

编号：XH25EA064

核技术利用建设项目  
深圳市大族数控科技股份有限公司  
生产、销售和使用 X 射线检测系统项目  
环境影响报告表

报批稿

深圳市大族数控科技股份有限公司（盖章）

2025年09月

环境保护部监制

核技术利用建设项目  
深圳市大族数控科技股份有限公司  
生产、销售和使用 X 射线检测系统项目  
环境影响报告表

建设单位名称： 深圳市大族数控科技股份有限公司 (盖章)

建设单位法人代表 (签名或盖章)：



通讯地址： 深圳市宝安区福海街道和平社区重庆路12号大族激光智  
造中心

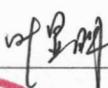
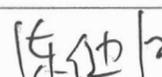
邮政编码： 518103

联系人： 谢章雄

电子邮箱： xiezx202478@hanscnc  
.com

联系电话： 

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	2o3ks0		
建设项目名称	深圳市大族数控科技股份有限公司生产、销售和使用X射线检测系统项目		
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)	深圳市大族数控科技股份有限公司		
统一社会信用代码	914403007362935988		
法定代表人 (签章)	杨朝辉 		
主要负责人 (签字)	刘浩 		
直接负责的主管人员 (签字)	叶显明 		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	广州星环科技有限公司		
统一社会信用代码	91440106MA59DAA73A		
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
陈健阳	20220503546000000001	BH061992	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
徐海通	项目基本情况、环境质量和辐射现状、辐射安全管理	BH063164	
李勇威	项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析	BH050165	
陈健阳	评价依据及评价标准、结论	BH061992	

# 编制主持人环境影响评价工程师资格证书

<b>中华人民共和国</b> <b>专业技术人员职业资格证书</b> (电子证书)		
<b>环境影响评价工程师</b> Environmental Impact Assessment Engineer		
本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师职业资格。		姓 名： <u>陈健阳</u>
		证件号码： <u>230202198909250611</u>
		性 别： <u>男</u>
		出生年月： <u>1989年09月</u>
		批准日期： <u>2022年05月29日</u>
		管 理 号： <u>20220503546000000001</u>
		
制发日期：2022年08月31日		

# 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
1.1 项目概况 .....	1
1.1.1 建设单位情况 .....	1
1.1.2 项目来由和目的 .....	2
1.1.3 项目建设规模 .....	2
1.2 项目选址和周边关系 .....	5
1.2.1 选址和周围环境介绍 .....	5
1.2.2 选址合理性分析 .....	5
表 2 放射源 .....	11
表 3 非密封放射性物质 .....	11
表 4 射线装置 .....	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	12
表 6 评价依据 .....	13
表 7 评价标准与保护目标 .....	15
7.1 评价范围 .....	15
7.2 保护目标 .....	15
7.3 评价标准 .....	16
7.3.1 职业照射及公众照射年有效剂量控制要求 .....	16
7.3.2 工作场所辐射剂量率控制要求 .....	17
表 8 环境质量和辐射现状 .....	18
8.1 项目地理和场所位置 .....	18
8.2 检测方案 .....	20
8.2.1 检测方法、检测因子和检测仪器 .....	20
8.2.2 布点原则 .....	20
8.3 质量保证措施 .....	23
8.4 检测结果 .....	24
表 9 项目工程分析与源项 .....	28
9.1 工作原理 .....	28

9.1.1 X射线产生原理 .....	28
9.1.2 X射线无损检测原理 .....	28
9.2 设备组成.....	29
9.3 工作方式.....	31
9.4 工艺流程和产污环节 .....	32
9.4.1 研发.....	32
9.4.2 组装.....	34
9.4.3 出厂前调试.....	35
9.4.4 销售.....	37
9.4.5 安装后调试和培训 .....	38
9.4.6 售后维修维护.....	39
9.5 工作负荷和人员配置.....	40
9.5.1 研发阶段.....	41
9.5.2 出厂前调试阶段.....	41
9.5.3 安装后调试和培训阶段.....	41
9.5.4 故障维修.....	41
9.6 污染源项描述.....	42
9.6.1 辐射源.....	42
9.6.2 其他污染源.....	43
9.7 源强分析和参数.....	43
<b>表 10 辐射安全与防护 .....</b>	<b>44</b>
10.1 调试铅房辐射屏蔽设计 .....	44
10.1.1 主体屏蔽设计 .....	44
10.1.2 调试铅房防护门设计 .....	45
10.1.3 管线穿墙屏蔽补充措施.....	46
10.2 射线装置辐射屏蔽设计 .....	47
10.3 辐射安全与防护措施.....	52
10.3.1 调试铅房.....	52
10.3.2 X射线检测系统 .....	54
10.4 辐射工作场所布局和分区.....	56
10.5 辐射安全与防护对照分析.....	57
10.6 日常检查与维护.....	62
10.6.1 日常安全检查.....	62

10.6.2 设备维修维护 .....	62
10.7 销售的辐射安全工作要求 .....	63
10.8 三废的治理 .....	64
<b>表 11 环境影响分析 .....</b>	<b>65</b>
11.1 理论计算公式 .....	65
11.2 调试铅房外关注点剂量率估算 .....	67
11.3 射线装置辐射剂量率估算 .....	69
11.4 人员受照剂量分析 .....	73
11.4.1 公众受照剂量 .....	73
11.4.2 辐射工作人员受照剂量 .....	77
11.5 事故影响分析 .....	77
11.5.1 辐射事故类型 .....	77
11.5.2 事故预防措施 .....	78
11.5.3 事故应急措施 .....	78
<b>表 12 辐射安全管理 .....</b>	<b>80</b>
12.1 辐射安全管理机构的设置 .....	80
12.2 辐射安全管理规章制度 .....	81
12.3 辐射工作人员 .....	81
12.4 辐射监测计划 .....	82
12.4.1 工作人员个人剂量监测 .....	82
12.4.2 工作场所辐射监测 .....	82
12.4.3 工作场所辐射监测方案 .....	83
12.5 辐射安全年度评估计划 .....	85
12.6 辐射事故应急 .....	85
12.6.1 辐射事故应急机构 .....	86
12.6.2 辐射事故应急机构分工及职责 .....	86
12.6.3 人员培训和演习计划 .....	87
12.7 竣工环境保护验收要求 .....	87
12.7.1 责任主体 .....	87
12.7.2 工作程序 .....	87
12.7.3 时间节点 .....	88
12.7.4 验收监测技术要求 .....	88
12.7.5 验收清单 .....	88

表 13 结论与建议 .....	91
13.1 结 论.....	91
13.1.1 辐射安全与防护分析结论 .....	91
13.1.2 环境影响分析结论 .....	91
13.1.3 可行性分析结论 .....	91
13.2 建 议.....	92
表 14 审 批 .....	93
附件 1：项目委托书 .....	94
附件 2：环境 $\gamma$ 辐射现状检测报告 .....	95
附件 3：射线装置生产、销售台账 .....	103
附件 4：辐射安全管理规章制度 .....	104

**表 1 项目基本情况**

<b>建设项目名称</b>		深圳市大族数控科技股份有限公司生产、销售和使用 X 射线检测系统项目			
<b>建设单位</b>		深圳市大族数控科技股份有限公司			
<b>法人代表</b>	杨朝辉	<b>联系人</b>	谢章雄	<b>联系电话</b>	
<b>注册地址</b>	深圳市宝安区福海街道和平社区重庆路 12 号大族激光智造中心 3 栋厂房 101、3 栋 1 楼、3 栋 2 楼、3 栋 4 楼、3 栋 7 楼、4 栋 1 楼、4 栋 4 楼				
<b>项目地点</b>	广东省深圳市宝安区福海街道桥头社区永福路 87 号数控创新产业大厦一层（经度：113.8058°，纬度：22.6893°）				
<b>建设项目总投资（万元）</b>	1000	<b>项目环保投资（万元）</b>	60	<b>投资比例（环保投资/总投资）</b>	6%
<b>项目性质</b>	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 迁建			<b>占地面积（m<sup>2</sup>）</b>	251.5
<b>应用类型</b>	<b>放射源</b>	<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		
	<b>非密封放射性物质</b>	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	<b>射线装置</b>	<input checked="" type="checkbox"/> 生产	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 销售	<input checked="" 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			
<b>其它</b>	/				
<p><b>1.1 项目概况</b></p> <p><b>1.1.1 建设单位情况</b></p> <p>深圳市大族数控科技股份有限公司（下称：大族数控公司或建设单位）成立于 2002 年，并于 2022 年在深交所创业板上市。大族数控公司是集技术开发，生成和销售为一体的国家级高新技术企业，是全球 PCB（印刷电路板）专用生产设备领域工序解决方案布局最为广泛的企业之一，致力于 PCB 行业提供全流程一站式解决方案。大族数控公司的经营理念是精于质量、诚于服务。大族数控公司于 2006 年取得 ISO-9001 质量认证，对产品质量精益求精，确保出货设备的高精度、高稳定性、高可靠性，大族数控公司在核心零部件供应商的管理和开发、备品库存管理、生产制造和质量控制、</p>					

人员调度等供应链体系的多方面表现优越，拥有全球范围内领先的交付能力，可快速满足 PCB 产业对专用设备的需求。

### 1.1.2 项目来由和目的

面对 X 射线检测系统市场持续扩张，市场规模逐年扩大且应用领域广泛的机遇，为满足 PCB 领域对高精度、高可靠性无损检测设备的需求，大族数控公司投身 X 射线检测系统研发与制造领域，助力 PCB 行业提升产品质量与研发效率，拟在广东省深圳市宝安区福海街道桥头社区永福路 87 号数控创新产业大厦一层开展 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统（最大管电压 130kV，最大管电流 0.5mA）的生产、销售和使用活动：设置 1 个调试区，在内安装 1 间调试铅房用于 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的研发和出厂前调试，设置 1 个组装包装区用于 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的组装生产。

本项目拟生产的 X 射线检测系统自带屏蔽体，屏蔽体与装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；屏蔽体能将装置产生的 X 射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内。因此本项目拟生产的 X 射线检测系统属于自屏蔽式装置，无 CT 功能。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，第 66 号）对射线装置的分类，HANS-X755LA 型 X 射线检测系统属“工业用 X 射线探伤装置”类别中的自屏蔽式 X 射线探伤装置，属于 II 类射线装置，因此本项目属于生产、销售和使用 II 类射线装置项目。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令第 16 号）本项目属于“五十五、核与辐射-172、核技术利用建设项目”类别，应编制环境影响报告表。现受建设单位委托，广州星环科技有限公司对深圳市大族数控科技股份有限公司生产、销售和使用 X 射线检测系统项目进行环境影响评价（委托书见附件 1）。

### 1.1.3 项目建设规模

大族数控公司拟在广东省深圳市宝安区福海街道桥头社区永福路 87 号数控创新产业大厦一层开展 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统（最大管电压 130kV，最大管电流 0.5mA）的生产、销售和使用活动：设置 1 个调试区，在内安装 1 间调试铅房用于

HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的研发和出厂前调试，设置 1 个组装包装区用于 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的组装生产。本项目 X 射线检测系统年最大生产销售量为 30 台。

本项目拟生产的 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统主要用于 PCB 板的背钻焊缝、气渣和气泡等的无损检测。

本项目按照工作流程涉及到 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的研发、组装、出厂前测试、销售、安装后调试和培训、售后维修维护环节。研发测试、出厂前测试、安装后调试和培训、售后维护环节涉及出束，其中研发测试和出厂前测试在调试铅房内进行，安装后调试和培训、售后维护在客户单位进行。组装工作在组装包装区完成。

设备由大族数控公司整体设计，载物台平移机构、探测器平移机构、射线发生器升降及平移机构、运动控制系统、数据采集和处理算法系统等均为自主研发。射线发生器、探测器和 CCD 相机定位装置等是外购件，设备铅屏蔽箱体委托第三方有资质的单位制作。每台设备内配套使用 1 个射线发生器。拟生产、销售和使用的射线装置基本信息见表 1-1。项目所在区域图见图 1-1。

表 1-1 生产、销售、使用的射线装置基本信息

名称	厂家	型号	最大管电压	最大管电流	管理类别	生产销售数量	射线发生器数量	备注
X 射线检测系统	大族数控公司	HANS-X755LA 型	130kV	0.5mA	II类	30 台/年	1 根	自屏蔽式



## 1.2 项目选址和周边关系

### 1.2.1 选址和周围环境介绍

本项目选址位于广东省深圳市宝安区福海街道桥头社区永福路 87 号数控创新产业大厦一层。数控创新产业大厦为地上 8 层建筑，无地下层。数控创新产业大厦四周主要分布有消防车道、数控创新精英苑、规划路等。大族数控公司平面图和 50m 范围关系图见图 1-2。

建设单位拟在数控创新产业大厦一层中部北侧区域设置 1 个调试区，在内安装 1 间调试铅房用于 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的研发和出厂前调试，设置 1 个组装包装区用于 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的组装生产。调试铅房东侧为调试区、预留区等场所，南侧为组装包装区、通道等场所，西侧为通道、样机存放区等场所，北侧为室外平台、消防车道等场所，其上方二层为车间 17、车间 18 等场所，三~八层为生产办公场所。项目选址四周场所分布一览表见表 1-2，数控创新产业大厦一层平面图见图 1-3、数控创新产业大厦二层平面图图 1-4。

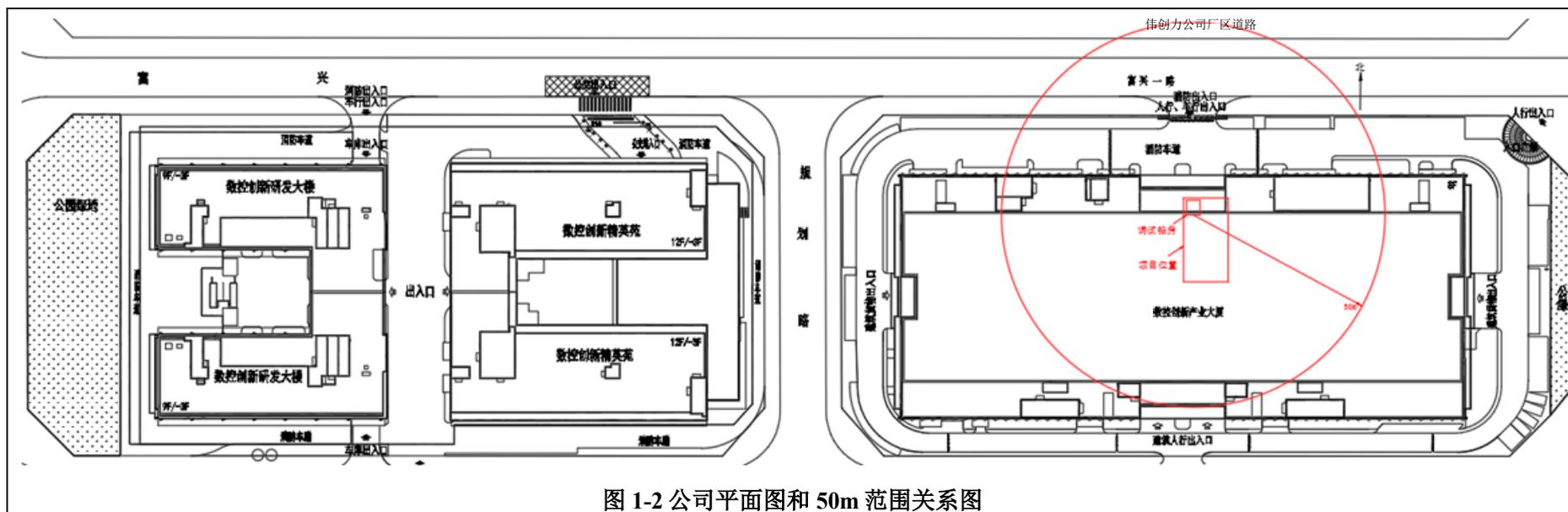
### 1.2.2 选址合理性分析

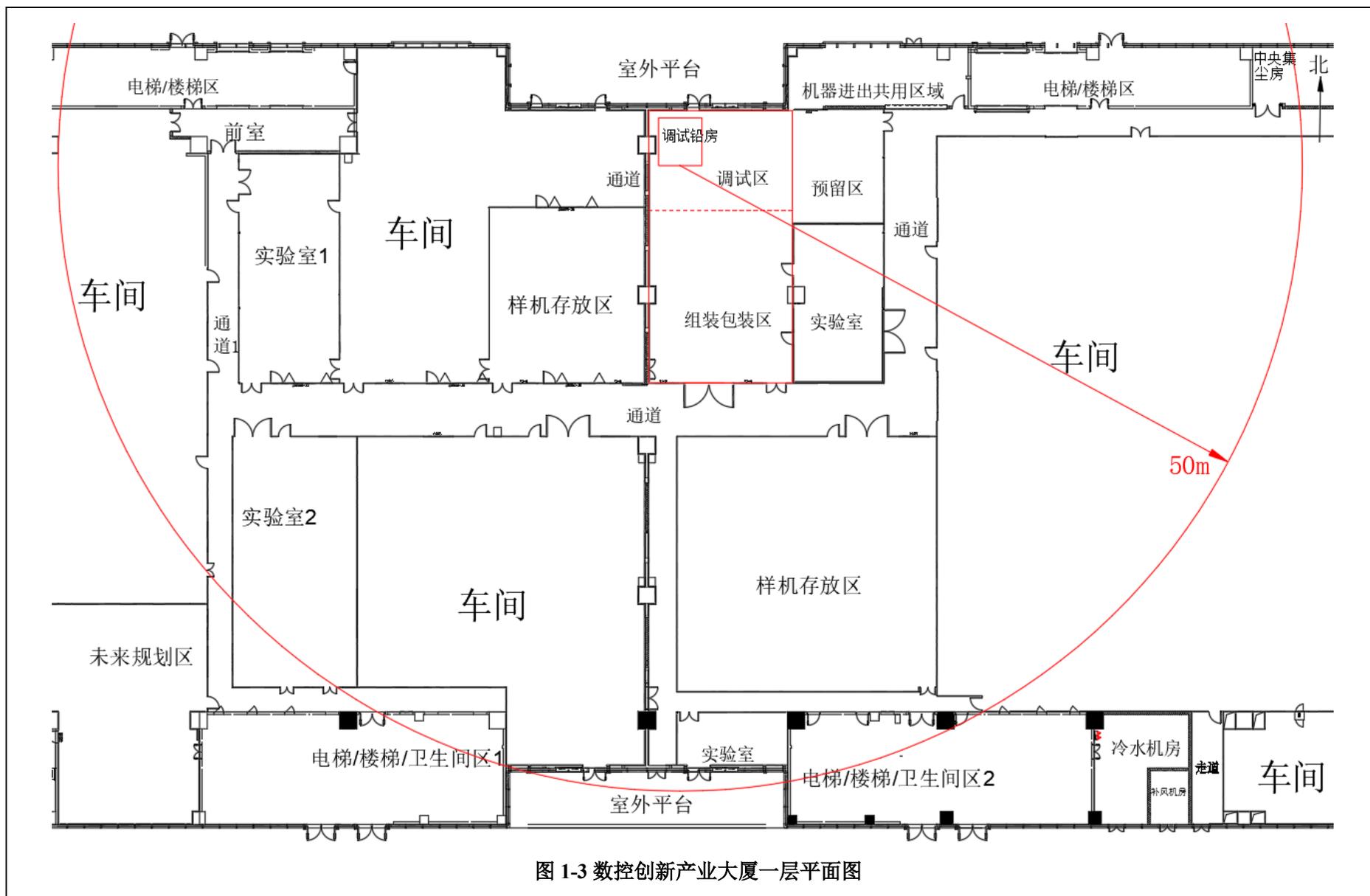
本项目 X 射线检测系统生产过程中的出束环节在调试铅房内进行，调试铅房及拟生产的设备均具备门机联锁装置、急停按钮、屏蔽体等固有辐射安全设施，调试区设在一层中部北侧区域靠墙边缘位置，充分考虑了周围场所的人员防护和安全。根据表 11 理论保守估算，辐射工作人员和公众的受照剂量满足剂量约束要求。调试铅房 50m 范围内主要是数控创新产业大厦、消防车道、富兴一路、伟创力公司等场所，无商业区、学校等环境敏感点。调试铅房 200m 范围内主要是数控创新产业大厦、消防车道、富兴一路、伟创力公司厂区道路、数控创新精英苑、富桥工业区、森钢工业园等场所无中小学、幼儿园敏感点，综上可判断本项目的选址合理。项目周边 200m 关系图见图 1-5。

表 1-2 项目四周场所分布一览表

位置	场所
/	调试铅房
东侧	调试区、预留区、机器进出共用区域、实验室、通道、车间、电梯/楼梯区、中央集尘房

南侧	组装包装区、通道、样机存放区、车间、实验室、电梯/楼梯/卫生间区 2、电梯/楼梯/卫生间区 1、室外平台
西侧	通道、样机存放区、车间、前室、电梯/楼梯区、实验室 1、实验室 2、通道 1、车间
北侧	室外平台、消防车道、富兴一路、伟创力公司厂区道路
二层	车间 17、车间 18、电梯/楼梯区 1、电梯/楼梯区 2、车间 16、通道、电梯/楼梯/卫生间区 2、电梯/楼梯/卫生间区 1、办公区
三~八层	生产办公场所





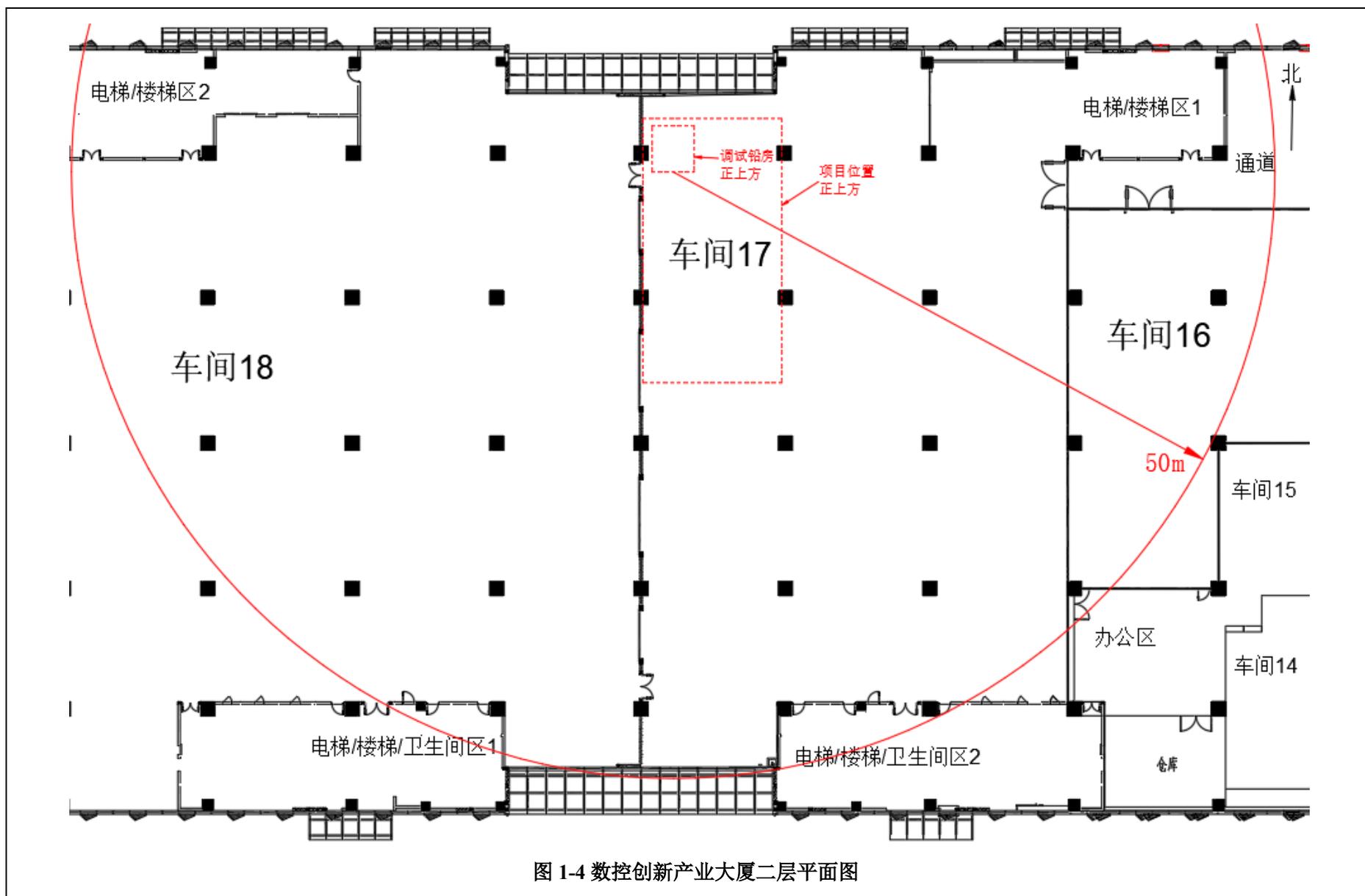




图 1-5 项目周边 200m 关系图

**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
	无							

**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
	无									

**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
	无									

(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	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	X 射线检测系统	II 类	生产、销售 30 台/年	HANS-X755LA 型	130kV	0.5mA	用于 PCB 板的背钻焊缝、气渣和气泡等的无损检测	调试区、组装包装区	自屏蔽式

(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	

	无												
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气体	/	/	/	微量	/	直接排放	外环境

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/m<sup>3</sup>; 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/m<sup>3</sup>) 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》（主席令第九号，2015 年 1 月 1 日实施）</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改&lt;中华人民共和国劳动法&gt;等七部法律的决定》修正）</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（主席令第六号，2003 年 10 月 1 日实施）</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号，2005 年 12 月 1 日施行，2019 年 3 月 2 日修订）</p> <p>(5) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日修改）</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 日实施）</p> <p>(8) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告第 66 号，2017 年 12 月 6 日发布）</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）</p> <p>(10) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令 第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行）</p> <p>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发）</p>
------	---

	<p>(12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月修订，2024 年 2 月 1 日实施）</p> <p>(13) 《深圳市建设项目环境影响评价审批和备案管理名录（2021 年版）》（深环规[2020]3 号，2021 年 1 月 1 日实施）</p> <p>(14) 《广东省未成年人保护条例》（2009 年 1 月 1 日起实施）</p> <p>(15) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日起施行）</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及修改单</p> <p>(6) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</p> <p>(8) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）</p> <p>(9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年出版）</p> <p>(2) 《辐射防护导论》（方杰主编）</p> <p>(3) 建设单位提供的其他资料</p>

## 表 7 评价标准与保护目标

### 7.1 评价范围

参考《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)对核技术利用建设项目环境影响报告书的评价范围和保护目标的相关规定：射线装置应用项目的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围，因此本项目将调试铅房屏蔽体外 50m 的范围选为评价范围。

### 7.2 保护目标

结合本项目的评价范围，将评价范围内的辐射工作人员和公众列为保护目标，具体保护目标分布情况见表 7-1。

表 7-1 评价范围内保护目标分布一览表

方位	场所	距离(m)	保护目标	影响人数 (人)	剂量约束值 (mSv/a)
东侧	调试区	0.3	辐射工作人员	4	5
	预留区	7	公众	流动人员	0.25
	机器进出共用区域	7	公众	流动人员	
	实验室	9	公众	4	
	通道	15	公众	流动人员	
	车间	19	公众	55	
	电梯/楼梯区	22	公众	流动人员	
	中央集尘房	44	公众	流动人员	
南侧	组装包装区	3.6	辐射工作人员	4	5
			公众	流动人员	0.25
	通道	17	公众	流动人员	0.25
	样机存放区	22	公众	2	
	车间	22	公众	10	
	实验室	44	公众	4	
	电梯/楼梯/卫生间区 2	45	公众	流动人员	
电梯/楼梯/卫生间	46	公众	流动人员		

	区 1				
	室外平台	48	公众	流动人员	
西侧	通道	1	公众	流动人员	0.25
	样机存放区	3.5	公众	2	
	车间	4	公众	15	
	前室	24	公众	流动人员	
	电梯/楼梯区	24	公众	流动人员	
	实验室 1	25	公众	4	
	实验室 2	33	公众	8	
	通道 1	34	公众	流动人员	
	车间	36	公众	45	
	北侧	室外平台	1	公众	
消防车道		7	公众	流动人员	
富兴一路		27	公众	流动人员	
伟创力公司厂区道路		42	公众	流动人员	
二层	车间 17	6	公众	60	0.25
	车间 18	6	公众	70	
	电梯/楼梯区 1	21	公众	流动人员	
	电梯/楼梯区 2	25	公众	流动人员	
	车间 16	32	公众	20	
	通道	32	公众	流动人员	
	电梯/楼梯/卫生间区 2	45	公众	流动人员	
	电梯/楼梯/卫生间区 1	46	公众	流动人员	
	办公区	48	公众	6	
三~八层	生产办公场所	11	公众	200	0.25

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 职业照射及公众照射年有效剂量控制要求

### **(1) 剂量限值**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

①工作人员的<sup>职业照射</sup>水平不应超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

②实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

### **(2) 剂量约束值**

①工作人员：

本项目取职业照射年平均有效剂量限值的四分之一作为本项目的职业照射剂量约束值，即本项目的辐射工作人员的年有效受照剂量应不超过 5mSv/a。

②公众：

取公众年平均有效剂量限值的四分之一作为本项目的公众照射剂量约束值，即本项目的公众的年有效受照剂量不超过 0.25mSv/a。

### **7.3.2 工作场所辐射剂量率控制要求**

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的规定，探伤室四周屏蔽体及防护门应满足：

（1）关注点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 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ Sv/周；

（2）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 $\mu$ Sv/h。

探伤室顶棚的辐射屏蔽应满足：

（3）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室内表面边缘所张立体角区域内时，调试铅房顶的辐射屏蔽要求同（2）；

（4）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 $\mu$ Sv/h。

综上，结合本项目的实际，本项目的辐射剂量率控制水平如下：

调试铅房四周屏蔽体、防护门及顶棚外 30cm 处应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h；

射线装置屏蔽体外 30cm 处应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

本项目位于广东省深圳市宝安区福海街道桥头社区永福路 87 号数控创新产业大厦，项目地理位置见图 8-1，现状照片见图 8-2。

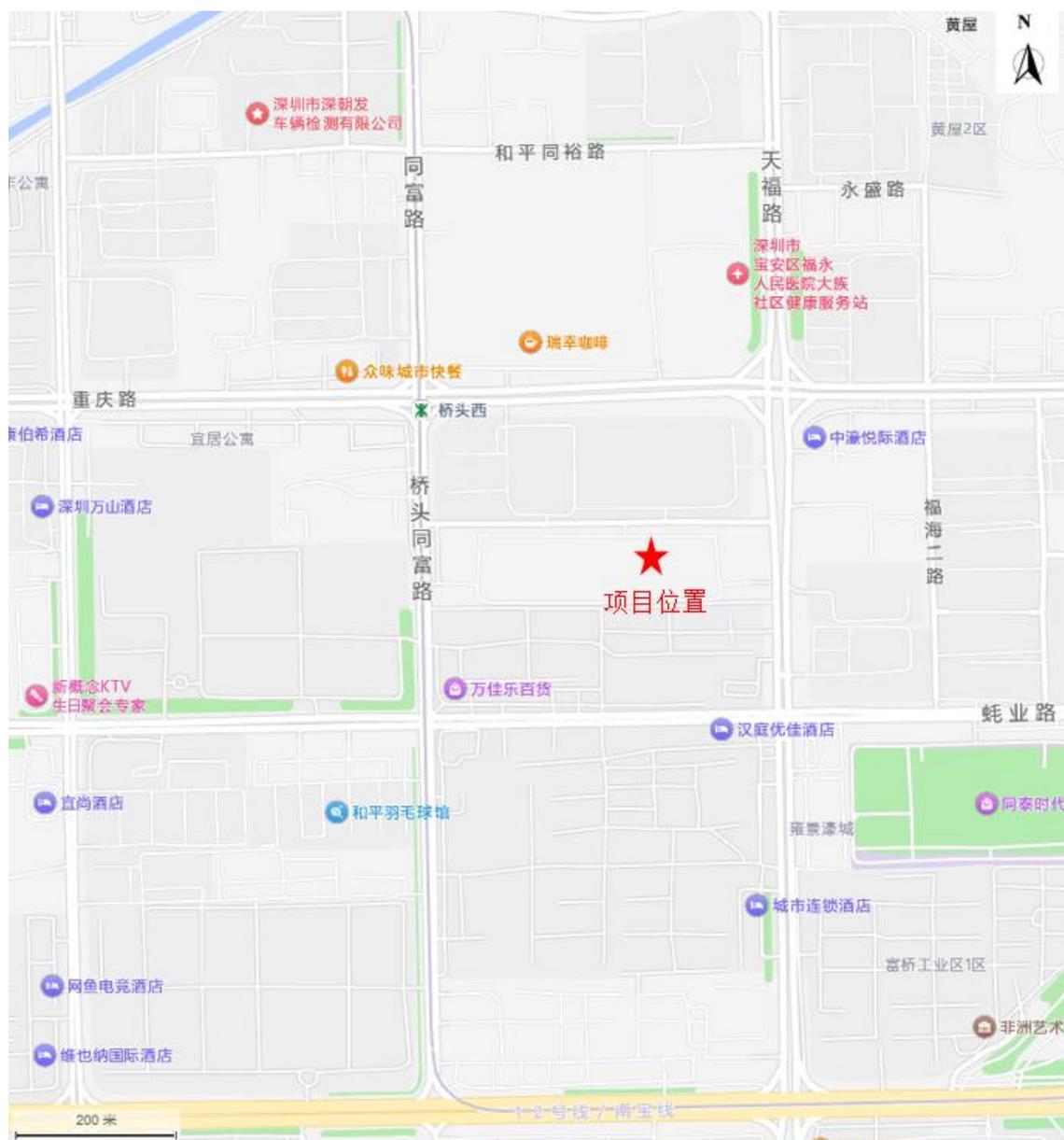


图 8-1 项目地理位置图



拟建调试铅房位置



东侧调试区



南侧组装包装区



西侧通道



北侧室外平台



正上方车间 17

图 8-2 项目场址现状照片

## 8.2 检测方案

### 8.2.1 检测方法、检测因子和检测仪器

为调查本项目所在区域及周围环境辐射水平现状，广州星环科技有限公司在2025年8月12日对项目场址周围进行环境 $\gamma$ 辐射剂量率现状检测，检测方法和因子见表8-1，检测仪器信息见表8-2。

表 8-1 检测方法和因子

检测方法	检测因子
《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021)	环境 $\gamma$ 辐射剂量率

表 8-2 检测仪器信息

仪器名称	X、 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率仪	仪器型号	BG9512P 型
生产厂家	中广核贝谷科技有限公司	仪器编号	1TRW88AA
校准日期	2024年09月25日	有效期	1年
测量范围	10nGy/h-200 $\mu$ Gy/h	能量范围	25keV-3MeV
校准单位	上海市计量测试技术研究院	证书编号	2024H21-20-5500542001

### 8.2.2 布点原则

按照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)的辐射环境质量监测布点要求，开展道路测量时，点位应设置在道路中心线；开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置。参考《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)5.3核技术利用辐射环境监测的布点要求，以工作场所为中心，半径50m内布点，测量点覆盖周围环境敏感点。

本项目的测点布设进一步根据保护目标的分布及评价范围来选取，原则上项目评价范围内有保护目标分布场所的里面均至少布设一个点位，根据以上布点原则，本次共布设39个检测点位，检测布点见图8-3至8-5。

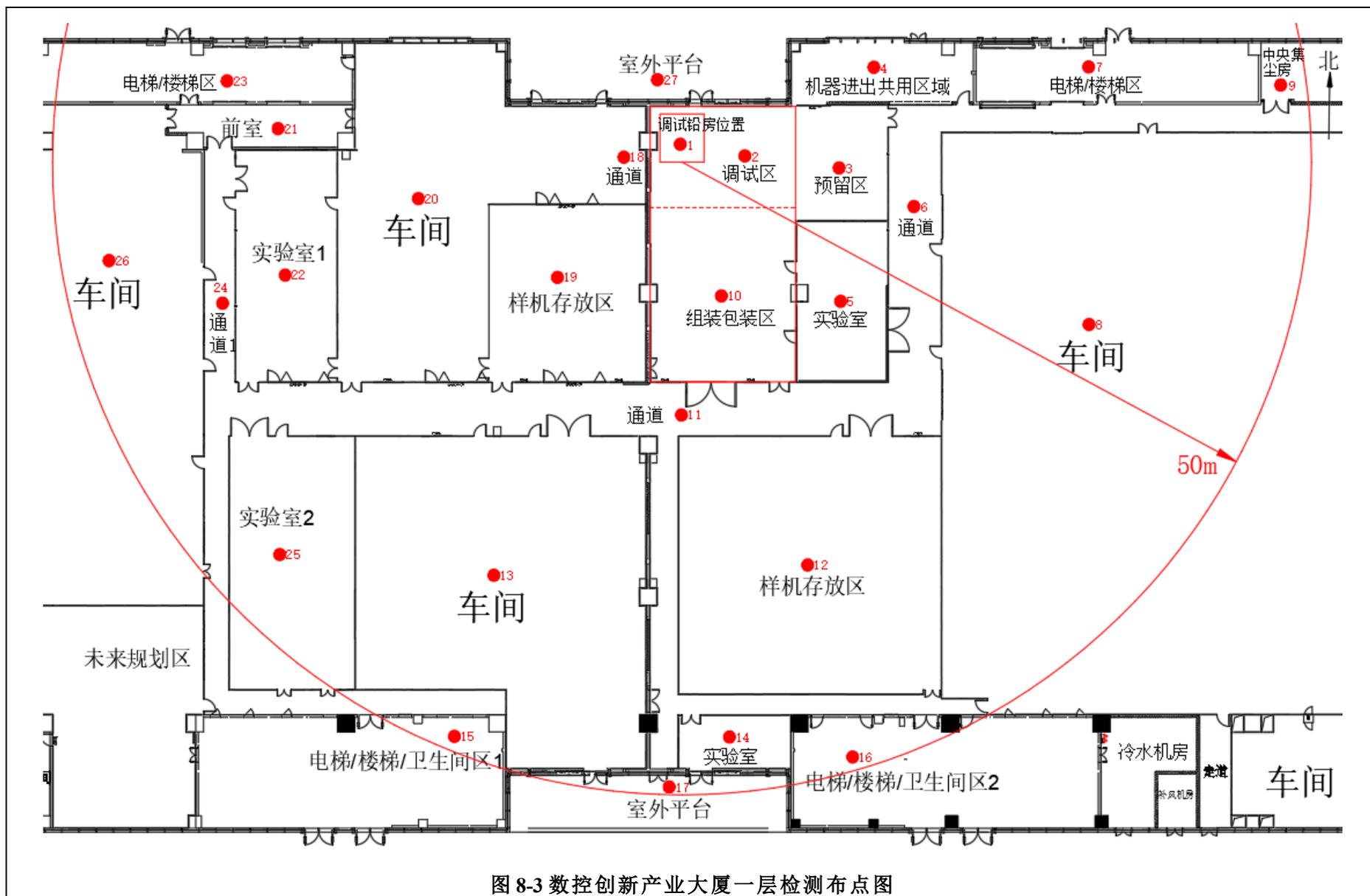


图 8-3 数控创新产业大厦一层检测布点图

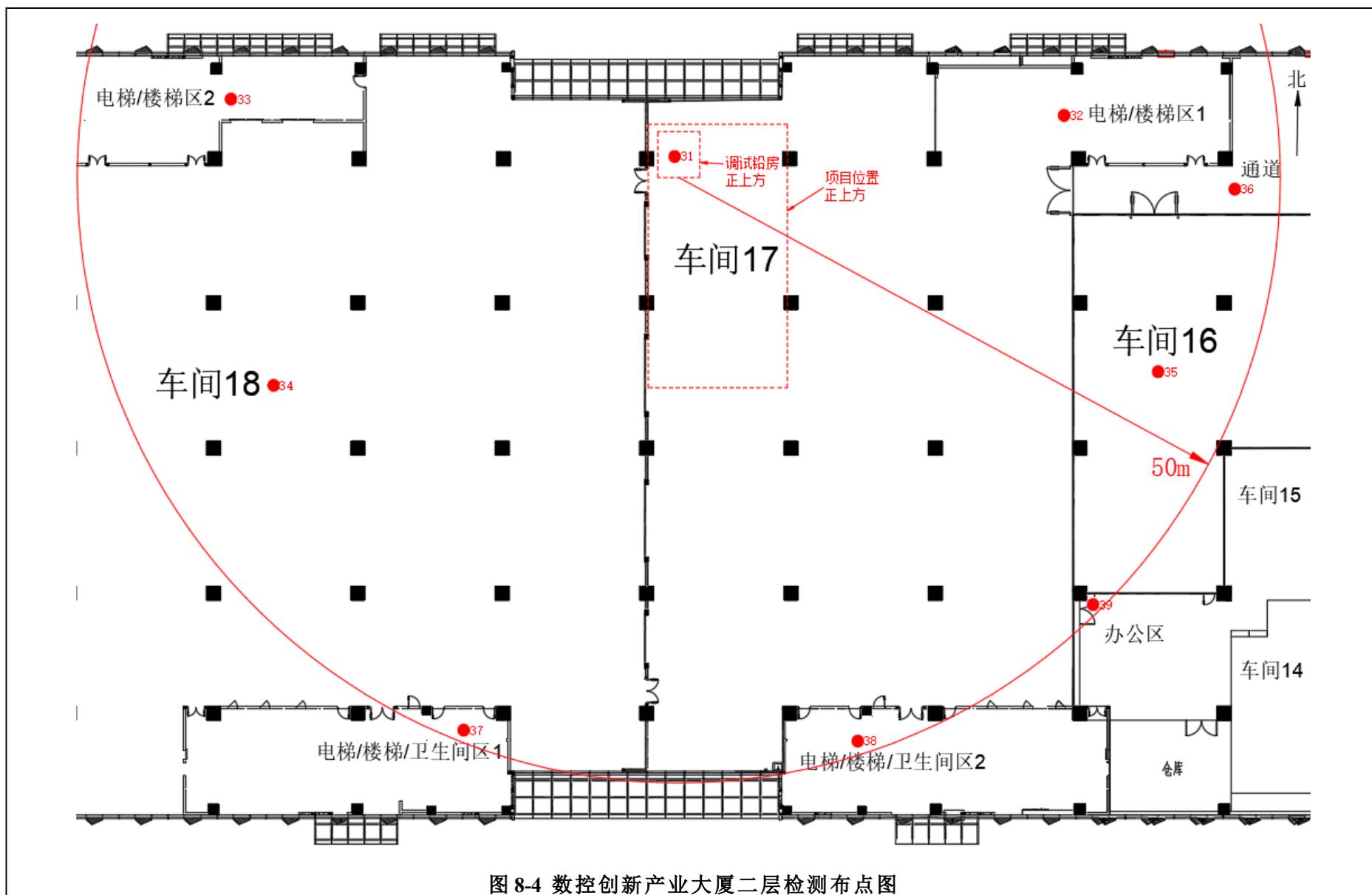


图 8-4 数控创新产业大厦二层检测布点图

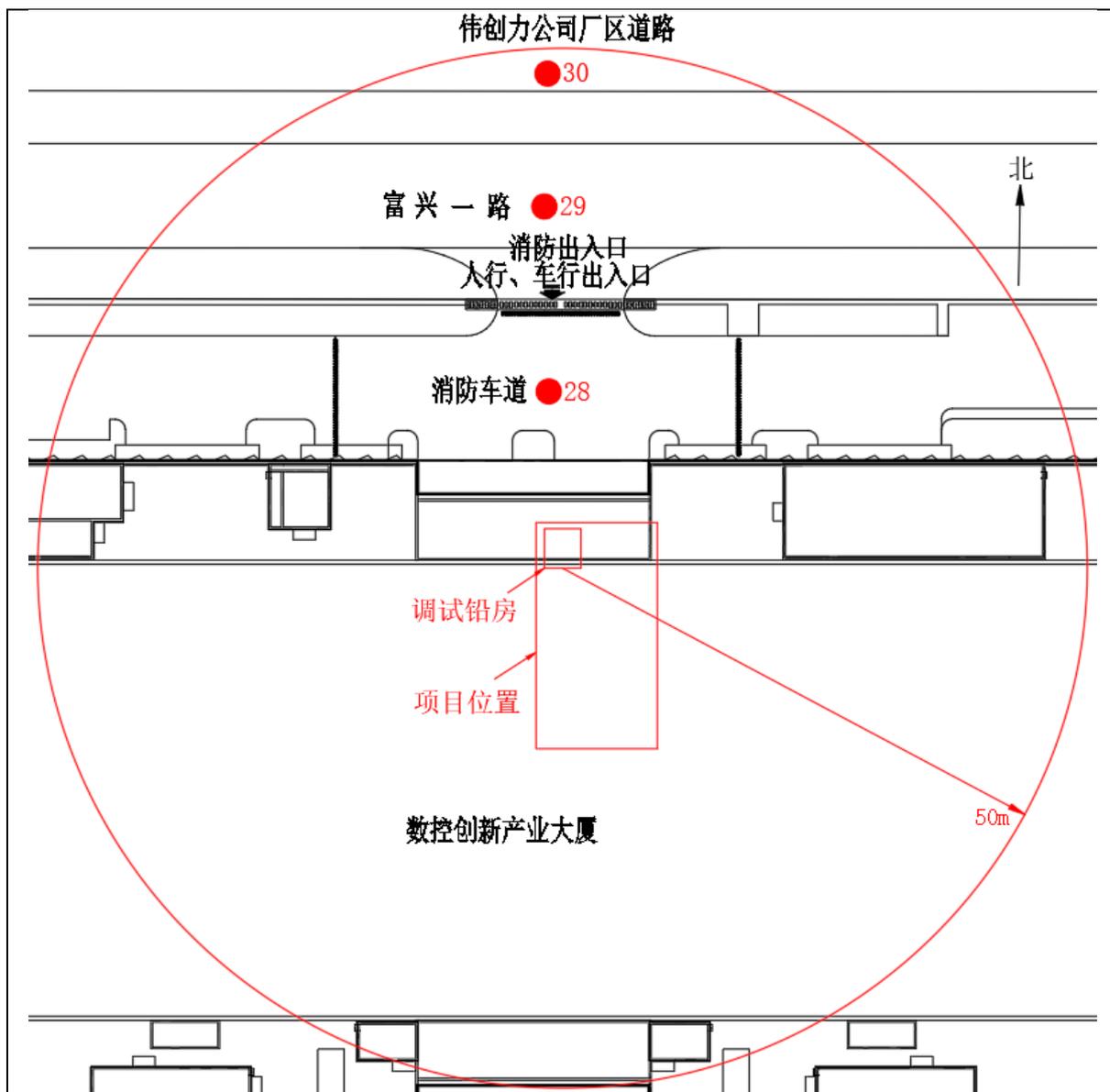


图 8-5 50m 评价范围内检测布点图

### 8.3 质量保证措施

本项目的环境辐射现状检测，根据《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）做好如下的质量保证措施：

（1）承担本项目环境辐射现状检测的检测机构具备检验检测机构资质认定证书，检测人员具备从事环境辐射监测的工作经验，充分了解环境  $\gamma$  辐射的特点，掌握辐射检测技术和技术标准，具备对检测结果做出正确判断的能力，熟悉本单位检验检测质量管理程序。

（2）实施检测前，确认使用的仪器的检测因子、测量范围和能量响应等参数均

满足检测要求，核实检测现场的操作环境均满足所使用仪器的操作环境要求。提前开启检测仪器预热至少 1 分钟，并确认仪器的电量充足后，再进行检测。所有检测点位，待读数稳定后，约 10s 间隔读取 10 个值，并经校正后求出平均值和标准偏差。

(3) 测量人员经环境  $\gamma$  辐射剂量率测量相关专业培训并考核合格；环境  $\gamma$  辐射剂量率测量仪器定期校准，每年至少 1 次送到计量检定机构校准环境  $\gamma$  辐射剂量率测量仪器，在两次校准之间进行一次设备期间核查。

(4) 更新仪器和方法时，在典型的和极端的辐射场条件下与原仪器和方法的测量结果进行对照，以保持数据的前后一致性。

(5) 环境  $\gamma$  辐射剂量率测量应选用相对固有误差小的仪器 ( $<\pm 15\%$ )。

(6) 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，同时满足标准要求。

(7) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。质量保证活动按要求做好记录，并确保所有记录信息的完整性、充分性和可追溯性。

(8) 监测报告严格执行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人审定。

## 8.4 检测结果

检测结果参照 (HJ61-2021) 中“8.6 宇宙射线响应值的扣除”的方法处理得到：

$$\dot{D} = C_f(E_f \bar{X} - \mu_c \bar{X}_c)$$

其中：

$\dot{D}$ ：环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测结果；

$C_f$ ：仪器量程检定/校准因子，由法定计量部门检定或校准时给出，1.06；

$E_f$ ：仪器检验源效率因子。本仪器无检验源，该值取 1；

$\bar{X}$ ：读数值平均值；

$\mu_c$ ：建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1；

$\dot{X}'_c$ : 宇宙射线响应值。广州星环科技有限公司于 2025 年 7 月 4 日在广东省万绿湖用同一台设备测得宇宙射线响应值, 11nGy/h, 与测点处的海拔差别 $\leq 200\text{m}$ , 经度差别 $\leq 5^\circ$ , 纬度差别 $\leq 2^\circ$ , 可不进行修正。

检测数据见表 8-3, 检测报告见附件 2。

表 8-3 建设项目场所环境  $\gamma$  辐射现状检测结果

点位编号	方位	场所	距离(m)	表面介质	检测结果(nGy/h)	环境性质
1	/	调试铅房位置	/	地胶	110 $\pm$ 1	楼房
2	东侧	调试区	3	地胶	112 $\pm$ 1	楼房
3	东侧	预留区	11	地胶	107 $\pm$ 1	楼房
4	东侧	机器进出共用区域	14	地胶	108 $\pm$ 1	楼房
5	东侧	实验室	15	地胶	107 $\pm$ 1	楼房
6	东侧	通道	17	混凝土	106 $\pm$ 1	楼房
7	东侧	电梯/楼梯区	31	瓷砖	110 $\pm$ 1	楼房
8	东侧	车间	33	地胶	107 $\pm$ 2	楼房
9	东侧	中央集尘房	46	混凝土	106 $\pm$ 1	楼房
10	南侧	组装包装区	11	地胶	111 $\pm$ 1	楼房
11	南侧	通道	20	地胶	106 $\pm$ 1	楼房
12	南侧	样机存放区	33	混凝土	114 $\pm$ 1	楼房
13	南侧	车间	35	地胶	106 $\pm$ 1	楼房
14	南侧	实验室	45	混凝土	100 $\pm$ 2	楼房
15	南侧	电梯/楼梯/卫生间区 1	48	瓷砖	117 $\pm$ 1	楼房
16	南侧	电梯/楼梯/卫生间区 2	48	瓷砖	115 $\pm$ 1	楼房
17	南侧	室外平台	49	地砖	108 $\pm$ 1	楼房
18	西侧	通道	3	地胶	111 $\pm$ 1	楼房
19	西侧	样机存放区	12	地胶	122 $\pm$ 1	楼房
20	西侧	车间	19	地胶	116 $\pm$ 1	楼房

21	西侧	前室	30	地胶	110±1	楼房
22	西侧	实验室 1	31	地胶	108±1	楼房
23	西侧	电梯/楼梯区	34	瓷砖	110±1	楼房
24	西侧	通道 1	36	地胶	106±1	楼房
25	西侧	实验室 2	43	混凝土	107±1	楼房
26	西侧	车间	44	混凝土	99±2	楼房
27	北侧	室外平台	3	地砖	103±1	楼房
28	北侧	消防车道	13	沥青	82±1	道路
29	北侧	富兴一路	31	沥青	84±1	道路
30	北侧	伟创力公司厂区道路	44	沥青	82±1	道路
31	二层	车间 17	6	混凝土	123±1	楼房
32	二层	电梯/楼梯区 1	31	瓷砖	110±2	楼房
33	二层	电梯/楼梯区 2	36	瓷砖	111±1	楼房
34	二层	车间 18	37	混凝土	121±1	楼房
35	二层	车间 16	42	混凝土	107±1	楼房
36	二层	通道	45	混凝土	104±1	楼房
37	二层	电梯/楼梯/卫生间区 1	49	瓷砖	106±1	楼房
38	二层	电梯/楼梯/卫生间区 2	49	瓷砖	107±1	楼房
39	二层	办公区	49	混凝土	110±1	楼房

注：1、以上数据已校准，校准系数为 1.06；

2、检测时仪器探头垂直地面，距地约 1m，待读数稳定后，间隔 10 秒读取 1 个数值，每个点位读取 10 个检测值；

3、检测结果扣除了仪器对宇宙射线的响应部分（11nGy/h）；建筑物对宇宙射线的屏蔽因子：楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，道路取值为 1。

从表 8-3 中的数据可见，本项目建设场地及周围区域的室内  $\gamma$  辐射剂量率检测值为 99~123nGy/h，道路  $\gamma$  辐射剂量率检测值为 82~84nGy/h。

参考《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年出版）报道的深圳市环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率的调查结果：深圳市的室内  $\gamma$  辐射剂量率调查水平

在 127.4~153.1nGy/h 之间，道路  $\gamma$  辐射剂量率调查水平在 101.5~127.8nGy/h 之间。对比表明，建设项目场所室内和道路的  $\gamma$  辐射剂量率略低于深圳市室内  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率的调查结果，其主要原因为：建设项目场所不同材质的地面的  $\gamma$  辐射存在一定差异。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工作原理

#### 9.1.1 X 射线产生原理

射线装置通过射线发生器产生 X 射线，射线发生器的主要构件是 X 射线管，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，它装在聚焦杯中，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。

从射线装置阴极上产生射向金属靶上的电子形成的电流叫做管电流，加在射线装置两极上的高压即为管电压。射线装置产生的 X 射线强度正比于靶物质的原子序数、电子流强度和管电压的平方。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。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 射线机保护罩上的薄窗口引出来，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。

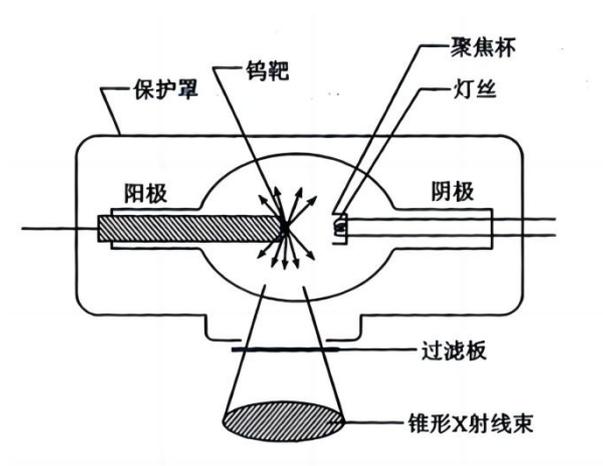


图 9-1 X 射线管示意图

#### 9.1.2 X 射线无损检测原理

X 射线无损检测方法是基于 X 射线的穿透性和吸收性，用于检测物体内部的缺陷和结构信息的一种无损检测方法。X 射线是一种电离辐射，具有较高的能量和短波长。当 X 射线穿过物体时，会与物体内部的原子发生相互作用。主要的相互作用过程有：X 射线在物体中被原子吸收，其能量被转化为电子的激发或电离；X 射线在物体中与原子发生碰撞，并改变方向。散射分为两种主要形式：一是康普顿散射，其中 X 射线的能量减少，改变方向；二是汤姆逊散射，其中 X 射线的能量基本不变，仅改变方向。

X 射线检测技术广泛应用于工业领域，例如电子零部件、PCB 板、金属铸件、焊接部件、航空航天零部件等的质量检测和无损评估。它可以检测到各种类型的缺陷，如气孔、裂纹、夹杂物等，并提供高分辨率的内部结构图像，帮助确定物体的完整性和可靠性。在本项目实际应用中，X 射线检测系统会将 X 射线束照射到 PCB 板上，探测器接收通过 PCB 板后的 X 射线，并将其转换为电信号，通过分析接收到的信号强度和能量分布，可以获得 PCB 板的结构信息和缺陷情况。

## 9.2 设备组成

本项目拟生产、销售和使用的 X 射线检测系统主要由硬件部分和软件部分组成，硬件部分包括主防护箱体、射线发生器、探测器、CCD 相机定位装置、载物台平移机构、探测器平移机构、射线发生器升降及平移机构等，软件部分包括控制面板、控制台、运动控制系统、定位系统和成像系统等组成。设备外观结构图和内部结构图分别见图 9-2.1，图 9-2.2 和图 9-3，设备尺寸参数见表 9-1。

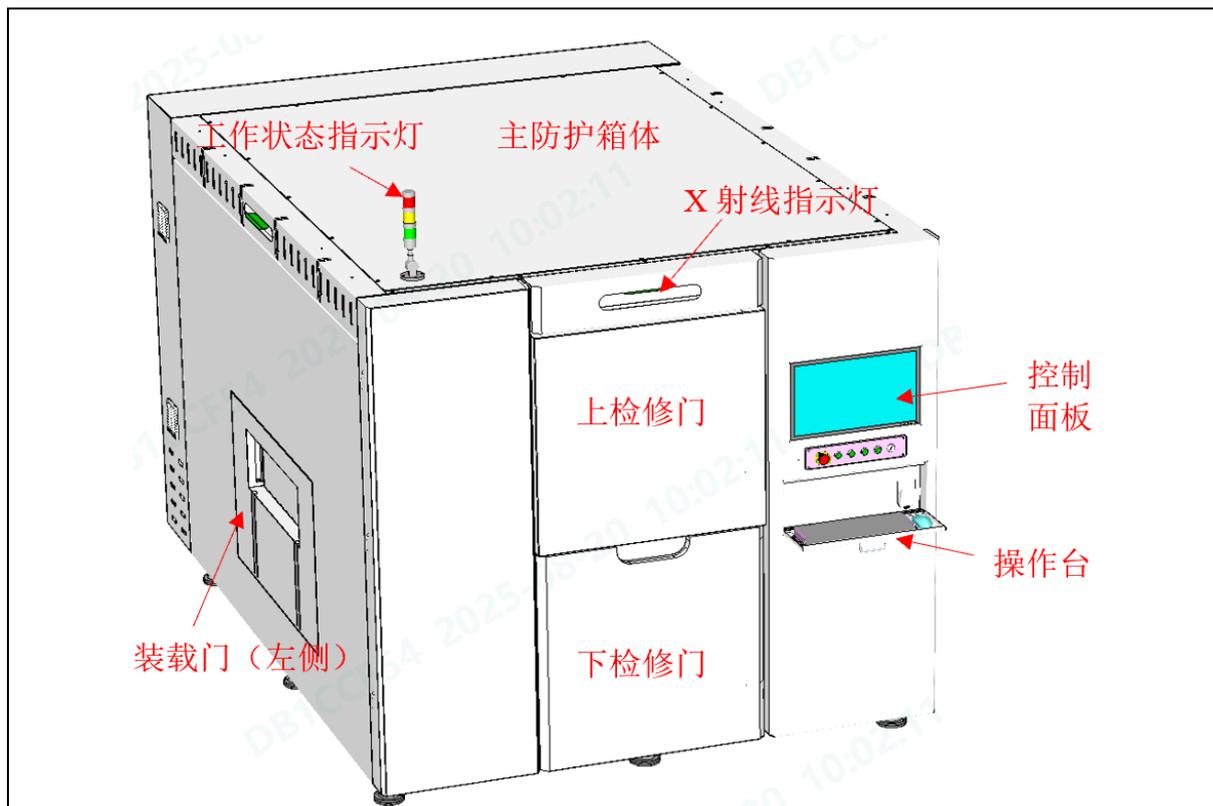


图 9-2.1 设备外观结构图

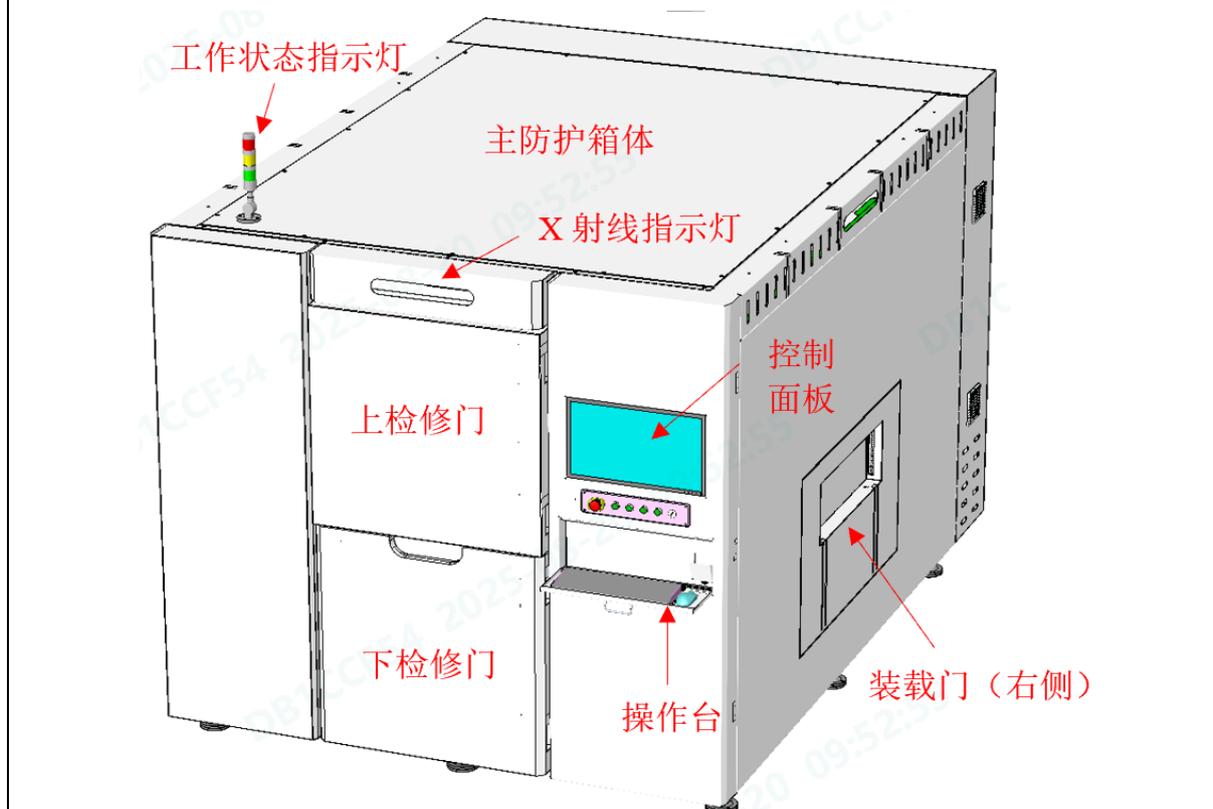


图 9-2.2 设备外观结构图

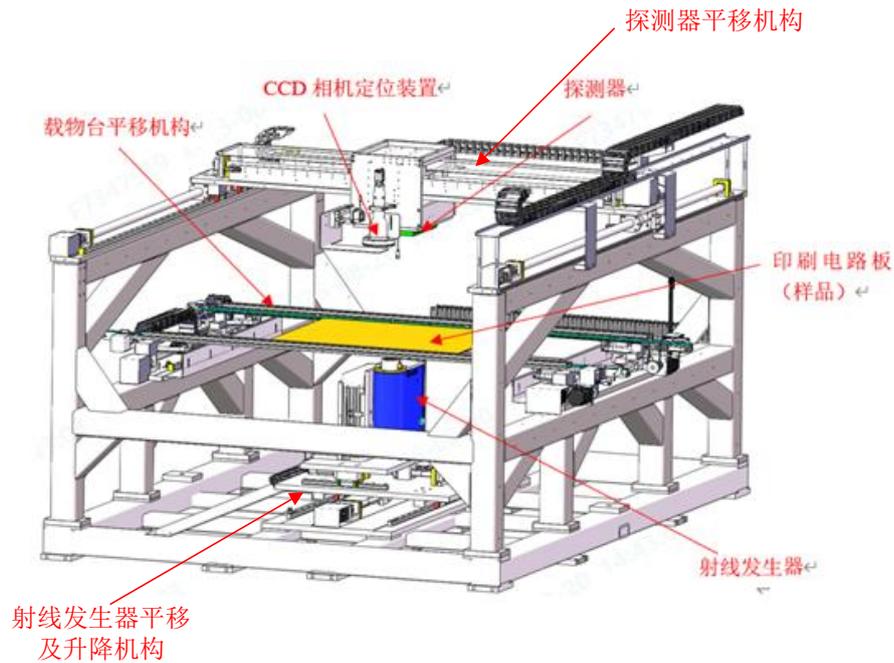


图 9-3 设备内部结构图

表 9-1 设备尺寸参数一览表

项目	设计情况
设备外尺寸	长×宽×高=2300mm×3240mm×2020mm
装载门（左侧）	宽×高=750mm×200mm
装载门（右侧）	宽×高=750mm×200mm
上检修门（左侧）	宽×高=790mm×665mm
下检修门（右侧）	宽×高=790mm×905mm
后检修门	宽×高=560mm×760mm

### 9.3 工作方式

(1) 本项目X射线检测系统有用线束朝设备上方照射，射线发生器有用线束角度为115°。射线发生器可左右、前后、上下移动，左右移动最大距离为215mm，前后移动最大距离为614mm，上下移动最大距离为50mm。探测器可左右、前后移动，左右移动最大距离为500mm，前后移动最大距离为800mm。载物台平移机构宽度可根据不同待检工件进行调节，将待检工件从X射线检测系统一侧传输至另一侧完成对待检工件的检测。

(2) 本项目的 X 射线检测系统运作方式为在线式运作，辐射工作人员分别在上游装置与下游装置进行检测工件的收发。通过上游装置（送板机）从一侧装载门前端传输带放入待检工件，装载门感应到有待检工件流入，自动打开装载门，待检工件通过传输装置传输至屏蔽体内，通过 CCD 相机定位装置，对待检工件进行检测定位。检测完成后，另一侧装载门感应到有待检物件需要流出，自动打开装载门，待检工件通过传动装置从装载门自动传输至下游装置（收板机）。左右两侧装载门也可通过操作系统控制打开和关闭。操作人员设置好检测参数，将工件放置在传输带上，工件可自动传输至检测平台，射线装置会根据预设参数自动出束，自动完成检测工作。检测期间不需要人员进行干预。

(3) 本项目的 X 射线检测系统采用数字成像方式，X 射线透过待检工件后由探测器接收，然后再由图像分析软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息。在扫描的过程中操作系统自动控制载物台平移机构运动，获取不同方位的图像，经 AD 转换后输出数字信号，传送给计算机进行图像处理从而形成 X 射线数字影像。

(4) 本项目设备的检测对象为 PCB 板，其材质为主要为玻璃纤维布、环氧树脂、铜等，最大尺寸为长×宽×厚：622mm×755mm×8mm。

## 9.4 工艺流程和产污环节

本项目涉及到 X 射线检测系统的研发、组装、出厂前调试、销售、安装后调试和培训、售后维护等工作环节。

### 9.4.1 研发

本项目研发步骤分两部分，第一部分是算法开发，不涉及出束。第二部分是研发测试，由建设单位在调试铅房完成。主要包括：算法调试、机械系统调试、图像采集与成像系统调试、软件系统与控制界面验证，以及老化测试。研发测试过程中会出束，辐射工作人员需按要求佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪，并携带便携式 X-γ 剂量率仪。其工艺流程如下：

(1) 组件购买：购买射线发生器，收到货后检查射线发生器的外观是否合格；

(2) X 射线检测系统机构组装：将射线发生器和其他机械组件组装成 X 射线检测系统机构，将 X 射线检测系统机构搬进调试铅房，放到指定的位置；

(3) 调试铅房安全检查：辐射工作人员撤出调试铅房，并检查调试铅房的各项辐射安全措施是否正常，包括门机联锁、急停按钮等。辐射工作人员在铅房外的操作台控制射线发生器出束，进行研发测试。

(4) 算法调试：调整各项参数，调试射线发生器，载物台、探测器、平移机构等匹配性，改进操作和成像程序。重复测试，直到各项成像指标达到预定要求。机械系统调试：导轨与丝杆精度检测、载物台校正、射线束几何中心校准。图像采集与成像系统调试：探测器均匀性校准、暗场校正、系统几何校准、空间分辨率测试；软件系统与控制界面验证：运动控制联调、扫描模式功能检查、图像重建软件验证。

(5) 连续运行稳定性测试（老化测试）：整机连续运行 48-72 小时，进行多组扫描任务，观察各部件运行状态、温升、噪声、图像稳定性，确保系统无死机、漂移或异常警报，并检查是否有运动卡滞、射线源功率波动、探测器漂移等问题。

研发测试的目的是得到适配性最好的机械系统及成像系统，以及完整的样机数据。

研发测试工艺流程和产污环节见图 9-4。

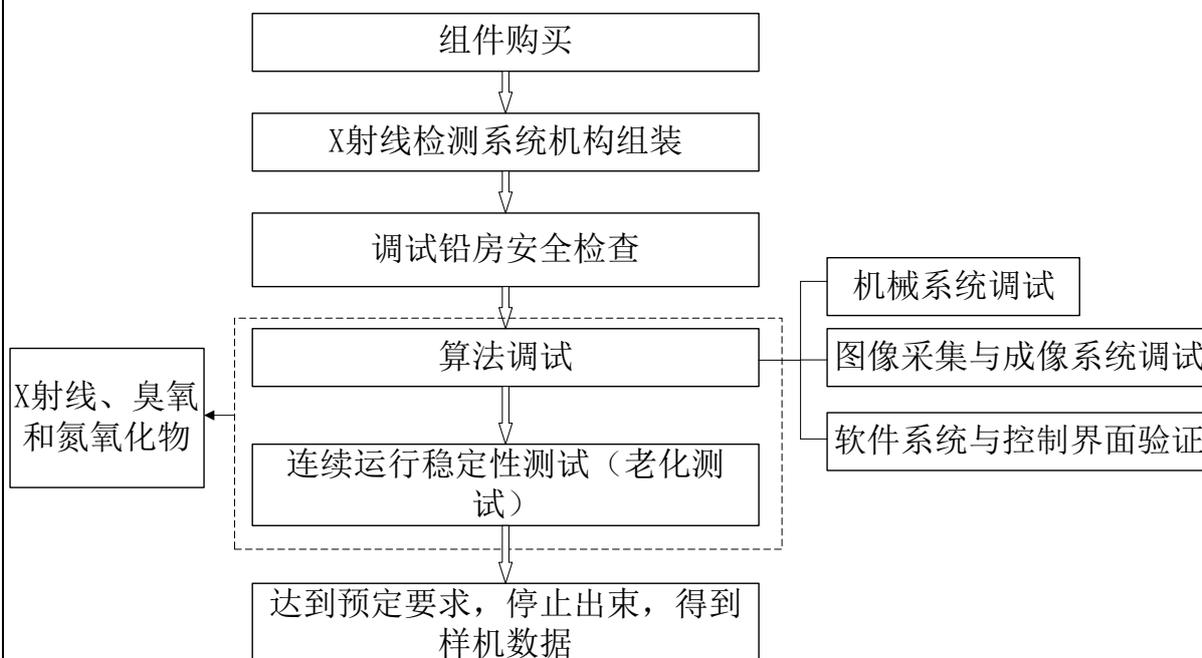


图 9-4 研发测试工艺流程和产污环节图

#### 9.4.2 组装

收到订单后，由负责生产的辐射工作人员在组装包装区进行组装。设备由大族数控公司整体设计，载物台平移机构、探测器平移机构、射线发生器升降及平移机构、运动控制系统、数据采集和处理算法系统均为自主研发。射线发生器、探测器、CCD相机定位装置是外购件，设备铅屏蔽箱体委托第三方有资质的单位制作，以下为组装流程：

①部件订购：接到客户订购，购买各项零部件；委托屏蔽箱体厂家生产制式外屏蔽箱体，由生产厂家组装并对边缝作无缝处理。

②验货：查验屏蔽箱体和各零部件的出厂报告与测试报告，确保外购部件合格、有效；查验屏蔽箱体规格是否与设计制式相符、边缝连接是否已做好无缝处理等。

③X 射线检测系统构件组装：在组装包装区完成 X 射线检测系统构件的组装，主要包括：基础平台与支撑结构安装、运动模组安装、载物台模块安装、射线发生器模块安装、探测器模块安装等。

④X 射线检测系统屏蔽箱体电气设备安装：包括各项辐射安全设施和电气设施的安装。

⑤X 射线检测系统构件安装：将组装好的 X 射线检测系统构件，搬进屏蔽箱体，在指定的位置安装好，并将高压线缆与设备的电气柜相连。

⑥检查：组装完成后，对设备进行外观和机械构造检查。检查无误后，搬至调试区指定区域等待调试。

组装过程中，各项零部件与电气设施均不需通电，不会产生 X 射线，不会产生电离辐射影响。组装的最终目的是得到成品且带屏蔽体的 X 射线检测系统。组装工艺流程见图 9-5。

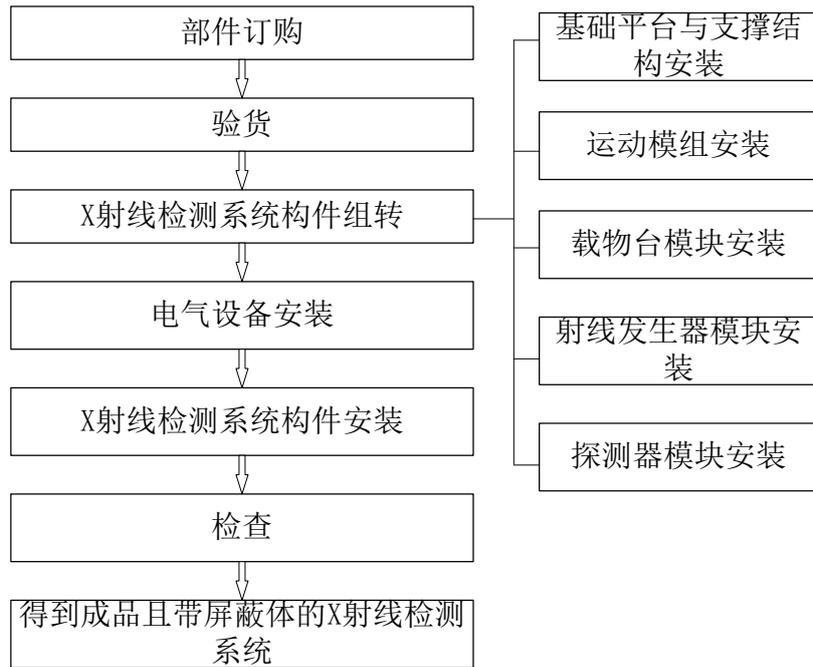


图 9-5 组装工艺流程图

### 9.4.3 出厂前调试

出厂前调试包括设备机械系统及辐射安全系统测试。机械系统测试不需要出束，在调试区进行，包括设备的传送结构、机械运动系统、装载门是否可以正常开关等；辐射安全系统测试需要进行出束，在调试铅房内进行，每次只测试 1 台设备，调试时设备必须安装好屏蔽箱体，工艺流程如下：

①辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，无关人员离开调试区。

②设备机械系统调试完成后，检查调试铅房内外各项辐射安全措施（声光警示装置、监控设施、固定式辐射探测装置等）是否正常，检查无误后，使用叉车将设备整体搬运至调试铅房，辐射工作人员离开铅房，关闭防护门。

③辐射安全系统进行测试：依次进行辐射泄漏测试（遵循从低功率到高功率的原则）、安全连锁测试、急停按钮测试、指示灯测试。此过程出束。

辐射泄漏测试：调试铅房拟安装 1 套移动式辐射探测装置，装置主机设置在调试铅房外，调试铅房内设有 3 个移动式辐射探测装置探头，位于预设的导轨上，探头与装置主机连接，监测数据实时显示在显示屏上。辐射工作人员在调试铅房外的操作台操控移动式辐射探测装置探头，调整移动式辐射探测装置探头的位置，从而达到对射

线装置屏蔽体进行巡测的目的。

辐射泄漏测试时，辐射工作人员在调试铅房外的操作台将射线装置的管电压与管电流设置到最小值，启动出束，逐步调高射线装置的管电压与管电流，直至达到最大工况。期间通过调试铅房内的移动式辐射探测装置探头，实时监测屏蔽体外的辐射剂量率值。当探头监测到射线装置屏蔽体外的辐射剂量率超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$  时，停止出束，判定设备屏蔽不合格，退回厂家返修。

安全联锁测试：将射线装置的管电压、管电流设置到最小值，启动出束，依次进行安全联锁测试、急停按钮测试、指示灯测试。安全联锁测试时，辐射工作人员从调试铅房外的操作台操作系统打开左侧装载门和右侧装载门，装载门开启后，探头检测到调试铅房内的辐射剂量率超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$  时，则判定为安全联锁失效，停止出束。急停按钮测试时，将便携式 X- $\gamma$  剂量率仪置于射线装置内部非主线束方向，辐射工作人员在调试铅房外的操作台，反复按下急停按钮，便携式 X- $\gamma$  剂量率仪报警，则判定为急停按钮失效，停止出束。指示灯测试在上述两项测试时，同步观察在不同状态下，指示灯的信号指示是否正常。

④成像系统、操作系统进行测试：放入待测工件，测试遵循从低功率到高功率的原则进行光学几何校准、探测器均匀性校准、空间分辨率测试、透视图检测功能调试、检测功能调试。

⑤完成测试后，使用叉车将设备搬运至组装包装区。

出具《整机调试记录》《系统几何校准报告》《图像分辨率检测报告》《辐射剂量测试报告》等检测报告。确认设备已达到技术协议指标，具备交付条件。

出厂前调试的最终目的是得到 1 台性能和屏蔽均合格的射线装置。出厂前调试工艺流程和产污环节见图 9-6。

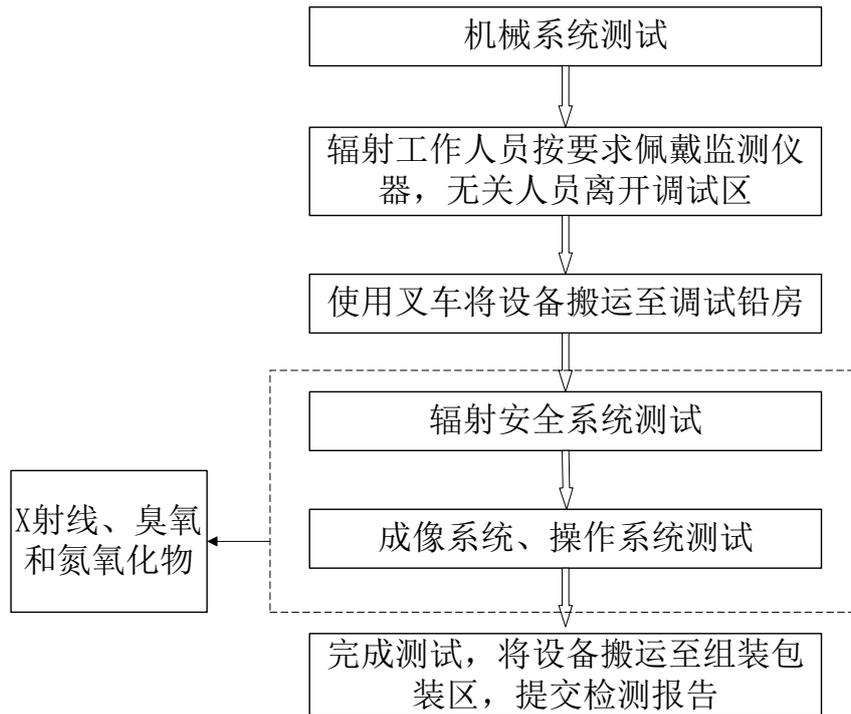


图 9-6 出厂前调试工艺流程和产污环节图

#### 9.4.4 销售

① 销售人员与客户单位确认交期和安装要求；

② 审核客户单位资质，是否取得相应型号的射线装置核技术利用项目的环评批复等环保手续；

③ 客户单位资质齐全后，打包发货；

在销售过程中，设备不通电，不会产生 X 射线，不会产生电离辐射影响。销售工艺流程和产污环节见图 9-7。

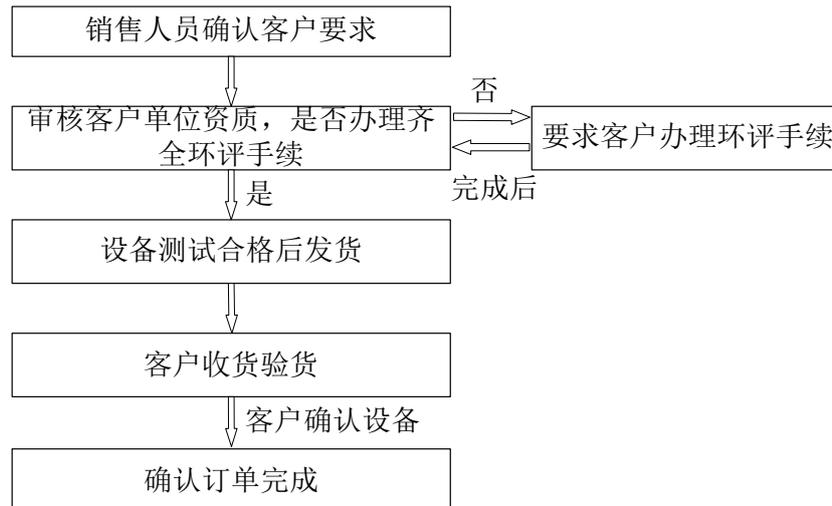


图 9-7 销售工艺流程和产污环节图

#### 9.4.5 安装后调试和培训

①审核客户单位的资质，确认客户单位申领辐射安全许可证后才能进行设备的安装调试。

②将设备整体运输至客户使用场所，无需对设备整体进行拆卸，只需对关键部件例如射线发生器等在运输前进行拆卸，单独包装运输，避免运输过程中出现碰撞。在客户使用场所进行射线发生器的重新安装，然后进行几何误差的测试，在操作系统中输入几何校正参数，校正设备因运输过程产生的误差。

③按使用单位的环评要求做好现场分区，疏散监督区和控制区的无关人员，调试人员佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪，并携带便携式 X-γ 剂量率仪。对安装好的射线装置进行整体巡测，确保辐射剂量率小于控制值，记录巡检数据。

④ 移交使用单位。

安装好后对使用单位辐射工作人员进行设备的使用培训，培训对象仅限于购买本公司设备并取得了辐射安全许可证的使用单位，主要是对设备的基本操作和辐射防护安全进行介绍和实际操作培训，确保使用单位辐射工作人员能正确使用设备。

①售后人员和使用单位辐射工作人员均佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪，并携带便携式 X-γ 剂量率仪，售后人员根据使用单位的待检工件进行实际操作演示。

②售后人员指导使用单位辐射工作人员进行设备的实际操作，仔细观察操作过程

是否符合设备操作流程，指出操作中的问题并进行指导，直到能正确完成设备使用。

安装后调试和培训工艺流程和产污环节见图 9-8。

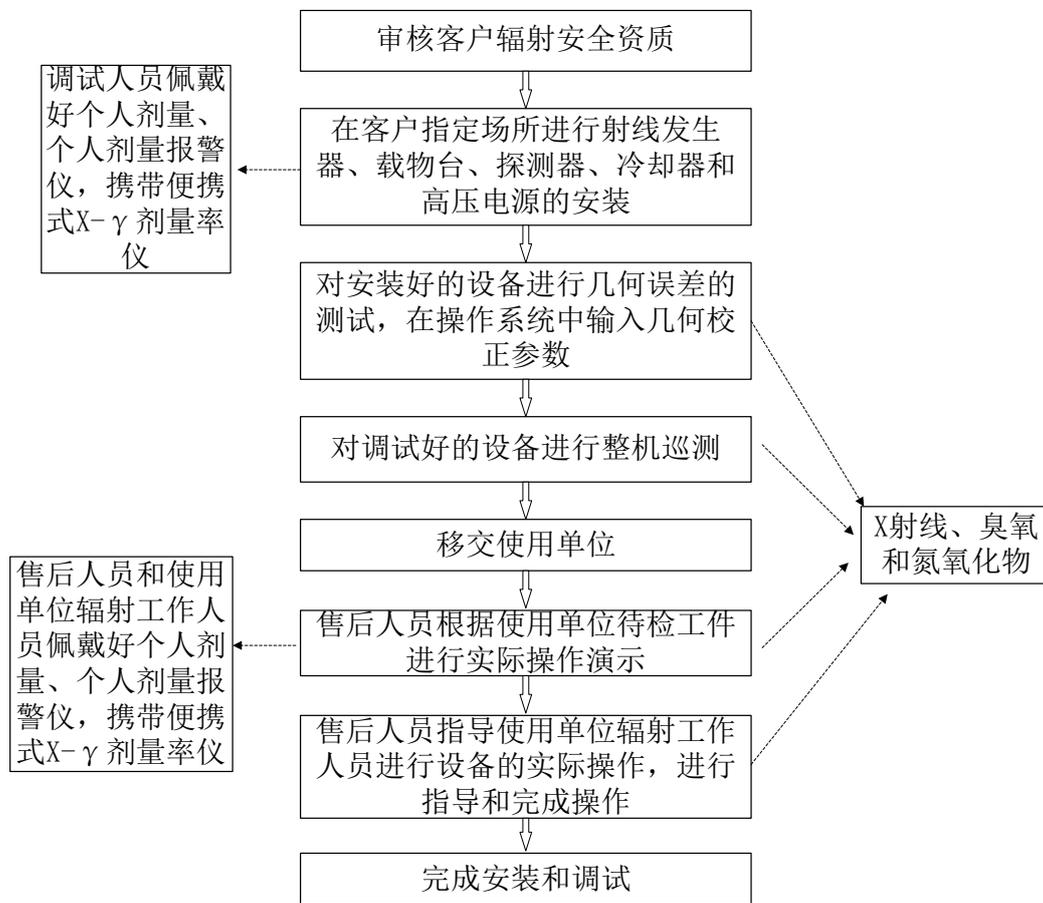


图 9-8 安装后调试、培训工艺流程和产污环节图

#### 9.4.6 售后维修维护

建设单位需要对客户端的射线装置提供售后服务，主要包括定期维护与故障维修，其中定期维护主要是对设备的固件进行检查保养，期间不需要进行出束。故障维修由客户单位提出诉求后，委派售后人员到现场确认和维修。维修的项目主要包括：设备框架、运动控制系统、数据采集和处理系统等。与射线发生器相关的维修，需由射线发生器生产厂家负责，若屏蔽箱体损坏，需返回建设单位厂房，联系屏蔽箱体生产厂家更换屏蔽箱体，更换屏蔽箱体后按照章节 9.4.2 进行测试。

① 维修前，先让非辐射工作人员离开现场；

② 维修人员按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并携带便携式 X-γ 剂量率仪；

③ 采取可靠的断电措施，先对故障进行排查；

④ 对故障进行维修，必要时对发生故障零部件进行拆卸和更换；

⑤ 维修后需要将屏蔽箱体安装完整，确认安全联锁和辐射安全措施已完善，同时研判维修现场是否具备出束测试的条件，如具备，则就地出束测试，如不具备，则需要将设备运回本项目调试场所进行出束测试；

⑥ 对维修后的射线装置进行整体巡测，确保辐射剂量率小于控制值，记录巡检数据。

故障维修工艺流程和产污环节见图 9-9。

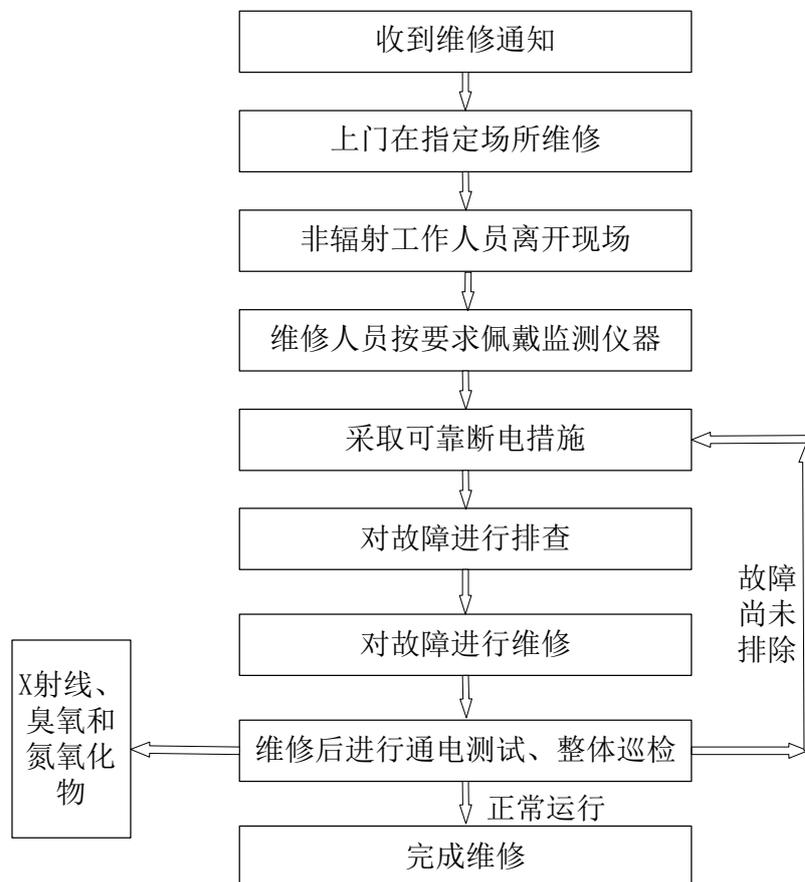


图 9-9 故障维修工艺流程和产污环节图

本项目在研发测试、出厂前调试、安装后调试和培训、故障维修环节都会出束产生 X 射线，由 X 射线照射会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

## 9.5 工作负荷和人员配置

本项目共配置 4 名辐射工作人员，共同负责研发、出厂前调试、安装后调试和培训以及售后维修维护等工作。建设单位年工作 50 周，每周工作 5 天，各环节工作负荷如下：

### 9.5.1 研发阶段

本项目拟生产的设备只需在第一台样机时进行研发。根据建设单位的规划，预计整个研发测试周期约 5 个月，前期平均每周测试时间约 2 天，每天测试时间约为 3 小时，其中出束时间约为 20min。后期还需进行老化测试，老化测试需连续运行最长 72 小时，整个研发周期出束时间约 86 小时。

### 9.5.2 出厂前调试阶段

本项目出厂前调试阶段，设备的年合计生产量最大 30 台，每台射线装置出厂前调试出束时间约为 12 小时，全年出束时间约为 360 小时，则平均每周调试出束时间平均约 7.2 小时。

### 9.5.3 安装后调试和培训阶段

设备在客户单位安装后调试和培训，该型号的射线装置的年销售量最大 30 台，每台设备安装后调试和培训出束时间约为 2 小时，全年安装后调试出束时间为 60 小时，则平均每周安装后调试出束时间为 1.2 小时。

### 9.5.4 故障维修

故障维修需要根据设备实际维修内容，确定是否需要维修后的出束测试，根据建设单位预估，在项目运营稳定期，需要进行维修后出束测试的设备每年一般不超过 30 台·次，每次出束测试时间平均 1 小时，预计全年出束时间为 30 小时，平均每周出束时间约 0.6 小时。

工作负荷和人员配置一览表见表 9-2。

表 9-2 工作负荷和人员配置一览表

工作阶段	人员配置	周出束时间	年出束时间
研发测试	4 人	4h	86h
出厂前调试		7.2h	360h

安装后调试和培训		1.2h	60h
售后维护		0.6h	30h

注：周末时间按照研发周期 21.4 周均分，公众受照时间考虑研发测试和出厂前调试工作阶段时间叠加。

## 9.6 污染源项描述

### 9.6.1 辐射源

#### ①正常工况

本项目的主要污染因子是 X 射线，随 X 射线源的开和关而产生和消失。在正常工况下，设备出束过程中产生的射线可以得到屏蔽体的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、漏射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。辐射场中的 X 射线包括有用线束、泄漏线束和散射线束。

**有用线束：**直接由射线发生器产生的电子通过打靶获得的 X 射线，X 射线用于照射工件。X 射线的能量、强度与射线发生器靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越高，加在射线发生器的管电压、管电流越高，光子束流越强。

**泄漏线束：**由射线发生器发射的透过 X 射线管组装体的射线。

**散射线束：**由有用线束及泄漏线束在各种散射体上散射产生的射线，一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、射线装置的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

#### ②事故工况

本项目在事故工况下，可能产生辐射影响的情形有以下几点：

(1) 研发和出厂前调试时，工作人员配合失误，有工作人员还在调试铅房的情况下，外面的工作人员关闭防护门开启射线发生器，使停留在调试铅房内的工作人员被误照射；

(2) 研发、出厂前调试及安装后调试和培训时装载门安全联锁失效，工作人员在

装载门没有关闭的情况下，意外开启射线发生器，导致工作人员被意外照射；

(3) 售后维修时没有采取可靠的断电措施，意外开启射线发生器，使维修人员受到误照射。

### 9.6.2 其他污染源

X 射线照射会使周围的空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物，保持工作场所的良好通风可避免辐射工作场所空气中的有害气体含量增加。

## 9.7 源强分析和参数

本项目射线装置最大管电压、最大管电流、滤过条件由建设单位提供，有用线束距辐射源点 1m 处剂量率由建设单位提供的距辐射源点 0.5m 处的剂量率经距离 1m 衰减后计算得到。距辐射源点 1m 处的泄漏辐射剂量率根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）取值。源强有关数据见表 9-3。

表 9-3 射线装置源项参数

射线装置型号	HANS-X755LA 型
射线管数量	1 根
最大管电压	130kV
最大管电流	0.5mA
滤过条件	2mmAl
距辐射源点 0.5m 处输出量 (mGy/s)	0.12
距辐射源点 1m 处输出量 (mGy/s)	0.03
距辐射源点 1m 处的泄漏辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	1000
有用线束角度	115°

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 调试铅房辐射屏蔽设计

#### 10.1.1 主体屏蔽设计

该项目拟建设的调试铅房结构尺寸参数见表 10-1，屏蔽参数见表 10-2，调试铅房立视图见图 10-1。

表 10-1 调试铅房结构尺寸参数一览表

项目	设计情况
调试铅房外尺寸	长×宽×高=3500mm×3800mm×2700mm
调试铅房内尺寸	长×宽×高=3300mm×3600mm×2500mm
防护门尺寸	宽×高=1475mm×2600mm×两扇
防护门洞尺寸	宽×高=2800mm×2500mm

表 10-2 调试铅房屏蔽参数一览表

项目	设计情况
防护门	钢结构内夹 12mm 铅板
前、后、左、右侧	钢结构内夹 12mm 铅板
顶部	钢结构内夹 12mm 铅板
底部	钢结构内夹 5mm 铅板

注：铅房采取较保守的屏蔽设计，为未来可能申报更大管电压的设备留有裕量。

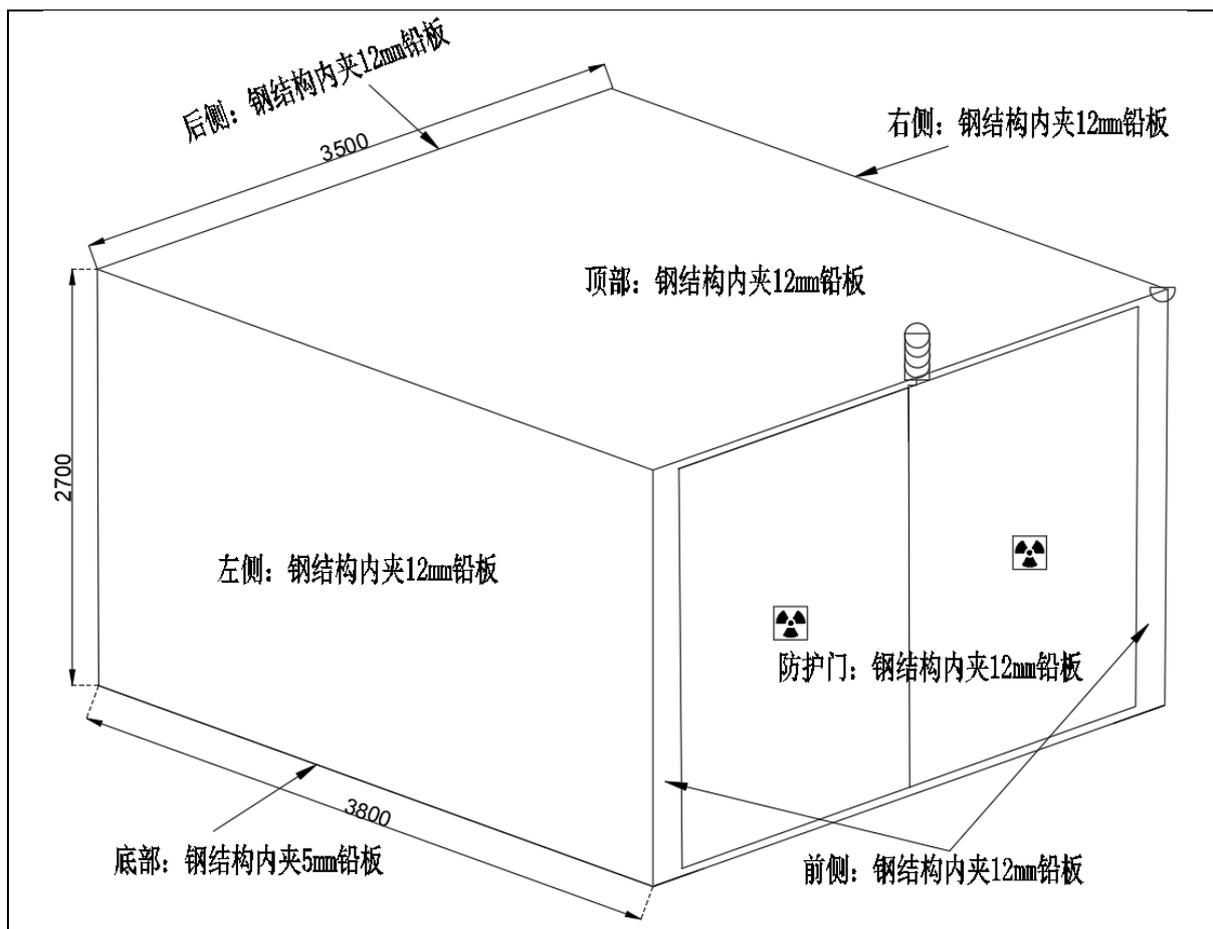
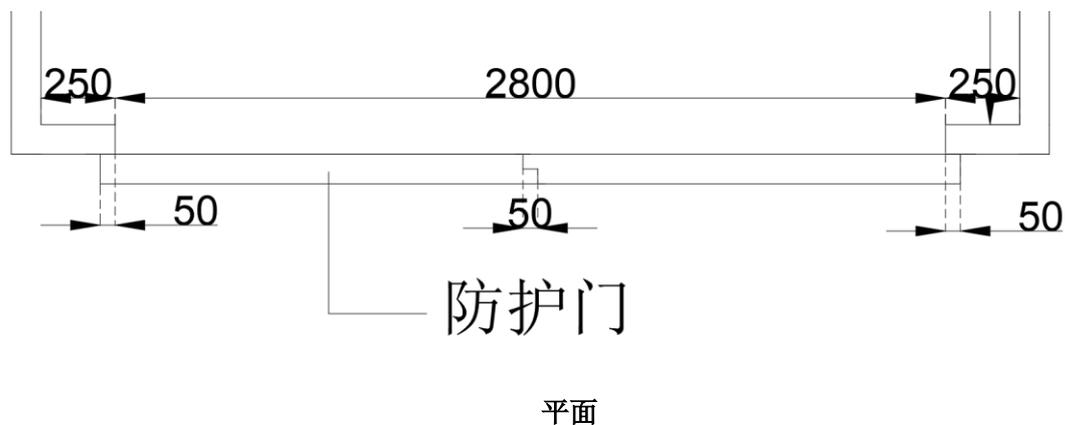
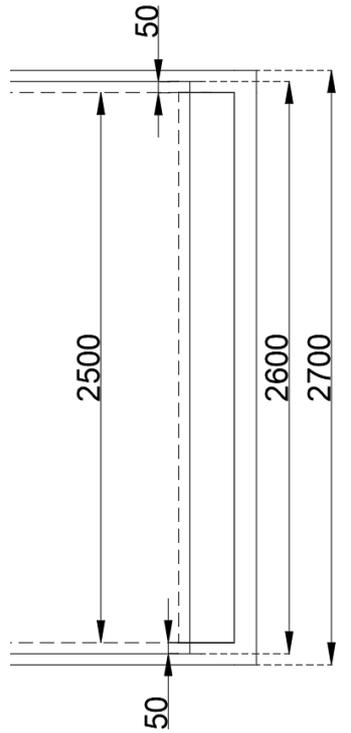


图 10-1 调试铅房立视图（图中标注尺寸单位为 mm）

### 10.1.2 调试铅房防护门设计

防护门采用两侧钢结构内衬铅板，屏蔽厚度为 12mmPb 当量，采用手动两扇对开设计。防护门的四周各搭接 50mm、中间搭接 50mm 作为防射线泄漏措施。防护门搭接示意图见图 10-2。





立面

图 10-2 防护门搭接示意图（图中标注尺寸单位为 mm）

### 10.1.3 管线穿墙屏蔽补充措施

本项目拟在调试铅房顶部设置 1 个排风口，拟安装 1 台机械排风装置。排风口直径为 200mm，排风口加装 12mmPb 铅防护罩作为辐射屏蔽措施，排风口屏蔽设计图见图 10-3。电缆线穿墙位置设在调试铅房后侧屏蔽体，直径为 150mm 的管线口作为电缆线穿墙的通道，管线口设置铅防护罩，屏蔽厚度均为 12mmPb。管线口屏蔽设计图见图 10-4。

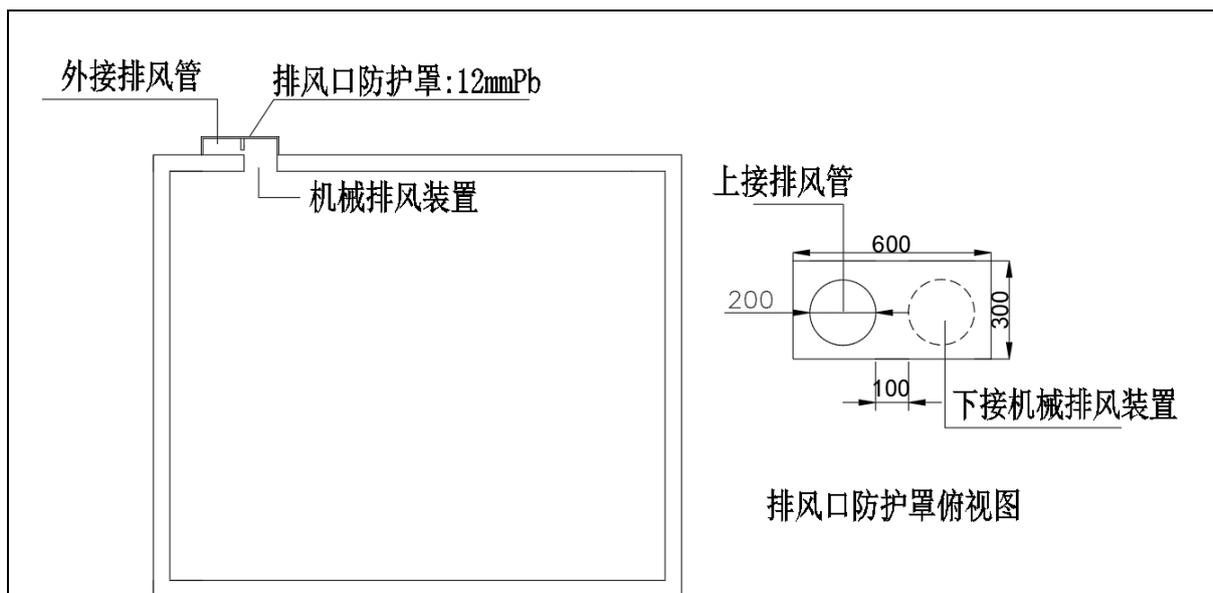


图 10-3 排风口屏蔽设计图（图中标注尺寸单位为 mm）

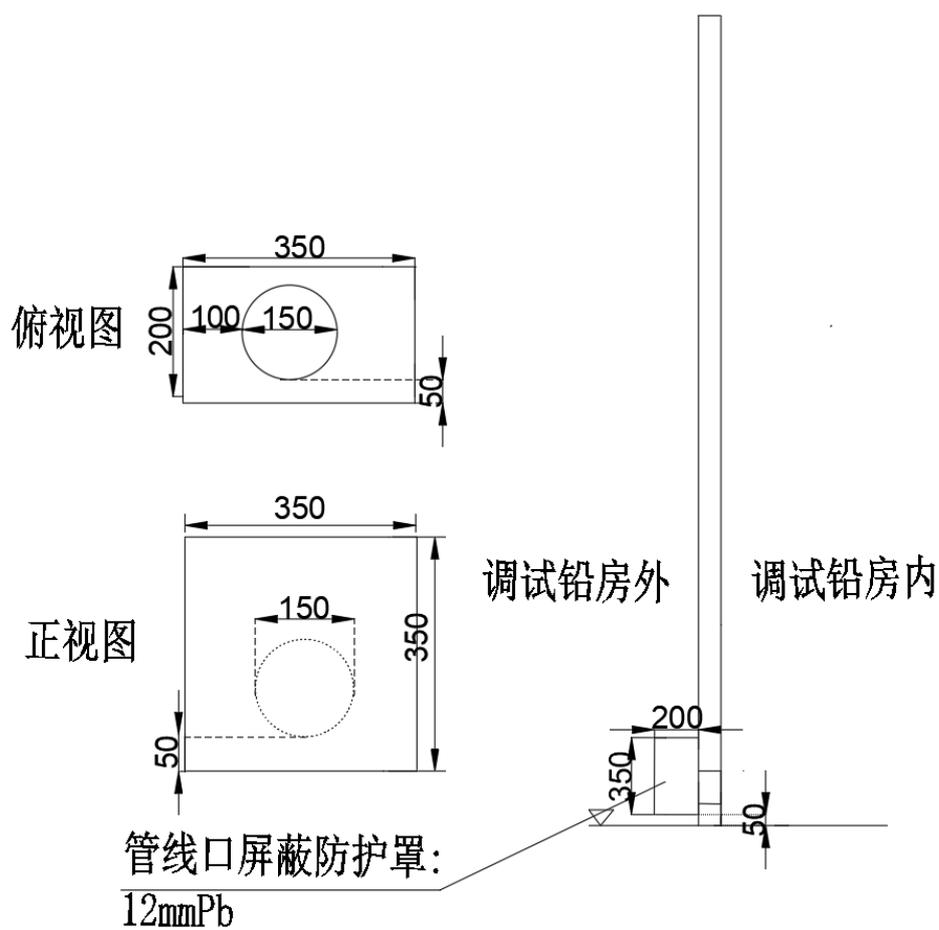


图 10-4 管线口屏蔽设计图（图中标注尺寸单位为 mm）

## 10.2 射线装置辐射屏蔽设计

本项目拟生产、销售和使用的设备自带钢铅结构的屏蔽体。设备三视图见图 10-5 至图 10-7，屏蔽参数见表 10-3。

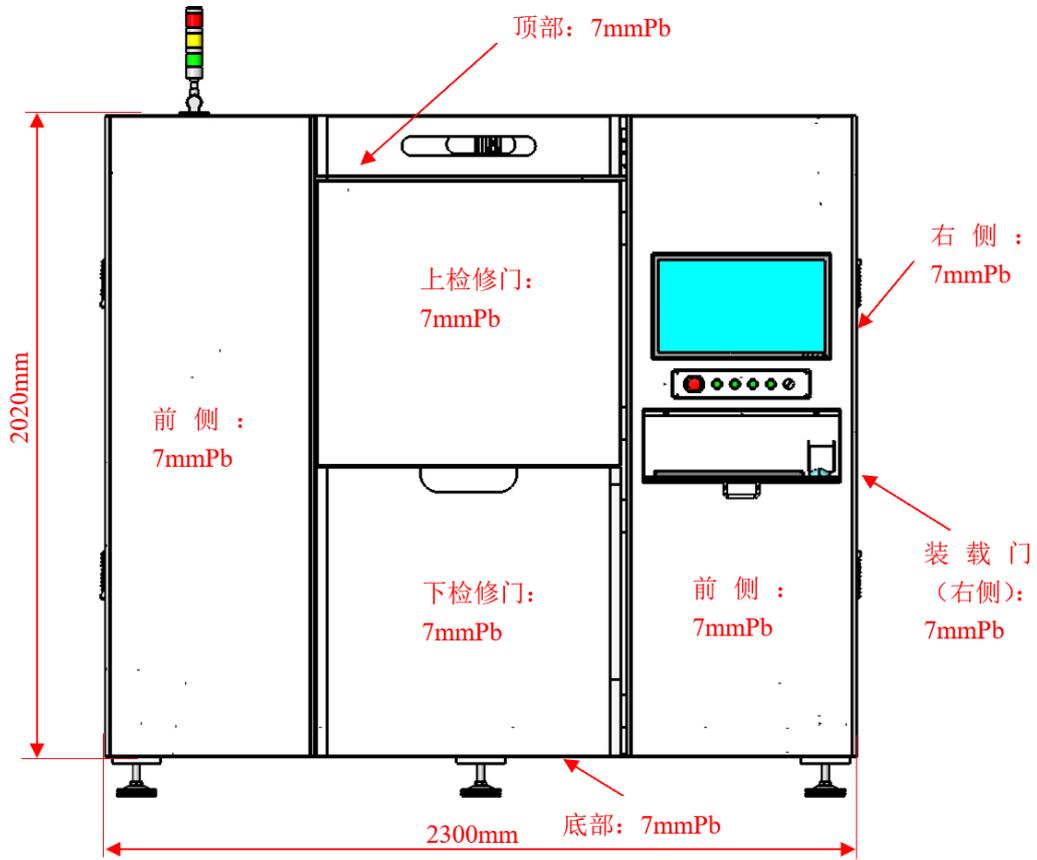


图 10-5 设备主视图

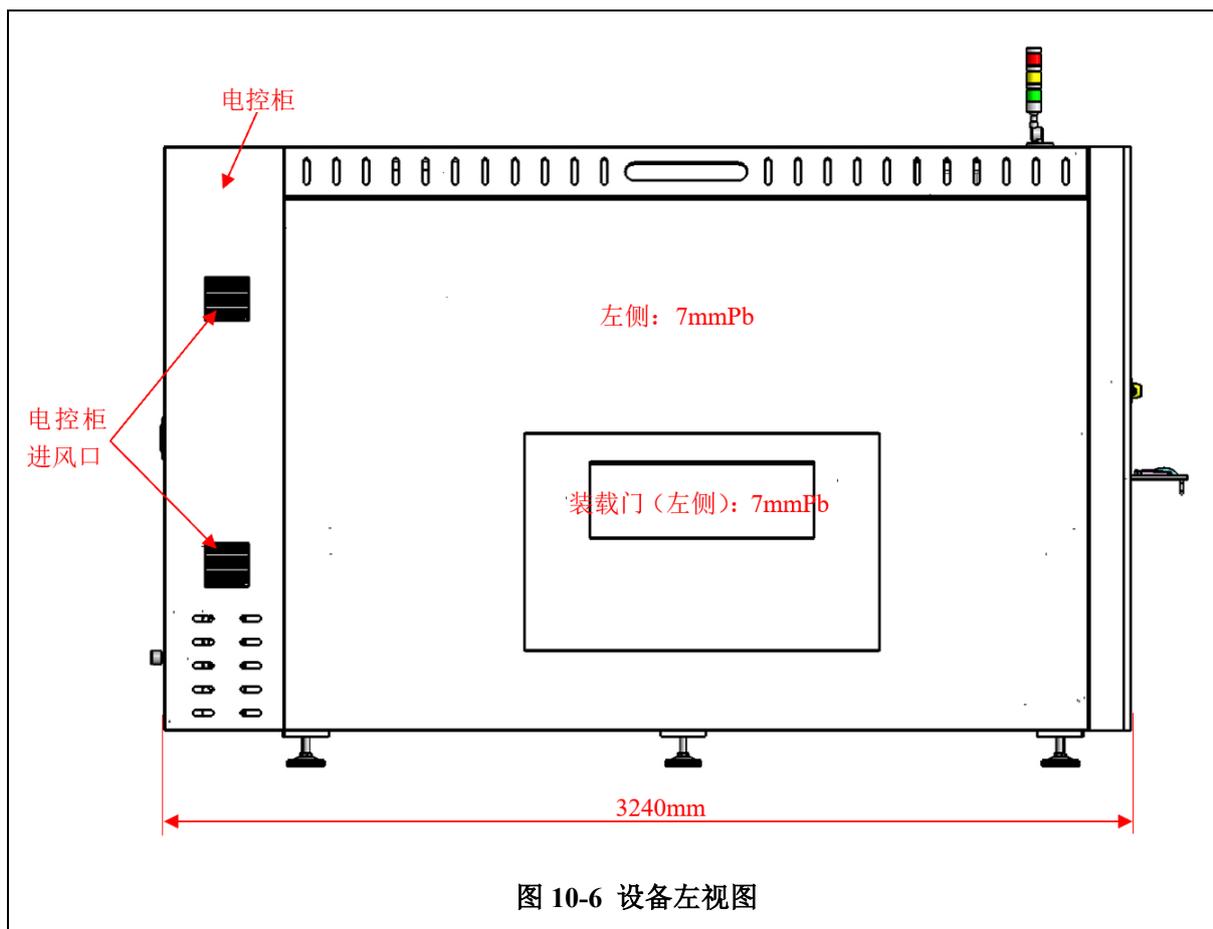


图 10-6 设备左视图

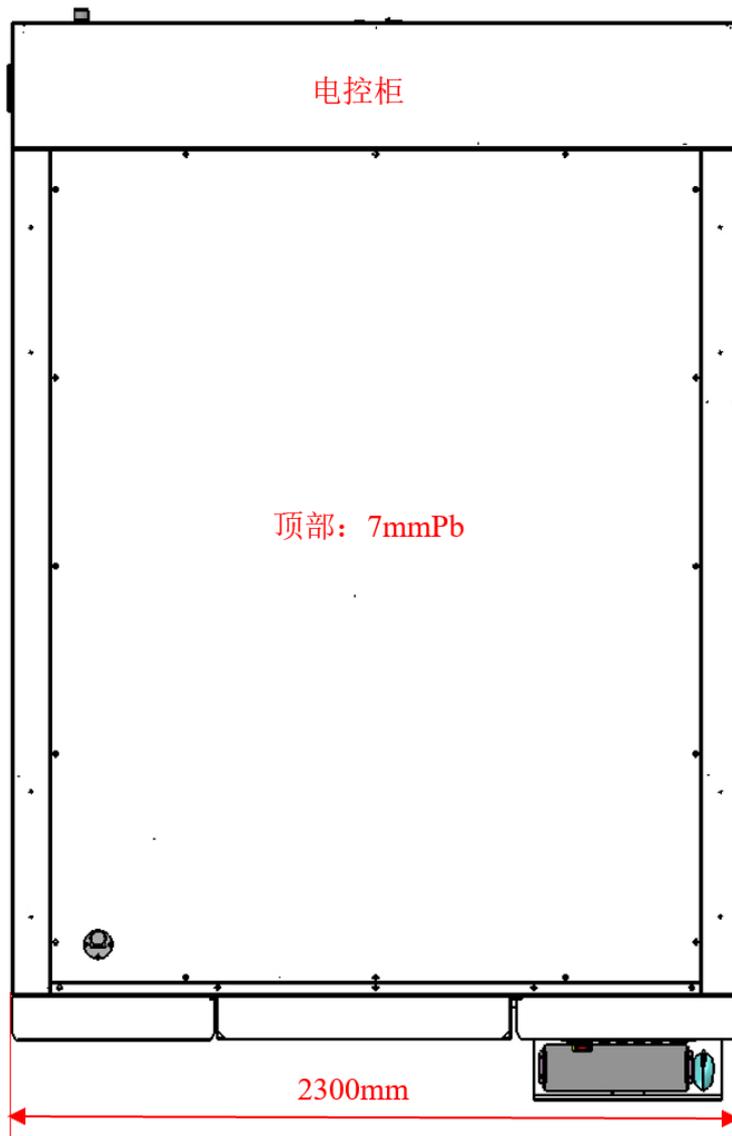


图 10-7 设备俯视图

表 10-3 射线装置屏蔽参数一览表

屏蔽体位置	屏蔽材料及厚度	屏蔽铅当量
前侧	钢板内衬 7mm 铅板	7mmPb
后侧	钢板内衬 7mm 铅板	7mmPb
左侧	钢板内衬 7mm 铅板	7mmPb
右侧	钢板内衬 7mm 铅板	7mmPb
顶部	钢板内衬 7mm 铅板 (主射面)	7mmPb
底部	钢板内衬 7mm 铅板	7mmPb

装载门（左侧）	钢板内衬 7mm 铅板	7mmPb
装载门（右侧）	钢板内衬 7mm 铅板	7mmPb
上检修门	钢板内衬 7mm 铅板	7mmPb
下检修门	钢板内衬 7mm 铅板	7mmPb
后检修门	钢板内衬 7mm 铅板	7mmPb

射线装置后侧设置两个管线口，在管线口处设置铅屏蔽防护罩，屏蔽厚度为 7mmPb，与主屏蔽体一致。射线装置顶部设置两个进风口和两个排风口，进风口和排风口均设置铅屏蔽防护罩，屏蔽厚度为 7mmPb，与主屏蔽体一致。管线穿屏蔽体示意图见图 10-8，进风口和排风口屏蔽示意图见图 10-9。

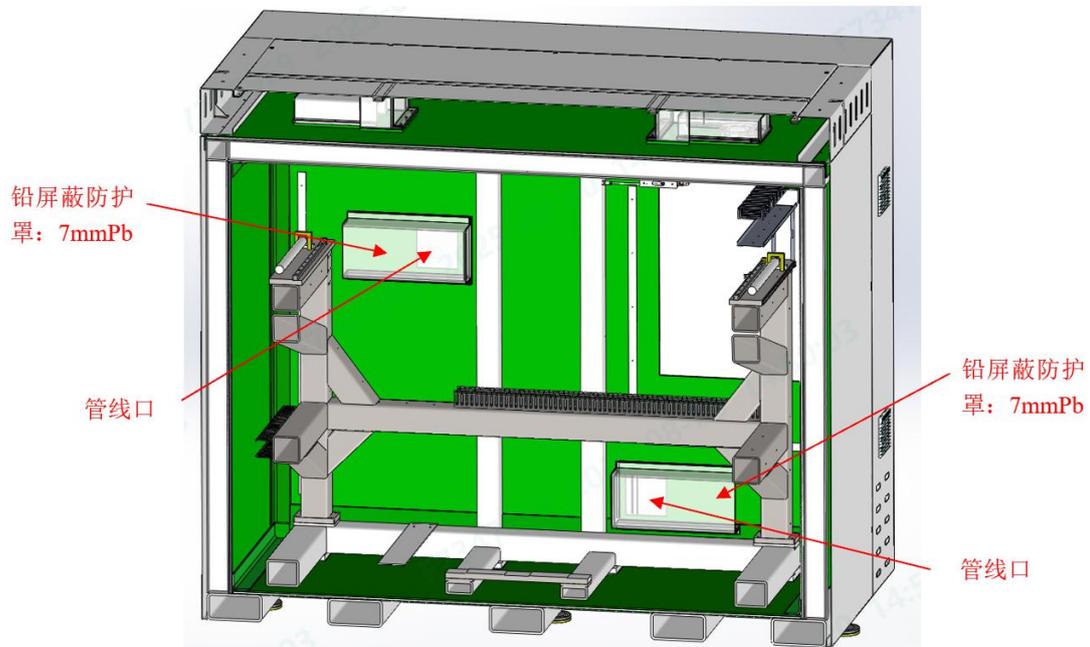


图 10-8 管线穿屏蔽体示意图

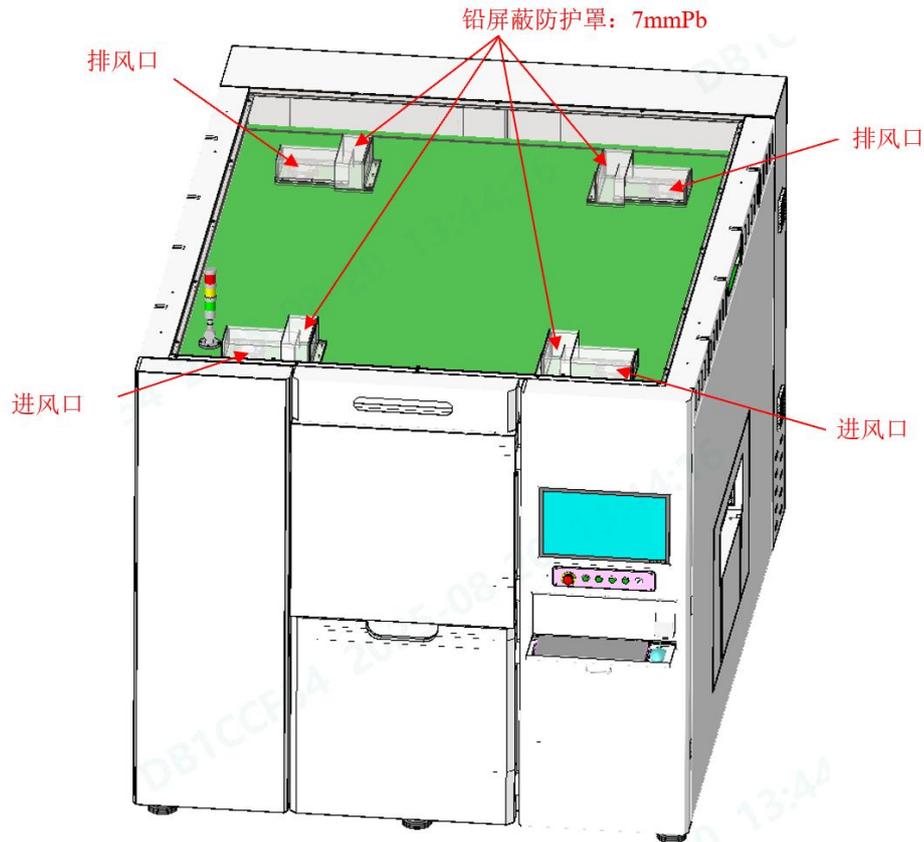


图 10-9 进风口和排风口屏蔽示意图

## 10.3 辐射安全与防护措施

### 10.3.1 调试铅房

#### (1) 警告标识、设施

建设单位拟在防护门上张贴 2 张电离辐射警告标识和中文警示说明，按照 GB18871-2002 的规范制作。监督区边界将竖立“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作指示牌。操作台上方拟张贴辐射警告和禁止非授权的说明。

调试铅房防护门内外各设置了 1 个警示灯，警示灯与射线装置联锁，警示灯闪烁表示准备出束，发出声音警示持续 15s。X 射线出束时警示灯将亮红灯，并持续发出报警声，建设单位将在调试铅房外醒目位置张贴射线装置各指示灯的指示意义的中文说明。

#### (2) 门机联锁装置

调试铅房的操作台设有联锁接口，调试铅房的防护门具备安全联锁功能：采用限位装置，限位装置安装在防护门中间闭合位置，只有当防护门关闭到位后，触发

限位装置，高压电源才能接通，射线装置才能开启。防护门与限位装置分离时，射线装置高压电源将被切断，重新关上防护门后射线装置不会自动开启，调试铅房门机联锁逻辑图见图 10-10。

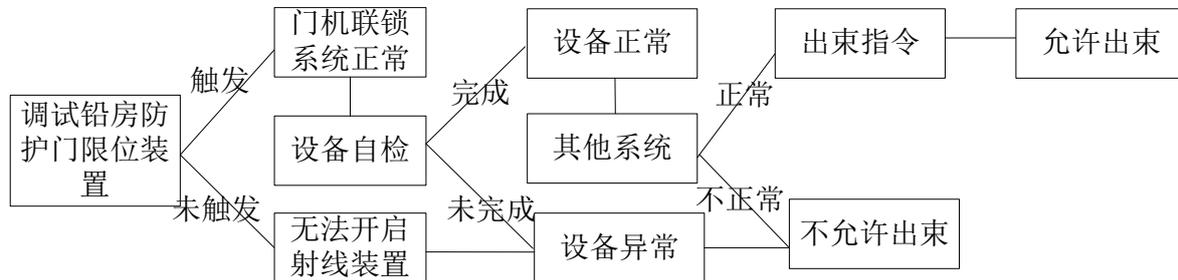


图 10-10 调试铅房门机联锁逻辑图

### (3) 急停按钮

本项目调试铅房内部防护门旁设置 1 个急停按钮，人员可以不穿过有用线束方向使用。急停按钮将标明功能和使用方法。急停按钮与射线装置高压电源联锁，发生紧急事故时可以迅速切断射线装置的高压电源，终止出束。

### (4) 钥匙开关

本项目调试铅房操作台设有钥匙开关，只有打开钥匙开关射线装置才能连接高压电源。钥匙由专人保管，只有授权的辐射工作人员才能使用，无关人员无法操作射线装置。

### (5) 监控设施

建设单位拟在调试铅房内东北侧安装 1 个监控摄像头，显示屏安装于操作台，用于实时观察调试铅房内的工作状态，可有效防止人员滞留铅房的情况发生。

### (6) 辐射监测设施

建设单位拟为辐射工作人员每人配备 1 个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪，并在工作期间佩戴好，个人剂量报警仪工作期间保持开机状态，个人剂量计定期送检。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，可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即停止工作，同时阻止其他人进入铅房，并立即向辐射工作负责人报告。

调试铅房拟安装 1 套移动式辐射探测装置，装置主机设置在调试铅房外东北侧，调试铅房内设有 3 个移动式辐射探测装置探头，位于预设的导轨上，探头与装置主机连接，监测数据实时显示在显示屏上。辐射工作人员在调试铅房外的操作台操控移动式辐射探测装置探头，调整移动式辐射探测装置探头的位置，从而达到对射线装

置屏蔽体进行巡测的目的。

建设单位拟配备 1 台便携式 X- $\gamma$  剂量率仪用于调试铅房的日常辐射监测，使用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪定期（每个月 1 次）对调试铅房周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。同时，在安装后调试及售后维修环节，辐射工作人员使用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪对射线装置进行整体巡检 1 次，确保射线装置屏蔽体外辐射剂量率小于控制值。调试铅房辐射防护设施分布图见图 10-11。

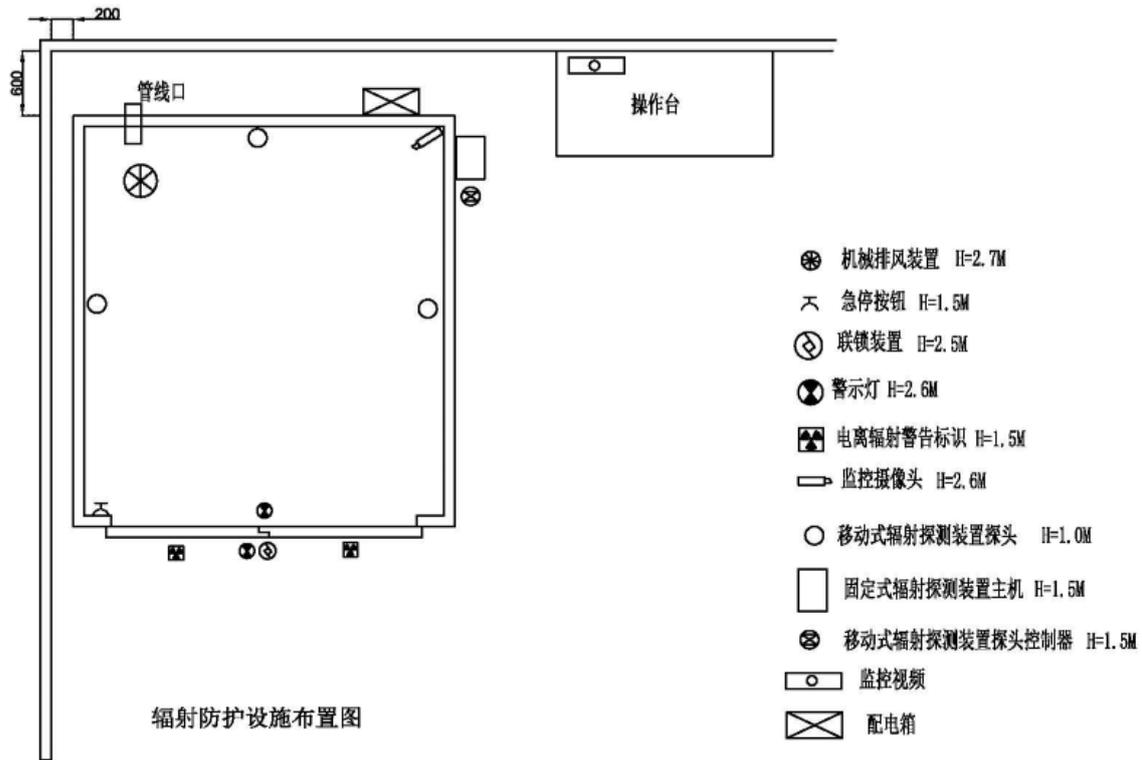


图 10-11 调试铅房辐射防护设施分布图

### 10.3.2 X 射线检测系统

#### (1) 设备固有安全性

①开机后 X 射线检测系统首先进行系统自检，若系统自检正常，则 X 射线检测系统会示意操作者可以进行相关出束操作，若自检出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，需维修。

②当射线发生器接通高压电源产生 X 射线后，系统将始终实时监测射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，自动切断射线发生器的高压电源。在出束阶段出现任何故障，系统都将立即切断射线发生器的高压电源，提醒操作人员发生了故障。当出束阶段正常结束后，系统将自动切断高压电源，进入待机阶段。

③X 射线检测系统设有 1 个钥匙开关、1 个主电源开关，钥匙开关控制射线发生器的电源，主电源开关控制整个设备的电源，钥匙开关设置在设备前侧，主电源开关设置在设备后侧。只有钥匙开关和主电源开关同时打开后设备才能启动，任何一道开关未打开 X 射线都将无法正常出束。射线装置的钥匙由专人负责管理，只有授权的工作人员才能使用钥匙，非授权人员无法操作射线装置，使用钥匙时需要填写使用登记表。

④X 射线检测系统须在钥匙开关闭合、主电源开关打开、急停按钮复位、装载门正常关闭、检修门正常关闭、工作状态指示灯正常的情况下射线装置才能启动，才能正常出束，否则不能出束。X 射线出束期间，触发任何一道上述安全设施或者发生故障，X 射线立即切断出束。

### (2) 门机联锁装置

本项目拟生产的 X 射线检测系统的装载门（左侧装载门和右侧装载门）和检修门（上检修门、下检修门、后检修门）均各安装了安全互锁传感器作为门机联锁装置，只有在装载门和检修门关闭好的情况下安全回路才会接通。当任意一个传感器未感应到门关闭到位时，射线发生器无法出束。设备运行过程中，任何一处可开启之处被外力开启时，会立即中断高压发生器的主供电，射线发生器立即停止出束。门机联锁逻辑见图 10-12。

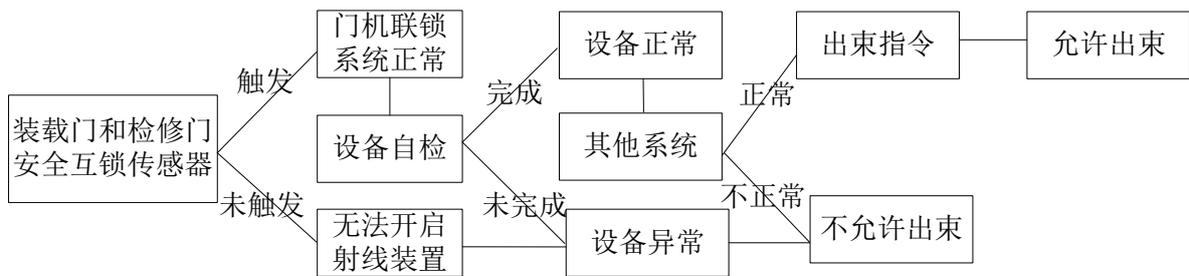


图 10-12 门机联锁逻辑图

### (3) 警示设施和工作状态指示灯

建设单位将在射线装置的正面张贴电离辐射警告标识。本项目拟生产、销售和使用的 X 射线检测系统设有工作状态指示灯和 X 射线指示灯，工作状态指示灯具有 3 种工作状态指示：绿灯亮（仪器处于通电状态，射线发生器自检完成可出束），黄灯亮（防护门处于开启状态，射线发生器不可开启），红灯闪亮（射线源处于发射 X 射线状态）。X 射线指示灯有 2 种工作状态的指示：闪烁黄灯（X 射线正在出束），闪烁红灯（设备异常）。

建设单位将在设备正面醒目位置张贴射线装置各指示灯的指示意义的中文说明。

#### (4) 急停按钮

本项目拟生产的 X 射线检测系统设有 1 个急停按钮，位于设备前侧。操作人员不需要穿过主射线束方向就能够使用，发生紧急事故时可以迅速切断设备的高压电源，立即停止出束。急停按钮将标明功能和使用方法。

### 10.4 辐射工作场所布局和分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

对于控制区：应采用实体边界划定控制区，在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合相关规定的警告标志；运用行政管理程序，如进入控制区的工作许可证制度和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区。

对于监督区：采用适当的手段划出监督区的边界；在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.2 的规定：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。

布局：本项目拟设置组装包装区用作设备的组装生产，以及用作调试好设备的存放和包装。拟设置调试区用作设备研发和出厂前调试场所。建设单位拟在调试区地面张贴警戒线，并设置警示牌。调试铅房位于调试区西北侧，防护门朝向南侧，设备调试时，有用线束朝调试铅房上方照射，调试铅房的操作台设在调试铅房的东北侧，避开了有用线束方向。调试区内只放置本项目调试的射线装置、操作台及配套设施，不作其他用途，辐射工作场所的设置和布局充分考虑了周围的辐射安全。

分区：建设单位将调试铅房实体屏蔽内部区域划为控制区，控制区通过急停按钮、门机联锁装置等进行控制。将操作台、调试铅房东侧外和南侧外 1m 范围内，以及与北侧墙体、西侧墙体之间的区域划为监督区，在监督区边界设置警示线并竖立“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作警示牌，出束时任何人员不得进入控制区，非辐射工作人员不得进入监督区。辐射工作场所布局和分区示意图如图 10-13 所示。

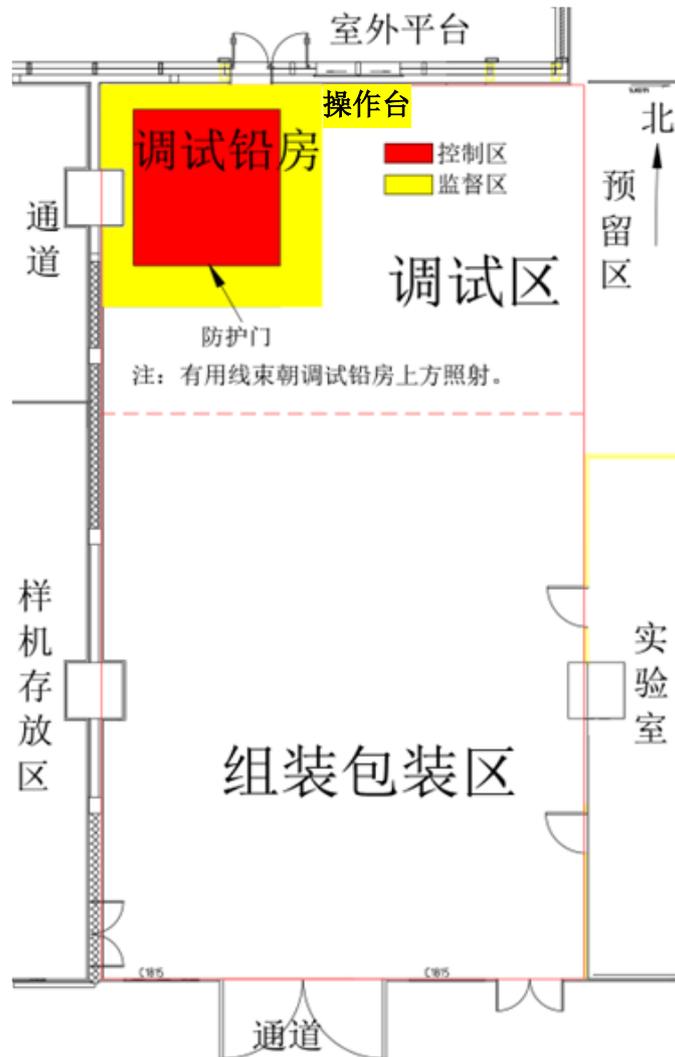


图 10-13 辐射工作场所布局和分区图

## 10.5 辐射安全与防护对照分析

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对本项目的辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求进行分析，对照分析表见表 10-4。

表 10-4 辐射安全与防护对照分析表

(GBZ117-2022) 要求	本项目措施
6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避免有用线束照射的方向并应与探伤室分开。	本项目调试铅房位置设在调试区西北侧，周边都是居留因子较小场所，充分考虑周围的辐射安全；调试铅房的操作台位于调试铅房的东北侧，有用线束朝调试铅房上方照射，

	操作台避开了有用线束方向。
<p>6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。</p>	<p>建设单位将调试铅房实体屏蔽内部区域划为控制区，将操作台、调试铅房东侧外和南侧外 1m 范围内，以及与北侧墙体、西侧墙体之间的区域划为监督区，在监督区边界设置警示线并竖立“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作警示牌，出束时任何人员不得进入控制区，非辐射工作人员不得进入监督区。</p>
<p>6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100<math>\mu</math>Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5<math>\mu</math>Sv/周；b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5<math>\mu</math>Sv/h。</p>	<p>根据表 11 的理论计算，调试铅房、射线装置屏蔽体和装载门的辐射屏蔽均同时满足人员在关注点的周剂量控制要求和关注点周围剂量当量率控制要求。</p>
<p>6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室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 4.1.3；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为 100<math>\mu</math>Sv/h。</p>	<p>本项目调试铅房和射线装置屏蔽体顶部的辐射屏蔽要求同上；</p> <p>根据表 11 的理论计算，调试铅房、射线装置屏蔽体顶部的辐射屏蔽同时满足人员在关注点的周剂量控制要求和关注点周围剂量当量率控制要求。</p>
<p>6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。</p>	<p>本项目调试铅房的操作台设有联锁接口，调试铅房的防护门安全联锁功能：采用限位装置，限位装置安装在防护门中间闭合位置，只有当防护门关闭到位后，触发限位装置，高压电源才能接通，射线装置才能开启。防护门与限位装置分离时，射线装置高压电源将被切断，重新关上防护门后射线装置不会自动开启。</p> <p>本项目拟生产、销售和使用的设备的装载门和检</p>

	<p>修门均安装了安全互锁传感器作为门机联锁装置，只有在装载门和检修门关闭好的情况下安全回路才会接通。当任意一个传感器未感应到门关闭到位时，射线发生器无法出束。设备运行过程中，任何一处可开启之处被外力开启时，会立即中断高压发生器的主供电，X 射线立即停止出束。</p>
<p>6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“预备”和“照射”信号意义的说明。</p>	<p>本项目调试铅房防护门内外各设置了 1 个警示灯，警示灯与射线装置联锁，警示灯闪烁表示准备出束，发出声音警示持续 15s。X 射线出束时警示灯将亮红灯，并持续发出报警声。建设单位将在调试铅房外醒目位置张贴射线装置各指示灯的指示意义的中文说明。</p> <p>建设单位拟在调试铅房防护门上张贴 2 张电离辐射警告标识和中文警示说明，监督区边界将竖立“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作指示牌。</p> <p>本项目拟生产、销售和使用的 X 射线检测系统设有工作状态指示灯和 X 射线指示灯，工作状态指示灯具有 3 种工作状态指示：绿灯亮（仪器处于通电状态，射线发生器自检完成可出束），黄灯亮（防护门处于开启状态，射线发生器不可开启），红灯闪亮（射线源处于发射 X 射线状态）。X 射线指示灯有 2 种工作状态的指示：闪烁黄灯（X 射线正在出束），闪烁红灯（设备异常）。</p>
<p>6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。</p>	<p>调试铅房内东北侧安装 1 个监控摄像头，显示屏安装于操作台，用于实时观察调试铅房内的工作状态，可有效防止人员滞留铅房的情况发生。</p> <p>本项目拟生产的 X 射线检测系统工作期间，人员无法进入 X 射线检测系统内部，因此内部设置监控设施不适用于本项目拟生产的 X 射线检测系统。</p>

<p>6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。</p>	<p>建设单位将在调试铅房防护门、射线装置正面张贴电离辐射警告标识和中文警示说明。</p>
<p>6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。</p>	<p>本项目调试铅房内部防护门旁设置 1 个急停按钮，人员可以不穿过有用线束方向使用。急停按钮将标明功能和使用方法。急停按钮与射线装置高压电源联锁，发生紧急事故时可以迅速切断射线装置的高压电源，终止出束。</p> <p>本项目拟生产的 X 射线检测系统设有 1 个急停按钮，位于设备前侧。操作人员不需要穿过主射线束方向就能够使用，发生紧急事故时可以迅速切断设备的高压电源，立即停止出束。急停按钮将标明功能和使用方法。</p>
<p>6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。</p>	<p>本项目的出束环节在调试铅房内进行，为保持调试铅房的空气清新，本项目拟在调试铅房顶部设置 1 个排风口，拟安装 1 台机械排风装置。排风口通过排风管道排出至北侧的消防车道，避免了排向人员活动密集区。调试铅房机械排风装置设计排风量为 120m<sup>3</sup>/h，调试铅房的体积约为 36m<sup>3</sup>，机械排风装置在工作期间保持开启，可确保调试铅房每小时有效通风换气次数为 3.3 次，调试铅房内部空气电离产生的少量臭氧和氮氧化物将被及时排至外环境，不会在室内环境积累，满足 GBZ117-2022 的要求。</p>
<p>6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。</p>	<p>调试铅房拟安装 1 套移动式辐射探测装置，装置主机设置在调试铅房外东北侧，调试铅房内设有 3 个移动式辐射探测装置探头，位于预设的导轨上，探头与装置主机连接，监测数据实时显示在显示屏上。辐射工作人员在调试铅房外的操作台操控移动式辐射探测装置探头，调整移动式辐射探测装置探头的位置，从而达到对射线装置屏蔽体进行巡测的目的。</p>

<p>6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。</p>	<p>工作人员作业前检查调试铅房、射线装置门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施，发现异常立刻停止工作并查找原因，排查异常后才能继续工作。</p>
<p>6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。</p>	<p>建设单位拟为辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪。在进入调试铅房时，辐射工作人员将携带个人剂量报警仪和便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪。当报警仪达到报警阈值报警时，辐射工作人员应立即退出调试铅房，同时防止其他人进入调试铅房，并立即向辐射防护负责人报告。</p>
<p>6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。</p>	<p>建设单位拟配备 1 台便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪用于调试铅房的日常辐射监测，使用便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪定期（每个月 1 次）对调试铅房周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。同时，在设备安装后调试和售后维修时，辐射工作人员使用便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪对射线装置进行整体巡检 1 次，确保射线装置屏蔽体外辐射剂量率不超过控制值。</p> <p>计划每年一次委托有资质的第三方检测机构对装置外的环境辐射水平进行年度检测。</p>
<p>6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪前，应检查是否正常工作。如发现便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。</p>	<p>工作人员每次使用便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪前应先检查便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪是否正常工作，如发现便携式 X-<math>\gamma</math> 剂量率仪不能正常工作时，则不能开始检测工作。</p>
<p>6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。</p>	<p>本项目的设备自带屏蔽体，射线发生器自带准直器，能把潜在的辐射降到最低。</p>
<p>6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护</p>	<p>在调试铅房内出束时，辐射工作人员应确认调试铅房内部没有人员驻留并关闭防护门，确认各项安全联锁系统正常的情况下 X 射线管才能</p>

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。	启动出束，才能开始辐射工作。
-------------------------------	----------------

**小结：** 综上所述，建设单位拟采取的辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求等满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

## 10.6 日常检查与维护

### 10.6.1 日常安全检查

X射线检测系统在组装完成后应对装置外观和结构进行检查，其中包括：屏蔽体外观有没有损坏、装载门和检修门是否安装到位、工作状态指示灯是否安装到位，内部机械结构是否完整、射线管是否安装合理、载物台是否安装就位。若发现外观和结构存在异常，则需要重新调整安装，不得进行下一步调试工作。

日常工作时应检查调试铅房和 X 射线检测系统门机联锁装置以及工作状态指示灯等辐射安全与防护措施，若发现任意一项安全措施异常应立刻停止辐射工作，排除异常后才能继续工作。每次工作开始前应进行检查的项目包括：

- (1) 射线装置和调试铅房外观是否完好；
- (2) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- (3) 防护门是否正常关闭；
- (4) 安全联锁是否正常工作；
- (5) 报警设备和指示灯是否正常运行；
- (6) 螺栓等连接件是否连接良好；
- (7) 辐射探测装置是否正常；
- (8) 钥匙开关闭合、急停按钮复位是否正常。

### 10.6.2 设备维修维护

- (1) 维修维护对象仅限于本公司设备以及购买本公司设备并取得了辐射安全许

可证的使用单位。由客户单位提出诉求后，委派本单位专业人员到现场确认和维修维护。

(2) 设备维修维护应由具备资质的本单位专业人员负责，按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并至少两人参与维修维护工作。

(3) 维修维护前应采取可靠的断电措施，切断需检修设备的电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”安全标志，做好现场管控。

(3) 射线装置每年至少维护一次，设备维护包括射线装置的彻底检查和所有零部件的详细检查。

(4) 当发现设备有故障或损坏需更维修时，应保证所更换的零部件为合格产品。与 X 射线管相关的维修，需由 X 射线管生产厂家负责，若屏蔽体损坏需返回建设单位厂房联系屏蔽体生产厂家更换屏蔽体。

(5) 维护后通电测试前，应确保安全联锁系统、急停按钮等已正常启动，确保屏蔽厢体已安装完整，严禁在辐射安全与防护设施未启动、辐射屏蔽厢体拆卸状态下开机进行测试。

(6) 做好设备维修维护记录。

## **10.7 销售的辐射安全工作要求**

销售过程射线装置不通电、不出束，采用电子化演示视频向客户演示射线装置功能，不涉及实机出束演示。为了规范射线装置销售活动，建设单位拟采取以下辐射安全措施：

(1) 建立销售台账（见附件 3），记录射线装置销售全过程；

(2) 销售人员也应纳入辐射工作人员进行管理，通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加辐射安全与防护上岗培训和考核，通过考核后方可从事射线装置销售工作。

(3) 销售前取得辐射安全许可证，按照许可的型号、数量开展射线装置销售工作；

(4) 购买本项目销售的射线装置的客户单位，应按要求先进行环境影响评价和申领辐射安全许可证，取得相应资质后方可安装调试。

## 10.8 三废的治理

本核技术利用项目不涉及放射性废气、废水、固废等污染物排放。

X射线照射会使周围的空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物，如果不做处理会使辐射工作场所空气中的有害气体含量增加，浓度较高的臭氧会对人体造成危害。参照《工业探伤放射防护标准》GBZ117-2022)的相关规定：探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区，每小时有效通风换气次数应不小于3次。

本项目的出束环节在调试铅房内进行，为保持调试铅房的空气清新，本项目拟在调试铅房顶部设置1个排风口，拟安装1台机械排风装置。排风口通过排风管道排出至北侧的消防车道，避免了排向人员活动密集区。调试铅房机械排风装置设计排风量为120m<sup>3</sup>/h，调试铅房的体积约为36m<sup>3</sup>，机械排风装置在工作期间保持开启，可确保调试铅房每小时有效通风换气次数为3.3次，调试铅房内部空气电离产生的少量臭氧和氮氧化物将被及时排至外环境，不会在室内环境积累，在常温常压下，臭氧和氮氧化物的稳定性较差，可自行分解为无害物质，满足GBZ117-2022的要求。

以上措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区，每小时有效通风换气次数应不小于3次。”的要求。

## 表 11 环境影响分析

### 建设阶段环境影响分析

本项目的工作场所施工装修时，会有一定的固废、噪声和扬尘等环境影响。

**声环境影响：**本项目施工建设阶段的噪声主要来自辐射工作场所建设时的施工噪音，但项目的建设期短暂，对周围环境影响随着施工结束而消除，因此，在合理安排施工时间的情况下，对周围环境的影响微弱。

**空气环境影响：**施工期中，扬尘来自于辐射工作场所的建设。在施工过程中做好物料遮盖、洒水降尘等措施后，可有效减轻对环境空气的影响，并且影响因素随施工结束而消失。

**固废环境影响：**设备安装过程中将产生少量包装箱、防震泡沫、建筑材料等固体废物。对废纸箱等可回收利用的施工废物应予以回收利用，不可回收利用的收集后交由环卫部门清运处理。

本项目建设期间不涉及射线装置的使用，不会对周边环境产生电离辐射影响，但在安装调试的过程中，需严格按照相关使用说明、相关管理制度执行。本工程规模较小，建设时间较短，对周边环境影响程度均仅局限在厂区内。通过控制作业时间、加强施工现场管理措施，对周围环境影响较小，且该影响是暂时的，随着建设期的结束而消除。

### 运行阶段环境影响分析

#### 11.1 理论计算公式

参考《工业 X 射线探伤室屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），有用线束在关注点的剂量率按公式（11-1）计算：

$$\dot{H}_1 = \frac{H_0 \times B}{R^2} \quad (11-1)$$

对于漏射线束和散射线束，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：

$$\dot{H}_2 = \frac{\dot{H}_L \times B}{R^2} \quad (11-3)$$

90°散射线在关注点的辐射剂量率按公式（11-4）计算：

$$\dot{H}_3 = \frac{\dot{H}_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times a}{R_0^2} \quad (11-4)$$

对于有用线束，参考《辐射防护导论》（方杰主编，第 102 页）公式 3.52 和公式 3.53，给定屏蔽物质厚度 X 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式（11-5）计算

$$B = 10^{-\frac{X + (TVL - TVL_1)}{TVL}} \quad (11-5)$$

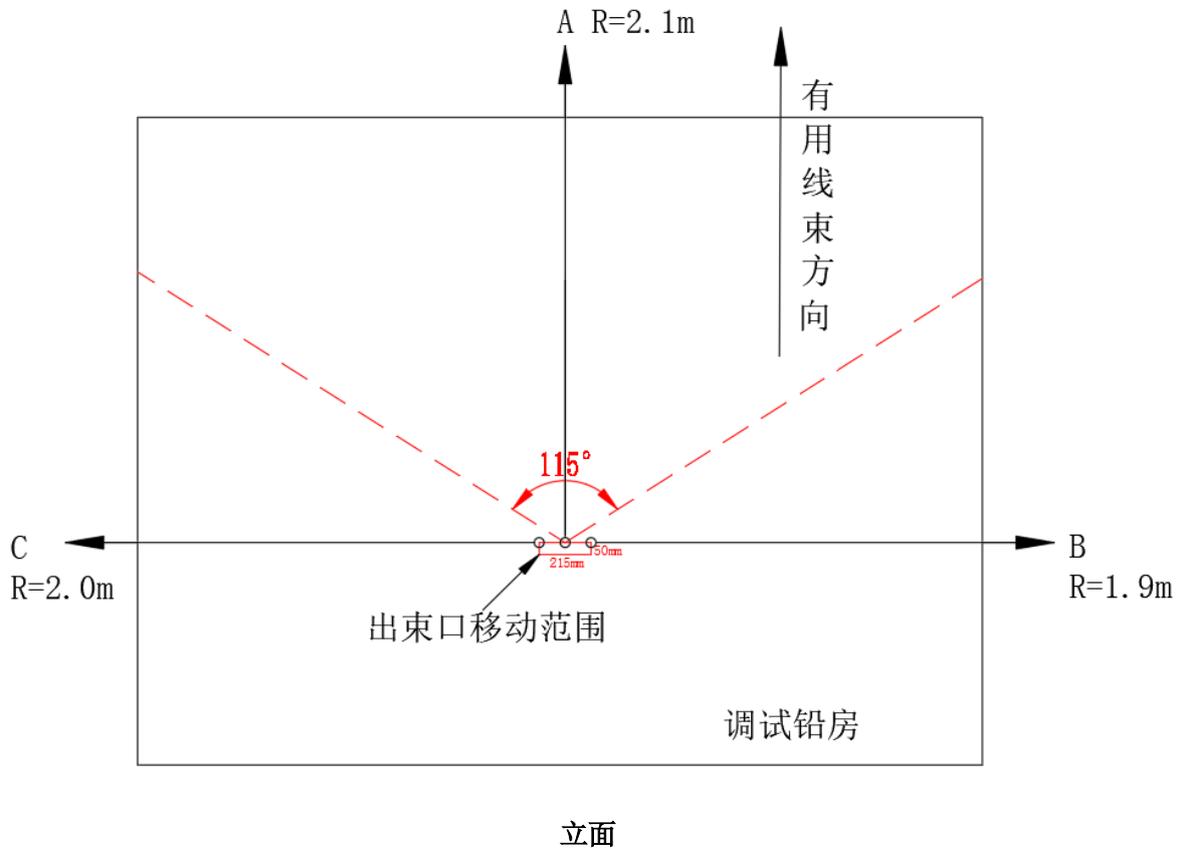
TVL<sub>1</sub> 和 TVL 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，单位为 mm。参考《辐射防护导论》图 3.24，管电压 130kV 时，铅对宽束 X 射线的平衡什值层均大于第一什值层，因此式中 TVL-TVL<sub>1</sub>≥0，为保守估算，TVL-TVL<sub>1</sub> 取值为 0。

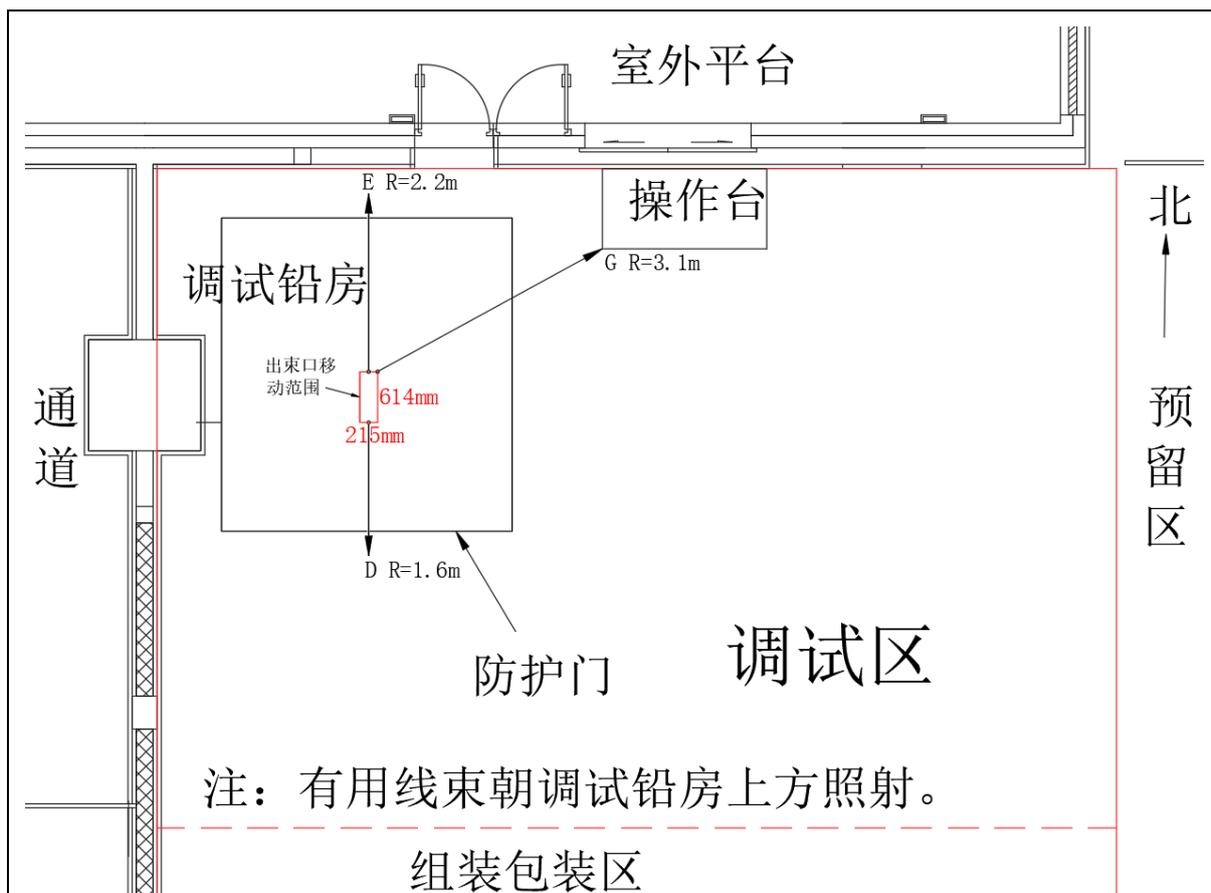
式中：

- H<sub>0</sub> 距辐射源点 1m 处剂量率，单位为 μSv/h；
- B 屏蔽透射因子；
- R 辐射源点至关注点的距离，单位为 m；
- R<sub>s</sub> 散射体至关注点的距离，单位为 m；
- X 屏蔽物质厚度，单位为 mm；
- TVL 屏蔽物质的平衡什值层，单位为 mm；
- TVL<sub>1</sub> 第一个什值层厚度，单位为 mm；
- H<sub>L</sub> 距辐射源点 1m 处射线发生器组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 μSv/h；
- F R<sub>0</sub> 处的辐射野面积，单位为 m<sup>2</sup>；
- a 散射因子，入射辐射被单位面积（1m<sup>2</sup>）散射体到其 1m 处的散射辐射剂量率的比，根据（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.3 保守取值 0.04。
- R<sub>0</sub> 辐射源点至散射体的距离，单位为 m。

## 11.2 调试铅房外关注点剂量率估算

本项目研发和出厂前调试时，有用线束朝调试铅房上方照射，角度为  $115^\circ$ ，出束口可左右、前后、上下移动，左右移动最大距离为 215mm，前后移动最大距离为 614mm，上下移动最大距离为 50mm。调试铅房东侧、南侧、西侧、北侧和顶部考虑有用线束，东北侧操作台考虑漏射线束与散射线束的影响。无地下层，不考虑底部的辐射影响。根据研发测试和出厂前调试的目的，出束环节不考虑射线装置自身屏蔽体的辐射屏蔽作用。关注点分布示意图见图 11-1。





平面

图 11-1 调试铅房关注点示意图

计算有关参数的选取列于表 11-1，透射因子计算参数列于 11-2，源项参数列于表 9，调试铅房外关注点的辐射剂量率估算结果列于表 11-3。

表 11-1 计算参数一览表

方位	场所	关注点	R (m)	$R_s$ (m)	$R_0$ (m)	F(m <sup>2</sup> )	a
顶部	二层	A	2.1	/	/	/	/
东侧	调试区	B	1.9	/	/	/	/
南侧	调试区	D	1.6	/	/	/	/
西侧	通道	C	2.0	/	/	/	/
北侧	室外平台	E	2.2	/	/	/	/
东北侧	操作台	G	3.1	3.1	0.05	0.019	0.04

注： $R_0$ 取源点至载物台的最短距离；保守考虑， $R_s$ 和R均取最小值，关注点默认为同一点位。

辐射野面积 F 根据  $R_0$  和有用线束角计算得到  $0.019\text{m}^2$ 。

表 11-2 透射因子计算参数一览表

方位	场所	关注点	屏蔽厚度 (mmPb)	射线类型	TVL (mm)	透射因子 B
顶部	二层	A	12	有用线束	0.96	$3.2\text{E}-13$
东侧	调试区	B	12	有用线束	0.96	$3.2\text{E}-13$
南侧	调试区	D	12	有用线束	0.96	$3.2\text{E}-13$
西侧	通道	C	12	有用线束	0.96	$3.2\text{E}-13$
北侧	室外平台	E	12	有用线束	0.96	$3.2\text{E}-13$
东北 侧	操作台	G	12	泄漏线束	0.96	$3.2\text{E}-13$
				散射线束	0.96	$3.2\text{E}-13$

注：为保守估算，本项目有用线束、泄漏线束和散射线束的 TVL 值取 150kV 对应值。按照（GBZ/T250-2014），管电压为 150kV 对应铅的 TVL 值为 0.96mm。

表 11-3 关注点辐射剂量率水平估算结果（单位： $\mu\text{Sv/h}$ ）

方位	场所	关注点	控制值	$\dot{H}_1$	$\dot{H}_2$	$\dot{H}_3$	$\dot{H}$
顶部	二层	A	2.5	$7.7\text{E}-09$	/	/	$7.7\text{E}-09$
东侧	调试区	B	2.5	$9.5\text{E}-09$	/	/	$9.5\text{E}-09$
南侧	调试区	D	2.5	$1.3\text{E}-08$	/	/	$1.3\text{E}-08$
西侧	通道	C	2.5	$8.5\text{E}-09$	/	/	$8.5\text{E}-09$
北侧	室外平台	E	2.5	$7.1\text{E}-09$	/	/	$7.1\text{E}-09$
东北侧	操作台	G	2.5	/	$3.3\text{E}-11$	$1.1\text{E}-09$	$1.1\text{E}-09$

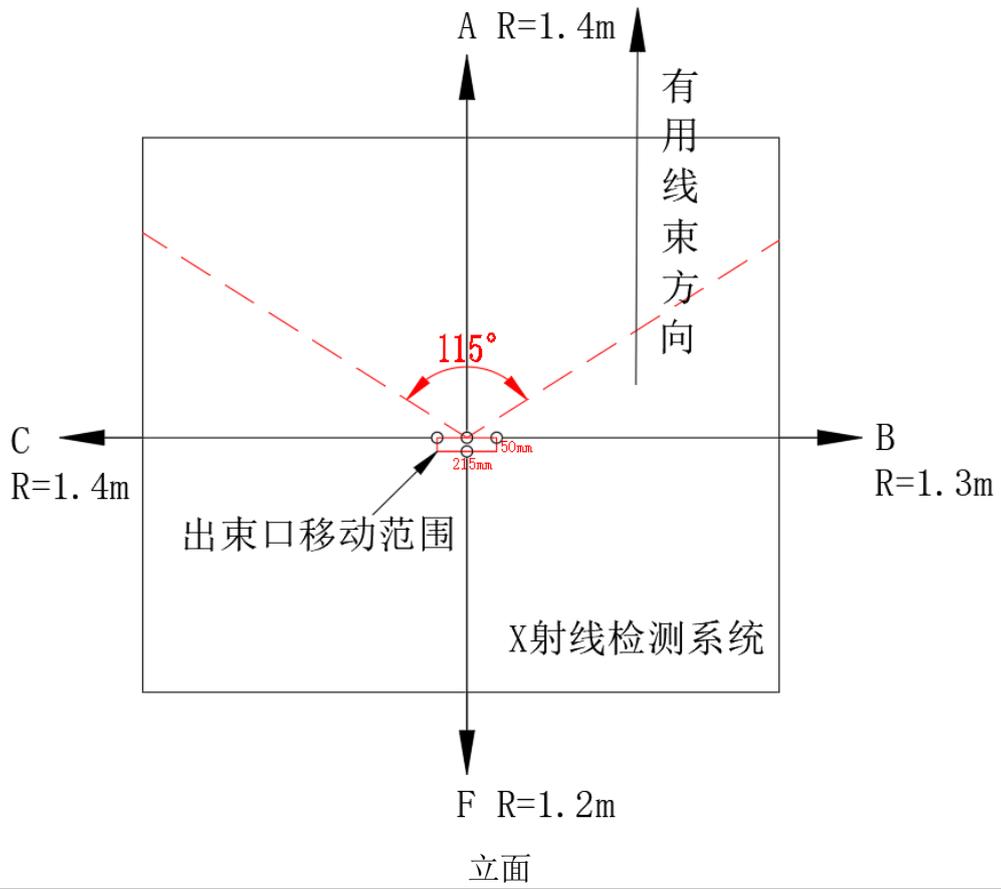
注：非有用线束方向的剂量率  $\dot{H}$  由  $\dot{H}_2$  和  $\dot{H}_3$  叠加得到。

从表 11-3 可以看到，本项目调试铅房外关注点处的辐射剂量率估算值最高约  $1.3\text{E}-08\mu\text{Sv/h}$ ，不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率控制要求。

### 11.3 射线装置辐射剂量率估算

HANS-X755LA 型 X 射线检测系统有用线束朝设备上方照射，角度为  $115^\circ$ ，出束口可左右、前后、上下移动，左右移动最大距离为 215mm，前后移动最大距离为 614mm，上下移动最大距离为 50mm。对于左侧、右侧、前侧、后侧和顶部屏蔽面的

关注点，考虑有用线束的影响，对于底部和操作台的关注点考虑漏射线束和散射线束的影响。选取屏蔽体外 0.3m 处作为关注点，关注点示意图见图 11-2。



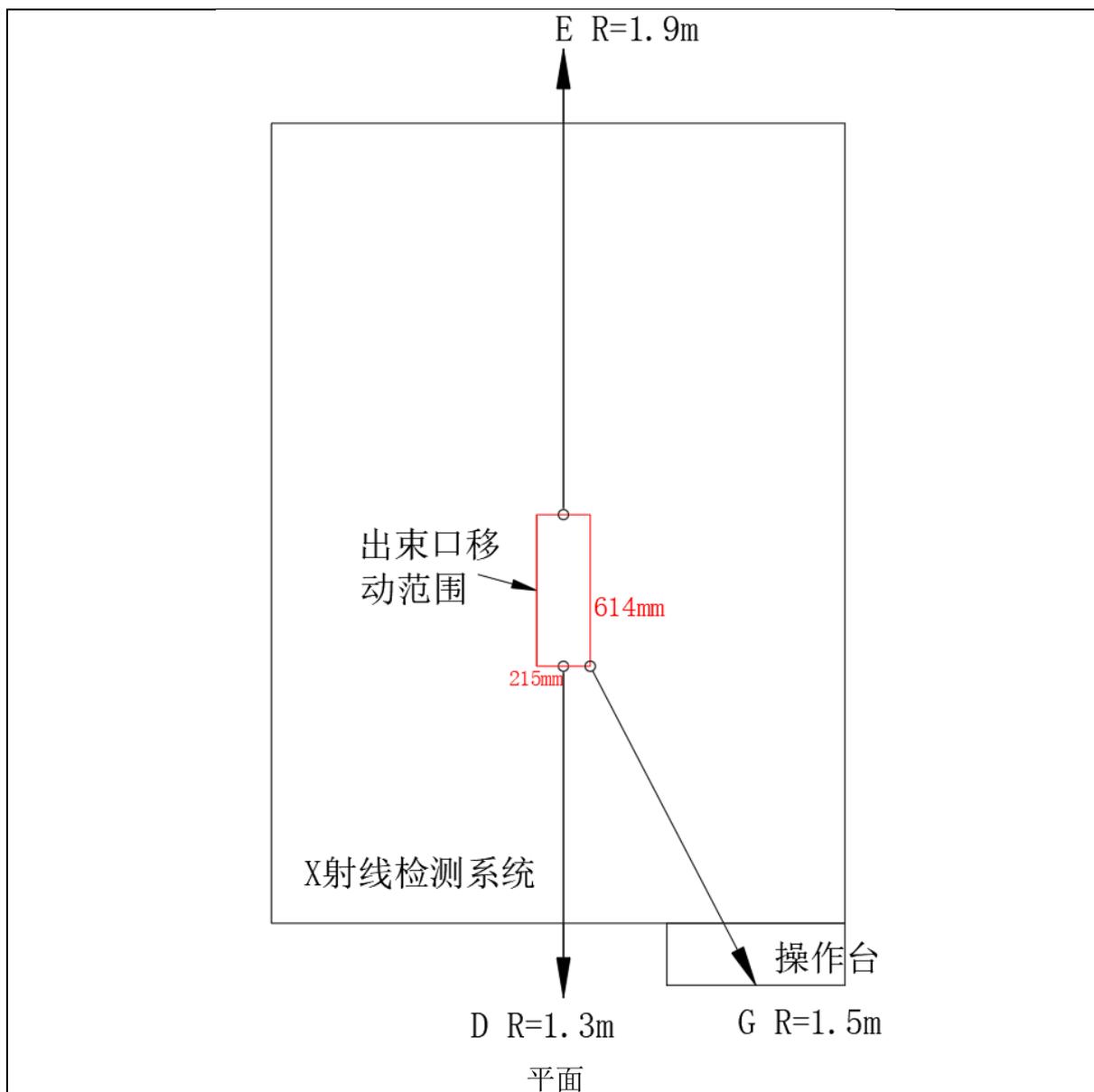


图 11-2 设备关注点分布示意图

计算有关参数的选取列于表 11-4，透射因子有关参数的选取列于表 11-5，各屏蔽面外关注点的辐射剂量率估算结果列于表 11-6。

表 11-4 计算参数一览表

方位	关注点	R (m)	R <sub>s</sub> (m)	R <sub>0</sub> (m)	F(m <sup>2</sup> )	a
顶部	A	1.4	/	/	/	/
右侧	B	1.3	/	/	/	/
前侧	D	1.3	/	/	/	/

左侧	C	1.4	/	/	/	/
后侧	E	1.9	/	/	/	/
底部	F	1.2	1.25	0.05	0.019	0.04
操作台	G	1.5	1.5	0.05	0.019	0.04

注：R<sub>0</sub> 取源点至探测工件的最短距离；保守考虑，R<sub>s</sub> 和 R 均取最小值，关注点默认为同一点位。辐射野面积根据 R<sub>0</sub> 和有用线束角计算得到 0.019m<sup>2</sup>。

表 11-5 透射因子计算参数一览表

位置	关注点	屏蔽厚度 (mmPb)	射线类型	TVL (mm)	透射因子 B
顶部	A	7	有用线束	0.96	5.1E-08
右侧	B	7	有用线束	0.96	5.1E-08
前侧	D	7	有用线束	0.96	5.1E-08
左侧	C	7	有用线束	0.96	5.1E-08
后侧	E	7	有用线束	0.96	5.1E-08
底部	F	7	泄漏线束	0.96	5.1E-08
			散射线束	0.96	5.1E-08
操作台	G	7	泄漏线束	0.96	5.1E-08
			散射线束	0.96	5.1E-08

注：为保守估算，本项目有用线束、泄漏线束和散射线束的 TVL 值取 150kV 对应值。按照（GBZ/T250-2014），管电压为 150kV 对应铅的 TVL 值为 0.96mm。

表 11-6 关注点辐射剂量率水平估算结果（单位：μSv/h）

位置	关注点	控制值	$\dot{H}_1$	$\dot{H}_2$	$\dot{H}_3$	$\dot{H}$
顶部	A	2.5	2.8E-03	/	/	2.8E-03
右侧	B	2.5	3.3E-03	/	/	3.3E-03
前侧	D	2.5	3.3E-03	/	/	3.3E-03
左侧	C	2.5	2.8E-03	/	/	2.8E-03
后侧	E	2.5	1.5E-03	/	/	1.5E-03
底部	F	2.5	/	3.5E-05	1.1E-03	1.1E-03
操作台	G	2.5	/	2.3E-05	7.5E-04	7.7E-04

注：非有用线束方向的剂量率 $\dot{H}$ 由 $\dot{H}_2$ 和 $\dot{H}_3$ 叠加得到。

从表 11-6 可以看到，本项目拟生产、销售和使用的设备，在正常工作时，设备

屏蔽体外 0.3m 关注点处的辐射剂量率估算值最高约  $3.3E-03\mu\text{Sv/h}$ ，不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率控制要求，属于辐射防护合格的产品。

## 11.4 人员受照剂量分析

### 11.4.1 公众受照剂量

根据调试铅房外各方向的关注点辐射剂量率估算结果，按照“辐射水平与距离平方成反比”估算公众的受照剂量率，再结合表 9 的出束时间估算其受照剂量，为保守考虑，公众受照时间考虑研发和出厂前调试的出束时间，计算公式如（11-6）：

$$E = \frac{\dot{H} \cdot r_g^2}{(r_b + r_g - 0.3)^2} \times t \times T \quad (11-6)$$

式中：

E——保护目标的受照剂量， $\mu\text{Sv/周}$ 和  $\text{mSv/a}$ ；

$\dot{H}$ ——关注点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$r_g$ ——关注点至辐射源的距离，m；

$r_b$ ——保护目标分布场所边界至屏蔽体边界的距离，m；

t——本项目周、全年出束时间，h；

T——保护目标的居留因子，选取参照（GBZ/T250-2014）附录 A 中表 A.1。

调试铅房外公众受照剂量估算结果见表 11-7。

表 11-7 调试铅房外公众受照剂量估算结果

方位	场所	关注点剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$r_g(\text{m})$	$r_b(\text{m})$	居留因子	周受照时间(h)	年受照时间 (h)	周剂量当量 ( $\mu\text{Sv/周}$ )	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
东侧	预留区	9.5E-09	1.9	7	1	11.2	446	5.2E-09	2.1E-10
	机器进出共用区域	9.5E-09	1.9	7	1/5	11.2	446	1.0E-09	4.1E-11
	实验室	9.5E-09	1.9	9	1	11.2	446	3.4E-09	1.4E-10
	通道	9.5E-09	1.9	15	1/5	11.2	446	2.8E-10	1.1E-11
	车间	9.5E-09	1.9	19	1	11.2	446	9.1E-10	3.6E-11
	电梯/楼梯区	9.5E-09	1.9	22	1/5	11.2	446	1.4E-10	5.5E-12
	中央集尘房	9.5E-09	1.9	44	1/20	11.2	446	9.2E-12	3.7E-13
南侧	组装包装区	1.3E-08	1.6	3.6	1/5	11.2	446	3.1E-09	1.2E-10
	通道	1.3E-08	1.6	17	1/5	11.2	446	2.2E-10	8.9E-12
	样机存放区	1.3E-08	1.6	22	1/5	11.2	446	1.4E-10	5.5E-12
	车间	1.3E-08	1.6	22	1	11.2	446	6.9E-10	2.7E-11
	实验室	1.3E-08	1.6	44	1	11.2	446	1.8E-10	7.2E-12
	电梯/楼梯/卫生间区 2	1.3E-08	1.6	45	1/5	11.2	446	3.5E-11	1.4E-12
	电梯/楼梯/卫生间区 1	1.3E-08	1.6	46	1/5	11.2	446	3.3E-11	1.3E-12
室外平台	1.3E-08	1.6	48	1/5	11.2	446	3.1E-11	1.2E-12	

西侧	通道	8.5E-09	2.0	1	1/5	11.2	446	1.0E-08	4.2E-10
	样机存放区	8.5E-09	2.0	3.5	1/5	11.2	446	2.8E-09	1.1E-10
	车间	8.5E-09	2.0	4	1	11.2	446	<b>1.2E-08</b>	<b>4.7E-10</b>
	前室	8.5E-09	2.0	24	1/5	11.2	446	1.2E-10	4.6E-12
	电梯/楼梯区	8.5E-09	2.0	24	1/5	11.2	446	1.2E-10	4.6E-12
	实验室 1	8.5E-09	2.0	25	1	11.2	446	5.3E-10	2.1E-11
	实验室 2	8.5E-09	2.0	33	1	11.2	446	3.2E-10	1.3E-11
	通道 1	8.5E-09	2.0	34	1/5	11.2	446	6.0E-11	2.4E-12
	车间	8.5E-09	2.0	36	1	11.2	446	2.7E-10	1.1E-11
北侧	室外平台	7.1E-09	2.2	1	1/5	11.2	446	9.2E-09	3.6E-10
	消防车道	7.1E-09	2.2	7	1/20	11.2	446	2.4E-10	9.7E-12
	富兴一路	7.1E-09	2.2	27	1/20	11.2	446	2.3E-11	9.2E-13
	伟创力公司厂区 道路	7.1E-09	2.2	42	1/10	11.2	446	2.0E-11	8.0E-13
二层	车间 17	7.7E-09	2.1	6	1	11.2	446	6.3E-09	2.5E-10
	车间 18	7.7E-09	2.1	6	1	11.2	446	6.3E-09	2.5E-10
	电梯/楼梯区 1	7.7E-09	2.1	21	1/5	11.2	446	1.5E-10	5.8E-12
	电梯/楼梯区 2	7.7E-09	2.1	25	1/5	11.2	446	1.1E-10	4.2E-12
	车间 16	7.7E-09	2.1	32	1	11.2	446	3.3E-10	1.3E-11
	通道	7.7E-09	2.1	32	1/5	11.2	446	6.7E-11	2.7E-12

三~八层	电梯/楼梯/卫生间区 2	7.7E-09	2.1	45	1/5	11.2	446	3.5E-11	1.4E-12
	电梯/楼梯/卫生间区 1	7.7E-09	2.1	46	1/5	11.2	446	3.3E-11	1.3E-12
	办公区	7.7E-09	2.1	48	1	11.2	446	1.5E-10	6.1E-12
	生产办公场所	7.7E-09	2.1	11	1	11.2	446	2.3E-09	9.2E-11

根据表 11-7 的计算结果，评价范围内公众的周最大剂量当量为  $1.2E-08\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，满足“公众不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ”的周剂量控制要求；公众年最大受照剂量为  $4.7E-10\text{mSv}/\text{a}$ ，满足“公众不超过  $0.25\text{mSv}/\text{a}$ ”的年有效剂量约束要求，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

### 11.4.2 辐射工作人员受照剂量

根据表 9 的工作负荷对工作人员的受照剂量进行估算，为保守估算，研发阶段和出厂前调试选取铅房四周的最大剂量率，安装后调试和培训、售后维修时选取设备外的最大剂量率作为工作人员的受照剂量率。并考虑到工作上不可避免的重叠，将三个工作环节的受照剂量叠加后作为辐射工作人员最终的受照剂量，估算结果见表 11-8。

本项目在组装和销售环节均不需要开机出束，不会产生辐射影响。

表 11-8 辐射工作人员受照剂量估算结果

工作环节	受照剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	周受照时间(小时)	年受照时间(小时)	周受照剂量( $\mu\text{Sv/周}$ )	年受照剂量( $\text{mSv/a}$ )
研发测试	1.3E-08	4	86	5.2E-08	1.1E-09
出厂前调试	1.3E-08	7.2	360	9.4E-08	4.7E-09
安装后调试和培训	3.3E-03	1.2	60	4.0E-03	2.0E-04
售后维修	3.3E-03	0.6	30	2.0E-03	9.9E-05
合计				5.9E-03	3.0E-04

根据表 11-8 的计算结果，辐射工作人员的周最大剂量当量为  $5.9\text{E-}03\mu\text{Sv/周}$ ，满足“辐射工作人员不大于  $100\mu\text{Sv/周}$ ”的周剂量控制要求；辐射工作人员年最大受照剂量为  $3.0\text{E-}04\text{mSv/a}$ ，满足“辐射工作人员不超过  $5\text{mSv/a}$ ”的年有效剂量约束要求，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

## 11.5 事故影响分析

### 11.5.1 辐射事故类型

(1) 研发和出厂前调试时，工作人员配合失误，有工作人员还在调试铅房的情况下，外面的工作人员关闭防护门开启射线发生器，使停留在调试铅房内的工作人员被误照射；

(2) 研发、出厂前调试及安装后调试和培训时装载门安全联锁失效，工作人员在装载门没有关闭的情况下，意外开启射线发生器，导致工作人员被意外照射；

(3) 售后维修时没有采取可靠的断电措施，意外开启射线发生器，使维修人员受到误照射。

以上事故情形中，均属于在近距离且无有效辐射防护屏蔽情况下，辐射工作人员遭受意外照射，辐射工作人员在工作期间或维修人员在检修期间，均要求佩戴个人剂量报警仪，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，一旦发生辐射事故，工作人员立即断电，射线装置停止出束。

综上，参照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第 40 条的分级规定评估各种事故可能的类别，一般情况下，本项目可能发生的辐射事故为“射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”的类别，属于一般辐射事故，极端情况下，本项目可能发生的辐射事故为“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”可能发生的辐射事故为较大辐射事故。

### **11.5.2 事故预防措施**

(1) 进行辐射工作时，人员应严格佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪。

(2) 进行研发和出厂前调试时，操作人员应通过巡查和监控等措施，确认调试铅房内无滞留人员.调试过程工作人员应严格按照操作流程调试和维护射线装置，不得擅自改变操作流程。

(3) 进行安装后调试时，在调试前辐射工作人员应检查设备线缆、固件等是否存在破损，并携带便携式 X- $\gamma$  剂量率仪进行调试。

(4) 售后维修维护时，应采取可靠的断电措施，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”安全标志。

本项目辐射事故的发生主要是在管理上出问题，研发、出厂前调试、安装后调试、售后维护等各个环节应严格执行各项管理制度，加强辐射工作人员的培训和教育，提高安全意识，严格遵守操作流程。

### **11.5.3 事故应急措施**

一旦发生辐射事故，必须马上停机，切断总电源开关，对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施。其次对设备、设施进行安全检查，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，按照事故应急响应程序处理，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。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健康部门报告。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。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，生产、销售、使用Ⅱ类射线装置的工作单位，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。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责。

建设单位成立了辐射安全管理机构，机构成员一览表见表 12-1。

表 12-1 辐射安全管理机构成员一览表

岗位	姓名	部门	职务
组长（辐射防护负责人）	黄钧勇	客户增值服务平台	工程师
成员	石佳	客户增值服务平台	工程师
	凌家盛	客户增值服务平台	工程师
	盛亮	客户增值服务平台	工程师

组长职责：

（1）辐射防护负责人应通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加辐射安全与防护知识培训和考核，考核类别为“辐射安全管理”。

（2）负责管理和领导辐射安全管理机构成员开展辐射安全管理工作。

成员职责：

（1）结合本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。

**小结：**建设单位按照相关法规的要求成立了辐射安全管理机构，明确了管理机构人员职责。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生产、销售、使用Ⅱ类射线装置的工作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、人员培训计划、台账管理制度、监测方案和辐射事故应急预案。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应建立和实施放射防护管理制度和措施。

为规范管理本单位的辐射工作，有效预防和控制可能发生的辐射事故，强化辐射事故危害意识和责任意识，建设单位制定了《辐射安全管理规章制度》（详情见附件4），包括以下章节：辐射安全管理机构及职责、辐射防护和安全保卫制度、岗位职责、安全操作规程、辐射工作人员培训制度、辐射监测方案、辐射工作人员职业健康检查和个人剂量管理要求、射线装置生产及销售管理和台账制度、射线装置维修维护制度、辐射事故应急预案。

**小结：**建设单位制定的《辐射安全管理规章制度》较全面，易实行，可操作性强。一旦发生辐射事故时，可迅速应对，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的要求。

## 12.3 辐射工作人员

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，应当按照生态环境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。对于从事使用Ⅱ类射线装置活动的辐射工作人员，应当接受初级辐射安全培训。本项目辐射工作人员和管理人员应参加初级 X 射线探伤辐射安全培训。

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，考核成绩单有效期5年。

本项目共配置4名辐射工作人员，辐射工作人员应全部按照生产、销售和使用II类射线装置的要求，通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加辐射安全与防护知识培训和考核，考核类别为“X射线探伤”，考核通过后方可从事辐射工作。

**小结：**建设单位制定的辐射工作人员培训计划满足相关法律法规的要求。

## 12.4 辐射监测计划

### 12.4.1 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》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制件。

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。

建设单位将按照有关要求，对辐射工作人员进行上岗前的职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作；委托有资质的第三方检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，为辐射工作人员各配备1个人剂量计，配备1个本底个人剂量计用作对照。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，监测周期最长不超过3个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

**小结：**建设单位制定的个人剂量监测计划满足相关法律法规的要求。

### 12.4.2 工作场所辐射监测

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。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

建设单位将委托检测机构对辐射工作场所的环境辐射水平进行年度检测，年度检测数据应作为本单位的放射性同位素和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日前上报环境行政主管部门。

建设单位拟配备1台便携式X-γ剂量率仪，拟使用便携式X-γ剂量率仪定期（每个月1次）对调试铅房周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。同时，在安装后调试和售后维修后，辐射工作人员使用便携式X-γ剂量率仪对射线装置进行整体巡检1次，确保射线装置屏蔽体外辐射剂量率不超过控制值。

**小结：**建设单位制定的工作场所辐射监测计划满足相关法律法规的要求。

辐射监测计划一览表见表12-2。

表12-2 辐射监测计划一览表

监测对象	监测计划	监测因子	监测周期	实施机构
辐射工作人员	个人剂量监测	个人外照射剂量	1次/90天	有资质的检测机构
调试铅房	工作场所年度监测	铅房外周围剂量当量率	1次/年	有资质的检测机构
	工作场所日常监测	铅房外周围剂量当量率	1次/月	建设单位
射线装置	安装后调试、售后维修后巡测	屏蔽体外周围剂量当量率	1次	建设单位

### 12.4.3 工作场所辐射监测方案

#### (1) 检测仪器

本项目用于日常辐射监测的仪器配置一览表见表12-3。

表 12-3 辐射监测仪器一览表

名称	拟配数量	报警值
个人剂量计	5 个（含 1 个本底）	/
个人剂量报警仪	4 台	2.5 $\mu$ Sv/h
便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪	1 台	2.5 $\mu$ Sv/h

**(2) 监测因子和控制要求**

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，本项目调试铅房和射线装置屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率的控制值为 2.5 $\mu$ Sv/h。

**(3) 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，调试铅房和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、检修门、装载门等外 30cm 和观察窗的上、下、左、中、右侧各 5 个点；
- c) 屏蔽体外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个屏蔽面至少测 3 个点；
- d) 操作台
- e) 人员经常活动的位置。

**(4) 检测异常处理**

调试铅房日常监测发现调试铅房辐射水平超过报警值应立即停止辐射工作，关闭高压电源，携带好个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$  辐射剂量率仪查找原因，并进行整改，经检测确认辐射水平合格后，方可继续工作。

安装后调试时发现辐射水平超过报警值应立即关闭高压电源，检查设备外观是

否由于运输出现破损、变形等异常问题，必要时运回公司重新调试和整改，或者退回制作厂家进行维修，重新安装后并经检测确认辐射水平合格后方可移交给使用单位。

故障维修发现辐射水平超过报警值应立即关闭高压电源，检查屏蔽箱体是否有明显破损或者未重装到位，必要时将设备运回公司进行测试，重新安装后并经测试确认辐射水平合格后方可移交给使用单位。

## 12.5 辐射安全年度评估计划

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、销售和使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向相关机关提交上一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

- (1) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- (2) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- (3) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- (4) 射线装置台账；
- (5) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- (6) 辐射事故及应急响应情况；
- (7) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- (8) 存在的安全隐患及其整改情况；
- (9) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

## 12.6 辐射事故应急

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应制定辐射事故应急预案。

为使本单位一旦发生紧急辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众及环境的安全，建设单位制定了《辐射事故应急预案》，该《预案》包括：辐射事故应急处理机构与职责、预警机制、事故应急处理程序、事故调查和后期处理等。

### 12.6.1 辐射事故应急机构

建设单位成立了辐射事故应急小组，人员组成如表 12-4。

表 12-4 辐射事故应急小组成员一览表

应急机构	姓名	职务	部门	应急联系电话
组长	刘浩	经理	客户增值服务平台	
成员	黄钧勇	工程师	客户增值服务平台	
	石佳	工程师	客户增值服务平台	
	凌家盛	工程师	客户增值服务平台	
	盛亮	工程师	客户增值服务平台	

### 12.6.2 辐射事故应急机构分工及职责

组长职责：

- (1) 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；
- (2) 根据事件情况启动本预案，指挥、指导应急救援行动；
- (3) 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，向当地生态环境部门、公安部门和卫生部门报告；负责组织事故后续工作的开展及总结。

小组成员职责：

- (1) 对辐射工作区域进行检查，发现事故隐患及时上报应急组长并落实整改；
- (2) 事故状态下，根据应急准备和响应领导小组组长的指示，编制辐射事故处置方案，开展应急救援工作；
- (3) 发生事故人员受到照射时，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，迅速安置受照人员就医，组织控制区和监督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；
- (4) 组织辐射事故应急方面的培训和预案演练活动，评估预案的有效性。

### **12.6.3 人员培训和演习计划**

为使参加应急处理的人员能熟悉和掌握应急预案的内容，保持迅速、正确、有效地执行应急技能和知识，提高辐射工作人员应对突发事件的能力，应进行培训和演练。

#### **(1) 人员培训**

培训对象包括应急预案成员、辐射工作人员；

培训内容包括应急原则和实施程序，辐射安全与防护专业知识，可能出现的辐射事故及辐射事故经验和教训，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) 演练计划**

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。

**小结：**建设单位按要求成立了辐射事故应急机构，明确了应急分工和职责，制定的《辐射事故应急预案》具有可操作性，保证在发生辐射事故时，做到责任和分工明确，能够迅速、有序处理。

## **12.7 竣工环境保护验收要求**

### **12.7.1 责任主体**

根据《建设项目环境保护管理条例》规定：“编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政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。”建设单位应承担本项目竣工环境保护验收的主体责任。

### **12.7.2 工作程序**

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），核技术利用项目竣工环境保护验收工作流程主要包括：验收自查、验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为验收监测、验收监测报告编制两个阶段；后续工作包括提出验收意见、编制“其他需要说明的事项”、形成验收报告、公

开相关信息并建立档案四个阶段。

### 12.7.3 时间节点

本项目竣工后，建设单位应按照相关程序和要求，在项目竣工后组织自主竣工环保验收，验收期限一般不超过 3 个月。验收报告编制完成后按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的要求，公开验收报告，公示的期限不少于 20 个工作日。验收报告公示期满后 5 个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，环境保护主管部门对上述信息予以公开。

### 12.7.4 验收监测技术要求

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），项目验收监测技术要求见表 12-5。

表 12-5 项目验收监测技术要求

项目	技术要求
工况记录要求	验收监测应当在确保主体工程工况稳定、辐射安全与防护设施建成并运行正常的情况下进行，并如实记录监测时的实际工况以及关键参数，包括射线装置管电压、管电流、功率等。
验收执行标准	建设项目环境保护设施验收原则上执行环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定所规定的标准。
	在环境影响报告书（表）审批之后发布或修订的标准对建设项目执行该标准有明确时限要求的，按新发布或修订的标准执行。
监测内容	参照环境影响评价文件及相关标准，给出布点图，确保监测布点的代表性。
	新、改、扩建项目监测因子为项目运行时可能产生的放射性污染因子。
	监测对象包括工作场所辐射水平，监测项目包括 X、 $\gamma$ 剂量率及环境影响评价文件要求开展的其他监测项目。

### 12.7.5 验收清单

本项目竣工环境保护验收“三同时”清单见表 12-6。

表 12-6 竣工环境保护“三同时”验收清单

验收内容	验收要求
辐射安全与防护措施	<p>调试铅房的操作台设有联锁接口，调试铅房的防护门设有安全联锁功能：采用限位装置，限位装置安装在防护门中间闭合位置，只有当防护门关闭到位后，触发限位装置，高压电源才能接通，射线装置才能开启。防护门与限位装置分离时，射线装置高压电源将被切断，重新关上防护门后射线装置不会自动开启。</p> <p>设备的装载门和检修门均安装安全互锁传感器作为门机联锁装置，只有在装载门和检修门关闭好的情况下安全回路才会接通。当任意一个传感器未感应到门关闭到位时，射线发生器无法出束。设备运行过程中，任何一处可开启之处被外力开启时，会立即中断高压发生器的主供电，X 射线立即停止出束。</p>
	<p>调试铅房防护门内外各设置了 1 个警示灯，警示灯与射线装置联锁，警示灯闪烁表示准备出束，发出声音警示持续 15s；X 射线出束时警示灯将亮红灯，并持续发出报警声。建设单位将在调试铅房外醒目位置张贴射线装置各指示灯的指示意义的中文说明。</p>
	<p>建设单位拟在调试铅房防护门上张贴 2 张电离辐射警告标识和中文警示说明，监督区边界将竖立“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作指示牌。</p> <p>X 射线检测系统设有工作状态指示灯和 X 射线指示灯，工作状态指示灯具有 3 种工作状态指示：绿灯亮（仪器处于通电状态，射线发生器自检完成可出束），黄灯亮（防护门处于开启状态，射线发生器不可开启），红灯闪亮（射线源处于发射 X 射线状态）。X 射线指示灯有 2 种工作状态的指示：闪烁黄灯（X 射线正在出束），闪烁红灯（设备异常）。</p>
	<p>调试铅房内东北侧安装 1 个监控摄像头，显示屏安装于操作台，用于实时观察调试铅房内的工作状态，可有效防止人员滞留铅房的情况发生。</p>
	<p>在调试铅房防护门、射线装置正面张贴电离辐射警告标识和中文警示说明。</p>
	<p>调试铅房内部防护门旁设置 1 个急停按钮，人员可以不穿过有用线束方向使用。急停按钮将标明功能和使用方法。</p>
	<p>X 射线检测系统设有 1 个急停按钮，位于设备前侧。急停按钮将标明功能和使用方法。</p>

	<p>调试铅房安装 1 套移动式辐射探测装置，装置主机设置在操作台，探头与装置主机连接，监测数据实时显示在显示屏上；调试铅房内安装 3 个移动式辐射探测装置探头，辐射工作人员可以在调试铅房外的操作台操控移动式辐射探测装置探头。</p> <p>每位辐射工作人员配备 1 个人剂量报警仪，个人剂量报警仪具有实时显示和报警功能，可以满足实时监测和报警的要求。</p>
“三废”的治理	<p>在调试铅房顶部设置 1 个排风口，拟安装 1 台机械排风装置。排风口通过排风管道排出至北侧的消防车道，避免了排向人员活动密集区。调试铅房机械排风装置设计排风量为 120m<sup>3</sup>/h，调试铅房的体积约为 36m<sup>3</sup>，机械排风装置在工作期间保持开启，可确保调试铅房每小时有效通风换气次数为 3.3 次。</p>
辐射安全管理措施	<p>设立辐射安全管理机构，明确职责与分工。</p>
	<p>制定相应的辐射规章制度和应急预案，规章制度应张贴在墙面显眼位置。</p>
	<p>本项目拟配置 4 名辐射工作人员，建设单位将按照“使用II类射线装置”的要求，在项目筹备阶段安排本项目的辐射工作人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加辐射安全与防护知识培训和考核，考核类别为“X 射线探伤”，考核通过后方可从事辐射工作。</p>
	<p>对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作。委托第三方监测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，为每个人配备个人剂量计，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。</p>
周围剂量当量率监测情况	<p>调试铅房四周屏蔽体、防护门及顶棚外 30cm 处应不大于 2.5μSv/h； 设备屏蔽体外 30cm 处应不大于 2.5μSv/h。</p>

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

深圳市大族数控科技股份有限公司拟在广东省深圳市宝安区福海街道桥头社区永福路 87 号数控创新产业大厦一层开展 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的生产、销售和使用活动：设置 1 个调试区，在内安装 1 间调试铅房用于 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的研发和出厂前调试，设置 1 个组装包装区用于 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的组装生产。本项目属于核技术利用新建项目，选址合理。

#### 13.1.1 辐射安全与防护分析结论

辐射安全与防护分析表明，本项目调试铅房和射线装置的辐射屏蔽设计方案、工作场所布局和分区、各项辐射安全与防护措施等均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等国家相关标准的要求。辐射安全管理措施分析表明，建设单位制定了较完善的辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，人员培训和辐射监测计划等均符合相关法规的要求。

#### 13.1.2 环境影响分析结论

理论分析表明，项目正常运行时，调试铅房和射线装置实体屏蔽体外关注点的辐射水平均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定的周围剂量当量率控制要求。工作人员及公众的有效受照剂量分别低于职业照射和公众照射剂量约束值，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

#### 13.1.3 可行性分析结论

本项目拟生产的 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统可用于半导体行业中 PCB 板的焊缝、气渣和气泡等的无损检测和失效分析，为半导体行业供应高精度、高可靠性无损检测设备，有助于推动中国半导体产业的发展。项目实践过程中采取了符合标准要求的安全防护措施，对周围环境、辐射工作人员及公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，项目建设带来的正向社会和经济效益远大于建设项目的投入和风险。本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的鼓励类，在

落实有效的辐射安全与防护措施、管理措施后，能最大程度减少对周围环境的影响，从代价和利益的角度考虑，符合辐射实践的正当性。

建设单位应对本项目进行严格管理，按照辐射安全与防护要求工作。在落实了本报告提出的各项措施后，本项目对环境的辐射影响能够满足国家有关法规和标准的要求，从环境保护的角度考虑，该核技术利用项目是可行的。

## **13.2 建议**

1、按照“生产、销售和使用II类射线装置”的要求，组织本项目的辐射工作人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加辐射安全与防护知识培训和考核，考核类别为“X射线探伤”，考核通过后方可从事辐射工作。

2、结合后期运行和管理情况，不断完善辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，使之更具有实操性和针对性，定期做好辐射事故应急人员培训和应急演练。

## 表 14 审批

<p>下一级环保部门预审意见</p> <p style="text-align: right;">公章</p> <p style="text-align: center;">经办人</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>
<p>审批意见</p> <p style="text-align: right;">公章</p> <p style="text-align: center;">经办人</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>

## 附件 1：项目委托书

### 委托书

广州星环科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等有关法规，现委托贵司承接《深圳市大族数控科技股份有限公司生产、销售和使用 X 射线检测系统项目》环境影响评价工作，并按照相关规定编制《深圳市大族数控科技股份有限公司生产、销售和使用 X 射线检测系统项目环境影响报告表》，完成后提交我单位，便于我单位报送生态环境主管部门办理环评审批手续。

特此委托。

深圳市大族数控科技股份有限公司



2025年8月17日

附件 2：环境  $\gamma$  辐射现状检测报告



# 检 测 报 告

任务编号：XH25TR185h

项目名称：核技术利用建设项目场所环境  $\gamma$  辐射剂量  
率检测

---

受检单位：深圳市大族数控科技股份有限公司

---

报告日期：2025 年 08 月 25 日

---

广州星环科技有限公司



## 说 明

- 1、本公司保证检测结果的公正性、独立性、准确性和科学性，对委托单位所提供的资料保密。
- 2、检测操作按照相关国家、行业、地方标准和本公司的程序文件及作业指导书执行。
- 3、本报告只适用于本报告所写明的检测目的及范围。
- 4、本报告未盖本公司“CMA 资质认定章”、“检测专用章”及“骑缝章”无效。
- 5、复制本报告未重新加盖本公司“CMA 资质认定章”、“检测专用章”无效，报告部分复制无效。
- 6、本报告无编制人、审核人、批准人签字无效。
- 7、本报告经涂改无效。
- 8、自送样品的委托测试，其监测结果仅对来样负责；对不可复现的监测项目，结果仅对采样（或监测）当时所代表的时间和空间负责。
- 9、本报告未经本公司同意不得用于广告、商品宣传等商业行为。
- 10、对本报告若有异议，请于报告发出之日起十五日内向本公司提出，逾期不申请的，视为认可检测报告。

地 址：广州市海珠区南洲路 365 号二层 236

邮政编码：510289

电 话：020-38343515

网 址：www.foyoco.com

## 广州星环科技有限公司检测报告

检测日期	2025年08月12日
检测地点	广东省深圳市宝安区福海街道桥头社区永福路87号
检测仪器	仪器名称: X、 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率仪 厂家、型号: 中广核贝谷科技有限公司、BG9512P 型 出厂编号: 1TRW88AA 能量范围: 25keV~3MeV 测量量程: 10nGy/h~200 $\mu$ Gy/h 相对固有误差: -5.7% 仪器校准证书编号: 2024H21-20-5500542001 校准单位: 上海市计量测试技术研究院 校准日期: 2024年09月25日, 复校日期: 2025年09月24日
检测参数	环境 $\gamma$ 辐射剂量率
检测方式	现场检测
检测依据	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)
环境条件	天气: 晴, 气温 31 $^{\circ}$ C, 湿度 71%
建设项目概况	深圳市大族数控科技股份有限公司拟在广东省深圳市宝安区福海街道桥头社区永福路 87 号数控创新产业大厦一层开展 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统 (最大管电压 130kV, 最大管电流 0.5mA) 的生产、销售、使用活动: 设置 1 个调试区, 在内安装 1 间调试铅房用于 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的研发和出厂前调试, 设置 1 个组装包装区用于 HANS-X755LA 型 X 射线检测系统的组装生产。对调试铅房周围 50m 范围的环境 $\gamma$ 辐射剂量率进行检测。
检测结果	检测结果见附表 1, 检测布点图见附图 1~附图 3。

编制:  审核:  签发:   
 签发日期: 2025.8.25

附表 1: 检测结果

点位编号	方位	场所	距离(m)	表面介质	测量结果(nGy/h)	环境性质
1	/	调试铅房位置	/	地胶	110±1	楼房
2	东侧	调试区	3	地胶	112±1	楼房
3	东侧	预留区	11	地胶	107±1	楼房
4	东侧	机器进出共用区域	14	地胶	108±1	楼房
5	东侧	实验室	15	地胶	107±1	楼房
6	东侧	通道	17	混凝土	106±1	楼房
7	东侧	电梯/楼梯区	31	瓷砖	110±1	楼房
8	东侧	车间	33	地胶	107±2	楼房
9	东侧	中央集尘房	46	混凝土	106±1	楼房
10	南侧	组装包装区	11	地胶	111±1	楼房
11	南侧	通道	20	地胶	106±1	楼房
12	南侧	样机存放区	33	混凝土	114±1	楼房
13	南侧	车间	35	地胶	106±1	楼房
14	南侧	实验室	45	混凝土	100±2	楼房
15	南侧	电梯/楼梯/卫生间区 1	48	瓷砖	117±1	楼房
16	南侧	电梯/楼梯/卫生间区 2	48	瓷砖	115±1	楼房
17	南侧	室外平台	49	地砖	108±1	楼房
18	西侧	通道	3	地胶	111±1	楼房
19	西侧	样机存放区	12	地胶	122±1	楼房
20	西侧	车间	19	地胶	116±1	楼房
21	西侧	前室	30	地胶	110±1	楼房
22	西侧	实验室 1	31	地胶	108±1	楼房
23	西侧	电梯/楼梯区	34	瓷砖	110±1	楼房
24	西侧	通道 1	36	地胶	106±1	楼房
25	西侧	实验室 2	43	混凝土	107±1	楼房

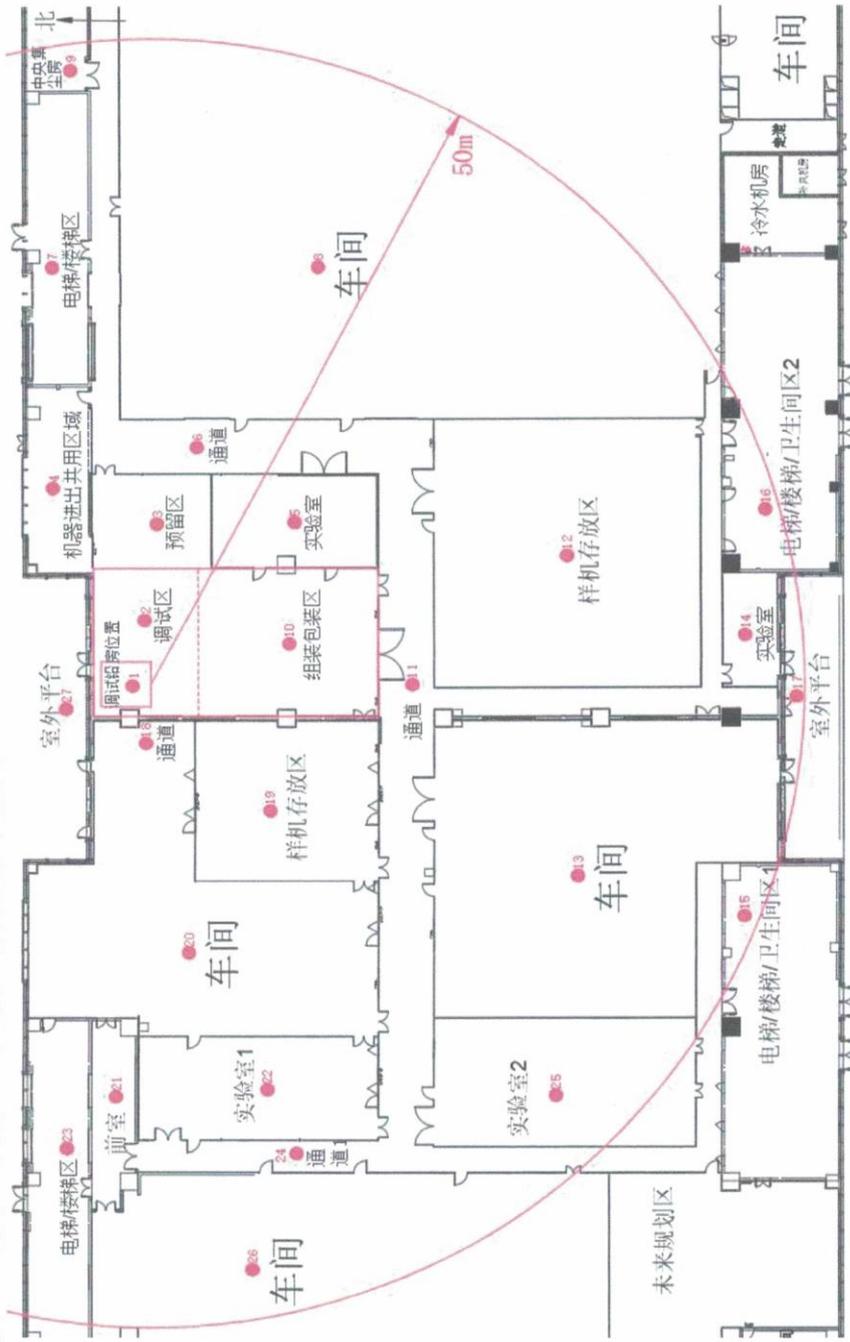
26	西侧	车间	44	混凝土	99±2	楼房
27	北侧	室外平台	3	地砖	103±1	楼房
28	北侧	消防车道	13	沥青	82±1	道路
29	北侧	富兴一路	31	沥青	84±1	道路
30	北侧	伟创力公司厂区道路	44	沥青	82±1	道路
31	二层	车间 17	6	混凝土	123±1	楼房
32	二层	电梯/楼梯区 1	31	瓷砖	110±2	楼房
33	二层	电梯/楼梯区 2	36	瓷砖	111±1	楼房
34	二层	车间 18	37	混凝土	121±1	楼房
35	二层	车间 16	42	混凝土	107±1	楼房
36	二层	通道	45	混凝土	104±1	楼房
37	二层	电梯/楼梯/卫生间区 1	49	瓷砖	106±1	楼房
38	二层	电梯/楼梯/卫生间区 2	49	瓷砖	107±1	楼房
39	二层	办公区	49	混凝土	110±1	楼房

注: 1、以上数据已校准, 校准系数为 1.06;

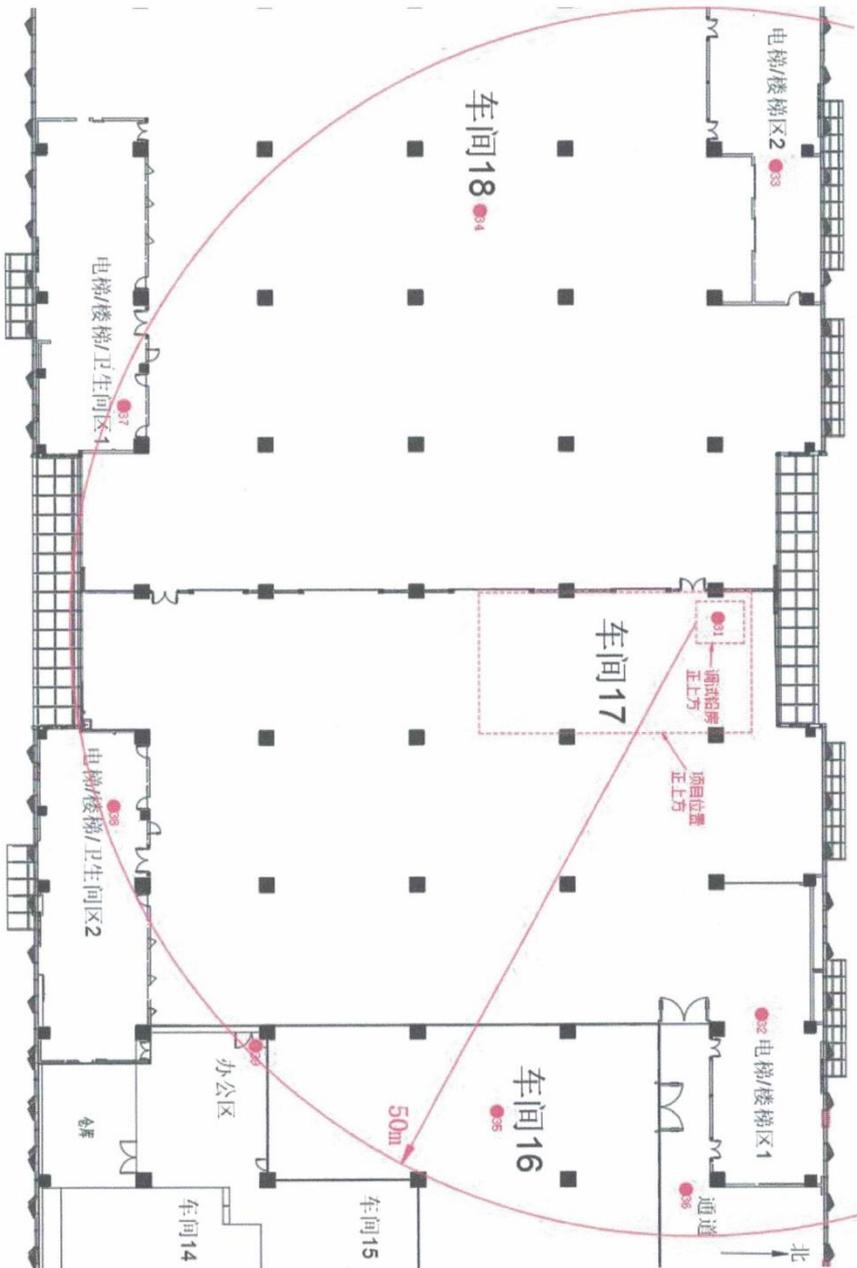
2、检测时仪器探头垂直地面, 距地约 1m, 待读数稳定后, 间隔 10 秒读取 1 个数值, 每个点位读取 10 个检测值;

3、检测结果扣除了仪器对宇宙射线的响应部分 (11nGy/h); 建筑物对宇宙射线的屏蔽因子: 楼房取值为 0.8, 平房取值为 0.9, 道路取值为 1。

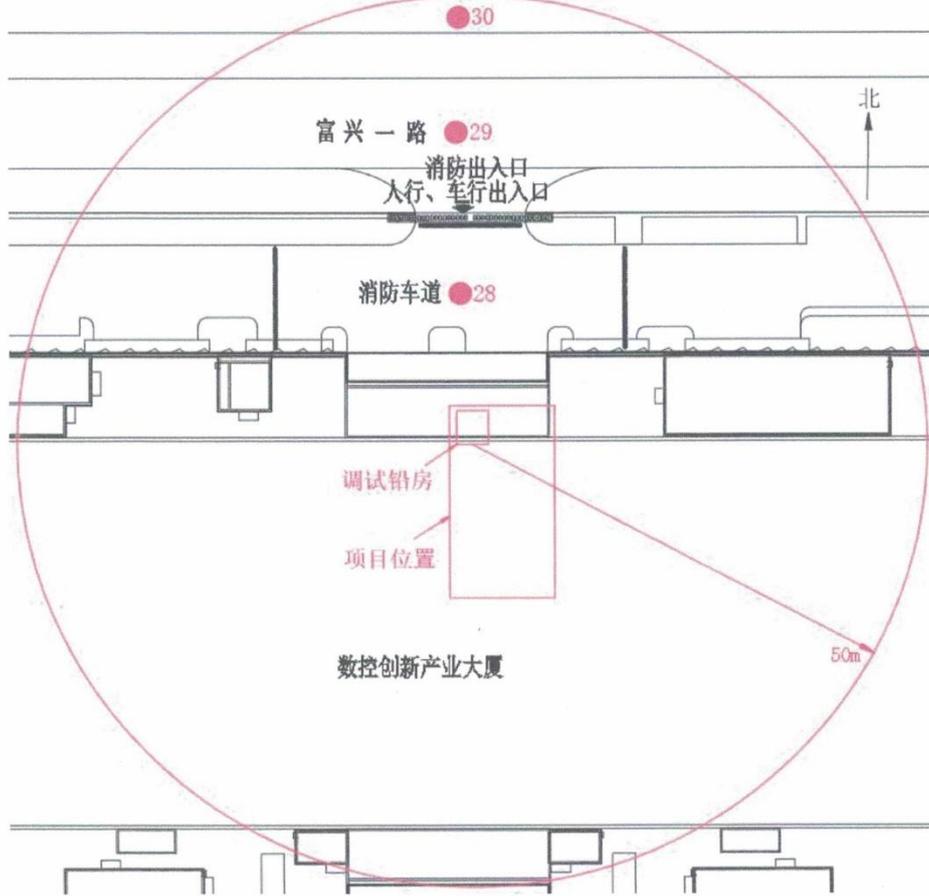
附图 1: 数控创新产业大厦一层检测布点图



附图 2: 数控创新产业大厦二层检测布点图



附图 3: 50m 评价范围内检测布点图  
伟创力公司厂区道路





附件 3：射线装置生产、销售台账

序号	合同编号	签约时间	名称	型号	类别	数量	客户名称	客户环保手续 落实情况	经办人	审核人
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

## 附件 4：辐射安全管理规章制度

# 深圳市大族数控科技股份有限公司

## 辐射安全管理规章制度

为贯彻环境主管部门对使用射线装置安全管理的有关要求，根据国务院《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、生态环境部《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法规文件，为保护辐射工作人员及场所周围公众的健康权益，制定本制度。

### 1、辐射安全管理机构及其职责

辐射安全管理机构人员设置：

岗位	姓名	部门	职务
组长（辐射防护负责人）	黄钧勇	客户增值服务平台	工程师
成员	石佳	客户增值服务平台	工程师
	凌家盛	客户增值服务平台	工程师
	盛亮	客户增值服务平台	工程师

组长职责：

（1）辐射防护负责人应通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加辐射安全与防护知识培训和考核，考核类别为“辐射安全管理”。

（2）负责管理和领导辐射安全管理机构成员开展辐射安全管理工作。

成员职责：

（1）结合本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。

## 2、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《核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单》。

(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，将调试铅房实体屏蔽内部区域划为控制区，将调试铅房外的其他调试区域划为监督区，在监督区边界设置警示绳并竖立“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作警示牌，出束时任何人员不得进入控制区，非辐射工作人员不得进入监督区。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) 辐射工作场所按要求张贴电离辐射警告标志，按照 GB18871-2002 的规范制作，辐射工作场所监督区设置工作指示牌和警示说明。

(5) 射线装置操作台应设置急停按钮，X 射线出束过程中，一旦出现异常，按下急停按钮，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。

(6) 调试铅房、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。

(7) 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。

## 3、岗位职责

### 操作人员

(1) 工作前先检查调试铅房、射线装置的辐射安全设施状态（主要包括防护门、检修门、装载门、辐射监测仪器、急停按钮等能否正常工作），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。

## 4、安全操作规程

### (1) 研发

①组件购买：购买射线发生器，收到货后检查射线发生器的外观是否合格；

②X射线检测系统机构组装：将射线发生器和其他机械组件组装成X射线检测系统机构，将X射线检测系统机构搬进调试铅房，放到指定的位置；

③调试铅房安全检查：辐射工作人员撤出调试铅房，并检查调试铅房的各项辐射安全措施是否正常，包括门机联锁、急停按钮等。辐射工作人员在铅房外的操作台控制射线发生器出束，进行研发测试。

④算法调试：调整各项参数，调试射线发生器，载物台、探测器、平移机构等匹配性，改进操作和成像程序。重复测试，直到各项成像指标达到预定要求。机械系统调试：导轨与丝杆精度检测、载物台校正、射线束几何中心校准。图像采集与成像系统调试：探测器均匀性校准、暗场校正、系统几何校准、空间分辨率测试；软件系统与控制界面验证：运动控制联调、扫描模式功能检查、图像重建软件验证。

⑤连续运行稳定性测试（老化测试）：整机连续运行48-72小时，进行多组扫描任务，观察各部件运行状态、温升、噪声、图像稳定性，确保系统无死机、漂移或异常警报，并检查是否有运动卡滞、射线源功率波动、探测器漂移等问题。

研发测试的目的是得到适配性最好的机械系统及成像系统，以及完整的样机数

据。

## **(2) 组装**

①部件订购：接到客户订购，购买各项零部件；委托屏蔽箱体厂家生产制式外屏蔽箱体，由生产厂家组装并对边缝作无缝处理。

②验货：查验屏蔽箱体和各零部件的出厂报告与测试报告，确保外购部件合格、有效；查验屏蔽箱体规格是否与设计制式相符、边缝连接是否已做好无缝处理等。

③X射线检测系统构件组装：在组装包装区完成X射线检测系统构件的组装，主要包括：基础平台与支撑结构安装、运动模组安装、载物台模块安装、射线发生器模块安装、探测器模块安装等。

④X射线检测系统屏蔽箱体电气设备安装：包括各项辐射安全设施和电气设施的安装。

⑤X射线检测系统构件安装：将组装好的X射线检测系统构件，搬进屏蔽箱体内部，在指定的位置安装好，并将高压线缆与设备的电气柜相连。

⑥检查：组装完成后，对设备进行外观和机械构造检查。检查无误后，搬至调试区指定区域等待调试。

## **(3) 出厂前调试**

①辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪和便携式X- $\gamma$ 剂量率仪，无关人员离开调试区。

②设备机械系统调试完成后，检查调试铅房内外各项辐射安全措施（声光警示装置、监控设施、固定式辐射探测装置等）是否正常，检查无误后，使用叉车将设备整体搬运至调试铅房，辐射工作人员离开铅房，关闭防护门。

③辐射安全系统进行测试：依次进行辐射泄漏测试（遵循从低功率到高功率的原则）、安全连锁测试、急停按钮测试、指示灯测试。此过程出束。

辐射泄漏测试：调试铅房拟安装1套移动式辐射探测装置，装置主机设置在调试铅房外，调试铅房内设有3个移动式辐射探测装置探头，位于预设的导轨上，探头与装置主机连接，监测数据实时显示在显示屏上。辐射工作人员在调试铅房外的操作台操控移动式辐射探测装置探头，调整移动式辐射探测装置探头的位置，从而达到对射线装

置屏蔽体进行巡测的目的。

辐射泄漏测试时，辐射工作人员在调试铅房外的操作台将射线装置的管电压与管电流设置到最小值，启动出束，逐步调高射线装置的管电压与管电流，直至达到最大工况。期间通过调试铅房内的移动式辐射探测装置探头，实时监测屏蔽体外的辐射剂量率值。当探头监测到射线装置屏蔽体外的辐射剂量率超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$  时，停止出束，判定设备屏蔽不合格，退回厂家返修。

安全联锁测试：将射线装置的管电压、管电流设置到最小值，启动出束，依次进行安全联锁测试、急停按钮测试、指示灯测试。安全联锁测试时，辐射工作人员从调试铅房外的操作台控制射线装置操作系统打开左侧装载门和右侧装载门，装载门开启后，探头检测到调试铅房内的辐射剂量率超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$  时，则判定为安全联锁失效，停止出束。急停按钮测试时，将便携式 X- $\gamma$  剂量率仪置于射线装置内部非主线束方向，辐射工作人员在调试铅房外的操作台，反复按下急停按钮，便携式 X- $\gamma$  剂量率仪报警，则判定为急停按钮失效，立即停止出束。指示灯测试在上述两项测试时，同步观察在不同状态下，指示灯的信号指示是否正常。

④成像系统、操作系统进行测试：放入待测工件，测试遵循从低功率到高功率的原则进行光学几何校准、探测器均匀性校准、空间分辨率测试、透视图检测功能调试、检测功能调试。

⑤完成测试后，使用叉车将设备搬运至组装包装区。

### **(3) 销售**

①销售人员与客户单位确认交期和安装要求；

② 审核客户单位资质，是否取得相应型号的射线装置核技术利用项目的环评批复等环保手续；

③ 客户单位资质齐全后，打包发货；

### **(4) 安装后调试和培训**

①审核客户单位的资质，确认客户单位申领辐射安全许可证后才能进行设备的安装调试。

②将设备整体运输至客户使用场所，无需对设备整体进行拆卸，只需对关键部件

例如射线发生器等在运输前进行拆卸，单独包装运输，避免运输过程中出现碰撞。在客户使用场所进行射线发生器的重新安装，然后进行几何误差的测试，在操作系统中输入几何校正参数，校正设备因运输过程产生的误差。

③按使用单位的环评要求做好现场分区，疏散监督区和控制区的无关人员，调试人员佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪，并携带便携式 X- $\gamma$  剂量率仪。对安装好的射线装置进行整体巡测，确保辐射剂量率小于控制值，记录巡检数据。

④ 移交使用单位。

安装好后对使用单位辐射工作人员进行设备的使用培训，培训对象仅限于购买本公司设备并取得了辐射安全许可证的使用单位，主要是对设备的基本操作和辐射防护安全进行介绍和实际操作培训，确保使用单位辐射工作人员能正确使用设备。

①售后人员和使用单位辐射工作人员均佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪，并携带便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，售后人员根据使用单位的待检工件进行实际操作演示。

②售后人员指导使用单位辐射工作人员进行设备的实际操作，仔细观察操作过程是否符合设备操作流程，指出操作中的问题并进行指导，直到能正确完成设备使用。

## **(5) 售后维护**

建设单位需要对客户端的射线装置提供售后服务，主要包括定期维护与故障维修，其中定期维护主要是对设备的固件进行检查保养，期间不需要进行出束。故障维修由客户单位提出诉求后，委派售后人员到现场确认和维修。维修的项目主要包括：设备框架、运动控制系统、数据采集和处理系统等。与射线发生器相关的维修，需由射线发生器生产厂家负责，若屏蔽箱体损坏，需返回建设单位厂房，联系屏蔽箱体生产厂家更换屏蔽箱体，更换屏蔽箱体后按照章节 9.4.2 进行测试。

① 维修前，先让非辐射工作人员离开现场；

② 维修人员按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并携带便携式 X- $\gamma$  剂量率仪；

③ 采取可靠的断电措施，先对故障进行排查；

④ 对故障进行维修，必要时对发生故障零部件进行拆卸和更换；

⑤ 维修后需要将屏蔽箱体安装完整，确认安全联锁和辐射安全措施已完善，同时

研判维修现场是否具备出束测试的条件，如具备，则就地出束测试，如不具备，则需要将设备运回本项目调试场所进行出束测试；

⑥对维修后的射线装置进行整体巡测，确保辐射剂量率小于控制值，记录巡检数据。

## 5、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。

(2) 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。

(3) 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。

(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。

## 6、辐射监测方案

### (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、销售和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制件。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，监测周期最长不超过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、销售和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。

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日前上报环境行政主管部门。

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。

## 7、辐射工作人员职业健康检查和个人剂量管理要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关要求，制定该要求。

### （1）职业健康检查要求

根据《放射工作人员健康要求及监护规范》的相关要求：职业健康检查包括上岗前、在岗期间、离岗时、应急照射和事故照射后的健康检查。放射工作人员上岗前，应进行上岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康要求的，方可参加相应的放射工作；放射工作单位不得安排未经上岗前职业健康检查或者不符合放射工作人员健康要求的人员从事放射工作。放射工作人员在岗期间职业健康检查周期按照卫生行政部门的有关规定，不得超过2年，必要时，可适当增加检查次

数，在岗期间因需要而暂时到外单位从事放射工作，应按在岗期间接受职业健康检查。

### **(2) 个人剂量管理要求**

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，委托具备资质的个人剂量监测技术服务机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，监测周期最长不超过 3 个月，按要求建立个人剂量档案。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。

### **(3) 档案管理要求**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，职业照射的记录必须为每一位工作人员都保存职业照射记录，职业照射记录应包括：

①涉及职业照射的工作的一般资料；达到或超过有关记录水平的剂量和摄入量等资料，以及剂量评价所依据的数据资料；对于调换过工作单位的工作人员，其在各单位工作的时间和所接受的剂量和摄入量等资料；

②因应急干预或事故所受到的剂量和摄入量等记录，这种记录应附有有关的调查报告，并应与正常工作期间所受到的剂量和摄入量区分开；

③应按国家审管部门的有关规定报送职业照射的监测记录和评价报告，准许工作人员和健康监护主管人员查阅照射记录及有关资料；当工作人员调换工作单位时，向新用人单位提供工作人员的照射记录的复制件；

④当工作人员停止工作时，应按审管部门或审管部门指定部门的要求，为保存工作人员的照射记录做出安排；停止涉及职业照射的活动时，应按审管部门的规定，为保存工作人员的记录作出安排；

⑤职业照射个人剂量档案应终身保存。

## **8、射线装置生产及销售管理和台账制度**

(1) 应寻找有资质和一定实力的生产商，确保零部件工艺合格，要求生产商在自身工厂完成质量测试后再供货。

(2) 组装人员应对供应商送来的零部件、外购件进行组装前质检，不良品不能使用。

- (3) 为确保辐射安全性，组装过程严禁通电。
- (4) 建设生产和销售台账，记录射线装置生产和销售全过程；
- (5) 销售前取得辐射安全许可证，按照许可的型号、数量开展射线装置销售工作；
- (6) 销售人员也应纳入辐射工作人员进行管理，通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加辐射安全与防护上岗培训和考核，通过考核后方可从事射线装置销售工作。
- (7) 购买使用本项目销售的射线装置的客户单位，应按要求先进行环境影响评价和申领辐射安全许可证，取得相应资质后方可安装。

## 9、射线装置维修维护制度

- (1) 维修维护对象仅限于本公司设备以及购买本公司设备并取得了辐射安全许可证的使用单位。由客户单位提出诉求后，委派本单位专业人员到现场确认和维修维护。
- (2) 设备维修维护应由具备资质的本单位专业人员负责，按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并至少两人参与维修维护工作。
- (3) 维修维护前应采取可靠的断电措施，切断需检修设备的电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”安全标志，做好现场管控。
- (3) 射线装置每年至少维护一次，设备维护包括射线装置的彻底检查和所有零部件的详细检查。
- (4) 当发现设备有故障或损坏需更维修时，应保证所更换的零部件为合格产品。与 X 射线管相关的维修，需由 X 射线管生产厂家负责，若屏蔽体损坏需返回建设单位厂房联系屏蔽体生产厂家更换屏蔽体。
- (5) 维护后通电测试前，应确保安全联锁系统、急停按钮等已正常启动，确保屏蔽厢体已安装完整，严禁在辐射安全与防护设施未启动、辐射屏蔽厢体拆卸状态下开机进行测试。
- (6) 做好设备维修维护记录。

# 深圳市大族数控科技股份有限公司

## 辐射事故应急预案

### 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安全和防护条例》和《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、事故应急机构及其职责

#### 1、事故应急机构

成立辐射事故应急小组，组织、开展生产过程发生的辐射事故应急救援工作，人员名单见下表：

应急机构	姓名	职务	部门	应急联系电话
组长	刘浩	经理	客户增值服务平台	
成员	黄钧勇	工程师	客户增值服务平台	
	石佳	工程师	客户增值服务平台	
	凌家盛	工程师	客户增值服务平台	
	盛亮	工程师	客户增值服务平台	

外部相关单位应急联系电话：

单位	应急电话
广东省生态环境厅	020-87531393、12345
深圳市生态环境局	0755-82781862、12345
深圳卫生和健康委员会	0755-88113921、12345
深圳公安局	110

#### 2、人员职责

组长职责：

- (1) 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；
- (2) 根据事件情况启动本预案，指挥、指导应急救援行动；

(3) 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，向当地生态环境部门、公安部门和卫生部门报告；负责组织事故后续工作的开展及总结。

小组成员职责：

(1) 对辐射工作区域进行检查，发现事故隐患及时上报应急组长并落实整改；

(2) 事故状态下，根据应急准备和响应领导小组组长的指示，编制辐射事故处置方案，开展应急救援工作；

(3) 发生事故人员受到照射时，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，迅速安置受照人员就医，组织控制区和监督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；

(4) 组织辐射事故应急方面的培训和预案演练活动，评估预案的有效性。

### 三、应急处理要求

(一) 发生下列情况之一，应立即启动本预案：

(1) 研发和出厂前调试时，工作人员配合失误，有工作人员还在调试铅房的情况下，外面的工作人员关闭防护门开启射线发生器，使停留在调试铅房内的工作人员被误照射；

(2) 研发、出厂前调试及安装后调试和培训时装载门安全联锁失效，工作人员在装载门没有关闭的情况下，意外开启射线发生器，导致工作人员被意外照射；

(3) 售后维修时没有采取可靠的断电措施，意外开启射线发生器，使维修人员受到误照射。

(二) 事故发生后，当事人应立即切断射线装置的电源，立即报告辐射事故应急小组，由应急小组有关部门和人员进行辐射事故应急处理，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。

(三) 向环境主管部门及时报告事故情况。

(四) 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。

(五) 负责迅速安置受照人员就医，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、辐射事故分类与应急原则

使用射线装置可能发生的辐射事故，根据人员受照剂量和伤亡人数分为一般辐射事故、较大辐射事故、重大辐射事故和特别重大辐射事故：

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
较大辐射事故	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。
特别重大辐射事故	射线装置失控导致 3 人（含 3 人）以上急性死亡。

一般情况下，本项目可能发生的辐射事故为“射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”的类别，属于一般辐射事故，极端情况下，本项目可能发生的辐射事故为“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”可能发生的辐射事故为较大辐射事故。

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，防止事故扩大的原则；
- 5、保护现场，收集证据的原则。

#### 五、辐射事故应急处理程序及报告制度

(一) 一旦发生辐射事故，必须马上停止使用射线装置，切断总电源，当事人应立即通知工作场所的所有人员离开，并立即上报辐射事故应急小组；

(二) 对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，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。

（三）应急小组组长应立即召集成员，根据具体情况迅速制定事故处理和善后方案。事故处理必须在单位负责人的领导下，在经过培训的事故应急人员的参与下进行。

除上述工作外，辐射事故应急人员还应进行以下几项工作：

1、根据现场辐射强度，估算工作人员在现场工作的时间，估算事故人员的受照剂量。

2、对严重剂量事故，应尽可能记下现场辐射强度和有关情况，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。

（四）发生辐射事故后，当事人员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《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生部门报告。

## 六、人员培训和演习计划

1、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。

## 七、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、安全部负责人参加的事故调查组、善后处理组。

（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、过程和人员伤亡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。



## 建设项目环境影响报告书审批基础信息表

李勇威

谢章雄

填表单位(盖章):		深圳市大族数控科技股份有限公司				填表人(签字):		李勇威		项目经办人(签字):		谢章雄			
建设 项目	项目名称	深圳市大族数控科技股份有限公司生产、销售和使用X射线检测系统项目				建设内容		拟在广东省深圳市宝安区福海街道桥头社区永福路67号数控创新产业大厦一层开展HANS-X75SLA型X射线检测系统(最大管电压130kV,最大管电流0.5mA)的生产、销售、使用活动;设置1个调试区,在内安装1间调试铅房用于HANS-X75SLA型X射线检测系统的研发和出厂前调试,设置1个组裝包装区用于HANS-X75SLA型X射线检测系统的组裝生产。							
	项目代码	无													
	环评信用平台项目编号	2o3ke0				建设规模		本项目X射线检测系统年最大生产销售量为30台。							
	建设地点	广东省深圳市宝安区福海街道桥头社区永福路67号数控创新产业大厦一层													
	项目建设周期(月)	3-6				计划开工时间		2025年10月							
	建设性质	新建											预计投产时间		2025年12月
	环境影响评价行业类别	55-172核技术利用建设项目				国民经济行业类型及代码		M75科技推广和应用服务业							
	现有工程排污许可证或排污登记表编号(改、扩建项目)			现有工程排污许可管理类别(改、扩建项目)									项目申请类别		新申项目
	规划环评开展情况	不需开展				规划环评文件名		/							
	规划环评审查机关												规划环评审查意见文号		/
建设地点中心坐标(非线性工程)	经度	113.805800	纬度	22.689300	占地面积(平方米)	251.5	环评文件类别		环境影响报告表						
建设地点坐标(线性工程)	起点经度		起点纬度		终点经度							终点纬度		工程长度(千米)	
总投资(万元)	1000.00				环保投资(万元)		60.00		所占比例(%)		6.00%				
建设 单位	单位名称	深圳市大族数控科技股份有限公司		法定代表人	杨朝晖		单位名称		广州星环科技有限公司		统一社会信用代码		91440106MA59DA73A		
	统一社会信用代码(组织机构代码)	914403007362935988		主要负责人	刘浩				编制主持人				姓名	陈健阳	
	统一社会信用代码(组织机构代码)	914403007362935988		联系电话			通讯地址				信用编号	BH061992			
	通讯地址	深圳市宝安区福海街道和平社区重庆路12号大族激光智造中心				环评 编制 单位			职业资格书 管理号		2022050354600000001		广州市海珠区南洲路365号二层236		
污染物 排放量		现有工程 (已建+在建)		本工程 (拟建或调整变更)				总体工程 (已建+在建+拟建或调整变更)							区域削减来源(国家、 省级审批项目)
		①排放量 (吨/年)	②许可排放量 (吨/年)	③预测排放量 (吨/年)	④“以新带老”削减量(吨/年)	⑤区域平衡替代本工程削减量(吨/年)	⑥预测排放总量 (吨/年)	⑦排放增减量 (吨/年)							
废 水	废水量(万吨/年)														
	COD														
	氨氮														
	总磷														
	总氮														
	铅														
	汞														
	镉														
	铬														
	类金属砷														
	其他特征污染物														
	废 气	废气量 (万立方米/年)			数量										
		二氧化硫													
		氮氧化物			数量										
颗粒物															
挥发性有机物															
铅															
汞															
镉															
铬															
类金属砷															
其他特征污染物			数量												

