

编号：PPRYHP-20240905

核技术利用建设项目

广州优飞智能设备有限公司

核技术利用建设项目

环境影响报告表

(报审稿)



广州优飞智能设备有限公司

2024年12月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

广州优飞智能设备有限公司

核技术利用建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：广州优飞智能设备有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

莫理林

通讯地址：广州市黄埔区起云路8号6栋101房、201房

邮政编码：

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

打印编号: 1727160646000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	5pfnv1		
建设项目名称	广州优飞智能设备有限公司核技术利用建设项目		
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)	广州优飞智能设备有限公司		
统一社会信用代码	91440104050617914J		
法定代表人 (签章)	莫理林		
主要负责人 (签字)	黄静		
直接负责的主管人员 (签字)	黄静		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	工物研 (广州) 科技有限公司		
统一社会信用代码	91440106MA59CFKN6J		
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
郭倩	08356143507610264	BH031818	郭倩
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
郭倩	项目基本情况、废弃物 (重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标及评价标准、环境质量和辐射现状、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、审核校对	BH031818	郭倩
林婉婷	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物 (重点是放射性废弃物)、项目工程分析和源项、辐射安全与防护、环境影响分析、结论与建议	BH069692	林婉婷



中华人民共和国
环境影响评价工程师
职业资格证书

Professional Qualification Certificate
Environmental Impact Assessment Engineer
The People's Republic of China



持证人签名:

Signature of the Bearer

08356143507610264

管理号:
File No.:

姓名:

Full Name

郭倩

性别:

Sex

女

出生年月:

Date of Birth

1983.09

专业类别:

Professional Type

批准日期:

Approval Date

2008.05.11

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2008年10月31日

Issued on



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	13
表 3 非密封放射性物质	13
表 4 射线装置	14
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	15
表 6 评价依据	16
表 7 保护目标及评价标准	18
表 8 环境质量和辐射现状	25
表 9 项目工程分析和源项	32
表 10 辐射安全与防护	51
表 11 环境影响分析	70
表 12 辐射安全管理	89
表 13 结论与建议	98
表 14 审批	101
附件 1 环评委托	102
附件 2 法人身份证件	103
附件 3 营业执照	104
附件 4 厂房租赁合同	105
附件 5 关于无人机 X 射线探伤装置的参数说明	112
附件 6 相关制度	113
附件 7 监测报告	158

表 1 项目基本情况

建设项目名称		广州优飞智能设备有限公司核技术利用建设项目			
建设单位		广州优飞智能设备有限公司			
法人代表		莫理林	联系人	黄静	联系电话
注册地址		广州市黄埔区起云路 8 号 6 栋 101 房 6 栋 201 房			
项目建设地点		无人机 X 射线探伤装置拟于广州市黄埔区安居宝科技园 F 栋二层组装间进行组装；拟于 F 栋一层调试间铅箱内进行出厂前调试及维修后测试；拟储存于一层设备间；实操培训在客户指定作业场所，为不固定场所。			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		155	项目环保投资（万元）	15	投资比例（环保投资/总投资） 9.7%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ） /
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☒ 生产	☒ II类 ☐ III类		
		☒ 销售	☒ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			

1.1 建设单位概况

广州优飞智能设备有限公司（以下简称“优飞公司”或“建设单位”）成立于 2012 年 07 月 17 日，注册地位于广州市黄埔区起云路 8 号 6 栋 101 房 6 栋 201 房。优飞公司多年来专注于无人机智能巡检行业解决方案，公司拥有多项自主知识产权、技术专利、软件著作权，是集研发、生产、销售、培训及服务于一体的高新技术企业。面对多行业日益复杂的巡检场景，公司根据不同的场景需求，结合多年行业经验，自主研发了自动机场系列、无人机智能库房、无人机智能挂载系列，软件平台系统等产品。以科技赋能，解决方案下沉至诸多应用场景，为能源、电力、政企、安防、应急等领域提供应用解决

方案。面向管理人员及巡检人员提供应用服务，以专业化的售前、售中、售后服务赢得了客户的信赖与好评，致力于成为智能巡检行业引领者。

1.2 项目由来

在我国架空输电线路的运行过程中，导、地线连接大量采用压接型电力金具（耐张线夹和接续管），压接型电力金具既要承受导线或地线的全部张力，同时又是导体，起到过流的作用，此类金具一旦安装后，就不再拆卸。当线路处于大负荷运行情况下，压接不符合要求的耐张线夹和接续管易引发局部发热温度过高而损伤导线，导致连接强度的降低，或因压接握力不足导致掉线，尤其在导线覆冰或舞动的情況下，极可能因压接质量问题引起掉线事故。因此，耐张线夹和接续管的压接质量严重影响输电线路的安全运行。

X 射线数字成像技术拥有检测效率高、灵敏度高、检测成本低、效果直观等优点，具有很强的灵活性和便携性，适合输电线路中耐张线夹及接续管的内部检测，对保障电网安全运行具有重要意义。建设单位拟生产、销售、使用无人机 X 射线探伤装置，该设备售出后将用于开展耐张线夹及接续管的无损检测。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》的规定，建设对环境有影响的项目，应进行环境影响评价。根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）对射线装置分类，本项目涉及的无人机 X 射线探伤装置属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）中“五十五、核与辐射”中“172、使用 II 类射线装置的”的规定，应编制环境影响报告表。

为此，优飞公司委托工物研（广州）科技有限公司开展“广州优飞智能设备有限公司核技术利用建设项目”的环境影响评价工作（委托书见附件 1）。在接受委托后，我单位组织相关技术人员进行了现场勘查、资料收集等工作，并结合项目特点，按照《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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

1.3 项目建设内容及规模

1.3.1 建设项目内容

建设单位拟从无人机厂家、X 射线机厂家分别购置无人机和 X 射线机（XRS3 型）组装成无人机 X 射线探伤装置。建设单位拟购置的无人机和 X 射线机（XRS3 型）均

是成熟机型，建设单位仅对成熟机进行组装，不涉及无人机及 X 射线机（XRS3 型）的研发工序。建设单位拟生产、销售、使用的无人机 X 射线探伤装置涉及到组装、调试、销售、理论培训、实操培训、维修后测试等环节。调试、实操培训及维修后测试环节涉及射线装置出束，其中调试及维修后测试在优飞公司一层调试间铅箱内进行，铅箱委托有资质的第三方厂家设计、生产；实操培训在客户单位指定场所进行，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所。根据建设单位提供资料，本项目涉及出束的 X 射线机（XRS3 型）无需训机，无人机和 X 射线机的维修由设备厂商将故障设备带回原厂维修，建设单位不负责无人机和 X 射线机的维修维护。

优飞公司位于广州市黄埔区安居宝科技园 F 栋一层、F 栋二层，根据建设单位提供资料，无人机 X 射线探伤装置组装车间拟设置于公司二层组装间（组装期间不产生 X 射线）；贮存地点拟设置于公司一层设备间（贮存期间不产生 X 射线）；调试及维修后测试拟于公司一层调试间铅箱内进行；实操培训在客户指定作业场所，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。设备组装调试完成后贮存于设备间，由管理人员进行管理。

本项目建设内容见表 1-1。

表 1-1 项目建设内容

设备名称	型号	主要技术参数	类别	类型	备注	年销量 (台)	活动种类
无人机 X 射线探伤装置	XD	最大管电压 270kV 最大管电流 0.25mA	II 类	定向	脉冲式	1000	生产、销售、使用

1.3.2 劳动定员及工作负荷

(1) 劳动定员

本项目拟配置辐射工作人员 5 名，负责设备调试、实操培训和维修后测试期间的操作。其中操作人员 2 名，现场管理人员 3 名，所有辐射工作人员均在通过辐射安全与防护培训考核后上岗。拟分别配置 5 名工作人员负责组装和理论培训期间的工作，拟配置 15 名工作人员负责销售期间的工作，负责组装、销售及理论培训期间的工作人员不涉及辐射工作。

公司应在确定辐射工作人员后，及时安排辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名培训和参加考核。考核成绩全国有效，有效期五年，考核合格后方可上岗。本项目设备劳动定员见下表。

表 1-2 劳动定员及工作内容

工作阶段	拟配置工作人员数量 (人)		工作内容	是否进行辐射工作
设计、组装	5		负责无人机X射线装置的设计，并负责安装X射线机快拆装置、云台相机、测距模块（设计、组装期间不对X射线机进行改造）	否
调试、维修后测试	5 (辐射工作人员)		主要负责无人机的调试和无人机X射线探伤装置开关机、参数设置、设备摆放、收取设备等操作。设置警戒线和电离辐射警告标志等。	是
销售	15		与客户单位确认交期和安装要求，审核客户单位资质等	否
理论培训	5		负责理论培训和实操培训期间的工作	否
实操培训	5 (辐射工作人员)	2	操作人员：负责设备开关机、参数设置、无人机飞行、收取设备等操作	是
		3	管理人员：操控巡检无人机进行巡查，设备出束工作期间对现场辐射安全进行管理，在实操培训期间不定时巡查监督区边界情况，防止无关人员逗留	

备注：本项目调试、维修后测试、实操培训期间的工作期间的辐射工作人员相同。

(2) 工作负荷

根据建设单位提供资料，本项目设备无需训机，无人机 X 射线探伤装置每秒最多出束 15 次脉冲，每个脉冲宽度为 25ns。

调试：调试场所拟设置于优飞公司一层调试间铅箱内。建设单位预计年产量 1000 台，每台设备调试曝光最多需要 10 次脉冲，10 次脉冲出束时间为 $2.5 \times 10^{-7}s$ ，保守估计（即曝光期间按 10 次脉冲估计）每生产调试 1 台无人机 X 射线探伤装置曝光时间约为 6.9E-11h，则设备调试期间年总曝光时间为 6.9E-08h。

实操培训：实操培训场所在客户指定作业场所，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。建设单位预计年销售 1000 台，每台设备实操培训期间曝光最多需要 10 次脉冲，保守估计（即试运行和曝光均按 10 次脉冲估计）每销售 1 台无人机 X 射线探伤装置曝光时间约为 6.9E-11h，则设备培训期间年总曝光时间为 6.9E-08h。

维修后测试：维修后测试场所与调试场所一致，设置于优飞公司一层调试间铅箱内。建设单位预计年销售 1000 台，每台设备测试曝光最多需要 10 次脉冲，保守估计每台设备均需维修一次，每测试 1 台无人机 X 射线探伤装置曝光时间约为 6.9E-11h，则设备测试期间年总曝光时间为 6.9E-08h。

综上所述，建设单位年生产 1000 台的无人机 X 射线探伤装置年总曝光时间为 2.1E-07h。本项目工作负荷见表 1-3。

表 1-3 工作负荷一览表

设备名称	涉及出束的装置	阶段	每秒脉冲次数	脉冲宽度 (ns)	曝光脉冲数	数量 (台/年)	每台设备所需曝光时间 h	所有 X 射线机年总曝光时间 h/a
无人机 X 射线探伤装置	X 射线机 (XRS3 型)	调试	15	25	10	1000	6.9E-11	2.1E-07
		实操培训			10		6.9E-11	
		维修后测试			10		6.9E-11	

1.4 本项目产业政策符合性及实践正当性分析

1.4.1 产业政策符合性分析

建设单位拟生产、销售、使用无人机 X 射线探伤装置，设备售出后将用于开展耐张线夹及接续管 X 射线无损检测，系核技术应用项目在工业领域内的运用。根据国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中“十四、机械 1、科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，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无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”的 X 射线仪项目。因此，本项目符合国家当前的产业政策。

1.4.2 实践正当性分析

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用。查阅相关资料可知，目前大部分接续管探伤需要人工登塔作业，本项目利用无人机代替作业人员登塔，保障了作业人员生命安全。建设单位拟生产、销售、使用的设备将用于开展耐张线夹及接续管的 X 射线无损检测，可有效排查隐患，对保障电网安全运行具有重要意义。

由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在设备调试和实操培训过程中射线装置的应用可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响，同时射线装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故。建设单位在开展设备调试和实操培训过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响控制在满足国家防护标准下的低水平。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 4.3.1 实践的正当性的要求，因此本项目核技术应用的实践具有正当性。

1.5 本项目周边环境描述及选址

本项目无人机 X 射线探伤装置拟于公司二层组装间进行组装（设备组装期间不产生 X 射线，对周边环境无辐射影响）；拟贮存于公司一层设备间（设备贮存时探伤机处于关机状态，不产生 X 射线，对周边环境无辐射影响）；调试场所及维修后测试场所拟设置于公司一层调试间；实操培训在客户指定作业场所进行，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。

优飞公司与广州市黄埔区的位置关系见图 1-1，本项目 200m 范围见图 1-2。



图 1-1 广州优飞智能设备有限公司地理位置图



图 1-2 本项目 200m 范围图

1.5.1 周边环境关系

建设单位拟生产、销售、使用的无人机 X 射线探伤装置拟于公司一层调试间铅箱内进行设备出厂前的调试及维修后测试，拟于客户指定作业场所进行实操培训。根据建设单位提供资料，本项目使用的成像板是电子影像，不产生废显（定）影液和废胶片，本项目射线装置无需训机无人机和 X 射线机均由设备厂商带回原厂维修，建设单位不负责无人机和 X 射线机的维修维护。

调试间铅箱周围环境：

（1）外部环境

铅箱东北侧约 48m 为安居宝科技园园区宿舍；南侧约 30m 为安居宝科技园 E 栋，约 37m 为安居宝科技园 C 栋；西侧约 45m 为门卫处；西北侧约 41m 为起云路。

（2）内部环境

铅箱北侧约 1.8m 为高温房，东侧约 1.4m 为生产间，南侧约 2.2m 为展厅；东侧约 37.3m 为活动室，约 45.5m 为办公室，约 37.1m 为设备组装间；正上方为财务室和公司内走廊；正下方为土层，无实体建筑。

本项目铅箱外 50m 周围场所分布一览表见表 1-4。优飞公司周围 50m 范围环境图见图 1-3，公司一层、二层平面布局图见图 1-4~图 1-5。现场勘查图片见图 1-6。

表 1-4 项目铅箱外 50m 周围场所分布一览表

方位		周围场所	距离
公司内部	东侧	生产间	1.4m
	东侧	活动室	37.3m
	东侧	办公室	45.5m
	东侧	设备组装间	37.1m
	南侧	展厅	2.2m
	北侧	高温房	1.8m
	正上方	财务室、走廊	相邻
公司外部	东北侧	园区宿舍	48m
	南侧	安居宝科技园 E 栋	30m
	南侧	安居宝科技园 C 栋	37m
	西侧	门卫处	45m
	西北侧	起云路	41m
	四周	园区内道路	50m 范围内



图 1-3 优飞公司周围 50m 环境图

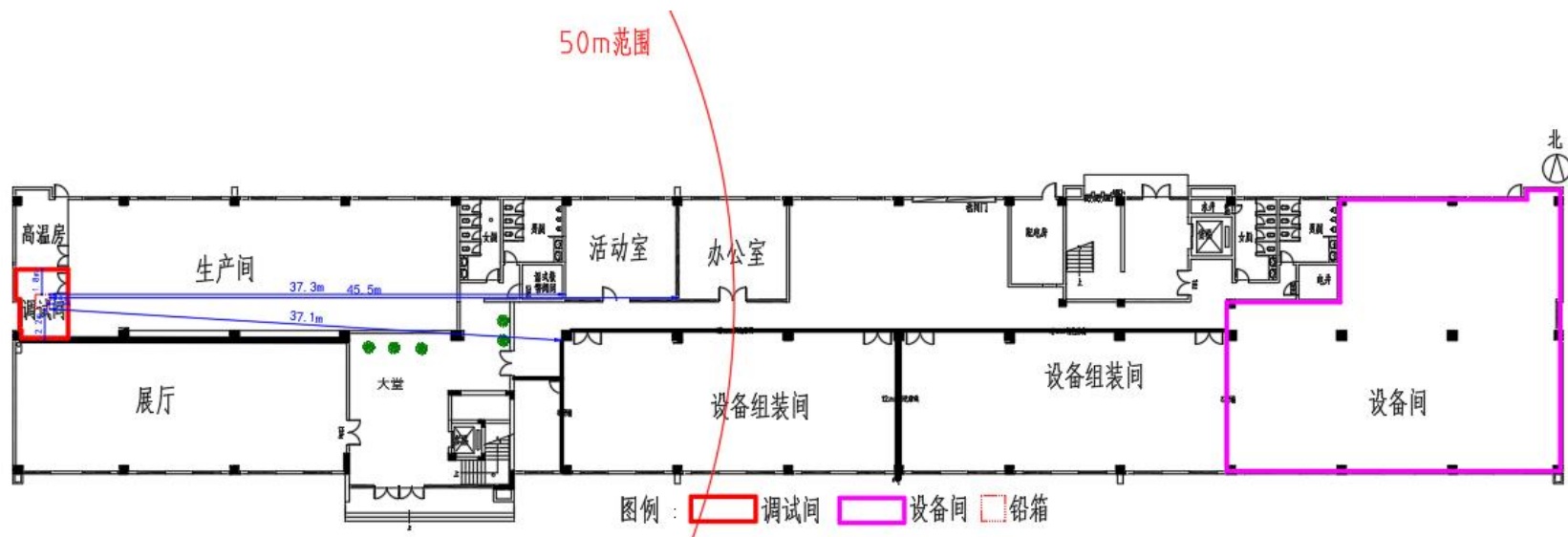


图 1-4 公司一层平面布局图



图 1-5 公司二层平面布局图

1.5.3 选址合理性

依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）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（无实体边界项目视情况而定，应不低于100m范围）。

本项目设备在公司一层调试间铅箱内进行调试和维修后测试工作，周边50m范围内为安居宝科技园C栋、E栋、F栋（公司所在楼栋）、园区宿舍、保卫处、起云路部分道路和园区内部分道路及绿化。环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、安居宝科技园C栋、E栋、F栋（公司所在楼栋）、园区宿舍、保卫处内办公人员，及在附近50m范围内道路的流动人员。

本项目拟使用的铅箱50m范围内无中小学、幼儿园和居民区等环境敏感目标，不涉及风景名胜区和自然保护区；200m范围内无学校，满足《广东省未成年人保护条例》中“学校周围直线延伸二百米范围内禁止设立易燃易爆、剧毒、放射性、腐蚀性等危险物品的生产、经营、储存、使用场所或者设施”的规定。本项目拟使用的铅箱200m范围示意图见图1-2。

因此本项目调试和维修后测试场所的选址合理。

实操培训在客户指定作业场所进行，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所，建设单位在进行设备实操培训前，需确保无人机 X 射线探伤装置束时控制区和监督区范围内无居民区、学校、医院等辐射环境敏感区域。无法避免时，应划定工作区域，把无关人员疏散至监督区以外。

实操培训期间射线装置距离监督区边界的最大距离大于100m的，取监督区边界作为评价范围；射线装置距离监督区边界的最大距离不足100m的，取射线装置所在位置为中心外100m作为评价范围。

1.6 原有核技术利用项目情况

广州优飞智能设备有限公司目前未实施任何核技术利用项目，且尚未取得《辐射安全许可证》。

	
设备间现状	调试间现状（铅箱放置房间）
	
铅箱正上方现状	公司南侧道路现状
	
公司西侧道路现状	公司北侧道路现状

图 1-6 现场勘查图

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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)	年最大使用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	无人机 X 射线 探伤装置	II类	1000 台/年	XD	270	0.25	开展耐张线夹及接 续管的无损检测	出厂前调试及维修后测试场所： 安居宝科技园 F 栋一层调试间铅 箱；培训场所：在客户指定作业 场所，为不固定场所	定向 出束

（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)	最大靶管电 流 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	微量	/	直接排放	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. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg，或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）； (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<中华人民共和国劳动法>等七部法律的决定》修正）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日经国务院令第 449 号公布，2014 年 7 月 29 日经国务院令第 653 号修改，2019 年 3 月 2 日经国务院令第 709 号修改）； (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，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施）； (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）； (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，2020 年 11 月 5 日生态环境部部务会议审议通过，2021 年 1 月 1 日起施行）； (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），自 2019 年 11 月 1 日起施行； (11) 《广东省未成年人保护条例》（2009 年 1 月 1 日实施）； (12) 《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，2024 年 2 月 1 日起施行）； (13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行）；
------	---

	(14) 《建设项目竣工环境保护验收暂行方法》（国环规环评[2017]4 号）。
技术标准	(1) 《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）； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）； (4) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (5) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； (6) 《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）； (7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (8) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (9) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）。
其他	(1) 环评委托书； (2) 广州优飞智能设备有限公司提供的资料； (3) 《辐射防护手册（第一分册）》，李德平、潘志强； (4) 《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年 7 月第 1 版）。

表 7 保护目标及评价标准

7.1 评价范围

本项目设备调试及维修后测试场所位于公司一层调试间铅箱，使用的铅箱带有固定的实体屏蔽体；实操培训在客户指定作业场所进行，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。

依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）。

因此在设备调试及维修后测试期间将铅箱屏蔽体外 50m 范围内作为评价范围；实操培训期间根据第十一章理论估算，主射束方向水平时，地面投影的主射线束方向控制区边界为 109m，监督区边界为 273m；非主射束方向监督区边界为 34m。因此选取实操培训期间主射束方向距探伤装置 273m，非主射束方向距探伤装置 100m 作为评价范围。评价范围示意图见图 7-1。



图7-1.1 铅箱周围50m外环境图

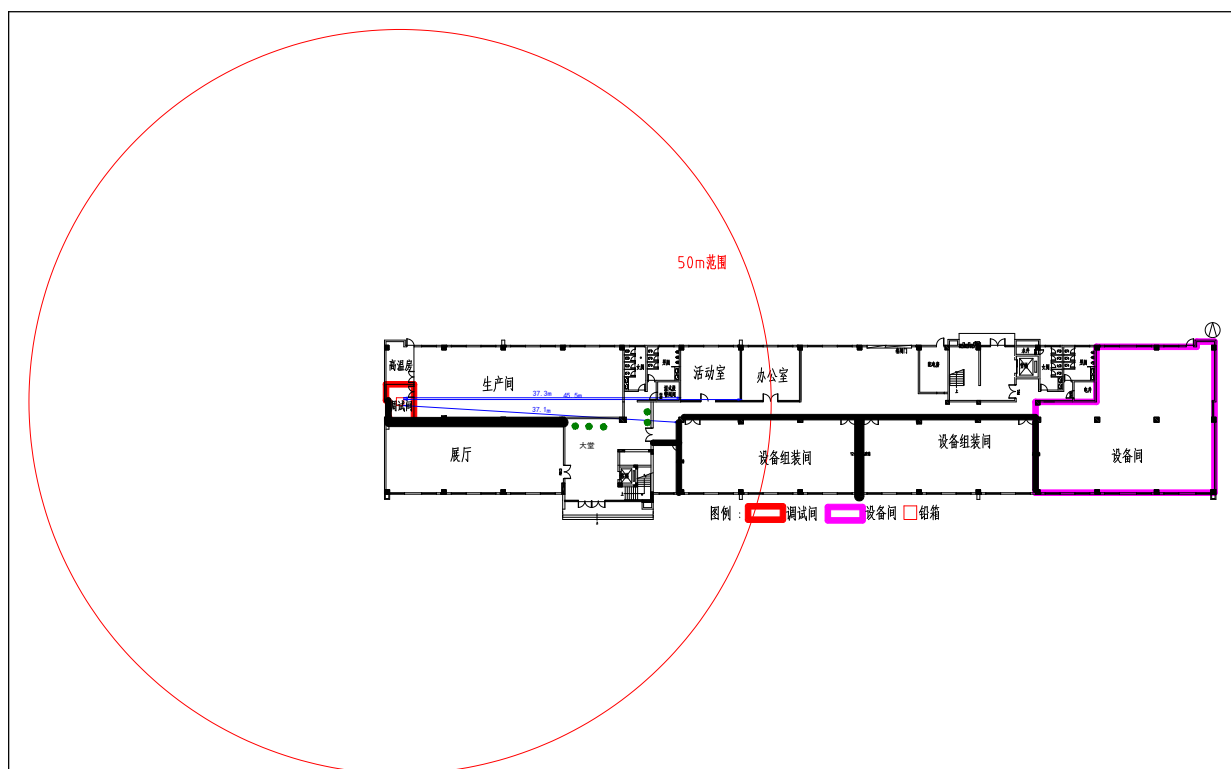


图 7-1.2 铅箱周围 50m 内环境图

7.2 保护目标

本项目位于优飞公司一层调试间铅箱，铅箱 50m 评价范围内包括安居宝科技园 C 栋、E 栋、F 栋（公司所在楼栋）、园区宿舍、保卫处、起云路部分道路、园区内部分道路。环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、安居宝科技园 C 栋、E 栋、F 栋、园区宿舍、保卫处内办公人员、在评价范围内道路的流动人员。实操培训本项目的环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

位置	方向	场所	铅箱与周围场所距离	影响人群	最大影响人数 (人)	年有效剂量约束值 (mSv/a)
广州优飞智能设备有限公司内	/	调试间（铅箱所在房间）	相邻	辐射工作人员	5	5
	北侧	高温房	1.8m	公众	2	0.25
	东侧	生产间	1.3m	公众	20	0.25
	南侧	展厅	1.8m	公众	2	0.25
	东侧	大堂	21.5m	公众	2	0.25
	东侧	活动室	37.3m	公众	10	0.25
	东侧	办公室	45.5m	公众	10	0.25
	东侧	设备组装间	37.1m	公众	20	0.25

	正上方	财务室	/	公众	3	0.25
广州优飞智能设备有限公司外	西南侧	安居宝科技园 C 栋	37m	公众	300	0.25
	南侧	安居宝科技园 E 栋	30m	公众	300	0.25
	东北侧	园区宿舍	48m	公众	400	0.25
	西侧	门卫处	45m	公众	3	0.25
	西北侧	起云路	41m	公众	流动人员	0.25
	四周	园区内道路	50m 范围内	公众	流动人员	0.25
实操培训场所：在客户指定作业场所，为不固定场所	/	控制区边界外	/	辐射工作人员	5	5
				公众（客户单位）	5	0.25
		监督区边界外		公众	流动人员	0.25

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

（1）剂量限值

①职业照射

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B 剂量限值：应对任何工作人员的职业水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。

②公众照射

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B 剂量限值：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。

③剂量约束

在环境评价中，出于“防护与安全的最优化”原则，本项目辐射工作人员及公众取其年剂量限值的 1/4 作为剂量约束限值，即工作人员的年剂量约束值 5mSv，公众的年剂量约束值 0.25mSv。

（2）辐射管理分区

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

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

7.3.3 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

6 固定式探伤的放射防护要求（本项目设备出厂调试及维修后测试工作场所为固定式工作场所）

6.1 探伤室放射防护要求（本项目探伤室为调试间铅箱）

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。

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。

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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

本项目参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准中的探伤室即是本项目评价的铅箱自屏蔽体，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）剂量限值的要求，本项目使用的铅箱的自屏蔽体外 30cm 的周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

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

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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。

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。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

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。

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。

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。

7 移动式探伤的放射防护要求（本项目实操培训场所为不固定场所）

7.1 作业前准备

7.1.1 在实施移动式探伤（本项目不实施移动探伤，但建设单位需对设备进行出厂调试、实操培训及维修后测试）工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。

7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业（本项目不实施移动探伤，但建设单位需对设备进行出厂调试、实操培训及维修后测试）时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量

报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

7.3 安全警示

7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

7.3.3 X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

7.4 边界巡查与检测

7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目铅箱拟放置于广州市黄埔区安居宝科技园 F 栋公司一层调试间内，铅箱周边 50m 范围包括安居宝科技园 C 栋、E 栋、F 栋（公司所在楼栋）、园区宿舍、保卫处、起云路部分道路、园区内部分道路，周边 50m 范围关系见图 7-1。

调试间铅箱周围环境：

（1）外部环境

铅箱东北侧约 48m 为安居宝科技园园区宿舍；南侧约 30m 为安居宝科技园 E 栋，约 37m 为安居宝科技园 C 栋；西侧约 45m 为门卫处；西北侧约 41m 为起云路。

（2）内部环境

铅箱北侧为高温房，东侧相邻为生产间，南侧相邻为展厅；东侧约 37.3m 为活动室，约 45.5m 为办公室，约 37.1m 为设备组装间；正上方为财务室和公司内走廊；正下方为土层，无实体建筑。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 环境现状评价对象

调试间铅箱及周围 50m 范围内环境。

8.2.2 监测因子

γ 辐射剂量率。

8.2.3 监测点位

为更充分了解本项目设备周边环境辐射水平现状，参照《环境 γ 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：开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或室内中心位置。本项目在调试间（铅箱所在房间）、调试间相邻场所、50m 评价范围内人员居留因子较大和人流量大的场所，覆盖环境敏感点，共布设 24 个点位。监测点位见图 8-1~图 8-3。

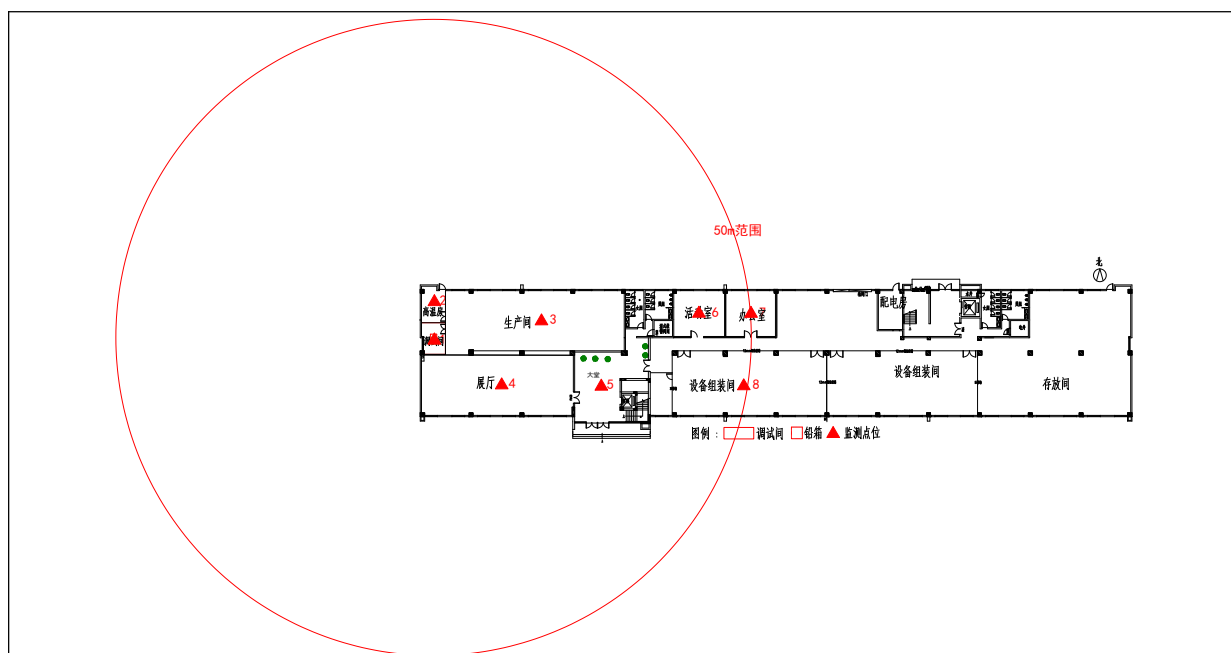


图 8-1 铅箱周围 X-γ辐射空气吸收剂量率检测布点图（公司一层）

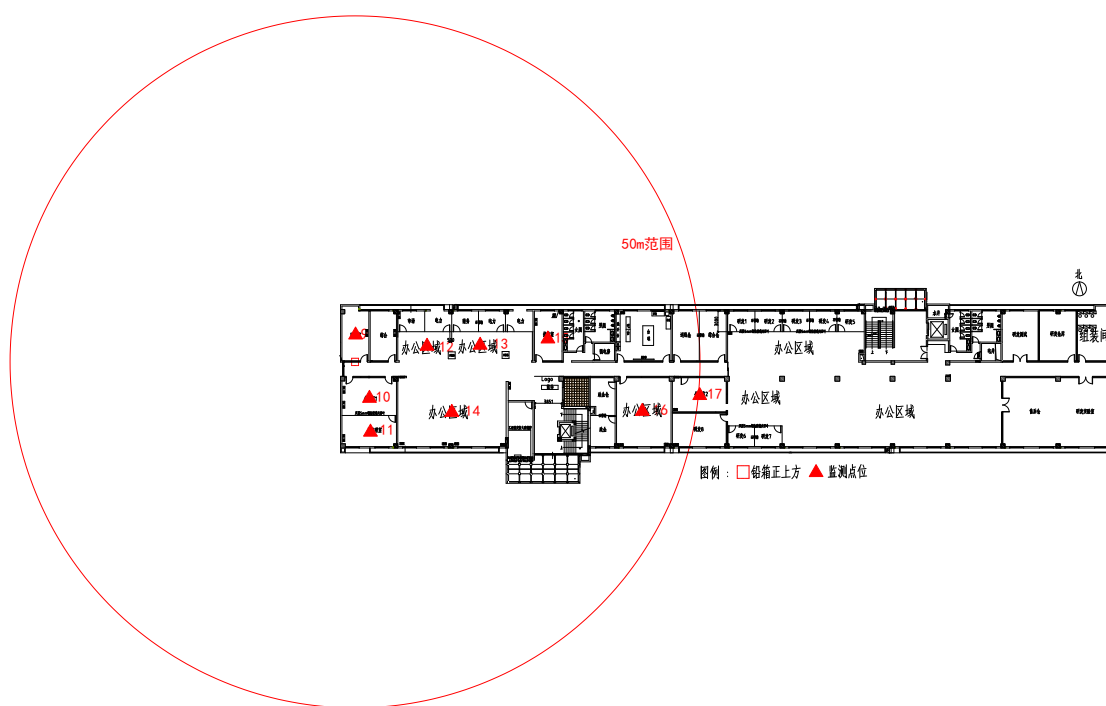


图 8-2 铅箱正上方周围 X-γ辐射空气吸收剂量率检测布点图（公司二层）



图 8-3 铅箱周围 50m 范围 X-γ辐射空气吸收剂量率检测布点图（公司外部）

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

- (1) 监测单位：深圳市赛辐环保科技有限公司
- (2) 监测日期：2024 年 11 月 07 日
- (3) 监测方式：现场检测
- (4) 环境条件：温度 22~24 °C；相对湿度：42~45%
- (5) 检测人员：曾旭利、吴铭笙
- (6) 监测规范：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157—2021）
- (7) 监测报告编号：SF-202411R-12186
- (8) 监测设备：NT6101 环境监测用 X-γ辐射空气吸收剂量率仪

表 8-1 辐射环境测量仪器主要技术参数一览表

仪器型号	NT6101
量程	0.01~600μGy/h
能量响应	30keV~7MeV
校准单位	深圳市计量质量检测研究院

校准报告编号	JL2403245631
计量有效期	2024 年 03 月 13 日~2025 年 03 月 12 日
仪器出厂编号	0118091

8.3.2 质量保证措施

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）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，保证此次结果科学有效。本次辐射环境监测质量保证措施的内容有：

（1）严密的组织：监测机构分工明确，有管理人员、技术人员，并赋予各人员相应的权利，确保其行使权力时必须的资源，并对监测人员有充分的监督。监测报告由技术人员编制、经校核、审核，最后由授权签字人批准，以保证报告质量；

（2）监测人员经过环境 γ 辐射剂量率测量相关专业培训，均为持证上岗；

（3）文件化管理：监测机构制定相关的质量要求文件，监测活动严格按照作业指导书等相关文件进行。监测单位具有相关的质量证明文件，包括人员培训记录、仪器/设备检定/校准证书等，监测过程记录原始数据并将数据以文件形式保存；

（4）规范化操作：监测机构的监测过程中严格遵照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的相关要求执行，监测人员熟练监测业务并参照标准和作业指导书执行监测活动。监测数据根据标准的进行数据处理；

（5）有效的控制：监测过程中全程处于受控状态，以达到质量要求所采取的作业技术活动；

（6）质量保证计划：监测单位对全过程制定了相应的质量保证计划，质量保证计划的内容包括：

1）明确单位的组织架构、职责、权力层次和对应管理接口，以及工作内容和能力；解决所有的管理措施，包括规划、调度和资源。

2）建立并宣贯工作流程和程序。

3）满足辐射环境监测的监管要求。

4）使用合适的采样和测量方法，选择合适的设备及其文件记录，包括对设备和仪器进行恰当的维护、测试和校准，保证其能正常运行。

- 5) 选择合适的环境介质采样和测量的地点及采样频度。
- 6) 使用的校准标准可追溯至国家标准或国际标准。
- 7) 有审查和评估监测方案整体效能的质量控制机制和程序（任何偏离正常程序的行为均应记录），必要时进行不确定度分析。
- 8) 参加能力验证或实验室间比对。
- 9) 满足记录及存档的规定要求。
- 10) 培训从事特定设备操作的人员，使其拥有相应的资格（根据管理需要）。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2，监测报告见附件 7。

表 8-2 辐射环境现状监测布点及结果一览表

测点编号	测量场所	测量点位	测量结果 ($\mu\text{Gy/h}$)		地面介质	场所性质
			平均值	标准差		
1	广州优飞智能设备有限公司内	调试间（铅箱所在房间）	0.17	0.01	地坪漆	楼房
2		高温房（距铅箱北侧约 1.8m）	0.14	0.01	地坪漆	楼房
3		生产间(距铅箱东侧约 1.3m)	0.15	0.02	地坪漆	楼房
4		展厅(距铅箱南侧约 1.8m)	0.16	0.02	地坪漆	楼房
5		大堂(距铅箱东侧约 21.5m)	0.14	0.01	地砖	楼房
6		活动室(距铅箱东侧约 37.3m)	0.16	0.01	地砖	楼房
7		办公室(距铅箱东侧约 45.5m)	0.15	0.01	地坪漆	楼房
8		设备组装间(距铅箱东侧约 37.1m)	0.15	0.02	地坪漆	楼房
9		财务室(铅箱正上方)	0.14	0.01	地砖	楼房
10		会议室 1 室(距铅箱正上方南侧约 1.7m)	0.13	0.01	地砖	楼房
11		总经理室(距铅箱正上方南侧约 7.2m)	0.16	0.02	地砖	楼房
12		办公区域(距铅箱正上方东侧约 9.6m)	0.14	0.01	地砖	楼房
13		办公区域(距铅箱正上方东侧约 17.2m)	0.14	0.01	地砖	楼房

14		办公区域(距铅箱正上方东侧约14.1m)	0.14	0.01	地砖	楼房
15		接待室(距铅箱正上方东侧约25.2m)	0.17	0.01	地砖	楼房
16		办公区域(距铅箱正上方东侧约37.4m)	0.18	0.01	地砖	楼房
17		会议室 2 室(距铅箱正上方东侧约45.4m)	0.15	0.01	地砖	楼房
18	广州优 飞智 能设备 有限 公司外	园区内道路（距铅箱北侧约 11m）	0.12	0.01	水泥	道路
19		园区内道路（距铅箱东侧约 48m）	0.12	0.01	水泥	道路
20		园区内道路（距铅箱南侧约 12m）	0.12	0.01	水泥	道路
21		园区内道路（距铅箱南侧约 36m）	0.12	0.01	水泥	道路
22		园区内道路（距铅箱西侧约 2m）	0.15	0.02	水泥	道路
23		门卫处（距铅箱西侧约 45m）	0.12	0.01	水泥	道路
24		起云路（距铅箱西北侧约 41m）	0.13	0.01	沥青	道路

备注：

1、测量时仪器探头朝向地面，距离地面高度为 1m；

2、表中计算结果已扣除了仪器对宇宙射线的响应值；

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=校准因子 $C_f \times$ （仪器检验源效率因子 $E_f \times$ 读数平均值 X - 屏蔽因子 $\mu_c \times$ 测点处仪器对宇宙射线的响应值），校准因子为 0.983，仪器检验源效率因子取 1(仪器无检验源)，屏蔽因子楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1。

注 1：检测单位在河源万绿湖进行了仪器的宇宙射线响应及其自身本底测量，读取了 60 个数据进行计算，结果为 0.01 μ Gy/h，保留小数点两位。

注 2：a、项目所在楼栋经纬度：东经 113.42 北纬 23.16 海拔 16m。

b、万绿湖的经纬度：东经 114.35.17 北纬 23.47.13 海拔 94.9m。

依据 HJ61-2021 海拔高度 $\leq 200m$ ，经度差别 $\leq 5^\circ$ ，纬度 $\leq 2^\circ$ ，可以不进行测量点的仪器对宇宙射线的响应值修正。

8.4 环境现状调查结果的评价

由监测结果可知，本项目铅箱周围 50m 范围内室内环境 γ 辐射空气吸收剂量率水平在 140~180nGy/h 之间，室外环境 γ 辐射空气吸收剂量率水平在 120~150nGy/h 之间。

根据《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社 2015 年 7 月第一版)可知广东省广州市的环境 γ 辐射空气吸收剂量率的调查结果, 广东省广州市室内的 γ 辐射剂量率在 104.6nGy/h~264.1nGy/h 之间, 室外道路的 γ 辐射剂量率在 52.5nGy/h~165.7nGy/h 之间。对比表明, 铅箱周围环境 γ 辐射现状未见异常。本项目铅箱所在场址和周边区域的辐射剂量率水平处于天然辐射正常水平之内。

表 9 项目工程分析和源项

9.1 工程设备和工作原理

9.1.1 设备组成

建设单位拟生产、销售、使用的无人机 X 射线探伤装置由无人机、X 射线机（XRS3 型）、无人机遥控器、成像板、快拆模块、快拆支架、通信模块、云台相机及成像软件等组成。快拆模块、快拆支架用于装载 X 射线机至无人机上，无人机 X 射线探伤装置储存时可通过快拆模块卸载 X 射线机；激光测距模块、云台相机用以辅助 X 射线机拍摄定位；成像软件位于无人机遥控器上，实时传输现场画面。

设备成品模拟图见图 9-1，X 射线机外形见图 9-2。

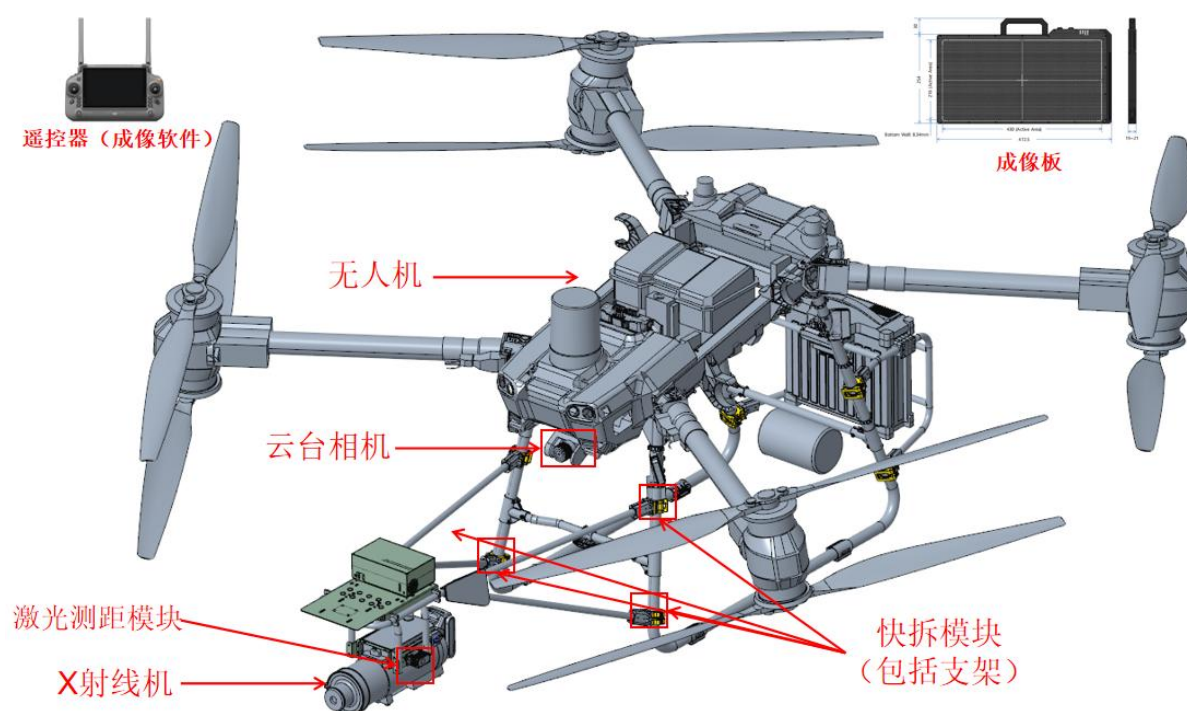


图9-1 设备成品模拟图



图 9-2 XRS3 型脉冲式 X 射线机外形示意图

根据建设单位提供资料,本项目无人机 X 射线探伤装置涉及出束的 X 射线机(XRS3 型)主要参数见表 9-1。所使用的无人机性能参数要求见表 9-2。

表 9-1 本项目无人机 X 射线探伤装置主要参数表

设备名称	无人机 X 射线探伤装置
X 射线机型号	XRS3
最大管电压 (kV)	270
最大管电流 (mA)	0.25
周向/定向	定向
滤过条件	1.5mmCu
每秒最大脉冲数	15
单次出束最大脉冲数	50 ^②
脉冲宽度	25ns
射线源至工件距离 (m)	调试及维修后测试: 0.6 实操培训: 2
每脉冲 X 射线剂量 (单元前 12 英寸)	2mR-4.3mR
距辐射源点 1m 处输出量 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	$7.56\text{E}+05$ ^③
1m 处泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	5.0×10^3 ^④
辐射角	40°
探测厚度	5~13mm (钢)
设备年总曝光时间 (h)	2.1E-07

注：

①数据转换 $1R=8.76mGy$ ，过程：由 $1Gy=1J/kg$ ； $1R=2.58\times10^{-4}C/kg$ （见《辐射防护导论》P20）；由 $W/e=33.97J/C$ （国际电离辐射咨询委员会 CCEMRI（I）推荐的平均电离功）；故 $1R=2.58\times10^{-4}C/kg\times33.97J/C=8.76\times10^{-3}Gy=8.76mGy$ 。

②设备不能一直连续发射脉冲。

③根据建设单位提供资料，由每脉冲 X 射线剂量（单元前 12 英寸）为 $2mR-4.3mR$ （本项目取最大值 $4.3mR$ ），每秒 15 次脉冲， $1R=8.76mGy$ ，可得距辐射源点 1m 处的输出量 $=15\times4.3\times10^{-3}\times8.76\times3600\times10^3\times0.3048^2\div0.25=7.56E+05\mu Sv\cdot m^2/(mA\cdot h)$ 。

④X 射线机最大管电压为 270kV，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 1 可知距辐射源点 1m 处泄漏辐射剂量率为 $5.0\times10^3\mu Sv/h$ 。

表 9-2 本项目无人机性能参数要求一览表

无人机性能	要求
承载重量	连接 X 射线机的无人机：不小于 6kg 连接成像板的无人机：不小于 2.5kg

注：

①XRS3 型 X 射线机重量为 5.40kg，成像板重量为 2.2kg。

②根据建设单位提供资料，实操培训期间设备距地高度大于 30m。

9.1.2 铅箱组成

本项目使用的铅箱委托有资质的第三方厂家设计、生产，铅箱自带辐射屏蔽罩体，正面设置一扇前门，正面设置警示灯和三色信号指示灯，顶部设有一个排气扇。工作期间铅箱空间狭小人员不能进入，X 射线机通过铅箱右侧穿线孔与铅箱外部的无人机连接，有用线束方向固定朝下，铅箱外观图见图 9-3。

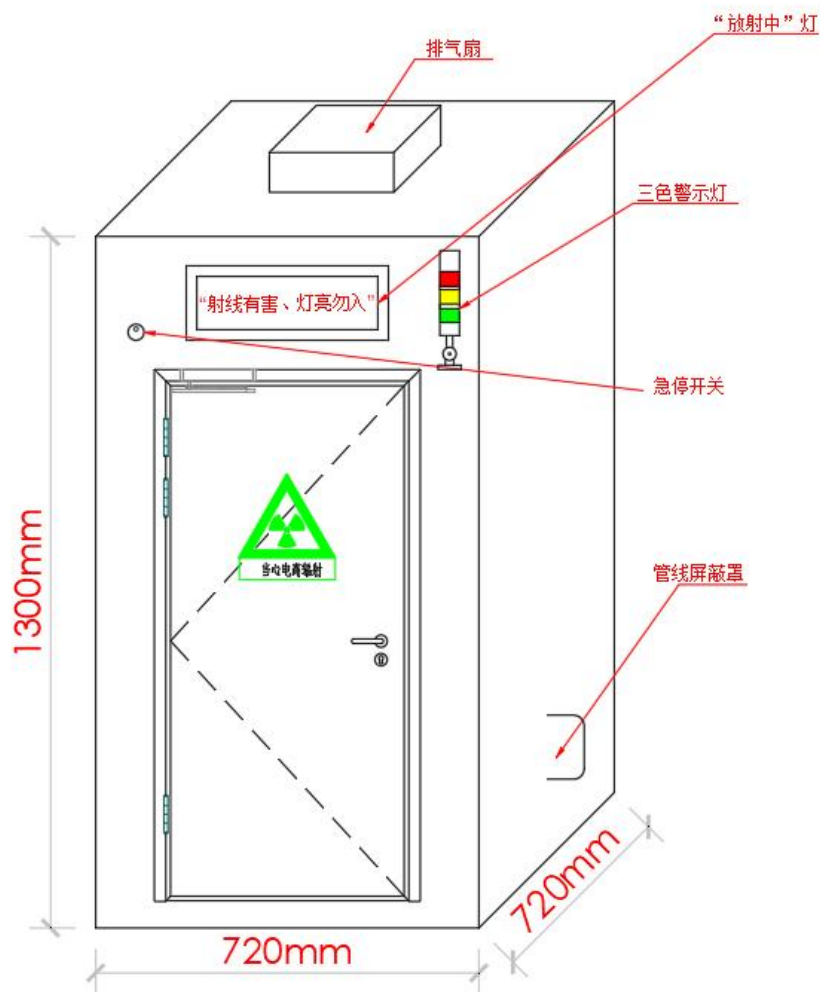


图 9-3 铅箱外观图

9.1.3 工作原理

X 射线探伤机为利用 X 射线进行显像，产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成（见图 9-4）。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦环使这些电子聚焦成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前加速达到很高的速度。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金、钼等制成。高速电子轰击靶体产生 X 射线。X 射线管工作时，靶体上会产生大量的热，必须采取适当的措施将热量导出。

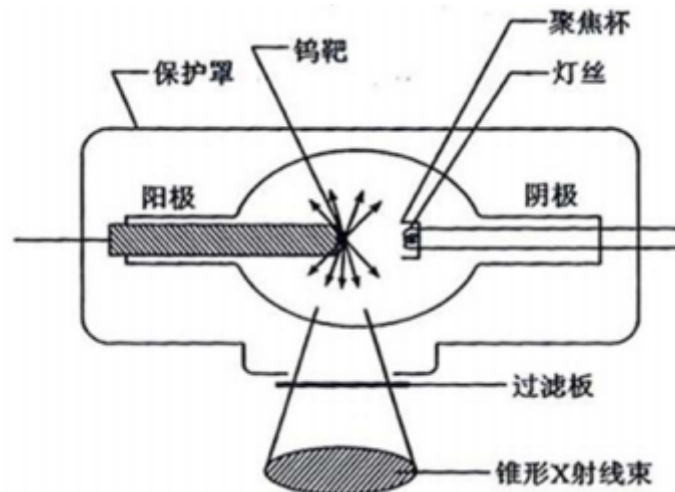


图 9-4 典型 X 射线管结构图

脉冲式 X 射线机的工作原理为：电源电压经升压后经整流成直流高压向贮能电容充电，当电容上电压上升到 10kV 左右时，开关自行击穿，贮能电容通过开关向脉冲变压器初级放电；脉冲变压器次级电压上升到上百 kV 时，锐化器自行击穿；一个个上升时间很快的脉冲电压加到 X 射线管上，由此产生一个个脉冲 X 射线，脉冲频率通常在几十至几百赫兹之间，本项目无人机 X 射线探伤装置脉冲宽度为 25ns。

9.1.4 工作方式

本项目拟设置辐射工作人员 5 名，负责设备调试、实操培训和维修后测试期间的操作。

（1）调试及维修后测试：

5 名辐射工作人员负责无人机的调试和无人机 X 射线探伤装置开关机、参数设置、设备摆放、收取设备等操作。设置警戒线和电离辐射警告标志等。操作人员将支架固定在铅箱内部后，将待调试的 X 射线机、成像板和检测工件放置在铅箱内，X 射线机通过线缆连接铅箱外部的无人机。布置好支架、X 射线机、探测工件、成像板等部件后，操作人员通过遥控器查看设备间连接状态，确认各设备间连接后，关闭前门。操作人员位于铅箱前方操作，通过遥控器设置脉冲数等参数，设备根据设置的参数出束后自动停止出束，等待回传图像信息，确认成像效果合格，关闭设备。操作人员打开铅箱前门，取回 X 射线机、成像板和压接金具，并收回无人机，放置于设备间进行储存。

（2）实操培训：

5 名辐射工作人员中 2 名为操作人员，负责操控无人机和设置参数等；3 名为管理

人员，负责辐射工作现场的管理。本项目由 1 名操作人员控制无人机-成像板飞至压接线上，另 1 名操作人员控制无人机-X 射线机飞至成像板前，操作人员均可通过遥控器实时观察现场情况。操作人员寻找合适的操作位置，通过无人机数传通讯控制 X 射线机产生脉冲射线（即操作人员在成像软件上设置曝光参数，点击出束，设备达到设置的脉冲数自动停止出束），成像板接收到数字信号后回传至成像软件，经处理得到探伤图像。1 名管理人员操控巡查无人机在现场设备工作期间监督区范围内的巡视，另外 2 名管理人员在控制区外进行地面巡视，防止无关人员误入工作区域。

9.2 工作流程和产污环节

建设单位拟生产、销售、使用的无人机 X 射线探伤装置涉及到组装、出厂前调试、销售、理论培训、实操培训、维修后测试等环节。本项目拟组装的设备均是成熟机型，故本项目无需进行射线装置的研发工序，直接对成熟机型进行组装。

9.2.1 组装（组装过程中不产生 X 射线，不会产生电离辐射影响）

建设单位拟于公司二层组装间进行快拆模块、快拆支架、云台相机、测距模块的安装，建设单位拟配置 5 名工作人员负责设备设计、组装期间的工作，5 名组装工作人员不负责辐射工作。接到任务后，建设单位分别从生产厂商采购无人机和 X 射线机。

本项目仅对 X 射线机外观进行改造（改造内容为：在 X 射线机侧边安装激光测距模块，见图 9-6；安装快拆模块，见图 9-5），改造后不改变 X 射线机内部构造及其性能；无人机自带开放接口，本项目使用的成像软件可控制射线机出束。

组装先安装快拆模块、快拆支架和云台相机，再安装测距模块。X 射线机外壳侧边各有 3 个固定孔位用于固定金属导轨，组装人员拆下金属导轨后在固定孔上安装快拆模块（见图 9-5.1），快拆模块用于快速拆卸 X 射线机；再安装云台相机和激光测距模块，云台相机和激光测距模块用于辅助 X 射线机拍摄定位，激光测距模块测距距离为 0~30m（根据建设单位提供资料，调试期间 X 射线机距待测工件 0.6m，实操培训期间 X 射线机距待测工件 2m）。组装完成后，对设备进行外观和机械构造检查。检查完成运至调试间等待调试。

无人机 X 射线探伤装置主要部件来源见表 9-3。快拆模块安装效果图见图 9-5，激光测距模块安装效果图见图 9-6，组装流程图见图 9-7，组装成品图见图 9-8。

表 9-3 本项目无人机 X 射线探伤装置主要部件来源表

部件	来源	是否是成熟机型
无人机	生产厂家：深圳市大疆创新科技有限公司	是
X射线机（XRS3型）	生产厂家：Golden Engineering	

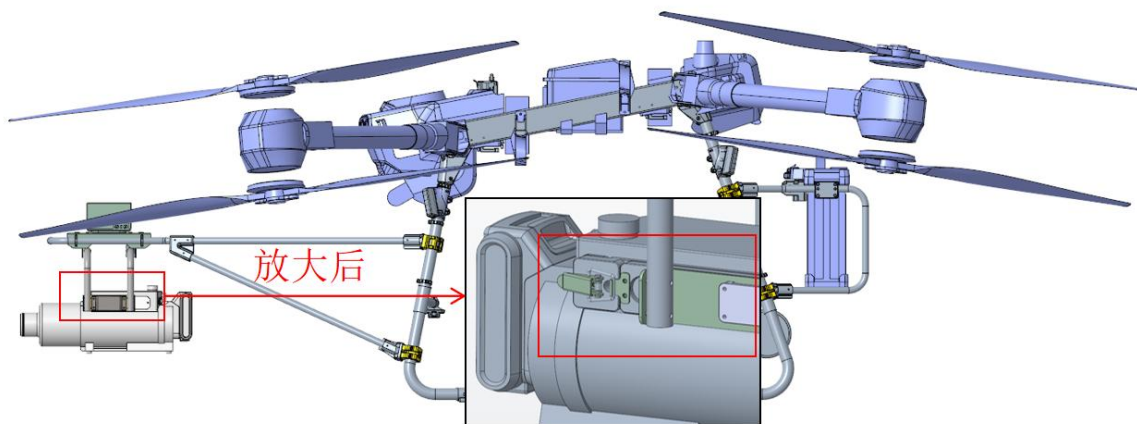


图 9-5.1 快拆模块安装效果图（X 射线机外壳安装细节）

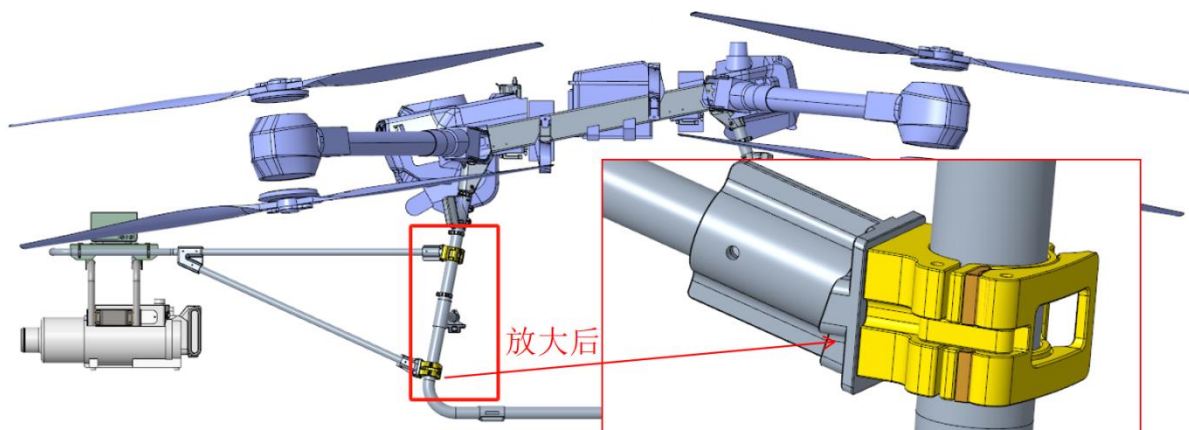


图 9-5.2 快拆模块安装效果图（快拆支架安装细节图）

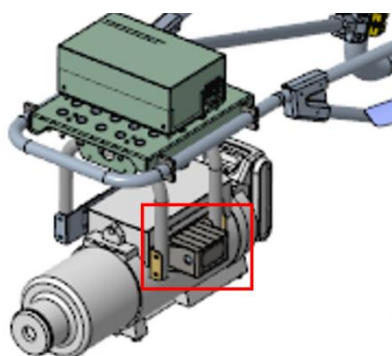


图9-6 激光测距模块安装效果图

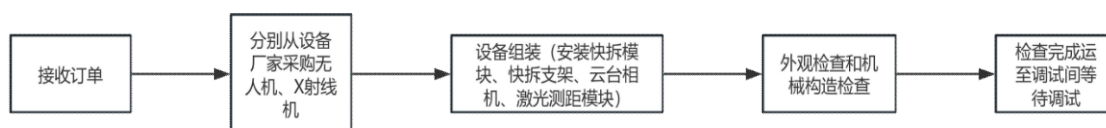


图 9-7 组装流程图

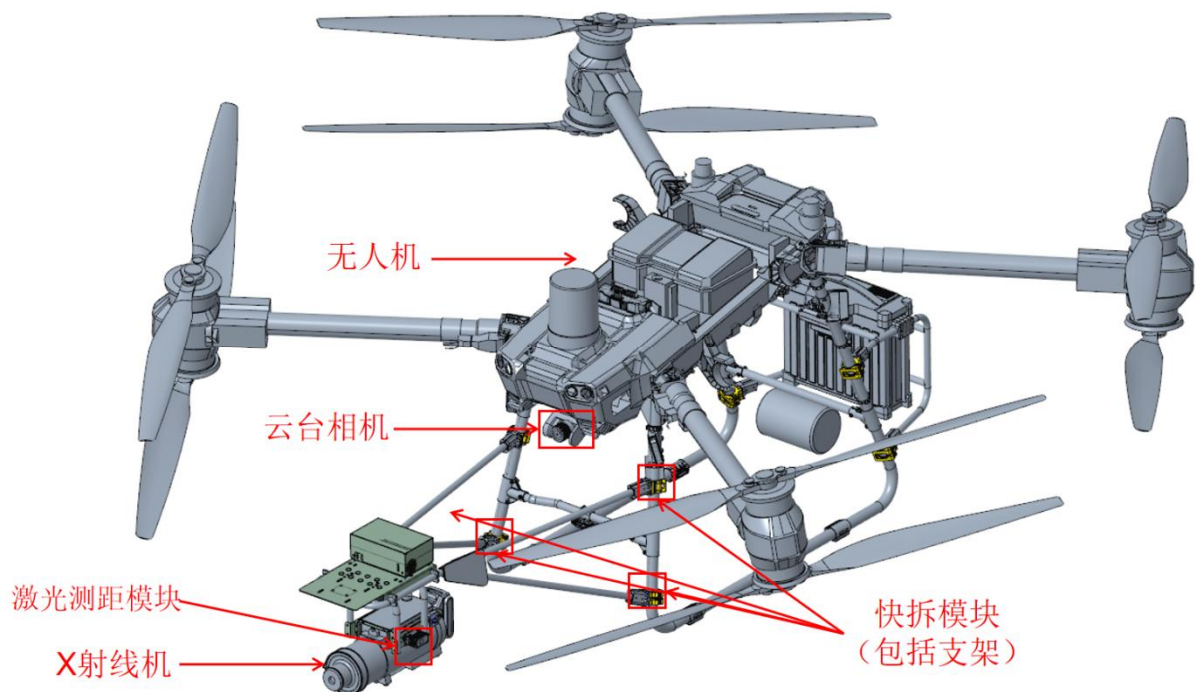


图 9-8 组装成品模拟图

9.2.2 出厂前调试

建设单位拟于公司一层调试间铅箱内进行设备出厂前调试的出束环节，拟配置 5 名辐射工作人员进行调试工作，负责无人机的调试和无人机 X 射线探伤装置开关机、参数设置、设备摆放、收取设备等操作。设置警戒线和电离辐射警告标志等。

设备调试期间包括无人机调试（无人机调试期间不产生 X 射线）和无人机-X 射线机出束调试，确保无人机、X 射线机状态及通讯正常，拍摄影像能够正常回传。调试流程如下。

I 无人机调试：建设单位于公司楼顶（公司周围非禁飞区）对无人机进行调试。首先开启无人机，检查无人机设备外观状态、设备连接状态，并校准无人机指南针和 IMU（惯性测量单元），检查无人机通讯状况和各项传感器状态，无人机各项指标正常后，进行无人机-X 射线机调试。

II 无人机-X 射线机调试：

操作人员将支架放置于铅箱内部，将成像板放置于铅箱内，待测工件放置在成像板上（根据建设单位提供资料，调试期间使用的待测工件为 5mm 压接金具（钢）），将待调试的 X 射线机放置在支架上，主射束朝下（调试间下层无实体建筑），无人机放置于调试间内铅箱部。X 射线机通过线缆与无人机连接。连接各部件后操作人员通过遥

控器查看设备间连接状态，确认各设备间连接正常，关闭前门。操作人员位于铅箱前方操作，通过遥控器设置脉冲数等参数，设备出束前会有二次确认，点击确认后，设备根据设置的参数进行出束，达到设定脉冲数后设备自动停止出束。等待设备回传图像信息至遥控器，确认成像效果合格，关闭设备。操作人员打开铅箱前门，取回 X 射线机、成像板和压接金具，并收回无人机，放置于设备间进行储存。

本项目采用数字成像技术，不使用显影液和定影液，无洗片废水、废显影液、废定影液和废胶片产生。现场调试流程及产污环节图见图 9-9，设备现场调试摆放示意图见图 9-10。

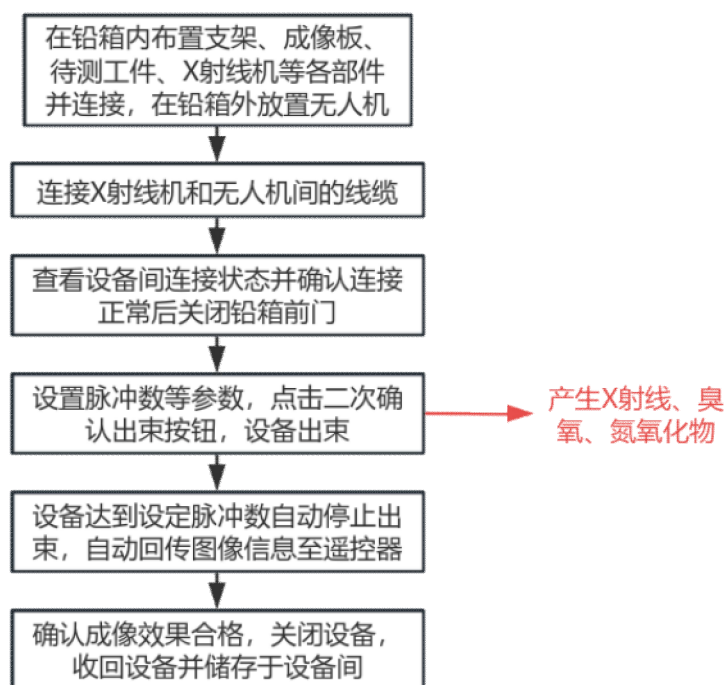


图 9-9 调试流程及产污环节示意图

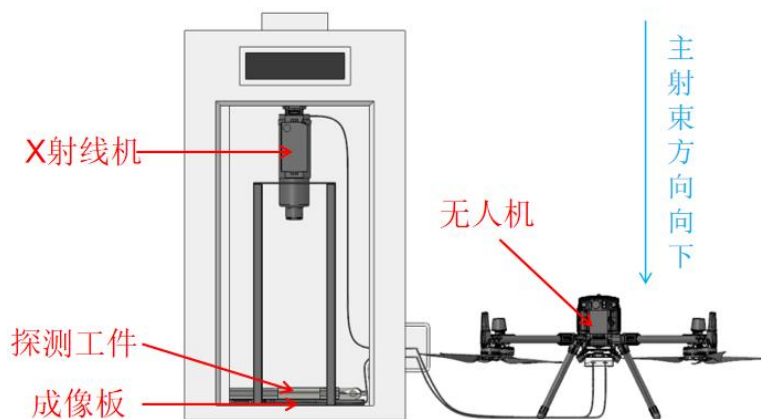


图 9-10.1 铅箱工作期间示意图（铅箱门开）

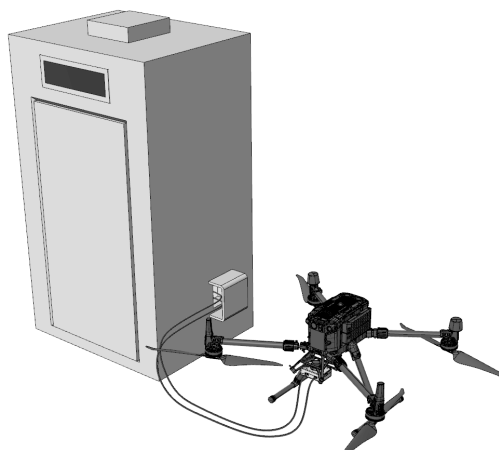


图 9-10.2 铅箱工作期间示意图（铅箱门关）

9.2.3 销售

建设单位拟配置 15 名工作人员负责销售期间的工作，销售流程如下：

- 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，是否进行了环境影响评价等相关手续，相关证件是否在有效期限等；
- ③客户单位资质齐全后，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。销售流程见图 9-11。

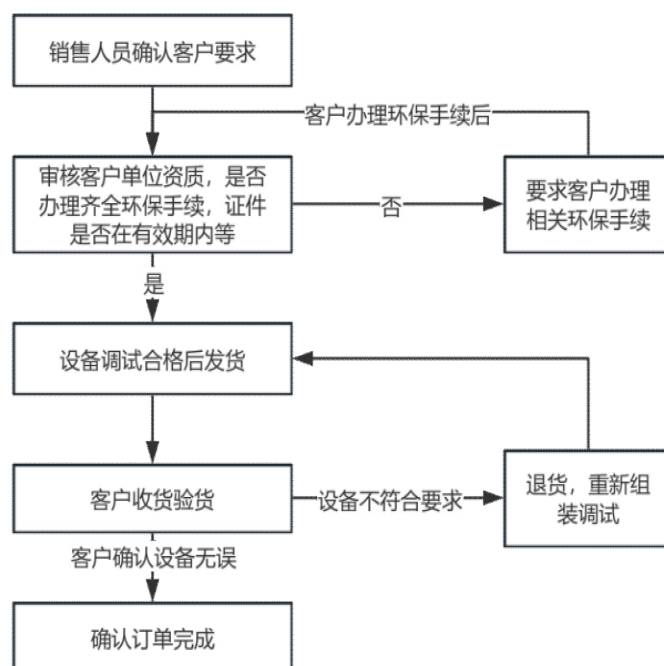


图 9-11 销售工艺流程图

9.2.4 培训

培训过程分为理论培训和实操培训，理论培训位于公司内部，实操培训在客户指定作业场所进行，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。

I 理论培训：

(1) 与客户单位约定培训时间、培训地点，安排理论培训人员，理论培训期间需安排至少 1 名辐射工作人员在场，负责解答相关疑问。理论培训期间不产生 X 射线，不会产生电离辐射影响。

(2) 进行理论培训。

II 实操培训：

实操培训场所在客户指定作业场所，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。实操培训模拟现场高空探伤操作，以供客户单位较好掌握高空探伤的操作流程。

(1) 与客户单位确认实操培训时间、培训地点，安排实操培训人员；

(2) 收到实操培训任务后，制定现场实操培训方案，该作业方案应包括：

- ①工况、时间、地点、控制区范围、监督区范围、监测方案、清场方式等；
- ②明确辐射工作人员、防护人员、运输人员的职责和分工；
- ③对辐射工作人员的要求；
- ④调试准备，包括：技术、工艺、检测设备和材料等；
- ⑤调试实施，包括：工作要点、安全防护、工艺参数设置、操作流程；
- ⑥图像评定，包括：评定条件及要求；
- ⑦调试工作记录及报告要求；
- ⑧质量检查的要求、方法等；
- ⑨职业健康安全和环境管理等内容。

(3) 在现场实操培训开始前应做好作业前的各项准备工作：

①公司先安排工作人员熟悉现场培训场所和工作条件的基本信息。需对现场工作的具体情况进行公示，应在现场培训区域以及周边公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、单位法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、

资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。其中，安全信息公示牌面积应不小于 2m^2 ，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。公示的同时利用广播（或手持大功率喊话器等）通知射线作业场所和时间。

②对实操培训工作的具体情况进行公示后，公司配备专用车辆将客户单位购买的无人机 X 射线探伤装置运至客户指定的实操培训场所，每车至少安排 1~2 名辐射工作人员随车押运。到达现场后，参照后文计算出的控制区和监督区边界进行作业场所工作区域的“两区”划分（主射束方向投影到地面的控制区边界为 109m，监督区边界为 273m；由于非主射束方向控制区边界为 19m 未到达地面（高空探伤期间探伤装置距地大于 30m），非主射束方向投影到地面的监督区边界为 34m），并在相应边界设置警示标识。

在两区边界设置警戒线（离地 0.8m~1.0m 左右）。控制区边界设置红色警戒线围住，周围张贴“禁止进入射线工作区”的警告牌及电离辐射标志，并在控制区边界设立相应的警告牌，控制区范围内应保证光线良好，若控制区和监督区部分区域不在工作人员视野范围内，应安排人员在控制区外进行巡查；工作人员操作位应位于控制区外，射线工作期间在控制区内不可同时进行其他工作，不能有人人员居留。监督区边界设置黄色警戒线，悬挂“无关人员禁止入内”的警告牌及电离辐射标志，并在监督区边界设立相应的警告牌。

③确定实操培训现场二区边界时进行清场，确保场内无无关人员且各种辐射安全措施到位后，依次展开无人机机臂，检查机臂锁紧扣，确保机臂展开到位并锁紧，检查无人机外观，检查桨叶，无明显裂痕，桨叶垫片无损坏。连接无人机-成像板、无人机-X 射线机等相关部件，并检查设备部件是否正常。打开无人机电源，短按一下，长按电池上的开关键，进入无人机自带的控制软件界面逐一检查无人机设置参数。检查无人机返航高度、限高、限远、摇杆模式、失控行为、避障行为、RTK 等。根据建设单位提供资料，实操培训期间待测工件为高压线路的耐张线夹和接续管，距地高度 $>30\text{m}$ ，射线机出束方向水平。

④实操培训期间辐射工作人员及客户单位均位于控制区外，本项目拟设置 5 名辐射工作人员，其中 2 名操作人员位于控制区外进行操作，负责连接设备各部件、设置曝光

参数、操控无人机等；另外 3 名管理人员负责现场辐射安全管理工作，其中 1 名管理人员操控 1 台巡检无人机在控制区外进行飞行巡查，巡检无人机通过热成像和监控功能进行巡查，确保实操培训工作期间无无关人员进入，另外 2 名管理人员不定时在监督区进行巡查，配置 1 台便携式巡测仪在控制区边界外进行巡测，确保实操培训期间无无关人员误入作业区。

（4）确保实操培训前各项准备工作完成后，即可开启设备电源，进行现场实操培训工作。实操培训流程如下：

①开始实操培训前应利用广播（或手持大功率喊话器等）告知即将开展实操培训的场所，确认已经清场，避免有人员滞留控制区和监督区范围内，根据建设单位提供资料，工作时间段为 9:00~18:00。1 名管理人员操控巡检无人机在上空进行巡检，无人机通过热成像和监控进行巡检，确认监督区边界内无无关人员和控制区内无人员。2 名操作人员操控无人机缓慢起飞，悬停 3 秒，检查无人机飞行姿态，各个方向操作等。确认无人机正常后，其中 1 名操作人员操控无人机-成像板飞往目标杆塔，将成像板挂到耐张线夹或接续管，无人机悬停等待。另外 1 名操作人员操控无人机-X 射线机飞往成像板前（根据建设单位提供资料，耐张线夹和接续管距地高度大于 30m，无人机-X 射线机距地高度大于 30m，成像板有专用固定部件，X 射线机距成像板前约 2m），2 名操作人员均可通过遥控器实时监控现场画面。另外 2 名管理人员每人各配备 1 个个人剂量计与 1 台个人剂量报警仪在监督区进行巡测，控制区内不能有人员居留。

②曝光（根据建设单位提供资料，实操培训期间 X 射线机出束方向水平，曝光期间出束 10 次脉冲，出束时间为 2.5×10^{-7} s），设备出束前会有二次确认，点击确认出束，设备根据设定的脉冲数出束，达到设定的脉冲数后设备自动停止出束，等待图像回传并查看图像信息。工作期间辐射工作人员及客户单位均位于控制区外。当现场培训探伤装置的位置发生变化时需对现场重新划定控制区与监督区，重新测量控制区和监督区的实际的剂量当量率，并记录。实操培训期间，对现场辐射安全进行管理，本项目拟设置 3 名管理人员，其中 1 名管理人员操控巡检无人机在上空进行巡检，另外 2 名管理人员不定时巡查监督区边界情况，防止无关人员逗留（遇有雷雨天、大雾、照明不足等情况，工作人员能见度低于 100m 时，应停止作业；风速超过当地飞行要求或无人机飞行不稳定，应停止作业）。

③现场实操培训完成后,1 名操作人员通过遥控器控制无人机-成像板飞至控制区内部地面, 另外 1 名操作人员通过遥控器控制无人机-X 射线机飞至控制区内部地面, 1 名管理人员控制巡检无人机飞回地面。关闭设备, 辐射工作人员携带个人剂量报警仪、个人剂量计和辐射巡测仪经确认探伤装置关机后, 进入控制区, 收回无人机 X 射线探伤装置, 曝光结束, 辐射工作人员解除警戒, 清理现场, 将探伤装置运至客户单位设备间进行贮存。

现场相关记录(X 射线现场培训任务指令单、进出场所记录表、现场培训照片、监测布置图、公示材料、现场射线剂量监测记录表和现场记录资料等)应与工作方案一并存档备查。

本项目采用数字成像技术, 不使用显影液和定影液, 无洗片废水、废显影液、废定影液产生。建设单位在实操培训期间产生部分废报纸材料、废纸和塑料标签或其他废弃物将根据当地垃圾分类规定, 将垃圾进行分类投放, 对于可回收垃圾尽可能进行资源再利用。

设备连接方式见图 9-12, 实操培训期间现场示意图见 9-13, 实操培训流程及产污环节见图 9-14。

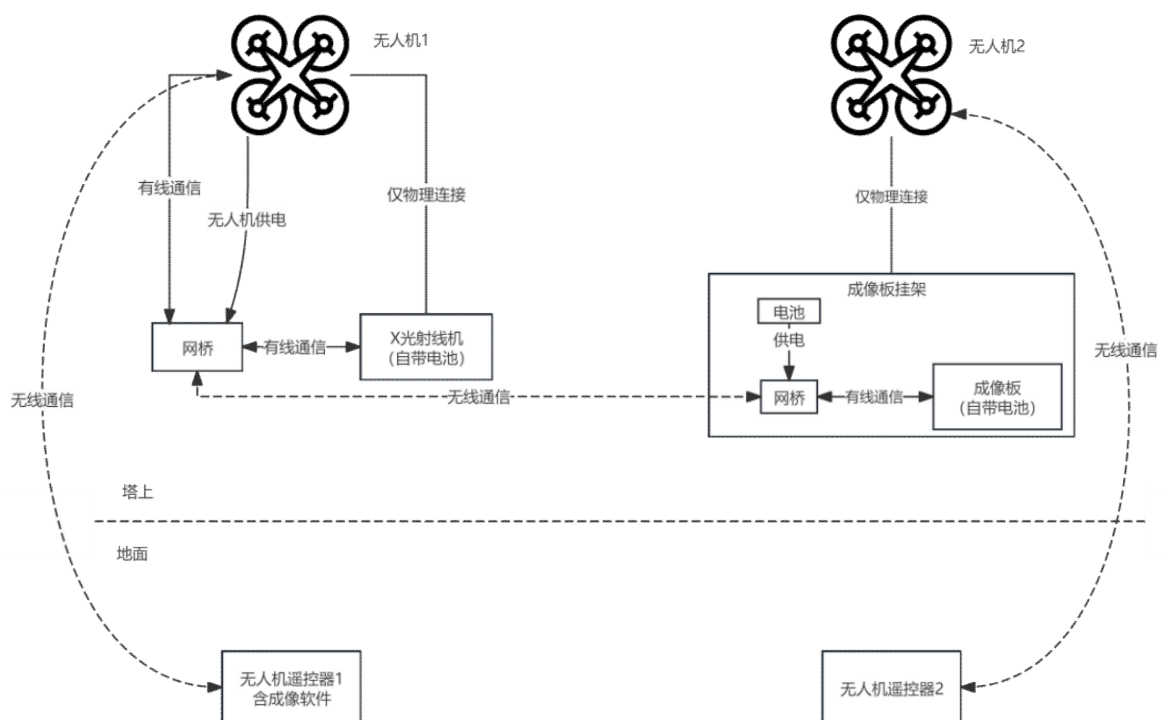


图 9-12 设备连接示意图

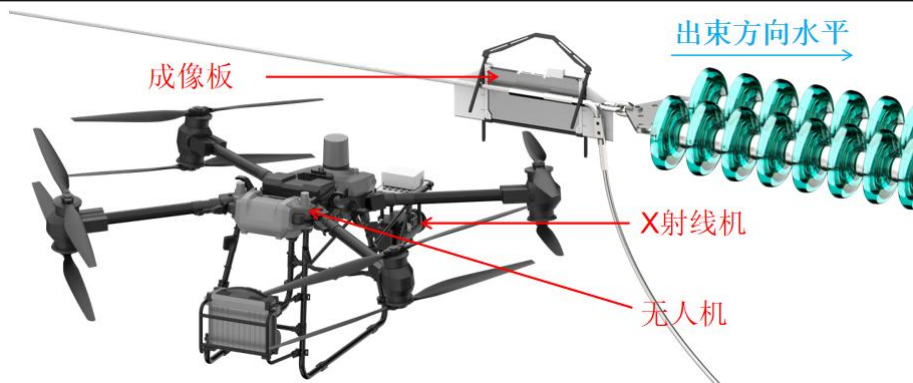


图 9-13 实操培训期间现场示意图

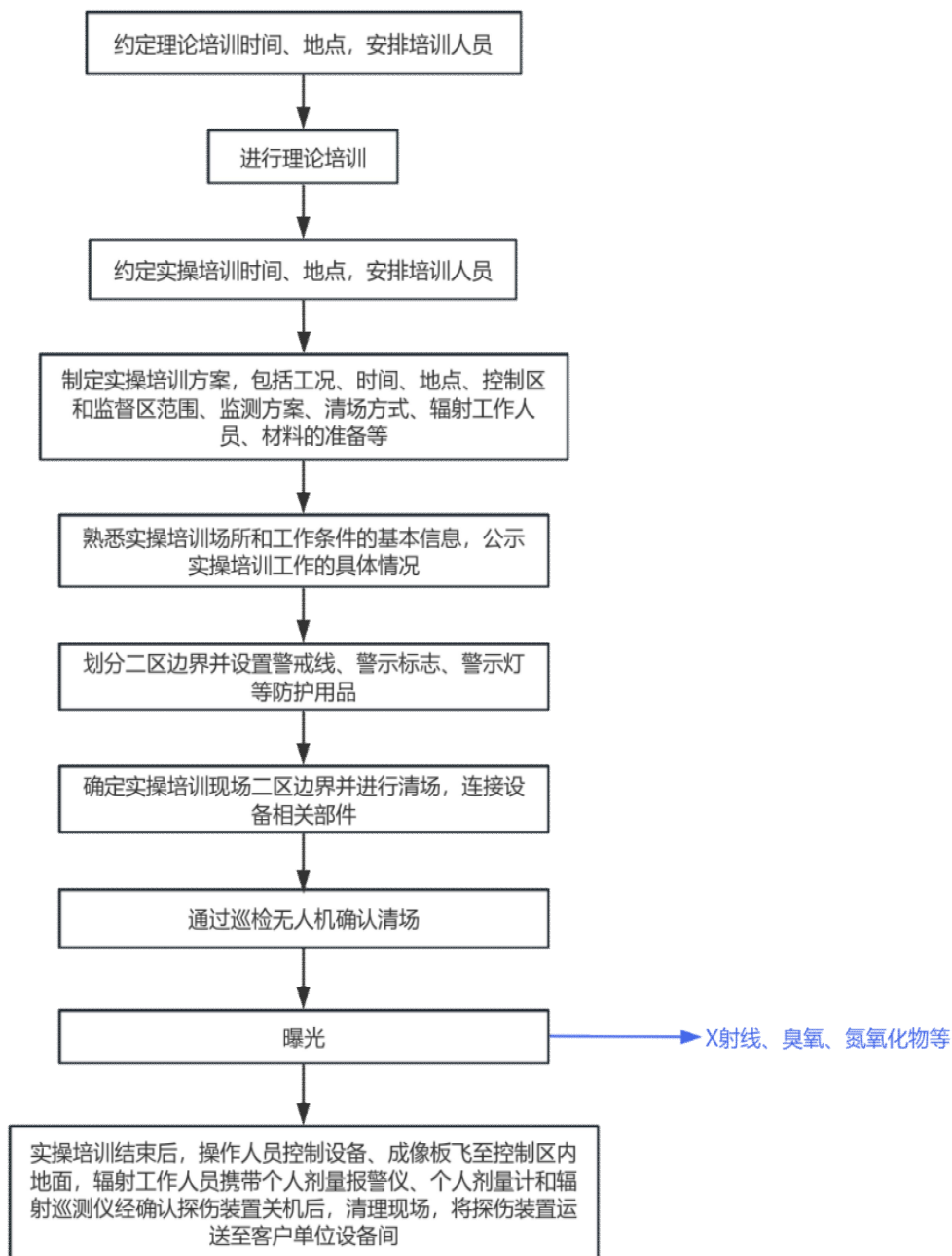


图 9-14 培训工艺流程图

9.2.5 维修后测试

建设单位仅对故障设备的加装部件（即快拆模块、云台支架、测距模块）进行维修，故障无人机及故障 X 射线机由相应的设备厂家进行维修，维修结束寄回建设单位进行组装并测试。组装地点为公司二层组装间，测试地点为公司一层调试间铅箱内。测试流程与设备出厂前调试流程一致，设备测试完成后寄回客户单位。维修后测试流程图见图 9-15。

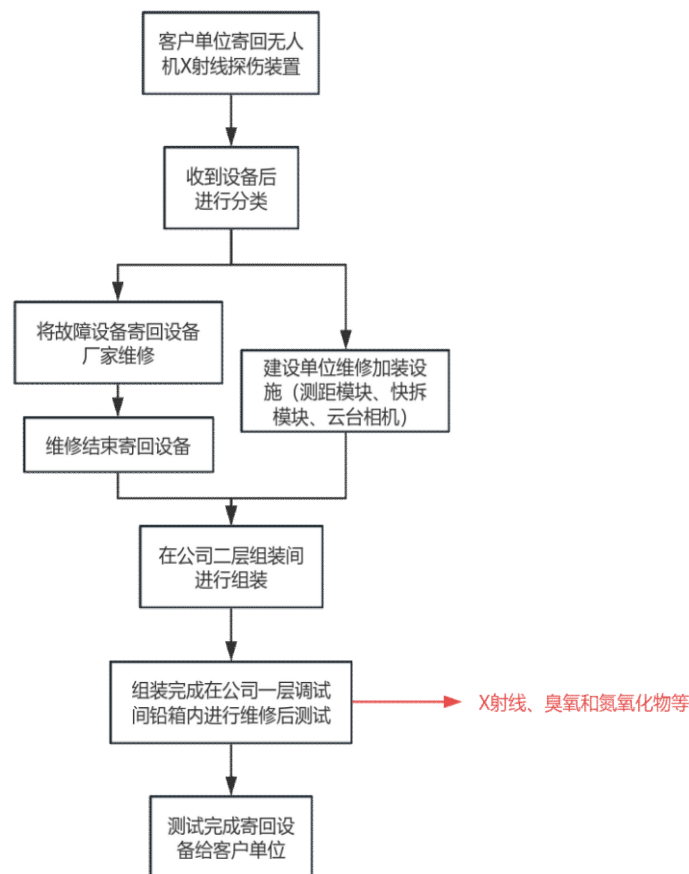


图 9-15 维修后测试流程图

9.3 工作负荷和人员配置

9.3.1 工作负荷

根据建设单位提供资料，出厂前调试、维修后测试使用的工件均为压接金具（ $\geq 5\text{mm}$ 钢），实操培训的待测工件为高压线路的耐张线夹和接续管（耐张线夹和接续管厚度 $5\sim 13\text{mm}$ 钢）无人机 X 射线探伤装置每秒最多 15 次脉冲，每个脉冲宽度为 25ns 。建设单位预计年产量 1000 台。

调试：调试场所拟设置于优飞公司一层调试间铅箱内。每台设备调试曝光最多需要 10 次脉冲，10 次脉冲出束时间为 2.5×10^{-7} s，保守估计（即曝光期间按 10 次脉冲估计）每生产调试 1 台无人机 X 射线探伤装置曝光时间约为 6.9E-11h，则设备调试期间年总曝光时间为 6.9E-08h。

实操培训：实操培训场所在客户指定作业场所，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。每台设备实操培训期间曝光最多需要 10 次脉冲，保守估计（即试运行和曝光均按 10 次脉冲估计）每销售 1 台无人机 X 射线探伤装置曝光时间约为 6.9E-11h，则设备培训期间年总曝光时间为 6.9E-08h。

维修后测试：维修后测试场所与调试场所一致，设置于优飞公司一层调试间铅箱内。每台设备测试曝光最多需要 10 次脉冲，保守估计每台设备均需维修一次，每测试 1 台无人机 X 射线探伤装置曝光时间约为 6.9E-11h，则设备测试期间年总曝光时间为 6.9E-08h。

综上所述，建设单位年生产 1000 台的无人机 X 射线探伤装置年总曝光时间为 2.1E-07h。本项目工作负荷见表 9-4。

表 9-4 工作负荷一览表

设备名称	涉及出束的装置	阶段	每秒脉冲次数	脉冲宽度 (ns)	曝光脉冲次数	数量 (台)	每台设备所需曝光时间 h/a	设备年总曝光时间 h/a
无人机 X 射线探伤装置	X 射线机 (XRS3 型)	调试	15	25	10	1000	6.9E-11	2.1E-07
		培训					6.9E-11	
		维修后测试					6.9E-11	

9.3.2 工作人员职责划分

表 9-5 辐射工作人员职责划分情况

工作阶段	拟配置工作人员数量 (人)	工作内容	是否进行辐射工作
设计、组装	5	负责无人机X射线装置的设计，并负责安装X射线机快拆装置、云台相机、测距模块（设计、组装期间不对X射线机进行改造）	否
调试、维修后测	5 (辐射工作人员)	主要负责无人机的调试和无人机X射线探伤装置开关机、参数设置、设备摆放、收取设备等操作。设置警戒线和电离辐射警告标志等。	是

试			
销售	15		与客户单位确认交期和安装要求，审核客户单位资质等
理论培训	5		负责理论培训和实操培训期间的工作
实操培训	5 (辐射工作人员)	2	操作人员：负责设备开关机、参数设置、无人机飞行、收取设备等操作
		3	管理人员：操控巡检无人机进行巡查，设备出束工作期间对现场辐射安全进行管理，在实操培训期间不定时巡查监督区边界情况，防止无关人员逗留

备注：本项目调试、维修后测试、实操培训工作期间的辐射工作人员相同。

9.4 污染源项分析

由X射线探伤机的工作原理可知，高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生轫致辐射X射线和低于入射电子能量的特征X射线，当电子在靶核附近通过，被靶核的库仑场减速时，电子的部分动能转化为相等能量的X射线发射出来，即轫致辐射X射线。因此，X射线装置在工作时会产生较高能量的X射线，少量的X射线泄漏和散射射线，对周围环境造成辐射污染影响。另外，探伤装置工作时还会产生少量的臭氧及氮氧化物，对周围环境空气会产生影响。X射线发生器的管电压越高，它所产生的X射线束的能量越大即穿透物质的能量越强。但随着电源的关闭，X射线也随之消失，对周围环境和人体健康无影响。因此，在开机运行状态下，X射线是污染环境的主要污染因子。

本项目无人机X射线探伤装置应用过程不产生放射性三废，包括废水、废气和固废。

9.4.1 正常工况

本项目的主要污染因子是X射线，无人机X射线探伤装置只有在开机处于曝光状态下才会发出X射线。正常工况下通常分为三种射线，即：

- ①从X射线出束口发射出的有用射线；
- ②从X射线管防护套发射的漏射线；
- ③以上射线经过散射体（成像板等）产生的散射线。

有用线束是产生辐射剂量的主要部分，泄露辐射和散射线的占比相对很小。

9.4.2 事故工况

本项目在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射：

(1) 铅箱安全联锁装置发生故障，导致在前门未关到位的情况下射线发生器出束，X 射线泄漏使辐射工作人员或公众受到意外照射。

(2) 设备软件控制故障，导致高低压错乱或门机联锁失灵，辐射工作人员打开铅箱前门时X射线装置仍处于出束状态，造成人员意外照射。

(3) 人员误照射：主要发生的辐射事故是由于对作业现场划定的控制区、监督区管理不到位，导致人员误入该区域引起误照射。

(4) 在不适合实操培训的场地进行实操培训操作，对公众或工作人员造成不必要的照射。

(5) 探伤装置丢失、被盗，对环境和社会产生危害（向公安机关报案110）。

(6) 探伤装置未安装水平，机头未投射于工件位置，而直接射向人员居留位置，而导致误照射。

建设单位应严格落实安全管理制度，按操作规程进行现场工作，避免辐射事故的发生。

9.4.3 非放射性污染

本项目设备仅在出束期间产生微量臭氧及氮氧化物，铅箱自带辐射屏蔽罩体，放置于公司一层调试间，屏蔽体内部空间狭小，人员不能进入屏蔽体内部。本项目铅箱顶部设有 1 个排风口，排风量约为 216m³/h，设备内部体积约 0.68m³，排风扇在工作期间保持开启可确保设备内部每小时有效通风换气次数大于 317 次。调试间西侧设有一个窗口，距地约 1.33m，经铅箱排气扇排出的气体直接排向调试间内，调试间西侧窗户开启可使调试间内部空气流通。可有效避免臭氧（O₃）及氮氧化物 NO_x 等对辐射工作人员的危害。

实操培训场所在客户指定作业场所，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，实操培训不是在密闭的场所内，室外空气流通可使系统产生的少量臭氧和氮氧化物浓度迅速降低。

无人机 X 射线探伤装置在运行时无放射性废水和放射性固体废弃物产生。本项目采用数字成像技术，不使用显影液和定影液，无洗片废水、废显影液、废定影液和废胶片产生。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

建设单位拟于公司一层调试间铅箱内进行无人机 X 射线探伤装置出厂前调试及维修后测试；实操培训在客户指定作业场所，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。

10.1.1 辐射分区管理

（1）两区划分依据

为了便于辐射防护管理和职业照射的控制，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：

控制区：注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

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，或是否需要更改监督区的边界。

（2）本项目分区管理情况

1、出厂调试及维修后测试

建设单位将铅箱屏蔽体内部划为控制区，控制区通过自屏蔽体、急停按钮和安全联锁装置等进行控制；将铅箱屏蔽体外整个调试间划为监督区，监督区通过在边界设置电离辐射警告标志进行控制。辐射工作场所分区示意图见图 10-1。

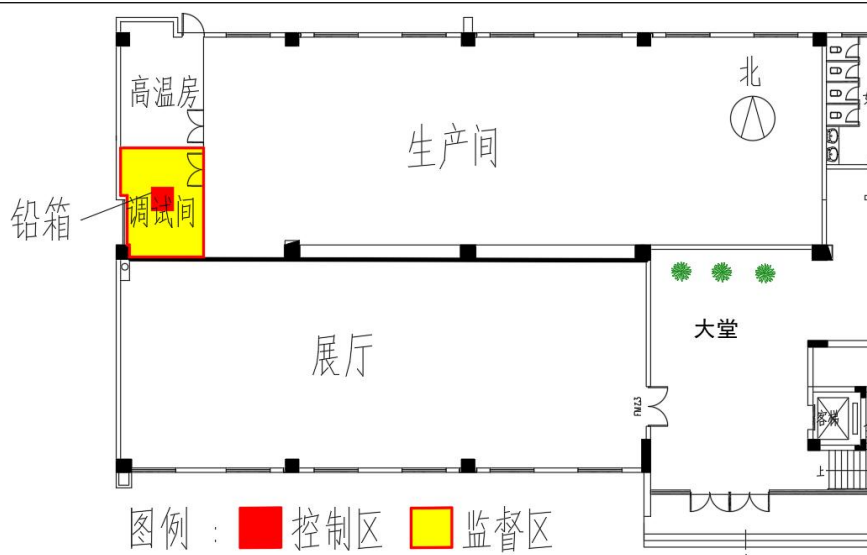


图 10-1 本项目辐射工作场所分区示意图（调试及维修后测试）

2、实操培训

建设单位将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区；将控制区边界外、作业时间周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。现场作业前，建设单位需对现场划定的控制区和监督区区域进行清场，射线工作期间操作人员应撤至控制区外，控制区不能有人员居留，且不在控制区内进行其他工作，并注意在监督区边界附近不停留无关人员。

1）控制区管理措施：

作业场所中剂量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，现场工作前根据理论计算（见第 11 章节环境影响分析内容）进行区域划分。

①控制区要求用红色警戒线围住，周围张贴“禁止进入射线工作区”的警告牌及电离辐射标志；

②由于实操培训时间段为日间 9:00-18:00，因此，必须在控制区边界设立相应的警告牌，若控制区范围较大或者有实体物体遮挡导致控制区内部分区域不在工作人员视野范围内，应安排人员进行巡查。傍晚进行工作时必须在控制区边界设立灯光警示和相应的警告牌，控制区范围内应有良好的照明。

③工作人员操作位位于控制区外，射线装置工作期间在控制区内不可同时进行其他工作，不能有人员居留。

④工作期间还应对控制区外代表点的周围剂量当量率进行监测，主射束的方向发生

改变时如有必要应调整控制区的边界。

2) 监督区管理措施:

作业场所中控制区边界外剂量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为监督区, 现场工作前分区根据理论计算值(见第 11 章节环境影响分析内容)进行区域划分。

①监督区边缘设置黄色警戒线, 悬挂“无关人员禁止入内”的警告牌及电离辐射标志; 现场工作期间安排人员在监督区外巡视。

②必须在监督区边界设立相应的警告牌。

③现场作业时, 每名辐射工作人员均应配备个人剂量计及个人剂量报警仪。

每次进行实操培训前, 操作人员应检查探伤装置和无人机的连接状态、设备电量等性能。

建设单位应尽量避免在人群密集区和居民区等敏感点进行实操培训工作, 应使探伤装置的有用线束方向避开最近的敏感点, 同时使其他敏感点也处于监督区范围之外。划定工作区域, 把无关人员疏散至监督区以外, 在监督区边缘设置警戒线, 出束期间安排 1 名管理人员操控巡检无人机进行巡视, 安排 2 名管理人员在控制区外巡视, 防止无关人员进入监督区, 禁止人员进入控制区, 引起不必要的意外照射。

设备达到设定的脉冲数自动停止出束。现场工作期间应对现场辐射安全进行管理, 不定时巡查监督区边界情况, 防止无关人员逗留。现场工作结束后, 必须用剂量率监测仪(便携式)进行监测, 巡测人员应佩戴个人剂量报警仪, 确定探伤装置关机并收回后, 由巡测人员在检查记录上签字, 方能携带探伤装置离开现场。

3) 巡测

建设单位应为辐射工作人员配备剂量率监测仪(便携式), 仪器能量响应范围需大于射线装置的能量范围, 配备仪器响应时间尽可能短。建设单位每次现场工作前根据后文估算结果划分控制区和监督区。现场巡检时需要:

①现场工作开始前, 应对剂量率监测仪(便携式)进行检查, 确保能够正常工作, 射线装置出束期间, 剂量率监测仪(便携式)应一直保持开机状态, 防止工作人员受到超剂量照射;

②从远处向靠近射线装置的方向进行探测;

③由于实操培训期间设备出束方向水平, 因此在实操培训时应在探伤装置的东南西

北及主射束方向五个方向进行探测；

④巡测人员需配备个人剂量计和个人剂量报警仪（带剂量显示功能）；

⑤每次曝光结束后，需要用剂量率监测仪（便携式）确认关机后，才可进入控制区。

10.2 铅箱辐射屏蔽设计

10.2.1 主体屏蔽设计

根据建设单位提供资料，本项目设备出厂前调试及维修后测试拟使用的铅箱自带辐射屏蔽体，X射线机出束方向向下，屏蔽参数见表 10-1，防护设计图见图 10-2。

表 10-1 铅箱设计屏蔽参数

设备名称	无人机X射线探伤装置	
设备型号	XD	
最大电压	270kV	
最大电流	0.25mA	
射线出束方向	从上向下（根据建设单位提供资料，调试间正下方无实体建筑）	
射线出束角度	40°	
铅箱尺寸	长×宽×高=720mm×720mm×1300mm	
四周	长×宽=720mm×1300mm	
顶、底部	长×宽=720mm×720mm	
四周屏蔽体尺寸	长×宽=720mm×1300mm	
顶、底部屏蔽体尺寸	长×宽=720mm×720mm	
前门尺寸	长×宽=500mm×1000mm	
屏蔽厚度	四周及顶、底部	10mm钢板+20mm铅板（铅当量20mmPb）
	前门	20mm铅板（铅当量20mmPb）

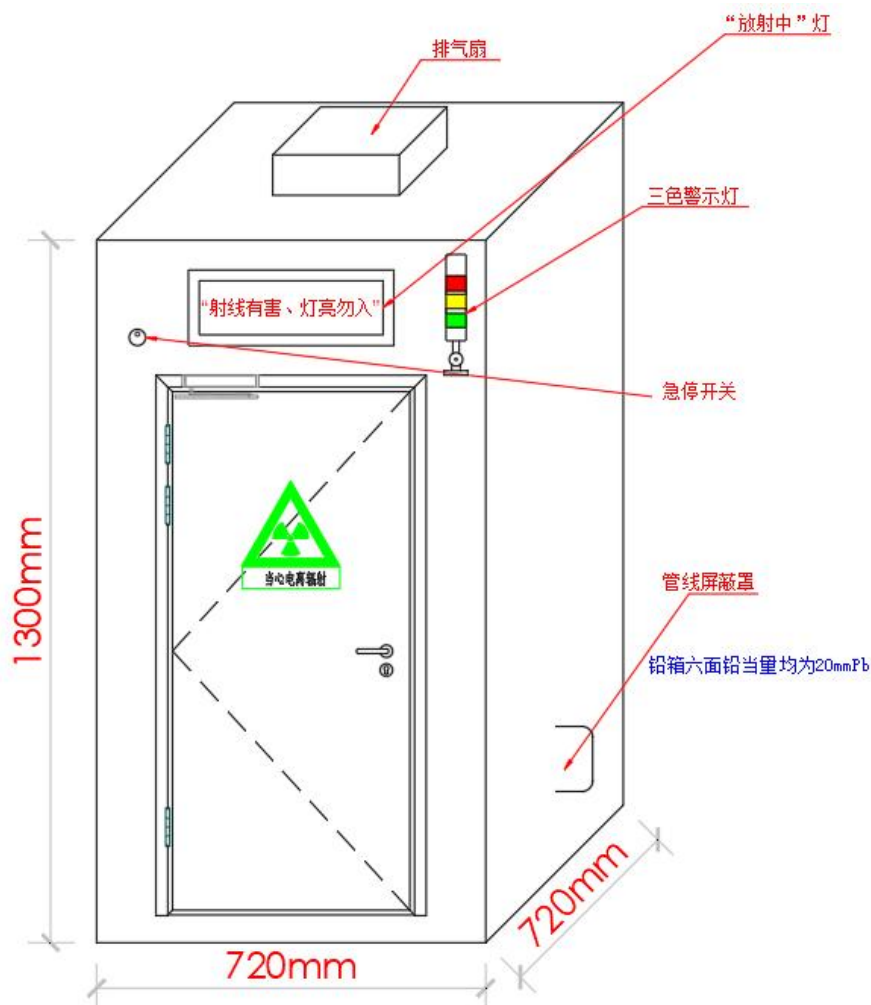


图 10-2 铅箱结构屏蔽图

10.2.2 前门的设计

本项目铅箱前门为平开门，前门与门洞之间采用“L”型的搭接方式，前门四边与门洞重叠宽度约 10cm。本项目使用的铅箱搭接方式以及重叠宽度能有效减少漏射，因此本项目前门的防漏设计合理。

10.2.3 其他屏蔽防护设计

(1) 排气扇防护罩屏蔽设计

本项目铅箱放置于公司一层调试间，铅箱顶部设有一个排气扇，排气扇防护罩采用“扇帘”的设计，排气扇拟使用的防护罩样式见图 10-3，防护罩屏蔽厚度与主体屏蔽厚度一致（20mmPb），射线经防护罩衰减和散射后，防护罩外辐射剂量处于安全水平，因此本项目铅箱排气扇防护罩的防漏设计合理。

铅箱排气扇排风量约为 216m³/h，铅箱内部体积约为 0.68m³，排气扇在工作期间保

持开启可确保设备内部每小时有效通风换气次数约 317 次，调试间西侧设有一个窗口，窗口距地约 1.33m，经铅箱排气扇排出的气体直接排向调试间内，调试间西侧窗户开启可使调试间内部空气流通（图 10-4）。

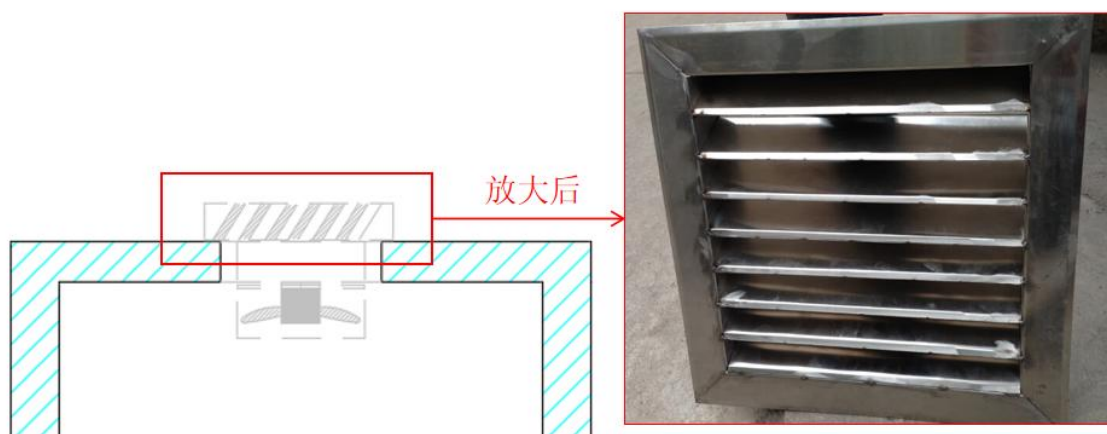


图 10-3 排气扇防护罩防漏设计图



图 10-4 调试间西侧窗户现状图

（2）管线穿铅箱屏蔽体防护罩屏蔽设计

根据建设单位提供资料，无人机X射线装置调试及维修后测试期间，无人机放置于铅箱外部，通过线缆与铅箱内部的X射线机连接。

本项目铅箱右侧设有一个线缆穿出口，线缆呈“L”型穿出洞口，线缆穿出防护罩防漏设计见下图，线缆防护罩采用与主体一致的屏蔽厚度（20mmPb），洞口外射线经防护罩衰减和散射后，防护罩外辐射剂量处于安全水平，因此本项目铅箱线缆防护罩的

防漏设计合理。

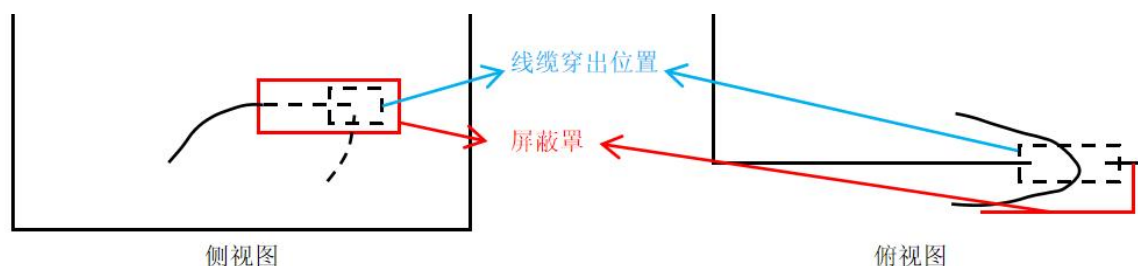


图 10-5 线缆穿屏蔽体防护罩防漏设计图（铅箱侧视图）

10.3 辐射安全与防护措施

10.3.1 铅箱辐射安全与防护措施

（1）自屏蔽体措施

本项目铅箱自带辐射屏蔽体，屏蔽性能良好。铅箱门洞及内部空间狭小，人员不能进入屏蔽体内部。

（2）门机联锁

本项目铅箱前门设置门机联锁装置（设备前门左上角设置一个限位开关），只有在前门完全关闭到位后，设备才能接收到高压接通信号，具备出束条件。一旦前门被打开，设备则自动断电，无法出束。

（3）门灯联锁

铅箱前门右边设三色信号指示灯用以警示辐射工作人员注意安全，工作期间辐射工作人员位于铅箱正前方操作，辐射工作人员可明显注意到铅箱此时的状态。本项目铅箱三色信号指示灯有红色、黄色、绿色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态：

- 1、所有灯关闭表示射线装置的电源关闭；
- 2、红灯亮起表示设备X射线管打开，这时设备正在工作中；
- 3、绿灯亮起表示设备已通电；
- 4、黄灯亮起表示设备前门已关闭，可以开启射线源。

铅箱前门正上方设有射线装置指示灯，“射线有害，灯亮勿入”灯亮时表示设备正在工作，熄灯表示设备停止工作。

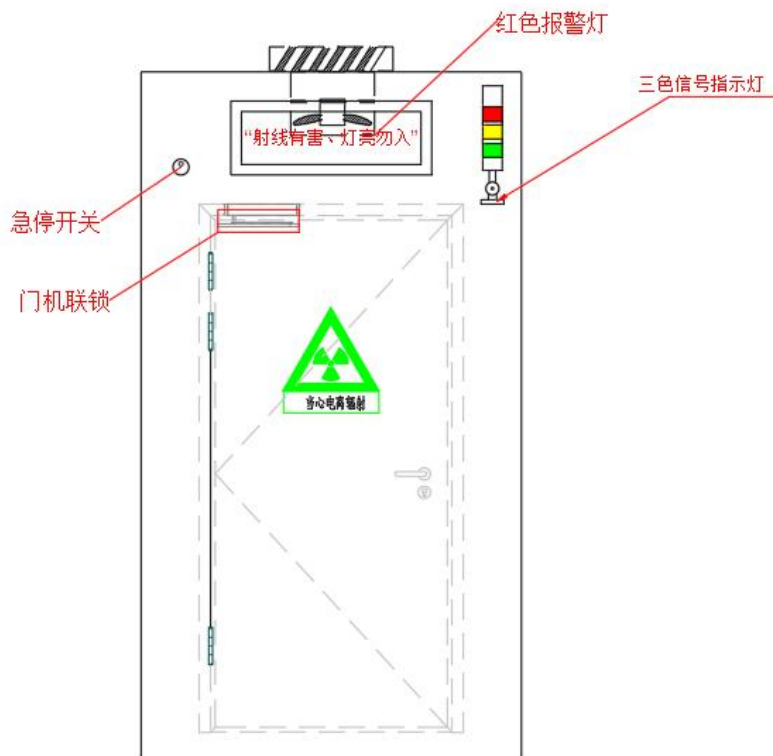


图 10-6 门机联锁、门灯联锁装置位置

(4) 急停按钮

铅箱正面设有一个急停按钮，辐射工作人员在对设备进行调试或维修后测试前需先将射线机与铅箱电柜连接，使得操作期间遇到紧急情况下辐射工作人员可按下急停按钮快速切断供电系统使X射线立即停止出束。急停按钮位置见下图。



图 10-7 急停按钮位置图

(5) 安全联锁

成像软件设置有安全联锁，实操培训期间PSDK（无人机和X射线机的连接状态）、MOP（无人机的互联互通的通信协议接口）、成像板、X射线机显示已连接设备才具备出束条件，以上任一状态未成功连接则设备无法出束；调试及维修后测试期间PSDK、MOP、成像板、X射线机显示已连接设备，铅箱急停按钮复位，前门正常关闭，三色信号指示灯正常的情况下设备才具备出束条件，以上任一状态未成功连接则设备无法出束。且设备出束前有二次确认提示。安全联锁逻辑图见下图。

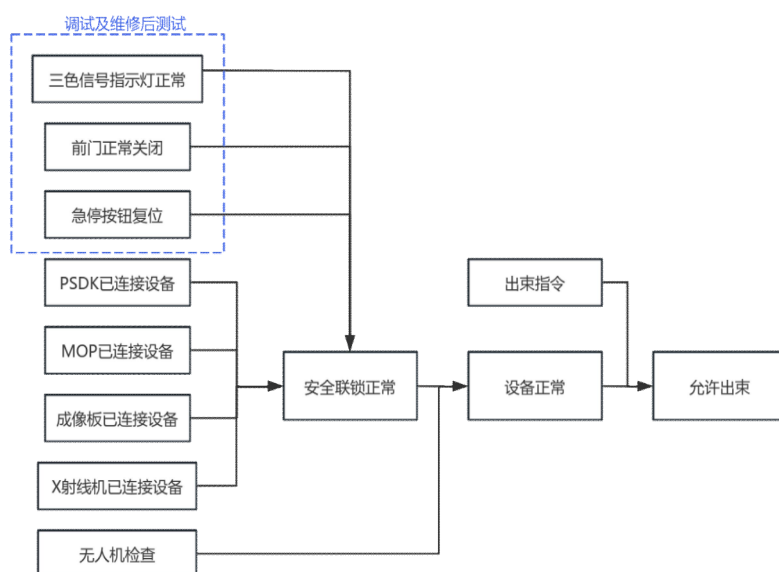


图 10-8 安全联锁逻辑图

(6) 警告标志

铅箱前门设置电离辐射警告标志，建设单位拟在调试间出入口处和铅箱前门张贴“当心电离辐射”的电离辐射警告标志。

10.3.2 无人机 X 射线探伤装置辐射安全与防护措施

(1) 无人机 X 射线探伤装置存放安全

①本项目设备拟贮存于公司 F 栋一层设备间，贮存期间不产生 X 射线。无人机、X 射线机、线缆分开存储，其中 X 射线机存放在专用设备箱内，设备箱上拟设置辐射警示标识。设备间建立有效的防盗措施，保证 X 射线机的存放安全。

②建设单位高度重视无人机 X 射线探伤装置使用过程中管控，将建立健全设备出入库登记制度。严格按照仪器的操作规程进行检测，将不断强化设备使用过程中的安全管

理。

（2）无人机 X 射线探伤装置固有安全性措施

①工作时辐射工作人员可通过无人机遥控器面板中的成像软件能明显看到现场情况、X 射线机连接状态、X 射线机电量、X 射线机距离工件间距离，以及脉冲数、俯仰角度参数选择。无人机 X 射线探伤装置中设置有开关按钮，只有在打开开关后，X 射线管才能出束。

②无人机遥控器成像软件设有安全联锁，只有 PSDK、MOP、成像板、X 射线机显示已连接时设备才具备出束条件，以上任一状态未成功连接则设备无法出束，且设备在出束前会有二次确认提示，只有在按下二次确认后，设备才会出束，否则设备不出束。

③无人机 X 射线探伤装置设有安全指示灯和声音提示装置，当设备出束时指示灯亮起同时发出声音提示，当探伤装置停止出束时，指示灯熄灭，停止报警。

④本项目无人机 X 射线探伤装置每秒最多产生 15 次脉冲，单次可设置的最大脉冲次数为 50 次，时间为 1.25×10^{-6} s，设备达到设置的脉冲次数后自动停止出束，设备不能一直连续发射脉冲。

10.3.3 实操培训期间辐射安全管理措施

（1）实操培训期间应在现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，为了进一步加强实操培训期间辐射安全管理，确保辐射安全和公众健康，本环评参照《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》(环境保护部办公厅函，环办函[2014]1293号)中要求，提出以下建议：

建设单位在现场实操培训时，应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。安全信息公示牌面积应不小于 2 平方米，公示信息应采取喷绘(印刷)的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要(具备防水、防风等抵御外界影响的能力)，确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改污损。

（2）确定监测方案

根据每次实操培训的具体工况明确监测点位、监测设备、监测因子及监测频次，预

先制定监测结果记录表格。监测点位至少应考虑控制区边界、监督区边界以及操作人员位置等。

（3）时间防护

熟练操作：辐射工作人员在满足实操培训质量要求的基础上熟练操作可尽可能地缩短照射时间，减少重复照射的几率。本项目辐射工作人员上岗前均需取得辐射安全培训合格证书并通过公司内部的辐射安全与防护培训，熟悉现场操作规程，熟悉无人机操作方式，且每次对客户进行实操培训前，辐射工作人员均提前制定工作计划，做好充分准备，操作时力求熟练、迅速。建设单位拟定期安排辐射工作人员进行无人机操控培训，以提高辐射工作人员操控无人机的熟练度。

（4）现场管理

辐射工作人员在撤离至控制区外安全区域后再设置脉冲数等参数，达到设置的脉冲次数时设备自动停止发射脉冲。无人机 X 射线探伤装置开机时，任何人员不得进入控制区，监督区边界安排 2 名管理人员巡查看守，并安排 1 名管理人员操控巡检无人机在监督区边界范围内进行巡检。

（5）设备安全措施

无人机 X 射线探伤装置通过屏幕辅助线、云台相机和激光测距模块对准成像板，无人机悬停后，可通过成像软件微调 X 射线机角度，以确保出束角度与成像质量。使用的巡检无人机应具备热成像监控功能，以防止无关人员误入实操培训工作区域。

10.3.4 设备的监测仪器和防护用品

本项目拟配置 5 名辐射工作人员负责设备出厂调试、实操培训及维修后测试期间的工作，所有辐射工作人员均为新增辐射工作人员，建设单位应在本项目建成前及时安排辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名培训和参加考核。考核成绩全国有效，有效期五年，考核合格后方可上岗。

本项目拟为每名辐射工作人员配备个人剂量计及个人剂量报警仪，要求在设备出厂调试、实操培训及维修后测试工作期间随身佩戴，公司将委托第三方检测机构对本单位辐射工作人员进行个人剂量检测，定期送检，监测周期最长不超过 90 天，个人剂量档案和健康档案终身保存。个人剂量报警仪设置报警阈值为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，一旦听到报警，需立即按下急停按钮，排查报警原因后方可继续工作。

本项目无人机 X 射线探伤装置拟配备 2 台剂量率监测仪（便携式），用于无人机 X 射线探伤装置辐射防护检测，在设备调试、实操培训及维修后测试工作期间。本项目拟配备的剂量监测和报警装置见表 10-2。

表 10-2 监测仪器配备情况

序号	名称	拟配备仪器型号	配备情况
1	个人剂量计	待定	每名辐射工作人员均拟配备
2	个人剂量报警仪（带剂量显示功能）	待定	每名辐射工作人员均拟配备
3	便携式 X-γ剂量率仪	待定	拟配备 2 个

环评建议：拟配备的便携式 X-γ 剂量率仪能量响应时间应小于 25ns；量程下限应不高于 1×10^{-8} Gy/h，量程上限按照辐射源的类型和活度进行选择，应急测量情况下，应确保量程上限符合要求，一般不低于 1×10^{-2} Gy/h；能量响应：50keV~3MeV。

10.3.5 运输和储存

1、运输

（1）无人机 X 射线探伤装置

无人机 X 射线探伤装置在未接通电源的情况下，无射线产生，所以在运输过程中无需额外防护，但需保证设备的运输安全。

①使用专用车辆运输，每车至少安排 1~2 名辐射工作人员随车押运。

②在包装和运输过程中，应采用防震、防潮、防尘的材料和方法，避免对设备造成损害。

③在存放射线装置的包装外设置明显的电离辐射警示标志。

④运输途中的管理：定期检查包装状况，确保防护措施完好无损。监控运输工具的运行状态，避免因颠簸或急转弯导致的设备的移位或碰撞。在恶劣天气条件下，采取额外的防护措施，如覆盖防水布，以防设备受潮或腐蚀、损耗。

2、贮存

本项目无人机 X 射线探伤装置贮存于公司一层设备间内。设备间拟采取一系列的措施以保证设备安全，包括：

①无人机 X 射线探伤装置出库作业前辐射工作人员需报相关领导批准后方可出库，调试及维修后测试完毕后，设备需及时送回公司一层设备间。

②限制使用

a.建设单位拟将无人机、X射线机、线缆分开存储，X射线机存放在专用设备箱内。设备箱由设备负责人直接管理，只有当设备负责人在场时，才可打开设备箱。设备负责人请假或特殊情况离开时，设备箱应移交给单位负责人保管，并作好交接记录。

b.设置警示标志：建设单位应在设备间入口处设置明显的警示标识提醒未经授权的人员不得入内。

③每次工作人员领用或归还探伤装置时需填写仪器设备出入库管理登记表，记录领用/归还人员、领用/归还时间、领用/归还时设备状态等（见附件6）

④将设备间纳入公司安保工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理。

⑤设备间和邻近房间不存放易燃、易爆、腐蚀性等物品。

⑥定期检查：定期对设备间进行安全检查，确保设备和保存设施的完好，并及时处理发现的安全隐患；确保设备间的窗户和门锁坚固耐用，不易被破坏；定期检查窗户和门锁的完好性，及时更换损坏的部件。

⑦安装监控系统：建设单位拟在设备存放区域安装监控实行24h实时监控，可清晰观察设备间人员出入情况。监控系统的录像存档要定期备份，以便必要时查看录像内容并进行溯源调查。

⑧定期进行设备间的盘点工作，核对记录和物品是否一致。

⑨长期保存射线装置使用登记台账及相关技术资料。

10.3.6 物料配备

建设单位在对设备进行出厂前调试、维修后测试及进行实操培训前，拟为辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪（带剂量显示功能）、剂量率监测仪（便携式）、电离辐射警告标志和警戒线等必备物料，详见表10-3。

表 10-3 现场调试和实操培训物料配备

编号	名称	配备情况	备注
1	警戒线、电离辐射警告标志	拟配备若干	实操培训工作期间在控制区和监督区边界用警戒线围住，并张贴警告牌及电离辐射标志。铅箱前门和调试间出入口处张贴电离辐射标志。
2	剂量监测仪（便携式）	拟配备2台	实操培训期间辐射工作人员携带剂量监测仪（便携式）进行巡测，防止工作人员受到事故剂量照射。实操培训工作结束后，携带剂量监测仪（便携式）确认探伤装置停止出束后进入控制区收回

			无人机 X 射线探伤装置。建设单位拟配备的剂量监测仪（便携式）还用于调试间及周围环境的日常检测。
3	个人剂量计	辐射工作人员每人拟配备 1 个，每个季度定期检测	辐射工作人员工作期间佩戴个人剂量计，每三个月送检。
4	个人剂量报警仪	辐射工作人员每人拟配备 1 个，配备的个人剂量报警仪带剂量显示功能	辐射工作人员工作期间佩戴个人剂量报警仪，防止人员受到事故剂量照射。
5	对讲机	辐射工作人员每人拟配备 1 个	实操培训工作期间方便辐射工作人员沟通使用
6	安全信息公示牌	拟配备若干块	实操培训工作期间在检测区域及周边公众可达地点放置安全信息公示牌。
7	开关按钮	设备自带	无人机 X 射线探伤装置自带开关按钮，只有在打开开关按钮后，X 射线管才能出束。
8	安全警示灯	设备自带	设备自带安全警示灯，出束时指示灯亮起，停止出束时指示灯熄灭。
9	照明灯	拟配备若干个	用于傍晚工作时的照明

10.3.7 总结和对比分析

建设单位拟生产、销售、使用无人机 X 射线探伤装置，设备售出后将用于开展耐张线夹及接续管的 X 射线无损检测。建设单位拟于公司一层调试间铅箱内进行设备出厂调试及维修后测试，实操培训在客户指定场所进行，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。

对照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对铅箱和现场工作辐射安全与防护措施进行评价，详见表 10-4。

表 10-4 无人机 X 射线探伤装置铅箱和现场工作辐射安全措施对照分析

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求	本项目方案	是否满足
6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。	本项目铅箱自带辐射屏蔽罩体，屏蔽性能好，调试及维修后测试期间辐射工作人员位于铅箱前方操作，工作期间主射束朝下，调试间正下方无实体建筑，避开了辐射工作人员操作位。	满足
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。	建设单位拟将铅箱内部划为控制区，将铅箱外整个调试间划为监督区。	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	根据表 11 的理论计算，辐射工作人员的职业照射有效剂量估算不大于 3.38E-13μSv/周，公众的有效剂量不大于 4.45E-14μSv/周，射线装	满足

100μSv/周，对公众场所，其值应不大于5μSv/周；b)屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。	置屏蔽体外30cm和操作位处的辐射剂量率不大于3.67E-01μSv/h，满足关注点的周围剂量当量参考水平和屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平。	
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，应能立即停止出束或回源。	本项目铅箱前门拟设置门机联锁装置，只有在前门完全关闭到位后，设备才能接收到高压接通信号，具备出束条件，一旦前门被打开，设备则自动断电，无法出束。	满足
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。	铅箱前门右边设有三色信号指示灯用以警示辐射工作人员注意安全，工作期间辐射工作人员位于铅箱前方操作设备，辐射工作人员可明显注意到铅箱此时的状态。本项目铅箱三色信号指示灯有红色、黄色、绿色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态。铅箱前门正上方设有射线装置指示灯，灯亮时表示设备正在工作，熄灯表示设备停止工作。	满足
6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目铅箱内部空间狭小，人员无法进入铅箱内部，铅箱前门尺寸为500mm*1000mm，铅箱整体尺寸为720mm*720mm*1300mm，不便安装监视器。	满足
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。	铅箱前门设置电离辐射警告标志，建设单位拟在调试间和铅箱出入口处张贴“当心电离辐射”的电离辐射警告标志。	满足
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。	铅箱正面设有一个急停按钮，紧急情况下辐射工作人员可按下急停按钮快速切断供电系统使X射线立即停止出束。主射束方向朝下，辐射工作人员可有效避开有用线束。	满足
6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次。	本项目铅箱仅在出束期间产生微量臭氧及氮氧化物，铅箱放置于公司一层调试间，铅箱顶部设有一个排气扇，排风量约为216m ³ /h，铅箱内部体积约为0.68m ³ ，排气扇在工作期间保持开启可确保设备内部每小时有效通风换气次数约317次。	满足
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。	辐射工作人员在进行设备调试或维修后测试前将先确认射线装置指示灯、门机联锁、急停按钮等安全联锁系统正常的情况下才能启动	

	射线装置。	
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。	建设单位拟为每名辐射工作人员配备 1 个个人剂量计、1 台个人剂量报警仪，工作期间随身佩戴，个人剂量报警仪工作期间保持开机状态，个人剂量计每季度送检。个人剂量报警仪设置报警阈值为 2.5μSv/h，一旦听到报警，需立即按下急停按钮，排查报警原因后方可继续工作。	满足
6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	建设单位计划每年一次委托第三方检测机构对铅箱周围的环境辐射水平进行年度检测。日常使用 X-γ辐射剂量率仪，定期（每月不少于 1 次）对设备外周围剂量当量率进行检测，做好检测记录。	满足
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。	建设单位使用便携式 X-γ剂量率仪前应检查是否能正常工作，便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始辐射工作。	满足
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。	辐射工作人员在每次对设备出厂调试或维修后测试前，需正确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，射线装置才能启动、出束，把潜在的辐射降到最低。	满足
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。	本项目铅箱自带屏蔽体，屏蔽体内部空间狭小，人员无法进入屏蔽体内部。辐射工作人员需要在辐射工作前确认各项安全联锁系统正常的情况下射线装置才能启动开始辐射工作。	满足
7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。	建设单位在进行实操培训工作前，应制定现场作业方案，作业方案包括：工况、地点、时间、工作人员、两区范围、监测方案和清场方式等。	满足
7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。	建设单位拟配置 5 名辐射工作人员负责实操培训期间的工作，2 名为操作人员，负责连接设备部件、设置参数、操控无人机等操作；另外 3 名为管理人员，负责工作期间的管理工作。	满足
7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避	建设单位实操培训场所在客户指定作业场所，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所，建设单位在进行实操培训前，先安排工作	满足

免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	人员熟悉实操培训地点、工作条件的基本信息。工作前需对现场作业的具体情况进行公示，在控制区和监督区边界设立相应的警告牌，设专人警戒。公示的同时利用广播（或手持大功率喊话器等）通知射线作业场所和时间。	
7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。	建设单位在实操培训时，对工作场所实行分区管理，将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区；将控制区边界外、作业时间周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在两区的边界设置警示标识。	满足
7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。	建设单位实操培训期间在控制区边界上设置明显的红白警戒线，设置清晰可见的电离辐射警告标志和“禁止进入射线工作区”的警告牌。辐射工作人员在控制区边界外操作。	满足
7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。	建设单位在实操培训期间，控制区内不进行其他工作。建设单位在进行实操培训时设备出束方向水平，设备位于高空出束（距地距离大于 30m ），不便配备铅板屏蔽。	满足
7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。	建设单位拟为辐射小组配备 2 台剂量率监测仪，并定期对其开展检定/校准工作；每名辐射工作人员均拟配备 1 台个人剂量报警仪。	满足
7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。	建设单位在实操培训期间会对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，若射线装置的位置或射线束的方向发生改变时，将调整控制区的边界。	满足
7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。	建设单位在实操培训期间将控制区边界外，作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，同时设置专人警戒。	满足
7.2.10 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。	实操培训期间操作人员位于控制区外安全区域，操作人员可通过无人机遥控器控制 X 射线装置出束。	满足
7.3.3 警示信号指示装置应与探伤机联锁。	建设单位拟配备的 X 射线机自带信号指示装置，设备开启后指示装置亮起，设备关闭后指	满足

	示装置熄灭。	
7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。	建设单位将根据实际工作情况测试设备音量，在控制区边界如无法听到报警将采取其他措施，保证控制区所有边界可看见或听见“预备”信号和“照射”信号。	满足
7.3.5 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。	建设单位拟在控制区边缘用红白警戒线围住，周围张贴“禁止进入射线工作区”的警告牌及电离辐射标志，监督区边缘设置黄色警戒线，悬挂“无关人员禁止入内”的警告牌及电离辐射标志。	满足
7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。	实操培训时间段为 9:00~18:00，建设单位拟在控制区和监督区边界设立灯光警示和相应的警告牌，必要时设专人警戒，安排人员进行巡查。傍晚进行实操培训时必须在控制区边界设立灯光警示和相应的警告牌，控制区范围内设置良好的照明。	满足
7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。	建设单位在进行实操培训之前，辐射工作人员会对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。设备工作期间剂量率监测仪始终处于开机状态。	满足
7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均应使用。	建设单位在进行实操培训期间，辐射工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪（带剂量显示功能），个人剂量报警仪不替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均使用。	满足

根据以上分析可知，建设单位在对设备进行出厂调试、实操培训及维修后测试期间采取的辐射安全与防护措施和落实本次环评提出的要求后，辐射安全防护方面可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

10.4 三废的治理

10.4.1 臭氧及氮氧化物

本项目采用数字成像方式，在成像软件上直接显示检测结果，不涉及胶片、影片等感光材料废物。无放射性废物及放射性废气、废水和固废的产生。

射线装置仅在出束期间产生微量臭氧及氮氧化物，铅箱放置于公司一层调试间内（铅箱长 0.72m、宽 0.72m、高 1.3m，铅箱体积约为 0.68m³）。

建设单位拟使用的铅箱内部空间狭小，人员不能进入铅箱内部。铅箱顶部设有一个

排气扇，排风量约为 $216\text{m}^3/\text{h}$ ，铅箱内部体积约 0.68m^3 ，排风扇在工作期间保持开启可确保设备内部每小时有效通风换气次数约 317 次。调试间西侧设有一个窗口，窗口距地约 1.33m ，经铅箱排气扇排出的气体直接排向调试间内，调试间西侧窗户开启可使调试间内部空气流通。

满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“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，可有效避免臭氧（ O_3 ）及氮氧化物 NO_x 等对辐射工作人员的危害。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目组装间、设备间和调试间均依托现有房间，建设单位拟生产的设备均是成熟机型，无需进行射线装置的研发工序，直接对成熟机型进行组装，设备组装过程中将产生少量包装箱、防震泡沫等固体废物，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，但在组装过程中，需严格按照相关使用说明、相关管理制度执行。综上所述，本项目建设阶段对周围环境的影响较小。

11.2 运行阶段辐射环境影响理论分析

11.2.1 周围环境辐射剂量估算

建设单位拟在公司一层调试间铅箱内进行设备出厂调试及维修后测试；实操培训在客户指定作业场所，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。

根据建设单位及厂家提供的资料，调试及维修后测试期间 X 射线机出束方向朝下，出束角度为 40° ，探伤工件为压接金具，铅箱底部屏蔽体外关注点剂量率按主射束保守估算；实操培训期间出束方向水平，出束角度为 40° ，探伤工件为高压线路耐张线夹和接续管（耐张线夹和接续管厚度为 5~13mm 钢，本项目保守取 5mm 钢进行估算），设备在高空出束（距地距离大于 30m），设备工作现场将在主线束和非主线束两个不同范围产生距离不同的控制区、监督区边界。

（1）有用线束方向理论计算

本项目评价选取正常操作时铅箱外 30cm 处的辐射剂量率和操作位处辐射剂量率。由于铅箱直接放置于地面（铅箱内 X 射线机和成像板均固定不可移动），因此铅箱底部屏蔽体外关注点选取铅箱底部外 100mm。各关注点说明如下：

- A：铅箱前屏蔽体外表面 30cm 处
- B：铅箱后屏蔽体外表面 30cm 处
- C：铅箱左屏蔽体外表面 30cm 处

D: 铅箱右屏蔽体外表面 30cm 处

E: 铅箱上屏蔽体外表面 30cm 处

F: 铅箱下屏蔽体外表面 10cm 处

G: 操作位

根据建设单位提供资料，本项目无人机 X 射线探伤装置主要参数见表 11-1，估算时射线源、成像板（散射体）距关注点距离分布图见图 11-1 和图 11-2。

表 11-1 本项目无人机 X 射线探伤装置主要参数表

设备名称	无人机 X 射线探伤装置
X 射线机型号	XRS3
最大管电压 (kV)	270
最大管电流 (mA)	0.25
周向/定向	定向
滤过条件	1.5mmCu
每秒最大脉冲数	15
脉冲宽度	25ns
射线源至工件距离 (m)	调试及维修后测试: 0.6 实操培训: 2
每脉冲 X 射线剂量 (单元前 12 英寸)	2mR-4.3mR
距辐射源点 1m 处输出量 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	$7.56\text{E}+05$ ③
1m 处泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	5.0×10^3 ④
辐射角	40°
最大 kV/mA 值的探测厚度	13mm (钢)
设备年总曝光时间 (h/a)	$2.1\text{E}-07$

注:

①数据转换 $1\text{R}=8.76\text{mGy}$ ，过程：由 $1\text{Gy}=1\text{J/kg}$ ； $1\text{R}=2.58\times 10^{-4}\text{C/kg}$ （见《辐射防护导论》P20）；由 $W/e=33.97\text{J/C}$ （国际电离辐射咨询委员会 CCEMRI（I）推荐的平均电离功）；故 $1\text{R}=2.58\times 10^{-4}\text{C/kg}\times 33.97\text{J/C}=8.76\times 10^{-3}\text{Gy}=8.76\text{mGy}$ 。

②设备不能一直连续发射脉冲。

③根据建设单位提供资料，由每脉冲 X 射线剂量（单元前 12 英寸）为 2mR-4.3mR（本项目取最大值 4.3mR），每秒 15 次脉冲， $1\text{R}=8.76\text{mGy}$ ，可得距辐射源点 1m 处的输出量 $=15\times 4.3\times 10^{-3}\times 8.76\times 3600\times 10^3\times 0.3048^2\div 0.25=7.56\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

④X 射线机最大管电压为 270kV，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 1 可知距辐射源点 1m 处泄漏辐射剂量率为 $5.0\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

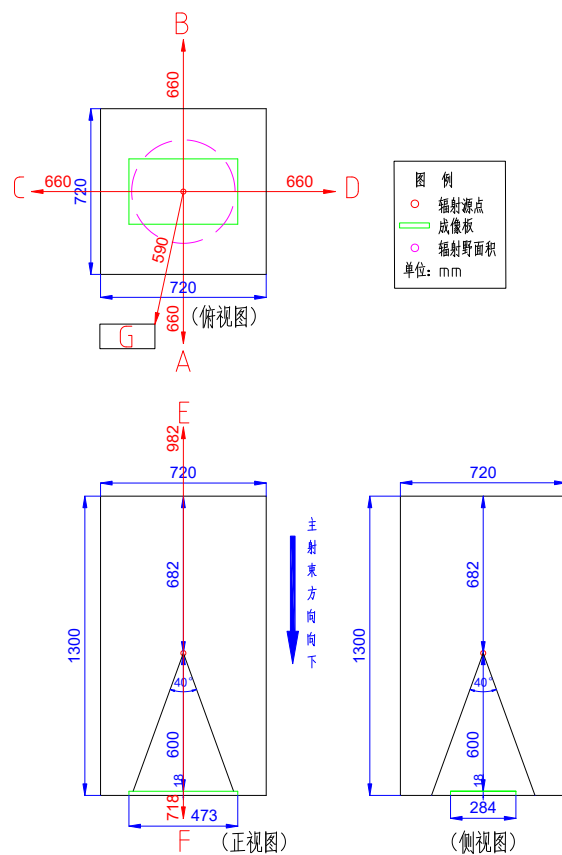


图 11-1 射线源至关注点距离分布图

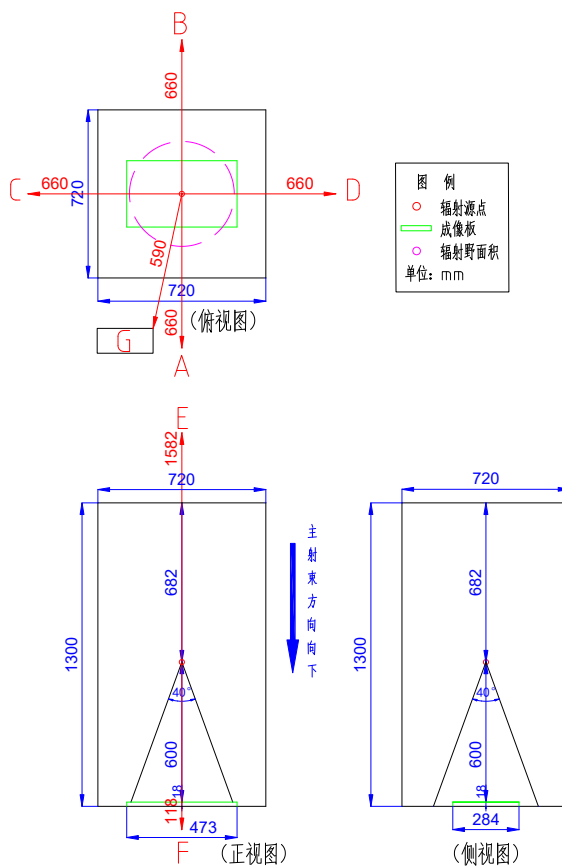


图11-2 散射体至关注点距离分布图

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），关注点的剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式 11-1 计算：

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

从而推算有用线束衰减至剂量率限值所需的距离：

$$R = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B}{\dot{H}}} \quad (11-2)$$

式中：

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为 mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处的输出量，单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，依据表 11-1 可知距辐射源点（靶点）1m 处的输出量为 $7.56\text{E}+05 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B ——屏蔽透射因子，本项目设备最大管电压为 270kV，最大管电流为 0.25mA，滤过条件为 1.5mmCu，铅箱底部屏蔽体铅当量为 20mmPb。由于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中无电压 270kV、1.5mmCu 滤过条件下铅的透射因子，故调试及维修后测试（即铅箱中调试）主射束透过铅的屏蔽透射因子保守按辐射防护手册（第一分册）中图 10.5h（图 11-3）中 300kV0.5mmCu 进行取值，即 $1.0\text{E}-06$ ；实操培训时屏蔽透射因子取 1；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离。

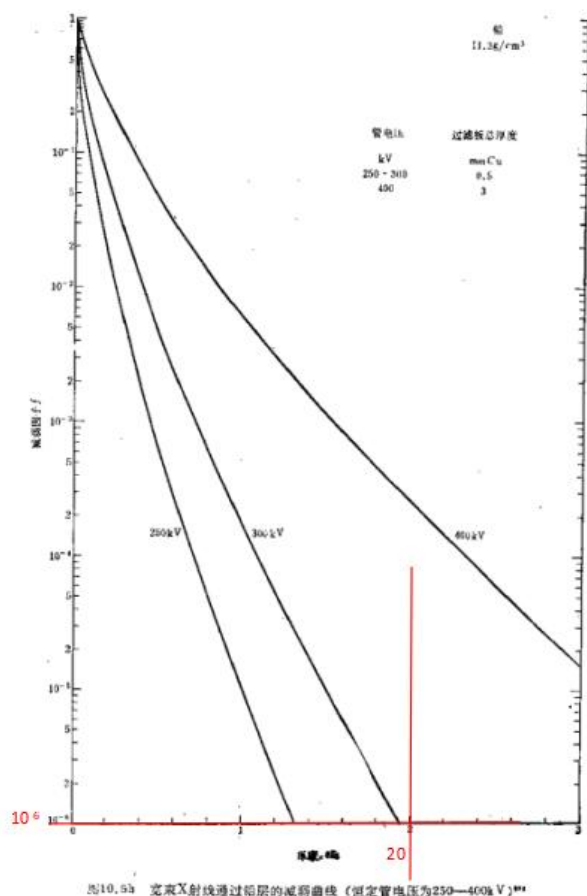


图11-3 屏蔽透射因子取值图

根据式 11-1~式 11-2 及表 11-1，铅箱有用线束方向屏蔽体表面 10cm 处辐射剂量率见表 11-2，实操培训期间主射束方向控制区及监督区计算结果见表 11-3。

表 11-2 铅箱有用线束方向屏蔽体表面 10cm 处辐射剂量率估算（调试及维修后测试）

关注点	铅当量 (mmPb)	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B	R (m)	$\dot{H}_{\text{主}}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
F: 铅箱下屏蔽体外表面 10cm 处	20	0.25	7.56E+05	1.0E-06	0.718	3.67E-01

表 11-3 无人机 X 射线探伤装置主射线束方向控制区及监督区计算结果（实操培训）

设备名称	最大管 电流 (mA)	区域	剂量当量率 限值	透射 因子 B	离靶 1m 处的输出量 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	边界距离 R (m)
无人机 X 射 线探伤装置	0.25	控制区	15 $\mu\text{Sv/h}$	1	7.56E+05	113
		监督区	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1	7.56E+05	275

备注：实操培训期间有用线束方向辐射影响保守按未被压接线屏蔽估算。

(2) 非主射线方向的控制区和监督区划分计算

非主束方向指除有用线束外的方向。

① 泄漏辐射剂量率

$$\dot{H}_{\text{漏}} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad (11-3)$$

式中：

B——屏蔽透射因子，调试及维修后测试屏蔽透射因子见式 11-4 取值，实操培训屏蔽透射因子取 1；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，（m）；

$\dot{H}_{\text{漏}}$ ——预测点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，（ $\mu\text{Sv/h}$ ），根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 1（如图 11-4 所示），本项目无人机 X 射线探伤装置最大管电压为 270kV，取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

X 射线管电压 kV	距靶点 1 m 处的泄漏辐射剂量率 $\dot{H}_L$ $\mu\text{Sv/h}$
<150	1×10^3
$150 \leq kV \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

图 11-4 X 射线探伤机泄漏辐射剂量率

对于给定屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下式计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (11-4)$$

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——不同能量射线对应半值层厚度，参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录表 B.2（见图 11-5），本项目设备最大管电压为 270kV，利用插值法可得管电压 270kV 条件下铅的 TVL 为 4.02mm。

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

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 HVL mm		什值层厚度 TVL mm	
	铅	混凝土	铅	混凝土
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/m³, 混凝土的密度为 2.35 t/m³。

图 11-5 铅在不同能量射线对应什值层厚度 TVL 图

② 散射辐射剂量率

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），非主射方向上的散射辐射剂量率可根据下式计算。

$$\dot{H}_{\text{散}} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \tag{11-5}$$

式中：

I——X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H₀——距辐射源点 1m 处输出量，μSv·m²/（mA·h）；

B——辐射屏蔽透射因子，根据 GBZ/T250-2014 表 2（图 11-6），本项目最大管电压为 270kV，因此 X 射线 90° 散射辐射最高能量为 200kV，铅的什值层根据图 11-5 取值约为 1.4mm，根据式 11-4 可得在调试及维修后测试期间屏蔽透射因子 B=10^{-20/1.4}=5.18E-15，实操培训期间屏蔽透射因子 B=1。

表 2 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 kV	散射辐射 kV
150≤kV≤200	150
200<kV≤300	200
300<kV≤400	250

注：该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。

图 11-6 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

R_s——散射点至关注点的距离，m。

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；根据建设单位提供资料，调试期间及维修后测试期间辐射源点（靶点）至探伤工件的距离为 0.6m，实操培训期间辐射源点（靶点）至探伤工件的距离为 2m。

F —— R_0 处的辐射野面积， m^2 ；调试期间及维修后测试期间工件距出束口约 0.6m，辐射角度为 40° ，保守按照探测工件表面积为辐射野面积可得 $F_{\text{调试及维修后测试}} = 0.005\pi \times 0.6 \tan 20^\circ \times 2 = 6.86E-03 m^2$ ，实操培训期间工件距出束口约 2m，辐射角度为 40° ，可得 $F_{\text{实操培训}} = 0.005\pi \times 2 \tan 20^\circ \times 2 = 0.02 m^2$ 。

α ——散射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.3，本项目无人机 X 射线探伤装置最大管电压为 270 kV， a_w 保守取 300kV 下的 1.9×10^{-3} ， α 可保守取为 $a_w \times 10000/400 = 1.9 \times 10^{-3} \times 10000/400 = 0.0475$ 。

散射辐射剂量率和漏射辐射剂量率相关参数取值见下表所示：

表 11-4 散射辐射剂量率和漏射辐射剂量率相关参数取值

设备名称	无人机 X 射线探伤装置
X 射线机型号	XRS3
最大管电压（kV）	270
最大管电流（mA）	0.25
1m 处泄漏辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	5.0×10^3
距辐射源点 1m 处输出量 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	$7.56E+05$
R_0 （m）	调试及维修后测试：0.6；实操培训：2
F （ m^2 ）	调试及维修后测试：6.86E-03；实操培训：0.02
α	0.0475

根据式 11-3~式 11-4 和表 11-4，非主射束方向控制区及监督区计算结果见表 11-5~表 11-7 所示。

表 11-5 铅箱表面 30cm 处非主射束方向辐射剂量率估算（调试及维修后测试）

关注点	铅当量 (mmPb)	漏射参数				漏射参数								$\dot{H}_{\text{漏}}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}_{\text{散}}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
		TVL (mm)	B	$\dot{H}_L$ ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	TVL (mm)	B	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	I (mA)	F (m^2)	α	R_s (m)	R_0 (m)		
A: 铅箱前屏蔽体外表面 30cm 处	20	4.02	1.06E-05	5000	0.660	1.4	5.18E-15	7.56E+05	0.25	6.86E-03	0.0475	0.660	0.6	1.22E-01	2.0E-12
B: 铅箱后屏蔽体外表面 30cm 处	20	4.02	1.06E-05	5000	0.660	1.4	5.18E-15	7.56E+05	0.25	6.86E-03	0.0475	0.660	0.6	1.22E-01	2.0E-12
C: 铅箱左屏蔽体外表面 30cm 处	20	4.02	1.06E-05	5000	0.660	1.4	5.18E-15	7.56E+05	0.25	6.86E-03	0.0475	0.660	0.6	1.22E-01	2.0E-12
D: 铅箱右屏蔽体外表面 30cm 处	20	4.02	1.06E-05	5000	0.660	1.4	5.18E-15	7.56E+05	0.25	6.86E-03	0.0475	0.660	0.6	1.22E-01	2.0E-12
E: 铅箱上屏蔽体外表面 30cm 处	20	4.02	1.06E-05	5000	0.982	1.4	5.18E-15	7.56E+05	0.25	6.86E-03	0.0475	1.582	0.6	5.49E-02	3.5E-13
G: 操作位	20	4.02	1.06E-05	5000	0.590	1.4	5.18E-15	7.56E+05	0.25	6.86E-03	0.0475	0.590	0.6	1.52E-01	2.5E-12

表 11-6 铅箱表面 30cm 处复合辐射剂量率计算（调试及维修后测试）

关注点	有用线束 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	复合辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
A: 铅箱前屏蔽体外表面 30cm 处	/	1.2E-01	2.0E-12	1.2E-01
B: 铅箱后屏蔽体外表面 30cm 处	/	1.2E-01	2.0E-12	1.2E-01
C: 铅箱左屏蔽体外表面 30cm 处	/	1.2E-01	2.0E-12	1.2E-01
D: 铅箱右屏蔽体外表面 30cm 处	/	1.2E-01	2.0E-12	1.2E-01
E: 铅箱上屏蔽体外表面 30cm 处	/	5.5E-02	3.5E-13	5.5E-02
F: 铅箱下屏蔽体外表面 10cm 处	3.7E-01	/	/	3.7E-01
G: 操作位	/	1.5E-01	2.5E-12	1.5E-01

表 11-7 无人机 X 射线探伤装置不同距离非主射方向辐射剂量率计算表（实操培训）

距离射线靶的距离 (m)	漏射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射 ($\mu\text{Sv/h}$)	合计 ($\mu\text{Sv/h}$)
5	200.00	2.05	202.05
10	50.00	0.51	50.51
15	22.22	0.23	22.45
19	13.85	0.14	13.99（控制区）
30	5.56	0.06	5.61
40	3.13	0.03	3.16
45	2.47	0.03	2.49（监督区）

根据表 11-5 和表 11-7 的计算结果可知本项目铅箱屏蔽体外最大辐射剂量率为 $0.37\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

实操培训期间主射束及非主射束控制区和监督区划分情况见表 11-8。

表 11-8 无人机 X 射线探伤装置监督区和控制区划分情况（实操培训）

设备名称	设备型号	方向	控制区 (m)	监督区 (m)	工件厚度
无人机 X 射线探伤装置	XD	主射线	113	275	5mm 钢
		非主射线	19	45	

根据表 11-8 确定的实操培训主射线束及非主射线束情况，控制区和监督区边界距离无人机 X 射线探伤装置的距离可以画出工作现场的控制区和监督区范围。根据建设单位提供资料，实操培训期间出束方向水平，出束角度为 40° ，无人机 X 射线探伤装置控制区和监督区划分示意图见图 11-7 所示。

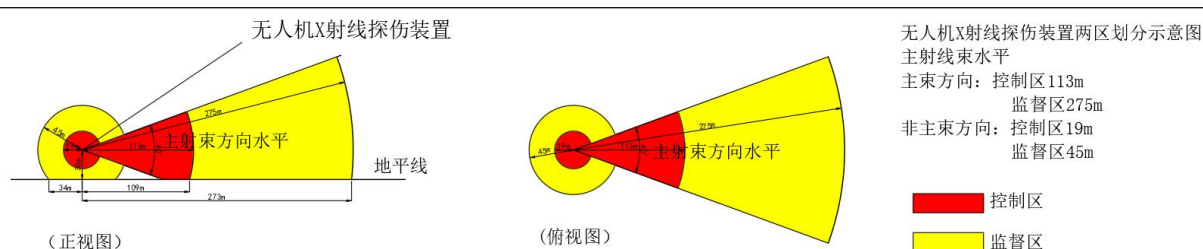


图11-7 无人机X射线探伤装置控制区及监督区划分示意图（实操培训）

由表 11-8 估算结果可知，实操培训期间无人机 X 射线探伤装置在高空出束，设备出束方向水平，则主射束方向投影到地面的控制区边界为 109m，监督区边界为 273m；由于非主射束方向控制区边界为 19m 未到达地面（高空探伤期间探伤装置距地大于 30m），投影到地面的监督区边界为 34m。

上述理论计算结果较为保守，仅为建设单位实操培训期间控制区和监督区的划分提供参考。建设单位在实操培训过程中无人机 X 射线探伤装置管电压的改变等影响都会使辐射场所的辐射剂量水平变化，从而改变控制区和监督区的范围。因此，实操培训期间必须根据以上理论预测的结果进行控制区、监督区的划分，进行现场工作时使用辐射巡检仪进行巡检，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），将作业场所中周围剂量当量率在 15 μ Sv/h 以上的范围内划为控制区，控制区边界外剂量当量率在 2.5 μ Sv/h 以上的范围内划为监督区。

11.2.2 人员受照剂量估算

按照下式对工作人员及公众的年受照剂量进行估算：

$$H=\dot{H}_s\times T\times t\times 10^{-3} \quad (11-6)$$

$$\dot{H}_s=\left(\frac{r_0}{R}\right)^2\times\dot{H}_x \quad (11-7)$$

式中：

H——年有效剂量，mSv；

$\dot{H}_s$ ——关注点辐射剂量率， μ Sv/h；

r_0 ——射线源至关注点的距离，m；

R——射线源至计算点的距离，m；

$\dot{H}_x$ ——铅箱外表面 30cm 处关注点的辐射剂量率， μ Sv/h；

t——年受照时间，h；

T——居留因子，选取参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A 中表 A.1。

根据建设单位提供资料，本项目设备无需训机，无人机 X 射线探伤装置每秒最多产生 15 次脉冲，每个脉冲宽度为 25ns。每台无人机 X 射线探伤装置调试期间曝光最多需要 10 次脉冲，10 次脉冲出束时间为 2.5×10^{-7} s，则调试期间最大曝光时间为 6.9E-11h/台；实操培训期间曝光最多需要 10 次脉冲，则实操培训期间最大曝光时间为 6.9E-11h/台；维修后测试与设备出厂调试工况一致，本项目保守考虑每销售 1 台无人机 X 射线探伤装置需维修 1 次，则维修后测试期间最大曝光时间为 6.9E-11h/台。

本项目拟设置 5 名辐射工作人员操作，建设单位预计本项目设备年生产 1000 台，工作人员年工作 52 周，每周最多生产 20 台。则设备年总曝光时间为 2.1E-07h，周总曝光时间为 4.2E-09h。本项目设备负荷量见下表。

表 11-9 设备负荷量

年最大产量（台）	1000
周最大产量（台）	20
设备年总出束时间（h）	2.1E-07
设备周最大出束时间（h）	4.2E-09

调试及维修后测试期间，公司将铅箱屏蔽体内部划为控制区，将铅箱屏蔽体外整个调试间划为监督区；实操培训期间，公司将作业场所周围剂量当量率在 15 μ Sv/h 以上的范围内划为控制区，将控制区边界外剂量当量率在 2.5 μ Sv/h 以上的范围内划为监督区，操作人员均位于控制区边界外。

实操培训期间从偏保守角度考虑，现场两区划分、边界巡测和安全巡查工作人员在控制区和监督区边界停留时间相同，各为总曝光时间的二分之一，则其所在位置剂量率取各边界处剂量率控制值（控制区 15 μ Sv/h，监督区 2.5 μ Sv/h），居留因子取 1。

实操培训场所在客户指定作业场所，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。实操培训期间客户单位与本项目辐射工作人员位于控制区警戒线外，其他公众人员位于监督区警戒线外，其他公众受照剂量率取监督区边界剂量率 2.5 μ Sv/h。实操培训期间公众人员包括客户单位和附近偶然居留的人员，客户居留因子取 1，附近偶然居留人员居留因子取 1/16。上述取值是偏保守和安全的，本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量估算结果见下表。

表 11-10.1 本项目辐射工作人员和公众年有效剂量估算结果（调试及维修后测试场所）

位置	场所	方向	影响人群	居留因子	r ₀ (m)	Hx 辐射剂量率 (μSv/h)	R (m)	Hs 关注点处辐射剂量率 (μSv/h)	年出束时间(h)	周出束时间(h)	年有效剂量(mSv/a)	周有效剂量 (μSv/周)
广州优飞智能设备有限公司内	调试间（铅箱所在房间）	/	辐射工作人员	1	/	1.22E-01	/	1.22E-01	1.4E-07	2.8E-09	1.69E-11	3.38E-10
	高温房	北侧	公众	1/16	0.660	1.22E-01	2.3	1.00E-02	1.4E-07	2.8E-09	8.69E-14	1.74E-12
	生产间	东侧	公众	1	0.660	1.22E-01	1.8	1.63E-02	1.4E-07	2.8E-09	2.27E-12	4.54E-11
	展厅	南侧	公众	1/16	0.660	1.22E-01	2.6	7.83E-03	1.4E-07	2.8E-09	6.80E-14	1.36E-12
	大堂	东侧	公众	1/16	0.660	1.22E-01	22.5	1.05E-04	1.4E-07	2.8E-09	9.08E-16	1.82E-14
	活动室	东侧	公众	1/5	0.660	1.22E-01	37.8	3.71E-05	1.4E-07	2.8E-09	1.03E-15	2.06E-14
	办公室	东侧	公众	1	0.660	1.22E-01	46.1	2.49E-05	1.4E-07	2.8E-09	3.46E-15	6.92E-14
	设备组装间	东侧	公众	1	0.660	1.22E-01	38.1	3.65E-05	1.4E-07	2.8E-09	5.07E-15	1.01E-13
	财务室	正上方	公众	1	0.982	5.49E-02	3	5.88E-03	1.4E-07	2.8E-09	8.17E-13	1.63E-11
广州优飞智能设备有限公司外	安居宝科技园 C 栋	西南侧	公众	1	0.660	1.22E-01	37.2	3.83E-05	1.4E-07	2.8E-09	1.33E-16	1.06E-13
	安居宝科技园 E 栋	南侧	公众	1	0.660	1.22E-01	30.3	5.77E-05	1.4E-07	2.8E-09	2.00E-16	1.60E-13
	园区宿舍	东北侧	公众	1	0.660	1.22E-01	47.2	2.38E-05	1.4E-07	2.8E-09	8.25E-17	6.60E-14
	门卫处	西侧	公众	1	0.660	1.22E-01	45.4	2.57E-05	1.4E-07	2.8E-09	3.57E-15	7.14E-14
	起云路	西北侧	公众	1/40	0.660	1.22E-01	41.3	3.10E-05	1.4E-07	2.8E-09	1.08E-16	2.16E-15

表 11-10.2 本项目辐射工作人员和公众年有效剂量估算结果（实操培训）

成员		操作类型		剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年出束时间 (h)	周出束时间 (h)	居留因子	周有效剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年有效剂 量 (mSv)
辐射工作人 员	操作人员	实操培训	曝光		15	6.94E-08	1	2.08E-08	1.04E-09
	两区划分、巡测、 巡查人员	实操培训	控制区	曝光	15	3.47E-08		1.22E-08	6.08E-10
			监督区	曝光	2.5	3.47E-08			
公众	客户单位	实操培训	曝光		2.5	6.94E-11	1/16	1.74E-10	1.74E-13
	其他公众人员	实操培训	曝光		2.5	6.94E-11		1.09E-11	1.09E-14

建设单位拟设置 5 名辐射工作人员负责调试、实操培训、维修后测试工作期间的工作，因此辐射工作人员的年有效剂量最大值和周有效剂量最大值考虑调试、实操培训、维修后测试工作期间的剂量叠加。由表 11-10 可知，辐射工作人员的职业照射周有效剂量最大值约为 $2.12\text{E-}08\mu\text{Sv}$ ；调试及维修后测试期间公众的周有效剂量最大值不超过 $4.54\text{E-}11\mu\text{Sv}$ ；实操培训期间公众的周有效剂量最大值不超过 $1.74\text{E-}10\mu\text{Sv}$ 。满足“对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”的周剂量限值控制要求。

辐射工作人员的职业照射年有效剂量最大值约为 $1.06\text{E-}09\text{mSv/a}$ ，调试及维修后测试期间公众照射的最大年有效剂量为 $2.27\text{E-}12\text{mSv/a}$ ，实操培训期间公众照射的最大年有效剂量为 $1.74\text{E-}13\text{mSv/a}$ 。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，也低于本环评提出的剂量约束值：“工作人员剂量管理约束值不超过 5mSv/a ，公众剂量管理约束值不超过 0.25mSv/a ”。

11.3 非放射性污染物环境影响分析

11.3.1 臭氧及氮氧化物

由于设备调试、实操培训及维修后测试时间较短，工作过程中产生的臭氧及氮氧化物极少，同时铅箱设置排气扇、实操培训期间工作现场环境开阔，臭氧及氮氧化物易于扩散。

11.3.2 危险固废

由于本项目采用数字成像技术，不使用显影液和定影液，因此无洗片废水、废显影液、废定影液和废胶片产生。

11.4 事故影响分析

11.4.1 辐射事故识别

根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，无人机 X 射线探伤装置只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源便不会再有射线产生。

本次评价无人机 X 射线探伤装置事故状态分以下情况：

- （1）铅箱安全联锁装置发生故障，导致在前门未关到位的情况下射线发生器出束，

X 射线泄漏使辐射工作人员或公众受到意外照射。

(2) 设备软件控制故障，导致高低压错乱或门机联锁失灵，辐射工作人员打开铅箱前门时X射线装置仍处于出束状态，造成人员意外照射。

(3) 人员误照射：主要发生的辐射事故是由于对作业现场划定的控制区、监督区管理不到位，导致人员误入该区域引起误照射。

(4) 在不适合实操培训的场地进行实操培训操作，对公众或工作人员造成不必要的照射。

(5) 射线装置丢失、被盗，对环境和社会产生危害（向公安机关报案110）。

(6) 射线装置未安装水平，机头未投射于工件位置，而直接射向人员居留位置，而导致误照射。

建设单位应严格落实安全管理制度，按操作规程进行现场工作，避免辐射事故的发生。本次评价事故分析考虑可能发生的最大辐射事故，即探伤装置以最大工况270kV运行时，无铅屏蔽板且无防护，此时辐射工作人员和公众误入或滞留于控制区，造成有关人员被误照射。

11.4.2辐射事故影响分析

(1) 调试及维修后测试期间无人机X射线装置事故后果计算

无人机 X 射线装置最大管电压为 270kV，最大管电流为 0.25mA，距靶点 1m 处剂量率为 $7.56E+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。调试及维修后测试期间辐射工作人员位于铅箱正面，本项目调试及维修后测试期间处理事故时间按最不利情况下取探伤装置一次出束可设置的最大脉冲数 50 次计算，最大受照时间为 $1.25E-06\text{s}$ ，射线装置前表面距离射线源约 0.36m。因此，一次事故下辐射工作人员受到的剂量为 $5.06E-07\text{mGy}$ 。

(2) 实操培训期间无人机X射线装置事故后果计算

无人机 X 射线探伤装置只有在开机状态下才会产生 X 射线，本项目操作人员可通过遥控器设置的脉冲数范围为 0~50 次，时间为 $0\sim 1.25\times 10^{-6}\text{s}$ ，设备每秒最大脉冲数 15 次，单次最多出束 50 次脉冲。本次环评处理事故时间按最不利情况下取探伤装置最大脉冲数 50 次计算，最大受照时间为 $1.25E-06\text{s}$ 。人员受到的有效剂量与探伤装置产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中探伤装置产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用式 11-1 计算。本项目探伤装置作业期间发生事故时对受照人员的有效剂

量计算结果见下表。

表 11-11 无人机 X 射线探伤装置作业发生事故时对受照人员的有效剂量计算结果

受照距离 (m)	I (mA)	H ₀ μSv·m ² /(mA·h)	单次最大出 束脉冲数	受照剂量 (mSv)
1	0.25	7.56E+05	50	6.56E-08
2	0.25	7.56E+05	50	1.64E-08
5	0.25	7.56E+05	50	2.62E-09
10	0.25	7.56E+05	50	6.56E-10
20	0.25	7.56E+05	50	1.64E-10
30	0.25	7.56E+05	50	7.29E-11
40	0.25	7.56E+05	50	4.10E-11
50	0.25	7.56E+05	50	2.62E-11
100	0.25	7.56E+05	50	6.56E-12

调试及维修后测试期间事故情况下，辐射工作人员收到的辐射剂量为 5.06E-07mGy；实操培训期间事故情况下无人机 X 射线探伤装置X射线直接照射到人员身上，误入人员在距离射线头 1m 处停留 1.25E-06s，其所受有效剂量为 6.56E-08mSv/次；在距离射线头 10m 处停留 1.25E-06s，所受有效剂量最高为 6.56E-10mSv/次。

综上所述，本项目辐射事故情况下辐射工作人员受到的辐射事故剂量不会超过本环评提出的剂量约束值。

11.4.4事故防范措施

(1) 定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(2) 操作规程：每次现场工作需 5 名辐射工作人员同时在场，辐射工作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

(3) 定期检查装置，确保安全联锁正常运行；每月对无人机 X 射线探伤装置出束状态进行检查、维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。工作人员应经常检查设备安全装置的运行状况。

(4) 加强辐射工作人员的管理，装置开机前，必须确保无关人员全部撤离后才可开启；加强辐射工作人员的业务培训，防止误操作，以避免工作人员和公众受到意外辐射。

(5) 加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，禁止人员进入控制区。控制区和监督区边界正确设置警告牌。

(6) 检查系统发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新开启 X 射线装置。

(7) 现场应设置电离辐射警示标志，并安装醒目的工作状态指示灯。

(8) 操作人员应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗。

(9) 操作人员须严格按操作规程进行作业，不得擅自改变操作程序，确保安全。

(10) 工作时必须随身携带个人剂量计，同时应使用剂量报警仪。

(11) 设备四周设置电离辐射警告标志、中文警示说明，设备自带工作状态信号灯。

(12) 开机前须检查设备工作状态指示灯、急停开关及门机联锁功能等安全装置是否运行正常，观察开关指示灯是否连通。

(13) 开机前要确定辐射监测仪正常的情况下才能开机作业。

(14) 检修时应采取可靠的断电措施，切断需检修设备上的电器电源，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。

(15) 如发生违反操作规程或其他原因造成事故，须立刻启动事故应急预案。

11.4.5 事故应急措施

本项目现场工作过程中发生事故后处理的原则是：

(1) 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安排受照人员就医检查。

(2) 出现事故后应及时处理，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。缩小事故影响，减少事故损失。

(3) 处理较复杂的事故时，应在上级主管部门及领导的指导和监督下进行，要对事故处理人员进行辐射监测。

(4) 在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

(5) 事故处理后应收集保存资料，如：现场调试、实操培训及维修后测试工作方案、X 射线工作任务指令单、进出场所记录表、现场监测照片、监测布置图、公示材料、现场射线剂量监测记录表和现场记录（含控制区和监督区的划分）资料等，及时总

结报告。

（6）一旦发生辐射事故，必须立即按下急停按钮，切断总电源开关，当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，并及时上报。

一旦有辐射事故发生，应启动应急预案，及时处理，严格按制定的辐射事故应急预案的相关规定响应。X 射线装置失控而造成的事故应立即查明原因，迅速纠正和终止照射，同时上报生态环境和卫生行政部门，由专业救援人员采取相应的防护措施，对可能受到超剂量照射人员进行受照剂量估算，并根据实际情况判断是否送往医疗单位进行医疗处理。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款：使用I类、II类、III类放射源，使用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；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

广州优飞智能设备有限公司成立了辐射安全与环境保护管理机构，辐射安全与环境保护管理机构全面负责辐射工作的管理和领导工作，统一领导、统一指挥，辐射安全与环境保护管理机构应至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

辐射安全与环境保护管理机构应明确主要职责：

- 1、制定公司有关射线装置的安全与环境防护管理办法。
- 2、严格按照国家相关规定申请领取许可证，办理登记手续严格按照许可范围开展工作。
- 3、辐射工作人员必须持证上岗，严格遵守有关的操作规程及规章，定期组织辐射工作人员参加有关部门举办的辐射安全与防护培训，定期组织公司内部辐射应急演练。
- 4、组织辐射操作人员进行职业健康体检。
- 5、对公司射线装置的安全防护进行定期检查。
- 6、配合上级主管部门做好辐射工作人员体检、安全防护装置有效性测试及安全监察。
- 7、发生辐射事故，立即报告上级领导和有关部门采取有效措施，不得拖延或者隐瞒不报。
- 8、编写射线装置安全和防护状况年度评估报告，并按规定报送原发证机关。
- 9、建立健全的辐射事故应急预案，制定专人负责，落实安全责任制，制定必要的事故应急措施。

12.2 辐射安全管理制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用射线装置的单位，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，并有完善的辐射应急措施”。

建设单位制定了一系列 X 射线现场工作防护相关规章制度，如《辐射安全与环境保护管理制度》、《无人机 X 射线探伤装置销售规程》、《无人机 X 射线探伤装置操作规程》、《辐射工作人员职业健康管理规定》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作场所监测计划》、《射线装置使用和维修台账管理制度》、《广州优飞智能设备有限公司辐射事故应急预案》。详见附件 6。

公司制定的辐射安全管理制度较全面，应严格按照制定的规章制度管理公司的核技术利用项目，实现安全和规范管理。一旦发生辐射事故时，可以实现迅速和有效的应对，基本满足《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。广州优飞智能设备有限公司应严格执行以上规章制度，责任到人，将事故和危害降到最低限度。

12.3 辐射工作人员培训

根据生态环境部《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》（2019 年，第 57 号）的相关要求，自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

本项目配备 5 名辐射工作人员，公司应在确定辐射工作人员后，及时安排辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名培训和参加考核。考核成绩全国有效，有效期五年，考核合格后方可上岗。

广州优飞智能设备有限公司应根据人员变动情况，及时安排新增人员和未参与培训的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台上参加培训，考核合格后方可上岗；在项目运行过程中按要求定期组织辐射工作人员进行再培训和考核，确保所有辐射工作人员培训合格后上岗。

12.4 辐射监测

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源

安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等法律法规及标准的要求，建设单位针对此次核技术应用项目制定相应的辐射监测计划，包括验收监测、年度监测、日常监测和个人剂量监测。

12.4.1 环保措施竣工环境保护验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测（调查）报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

建设单位应如实查验、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（调查）报告。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。

12.4.2 辐射工作人员个人剂量监测

建设单位应委托有资质的单位定期对辐射工作人员的个人受照剂量进行例行检查并出具相关检测报告，个人剂量监测应遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）等相关规定执行，个人剂量监测的监测周期不得超过 3 个月；建立个人剂量档案和健康管理档案，做好工作人员的剂量数据登记和汇总工作，工作人员职业照射个人剂量监测档案应终生保存。当发现职业操作人员年累积剂量接近本评价建议的剂量约束值 5mSv/a 时，应立即停止该人员的辐射工作，分析和查找剂量接近剂量约束值的原因，并采取相应的整改措施。

12.4.3 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。

调试及维修后测试期间，应按照监测方案执行，开展定期自行监测及委托监测。射线装置的辐射防护检测应在额定工作条件下，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。

辐射工作场所监测是安全防护的一项必要的措施，通过辐射监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到超剂量的照射。公司须根据工作内容配备必要的监测设备和仪器，建立环境监测制度。公司可参照以下监测方案制定监测计划：

（1）日常自行监测

公司应配备相应的辐射监测设备，包括辐射剂量率报警仪和辐射监测仪等。用于辐射工作场所的辐射水平自行检测和分区，及时了解工作人员所处区域的辐射水平，避免操作人员在不知情的情况下长时间受到超剂量照射。参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的规定，建设单位在进行设备出厂前调试及维修后测试时应首先进行铅箱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。现场实操培训工作需根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）辐射工作场所的辐射水平进行检测和分区划分。

1）调试及维修后测试

- ①通过巡测，发现辐射水平异常高的位置；
- ②前门外 30cm 及门缝处；
- ③铅箱外 30cm 处；
- ④操作位；
- ⑤调试间四周墙外 30cm 处，正上方距地面 1m 处；
- ⑥设备周围人员常停留区域，结合环评中现状监测点及预测关注点进行布点。

2）现场实操培训工作

①在每次实操培训工作开始前，对现场周围的环境敏感点或者评价范围区域进行辐射环境现状检测。

②实操培训时当无人机 X 射线探伤装置场所、照射方向等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

③在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平时可接受的。

④实操培训期间检测控制区和监督区边界周围剂量当量率，应满足控制区边界周围剂量当量率限值不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界周围剂量当量率限值不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

⑤实操培训停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

⑥建设单位在每次实操培训时，均应进行辐射水平监测。

⑦根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，每次移动式探伤作业时（本项目不实施移动探伤，但建设单位需对客户单位进行实操培训），建设单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：

- a) 新开展现场射线探伤的单位；
- b) 每年抽检一次（年度监测）；
- c) 在居民区进行的移动式探伤；
- d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25 mSv 。

（2）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》（环境保护部令 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公司的辐射工作场所进行监测。年度监测数据作为本单位的射线装置安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

（3）个人剂量监测

公司将对辐射工作人员开展个人剂量监测，监测工作要委托具有相应资质的辐射防护技术服务机构承担，常规个人剂量监测的周期应综合考虑工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素，监测周期一般最长不得超过 3 个月，公司需配合委托单位及时收发个人剂量计。个人剂量监测档案包括辐射工作人员

姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每季度受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。加强对辐射工作人员个人剂量档案、个人健康档案的保管，要求终身保存，辐射工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。公司还应关注工作人员每一次的累积剂量监测结果，对监测结果超过剂量管理限值的原因进行调查和分析，优化实践行为，同时应建立并终生保存个人剂量监测档案，以备辐射工作人员查看和管理部门检查。辐射工作人员上岗前应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作；项目运行后公司还应当组织辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。

（4）竣工环境保护验收

评价项目竣工 3 个月内，公司应当按照《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 253 号令）、《国务院关于修改〈建设项目竣工环境保护管理条例〉的决定》（国务院令 682 号）的规定，对配套建设的环境保护设施进行验收。公司应当如实查验、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。如验收过程中需进行整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。

公司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，公司对受委托的技术机构编制的验收监测报告结论负责。公司在验收过程中，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。

除按照国家规定需要保密的情形外，公司应当依法向社会公开验收报告。监测计划见表 12-2。

表 12-2 辐射工作场所监测要求

监测类别	监测因子/监测点位	监测频次	监测方式
辐射工作人员个人剂量监测	个人外照射剂量	1 次/90 天	委托有相关资质的第三方辐射监测机构对公司的辐射工作场所进行监测
年度监测	铅箱外周围剂量当量率（不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ） ①通过巡测，发现辐射水平异常高的位置； ②前门外 30cm 及门缝处；	1 次/年	

	③铅箱外 30cm 处； ④操作位； ⑤调试间四周墙外 30cm 处，正上方距地面 1m 处； ⑥设备周围人员常停留区域，结合环评中现状监测点及预测关注点进行布点。			
	实操培训	监督区边界 (2.5μSv/h)	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。	
		控制区边界 (15μSv/h)	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。	
日常监测	铅箱外周围剂量当量率（不超过 2.5μSv/h） ①通过巡测，发现辐射水平异常高的位置； ②前门外 30cm 及门缝处； ③铅箱外 30cm 处； ④操作位； ⑤调试间四周墙外 30cm 处，正上方距地面 1m 处； ⑥设备周围人员常停留区域，结合环评中现状监测点及预测关注点进行布点。		1 次/月	自行监测
	实操培训	监督区边界 (2.5μSv/h)	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。	
		控制区边界 (15μSv/h)	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。	
验收监测	铅箱外周围剂量当量率（不超过 2.5μSv/h） ①通过巡测，发现辐射水平异常高的位置； ②前门外 30cm 及门缝处； ③铅箱外 30cm 处； ④操作位； ⑤调试间四周墙外 30cm 处，正上方距地面 1m 处； ⑥设备周围人员常停留区域，结合环评中现状监测点及预测关注点进行布点。		仅竣工验收进行	评价项目竣工 3 个月内，公司按照规定验收
	实操培训	监督区边界 (2.5μSv/h)	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。	
		控制区边界 (15μSv/h)	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。	

12.4.4 工作场所辐射监测方案

(1) 检测仪器

本项目由于日常辐射监测的仪器配置一览表见表 12-3。

表 12-3 辐射监测仪器配置一览表

名称	拟配备数量	用途
个人剂量报警仪	辐射工作人员 各一台	当剂量率达到设定的报警阈值时，将会报警警示工作人员
便携式 X- γ 剂量率仪	2 台	当剂量率达到设定的报警阈值时，将会报警警示工作人员； 并用于射线装置周围剂量当量率日常监测。

(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，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的剂量限值的要求和本项目关注点的剂量率参考控制水平分析，本项目铅箱屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率的控制值为 2.5 μ Sv/h；实操培训期间控制区边界剂量率不大于 15 μ Sv/h，监督区边界剂量率不大于 2.5 μ Sv/h。

(3) 检测布点要求见表 12-2

检测异常处理：一旦发现辐射水平超过 2.5 μ Sv/h 应立即按下铅箱急停按钮，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。验收监测发现超过控制水平的，应整改合格后方可通过竣工环境保护验收。

监测应遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）等相关规定执行。建设单位配备辐射剂量巡测仪对装置周围的辐射水平进行监测，重点监测门缝、辐射工作人员操作位置等点位，并对监测时间、监测点位、监测结果等进行记录存档。

12.5 辐射安全与防护年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，建设单位应每年对使用的射线装置和安全防护状况进行年度评估，并于每年的 1 月 31 日前向发证机关提交上一年的年度评估报告。

12.6 辐射事故应急预案

根据国务院第 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

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

为了有效处理调试和实操培训过程中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，公司制定了《广州优飞智能设备有限公司辐射事故应急预案》（见附件 6）。对照上述要求，现有《辐射事故应急预案》符合辐射事故应急预案内容的要求，可操作性较强，能够满足在发生辐射安全事故时的应急处理需要。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：广州优飞智能设备有限公司核技术利用建设项目

建设单位：广州优飞智能设备有限公司

项目建设地点：无人机 X 射线探伤装置拟于广州市黄埔区安居宝科技园 F 栋二层组装间进行组装；拟于 F 栋一层调试间铅箱内进行调试及维修后测试；拟储存于一层设备间；实操培训在客户指定作业场所，为不固定场所。

建设内容及规模：建设单位拟生产、销售、使用无人机 X 射线探伤装置（最大管电压：270kV，最大管电流：0.25mA，数量：1000 台/年）。该设备售出后将用于开展耐张线夹及接续管的无损检测，所用无人机 X 射线探伤装置属Ⅱ类射线装置，公司仅在 9:00~18:00 开展现场工作。根据公司提供资料，本项目设备拟配备 5 名辐射工作人员。

13.1.2 项目产业政策符合性及实践正当性结论

建设单位拟生产、销售、使用无人机 X 射线探伤装置，设备售出后将用于开展耐张线夹及接续管的无损检测，系核技术应用项目在工业领域内的运用。根据国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中“十四、机械 1、科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，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无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”的 X 射线仪项目。符合国家当前的产业政策。

13.1.3 环境影响分析结论

根据估算，辐射工作人员最大受照剂量为 $1.06\text{E-}09\text{mSv/a}$ ，建设单位 50m 评价范围内公众的年有效剂量最大值为 $2.27\text{E-}12\text{mSv/a}$ ，实操培训场所在客户指定作业场所监督区外公众的年有效剂量最大值为 $1.74\text{E-}13\text{mSv/a}$ 可知本项目辐射工作人员和周围公众所

受的照射剂量低于《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值及本环评提出的剂量约束值（工作人员 5mSv/a，公众人员 0.25mSv/a）。

13.1.4 安全措施分析结论

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》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)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。

13.1.5 辐射安全管理分析结论

管理机构：公司已按要求成立辐射安全与防护管理小组，明确辐射安全与防护管理小组的职责，并将加强监督管理。

公司已制定了一系列 X 射线探伤防护相关规章制度，如《辐射安全与环境防护管理制度》、《无人机 X 射线探伤装置销售规程》、《无人机 X 射线探伤装置操作规程》、《辐射工作人员职业健康管理规定》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作场所监测计划》、《射线装置使用和维修台账管理制度》、《广州优飞智能设备有限公司辐射事故应急预案》等。公司应根据项目实际开展情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在实际工作中严格执行。

人员培训和剂量监测：本项目共配备 5 名辐射工作人员，所有辐射工作人员应在本项目建成前在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗；公司辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计上岗，个人剂量计每季度送检，可满足各项核技术利用项目对辐射安全管理的要求。

综上所述，评价项目在落实和完善国家相关法规标准要求及本次环评提出的各项辐射安全管理措施后，公司的管理机构、规章制度及辐射工作人员的管理能够满足相关辐射防护标准要求和本项目现场工作开展的需求。

13.1.6 项目可行性分析结论

综上所述，广州优飞智能设备有限公司落实国家相关法规标准要求及本环评提出的各项要求后，本项目正常运行时，对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求。从环境保护和辐射防护的角度论证，该评价项目可行。

13.2 建议

建设单位须认真做好以下几项工作：

（1）落实本报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求。

（2）按照“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，考核通过后方可从事辐射工作；建设单位加强所有辐射工作部门辐射工作人员的辐射安全教育，按要求定期组织辐射工作人员进行再培训和考核，需要组织工作人员参加辐射安全与防护培训并持证上岗。

（3）建设单位应对所有辐射工作人员加强管理，安排专人负责射线装置辐射工作人员的个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。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，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，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案；

（4）建设单位辐射管理人员加强法规宣传，依法履行环保手续，年度评估报告严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定完善报告内容。

表 14 审批

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

附件 1 环评委托

委托书

工物研（广州）科技有限公司：

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》及《建设项目环境影响评价分类管理目录》等法律法规的有关规定，我单位广州优飞智能设备有限公司核技术利用建设项目需办理环境影响审批手续，现委托工物研（广州）科技有限公司对该项目进行环境影响评价。

特此委托！

委托单位（盖章）：广州优飞智能设备有限公司

2024年6月1日



附件 2 法人身份证件

法定代表人（单位负责人）身份证明

单位名称：广州优飞智能设备有限公司

地址：广州市黄埔区起云路 8 号 6 栋 101 房 6 栋 201 房

姓名：莫理林， 性别：男， 年龄：51 岁， 职务：总经理



是广州优飞智能设备有限公司（单位名称）的法定代表人/单位负责人。

应答人：广州优飞智能设备有限公司（盖单位章）

日期：2024年6月21日

附件 3 营业执照

编号: S0612018017470G(2-1)				营 业 执 照 (副 本)			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、 备案、许可、监 管信息。
统一社会信用代码 91440104050617914J							
名 称	广州优飞智能设备有限公司	注 册 资 本	陆仟万元 (人民币)				
类 型	其他有限责任公司	成 立 日 期	2012年07月17日				
法定 代 表 人	莫理林	住 所	广州市黄埔区起云路8号6栋101房6栋201房				
经 营 范 围	电气机械和器材制造业 (具体经营项目请登录国家企业信用 信息公示系统查询。网址: http://www.gsxt.gov.cn/ 。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。)						
		登 记 机 关					
				2024 年 05 月 23 日			

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

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

国家市场监督管理总局监制

附件 4 厂房租赁合同

DIAFH20211228-0144

房屋租赁合同

穗租备 2021B1604010743 号

签订合同方：

甲方（出租方）：广州市德居安电子科技有限公司

法定代表人：张波

地址：广州高新技术产业开发区科学城起云路 8 号自编一栋

联系电话： 传真：

乙方（承租方）：广州优飞智能设备有限公司

法定代表人：黄静

地址：广州市天河区高唐路 239 号 1 栋 601、602

联系电话： 莫总 传真：

为优化创业创新环境，培育互联网科技企业成功创业和快速成长，广州市德居安电子科技有限公司（以下简称甲方）提供优质办公场所，辅导培训，后勤技术支持，创办新型科技企业办公场所，吸纳高新技术企业（项目）、人才入驻。乙方同时符合甲方入驻条件，自愿申请入驻。

根据国家有关规定，甲、乙双方在自愿、平等、互利的基础上就乙方入驻甲方负责运营和管理的园区，甲方将其合法拥有的办公场所租赁给乙方使用并向乙方提供孵化服务的有关事宜，双方达成协议如下：

一、 入驻信息

- 1、甲方同意将位于 广州市黄埔区起云路 8 号 6 栋 101 房 6 栋 201 房 出租给乙方作 办公 用途使用，并限于从事与乙方营业执照的经营范围一致的经营活动。
- 2、租赁按建筑面积 3830 平方米（含公摊）计算。
- 3、房屋现有装修及设施设备情况，由甲、乙双方在本合同附件《房屋装修、附属设施及设备清单》中列明。除双方另有约定外，该附件作为乙方在本合同租赁期满交还该房屋的验证凭据。

二、 租赁服务期限和费用

第 1 页 共 7 页

- 1、租赁及服务自 2021 年 12 月 7 日 至 2026 年 2 月 28 日 止。其中装修免租期自 2021 年 12 月 7 日 至 2022 年 2 月 28 日，共 84 天，（装修免租期免交租金及物业管理费）
- 2、该办公场地租金按每月 48 元/平方米计算，管理费按每月 15 元/平方米计算；合计乙方每月应缴含税总费用 ¥241290 元，按月结算。第一、二年租金不变，第三年开始每年递增 5%。甲方每月收到款后向乙方开具普通房屋租赁增值税专用发票（含 5% 税费）和管理费增值税专用发票（含 6% 税费）。

租赁期限	含税含管理费租金（平方米）	月租金
2021 年 12 月 7 日至 2022 年 2 月 28 日	场地费 <u>0 元/月</u> 管理费 <u>0 元/月</u>	<u>0 元</u>
2022 年 3 月 1 日至 2023 年 12 月 6 日	场地费 <u>48 元/月</u> 管理费 <u>15 元/月</u>	<u>241290 元</u>
2023 年 12 月 7 日至 2024 年 12 月 6 日	场地费 <u>50.4 元/月</u> 管理费 <u>15.75 元/月</u>	<u>253354.5</u>
2024 年 12 月 7 日至 2025 年 12 月 6 日	场地费 <u>52.92 元/月</u> 管理费 <u>16.54 元/月</u>	<u>266031.8</u>
2025 年 12 月 7 日至 2026 年 12 月 6 日	场地费 <u>55.57 元/月</u> 管理费 <u>17.37 元/月</u>	<u>279360.2</u>

- 3、甲方按每月实际用电量标准向乙方收取电费，按每度含税 1.5 元（含公摊电费），水统一按每吨水 含税 5 元（按租赁面积公摊，水费=租赁面积/单层总租赁面积*总用水量*水费单价）的标准向乙方收取水费。停车位 免费赠送五个，月卡车位 15 个，按每个不低于 350 元/月 收取车场地使用费（场地使用费为浮动标准，以甲方每年度更新通知为准）。

三、收费方式

- 1、租金及水、电等杂费按月结算，由乙方在每月 15 日前（节假日可顺延）以现金支付或以银行转账方式转至甲方指定账户，不得逾期。若有逾期，每逾期一天按拖欠总金额的 3% 向甲方支付滞纳金。逾期超过 30 天甲方有权提前终止本合同，收回房屋，并按本合同相关约定追究乙方其他违约责任。

- 2、甲方指定收款帐户：

(1) 租金收款账户

开户名：广州市德居安电子科技有限公司

帐号：80018 13363 07111

开户行：广州银行科学城支行

(2) 水电费收款账户

开户名：广东安居宝数码科技股份有限公司

账号：643157742600

开户行：中国银行股份有限公司广州棠下支行

日常管理人电话：

四、履约保证金

- 1、本合同签订完三日内，乙方须向甲方缴纳履约保证金，合计人民币¥ 482580 元（人民币：肆拾捌万贰仟伍佰捌拾元整）。
- 2、甲方开具保证金收据给乙方作为保证金凭证（退保证金时由甲方收回）。
- 3、租赁期满，在乙方向甲方交清了全部应付的租金，水、电等因本租赁行为所产生的一切费用，并按本合同第七条第 2 点交还房屋及保证金收据之日起 15 个工作日内甲方将履约保证金无息退回乙方。如乙方有其他违约赔偿或场地损坏需补修的费用，可由甲方在保证金中扣付，不足部分乙方还须足额补付给甲方。
- 4、租赁期未满任意一方无故擅自提出退租/收回房屋，视作违约。按本合同第八条追究违约方违约责任。

五、甲方权利及义务

- 1、提供第一条所约定承租的房屋，并按房屋现状进行移交。若有逾期，每逾期一天按月租金的 3%的金额向乙方支付滞纳金。
- 2、对园区实行专业化、统一化管理：负责维护正常办公秩序，负责园区公共部分门、窗、照明等设备设施的维护工作；保障电梯、货梯、消防设施、公共卫生设施的正常使用。
- 3、甲方提供包括但不限于创业咨询、项目路演、项目推介、资源对接等服务。
- 4、甲方提供工商注册及变更咨询服务，如需涉及到行政收费项目，由乙方支付。
- 5、甲方有权在物业共用部位张贴、悬挂、安装招牌、广告等宣传物。
- 6、甲方保守乙方的技术秘密和商业秘密。

- 7、甲方及甲方关联的基金拥有对乙方优先投资的权利，且乙方应确保甲方获得的投资条件不劣于其他投资者。
- 8、按本合同规定的时间向乙方收取租金和其他应收费用。当乙方不支付或逾期支付时，甲方有权以停水停电或停用其他设施或在租赁房屋园区内的公告栏上张贴公示乙方欠费情况等方式催促乙方交纳费用。
- 9、积极配合乙方办理相关经营许可证照、装饰装修报批手续。
- 10、有权对乙方使用租赁房屋的情况进行检查，如检查发现乙方有违反合同约定或存在重大安全隐患等行为时，有权要求乙方整改，乙方拒不整改的，甲方有权单方面解除合同。
- 11、对乙方在租赁期内违反国家、省、市各项法律、法规、规章和政策的行为有权提请有关部门处理。由于乙方行为（包括拖欠应付款项；拖欠员工工资；违法经营等）造成的任何经济责任和法律责任，由乙方全部承担，涉及甲方利益的，甲方有权向乙方提出索赔，并有权提前解除本合同。

六、乙方权利及义务

- 1、乙方有权按规定享受有关优惠政策，并实行自主经营、独立核算、自负盈亏，承担入驻期间发生的经营风险和因项目运营而产生的法律责任。
- 2、依约交纳履约保证金、租金及水电费等相关费用。逾期交付按第三条第1点执行。
- 3、乙方积极参加甲方举办的项目推介会、信息交流会及其他活动。
- 4、对蚁米安居宝链享智造园（以下简称：园区）的日常管理，乙方有权提出合理性的建议。
- 5、严格按房屋合同约定使用房屋，不改变房屋用途。乙方擅自改变房屋用途，甲方可解除合同，收回房屋。
- 6、因使用需要对房屋进行改建（含改变间隔）、室内装饰装修应向甲方提交改建、装修方案并征得甲方书面同意后方可实施。甲方或由甲方委托的物业管理公司有权对工程施工进行监督检查，责令改正违规、违约行为。如装修、改建方案对公用部分及其它相邻用户造成影响或损失的，乙方应消除影响并承担相应责任。
- 7、承租方保证在租赁期的生产经营活动（含装修）符合建筑、消防、安全、环保、治安、卫生等法律法规要求。承租方需要改变租赁物业现状（装修、分隔等），需制定方

案与出租方协商且取得出租方同意，再自行咨询相关部门，并按消防、安全、环保、卫生等部门的规定进行申报和验收，相关费用由承租方负责。承租方未按法律法规要求申报和验收而导致出租方被处罚的，承担租赁方的经济损失（罚款、整改费用及其它相关费用）。

8、承租方应对在租赁合同期限内租赁场所内发生的卫生、安全、消防和环保的违法违规事件以及其产生的事故负责，对所造成的经济损失承担全部责任（含出租方的损失），合同到期之后要保证租赁场所符合职业卫生、安全、消防和环保的法律法规要求。

9、承租方保证在租赁期内的生产经营活动所产生的噪音、废气、废水、震动等不影响周边办公室租户正常办公，甲方或由甲方委托的物业管理公司有权对噪音、废气、废水、震动等情况进行监督检查，责令改正违规、违约行为；如在责令改正后，上诉相关问题承租方无法改善或解决，甲方可解除合同，收回房屋。

10、乙方如未经甲方同意转租：**a**、如违反则视为乙方违约，甲方有权在乙方发生转租或分租行为之日起单方解除本合同，履约保证金不予退还，由此造成的一切损失，由乙方负责赔偿。**b**、如果乙方提出需要转租，必须书面和甲方申请，新租客经过甲方审核同意后方可转租，否则按 **a** 条款处理。

11、爱护和正常使用房屋，发现房屋结构性问题，应及时书面通知甲方并积极配合甲方检查和维修，因乙方过错延误维修而造成他人人身伤亡、财产损失的，乙方负责赔偿；如因使用不当或者人为造成房屋损坏的，乙方应负责修复或赔偿。

12、在租赁期限内，乙方应负的修缮责任：

（1）对添加物负责自行维修；

（2）承租范围内所损坏的门窗玻璃及小五金的维修更换，室内电线，电制，灯头，插座等维护和更换；室内墙面的批荡和天花的日常维护及费用；

13、乙方不得占用、损坏房屋的共用部位、共用设施设备或改变其使用功能，因搬迁、装修等原因确需合理使用共用部位、共用设施设备的，应征得甲方书面同意，并在约定期内恢复原状，造成损坏的，应予赔偿。

14、租赁期内，乙方需提前解除合同的，应提前三个月向甲方书面提出，并征得甲方书面同意。

15、租赁合同中止时，租赁房屋改变后的状态，如符合建筑、消防、安全、环保、治安、卫生等方面的规定可继续保留，并且乙方在离场时保证不拆损装修，可提供下一个租赁方使用，甲方不要求乙方拆除并恢复厂房原有状态。

七、其他约定事项

- 1、在合同签订时，乙方应提交经核对原件后的营业执照或身份证复印以供甲方备查。
- 2、租赁期届满且甲方要求收回房屋或解除合同之日，甲、乙双方应进行房屋交接手续。乙方必须保证租赁房屋及设施、设备齐全完好交给甲方，不得逾期。如有逾期，每逾期一天乙方应向甲方交纳月租金的3%的金额作为场地占用费；如逾期超过 15 天，按本合同第八条执行。乙方归还房屋和设备设施时，应恢复原状、清理干净，但嵌装在房间结构或墙体內的固定装修（包括但不限于内部间隔、各类天花、电线、插座、灯具、门框和门等）不得拆除，须无偿移交给甲方；属乙方的固定资产（如空调、办公设备、办公桌椅等）由乙方自行负责处理。
- 3、租赁期届满，如乙方要求继续承租房屋，在同等承租条件下，乙方具有优先权，但必须提前三个月（即 2026 年 10 月 6 日前）向甲方提出书面申请，如乙方未提早三个月提出书面申请，视乙方不再续约，甲方有权在期满时收回房屋。如乙方提出书面申请后，甲、乙双方在二个月内（即 2026 年 11 月 6 日前）未达成续租条款，甲方有权在期满时收回房屋。
- 4、如果发生下列情况之一时，甲方有权单方面解除本合同，并无须对乙方作出赔偿，履约保证金不予退还，由此给甲方造成的一切损失，由乙方负责赔偿：
 - (1) 乙方违反本合同的规定，拖欠租金或各项应付费用超过一个月或累计拖欠各项应付费用的金额已大于一个月的租金金额。
 - (2) 乙方被依法撤销，宣布破产或停止经营时，或乙方违法经营，被政府部门勒令停业整顿或被罚没查处；
 - (3) 未经甲方书面同意，乙方擅自改变房屋结构或用途；擅自将房屋分租、转租或交由他人使用。
 - (4) 乙方违反第六条规定的其他义务及合同约定的其他相关义务，拒不整改或整改仍不符合合同要求或整改已无必要时。

八、违约责任

- 1、除合同另有约定外，租赁期内任何一方无故单方终止本合同的，应当按月租金两倍的金额向对方支付违约金。

2、如乙方严重违约或乙方欠交租金或水、电、管理费等应交费用超过 30 天，视作乙方自动放弃承租使用权，甲方有权收回房屋另做安排。乙方在甲方发出《收回房屋通知》的 3 天内自行搬走，乙方所付的履约保证金等一切款项不予退还。如甲方对乙方发出《收回房屋通知》的 3 天后乙方仍不搬走或乙方租赁范围内物品无人清点的，视为乙方授权甲方对物品作任何处理，乙方不得作任何异议，且甲方保留对乙方追究法律责任的权利。

3、租赁期内，如遇不可抗力或政府政策重大调整，造成本合同无法继续履行，合同可提前终止双方互不承担责任。

九、合同生效及其他

1、本合同未尽事宜，双方协商一致后可另行签订补充协议。补充协议经双方签章后作为本合同不可分割之一部分。当补充协议与本合同产生不一致时，以补充协议规定执行。

2、甲乙双方因执行本合同中发生争议，由双方协商解决，协商结果由双方书面签订，并作为本合同的补充条款执行。如双方协商解决不了，任何一方均可向房屋所在地的人民法院提起起诉。

3、本合同及其附件和补充协议中未规定的事项，均遵照中华人民共和国有关法律、法规执行。

4、本合同共 7 页，一式 肆 份，甲、乙双方各执贰份，自双方签字或盖章、甲方收到乙方履约保证金当日生效。

(以下无正文)

甲方(印章):



乙方(印章):



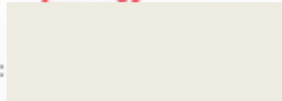
法定代表人:

张波

法定代表人:

黄静

联系电话:



联系电话:



签订时间: 2021 年 12 月 07 日

签订地点: 广州市

附件 5 关于无人机 X 射线探伤装置的参数说明

关于 X 射线机的参数说明

经过我司与高登 Golden（设备厂家）的核实，我司拟生产、销售、使用的无人机 X 光探伤装置（即本次申报核技术利用环境影响评价项目的设备）所使用的 X 射线机参数如下：

型号	XRS3
最大管电压（kV）	270
最大管电流（mA）	0.25
滤过条件	1.5mm 铜
辐射角	40°
类型	定向机
出束方式	脉冲式
每秒最大脉冲次数	15



附件 6 相关制度

关于成立辐射安全与环境保护管理机构的通知

广州优飞智能设备有限公司各部室：

为更好地贯彻执行国家有关放射性污染防治的法律法规，落实国家生态环境部颁布的有关辐射安全管理的文件精神，加强对公司辐射安全管理，强化责任意识、安全意识和环保意识，经公司研究决定成立辐射安全与防护管理小组，成员如下：

组长：卢德谦

副组长：戴航

人员：曹琨尤

钟鸿鹏

杨子健

、冯自鸿

领导小组职责：

严格遵守和执行公司的《辐射安全与环境保护管理制度》，领导并共同做好辐射安全与环境保护的各项工作，确保公司的辐射安全防护工作有序进行。

- 1、制定公司有关射线装置的安全与环境保护管理办法。
- 2、严格按照国家相关规定申请领取许可证，办理登记手续严格按照许可范围开展工作。
- 3、辐射工作人员必须持证上岗，严格遵守有关的操作规程及规章，定期组织辐射工作人员参加有关部门举办的辐射安全与防护培训，定期组织公司内部辐射应急演练。

- 4、组织辐射操作人员进行职业健康体检。
- 5、对公司射线装置的安全防护进行定期检查。
- 6、配合上级主管部门做好辐射工作人员体检、安全防护装置有效性测试及安全监察。
- 7、发生辐射事故，立即报告上级领导和有关部门采取有效措施，不得拖延或者隐瞒不报。
- 8、编写射线装置安全和防护状况年度评估报告，并按规定报送原发证机关。
- 9、建立健全的辐射事故应急预案，制定专人负责，落实安全责任制，制定必要的事故应急措施。

辐射安全与环境保护管理制度

1、编制目的

为加强公司对所属射线装置的安全使用和防护工作的监督管理，保障从事辐射工作人员和公司内职工的健康与安全，保护周边环境，结合公司辐射工作实际，特制定本制度。

2、适用范围

本制度适用于公司使用和管理射线装置的部门和个人。

3、引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

《中华人民共和国放射性污染防治法》

《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》

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

4.职责

4.1 辐射工作人员

4.2.1 接受辐射安全负责人的领导开展日常工作。

4.2.2 正确佩戴个人辐射防护装备。

4.2.3 长期保存射线装置使用登记台账及相关技术资料。

4.2.4 辐射工作人员必须持证上岗，严格遵守有关的操作规程及规章，定期参加有关部门举办的辐射安全与防护培训，熟练掌握设备的现场工作操作规程，严格遵守辐射防护安全的相关规章制度。

4.2.5 发生辐射事故时，立即采取应急措施并向环保、公安、卫生等行政主管部门报告。

5、管理要求

辐射安全与环境防护管理实行国家的“预防为主、防治结合、严格管理、安全第一”的方针。

(1) 严格按照国务院有关放射性同位素与射线装置放射防护的规定申请领取许可证、办理登记手续；

(2) 辐射工作人员必须持证上岗，严格遵守相关的操作规程及规章制度，严禁违章操作，认真进行查对、操作及登记记录工作。射线装置的管理、使用要由专人负责，建立健全岗位职责，按照“谁使用、谁负责”的原则，落实管理责任制；

(3) 射线装置操作人员应做好上岗前的辐射防护工作，划分好区域，并设立标识。工作人员要佩戴有效的、合格的个人剂量计，并按时送检；对于接受辐射剂量超标人员，要及时脱离接触射线，并及时查明原因，堵塞漏洞；

(4) 在启用射线装置前应做好辐射安全防护措施，无关人等不得进入射线装置操作区，如确有必要进入区域内应给予必要的防护用品；

(5) 定期进行辐射防护和法规知识的培训和安全教育，每年对辐射工

作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案，做到一人一档并妥善保管，防虫蛀、防霉、防丢失，保证档案安全。

6、剂量限值

6.1 个人剂量管理目标值

- (1) 工作人员个人剂量管理目标值低于 5mSv/a。
- (2) 公众人员个人剂量管理目标值低于 0.25mSv/a。

6.2 实操培训剂量率限值

- (1) 监督区边界 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。
- (2) 控制区边界 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ 。

6.3 调试及维修后测试剂量率限值

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

7、调试、实操培训及维修后测试

- (1) 我单位在进行实操培训前，工作人员需填写 X 射线工作任务单，并根据现场情况和预测结果划分监督区和控制区。
- (2) 我单位在进行实操培训时，应对场所进行清场，划分控制区和监督区，并拉起警戒线，竖起警示牌。
- (3) 监测由远及近检测监督区和控制区剂量率，并根据实际情况调整监督区和控制区大小，之后记录在现场工作记录，现场工作记录签名后，上交公司存档。

(4) 严格按照说明书进行操作，杜绝一切非法操作。

(5) 进行现场工作时，人员应正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警器。

(6) 禁止单人从事现场调试、实操培训及维修后测试任务，每次工作现场必须 5 名辐射工作人员同时在场。

(7) 我单位在每次调试、实操培训及维修后测试前，工作人员应做好装置、监测仪器的检查工作，并记录在案。

(8) 每次工作结束后关闭射线装置装置，必须利用监测仪器确认探伤装置停止出束后收回设备。

8、辐射安全管控

委托有资质的单位每年对射线装置进行检测，每年年底对射线装置的安全和环境保护状况进行年度评估并形成报告，按规定提交给生态环境主管部门。

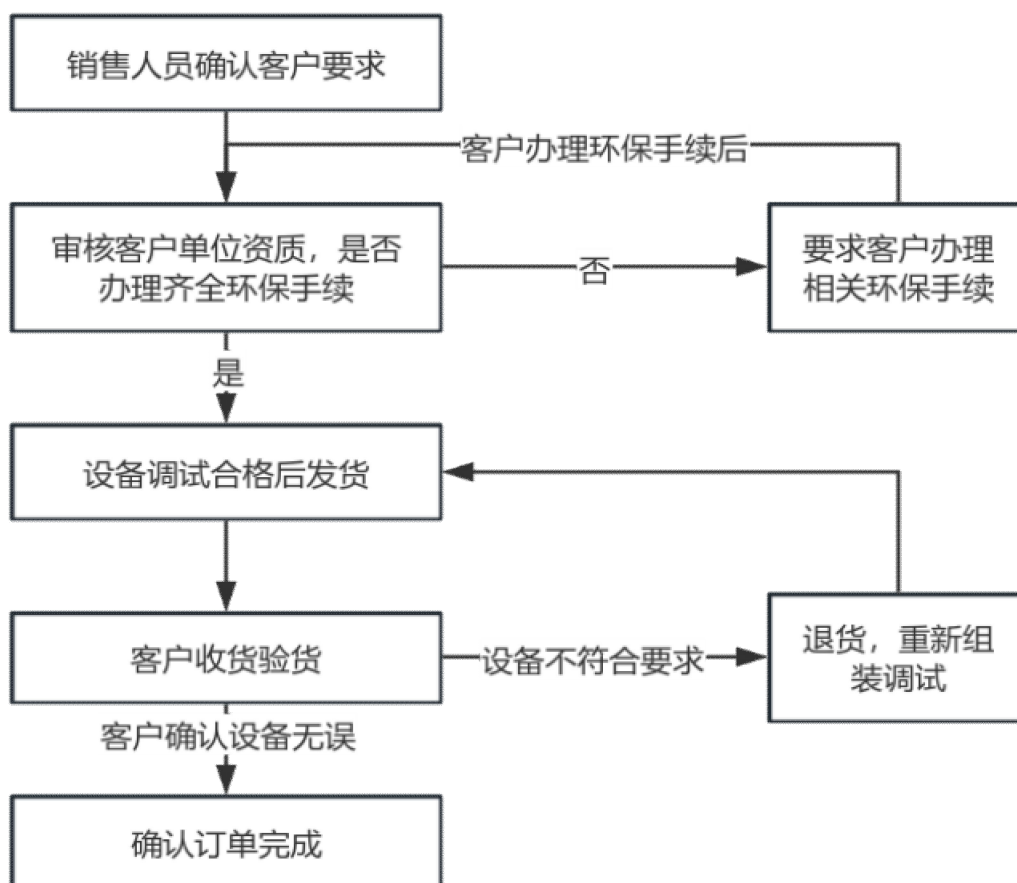
9、应急处置

凡发现有射线装置故障，应立即向安全环保处和质量管理处报告，严禁私自拆修处理。一旦发生意外照射事故，应按《广州优飞智能设备有限公司辐射事故应急预案》处理。

无人机 X 射线探伤装置销售规程

- 一、销售人员与客户单位确认交期和安装要求；
- 二、审核客户单位资质，是否办理了环保手续；
- 三、客户单位资质齐全后，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。销售流程见下图。



销售工艺流程图

无人机 X 射线探伤装置操作规程

（一）工作流程

我单位拟生产、销售、使用的无人机 X 射线探伤装置涉及到组装、出厂前调试、销售、理论培训、实操培训、售后维护等环节。本项目拟生产的均是成熟机型，故本项目无需进行射线装置的研发工序，直接对成熟机型进行组装。

（1）组装

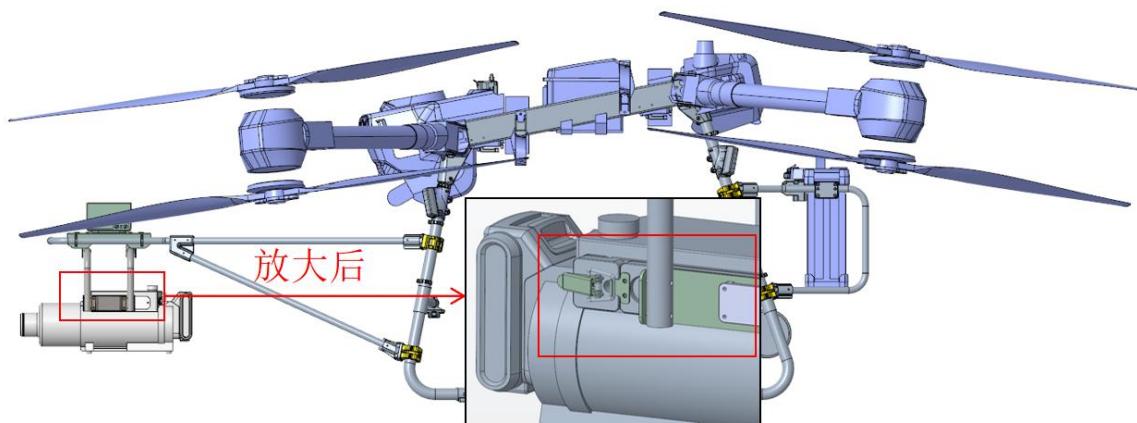
我单位拟于公司二层组装间进行快拆模块、快拆支架、云台相机、测距模块的安装，建设单位拟配置 5 名工作人员负责设备设计、组装期间的工作，5 名组装工作人员不负辐射工作。接到任务后，建设单位分别从生产厂商采购无人机和 X 射线机。

本项目仅对 X 射线机外观进行改造（改造内容为：在 X 射线机侧边安装激光测距模块；安装快拆模块），改造后不改变 X 射线机内部构造及其性能；无人机自带开放接口，本项目使用的成像软件可控制射线机出束。

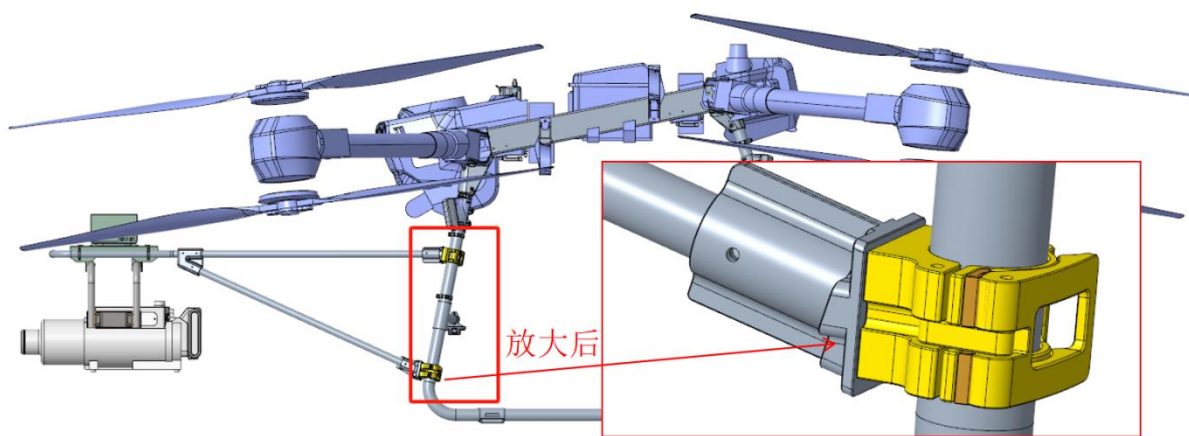
组装先安装快拆模块、快拆支架和云台相机，再安装测距模块。X 射线机外壳侧边各有 3 个固定孔位用于固定金属导轨，组装人员拆下金属导轨后在固定孔上安装快拆模块，快拆模块用于快速拆卸 X 射线机；再安装云台相机和激光测距模块，云台相机和激光测距模块用于辅助 X 射线机拍摄定位，激光测距模块测距距离为 0~30m（调试期间 X 射线机距待测工件 0.6m，实操培训期间 X 射线机距待测工件 2m）。组装完成后，对设备进行外观和机械构造检查。检查完成运至调试间等待调试。

本项目无人机 X 射线探伤装置主要部件来源表

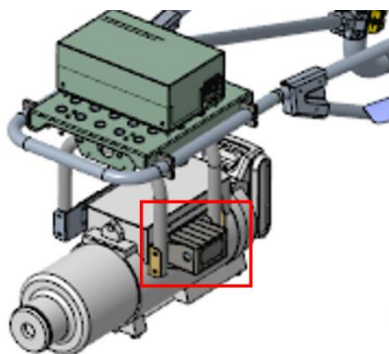
部件	来源	是否是成熟机型
无人机	生产厂家：深圳市大疆创新科技有限公司	是
X射线机（XRS3型）	生产厂家：Golden Engineering	



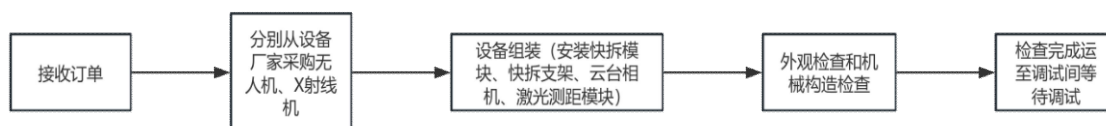
快拆模块安装效果图（X 射线机外壳安装细节）



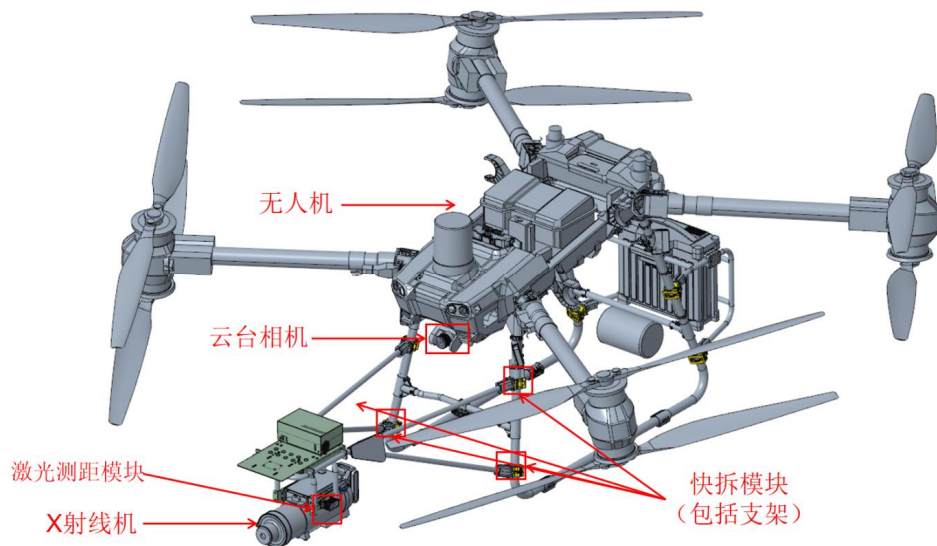
快拆模块安装效果图（快拆支架安装细节图）



激光测距模块安装效果图



组装流程图



组装成品图

(2) 出厂前调试

我单位拟于公司一层调试间铅箱内进行设备出厂前调试的出束环节，拟配置 5 名辐射工作人员进行调试工作，负责无人机的调试和无人机 X 射线探伤装置开关机、参数设置、设备摆放、收取设备等操作。设置警戒线和电离辐射警告标志等。

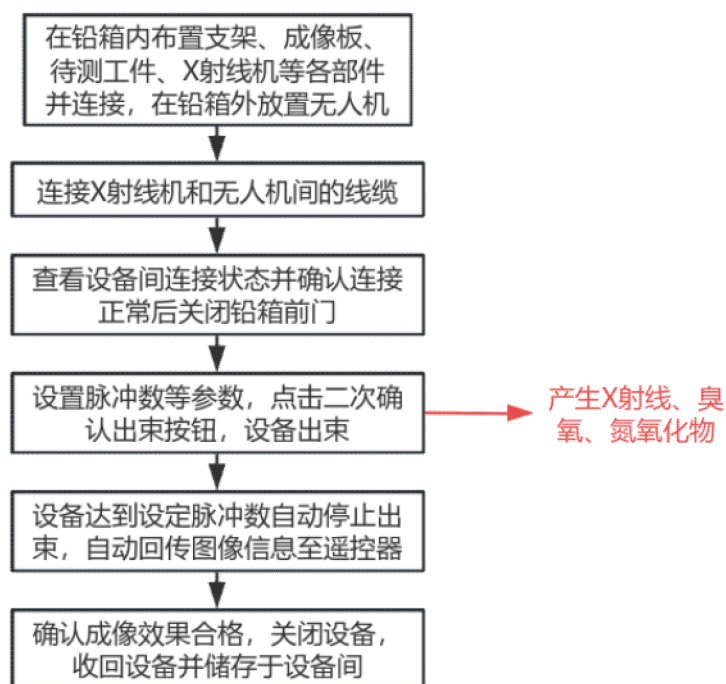
设备调试期间包括无人机调试（无人机调试期间不产生 X 射线）和无人机-X 射线机出束调试，确保无人机、X 射线机状态及通讯正常，拍摄影像能够正常回传。调试流程如下。

I 无人机调试：于公司楼顶（公司周围非禁飞区）对无人机进行调试。首先开启无人机，检查无人机设备外观状态、设备连接状态，并校准无人机指南针和 IMU（惯性测量单元），检查无人机通讯状况和各项传感器状态，无人机各项指标正常后，进行无人机-X 射线机调试。

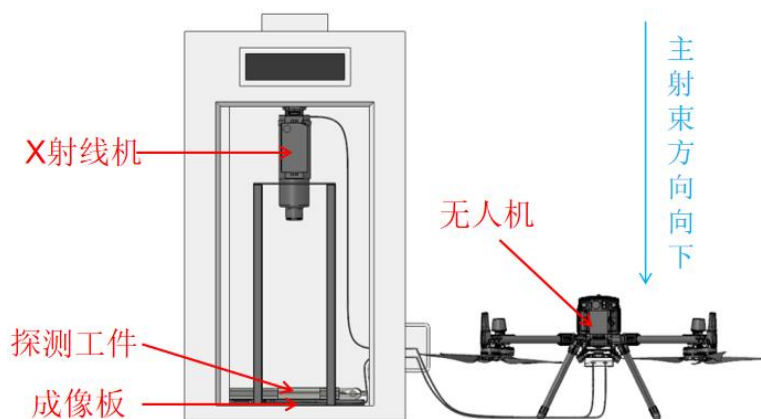
II 无人机-X 射线机调试：

操作人员将支架放置于铅箱内部，将成像板放置于铅箱内，待测工件放置在成像板上（调试期间使用的待测工件为 5mm 压接金具（钢）），将待调试的 X 射线机放置在支架上，主射束朝下，无人机放置于调试间内铅箱部。X 射线机通过线缆与无人机连接。连接各部件后操作人员通过遥控器查看设备间连接状态，确认各设备间连接正常，关闭前门。操作人员位于铅箱前方操作，通过遥控器设置脉冲数等参数，设备出束前会有二次确认，点击确认后，设备根据设置的参数进行出束，达到设定脉冲数后设备自动停止出束。等待设备回传图像信息至遥控器，确认成像效果合格，关闭设备。操作人员打开

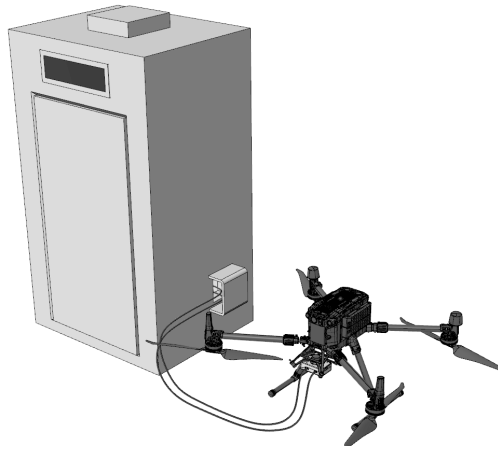
铅箱前门，取回 X 射线机、成像板和压接金具，并收回无人机，放置于设备间进行储存。



调试流程及产污环节示意图



铅箱工作期间示意图（铅箱门开）



铅箱工作期间示意图（铅箱门关）

（3）培训

培训过程分为理论培训和实操培训，理论培训位于公司内部，实操培训在客户指定作业场所进行，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。

I 理论培训：

（1）与客户单位约定培训时间、培训地点，安排理论培训人员，理论培训期间需安排至少 1 名辐射工作人员在场，负责解答相关疑问。理论培训期间不产生 X 射线，不会产生电离辐射影响。

（2）进行理论培训。

II 实操培训：

实操培训场所在客户指定作业场所，实操培训场所选择远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，为不固定场所。实操培训模拟现场高空探伤操作，以供客户单位较好掌握高空探伤的操作流程。

（1）与客户单位确认实操培训时间、培训地点，安排实操培训人员；

（2）收到实操培训任务后，制定现场实操培训方案，该作业方案应包括：

①工况、时间、地点、控制区范围、监督区范围、监测方案、清场方式等；

②明确辐射工作人员、防护人员、运输人员的职责和分工；

③对辐射工作人员的要求；

④调试准备，包括：技术、工艺、检测设备和材料等；

⑤调试实施，包括：工作要点、安全防护、工艺参数设置、操作流程；

⑥图像评定，包括：评定条件及要求；

⑦调试工作记录及报告要求；

⑧质量检查的要求、方法等；

⑨职业健康安全和环境管理等内容。

(3) 在现场实操培训开始前应做好作业前的各项准备工作：

①公司先安排工作人员熟悉现场培训场所和工作条件的基本信息。需对现场工作的具体情况进行公示，应在现场培训区域以及周边公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、单位法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。其中，安全信息公示牌面积应不小于 2m^2 ，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。公示的同时利用广播（或手持大功率喊话器等）通知射线作业场所和时间。

②对实操培训工作的具体情况进行公示后，公司配备专用车辆将客户单位购买的无人机 X 射线探伤装置运至客户指定的实操培训场所，每车至少安排 1~2 名辐射工作人员随车押运。到达现场后，参照后文计算出的控制区和监督区边界进行作业场所工作区域的“两区”划分（主射束方向投影到地面的控制区边界为 109m，监督区边界为 273m；由于非主射束方向控制区边界为 19m 未到达地面（高空探伤期间探伤装置距地大于 30m），非主射束方向投影到地面的监督区边界为 34m），并在相应边界设置警示标识。

在两区边界设置警戒线（离地 0.8m~1.0m 左右）。控制区边界设置红色警戒线围住，周围张贴“禁止进入射线工作区”的警告牌及电离辐射标志，并在控制区边界设立相应的警告牌，控制区范围内应保证光线良好，若控制区和监督区部分区域不在工作人员视野范围内，应安排人员在控制区外进行巡查；工作人员操作位应位于控制区外，射线工作期间在控制区内不可同时进行其他工作，不能有人员居留。监督区边界设置黄色警戒线，悬挂“无关人员禁止入内”的警告牌及电离辐射标志，并在监督区边界设立相应的警告牌。

③确定实操培训现场二区边界时进行清场，确保场内无无关人员且各种辐射安全措施到位后，依次展开无人机机臂，检查机臂锁紧扣，确保机臂展开到位并锁紧，检查无

人机外观，检查桨叶，无明显裂痕，桨叶垫片无损坏。连接无人机-成像板、无人机-X 射线机等相关部件，并检查设备部件是否正常。打开无人机电源，短按一下，长按电池上的开关键，进入无人机自带的控制软件界面逐一检查无人机设置参数。检查无人机返航高度、限高、限远、摇杆模式、失控行为、避障行为、RTK 等。实操培训期间待测工件为高压线路的耐张线夹和接续管，距地高度 $>30\text{m}$ ，射线机出束方向水平。

④实操培训期间辐射工作人员及客户单位均位于控制区外，5 名辐射工作人员中，其中 2 名操作人员位于控制区外进行操作，负责连接设备各部件、设置曝光参数、操控无人机等；另外 3 名管理人员负责现场辐射安全管理工作，其中 1 名管理人员操控 1 台巡检无人机在控制区外进行飞行巡查，巡检无人机通过热成像和监控功能进行巡查，确保实操培训工作期间无无关人员进入，另外 2 名管理人员不定时在监督区进行巡查，配置 1 台便携式巡测仪在控制区边界外进行巡测，确保实操培训期间无无关人员误入作业区。

（4）确保实操培训前各项准备工作完成后，即可开启设备电源，进行现场实操培训。实操培训流程如下：

①开始实操培训前应利用广播（或手持大功率喊话器等）告知即将开展实操培训的场所，确认已经清场，避免有人员滞留控制区和监督区范围内，根据建设单位提供资料，工作时间段为 9:00~18:00。1 名管理人员操控巡检无人机在上空进行巡检，无人机通过热成像和监控进行巡检，确认监督区边界内无无关人员和控制区内无人员。2 名操作人员操控无人机缓慢起飞，悬停 3 秒，检查无人机飞行姿态，各个方向操作等。确认无人机正常后，其中 1 名操作人员操控无人机-成像板飞往目标杆塔，将成像板挂到耐张线夹或接续管，无人机悬停等待。另外 1 名操作人员操控无人机-X 射线机飞往成像板前（根据建设单位提供资料，耐张线夹和接续管距地高度大于 30m ，无人机-X 射线机距地高度大于 30m ，成像板有专用固定部件，X 射线机距成像板前约 2m ），2 名操作人员均可通过遥控器实时监控现场画面。另外 2 名管理人员每人各配备 1 个个人剂量计与 1 台个人剂量报警仪在监督区进行巡测，控制区内不能有人居住。

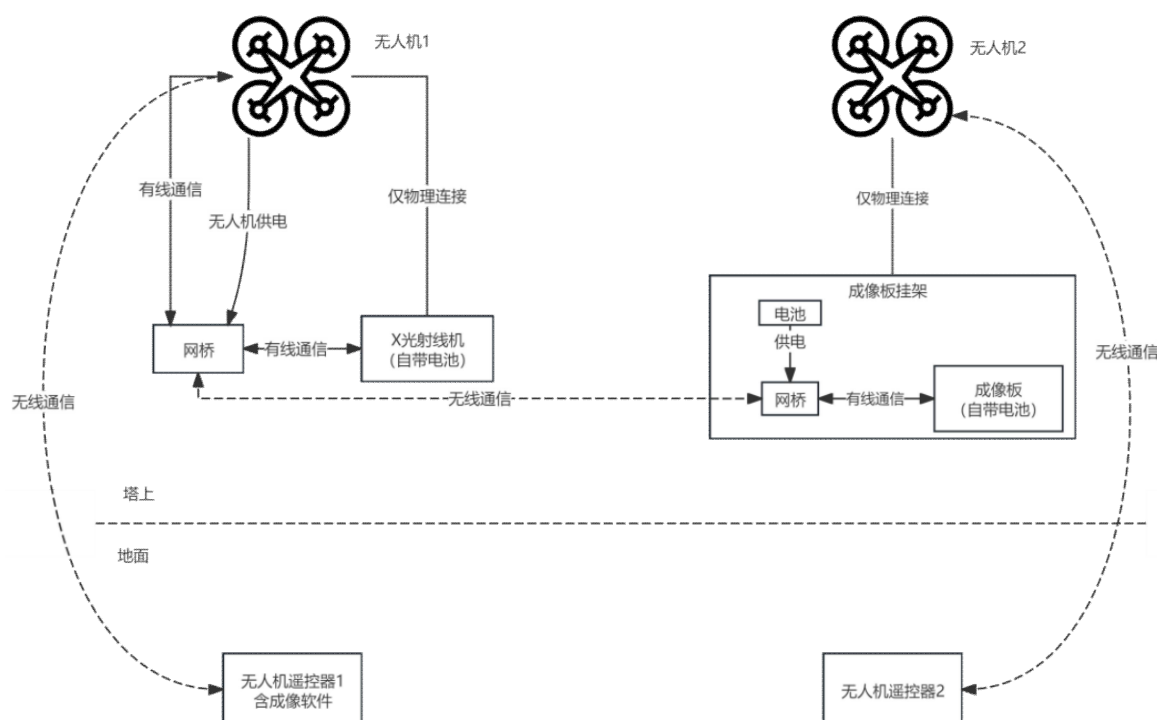
②曝光（实操培训期间 X 射线机出束方向水平，曝光期间出束 10 次脉冲，出束时间为 $2.5 \times 10^{-7}\text{s}$ ），设备出束前会有二次确认，点击确认出束，设备根据设定的脉冲数出束，达到设定的脉冲数后设备自动停止出束，等待图像回传并查看图像信息。工作期

间辐射工作人员及客户单位均位于控制区外。当现场培训探伤装置的位置发生变化时需对现场重新划定控制区与监督区，重新测量控制区和监督区的实际的剂量当量率，并记录。实操培训期间，对现场辐射安全进行管理，3 名管理人员中，其中 1 名管理人员操控巡检无人机在上空进行巡检，另外 2 名管理人员不定时巡查监督区边界情况，防止无关人员逗留（遇有雷雨天、大雾、照明不足等情况，工作人员能见度低于 100m 时，应停止作业；风速超过当地飞行要求或无人机飞行不稳定，应停止作业）。

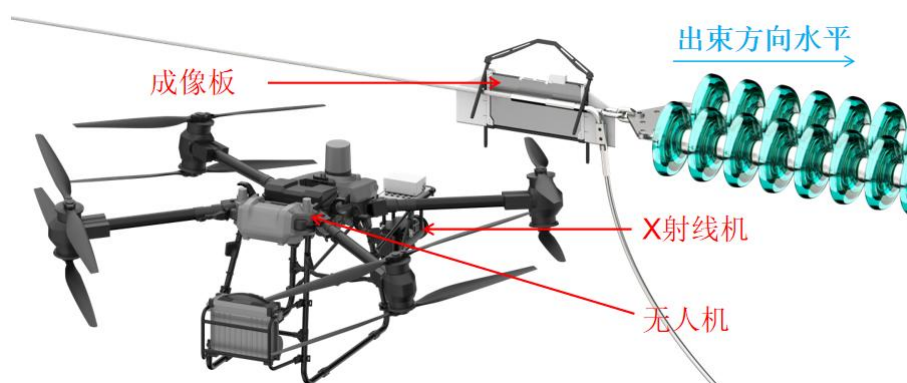
③现场实操培训完成后，1 名操作人员通过遥控器控制无人机-成像板飞至控制区内部地面，另外 1 名操作人员通过遥控器控制无人机-X 射线机飞至控制区内部地面，1 名管理人员控制巡检无人机飞回地面。关闭设备，辐射工作人员携带个人剂量报警仪、个人剂量计和辐射巡测仪经确认探伤装置关机后，进入控制区，收回无人机 X 射线探伤装置，曝光结束，辐射工作人员解除警戒，清理现场，将探伤装置运至客户单位设备间进行贮存。

现场相关记录（X 射线现场培训任务指令单、进出场所记录表、现场培训照片、监测布置图、公示材料、现场射线剂量监测记录表和现场记录资料等）应与工作方案一并存档备查。

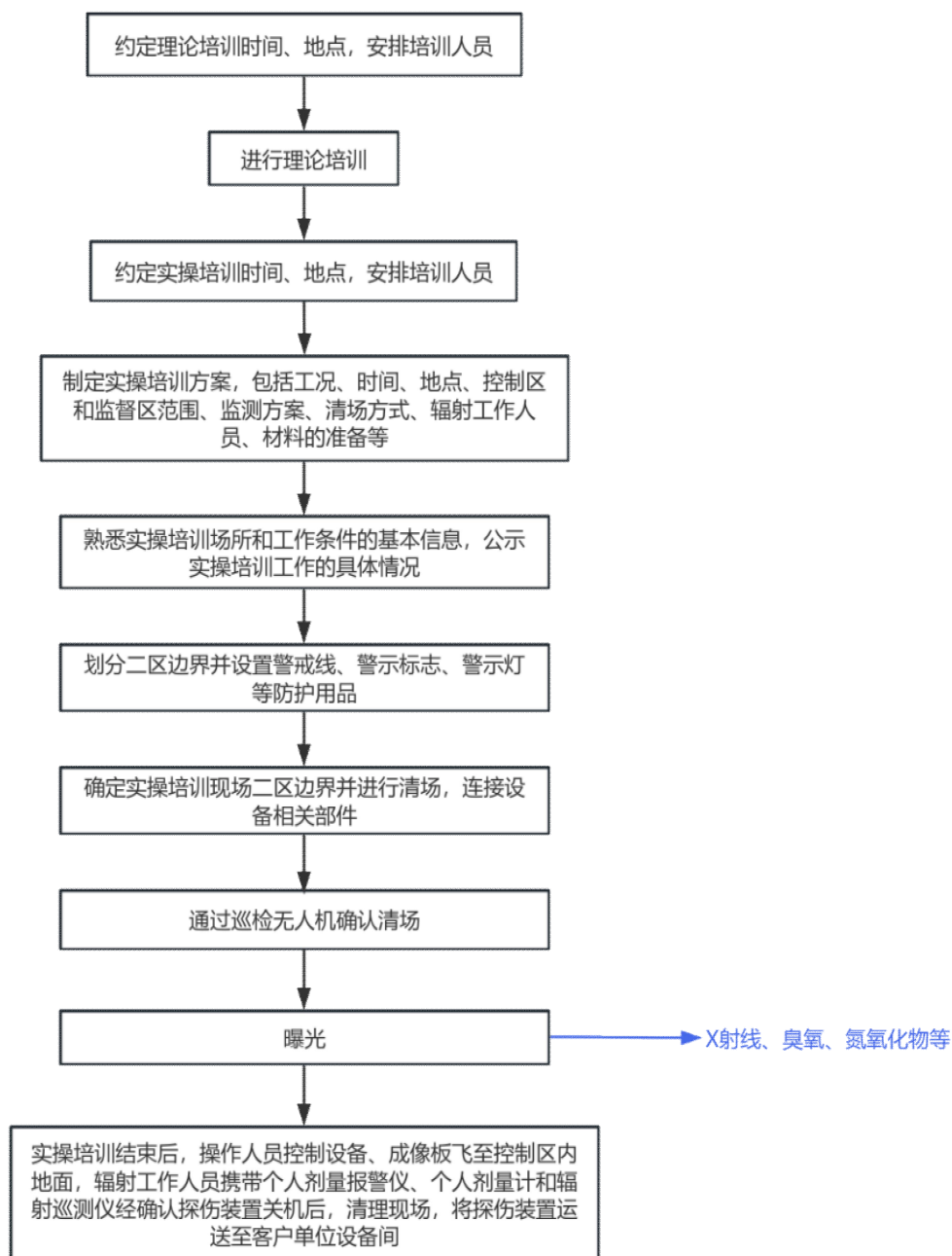
实操培训期间产生部分废报纸材料、废纸和塑料标签或其他废弃物将根据当地垃圾分类规定，将垃圾进行分类投放，对于可回收垃圾尽可能进行资源再利用。



设备连接示意图



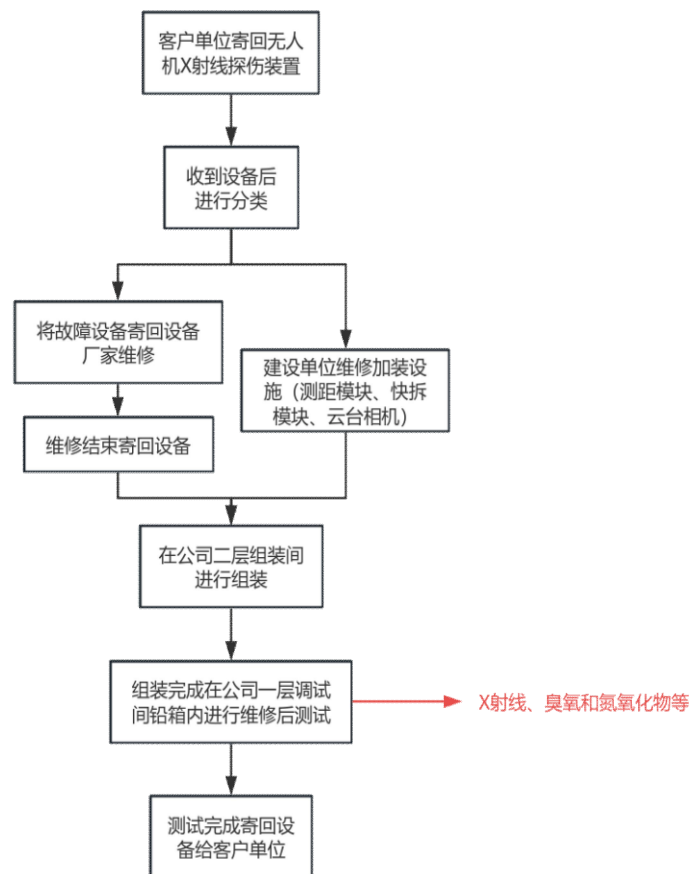
实操培训期间现场示意图



培训工艺流程图

(4) 维修后测试

我单位仅对故障设备的加装部件（即快拆模块、云台支架、测距模块）进行维修，故障无人机及故障 X 射线机由相应的设备厂家进行维修，维修结束寄回建设单位进行组装并测试。组装地点为公司二层组装间，测试地点为公司一层调试间铅箱内。测试流程与设备出厂前调试流程一致，设备测试完成后寄回客户单位。



测试流程图

(二) 设备操作规程

操作探伤装置应按以下要求进行：

(1) 通电前的准备

- 操作人员可正确使用 X 射线装置的操作和维护设备；
- 检查使用电源和设备标称电压是否相符；
- 检查气绝缘 X 射线装置的气压是否符合要求；

d)调试及维修后测试期间摆放无人机 X 射线探伤装置的 X 射线机器、成像板和工件并固定住；

e)确保 X 光机、通信装置、云台相机正确连接，依次开启遥控器、无人机、X 光机、成像板、电池电压；

(2) 通电后检查

a)进入成像软件确保成像版、射线机、PSDK、MOP 均已连接；

(3) 曝光控制

a)实操培训期间根据估算的两区范围进行两区划分；调试及维修后测试期间以铅箱内部划为控制区，铅箱外整个调试间划为监督区；

b)实操培训期间操作人员退至控制区外安全区域后，在遥控器中的成像软件设置脉冲数；调试及维修后测试期间辐射工作人员位于铅箱前方操作设备；

c)曝光结束成像软件显示“就绪”，机器自动切断高压，同时拍摄的照片自动回传至屏幕；

d)实操培训结束后辐射工作人员使用巡测仪确认无人机 X 射线探伤装置已关闭后，操作人员进入控制区收设备后，撤销警戒。

(4) 注意事项：

当电源电压在瞬间有较大波动时，可能使保护电路动作，此不属机器故障，待电源稳定后可继续使用。

由于我单位使用的成像板是电子影像，因此不产生废显（定）影液和废胶片等危险废物。

设备运行记录表

设备编号：

名称型号：

年

月

使用 期间	使用目的（调试、实 操培训、维修后测试）	运行记录		异常情况 及处理记录	使用人 签名
		使用前	使用后		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
		☐ 正常 ☐ 异常	☐ 正常 ☐ 异常		
设备抽查意见		签名 年 月 日			

说明：1、运行记录根据情况在方框内画√；

2、异常情况记录需记录异常的状况、发现时间和修复时间；

3、检测编号栏检测项目适用时填写。

_____年_____月_____ 库房设备（物品）出入库管理登记表

检验检测部门：

设备库房管理人：

序号	设备名称 及型号	出厂 编号	管理 编号	保管 人	状态	库房物品动态记录																														
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
					借出																															
					借出人签名																															
					归还																															
					归还人签名																															
					借出																															
					借出人签名																															
					归还																															
					归还人签名																															
备 注		记录说明： √正常使用 △进行检修 ☆校准/检定中 Y有异常 ×报废 2. 当设备出现异常时，若是简单故障，可由使用人自行排除；若已造成损坏，设备保管人应及时会同部门设备管理员联系质控部和综合部。																																		

现场记录情况

接到实操培训测试任务后，工作小组负责人应在整个现场工作过程中按照现场记录表内容进行记录，确保每次工作现场情况完整。

_____年度

日期	待测物件	部位	尺寸	检测地点	控制区距射线源距离	监督区距射线源距离	工作人员	数量	巡查人	备注

现场工作射线剂量监测记录表

监 测 日 期	监 测 地 点	监 测 人 员	监 测 仪 器	监测记录											
				控制区边缘周围剂量当量率						监督区边缘周围剂量当量率					
				控制区边界距 射线源距离	东侧	南侧	西侧	北侧	主射	监督区边界距 射线源距离	东侧	南侧	西侧	北侧	主射

辐射工作人员职业健康管理规定

1、编制目的

为贯彻落实国家《职业病防治法》及《放射工作人员职业健康管理办
法》的要求，保障辐射工作人员的人身健康，制定本制度。

2、适用范围

本制度适用于工厂使用和管理射线装置的部门和个人。

3、引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，
仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本
（包括所有的修改单）适用于本标准。

《中华人民共和国职业病防治法》

《放射工作人员职业健康管理办
法》

4、职责

4.1 辐射工作人员

4.2.1 接受辐射安全负责人的领导开展日常工作。

4.2.2 正确佩戴个人辐射防护装备。

4.2.3 长期保存射线装置使用登记台账及相关技术资料。

4.2.4 负责日常辐射安全防护监督工作，熟练掌握设备的现场工作操作
规程，严格遵守辐射防护安全的相关规章制度。

4.2.5 发生辐射事故时，立即采取应急措施并向环保、公安、卫生等行
政主管部门报告。

5、管理要求

5.1 新入职或调岗的拟从事辐射工作的人员必须依据有资质的体检机构出具的上岗前体检报告，符合《放射工作人员健康标准》方可入职上岗。

5.2 辐射工作人员上岗前，应为每名辐射工作人员配备个人剂量计，及时安排其接受放射防护法规和防护知识培训并取得合格证明。

5.3 辐射工作人员上岗前，工作单位负责向所在地县级以上地方人民政府卫生行政部门为其申请办理《放射工作人员证》。放射工作人员每2年到有资质的体检机构进行一次职业健康检查，脱离辐射工作岗位时也应进行离岗前职业健康检查。

5.4 工作单位不得安排怀孕的妇女参与应急处理和有可能造成职业性内照射的工作，哺乳期妇女在其哺乳期间应避免接受职业性内照射。

5.5 对参加应急处理或者受到事故照射的辐射工作人员，工作单位应当及时组织健康检查或者医疗救治，按照国家有关标准进行医学随访观察。

5.6 辐射工作人员每2年到有资质的体检机构进行一次职业健康检查，必要时可增加临时性检查。脱离辐射工作岗位时也应进行离岗前职业健康检查。收到检查结果后要如实告知本人，并将结果记录保存。发现不宜继续从事辐射工作的，根据体检机构的意见及时调离辐射工作岗位并妥善安置；对需要复查和医学随访观察的，及时予以安排。

5.7 辐射工作人员在职业健康监护、个人剂量监测、防护培训中形成的档案要统一保管。

5.8 辐射工作人员有权查阅、复印本人的档案，存档部门应当如实提供。

辐射工作人员培训制度

1、目的：

为了规范公司辐射工作人员的辐射作业，确保人员按照国家相关法规以及公司的安全规定进行辐射作业，特制定该培训制度。

2、职责：

组织本公司辐射工作人员接受生态环境部组织的外部辐射防护培训和公司内部的辐射安全培训，落实培训计划的制定与实施，建立并按照规定期限妥善保存培训档案。培训档案包括各次培训中的课程名称及培训时间、考试或考核成绩等资料。

3、范围：

公司进行辐射安全管理及操作的人员。

4、具体规定

4.1 培训单位、内容及方式：

4.1.1 外部培训

生态环境部组织的外部培训：本项目射线装置属于Ⅱ类射线装置，所有辐射工作人员上岗前均需在生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）的学习、报名培训并参加考核，所有辐射工作人员必须完成培训考核，执证上岗。辐射工作人员每5年要重新参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的考核，考核合格后，方可继续从事辐射工作。

4.1.2 公司内部培训

内部辐射防护培训由有技术能力的有资格单位承担。有资格单位会同我司共同负责培训计划的制定，并按照国家有关规定和标准的要求实施培训和考核。培训内容和深度应根据培训对象、工作性质和条件确定。培训方式可采用异地或本单位课堂教学、现场实习和个人学习等。

公司还需定期组织辐射工作人员进行无人机培训，学习无人机基础知识、航空法规与飞行安全、飞行操作技能、模拟飞行训练与实操训练等。

4.2 岗前、转岗和在岗培训：

4.2.1 辐射工作人员上岗前需参加生态环境部辐射安全与防护培训和公司内部培训，经考试合格领取培训上岗证后，方可上岗。

4.2.2 辐射工作人员岗位发生变化或者培训证不在有效期内，必须及时参加复训，待复训合格后方可从事相关工作。

4.2.3 各类辐射工作人员在岗期间按有关规定定期进行培训与考核。

4.3 培训内容

4.3.1 学习辐射安全法律法规常识和基本防护知识。

4.3.2 学习辐射事故应急措施和演练。

4.4 考核：

4.4.1 辐射防护基本知识应列为辐射工作人员业务考核的内容。

4.4.2 定期对在岗辐射工作人员进行辐射防护知识与技能的考核。

辐射工作场所监测计划

为了保护环境保障公众健康，公司必须加强辐射作业的现场管理，做好辐射防护工作，定期对辐射装置，监测项目为 X 射线空气吸收剂量率，其监测计划如下：

一、作业场所的个人剂量监测

1、个人剂量监测委托有资质的单位或机构实施，监测周期为 1 次/季。现场辐射工作人员必须佩戴个人剂量计上岗，并要求佩戴人员妥善保管，防止个人剂量计受到其他原因造成的检测值异常。辐射安全与防护管理小组负责个人剂量计的定期送检和建立个人剂量监测档案。

2、员工可以随时查阅每周期的个人剂量检测报告。

3、个人剂量监测档案应当包括：

（1）常规监测的方法和结果等相关资料；

（2）应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料。

二、辐射工作场所的监测

1、每次进行调试、维修后测试、实操培训前，工作人员检查警告信号、警告牌、标志的状态，并检查监督区和控制区的清场情况，确保在无人机 X 射线探伤装置实操培训曝光前控制区内无任何人员；调试及维修后测试期间确保调试间内无无关人员。

2、X 射线作业场所启用时，检验人员围绕控制区，监督区边界巡测辐射水平，并按控制区边界不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，和监督区边界不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$

的有关要求进行防护，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

监测内容和要求

①监测内容：X-γ辐射剂量率

②监测布点及数据管理：监测布点因参考环评提出的监测计划，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总。

辐射工作场所现场监测要求

监测类别	监测因子/监测点位		监测频次	监测方式
辐射工作人员个人剂量监测	个人外照射剂量		1 次/90 天	委托有相关资质的第三方辐射监测机构对公司的辐射工作场所进行监测
年度监测	铅箱外周围剂量当量率（不超过 2.5μSv/h） ①通过巡测，发现辐射水平异常高的位置； ②前门外 30cm 及门缝处； ③铅箱外 30cm 处； ④操作位； ⑤调试间四周墙外 30cm 处，正上方距地面 1m 处； ⑥设备周围人员常停留区域，结合环评中现状监测点及预测关注点进行布点。		1 次/年	
	实操培训	监督区边界（2.5μSv/h） 探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。 控制区边界（15μSv/h） 探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。	每年 1 次	
日常监测	铅箱外周围剂量当量率（不超过 2.5μSv/h） ①通过巡测，发现辐射水平异常高的位置； ②前门外 30cm 及门缝处； ③铅箱外 30cm 处； ④操作位； ⑤调试间四周墙外 30cm 处，正上方距地面 1m 处；		1 次/月	自行监测

	⑥设备周围人员常停留区域，结合环评中现状监测点及预测关注点进行布点。			
实 操 培 训	监督区边界 (2.5μSv/h)	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。	每次进行实 操培训时	
	控制区边界 (15μSv/h)	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。		
验 收 监 测	铅箱外周围剂量当量率（不超过 2.5μSv/h） ①通过巡测，发现辐射水平异常高的位置； ②前门外 30cm 及门缝处； ③铅箱外 30cm 处； ④操作位； ⑤调试间四周墙外 30cm 处，正上方距地面 1m 处； ⑥设备周围人员常停留区域，结合环评中现状监测点及预测关注点进行布点。		仅竣工验收 进行	评价项目竣工 3 个月 内，公司按照 规定验收
	实 操 培 训	监督区边界 (2.5μSv/h) 探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。 控制区边界 (15μSv/h) 探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在监督区边界东南西北和主射束五个方向测量 5 个监测点。		

3、建立作业现场的辐射巡检制度，现场工作条件变动时必须重新进行现场监测，并验证确定的控制区和监督区。

三、仪器的保管与使用

1、个人剂量计的保管与使用

（1）辐射工作人员进入工作区域必须佩戴个人剂量计，剂量计应佩戴在人体躯干前方左胸位置。

（2）外照射个人剂量监测周期最长不应超过 90 天，个人剂量计有识别的标识和编码，应按规定要求佩戴，中途不得随意更换、调换。

（3）必须严格落实个人剂量计发放、佩戴和回收规定，非工作时间个

人剂量计必须统一回收保管。剂量计应正确使用，不得自行打开，如有丢失损坏或异常，应立即向组长报告。

（4）个人剂量计监测结果出现超标等问题时，应配合个人剂量监测单位或机构进行调查，明确超标原因，并予以整改。

（5）个人剂量计在每个佩戴周期结束后，尽快送往个人剂量检测单位或机构，收到个人剂量计监测报告后，进行存档。同时确定辐射工作人员是否可继续上岗，以确保其身体健康;允许辐射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。

2、个人剂量报警仪的保管与使用

（1）每名辐射工作人员分别配备 1 枚个人剂量报警仪；

（2）操作人员必须保管妥当，使用中注意避免磕碰、落砸。不得审换使用及转借他人使用如有故障，及时上报，进行修理、更换。如出现人为情况下的丢失、损坏，将根据损坏程度及设备价值予以经济赔偿处理

3、环境剂量监测仪的保管与使用

（1）使用人员必须经过培训后，方可进行操作，除确定的操作人员外，其他人员未经允许不得擅自使用。

（2）开机前应对仪器状态进行仔细检查，按操作规程依次开机，并检查是否运行正常，确认正常后方可使用，如发现异常情况及时汇报相关负责人。

（3）使用时必须严格遵守使用范围的规定，不得超范围使用

（4）使用完毕，应及时清理，保持整洁。

(5) 对违反操作规程和应保管不善致使仪器损坏的，要视情节追究当事人责任。

(6) 不可自行拆卸仪器。

剂量率监测仪应在国家计量部门或其授权的校准机构检定/校准或定期自行检定/校准，保证量值可溯源至国家计量基准。校准因子应准确使用；仪器检修后需重新检定/校准。

为保证监测数据的准确可靠，计量器具应定期核查，核查周期的长短取决于其可靠程度、故障率等因素。核查方法可自行确定，可选取个别关键指标进行核查，操作应方便快捷，核查结果应能确定仪器是否适用，但不宜用于修正仪器的校准因子，除非监测方法另有规定。如核查误差超过15%时（监测方法规定了误差要求的，以监测方法规定为准），仪器应停用，检查原因，重新检定/校准。

四、年度监测和年度评估

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检测机构进行整测。

1、每年委托有相关监测资质的监测单位对辐射工作场所进行全面的监测；

2、监测内容：铅箱屏蔽体外30cm处周围剂量率；实操培训监督区、

控制区划分；

3、年度评估：年度监测数据将作为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报告的一部分，每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

射线装置使用和维修台账管理制度

1.目的:

为了规范公司射线装置的使用和维修，特制定该制度。

2.职责:

设备管理员负责设备的领用台账的登记，以及送外进行设备的维修。

检验员负责领用设备的正常使用和保管。

3.具体内容

3.1 射线装置由专人管理，在使用过程中应强化设备的维护和保养意识，定期维护并及时做好维护记录，确保机器处于良好的工作状态。

3.2 本项目设备售出后均不在公司内部进行维修，维修均分别由无人机厂家和 X 射线机厂家负责，我单位应设置专人负责射线装置的使用、跟进维修和保养，并建立专册登记簿。使用过程中若机器发生故障，停止使用并及时汇报，并将故障无人机或故障 X 射线机寄往设备厂家修理，并及时记录。

3.3 做好保养知识的搜集、整理、登记，完善计算机相应数据库软件管理。

3.4 射线装置使用记录、个人剂量测试记录、人员健康体检纪录及机器保养维修纪录必须实行科学化、规范化管理，做到分类建档，归类清楚。

3.5 使用设备、进行个人剂量检测、机器的维修保养等必须严格登记，并按规定整理。凡调阅各类纪录数据，必须经辐射安全与防护管理小组批

准，做到事事有登记，份份有着落，查找及时、准确。

3.6 使用者应遵守操作规程，掌握操作技巧，安全地使用射线装置。

3.7 定期请设备厂家专业人员检测机器的输出量及相关性能，使设备运行安全稳定可靠。

3.8 机器出现故障时，应做好记录，及时报告申请维修，并记录维修情况。

3.9 与厂方工程师保持良好的沟通，利用电话支持、远程诊断、现场维修等多种方式，快捷地处理问题。

广州优飞智能设备有限公司辐射事故应急预案

为了加强对公司使用射线装置的安全防护，有效预防并及时控制或消除各类辐射事故，规范突发性辐射事故应急处置工作，提高对突发辐射事故的处理能力，最大程度地预防和减少突发辐射事故的损害，保障群众健康，维护环境安全，根据辐射事故管理法规和《放射性同位素与射线装置放射防护条例》及其他有关法律及法规的规定，结合公司实际拟定了本方案作为辐射事故应急处理预案。

一、辐射事故领导小组的组成与职责

1、公司成立辐射事故工作领导小组，负责公司的辐射事故应急管理工作。成员组成如下：

组长：卢德谦

副组长：戴航

人员：曹琨尤、钟鸿鹏、杨子健

、冯自鸿

主要职责

- (1) 负责公司“应急预案”的制定、修订；
- (2) 贯彻执行国家辐射事故应急方针和政策，配合省生态环境厅做好事故应急处理工作；
- (3) 组织应急专业队伍，并组织实施和演练；
- (4) 检查督促做好重大事故的预防措施和辐射事故应急的各项准备工作

作；

(5) 在事故发生后及时组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理；

(6) 及时向辐射事故领导小组报告工作，并负责向辐射环境管理部门、卫生部门及公安部门及时报告事故情况，并协助工作。

二、辐射事故应急应遵循的原则：

迅速报告原则；

主动抢救原则；

生命第一的原则；

科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；

保护现场，收集证据的原则。

三、辐射事故的分级

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、较大辐射事故、重大辐射事故和特别重大辐射事故：本项目无人机 X 射线探伤装置事故工况下不会导致人员受到超过年剂量限值的照射。

四、辐射事故的预防措施：

(1) 出厂前调试和维修后测试

1、操作人员应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗。

2、操作人员须严格按操作规程进行作业，不得擅自改变操作程序，确保安全。

3、工作时必须随身携带个人剂量计，同时应使用剂量报警仪。

4、铅箱设置电离辐射警告标志、中文警示说明，铅箱自带工作状态信号灯。

5、开机前须检查铅箱工作状态指示灯、急停开关及门机联锁功能等安全装置是否运行正常，观察开关指示灯是否连通。

6、开机前要确定辐射监测仪正常的情况下才能开机作业。

7、如发生违反操作规程或其他原因造成事故，须立刻启动事故应急预案。

（2）实操培训

由于维修后测试没有固定的作业场所和屏蔽防护设施，因此，工作人员要根据现场实际情况采取有效的措施加强防护。

1、距离防护

增加操作距离，本项目采取远程操控无人机飞行实行远距离操作，可减少工作人员的受照量。同时，操作位置要避开射线的主射束方向。

2、设立控制区和监督区

现场操作时，可将周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围设为控制区，周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。并在控制区和监督区边界上设置醒目的警示标志，禁止无关人员进入控制区。同时，并在边界上设置警戒线，必要时专人警戒。

3、屏蔽防护

利用现场环境的屏蔽防护物如墙体、工件、堆放物等，或使用简易屏蔽防护屏等进行必要的屏蔽防护。

4、时间防护

反复模拟演练，提高操作技能，充分做好工作前的准备工作，缩短操作时间，减少受照射剂量。

五、可能发生的辐射事故：

（1）铅箱安全联锁装置发生故障，导致在前门未关到位的情况下射线发生器出束，X射线泄漏使辐射工作人员或公众受到意外照射。

（2）设备软件控制故障，导致高低压错乱或门机联锁失灵，辐射工作人员打开铅箱前门时X射线装置仍处于出束状态，造成人员意外照射。

（3）人员误照射：主要发生的辐射事故是由于对作业现场划定的控制区、监督区管理不到位，导致人员误入该区域引起误照射。

（4）在不适合实操培训的场地进行实操培训操作，对公众或工作人员造成不必要的照射。

（5）射线装置丢失、被盗，对环境和社会产生危害（向公安机关报案110）。

（6）射线装置未安装水平，机头未投射于工件位置，而直接射向人员居留位置，而导致误照射。

我单位应严格落实安全管理制度，按操作规程进行现场工作，避免辐射事故的发生。

六、事故应急处理程序：

I调试及维修后测试

（一）一旦发生辐射事故，马上按下急停按钮，切断总电源开关，当

事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，并及时上报；

（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）应急处置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；事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的辐射事故应急人员的参与下进行。

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、根据现场辐射强度，决定工作人员在现场工作的时间。

3、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。

4、各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

（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处置小组。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行政部门报告。

II 实操培训

1、事故发生后，操作人员应根据现场情况及时采取应急防护措施，关闭设备电源，当事人应立即通知同工作场所的工作人员和公众离开辐射区，撤离事故现场所有人员，使之到达安全地带，保护好现场，使得无关人员不得入内，防止事故继续发生和扩大。并在第一时间向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行政部门报告，并协助生态环境部门、公安部门和卫生部门做好辐射事故后果预测与评价以及环境放射性监测等工作，为采取辐射事故应急对策和应急防护措施提供依据。

2、辐射事故工作领导小组应当根据现场的情况，协助有关部门实行有效的剂量监督，并做好辐射事故现场接受照射人员的救护、转运和医学处置工作。

3、辐射事故工作领导小组根据生态环境部门、公安部门、卫生部门的应急处理意见，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行处置。未取得主管部门同意允许，不得进入事故区。整个过程应实施有效的剂量监督。

4、根据对现场的剂量监督情况，向生态环境主管部门申请解除现场应急状态。

5、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。

6、应急终止：符合下列条件后，终止应急状态：

- (1) 事件现场得到控制，事件条件已经消除。
- (2) 事件所造成的危害已经被彻底消除，无继发可能。
- (3) 采取了必要的防护措施以保护公众免受再次危害，并使事件可能引起的中长期影响趋于合理且尽量低的水平。

7、辐射事故应急状态终止后，辐射防护领导小组应当组织相关人员进行事故的调查、分析，并向环保与公安等主管部门提交详细的事故处理报告。

除上述工作外，现场辐射工作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，降低辐射危害。
- 2、根据现场辐射强度，估算应急工作人员在现场工作的时间，估算事故人员的受照剂量。
- 3、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报警仪。
- 4、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。

七、事故报告制度

发生辐射事故时，单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防护措施，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、公安部门和卫生部门报告。

八、辐射事故的调查

1、本单位发生辐射事故后，应立即由辐射事故工作领导小组组织事故调查、善后处理和恢复生产。

2、调查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。

3、配合辐射事故领导小组编写、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、市应急预案相抵触之处，以国家、省、市辐射事故应急预案的条款为准。

九、应急能力保障

1、培训和演练

（1）培训：对公司所有参与辐射事故应急准备与响应的人员进行培训和定期再培训。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）演练：对公司所有参与辐射事故应急准备与响应的人员须定期（每年一次）组织应急演练，应急演练的类型应覆盖全面，以检验、改善和提高应急准备和应急响应能力，并通过演练逐步完善应急预案。

2、应急和救助的装备、资金、物资准备

（3）人员保障：辐射事故应急领导小组和辐射事故应急工作小组，应保持一致与应急职责相适应的快速反应的应急队伍。

（4）物资准备：辐射事故应急工作小组负责应急装备、物资保障工作，

配备必要的个人防护、监测、鉴定、检验等设备、器材，配备必要的交通、通讯工具。

（5）辐射事故

辐射事故应急处置工作和日常工作经费，由辐射事故应急领导小组提出经费支出预算报财务部审批后执行。应急处置专项资金主要用于突发辐射事故防护准备，包括预防预警系统的建立、应急技术装备添置、应急事故行动处置、人员培训及日常经费开支等。

十、附则

1、本方案应在日后不断完善修订，自发布之日起施行。

公安主管部门：110

卫生热线电话：12320

环保热线：12345

广州市生态环境局热线电话：020-38920928

辐射事故初始报告表						
事故单位名称	(公章)					
法定代表人		地址		邮编		
电话		传真		联系人		
许可证号		许可证审批 机关				
事故发生时间		事故发生地 点				
事故类型	☐ 人员受照 ☐ 人员污染	受照人数	受污染人数			
	☐ 丢失 ☐ 被盗 ☐ 失控	事故源数量				
	☐ 放射性污染	污染面积 (m ²)				
序号	事故源核 素名称	出厂活 度 (Bq)	出厂日期	放射源编 码	事故时活 度 (Bq)	非密封放射性物 质状态 (固液态)
序号	射线装置 名称	型号	生产厂家	设备编号	所在场所	主要参数

事故经过情况						
报告人签字		报告时间	年 月 日 时 分			

注：射线装置的“主要参数”是指 X 射线装置的电流（mA）和电压（kV）、加速器线束能量等主要性能参数。

附件 7 监测报告


202119115732
深圳市赛辐环保科技有限公司

检 测 报 告

报 告 编 号:	SF-202411R-12186
项 目 名 称:	环境 γ 辐射空气吸收剂量率
委 托 单 位:	广州优飞智能设备有限公司
委 托 单 位 地 址:	广州市黄埔区安居宝科技园 F 栋广州优 飞智能设备有限公司
报 告 日 期:	2024 年 11 月 19 日

深圳市赛辐环保科技有限公司
检测报告专用章

申明 Statements

1. 报告的检测结果只与被检测的项目有关。
The results of the testing relate only to the items that tested.
2. 报告无“检测报告专用章”及“多页报告无骑缝章”无效。
Test report is invalid without the “Special Seal of Test Report” or that of test unit on it.
3. 报告无编制、审核、签发人签章无效。
The report is invalid without preparation, review and signature of the issuer.
4. 报告随意涂改复印无效, 如复印需经本公司同意并加盖公章。
Test report is invalid if randomly altered or duplicated. The consent and seal of this Center is required for any duplication.
5. 委托检验仅对检测时作业环境负责
For entrusted tests, this Center is only responsible for the delivered samples.
6. 对检验报告若有异议, 应于收到报告之日起十五日内向检验单位提出, 逾期不予受理。
For any claim of the report, just refer to the testing unit in 15 days, in case it is not in the above limited time, the claim shall be dismissed.
7. 本检测结果仅代表检测时委托方提供的工况条件下项目测值。
The testing results would only present the datas taken at the scene within specific conditions where our clients provide.

通讯资料:

地址/ADD: 深圳市龙岗区龙城街道黄阁坑社区龙城工业园留学人员(龙岗)创业园 206

电话/Tel: 0755-89398816

传真/Fax: 0755-89399186

邮政编码/ Postal Code: 518172

检测报告

报告编号: SF-202411R-12186

第 3 页 共 10 页

项目概况:			
受广州优飞智能设备有限公司的委托, 我司对其铅箱调试间核技术利用场所及其周围进行环境 γ 辐射空气吸收剂量率检测。			
检测项目	环境 γ 辐射空气吸收剂量率	检测地点	核技术利用场所及周围
检测人员	曾旭利、吴铭笙	检测日期	2024 年 11 月 07 日
环境条件	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	相对湿度 (%)	
	22-24 $^{\circ}\text{C}$	42-45%	
检测时间	17 时 19 分~18 时 12 分		
检测依据:			
《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)			
检测仪器:			
NT6101 环境监测用 α - γ 辐射空气吸收剂量率仪 (仪器编号: 0118091)			
测量范围: 0.01-600 $\mu\text{Gy/h}$ 能量范围: 30keV-7MeV			
校准单位: 深圳市计量质量检测研究院			
计量有效期: 2024 年 03 月 13 日-2025 年 03 月 12 日 (校准证书编号: JL2403245631)			
检测过程:			
1、测量时仪器探头朝向地面, 距离地面高度为 1m, 仪器读数稳定后, 以 10s 为间隔读取 10 个数据;			
2、由法定计量部门给出的仪器校准因子为 0.983;			
3、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021), 建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子, 楼房取 0.8, 平房取 0.9, 原野、道路取 1。			

检测报告

报告编号: SF-202411R-12186

第 4 页 共 10 页

检测结果:

检测结果见表 1。测量点见检测布点图一至图三。

检测结果显示: 广州优飞智能设备有限公司核技术利用场所及周围环境各测量点的环境 γ 辐射空气吸收剂量率在 $0.12\mu\text{Gy/h}\sim 0.18\mu\text{Gy/h}$ 之间。

编制:

吴铭笙

审核:

廖振铭

签发:

成能超

签发日期:

2024.11.19

检测报告

报告编号: SF-202411R-12186 第 5 页 共 10 页

表 1: 检测结果 (测量点见检测布点图一至图三)

测点 编号	测量 场所	测量点位	测量结果 ($\mu\text{Gy/h}$)		地面 介质	场所 性质
			平均值	标准差		
1	广州倪 飞智 能设备 有限 公司内	调试间 (铅箱所在房间)	0.17	0.01	地坪 漆	楼房
2		高温房 (距铅箱北侧约 1.8m)	0.14	0.01	地坪 漆	楼房
3		生产间(距铅箱东侧约 1.3m)	0.15	0.02	地坪 漆	楼房
4		展厅(距铅箱南侧约 1.8m)	0.16	0.02	地坪 漆	楼房
5		大堂(距铅箱东侧约 21.5m)	0.14	0.01	地砖	楼房
6		活动室(距铅箱东侧约 37.3m)	0.16	0.01	地砖	楼房
7		办公室(距铅箱东侧约 50m)	0.15	0.01	地坪 漆	楼房
8		设备组装间(距铅箱东侧约 49m)	0.15	0.02	地坪 漆	楼房
9		财务室(铅箱正上方)	0.14	0.01	地砖	楼房
10		会议室 1 室(距铅箱正上方南侧约 1.7m)	0.13	0.01	地砖	楼房
11		总经理室(距铅箱正上方南侧约 7.2m)	0.16	0.02	地砖	楼房
12		办公区域(距铅箱正上方东侧约 9.6m)	0.14	0.01	地砖	楼房
13		办公区域(距铅箱正上方东侧约 17.2m)	0.14	0.01	地砖	楼房
14		办公区域(距铅箱正上方东侧约 14.1m)	0.14	0.01	地砖	楼房
15		接待室(距铅箱正上方东侧约 25.2m)	0.17	0.01	地砖	楼房
16		办公区域(距铅箱正上方东侧约 37.4m)	0.18	0.01	地砖	楼房
17		会议室 2 室(距铅箱正上方东侧约 50m)	0.15	0.01	地砖	楼房

检测报告

报告编号: SF-202411R-12186

第 6 页 共 10 页

续表 1: 检测结果 (测量点见检测布点图一至图三)

18	广州优 飞智 能设备 有限 公司外	园区内道路 (距铅箱北侧约 11m)	0.12	0.01	水泥	道路
19		园区内道路 (距铅箱东侧约 48m)	0.12	0.01	水泥	道路
20		园区内道路 (距铅箱南侧约 12m)	0.12	0.01	水泥	道路
21		园区内道路 (距铅箱南侧约 36m)	0.12	0.01	水泥	道路
22		园区内道路 (距铅箱西侧约 2m)	0.15	0.02	水泥	道路
23		门卫处 (距铅箱西侧约 45m)	0.12	0.01	水泥	道路
24		起云路 (距铅箱西北侧约 41m)	0.13	0.01	沥青	道路

备注: 1、测量时仪器探头朝向地面, 距离地面高度为 1m;

2、表中计算结果已扣除了仪器对宇宙射线的响应值;

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=校准因子 C_{γ} $\times$ (仪器检验源效率因子 E_{γ} $\times$ 读数平均值 N $\times$ 屏蔽因子 μ_{γ} $\times$ 测点处仪器对宇宙射线的响应值), 校准因子为 0.983, 仪器检验源效率因子取 1 (仪器无检验源), 屏蔽因子楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1。

注 1: 我公司在河源万绿湖进行了仪器的宇宙射线响应及其自身本底测量, 读取了 60 个数据进行计算, 结果为 0.01 μ Gy/h, 保留小数点两位。

注 2: a、项目所在楼栋经纬度: 东经 113.42 北纬 23.16 海拔 16m。

b、万绿湖的经纬度: 东经 114.35.17 北纬 23.47.13 海拔 94.9m。

依据 HJ61-2021 海拔高度 ≤ 200 m, 经度差别 $\leq 5^{\circ}$, 纬度 $\leq 2^{\circ}$, 可以不进行测量点的仪器对宇宙射线的响应值修正。

图二: 铅箱位置及周围检测布点图 (公司二层)



图三: 铅箱位置及周围检测布点图 (公司外)



现场图片:



广州优飞智能设备有限公司照片

(以下空白)