

编号: XH24EA084

核技术利用建设项目
深圳南瑞科技有限公司生产、销售、使用
无人机机载探伤装置项目
环 境 影 响 报 告 表

报批版

深圳南瑞科技有限公司 (盖章)

2025 年 03 月

环境保护部监制



核技术利用建设项目

深圳南瑞科技有限公司生产、销售、使用

无人机机载探伤装置项目

环境影响报告表



建设单位名称：深圳南瑞科技有限公司（盖章）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：广东省深圳市南山区澳特科兴科学园 5 楼

邮政编码：518000

联系人：杨明鑫

电子邮箱：

联系电话：_____

编制单位和编制人员情况表

项目编号	8gb33k		
建设项目名称	深圳南瑞科技有限公司生产、销售、使用无人机机载探伤装置项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	深圳南瑞科技有限公司		
统一社会信用代码	91440300MAD79YUR0M		
法定代表人（签章）	李延新		
主要负责人（签字）	李辉		
直接负责的主管人员（签字）	刘晓铭		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	广州星环科技有限公司		
统一社会信用代码	91440106MA59DA732A		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
陈健阳	20220503546000000001	BH061992	陈健阳
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
陈健阳	辐射安全管理、结论	BH061992	陈健阳
宁锦清	项目基本情况、评价依据及评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析	BH048062	宁锦清

编制主持人环境影响评价工程师资格证书

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

目 录

表 1 项目基本情况	1
1.1 项目概况	1
1.1.1 建设单位情况	1
1.1.2 项目来由和目的	2
1.1.3 项目规模	3
1.2 项目选址和周边关系	5
1.2.1 屏蔽铅箱	5
1.2.2 移动式探伤	5
1.3 辐射实践的正当性	9
表 2 放射源	11
表 3 非密封放射性物质	11
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物（重点是放射性废物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	15
7.1 评价范围	15
7.1.1 屏蔽铅箱	15
7.1.2 移动式探伤	15
7.2 保护目标	15
7.3 评价标准	16
7.3.1 职业照射及公众照射剂量限值和约束值	17
7.3.2 屏蔽铅箱辐射剂量率控制要求	17
7.3.3 移动式探伤剂量率控制和分区要求	17
表 8 环境质量和辐射现状	19
8.1 项目地理和场所位置	19
8.2 检测方案	20

8.2.1 检测方法、检测因子和检测仪器	20
8.2.2 布点原则	21
8.3 质量保证措施	22
8.4 检测结果	23
表 9 项目工程分析与源项	25
9.1 设备组成	25
9.1.1 生产设备组成	25
9.1.2 移动式探伤设备组成	25
9.1.3 X 射线发生器组成	26
9.2 工作方式	28
9.2.1 生产方式	28
9.2.2 成像质量验证方式	29
9.2.3 移动式探伤方式	29
9.3 工作原理	30
9.3.1 X 射线产生原理	30
9.3.2 X 射线探伤原理	31
9.3.3 脉冲式 X 射线发生器原理	31
9.4 工艺流程和产污环节	32
9.4.1 通讯控制软件研发	32
9.4.2 成像质量验证	33
9.4.3 生产与销售流程	33
9.4.4 移动式探伤	34
9.5 人员配置和工作负荷	35
9.6 污染源项描述	36
9.6.1 辐射源	36
9.6.2 其他污染源	37
9.7 源强分析和参数	37
表 10 辐射安全与防护	39
10.1 屏蔽铅箱	39
10.1.1 主体屏蔽设计	39

10.1.2 防护门的设计	41
10.1.3 管线穿屏蔽体屏蔽补偿	41
10.2 屏蔽铅箱辐射安全与防护措施	42
10.2.1 警告标识、设施	42
10.2.2 门机联锁装置	42
10.2.3 紧急停机按钮	43
10.2.4 钥匙开关	43
10.2.5 辐射监测设施	43
10.3 辐射工作场所布局和分区	44
10.4 屏蔽铅箱辐射安全与防护实施方案	45
10.5 移动式探伤现场管理和操作安全措施	50
10.5.1 作业前准备	50
10.5.2 安全信息和警告标志	50
10.5.3 安全操作	50
10.5.4 作业的边界巡查与监测	51
10.5.5 使用台账登记和设备保管措施	51
10.6 移动式探伤辐射防护措施	51
10.6.1 距离防护	51
10.6.2 时间防护	52
10.6.3 照射方向选取	52
10.6.4 设备固有安全性能	52
10.6.5 无人机操作安全性能	52
10.6.6 检测仪器和安防用品	53
10.7 移动式探伤现场布局和分区	54
10.8 移动式探伤辐射安全与防护实施分案	55
10.9 销售工作的安全与防护措施	59
10.10 日常检查、维护和探伤装置退役	59
10.10.1 日常安全检查	59
10.10.2 设备维修维护	60
10.11 三废的治理	61

表 11 环境影响分析	62
11.1 屏蔽铅箱	62
11.1.1 剂量率控制值	62
11.1.2 辐射剂量率估算	63
11.1.3 人员受照剂量	67
11.2 移动式探伤	71
11.2.1 辐射剂量率估算	71
11.2.2 人员受照剂量	73
11.2.3 剂量叠加	74
11.3 事故影响分析	74
11.3.1 辐射事故类型	74
11.3.2 事故预防措施	75
表 12 辐射安全管理	77
12.1 辐射安全管理机构的设置	77
12.2 辐射安全管理规章制度	78
12.3 辐射工作人员	78
12.4 辐射监测计划	79
12.4.1 工作人员个人剂量监测	79
12.4.2 工作场所辐射监测计划	79
12.4.3 工作场所辐射监测方案	80
12.5 辐射安全年度评估计划	82
12.6 辐射事故应急	83
12.6.1 辐射事故应急机构	83
12.6.2 人员培训和演习计划	84
12.7 竣工环境保护验收要求	84
12.7.1 责任主体	84
12.7.2 工作程序	84
12.7.3 时间节点	85
12.7.4 验收清单	85

表 13 结论与建议	87
13.1 结 论.....	87
13.1.1 辐射安全与防护分析结论	87
13.1.2 环境影响分析结论	87
13.1.3 可行性分析结论	87
13.2 建议和承诺	88
表 14 审 批	89
附件 1：项目委托书	90
附件 2：环境 γ 辐射现状检测报告	91
附件 3：设备技术参数	97
附件 4：设备厂家实测数据	98
附件 5：现场探伤工作和日常辐射监测记录表（模板）	100
附件 6：射线装置生产、销售台账	101
附件 7：辐射安全管理规章制度	102

表 1 项目基本情况

建设项目名称		深圳南瑞科技有限公司生产、销售、使用无人机机载探伤装置项目				
建设单位		深圳南瑞科技有限公司				
法人代表		李延新	联系人	杨明鑫	联系电话	
注册地址		深圳市前海深港合作区前湾一路 1 号 A 栋 201 室				
项目地点		屏蔽铅箱：广东省深圳市南山区澳特科兴科学园 5 楼验证区 （经度：113.9429°，纬度：22.5538°） 移动式探伤：全国范围内开展移动式探伤，无固定项目地点				
建设项目总投资 (万元)		200	项目环保投 资(万元)	20	投资比例（环保 投资/总投资）	10%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m²)	66
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			
	其它	/				
	1.1 项目概况 1.1.1 建设单位情况 深圳南瑞科技有限公司（下称：建设单位或南瑞公司）成立于 2023 年 12 月，业务覆盖以下领域：在新能源发电二次核心业务领域，专业从事新能源功率预测、功率控制、调频、综合监控、保护测控、储能监控等技术的研发应用，拥有 NS3000-S 风光综合自动化系统等产品。在电力二次设备领域，专业从事发电、变电、配电、用电等方向二次保护控制技术的研发应用，拥有 NS3000-S 综合自动化系统等产品。在人					

工智能应用领域，专业从事变电站、输电线路、新能源领域智能巡视、作业机器人及无人机作业智能装备等方面的技术研究及产品研发，拥有 NSU-8000 系列无人机智能巡检系统等产品。深圳南瑞凭借地域优势，针对南方电网及南方区域能源企业提供全方位的市场、技术、产品服务，是南瑞集团面向整个南方地区的营销支撑平台。

1.1.2 项目来由和目的

脉冲式 X 射线探伤装置是广泛应用于架空输电线路无损检测的探伤装置，具有射线强度高、穿透性强、质量和体积小而轻便、辐射泄漏极小等优点。在传统的架空线路 X 射线无损检测中，需在作业时进行线路停电，且作业过程步骤多、难度大、耗时长、高空作业风险大。目前，随着国内无人机技术的发展、无人机应用场景不断拓展，以无人机微应用系统建设为基础，推动检修作业从机械化向智能化转变正成为发展趋势。

基于南瑞公司在无人机领域的研究成果，为实现无人机巡检自主飞、快速传、智能判全环节数字技术应用，进一步提升“立体巡检+集中监控”智能运维模式效率，推进无人机巡检智能化、信息化、精益化，助力电网数字化转型，进一步提高线路运检效率和运检质量，运用新技术维护输电线路“零缺陷”安全运行，建设单位拟采购两种型号（XR150 型、XRS3 型）的脉冲式 X 射线发生器及成像板、无人机、遥控器等，组装生产两种型号的无人机机载探伤装置进行销售。脉冲式 X 射线发生器属于成品射线装置，建设单位不对其进行拆解和维修维护，组装前在屏蔽铅箱内验收其成像质量，不合格品退回厂家，设备维修维护也是由生产厂家负责。

同时，建设单位拟使用 3 台自主生产的无人机机载探伤装置在全国范围内开展 X 射线无损探伤服务，探伤对象为全国范围内的架空输电线路的金具，为架空输电线路的运维、抢修的故障定位及判断提供有效依据。

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，第 66 号）对射线装置的分类，本项目涉及的射线装置中属于Ⅱ类射线装置中的其他工业用 X 射线发生器，故本项目属于生产、销售、使用Ⅱ类射线装置项目。受深圳南瑞科技有限公司委托（委托书见附件 1），广州星环科技有限公司对深圳南瑞科技有限公司生产、销售、使用无人机机载探伤装置项目进行环境影响评价。根据

《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日实施），本项目应编制环境影响报告表。

1.1.3 项目规模

建设单位拟采购两种型号脉冲式 X 射线发生器、成像板、遥控器及无人机等，在广东省深圳市南山区澳特科兴科学园 5 楼设备区组装生产 NPR-X200 系列的无人机机载探伤装置进行销售；拟在验证区安装 1 间屏蔽铅箱，用于软件研发测试和组装前的成像质量验证；同时，建设单位拟使用 3 台无人机机载探伤装置在全国范围内开展 X 射线无损探伤服务，探伤对象为全国范围内的架空输电线路的金具，主要为 20mm 以下的钢件或 60mm 以下的铝件，无固定地点，为架空输电线路的运维、抢修的故障定位及判断提供有效依据。

本项目拟生产、销售和使用的射线装置参数见表 1-1，项目所在区域图见图 1-1。

表 1-1 本项目射线装置参数一览表

名称	设备型号	射线发生器型号	最大管电压	最大管电流	平均管电流	活动类型	数量	场所
无人机机载探伤装置	NPR-X200-150 型	XR150	150kV	脉冲式	0.5mA	生产销售	100 台/年	设备区、验证区
无人机机载探伤装置	NPR-X200-270 型	XRS3	270kV	脉冲式	0.25mA	生产销售	100 台/年	设备区、验证区
无人机机载探伤装置	NPR-X200-150 型	XR150	150kV	脉冲式	0.5mA	使用	2 台	无固定地点
无人机机载探伤装置	NPR-X200-270 型	XRS3	270kV	脉冲式	0.25mA	使用	1 台	无固定地点

1.2 项目选址和周边关系

1.2.1 屏蔽铅箱

本项目屏蔽铅箱选址位于广东省深圳市南山区澳特科兴科学园 5 楼。澳特科兴科学园东侧为金科办公楼、南侧为 51 大厦、西侧为科伟路、北侧为北环大道。周边环境主要为办公楼和道路等。本项目拟建的屏蔽铅箱位于 5 楼的验证区。屏蔽铅箱东侧为开放办公区等场所；南侧为内部道路的临空区域；西侧为验证区等场所；北侧为验证区等场所；楼下为待租赁办公区；楼上为人员可达的天台。5 层平面布置图见图 1-2，4 层平面布置图见图 1-3，项目 50m 周边关系图见图 1-4，项目 200m 周边关系图见图 1-5。

本项目屏蔽铅箱选址位于 5 楼的验证区，周围均是人员居留因子较小的场所，验证区与设备区组成一个相对独立的工作场所，进出需要门禁权限，可避免人员混杂，有利于分区管理。屏蔽铅箱四周 50m 范围内主要是道路、办公楼、办公场所等，200m 范围内无未成年人学校，满足《广东省未成年人保护条例》的相关规定。综上所述，本项目的选址合理。

表 1-2 项目选址四周场所分布一览表

方位	场所
东侧	开放办公区、机房、电梯厅、前厅
南侧	内部道路、51 大厦
西侧	验证区、试验室（1）、试验室（2）、培训区、培训室
北侧	验证区、设备区、会议室、1#库房、发货区、生活区、电梯厅、员工餐厅、2#库房、瑜伽室、车间、活动室、内部道路、生产工程办公室、会议室
楼下	待租赁办公区
楼上	天台

1.2.2 移动式探伤

本项目的工作场所主要根据公司承接的业务地点，对全国范围内的不同架空线路开展现场 X 射线探伤，无固定项目地点，典型的作业场所为架空线路上。架空线路一般位于开阔场地，周围一般为原野和空地，无居民楼等敏感场所。

进行移动式探伤前，工作人员应充分评估现场环境，尽量利用现场的实体屏障作为分区边界，采取水平照射的方式，确保探伤装置不会向下方向照射，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。充分考虑水平照射的方位，通过无人机巡视、卫星地图等方式，筛选水平照射的方位，有用线束不得朝有公园、学校、住宅、办公区等有人员居留的方位照射，应尽量往山体、原野等方位进行照射。

探伤装置及配套设施平时存放于广东省深圳市南山区澳特科兴科学园 5 楼设备区的设备存放柜内。设备存放柜设有安全锁，钥匙由专门的管理人员负责管理。设备存放柜只用于存放本项目设备。存放场所位置图见图 1-2。

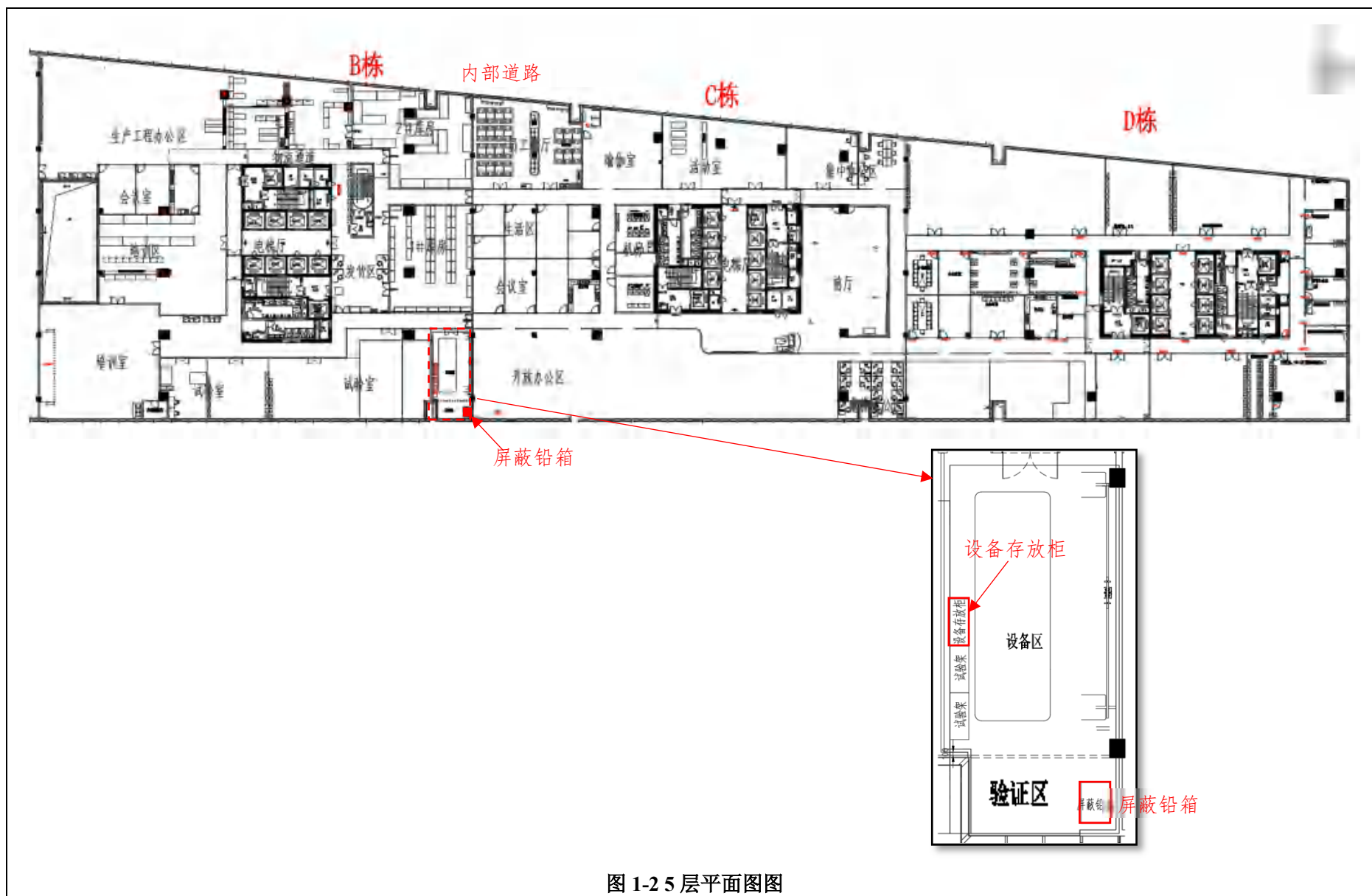


图 1-2 5 层平面图

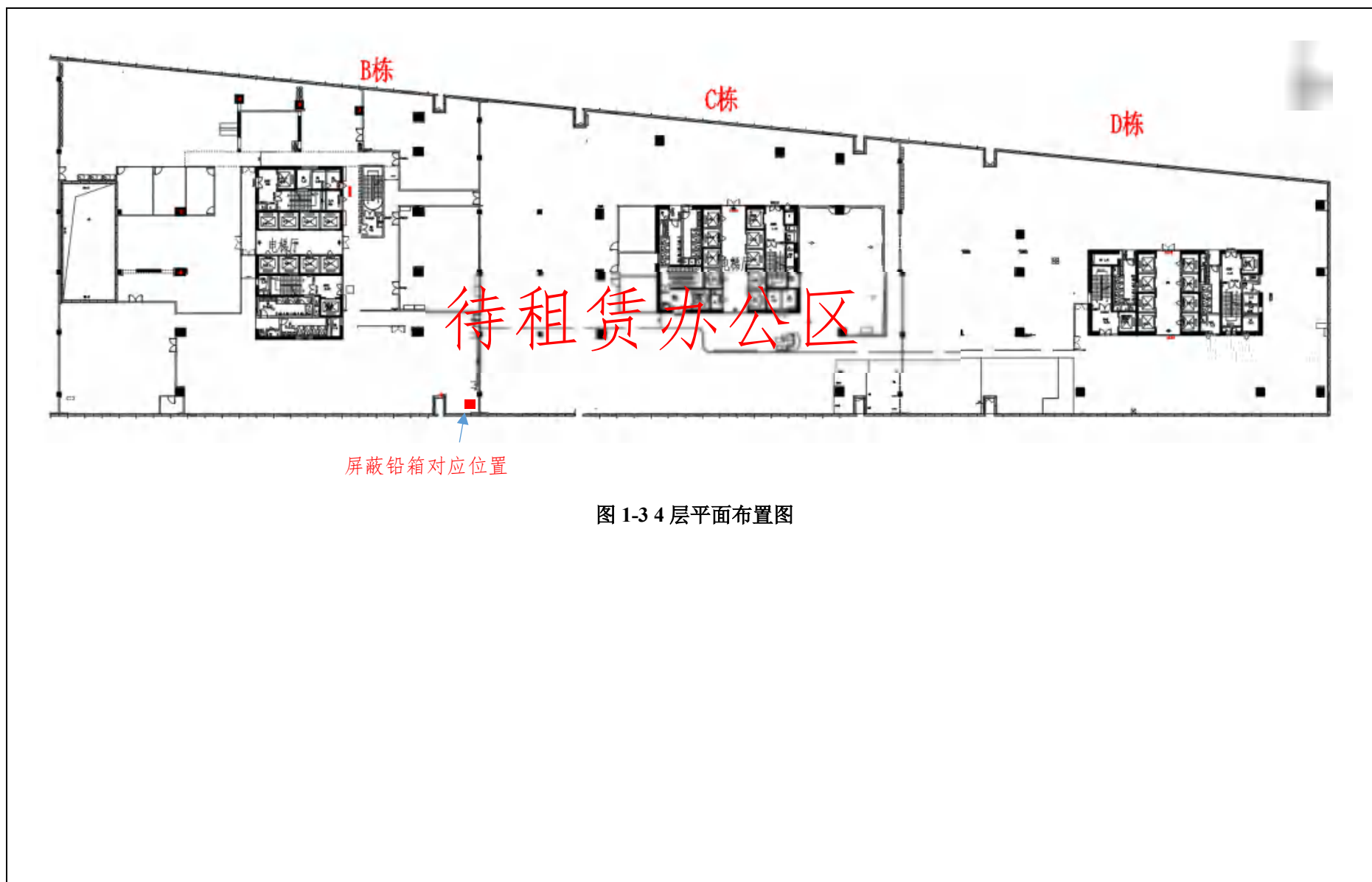


图 1-3 4 层平面布置图

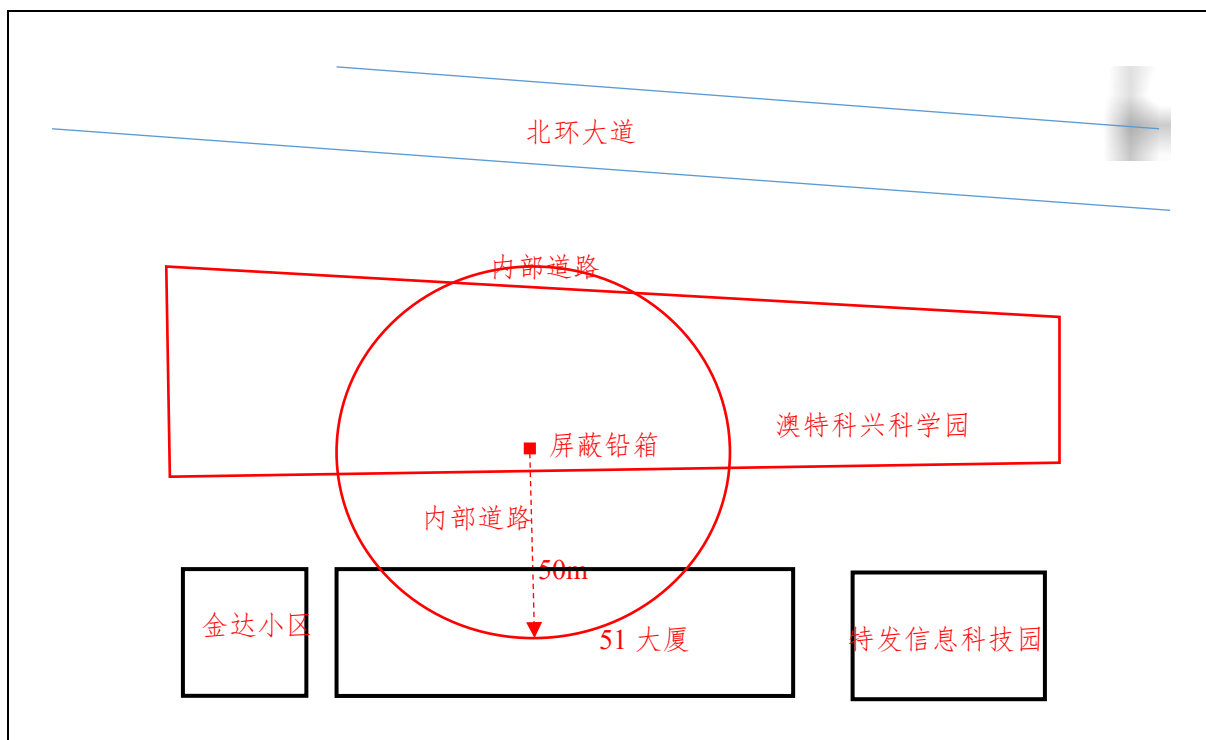


图 1-4 项目 50m 范围周边关系图

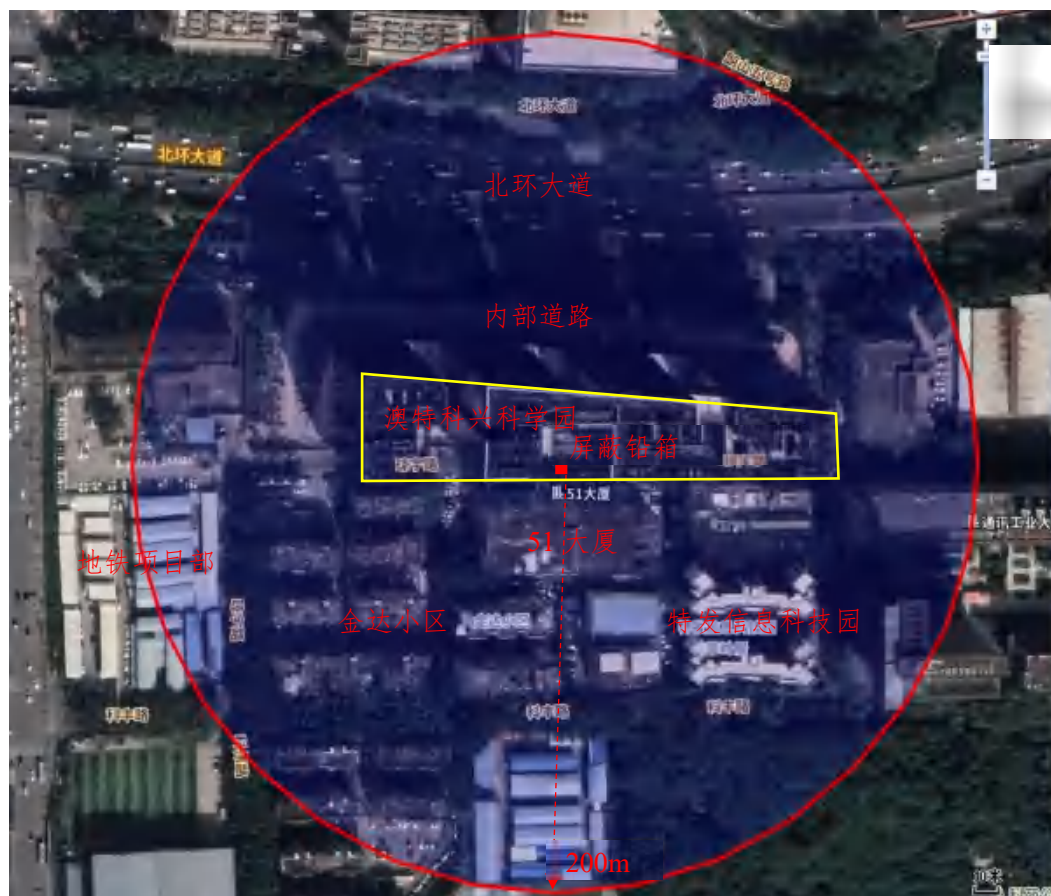


图 1-5 项目 200m 范围周边关系图

1.3 辐射实践的正当性

对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

根据国家原子能机构等十二部门关于印发《核技术应用产业高质量发展三年行动方案（2024—2026 年）》的通知（国原发〔2024〕5 号）：（五）聚焦新质新域，实施新兴应用场景培育行动。14.推进核技术赋能应用。构建核技术应用跨界交流平台，发展“核技术+”生态。本项目是“核技术+无人机”的新兴应用场景，符合《核技术应用产业高质量发展三年行动方案（2024—2026 年）》的发展规划；且本项目的开展，可以利用无人机技术，进一步提高线路运检效率和运检质量，减少人工无损检测的高空作业风险，降低检测成本、提高检测效率，为消除缺陷隐患奠定基础，对保障输变电网安全运行具有重要意义。

本项目经采取合理辐射防护措施后，辐射影响可控制在可合理达到的尽可能低的水平。从而，以较小的环境影响获得较大的社会效益。本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于辐射“实践的正当性”的要求。

表 2 放射源

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

表 3 非密封放射性物质

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	无人机机载探伤装置	Ⅱ类	生产、销售 100 台/年	NPR-X200- 150 型	150kV	脉冲式	用于架空输电线路金具的无损检测	设备区、验证区	/
2	无人机机载探伤装置	Ⅱ类	生产、销售 100 台/年	NPR-X200- 270 型	270kV	脉冲式	用于架空输电线路金具的无损检测	设备区、验证区	/
3	无人机机载探伤装置	Ⅱ类	使用 2 台	NPR-X200- 150 型	150kV	脉冲式	用于架空输电线路金具的无损检测	无固定地点	/
4	无人机机载探伤装置	Ⅱ类	使用 1 台	NPR-X200- 270 型	270kV	脉冲式	用于架空输电线路金具的无损检测	无固定地点	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废物）

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

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（主席令第九号，2015 年 1 月 1 日实施） (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》（主席令第六号，2003 年 10 月 1 日实施） (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号，2005 年 12 月 1 日施行，2019 年 3 月 2 日修订） (5) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日实施） (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日修改） (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 18 号，2011 年 5 月 1 日实施） (8) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告第 66 号，2017 年 12 月 6 日发布） (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令 16 号，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 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行） (11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发） (12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2024 年 2 月 1 日实施）
------	--

	(13) 《广东省未成年人保护条例》（2009 年 1 月 1 日施行） (14) 《深圳市建设项目环境影响评价审批和备案管理名录（2021 年版）》（深环规[2020]3 号，2021 年 1 月 1 日实施） (15) 国家原子能机构等十二部门关于印发《核技术应用产业高质量发展三年行动方案（2024—2026 年）》的通知（国原发〔2024〕5 号）
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016） (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016） (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） (4) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022） (5) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） (6) 《关于发布<工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范>(GBZ/T 250-2014 及其修改单)》（国卫通[2017]23 号） (7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） (8) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021） (9) 《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） (10) 《建设项目竣工环境保护验收报告编制技术指引》（DB4403/T 472—2024） (11) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）
其他	(1) 《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年出版） (2) 《中国生态环境公报》（生态环境部） (3) 《辐射防护手册（第一分册）》（1991 年 1 月出版） (4) 《辐射防护导论》（方杰主编 李士骏主审） (5) 建设单位提供的其他资料

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

7.1.1 屏蔽铅箱

本项目是在固定的有实体边界的屏蔽铅箱内使用Ⅱ类射线装置，参考《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）对核技术利用建设项目环境影响报告书的评价范围和保护目标的相关规定：射线装置应用项目的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围。本报告将屏蔽铅箱边界外 50m 的范围内的区域作为评价范围。

7.1.2 移动式探伤

本项目移动式探伤属于在现场开展 X 射线探伤工作，无固定使用场所，参考《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定：无实体边界的项目评价范围应不低于 100m。本项目以探伤装置为中心的 100m 范围确定为本项目移动式探伤的评价范围。

7.2 保护目标

结合本项目的评价范围，本项目将评价范围内有人员驻留的辐射工作人员和公众列为保护目标，屏蔽铅箱外具体保护目标分布情况见表 7-1；移动式探伤具体保护目标分布情况见表 7-2。

表 7-1 屏蔽铅箱评价范围内保护目标分布情况

方位	区域	距离(m)	保护目标	最大影响人数	剂量约束值(mSv/a)
东侧	开放办公区	1.0	公众	30	0.25
	机房	24	公众	2	0.25
	电梯厅	36	公众	流动人员	0.25
	前厅	47	公众	流动人员	0.25
南侧	内部道路	7.0	公众	流动人员	0.25
	51 大厦	20	公众	50	0.25

西侧	验证区	0.3	辐射工作人员	2	5
	试验室（1）	6.0	公众	10	0.25
	试验室（2）	15	公众	10	0.25
	培训区	35	公众	15	0.25
	培训室	41	公众	10	0.25
北侧	验证区	0.3	辐射工作人员	2	5
	设备区	1.0	公众	2	0.25
	会议室	13	公众	10	0.25
	1#库房	13	公众	2	0.25
	发货区	17	公众	5	0.25
	生活区	20	公众	10	0.25
	电梯厅	28	公众	流动人员	0.25
	员工餐厅	29	公众	流动人员	0.25
	2#库房	31	公众	2	0.25
	瑜伽室	33	公众	流动人员	0.25
	车间	39	公众	20	0.25
	活动室	41	公众	流动人员	0.25
	内部道路	43	公众	流动人员	0.25
	生产工程办公室	47	公众	10	0.25
	会议室	48	公众	15	0.25
楼下	待租赁办公区	0.5	公众	20	0.25
楼上	天台	2.5	公众	流动人员	0.25

注：西侧验证区与北侧验证区为同一个场所，辐射工作人员合计为2人。

表 7-2 移动式探伤评价范围内保护目标分布一览表

分布位置	保护目标	人员类型	人数	剂量约束值 (mSv/a)
监督区	辐射工作人员	现场工作人员	6 人	5
监督区外评价范围内	公众	探伤现场周围生产、生活的人群	人数不定	0.25

7.3 评价标准

7.3.1 职业照射及公众照射剂量限值和约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

（1）工作人员的职业照射水平不应超过下述限值：

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

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

本报告取职业照射年平均有效剂量限值的四分之一作为该项目的职业照射剂量约束值，取公众年平均有效剂量限值的四分之一作为该项目的公众照射剂量约束值，即该项目的辐射工作人员的年有效照射剂量应不超过 5mSv，公众的年有效照射剂量不超过 0.25mSv。

7.3.2 屏蔽铅箱辐射剂量率控制要求

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），探伤室墙体和防护门外周围辐射剂量率应同时满足：

（1）关注点的周剂量参考控制水平，对放射工作场所不大于 100 μ Sv/周,对公众不大于 5 μ 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 μ Sv/h。

（3）探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，调试铅房顶的辐射屏蔽要求同（2）；

（4）对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 μ Sv/h。

综上，本项目屏蔽铅箱屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。

7.3.3 移动式探伤剂量率控制和分区要求

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）的要求：

一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的区域划为控制区。对于 X

射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7 h，控制区边界周围剂量当量率应按以下公式计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{t}$$

式中：

$\dot{H}$ ——控制区边界周围剂量当量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；

T——每周实际开机时间，单位为小时（h）；

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 $100\mu\text{Sv/周}$ 。

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“当心电离辐射，无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

根据辐射防护最优化的原则，本项目将移动式探伤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，将控制区边界外周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于广东省深圳市南山区澳特科兴科学园，项目地理位置见图 8-1，现状照片见图 8-2。



图 8-1 项目地理位置图





图 8-2 环境现状照片

8.2 检测方案

8.2.1 检测方法、检测因子和检测仪器

为调查本项目所在区域及周围环境辐射水平现状，广州星环科技有限公司对项

目场址周围进行现场踏勘，并开展了监测，检测方法和因子见表 8-1，检测仪器信息见表 8-2。

表 8-1 检测方法和因子

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

表 8-2 检测仪器

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

8.2.2 布点原则

本项目的环境辐射现状监测点位主要位于室内和道路，按照《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，开展道路测量时，点位应设置在道路中心线；开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置。参考《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）5.3 核技术利用辐射环境监测的布点要求，以工作场所为中心，半径 50m 内均匀布点，测量点覆盖控制区和监督区，并覆盖 50m 范围内的环境敏感点。结合本项目的保护目标分布及评价范围，检测布点见图 8-3。

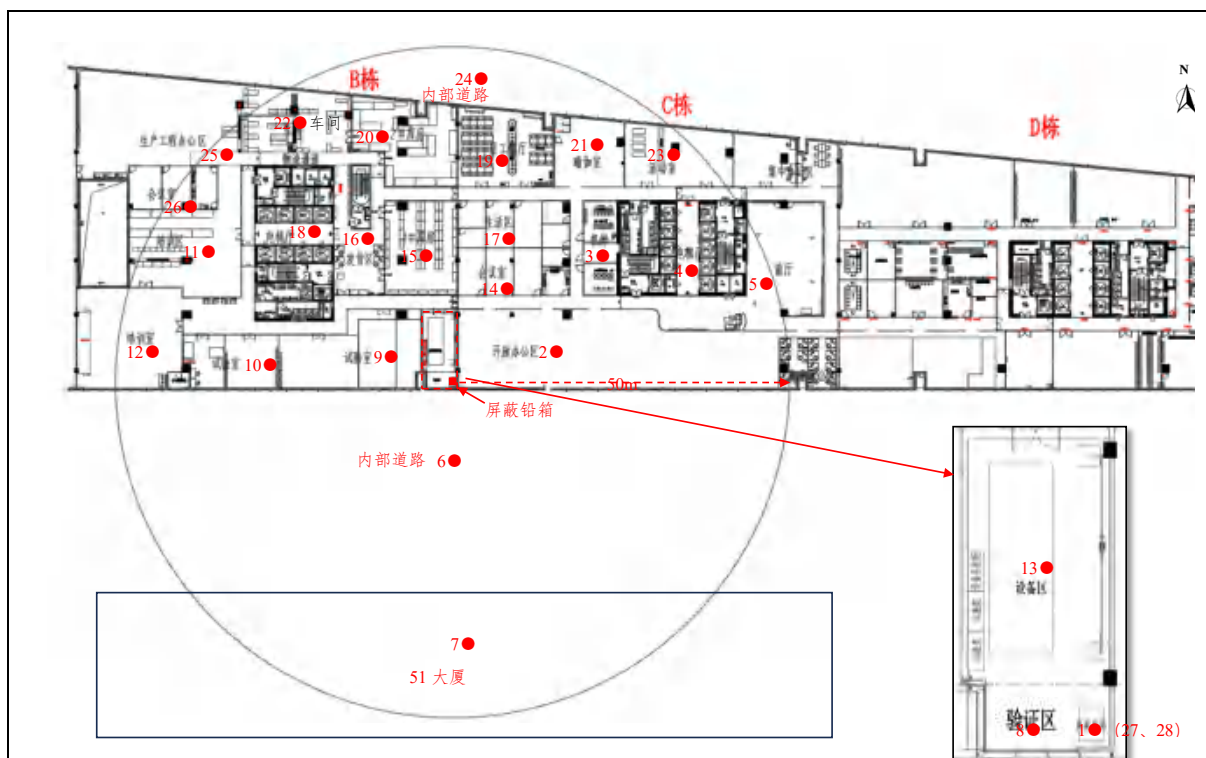


图 8-3 检测布点图

8.3 质量保证措施

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

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

（2）实施检测前，确认使用仪器的检测因子、测量范围和能量相应等参数均满足检测要求，核实检测现场的操作环境均满足所使用仪器的操作环境要求。提前开启检测仪器预热至少 1 分钟，并确认仪器的电量充足后，再进行检测。所有检测点位，读数稳定后，以约 10s 的间隔读取 10 个数据，并经校正后求出测量值和标准偏差。

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

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

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

(6) 合理布设监测点位,保证各监测点位布设的科学性和可比性,同时满足标准要求。

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

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

8.4 检测结果

检测数据见表 8-3,检测报告见附件 2。

表 8-3 建设项目场所环境 γ 辐射剂量率现状检测结果

点位编号	方位	规划场所	距离(m)	表面介质	检测结果(nGy/h)	环境性质
1	/	屏蔽铅箱位置	/	镀锌钢	111 $\pm$ 2	楼房
2	东侧	开放办公区	14	镀锌钢	111 $\pm$ 1	楼房
3		机房	30	镀锌钢	117 $\pm$ 1	楼房
4		电梯厅	40	镀锌钢	119 $\pm$ 1	楼房
5		前厅	49	镀锌钢	120 $\pm$ 1	楼房
6	南侧	内部道路	10	沥青	89 $\pm$ 1	道路
7		51 大厦 1 层	40	瓷砖	101 $\pm$ 1	楼房
8	西侧	验证区	2.0	镀锌钢	112 $\pm$ 1	楼房
9		试验室 (1)	12	镀锌钢	119 $\pm$ 1	楼房
10		试验室 (2)	32	镀锌钢	120 $\pm$ 1	楼房
11		培训区	44	镀锌钢	121 $\pm$ 2	楼房
12		培训室	46	镀锌钢	122 $\pm$ 1	楼房
13	北侧	设备区	6.0	镀锌钢	112 $\pm$ 1	楼房
14		会议室	19	镀锌钢	112 $\pm$ 1	楼房

15		1#库房	22	镀锌钢	120±1	楼房
16		发货区	25	镀锌钢	121±1	楼房
17		生活区	25	镀锌钢	121±1	楼房
18		电梯厅	33	镀锌钢	118±1	楼房
19		员工餐厅	35	镀锌钢	121±1	楼房
20		2#库房	40	镀锌钢	121±1	楼房
21		瑜伽室	41	镀锌钢	121±1	楼房
22		车间	45	镀锌钢	121±1	楼房
23		活动室	46	镀锌钢	122±2	楼房
24		内部道路	47	沥青	90±1	道路
25		生产工程办公室	49	镀锌钢	126±1	楼房
26		会议室	49	镀锌钢	110±2	楼房
27	楼下	待租赁办公区	3.0	镀锌钢	109±1	楼房
28	楼上	天台	3.0	地毯	106±1	平房

注：1、以上数据已校准，校准系数为 1.06；

2、检测时仪器探头垂直地面，距地约 1m，待仪器读数稳定后，每个测量点约间隔 10s 读取 10 个读数；

3、检测结果扣除了仪器对宇宙射线的响应部分（35nGy/h）；建筑物对宇宙射线的屏蔽因子：楼房取值 0.8，平房取值 0.9，原野、道路取值 1。

从表 8-3 中的数据可见，本次测量点覆盖控制区和监督区，并覆盖 50m 范围内的环境敏感点，本项目建设场地及周围区域室内的环境 γ 辐射剂量率为 101~126nGy/h，道路的环境 γ 辐射剂量率为 89~90nGy/h。

根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年出版）报道的深圳市环境 γ 辐射空气吸收剂量率的调查结果：深圳市的室内 γ 辐射剂量率调查水平在 127.4~153.1nGy/h 之间，室外道路环境 γ 辐射剂量率调查水平在 101.5~127.8nGy/h 之间。对比表明，建设项目场所及周围环境 γ 辐射现状未见异常。

本项目开展移动式探伤的场所一般为原野或空地，根据生态环境部发布的中国生态环境公报（网址：<https://www.mee.gov.cn/hjzl/hjzlqt/hyfshj/>）：2016~2023 年，全国环境电离辐射水平处于本底涨落范围内，环境 γ 辐射剂量率自动监测结果保持稳定，年均值范围在 85.5~88.5nGy/h。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 设备组成

9.1.1 生产设备组成

本项目生产无人机机载探伤装置的设备组成包括屏蔽铅箱、操作台、无人机及遥控器、X 射线发生器、成像板及笔记本电脑等，信号传输方式为有线传输，其传输特点是需要采用通信电缆进行信号的传输，不受发射点与接收点之间的屏蔽物影响。其组成如图 9-1 所示。



图 9-1 生产设备组成图

9.1.2 移动式探伤设备组成

本项目在开展移动式探伤时使用的无人机机载探伤装置由载重无人机、X 射线发生器、成像板及遥控器（操作平台）组成，信号传输方式为无线传输，其特点是传输距离较长，应用场景较广，但是传输信号的强度会受到发射点与接收点之间的屏蔽物（如墙体、山体等）影响。其组成图如图 9-2 所示。

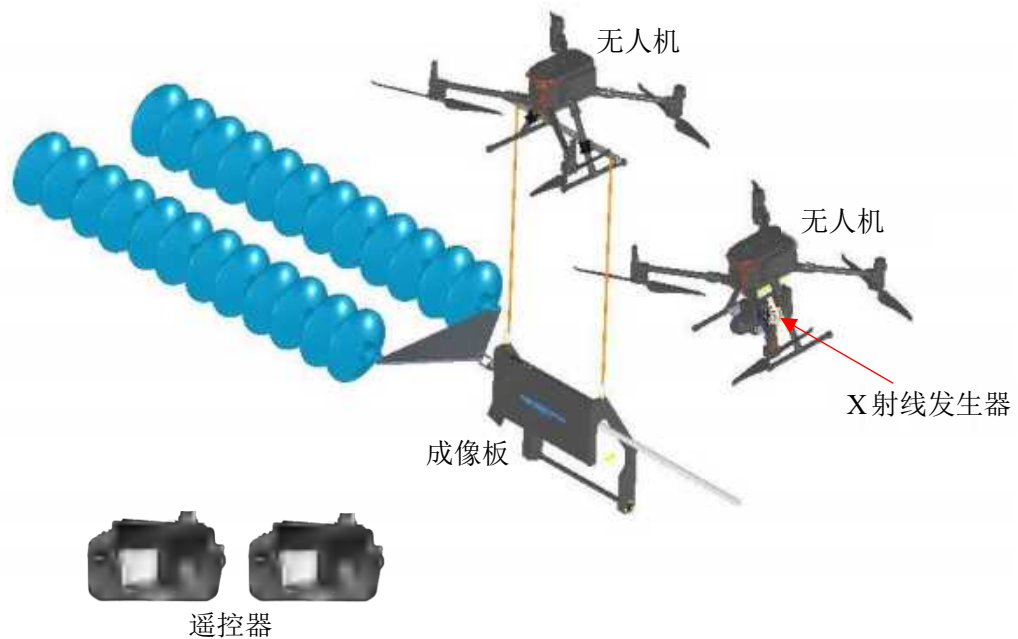
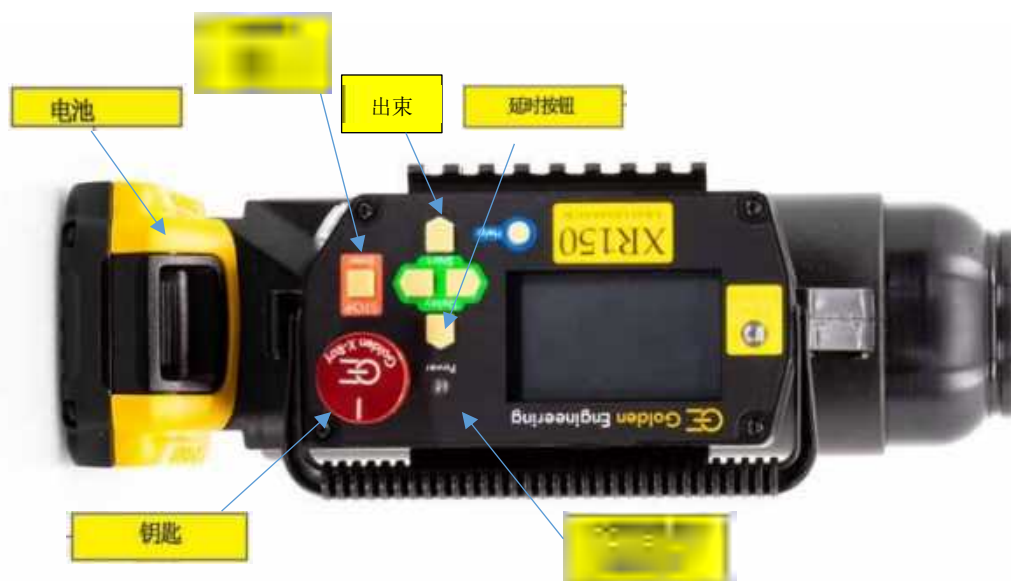


图 9-2 移动式探伤设备组成图

9.1.3 X 射线发生器组成

本项目拟使用的 X 射线发生器是美国高登公司研发的常用于输变电行业的探伤装置：XR150 型 X 射线发生器设备自带有紧急停止按钮（按下立即停止出束）、电源指示灯（指示供电正常）、延时按钮（可设置延时 5s~240s）、远程电缆连接器（可以连接控制线缆进行有线控制，也可以连接无线发射器进行无线控制）等辐射安全设施；XRS3 型 X 射线发生器自带有电源开关（打开才能工作）、急停按钮（按下立即停止出束）、警示灯（出束时进行声光警示）、电源指示灯（指示供电正常）、延迟发射按钮（可设置延时 5s~100s）等辐射安全设施。XR150 型 X 射线发生器辐射安全设施分布图见图 9-3，XRS3 型 X 射线发生器辐射安全设施分布图见图 9-4。



电缆连接器：位于电池下方控制模块背面的 Lemo “K” 系列五针连接器接收远程电缆或成像系统电缆。

序号	功能
1	+5伏特1安
2	遥控开关（5s延迟）
3	遥控开关（无延迟）
4	X射线开/反馈信号
5	RS232接收器
6	RS232发送
7	地线



远程电缆连接器

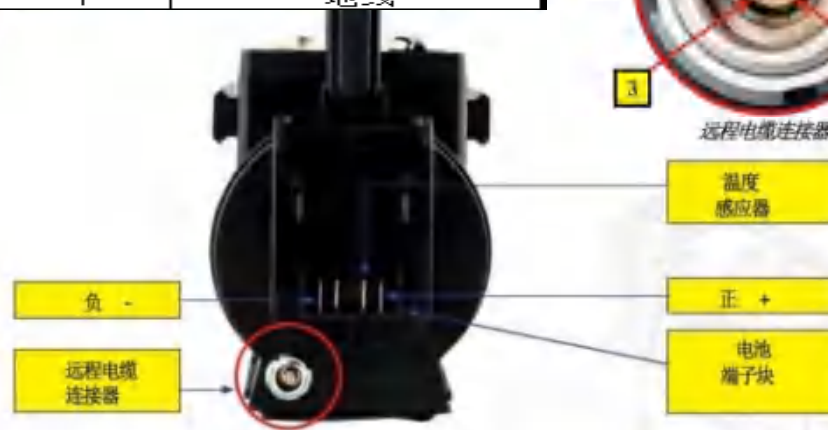


图 9-3 XR150 型 X 射线发生器辐射安全设施分布图



图 9-4 XRS3 型 X 射线发生器辐射安全设施分布图

9.2 工作方式

9.2.1 生产方式

建设单位的生产活动包括了软件研发、成像质量验证以及设备的组装。

(1) 软件研发主要是将 X 光射线发生器和成像板的通信控制整合成一个软件，集成在无人机的遥控器上。研发过程需要在屏蔽铅箱进行出束测试，主要测试遥控器能否控制射线发生器正常出束、成像板接收的图像信号能否正常传送到遥控器并显示图像等；

(2) 成像质量验证是在屏蔽铅箱中进行出束，验证 X 射线发生器、成像板的工

作情况及成像质量，此过程需要进行出束；

(3) 设备的组装是将已经通过成像质量验证的 X 射线发生器、成像板，与其他组件进行组装，得到一套完整的无人机机载探伤装置，此过程不需要进行出束。

9.2.2 成像质量验证方式

建设单位在验证区设置屏蔽铅箱对拟出售的探伤装置进行成像质量验证，其工作方式如下：

(1) 成像质量验证在屏蔽铅箱内进行，探伤装置、工件、成像板固定在屏蔽铅箱内，探伤装置与成像板固定距离为 0.5m，有用线束固定朝屏蔽铅箱南侧照射，有用线束角度为 40°，工件为架空输电线路的金具，主要为 20mm 以下的钢件或 60mm 以下的铝件。

(2) 屏蔽铅箱设计了平开防护门，进行成像质量测试时，辐射工作人员手动打开防护门，将探伤装置、工件、成像板按要求安装在屏蔽铅箱内。关闭防护门后，辐射工作人员通过控制线缆连接在验证区的笔记本电脑进行操控出束，出束期间人员无须干预。

(3) 每次验证出束剂量为 30 脉冲，得到数字图像后，与标准图像进行对比，判断设备的成像质量。如果成像图像质量差，则将成像板或探伤装置逐一更换再进行出束验证，以排查具体是探伤装置还是成像板的问题。对有问题的探伤装置或成像板采用返厂维修或返厂更换的方式处理。

(4) 将通过成像质量验证的探伤装置和成像板与其他构件组装成无人机机载探伤装置，进行销售。发货前，审核客户单位辐射安全相关的环保手续，确认无误后进行发货。

(5) 设备成像方式为 DR 数字成像，无须使用胶片。

9.2.3 移动式探伤方式

本项目移动式探伤工作方式如下：

(1) 探伤对象为架空输电线路的耐张线夹等金具，主要为 20mm 以下的钢件或 60mm 以下的铝件，探伤类型为移动式探伤，无固定地点，作业地点为高空，距离地

面 7.0m 以上；进行探伤时固定水平方向出束，有用线束角度为 40°。

(2) 每次移动式探伤需要两名辐射工作人员进行操作设备，辐射工作人员佩戴个人剂量报警仪、个人剂量计、安全帽、反光衣等安全防护用具，一号工作人员在监督区手持无人机遥控器控制挂载成像板的无人机飞至金具需要检测的位置，二号工作人员在监督区手持无人机遥控器控制挂载 X 射线发生器的无人机在水平距离成像板 1.5-2m 的位置悬停，用探伤装置旁安装的辅助摄像头确认探伤装置已对准成像板；二号工作人员通过遥控器上的界面确认按钮控制 X 射线发生器进行出束，成像板接收到数字信号后传回该遥控器。辐射工作人员通过无人机遥控器上的面板可以实时查看图像，判断无损检测的情况，并将图像存储在存储卡中。

(3) 本项目使用的 X 射线发生器属于充电式探伤装置，无须采用电缆连接，辐射工作人员通过无线方式操控 X 射线发生器进行出束；探伤装置的成像方式为 DR 数字成像，无须使用胶片。

9.3 工作原理

9.3.1 X 射线产生原理

工业 X 射线发生器的核心是产生 X 射线的 X 射线管，X 射线管由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，X 射线产生示意图如图 9-5 所示。X 射线机阴极是钨制灯丝，它装在聚集杯中，当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束，向嵌在阳极中的金属靶体射击，灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称之为轭致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。

从 X 射线管阴极上产生射向金属靶上的电子形成的电流叫做管电流，加在 X 射线管两极上的高压即为管电压。X 射线管产生的 X 射线强度正比于靶物质的原子序数、电子流强度和管电压的平方。所以 X 射线管的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线管保护罩上的薄窗口引出来，其他方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏

蔽掉。

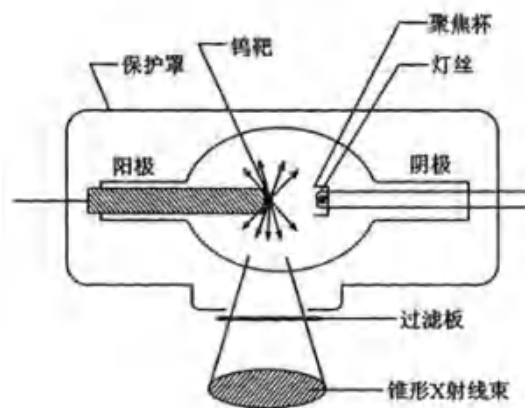


图 9-5 X 射线产生的示意图

9.3.2 X 射线探伤原理

X 射线探伤的工作原理是根据被检工件与其内部缺陷介质对射线能量衰减程度的不同，使得射线透过工件后的强度不同，经闪烁体探测器转换成电信号，得到能够反映工件内部缺陷的数字图像。

从 X 射线机发射出来的 X 射线透过工件时，由于缺陷内部介质对射线的吸收能力和周围完好部位不一样，因而透过缺陷部位的射线强度不同于周围完好部位。把闪烁体成像板放置在工件另一侧合适位置，入射射线在闪烁体内损耗并沉积能量，引起闪烁体中粒子的电离激发，之后受激粒子退激发出波长接近于可见光的闪烁光子。闪烁光子通过光导射入光电倍增管的光阴极并打出光电子，光电子受打拿级之间强电场的作用加速运动并轰击下一打拿级，打出更多光电子，由此实现光电子的倍增，直到最终到达阳极并在输出回路中产生电信号。电信号经图像软件的处理，形成能够反映工件内部缺陷的数字图像，评片人员据此可以判断工件内部缺陷情况。

9.3.3 脉冲式 X 射线发生器原理

脉冲式 X 射线发生器的工作原理为：脉冲高压发生器产生脉冲高压，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阴极和阳极之间，引起阴极等离子体场发射，产生大量电子，在电场作用下打到阳极产生脉冲 X 射线。脉冲频率通常在几十至几百赫兹

之间。本项目 X 射线探伤原理见图 9-6。

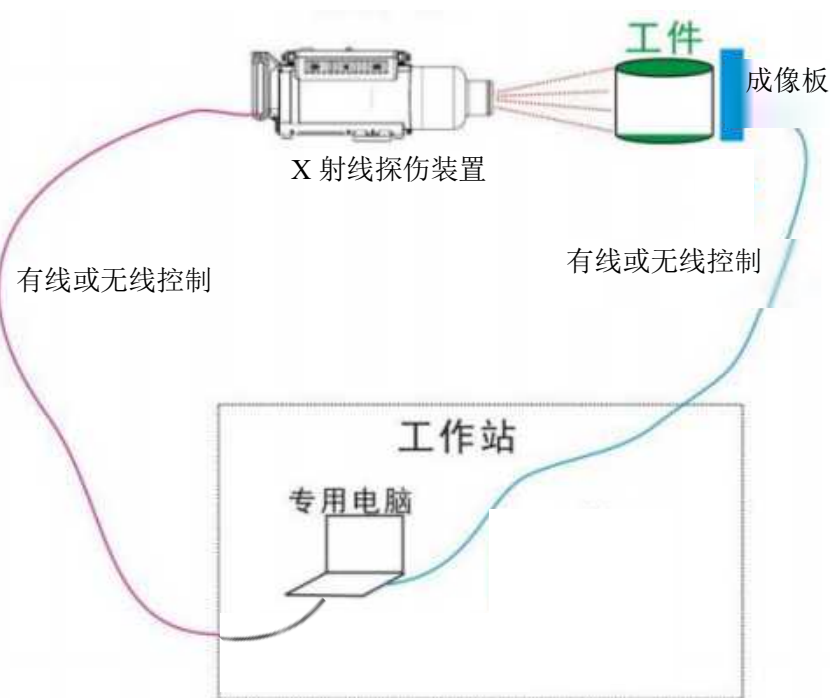


图 9-6 X 射线探伤原理示意图

9.4 工艺流程和产污环节

9.4.1 通讯控制软件开发

本项目研发过程主要为通讯控制软件的研发，不涉及 X 射线发生器的硬件研发，研发过程需要在屏蔽铅箱进行出束测试。

（1）软件的开发：根据无人机机载 X 射线探伤装置需要的功能进行软件的开发，包括架构设计、模块设计、端口设计等。

（2）软件的模拟测试：将初步设计好的软件在操作台的电脑上进行模拟测试，主要测试软件的各项功能是否可以正常运行。

（3）软件的实机测试：当软件模拟测试无误后，将软件集成在无人机的遥控器上，测试遥控器与 X 射线发生器、成像板之间的通讯情况，如软件是否能够操控 X 射线发生器进行出束、测试图像能否正常从成像板传输到软件等。出束测试期间，X 射线发生器、成像板均安装在屏蔽铅箱中进行测试；测试出束次数约为 40 次。

(4) 软件的更新：软件需要定期更新维护，当涉及 X 射线发生器控制功能的测试时，需要重新在屏蔽铅箱内测试软件能否操控射线发生器进行出束。涉及射线发生器控制功能的更新频次约为每年 1 次，每次更新出束测试次数约为 10 次。

研发的目的是得到一款将无人机操控、X 射线发生器操控、图像接收等功能集合在一体的专属软件。

9.4.2 成像质量验证

(1) 辐射工作人员佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪等防护仪器。

(2) 将需要进行成像质量验证的探伤装置、成像板以及工件等安装固定在屏蔽铅箱内，关闭防护门。

(3) 通过控制台的笔记本电脑调整出束参数，如脉冲数等，并确认出束；出束期间人员无须进行干预。

(4) 按设定的参数出束完毕后，会自动停止出束。辐射工作人员将得到的图像与标准图像进行对比，如果成像质量较差，则依次更换成像板、探伤装置进行重新验证。

9.4.3 生产与销售流程

本项目生产与销售的工作流程如下：

(1) 接受订单后，建设单位开始采购 X 射线发生器、成像板、遥控器及无人机等构件。并将 X 射线发生器、成像板放入屏蔽铅箱内进行成像质量验证。

(2) 将通过成像质量测试的 X 射线发生器、成像板及其他构件进行组装，得到 1 台性能合格的无人机机载 X 射线发生器。

(3) 销售人员与客户单位确认交货日期，并审核客户单位辐射安全相关的环保手续，确认无误后进行发货。

(4) 客户培训采用电子化演示视频向客户演示射线装置功能，不涉及实机出束演示。

(5) 本项目售后维护仅对 X 射线发生器外的构件进行维修维护，期间不进行出

束。如 X 射线发生器需要进行维修维护，则返回原厂进行维修维护。

9.4.4 移动式探伤

本项目移动式探伤的操作流程和产污环节如下：

(1) 接受委托

根据委托方递交的探伤委托单和相关要求，公司下派现场探伤任务单。

(2) 现场评估

结合现场特点和周围环境，研判是否满足开展 X 射线移动式探伤的条件，如：是否满足“两区”的设置、周围是否有不可规避的敏感点。不适合 X 射线探伤则采取其他探伤方式。

适合 X 射线探伤的，还需对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作，评估内容包括现场环境特点、附近人群、探伤时间、作业空间、操作方式和安全措施等。

(3) 现场准备

与委托单位做好协商工作，协商内容包括适当的探伤地点和探伤时间、现场通告、警告标识和报警信号等。辐射工作人员根据探伤计划办理探伤装置的出库手续填写使用登记表，并领取足够的现场探伤所需的防护用品，包括个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式剂量率仪、对讲机、测距仪、警戒线、电离辐射警告标志、“禁止进入 X 射线区”警告牌、“当心电离辐射，无关人员禁止入内”警告牌等。

到达现场后，将由现场管理员负责组织无关人员撤离现场。工作人员进入现场前需检查防护用品是否准备齐全，佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪。

(4) 现场分区

参考本报告表给出的理论分区方式，初步设定工作场所监督区和控制区，拉好安全围栏、警绳，由现场管理员负责警戒，防止人员误闯被误照射。在控制区边界上悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，在监督区边界上和建筑物出入口的醒目位置悬挂清晰可见的“当心电离辐射，无关人员禁止入内”警告牌和电离辐射警告标志。

(5) 初次曝光（涉源环节，产生 X 射线）

开始现场曝光前，对控制区和监督区进行巡查，确保在控制区内无任何人员、监督区内无公众人员。确认后，才向操作人员发出曝光指令进行初次曝光。初次曝光时，先使用便携式剂量率仪确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。

(6) 正式探伤（涉源环节，产生 X 射线）

开始现场曝光前，对控制区和监督区进行巡查，确保在控制区内无任何人员、监督区内无公众人员。确认后，才向操作人员发出曝光指令，进行正式探伤。操作人员做好隐蔽，设置好曝光参数，进行曝光前的警示，通过遥控器控制射线出束。

(7) 现场监测

探伤前，应监测监督区和控制区边界距地 1m 高处的环境 γ 辐射剂量率；

初次曝光时，先使用便携式剂量率仪确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。

正式探伤时，应使用便携式剂量率仪对两区边界进行巡检。

(8) 探伤结束

探伤结束后，使用便携式剂量率仪确认 X 射线发生器已关闭，工作人员收起设备、撤除警戒。

训机说明：本项目使用的脉冲式 X 射线发生器使用前无需提前预热，无需训机。

9.5 人员配置和工作负荷

本项目总共配备 6 名辐射工作人员，共同负责研发、成像质量验证、销售和移动式探伤工作。在进行移动式探伤时，该 6 名辐射工作人员分为两个移动式探伤项目组，每个探伤项目组 3 名辐射工作人员，其中 2 名辐射工作人员负责操作设备，1 名辐射工作人员负责现场管理。

根据建设单位提供资料，研发期间设备出束次数约 40 次，每次出束时间 6s，则研发期间的出束时间为 4min；软件约每年进行一次更新，更新后需要在屏蔽铅箱进行出束测试，每次更新后测试出束次数约为 10 次，每次出束剂量与研发期相同，则更新后出束时间为 1min/年。

根据销售情况及成像质量验证流程，每套无人机机载探伤装置的成像质量验证保守按出束 12 次计算，每次出束时间为 3s。每年计划销售 200 套无人机机载探伤装置，则全年出束时长为 2h，平均到 50 个工作周，每周出束时长约为 0.04h。

本项目现场探伤预计每年工作约 50 周，每周工作 5 天，每个工作组每天约进行 36 个架空线路金具的探伤工作，每个金具拍摄 1 张，每个金具的射线出束时间不超过 9s，每个工作组每周出束时间为 0.45h，全年出束时间为 22.5h。

因本项目的移动式探伤成像质量验证均由同一批辐射工作人员完成。为保守估

算，辐射工作人员单人的工作负荷保守取移动式探伤与成像质量验证总的出束时间。人员配置和工作负荷见表 9-1。

表 9-1 人员配置和工作负荷一览表

工作内容	人员配置	周出束时间/h	年出束时间/h
研发	6	4min/研发期	
软件更新		1min/年	
成像质量验证		0.04	2
销售		/	/
合计		0.04	2.017
移动式探伤	6	0.45	22.5
合计		0.49	24.517

9.6 污染源项描述

9.6.1 辐射源

(1) 正常工况

本项目的主要污染因子是 X 射线，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（i）从 X 射线出束口发射出的有用射线；（ii）从 X 射线管防护套发射的漏射线；（iii）以上这些射线经过散射体（受检工件等）后产生的散射线。有用线束是产生辐射剂量的主要部分，泄漏辐射和散射线的占比相对很小。

研发与成像质量测试：在正常工况下，出束过程中产生的射线可以得到屏蔽铅箱的有效屏蔽，但由于 X 射线的直射、漏射及散射，可能有衰减后的射线对屏蔽铅箱外的辐射工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

移动式探伤：在正常工况下，距离、受检物体或探伤现场的其他物体会减弱 X 射线强度，但由于 X 射线的直射、反射及散射，可能有衰减后的射线对现场的辐射工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

(2) 事故工况

本项目在研发与成像质量验证时，事故工况下可能造成的辐射影响如下：

a) 门机联锁装置发生故障，防护门没有关到位的情况开启探伤装置，导致铅箱外的人员受到误照射；

b) 维修过程中，未取出探伤装置上的电源，导致维修人员误触出束，受到意外照射；

本项目在移动式探伤时，事故工况下可能造成的辐射影响如下：

a) 探伤现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界辐射水平进行监测，导致工作人员和周围公众受到不必要的照射；

b) 对现场管理不到位，射线出束时有工作人员滞留控制区，导致工作人员受到不必要的照射；

c) 进行移动式探伤时，无人机未上升至既定位置，设备已开机出束，使人员受到不必要的照射；进行移动式探伤时，无人机平衡装置失效，有用线束向下照射，导致地面操作人员受到意外照射。

9.6.2 其他污染源

①本项目射线 X 探伤装置采用数码成像，不洗片，无废显影液、定影液等固体废物产生。

②X 射线照射会使空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物，如果不做处理会有限空间内空气中的有害气体含量增加，吸入过量的有害气体会对人体健康产生一定危害。

9.7 源强分析和参数

本项目的射线装置最大管电压、脉冲率、最大脉冲剂量、单次最大发射脉冲数、有用线束角度、滤过条件等由设备厂家提供，设备技术参数见附件 3。距辐射源 1m 处输出剂量率根据厂家提供的参数进行折算，距离辐射源 1m 处的泄漏剂量率根据厂家的实测数据折算。本项目射线装置源强参数见表 9-2，厂家实测数据见附件 4。

表 9-2 源强参数		
项目	技术参数	
无人机机载探伤装置型号	NPR-X200-150 型	NPR-X200-270 型
搭载 X 射线发生器型号	XR150 型	XRS3
最大管电压	150kV	270kV
最大管电流	脉冲式	脉冲式
平均管电流	0.5mA	0.25mA
最大脉冲率	3000 脉冲/h	3000 脉冲/h
距辐射源 0.305m 处的输出剂量	1.8~3.0mR/脉冲	2.0~4.0mR/脉冲
单次最大发射脉冲数	200 个	200 个
有用线束角	40°	40°
滤过条件	2mmAl	3mmAl
距辐射源 1m 处的最大输出剂量率	7.34mGy/h	9.78mGy/h
距离辐射源 1m 处的泄漏剂量率	40.21μGy/h	331.13μGy/h
注：1.“单次最大发射脉冲数”是指射线发生器连续最大出束的脉冲数，当出束脉冲数量到达该限值时，将触发射线发生器的保护机制，短期内无法再次出束； 2.换算参数 1R=8.76mGy；以 XR150 型 X 射线发生器为例，最大脉冲率为 3000 脉冲/h，0.30m 处的输出剂量最大为 3.0mR/脉冲，则可以算得 0.305m 处的剂量率为 3000 脉冲/h×3.0mR/脉冲×8.76mGy/R/1000=78.84mGy/h，根据“剂量率与距离的平方成反比”反推 1m 处的剂量率=78.84×0.305²=7.34mGy/h；同理 XRS3 型 X 射线发生器的剂量率可以算得为 9.78mGy/h； 3.漏射剂量率的计算，根据设备厂家提供的实测数据，XR150 型射线发生器在非有用线束方向在距离源点 30cm 处允许最大剂量率为 0.85mR/50 脉冲；XRS3 型射线发生器在非有用线束方向距离源点 30cm 处允许最大剂量率为 7.0mR/50 脉冲，可以分别计算出 XR150 型射线发生器的 1m 处的泄漏剂量率为 40.21μGy/h、XRS3 型射线发生器的 1m 处的泄漏剂量率为 331.13μGy/h。		

表 10 辐射安全与防护

10.1 屏蔽铅箱

10.1.1 主体屏蔽设计

该项目拟建设的屏蔽铅箱设计参数见表 10-1，屏蔽铅箱设计图见图 10-1 至图 10-3。

表 10-1 屏蔽铅箱设计参数一览表

项目	设计情况	等效铅当量
屏蔽铅箱外尺寸	长×宽×高=1312mm×912mm×912mm	
屏蔽铅箱内尺寸	长×宽×高=1200mm×800mm×800mm	
防护门	3mm 钢板+14mm 铅板+3mm 钢板	14mmPb
主射屏蔽体	3mm 钢板+17mm 铅板+3mm 钢板	17mmPb
其他屏蔽体	3mm 钢板+13mm 铅板+3mm 钢板	13mmPb
顶部屏蔽体	3mm 钢板+13mm 铅板+3mm 钢板	13mmPb
底部屏蔽体	3mm 钢板+13mm 铅板+3mm 钢板	13mmPb

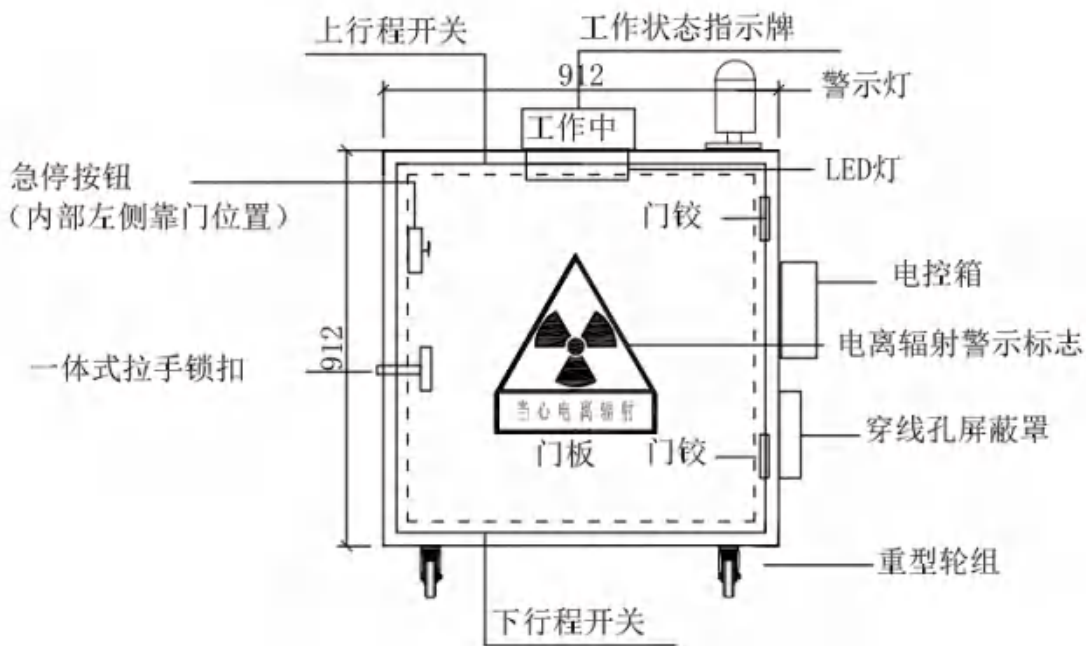
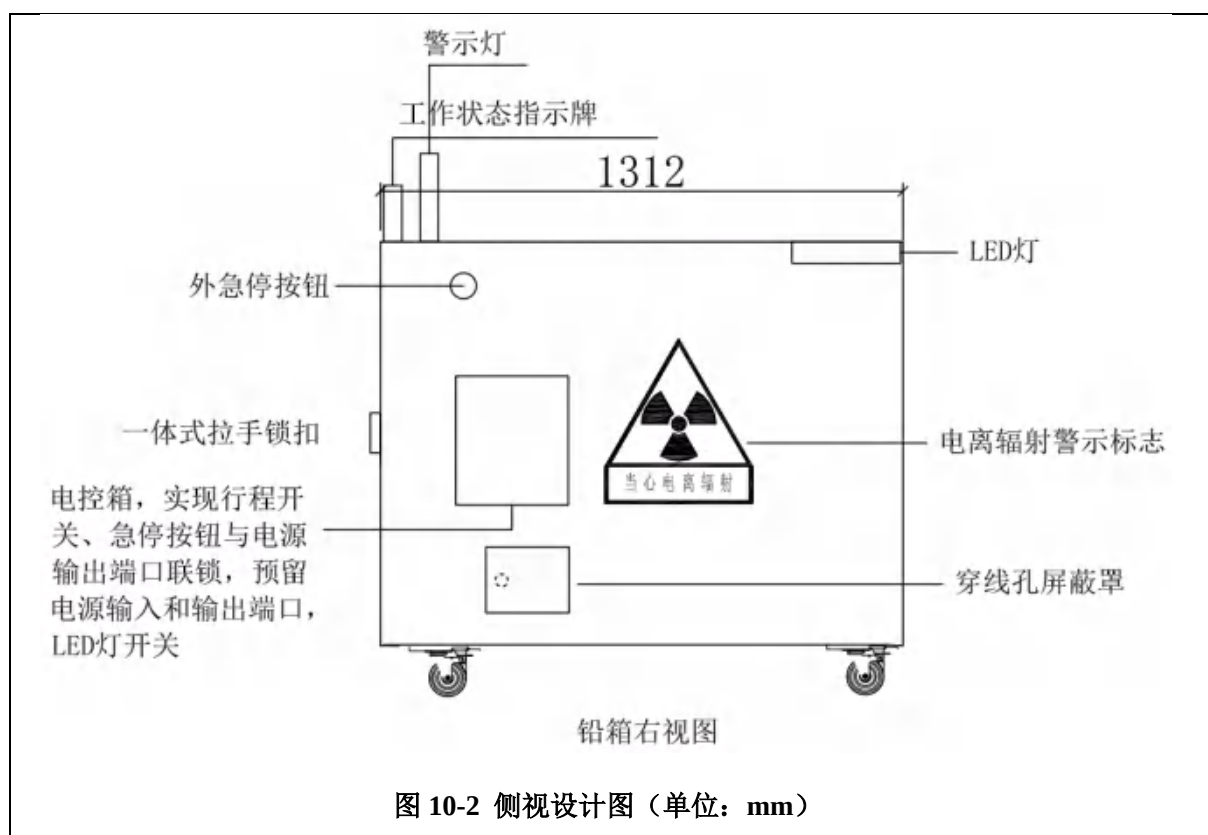


图 10-1 主视设计图（单位：mm）



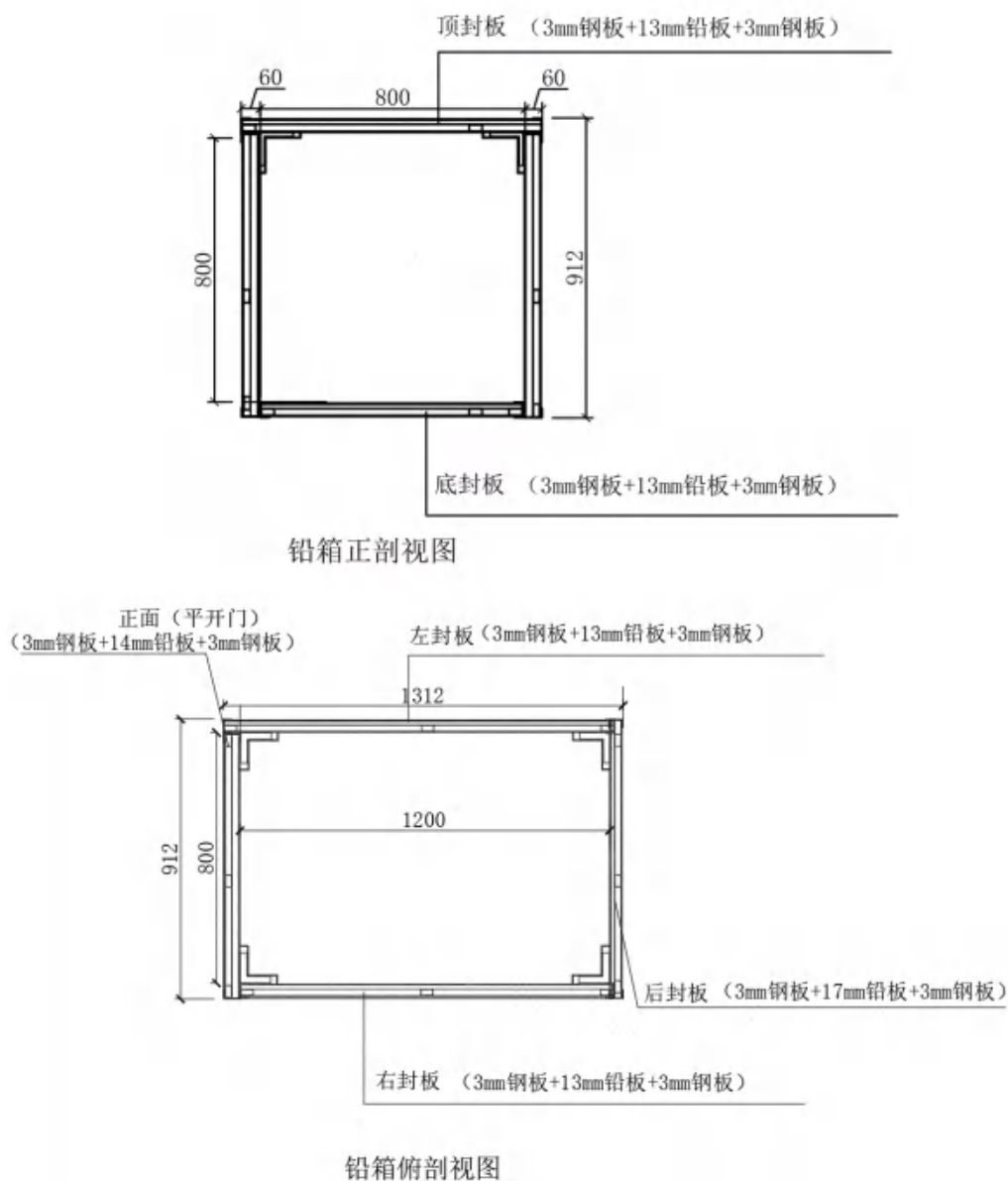


图 10-3 剖视设计图 (单位: mm)

10.1.2 防护门的设计

本项目屏蔽铅箱防护门为手拉平开门, 采用两侧钢结构内衬铅板, 防护门屏蔽厚度为 14mmPb 当量。防护门宽 850mm, 高 850mm, 门洞尺寸设计为宽 800mm, 高 800mm。关闭到位后, 防护门各边搭接 25mm 作为防射线泄漏措施, 防护门的尺寸充分考虑了建设单位需要放入屏蔽铅箱的构件最大单边尺寸。防护门门缝应尽可能小, 不超过搭接宽度的 1/10。

10.1.3 管线穿屏蔽体屏蔽补偿

本项目拟在屏蔽铅箱设置直径为 30mm 的穿线孔, 在外管线口处加装

本项目穿线孔屏蔽罩采用与对应侧屏蔽体屏蔽厚度相同的防护补偿，射线经多次散射及屏蔽罩衰减后在管线口处的剂量率可满足控制要求，综上所述本项目的管线穿墙设计合理。

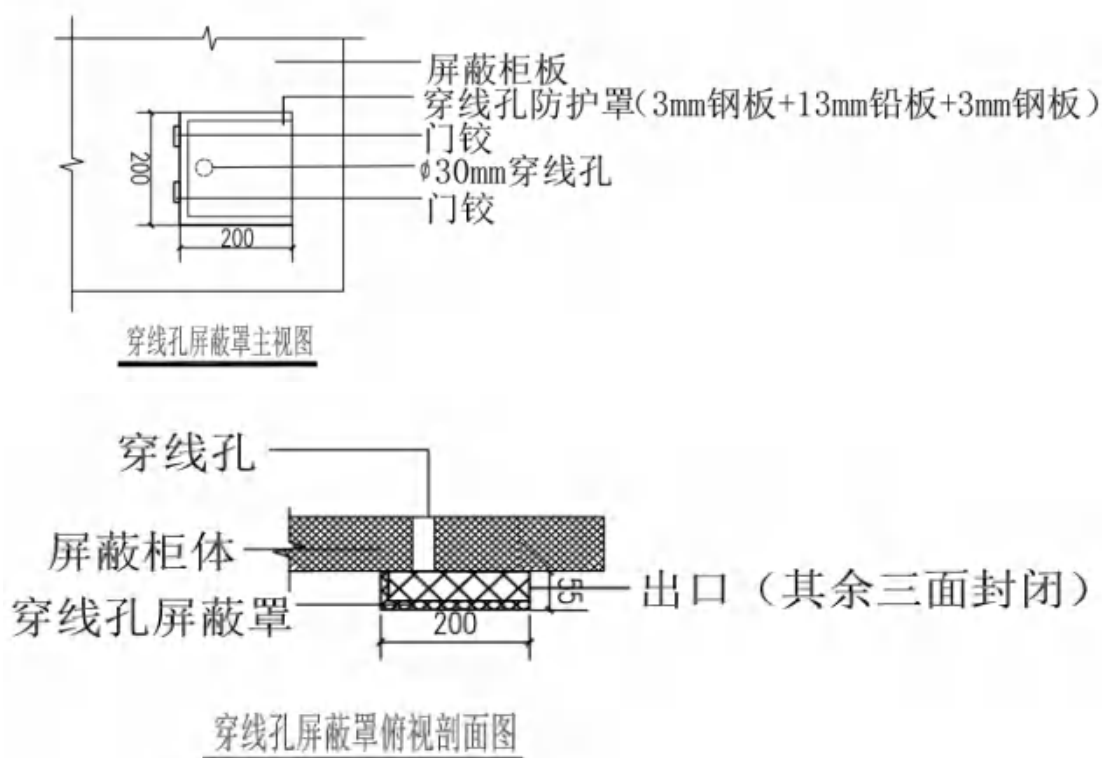


图 10-4 管线穿墙屏蔽补偿设计示意图

10.2 屏蔽铅箱辐射安全与防护措施

10.2.1 警告标识、设施

建设单位拟在防护门及屏蔽铅箱西侧上张贴 1 张电离辐射警告标识，电离辐射警告标识上附有中文警示说明，按照 GB18871-2002 的规范制作。监督区边界将竖立“辐射工作场所，非辐射工作人员禁止长时间停留”的工作指示牌。

建设单位拟在屏蔽铅箱顶部设置 1 个警示灯，警示灯与防护门联锁，当防护门关闭到位时，警示灯持续亮红灯，并发出警报声。警示灯位置见图 10-1。

10.2.2 门机联锁装置

屏蔽铅箱的防护门安全联锁功能采用限位装置，在上门框安装 2 个限位装置，限位装置安装在防护门的极限位置，只有当防护门关闭到位后，触发限位装置，电源才能接通，射线装置才能开启。防护门与限位装置分离时，射线装置电源将被切断，重新关上防护门后射线装置不会自动开启。屏蔽铅箱内部空间狭小，在安装探伤装置、成像板后，人员无法进入，故未安装开门装置。门机联锁逻辑图见 10-5。

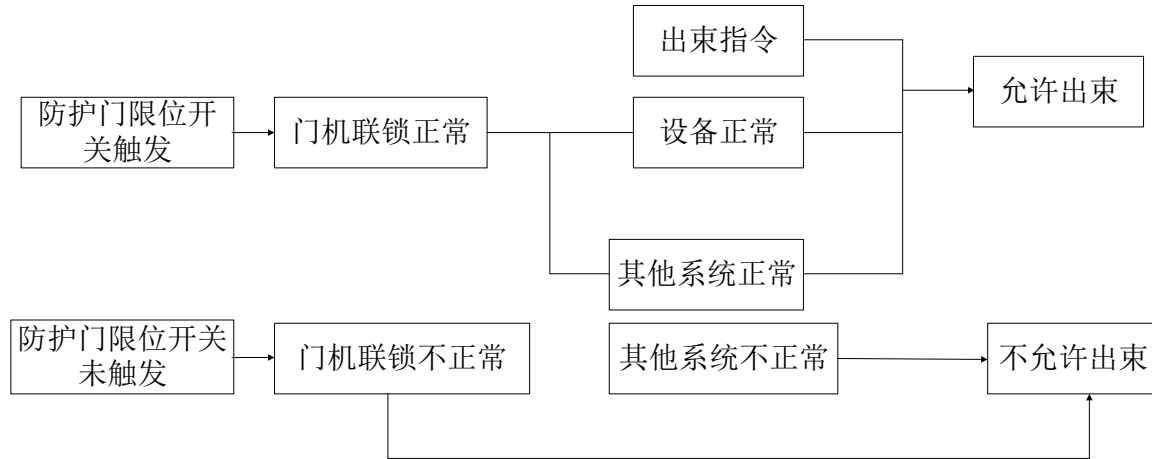


图 10-5 门机联锁逻辑图

10.2.3 紧急停机按钮

本项目的射线发生器自带紧急停机按钮，拟在屏蔽铅箱外（见图 10-2）、屏蔽铅箱内部（见图 10-1）及控制台各设置 1 个紧急停机按钮，人员可以不穿过有用线束使用。紧急停机按钮将标明功能和使用方法。紧急停机按钮与射线装置电源联锁，发生紧急事故时可以迅速切断射线装置的电源，终止出束。

10.2.4 钥匙开关

本项目射线发生器自带钥匙开关，拟在控制台设置钥匙开关，只有两个钥匙开关同时打开探伤装置才能连接射线装置电源。钥匙由专人保管，只有授权的辐射工作人员才能使用，非授权人员无法操作射线装置，使用钥匙时需要填写使用登记表。

10.2.5 辐射监测设施

建设单位拟为辐射工作人员每人配备 1 个人剂量计和 1 个人剂量报警仪，配备 1 台便携式剂量率仪，在工作期间辐射工作人员需佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪，并保持开机状态。个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即停止工作，同时阻止其他人进入验证区，并立即向辐射工

作负责人报告。

建设单位拟为屏蔽铅箱的日常监测配备 1 台便携式剂量率仪，使用便携式剂量率仪定期（每个月 1 次）对屏蔽铅箱周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。

10.3 辐射工作场所布局和分区

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

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

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

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.2 的规定：应对探伤工作场所实行分区管理。

布局：本项目探伤装置固定朝屏蔽铅箱南侧照射，控制台设置在屏蔽铅箱北侧，避开了有用线束方向。验证区内不摆放无关的物品，屏蔽铅箱内只进行研发测试与成像质量验证，不作其他用途。

分区：建设单位拟将屏蔽铅箱实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，将屏蔽铅箱外整个验证区划为监督区。屏蔽铅箱防护门和西侧墙体上张贴电离辐射警告标识，监督区边界用警戒地标线围起来并竖立“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿长时间停留”的工作警示牌。本项目的辐射工作场所布局和分区示意图如图 10-6 所示。

管控措施：本项目屏蔽铅箱设置在 5 楼的验证区，验证区与设备区组成一个相对独立的工作场所，进出需要门禁权限，无关人员无法进出；项目控制区通过实体屏蔽、门机联锁装置等进行控制和管理，监督区通过黄色标识、警示说明等进行管理。工作场所布局和分区方案有利于场所分区管理，可有效隔离非辐射工作人员进入监督区，有利于保护辐射工作人员和公众，由上可知，该辐射工作场所的布局和分区合理。

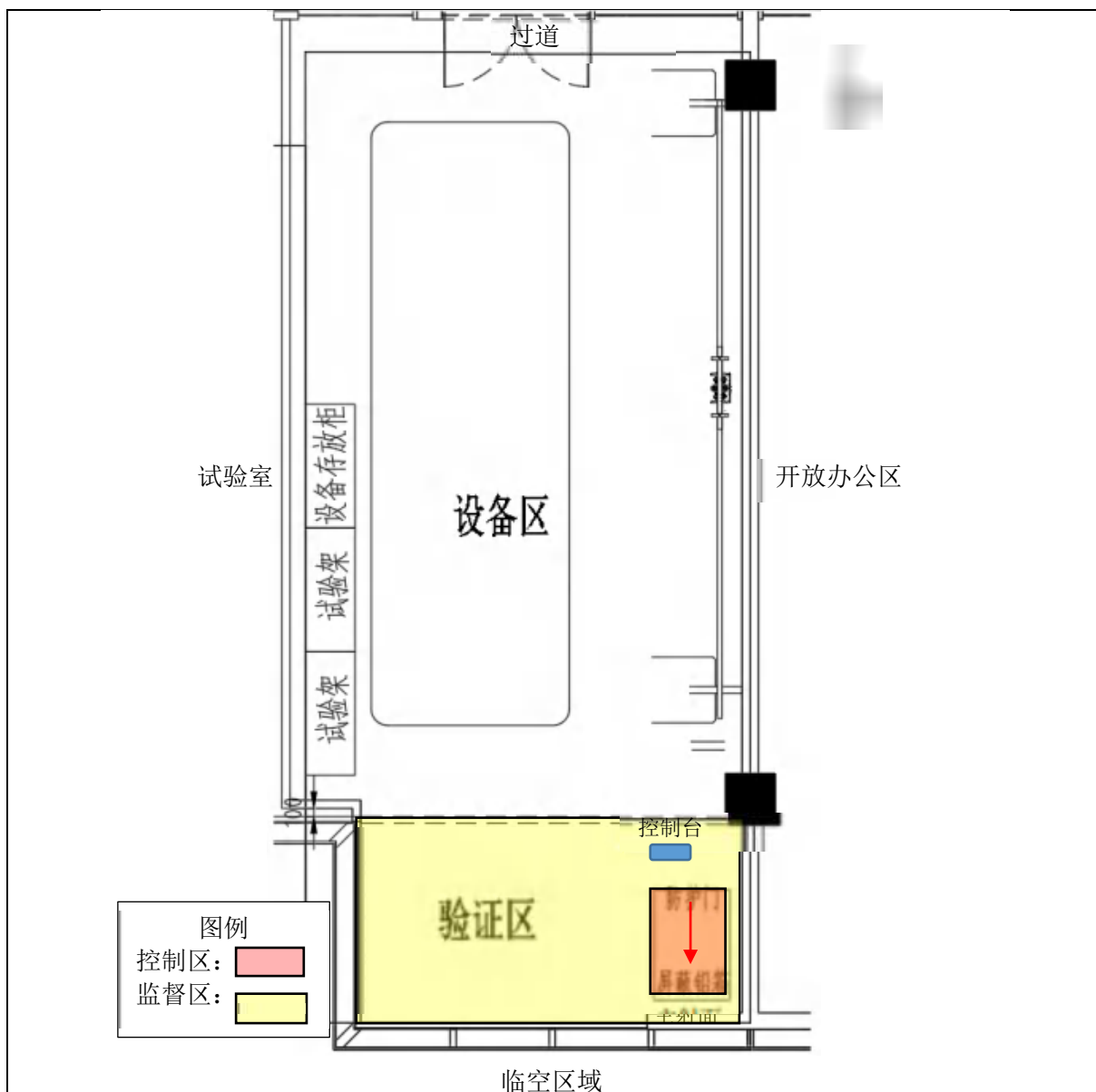


图 10-6 辐射工作场所布局和分区示意图

10.4 屏蔽铅箱辐射安全与防护实施方案

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），对本项目辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求进行分析。对照分析表见表 10-2 至表 10-5。

表 10-2 工作场所布局和分区要求对照分析表

(GBZ117-2022) 的辐射工作场所布局和分区要求	实施方案	评价
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	本项目屏蔽铅箱设置在 5 楼的验证区，验证区与设备区组成一个相对独立的工作场所，进出需要	满足要求

线束照射的方向并应与探伤室分开。	门禁权限，可避免人员混杂，有利于分区管理，充分考虑了临近场所的辐射安全。本项目有用线束固定朝屏蔽铅箱南侧照射，控制台设置在屏蔽铅箱北侧，避开了有用线束方向。	
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。	建设单位拟将屏蔽铅箱实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，将屏蔽铅箱外整个验证区划为监督区。	满足要求

表 10-3 工作场所辐射屏蔽要求对照分析表

(GBZ117-2022) 工作场所辐射屏蔽要求	实施方案	评价
6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周；b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。	根据表 11 的计算，屏蔽铅箱屏蔽体和防护门的辐射屏蔽同时满足人员在关注点的周剂量控制要求和关注点周围剂量当量率控制要求。	满足要求
6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取为 100 μ Sv/h。	本项目屏蔽铅箱上方为人员可达天台，屏蔽铅箱顶部的剂量率参考水平同 6.1.4 a)。根据表 11 的计算，探伤房顶部的辐射屏蔽满足 6.1.4 a) 的要求。	满足要求

表 10-4 辐射安全与防护措施要求对照分析表

(GBZ117-2022) 辐射安全与防护安全要求	实施方案	评价
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，	屏蔽铅箱的防护门安全联锁功能采用限位装置，在上门框安装了 2 个限位装置，限位装置安装在防护门的极限位置，只有当防护门关闭到位后，触发限位装置，射线装置电源才能接通，射线装置才能开启。防护门与限位装置分离时，射线装置电源将被切断，	满足要求

应能立刻停止出束或回源。	重新关上防护门后射线装置不会自动开启。 屏蔽铅箱内部空间狭小，在安装 X 射线发生器、成像板后，人员无法进入，故未安装开门装置。	
6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“预备”和“照射”信号意义的说明。	建设单位拟在屏蔽铅箱顶部设置 1 个警示灯，警示灯与防护门联锁，当防护门关闭到位时，警示灯持续亮红灯，并发出警报声。	满足要求
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。	屏蔽铅箱内部空间狭小，在安装探伤装置、成像板后，人员无法进入，故未安装监视装置。	不适用
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识和中文警示说明。	本项目拟在防护门及屏蔽铅箱西侧上张贴 1 张电离辐射警告标识，电离辐射警告标识上附有中文警示说明，按照 GB18871-2002 的规范制作。	满足要求
6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目的射线装置自带紧急停机按钮，拟在屏蔽铅箱外、在屏蔽铅箱内部及控制台各设置 1 个紧急停机按钮，人员可以不穿过有用线束使用。紧急停机按钮将标明功能和使用方法。紧急停机按钮与射线装置电源联锁，发生紧急事故时可以迅速切断射线装置的电源，终止出束。	满足要求
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。	屏蔽铅箱内部空间狭小，在安装 X 射线发生器、成像板后，人员无法进入。在每次成像质量测试后，开启防护门，空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物会迅速扩散，避免危	满足要求

	害人体。项目设备区、验证区安装了专用排风系统，属于机械排风装置，车间整体容积约为 198m ³ ，换风系统排放量为 1000m ³ /h，可确保车间每小时换气次数为 5 次，即每个小时有效换气次数不少于 3 次，在常温常压下，臭氧和氮氧化物的稳定性较差，可自行分解为无害物。废气通过管道进行排放，排放口安装在楼顶，属于人员较少居留场所。	
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	屏蔽铅箱内部空间狭小，在安装探伤装置、成像板后，人员无法进入。辐射工作人员配备个人剂量报警仪。个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。	满足要求

表 10-5 安全操作要求对照表

(GBZ117-2022) 的安全操作要求	实施方案	评价
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。	建设单位拟在每次开展成像质量验证工作前检查屏蔽铅箱的门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施是否正常，若发现异常则不能开展出束工作。	满足要求
6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。	本项目屏蔽铅箱内部空间狭小，在安装探伤装置、成像板后，人员无法进入。	不适用
6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射	建设单位拟配备 1 台便携式剂量率仪用于日常辐射监测，对屏蔽铅箱周围剂量当量率进行巡测（每月 1 次），做好巡测记录。当测量值高于报警值时，需立刻停止工作并向辐射防护负责人报告并查找	满足要求

防护负责人报告。	原因。	
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。	工作人员作业前检查便携式剂量率仪是否正常工作，如发现便携式剂量率仪不能正常工作时，则不进行出束工作。	满足要求
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。	本项目拟使用的探伤装置内置有准直器，能有效降低潜在的辐射。	满足要求
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。	屏蔽铅箱内部空间狭小，在安装 X 射线发生器、成像板后，人员无法进入。在每一次照射前，操作人员将进行以下确认：防护门已关闭，所有防护与安全装置系统都启动并正常运行。	满足要求
小结：综上所述，屏蔽铅箱的辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求等满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求。		

10.5 移动式探伤现场管理和操作安全措施

10.5.1 作业前准备

(1) 每次探伤工作前，先对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作，评估内容包括现场环境特点、附近人群、探伤时间、作业空间、操作方式和安全措施等。

(2) 与委托单位做好协商工作，协商内容包括适当的探伤地点和探伤时间、现场通告、警告标识和报警信号等。

(3) 到达现场后，将由现场管理员负责组织无关人员撤离现场，无关人员一律不得在监督区范围内。工作人员进入现场前需检查防护用品、警袖、警绳是否准备齐全。根据工件情况和曝光条件用便携式剂量率仪确定监督区域，拉好安全围栏、警绳。由现场管理员负责警戒，防止人员误闯被误照射。

10.5.2 安全信息和警告标志

(1) 本项目拟使用的探伤装置不具备指示灯和声音提醒功能，建设单位拟配置 2 个警示灯和 2 个警示喇叭，警示信号足够清晰，确保控制区的所有边界都可以听到。

(2) 在控制区边界上悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警示牌，在监督区边界上和建筑物出入口的醒目位置悬挂清晰可见的“当心电离辐射，无关人员禁止入内”警示牌和电离辐射警告标志。

10.5.3 安全操作

(1) 将充分评估现场环境，尽量利用现场的实体屏障作为分区边界，选取最佳的设备布置方式，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。

(2) 操作人员位于控制区外操作射线装置。

(3) 本项目通过无人机将成像板、X 射线发生器置于同一水平位置，确保探伤装置在水平方向照射。此外每次照射前，均需要确认探伤装置所处位置是否正常，若不正常不能开机。

(4) 辐射工作人员监督区通过控制台控制出束时，现场管理员应通过对讲机等多次确认现场人员已全部撤离，方可向操作人员下达出束指令。

(5) 探伤出束过程中如果出现异常，操作人员应在控制台确定 X 射线发生器停止出束后，并携带个人剂量报警仪、便携式剂量仪缓慢行进到无人机降落位置执行处

置，行进过程中若个人剂量报警仪、便携式剂量仪出现剂量异常报警，应立即停止行进，并退至安全区域。

10.5.4 作业的边界巡查与监测

（1）每次开始现场探伤前，现场管理员对控制区和监督区进行巡查和清场，使用扩音器进行全面清场，确保在控制区内无任何人员、监督区内无公众人员。确认后，才向操作人员发出操作指令。

（2）监督区和控制区的边界设置初步参照环评报告表提出的范围，每次探伤过程中，现场管理员将对分区边界进行巡测和监测，确保边界设置正确、无人员闯入。

（3）使用便携式剂量率仪确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。便携式剂量率仪在探伤期间保持开机状态，防止 X 射线出束异常或不能停止出束。

（4）为每个现场辐射工作人员各配备 1 个个人剂量计和 1 个个人剂量报警仪，个人剂量报警仪具有直读式剂量率显示功能，现场探伤期间按要求佩戴。

10.5.5 使用台账登记和设备保管措施

建立现场探伤工作和日常辐射监测记录表（见附件 5），记录每次外出探伤工作组的成员、携带仪器，探伤时间、地点，监督区和控制区的设置和剂量率等信息，以便对辐射工作进行全过程记录管理。

本项目的射线装置将放置在设备区的设备存放柜内，设备存放柜专门为本项目探伤设备及配套设施的存放场所，任何情况下都不会在该场所使用射线装置。钥匙由专人负责保管，未经允许的情况下不能使用钥匙。

10.6 移动式探伤辐射防护措施

10.6.1 距离防护

本项目现场探伤通过划分监督区和控制区，实施分区管理。根据探伤计划初步进行“二区划分”后，初次曝光时探伤作业人员携带个人剂量报警仪、个人剂量计和便携式剂量率仪对控制区、监督区边界进行巡测，验证和修正，必要时重新确定控制区和监督区边界。监督区和控制区边界均设置防护隔离警戒线，确保控制区范围内没有工作人员，并禁止无关人员进入监督区。曝光时探伤作业人员佩戴个人剂量报警仪、个人剂量计、便携式剂量率仪在控制区外巡测。

10.6.2 时间防护

(1) 熟练操作：本项目辐射工作人员上岗前均需通过辐射安全与防护培训并取得合格成绩单，熟悉现场探伤操作规程。探伤人员熟练操作可尽可能地缩短照射时间，减少重复照射的几率。每次探伤作业前，辐射工作人员均提前制定探伤计划，做好充分准备，操作时力求熟练、迅速。如果工作量大，工作人员应采取轮流、替换的办法，严格限制每个人的操作时间，将每个人所受照的剂量控制在规定限值以内。

(2) 优化曝光时间：在保证探伤质量的前提下，根据实际要求制定最优的探伤方案，选择合理的方案尽量缩短出束时间，减少工作人员和公众的照射时间。

10.6.3 照射方向选取

(1) 充分评估现场环境，尽量利用现场的实体屏障作为分区边界，采取水平照射的方式，确保探伤装置不会向下方向照射，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。

(2) 充分考虑水平照射的方位，通过无人机巡视、卫星地图等方式，筛选水平照射的方位，有用线束不得朝有公园、学校、住宅、办公区等有人员居留的方位照射，应尽量往山体、原野等方位进行照射。

10.6.4 设备固有安全性能

本项目拟使用的 XR150 型 X 射线发生器设备自带有急停按钮（按下立即停止出束）、电源指示灯（指示供电正常）、延时按钮（可设置延时 5s~240s）、远程电缆连接器（可以连接控制线缆进行有线控制，也可以连接无线发射器进行无线控制）等辐射安全设施；XRS3 型 X 射线发生器自带有电源开关（打开才能工作）、急停按钮（按下立即停止出束）、警示灯（出束时进行声光警示）、电源指示灯（指示供电正常）、延迟发射按钮（可设置延时 5s~100s）等辐射安全设施。XR150 型 X 射线发生器辐射安全设施分布图见图 9-3，XRS3 型 X 射线发生器辐射安全设施分布图见图 9-4。

10.6.5 无人机操作安全性能

本项目无人机机载探伤装置配备有激光测距仪（测量成像板与探伤装置的距离）、摄像头（观察探伤装置与成像板的相对位置、工件的对准情况）等构件，此外，

无人机还自带高度测量功能，可以有效的保障无人机机载探伤装置在操作过程中的准确性。

10.6.6 检测仪器和安防用品

建设单位拟为现场探伤的辐射工作人员每人配备 1 个个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪，并在工作期间佩戴好，个人剂量报警仪工作期间保持开机状态，个人剂量计定期送检。个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，个人剂量报警仪将设置剂量率阈值（15 μ Sv/h）与剂量阈值（100 μ Sv），可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即停止工作，同时阻止其他人进入探伤工作区域，并立即向辐射工作负责人报告。当累积剂量超过剂量阈值时，辐射工作人员本周内不得继续从事探伤工作。

建设单位拟为移动式探伤配备 2 台便携式剂量率仪，使用便携式剂量率仪对现场探伤监督区和控制区边界周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。便携式剂量率仪在现场探伤工作期间保持开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

建设单位拟为现场探伤配备警戒绳、警示灯、警示喇叭、控制区警示牌及监督区警示牌等用于现场分区管理，在移动式探伤的控制区边界设置警戒绳、警示灯、警示喇叭和控制区警示牌，防止人员误入；并在监督区边界设置警戒绳和警示牌，提醒公众勿接近辐射工作区。

本项目拟配备的检测仪器与安防用品见表 10-6。

表 10-6 检测仪器与安防用品配备一览表

名称	数量	用途
便携式剂量率仪	2 台	对分区边界的辐射水平进行巡测，确保合理分区；防止 X 射线出束异常或不能停止出束。
个人剂量报警仪	6 台	现场工作人员随身携带，具有直读式剂量率显示和报警功能。
个人剂量计	6 个	现场工作人员随身携带，记录辐射工作人员的累计受照剂量。
警戒绳	10m×6	用于现场分区管理，在移动式探伤控制区边界设置警戒绳、警示灯、警示喇叭和控制区警示牌，防止人员误入；并在监督区设置警戒绳和警示
	200m×3	
警示灯	2 个	
警示喇叭	2 个	

控制区警示牌	2 个	牌，提醒公众勿接近辐射工作区。
监督区警示牌	2 个	

10.7 移动式探伤现场布局和分区

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

对于控制区：应采用实体边界划定控制区；采用实体边界不现实时也可以采用其他适当的手段。在控制区的进出口及其他适当位置处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；运用行政管理程序，如进入控制区的工作许可证制度和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区。

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

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：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。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。控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

根据上述分区要求和表 11 的理论分析，结合探伤高度制定本项目的分区范围。有用最小探伤高度仅 7m，较矮，因此保守不考虑高度的影响，以理论的边界计算结果到地面的投影值作为分区范围，因此本项目移动式探伤监督区和控制区范围示意图见图 10-7。

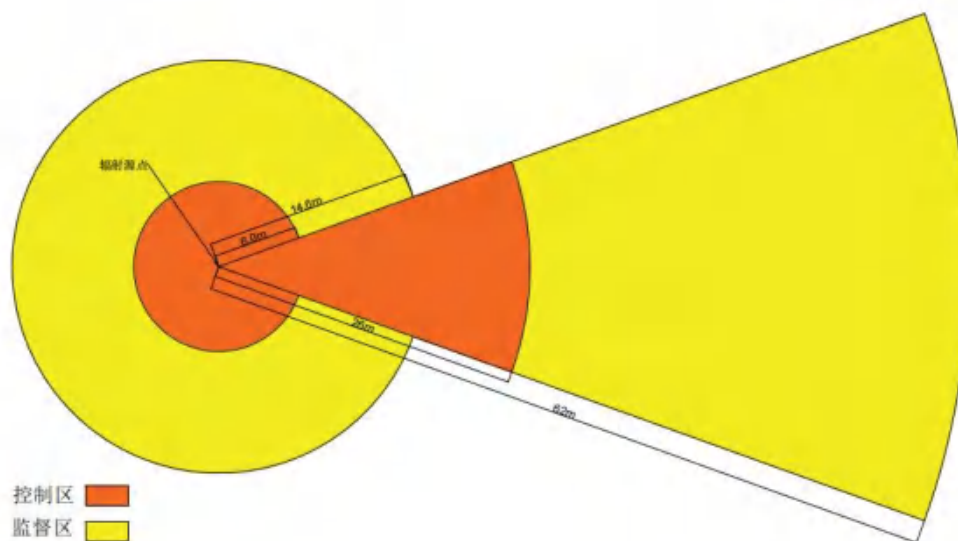


图 10-7 移动式探伤监督区和控制区范围示意图

10.8 移动式探伤辐射安全与防护实施分案

对照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对本项目的作业前准备、辐射工作场所布局和分区、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求进行分析，对照分析表见表 10-7 和表 10-10。

表 10-7 现场探伤作业前准备对照分析表

(GBZ117-2022) 探伤作业前准备要求	探伤作业前准备实施方案	分析
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。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）。	在每次探伤工作之前，建设单位会对工作环境、地点、探伤附近的人员、探伤时间、是否高空作业、作业空间等进行全面评估，并对探伤时对其他辐射探测装置的影响做评估。	满足要求
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。	本项目设置 2 个探伤项目组，每个工作组 3 名辐射工作人员，均为专职人员；每次探伤仅使用 1 台探伤装置。	满足要求
7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的	在每次探伤工作前，建设单位与委托	满足要求

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。	单位协商适当的探伤地点和时间，现场的通告、警告标识和报警信号均与委托单位区分开，避免混淆。	
表 10-8 现场探伤分区设置对照分析表		
（GBZ117-2022）现场探伤分区设置要求	现场探伤分区设置实施方案	分析
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。	建设单位将参考国家标准的要求将工作场所合理划分为控制区和监督区，并按要求设置警示标识。	满足要求
7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的区域划为控制区。	建设单位将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的范围内划为控制区。	满足要求
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。	建设单位将按要求在控制区边界上悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，辐射工作人员在控制区外操作探伤机。	满足要求
7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。	建设单位将充分研判现场环境，尽可能利用现场的设施、天然屏障等作为控制区的边界。	满足要求
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。	在探伤过程中，控制区内不同时安排其他工作。充分评估现场环境，尽量利用现场的实体屏障作为分区边界，选取最佳的设备布置方式，采取水平照射的方式，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。	满足要求
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。	建设单位拟为每个工作人员配备个人剂量报警仪，报警仪有实时监测和报警功能；拟为本项目移动式探伤配备 2 台便携式剂量率仪，并定期对其进行校准。	满足要求

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。	探伤期间，辐射工作人员将对控制区边界进行剂量率检测，确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。	满足要求
7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/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。	本项目将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，在监督区边界上悬挂清晰可见的“当心电离辐射，无关人员禁止入内”警告牌和电离辐射警告标志，必要时设专人警戒。	满足要求
7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。	根据本项目探伤对象，开展移动式探伤工作时，一般在原野、空地等进行。不在厂房和工地上空开展。	满足要求
7.2.10 探伤机控制台（X 射线探伤装置控制面板或 γ 射线绕出盘）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。	本项目的探伤装置的遥控器设置在监督区，并具有延时出束功能，可根据实际需要设置延时时间，可最大程度降低操作人员的受照剂量。	满足要求

表 10-9 各项辐射安全与防护措施对照分析表

（GBZ117-2022）辐射安全与防护措施要求	辐射安全与防护措施实施方案	分析
7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。	本项目拟使用的探伤装置不具备指示灯和声音提醒功能，建设单位拟配置 2 套警示灯和警示喇叭，警示信号足够清晰，确保控制区的所有边界都可以听到。	满足要求
7.3.3 X 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。	本项目探伤装置的警示信号与探伤装置进行联锁。	满足要求
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。	本项目将确保探伤装置“预备”信号和“照射”信号足够清晰，在控制区的所有边界都可以听到。	满足要求
7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒	将在监督区边界和建筑物出入口	满足要求

目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警告标语。	
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，并防止有人进入控置区。	开始现场探伤前，现场管理员对控制区和监督区进行巡查，确保在控制区内无任何人员、监督区内无公众人员。确认后，才向操作人员发出操作指令。监督区和控制区的边界设置初步参照环评报告表提出的范围，探伤过程中，现场管理员将对分区边界进行巡测和监测，确保边界设置正确、无人员闯入。	满足要求
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。	本项目在日间进行移动式探伤工作，光线充足。本项目将安排人员对对现场分区边界进行巡查。	满足要求
7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。	本项目使用便携式剂量率仪确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。	满足要求
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。	开始探伤前，先对便携式剂量率仪进行检查，确认能正常使用。便携式剂量率仪在探伤期间保持开机状态，防止 X 射线出束异常或不能停止出束。	满足要求
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。	为每个现场辐射工作人员各配备 1 个人剂量计和 1 个人剂量报警仪，个人剂量报警仪具有直读式剂量率显示功能，现场探伤期间按要求佩戴。	满足要求
表 10-10 现场探伤安全操作要求对照分析表		
（GBZ117-2022）现场探伤安全操作要求	现场探伤安全操作要求实施方案	分析

7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将X射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。	本项目设备为定向机，设备自带准直器。	不适用
7.5.1.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。	建设单位将充分评估现场环境，选取最佳的设备布置方式，采取水平照射的方式，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。	满足要求

小结：综上分析，建设单位拟为本项目采取的作业前准备、辐射工作场所布局 and 分区、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

10.9 销售工作的安全与防护措施

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

（1）建立生产、销售台账（见附件 6），记录射线装置销售全过程；

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

（3）销售前取得辐射安全许可证，按照许可的型号、数量开展射线装置销售工作；

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

10.10 日常检查、维护和探伤装置退役

10.10.1 日常安全检查

在屏蔽铅箱进行研发或成像质量验证时，应对屏蔽铅箱的外观和结构进行检查，

其中包括：屏蔽体外观有没有损坏、防护门是否安装到位、指示灯是否安装到位，内部结构是否安装合理、射线发生器是否安装合理等。若发现外观和结构存在异常，不得进行下一步出束工作。

日常工作时应检查射线装置外观以及出束信号指示灯等辐射安全与防护措施，若发现任意一项安全措施异常应立刻停止辐射工作，排除异常后才能继续工作。每次工作开始前应进行检查的项目包括：

- a) 探伤装置外观是否完好；
- b) 电池是否有老化、鼓包以及破损；
- c) 安全联锁是否正常工作；
- d) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- e) 螺栓等连接件是否连接良好；

10.10.2 设备维修维护

（1）维修维护对象仅限于本公司设备以及购买本公司设备并取得了辐射安全许可证的使用单位。由客户单位提出诉求后，应将设备送回建设单位进行维修维护。

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

（3）维修维护前应采取可靠的断电措施，切断需检修设备的电源，并经启动复查确认无电后，拔下射线装置电源钥匙，做好现场管控。

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

（4）当发现设备有故障或损坏需更维修时，应保证所更换的零部件为合格产品。与射线发生器相关的维修，需由射线发生器生产厂家负责。

（5）维护后通电测试前，应确保安全联锁系统、急停按钮等已正常启动，严禁在辐射安全与防护设施未启动状态下开机进行测试。

（6）做好设备维修维护记录。

10.11 三废的治理

本项目采用数字成像式得到探伤结果，不会产生感光材料废物。

X 射线照射会使周围的空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物，如果不做处理会使辐射工作场所空气中的臭氧和氮氧化物含量增加，吸入过量的臭氧和氮氧化物会对人体健康产生一定危害。根据国家标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.10 的规定：探伤房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。

屏蔽铅箱内部空间狭小，在安装 X 射线发生器、成像板后，人员无法进入。在每次成像质量测试后，开启防护门，空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物会迅速扩散，避免危害人体。项目设备区、验证区安装了专用排风系统，属于机械排风装置，车间整体容积约为 198m^3 ，换风系统排放量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，可确保车间每小时换气次数为 5 次，即每个小时有效换气次数不少于 3 次。废气通过管道进行排放，排放口安装在楼顶，属于人员较少居留场所。

表 11 环境影响分析

建设阶段的环境影响分析 本项目只有在使用射线装置过程中才会产生 X 射线，建设阶段不会对周围环境产生电离辐射影响。本项目建造屏蔽铅箱时须进行施工，会有一定的固废、噪声、施工废水和扬尘等非电离辐射因素的环境影响。 声环境影响：本项目施工建设阶段的噪声主要来自屏蔽铅箱建设时的施工噪音，但项目的建设期短暂，对周围环境影响随着施工结束而消除，因此，在合理安排施工时间的情况下，对周围环境的影响微弱。 空气环境影响：施工期中，扬尘来自于材料运输、装卸等施工活动。在施工过程中做好物料遮盖、洒水降尘等措施后，可有效减轻对环境空气的影响，并且影响因素随施工结束而消失。 水环境影响：本工程项目施工较短，主要影响为少量施工废水，施工废水含泥沙和悬浮物，直接排出会阻塞排水沟和对附近水体造成污染。施工单位应对施工废水进行收集，统一排放至厂区内的污水处理设施中进行处理。 固废环境影响：施工期间固体废物主要为建筑垃圾。施工产生的建筑垃圾若不妥善处置不仅污染环境而且破坏景观，施工单位应及时清运至环卫部门指定的地点安全处理处置。 综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的，随施工期的结束而消失。施工单位应严格按照当地生态环境部门的规定采取相应的措施进行污染防治，使本项目建设阶段对周围环境的影响降低到最小。
运行阶段的环境影响分析 11.1 屏蔽铅箱 11.1.1 剂量率控制值 本项目在验证区内设置屏蔽铅箱，用于拟销售探伤装置的的研发出束与成像质量验证。由于研发出束只在研发期进行，不属于常规出束，故剂量率控制值的计算不考虑研发出束时间，成像质量验证平均每周总出束时间为 0.04 小时。

为评价屏蔽铅箱的辐射屏蔽设计方案,参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中关于探伤室辐射屏蔽的估算方法。根据(GBZ/T250-2014),探伤房墙和防护门外周围辐射剂量率和每周周剂量当量应满足:

对于职业工作人员, $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$, 对于公众 $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。相应的导出剂量率参考控制水平:

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

式中:

- t 相应探伤装置的周照射时间, h/周;
- U 探伤装置向关注点方向照射的使用因子;
- T 人员在相应关注点驻留的居留因子。

本项目拟测试的探伤装置有用线束朝屏蔽铅箱南侧照射, 其余方向受泄漏线束和散射线束的辐射影响, 各方向使用因子保守取 1。居留因子的选取参照国家标准(GBZ/T250-2014)附录 A, 其中南侧为临空区域, 人员无法到达, 不对其进行计算。

由以上计算所得的 $\dot{H}_{c,d}$, 凡不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的, 以其值作为关注点的剂量率控制值, 否则选取 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 作为该关注点的剂量率控制值, 计算参数和剂量率参考控制值的选取结果见表 11-1。

表 11-1 关注点剂量率控制水平

场所	保护目标	U	T	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
东侧开放办公区	公众	1	1	125	2.5
西侧验证区	辐射工作人员	1	1	2500	2.5
北侧验证区	辐射工作人员	1	1	2500	2.5
上方天台	公众	1	1/10	1250	2.5
下方待租赁办公区	公众	1	1	125	2.5

11.1.2 辐射剂量率估算

参考《工业 X 射线探伤室屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），有用线束在关注点的剂量率按公式（11-2）计算：

$$\dot{H}_1 = \frac{\dot{H}_0 \times B}{R^2} \quad (11-2)$$

对于漏射线束和散射线束，给定屏蔽物质厚度 X 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式（11-3）计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (11-3)$$

漏射线束在关注点的剂量率按公式（11-4）计算：

$$\dot{H}_2 = \frac{\dot{H}_L \times B}{R^2} \quad (11-4)$$

90°散射线束在关注点的辐射剂量率按公式（11-5）计算：

$$\dot{H}_3 = \frac{\dot{H}_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times a}{R_0^2} \quad (11-5)$$

式中：

$\dot{H}_0$ 距辐射源点 1m 处输出剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；

B 屏蔽透射因子；

R 辐射源点至关注点的距离，单位为 m；

R_s 散射体至关注点的距离，单位为 m；

X 屏蔽物质厚度，单位为 mm；

TVL 屏蔽物质的什值层，单位为 mm；

$\dot{H}_L$ 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；

F R_0 处的辐射野面积，单位为 m^2 ；

a 散射因子，入射辐射被单位面积（ 1 m^2 ）散射体到其 1m 处的散射辐射剂量率的比。根据（GBZ/T250-2014）附录 B.4 保守取值 $1.60\text{E}-03 \times 10000 / 400 = 0.04$ 。

R_0 辐射源点至散射体的距离，单位为 m。

$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$ 根据 GBZ/T250-2014，当探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时，可取 $1/60$ （150kV）、 $1/50$ （200kV~400kV）。

本项目在屏蔽铅箱进行出束的射线发生器包括 XR150 型和 XRS3 型, 选取管电压和剂量率较大的 XRS3 型射线发生器的参数对屏蔽铅箱外关注点的剂量率进行估算。参考《辐射防护导论》图 3.24, 管电压小于 7MV 时, 铅对宽束 X 射线的平衡什值层均大于第一什值层, 本项目射线装置最大管电压为 270kV, 因此本项目有用线束的屏蔽透射因子保守按公式 11-3 计算。

研发出束或成像质量验证时, 射线发生器固定安装在屏蔽铅箱中间偏防护门位置, 有用线束朝屏蔽铅箱南侧照射, 选取屏蔽铅箱外 0.3m 处关注点进行剂量水平估算, 对关注点 A 考虑有用线束的辐射影响, 其他关注点考虑漏射和散射的影响。关注点示意图见图 11-1。

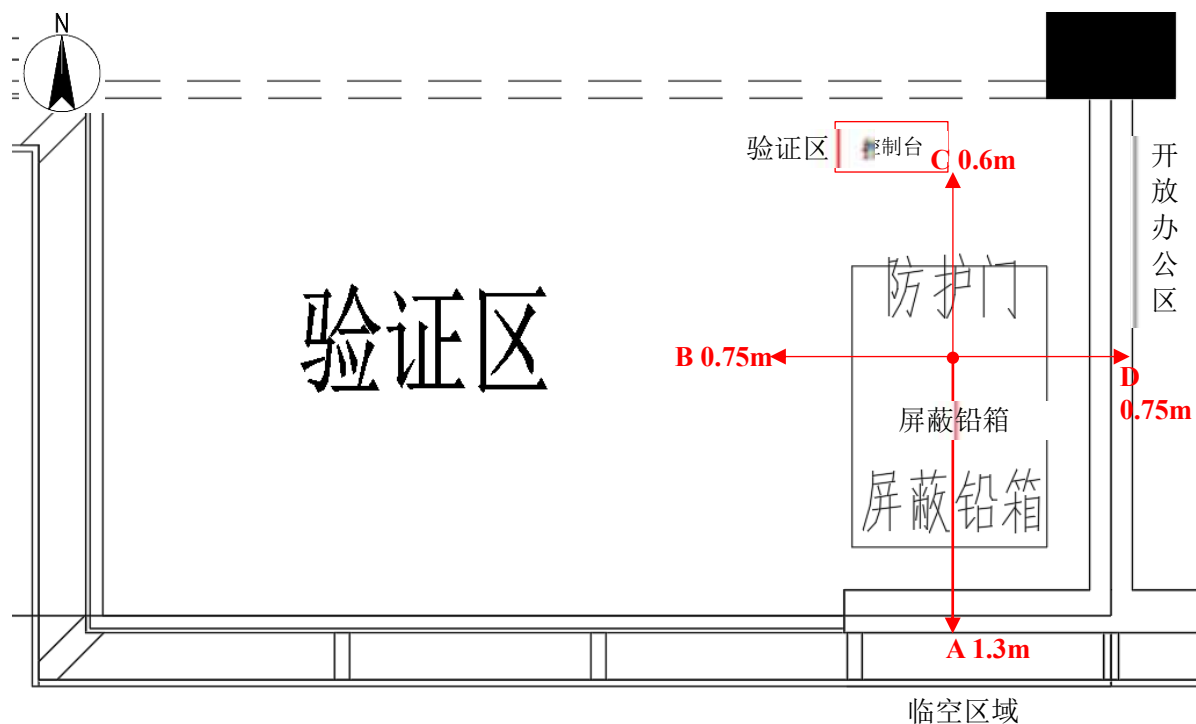


图 11-1 平面关注点分布图

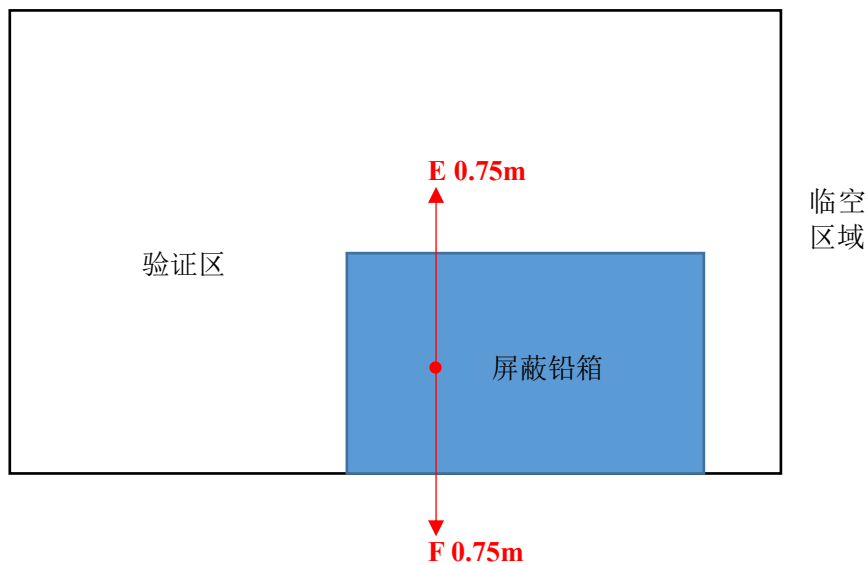


图 11-2 立面关注点分布图

源项参数一览表见表 11-2，计算有关参数的选取列于表 11-3，透射因子有关参数的选取列于表 11-4，屏蔽铅箱外关注点的辐射剂量率估算结果列于表 11-5。

表 11-2 源项参数一览表

项目	参数
有用线束角	40°
距辐射源 1m 处的最大输出剂量率	9.78mGy/h
距离辐射源 1m 处的泄漏剂量率	331.13μGy/h

表 11-3 计算参数一览表

方位	场所	关注点	R(m)	Rs(m)	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$
南侧	临空区域	A	1.3	/	/
西侧	验证区	B	0.75	0.75	1/50
北侧	控制台	C	0.6	0.6	1/50
东侧	开放办公区	D	0.75	0.75	1/50
顶部	验证区	E	0.75	0.75	1/50
下方	待租赁办公区	F	0.75	0.75	1/50

注：Rs 保守取 R 值。

表 11-4 透射因子计算参数一览表

方位	场所	关注点	屏蔽厚度 mmPb	射线类型	TVL 值 mmPb	透射因子 B
南侧	临空区域	A	17	有用线束	4.02	5.9E-05
西侧	验证区	B	13	泄漏线束	4.02	5.8E-04
				散射线束	1.4	5.2E-10
北侧	控制台	C	14	泄漏线束	4.02	3.3E-04
				散射线束	1.4	1.0E-10
东侧	开放办公区	D	13	泄漏线束	4.02	5.8E-04
				散射线束	1.4	5.2E-10
顶部	验证区	E	13	泄漏线束	4.02	5.8E-04
				散射线束	1.4	5.2E-10
下方	待租赁办公区	F	13	泄漏线束	4.02	5.8E-04
				散射线束	1.4	5.2E-10

注：根据（GBZ/T250-2014），有用线束、泄漏线束的什值层通过内插法求得为 4.02mmPb，散射线束取 200kV 对应的 TVL 值为 1.4mmPb。

表 11-5 关注点辐射剂量率水平估算结果（单位：μSv/h）

方位	关注点	控制值	$\dot{H}_1$	$\dot{H}_2$	$\dot{H}_3$	$\dot{H}$
南侧	A	2.5	3.4E-01	/	/	3.4E-01
西侧	B	2.5	/	3.4E-01	1.8E-07	3.4E-01
北侧	C	2.5	/	3.0E-01	5.4E-08	3.0E-01
东侧	D	2.5	/	3.4E-01	1.8E-07	3.4E-01
顶部	E	2.5	/	3.4E-01	1.8E-07	3.4E-01
下方	F	2.5	/	3.4E-01	1.8E-07	3.4E-01

注：非有用线束方向的剂量率 $\dot{H}$ 由泄漏线束 $\dot{H}_2$ 和散射线束 $\dot{H}_3$ 叠加得到。

从表 11-5 可以看到，正常运行时，屏蔽铅箱外各关注点处辐射剂量率估算值最高约 3.4E-01μSv/h，不大于 2.5μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率控制要求。

11.1.3 人员受照剂量

(1) 研发阶段受照剂量

根据表 11-5，本项目屏蔽铅箱外关注点的最大剂量率为 $3.4\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，取该值进行研发时受照剂量估算，则研发阶段辐射工作人员的受照剂量约为 $2.0\text{E-}05\text{mSv}$ 。由于研发阶段的出束是非持续性的，且出束时间短（4min/研发期），对于周围保护目标的剂量贡献非常小，因此不纳入年度受照剂量评估。

(2) 成像质量验证和软件更新受照剂量

根据表 11-5 的关注点辐射剂量率估算结果，保守根据各方向的最大剂量率估算结果，按照“辐射水平与距离平方成反比”估算各方向上各保护目标的受照剂量率，按照公式（11-6）估算各保护目标的年有效受照剂量，估算结果见表 11-6。

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

式中：

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

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

r_g ——关注点至辐射源的距离，m；

r_b ——保护目标分布场所边界至屏蔽体边界的距离，m；

t——本项目周、全年出束时间，h；

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

表 11-6 人员有效受照剂量估算结果

方位	场所	保护目标	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	$r_g(\text{m})$	$r_b(\text{m})$	居留因子	周出束时间 (h)	年出束时间 (h)	周剂量当量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年受照剂量 (mSv/a)
东侧	开放办公区	公众	3.4E-01	1.0	0.75	1	0.04	2.017	3.7E-03	1.9E-04
	机房	公众	3.4E-01	24	0.75	1/10	0.04	2.017	1.3E-06	6.5E-08
	电梯厅	公众	3.4E-01	36	0.75	1/10	0.04	2.017	5.8E-07	2.9E-08
	前厅	公众	3.4E-01	47	0.75	1/10	0.04	2.017	3.4E-07	1.7E-08
南侧	内部道路	公众	3.4E-01	7.0	1.3	1/10	0.04	2.017	3.6E-05	1.8E-06
	51 大厦	公众	3.4E-01	20	1.3	1	0.04	2.017	5.2E-05	2.6E-06
西侧	验证区	辐射工作人员	3.4E-01	0.3	0.75	1	0.04	2.017	1.4E-02	6.9E-04
	试验室 (1)	公众	3.4E-01	6.0	0.75	1	0.04	2.017	1.9E-04	9.4E-06
	试验室 (2)	公众	3.4E-01	15	0.75	1	0.04	2.017	3.2E-05	1.6E-06
	培训区	公众	3.4E-01	35	0.75	1/5	0.04	2.017	1.2E-06	6.2E-08
	培训室	公众	3.4E-01	41	0.75	1/5	0.04	2.017	9.0E-07	4.5E-08
北侧	验证区	辐射工作人员	3.0E-01	0.3	0.6	1	0.04	2.017	1.2E-02	6.1E-04
	设备区	公众	3.0E-01	1.0	0.6	1	0.04	2.017	2.6E-03	1.3E-04
	会议室	公众	3.0E-01	13	0.6	1/5	0.04	2.017	4.9E-06	2.5E-07
	1#库房	公众	3.0E-01	13	0.6	1/10	0.04	2.017	2.5E-06	1.2E-07

	发货区	公众	3.0E-01	17	0.6	1	0.04	2.017	1.5E-05	7.3E-07
	生活区	公众	3.0E-01	20	0.6	1	0.04	2.017	1.1E-05	5.3E-07
	电梯厅	公众	3.0E-01	28	0.6	1/10	0.04	2.017	5.4E-07	2.7E-08
	员工餐厅	公众	3.0E-01	29	0.6	1/2	0.04	2.017	2.5E-06	1.3E-07
	2#库房	公众	3.0E-01	31	0.6	1/10	0.04	2.017	4.5E-07	2.2E-08
	瑜伽室	公众	3.0E-01	33	0.6	1/2	0.04	2.017	2.0E-06	9.9E-08
	车间	公众	3.0E-01	39	0.6	1	0.04	2.017	2.8E-06	1.4E-07
	活动室	公众	3.0E-01	41	0.6	1/2	0.04	2.017	1.3E-06	6.4E-08
	内部道路	公众	3.0E-01	43	0.6	1/10	0.04	2.017	2.3E-07	1.2E-08
	生产工程办公室	公众	3.0E-01	47	0.6	1	0.04	2.017	1.9E-06	9.8E-08
	会议室	公众	3.0E-01	48	0.6	1/5	0.04	2.017	3.7E-07	1.9E-08
楼下	待租赁办公区	公众	3.4E-01	0.5	0.75	1	0.04	2.017	8.6E-03	4.3E-04
楼上	天台	公众	3.4E-01	2.5	0.75	1/10	0.04	2.017	8.9E-05	4.5E-06

表 11-6 估算结果显示，本项目评价范围内辐射工作场所的周最大剂量当量为 $1.4\text{E-}02\mu\text{Sv/周}$ ，公众场所的周剂量当量为 $8.6\text{E-}03\mu\text{Sv/周}$ ，满足“辐射工作场所不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，公众场所不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”的周剂量限值控制要求；辐射工作人员年最大受照剂量为 $6.9\text{E-}04\text{mSv/a}$ ，公众年有效最大受照剂量为 $4.3\text{E-}04\text{mSv/a}$ ，满足“辐射工作人员不超过 5mSv/a 、公众不超过 0.25mSv/a ”的年有效剂量约束要求，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2 移动式探伤

11.2.1 辐射剂量率估算

通常情况下，移动式探伤无专设的辐射屏蔽设施，只能靠距离防护减少工作人员的受照剂量。进行移动式探伤作业前，需划出控制区和监督区。

本项目拟使用 2 台 NPR-X200-150 型、1 台 NPR-X200-270 型无人机机载探伤装置，根据表 9 源项参数，选取管电压与输出剂量均较大的 NPR-X200-270 型无人机机载探伤装置参数进行估算。进行探伤时，有用线束水朝平方向照射，探伤高度距离地面 7m 以上，探伤现场将在有用线束方向和非有用线束方向产生距离不同的控制区、监督区边界。

参考《工业 X 射线探伤室屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），对于不同距离衰减情况的计算公式见公式 11-2 至公式 11-5。本项目移动式探伤使用的射线装置源强参数见表 11-7。

表 11-7 移动式探伤源强参数

项目	参数
设备型号	NPR-X200-270 型
X 射线发生器型号	XRS3 型
有用线束角	40°
距辐射源 1m 处的最大输出剂量率	9.78mGy/h
距离辐射源 1m 处的泄漏剂量率	331.13μGy/h
$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	1/50

（1）有用线束方向

本项目检测对象为架空输电线路的金具，其体积较小，无法完全覆盖主射面，故不考虑工件的屏蔽作用，即透射因子为 1。按公式 11-2 计算有用线束方向的衰减距离，衰减距离计算结果见表 11-8。

表 11-8 有用线束方向衰减距离计算结果

距离（m）	剂量率（μSv/h）
5	391.2
10	97.8

20	24.5
26	14.5
30	10.9
40	6.1
50	3.9
60	2.7
62	2.5
70	2.0
100	1.0

根据表 11-8 的计算结果，本项目有用线束方向距辐射源点约 26m 时，剂量率为 14.5 μ Sv/h，有用线束方向距辐射源点约 62m 时，剂量率为 2.5 μ Sv/h。本项目水平方向照射时，保守将有用线束距离源点 26m 处划为控制区边界，距离源点 62m 处划为监督区边界。

（2）漏射线束与散射线束方向

根据公式 11-4 及公式 11-5，计算漏射线束和散射线束的复合衰减距离，漏射线束和散射线束衰减距离计算结果见表 11-9。

表 11-9 漏射线束和散射线束衰减距离计算及结果

距离（m）	泄漏射线的剂量率（ μ Sv/h）	散射射线的剂量率（ μ Sv/h）	叠加剂量率（ μ Sv/h）
1	331.1	195.6	526.7
5	13.2	7.8	21.1
6	9.2	5.4	14.6
10	3.3	2.0	5.3
14.6	1.6	0.9	2.5
20	0.8	0.5	1.3

根据表 11-9 的计算结果，本项目射线装置水平照射时，非有用线束方向距辐射源点 6m 处合计剂量率为 14.6 μ Sv/h，距离辐射源点 14.6m 处合计剂量率为 2.5 μ Sv/h。保守将非有用线束距离源点 6m 处划为控制区边界，距离源点 14.6m 处划为监督区边界。

(3) 分区边界

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对现场探伤的辐射防护分区的规定：一般将作业时被检物体周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，控制区边界外周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为监督区。

根据表 11-8 及表 11-9 计算结果，划分有用线束方向和非有用线束方向的“两区”，分区示意图见图 11-3。

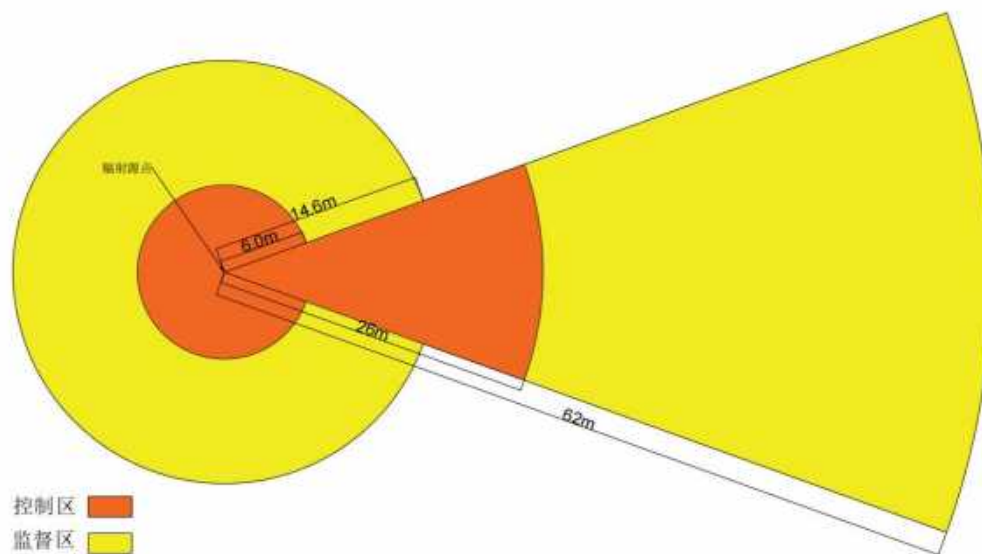


图 11-3 理论分区边界示意图

上述理论计算结果仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中探伤装置的管电压的降低、作业高度上升以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量率水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。在实际探伤过程中探伤工作人员应根据 GBZ117-2022 的要求，在第一次曝光开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标识出控制区边界，在试运行或第一次曝光期间，借助辐射环境巡测仪进行检测或修正，将现场探伤作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区，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。

11.2.2 人员受照剂量

辐射工作人员在监督区通过遥控器按钮控制 X 射线发生器进行出束。故保守取控制区边界的剂量率（ $14.6\mu\text{Sv/h}$ ）作为辐射工作人员受照剂量率，取监督区边界剂量

率（2.5 μ Sv/h）作为公众的受照剂量率，对人员受照情况进行估算，估算结果见表 11-10。

表 11-10 保护目标受照剂量估算结果

保护目标	照射剂量率	周出束时间	年出束时间	居留因子	周剂量当量（ μ Sv/周）	年有效剂量（mSv/a）
辐射工作人员	14.6 μ Sv/h	0.45h	22.5h	1	6.6	3.3E-01
公众	2.5 μ Sv/h	0.45h	22.5h	1/40	2.8E-02	1.4E-03

表 11-12 显示，本项目辐射工作人员的周最大剂量当量为 6.6 μ Sv/周，公众的周最大剂量当量为 2.8E-02 μ Sv/周，满足“辐射工作人员不大于 100 μ Sv/周，公众不大于 5 μ Sv/周”的周剂量限值控制要求；辐射工作人员年最大有效剂量为 3.3E-01mSv/a，公众年有效最大有效剂量为 1.4E-03mSv/a，满足“辐射工作人员不超过 5mSv/a、公众不超过 0.25mSv/a”的年有效剂量约束要求，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.3 剂量叠加

由于本项目辐射工作人员会兼顾移动式探伤和成像质量验证工作，根据以上计算结果，对其受照剂量进行叠加。叠加情况见表 11-11。

表 11-11 辐射工作人员受照剂量叠加情况

保护目标	屏蔽铅箱出束		移动式探伤		叠加受照情况	
	μ Sv/周	mSv/年	μ Sv/周	mSv/年	μ Sv/周	mSv/年
辐射工作人员	1.4E-02	6.9E-04	6.6	3.3E-01	6.6	3.3E-01

根据表 11-13，辐射工作人员受照剂量叠加后，周最大受照剂量为 6.6 μ Sv/周，满足“辐射工作人员不大于 100 μ Sv/周”的周剂量限值控制要求；年最大受照剂量 3.3E-01 mSv/年，满足“辐射工作人员不超过 5mSv/a”的年有效剂量约束要求，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故类型

本项目在研发和成像质量验证时，事故工况下可能造成的辐射影响如下：

a) 门机联锁装置发生故障，防护门没有关到位的情况开启探伤装置，导致铅箱外的人员受到误照射；

b) 维修过程中，未取出探伤装置上的电源，导致维修人员误触出束，受到意外照射；

本项目在移动式探伤时，事故工况下可能造成的辐射影响如下：

a) 探伤现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界辐射水平进行监测，导致工作人员和周围公众受到不必要的照射；

b) 对现场管理不到位，射线出束时有工作人员滞留控制区，导致工作人员受到不必要的照射；

c) 进行移动式探伤时，无人机未上升至既定位置，设备已开机出束，使人员受到不必要的照射；进行移动式探伤时，无人机平衡装置失效，有用线束向下照射，导致地面操作人员受到意外照射。

由于本项目 X 射线发生器单次最大发射脉冲数为 200 个，保守按 200 个脉冲剂量作为人员的事故受照时间，取事故时人员距离出束口约 1m，则人员事故受照剂量为 $6.5E-01\text{mSv}$ 。参照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第 40 条的分级规定评估各种事故可能的类别，本项目可能发生的辐射事故使人员受到的意外照射量未超过年剂量限值，事故类型不超过一般辐射事故。

11.3.2 事故预防措施

成像质量验证时事故预防措施：

(1) 本项目可能发生的辐射事故风险主要是在管理上出问题，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行出束前应检查是否佩戴好个人剂量报警仪。

(2) 定期检查门机联锁装置的性能及各项辐射安全与防护设施是否正常工作。

(3) 射线装置检修维护时应采取可靠的断电措施，取出需检修设备上的电源，并经启动复查确认无电后，方可进行维修工作。

移动式探伤时事故预防措施：

(1) 充分评估现场环境，尽量利用现场的实体屏障作为分区边界，选取最佳的

设备布置方式，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。

（2）探伤过程中，操作人员应实时打开辐射监测报警仪器，加强辐射水平的巡测，当发现辐射水平异常时，应立即停止探伤工作，寻找原因。

（3）工作人员在工作中应确保控制区、监督区划分合理，做好现场管控。

（4）定期对设备进行检查，发现异常不得使用。

（5）为防止事故的发生，必须严格执行各项管理制度，严格遵守制定的现场探伤操作流程和作业指导书，探伤过程中工作人员绝不能随便离岗，要密切观察探伤作业的现场情况。设置现场管理员岗位，专门负责边界巡查、作业规范监督。

综上，建设单位如能严格采取以上事故预防措施，加强管理，让工作人员提高安全意识，可最大程度降低辐射事故的影响，避免辐射事故的发生。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用Ⅱ类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

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

建设单位成立了辐射安全管理小组，落实了机构的成员及其职责，组成名单见表 12-1：

表 12-1 辐射安全管理小组

机构成员	姓名	职务	电话
组长	刘晓铭	副经理	13924657772
成员	谢芬	工程师	13905162908
	钟亮民	工程师	15951000786
	黄镇杰	工程师	13620576845
	谢永麟	工程师	13760472684
	彭奕	工程师	15387523100

管理小组职责：

（1）负责本单位辐射安全管理规章制度的编制，并结合本单位实际定期完善辐射安全管理规章制度，组织实施；

（2）组织落实工作场所日常辐射监测工作；

（3）做好工作人员的辐射防护与安全培训，组织实施辐射工作人员的职业健康检查和个人剂量监测，按要求建立个人剂量档案；

（4）定期对辐射安全与防护工作进行检查，检查本单位辐射工作人员的辐射安全操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

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

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，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；有完善的辐射事故应急措施。

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

为规范管理本单位的辐射工作，有效预防和控制可能发生的辐射事故，强化辐射事故危害意识和责任意识，建设单位制定了《辐射安全管理制度》（详情见附件7），建设单位应按要求将《辐射安全管理规章制度》张贴在显眼位置。包括：辐射安全管理机构及职责、辐射安全和保卫制度、辐射工作岗位职责、安全操作规程、辐射工作人员培训制度、辐射监测计划、辐射工作人员职业健康监护和个人剂量管理要求、辐射防护与安全年度评估报告制度、射线装置维修维护制度、生产和销售台账管理制度、移动式探伤工作登记制度和辐射事故应急处理预案。

小结：建设单位制定的《辐射安全管理规章制度》较完善，可规范管理辐射工作，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。

12.3 辐射工作人员

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照生态环境部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》的规定：自 2020 年 1 月 1 日起，辐射安全上岗培训应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识、报名并参加考核，考核成绩单有效期 5 年。

建设单位共配置 6 名辐射工作人员，将在项目筹备阶段安排工作人员通过“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。

小结：建设单位制定的辐射工作人员培训计划满足相关法律法规的要求。

12.4 辐射监测计划

12.4.1 工作人员个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。

建设单位将按照有关要求，对辐射工作人员上岗前进行放射职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作。委托检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人有效剂量，监测周期为 3 个月，按要求建立职业照射个人剂量档案及职业健康档案。

小结：建设单位制定的个人剂量监测计划满足相关法律法规的要求。

12.4.2 工作场所辐射监测计划

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

进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责。

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

（1）年度监测

委托检测机构对在用的核技术利用项目进行辐射防护年度检测，每年一次，年度检测数据应作为本单位的核技术利用项目安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 号前上报环境主管部门。

（2）日常监测

配备 1 台便携式剂量率仪用于屏蔽铅箱周围剂量当量率的日常监测，使用便携式剂量率仪定期（每个月 1 次）对屏蔽铅箱周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。

配备 2 台便携式剂量率仪用于移动式探伤的日常监测，移动式探伤前，应监测监督区和控制区边界距地 1m 高处的环境 γ 辐射剂量率；初次曝光时，先使用便携式剂量率仪确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。

小结：建设单位制定的工作场所辐射监测计划满足相关法律法规的要求。

12.4.3 工作场所辐射监测方案

（1）监测周期

建设单位制定的辐射监测周期一览表见表 12-2。

表 12-2 监测周期一览表

类型	内容	频率	方式
个人剂量	辐射工作人员外照射剂量	1 次/三个月	委托检测
工作场所年度检测	移动式探伤监督区和控制区边界周围剂量当量率	1 次/年	委托检测
	屏蔽铅箱外周围剂量当量率	1 次/年	委托检测
工作场所日常检测	移动式探伤监督区和控制区边界周围剂量当量率	每次探伤现场分区时，或者调整照射条件后	自行检测
	屏蔽铅箱外周围剂量当量率	1 次/月	自行检测

(2) 控制要求

周围剂量当量率控制值：

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，本项目屏蔽铅箱屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，本项目移动式探伤划分的监督区边界的周围剂量当量率应不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，控制区边界的周围剂量当量率应不超过 $15\mu\text{Sv/h}$ 。

职业照射剂量约束值：本项目的辐射工作人员的年有效受照剂量应不超过 5mSv/a

(3) 检测方法

屏蔽铅箱检测方法：

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

- a) 通过巡测，发现辐射水平异常高的位置；
- b) 防护门外 30cm 的上、下、左、中、右侧各 1 个点；
- c) 屏蔽体外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个面至少测 3 个点；
- d) 操作位；
- e) 人员经常活动的位置。

移动式探伤工作场所检测方法：

- a) 进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。
- b) 当 X 射线发生器、场所、被检物体（材料，规格，形状）、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线；
- c) 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的；

d) 探伤机停止工作时，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。

个人剂量监测方法：

工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人有效剂量，监测周期为 3 个月；剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置。

12.5 辐射安全年度评估计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向相关机关提交上一年度的评估报告。

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

- (1) 单位基本信息；
- (2) 相关法律法规执行情况；
- (3) 放射性同位素进出口、转让或者送贮情况及放射性同位素和射线装置台帐；
- (4) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- (5) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实；
- (6) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况；
- (7) 辐射工作人员管理；
- (8) 档案管理；
- (9) 辐射事故和应急响应；
- (10) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- (11) 存在的安全隐患及其整改情况；

(12) 评估结论。

12.6 辐射事故应急

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

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

12.6.1 辐射事故应急机构

建设单位成立了辐射事故应急小组，本单位应急处理工作由辐射事故应急小组统一组织协调。辐射事故应急小组见表 12-4。

表 12-4 辐射事故应急小组成员一览表

机构成员	姓名	职务	电话
组长	李辉	总工程师	.
成员	刘晓铭	副经理	
	谢芬	工程师	
	谢永麟	工程师	
	杨明鑫	工程师	

辐射事故应急小组的主要职责：

- (1) 贯彻执行国家和辐射事故应急处理工作的法律、法规及方针政策；
- (2) 负责公司辐射事故应急处理预案的审定和组织实施；
- (3) 组织、协调和指挥公司应急准备和应急响应工作，包括组织事故调查、评价，审定事故应急处理报告等工作；
- (4) 向辐射事故应急小组和公司最高主管报告应急处理工作情况提出控制辐射事故危害，保障员工安全与健康，保护环境等措施建议；
- (5) 负责公司辐射事故应急处理能力建设。

12.6.2 人员培训和演习计划

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

(1) 人员培训

培训对象包括应急小组成员、辐射工作人员；

培训内容包括应急原则和实施程序，辐射安全与防护专业知识，可能出现的辐射事故及辐射事故经验和教训，辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预案执行步骤等。

(2) 演练计划

辐射安全事故应急处理小组须定期（每年一次）组织应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

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

12.7 竣工环境保护验收要求

12.7.1 责任主体

根据《建设项目环境保护管理条例》规定：“编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。”建设单位应承担本项目竣工环境保护验收的主体责任。

12.7.2 工作程序

根据《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326—2023)，核技术利用项目竣工环境保护验收工作流程主要包括：验收自查、验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为验收监测、验收监测报告编制两个阶段；后续工作包括提出验收意见、编制“其他需要说明的事项”、形成验收报告、公开相关信息并建

立档案四个阶段。

12.7.3 时间节点

本项目竣工后，建设单位应按照相关程序和要求，在项目竣工后组织自主竣工环保验收，验收期限一般不超过 3 个月。验收报告编制完成后按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的要求，公开验收报告。验收报告公示期满 20 个工作日后应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台进行备案。

12.7.4 验收清单

本项目竣工环境保护验收“三同时”清单见表 12-5。

表 12-5 竣工环境保护“三同时”验收清单

项目	验收内容		验收标准
辐射安全与防护措施	屏蔽铅箱	在屏蔽铅箱防护门及顶部张贴电离辐射警告标识；在屏蔽铅箱顶部设置 1 个警示灯。	《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）
		屏蔽铅箱的防护门安全联锁功能采用限位装置，在上门框安装 2 个限位装置，限位装置安装在防护门的极限位置。	
		X 射线发生器自带紧急停机按钮，在屏蔽铅箱外、在屏蔽铅箱内部及控制台各设置 1 个紧急停机按钮；X 射线发生器自带钥匙开关，拟在控制台设有钥匙开关。	
		辐射工作人员每人配备 1 个人剂量计和 1 个人剂量报警仪，配备 1 台便携式剂量率仪用于屏蔽铅箱周围剂量当量率的日常监测。	
	移动式探伤	将屏蔽铅箱实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，将屏蔽铅箱外整个验证区划为监督区。	
		探伤装置带有急停按钮、电源指示灯、延时按钮、远程电缆连接器。	
		为辐射工作人员每人配备 1 个人剂量计和 1 个人剂量报警仪。配备 2 台便携式剂量率仪用于现场辐射监测。	
		配备警戒绳、警示灯、警示喇叭、警示牌等安防用品。	
		在实际划分两区时，根据 GBZ117 要求，一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划为控制区。应	

	将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区。	
“三废” 的治理	屏蔽铅箱：屏蔽铅箱内部空间狭小，在安装 X 射线发生器、成像板后，人员无法进入。在每次成像质量测试后，开启防护门，空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物会迅速扩散，避免危害人体。项目设备区、验证区安装了专用排风系统，属于机械排风装置，车间整体容积约为 198m ³ ，换风系统排放量为 1000m ³ /h，可确保车间每小时换气次数为 5 次，即每个小时有效换气次数不少于 3 次。废气通过管道进行排放，排放口安装在楼顶，属于人员较少居留场所。	《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）
	移动式探伤：在现场空旷场地开展 X 射线探伤，由空气电离产生的少量氮氧化物和臭氧将在环境中迅速稀释、分解，基本不会对环境造成污染。	
辐射安全管理 措施	设立辐射安全管理机构，明确职责与分工。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》
	制定相应的辐射规章制度和应急预案，规章制度应张贴在墙面显眼位置。	
	辐射工作人员考取辐射安全与防护培训和考核合格证书，持证上岗。	
	辐射工作人员应参加职业健康体检。委托第三方监测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，为每个人配备个人剂量计，定期回收读出个人受照剂量，监测周期为 3 个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。	
	配备 1 台便携式剂量率仪用于屏蔽铅箱周围剂量当量率的日常监测；配备 2 台便携式剂量率仪用于现场辐射监测。	
周围剂量当量率监测情况	屏蔽铅箱屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h； 移动式探伤设置控制区边界的周围剂量当量率的控制值为 15μSv/h，设置控制区边界的周围剂量当量率的控制值为 2.5μSv/h。	《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

表 13 结论与建议

13.1 结 论

深圳南瑞科技有限公司拟在广东省深圳市南山区澳特科兴科学园 5 楼设备区开展 NPR-X200 系列的无人机机载探伤装置生产和销售活动，拟在验证区安装 1 间屏蔽铅箱，用于软件研发测试和组装前的成像质量验证；同时建设单位拟使用 3 台探伤装置在全国范围内开展架空输电线路的耐张线夹等金具的 X 射线无损探伤服务。本项目属于核技术利用新建项目。

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

辐射安全与防护措施分析表明，本项目的屏蔽铅箱的辐射屏蔽设计方案、各项辐射安全与防护措施、工作场所布局和分区等均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等国家相关标准的要求；移动式探伤拟采取的现场管理和操作安全措施、辐射防护措施、工作场所布局和分区方案、日常检查与维护措施等较合理，满足辐射防护最优化原则及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。辐射安全管理措施分析表明，建设单位制定了较完善的辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，人员培训和辐射监测计划等均符合相关法规的要求。

13.1.2 环境影响分析结论

理论分析表明，项目运行时屏蔽铅箱外关注点的辐射水平满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定的周围剂量当量率控制要求；工作人员及公众的有效受照剂量分别低于职业照射和公众照射剂量约束值，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。移动式探伤按要求对探伤现场进行分区管理后，本项目辐射工作人员及公众的有效受照剂量分别低于职业照射和公众照射剂量约束值，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

13.1.3 可行性分析结论

本项目可以实现无人机巡检自主飞、快速传、智能判全环节数字技术应用，进一步提升“立体巡检+集中监控”智能运维模式效率，推进无人机巡检智能化、信息化、精益化，助力电网数字化转型，进一步提高线路运检效率和运检质量。对架空

线路进行精确、无损的检测定位，可以降低检测成本、提高检测效率，为消除缺陷隐患奠定基础，对保障输变电线网安全运行具有重要意义。所造成的辐射影响轻微、可控。本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“十四、机械 1. 科学仪器和工业仪表”类别，为鼓励类产业，从代价和利益的角度考虑，符合辐射实践的正当性。

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

13.2 建议和承诺

1、尽快组织辐射工作人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加辐射安全上岗培训和考核。

2、结合后期运行和管理情况，不断完善辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，使之更具有实操性和针对性。

表 14 审 批

下一级环保部门预审意见			
		公章	
经办人		年	月 日

审批意见			
		公章	
经办人		年	月 日

附件 1：项目委托书

委托书

广州星环科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》有关法规，现委托贵司承接《深圳南瑞科技有限公司生产、销售、使用无人机机载探伤装置项目》环境影响评价工作，并按照相关规定编制《深圳南瑞科技有限公司生产、销售、使用无人机机载探伤装置项目环境影响报告表》，完成后提交我单位，便于我单位报送环境主管部门办理环评审批手续。

特此委托。


深圳南瑞科技有限公司
2024 年 11 月 05 日

附件 2：环境 γ 辐射现状检测报告



检 测 报 告

任务编号：XH24TR188hm1

项目名称：	核技术利用建设项目场所环境 γ 辐射剂量率检测
委托单位：	深圳南瑞科技有限公司
检测类型：	环评检测
报告日期：	2025 年 03 月 07 日

广州星环科技有限公司

(检测) 检测专用章

说 明

1、本公司保证检测结果的公正性、独立性、准确性和科学性，对委托单位所提供的资料保密。

2、检测操作按照相关国家、行业、地方标准和本公司的程序文件及作业指导书执行。

3、本报告只适用于本报告所写明的检测目的及范围。

4、本报告未盖本公司“CMA 资质认定章”、“检测专用章”及“骑缝章”无效。

5、复制本报告未重新加盖本公司“CMA 资质认定章”、“检测专用章”无效，报告部分复制无效。

6、本报告无编制人、审核人、批准人签字无效。

7、本报告经涂改无效。

8、自送样品的委托测试，其监测结果仅对来样负责；对不可复现的监测项目，结果仅对采样（或监测）当时所代表的时间和空间负责。

9、本报告未经本公司同意不得用于广告、商品宣传等商业行为。

10、对本报告若有异议，请于报告发出之日起十五日内向本公司提出，逾期不申请的，视为认可检测报告。

地 址：广州市海珠区南洲路 365 号二层 236

邮政编码：510289

电 话：020-38343515

网 址：www.foyoco.com

广州星环科技有限公司检测报告

受检单位	深圳南瑞科技有限公司
检测地点	广东省深圳市南山区澳特科兴科学园 5 楼
检测参数	环境 γ 辐射剂量率
检测方式	现场检测
仪器名称	X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪
检测仪器信息	厂家、型号：中广核贝谷科技有限公司、BG9512P 型 出厂编号：1TRW88AA 能量范围：25keV~3MeV 测量量程：10nGy/h~200 μ Gy/h 相对固有误差：-5.7%
仪器校准证书	2024H21-20-5500542001 校准单位：上海市计量测试技术研究院 校准日期：2024 年 09 月 25 日；复校日期：2025 年 09 月 24 日
检测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）
检测日期	2024 年 11 月 11 日
环境条件	天气：晴，气温 26℃，湿度 65%
建设项目概况	深圳南瑞科技有限公司拟在广东省深圳市南山区澳特科兴科学园 5 楼设备区组装生产无人机机载探伤装置进行销售；拟在验证区安装 1 间屏蔽铅箱，用于软件研发测试和组装前的成像质量验证；同时，建设单位拟使用 3 台无人机机载探伤装置在全国范围内开展 X 射线无损探伤服务。对辐射工作场所周围 50m 范围的环境 γ 辐射剂量率进行检测。
检测结果	检测结果见附表 1，检测布点图见附图 1。

编制： 宁锦清 审核： 陈健 签发： 张益
签发日期：2025.3.7

附表 1: 检测结果

点位编号	方位	规划场所	距离(m)	表面介质	检测结果(nGy/h)	环境性质
1	/	屏蔽铅箱位置	/	镀锌钢	111±2	楼房
2	东侧	开放办公区	14	镀锌钢	111±1	楼房
3		机房	30	镀锌钢	117±1	楼房
4		电梯厅	40	镀锌钢	119±1	楼房
5		前厅	49	镀锌钢	120±1	楼房
6	南侧	内部道路	10	沥青	89±1	道路
7		51 大厦 1 层	40	瓷砖	101±1	楼房
8	西侧	验证区	2.0	镀锌钢	112±1	楼房
9		试验室 (1)	12	镀锌钢	119±1	楼房
10		试验室 (2)	32	镀锌钢	120±1	楼房
11		培训区	44	镀锌钢	121±2	楼房
12		培训室	46	镀锌钢	122±1	楼房
13	北侧	设备区	6.0	镀锌钢	112±1	楼房
14		会议室	19	镀锌钢	112±1	楼房
15		1#库房	22	镀锌钢	120±1	楼房
16		发货区	25	镀锌钢	121±1	楼房
17		生活区	25	镀锌钢	121±1	楼房
18		电梯厅	33	镀锌钢	118±1	楼房
19		员工餐厅	35	镀锌钢	121±1	楼房
20		2#库房	40	镀锌钢	121±1	楼房
21		瑜伽室	41	镀锌钢	121±1	楼房
22		车间	45	镀锌钢	121±1	楼房
23		活动室	46	镀锌钢	122±2	楼房
24		内部道路	47	沥青	90±1	道路

任务编号: XH24TR188hm1

25		生产工程办公室	49	镀锌钢	126±1	楼房
26		会议室	49	镀锌钢	110±2	楼房
27	楼下	待租赁办公区	3.0	镀锌钢	109±1	楼房
28	楼上	天台	3.0	地毯	106±1	平房

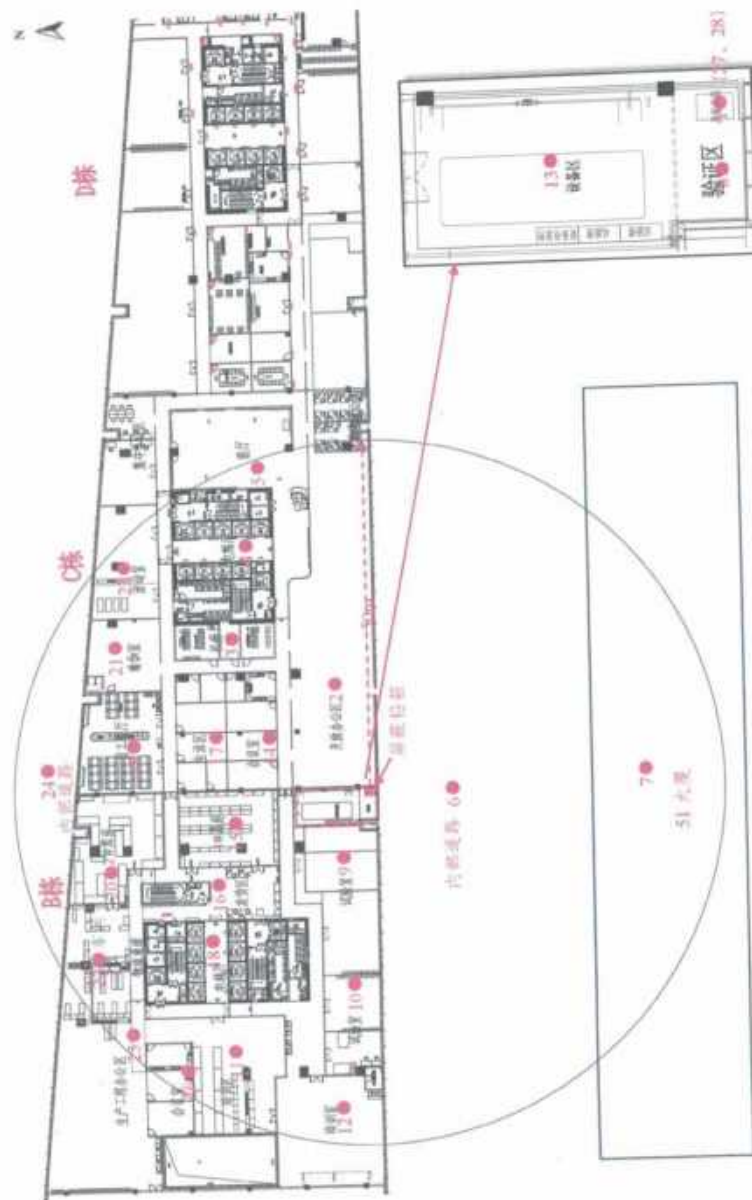
注: 1、以上数据已校准, 校准系数为 1.06;

2、检测时仪器探头垂直地面, 距地约 1m, 待读数稳定后, 每个测量点约 10s 间隔读取 10 个数值;

3、检测结果扣除了仪器对宇宙射线的响应部分 (35nGy/h); 建筑物对宇宙射线的屏蔽因子: 楼房取值 0.8, 平房取值 0.9, 原野、道路取值 1。

第5页, 共6页

附图 1: 检测布点图



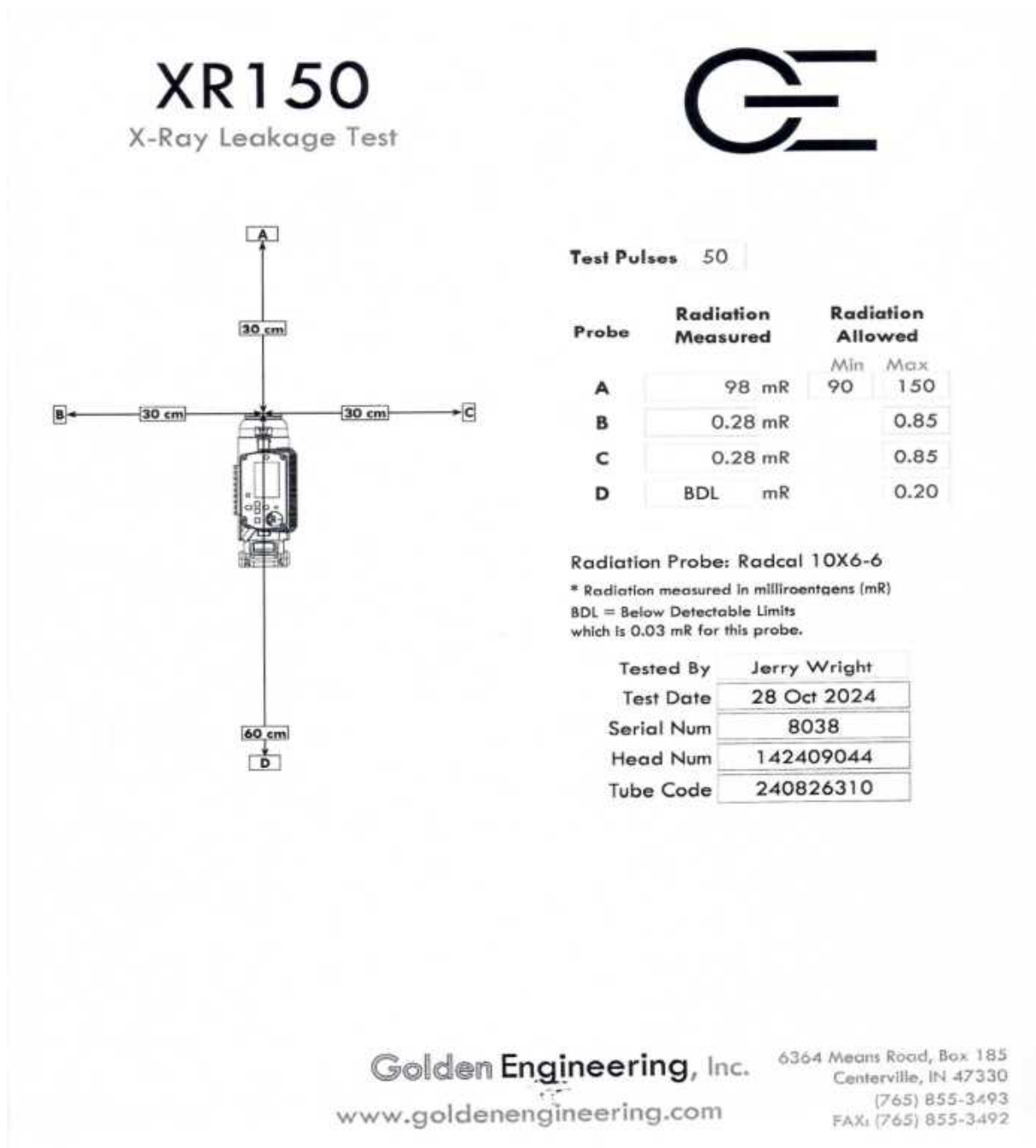
附件 3：设备技术参数

规格

物理尺寸，包括电池组				
模型	XR150	XR200	XRS3	XRS4
长度 (带电池)	10.49 在 (26.65 cm)	12.17 在 (30.91 cm)	15.42 在 (39.17 cm)	19.26 在 (48.92 cm)
宽度 (带壁板钢轨)	3.54 在 (8.99 cm)	4.26 英寸 (10.82 厘米)	4.26 英寸 (10.82 厘米)	4.80 英寸 (12.19 厘米)
高度 (无钥匙)	4.71 英寸 (11.96 厘米)	5.83 英寸 (14.81 厘米)	5.83 英寸 (14.81 厘米)	7.05 英寸 (17.91 厘米)
权重 (带电池)	5.7 lb (2.58 kg)	11.00 lb (5.00 kg)	11.80 lb (5.40 kg)	18.30 lb (8.30 kg)
X射线输出				
每脉冲X射线剂量 (单位 前12英寸)	1.8 至3 mR	2 mR至4 mR	2 mR至4 mR	4 mR至8.5 mR
每个电池充电的脉冲	9000 +	6000	5500	3000
每秒脉冲数	11 (名义)	10 (名义)	21 (名义)	9 (名义)
预期试管寿命 (玻璃 管)	30000脉冲	60000脉冲	100000脉冲	50000脉冲
X射线源大小	1/8英寸 (3mm)	1/8英寸 (3mm)	1/8英寸 (3mm)	1/8英寸 (3mm)
最大光子能量	150 kV	150 kV	270 kV	370 kV
输出功率	7.5 W	7.5 W	67.5 W	92.5 W
X射线脉冲宽度 (FWHM)	50 纳秒	50 纳秒	25 纳秒	10 纳秒
电气和热特性				
蓄电池电压	18-20 V	18-20 V	18-20 V	18-20 V
电池类型	锂离子	锂离子	锂离子	锂离子
电池充电时间	1 小时	1 小时	1 小时	1 小时
当前的画	13A @ 18-20 V	9A @ 18-20 V	20A @ 18-20 V	13A @ 18V
平均x射线管电流	0.5 mA	0.5 mA	0.25 mA	0.25 mA
储存温度	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)
工作温度	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)
最大占空比	200 每 4 min 脉 冲 (每小时3000次 脉冲)	200 每 4 min 脉 冲 (每小时3000次 脉冲)	200 每 4 min 脉 冲 (每小时3000次 脉冲)	200 每 4 min 脉 冲 (每小时3000次 脉冲)
高温或高使用占空比	每50个脉冲休息30 秒, 每200个脉冲 休息4个min	每50个脉冲休息30 秒, 每200个脉冲 休息4个min	每50个脉冲休息30 秒, 每200个脉冲 休息4个min	每50个脉冲休息30 秒, 每200个脉冲 休息4个min
IP评级	IP 54	IP 54	IP 54	IP 54
最小备用时间	10 小时	10 小时	10 小时	10 小时
热身运动	不需要	不需要	不需要	不需要

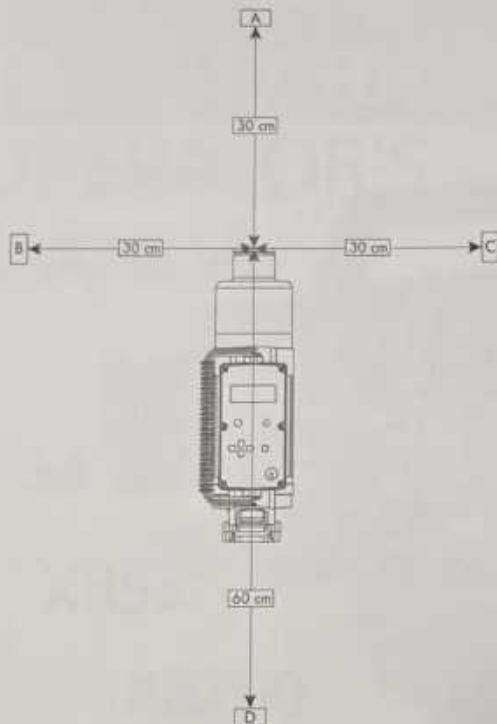
*输出和表征测量是基于全电电池FWHM =全宽半最大值的脉冲

附件 4：设备厂家实测数据



XRS3

X-Ray Leakage Test



Test Pulses 50

Probe	Radiation Measured	Radiation Allowed	
		Min	Max
A	170 mR	100	200
B	3.20 mR		7.00
C	3.27 mR		7.00
D	BDL mR		0.70

Radiation Probe: Radcal 10X6-6

* Radiation measured in milliroentgens (mR)

BDL = Below Detectable Limits
which is 0.03 mR for this probe.

Tested By Jeff Weesner

Test Date 20 May 2024

Serial Num 12117

Head Num 352405003

Tube Code 240226223

Golden Engineering, Inc.
www.goldenengineering.com

6364 Means Road, Box 185
Centerville, IN 47330
(765) 855-3493
FAX: (765) 855-3492

附件 5：现场探伤工作和日常辐射监测记录表（模板）

日期	探伤地点	探伤人员	管理人员	使用仪器编号	控制区边界环境 辐射本底值	监督区边界环境 辐射本底值	控制区边界距 离及剂量率	监督区边界距 离及剂量率	领用归还记录		使用情 况记录	备注
									领用 时间	归还 时间		

附件 6：射线装置生产、销售台账

序号	合同编号	订购时间	名称、型号	生产日期	出厂日期	调试情况	客户名称	客户环保手续落实情况	经手人	审核人
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										

附件 7：辐射安全管理规章制度



深圳南瑞科技有限公司

辐射安全管理规章制度

深圳南瑞科技有限公司

辐射安全管理机构及职责

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

辐射安全管理小组及其职责

辐射安全管理小组人员设置：

辐射安全管理小组成员

机构	姓名	部门	电话
组长	刘晓铭	副经理	
成员	谢芬	工程师	
	钟亮民	工程师	
	黄镇杰	工程师	
	谢永麟	工程师	
	彭奕	工程师	

管理小组职责：

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

深圳南瑞科技有限公司

辐射安全和保卫制度

一、总则

(1) 辐射操作人员及辐射安全管理人员应持证上岗，按时按计划参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的辐射防护相关培训，加强理论学习，掌握基本的辐射安全防护知识和自救技能，并取得《辐射安全考核合格成绩单》。

(2) 严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，委托相关单位对直接操作射线装置的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，监测周期为 3 个月，建立了个人剂量档案和职业健康档案。

二、屏蔽铅箱辐射安全和保卫制度

(3) 在屏蔽铅箱进行成像质量测试时，做好辐射工作场所分区设置，将射线装置实体屏蔽内部区域划为控制区，屏蔽体外其余整个辐射工作场所划为监督区。控制区通过实体屏蔽、急停装置、门机联锁装置等进行控制，监督区通过警示说明和警戒线进行管理。

(4) 辐射工作区域只能摆放射线装置、操作台及其他辅助设施，不作其他用途，非辐射工作人员不应在该区域进行固定岗位作业。操作台应避开有用射线的照射方向。

(5) 辐射工作场所按要求张贴电离辐射警告标识，辐射工作场所监督区设置工作指示牌和警示说明。

(6) 射线装置操作台宜设置紧急停机按钮，X 射线出束过程中，一旦出现异常，按动急停按钮，可停止 X 射线出束。

(7) 屏蔽铅箱防护门应设置门-机联锁装置，并保证在门关闭后射线装置才能出束。门打开时可立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

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

三、移动式探伤辐射安全和保卫制度

(9) 进行移动式探伤时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。

(10) 应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。

(11) 控制区边界上应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”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。

(12) 控制区的边界尽可能设定实体屏障, 包括利用现有结构(如墙体)、临时屏障或临时拉起警戒线(绳)等。

(13) 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“当心电离辐射, 无关人员禁止入内”警告牌, 必要时设专人警戒。

(14) 现场探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时, 应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

(15) 探伤装置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。

(16) 在实施现场探伤工作之前, 应对工作环境进行全面评, 以保证实现安全操作。

(17) 应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。

(18) 现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划, 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。

(19) 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。

(20) 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。

(21) 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。

(22) 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素, 选择最佳的设备布置, 并采取适当的防护措施。

(23) 开始现场探伤之前, 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。

(24) 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。

(25) 在试运行(或第一次曝光)期间, 应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确, 必要时应调整控制区的范围和边界。

(26) 每个探伤项目组配备 1 台便携式剂量率仪。开始探伤工作前，应对剂量率仪进行检查，确认剂量率仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式剂量率仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

(27) 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

(28) 建立现场探伤台账，记录每次外出探伤工作组的成员、携带设备，探伤时间、地点，监督区和控制区的设置和边界剂量率等信息，以便对辐射工作进行全过程记录管理。

(29) 探伤设备应存放在单独的房间或保险箱中，应配备防盗和防误操作设施，房间应设置门锁，钥匙由专人保管。

深圳南瑞科技有限公司

辐射工作岗位职责

一、管理人员

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

二、研发与成像质量验证操作人员

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

三、现场探伤管理员

- (1) 组织安全检查，督促辐射工作人员对隐患进行整改，并协助制订防范措施，检查监督隐患整改工作的完成情况；
- (2) 随同到现场监督检查，督促并协助解决有关安全问题，纠正违规作业，遇有违规的紧急情况，有权令其停止探伤作业，并立即报告有关负责人；
- (3) 开始现场探伤前，现场管理员将对控制区进行巡查，确认控制区没有人员后，才向操作人员发出操作指令。探伤过程中，管理员将巡查控制区的边界，防止有人进入控制区。

四、现场探伤人员

- (1) 根据委托要求和工作现场的实际情况，确定探伤工艺、现场分区方案，实施现场探伤；

(2) 认真做好探伤原始记录，对自己的探伤结果负责，为客户负责；

(3) 探伤人员（特别有证人员）要认真学习 and 掌握各种探伤方法的基本原理，熟练掌握各种探伤方法的实际操作技能，对自己的检测结果负责，并要不断地提高自己的理论和实际业务水平；

(4) 要学习和了解各种探伤装置的基本性能和使用方法，要严格按设备使用说明书和安全操作规程，调试或使用仪器设备；

(5) 每个探伤项目组配备 1 台便携式剂量率仪。开始探伤工作之前，应对剂量率仪进行检查，确认剂量率仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

(6) 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

深圳南瑞科技有限公司

安全操作规程

一、通讯控制软件开发

本项目研发过程主要为通讯控制软件研发的研发，不涉及X射线发生器的硬件研发，研发过程需要在屏蔽铅箱进行出束测试。

(1) 软件的开发：根据无人机机载X射线探伤装置需要的功能进行软件的开发，包括架构设计、模块设计、端口设计等。

(2) 软件的模拟测试：将初步设计好的软件在操作台的电脑上进行模拟测试，主要测试软件的各项功能是否可以正常运行。

(3) 软件的实机测试：当软件模拟测试无误后，将软件集成在无人机的遥控器上，测试遥控器与X射线发生器、成像板之间的通讯情况，如软件是否能够操控X射线发生器进行出束、测试图像能否正常从成像板传输到软件等。出束测试期间，X射线发生器、成像板均安装在屏蔽铅箱中进行测试；实机测试出束次数约为40次。

(4) 软件的更新：软件需要定期更新维护，当涉及X射线发生器控制功能的测试时，需要重新在屏蔽铅箱内测试软件能否操控射线发生器进行出束。涉及射线发生器控制功能的更新频次约为每年1次，每次更新出束测试次数约为10次。

研发的目的是得到一款将无人机操控、X射线发生器操控、图像接收等功能集合在一体的专属软件。

二、成像质量验证

(1) 辐射工作人员佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪等防护仪器。

(2) 将需要进行成像质量验证的探伤装置、成像板以及工件等安装固定在屏蔽铅箱内，关闭防护门。

(3) 通过控制台的笔记本电脑调整出束参数，如脉冲数等，并确认出束；出束期间人员无须进行干预。

(4) 按设定的参数出束完毕后，会自动停止出束。辐射工作人员将得到的图像与标准图像进行对比，如果成像质量较差，则依次更换成像板、探伤装置进行重新验证。

三、生产与销售流程

本项目生产与销售的工作流程如下：

(1) 接受订单后，建设单位开始采购X射线发生器、成像板、遥控器及无人机等构件。并将X射线发生器、成像板放入屏蔽铅箱内进行成像质量验证。

(2) 将通过成像质量测试的X射线发生器、成像板及其他构件进行组装，得到1台性能合格的无人机机载X射线发生器。

(3) 销售人员与客户单位确认交货日期，并审核客户单位辐射安全相关的环保手续，确认无误后进行发货。

(4) 客户培训。采用电子化演示视频向客户演示射线装置功能，不涉及实机出束演示。

(5) 本项目售后维护仅对 X 射线发生器外的构件进行维修维护，期间不进行出束。如 X 射线发生器需要进行维修维护，则返回原厂进行维修维护。

四、移动式探伤操作规程

(1) 接受委托

根据委托方递交的探伤委托单和相关要求，公司下派现场探伤任务单。

(2) 现场评估

结合现场特点和周围环境，研判是否满足开展X射线移动式探伤的条件，如：是否满足“两区”的设置、周围是否有不可规避的敏感点。不适合X射线探伤则采取其他探伤方式。

适合X射线探伤的，还需对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作，评估内容包括现场环境特点、附近人群、探伤时间、作业空间、操作方式和安全措施等。

(3) 现场准备

与委托单位做好协商工作，协商内容包括适当的探伤地点和探伤时间、现场通告、警告标识和报警信号等。辐射工作人员根据探伤计划办理探伤装置的出库手续填写使用登记表，并领取足够的现场探伤所需的防护用品，包括个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式剂量率仪、对讲机、测距仪、警戒线、电离辐射警告标志、“禁止进入X射线区”警告牌、“当心电离辐射，无关人员禁止入内”警告牌等。

到达现场后，将由现场管理员负责组织无关人员撤离现场。工作人员进入现场前需检查防护用品是否准备齐全，佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪。

(4) 现场分区

参考本报告表给出的理论分区方式，初步设定工作场所监督区和控制区，拉好安全

围栏、警绳，由现场管理员负责警戒，防止人员误闯被误照射。在控制区边界上悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”警告牌，在监督区边界上和建筑物出入口的醒目位置悬挂清晰可见的“当心电离辐射，无关人员禁止入内”警告牌和电离辐射警告标志。

（5）初次曝光（涉源环节，产生X射线）

开始现场曝光前，对控制区和监督区进行巡查，确保在控制区内无任何人员、监督区内无公众人员。确认后，才向操作人员发出曝光指令进行初次曝光。初次曝光时，先使用便携式剂量率仪确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。

（6）正式探伤（涉源环节，产生X射线）

开始现场曝光前，对控制区和监督区进行巡查，确保在控制区内无任何人员、监督区内无公众人员。确认后，才向操作人员发出曝光指令，进行正式探伤。操作人员做好隐蔽，设置好曝光参数，进行曝光前的警示，通过控制器控制射线出束。

（7）现场监测

探伤前，应监测监督区和控制区边界距地1m高处的环境 γ 辐射剂量率；

初次曝光时，先使用便携式剂量率仪确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。

正式探伤时，应使用便携式剂量率仪对两区边界进行巡检。

（8）探伤结束

探伤结束后，使用便携式剂量率仪确认探伤装置已关闭，工作人员收起设备、撤除警戒。

深圳南瑞科技有限公司

辐射工作人员培训制度

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

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

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

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

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

5、辐射安全培训的有效期为 5 年，到期后应重新参加培训。

深圳南瑞科技有限公司

辐射监测计划

一、个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

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

二、年度监测

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，并当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

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

三、日常监测

日常监测按照操作规程进行。

深圳南瑞科技有限公司

辐射工作人员职业健康监护和个人剂量管理要求

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

一、职业健康监护要求

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

二、个人剂量管理要求

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，委托具备资质的个人剂量监测技术服务机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，监测周期最长不超过 3 个月，按要求建立个人剂量档案。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

三、档案管理要求

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求，职业照射的记录必须为每一位工作人员都保存职业照射记录，职业照射记录应包括：

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

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

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

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

(5) 职业照射个人剂量档案应终身保存。

深圳南瑞科技有限公司

辐射防护与安全年度评估报告制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《国务院第 449 号令》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 18 号）的要求，辐射安全许可证持证单位应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估。

我单位应按照法律法规执行，于每年 1 月 31 日前通过国家核技术利用辐射安全申报系统向发证机关提交上一年度的评估报告。

1、辐射安全和防护年度评估报告应包含以下内容：

- （1）单位基本信息；
- （2）相关法律法规执行情况；
- （3）放射性同位素进出口、转让或者送贮情况及放射性同位素和射线装置台帐；
- （4）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （5）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实；
- （6）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况；
- （7）辐射工作人员管理；
- （8）档案管理；
- （9）辐射事故和应急响应；
- （10）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- （11）存在的安全隐患及其整改情况；
- （12）评估结论。

2、有关要求

（1）辐射环境检测报告要求

辐射环境检测报告作为《辐射安全和防护年度评估报告》的附件上报，必需由具有 CMA 资质的单位出具（其中，环境 X、 γ 辐射剂量率检测方法应执行 HJ1157-2021 和 GBZ117-2022 标准要求）。

（2）报送要求

应于每年 1 月 31 日前通过国家核技术利用辐射安全申报系统向原发证机关提交上一年度的评估报告。

(3) 其他要求

①应当从保障工作人员、公众健康和环境安全的高度，充分认识到辐射安全工作的社会责任，认真开展自我评估工作，重点清查安全隐患，自觉整改；

②评估报告须加盖骑缝章；

深圳南瑞科技有限公司

射线装置维修维护制度

(1) 维修维护对象仅限于本公司设备以及购买本公司设备并取得了辐射安全许可证的使用单位。由客户单位提出诉求后，应将设备送回建设单位进行维修维护。

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

(3) 维修维护前应采取可靠的断电措施，切断需检修设备的电源，并经启动复查确认无电后，拔下射线装置电源钥匙，做好现场管控。

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

(4) 当发现设备有故障或损坏需更维修时，应保证所更换的零部件为合格产品。与射线发生器相关的维修，需由射线发生器生产厂家负责。

(5) 维护后通电测试前，应确保安全联锁系统、急停按钮等已正常启动，严禁在辐射安全与防护设施未启动状态下开机进行测试。

(6) 做好设备维修维护记录。

深圳南瑞科技有限公司

射线装置生产、销售管理和台账制度

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

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

(3) 为确保辐射安全性，组装过程严禁通电。

(4) 建设生产和销售台账（见附件 6），记录无人机探伤装置生产和销售全过程；

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

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

(7) 购买使用本项目销售的无人机机载探伤装置的客户单位，应按要求先进行环境影响评价和申领辐射安全许可证，取得相应资质后方可发货。

深圳南瑞科技有限公司

移动式探伤工作登记制度

(1) 管理机构负责射线装置使用台账的建立和管理，做到台账清晰，账物对应。射线装置台账实行动态管理，及时更新，准确记录设备变更情况。

(2) 操作人员在使用射线装置填写《射线装置使用台帐》。操作过程中如遇到故障或异常情况，必须详细记录在《射线装置使用台帐》的使用情况记录栏中。《射线装置使用台帐》所有内容务必如实填写，不得模糊不清。

(3) 射线装置的领用和归还需要进行卷记，登记内容包括领用的时间、设备编号、型号、探伤地点、探伤时间，每次领用均需要管理人员和领用人员同时签名确认。

(4) 每次使用完毕后应及时归还，归还时还需要管理人员和归还人员同时签名确认归还。

(5) 工作前，需要使用便携式剂量率仪检测控制区和监督区本底值，并记录在登记表中。

(6) 工作时，使用便携式剂量率仪检测并记录控制区边界和监督区边界的剂量率，根据实际情况调整控制区和监督区边界。

深圳南瑞科技有限公司

辐射事故应急处理预案

一、总则

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

二、事故应急机构及其职责

1.事故应急机构及应急联系电话

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

小组成员	姓名	职务	应急联系电话
组长	李辉	总工程师	
成员	刘晓铭	副经理	
	谢芬	工程师	
	谢永麟	工程师	
	杨明鑫	工程师	

外部相关单位应急联系电话：

相关单位	应急联系电话
生态环境咨询热线电话	12345
卫生咨询热线电话	12320
公安局、消防救援大队	110、119
急救	120

2.人员职责

辐射事故应急小组的组长为辐射事故应急第一责任人。主要职责为：

- (1) 贯彻执行国家和辐射事故应急处理工作的法律、法规及方针政策；
- (2) 负责公司辐射事故应急处理预案的审定和组织实施；
- (3) 组织、协调和指挥公司应急准备和应急响应工作，包括组织事故调查、评价，

审定事故应急处理报告等工作；

(4) 发生辐射应急处理事故时，向生态环境主管部门和卫生部门报告工作。

其他成员主要职责为：

(1) 定期组织开展辐射应急培训及演练。

(2) 发生辐射应急处理事故时，及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查，出现事故后应尽快有组织有计划的处理，减少事故损失。

(3) 向辐射事故应急小组和公司最高主管报告应急处理工作情况提出控制辐射事故危害，保障员工安全与健康，保护环境等措施建议

(4) 协助上级应急监测组开展辐射监测和评价工作。

(5) 事故处理后对于辐射事故进行记录及整理相关资料。

三、应急启动程序

发生下列情况之一，应立即启动本预案：

研发和成像质量验证时：

a) 门机联锁装置发生故障，防护门没有关到位的情况开启探伤装置，导致铅箱外的人员受到误照射；

b) 维修过程中，未取出探伤装置上的电源，导致维修人员误触出束，受到意外照射；

在移动式探伤时：

a) 探伤现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界辐射水平进行监测，导致工作人员和周围公众受到不必要的照射；

b) 对现场管理不到位，射线出束时有工作人员滞留控制区，导致工作人员受到不必要的照射；

c) 进行移动式探伤时，无人机未上升至既定位置，设备已开机出束，使人员受到不必要的照射；进行移动式探伤时，无人机平衡装置失效，有用线束向下照射，导致地面操作人员受到意外照射。

四、应急处理程序和报告程序

（一）应急处理：

（1）事故发生后，当事人应立即切断射线装置的电源，立即报告辐射事故应急小组，由应急小组有关部门和人员进行辐射事故应急处理，负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作。

（2）辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量报警仪或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量。

（3）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。

（4）负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延，防止演变成公共事件。

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

（二）事故报告：

（1）事故发生后，第一时间将事故情况通过电话上报当地生态环境局。

（2）有人员受到辐射照射，应第一时间卫生健康部门报告，请求医疗专业的救助。

（3）在两个小时内填写《辐射事故初始报告表》，交分管生态环境部门，请求协助处理事故。

（4）如涉及射线装置被盗或被故意伤害等，应立即上报公安机关请求协助。

五、辐射事故分类与应急原则

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

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

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

本单位可能发生的辐射事故使人员受到的意外照射量未超过年剂量限值，参照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第 40 条的分级规定评估各种事故可能的类别，事故类型不超过一般辐射事故。

辐射事故应急救援应遵循的原则：

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

六、人员培训和演习计划

（一）辐射安全事故相关应急人员须经过培训，培训内容应包括辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预案执行步骤等；

（二）辐射安全事故应急处理小组须定期（每年一次）组织应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

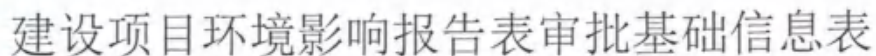
七、辐射事故的调查

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

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

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

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

[illegible]

	废气	氮氧化物														
		颗粒物														
		挥发性有机物														
		铅														
		汞														
		镉														
		铬														
		类金属砷														
		其他特征污染物														
项目涉及法律法规规定的保护区情况	影响及主要措施		名称		级别	主要保护对象 (目标)	工程影响情况	是否占用	占用面积 (公顷)	生态防护措施						
	生态保护目标									☐ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建 (多选)						
	生态保护红线									☐ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建 (多选)						
	自然保护区									☒ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建 (多选)						
	饮用水水源保护区 (地表)		一般监管区			/		否		☒ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建 (多选)						
	饮用水水源保护区 (地下)		一般监管区			/		否		☒ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建 (多选)						
	风景名胜区分区									☐ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建 (多选)						
主要原料及燃料信息	其他									☐ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建 (多选)						
	主要原料								主要燃料							
	序号	名称	年最大使用量	计量单位	有毒有害物质及含量 (%)		序号	名称	灰分 (%)	硫分 (%)	年最大使用量	计量单位				
大气污染治理与排放信息	有组织排放 (主要排放口)	序号 (编号)	排放口名称	排气筒高度 (米)	污染防治设施工艺			生产设施		污染物排放						
					序号 (编号)	名称	污染防治设施处理效率	序号 (编号)	名称	污染物种类	排放浓度 (毫克/立方米)	排放速率 (千克/小时)	排放量 (吨/年)	排放标准名称		
	无组织排放	序号		无组织排放源名称					污染物种类	排放浓度 (毫克/立方米)	排放标准名称					
车间或生产设施排放口	序号 (编号)	排放口名称	废水类别	污染防治设施工艺			排放去向	污染物排放								
				序号 (编号)	名称	污染治理设施处理水量 (吨/小时)		污染物种类	排放浓度 (毫克/升)	排放量 (吨/年)	排放标准名称					
	序号			接纳污水处理厂			污染物排放									

水污染防治与排放信息（主要排放口）	总排放口（间接排放）	（编号）	排放口名称	污染防治设施工艺		污染防治设施处理水量（吨/小时）	名称	编号	适用标准名称	污染物种类	排放浓度（毫克/升）	排放量（吨/年）	排放标准名称	
	总排放口（直接排放）	序号（编号）	排放口名称	污染防治设施工艺		污染防治设施处理水量（吨/小时）		受纳水体		污染物排放				
								名称	功能类别	污染物种类	排放浓度（毫克/升）	排放量（吨/年）	排放标准名称	
固体废物信息	废物类型	序号	名称	产生环节及装置		危险废物特性		危险废物代码	产生量（吨/年）	贮存设施名称	贮存能力	自行利用工艺	自行处置工艺	是否外委处置
	一般工业固体废物													
	危险废物													