧邻	公众	约 10 人	/	全居留
		车间	36-45m	公众	约 5 人		全居留
		茶水间、卫生间	48-50m	公众	流动人员		偶然居留
		电梯间	39-50m	公众	流动人员		偶然居留
	西	微纳结构分析室	紧邻	公众	约 3 人		全居留

Versa CT型 和 YXLON FF35 CT型 X射线 检测系 统	北 侧	仓储区	7-12m	公众	约 3 人		偶然居留	
		数据处理区	12-20m	公众	约 3 人		全居留	
		空调机房	24-36m	公众	流动人员		偶然居留	
	西南 侧	光学、 电性分析区	紧邻	其他项目辐 射工作人员	约 5 人	5mSv/a	全居留	
		透射电镜室、设备 间、微观分析区、 材料分析 2 区、材 料分析 3 区	15-24m	其他项目辐 射工作人员	约 8 人		全居留	
		环保认证实验室	24-50m	其他项目辐 射工作人员	约 8 人		全居留	
	东南 侧	材料分析 1 区	紧邻	其他项目辐 射工作人员	约 5 人	/	全居留	
		化学开封区	14-21m	公众	约 5 人		全居留	
		专业实验室区域	21-50m	其他项目辐 射工作人员	约 10 人		全居留	
	上 一 层	天台	紧邻	公众	流动人员	/	偶然居留	
	下 一 层	目前空置区域	紧邻	公众	流动人员		偶然居留	
	下 两 层	目前空置区域	16-50m	公众	流动人员		偶然居留	
TES CAN Uni TOM xL CT型 X射线 装置	东北 侧	/	LED 器件实验室	/	辐射 工作人员	4 人	5mSv/a	全居留
		过道	紧邻	公众	流动人员	/		偶然居留
		实验 A 区	16m- 50m	公众	约 15 人	5mSv/a		全居留
	西北 侧	回风夹道	紧邻	公众	流动人员	/		偶然居留
		实验 B 区	5-50m	其他项目辐 射工作人员	约 15 人	5mSv/a		全居留
		办公室	42m- 50m	公众	约 20 人	/		全居留
		ERC、车间	34m- 50m	公众	约 6 人			全居留
		茶水间、卫生间	30m- 50m	公众	流动人员			偶然居留
	西南 侧	白光实验室	紧邻	其他项目辐 射工作人员	约 5 人	5mSv/a		全居留
		门厅	33m- 50m	公众	约 3 人	/		全居留
		车间	20m- 25m	公众	约 3 人			全居留
		茶水区、换鞋区、 卫生间、淋浴间、 更衣区、货梯厅	23m- 50m	公众	流动人员			偶然居留
	东南	过道	紧邻	公众	流动人员	/		偶然居留
		消控室、焊工房	42m- 50m	公众	约 3 人			全居留

	侧	空调机房	45m-50m	公众	流动人员		偶然居留
	上一层	目前空置区域	紧邻	公众	流动人员		偶然居留
	上两层	目前空置区域	6.35m-50m	公众	流动人员		偶然居留
	上三层	天台	16.35m-50m	公众	流动人员		偶然居留
UNC225 CT型X 射线检测系统	/	D8-B2-A55实验室	/	辐射工作人员	4人	5mSv/a	全居留
	西北侧	实验室	紧邻	公众	约2人		全居留
	西南侧	过道	紧邻	公众	流动人员		偶然居留
		停车位、楼梯间、机房、电梯厅	10m-50m	公众	流动人员		偶然居留
	东南侧	实验室	紧邻	公众	约2人		全居留
		机房	紧邻	公众	流动人员		偶然居留
		停车位、过道	15m-50m	公众	流动人员		偶然居留
		实验室	13m-40m	公众	约4人		全居留
	上一层	过道	紧邻	公众	流动人员		偶然居留
	上两层	道路	8.35-50m	公众	流动人员		偶然居留

7.3.评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

第4.3.2.1款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证该标准6.2.2规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B（标准的附录B）中规定的相应剂量限值。并且不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限制

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限制：

a) 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。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限制

实践使公众中有关关键人群组的成员所得到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

- a) 年有效剂量， 1mSv ；

对于一项实践中的特定的源，本评价项目辐射工作人员取其剂量限值的四分之一作为剂量约束值：即辐射工作人员的职业年照射剂量约束值为 5mSv ；公众取其剂量限值的四分之一作为剂量约束值：公众的年照射剂量约束值为 0.25mSv 。

(2) 《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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；
- b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

- a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；
- b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。由本项目团泊洼 B 区 B3 栋 1 层和溪流背坡村 D 区 D6 栋负二层上方人员可达，故上方周围剂量当量率参考控制水平取不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

综上所述，本项目根据标准和表 11-4 确定屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(3) 工业 X 射线探伤装置放射防护的性能要求

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）5.1.1 表 1：对于管电压在 $150\text{kV}\sim200\text{kV}$ 的 X 射线探伤机，在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率 $<2.5\text{mSv}/\text{h}$ ；对于管电压在大于 200kV 的 X 射线探伤机，在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率 $<5\text{mSv}/\text{h}$ 。

(4) 工业 X 射线探伤室的放射防护要求

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

- 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。

6.1.5 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。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立即停止出束。

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

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

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。

（5）《工业探伤放射防护标准》（GBZ/T 250-2014）

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($\dot{H}_{c,d}$)：

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按式（1）计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (1)$$

式中：

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

U ——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；

t ——装置周照射时间，单位为小时每周（ $\text{h}/\text{周}$ ）。

表 8 环境质量现状

8.1 项目地理和场所位置

建设项目位于广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区桃园路 3 号团泊洼 B 区 B3 栋 1 层 LED 器件实验室、B5 栋 3 层无损分析室以及环湖路华为溪流背坡村 D 区，D6 栋负二层 D8-B2-A55 实验室，评价项目所在地的地理位置图及项目周边关系图见前图 1-1 和图 1-2（a~c）。

建设单位拟在 LED 器件实验室内安装 1 台 TESCAN UniTOM xL CT 型 X 射线检测系统用于弯折样机转轴失效分析、膜材类叠层失效分析、显示黑斑处结构分析、结构部门零件装配间隙结构分析。

拟在无损分析室内安装 1 台 Xradia510VersaCT 型 X 射线检测系统和 1 台 YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统用于器件内部结构分析与重构、Banding\金线缺陷分析；PCB 走线断、VIA 开裂焊点虚焊\开裂、短路等问题分析；TP 粘胶、整机结构件组装、尺寸分析。

拟在 D8-B2-A55 实验室内安装 1 台 UNC225CT 型 X 射线检测系统用于终端电子产品整机在跌落/冲击等高速动态场景下的无损观测。

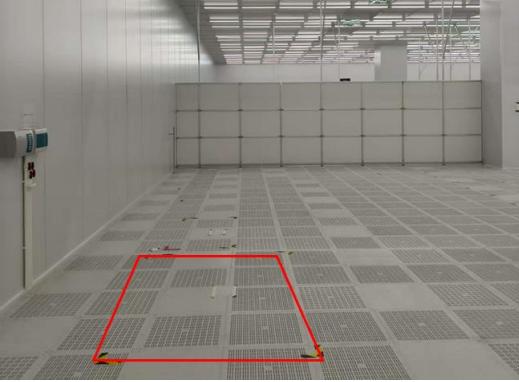
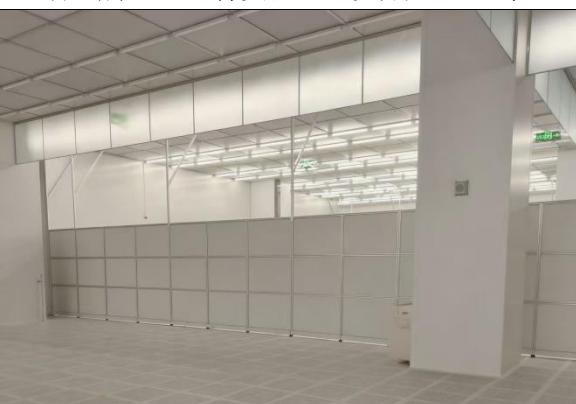
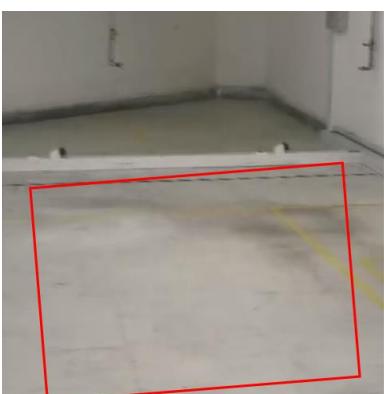
为了调查评价项目及周围的环境质量现状，我司技术人员于 2025 年 8 月 12 日到建设项目现场进行资料收集、环境现状调查，建设项目拟建位置及周围环境现状见表 8-1。

表 8-1 拟建项目周边环境现状

	
建设项目拟建地理位置（团泊洼 B 区）	设备所在大楼 B5 栋

	
B5 栋东南侧	B5 栋西北侧
	
B5 栋西南侧	B5 栋东北侧
	
B5 栋 1 层无损分析室（设备位置：红框）	无损分析室东南侧（材料分析 1 区）
	
无损分析室西北侧（微纳结构分析室）	无损分析室西南侧（光学、电性分析区）

	
无损分析室东北侧（化学品实验室-结构件测试室）	无损分析室上方（天台）
	
无损分析室下方（空置）	设备所在大楼 B3 栋
	
B3 栋东南侧	B3 栋西北侧
	
B3 栋西南侧	B3 栋东北侧

	
B3 栋 1 层 LED 器件实验室（设备位置：红框）	LED 器件实验室西北侧（回风夹道）
	
LED 器件实验室西南侧（白光实验室）	LED 器件实验室上方（空置）
	
建设项目拟建地理位置（溪流背坡村 D 区）	设备所在 D6 栋地下入口
	
D6 栋负二层 D8-A55 实验室（设备位置：红框）	D8-A55 实验室东南侧（机房）



8.2 环境现状评价对象、监测因子

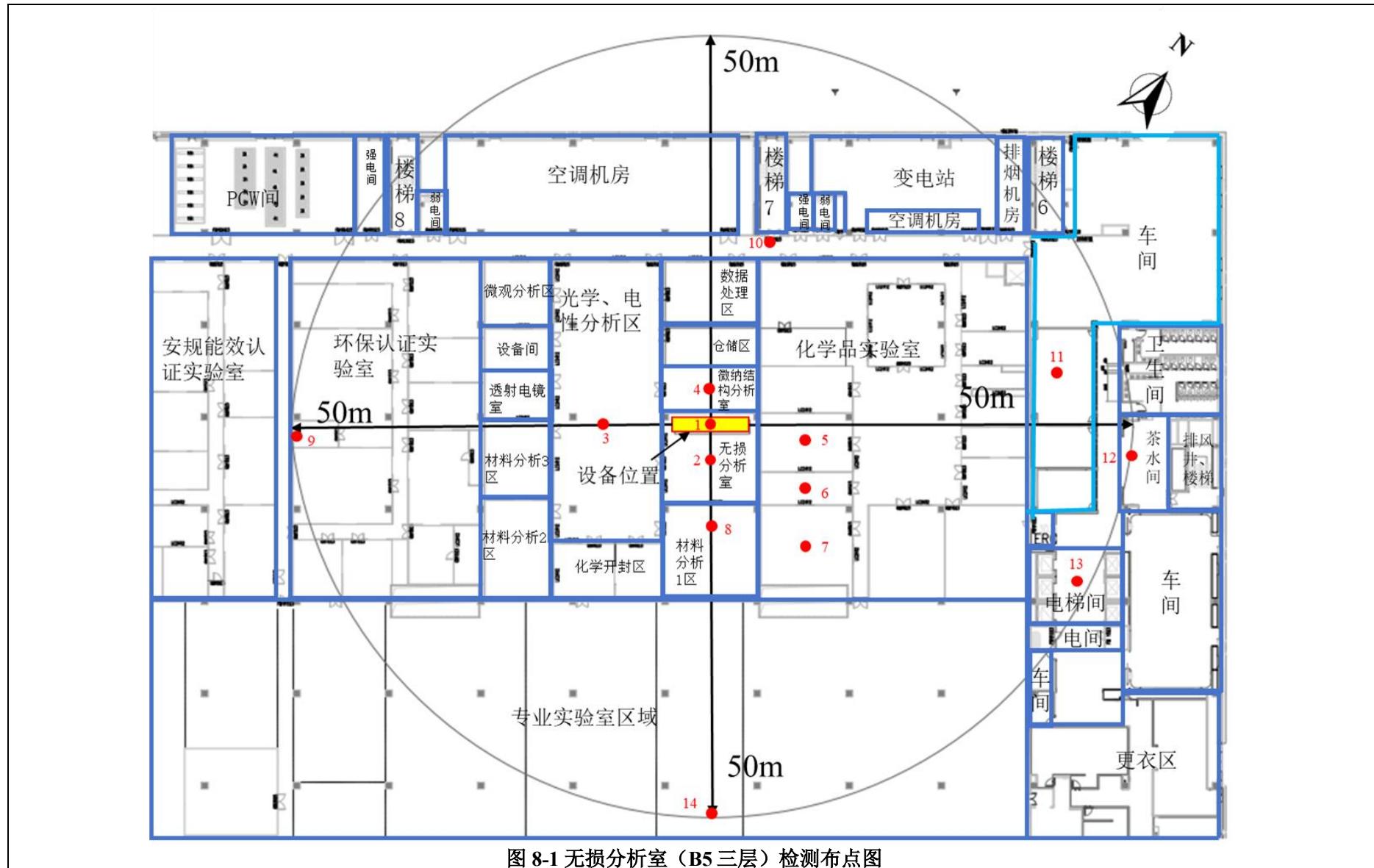
为调查本次评价项目的周围环境辐射水平现状，对拟建区域及周围环境进行环境 γ 辐射剂量率水平监测。现场监测情况见表 8-2 所示。

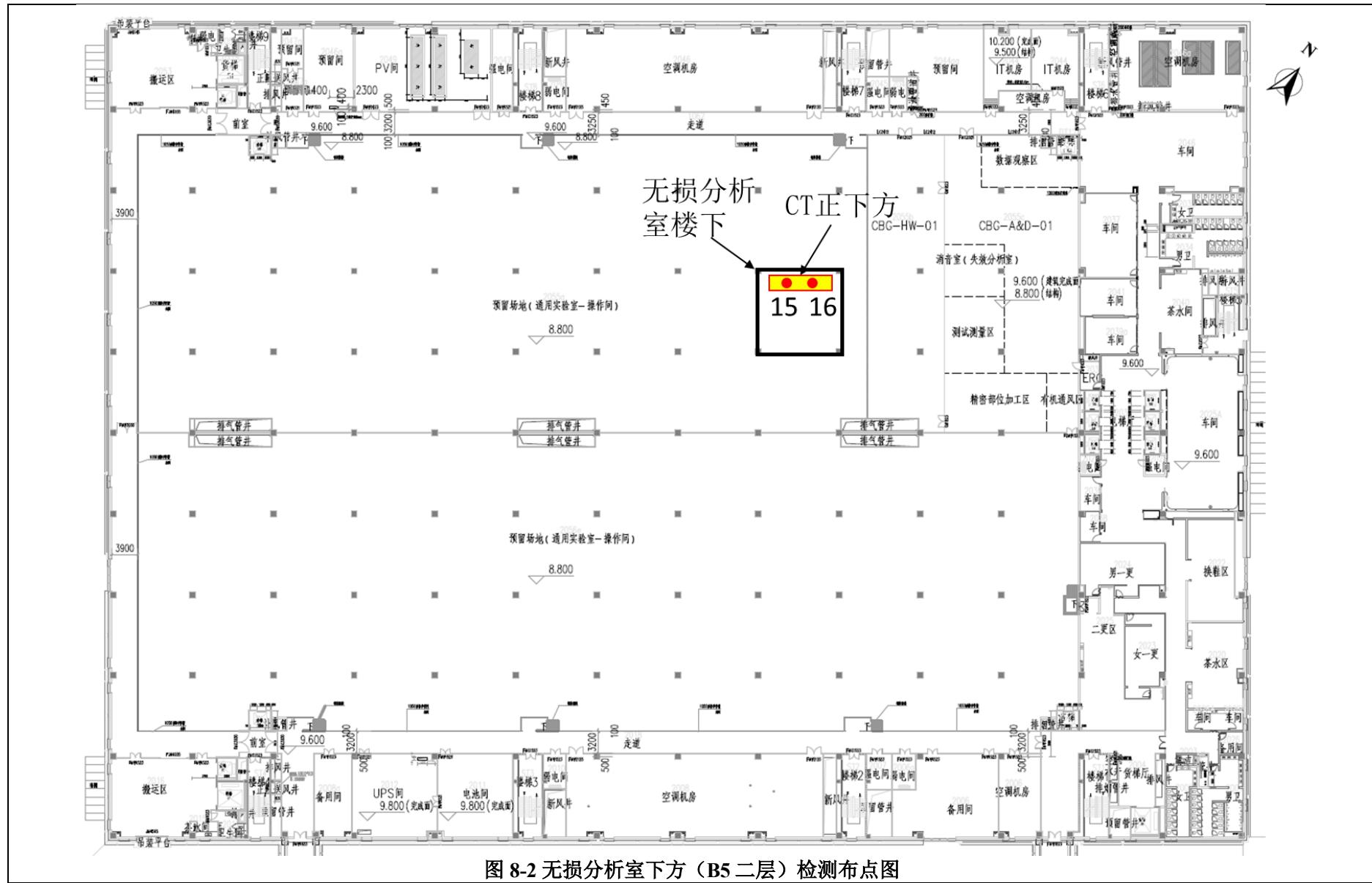
表 8-2 现场监测情况一览表

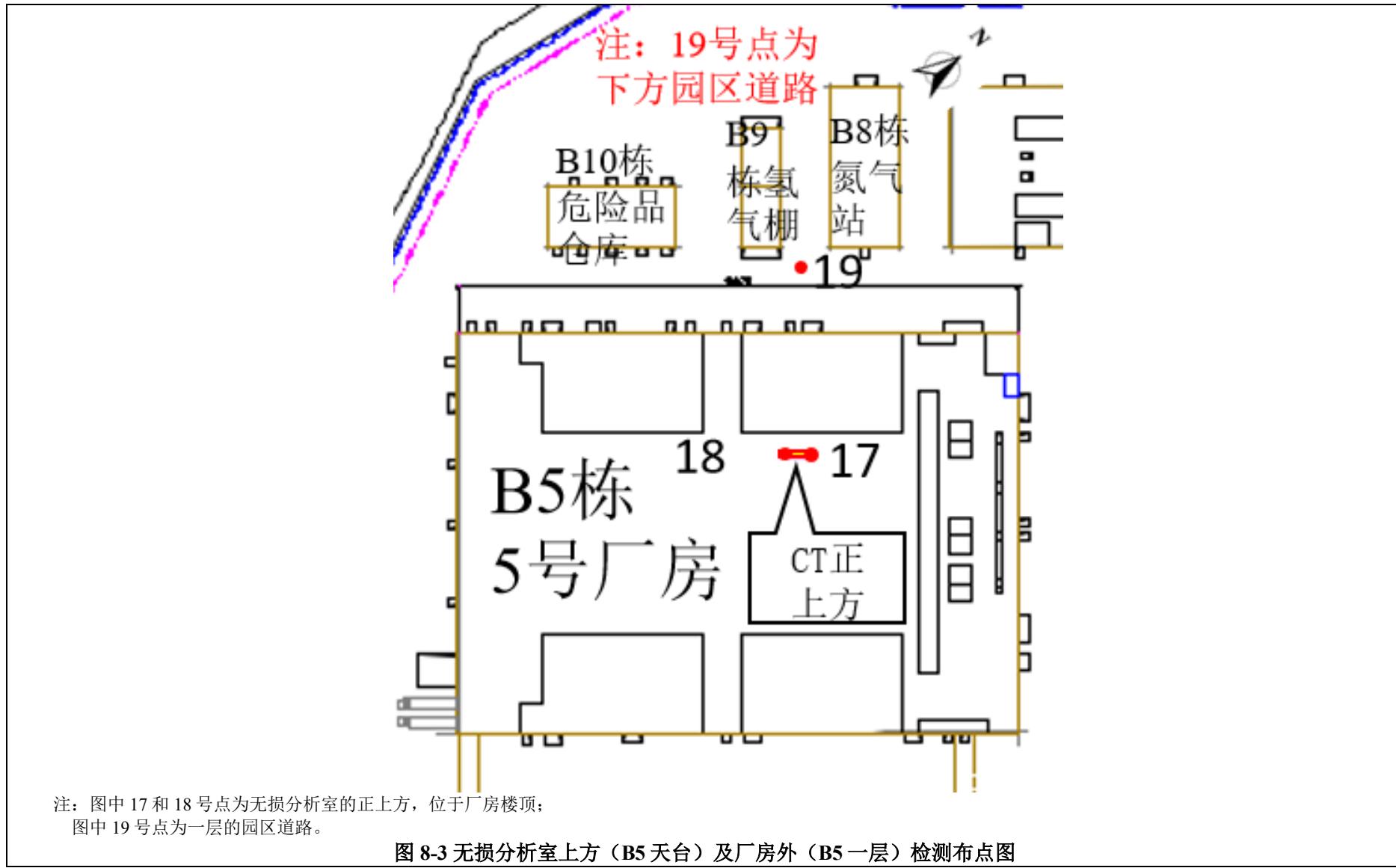
检测因子	环境 γ 辐射剂量率				
检测仪器	仪器名称	辐射剂量率检测仪 (6150AD-5/h+b/H)			
	仪器编号	161258 (主机) +162214 (探头)			
	检定单位	广东省辐射剂量计量检定站			
	证书编号	GRD (1) 20240049 (检定日期: 2025 年 2 月 18 日有效期至: 2026 年 2 月 17 日)			
	测量范围	1nSv/h~99.9 μ Sv/h			
	能量响应范围	38keV~7MeV			
	校准因子	校准证书选定为 1.01			
检测方法	HJ1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》				
现场检测时间	2025 年 8 月 12 日				
检测时环境状况	天气: 晴	温度: 31°C	相对湿度: 68%		

8.3 监测点位

现场监测参照 HJ1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》中布点规则，开展道路测量时点位设置在道路中心线，开展室内测量时，点位设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置，并结合现场实际情况，团泊洼 B3 栋 1 层 LED 器件实验室共布设选取代表性检测点位 19 个，团泊洼 B5 栋 3 层无损分析室共布设选取代表性检测点位 19 个，溪流背坡村 D6 栋负二层 D8-B2-A55 实验室共布设选取代表性检测点位 18 个，三处位置共布点 56 个。布点图见图 8-1~8-9。







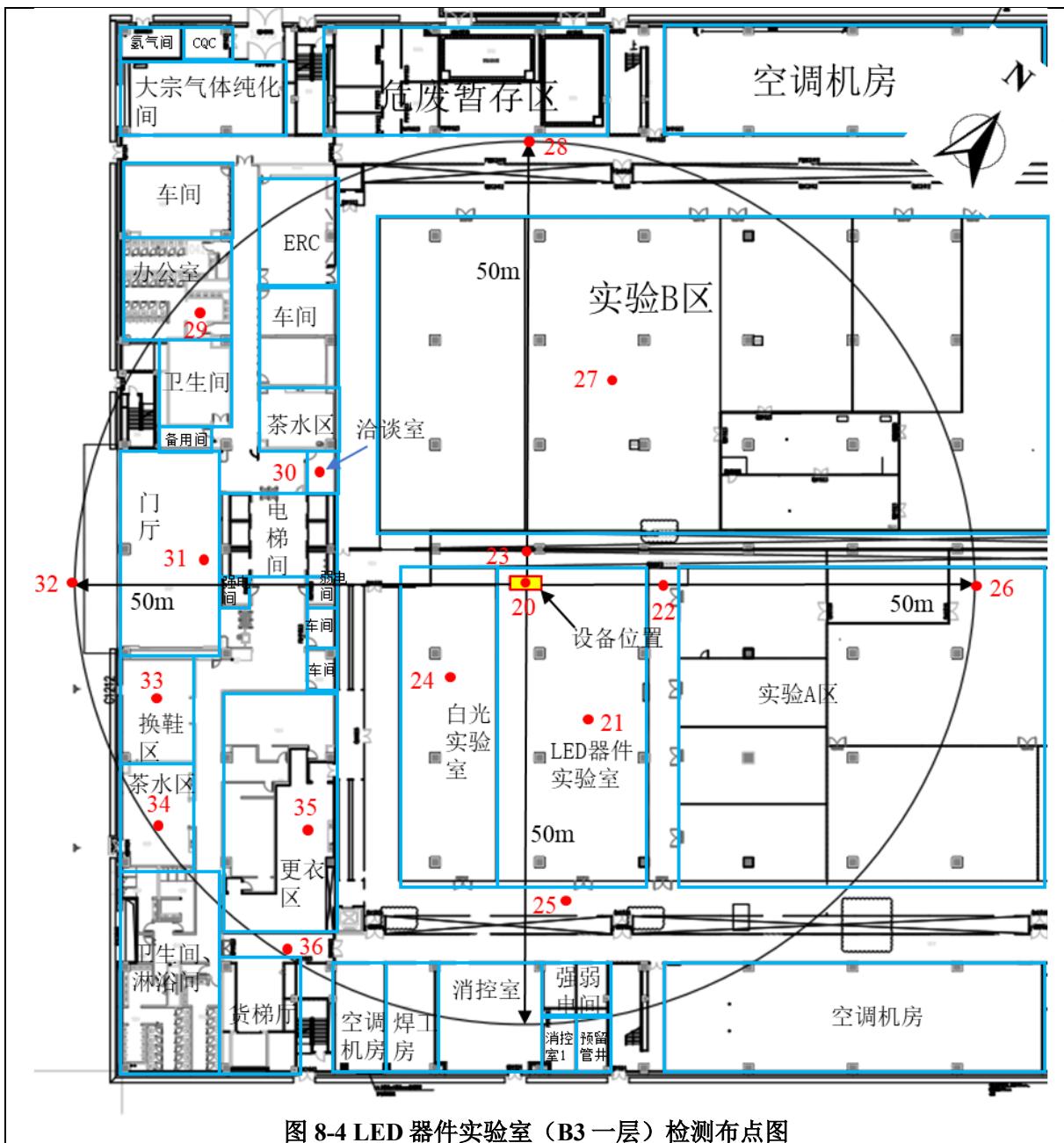


图 8-4 LED 器件实验室 (B3 一层) 检测布点图

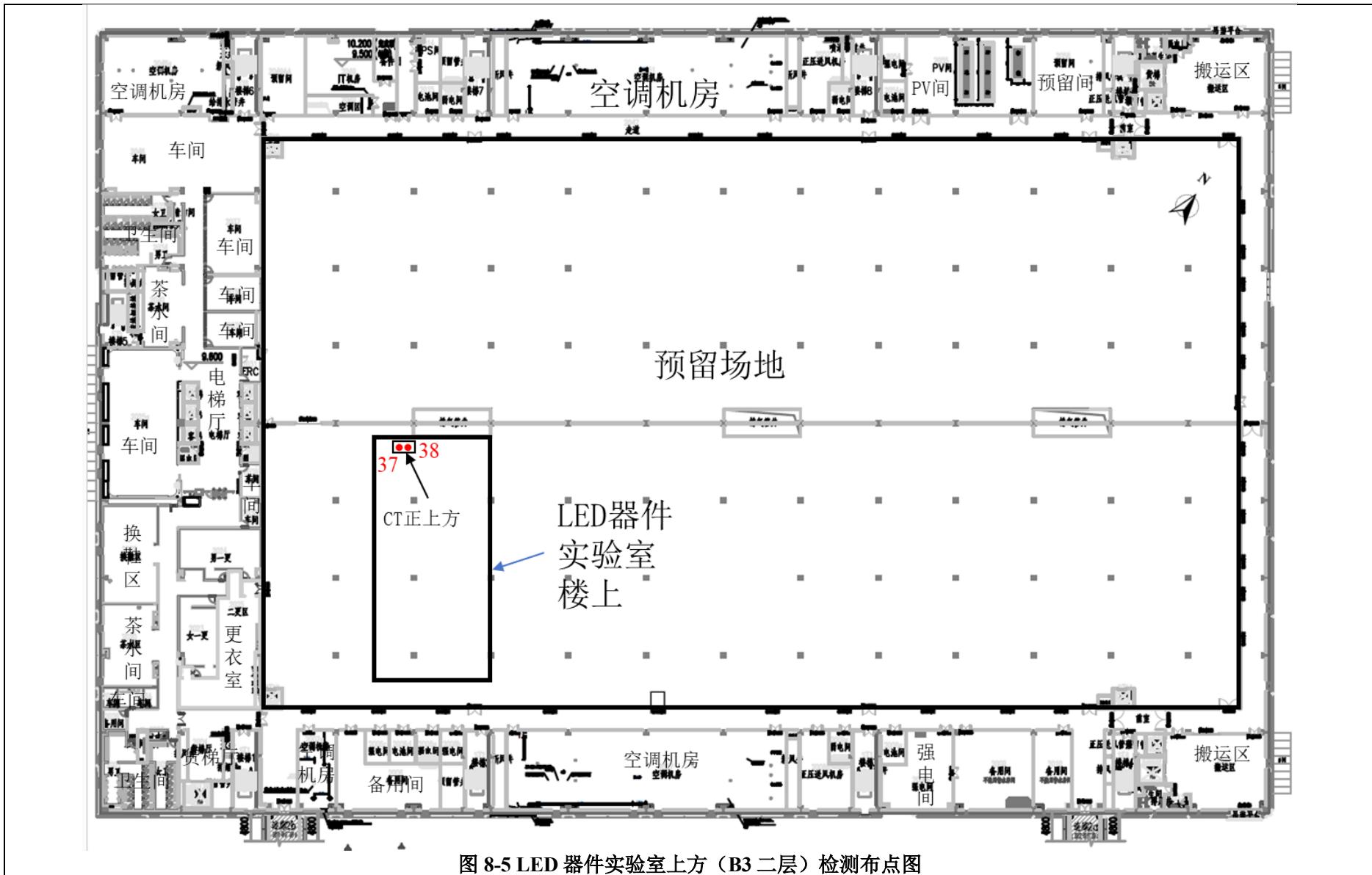
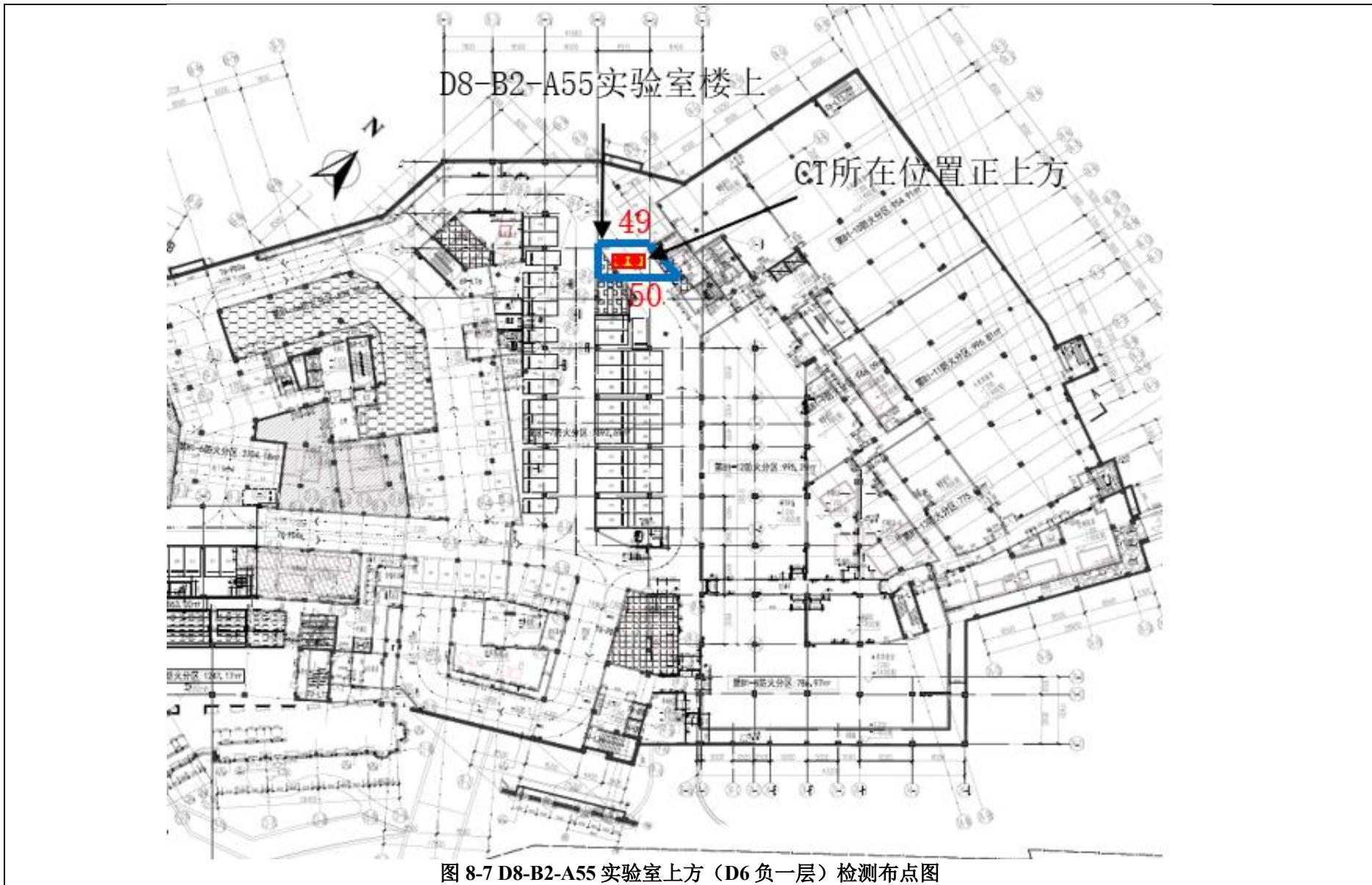
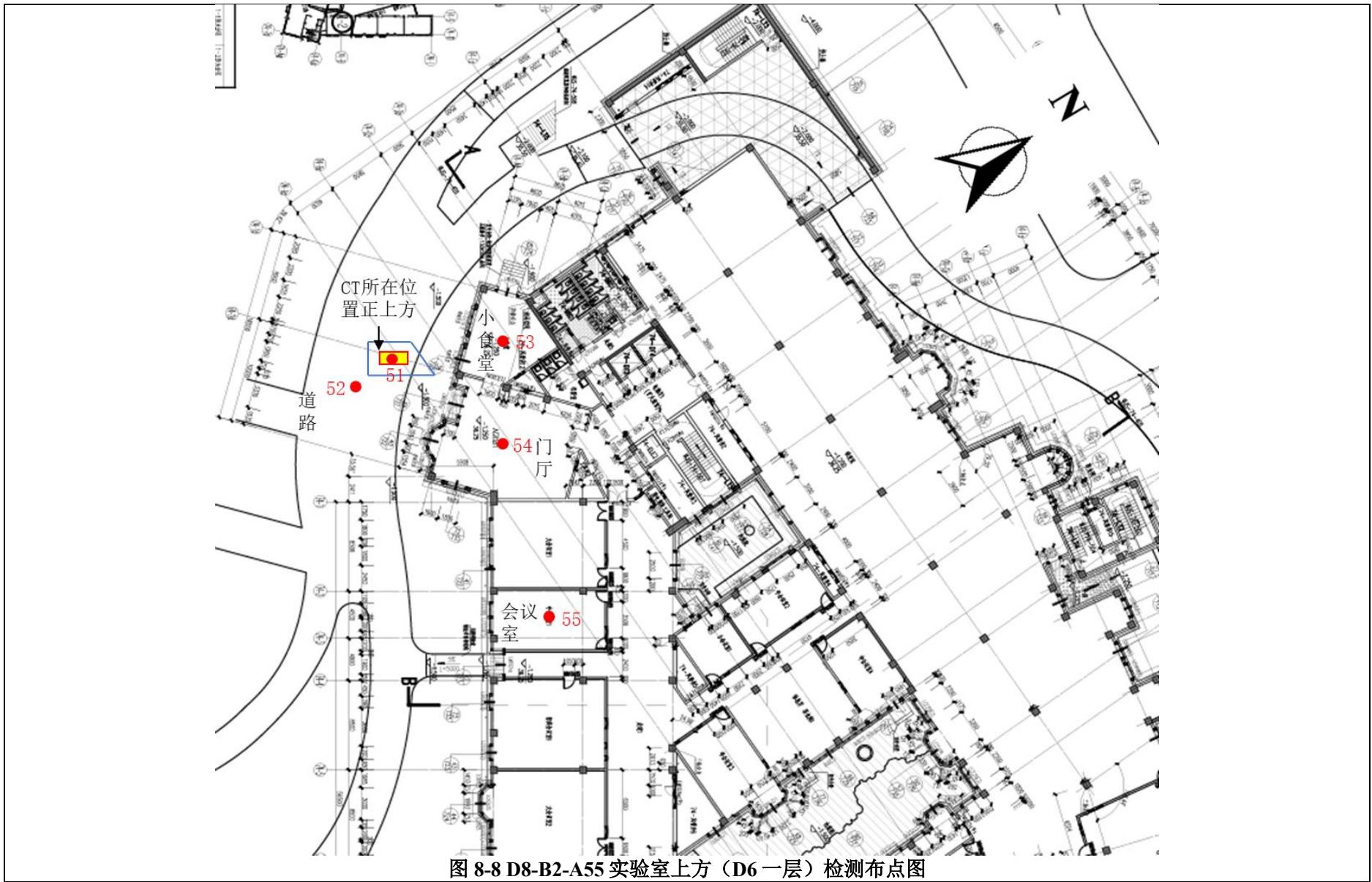


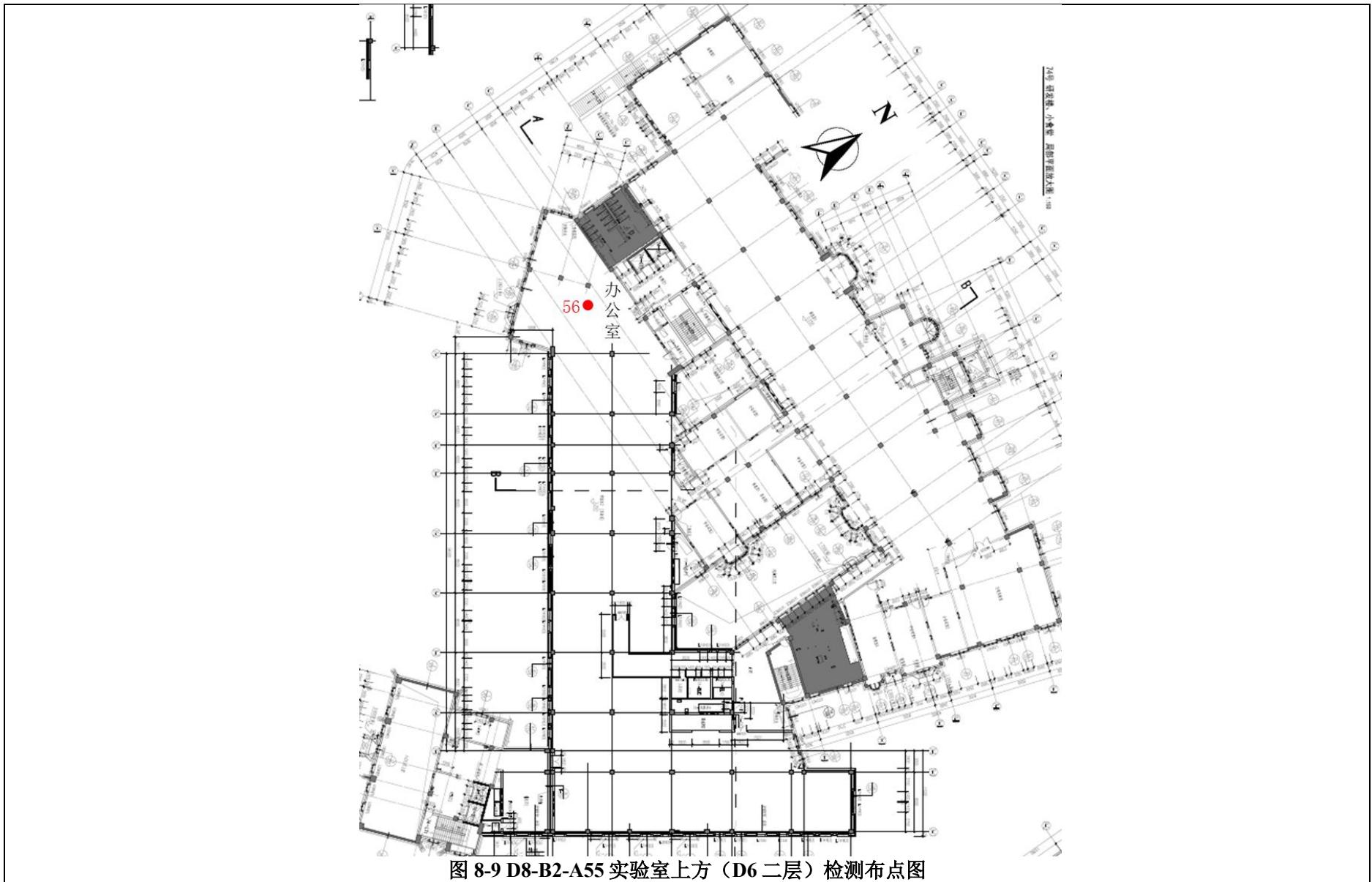
图 8-5 LED 器件实验室上方 (B3 二层) 检测布点图



图 8-6 D8-B2-A55 实验室 (D6 负二层) 检测布点图







8.4 监测方案

(1) 测量项目概述

项目名称：华为终端有限公司核技术利用建设项目环境 γ 辐射剂量率检测；

建设地点：广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区桃园路 3 号团泊洼 B 区，B3 栋 1 层 LED 器件实验室和 B5 栋 3 层无损分析室及环湖路华为溪流背坡村 D 区，D6 栋负二层 D8-B2-A55 实验室；

测量位置：拟建项目及其周围环境；

测量目的：环境 γ 辐射剂量率；

规模和范围：以评价项目设备屏蔽体为中心，周边 50m 范围左右；

辐射源类型：环境 γ 辐射；

监测因子：环境辐射 γ 剂量率。

(2) 测量要求

测量频次：1 次。

使用仪器：X- γ 辐射剂量率仪（6150AD-5/h+b/H）。

测量方法：即时测量。

测量程序：a) 开机预热；

b) 手持仪器，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 10 s 时间间隔读取 10 个数据，记录在测量原始记录表中。

(3) 数据处理

按照公式 8-1 进行数据处理：

$$\dot{D}_{\gamma} = k_1 \times k_2 \times R_{\gamma} - k_3 \times \dot{D}_c \quad (8-1)$$

其中， D_{γ} ——测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

k_1 ——仪器检定/校准因子，1.01；

k_2 ——仪器检验源效率因子，1；

R_{γ} ——仪器测量读数值均值，根据 HJ1157-2021，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393-2018，使用 ^{137}Cs 作为校准参考辐射源时，换算系数取 1.20 Sv/Gy 进行转换；

k_3 ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，本项目中均按照原野、道路取

1, 楼房取 0.8, 平房取 0.9;

D_c ——测点处宇宙射线响应值, Gy/h。本次测点与万绿湖水面测点的海拔高度、经纬度与湖面相差不大: 海拔高度差别 ≤ 200 m, 经度差别 ≤ 50 , 纬度差别 ≤ 20 , 可以不进行修正, 即可直接采用辐射仪(6150AD-5/h+b/H) 广东省河源市万绿湖(经纬度: 114.5684833, 23.7910950; 海拔高度为 113.4m) 的宇宙射线的响应值为 29nGy/h, 测量时间为 2025 年 02 月 18 日, 该值在宇宙射线响应值检测报告数据处理中已考虑了仪器校准因子、仪器检验源效率因子的影响。

8.5 质量保证

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 和《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021) 中有关辐射环境监测质量保证一般程序和监测机构的质量体系文件(包括质量手册、程序文件、作业指导书)实行全过程质量控制, 保证此次监测结果科学、有效。辐射环境监测质量保证主要内容有:

- ① 监测机构通过了计量认证;
- ② 监测前制定了详细的监测方案及实施细则;
- ③ 合理布设监测点位, 保证各监测点位布设的科学性和可比性;
- ④ 监测工作在气候条件良好的情况下开展;
- ⑤ 监测所用仪器已通过计量部门校准、检定合格, 且在校准、检定有效使用期内使用。监测仪器与所测对象在频率、量程、响应时间等方面相符合, 以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制, 严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行;
- ⑥ 监测人员均参加过相关的电离辐射监测培训, 均持证上岗;
- ⑦ 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常;
- ⑧ 现场监测严格按照规定的监测点位、方法、记录内容等进行, 按照科学方法处理异常数据和监测数据;
- ⑨ 建立完整的文件资料。仪器校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留, 以备复查;
- ⑩ 监测报告严格实行三级审核制度, 经过校对、审核, 签发。

8.6 监测结果

现场监测拟建项目周围检测结果见表 8-3, 检测布点见图 8-1~8-7, 检测报告见附

件 7。

表 8-3 环境 γ 辐射剂量率检测结果

实验室	编 号	监测点位	地面介质	测量值 (nGy/h)		备注
				平均值	标准差	
无损分析室	1	拟摆放设备位置	高架地板铝合金	123	1	楼房
	2	设备所在实验室		122	1	
	3	设备所在实验室西南侧 (光学、电性分析区)		115	1	
	4	设备所在实验室西北侧 (微纳结构分析室)		115	1	
	5	设备所在实验室东北侧 (化学品实验室)		117	3	
	6	设备所在实验室东北侧 (化学品实验室)		116	1	
	7	设备所在实验室东南侧 (化学品实验室)		115	2	
	8	设备所在实验室东南侧 (材料分析 1 区)		124	2	
	9	设备所在实验室西南侧约 42m (环保认证实验室)		116	2	
	10	设备所在实验室西北侧约 22m (室内过道)		121	5	
	11	设备所在实验室东北侧约 39m (车间)	环氧树脂	104	3	
	12	设备所在实验室东北侧约 47m (茶水间)	瓷砖	121	3	
	13	设备所在实验室东北侧约 43m (电梯厅)	瓷砖	134	3	
	14	设备所在实验室东南侧约 36m (专业实验区域)	高架地板铝合金	107	2	
LED 器件实验室	15	设备正下方 (B5 二层)	环氧树脂	149	3	道路
	16	设备正下方 (B5 二层)		149	3	
	17	设备正上方 (B5 楼顶)	水泥	132	3	
	18	设备正上方 (B5 楼顶)		131	3	
	19	一层室外道路	沥青	81	2	
	20	拟摆放设备位置	高架地板铝合金	92	4	楼房
	21	设备所在实验室		91	2	
	22	设备所在实验室东北侧 (室内过道)		107	3	
	23	设备所在实验室西北侧 (回风夹道)	环氧树脂	98	2	
	24	设备所在实验室西南侧 (白光实验室)	高架地板铝合金	81	1	
	25	设备所在实验室东南侧 (室内过道)		107	3	
	26	设备所在实验室东北侧约 39m (实验 A 区)		98	2	

D8-B2-A55 实验室	27	设备所在实验室西北侧约22m（实验B区）	瓷砖	95	3	楼房
	28	设备所在实验室西北侧约48m（室内过道）		108	2	
	29	设备所在实验室西北侧约45m（办公室）		106	2	
	30	设备所在实验室西南侧约23m（洽谈室）		89	2	
	31	设备所在实验室西南侧约35m（门厅）		99	2	
	32	设备所在实验室西南侧约45m（大门）		87	3	
	33	设备所在实验室西南侧约39m（换鞋区）		97	3	
	34	设备所在实验室西南侧约28m（茶水区）		107	2	
	35	设备所在实验室东南侧约22m（更衣区）		107	2	
	36	设备所在实验室东南侧约26m（货梯厅）		101	4	
	37	设备正上方（B3二层）	环氧树脂	106	3	
	38	设备正上方（B3二层）		107	2	
	39	拟摆放设备位置	胶质地板	133	3	道路
	40	设备所在实验室		132	2	
	41	设备所在实验室西北侧（实验室）		157	4	
	42	设备所在实验室西南侧（室内过道）	混凝土	156	3	
	43	设备所在实验室东南侧（机房）	胶质地板	131	2	
	44	设备所在实验室东南侧（实验室）		150	3	
	45	设备所在实验室西南侧约43m（室内过道）	混凝土	159	3	
	46	设备所在实验室东南侧约45m（室内过道）		132	3	
	47	设备所在实验室东南侧约47m（停车位）		127	3	
	48	设备所在实验室东南侧约48m（室内过道）		143	3	
	49	设备正上方（D6栋负一层，室内过道）		131	2	
	50	设备正上方（D6栋负一层，室内过道）		132	2	
	51	设备正上方（D6栋一层，室外道路）		110	2	
	52	D6栋一层（室外园区道路）	瓷砖	109	3	
	53	D6栋一层（小食堂）		107	2	楼房
	54	D6栋一层（门厅）		104	3	

	55	D6 栋一层（会议室）		120	3	
	56	D6 栋二层（办公室）		128	4	

注：（1）测量时仪器探头垂直向下，距离地面 1m 高；
 （2）所有测量值均已扣除仪器对宇宙射线的响应，每个测量点测量 10 个读数；
 （3）所有测量值经刻度及校正系数修正，仪器使用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

8.7 监测结果评价

现场检测共布设了 56 个点位，其中团泊洼 B3 栋 1 层 LED 器件实验室共布设选取代表性检测点位 19 个，团泊洼 B5 栋 3 层无损分析室共布设选取代表性检测点位 19 个，溪流背坡村 D6 栋负二层 D8-B2-A55 实验室共布设选取代表性检测点位 18 个，根据检测结果，现场调查时拟建项目位置剂量率和周围环境的 γ 辐射剂量率监测结果水平相当，拟建项目位置及周边环境室内 γ 辐射剂量率监测结果为 81nGy/h~159nGy/h，道路 γ 辐射剂量率监测结果为 81nGy/h~110nGy/h。

本项目对照《中国环境天然放射性水平》（原子能出版社）的调查研究结果进行评价。由于本项目所在东莞市原属惠州管辖范围，于 1988 年设立地级市，因此，本项目对照《中国环境天然放射性水平》中惠州的调查研究结果：惠州内 γ 辐射剂量率调查范围为 77.4~264.1nGy/h，道路 γ 辐射剂量率调查范围为 50.0~176.8nGy/h。与本次检测结果进行对比可知，评价项目周边室内与道路 γ 辐射剂量率与《中国环境天然放射性水平》中调查水平相当。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工作原理

(1) X 射线产生原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成，其中 X 射线管由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，X 射线管示意图如图 9-1 所示。X 射线管阴极是钨制灯丝，它装在聚集杯中，当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束，向嵌在阳极中的金属靶体射击，灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能(其中的 1%)会以光子(X 射线)形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称之为轫致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。通过加大加速电压，电子携带的能量增大，则有可能将金属原子的内层电子撞出，于是内层形成空穴，外层电子跃迁回内层填补空穴，同时放出波长在 0.1 纳米左右的光子，形成 X 光谱中的特征线，此称为特性辐射。

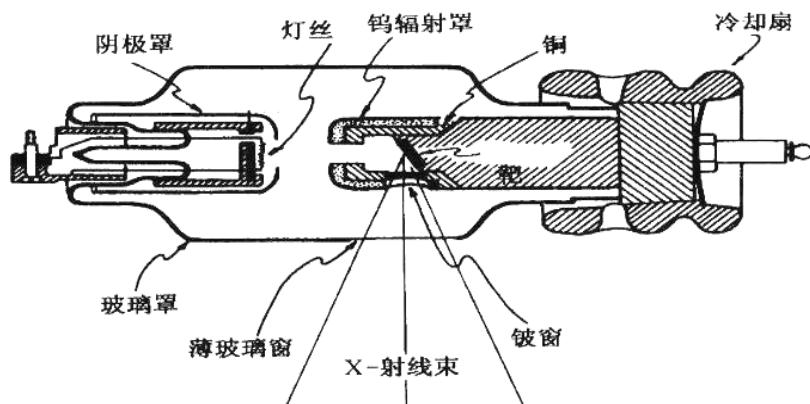


图 9-1 典型 X 射线管结构图

从 X 射线管阴极上射在钨靶上的电子形成的电流叫做管电流，加在 X 射线管两极上的高压即为管电压，产生的 X 射线最高能量等于管电压值。X 射线管产生的 X 射线的强度与靶物质的原子序数 Z 成正比，与电子流强度成正比，与电子加速电压(管电压)U 的平方成正比。所以，X 射线机的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。一般 X 射线机的管电压(峰值)从几十千伏至几百千伏。虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线管保护罩上的窗口引出来，其他方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉，准直性较高。

(2) 具有工业 CT 功能 X 射线检测系统工作原理

电子计算机断层摄影(Computedtomography, 简称 CT)是近十年来发展迅速的电子计算机和 X 射线相结合的一项新颖的诊断新技术。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面(被检测对象的薄层，或称为切片)的投影数据，用来重建该剖面的图像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强，同时断层图像中图像强度(灰度)数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系，发现被检对象内部辐射密度的微小变化。

9.1.2 设备简介以及操作流程

本次评价项目拟使用 4 台 CT 型 X 射线检测系统，以下为本项目涉及的设备介绍：

一、YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统

YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统的设备主体由防护门、射线管维护门、控制箱、机械泵维护门、探测器维护门、冷却水维护门和工作台等组成。X 射线检测系统主要由双射线管(微米焦点：225kV, 3.0mA、纳米焦点：190kV, 1.0mA)、高压发生装置、控制装置、冷却装置系统、探测器、计算机成像及图像重建系统、图像分析和评估系统，以及射线防护辅助装置等组成。X 射线检测系统整机为进口国外一体化组装机，内含 2 个射线管，射线管之间的切换需要在软件中点击选择切换，方可完成切换且两个射线管不能同时激活使用。

225kV 射线管，能量低，分辨率高，主要应用于轻质样品或中小样品的检测，如橡胶、塑料、电路板、小型 3D 打印器件、化石、陶瓷等材料的检测；新型水冷 190 kV 射线管，可实现高达 150 nm 的 2D 细节可见度。

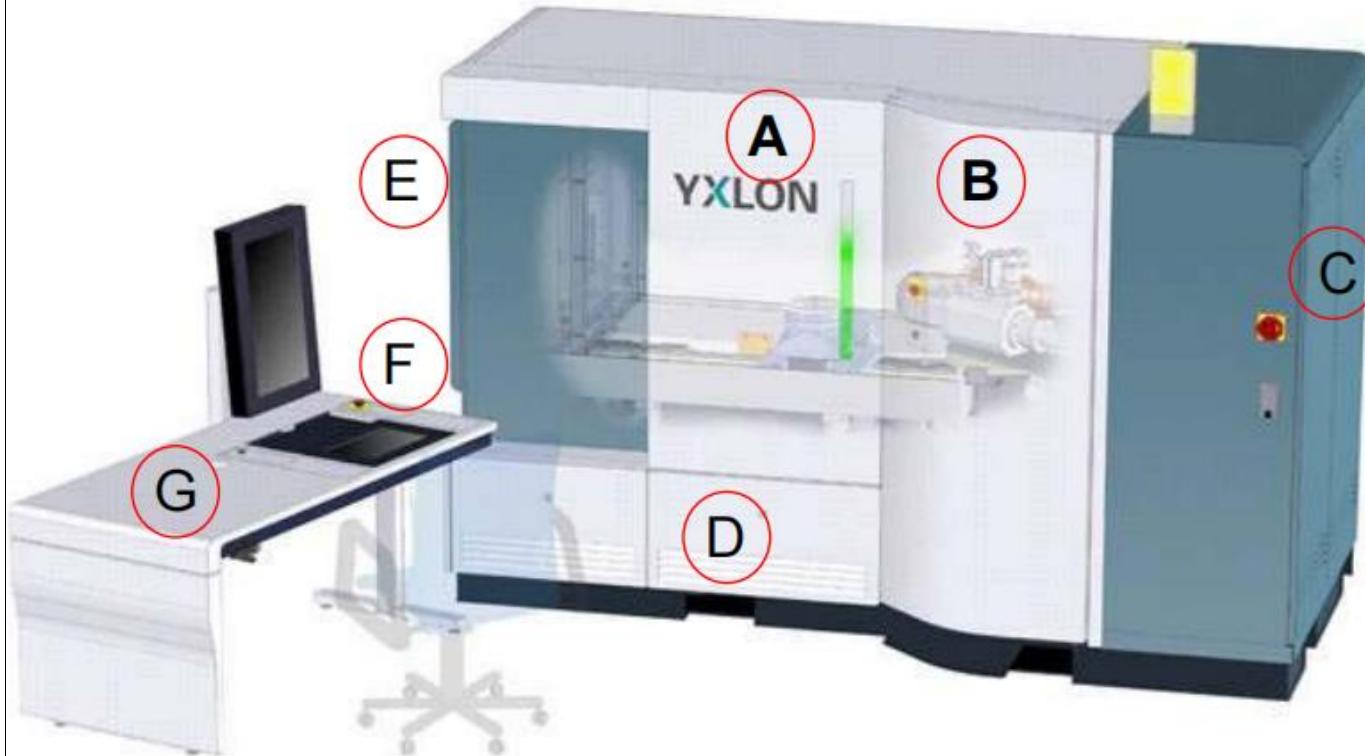
X 射线检测系统配套有防护铅房，铅房内配有实时监控的摄像头、门机联锁、急停开关、工作状态指示灯、各种电缆等。本项目 X 射线检测装置工作方式：X 射线球管、探测器和试件台等在铅房内。工作人员打开防护门，将工件固定于试件台上，之后工作人员在关闭防护门。采用门机联锁（机械联锁与电子联锁）的方式进行安全控制，防护门未关闭的情况下不能打开高压产生射线，X 射线出束时打开防护门，高压电源将立即被切断，X 射线停止出束。X 射线透过待检工件后由探测器接

收，然后再由重构软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息。扫描过程中工件通过载物台进行 360 度旋转，以获取工件每个部位的 2D 图像，进行 3D 重构，得到工件的 3D 内部结构图。工作人员主要逗留位置为装置防护门外和操作位。本项目 X 射线检测系统设计图详见图 9-2、图 9-3。

YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统配套有防护铅房。操作流程：1) 工作人员依次打开设备电源开关和钥匙开关；2) 待检工件通过打开防护门放入屏蔽体内进行检测，关闭防护门；3) 通过控制面板上的按钮启动检测和分析程序，根据需要射线类型在操作台上的电脑软件操作界面选定使用的 225kV 微焦点射线管或 190kV 纳米焦点射线管，选定的射线管按固定的 ZSR 轴旋转到指定照射位置（两球管的指定照射位置相同，两球管共用 1 个探测器）；4) 开始出束检测，工件被固定在试件台上，工件通过试件台在 X 射线管和探测器之间运动，X 射线辐射过程中，主射线朝向左侧探测板，试件台以及工件在辐射光路中运动；5) 借助操作位置上的图像摄制和处理系统完成 X 射线图像的分析或进一步处理。

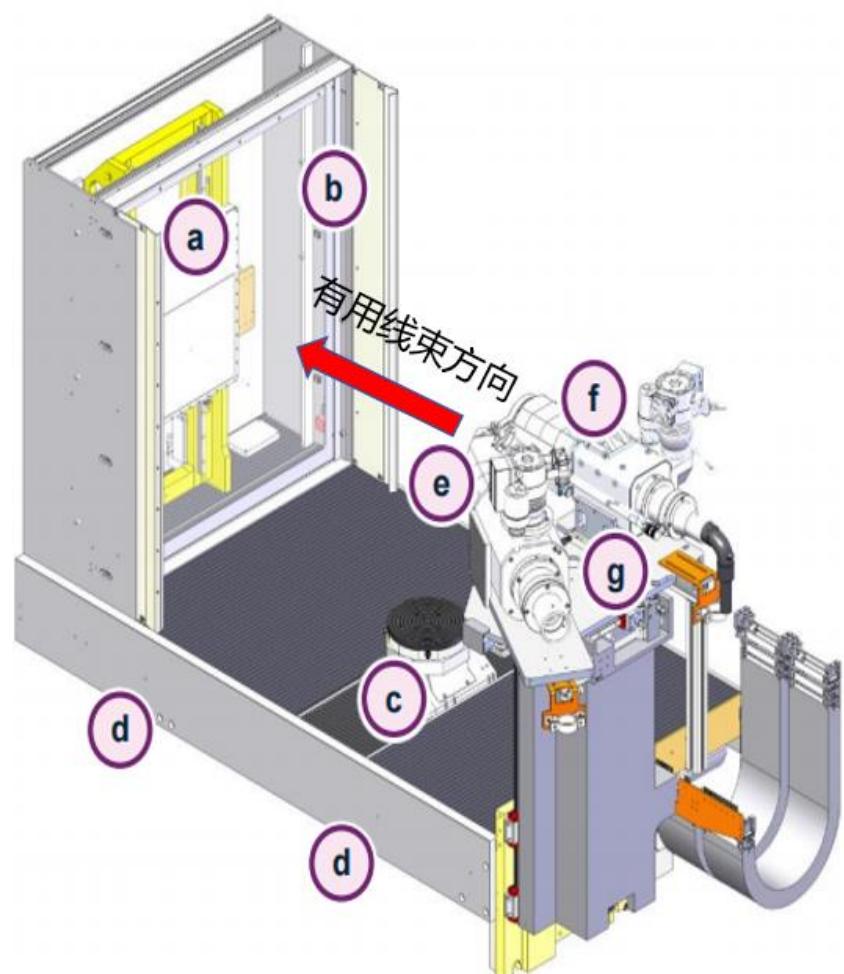
探测工件本身可在水平面 XO 轴和 YO 轴运动及 ZOR 轴转动，移动 X 射线管 ZS 轴可上下移动，但在检测中球管 ZSR 轴不旋转（保证每次检测仅使用 1 个球管），检测器探测元件可上下移动。工件（载物台）移动距离左/右运动(XO 轴) \pm 150mm、前/后（YO 轴）200mm-900mm、摆动（XOR 倾斜轴） \pm 30°、旋转（ZOR 旋转轴）360°，球管移动距离上下运动（ZS 轴）500mm，探测器水平移动距离（YD 轴）510mm、探测器垂直移动距离（ZD 轴）500mm 等。球管垂直方向升降运动范围离顶部最近至 300mm，离底面最近至 1100mm。设备球管和探测器运动见图 9-4。

操作人员放置好工件、关闭好防护门、设置好检测参数后，设备完成分析测试工作，检测完成自动保存分析数据，在扫描过程中得到工件的 3D 内部结构图。X 射线出束期间，操作人员一般位于设备自带计算机系统的操作位或记录位置，通过计算机控制设备工作，出束期间无需人员干预。



- A. 防护门
- B. 射线管维护门
- C. 控制箱
- D. 机械泵维护门
- E. 探测器维护门
- F. 冷却水维护门
- G. 工作台

图 9-2 YXLON FF35 CT 型设备外观示意图

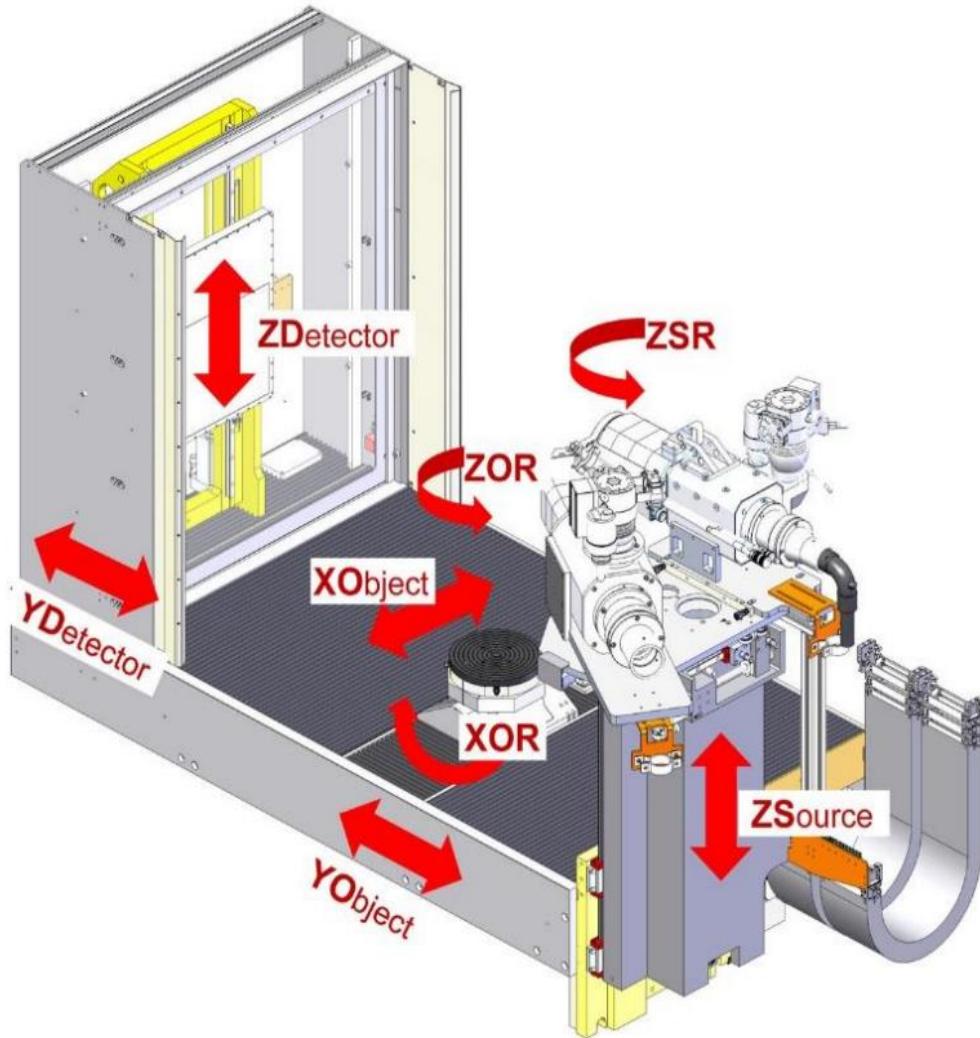


插图说明

- a 探测器
- b 探测器保护板
- c 试件台
- d 用于隔振的器件
- e 225 kV 直接辐射 X 射线管
- f 190 kV 传输 X 射线管(选项)
- g 用于防碰撞保护的摄像机

图 9-3 YXLON FF35 CT 型设备内部结构示意图

插图说明



YD	水平探测器 (FDD 轴)
ZD	垂直探测器
XO	水平试件
YO	水平试件 (FOD 轴)
ZOR	试件旋转
ZS	垂直 X 射线管

轴选项:

XOR	是试件摆动轴 (倾斜轴)
ZSR	旋转 X 射线管

图 9-4 YXLON FF35 CT 型设备球管与探测器运动方式

二、Xradia510Versa CT 型 X 射线检测系统

Xradia510Versa CT 设备主要由带铅板防护的测量室、系统控制柜、数据处理工作站、X 射线系统、探测器成像系统、机械控制系统、图像采集系统、射线防护系统和电气控制系统等组成。X 射线检测系统配套有防护铅房，铅房内配有实时监控的摄像头、门机联锁、急停开关、工作状态指示灯、各种电缆等。本项目 X 射线检测装置工作方式：X 射线球管、探测器和试件台等在铅房内，工作人员打开防护门，将工件放置于试件台，之后工作人员在关闭防护门。采用门机联锁（机械联锁与电子联锁）的方式进行安全控制，防护门未关闭的情况下不能打开高压产生射线，X 射线出束时打开防护门，高压电源将立即被切断，X 射线停止出束。X 射线透过待检工件后由探测器接收，然后再由重构软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息。扫描过程中工件可通过试件台进行 360 度旋转，以获取工件每个部位的 2D 图像，进行 3D 重构，得到工件的 3D 内部结构图。工作人员主要逗留位置为装置防护门外和操作位。本项目 X 射线检测系统设计图详见图 9-5、图 9-6。

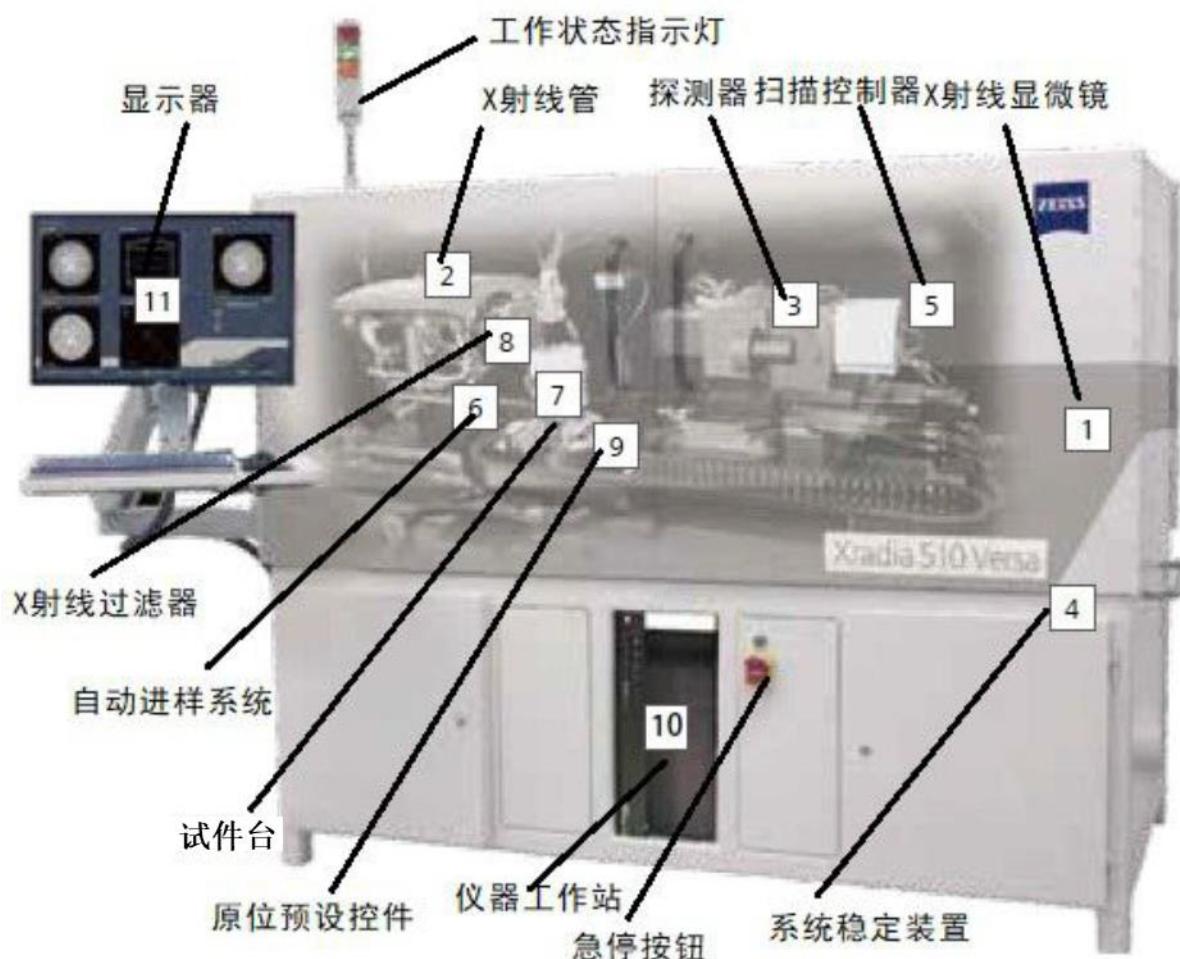


图 9-5 Xradia510Versa CT 型设备外观示意图

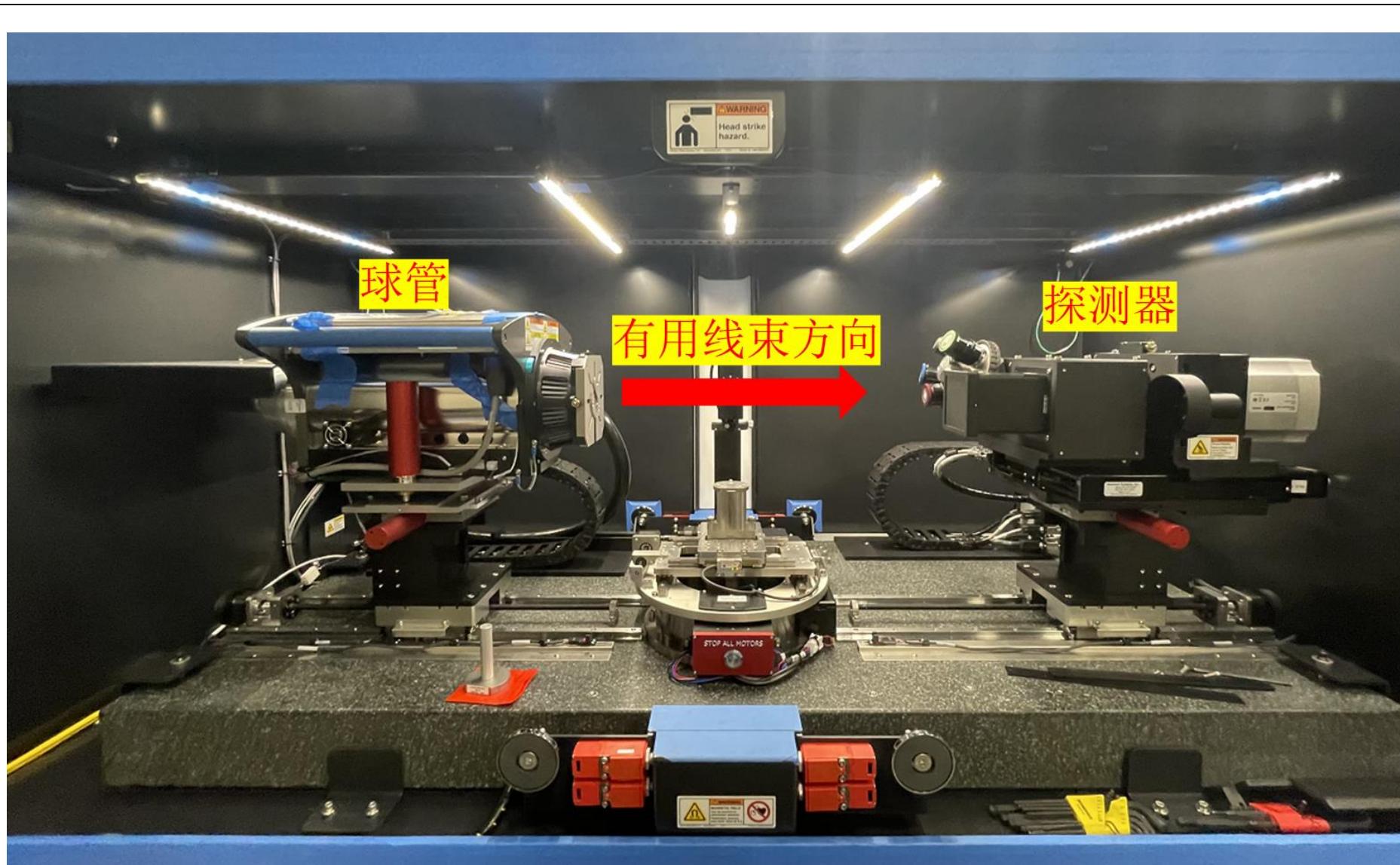


图 9-6 Xradia510Versa CT 型设备内部图

Xradia510Versa 型 X 射线检测系统配套有防护铅房。操作流程：1) 工作人员依次打开设备电源开关和钥匙开关；2) 待检工件通过打开防护门放入屏蔽体内进行检测，关闭防护门；3) 通过控制面板上的按钮启动检测和分析程序；4) 开始出束检测，工件被固定在试件台上，工件通过试件台在 X 射线管和探测器之间运动，X 射线辐射过程中，主射线朝向右侧探测板，试件台以及工件在辐射光路中运动；5) 借助操作位置上的图像摄制和处理系统完成 X 射线图像的分析或进一步处理。工件（试件台）移动距离左/右运动(Z轴)±52mm、前/后(X轴) 52mm、上下(Y轴) ±101mm、旋转(YOR 旋转轴) 360°，球管移动距离左右运动(Z 轴) 190mm，探测器水平移动距离(Z 轴) 300mm 等。球管垂直方向升降运动范围离顶部最近至 352mm，离底面最近至 471mm。设备球管和探测器运动见图 9-7。

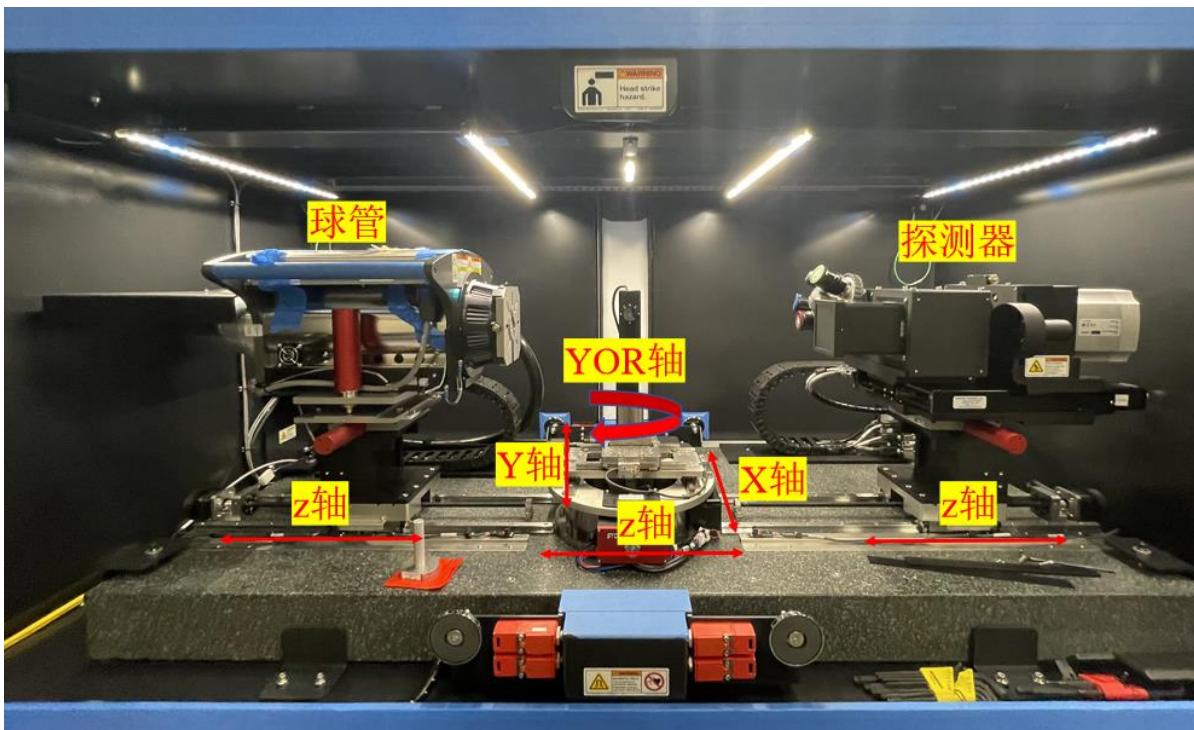


图 9-7 Xradia510Versa CT 型设备球管与探测器运动方式图

操作人员放置好工件、关闭好防护门、设置好检测参数后，设备完成分析测试工作，检测完成自动保存分析数据，在扫描过程中得到工件的 3D 内部结构图。X 射线出束期间，操作人员一般位于设备自带计算机系统的操作位或记录位置，通过计算机控制设备工作，出束期间无需人员干预。

三、TESCAN UniTOM XL CT 型 X 射线检测系统

TESCAN UniTOM CT 设备主要由工作警示灯、主电源开关、急停按钮、装载门和观察窗、操作台、服务器机柜、电控柜、冷却装置、高压发生器、机箱冷却器、

真空泵、屏蔽厢体、X射线管、探测器、探测器挂架、探测器平移轴、载物台、移动轴、样品安装板、计算机成像及图像重建系统、图像分析和评估系统，以及射线防护辅助装置等组成。本项目 X 射线检测装置工作方式：X 射线球管、探测器和载物台等在铅房内，工作人员打开防护门，将工件固定于载物台上，之后工作人员在关闭防护门。采用门机联锁（机械联锁与电子联锁）的方式进行安全控制，防护门未关闭的情况下不能打开高压产生射线，X 射线出束时打开防护门，高压电源将立即被切断，X 射线停止出束。X 射线透过待检工件后由探测器接收，然后再由重构软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息。扫描过程中工件可在转台进行 360 度旋转，以获取工件每个部位的 2D 图像，进行 3D 重构，得到工件的 3D 内部结构图。工作人员主要逗留位置为装置防护门外和操作位。设备设计图详见图 9-8、图 9-9。

TESCAN UniTOM CT 型 X 射线检测系统配套有防护铅房。操作流程：1) 工作人员依次打开设备电源开关和钥匙开关；2) 待检工件通过打开防护门放入屏蔽体内进行检测，关闭防护门；3) 通过控制面板上的按钮启动检测和分析程序；4) 开始出束检测，将工件固定于载物台上，工件通过载物台在 X 射线管和探测器之间运动，X 射线辐射过程中，主射线朝向右侧探测板，载物台以及工件在辐射光路中运动；5) 借助操作位置上的图像摄制和处理系统完成 X 射线图像的分析或进一步处理。

工件（载物台）移动距离左/右运动(XO 轴) \pm 30mm、前/后（YO 轴）10-250mm、旋转（ZOR 旋转轴） 360° ，球管移动距离上下运动（ZS 轴）10-940mm，探测器水平移动距离（YD 轴）390-2030mm、探测器垂直移动距离（ZD 轴）10-940mm 等。球管垂直方向升降运动范围离顶部最近至 300mm，离底面最近至 128mm。运动情况详见图 9-10。

操作人员放置好工件、关闭好防护门、设置好检测参数后，设备完成分析测试工作，检测完成自动保存分析数据，在扫描过程中得到工件的 3D 内部结构图。X 射线出束期间，操作人员一般位于设备自带计算机系统的操作位或记录位置，通过计算机控制设备工作，出束期间无需人员干预。

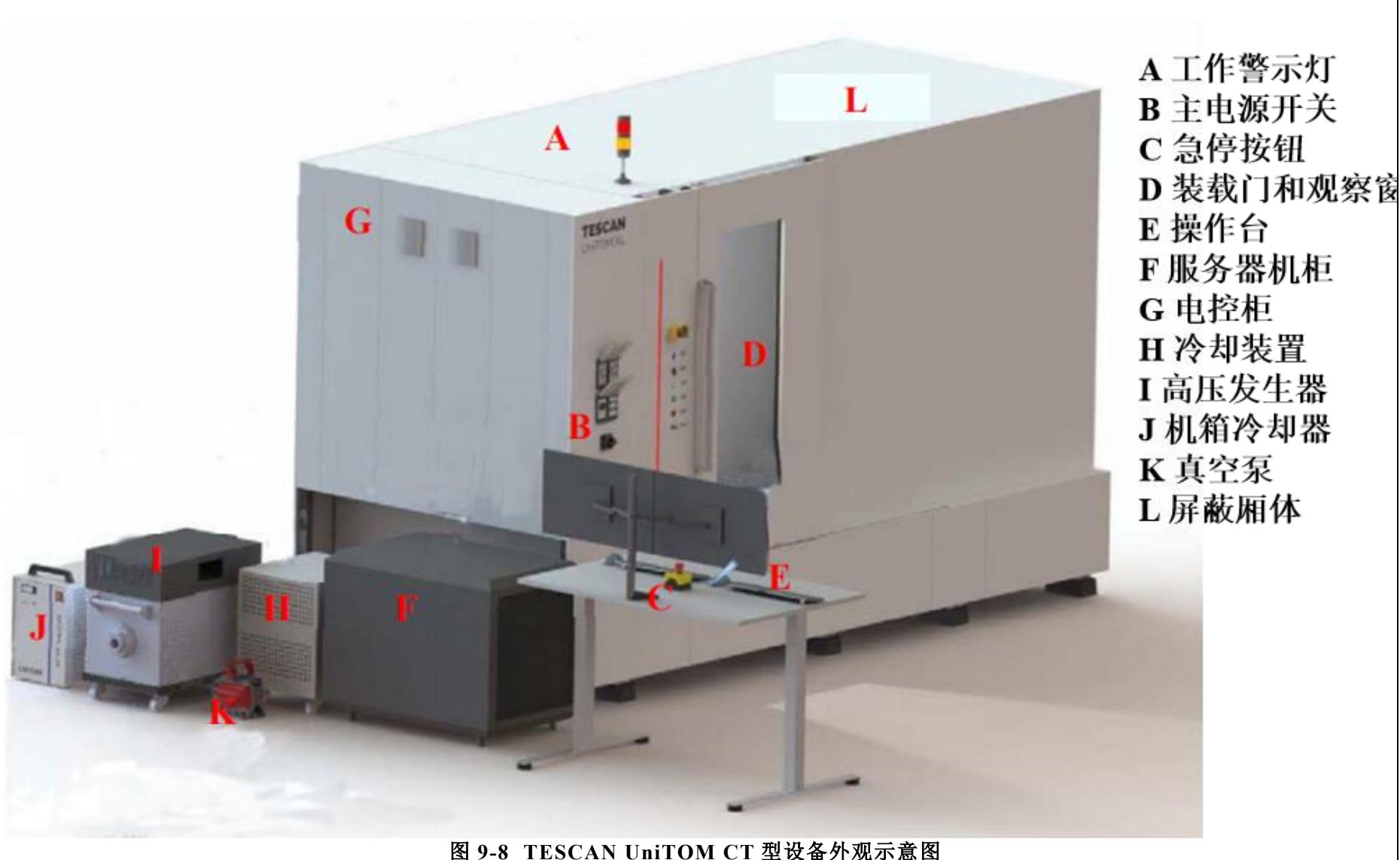


图 9-8 TESCAN UniTOM CT型设备外观示意图

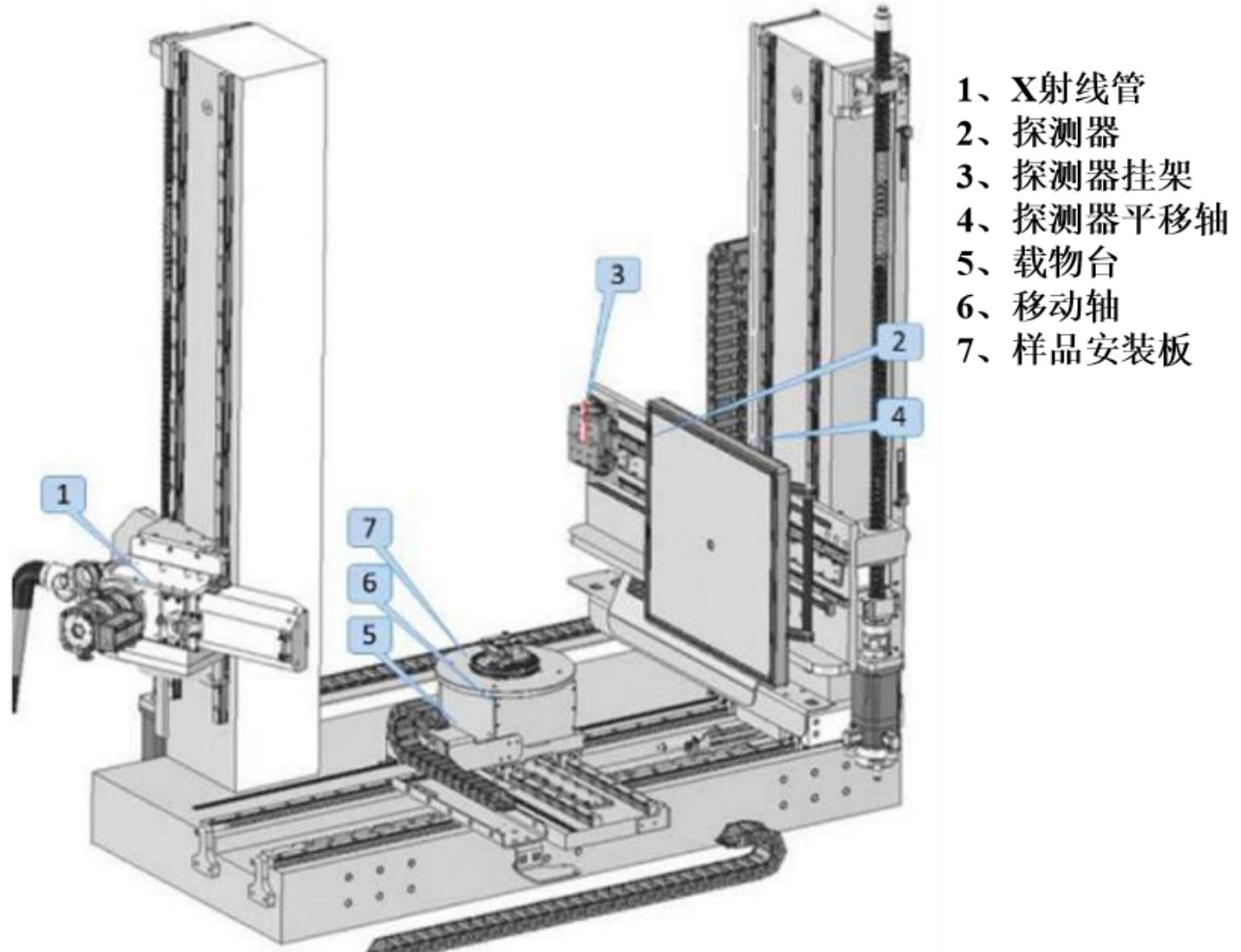
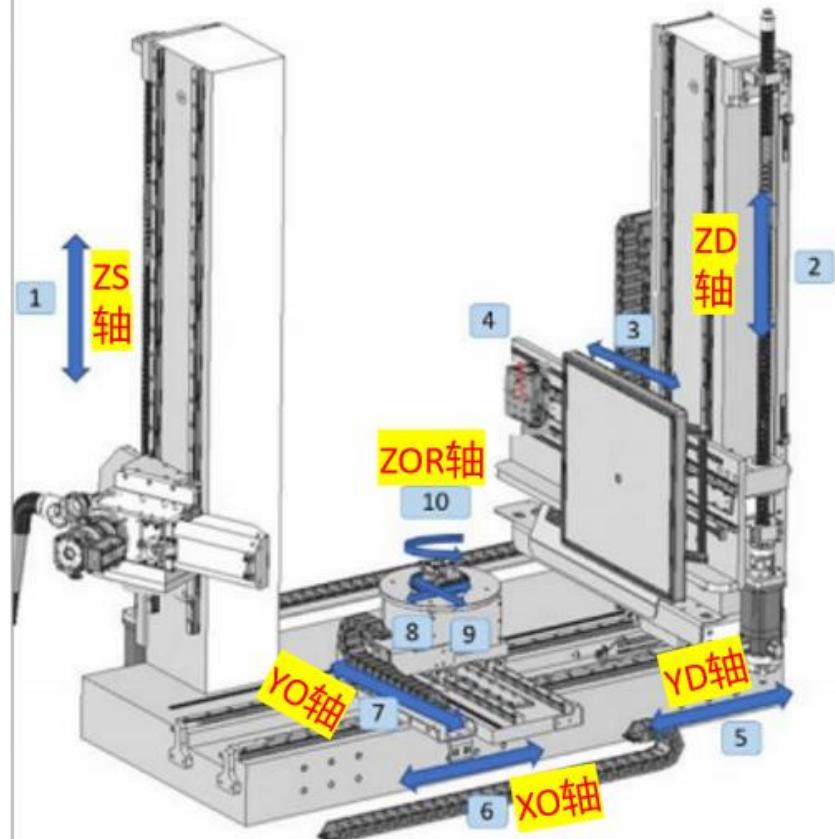


图 9-9 TESCAN UniTOM CT 型设备内部结构示意图



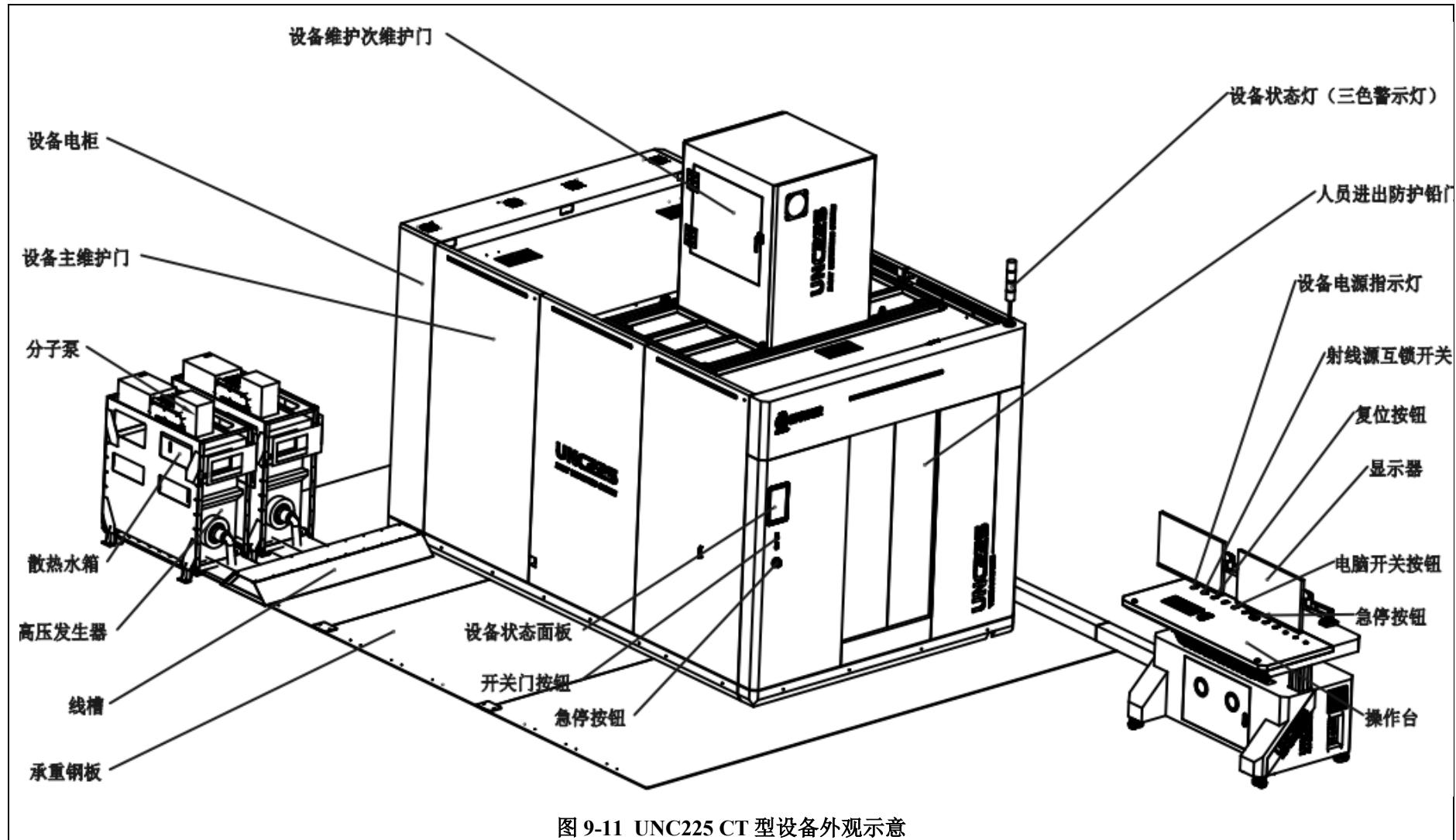
- 1 Ver_{_}tube:** 射线管垂直运动
2 Ver_{_}det: 探测器垂直运动
3 Tra-det: 探测器平移
4 Tra-det2: 探测器平移***5 Mag-det:** Detector Magnification
6 Mag_obj: Object Magnification
7 Tra-Obj: 样品台平移
8 X-stage: X轴样品平移
9 Y-stage: Y轴样品平移
10 Rotation: 样品旋转
* 选配

图 9-10 TESCAN UniTOM CT 型设备球管与探测器运动方式图

四、UNC225 CT型X射线检测系统

该设备有三种使用模式：跌落模式（跌落模式是指将待检工件吸附在吸盘上，使工件跌落，对跌落后工件内部进行无损观测，跌落模式需要同时开启双射线管）、螺旋CT模式（单射线管）、平面CT模式（单射线管）。UNC225 CT设备主要由设备状态灯、急停按钮、人员进出防护铅门、操作台、设备主维护门、设备维护次维护门、设备电柜、高压发生器、散热水箱、分子泵、屏蔽厢体、双射线管（两球管参数一致：225kV, 3mA）、探测器、旋转驱动电机、载物台、移动轴、计算机成像及图像重建系统、图像分析和评估系统，以及射线防护辅助装置等组成。本项目X射线检测装置工作方式：X射线球管、探测器和载物台等在铅房内，工作人员打开人员进出防护铅门（简称防护门），将工件固定在载物台上（CT模式）或将工件吸附在吸盘上（跌落模式），之后工作人员再关闭防护门。采用门机联锁（机械联锁与电子联锁）的方式进行安全控制，防护门未关闭的情况下不能打开高压产生射线，X射线出束时打开防护门，高压电源将立即被切断，X射线停止出束。X射线透过待检工件后由探测器接收，然后再由重构软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息。扫描过程中工件通过载物台进行360度旋转，以获取工件每个部位的2D图像，进行3D重构，得到工件的3D内部结构图。工作人员主要逗留位置为装置防护门外和操作位。本项目X射线检测系统设计图详见图9-11、图9-12。

UNC225 CT型X射线检测系统配套有防护铅房。操作流程：1) 工作人员依次打开设备电源开关和钥匙开关；2) 人员通过人员进出防护门进入屏蔽体内，工作人员进入屏蔽体时会佩戴个人剂量报警仪和个人剂量计，将工件固定在载物台上（CT模式）或将工件吸附在吸盘上（跌落模式），人员退出后关闭防护门；3) 通过控制面板上的按钮启动检测和分析程序，选定使用模式；4) 开始出束检测，工件通过载物台在X射线管和探测器之间运动，X射线辐射过程中，主射线朝向右侧探测板，工件通过载物台在辐射光路中运动；5) 借助操作位置上的图像摄制和处理系统完成X射线图像的分析或进一步处理。工件（载物台）移动距离上下运动（Z轴）400mm、旋转（旋转轴）360°，两个X射线管移动距离上下运动（Z轴）200mm、前后运动（X轴）0-230mm、旋转角度（Y轴）为±15°，两个探测器前后移动距离（X轴）0-580mm、探测器旋转角度（Y轴）为±15°等。球管垂直方向升降运动范围离顶部最近至750mm，离底面最近至900mm。设备球管和探测器运动见图9-13。



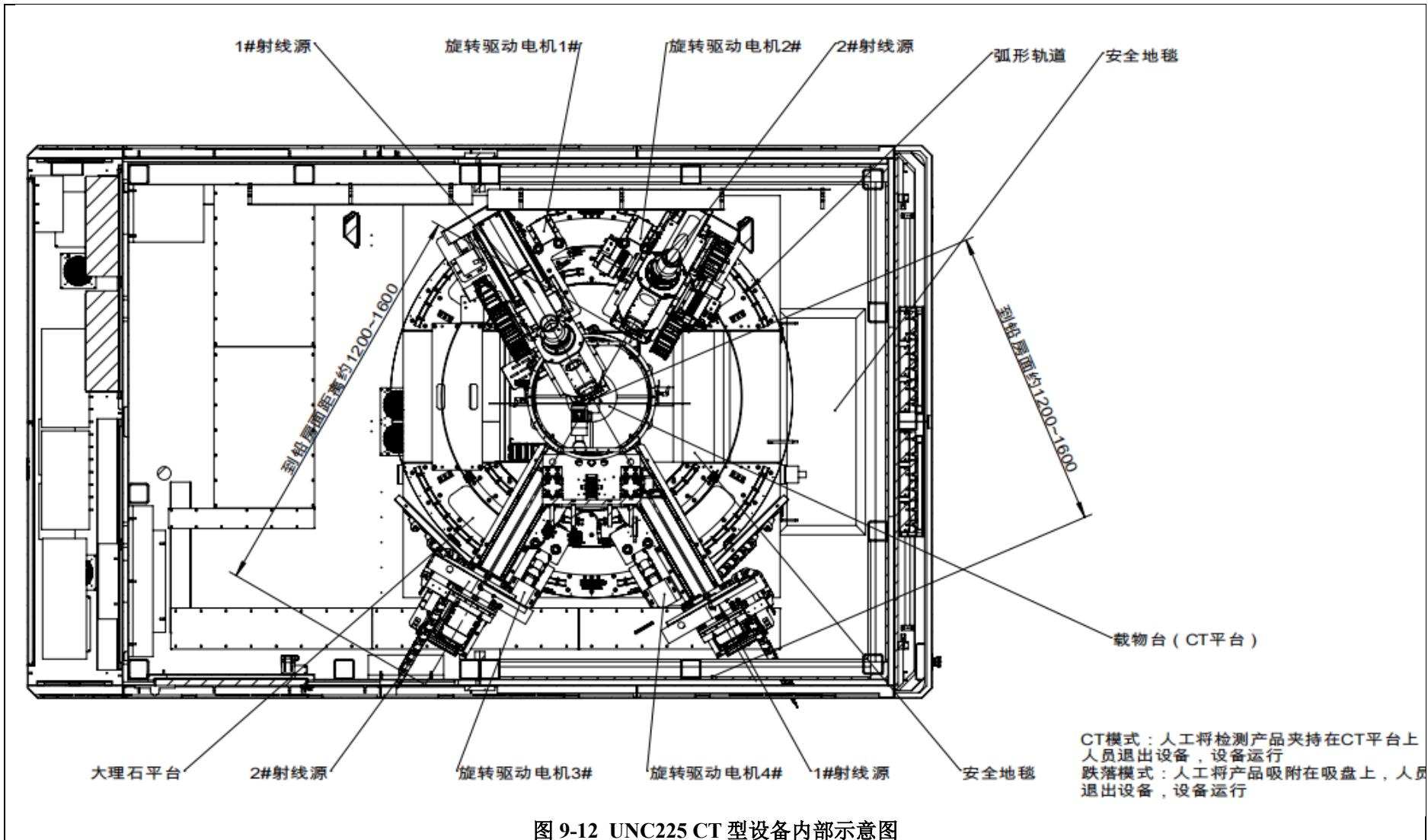


图 9-12 UNC225 CT 型设备内部示意图

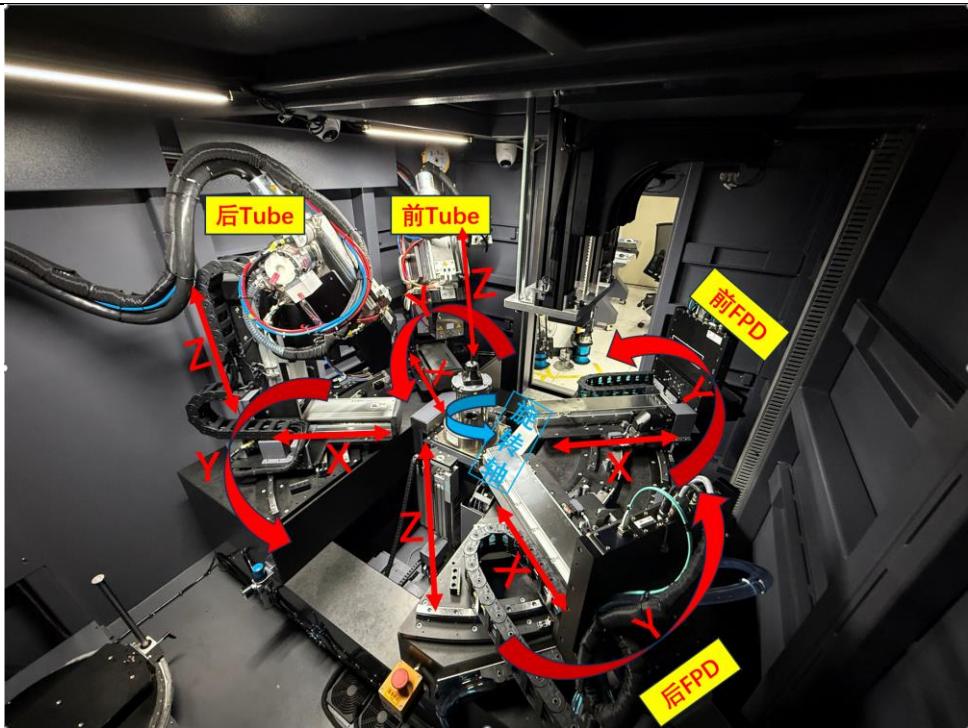


图 9-13 TESCAN UniTOM CT 型设备球管与探测器运动方式图

操作人员放置好工件、关闭好防护门、设置好检测参数后，设备完成分析测试工作，检测完成自动保存分析数据，在扫描过程中得到工件的 3D 内部结构图。X 射线出束期间，操作人员一般位于设备自带计算机系统的操作位或记录位置，通过计算机控制设备工作，出束期间无需人员干预。

9.1.3 产污环节

本项目 X 射线检测系统检测工艺流程及产污环节如图 9-14 所示，项目运营中产生的主要污染为 X 射线检测系统工作过程中产生的 X 射线、臭氧以及氮氧化物。



图 9-14 本项目使用的设备检测工艺流程及产污图

9.1.4 人员配备和工作负荷

根据建设单位介绍，本项目四台设备投入使用后，拟安排共 16 名辐射工作人员，每天安排一班，每班安排 4 人负责该设备的操作，任意一人在操作位控制设备，另外三人摆放工件，。在整个工作期间，一年最多工作 240 天，每天工作 6 小时，该设备预计每年检测工件不超过 1440 件，每件工件曝光扫描 1 次，单次曝光扫描时间不超过 40 分钟，单次摆件时间约为 20 分钟，摆件时装置不出束，设备年最大出束时间为 $1440 \text{ 件} \times 40\text{min}/\text{件} \div 60\text{min}=960\text{h}$ ，辐射工作人员的操作时间最大不会超过 960h/a。

表 9-1 本项目人员配置及工作负荷

工作场所	计划配备人数	工作制度	辐射工作人员年最大操作设备出束时间	辐射工作人员周最大操作设备出束时间
无损分析室	8 名	每天一班，每天工作 6 小时，每班 4 人，每年 240 天	960h	20h
LED 器件实验室	4 名	每天一班，每天工作 6 小时，每班 4 人，每年 240 天	960h	20h
D8-B2-A55 实验室	4 名	每天一班，每天工作 6 小时，每班 4 人，每年 240 天	960h	20h

本项目拟安排的 16 名辐射工作人员，均参加辐射安全与防护培训并考核合格。本项目使用的设备主要用于公司产品 3D 内部结构检测与分析，人员配置能够满足日常工作需求。

9.2 污染源项描述

本项目 X 射线检测系统工作时辐射环境影响因子为 X 射线，由 X 射线检测系统工作原理及产污流程分析可见，X 射线管为本项目的辐射源。

X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，高电压加在 X 射线管的两极之间，高能量电子轰击靶体通过轫致辐射产生 X 射线，X 射线在辐射场中可分为三种射线，由 X 射线管窗口出射的用于检测的有用射线；由 X 射线管防护套泄漏出来的漏射线；以及由上述两种射线在检测设备上产生的散射线。以及产生的 X 射线与空气电离产生的微量臭氧和氮氧化合物。

根据厂家提供的材料，本项目涉及 4 台不同型号的 X 射线检测系统，具体射线管源项参数见表 9-2~9-5。

表 9-2 YXLON FF35 型源项参数（厂家提供）

技术参数	225kV 射线源	190kV 射线源
最大管电压	225kV	190kV
最大管电流	3mA	1mA
最大发射角	45°	170°
滤过材料	1mmAl	1mmAl
距靶点 1m 处剂量率	0.63mGy·m ² /mA·s	0.61mGy·m ² /mA·s
距靶 1m 处的泄漏辐射剂量率	5mSv/h	2.5mSv/h

表 9-3 Xradia510Versa 型源项参数（厂家提供）

技术参数	数值
最大管电压	160kV
最大管电流	0.4mA
最大发射角	60°
滤过材料	固有过滤金刚石
距靶点 1m 处剂量率	0.34mGy·m ² /mA·s
距靶 1m 处的泄漏辐射剂量率	2.5mSv/h

表 9-4 TESCAN UniTOM XL 型源项参数（厂家提供）

技术参数	数值
最大管电压	230kV
最大管电流	3mA
最大发射角	60°
滤过材料	1mmBe+1~2mmAl、Cu、Sn
距靶点 1m 处剂量率	0.2 mGy·m ² /mA·s
距靶 1m 处的泄漏辐射剂量率	5mSv/h

表 9-5 UNC225 型源项参数（厂家提供）

技术参数	数值
最大管电压	225kV
最大管电流	3mA
最大发射角	60°
滤过材料	1mmAl
距靶点 1m 处剂量率	0.733 mGy·m ² /mA·s (单球管)
距靶 1m 处的泄漏辐射剂量率	0.5mSv/h (双球管)

9.2.2 事故工况

对于该 X 射线检测系统项目可能发生的事故包括以下几点：

- ①由于设备故障、控制系统失效、人为事故等原因引起意外照射；
- ②设备维修过程中，未切断电源的情况下打开设备屏蔽外壳，X 射线出束系统控制失灵引起意外照射。
- ③设备维修过程中，未切断电源且导致 X 射线管控制异常持续出束，维修人员在未知情的情况下（误入或逗留设备屏蔽体内部），受到超剂量照射。

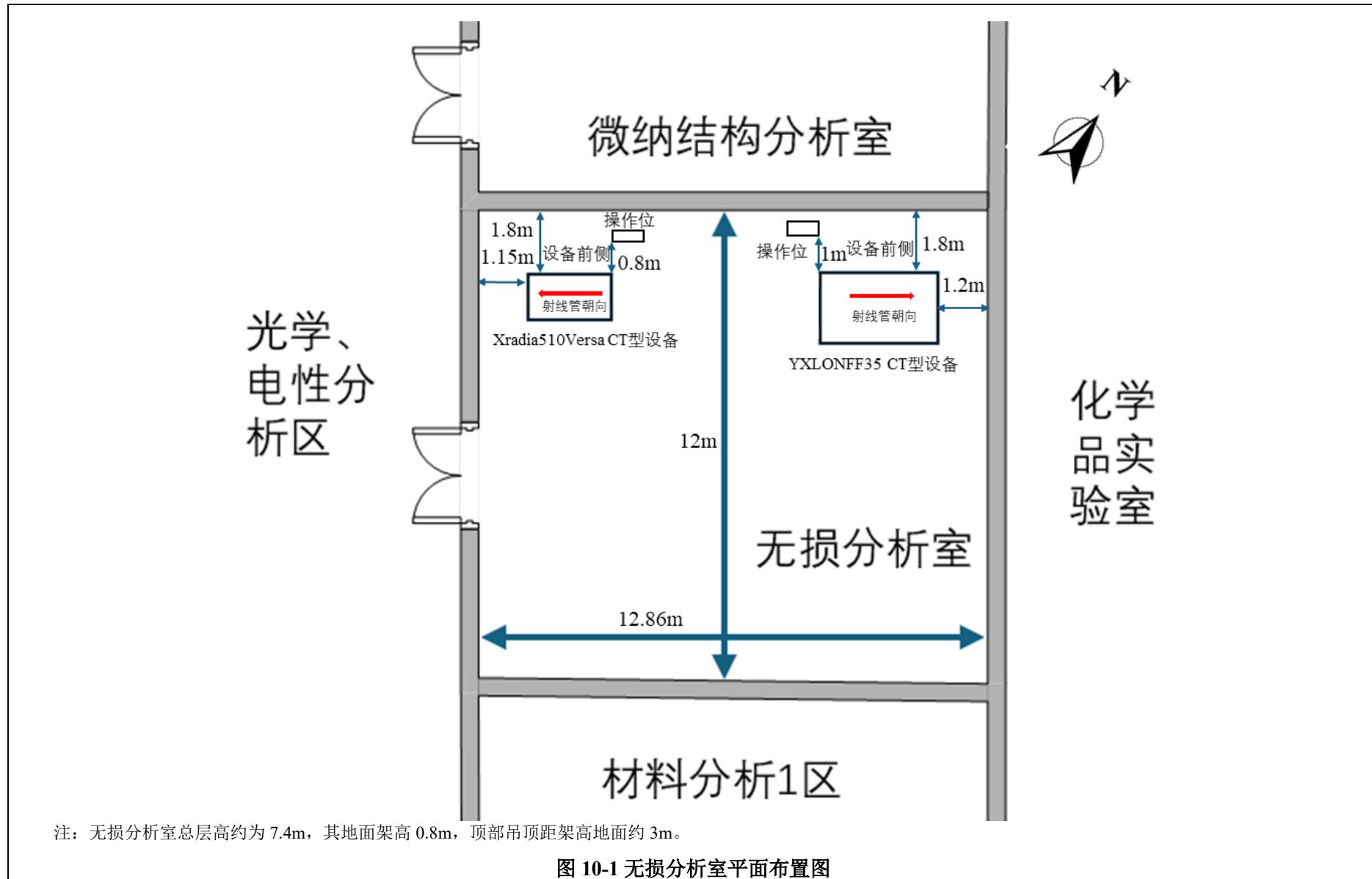
表 10 辐射安全与防护

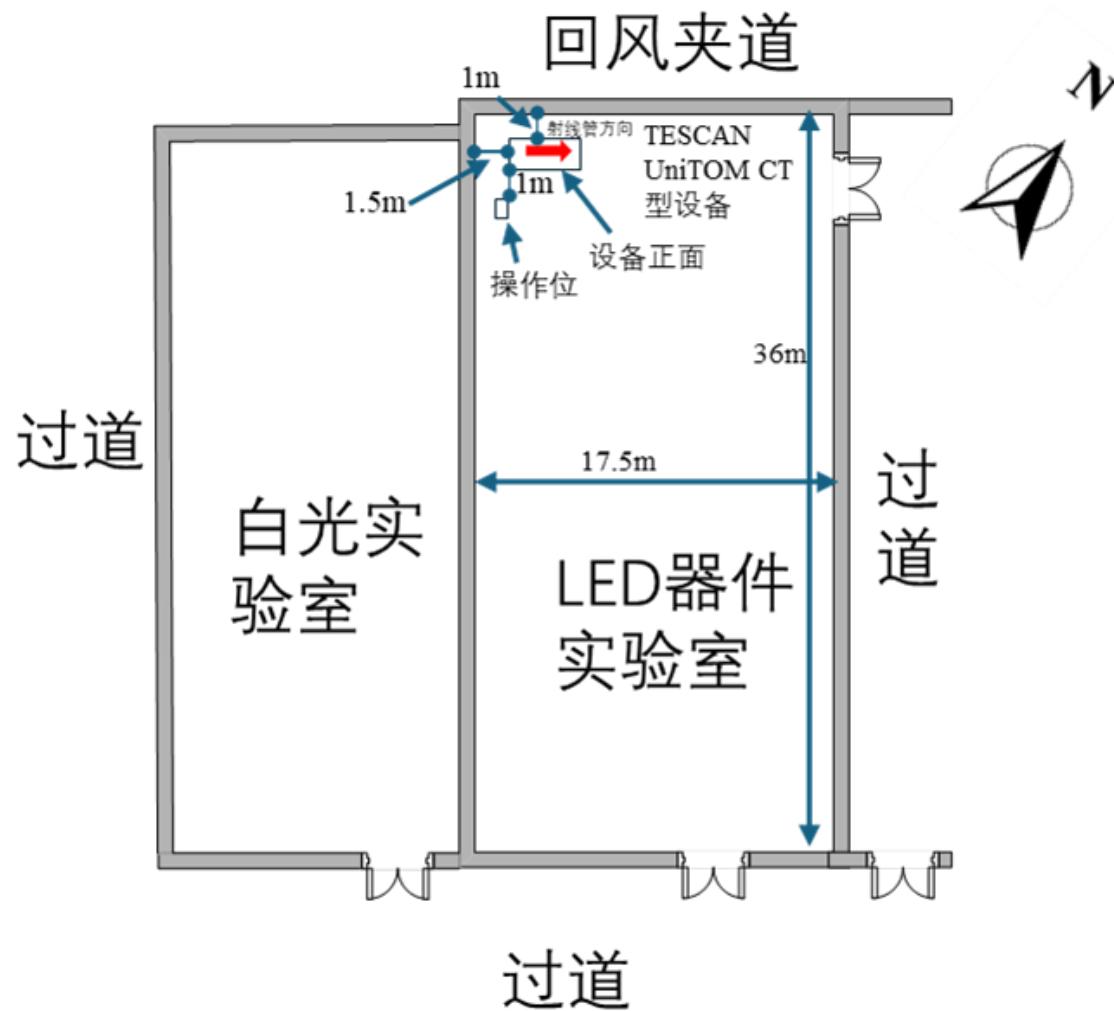
10.1 辐射防护措施

10.1.1 工作场所布局合理性分析

建设项目地点位于广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区桃园路 3 号团泊洼 B 区及环湖路华为溪流背坡村 D 区，本项目涉及 4 台设备，分别放置于三处不同场所，分布如下：团泊洼 B 区，B3 栋 1 层 LED 器件实验室，在该区域摆放 1 台工业 CT（型号：TESCAN UniTOM xL）；B5 栋 3 层无损分析室，在该区域摆放 2 台工业 CT（型号：Xradia510Versa、YXLON FF35 CT 型）；环湖路华为溪流背坡村 D 区，D6 栋负二层 D8-B2-A55 实验室，项目拟在该实验室放置 1 台工业 CT（型号：UNC225）。四台设备均自带屏蔽，因此放置场所的四周墙体和顶棚不考虑做辐射屏蔽防护。

安装设备的场所相邻区域情况如下：LED 器件实验室西北侧为回风夹道，东北侧为过道，东南侧为过道，西南侧为白光实验室，正上方目前空置，正下无地下室；无损分析室西北侧为微纳结构分析室，东北侧为化学品实验室，东南侧为材料分析 1 区，西南侧为光学、电性分析区，正上方为天台，正下方目前空置；D8-B2-A55 实验室西北侧为实验室、东北侧为土层、东南侧为机房和实验室、西南侧为过道，正上方为过道，正下方无建筑。三个场所相邻区域均无敏感人群，故选址合理。三个场所的平面布置图见图 10-1~10-3。





注：LED 器件实验室层高约为 10m，其地面架高 1.5m，LED 器件实验室与邻近区域空气互通，相同区域面积约为 2120m^2 。

图 10-2 LED 器件实验室平面布置图

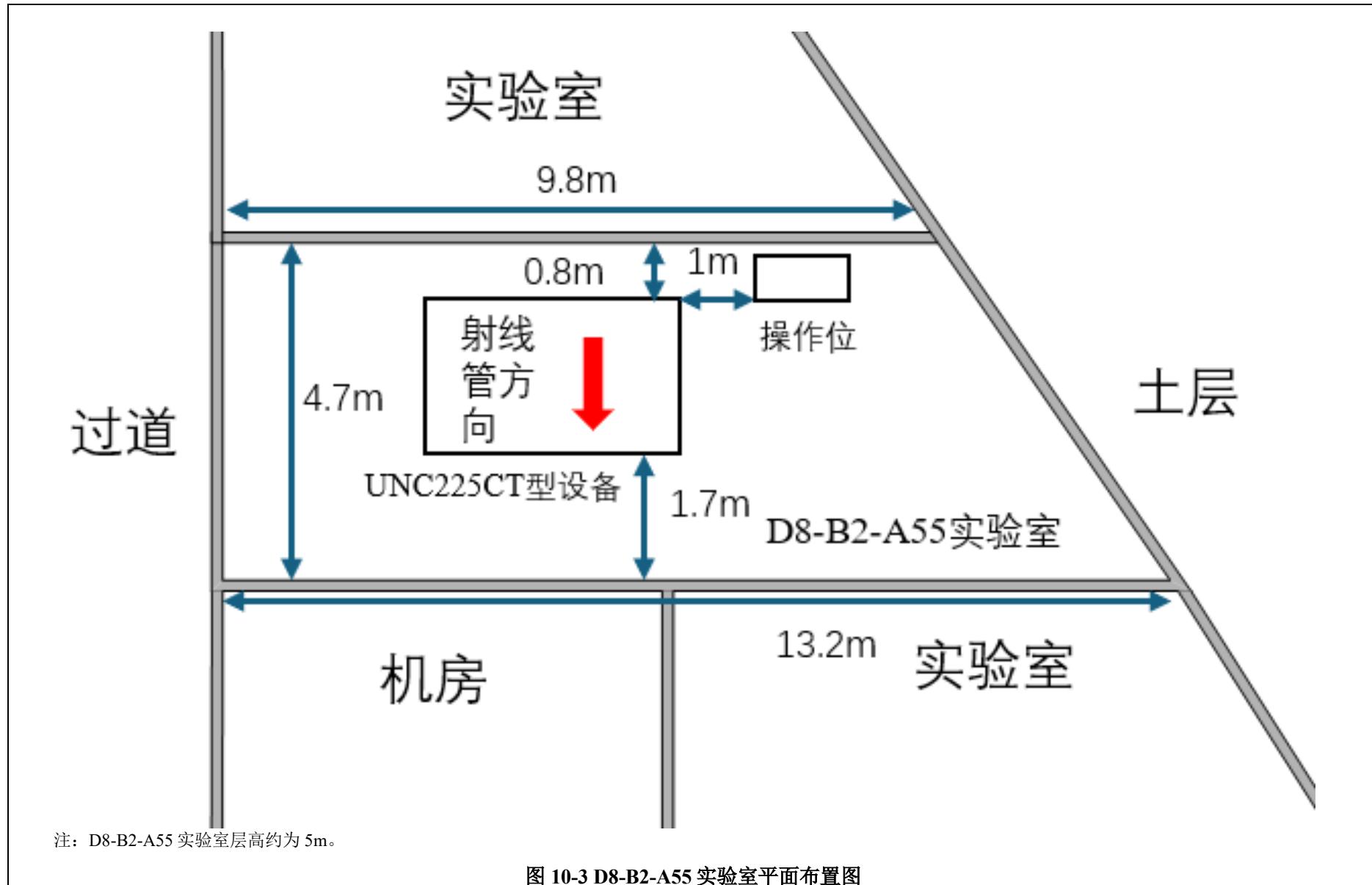


图 10-3 D8-B2-A55 实验室平面布置图

10.1.2 辐射场所分区管理

(1) 分区依据和原则

建设单位按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)相应的要求，对辐射工作场所划分为控制区、监督区，并实行两区管理制度。

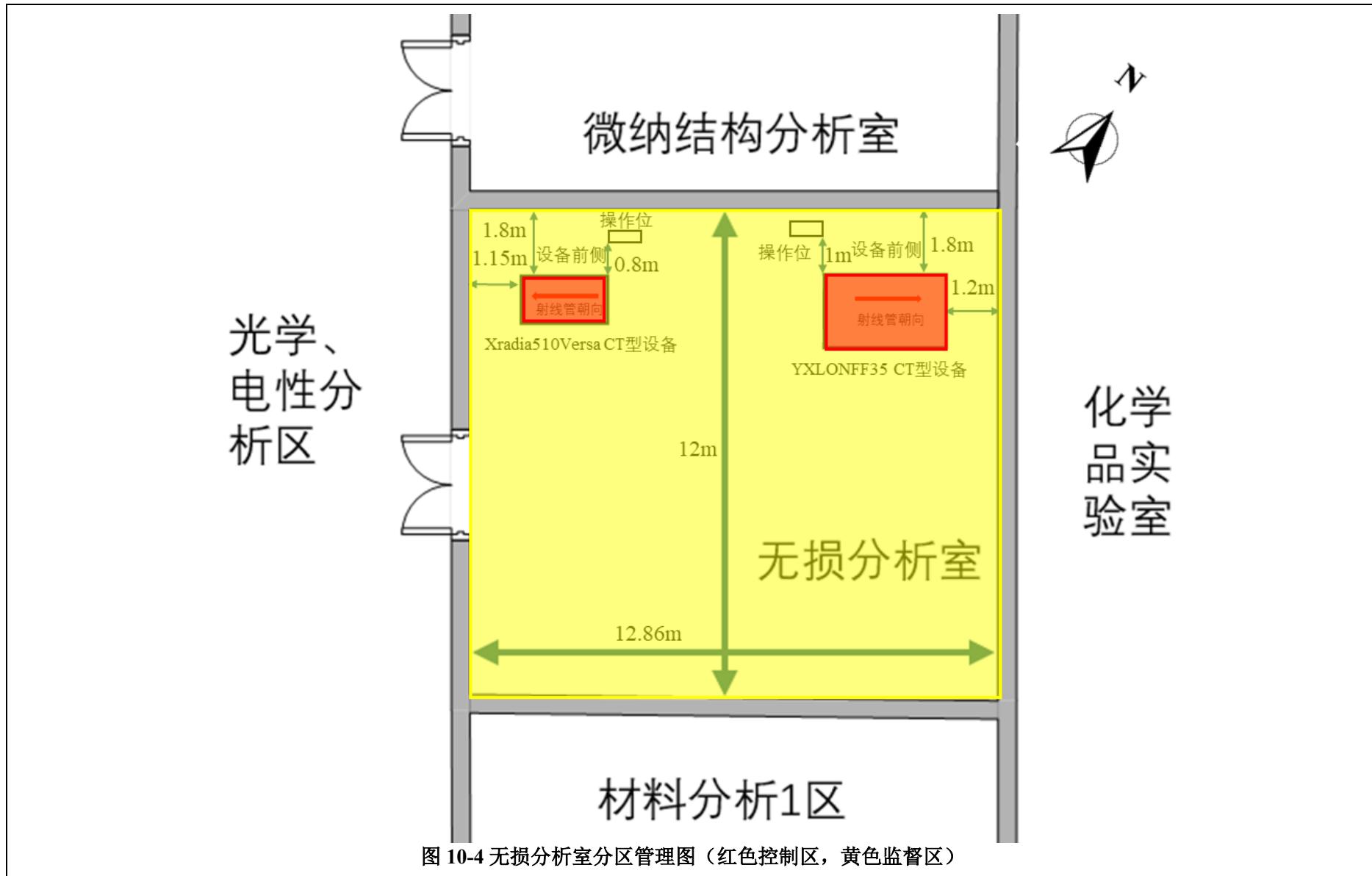
控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件。

(2) 本项目分区管理情况

由于本次评价项目使用的四台 X 射线检测系统均有配套的防护屏蔽体，按防护要求，将 X 射线检测系统配套屏蔽体内部划为控制区，该区域用钢板和铅结构材料屏蔽，并在相地方设置电离辐射标志和中文警示说明。将 CT 实验室内除 X 射线检测系统屏蔽体外的区域划为监督区，该区域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查和评价。

因此，工业 CT 实验室红色区域为控制区，黄色区域为监督区。本项目辐射工作场所分区划分见图 10-4~10-6。



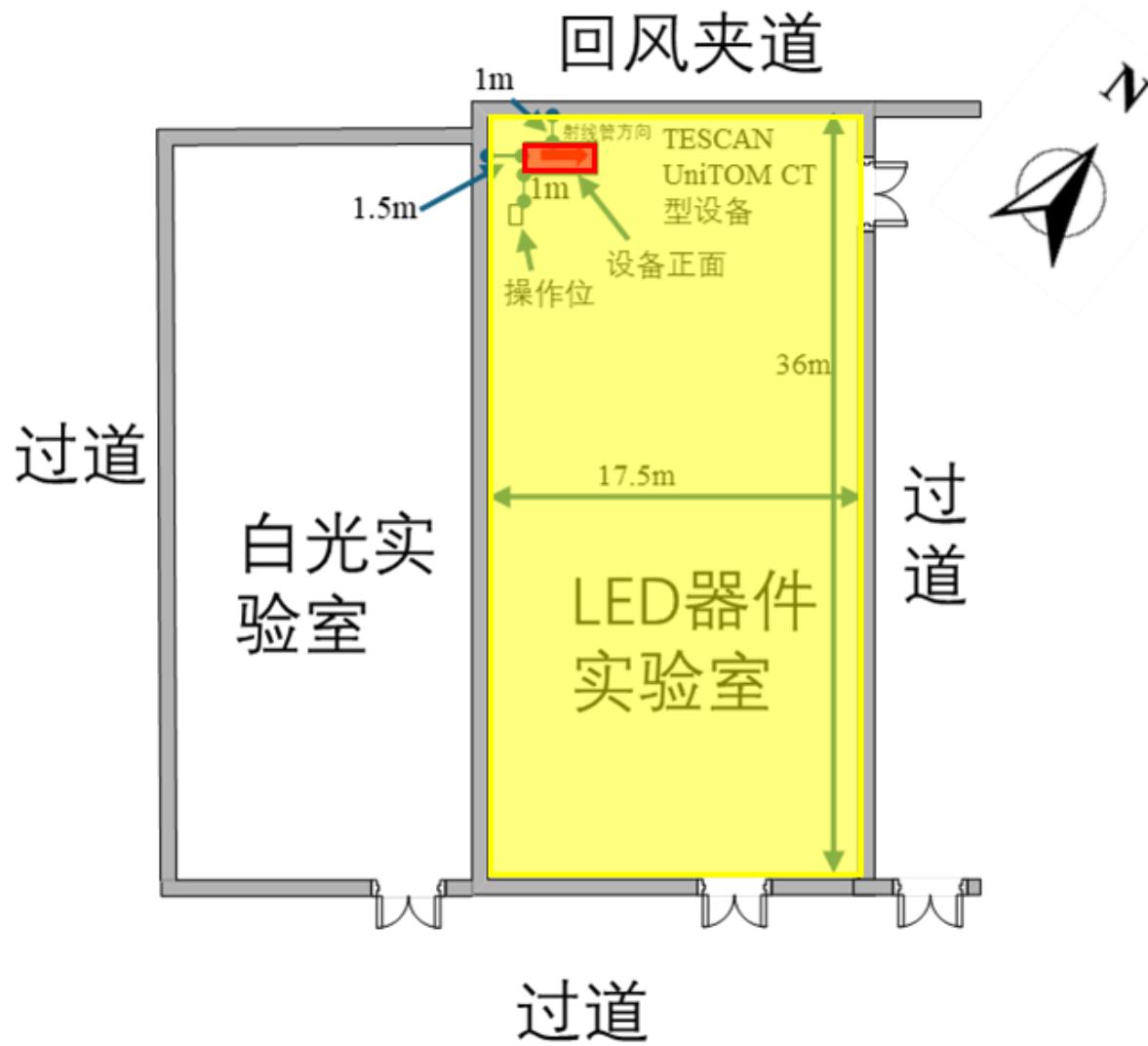


图 10-5 LED 器件室分区管理图（红色控制区，黄色监督区）

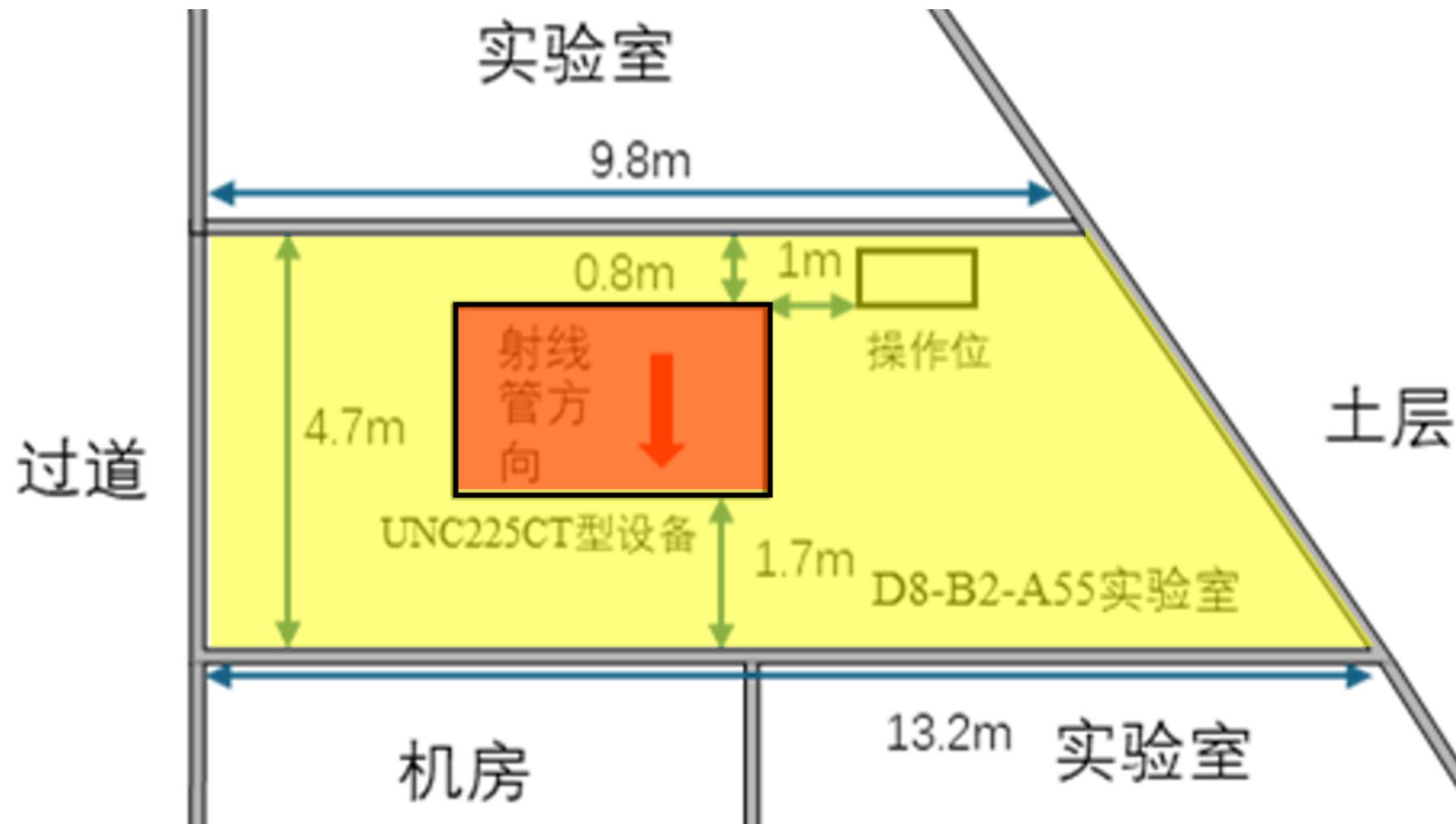


图 10-6 D8-B2-A55 实验室分区管理图（红色控制区，黄色监督区）

10.1.3 自带屏蔽体设备屏蔽设计

一、YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统屏蔽设计

YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统（主射线朝向设备左侧探测板）带屏蔽 X 射线的功能，屏蔽体内净尺寸（长×宽×高）为 2990×1550×2220（mm），整个设备屏蔽体为四周外壳、顶部及底部共六面整体式设计制造，底部与地面距离紧密，整个铅房射线防护系统钢铅钢机构，工件及防护门体、照明、警示装置、电缆孔及电气控制等系统组成。屏蔽体防护具体参数见表 10-1。

表 10-1 本项目 YXLON FF35 CT 型设备防护设计参数

设备名称及型号	位置	屏蔽体厚度设计	位置	屏蔽体厚度设计
YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系 统	左侧防护板	16mmPb	顶部防护板	20mmPb
	右侧防护板	12mmPb	底部防护板	16mmPb
	前侧防护板	18mmPb	操作门	18mmPb
	后侧防护板	18mmPb	—	—

注：根据厂家提供，设备结构材料是钢铅钢，以上屏蔽体厚度是钢铅钢的等效铅厚度，最大 X 射线功率和 X 射线光束时，在距离防辐射保护机柜 100 毫米范围内，任何时间不得超过 1 μ Sv/每小时的极限值。

YXLON FF35 CT 型设备防护设计图纸见图 10-7、10-8。

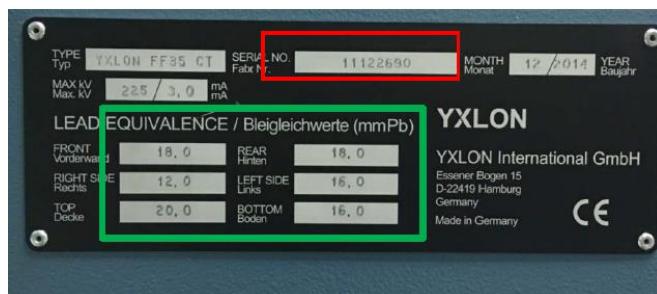
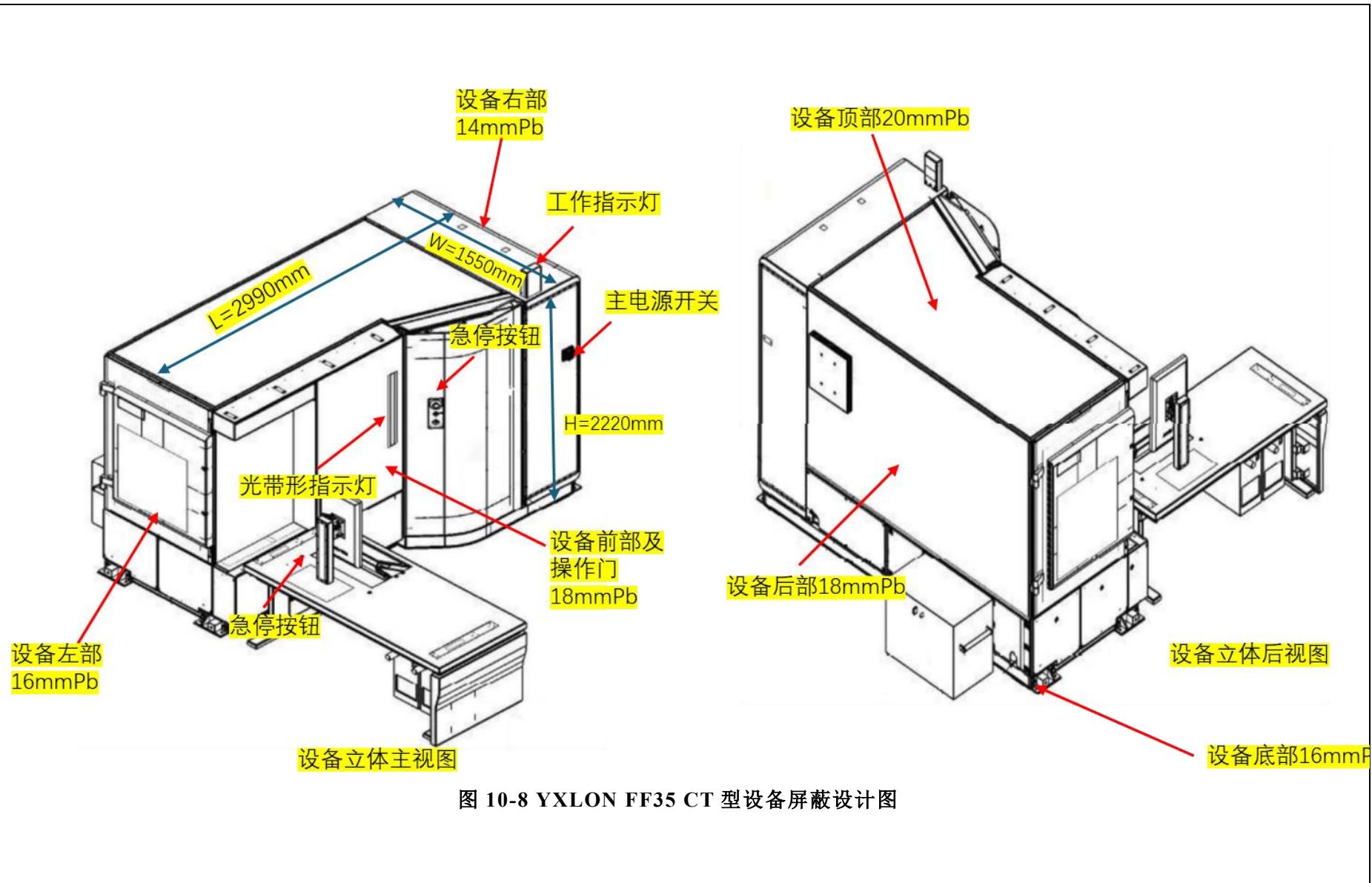


图 10-7 YXLON FF35 CT 型设备屏蔽设计图



二、Xradia510Versa CT 型 X 射线检测系统屏蔽设计

Xradia510Versa CT 型 X 射线检测系统（主射线朝向设备右侧探测板）带屏蔽 X 射线的功能，屏蔽体内净尺寸（长×宽×高）为 2006×1064×1719（mm），整个设备屏蔽体为四周外壳、顶部及底部共六面整体式设计制造，整个铅房射线防护系统钢铅钢机构，工件及防护门体、照明、警示装置、电缆孔及电气控制等系统组成。屏蔽体防护具体参数见表 10-2。

表 10-2 本项目 Xradia510Versa CT 型设备防护设计参数

设备名称	位置	屏蔽材料厚度设计	等效铅当量
Xradia510Versa CT 型 X 射线检测系统	左侧防护板	4mm 钢板+6mm 铅板+1.2mm 钢板	6.89mmPb
	右侧防护板	4mm 钢板+9mm 铅板+1.2mm 钢板	9. 89mmPb
	前侧防护板	4mm 钢板+6mm 铅板+1.2mm 钢板	6.89mmPb
	后侧防护板	4mm 钢板+6mm 铅板+1.2mm 钢板	6.89mmPb
	顶部防护板	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	6.69mmPb
	底部防护板	6mm 钢板+6mm 铅板+6mm 钢板	8.06mmPb
	操作门	4mm 钢板+6mm 铅板+1.2mm 钢板	6.89mmPb

Xradia510Versa CT 型设备防护设计示意图，如图 10-9、10-10。

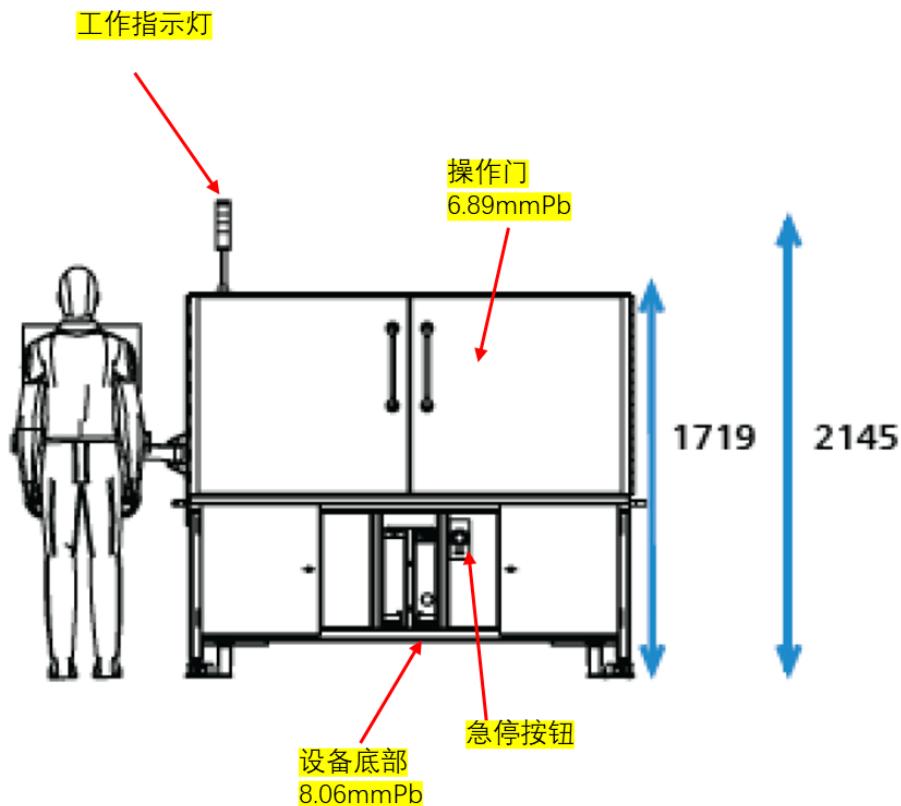


图 10-9 Xradia510Versa CT 型设备主视图

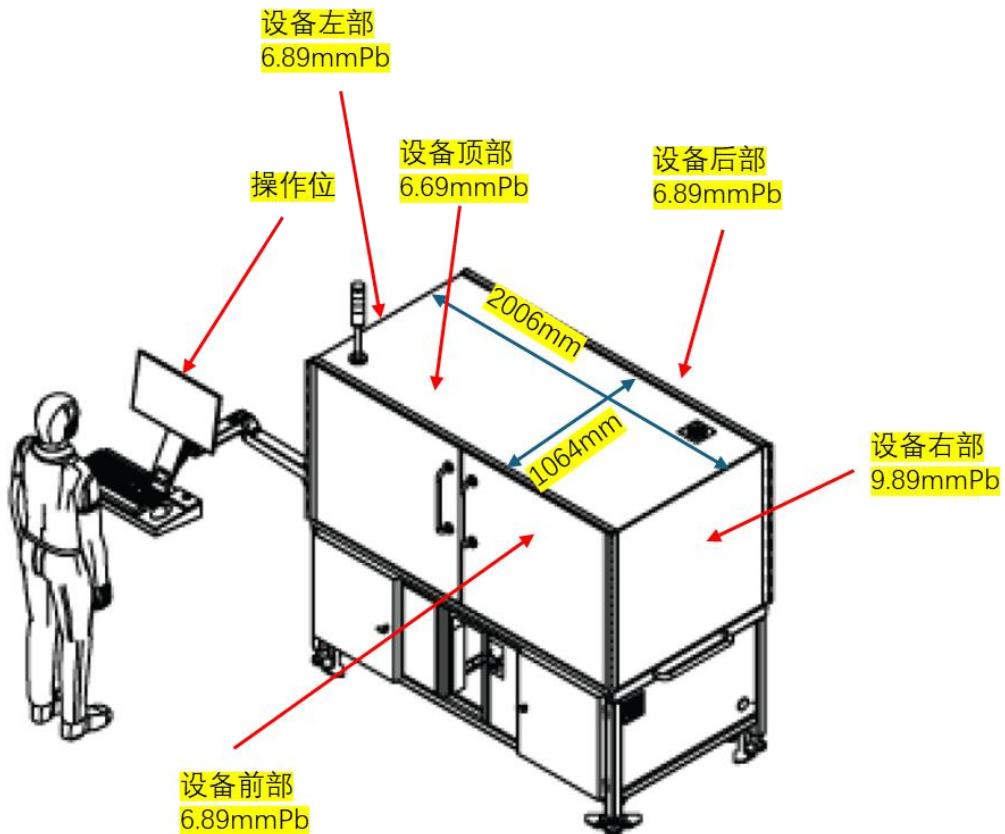


图 10-10 Xradia510Versa CT 型设备立体侧视图

三、TESCAN UniTOM XL CT 型 X 射线检测系统屏蔽设计

TESCAN UniTOM XL CT 型 X 射线检测系统（主射线朝向设备右侧探测板）带屏蔽 X 射线的功能，屏蔽体内净尺寸（长×宽×高）为 $3500 \times 1580 \times 2150$ (mm)，整个设备屏蔽体为四周外壳、顶部及底部共六面整体式设计制造，底部与地面距离紧密，整个铅房射线防护系统钢铅钢机构，工件及防护门体、照明、警示装置、电缆孔及电气控制等系统组成。屏蔽体防护具体参数见表 10-3。

表 10-3 本项目 TESCAN UniTOM XL CT 型设备防护设计参数

设备名称	位置	屏蔽材料厚度设计	等效铅当量
TESCAN UniTOM XL CT 型 X 射线检测系统	左侧防护板	5mm 铁+8mm 铅	8.73mmPb
	右侧防护板	5mm 铁+14mm 铅	14.73mmPb
	前侧防护板	5mm 铁+8mm 铅	8.73mmPb
	后侧防护板	5mm 铁+8mm 铅	8.73mmPb
	顶部防护板	5mm 铁+8mm 铅	8.73mmPb
	底部防护板	5mm 铁+8mm 铅	8.73mmPb
	操作门	5mm 铁+8mm 铅	8.73mmPb
	观察窗	铅化玻璃 8mm 铅当量	铅玻璃 8mmPb

注：根据厂家提供，设备结构材料是铁铅铁

TESCAN UniTOM XL CT 型设备防护设计示意图，如图 10-11、10-12。

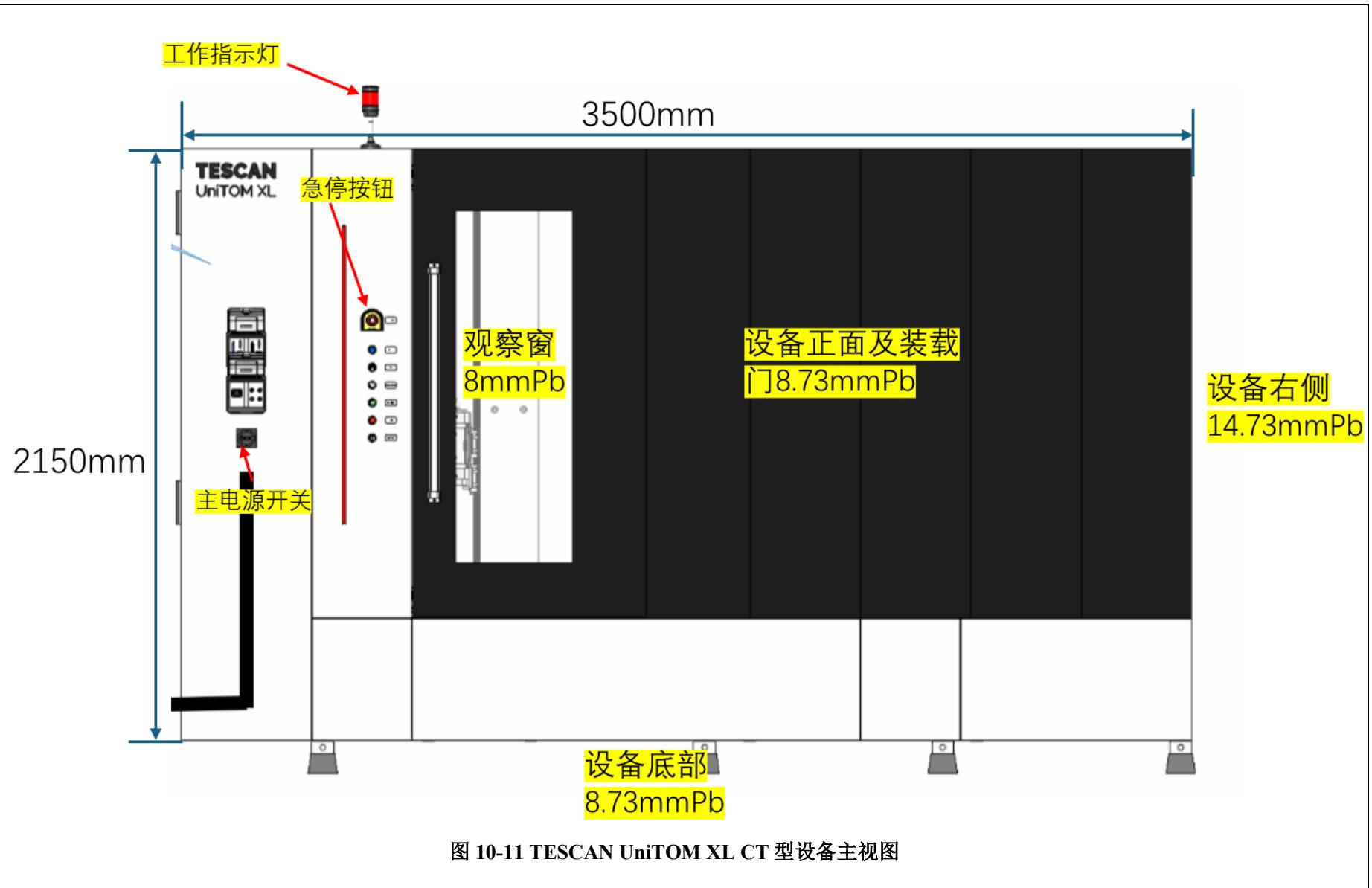


图 10-11 TESCAN UniTOM XL CT型设备主视图

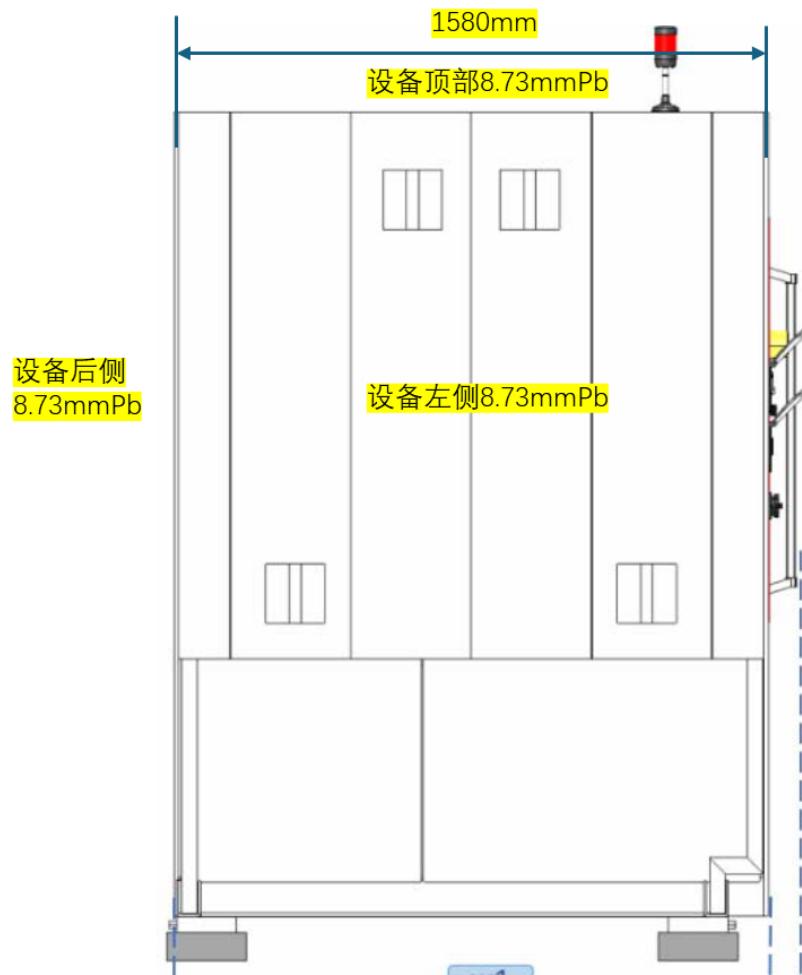


图 10-12 TESCAN UniTOM XL CT 型设备屏蔽设计左视图

四、UNC225 CT 型 X 射线检测系统屏蔽设计

UNC225 CT 型 X 射线检测系统（主射线朝向设备前侧探测板）带屏蔽 X 射线的功能，屏蔽体内净尺寸（长×宽×高）为 $3600 \times 2200 \times 3200$ (mm)，整个设备屏蔽体为四周外壳、顶部及底部共六面整体式设计制造，底部与地面距离紧密，整个铅房射线防护系统钢铅钢机构，工件及防护门体、照明、警示装置、电缆孔及电气控制等系统组成。屏蔽体防护具体参数见表 10-4。

表 10-4 本项目 UNC225 CT 型设备防护设计参数

设备名称	位置	屏蔽材料厚度设计	等效铅当量
TESCAN UniTOM XL CT 型 X 射线检测系 统	左侧防护板	18mm 铅版+4mm 钢板	18.58mmPb
	右侧防护板	18mm 铅版+4mm 钢板	18.58mmPb
	前侧防护板	18mm 铅版+4mm 钢板	18.58mmPb
	后侧防护板	18mm 铅版+4mm 钢板	18.58mmPb
	顶部防护板	18mm 铅版+4mm 钢板	18.58mmPb
	底部防护板	16mm 铅版+20mm 钢板	1.91mmPb
	操作门	18mm 铅版+4mm 钢板	18.58mmPb

注：根据厂家提供，设备结构材料是钢铅钢

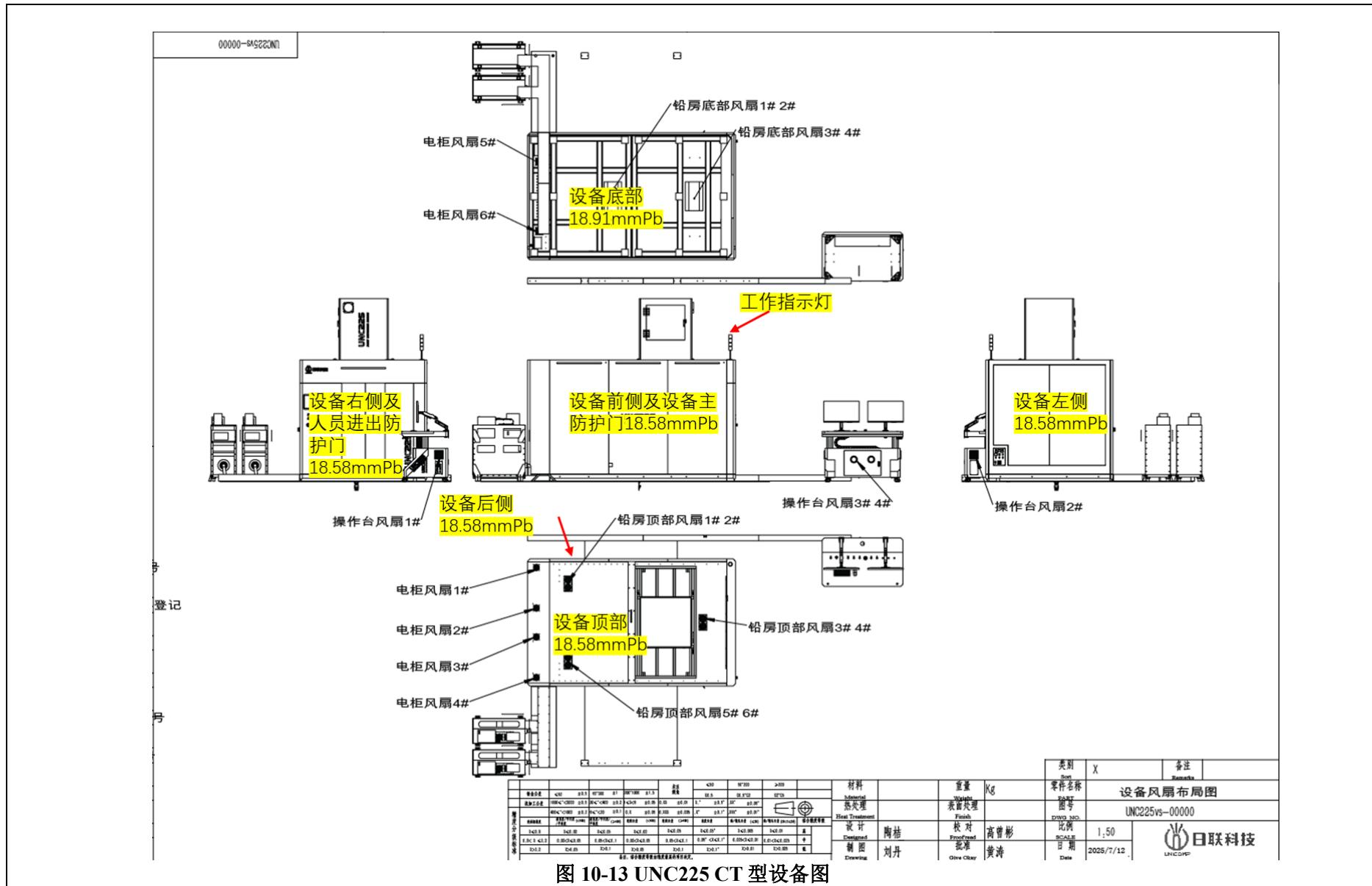


图 10-13 UNC225 CT 型设备图

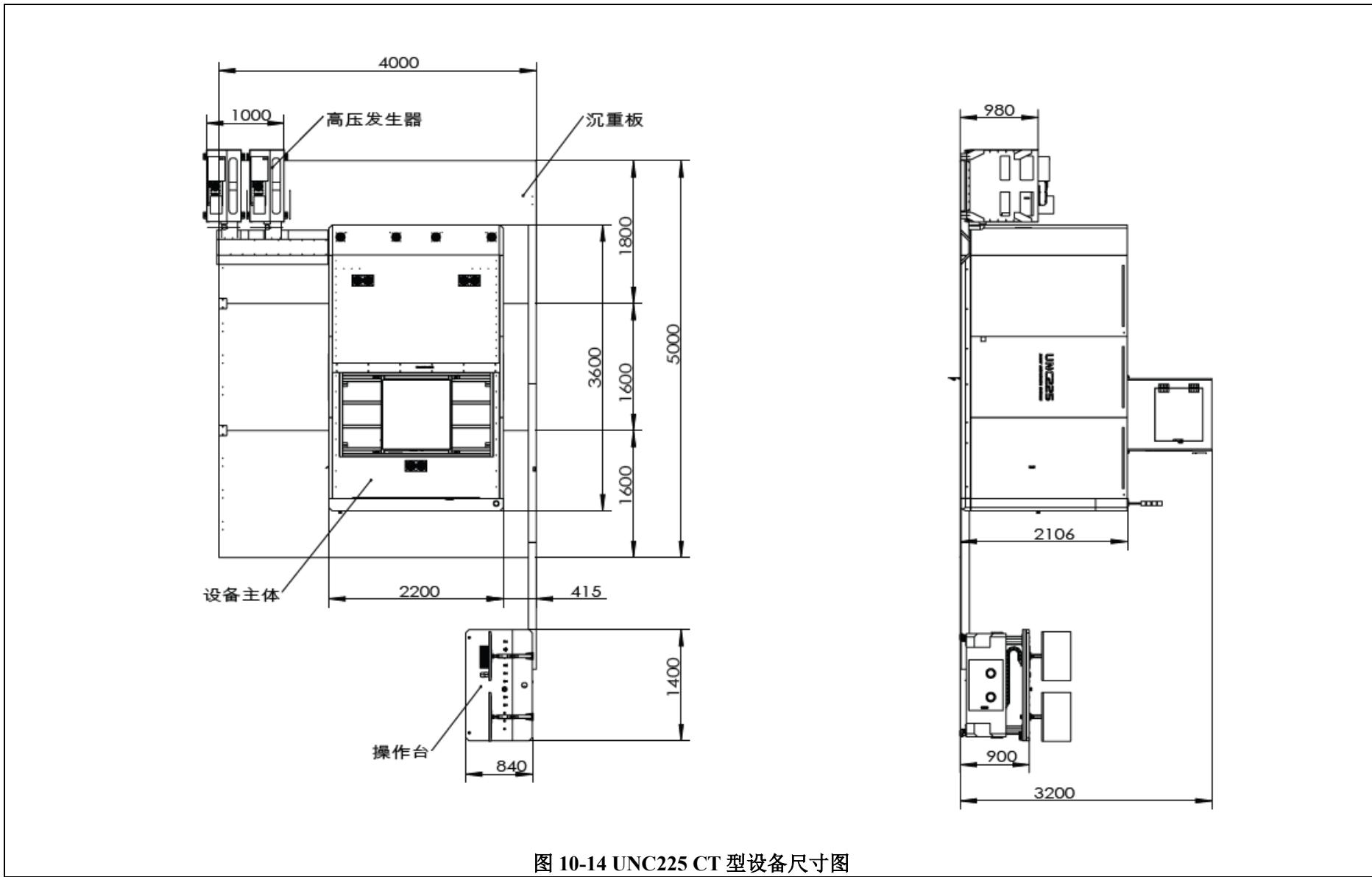


图 10-14 UNC225 CT 型设备尺寸图

10.1.4 辐射安全防护措施

(1) 自带屏蔽体设备

设备为厂商供应的成套设备，带有钢（铁）铅结构辐射屏蔽体，屏蔽体由厂家针对射线特征采用一体化设计和制造，屏蔽性能良好，无需额外加建屏蔽体。

(2) 操作台

本项目中三台（YXLON FF35、TESCAN UniTOM XL 和 UNC225）CT型X射线检测系统的操作台均设置有观察监控器、任务控制器、计算机显示器、钥匙开关（获准运行X射线装置）、一个紧急停机按键以及一个复位按键等，X射线检测系统钥匙开关将由本项目辐射工作人员专门管理，其他非辐射工作人员将无法打开该设备。

Xradia 510 Versa CT型X射线检测系统为简易操作台仅有计算机显示器。

(3) 安全联锁装置

本项目4台X射线检测系统均自带铅房防护装置，每道门均设有两道安全联锁（电子联锁+机械联锁），任意一道联锁异常均显示门关闭异常。安全联锁设计要求钥匙开关闭合、急停按钮复位、设备所有门正常关闭、灯光警示装置正常的情况下检查系统才能启动，才能正常出束，一旦其中有一道设施未到位，检查系统将不能启动。X射线启动出束，警示黄色灯亮起，射线机进入工作状态。触发以上任何一道安全设施或者发生故障，检查系统将被紧急切断出束。探测器、X射线管以及装载门的保养门配置有安全开关。装载门与射线机高压联结形成高压联锁装置，当门开启时，高压电源断开，杜绝事故发生，当门关闭到位后，X射线检测系统进入工作状态警示灯亮时，警示周围人员防止辐射。

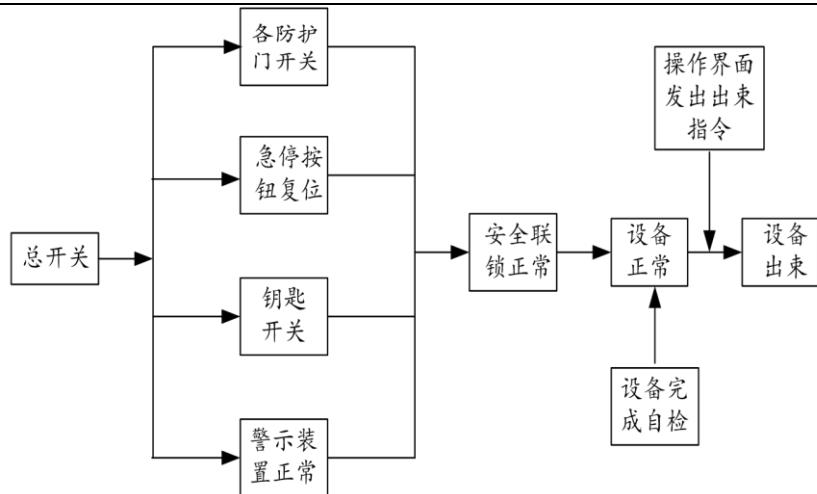


图 10-15 安全联锁逻辑图

(4)紧急停机按键

YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统设有三个紧急停机按键（操作台位置、控制柜装载门的右边和控制柜辐射屏蔽柜内）。TESCAN UniTOM XL CT 型 X 射线检测系统设有三个紧急停机按键（系统的前面板、柜内和操作台）。Xradia 510 Versa CT 型 X 射线检测系统设有两个紧急停机按键（正前方门的下方机柜门上、正后方门下方的机柜门上）。UNC225 CT 型 X 射线检测系统上设有三个紧急停机按键（防护门上、操作员控制面板上和铅房内壁），UNC225 CT 型设备人员需进入铅房内部摆放工件，人员进入铅房内佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，铅房内部安装有摄像头，能确保内部人员没人时才能启动，另外内部的紧急停机按钮可防止人员误照射。停机按钮见图 10-16~10-19。

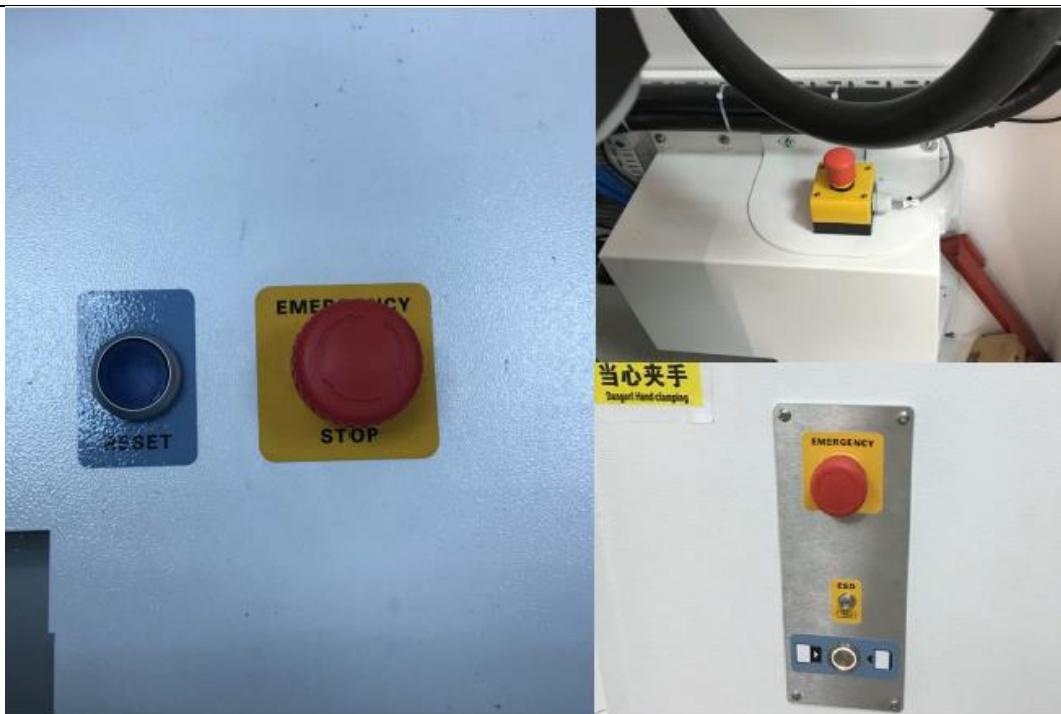


图 10-16 YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统紧急停机按键

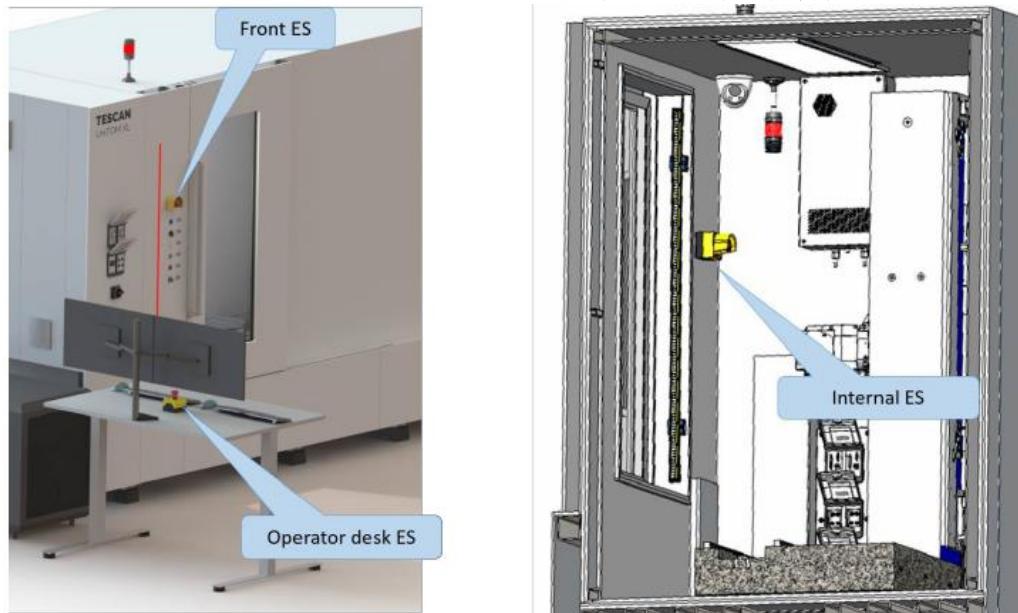


图 10-17 TESCAN UniTOM XL CT 型 X 射线检测系统紧急停机按键



机器一共有2个紧急停止按钮，一个紧急关闭按钮在正前方门的下方机柜门上，另一个在正后方门下方的机柜门上；

图 10-18 Xradia 510 Versa CT 型 X 射线检测系统紧急停机按键

1.6.5 报警器与安全

—不同的紧急停机按钮位于铅房的不同位置，在门上、（操作员控制面板）上以及铅房内壁。

—按下紧急停止按钮，所有的机械运动将会停止，以及射线管立刻进行切断。

—报警器处于红色灯光闪烁时并提供蜂鸣声，提示 X 光设备正在检测，注意辐射安全。

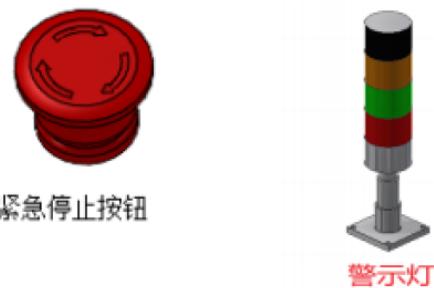


图 10-19 UNC225 CT 型 X 射线检测系统紧急停机按键

标识明确，一旦发生意外，立即按下靠近的紧急停机按键，设备所有驱动装置立即进入安全暂停模式，X 射线检测系统被关机，有效的保证工作人员的安全。工作时人员在装载门口摆放工件，使用时不能进入在屏蔽柜内。紧急停机按键为红色显眼设计，设置处无任何遮挡物存在，发生紧急情况的时候任何人都可以快速按下此按钮来达到保护措施。通过按下紧急停机按键可立即关断高压电源供应，由此停止系统。

(5) 工作指示灯和电离辐射警示标志

本项目四台设备均自带指示灯，在辐射屏蔽柜顶上安装了一个三面识别的 X 射

线装置警示灯，只有在辐射装置出束时该警示灯亮灯，颜色显示为黄色，设备不出束时，设备指示灯不亮。

设备正面拟张贴有电离辐射警示标志，并拟按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求在 CT 实验室门口设置电离辐射警告标示。CT 实验室门拟张贴电离辐射警示标志见图 10-20。



图 10-20 CT 实验室门拟粘贴警示标志图

(6) 监视系统

铅房内部安装一套摄像监视系统，供操作人员在操作台观察器上随时查看铅房内设备运行和检品的状态。

(7) 辐射监测设施

建设单位拟为本项目配备 4 台 X- γ 辐射剂量率仪用于本期四台设备的日常自检；拟在四台设备的操作位分别配备 1 台个人剂量报警仪用于对设备固定式场所辐射探测报警，并且定期对仪器进行校准，保证设备检测参数及检测范围可以满足常规检测需要。

建设单位拟定期对 X 射线装置的各个面进行巡测，如有异常将立即切断 X 射线管高压电源，停止使用该设备。如确定设备的屏蔽质量出现问题，应及时通知厂家对设备进行维修维护，并委托有资质的机构对维修后设备的辐射安全性进行检测，确保辐射水平达标后方可继续使用该设备。个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，当个人剂量报警仪超过设定值报警时，辐射工作人员应立即停止射线出束，同时阻止其他人进入辐射工作区域，立即向辐射工作负责人报告。

建设单位拟为每名辐射工作人员分别配备 1 枚个人剂量计，每个季度送相关检测机构进行个人剂量监测，建立个人剂量健康档案。

(8)通风措施

LED 器件实验室为无尘车间，无尘车间换气次数最低要求为 10 次/h，排风口设置在大楼顶部。无损分析室依托于所在大楼的排风系统，排风口设置在大楼顶部，排风量为 $1800\text{m}^3/\text{h}$ ，见图 10-1。无损分析室容积为 $12\text{ m}\times 12.86\text{ m}\times 3\text{m}=463.0\text{m}^3$ ，房间排风次数为 $1800\text{m}^3/\text{h}\div 463.0\text{m}^3=3.9$ 次/h。D8-B2-A55 实验室依托于所在大楼的排风系统，排风口设置在大楼顶部，排风量为 $750\text{m}^3/\text{h}$ ，见图 10-3。其中 D8-B2-A55 实验室容积为 $(9.8\text{m}+13.2\text{m})\times 4.7\text{m}\div 2\times 3\text{m}=270.3\text{m}^3$ ，房间排风次数为 $850\text{m}^3/\text{h}\div 270.3\text{m}^3=3.1$ 次/h。本项目三个机房的排风次数均满足标准（GBZ 117-2022）“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，能有效排出设备内部产生的少量臭氧和氮氧化物。

10.2 与标准对照分析

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对本项目的各项辐射安全与防护措施、安全操作各项实施计划进行分析。各项辐射安全与防护措施对照分析表见表 10-5，安全操作要求及实施计划对照表见表 10-6。

表 10-5 各项目辐射安全与防护措施对照分析表

序号	项目	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的防护安全要求	辐射安全与防护实施计划	评价
1	整体辐射安全	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。	本项目四台设备均自带钢（铁）铅结构辐射屏蔽体，屏蔽体由厂家针对射线特征采用一体化设计和制造，屏蔽性能良好，无需额外加建屏蔽体。设备为设备厂商供应的成套设备，操作位能避开有用线束照射的方向。	满足要求
2	工作场所分区	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。	本项目将四台设备内部划为控制区，将无损分析室、LED 器件实验室和 D8-B2-A55 实验室内设备外区域划为监督区，禁止无关人员进入。	满足要求
3	剂量控制要求	6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ； b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	根据表 11 相关理论计算，本项目关注点的周围剂量当量参考控制水平不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，设备各面自带屏蔽体体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	满足要求
		6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足： a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3； b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。		满足要求
4	门机联锁	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。	本项目四台设备中仅 UNC225 型号设备具有人员进出门，其余设备除维修时人员无法进入设备内部。四台设备所有门均已设置门-机联锁装置（均为电子联锁+机械联锁），任意一扇防护门未关闭时，均无法出束。UNC225 型号设备铅房内设有急停按钮，内部设有监控系统，已设置门机联锁装置，能够避免人员误照射。	满足要求
5	声光警示	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。	本项目四台设备均自带屏蔽体设备，均在设备上方安装了一个指示灯，FF35 CT 型设备黄色灯亮表示射线管出束状态，指示灯与辐射装置联锁，只有在辐射装置出束状态下该指示灯亮灯。其余三台设备红色灯亮表示射线管出束状态，指示灯与辐射装置联锁，只有在辐射装置出束状态下该指示灯亮灯。	满足要求

6	监视装置	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。	工作时人员在门口摆放工件，使用时不能进入在屏蔽柜内，铅房内部安装一套摄像监视系统，供操作人员在操作台观察器上随时查看铅房内设备运行和检品的状态。	满足要求
7	警示标志	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。	设备自带电离辐射警告标志和拟在 CT 实验室门上张贴符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	满足要求
8	急停装置	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。	本项目四台设备在操作位或人员可达位置上设置急停按钮，按下急停按钮时切断 X 射线管及电源。工作时人员在门口摆放工件，使用时不能进入在屏蔽柜内，其设置能满足 X 射线检测系统要求。	满足要求
9	通风设置	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。	根据建设单位提供的排风量计量，本项目三间机房每小时有效通风换气次数均不小于 3 次。	满足要求
10	辐射探测报警装置	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	设备工作时人员无需进入内部。在进入设备空间摆放工件时，人员需佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并时刻关注报警仪的变化。外面的人员可通过视频监视系统和安全联锁系统等辐射安全措施可确保防止人员误入并发生误照射，故设备内部无需安装固定式场所辐射探测报警装置。	满足要求

表 10-6 安全操作要求实施计划对照表

序号	项目	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的安全操作要求	安全操作实施计划	评价
1	作业前准备	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。	设备使用前操作人员应检查设备防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	满足要求
2	监测仪器佩戴	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。	本项目共配备 4 台个人剂量报警仪，分别设置于各操作位，用于设备固定场所的辐射监测与报警；另配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪用于各 CT 实验室的日常监测，同时为每名辐射工作人员均配发 1 枚个人剂量计。	满足要求
3	辐射监测要求	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	拟使用配备的便携式 X-γ 剂量率仪定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，当测量值高于参考控制水平时，	满足要求

		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。	终止检测工作并向辐射防护负责人报告。	
4	监测仪器检查	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。	便携式 X-γ 剂量率仪处于正常状态时才操作设备。	满足要求
5	关门前确认	6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。	本项目工作时人员在门口摆放工件，使用时不能进入在屏蔽柜内，其设置能满足 X 射线检测系统要求。设备自带安全装置设有联锁，设备关闭防护门才能出束。	满足要求

10.3 三废的治理

根据建设单位提供的排风量计量，本项目三间机房每小时有效通风换气次数均不小于3次。均满足标准（GBZ 117-2022）“每小时有效通风换气次数有应不小于3次”的要求，能有效排出设备内部产生的少量臭氧和氮氧化物。

本项目设备采用计算机信息处理，以图像形式显示，无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

本项目只有在使用过程中才会产生 X 射线，建设阶段不会对周围环境产生电离辐射影响。

项目在进行安装、装修过程中会有少量的固废、噪声等非电离辐射因素的环境影响，如建筑垃圾、扬尘、施工噪声等。施工单位应按照有关规定对建设期产生的一般环境污染进行防治，如：建筑垃圾分类堆放、及时处理；如需使用噪声较大的工具施工，应尽量选择在周末等人员较少的时间段施工，通过以上措施使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。本工程在施工期非电离辐射因素的环境影响影响时间短暂，影响范围小，随施工结束而消除，周围无环境敏感点，因此对环境的影响不大。

11.2 运行阶段对环境的影响

X 射线检测系统固定安装在 CT 实验室中，运行过程中不会产生工业废气、废水和固体废弃物，项目运行噪声小，不考虑声环境等环境影响，项目运行主要对 X 射线环境影响进行分析。

11.2.1 运行时源项参数

由第 9 章节源项分析可知：YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统内安装有 2 套 X 射线管，出束时，根据需求将其中一个射线管调整照射位置进行出束，单次只能一个 X 射线管出束，YXLON FF35 CT 型设备源强参数见表 9-2。Xradia510Versa CT 型 X 射线检测系统设备源强参数见表 9-3。TESCAN UniTOM XL CT 型 X 射线检测系统设备源强参数见表 9-4。UNC225 CT 型 X 射线检测系统包含两套射线管，两球管为同一型号，参数一致。在跌落模式时，两球管同时开启。UNC225 CT 型 X 射线检测系统设备源强参数见表 9-5。

11.2.2 项目周围主要关注点

本项目设备运行对周围环境的影响，参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关公式，估算 X 射线出束时，设备各面屏蔽体外关注点的周围剂量当量率水平。

本项目选取设备主射线束和四周主射泄漏、散射相对周围辐射水平影响可能最

大的位置为关注点。

(1) YXLON FF35 CT 型设备包含两套管电压和管电流的射线管，两套射线管不能同时出束，X 射线管朝向设备左侧探测板方向，225kV 射线管有用线束发射角是 45° ，190kV 射线管有用线束发射角是 170° ，两套射线管上下移动（ZS 轴）至顶部和底部屏蔽体最近距离分别是 300mm 和 1100mm，为了验证主线束直接照射向其它五个面的情况，以下图 11-1 示例。

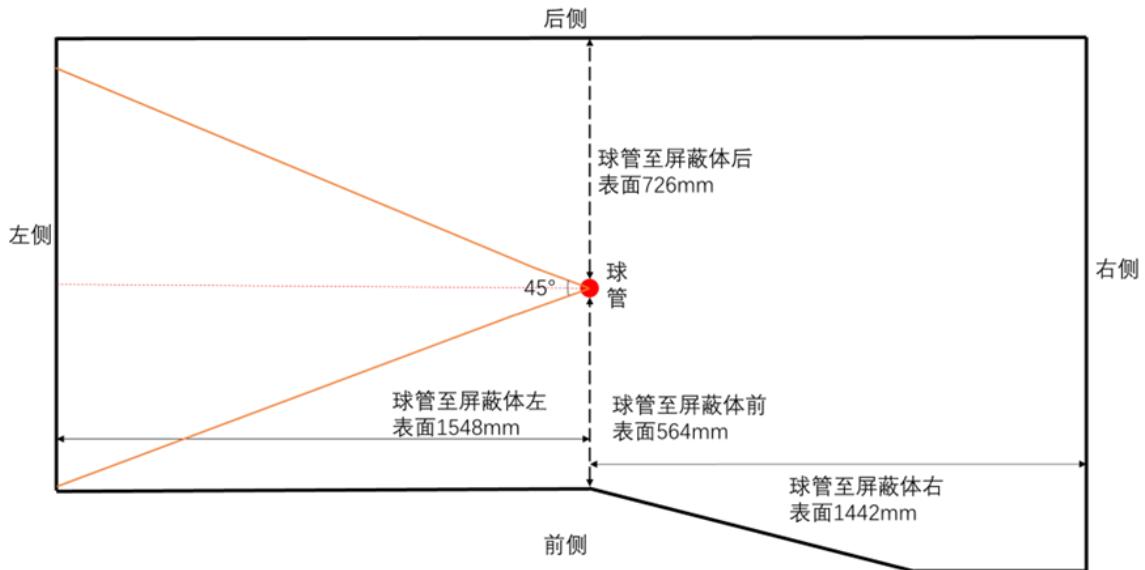
根据图 11-1 所示，225kV 时 X 射线主射线可朝向设备的左侧、顶部和前侧。190kV 时 X 射线主射线可朝向除设备右侧的各个方向。

根据表 9-2，本项目 YXLON FF35 CT 型设备有 2 套射线管，由于 2 套射线管出束张角不同，在各屏蔽面上形成的射野位置和大小均有不同，因此对各屏蔽面的辐射防护影响分析需要分别核算。具体见表 11-1。

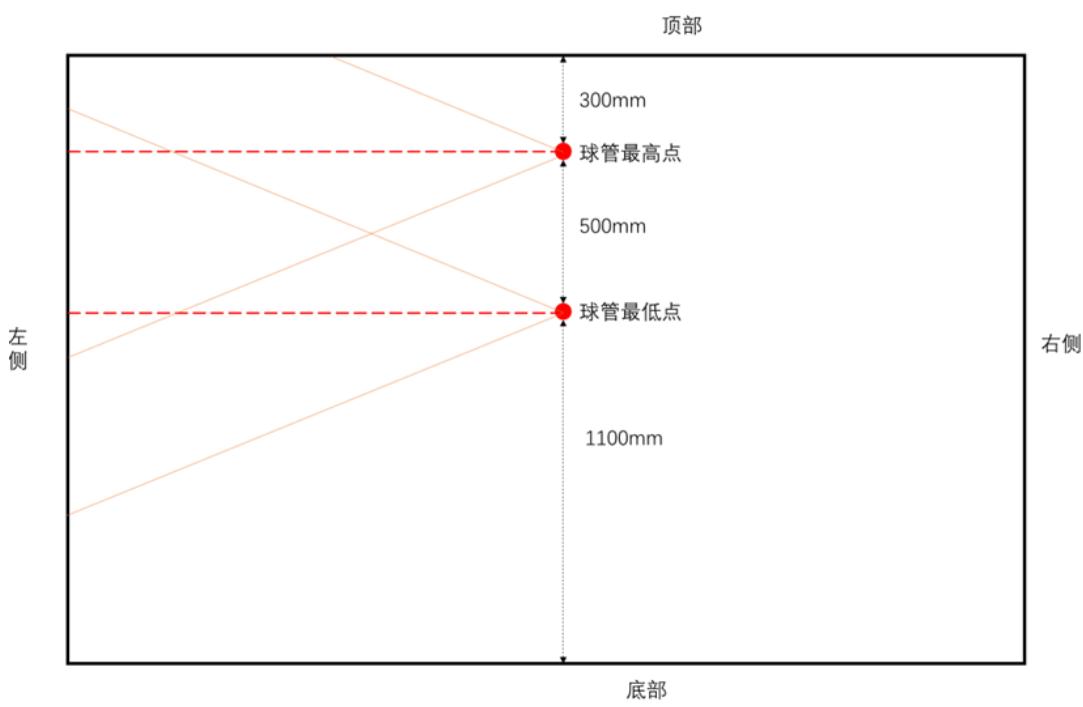
表 11-1 YXLON FF35 CT 型屏蔽核算各方向射线类型

设备位置	225kV 射线管	190kV 射线管
左侧	有用线束	有用线束
前侧	部分有用线束/部分非有用线束	有用线束，非有用线束
后侧	有用线束，非有用线束	有用线束，非有用线束
顶部	有用线束，非有用线束	有用线束，非有用线束
底部	非有用线束	有用线束，非有用线束
右侧	非有用线束	非有用线束
防护门	非有用线束	有用线束，非有用线束

工作人员摆放工件后在操作台操作设备，关注点选取在操作位置，操作台距离设备前侧表面约 1m，其余关注点选取设备屏蔽体外 30cm 处。设备射线管在出束时仅上下移动，球管距离左侧和右侧屏蔽体是 1548mm 和 1442mm；载物台前后移动（YO 轴）至球管最近和最远距离范围是 200mm-900mm。本项目设备关注点见图 11-2~11-5，X 射线主射、泄漏及散射线束关注点计算参数列于表 11-2。

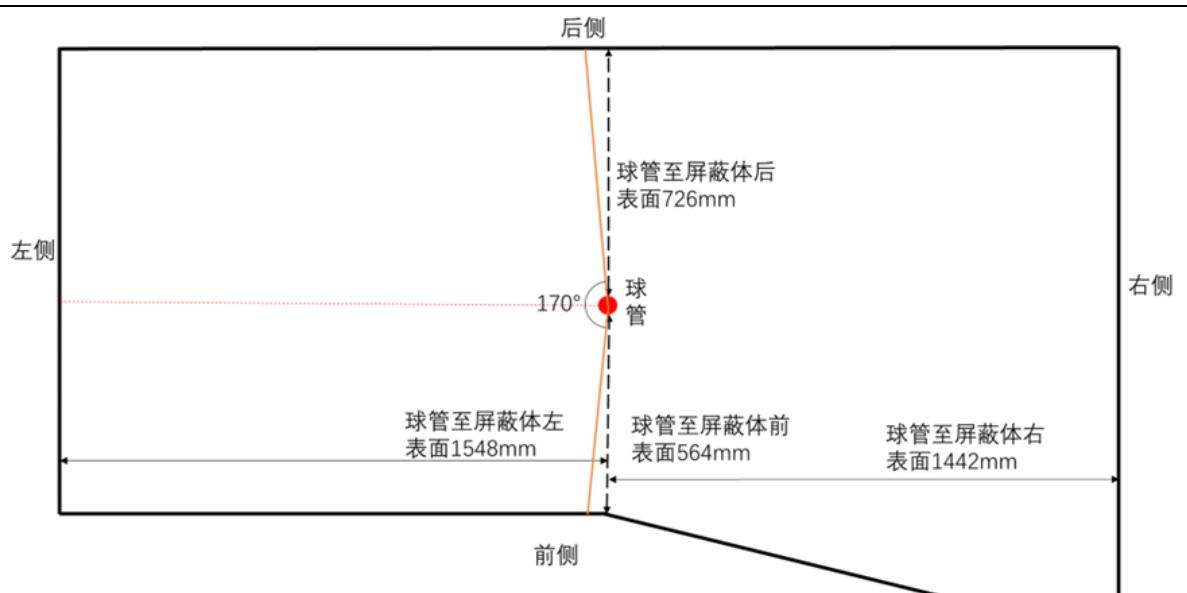


俯视图

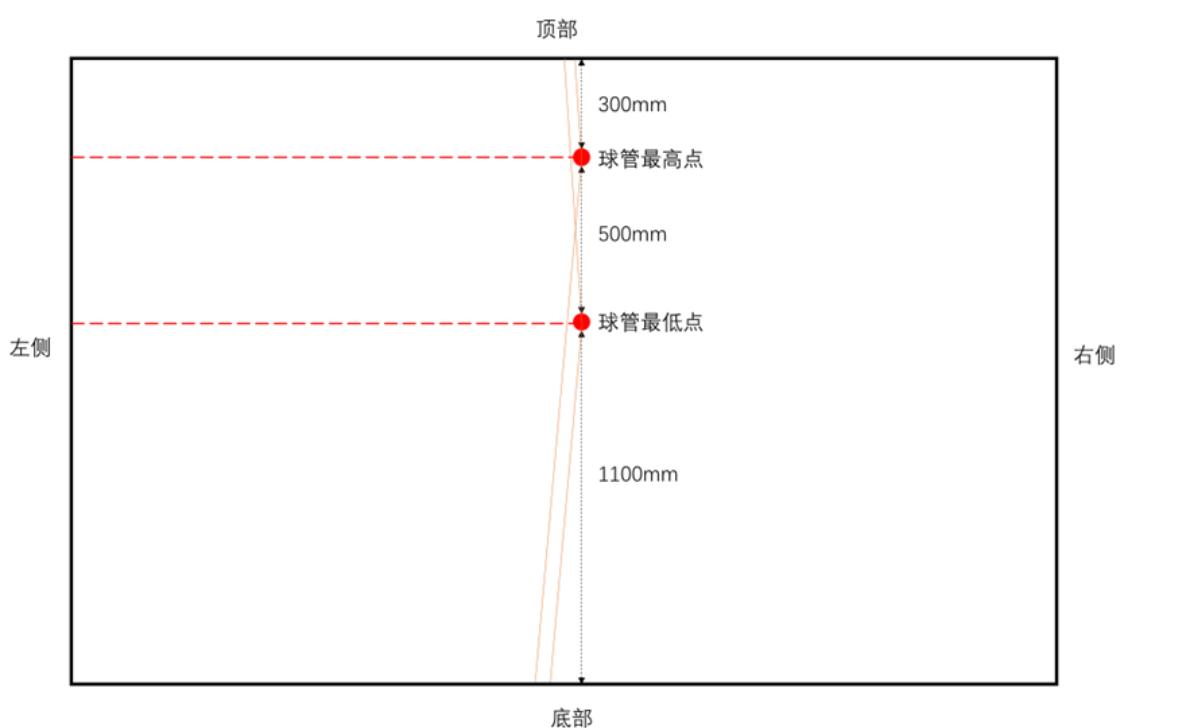


正视图

a.225kV 射线管的主射线 45° 照射范围



俯视图



正视图

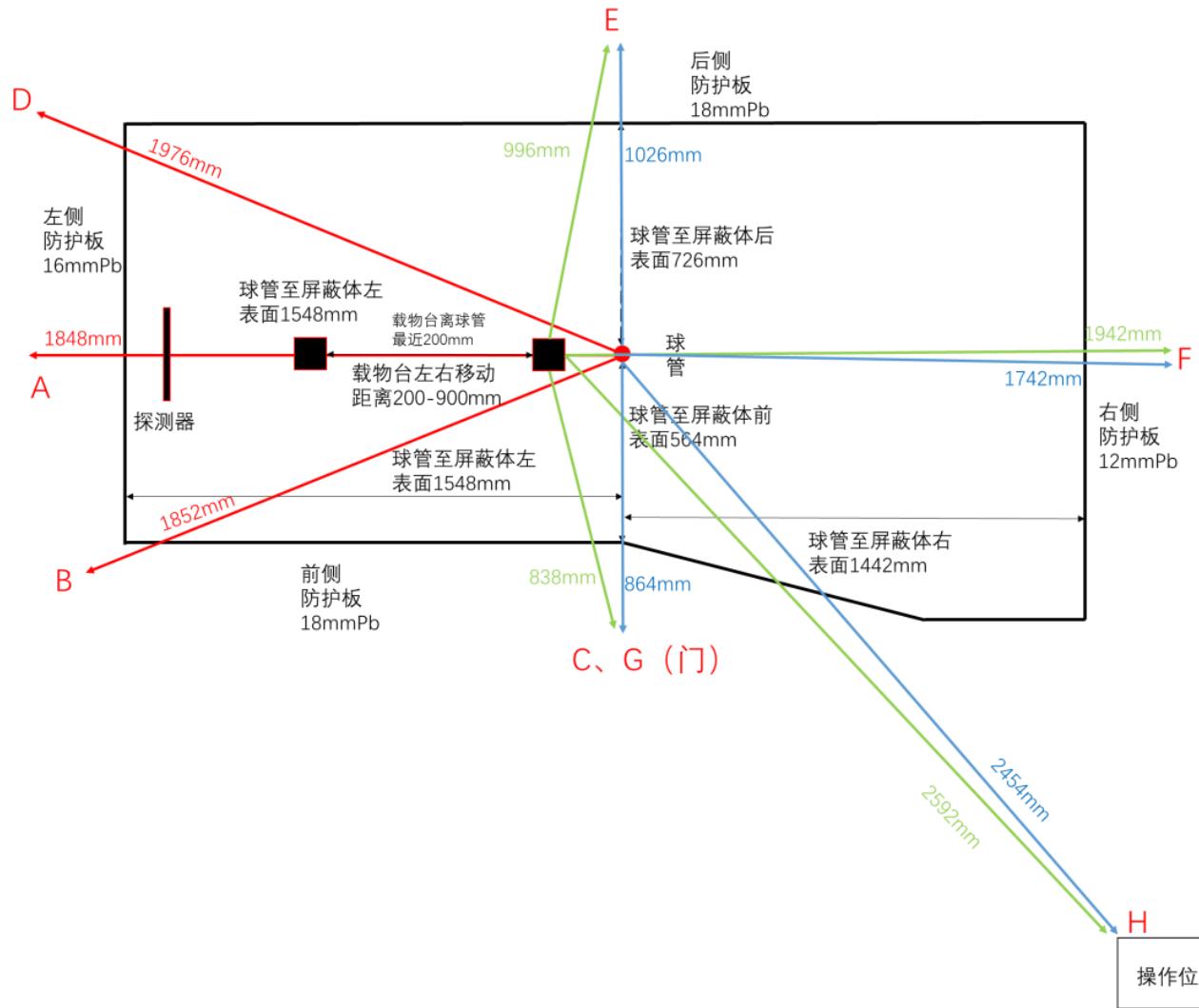
b. 190kV 射线管的主射线 170° 照射范围

图 11-1 主线束朝向示意图

表 11-2 YXLON FF35 CT 型设备关注点计算参数

射线管	关注点	设备位置	X 射线出束口至关注点距离 R (mm)	散射体位置至关注点距离 R _S (mm)	屏蔽厚度 (mmPb)	射线类型
225kV	A	左侧	1848	-	16	主射线束
	B	前侧	1428	-	18	主射线束
	C	前侧	864	838	18	泄漏及散射线束
	D	左侧	2087	-	16	主射线束
	E	后侧	1026	996	18	泄漏及散射线束
	F	右侧	1742	1942	12	泄漏及散射线束
	G	防护门	864	838	18	泄漏及散射线束
	H	操作位	2454	2592	18	泄漏及散射线束
	I	顶部	900	-	20	主射线束
	J	顶部	600	585	20	泄漏及散射线束
190kV	K	底部	1400	1364	16	泄漏及散射线束
	A	左侧	1848	-	16	主射线束
	F	右侧	1742	1942	12	泄漏及散射线束
	L	前侧	866	-	18	主射线束
	M	前侧	864	838	18	泄漏及散射线束
	N	后侧	1028	-	18	主射线束
	O	后侧	1026	996	18	泄漏及散射线束
	P	防护门	866	-	18	主射线束
	Q	防护门	864	838	18	泄漏及散射线束
	R	操作位	2325	2454	18	泄漏及散射线束
	S	顶部	601	-	20	主射线束
	T	顶部	600	585	20	泄漏及散射线束
	U	底部	1400	1364	16	泄漏及散射线束
	V	底部	1404	-	16	主射线束

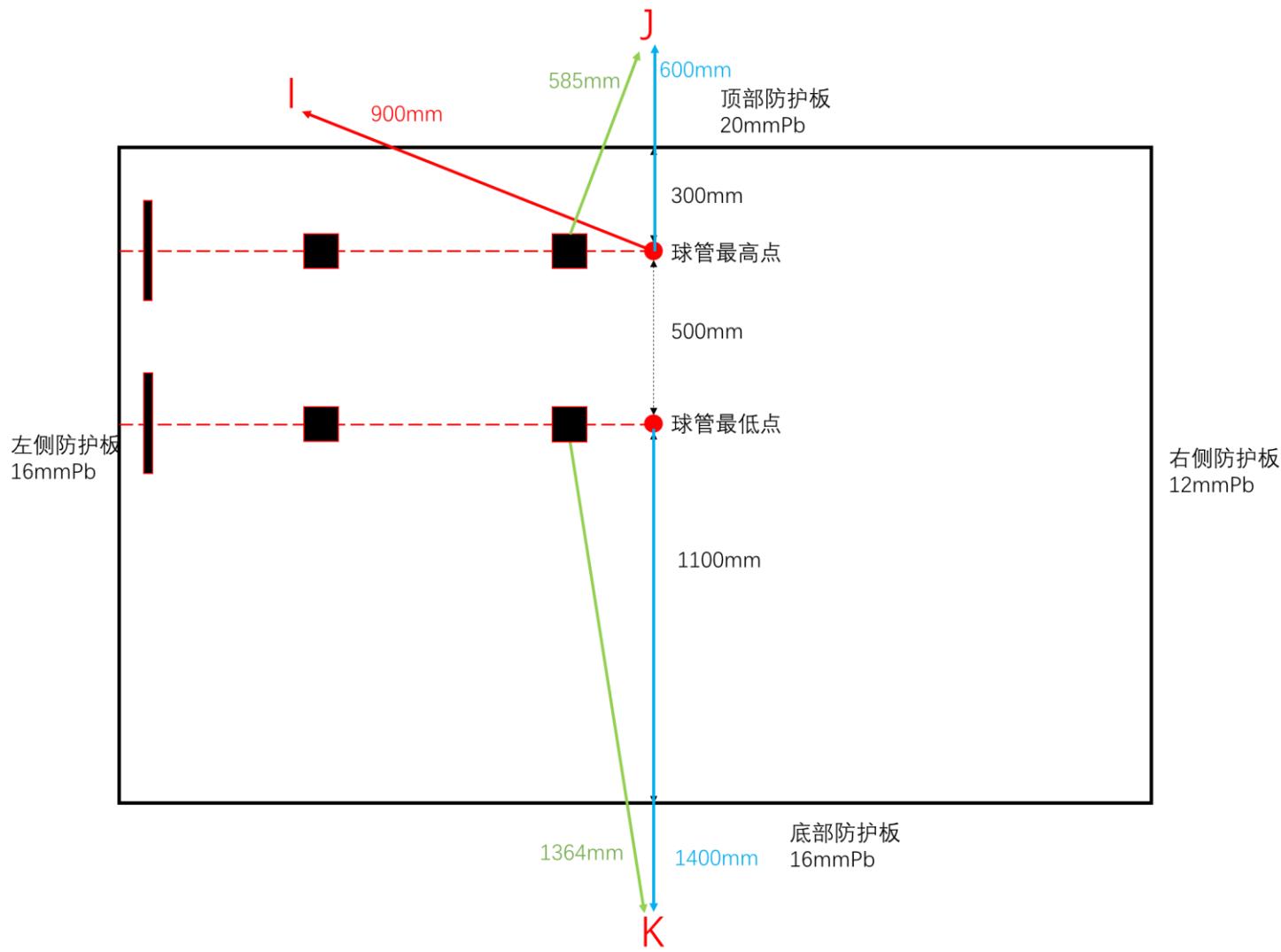
注：根据厂家提供，设备结构材料是钢铅钢，以上屏蔽体厚度是钢铅钢的等效铅厚度。



注：1、R 距离取值见图 11-2~11-5 中主射线束红色线段、泄漏线束蓝色线段和数字。

2、 R_s 距离取值见图 11-2~11-5 中散射线束绿色线段和数字，散射距离已考虑散射体大小。

图 11-2 YXLON FF35 CT 型设备 225kV 时俯视图水平面关注点及对应屏蔽厚度



注：设备 X 射线管和探测板(图中同时显示 2 种 X 射线管位于上下移动不同位置的情况); 顶棚上方分析选取射线管距离顶棚最近的位置。

图 11-3 YXLON FF35 CT 型设备 225kV 时正视图立面关注点及对应屏蔽厚度

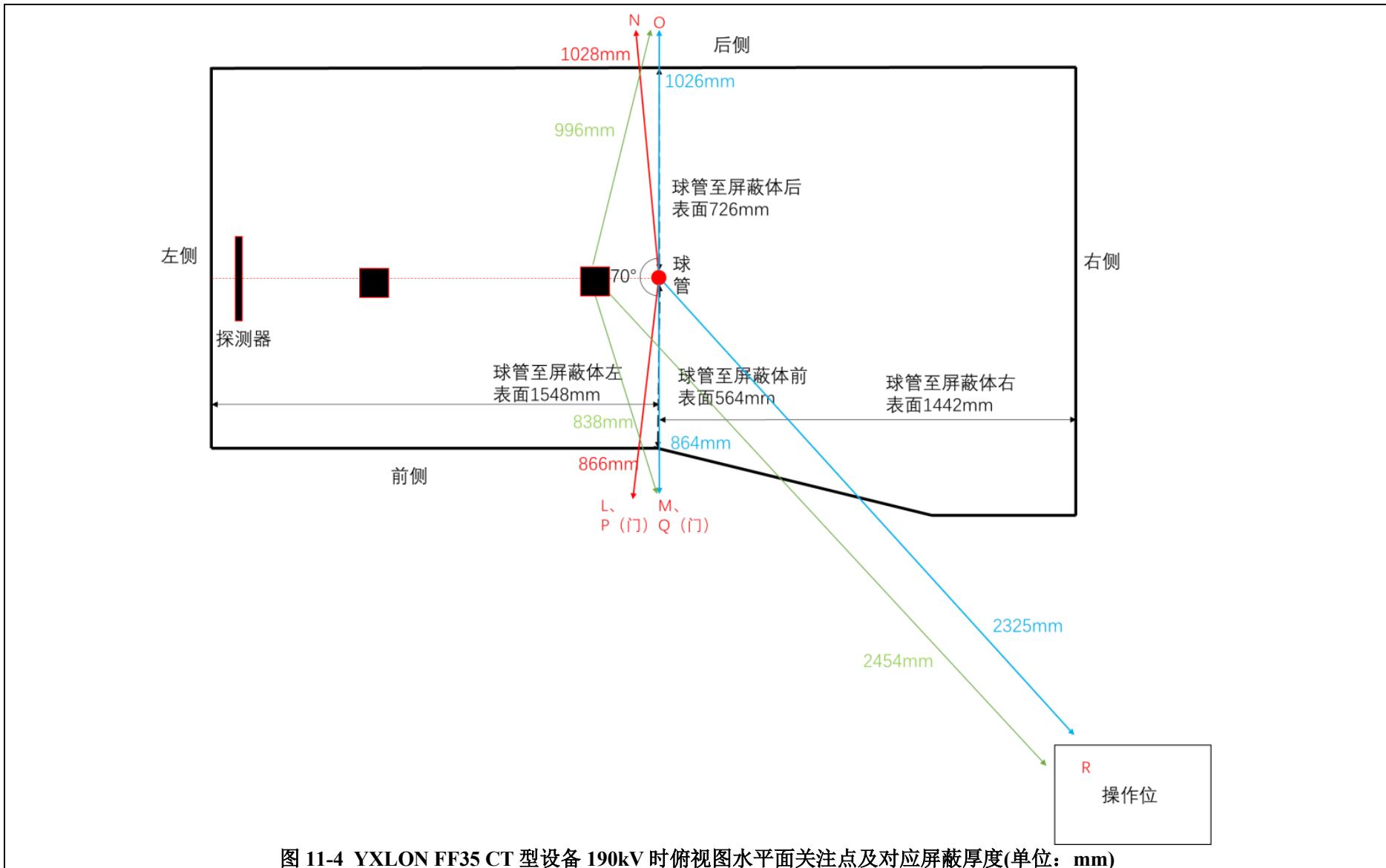
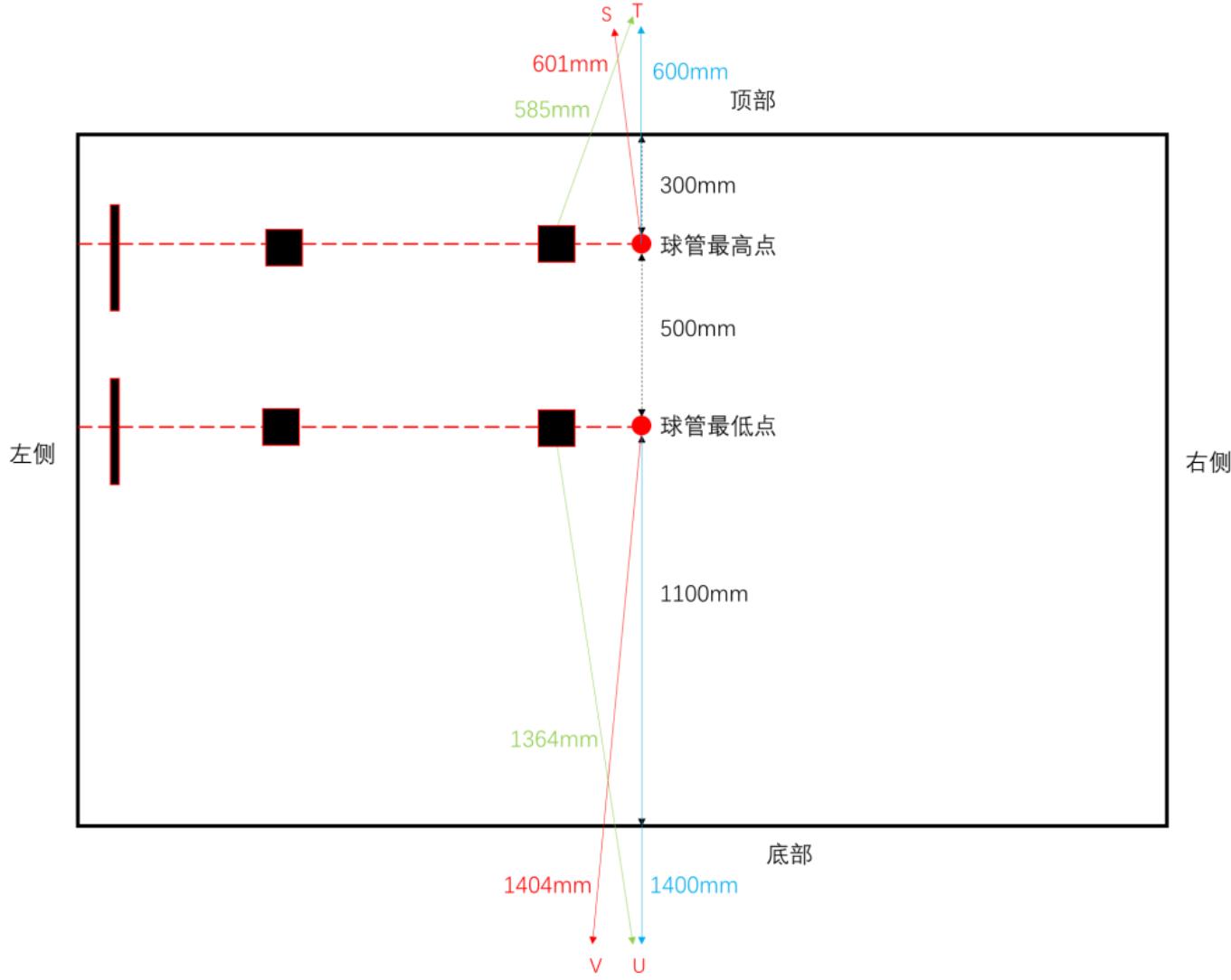


图 11-4 YXLON FF35 CT 型设备 190kV 时俯视图水平面关注点及对应屏蔽厚度(单位: mm)



注：设备 X 射线管和探测板(图中同时显示 2 种 X 射线管位于上下移动不同位置的情况); 顶棚上方分析选取射线管距离顶棚最近的位置。

图 11-5 YXLON FF35 CT 型设备 190kV 时正视图立面关注点及对应屏蔽厚度(单位: mm)

(2) Xradia510Versa CT 型设备的 X 射线管朝向设备右侧探测器，射线管有用线束发射角是 60° ，射线管无法上下移动，至顶部和底部屏蔽体距离分别是 352mm 和 471mm，射线管左右移距离为 190mm，至右侧和左侧屏蔽体最近距离分别是 943mm 和 742mm，为了验证主线束直接照射向其它五个面的情况，以下图 11-6 示例。

根据图 11-6 所示，X 射线主射线可朝向设备的右侧、顶部、底部、前侧和后侧。

根据表 9-3，本项目 Xradia510Versa CT 型设备各屏蔽面的辐射防护影响分析核算数据。具体见表 11-3。

表 11-3 Xradia510Versa CT 型屏蔽核算各方向射线类型

设备位置	射线类型
左侧	非有用线束
前侧	有用线束，非有用线束
后侧	有用线束，非有用线束
顶部	有用线束，非有用线束
底部	有用线束，非有用线束
右侧	有用线束
防护门	有用线束，非有用线束

工作人员摆放工件后在操作台操作设备，关注点选取在操作位置，操作台距离设备前侧表面约 80cm，其余关注点选取设备屏蔽体外 30cm 处。设备射线管在出束时仅左右移动，球管距离能够左右移动距离为 190mm，距离左侧和右侧屏蔽体最小距离分别为 742mm 和 943mm；载物台前后移动（X 轴）52mm，左右移动（Z 轴）52mm，上下（Y 轴）±101mm；载物台到至球管最近和最远距离范围是 0mm-242mm。本项目设备关注点见图 11-7、图 11-8，X 射线主射、泄漏及散射线束关注点计算参数列于表 11-4。

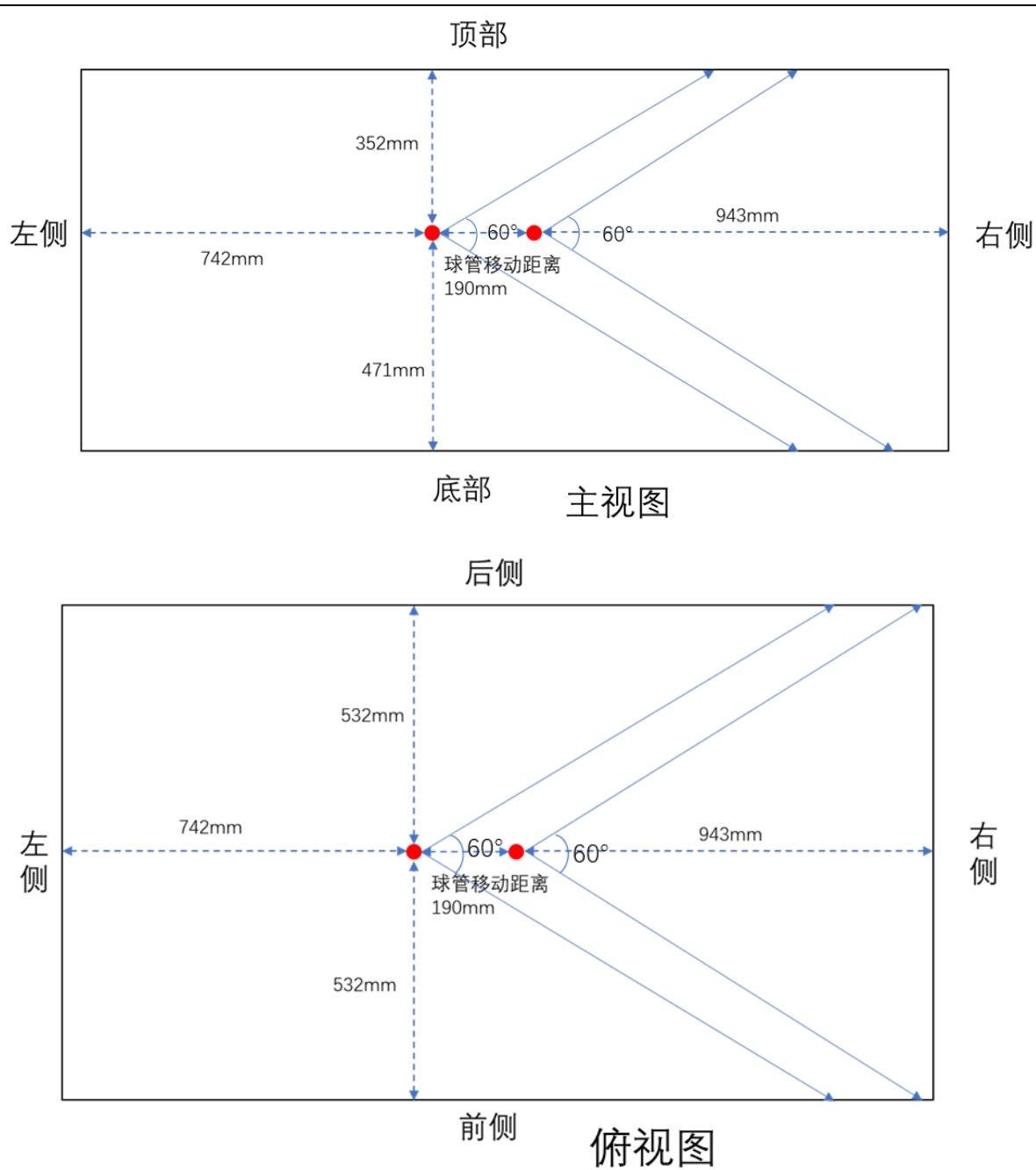


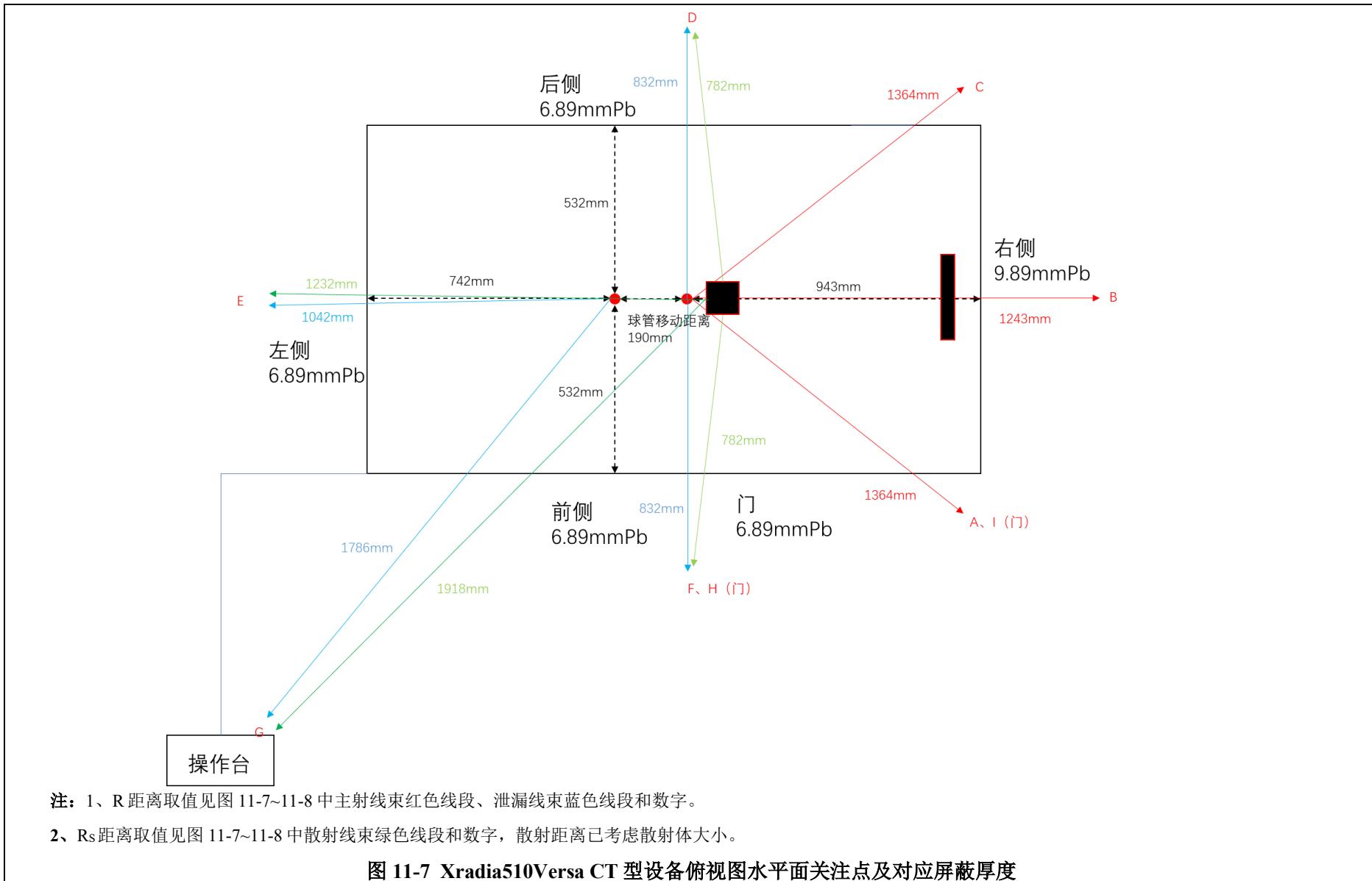
图 11-6 主线束朝向示意图

表 11-4 Xradia510Versa CT 型设备关注点计算参数

关注点	设备位置	X射线出束口至关注点距离 R (mm)	散射体位置至关注点距离 Rs (mm)	屏蔽厚度 (mmPb)	射线类型
A	前侧	1364	-	6.89	主射线束
B	右侧	1243	-	9.89	主射线束
C	后侧	1364	-	6.89	主射线束
D	后侧	832	782	6.89	泄漏及散射线束
E	左侧	1042	1232	6.89	泄漏及散射线束
F	前侧	832	782	6.89	泄漏及散射线束
G	操作台	1786	1918	6.89	泄漏及散射线束

H	防护门	832	782	6.89	泄漏及散射线束
I	防护门	1364	-	6.89	主射线束
J	底部	1242	-	8.06	主射线束
K	顶部	1004	-	6.69	主射线束
L	顶部	652	602	6.69	泄漏及散射线束
M	底部	771	721	8.06	泄漏及散射线束

注：根据厂家提供，设备结构材料是钢铅钢，以上屏蔽体厚度是钢铅钢的等效铅厚度。



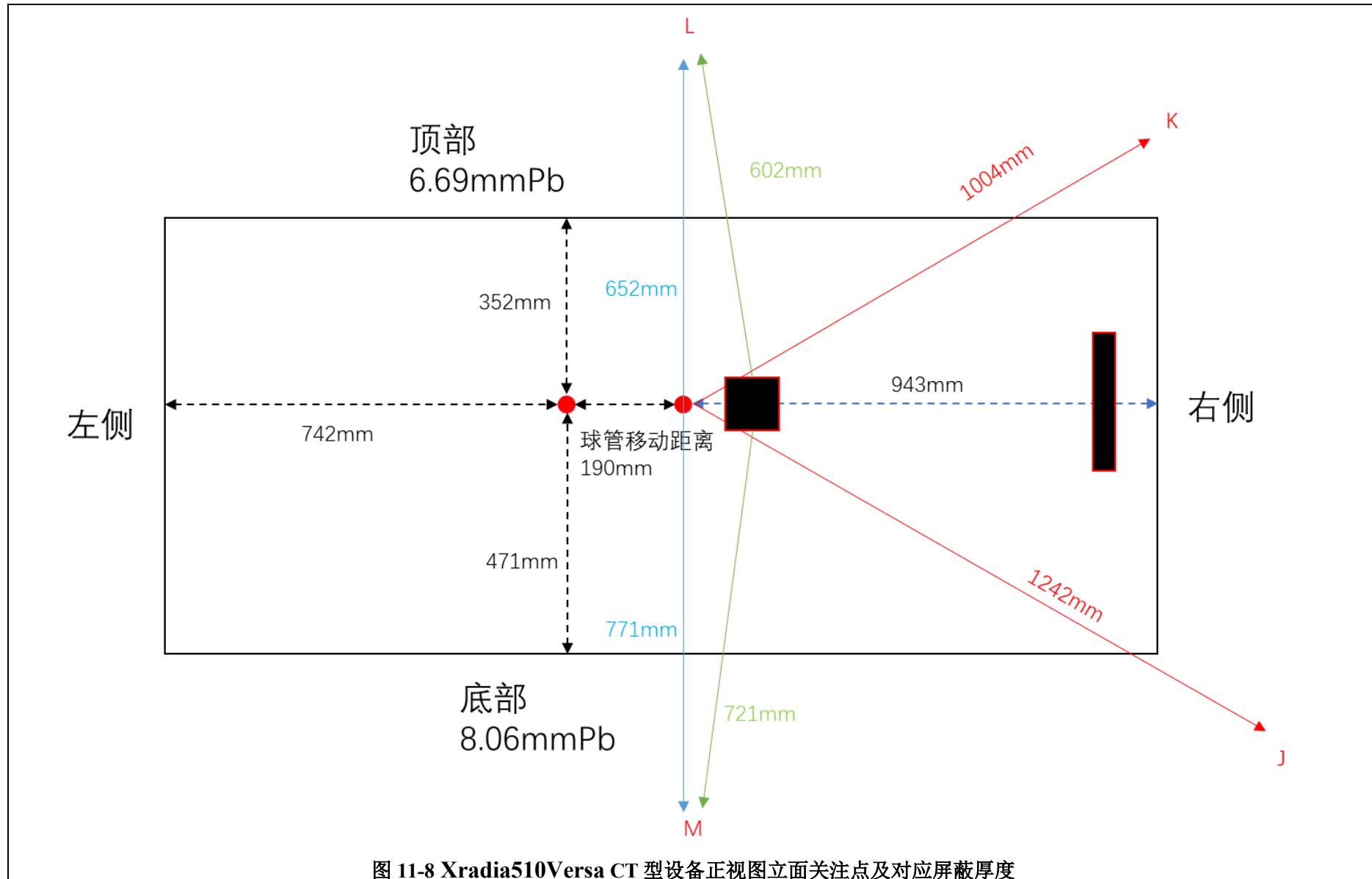


图 11-8 Xradia510Versa CT 型设备正视图立面关注点及对应屏蔽厚度

(3) TESCAN UniTOM XL CT 型设备的 X 射线管朝向设备右侧探测器, 射线管有用线束发射角是 60° , 射线管上下移动距离为 930mm, 至顶部和底部屏蔽体最近距离分别是 300mm 和 128mm, 为了验证主线束直接照射向其它五个面的情况, 以下图 11-9 示例。

根据图 11-9 所示, X 射线主射线可朝向设备的右侧、顶部、底部、前侧和后侧。

根据表 9-4, 本项目 TESCAN UniTOM XL CT 型设备各屏蔽面的辐射防护影响分析核算数据。具体见表 11-5。

表 11-5 TESCAN UniTOM XL CT 型屏蔽核算各方向射线类型

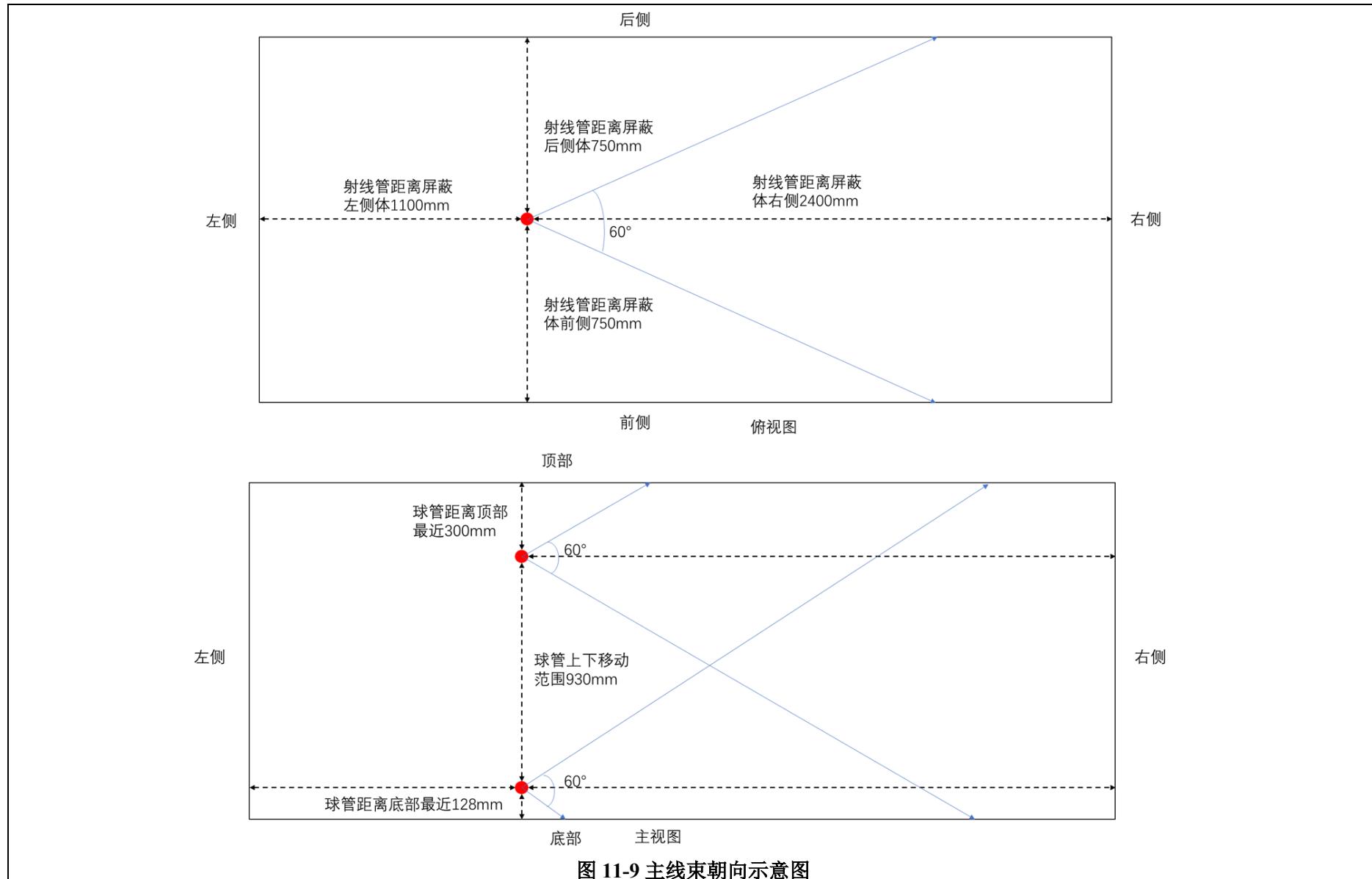
设备位置	射线类型
左侧	非有用线束
前侧	有用线束, 非有用线束
后侧	有用线束, 非有用线束
顶部	有用线束, 非有用线束
底部	有用线束, 非有用线束
右侧	有用线束
防护门	有用线束, 非有用线束

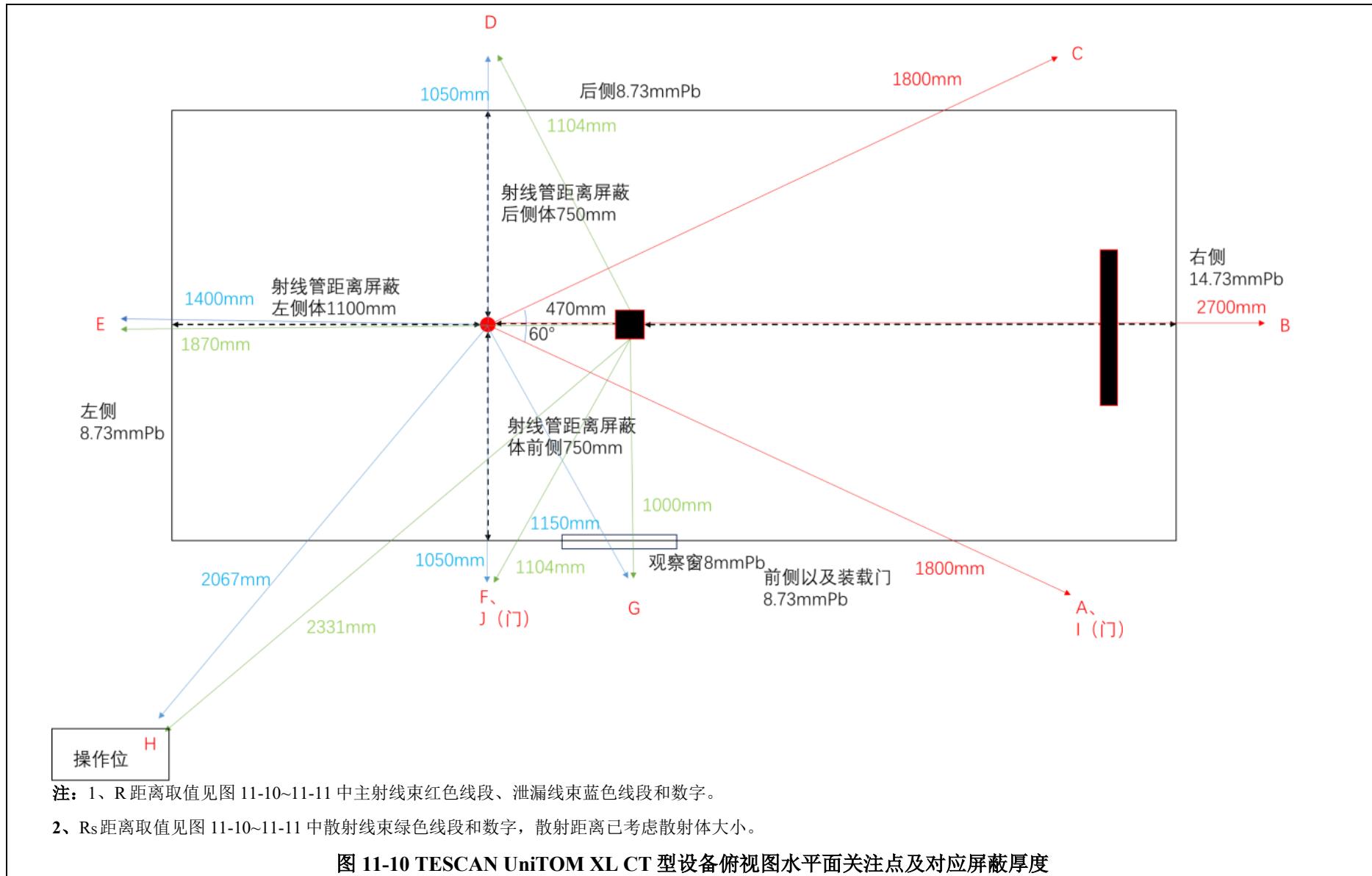
工作人员摆放工件后在操作台操作设备, 关注点选取在操作位置, 操作台距离设备前侧表面约 100cm, 其余关注点选取设备屏蔽体外 30cm 处。设备射线管在出束时仅上下移动, 无法左右移动, 距离左右的距离分别为 1100mm 和 2400mm, 载物台前后移动 (YO 轴) 10-250mm, 左右移动 (XO 轴) $\pm 30\text{mm}$, 至球管最近和最远距离范围是 470mm-530mm。本项目设备关注点见图 11-10、图 11-11, 由于本设备底下无建筑, 因此关注点不考虑底部。X 射线主射、泄漏及散射线束关注点计算参数列于表 11-6。

表 11-6 TESCAN UniTOM XL CT 型设备关注点计算参数

关注点	设备位置	X 射线出束口至关注点距离 R (mm)	散射体位置至关注点距离 R _s (mm)	屏蔽厚度 (mmPb)	射线类型
A	前侧	1800	-	8.73	主射线束
B	右侧	2700	-	14.73	主射线束
C	后侧	1800	-	8.73	主射线束
D	后侧	1050	1104	8.73	泄漏及散射线束
E	左侧	1400	1870	8.73	泄漏及散射线束
F	前侧	1050	1104	8.73	泄漏及散射线束
G	观察窗	1150	1000	8	泄漏及散射线束
H	操作台	2067	2331	8.73	泄漏及散射线束
I	防护门	1800	-	8.73	主射线束
J	防护门	1050	1104	8.73	泄漏及散射线束
K	顶部	900	-	8.73	主射线束
L	顶部	600	723	8.73	泄漏及散射线束

注: 根据厂家提供, 设备结构材料是钢铅钢, 以上屏蔽体厚度是铁铅铁的等效铅厚度。





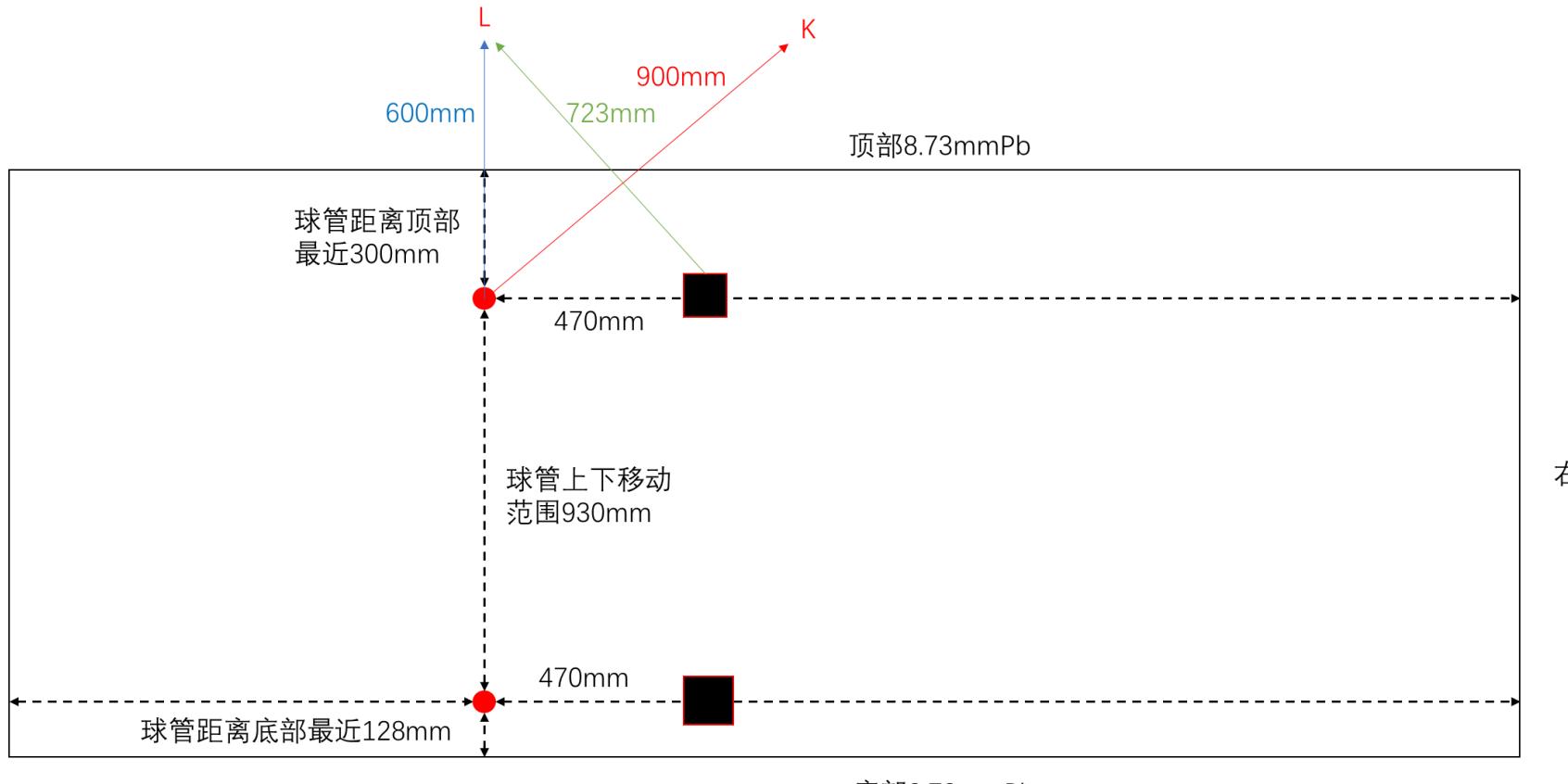


图 11-11 TESCAN UniTOM XL CT 型设备正视图立面关注点及对应屏蔽厚度

(4) UNC225 CT 型设备包含两套 X 射线管（同一规格 190）斜射向探测器（前侧与右侧），单个射线管有用线束发射角是 60° ，射线管上下移动距离为 200mm，至顶部 1、顶部 2 和底部屏蔽体距离分别是 750mm、1844mm 和 900mm，射线管前后移动距离为 300mm（斜向移动），至前侧和后侧屏蔽体最近距离分别是 587mm 和 1434mm，射线管左右为转动，转动角度为 $\pm 15^\circ$ ，射线管 1 距离左侧屏蔽体最近为 1827mm，射线管 2 距离右侧屏蔽体最近为 923mm。两射线管之间的夹角范围为 $60^\circ \sim 120^\circ$ ，两射线管能同时开启，为了验证主线束直接照射向其它五个面的情况，以下图 11-12、11-13 示例。

根据图 11-12 和图 11-13 所示，X 射线主射线可朝向设备的左侧、右侧、顶部和前侧。根据表 9-5，由于本设备底下无建筑，因此关注点不考虑底部。本项目 UNC225 CT 型设备各屏蔽面的辐射防护影响分析核算数据。具体见表 11-7。

表 11-7 UNC225 CT 型屏蔽核算各方向射线类型

设备位置	射线类型
左侧	有用线束，非有用线束
前侧	有用线束
后侧	非有用线束
顶部	有用线束，非有用线束
底部	非有用线束
右侧	有用线束，非有用线束
防护门	有用线束，非有用线束

工作人员摆放工件后在操作台操作设备，关注点选取在操作位置，操作台距离设备右侧表面约 100cm，其余关注点选取设备屏蔽体外 30cm 处。设备射线管可以上下左右移动，并且能够转动 $\pm 15^\circ$ 。载物台只能上下移动（Z 轴）400mm，至球管最近和最远距离范围是 0mm-300mm。本项目设备关注点见图 11-14~11-15，X 射线主射、泄漏及散射线束关注点计算参数列于表 11-8。

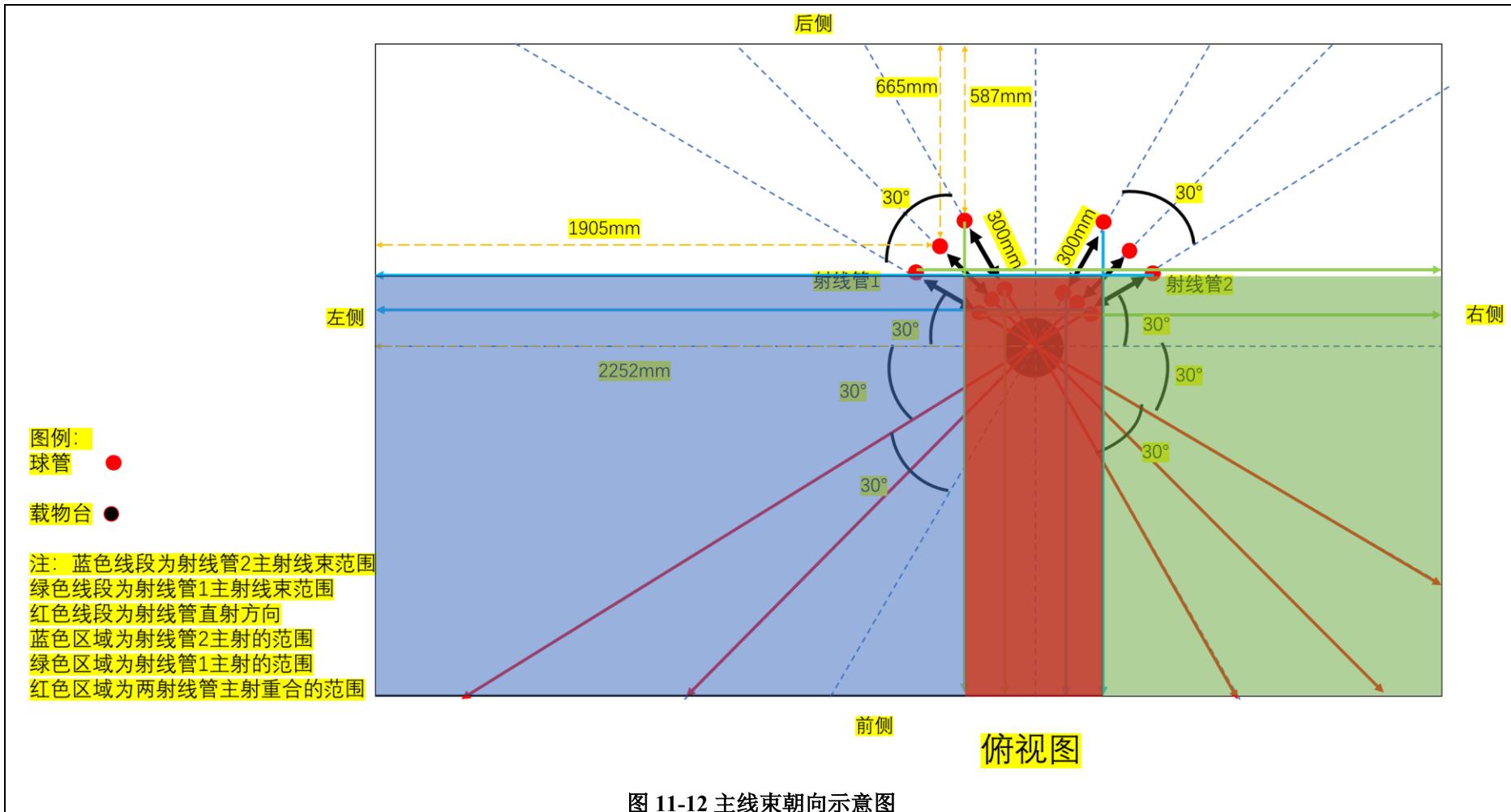


图 11-12 主线束朝向示意图

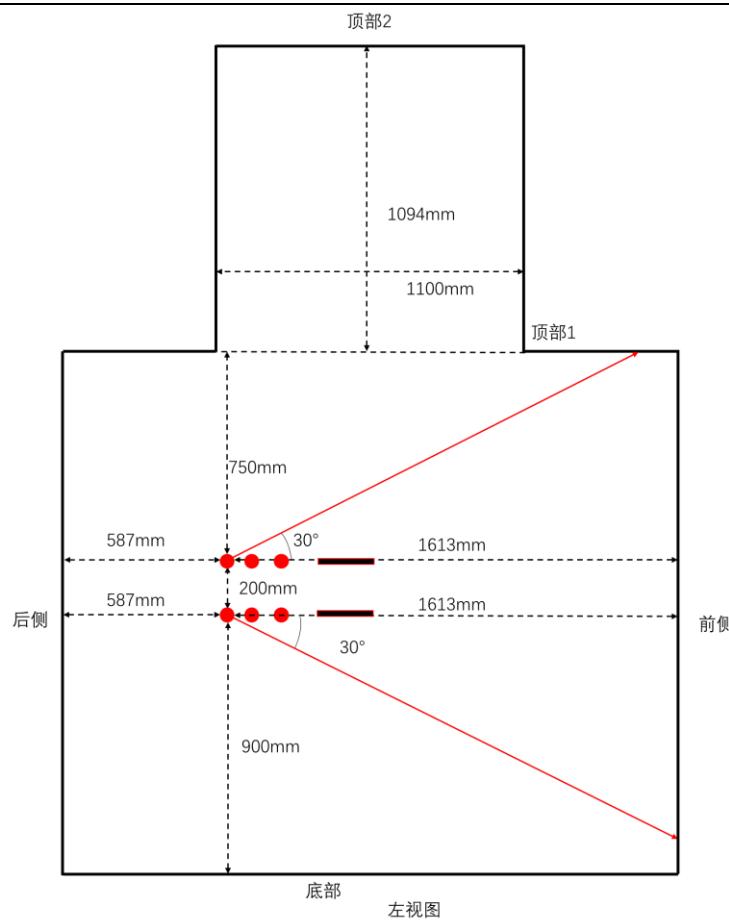
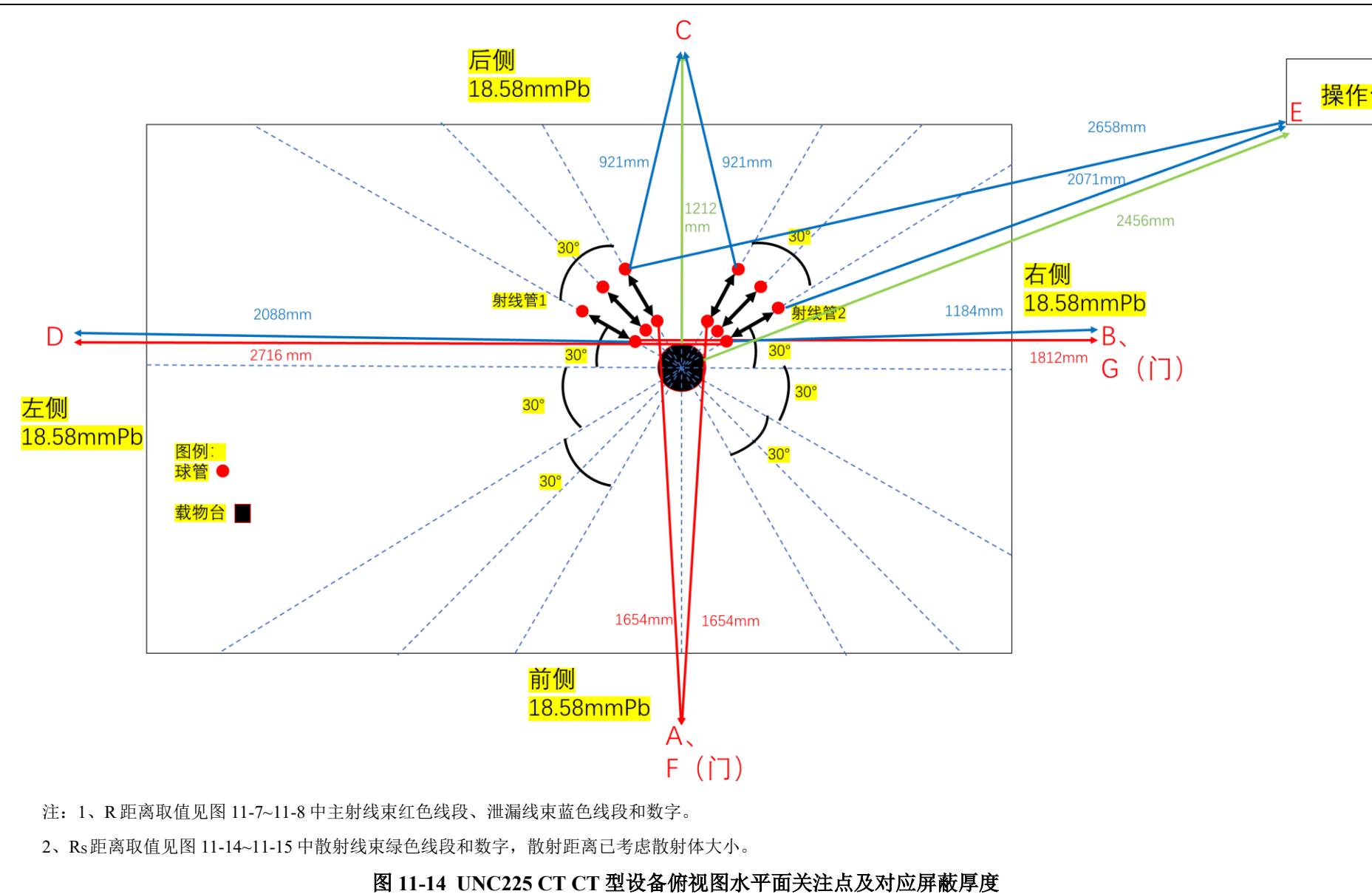


图 11-13 主线束朝向示意图

表 11-8 UNC225 CT 型设备关注点计算参数

关注点	设备位置	射线管 1 出束口至关注点距离 R (mm)	射线管 2 出束口至关注点距离 R (mm)	散射体位置至关注点距离 R _S (mm)	屏蔽厚度 (mmPb)	射线类型
A	前侧	1654	1654	-	18.58	主射线束
B	右侧	1812	1184	-	18.58	主射及泄漏线束
C	后侧	921	921	1212	18.58	泄漏及散射线束
D	左侧	2088	2716	-	18.58	主射及泄漏线束
E	操作台	2658	2071	2456	18.58	泄漏及散射线束
F	防护门	1654	1654	-	18.58	主射及泄漏线束
G	防护门	1812	1184	-	18.58	主射及泄漏线束
H	顶部 1	1800	1800	-	18.58	主射及泄漏线束
I	顶部 1	1081	1081	1166	18.58	泄漏及散射线束

注：根据厂家提供，设备结构材料是钢铅钢，以上屏蔽体厚度是钢铅钢的等效铅厚度。



注: 1、R 距离取值见图 11-7~11-8 中主射线束红色线段、泄漏线束蓝色线段和数字。

2、Rs 距离取值见图 11-14~11-15 中散射线束绿色线段和数字, 散射距离已考虑散射体大小。

图 11-14 UNC225 CT CT型设备俯视图水平面关注点及对应屏蔽厚度

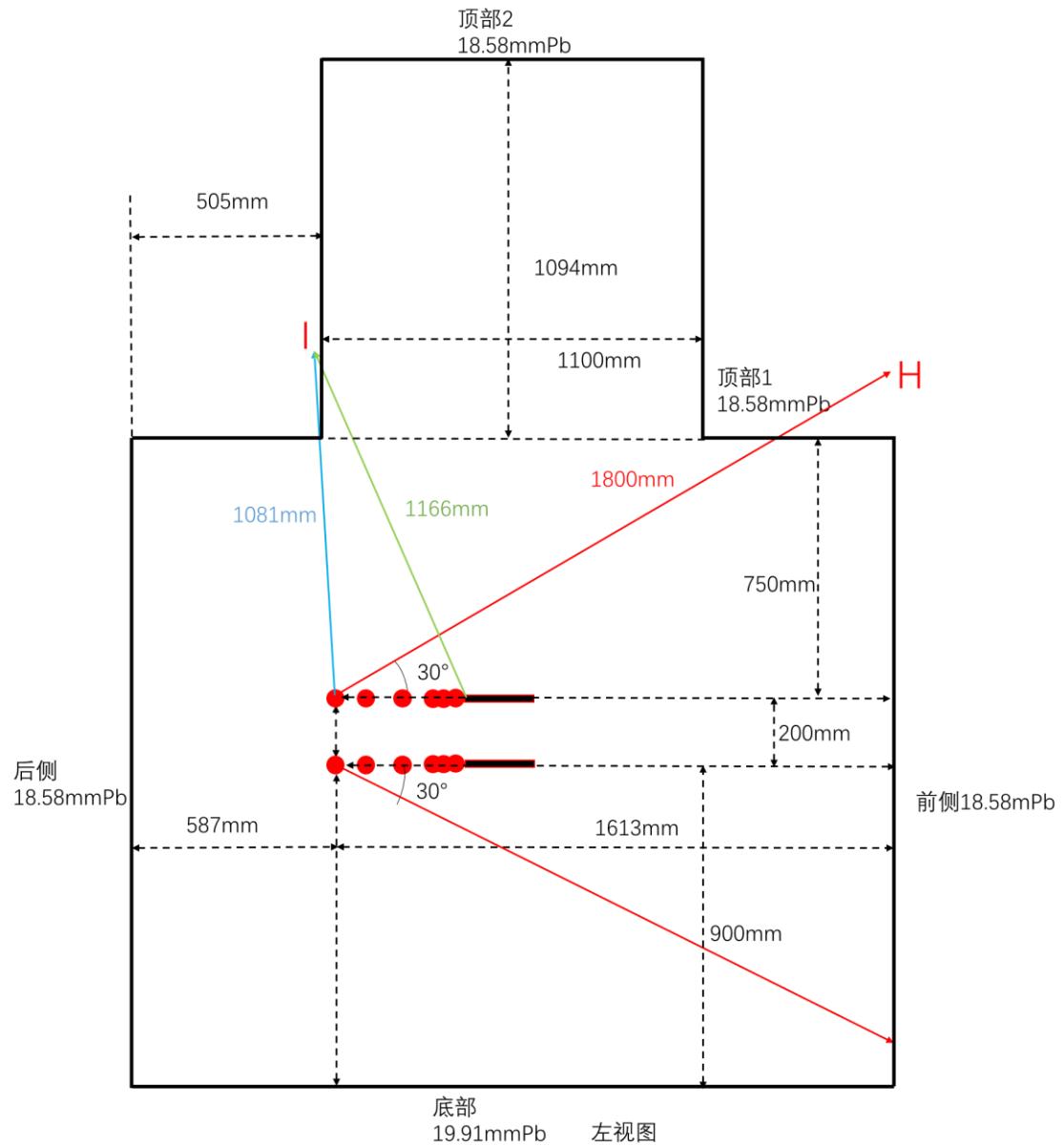


图 11-15 UNC225 CT 型设备左视图立面关注点及对应屏蔽厚度

11.2.3 辐射屏蔽剂量参考控制水平

参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022))中 6.1.3 款和 6.1.4 款，设备屏蔽体外表面的辐射屏蔽剂量率参考控制水平应同时满足：

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

- a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；
- b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

- a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室

项内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。由本项目拟建位置上方人员可达，故上方周围剂量当量率参考控制水平取不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)3.1.1 款给出的 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 计算公式：

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

式中： H_c --周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周($\mu\text{Sv}/\text{周}$)；

t --装置周照射时间，单位为小时每周($\text{h}/\text{周}$)；

U --装置向关注点照射的使用因子，本项目设备不同球管的使用因子均取 1 保守估算；

T --人员在关注点驻留的居留因子。

根据各关注点所在环境性质，利用公式计算导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ，确定关注点最终的周围剂量当量率控制水平。

一、YXLON FF35 CT 型 X 射线检测系统

YXLON FF35 CT 型设备屏蔽体上表面距无损分析室顶部高度为 6.3m，无损分析室顶部上方为天台。无损分析室专用于辐射工作人员对产品进行 X 射线检测，公众未经授权一般不允许进入该专用无损分析室，因此实际实验室内主要为职业工作人员活动区，综合得出本项目关注点的辐射屏蔽剂量参考控制水平见表 11-9。

表 11-9 YXLON FF35 CT 型设备关注点的辐射屏蔽剂量参考控制水平

关注点 225kV (190kV)	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	$t(\text{h}/\text{周})$	U	T	导出剂量率参 考控制水平 $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参考控制 水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$
A	100	20	1	1/4	20	2.50	2.50
B (L、P)	100		1	1	5.0	2.50	2.50
C (M)	100		1	1	5.0	2.50	2.50
D (N)	100		1	1/4	20	2.50	2.50
E (O)	100		1	1/4	20	2.50	2.50
F	100		1	1/4	20	2.50	2.50
G (Q)	100		1	1	5.0	2.50	2.50
H (R)	100		1	1	5.0	2.50	2.50
I (N)	100		1	1/16	80	2.50	2.50

J (Q)	100		1	1/16	80	2.50	2.50
K (U、V)	100		1	1/16	80	2.50	2.50

二、Xradia510Versa CT 型 X 射线检测系统

Xradia510Versa CT 型设备屏蔽体上表面距无损分析室顶部高度约为 4.88m，无损分析室顶部上方为天台。无损分析室专用于辐射工作人员对产品进行 X 射线检测，公众无授权一般不允许进入该专用无损分析室，因此实际实验室内主要为职业工作人员活动区，综合得出本项目关注点的辐射屏蔽剂量参考控制水平见表 11-10。

表 11-10 Xradia510Versa CT 型设备关注点的辐射屏蔽剂量参考控制水平

关注点	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	$t(\text{h}/\text{周})$	U	T	导出剂量率参 考控制水平 $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	剂量率参考控 制水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$
A	100	20	1	1	5.0	2.50
B	100		1	1/4	20	2.50
C	100		1	1/4	20	2.50
D	100		1	1/4	20	2.50
E	100		1	1/4	20	2.50
F	100		1	1	5.0	2.50
G	100		1	1	5.0	2.50
H	100		1	1	5.0	2.50
I	100		1	1	5.0	2.50
J	100		1	1/16	80	2.50
K	100		1	1/16	80	2.50
L	100		1	1/16	80	2.50
M	100		1	1/16	80	2.50

三、TESCAN UniTOM XL CT 型 X 射线检测系统

TESCAN UniTOM XL CT 型设备屏蔽体上表面距 LED 器件实验室顶部高度为 6.35m，LED 器件实验室顶部上方目前空置。LED 器件实验室专用于辐射工作人员对产品进行 X 射线检测，公众无授权一般不允许进入该专用 LED 器件实验室，因此实际实验室内主要为职业工作人员活动区，综合得出本项目关注点的辐射屏蔽剂量参考控制水平见表 11-11。

表 11-11 TESCAN UniTOM XL CT 型设备关注点的辐射屏蔽剂量参考控制水平

关注点	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	t(h/周)	U	T	导出剂量率参 考控制水平 $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参考控制 水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$
A	100	20	1	1	5.0	2.50	2.50
B	100		1	1/4	20	2.50	2.50
C	100		1	1/4	20	2.50	2.50
D	100		1	1/4	20	2.50	2.50
E	100		1	1/4	20	2.50	2.50
F	100		1	1	5.0	2.50	2.50
G	100		1	1	5.0	2.50	2.50
H	100		1	1	5.0	2.50	2.50
I	100		1	1	5.0	2.50	2.50
J	100		1	1	5.0	2.50	2.50
K	100		1	1/16	80	2.50	2.50
L	100		1	1/16	80	2.50	2.50

四、UNC225 CT 型 X 射线检测系统

UNC225 CT 型设备屏蔽体上表面距 D8-B2-A55 实验室顶部高度为 2.1m, D8-B2-A55 实验室顶部上方为停车场过道。D8-B2-A55 实验室专用于辐射工作人员对产品进行 X 射线检测, 公众无授权一般不允许进入该专用 D8-B2-A55 实验室, 因此实际实验室内主要为职业工作人员活动区, 综合得出本项目关注点的辐射屏蔽剂量参考控制水平见表 11-12。

表 11-12 UNC225 CT 型设备关注点的辐射屏蔽剂量参考控制水平

关注点	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	t(h/周)	U	T	导出剂量率参 考控制水平 $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参考控制 水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$
A	100	20	1	1/4	20	2.50	2.50
B	100		1	1	5.0	2.50	2.50
C	100		1	1/4	20	2.50	2.50
D	100		1	1/4	20	2.50	2.50
E	100		1	1	5.0	2.50	2.50
F	100		1	1/4	20	2.50	2.50
G	100		1	1	5.0	2.50	2.50
H	100		1	1/16	80	2.50	2.50

I	100		1	1/16	80	2.50	2.50
11.2.4 辐射剂量率水平分析							
参考标准 GBZ/T 250-2014, 主射线束在关注点的剂量率按公式:							
$H_1 = \frac{I \times H_0 \times B}{R^2} \quad (11-1)$							
初级射线的透射因子 B 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)图 B.1, 有用线束方向关注点的剂量率按公式 (11-1) 计算。							
对于给定屏蔽物质厚度 X, 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式 (11-2) 计算:							
$B = 10^{-X/TVL} \quad (11-2)$							
漏射线在关注点的剂量率按公式 (11-3) 计算:							
$H_2 = \frac{H_L \times B}{R^2} \quad (11-3)$							
90°散射线在关注点的辐射剂量率按公式 (11-4) 计算:							
$H_3 = \frac{I \times H_0 \times B}{R_S^2} \times \frac{F \times a}{R_0^2} \quad (11-4)$							
对于非主射面外关注点的辐射剂量率, 其值由散射线和漏射线的贡献值相加。式中:							
I: X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为 mA;							
H ₀ : 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, 单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$;							
B: 屏蔽透射因子;							
R: 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为 m;							
R _S : 散射体至关注点的距离, 与 R 近似相等, 单位为 m;							
X: 屏蔽物质厚度, 单位为 mm;							
TVL: 屏蔽物质的什值层, 单位为 mm;							
H _L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为 $\mu\text{Sv}/\text{h}$;							
F: R ₀ 处的辐射野面积, 单位为 m^2 ;							
a: 散射因子, 入射辐射被单位面积散射体散射到距其 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;							
R ₀ : 辐射源点至工件的距离, 单位为 m。							
本项目参考标准 JJG 393-2018, 225kV 和 230kV 射线管 $\text{Sv} \cdot \text{Gy}^{-1}$ 换算因子参考 200kV 取 1.46, 160kV 和 190kV 射线管 $\text{Sv} \cdot \text{Gy}^{-1}$ 换算因子参考 150kV 取 1.58。							

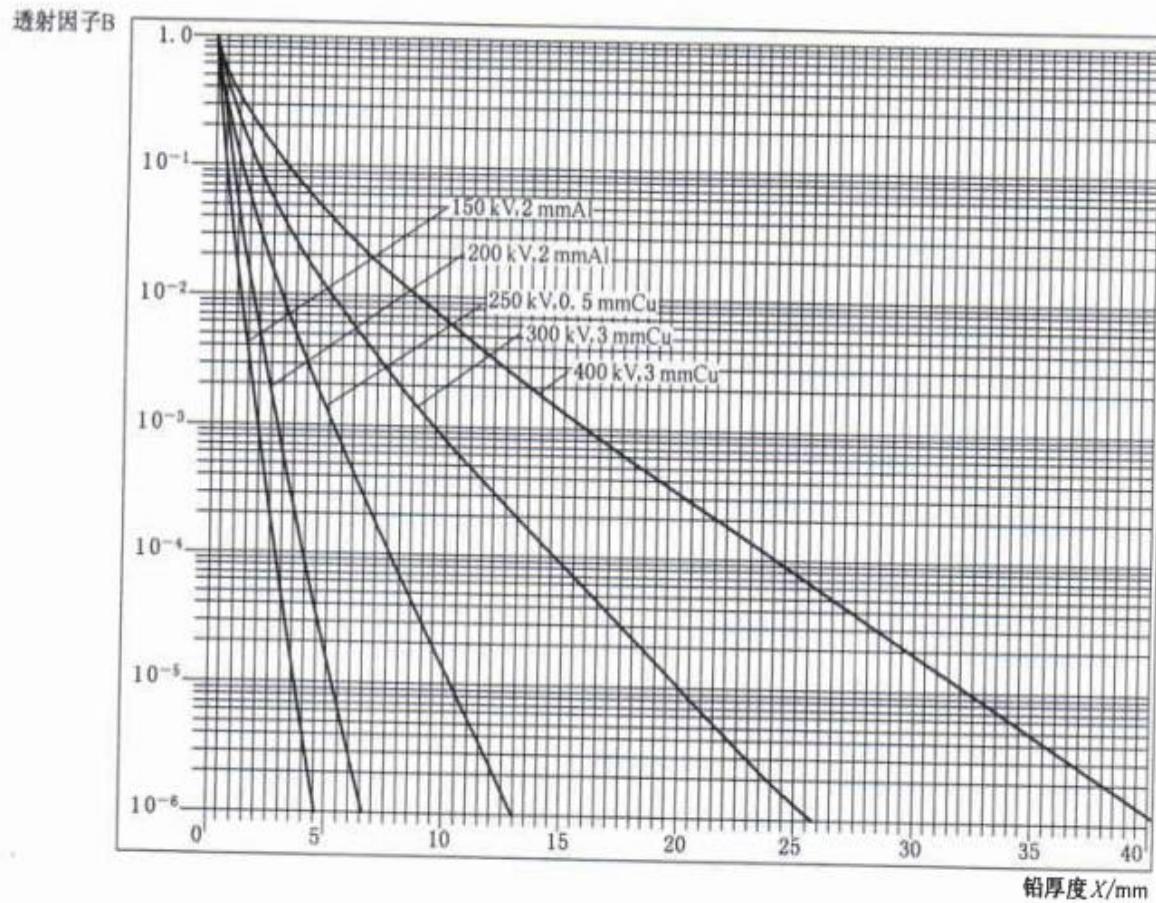


图 B.1 X 射线穿过铅的透射

图 11-16 X 射线穿过铅的透射因子

表 B.2 X 射线束在铅和混凝土中的半值层厚度和什值层厚度

X 射线管电压 kV	半值层厚度 <i>HVL</i>		什值层厚度 <i>TVL</i>	
	铅 mm	混凝土 mm	铅 mm	混凝土 mm
150	0.29	22	0.96	70
200	0.42	26	1.4	86
250	0.86	28	2.9	90
300	1.7	30	5.7	100
400	2.5	30	8.2	100

注 1: *HVL* 和 *TVL* 均为 X 射线经强衰减后的值。

注 2: 表中值取自 ICRP33, 铅的密度为 11.3 t/m^3 , 混凝土的密度为 2.35 t/m^3 。

图 11-17 X 射线束在铅和混凝土中的半值层和什值层厚度

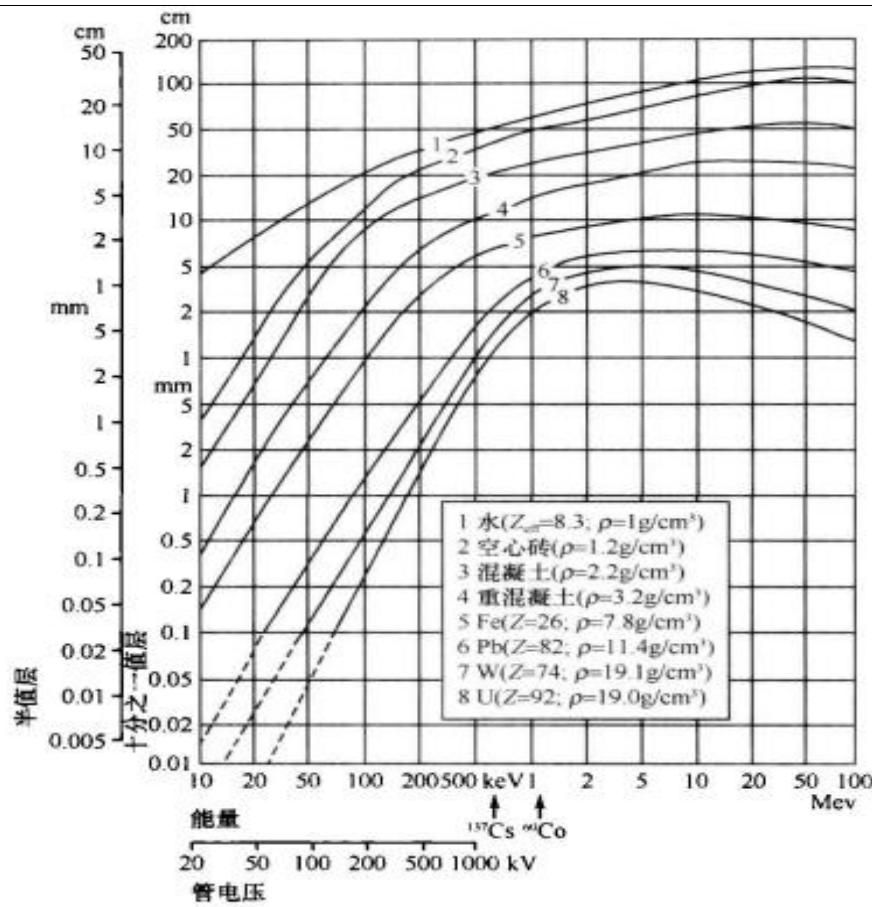


图 6.4 屏蔽材料的平均半值层和十分之一值层

资料来源：Bernard Shleien et al. 1998. Handbook of Health Physics and Radiological Health. 3rd ed

图 11-18 X 射线束在铅和混凝土中的半值层和什值层厚度（参考资料）
报告参照 GBZ/T 250-2014 中方法进行分析，相关计算如下：

① 有用线束

有用线束方向关注点的剂量率按公式（11-1）计算，透射因子 B 按公式（11-2）计算 TVL 从图 11-18 中取值，160kV 时铅的 TVL 取 1.2mm，Fe、钢的 TVL 取 7mm；190kV 下铅的 TVL 取 1.4mm，Fe、钢的 TVL 取 9mm；225kV 时铅的 TVL 取 1.6mm，Fe、钢的 TVL 取 11mm；230kV 时铅的 TVL 取 1.61mm，Fe、钢的 TVL 取 11.1mm。有用线束剂量率计算结果见表 11-13。

表 11-13 关注点有用线束辐射剂量率水平估算结果

设备以及射线管	关注点	H_0 [mGy·m ² /mA·min]	I (mA)	X 铅 (mmPb)	B 铅	R (mm)	\dot{H} (μ Sv/h)
YXLON FF35 CT 225 kV	A	37.8	3	16	1.00E-10	1848	2.91E-04
	B			18	5.62E-12	1428	2.74E-05
	D			16	1.00E-10	2087	2.28E-04

	I			20	3.16E-13	900	3.88E-06
YXLON FF35 CT 190kV	A	36.6	1	16	3.73E-12	1848	3.50E-06
	L			18	1.39E-13	1028	4.22E-07
	N			18	1.39E-13	1028	4.22E-07
	P			18	1.39E-13	866	5.94E-07
	S			20	5.18E-15	601	4.60E-08
	V			16	3.73E-12	1404	6.06E-06
Xradia510Versa CT 160kV	A	20.4	0.4	6.89	1.81E-06	1364	0.754
	B			9.89	5.73E-09	1243	2.87E-03
	C			6.89	1.81E-06	1364	0.754
	I			6.89	1.81E-06	1364	0.754
	J			8.06	1.92E-07	1242	9.63E-02
	K			6.69	2.66E-06	1004	2.04
TESCAN UniTOM XL CT 230kV	A	12	3	17.45	3.78E-06	1800	1.41E-05
	B			14.73	7.09E-10	2700	3.07E-04
	C			17.45	3.78E-06	1800	1.41E-05
	I			17.45	3.78E-06	1800	1.41E-05
	K			17.45	3.78E-06	900	5.65E-05
UNC225 CT 225kV (双管开启模 式)	A	43.98	3	18.58	2.44E-12	1654	2.06E-05
	B			18.58	2.44E-12	1812	8.59E-06
	D			18.58	2.44E-12	2716	3.82E-06
	F			18.58	2.44E-12	1654	2.06E-05
	G			18.58	2.44E-12	1812	8.59E-06
	H			18.58	2.44E-12	1800	1.74E-05
TESCAN UniTOM XL CT 设备有用线束方向照射向设备屏蔽体顶部（关注点 K）、前侧（关注点 A）、门（关注点 I）和后侧（关注点 C），屏蔽厚度考虑有效屏蔽厚度为 X_e ，其中 $X_e=X/\sin\theta$ ， θ 为射线入射方向与屏蔽层垂直方向的夹角，本设备 θ 范围是 30° ，此设备这些面均为 5mm 铁+8mm 铅组成，则屏蔽体顶部、前侧、门							

和后侧铅的有效屏蔽厚度为其中 $5\text{mm}/\sin 30^\circ$ 铁 + $8\text{mm}/\sin 30^\circ$ 铅，通过公式换算可得有效屏蔽厚度为 17.45mmPb ，对应的屏蔽透射因子将为 1.45E-11 ；同理其余点位辐射剂量率除直射外，对于有角度的射线均低于表格中的数据。本项目中 YXLON FF35 CT 225kV 模式发射角为 45° ，则 θ 取值为 22.5° ，190kV 模式发射角为 170° ，则 θ 取值为 85° 。其余设备发射角均为 60° ，则 θ 取值为 30° 。

②泄漏辐射

根据公式（11-2）算出屏蔽透射因子 B ，关注点泄漏辐射的剂量率按公式（11-3）计算，计算结果见表 11-14。

表 11-14 其余关注点泄漏辐射剂量率水平估算结果

设备以及射线管	关注点	X _铅 (mmPb)	TVL(mm)	B _铅	H _L (mSv/h)	R(mm)	H ₂ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
YXLON FF35 CT 225 kV	C	18	1.6	5.62E-12	5	864	3.77E-08
	E	18		5.62E-12		1026	2.67E-08
	F	12		3.16E-08		1742	5.21E-05
	G	18		5.62E-12		864	3.77E-08
	H	18		5.62E-12		2454	4.67E-09
	J	20		3.16E-13		600	4.39E-09
	K	16		1.00E-10		1400	2.55E-07
YXLON FF35 CT 190kV	F	12	1.4	2.68E-09	2.5	1742	2.21E-06
	M	18		1.39E-13		864	4.65E-10
	O	18		1.39E-13		1026	3.30E-10
	Q	18		1.39E-13		864	4.65E-10
	R	18		1.39E-13		2325	6.43E-11
	T	20		5.18E-15		600	3.60E-11
	U	16		3.73E-12		1400	4.75E-09
Xradia510Versa CT 160kV	D	6.89	1.2	1.81E-06	2.5	832	6.55E-03
	E	6.89		1.81E-06		1042	4.17E-03
	F	6.89		1.81E-06		832	6.55E-03
	G	6.89		1.81E-06		1786	1.42E-03
	H	6.89		1.81E-06		832	6.55E-03
	L	6.69		2.66E-06		652	1.56E-02
	M	8.06		1.92E-07		771	8.08E-04
TESCAN UniTOM XL CT 230kV	D	8.73	1.61	3.78E-06	0.22	1050	7.55E-04
	E	8.73		3.78E-06		1400	4.24E-04
	F	8.73		3.78E-06		1050	7.55E-04
	G	8		1.07E-05		1150	1.79E-03
	H	8.73		3.78E-06		2067	1.95E-04
	J	8.73		3.78E-06		1050	7.55E-04
	L	8.73		3.78E-06		600	2.31E-03
UNC225 CT 225kV (双管开启模 式)	B	18.58	1.6	2.44E-12	0.5	1184	8.70E-10
	C	18.58		2.44E-12		921	1.44E-09
	D	18.58		2.44E-12		2088	2.80E-10
	E	18.58		2.44E-12		2071	4.57E-10
	G	18.58		2.44E-12		2658	8.70E-10
	I	18.58		2.44E-12		1184	1.04E-09

③散射辐射

给定屏蔽物质厚度 X , 参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014) 附录 B 3 “表 3 X 射线束在铅和混凝土中的半值层厚度和什值层厚度”的参数(见图 11-18)。

参照标准 GBZ/T250-2014 第 4.2.3 款 表 2 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值: $150 \leq kV \leq 200$ 的 X 射线经 90° 散射辐射最高能量取 $150kV$, $200 \leq kV \leq 300$ 的 X 射线经 90° 散射辐射最高能量取 $200kV$ 。本项目设备球管最大管电压分别是 $225kV$ 、 230 kV 、 160 kV 和 $190kV$, $225kV$ 和 230 kV 时的 X 射线经 90° 散射辐射最高能量取 $200kV$, $190kV$ 和 160 kV 时的 X 射线经 90° 散射辐射最高能量取 $150kV$ 。

根据以上设备散射辐射最高能量, 参照标准 GBZ/T250-2014 中“表 B.2 X 射线束在铅和混凝土中的半值层和什值层厚度”数据(见图 11-17), $225kV$ 和 230 kV X 射线管电压参考选取 $200kV$ 的什值层厚度为 $1.4mm$, 160 kV 和 $190kV$ X 射线管电压参考选取 $150kV$ 的什值层厚度 $0.96mm$ 。

参照 GBZ/T 250-2014 中附录 B4.1: 辐射被单位面积散射体散射到距其 $1m$ 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比以水的散射因子 α 值保守取值, 230 kV 和 $225kV$ 参考 $250kV$, 160 kV 和 $190kV$ 参考 $200kV$ 的散射因子 α_w 值取值均为 $1.9E-3$, 则 α 可保守的取为: $\alpha = \alpha_w \times 10000/400 = 0.0475$;

关注点的散射辐射剂量率按公式(11-4)计算, 计算结果见表 11-15。

表 11-15 关注点散射辐射剂量率水平估算结果

设备以及射线管	关注点	H_0 [mGy·m ² /mA·s]	I (mA)	X 铅 (mm)	TVL (mm)	B 铅	α	F (m ²)	R _s (mm)	H ₃ (μ Sv/h)
YXLON FF35 CT 225kV	C	37.8	3	18	1.4	1.39E-13	0.0475	0.2	838	4.67E-08
	E		3	18	1.4	1.39E-13	0.0475	0.2	996	3.30E-08
	F		3	12	1.4	2.68E-09	0.0475	0.2	1942	1.68E-04
	G		3	18	1.4	1.39E-13	0.0475	0.2	838	4.67E-08
	H		3	18	1.4	1.39E-13	0.0475	0.2	2592	4.88E-09
	J		3	20	1.4	5.18E-15	0.0475	0.2	585	3.57E-09
	K		3	16	1.4	3.73E-12	0.0475	0.2	1364	4.73E-07
YXLON FF35 CT 190kV	F	36.6	1	12	0.96	3.16E-13	0.0475	0.01	1942	3.19E-09
	M		1	18	0.96	1.78E-19	0.0475	0.01	838	9.64E-15
	O		1	18	0.96	1.78E-19	0.0475	0.01	996	6.82E-15
	Q		1	18	0.96	1.78E-19	0.0475	0.01	838	9.64E-15
	R		1	18	0.96	1.78E-19	0.0475	0.01	2454	1.12E-15
	T		1	20	0.96	1.47E-21	0.0475	0.01	585	1.63E-16
	U		1	16	0.96	2.15E-17	0.0475	0.01	1364	4.41E-13
Xradia510Versa CT 160kV	D	20.4	0.4	6.89	0.96	6.65E-08	0.0475	0.01	782	4.00E-03
	E		0.4	6.89	0.96	6.65E-08	0.0475	0.01	1232	1.61E-03

	F		0.4	6.89	0.96	6.65E-08	0.0475	0.01	782	4.00E-03
	G		0.4	6.89	0.96	6.65E-08	0.0475	0.01	1918	6.64E-04
	H		0.4	6.89	0.96	6.65E-08	0.0475	0.01	782	4.00E-03
	L		0.4	6.69	0.96	1.07E-07	0.0475	0.01	602	1.09E-02
	M		0.4	8.06	0.96	4.02E-09	0.0475	0.01	721	2.84E-04
TESCAN UniTOM XL CT 230kV	D	12	3	8.73	1.4	5.81E-07	0.0475	0.23	1104	7.44E-02
	E		3	8.73	1.4	5.81E-07	0.0475	0.23	1870	2.59E-02
	F		3	8.73	1.4	5.81E-07	0.0475	0.23	1104	7.44E-02
	G		3	8	1.4	1.93E-06	0.0475	0.23	1000	3.01E-01
	H		3	8.73	1.4	5.81E-07	0.0475	0.23	2331	1.67E-02
	J		3	8.73	1.4	5.81E-07	0.0475	0.23	1104	7.44E-02
	L		3	8.73	1.4	5.81E-07	0.0475	0.23	723	1.73E-01
	C		3	18.58	1.4	5.35E-14	0.0475	0.01	1212	2.00E-08
UNC225 CT 225kV (双管开启模式)	E	43.98	3	18.58	1.4	5.35E-14	0.0475	0.01	2456	4.87E-09
	I		3	18.58	1.4	5.35E-14	0.0475	0.01	1166	2.16E-08

各关注点综合有用线束、泄漏辐射和散射辐射叠加影响结果见表 11-16。

表 11-16 关注点辐射剂量率水平估算结果 (单位: $\mu\text{Sv/h}$)

设备以及射线管	关注点	射线类型	H ($\mu\text{Sv/h}$)	H_2 ($\mu\text{Sv/h}$)	H_3 ($\mu\text{Sv/h}$)	综合 H ($\mu\text{Sv/h}$)
YXLON FF35 CT 225 kV	A	主射线束	2.91E-04	/	/	2.91E-04
	B	主射线束	2.74E-05	/	/	2.74E-05
	C	泄漏及散射线束	/	3.77E-08	4.67E-08	8.44E-08
	D	主射线束	2.28E-04	/	/	2.28E-04
	E	泄漏及散射线束	/	2.67E-08	3.30E-08	5.97E-08
	F	泄漏及散射线束	/	5.21E-05	1.68E-04	2.20E-04
	G	泄漏及散射线束	/	3.77E-08	4.67E-08	8.44E-08
	H	泄漏及散射线束	/	4.67E-09	4.88E-09	9.55E-09
	I	主射线束	3.88E-06	/	/	3.88E-06
	J	泄漏及散射线束	/	4.39E-09	3.57E-09	7.96E-09
	K	泄漏及散射线束	/	2.55E-07	4.73E-07	7.28E-07
YXLON FF35 CT 190kV	A	主射线束	3.50E-06	/	/	3.50E-06
	F	泄漏及散射线束	/	2.21E-06	3.19E-09	2.21E-06
	L	主射线束	4.22E-07	/	/	4.22E-07
	M	泄漏及散射线束	/	4.65E-10	9.64E-15	4.65E-10
	N	主射线束	4.22E-07	/	/	4.22E-07
	O	泄漏及散射线束	/	3.30E-10	6.82E-15	3.30E-10
	P	主射线束	5.94E-07	/	/	5.94E-07
	Q	泄漏及散射线束	/	4.65E-10	9.64E-15	4.65E-10
	R	泄漏及散射线束	/	6.43E-11	1.12E-15	6.43E-11
	S	主射线束	4.60E-08	/	/	4.60E-08
	T	泄漏及散射线束	/	3.60E-11	1.63E-16	3.60E-11
	U	泄漏及散射线束	/	4.75E-09	4.41E-13	4.75E-09
Xradia510Versa CT 160kV	A	主射线束	0.754	/	/	7.54E-01
	B	主射线束	2.87E-03	/	/	2.87E-03

	C	主射线束	0.754	/	/	7.54E-01
	D	泄漏及散射线束	/	6.55E-03	4.00E-03	1.06E-02
	E	泄漏及散射线束	/	4.17E-03	1.61E-03	5.78E-03
	F	泄漏及散射线束	/	6.55E-03	4.00E-03	1.06E-02
	G	泄漏及散射线束	/	1.42E-03	6.64E-04	2.08E-03
	H	泄漏及散射线束	/	6.55E-03	4.00E-03	1.06E-02
	I	主射线束	0.754	/	/	7.54E-01
	J	主射线束	9.63E-02	/	/	9.63E-02
	K	主射线束	2.04	/	/	2.04
	L	泄漏及散射线束	/	1.56E-02	1.09E-02	2.65E-02
	M	泄漏及散射线束	/	8.08E-04	2.84E-04	1.09E-03
	A	主射线束	1.41E-05	/	/	1.41E-05
TESCAN UniTOM XL CT 230kV	B	主射线束	3.07E-04	/	/	3.07E-04
	C	主射线束	1.41E-05	/	/	1.41E-05
	D	泄漏及散射线束	/	7.55E-04	7.44E-02	7.52E-02
	E	泄漏及散射线束	/	4.24E-04	2.59E-02	2.63E-02
	F	泄漏及散射线束	/	7.55E-04	7.44E-02	7.52E-02
	G	泄漏及散射线束	/	1.79E-03	3.01E-01	3.03E-01
	H	泄漏及散射线束	/	1.95E-04	1.67E-02	1.69E-02
	I	主射线束	1.41E-05	/	/	1.41E-05
	J	泄漏及散射线束	/	7.55E-04	7.44E-02	7.52E-02
	K	主射线束	5.65E-05	/	/	5.65E-05
	L	泄漏及散射线束	/	2.31E-03	1.73E-01	1.75E-01
	A	主射线束	2.06E-05	/	/	2.06E-05
UNC225 CT 225kV (双管开 启模式)	B	主射及泄漏线束	8.59E-06	8.70E-10	2.00E-08	8.61E-06
	C	泄漏及散射线束	/	1.44E-09	/	1.44E-09
	D	主射及泄漏线束	3.82E-06	2.80E-10	/	3.82E-06
	E	泄漏及散射线束	/	4.57E-10	4.87E-09	5.33E-09
	F	主射线束	2.06E-05	/	/	2.06E-05

	G	主射及泄漏线束	8.59E-06	8.70E-10	/	8.59E-06
	H	主射线束	1.74E-05	/	/	1.74E-05
	I	泄漏及散射线束	/	1.04E-09	2.16E-08	2.26E-08

小结：

(1) TESCAN UniTOM XL CT 型 X 射线检测系统的主射线束的屏蔽厚度均取有效屏蔽厚度进行辐射屏蔽计算。

(2) 本项目四台 CT 型 X 射线检测系统设计的各面屏蔽结构能满足设备在额定功率负荷运行情况下，对设备外表面 30cm 处的关注点控制水平，最高处预测值 $2.04\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，实际工作过程中，载物台上会放置待检工件，还有探测器结构、其余零部件的影响，另外此点处未考虑有效屏蔽影响，故实际工作出束过程中，设备（关注点 D）辐射水平将低于 $2.04\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(3) 四台设备操作位、三间 CT 实验室外的各点位辐射水平均低于参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(4) 实际工作过程中，设备射线管不会所有工作时间均满负荷运行出束，因此实际影响低于以上水平。

综上所述，本项目四台 CT 型 X 射线检测系统设计的各面屏蔽结构能满足设备在满功率负荷运行情况下，对设备外表面 30cm 处的关注点控制水平均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对辐射屏蔽剂量率的参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的要求，同时，本项目关注点最终的周围剂量当量率控制水平均低于相应的参考控制水平。

11.2.5 年有效剂量分析

按照下式对工作人员及公众的年受照剂量进行估算。

$$H_E = D_r \times t \times T \times 1 \times 10^{-3} \quad (11-5)$$

式中：

H_E —X-γ 射线外照射人均年剂量，mSv；

D_r —X-γ 射线剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t —X-γ 照射时间，h；

T—居留因子。

(1) 辐射工作人员年有效剂量分析

按照操作位周围剂量率和设备周围剂量率最大估算值分别估算操作人员可能受到的年有效剂量，见表 11-17。

表 11-17 辐射工作人员年有效剂量分析

设备	工作时间(h)	关注点位	周围剂量率估算($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	操作人员年有效剂量 (mSv)
YXLON FF35	960	操作位 (H)	9.55×10^{-9}	9.17×10^{-9}
		剂量率最高处 (A)	2.91×10^{-4}	2.79×10^{-4}
Xradia510Versa	960	操作位 (G)	2.08×10^{-3}	2.00×10^{-3}
		剂量率最高处 (K)	2.04	1.96
TESCAN UniTOM XL	960	操作位 (H)	1.69×10^{-2}	1.62×10^{-2}
		剂量率最高处 (G)	0.303	0.29
UNC225	960	操作位 (E)	5.33×10^{-9}	5.12×10^{-9}
		剂量率最高处 (A\F)	2.06×10^{-5}	1.98×10^{-5}

YXLON FF35 CT 和 Xradia510Versa CT 放置于同一机房，两设备存在同时开机的情况，因此辐射工作人员的剂量需叠加计算，按照两设备最高剂量率点位叠加计算，则操作人员年有效剂量为 $(2.04\mu\text{Sv}/\text{h}+2.91 \times 10^{-4}\mu\text{Sv}/\text{h}) \times 960\text{h} \times 10^{-3}=1.96\text{mSv}$ 。

UNC225 CT 的操作人员为原有辐射工作人员，因此需要考虑年有效剂量叠加。根据年度个人剂量检测报告，这台设备操作四人最高年度剂量为 0.60mSv。则操作人员最终年有效剂量为 $1.98 \times 10^{-5}\text{mSv}+0.60\text{mSv}=0.60\text{mSv}$ 。

本项目四台设备共有 16 名辐射工作人员，在完成工件检测任务，曝光出束时，人员主要所在位置是操作位，根据以上估算结果，辐射工作人员年有效剂量低于 5mSv 的目标管理值。

(2) 本项目设备的 50m 范围内其他公众年有效剂量分析

根据第七章节确定 X 射线检测装置屏蔽物边界半径 50m 范围内的保护目标，对公众受照剂量进行估算。本项目 X 射线检测系统使用过程中，CT 实验室内不会有公众人员停留，公众活动区域在 CT 实验室外围。根据 CT 实验室周围环境保护范围内公众的可到达性及停留时间对公众的年受照剂量进行分析。

根据理论计算，由表 11-16 的计算数据，考虑距离的影响下，保守计算取可能的最大剂量率取值和距离设备屏蔽体外部最小的距离进行分析，对本项目周围环境中公众人员年有效剂量估算见表 11-18：

表 11-18 设备运行时公众年有效剂量估算结果

设备	方位	场所名称	关注场所到球管距离 (m)	关注场所剂量率预测值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	居留因子	出束时间	年有效剂量 (mSv/a)	年有效剂量限值
无损分析室 YXLON FF35	东北侧	化学品实验室	2.748	9.23E-05	1	960h/a	8.86E-05	0.25 mSv/a
		车间	38.048	4.82E-07	1		4.62E-07	
		茶水间、卫生间	49.848	2.81E-07	1/4		6.74E-08	
		电梯间	41.048	4.14E-07	1/4		9.93E-08	
	西北侧	微纳结构分析室	1.764	2.80E-06	1		2.69E-06	
		仓储区	7.864	1.41E-07	1/4		3.38E-08	
		数据处理区	12.864	5.27E-08	1		5.06E-08	
		空调机房	24.864	1.41E-08	1/16		8.46E-10	
	西南侧	光学、电性分析区	10.101	4.48E-06	1		4.30E-06	
		透射电镜室、设备间、微观分析区、材料分析2区、材料分析3区	16.642	1.65E-06	1		1.59E-06	
		环保认证实验室	25.642	6.96E-07	1		6.68E-07	
	东南侧	材料分析1区	9.826	3.26E-10	1		3.13E-10	
		化学开封区	14.826	1.43E-10	1		1.37E-10	
		专业实验室区域	22.426	6.26E-11	1		6.01E-11	
	上方	天台	5.18	1.30E-08	1/16		7.81E-10	
	下一层	目前空置	10.7	6.40E-08	1		1.54E-08	
	下两层	目前空置	17.9	2.29E-08	1		5.49E-09	
无损分析室 Xradia 510Versa	东北侧	化学品实验室	10.251	3.03E-05	1	960h/a	2.91E-05	0.25 mSv/a
		车间	37.242	2.29E-06	1		2.20E-06	
		茶水间、卫生间	49.042	1.32E-06	1/4		3.18E-07	
		电梯间	40.242	1.97E-06	1/4		4.72E-07	
	西北侧	微纳结构分析室	1.732	7.11E-02	1		6.83E-02	
		仓储区	7.832	3.48E-03	1/4		8.35E-04	
		数据处理区	12.832	1.30E-03	1		1.24E-03	
		空调机房	24.832	3.46E-04	1/16		2.08E-05	
	西南侧	光学、电性分析区	10.543	2.30E-05	1		2.20E-05	
		透射电镜室、设备间、微观分析区、材料分析2区、材料分析3区	16.143	9.79E-06	1		9.40E-06	
		环保认证实验室	25.143	4.04E-06	1		3.88E-06	
	东南侧	材料分析1区	10.132	2.92E-05	1		2.81E-05	
		化学开封区	14.632	1.40E-05	1		1.35E-05	
		专业实验室区域	22.232	6.07E-06	1		5.83E-06	
	上方	天台	7.132	9.23E-03	1/16		5.54E-04	

	下一层	目前空置	10.071	2.11E-04	1		5.06E-05	
		目前空置	17.271	7.16E-05	1		1.72E-05	
LED 器件实验 室 TESCAN UniTOM XL	东北侧	过道	11.162	1.42E-05	1/4	960h/a	3.41E-06	0.25 mSv/a
		实验 A 区	18.4	5.22E-06	1		5.01E-06	
	西北侧	回风夹道	1.75	1.38E-02	1/16		8.29E-04	
		实验 B 区	6.05	1.16E-03	1		1.11E-03	
		ERC、车间	35.05	3.44E-05	1		3.31E-05	
		办公室	43.05	2.28E-05	1		2.19E-05	
		茶水间、卫生间	25.55	6.48E-05	1/4		1.56E-05	
	西南侧	白光实验室	2.6	4.71E-03	1		4.52E-03	
		门厅	34.4	2.69E-05	1		2.58E-05	
		车间	21.1	7.15E-05	1		6.86E-05	
		茶水区、换鞋区、 卫生间、淋浴间、 更衣区、货梯厅	24.5	5.30E-05	1/4		1.27E-05	
	东南侧	过道	34.25	1.45E-04	1/4		3.49E-05	
		消控室、焊工房	43.65	8.95E-05	1/16		5.37E-06	
		空调机房	46.15	8.00E-05	1/16		4.80E-06	
	上一层	目前空置	6.25	4.03E-04	1		9.68E-05	
	上两层	目前空置	15.85	6.27E-05	1		1.50E-05	
	上三层	天台	20.45	3.77E-05	1/16		2.26E-06	
D8-B2- A55 实 验室 UNC225	西北侧	实验室	1.612	4.61E-10	1	960h/a	4.42E-10	0.25 mSv/a
		过道	3.788	8.51E-07	1/4		2.04E-07	
	东南侧	停车位、楼梯间、 机房、电梯厅	17.288	4.09E-08	1/4		9.81E-09	
		实验室	2.134	9.30E-06	1		8.93E-06	
		机房	2.134	9.30E-06	1/4		2.23E-06	
		停车位、过道	13.934	2.18E-07	1/4		5.24E-08	
	上一层	实验室	14.434	2.03E-07	1		1.95E-07	
		过道	3.944	3.80E-06	1/4		9.13E-07	
		道路	10.194	5.69E-07	1/4		1.37E-07	

注：关注场所剂量率预测值由设备外 30cm 处的剂量率与距离的平方反比换算。表中的“目前空置”区域企业目前拟规划为实验区域，因此对居留因子取 1。

以上估算结果显示，本项目的运行对 50m 范围内其他公众人员年有效剂量最大值为 0.0683mSv，此数据未考虑墙对射线的影响，故实际工作出束过程中，实际远低于以上估算值，满足不大于 0.25mSv 的剂量约束值。

11.2.6 相关污染物分析

本项目设备采用计算机信息处理，以图像形式显示，无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生。

11.3 事故影响分析

11.3.1 本评价项目可能发生的辐射事故及影响

情景一：由于设备故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。

情景二：设备维修过程中，未切断电源的情况下打开设备屏蔽外壳，X 射线出束系统控制失灵引起意外照射。

情景三：设备维修过程中，未切断电源且导致 X 射线管控制异常持续出束，维修人员在未知情的情况下，误入或逗留设备屏蔽体内部，受到超剂量照射。

考虑到本项目 X 射线检测系统，假设出现以上典型的事故工况，人员近距离主要可能受到直接照射影响。四台设备距离辐射源点（靶点）1 米处的最大辐射剂量率为 $0.733\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{s}$ ，该设备电流也是最大的 3mA，受照人员到辐射点的距离为 0.9m，假设人员在发现被照射后到紧急关停射线装置时间是 30s，则事故工况人员受照如下：

$$0.733\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{s} \times 30\text{s} \times 3\text{mA} \times 1.46 \div 0.9^2\text{m}^2 = 118.9\text{mSv}$$

另外此设备室双射线管能够同时开启，两射线管同一规格，因此事故工况受照为 $118.9 \times 2 = 237.8 \text{ mSv}$ 。

如果出现照射辐射事故工况，辐射工作人员的职业年照射可能超过 5mSv 剂量约束值。根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号)，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，具体见表 11-19。

表 11-19 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡。

重大辐射事故	是指I类、II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2人以下(含2人)急性死亡或者10人以上(含10人)急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	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。
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。
根据辐射事故分级要求，对于本项目X射线检测系统最大概率可能发生的辐射事故是误照射，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射为一般辐射事故。	
11.3.2 事故预防措施	
<p>该项目发生事故的风险主要在于公司的辐射安全管理，建设单位通过制定完善的管理制度、操作规程，并严格遵守，可最大程度避免发生辐射事故。针对上述可能发生的辐射事故，建设单位将采取辐射事故预防措施，防患于未然，预防措施主要包括：</p> <p>(1) 建设单位辐射安全与防护工作小组定期对设备、安全联锁、急停按钮装置等进行检修和维护，保证设备防护设施的可靠性，每年委托检测机构对设备周围辐射水平进行检测，发现异常，及时停工检修。</p> <p>(2) 射线装置出现异常情况时，操作人员应立即停机并向辐射安全与防护工作小组报告，由厂家派专业的维修人员进行维修，维修任务至少有2人承担，避免1个人操作失误导致误照射。维修过程要在确保设备断电的情况下进行。如需开机调试，必须使用个人剂量报警仪随时监测周围剂量当量率水平，做好个人防护。</p> <p>(3) 若发生误照射等辐射事故，现场人员应立即切断电源，并报告辐射安全与防护工作小组负责人，启动应急预案，按照应急预案的程序进行后续处理。发生人员受到过量照射的情况时，应立即将该人员送往职业病防治院进行医治，待事故处理结束后，应立即对本项目造成的辐射影响进行评估，吸取辐射事故的经验教训，以便在制度、人员培训、辐射安全管理等方面进一步进行改善，避免类似辐射事故再次发生。</p>	
11.3.3 事故应急措施	
<p>一旦发生辐射事故，建设单位辐射工作人员立即切断X射线检测系统的电源开关，关停射线装置的出束。对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损</p>	

害，以便采取相应的救护措施，其次对设备、设施进行检查，确定其功能和安全性能。

事故发生后，立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的应急措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射时，还应同时向当地卫生行政主管部门报告。事故处理完成后，应查找事故原因，分清事故责任，避免该类事故的再次发生。

综上分析，建设单位发生辐射事故后的处理措施已明确应急组织职责，制定了应急响应措施和保障措施，处理措施有效，处理步骤合理可行。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境管理机构的设置

根据《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》（环境保护部 2008 第 3 号令）的相关规定，使用I、II、III类放射源的单位，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。

建设单位成立了辐射安全工作管理小组负责辐射安全与环境保护管理工作，明确各相关责任人及其职责。辐射防护小组的主要任务是确保辐射实践安全，避免或减少辐射事故的发生，统筹辐射安全实践安全管理。辐射防护管理小组成员如下：

组 长：薛群

副组长：石江波、曲家正

成 员：吴昊、胡志强、张汉辉、陈小坚

建设单位制定了《终端可靠性与失效分析部辐射安全防护管理制度》（附件 7），制度中明确了辐射安全工作管理小组成员，以及成员职责和各相关责任人职责。辐射安全工作管理小组的主要任务是确保本项目射线装置的安全使用，避免或减少辐射事故的发生，可满足评价项目的管理要求。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》（环境保护部 2008 第 3 号令），使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

为了保障放射性同位素和射线装置的使用安全，建设单位已制定了《终端可靠性与失效分析部辐射安全防护管理制度》，内容包括岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、操作规程、设备检修维护制度、人员培训、监测方案等相关辐射安全管理规章制度。

建设单位已经制定了健全的制度，明确了建设单位开展核技术利用项目的管理组织及其相关职责，按要求拟配置并合理使用辐射监测仪器，辐射工作人员严格执行辐射安全培训和个人剂量监测的制度等。

12.3 辐射工作人员的培训

根据环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011 年)第三章——人员安全和防护，使用射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

本期辐射工作人员配置

建设单位目前本项目配备 16 名辐射工作人员，辐射工作人员已通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核，考核类型为 X 射线探伤类，保证人员持证上岗。辐射工作人员培训合格证见附件 5。

建设单位制定了相应的辐射工作人员培训计划，如后期运行需要新增辐射工作人员，按照生态环境部公告 2019 号第 57 号《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》的相关规定执行，保证后续人员持证上岗。

12.4 其他辐射安全措施

- ①建设单位定期对设备外辐射剂量率进行监测，如发现异常，及时采取相应措施；
- ②项目运行后建设单位每年编写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。

12.5 辐射监测

(1) 环保措施竣工环境保护验收

评价项目竣工 3 个月内，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4 号)的规定，对配套建设的环境保护设施进行验收。建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测报告。建设单位在验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环保设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》中第十二条规定，除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。本次项目验收期限一般不超过 3 个月。

根据《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326—2023)进行本项目核技术利用建设项目竣工环境保护设施验收的验收工作程序、验收自查、验收监测、验收监测报告编制和后续工作等要求。

建设单位不具备编制验收监测报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制，建设单位对受委托的技术机构编制的验收监测报告结论负责。

本项目在环评审批通过并建设完成后，需进行验收。建设单位须按照国务院生态环境主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，本项目方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

检测方法：

本项目的监测因子：周围剂量当量率，参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的规定和本报告的表11-9~表11-12，本项目X射线无损检测装置屏蔽体外0.3m处的周围剂量当量率的控制值为 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

检测布点要求及位置：

参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的规定，射线装置的放射防护检测应在额定工作条件下，主屏蔽应在没有工件时进行，副屏蔽应在有工件时进行，应首先进行装置整体的辐射水平巡测，以发现可能出现的高辐射水平区，然后再定点检测。定点位置应包括：

- a)通过巡测，发现辐射水平异常高的位置；
- b)防护门外30cm处，上、下、左、中、右侧各1个点；
- c)屏蔽体外30cm离地面高度为1m处，每个面至少测3个点；
- d)正上方离地面高1m处；
- e)操作位；
- f)人员经常活动的位置；
- g)本次环评确定的关注点、现场检测点位。

检测异常处理：

一旦发现辐射水平超过 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 应立即停止辐射工作，查找原因，进行整改。整改好、并经检测确认辐射水平合格后，方可继续工作。

(2) 日常自行监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位，需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，设单位拟为本项目配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪专用的辐射监测设备，用于辐射工作场所日常监测。

常规监测点位根据 GBZ117-2022《工业探伤放射防护标准》确定：监测点位与竣工环保验收检测点位一致，确定满足各相应点位的辐射剂量率控制水平。

根据监测标准 GBZ117-2022《工业探伤放射防护标准》和本报告的表 11-9~表 11-12 确定屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。如超过限值，应查找原因，并进行整改，保证剂量率水平满足标准要求。建设单位至少每个季度进行一次监测，为进一步做好辐射监测工作，还应将每次自行监测结果记录存档备查。

(3) 年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令 2011 年）的相关规定，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。

建设单位将严格执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对辐射工作场所进行监测。其中对于本评价项目辐射工作场所的监测，监测方法参照验收监测布点。

(4) 辐射工作人员个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号）要求，生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。建设单位应为辐射工作人员配置 TLD 个人剂量计和个人剂量报警仪上岗，TLD 个人剂量计拟每季度送检，并

建立个人剂量档案，终身保存。

评价项目投入运行后，建设单位拟为辐射工作人员配备个人剂量计，也应为辐射管理小组人员配备个人剂量计。

(5) 本项目辐射监测计划

针对本项目运行后的监测，建设单位制定了辐射监测计划，并将每次监测结果记录存档备查，监测计划见表 12-1。

表 12-1 本项目监测计划一览表

监测类别	监测因子	监测频率	监测设备	监测范围	剂量控制水平	超标后处理方案	监测方法
年度监测	周围剂量当量率	1 次/年	按照国家规定进行记录检定	屏蔽室墙体（人员可达处）表面 30cm，周围场所	各屏蔽体外剂量率控制水平按照表 11-13~表 11-16 控制	及时查找原因进行整改直至监测复核要求	GBZ 117-2022
日常监测		1 次/季度	建设单位拟配备的携式 X-γ 剂量率仪				
验收监测		安装调试正常后	按照国家规定进行剂量检定				
个人剂量监测	个人剂量当量	1 次/季度	个人剂量计，委托有资质单位监测	所有辐射关注人员	单季度不超过 1.25mSv	调查原因，规范管理	GBZ128-2019

12.6 辐射事故应急

为有效处理可能产生的辐射事故，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，建设单位已经制定了《终端可靠性与失效分析部辐射事故应急预案》（见附件 9），评价项目将继续沿用现有辐射事故应急预案并进一步完善相关内容。

建设单位针对该项目已成立了辐射事件应急处理机构，明确各相关责任人及其职责，明确相关应急程序及应急部门的联系电话。

辐射事件应急处理领导小组将承担应急救援工作，其主要职责是定期对辐射工作场所、设备和人员的辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患时及时上报单位领导并落实整改；事故发生后立即组织相关部门和人员进行辐射事故应急处理；负责向生态环境行政部门及时报告事故情况；负责制定辐射事故应急处理具体方案并组织实施；当辐射事故中出现人员受照情况时，估算受照人员的受照剂量；负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延等工作。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 工程项目概况

本期建设项目为核技术利用改扩建项目，涉及 4 台II类射线装置（含工业 CT 功能），包括新增 1 台 UNC225 CT 型设备（双射线管：225kV/3mA、225kV/3mA），拟放置于华为溪流背坡村 D 区 D6 栋负二层 D8-B2-A55 实验室，以及搬迁 3 台现有设备：Xradia510Versa CT 型设备（160kV/0.4mA）由华为溪流背坡村 D1-1-B25R 实验室迁至团泊洼 B 区 B5 栋 3 层无损分析室，YXLON FF35 CT 型设备（双射线管：225kV/3mA、190kV/1mA）由华为溪流背坡村 D 区 D1B 栋负二层拆机室迁至团泊洼 B 区 B5 栋 3 层无损分析室，UniTOM xL CT 型设备（230kV/3mA）由团泊洼 D 区 D7 栋一层 CT 室迁至团泊洼 B 区 B3 栋 1 层 LED 器件实验室。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

本项目拟采取的各项辐射防护措施和设施均符合《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》(GBZ 117-2022)等标准对辐射防护、安全操作以及防护监测的要求，能够满足评价项目的正常使用。

13.1.3 环境影响结论分析结论

根据理论分析，本评价项目正常运行时对环境的影响可满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)的要求。通过对辐射工作人员和公众的受照剂量分析，可知辐射工作人员和公众的受照剂量均低于根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）而设定的本项目的约束值：工作人员的年平均有效剂量不超过 5mSv，公众的年有效剂量不超过 0.25mSv。

13.1.4 辐射安全管理分析结论

建设单位已成立辐射安全与环境保护管理机构，并明确管理机构各成员的分工职能。建设单位已制定相应的操作规程、辐射工作人员培训计划、辐射监测方案和辐射事故应急预案等辐射安全管理制度，将落实执行。建设单位应根据本次核技术利用项目的开展情况和新的管理要求发布情况，不断完善对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在后续实际工作中严格执行。在本项目的辐射工作人员已通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核并合格。建设单位应落实后续人员辐

射工作人员的培训，保证所有辐射工作人员均参加考核、通过考核后上岗，辐射工作人员按要求正确佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送检。

综上所述，建设单位制定的管理机构、规章制度及辐射工作人员的管理可满足本项目辐射安全管理的要求。

13.1.5 可行性分析结论

(1) 可行性分析

本项目在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，所投产的 X 射线检测系统可辅助建设单位产品的检查和改进，有助于企业进一步提高产品质量和经济效益，所造成的辐射影响轻微、可控，在运行时严格落实管理和监测计划，使本项目实践符合辐射实践的正当性、辐射防护的最优化、个人剂量的防护标准要求，则该项目从辐射环保角度来说是可行的。

(2) 产业政策符合性分析

本项目将核和辐射技术用于工业领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号），本项目属于“十四、机械”中的“1、科学仪器和工业仪表：科学研究、智能制造、测试认证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、三维超声波探伤仪等检测设备”，故本项目属鼓励类，符合国家产业发展政策。

(3) 代价利益分析

本项目中位于团泊洼 B 区 B5 栋 3 层无损分析室中两台 X 射线检测系统用于器件内部结构分析与重构、Banding\金线缺陷分析；PCB 走线断、VIA 开裂焊点虚焊\开裂、短路等问题分析；TP 粘胶、整机结构件组装、尺寸分析。团泊洼 B 区 B3 栋 1 层 LED 器件实验室中一台 X 射线检测系统用于弯折样机转轴失效分析、膜材类叠层失效分析、显示黑斑处结构分析、结构部门零件装配间隙结构分析。溪流背坡村 D 区 D6 栋负二层 D8-B2-A55R 实验室中一台 X 射线检测系统用于终端电子产品整机在跌落/冲击等高速动态场景下的无损观测。四台设备的使用能够提高检测效率和提升产品质量，为社会经济快速发展作出贡献。本项目的 X 射线检测系统在使用过程中产生电离辐射，对周围环境产生一定影响，但在使用过程中采取了必要的防护措施，对周围环境的影响代价小于创造的社会价值，满足辐射防护实践正当性原则。

本项目建设单位使用 X 射线检测系统，有助于企业进一步提高产品研发、品质和经济效益，通过采取有效的屏蔽措施和安全管理措施后，对周围环境、工作人员、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，项目建设带来的经济和社会效益大于其产生的辐射影响和采取辐射安全防护措施所付出的代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于辐射项目的“实践正当性”要求。

综上所述，本评价项目建设方案中已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程严格按照设计方案进行施工，建筑施工质量能达到要求时，并且完善本次评价对该项目提出的各项要求及措施，则本评价项目正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该评价项目是可行的。

13.2.建议和承诺

根据对评价项目的设计方案、建设单位拟采取的各项环境保护和辐射防护措施的分析，本报告对其提出以下需要落实或进一步完善的意见：

(1) 本项目竣工后，建设单位在三个月内对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入运营；未经验收或验收不合格的，不得投入使用。

(2) 落实辐射措施设施，并在项目投入运营后定期检查安全措施，保证安全措施能正常运作。

(3) 本项目辐射工作人员已参加相关培训，需保证辐射工作人员佩戴个人剂量计上岗，定期送检，建立个人计量档案。

(4) 每年 1 月 31 日之前应向发证机关上本报本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见	
公章	
经办人	年 月 日
审批意见	
公章	
经办人	年 月 日

附件 1 项目委托书

核技术利用建设项目环境影响评价委托书

广东智环创新环境科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令 第 44 号）、（生态环境部 1 号部令）和省、市环境保护有关法规要求，现委托贵单位承接华为终端有限公司核技术利用建设项目的环境影响评价工作，并按相关法律法规及标准编制华为终端有限公司核技术利用项目环境影响报告表，完成后提交我司，协助我司报送有关生态环境行政主管部门，办理核技术利用建设项目的环境影响评价审批手续。

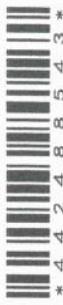
特此委托



附件 2 营业执照



国家市场监督管理总局监制



* 4 4 2 4 8 8 5 4 3 *

统一社会信用代码
914419000585344943

营业执照

(副本)(1-1)

扫描二维码登录‘国家企业信用信息公示系统’
了解更多登记信息、许可、监管信息



名 称 华为终端有限公司
类 型 有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）
法定代表人 赵明路
经营范 围 开发、生产、销售：通信及电子产品、计算机、卫星电视接收天线、高频头、数字卫星电视接收机及前述产品的配套产品，并提供技术咨询和售后服务（开发、生产、销售、维修器械（第一类、第二类、第三类医疗器械），并提供技术咨询和售后服务，增值电信业务经营；佣金代理；货物或技术进出口（国家禁止或涉及行政审批的货物和技术进出口除外）。(依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动)



2024年01月22日

登记机关

国家市场监督管理总局监制

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告
途径：登陆企业信用信息公示系统网址：

http://www.gsxt.gov.cn
国家企业信用信息公示系统网址：

附件3 场地情况说明



文档名称

文档密级

情况说明

兹证明：设备方（华为终端有限公司）是场地方（华为技术有限公司）的关联公司。

第一条 设备与场地

设备方同意将其所属的设备（详见附件清单）放置于场地方提供的 团泊洼B区B5栋3层（无损分析实验室），B3栋1层（显示模组CT实验室）场地内使用。

第二条 责任划分

设备方责任：负责其设备的安装、调试、操作、维护、保养及安全管理，并承担相关费用。

场地方责任：仅负责提供符合基本使用条件的场地及必要的安全保障，并协助设备方处理在场地内发生的公共事宜（如水电、消防等）。

第三条 设备安全

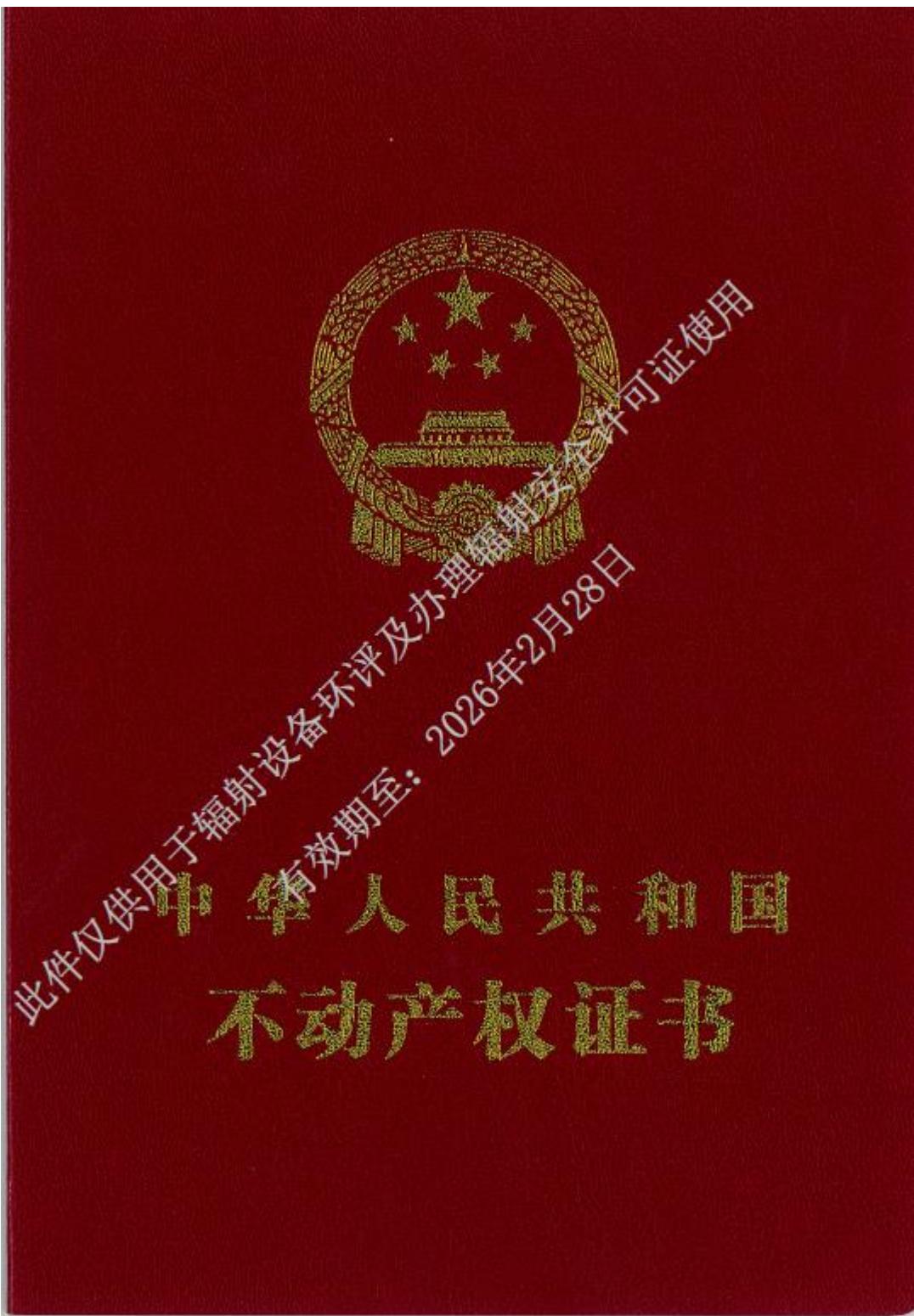
设备方对其设备拥有完全的所有权和处置权。

附件：设备清单

序号	设备名称	规格型号	数量	序列号/资产编号	放置位置	备注
1	工业CT	Xradia 510 Versa	1	A170617741	B5-3F	/
2	工业CT	FF35	1	A2107107659	B5-3F	/
3	工业CT	Unitom- XL	1	A2109110097	B3-1F	/

特此说明。



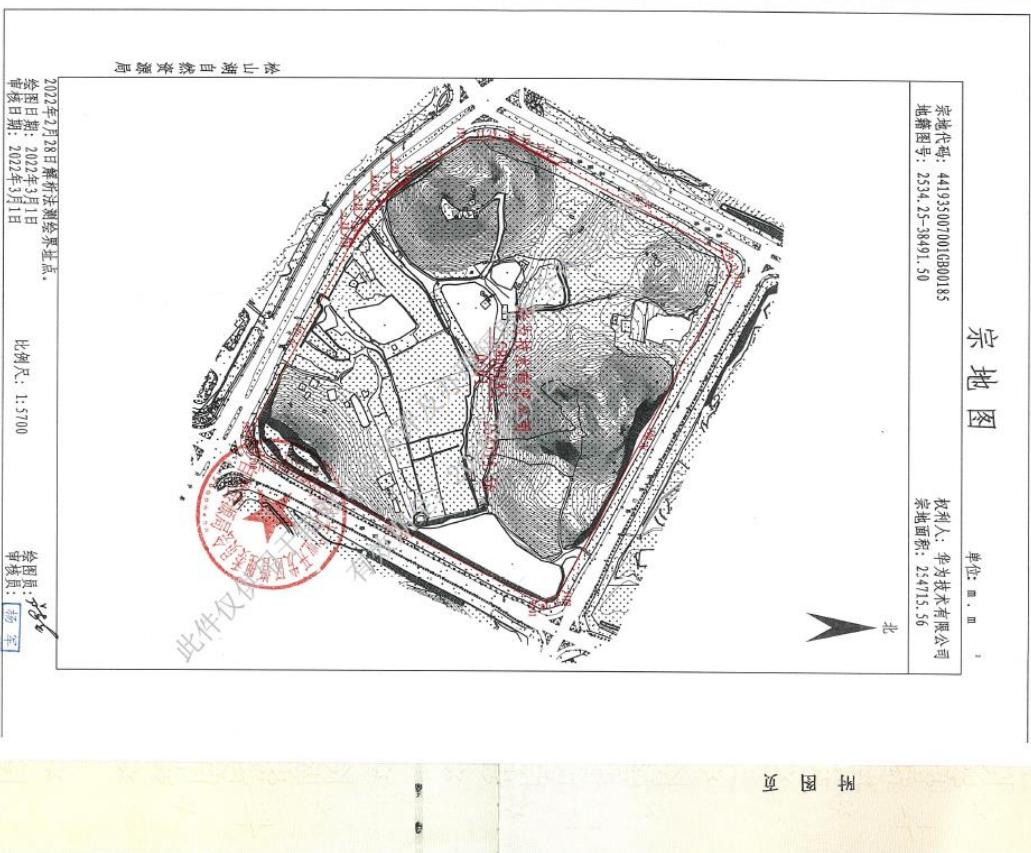




粤(2022)东莞不动产权第056236号	
权利人	华为技术有限公司
共有情况	单独所有
坐落	东莞市松山湖东部地区阿里山路与基隆路交叉口东南
不动产单元号	441935007001GB00185W00000000
权利类型	国有建设用地使用权
权利性质	出让
用途	工业用地
面积	254715.56 m ²
使用期限	土地终止日期: 2069年02月13日
权利其他状况	权利人情况: 华为技术有限公司: 914403001922038216 以下空白

附记

本宗地用途为工业用地50年, 土地使用权终止时间至2069年02月13日; 大地2000坐标系下面积为254715.56平方米。建筑容积率不高于3.00



坐标表			
X坐标	Y坐标	点号	X坐标
2534793.596	38491503.065	J53	2534513.455
2534567.389	38491381.020	J54	2534513.984
2534663.504	38491382.554	J55	2534513.519
2534653.18	38491382.088	J56	2534508.060
253464.31	38491381.621	J57	2534508.609
253465.844	38491381.154	J58	2534503.65
253465.956	38491380.487	J59	2534506.185
253465.667	38491380.215	J60	2534505.514
253461.177	38491379.756	J61	2534506.856
253460.287	38491379.281	J62	2534506.223
253459.396	38491378.811	J63	2534509.408
253459.037	38491375.976	J64	2534505.613
253458.505	38491378.340	J65	2534551.027
253457.612	38491377.869	J66	2534509.416
253456.719	38491377.397	J67	2534508.465
253455.826	38491377.824	J68	2534506.936
253454.932	38491376.451	J69	2534509.421
253454.607	38491376.937	J70	2534504.796
253453.441	38491375.501	J71	2534535.640
253453.786	38491374.781	J72	2534531.463
253452.993	38491373.206	J73	2534528.912
253452.553	38491372.867	J74	2534526.590
253452.401	38491371.904	J75	2534524.256
253452.651	38491370.357	J76	2534522.031
253452.602	38491370.211	J77	2534519.795
253452.357	38491369.724	J78	2534517.587
253451.455	38491369.415	J79	2534516.410
253451.553	38491368.146	J80	2534515.452
253450.651	38491368.255	J81	2534509.449
253450.401	38491367.652	J82	2534501.06
253449.602	38491367.162	J83	2534494.958
253449.453	38491367.459	J84	2534494.133
253449.357	38491366.766	J85	2534497.002
253450.455	38491365.410	J86	2534495.458
253450.553	38491364.255	J87	2534491.444
253450.651	38491363.452	J88	2534487.439
253450.750	38491362.750	J89	2534483.435
253450.850	38491362.057	J90	2534479.431
253450.950	38491361.364	J91	2534475.427
253450.990	38491360.671	J92	2534471.423
253450.990	38491359.978	J93	2534467.419
253450.990	38491359.285	J94	2534463.415
253450.990	38491358.592	J95	2534459.411
253450.990	38491357.899	J96	2534455.407
253450.990	38491357.196	J97	2534451.403
253450.990	38491356.493	J98	2534447.399
253450.990	38491355.790	J99	2534443.395
253450.990	38491355.097	J100	2534439.391
253450.990	38491354.394	J101	2534435.387
253450.990	38491353.691	J102	2534431.383
253450.990	38491352.988	J103	2534427.389
253450.990	38491352.285	J104	2534423.385
253450.990	38491351.582	J105	2534419.381
253450.990	38491350.879	J106	2534415.377
253450.990	38491350.176	J107	2534411.373
253450.990	38491349.473	J108	2534407.369
253450.990	38491348.770	J109	2534403.365
253450.990	38491348.067	J110	2534409.361
253450.990	38491347.364	J111	2534405.357
253450.990	38491346.661	J112	2534401.353
253450.990	38491345.958	J113	2534397.349
253450.990	38491345.255	J114	2534393.345
253450.990	38491344.552	J115	2534389.341
253450.990	38491343.849	J116	2534385.337
253450.990	38491343.146	J117	2534381.333
253450.990	38491342.443	J118	2534377.329
253450.990	38491341.740	J119	2534373.325
253450.990	38491341.037	J120	2534369.321
253450.990	38491340.334	J121	2534365.317
253450.990	38491339.631	J122	2534361.313
253450.990	38491338.928	J123	2534357.309
253450.990	38491338.225	J124	2534353.305
253450.990	38491337.522	J125	2534349.301
253450.990	38491336.819	J126	2534345.297
253450.990	38491336.116	J127	2534341.293
253450.990	38491335.413	J128	2534337.289
253450.990	38491334.709	J129	2534333.285
253450.990	38491334.006	J130	2534329.281
253450.990	38491333.303	J131	2534325.277
253450.990	38491332.599	J132	2534321.273
253450.990	38491331.896	J133	2534317.269
253450.990	38491331.192	J134	2534313.265
253450.990	38491330.489	J135	2534309.261
253450.990	38491329.786	J136	2534305.257
253450.990	38491329.082	J137	2534301.253
253450.990	38491328.379	J138	2534297.249
253450.990	38491327.675	J139	2534293.245
253450.990	38491326.972	J140	2534289.241
253450.990	38491326.268	J141	2534285.237
253450.990	38491325.565	J142	2534281.233
253450.990	38491324.861	J143	2534277.229
253450.990	38491324.158	J144	2534273.225
253450.990	38491323.454	J145	2534269.221
253450.990	38491322.751	J146	2534265.217
253450.990	38491322.047	J147	2534261.213
253450.990	38491321.343	J148	2534257.209
253450.990	38491320.639	J149	2534253.205
253450.990	38491319.935	J150	2534249.201
253450.990	38491319.231	J151	2534245.197
253450.990	38491318.527	J152	2534517.934

备注：本图未经校核。

附件 4 辐射安全许可证





广东

辐射安全许可证

(副本)



中华人民共和国生态环境部监制



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	华为终端有限公司		
统一社会信用代码	914419000585344943		
地 址	广东省东莞市松山湖园区新城路 2 号		
法定代表人	姓 名	赵明路	联系方式
辐射活动场所	名 称	场所地址	负责人
	天安云谷 2 号楼 1 楼 2-105 室	广东省东莞市松山湖高新技术开发 区工业南路 14 号松山湖天安云谷二 栋一层	李进科
	天安云谷 2 栋 406 实验室	广东省东莞市松山湖高新技术开发 区工业南路 14 号松山湖天安云谷二 栋四层	李进科
	天安云谷 2 栋 221 实验室	广东省东莞市松山湖高新技术开发 区工业南路 14 号松山湖天安云谷二 栋二层	李进科
	天安云谷 2 号楼 1 楼 2-107 室	广东省东莞市松山湖高新技术开发 区工业南路 14 号松山湖天安云谷二 栋一层	李进科
	拆机室	广东省东莞市松山湖高新技术开发 区溪流背坡村 D 区 D1B 栋负二层	曲家正
	终端可靠性 测试实验室	广东省东莞市松山湖高新技术开发 区东莞市松山湖华为溪流背坡村 D 区 D6 栋负一层 A08 实验室	张亚召
证书编号	粤环辐证[04630]		
有效期限	2029 年 06 月 11 日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2024 年 06 月 12 日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	华为终端有限公司		
统一社会信用代码	914419000585344943		
地址	广东省东莞市松山湖园区新城路2号		
法定代表人	姓名	赵明路	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	团泊洼D3-1F-SIP无尘室-Xray检测房	广东省东莞市松山湖高新技术开发区团泊洼D区D3栋一层	龚冠东
	团泊洼D区D7栋一层CT室	广东省东莞市松山湖高新技术开发区团泊洼D区D7栋一层	龚冠西
	失效分析实验室	广东省东莞市松山湖高新技术开发区广东省东莞市松山湖华阳溪流背坡村D区D1栋X层失效分析实验室	曲家正
	无损验证分析室	广东省东莞市松山湖高新技术开发区南方C区C4栋一层	熊文强
证书编号	粤环辐证[04630]		
有效期至	2029年06月11日		
发证机关	广东省生态环境厅		
发证日期	2021年06月12日		

此件仅供用于辐射安全管理
有效期至：2026年06月28日



此件仅供用于辐射设备环评及办理辐射安全许可证使用
有效期至：2023年2月28日

(一) 放射源

证书编号：粤环辐证[04630]

序号	辐射场所名称	活动种类和范围			使用台账			备注					
		辐射活动	核素	类别	活动种类	总活度(贝可/秒)	编码	出厂活度(贝可/秒)	出厂日期	标号	用途	来源	申请单位
此页无内容													

此件仅供用于辐射活动，有效期至：2020年2月28日

(二) 非密封放射性物质

证书编号：粤环辐证[04630]

活动种类和范围						备注		
序号	辐射活动场所名称	场所等级	涉及素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)
此页无内容								





(三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[04630]

序号	活动种类和范围			使用台账				备注				
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
1	拆机室	工业用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	II类	使用	1	工业 CT 机	YXLON FF35	/	管电压 225 kV 管电流 3 mA	依科视朗		
2	失效分析实验室	工业用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	II类	使用	1	微焦点 X 射线检测系统	V.Cheetah	/	管电压 160 kV 管电流 1 mA	依科视朗		
3		工业用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	II类	使用	1	工业 CT 机	Xradia 510 Versa	/	管电压 160 kV 管电流 0.33 mA	蔡司		
4	天安云谷 2 栋 221 实验室	X 射线衍射仪	III类	使用	1	X 射线自动检测装置	HS-160MC	/	管电压 160 kV 管电流 1 mA	丹东华日医学电气		
5	天安云谷	X 射线衍射仪	III类	使用	1	X 射线自动检测	inspection	M230200602	管电压 160	依科视朗		

5 / 11



(三) 射线装置

证书编号：粤环辐证[04630]

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	活动类别	数量/台(套)	使用台账				备注
					装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	
2	2 栋 406 实验室	工业用 X 射线计算机断层扫描器(CT) 装置	II类 使用	1	测装置	System EVO 10005466	6	kV 管电流 1 mA	
6	天安云谷 2 号楼 1 楼 2-105 室	工业用 X 射线荧光仪	III类 使用	1	v tome xs 240	A181223090	管电压 240 kV 管电流 3 mA	GE	
7	天安云谷 2 号楼 1 楼 2-107 室	X 射线荧光仪	III类 使用	1	X 射线检测系统	A171118080	管电压 160 kV 管电流 1 mA	依科视朗	
8	国泊桂 D3-1F-SIP 无尘室-Xray 检测房	X 射线衍射仪	III类 使用	1	X 射线自动检测装置	YXLON-Cheetah	管电压 160 kV 管电流 1 mA	依科视朗	
9	国泊桂 D7 栋 4 楼无尘研发实验室	X 射线衍射仪	III类 使用	1	X 射线衍射仪	SmartLab	A00017895	管电压 40 kV 管电流 50 mA	Rigaku Corporation

6 / 11

辐射安全许可证号

有效期至

放射性同位素和射线装置安全及防护设备状况

2026年2月28日



(三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[04630]

序号	辐射活动场所名称	活动种类和范围			使用台账				备注
		装置分类名称	类别别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	
10	围泊洼 D 区 D7 栋一层 CT 室	工业用 X 射线计算机断层扫描(CT) 装置	II类	使用	1	工业 CT 机	TESCAN UnitOM XL	A2109110097	管电压 230 kV 管电流 3 mA 泰思肯
11		X 射线衍射仪	III类	使用	1	X 射线自动检测装置	YXLON Y.Cheetah	A2109117249	管电压 160 kV 管电流 1 mA 依科视朗
12	无损验证分析室	工业用 X 射线计算机断层扫描(CT) 装置	II类	使用	1	工业 CT 机	YXLON FF55		管电压 190 kV 管电流 1 mA 依科视朗
13	终端可靠性测试实验室	工业用 X 射线计算机断层扫描(CT) 装置	II类	使用	1	工业 CT 机	FF35	A2102100907	管电压 225 kV 管电流 3 mA 依科视朗
14		X 射线荧光仪	III类	使用	1	在线 X 射线自动检测装置	Matrix2.5	A191294388	管电压 130 kV 管电流 0.308 mA 依科视朗

7/11



(三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[04630]

序号	辐射活动场所名称	活动种类和用途			使用台账				备注
		装置分类名称	类别	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	
15	X射线荧光仪	III类	后处理	1	动态X射线检测装置	Dage Quadra7	190230429	管电压 160 kV 管电流 0.125 mA	依科视朗

用于辐射设备环评及办理辐射安全许可证使用
2026年2月28日

(四) 许可证条件

证书编号：粤环辐证[04630]

此页无内容



此件仅供用于辐射设备环评及办理辐射安全许可证使用
有效期至：2026年2月28日

(五) 许可证申领、变更和延续记录



证书编号：粤环辐证[04630]

序号	业务类型	批准时间	内容事由	申领、变更和延续前许可证号
1	重新申请	2023-03-12	辐射安全许可证延续、重新申请	粤环辐证[04630]
2	重新申请	2023-03-06	辐射安全许可证重新申请	粤环辐证[04630]
3	重新申请	2022-08-09	重新申请，批准时间：2022-08-05	粤环辐证[04630]
4	重新申请	2021-03-04	重新申请，批准时间：2021-03-04	粤环辐证[04630]
5	申请	2019-05-16	申请，批准时间：2019-05-16	粤环辐证[04630]
6	申请	2013-05-23	申请，批准时间：2013-05-23	粤环辐证[03762]



(六) 附件和附图

证书编号：粤环辐证[04630]



此件仅供用于辐射设备环评及办理辐射安全许可证使用
有效期至：2026年2月28日

附件 5 核技术利用辐射安全与防护考核证书



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



黄克瑶，男，1997年07月10日生，身份证号：[REDACTED]，于2024年09月参加X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS24GD1200881

有效期：2024年09月23日至2029年09月23日
日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



赖雪雪，女，1997年11月15日生，身份证号：[REDACTED]，于2023年06月参加X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：

[REDACTED] 有效期：2023年06月18日至2028年06月18日
日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



胡志强，男，1992年11月25日生，身份证号：[REDACTED] 于2023年06月参加X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS23GD1200621

有效期：2023年06月18日至2028年06月18日



报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



刘振文，男，1992年12月15日生，身份证号：[REDACTED] 于2023年08月参加X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：

[REDACTED] 有效期：2023年08月10日至2028年08月10日



报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn





核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



夏振铎，男，1994年05月01日生，身份证号：[REDACTED]，于202
3年06月参加科研、生产及其他辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS23GD2300666 有效期：2023年06月15日至 2028年06月15日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



徐媛，女，1998年05月27日生，身份证号：[REDACTED]，于2023
年01月参加X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS23GD1200005 有效期：2023年01月07日至 2028年01月07日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



杨澄，女，1997年10月16日生，身份证号：[REDACTED]，于2024年08月参加X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS24GD1200784

有效期：2024年08月24日至2029年08月24日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



张汉辉，男，1989年01月12日生，身份证号：[REDACTED]，于2023年03月参加X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS23GD1200314

有效期：2023年03月24日至2028年03月24日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn





核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



张伟，男，1998年11月23日生，身份证号：[REDACTED]，于2023年05月参加X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS23ZJ1200842

有效期：2023年05月30日至2028年05月30日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



张正根，男，1991年05月14日生，身份证号：[REDACTED]，于2023年03月参加X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：[REDACTED]

有效期：2023年03月24日至2028年03月24日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn

东莞市职业病防治院

检 测 报 告

莞职卫检字第 JL[2024]810 年度



送检单位： 华为终端有限公司

样品名称： TLD 元件

检测项目： 外照射个人剂量

检测类别： 常规检测

说 明

1. 东莞市职业病防治院是东莞市人民政府卫生行政部门依法设置的职业病防治机构,本院是广东省卫生健康委员会批准的职业卫生技术服务机构资质单位[证书编号: (粤) 卫职技字(2021)第039号], 广东省卫生健康委员会批准的放射卫生技术服务机构(甲级)资质单位[证书编号: 粤放卫技字(2020)11第001号].
2. 本院保证检测的科学性、公正性和准确性, 对检测数据负责, 并对检测数据和委托单位所提供的样品的技术资料保密。
3. 采样程序按照有关卫生标准和本院的程序文件及作业指导书执行。
4. 报告无编制人、审核人和批准人签名, 或涂改、或未盖本院印章无效。
5. 委托检验, 本报告结果仅适用于收到的样品。
6. 未经本院书面批准, 不得部分复制本检测报告(全文复制除外)。
7. 对检测报告若有异议, 应于检测报告发出之日起十日内向我院提出。

中心地址: 广东省东莞市东城西路216号

邮政编码: 523008

电话: 0769-22107836、0769-22107833

质量投诉电话: 0769-22107830

东莞市职业病防治院
年剂量检测评价报告

报告编号: JLJ2024J810

第 1 页 共 3 页

检测项目	个人剂量监测	检测方法	热释光监测方法
用人单位	华为终端有限公司	委托单位	华为终端有限公司
检测/评价依据	GBZ128-2019《职业性外照射个人监测规范》		
检测室名称	放射卫生科	检测类别/目的	委托/常规监测
检测仪器名称/型号/编号	热释光剂量仪 /RGD-3D/GZFS48	探测器	热释光剂量计(TLD)-片状(圆片)-LiF(Mg,Cu,P)
监测日期:	2024 年 1、2、3、4 季度		

评价结论:

本年度放射工作人员的年受照剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职业照射剂量限制要求。

注: 非全年度(监测次数不足 4 次)个人剂量监测结果仅供参考。



检测结果:

编号	姓名	性别	职业类别	本年度监测次数	$H_{\beta}(10)$ (mSv)
81001	彭威强	男	其它(3G)	4	0.32
81002	万明	男	其它(3G)	3	0.20
81003	陈杰	男	其它(3G)	4	0.40
81004	吕艾凤	女	其它(3G)	4	0.22
81005	蒙石生	男	其它(3G)	2	0.22
81006	张惠冲	男	其它(3G)	4	0.60
81007	陆俊峰	男	其它(3G)	4	0.47
81008	黄华华	男	其它(3G)	4	0.21
81009	张亚召	男	其它(3G)	1	0.15
81010	黄艳平	女	其它(3G)	4	0.21
81011	严兆锋	男	其它(3G)	3	0.34
81012	方达奇	男	其它(3G)	4	0.27

检测结果:

第 2 页 共 3 页

编号	姓名	性别	职业类别	本年度监测次数	$H_p(10) (\text{mSv})$
81013	梁栋	男	其它(3G)	4	0.36
81014	李金藩	男	其它(3G)	3	0.27
81015	宋宜璇	女	其它(3G)	4	0.30
81019	陈柏霖	男	其它(3G)	4	0.27
81020	江永昌	男	其它(3G)	2	0.02
81021	关健泽	男	其它(3G)	2	0.16
81022	孔月娘	男	其它(3G)	2	0.29
81023	梁涛	男	其它(3G)	4	0.35
81024	王文伟	男	其它(3G)	4	0.39
81025	董锋	男	其它(3G)	4	0.18
81026	耿皓琪	男	其它(3G)	4	0.34
81027	李子谦	男	其它(3G)	3	0.16
81028	叶运锋	男	其它(3G)	4	0.36
81029	赖雪雪	女	其它(3G)	4	0.38
81030	徐媛	女	其它(3G)	4	0.30
81031	胡琦	男	其它(3G)	4	0.26
81032	夏振铎	男	其它(3G)	4	0.31
81034	李俊杰	男	其它(3G)	2	0.20
81035	刘振文	男	其它(3G)	4	0.29
81036	董陈波	男	其它(3G)	4	0.31
81037	梁天祥	男	其它(3G)	4	0.27
81038	尹普树	男	其它(3G)	4	0.37
81039	曾井生	男	其它(3G)	4	0.30
81040	吴星霖	男	其它(3G)	2	0.22
81041	欧燕翠	女	其它(3G)	4	0.26
81042	巫敏华	男	其它(3G)	2	0.11

检测结果:

第 3 页 共 3 页

编号	姓名	性别	职业类别	本年度监测次数	$H_p(10)$ (mSv)
81043	李凯	男	其它(3G)	3	0.21
81044	黎强	男	其它(3G)	3	0.07
81045	陈小坚	男	其它(3G)	3	0.24
81046	胡志强	男	其它(3G)	3	0.17
81047	陈举	男	其它(3G)	3	0.11
81048	张汉辉	男	其它(3G)	3	0.14
81049	张正根	男	其它(3G)	2	0.11
81050	梁广泳	男	其它(3G)	3	0.09
81051	莫锦权	男	其它(3G)	3	0.25
81052	熊凯波	男	其它(3G)	2	0.02
81053	许成建	男	其它(3G)	2	0.02
81054	罗浩	男	其它(3G)	2	0.02
81055	王磊	男	其它(3G)	2	0.02
81056	李达坤	男	其它(3G)	2	0.02
81057	张伟	男	其它(3G)	2	0.02
81058	吴佳怡	女	其它(3G)	1	0.04
81059	余科	男	其它(3G)	1	0.01
81060	曾秋香	女	其它(3G)	1	0.13
81061	张东明	女	其它(3G)	1	0.01
81062	杨橙	女	其它(3G)	1	0.01
81063	练建锋	男	其它(3G)	1	0.01

检测人:

校核人:

审核人:

签发人:

2025年1月15日

2025年1月16日

2025年1月17日

2025年1月18日





广东智环创新环境科技有限公司

检 测 报 告

报告编号：ZHCXDL2508120101

项目名称：华为终端有限公司核技术利用改扩建项目环境 γ 辐射剂量率检测
委托单位：华为终端有限公司
检测类别：环评检测
编制日期：2025年9月22日



本报告共 12 页，此页为第 1 页

说 明

- 1、本报告无本单位检测专用章、骑缝章及 CMA 章无效。
- 2、本报告无三级审核签名无效。
- 3、本报告涂改或部分复印无效。
- 4、自送样品的委托检测，其检测结果仅对来样负责。对不可复现的检测项目，结果仅对采样所代表的时间和空间负责。
- 5、对检测结果有异议，可在收到报告之日起一个月内向我公司提出书面复检申请，逾期不予受理。无法保存、复现的样品不受理申诉。

本机构通讯资料：

单位名称：广东智环创新环境科技有限公司
地 址：广州市越秀区东风中路 335 号（广东环保大厦）4 层
电 话：020-83325086
邮 编：510045

广东智环创新环境科技有限公司 检 测 报 告

项目概况:

建设单位: 华为终端有限公司

项目名称: 华为终端有限公司环境 γ 辐射剂量率检测

项目地址: 广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区桃园路3号团泊洼B区, B3栋1层LED器件实验室和B5栋3层无损分析室及环湖路华为溪流背坡村D区, D6栋负二层D8-B2-A55实验室

检测项目: 环境 γ 辐射剂量率

检测对象: 拟建项目及其周围环境

检测方法:

HJ 1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》

检测仪器:

仪器名称: 辐射仪 (6150AD-5/h+b/H)

仪器编号: 161258 (主机) +162214 (探头)

生产厂家: automess

测量范围: 1nSv/h~99.9 μ Sv/h

能量响应: 38keV~7MeV

检定单位: 广东省辐射剂量计量检定站

证书编号: GRD (1) 20250041

检定日期: 2025年02月18日 有效期至: 2026年02月17日

检 测 概 况	检测日期: 2025年8月12日
	气象条件: 天气: 晴; 温度: 31℃; 相对湿度: 68%

广东智环创新环境科技有限公司 检 测 报 告

检测结果: 团泊洼 B 区, B5 栋 3 层无损分析室、B3 栋 1 层 LED 器件实验室和环湖路华为溪流背坡村 D 区, D6 栋负二层 D8-B2-A55 实验室的现场检测结果见表 1, 现场检测布点见图 1~图 9。

表 1 环境 γ 辐射剂量率检测结果

实验室	编 号	监測点位	地面介质	测量值 (nGy/h)		备注
				平均值	标准差	
无损分析室	1	拟摆放设备位置	高架地板铝合金	123	1	楼房
	2	设备所在实验室		122	1	
	3	设备所在实验室西南侧 (光学、电性分析区)		115	1	
	4	设备所在实验室西北侧 (微纳结构分析室)		115	1	
	5	设备所在实验室东北侧 (化学品实验室)		117	3	
	6	设备所在实验室东北侧 (化学品实验室)		116	1	
	7	设备所在实验室东南侧 (化学品实验室)		115	2	
	8	设备所在实验室东南侧 (材料分析 I 区)		124	2	
	9	设备所在实验室西南侧约 42m (环保认证实验室)		116	2	
	10	设备所在实验室西北侧约 22m (室内过道)		121	5	
D8-B2-A55 实验室	11	设备所在实验室东北侧约 39m (车间)	环氧树脂	104	3	道路
	12	设备所在实验室东北侧约 47m (茶水间)		121	3	
	13	设备所在实验室东北侧约 43m (电梯厅)		134	3	
	14	设备所在实验室东南侧约 36m (专业实验区域)	高架地板铝合金	107	2	
	15	设备正下方 (B5 二层)		149	3	
B5 楼顶	16	设备正下方 (B5 二层)	环氧树脂	149	3	
	17	设备正上方 (B5 楼顶)		132	3	
	18	设备正上方 (B5 楼顶)	水泥	131	3	
	19	一层室外道路		81	2	

本报告共 12 页, 此页为第 4 页

LED 器件 实验室	20	拟摆放设备位置	高架地板铝合金	92	4	楼房
	21	设备所在实验室		91	2	
	22	设备所在实验室东北侧 (室内过道)		107	3	
	23	设备所在实验室西北侧 (回风夹道)	环氧树脂	98	2	
	24	设备所在实验室西南侧 (白光实验室)		81	1	
	25	设备所在实验室东南侧 (室内过道)		107	3	
	26	设备所在实验室东北侧约 39m (实验 A 区)		98	2	
	27	设备所在实验室西北侧约 22m (实验 B 区)		95	3	
	28	设备所在实验室西北侧约 48m (室内过道)		108	2	
	29	设备所在实验室西北侧约 45m (办公室)	瓷砖	106	2	
	30	设备所在实验室西南侧约 23m (洽谈室)		89	2	
	31	设备所在实验室西南侧约 35m (门厅)		99	2	
	32	设备所在实验室西南侧约 45m (大门)		87	3	
	33	设备所在实验室西南侧约 39m (换鞋区)		97	3	
	34	设备所在实验室西南侧约 28m (茶水区)		107	2	
	35	设备所在实验室东南侧约 22m (更衣区)		107	2	
	36	设备所在实验室东南侧约 26m (货梯厅)		101	4	
	37	设备正上方 (B3 二层)	环氧树脂	106	3	
	38	设备正上方 (B3 二层)		107	2	
D8-B2-A55 实验室	39	拟摆放设备位置	胶质地板	133	3	楼房
	40	设备所在实验室		132	2	
	41	设备所在实验室西北侧 (实验室)		157	4	
	42	设备所在实验室西南侧 (室内过道)	混凝土	156	3	
	43	设备所在实验室东南侧 (机房)	胶质地板	131	2	

44	设备所在实验室东南侧 (实验室)	胶质地板	150	3	
45	设备所在实验室西南侧约 43m (室内过道)	混凝土	159	3	
46	设备所在实验室东南侧约 45m (室内过道)		132	3	
47	设备所在实验室东南侧约 47m (停车位)		127	3	
48	设备所在实验室东南侧约 48m (室内过道)		143	3	
49	设备正上方 (D6 栋负一 层, 室内过道)		131	2	
50	设备正上方 (D6 栋负一 层, 室内过道)		132	2	
51	设备正上方 (D6 栋一层, 室外道路)		110	2	道路
52	D6 栋一层 (室外园区道路)		109	3	
53	D6 栋一层 (小食堂)	瓷砖	107	2	楼房
54	D6 栋一层 (门厅)		104	3	
55	D6 栋一层 (会议室)		120	3	
56	D6 栋二层 (办公室)		128	4	

注: 1) 检测时检测仪器中心垂直向下, 距地面约 1m 高; 2) 所有检测值均已扣除仪器对宇宙射线的响应值 (29nGy/h), 每个测量点测量 10 个读数; 3) 所有检测值均进行空气比释动能和周围剂量当量的换算, 换算系数使用 ^{137}Cs 时作为检定参考辐射源的换算系数 1.20Sv/Gy。

广东智环创新环境科技有限公司
检 测 报 告

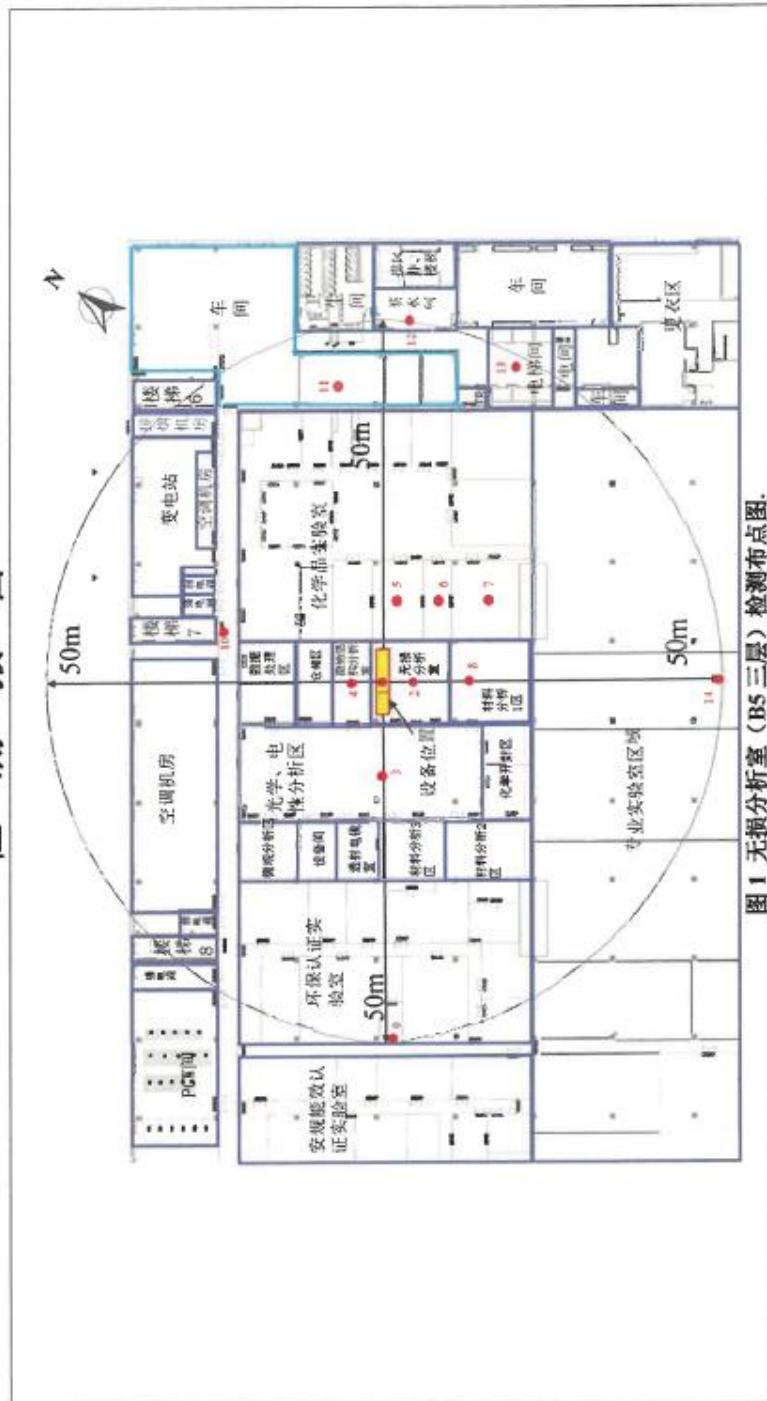


图1 无损分析室(B3三层)检测布点图。

本报告共12页，此页为第7页

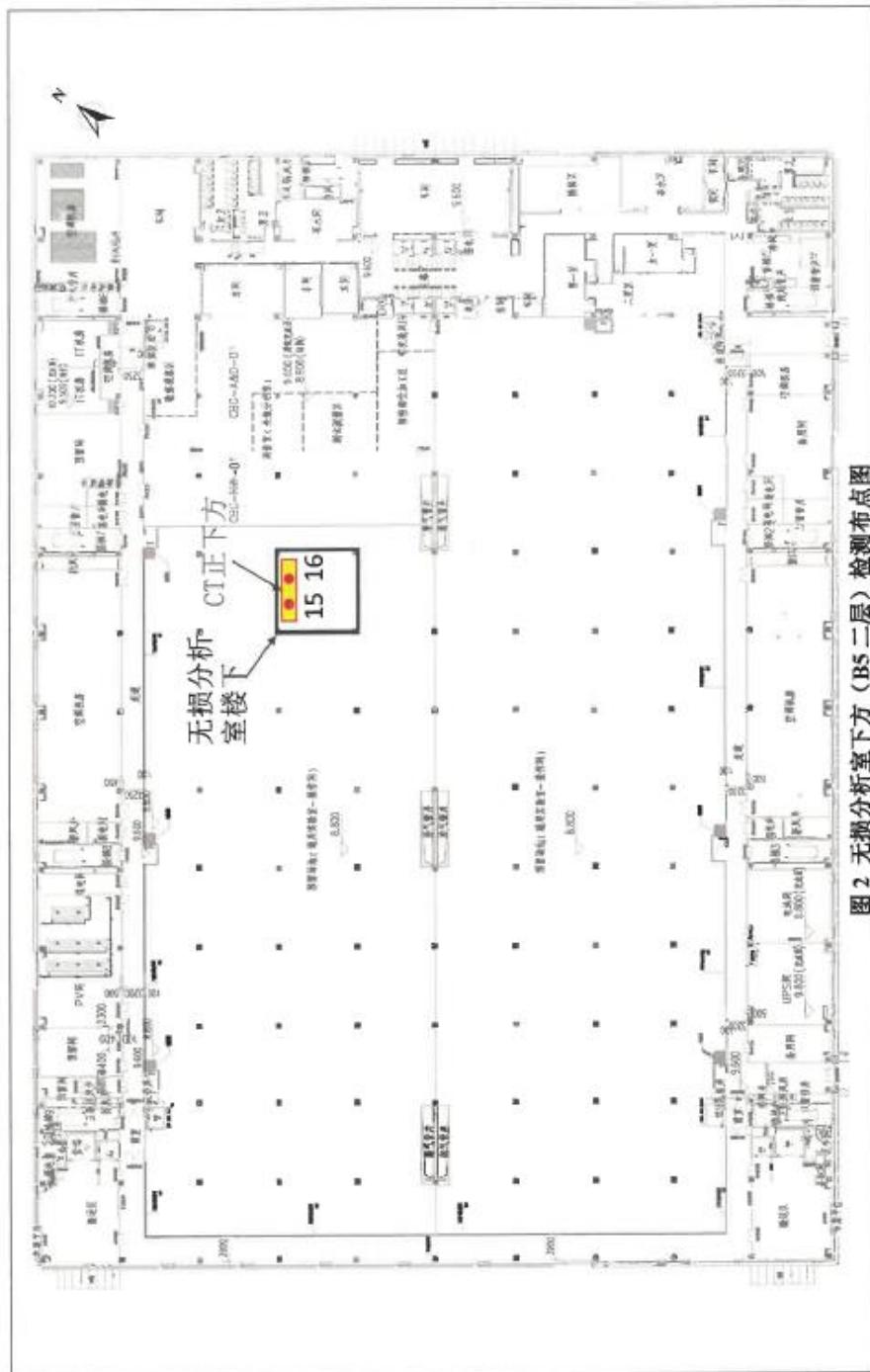
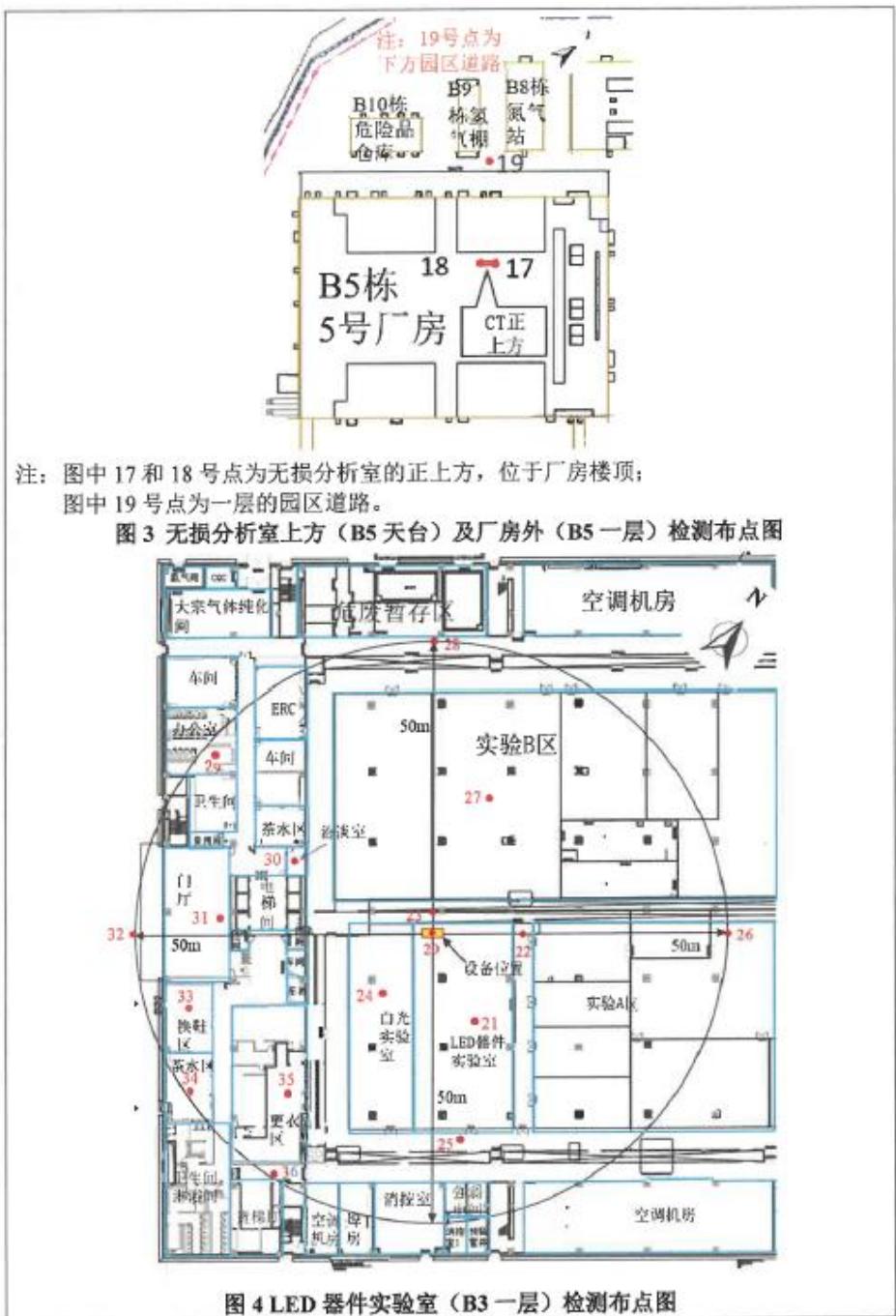
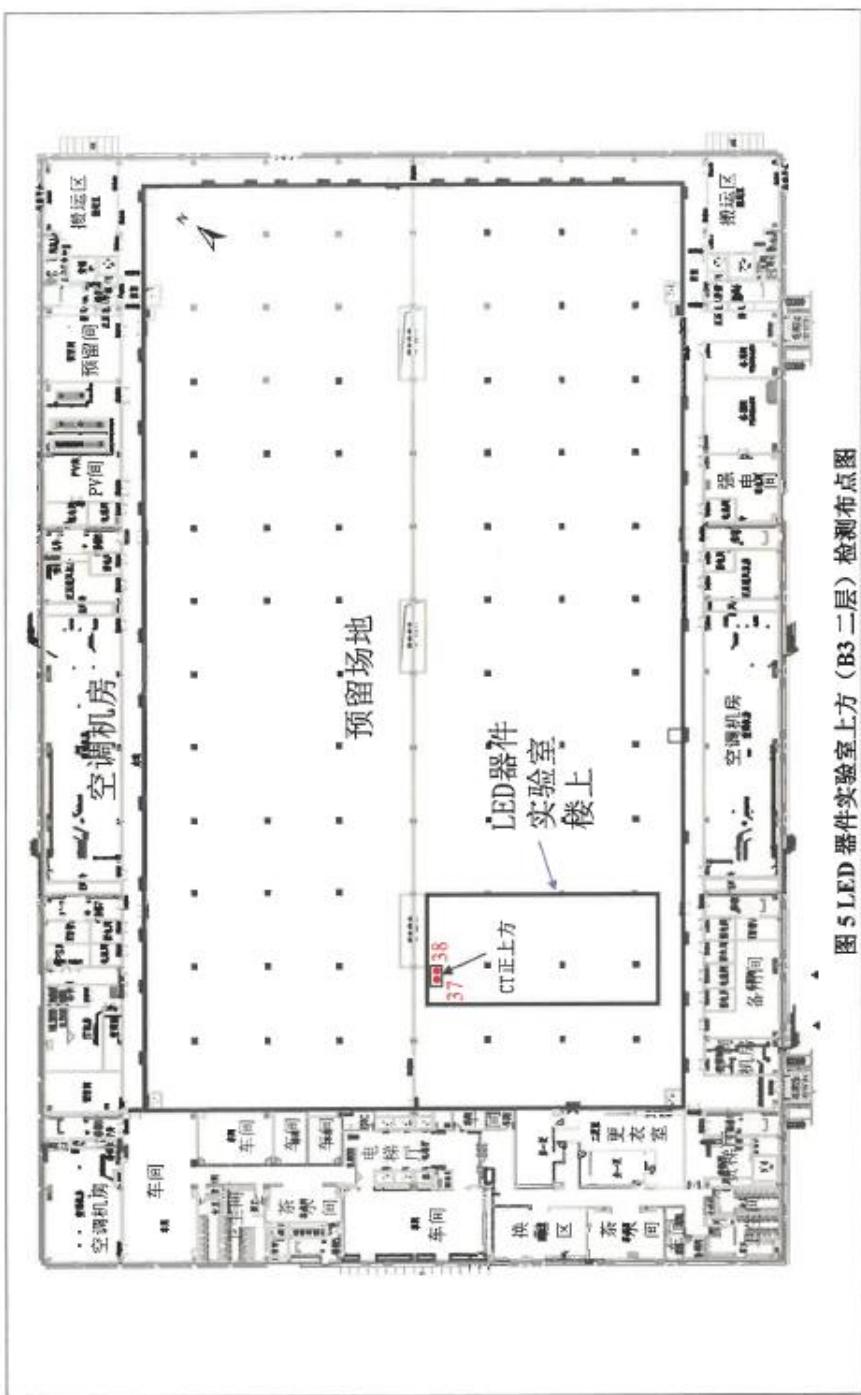


图 2 无损分析室下方(B5 二层)检测布点图

本报告共 12 页, 此页为第 8 页



本报告共 12 页, 此页为第 9 页





本报告共 12 页，此页为第 11 页



图 8 D8-B2-A55 实验室上方 (D6 一层) 检测布点图



图 9 D8-B2-A55 实验室上方 (D6 二层) 检测布点图

编制人：李

审核人： 陆山嵩

~~用章~~ 签发人： 李政军

日期: 2025.9.22

日期: 2025.9.22

日期: 2025.9.12

报告结束

本报告共 12 页，此页为第 12 页



附件 8 终端可靠性与失效分析部辐射安全防护管理制度

辐射防护和安全保卫制度

- 1、辐射工作人员及辐射安全管理人员应持证上岗，按时按计划参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的辐射防护相关培训，加强理论学习，掌握基本的辐射安全防护知识，并取得《辐射安全考核合格成绩单》。
- 2、对本单位非辐射工作人员进行辐射安全宣传教育，管控非辐射工作人员接近辐射工作场所监督区域。
- 3、做好辐射工作场所分区设置，将射线装置屏蔽体内部区域划为控制区，将整个辐射工作场所划为监督区，按要求进行分区管理。控制区通过实体屏蔽、门机联锁装置等进行控制，监督区通过警示标志、门禁等进行管理。
- 4、辐射工作区域只能摆放射线装置、操作台及其他辅助设施，不作其他用途，非辐射工作人员不应在该区域进行固定岗位作业。操作台应避开有用射线的照射方向。
- 5、辐射工作场所按要求张贴电离辐射警示标志，按照 GB18871-2002 的规范制作，标志的单边尺寸不小于 50cm，辐射工作场所监督区设置工作指示牌和警示说明。
- 6、射线装置操作台宜设置紧急停机按钮，X 射线出束过程中，一旦出现异常，按动紧急止动按钮，可停止 X 射线出束。辐射工作场所应有声光警示装置，X 射线出束时，声音警示装置可发出警示声和光。
- 7、射线装置屏蔽门应设置门-机联锁装置，并保证在门关闭后射线装

置才能出束。门打开时可立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

8、辐射工作场所应配备辐射监测仪器，按要求开展辐射水平日常监测、定期巡测，做好记录。



岗位职责

操作人员

- (1) 每天工作前先检查射线装置的辐射安全设施状态（主要包括装载门、辐射监测仪器、急停等能否正常工作），并记录于“辐射安全日常检查表”中，任何辐射安全设施不能正常工作时，不允许使用该射线装置；
- (2) 按照操作规程操作射线装置，未经辐射安全与防护培训和考核，不能操作射线装置；
- (3) 保管好个人剂量计和个人剂量报警仪，并按要求正确佩戴；
- (4) 出现异常，如设备故障、辐射水平异常，立即通知设备管理员。

管理人员

- (1) 结合单位实际定期完善辐射安全管理规章制度，并组织实施；
- (2) 组织落实工作场所日常辐射监测工作；
- (3) 做好工作人员的辐射防护与安全培训，组织实施辐射工作人员的职业健康检查和个人剂量监测，按要求建立个人剂量档案；
- (4) 定期对辐射安全与防护工作进行检查，检查本单位辐射工作人员的辐射安全操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。



设备操作规程

- (1) 射线装置需由通过了辐射安全与防护考核的操作人员操作；
- (2) 操作人员每天上班后仔细检查设备和防护的完好情况，各种辐射监测仪表应在检定周期内，检查其工作是否正常可靠；
- (3) 检查安全防护装置，如装载门关闭状态是否正常，工作指示灯、声音报警装置、急停装置等是否正常，如有异常，不得进行辐射工作；
- (4) 开始工作前操作人员要做好个人防护工作，安全装载门没关好前不得开机；
- (5) 射线装置操作人员应熟练掌握射线装置的性能和技术参数，严格按照厂家提供的操作流程进行操作；
- (6) 射线装置正常使用，管电压和管电流不能超过机器最大允许值；
- (7) X射线出束时，如设备、仪表或其它安全防护装置等发生故障，应立即停机并报告，待故障排除后方可继续操作；
- (8) 完成当天的辐射工作后，应关闭射线装置总电源，拔掉射线装置的钥匙开关，并由专人保管好。



辐射工作人员培训制度

(1) 辐射工作人员培训的目标是使工作人员了解辐射的基本知识、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法规文件，以及辐射安全知识和辐射事故应急知识。

根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《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》的规定：自 2020 年 1 月 1 日起，辐射安全上岗培训应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址 <http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识、报名并参加考核。

(2) 辐射工作人员及辐射安全管理人员应持证上岗，按时按计划参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的辐射防护相关培训，加强理论学习，掌握基本的辐射安全防护知识。考核通过后方可从事辐射工作。

(3) 仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用的辐射工作人员，可按照《Ⅲ类射线装置辐射工作人员试题库及考核规则》(2021 年 3 月版) 的要求，由单位自行组织考核。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

(4) 对于新增辐射工作人员，应进行岗前职业健康体检，体检合格后方可参加辐射安全与防护培训；

(5) 建立辐射安全与防护培训档案，妥善保存档案，培训档案应包括每次培训的内容、培训时间、考核成绩等资料。



射线装置维修维护制度

(1) 应定期对射线装置进行维护，常规维护应至少每年一次，确保机器良好的工作性能。

(2) 射线装置维护包括：机器的性能评估、全面检查、易损件维护和更换，以及控制系统等的可靠性测试和维护。

(3) 日常使用当发现装置有故障或损坏时，应通知厂家进行维修，应保证所更换的零部件都来自原厂。

(4) 辐射安全管理机构负责对射线装置进行监督和管理。

(5) 射线装置的维修维护应由具备资质的厂家专业人员负责，由设备管理员做好维修维护记录。

(6) 维修维护工作必须两人以上参与，佩戴好个人剂量报警仪，在做好安全防护的情况下进行维修维护工作。

(7) 射线装置检修和维护时应采取可靠的断电措施，切断设备的总电源，并经启动复查确认无电后，在总电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”的安全标志。

(8) 定期（每周一次）对辐射工作场所的警示标志、警示灯、工作指示灯、急停按钮、安全联锁等安全设施进行检查，保证良好的防护成果。



202

监测方案

1、个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案，辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复印件。根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

委托检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人有效剂量，监测周期为3个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

2、工作场所辐射监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，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，并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的评估报告。

年度监测：委托检测机构对运行的核技术利用项目进行辐射防护年度检测，每年一次，年度检测数据应作为本单位的射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 号前上报环境行政主管部门。

日常监测：为辐射工作场所配备辐射监测仪器，按要求开展辐射水平日常监测、定期巡测，做好记录。



附件 9 终端可靠性与失效分析部辐射事故应急处理预案

文件名称	终端可靠性与失效分析部辐射事故专项应急预案				
版本	V1.0	文件编码	/	生效日期	2025/2/24
拟制人	陈小坚	审核人	杨晶	批准人	李珂
适用范围	终端可靠性与失效分析部				



终端可靠性与失效分析部 辐射事故应急处理预案



一、总则

为有效处理辐射事故，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，根据《放射性同位素与射线装置辐射防护条例》和环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，制定本预案。

二、应急救援机构

公司成立辐射事故应急救援小组，组织、开展生产过程发生的应急救援工作，其职责之一是辐射事故应急处理。

辐射事故应急救援小组成员：

组长：薛群，电话：[REDACTED]

副组长：曲家正，电话：[REDACTED]；石江波，电话：[REDACTED]

成员：吴昊、张汉辉、胡志强、陈小坚。

广东省环保厅：12369

东莞市环保局：0769-23391002

东莞市卫生局：0769-23281318

松山湖区管委会：0769-22822222

松山湖区派出所：0769-22891110

东莞市疾病预防控制中心：0769-22625775

二、应急处理要求

(一) 发生下列情况之一，应立即启动本预案：

- 1、人员受射线装置超剂量照射（有效剂量 $\geq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；
- 2、例行检查发现个人剂量超标（有效剂量 $\geq 5\text{mSv}/\text{a}$ ）；

(二) 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。

(三) 负责向环境行政部门、公安机关及时报告事故情况。

(四) 负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作。

(五) 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。

(六) 负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延，防止演变成公共事件。

四、辐射事故应急处理的责任划分

(一) 公司安全生产第一责任人（主要负责人）负责辐射事故应急处理的组织及指挥工作；

(二) 安全部负责辐射事故应急处理中人员、物资和机具的调动调配工作，向公司应急救援小组及环境行政部门、公安部门快速上报，最迟不得超过两小时；

(三) 工会组织的负责人应全力协助安全第一责任人。在抓好辐射事故应急处理工作的同时，协助做好受伤害人员的家属的安抚工作；

(四) 设备部要认真做好事故现场的保护工作，协助上级主管部门调查事故、搜集证据，整理资料并做好记录；

(五) 参加事故应急救援人员要自觉遵守纪律，服从命令，听从指挥，为完成救援任务尽职尽责，通过积极工作最大限度地控制事故危害，为尽快恢复生产创造条件；

(六) 加强对发生事故现场的治安保卫工作，公司保安部员要密切配合、协助党政领导及上级主管部门做好事故现场的保卫工作，防止现场物资及财产被盗或丢失。

五、辐射事故分类与分级

辐射事故根据人员受照剂量和伤亡人数分为一般辐射事故、严重辐射事故和重大辐射事故：

事故等级	事故情形
一般辐射事故	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限制的照射
严重辐射事故	射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度辐射病、局部器官残疾。
重大辐射事故	射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人（含 10 人）以上急性重度辐射病、局部器官残疾。

六、辐射事故应急救援应遵循的原则:

1. 迅速报告原则；
2. 主动抢救原则；
3. 生命第一的原则；
4. 科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；
5. 保护现场，收集证据的原则。

七、辐射事故应急处理程序及报告制度

- (一) 事故发生后，应立即切断射线装置的电源，并及时上报；
- (二) 应急救援小组组长应立即召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；
- (三) 事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的事故应急人员的参与下进行。

(四) 发生辐射事故后，当事员工应第一时间上报辐射事故应急小组。小组成员接到报告后应在两小时内填写好《辐射事故处理报告表》，向环境行政部门、公安机关报告。

除上述工作外，事故应急人员还应进行以下几项工作：

- 1、迅速确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁区，防止外照射的危害。
- 2、协助和指导在现场执行任务的工作人员佩戴防护用具及个人剂量仪。对严重剂量事故，应尽可能记下现场辐射强度和有关情况。并对现场重复测量，估计当事人所受剂量，根据受照剂量情况决定是否送医院进行医学处理或治疗。
- 3、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。凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

八、人员培训和演习计划

- 1、公司辐射安全事故相关应急人员须经过培训，培训内容应包括辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预案执行步骤等；
- 2、辐射安全事故应急处理小组须定期（每年一次）组织应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

九、辐射事故的调查

（一）本单位发生重大辐射事故后，应立即成立由安全第一责任人或主要负责人为组长的，有工会负责人和工程部、安全部负责人参加的事故调查组、善后处理组和恢复运营组。

（二）调查组要遵循实事求是的原则对事故的发生时间、地点、起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况进行细致的调查分析，并认真做好调查记录，记录要妥善保管。

（三）配合公司应急救援小组编写、上报事故报告书方面的工作，同时，协助环境行政部门、公安部门进行事故调查、处理等各方面的相关事宜。

本预案自发布之日起生效，实施过程中如有与国家、省、市应急救援预案相抵触之处，以国家、省、市应急救援预案的条款为准。





终端可靠性与失效分析部 辐射安全管理制

为贯彻上级环境主管部门对 X 射线装置安全管理的有关要求，根据国家《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等有关规定，~~为保护工作人员及场所周围公众的健康权益~~，特制定本制度。



1. 管理机构及专职管理人员

机构名称	辐射安全工作管理小组				电　　话	
管理人员	姓　名	性别	职务或职称	工作部门	专　　职	
组长	薛群	男	实验室主管	终端可靠性与 失效分析部	专　　职	
副组长	石江波	男	实验室负责人	终端可靠性与 失效分析部	专　　职	
副组长	曲家正	男	实验室 EHS 专员	终端可靠性与 失效分析部	专　　职	
成　员	吴昊	男	实验室管理员	终端可靠性与 失效分析部	专　　职	
成　员	胡志强	男	实验室管理员	终端可靠性与 失效分析部	专　　职	
成　员	张汉辉	男	实验室管理员	终端可靠性与 失效分析部	专　　职	
成　员	陈小坚	男	实验室管理员	终端可靠性与 失效分析部	专　　职	

管理小组职责：

- (1) 负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度，并组织实施；
- (2) 做好工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理工作；

(3) 组织实施本公司放射工作人员上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康检查，建立个人剂量档案，做到一人一档；

(4) 定期对辐射安全与防护工作进行督查，检查本公司放射工作人员的技术操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

2. 岗位职责

操作员：

- (1) 负责机器运行操作，日常工作交接；
- (2) 按设备操作规程进行操作，严禁违章操作；
- (3) 非厂家专业人员，严禁拆卸；
- (4) 运转时，非操作人员禁止靠近；
- (5) 未经培训人员，禁止操作；
- (6) 保管好个人剂量计，并按要求正确佩戴；
- (7) 出现异常如设备故障或丢失，立即通知部门主管、工程部及安全部门。

实验室主管、实验室负责人：负责仪器的生产使用安排，现场监督和管理；

厂家工程师：负责制定设备安全操作规程，并对操作员进行操作培训，负责设备的维护、维修及保养；

EHS：

- (1) 负责仪器的安全监督及现场管理，使用符合国家法律法规；
- (2) 做好辐射防护工作，监督个人剂量计的正确使用；
- (3) 每季度定期将个人剂量计送往疾控中心进行检测；
- (4) 定期安排仪器操作员进行健康体检；
- (5) 与保安部一起做好仪器监控工作，丢失后立即上报公司领导。

保安员：负责工业 CT 的保卫工作，24 小时监控，防止盗窃，保证监控系统处于正常工作状态。

3. 安全操作规程

为保证仪器正常工作及使用安全，特制定辐射防护和安全保卫制度如下：

- (1) 在开机运行时，操作员必须佩带好个人剂量计；
- (2) 操作员应持证上岗，不得随意变更该机操作员；
- (3) 机器运行中，收料处的各个玻璃门必须保持常闭；

- (4) 其他非本机操作员不要在仪器附近停留时间过长，尽量远离；
- (5) 机器停机时，操作员应当将机器的各个门框关好，把个人剂量计保管好；
- (6) 在进行 5S 活动，对机器进行清洁时，应停机断电进行。
- (7) 操作员在上班和下班时，都应对检测仪进行~~目视检查~~，并与对班交接；
- (8) 仪器不得挪作它用，不得搬迁位置；
- (9) 如果要在仪器所在机器进行施工，~~则必须得到职业健康与安全部的同意~~；
- (10) 非厂家专业人员严禁部门拆卸仪器部件；
- (11) 职业健康与安全部应每天检查仪器的所在位置，并做好记录；节假日常安排人员检查。
- (12) 仪器所在位置使用摄像机实施 24 小时监控，没有特殊原因，不得关闭摄像机。
- (13) 职业健康与安全部应每天检查监控中心，检查测厚仪监控录像是否正常画面是否清晰；
- (14) 仪器如需要转移，须上报当地环保局并获批准。

4. 工作人员培训制度

- (1) 辐射工作人员培训的目标是使工作人员了解放射性基本知识、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《中华人民共和国放射性污染防治法》及辐射安全知识和辐射事故应急知识；
- (2) 辐射设备工作人员应持证上岗，应经过省环境主管部门认可的机构开展的辐射安全知识初级培训，并取得《辐射安全知识培训合格证》；
- (3) 对于新进操作员培训，实验室负责人应向实验室主管申请辐射知识培训，报名到广东省辐射防护协会参加培训；
- (4) 实验室负责人对辐射培训制订日程安排计划表，培训进度记录及辐射知识技能考核工作；
- (5) 对于新操作员培训，应分三个阶段：和其他新进员工参加厂级培训，了解公司概况、文化等情况；参加由广东省辐射防护协会开办的培训，学习核应用基本知识及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规，考核合格后取得《辐射安全知识培训合格证》；参加公司内部岗位培训，由设备工程师培训安全操作规程。

(9) 定期组织对 CT 设备工作人员进行安全加强再教育培训，学习有关辐射更新的法律法规。

5. 监测方案

(1) 严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案；

(2) 每年将委托有资质的单位进行一次年度检测，年度检测数据将作为本单位的射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 号前上报环境行政主管部门；

(3) 每位辐射工作人员工作期间佩戴的个人剂量元件定期（每 3 个月）到有资质的单位更换检测，并按要求每季度提供（对个人照射剂量）一份检测报告；

(4) 将定期（每个月第一个工作日）对设备的观察窗安全连锁装置、急停按钮、安全警示灯等安全工作装置进行检查，以确保正常工作。

6. 设备使用、维修台帐管理制度

- 1、实验室负责人负责核应用设备台账的建立和管理，做到台账清晰，账物对应。
- 2、设备台账实行动态管理，及时更新，准确记录设备变更情况。
- 3、操作人员在使用射线装置和含密封源设备时必须填写《核应用设备使用记录表》。
- 4、操作过程中如遇到故障或异常情况，必须详细记录在《核应用设备使用记录表》的使用情况记录栏中。
- 5、《核应用设备使用台账》所有内容务必如实填写，不得模糊不清。
- 6、建立设备检修及维护保养记录，填写《核应用设备维修记录表》。
- 8、实验室负责人负责对台账进行监督。



附件 10 源项参数说明

关于本项目四台工业 CT 相关参数说明

华为终端有限公司拟使用 4 台工业 CT 用于终端电子产品整机在跌落/冲击等高速动态场景下的无损观测，该设备基于 X 射线极强的穿透成像能力，实现对产品内部结构及组件的实时动态观测，器件内部结构分析与重构、Banding\金线缺陷分析；PCB 走线断、VIA 开裂\焊点虚焊\开裂、短路等问题分析；TP 粘胶、整机结构件组装、尺寸分析等方面。

根据厂家提供资料，四台工业 CT 的主要设备参数见表 1

表 1 工业 CT 设备性能参数一览表

设备型号	项目	参数及说明
YXLON FF35 (双球管)	最大管电压、管电流	225kV、3mA; 190kV、1mA
	滤过条件	1mmAl; 1mmAl
	最大发射角	45°; 170°
	距靶点 1m 处的最大剂量率 (mGy·m ² /mA·s)	0.63; 0.61
	非主束方向的泄露剂量率 (mSv/h)	5; 2.5
Xradia510Versa	最大管电压、管电流	160kV、0.4mA
	滤过条件	固有过滤金刚石
	最大发射角	60°
	距靶点 1m 处的最大剂量率 (mGy·m ² /mA·s)	0.34
	非主束方向的泄露剂量率 (mSv/h)	2.5
TESCAN UniTOM XL	最大管电压、管电流	230kV、3mA
	滤过条件	1mmBe+1~2mmAl、Cu、Sn
	最大发射角	60°
	距靶点 1m 处的最大剂量率 (mGy·m ² /mA·s)	0.2
	非主束方向的泄露剂量率 (mSv/h)	5
UNC225 (双球管型号一致)	最大管电压、管电流	225kV、3mA
	滤过条件	1mmAl
	最大发射角	60°
	距靶点 1m 处的最大剂量率 (mGy·m ² /mA·s)	0.733 (单球管)
	非主束方向的泄露剂量率 (mSv/h)	0.5 (双球管)

以上设备参数已确认无误，特此说明。

