

编号: GDHL-2024-H003

核技术利用建设项目

南方电网通用航空服务有限公司

核技术利用建设项目

环境影响报告表

(公示稿)

南方电网通用航空服务有限公司



核技术利用建设项目

南方电网通用航空服务有限公司

核技术利用建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：南方电网通用航空服务有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：广州市黄埔区香山路3号

邮政编码：510700

联系人：张裕

电子邮箱：

联系电话：



建设项目环境影响报告书（表） 编制情况承诺书

本单位 广东核力工程勘察院（统一社会信用代码 91440114732978055B）郑重承诺：本单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于该条第二款所列单位；本次在环境影响评价信用平台提交的由本单位主持编制的南方电网通用航空服务有限公司核技术利用建设项目项目环境影响报告表基本情况信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密；该项目环境影响报告表的编制主持人为张腊根（环境影响评价工程师职业资格证书管理号 06354443505440237，信用编号 BH023350），主要编制人员包括张腊根（信用编号 BH023350）、谢冠成（信用编号 BH053408）等 2 人，上述人员均为本单位全职人员；本单位和上述编制人员未被列入《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》规定的限期整改名单、环境影响评价失信“黑名单”。

承诺单位(公章)：广东核力工程勘察院



2024年12月23日

编制单位和编制人员情况表

项目编号	h2kd93		
建设项目名称	南方电网通用航空服务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）	南方电网通用航空服务有限公司		
统一社会信用代码	91530000MA6MYLGN0A		
法定代表人（签章）	陈世勇		
主要负责人（签字）	陈彦州		
直接负责的主管人员（签字）	张裕		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	广东核力工程勘察院		
统一社会信用代码	91440114732978055B		
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
张腊根	06354443505440237	BH023350	张腊根
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张腊根	项目基本情况、辐射安全与防护、环境影响分析、评价依据、保护目标与评价标准等	BH023350	张腊根
谢冠成	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）、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全管理、结论与建议等	BH053408	谢冠成

本证书由中华人民共和国人事部和环境保护总局批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试合格，取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Personnel

The People's Republic of China



State Environmental Protection Administration

The People's Republic of China

编号:

No.: 0004681



持证人签名:

Signature of the Bearer

管理号: 06354443505440237
File No.:

姓名:

Full Name 张腊根

性别:

男

Sex

出生年月:

Date of Birth 1974年12月

专业类别:

批准日期:

Approval Date 2006年05月14日

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2006 年 08 月 10 日

Issued on



目 录

表 1. 项目基本情况	- 1 -
表 2. 放射源	- 6 -
表 3. 非密封放射性物质	- 6 -
表 4. 射线装置	- 7 -
表 5. 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 7 -
表 6. 评价依据	- 8 -
表 7. 保护目标与评价标准	- 10 -
表 8. 环境质量和辐射现状	- 14 -
表 9. 项目工程分析与源项	- 16 -
表 10. 辐射安全与防护	- 26 -
表 11. 环境影响分析	- 35 -
表 12. 辐射安全管理	- 51 -
表 13. 结论与建议	- 56 -
表 14. 审批	- 59 -
附件 1 环评委托书	- 60 -
附件 2 无人机 X 射线探伤装置租房合同（部分关键页）	- 61 -
附件 3 建设单位辐射安全管理相关制度	- 68 -
附件 4 辐射事故应急处理预案	- 94 -
附图 1 无人机 X 光探伤装置存放地点地理位置图	- 101 -
附图 2 存放地点周边环境关系图	- 102 -
附图 3 存放场所所在楼层平面布置图	- 103 -

表 1. 项目基本情况

建设项目名称		南方电网通用航空服务有限公司核技术利用建设项目			
建设单位		南方电网通用航空服务有限公司			
法人代表	陈世勇	联系人	张裕	联系电话	**
注册地址		广州市南沙区横沥镇明珠一街 1 号 404 房 A207（仅限办公）			
项目建设地点		无人机 X 光探伤装置存放地点位于广东省广州市黄埔区香山路 3 号邦德能源科技园 B 座 3 楼 342 仓库；现场探伤地点为南方电网系统供电区域覆盖省份（广东、广西、海南、云南和贵州五省），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）		*	项目环保投资（万元）	*	投资比例（环保投资/总投资）
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		
		☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
	非密封放射性物质	☐ 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

南方电网通用航空服务有限公司是南方电网产业投资集团有限责任公司全资子公司，定位为南方电网网级智能巡检和特种作业的专业化通航科技平台公司，负责整合南方电网公司通航业务资源，助力公司数字电网运营商转型。

南网通航公司主要发展五大业务板块，分别为智能巡检、数据分析、数字产品、应急服务、智慧物流业务板块，聚焦输配电数字巡检核心业务，积极构建以无人机为基础的能源业务生态，打造通用航空领域国家级专精特新企业。公司已建立专业的数据分析团队，具备南网最齐全的机巡大数据分析能力，有效支撑线路运维消缺和电网安全运行，拥有国内电网企业唯一“电力大件运输总承包甲级资质”，配有经验丰富的特种运输作业团队，可承接大型

电力设备运输业务。

1.2 项目由来

为了满足南方电网通用航空服务有限公司业务发展需求，满足电网系统电网架空线路野外探伤检测业务的需要，建立更加专业的无人机服务团队，提供无人机维保及检测等服务，提升野外作业效率，建设单位拟购置 3 台无人机 X 光探伤装置用于输电线路中耐张线夹及接续管的内部检测，无人机 X 光探伤装置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，对保障电网安全运行具有重要意义。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》第三条规定：“在中华人民共和国领域和中华人民共和国管辖的其他海域内建设对环境有影响的项目，应当依照本法进行环境影响评价。”根据《建设项目环境保护管理条例》第九条第一款规定：“依法应当编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目，建设单位应当在开工建设前将环境影响报告书、环境影响报告表报有审批权的环境保护行政主管部门审批；建设项目的环境影响评价文件未依法经审批部门审查或者审查后未批准的，建设单位不得开工建设。”根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第七条规定：“辐射工作单位在申请领取许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序的生态环境主管部门审批。”

对照《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，2017 年 第 66 号），本项目涉及的无人机 X 光探伤装置为 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 16 号令）规定，“使用 II 类射线装置的”应该编制环境影响报告表。

为此，受南方电网通用航空服务有限公司的委托，广东核力工程勘察院承担该项目的环评工作（委托书见附件 1）。我院接受委托后，组织相关人员通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成了《南方电网通用航空服务有限公司核技术利用建设项目环境影响报告表》。

1.3 本期建设内容与规模

建设单位拟使用 3 台无人机 X 光探伤装置，其中 2 台射线装置型号为 XRS3 型便携式 X 射线探伤机，其中 1 台射线装置型号为 XR150 型便携式 X 射线探伤机，所有探伤装置用到的无人机型号为 DJI FlyCart 30 型。根据南方电网的需求，对输电线路中耐张线夹及接续管开展无损探伤检测，具体的探伤场所不固定，现场探伤的地点为南方电网系统供电区域覆盖省份（广东、广西、海南、云南和贵州五省），无人机 X 光探伤装置不使用时存放于广东

省广州市黄埔区香山路3号邦德能源科技园B座3楼342仓库，建设单位在无人机X光探伤装置存放场所内不使用，且不调试X射线设备，并对暂存场所实行上锁和视频监控全覆盖管理。本次评价的射线装置见下表所示：

表 1-1 射线装置

序号	设备名称	X射线 型号	最大管 电压 (kV)	最大输 出电流 (mA)	数量	类别	定向/ 周向	备注
1	无人机 X 光 探伤装置	XRS3	270	0.25	2	II 类	定向	脉冲式
2	无人机 X 光 探伤装置	XR150	150	0.5	1	II 类	定向	脉冲式

1.4 项目周边环境概述

无人机 X 光探伤装置存放地点位于广东省广州市黄埔区香山路3号邦德能源科技园B座3楼342仓库（设备存放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）。地理位置图见附图1，周边环境关系图见附图2，存放场所所在楼层平面布置图见附图3。

建设单位现场探伤无确定的作业地点，根据业务需要，在项目现场对输电线路中耐张线夹及接续管的内部进行探伤，为不固定场所，远离居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所。

1.5 项目选址合理性分析

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，无实体边界项目视情况而定，应不低于100m范围。根据本项目环境影响分析章节确定的现场工作监督区的范围，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，取探伤机所在位置为中心外100m作为评价范围。

建设单位根据业务需要，在项目现场对输电线路中耐张线夹及接续管的内部进行探伤，为不固定场所，建设单位在进行探伤前，确认控制区和监督区范围内无居民区、学校等非人群密集和人员居留时间长的场所，确保无人机X光探伤装置出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，应划定区域，将无关人员疏散至

区域外，或使用其他探伤类型（超声波）进行探伤。

无人机 X 光探伤装置不使用时存放于广东省广州市黄埔区香山路 3 号邦德能源科技园 B 座 3 楼 342 仓库，设置有专用存储箱存放，配置防盗门及防盗窗，门上设置电离辐射警告标志，实施上锁管理，并设置监控系统，并安排人员对设备管理，有完善的无人机 X 光探伤装置的借出、使用、归还的台账登记，任何情况下，建设单位不在设备存放间使用射线装置，对周边环境无辐射影响。

综上所述，本项目选址合理。

1.6 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。目前南方电网大部分接续管探伤需要人工登塔作业，传统的作业方式缺点有：需要协调停电作业、停电周期短、工期紧；人工登塔作业、高空作业，有坠落风险；人员离射线源近，有辐射风险。

本项目利用无人机代替作业人员登塔，探伤过程无需对输电线路断电处理，保障了作业人员生命安全，提升作业效率，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，由于在设备使用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。建设单位在开展探伤作业过程中，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，可以将辐射产生的影响降至尽可能小。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。

1.7 产业政策符合性分析

建设单位拟使用无人机 X 光探伤装置，将用于耐张线夹及接续管开展 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“三十一、科技服务业 1、工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服

务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”项目。因此，本项目符合国家当前的产业政策。

1.8 原有核技术利用项目许可情况

南方电网通用航空服务有限公司截至目前尚未开展任何核技术利用项目工作，未取得《辐射安全许可证》。

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						
		以下空白						

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

表 3. 非密封放射性物质

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

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

表 4. 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大 能量（MeV）	额定电流（mA）/ 剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
	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(kV)	最大管电流(mA)	用途	工作场所	备注
1	无人机 X 光探伤装置	II 类	2	XRS3	270	0.25	无损检测	对输电线路中耐张线夹及接续管的内部进行探伤，为不固定场所	定向出束
2	无人机 X 光探伤装置	II 类	1	XR150	150	0.5	无损检测	对输电线路中耐张线夹及接续管的内部进行探伤，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）	最大靶电 流（μA）	中子强 度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
	无												
	以下空白												

表 5. 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
无								
以下空白								

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》（中华人民共和国主席令第九号，2014年修订，自2015年1月1日起施行）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第48号，2016年7月2日修订，2016年9月1日起施行，2018年12月29日修正）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第6号，2003年6月28日通过，2003年10月1日起施行）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（1998年11月29日国务院令第253号发布，根据2017年7月16日国务院第682号令修订，2017年10月1日施行）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005年9月14日中华人民共和国国务院令第449号公布，根据2014年7月29日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第一次修订，根据2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订）； (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号第一次修正，2017年12月20日经环境保护部令第47号第二次修正，2019年8月22日经生态环境部令第7号第三次修正，2021年1月4日经生态环境部令第20号第四次修正）； (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) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行）； (9) 《射线装置分类》（环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日公布实施）； (10) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（2019年8月19日会议审议通过，自2019年11月1日起施行）； (11) 《关于辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（国家生态环境部2019年第57号公告）； (12) 《广东省未成年人保护条例》（2009年1月1日实施）； (13) 《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）
------	--

	委员会令第7号，2024年2月1日起施行）； （14）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号，自2017年11月20日起实施）；
技术标准	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （2）《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）； （3）《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）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （6）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （7）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； （8）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）； （9）《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）。
其他	（1）项目委托书； （2）南方电网通用航空服务有限公司提供的资料； （3）《辐射防护导论》，方杰； （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）； （5）辐射防护手册（第一分册）； （6）辐射防护手册（第三分册）； （7）《2022年全国辐射环境质量报告》。

表 7. 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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，无实体边界项目视情况而定，应不低于 100m 范围。

根据第 11 章节环境影响分析确定的现场工作监督区的范围，确定本项目的评价范围为：射线装置距离监督区边界的最大距离大于 100m 的，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，应取射线装置所在位置为中心外 100m 作为评价范围。

7.2 保护目标

本项目为无人机 X 光现场探伤项目，探伤地点不固定。现场探伤时，划定控制区与监督区，并在地面设置警戒区，采取警戒线隔离、设置声光报警装置、专人巡护等安全防护措施以防止无关人员靠近。结合本项目的评价范围以及项目对于控制区、监督区的要求：禁止任何人进入控制区，无关人员禁止进入监督区。

因此，本项目评价范围内的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员及在现场探伤时监督区外的其他人员（公众成员）。本项目评价范围内的环境保护目标具体见表 7-1。

表 7-1 评价范围内环境保护目标一览表

场所名称	环境保护目标		相对方位	人数	照射情况	剂量约束值
不固定场所	职业人员	辐射工作人员	控制区边界外	4	职业照射	5mSv/a
	公众人员	偶尔经过或停留的其他非辐射工作人员	监督区边界外	流动人群	公众照射	0.25mSv/a

7.3 评价标准

(一) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

（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

根据核技术利用项目情况，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。

(二) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本项目采用无人机 X 光探伤装置进行野外现场检测作业，为移动式探伤，根据 GBZ117-2022，X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 7-2 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mGy/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5
注：本项目 XRS3 型无人机 X 光探伤装置最大管电压 270kV，最大管电流 0.25mA，属于 II 类射线装置；XR150 型无人机 X 光探伤装置最大管电压 150kV，最大管电流 0.5mA，属于 II 类射线装置。	

GBZ117-2022 对移动式探伤的放射防护要求如下：

（1）作业前准备

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）。

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。

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。

施。

(2) 分区设置

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。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

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。

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。

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。

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。

⑥ 每一个探伤作业班组应至少配备一台移动式 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 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。

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。

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。

⑩ 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 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。

(3) 安全警示

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。

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。

③ X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

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。

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。

(4) 边界巡查与检测

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。

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。

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。必要时应调整控制区的范围和边界。

④ 开始移动式探伤工作之前，应对移动式 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，移动式 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。

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移动式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

(5) 移动式探伤操作要求

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）。

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。

表 8. 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

无人机 X 光探伤装置存放地点位于广东省广州市黄埔区香山路 3 号邦德能源科技园 B 座 3 楼 342 仓库，地理位置见附图 1，无人机 X 光探伤装置存放地点周边环境关系图见附图 2，存放场所所在楼层平面布置图见附图 3。

建设单位根据业务需要，在项目现场对输电线路中耐张线夹及接续管的内部进行探伤，为不固定场所。

8.2 环境质量和辐射现状

本项目为采用无人机 X 光探伤装置进行现场检测项目，主要污染因子为电离辐射，对环境空气的影响很小，不会对水环境、声环境造成影响。由于本项目不涉及固定探伤室的建设，且作业位置不固定，故本次环评未开展辐射环境现状监测。

建设单位在南方电网系统供电区域覆盖省份（广东、广西、海南、云南和贵州五省）各地进行电网架空线路进行无损检测作业时，各检测现场的辐射环境本底剂量率参照生态环境部辐射环境监测技术中心的《2022 年全国辐射环境质量报告》自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值。

全国自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（48.9~273.0）nGy/h。其中广东省自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（65.4~143.3）nGy/h，广西自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（61.0~84.0）nGy/h，海南省自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（62.4~96.8）nGy/h，贵州省自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（63.0~90.8）nGy/h，云南省自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（57.9~120.4）nGy/h。

上述结果表明，环境 γ 辐射剂量率连续自动监测结果处于当地天然本底涨落范围内。

表 8-1 31 个省份环境γ辐射剂量率连续自动监测结果（未扣除仪器对宇宙射线的响应值）

单位：年均值，nGy/h；小时均值分布，%

省份	自动站数	年均值（D） 范围	小时均值分布			
			<D-10	[D-10, D+10]	(D+10,D+40]	>D+40
北京	7	61.0~90.0	0.0	98.9	1.0	0.1
天津	10	59.9~73.0	0.0	99.1	0.9	0.0
河北	13	63.4~92.1	0.0	99.0	1.0	0.1
山西	12	69.0~111.2	0.0	98.6	1.3	0.1
内蒙古	21	77.8~121.0	0.1	98.9	0.9	0.0
辽宁	22	65.0~108.5	0.1	98.1	1.7	0.1
吉林	16	64.3~99.8	0.1	97.9	1.9	0.0
黑龙江	27	64.1~94.4	3.9	94.0	2.0	0.0
上海	7	63.9~81.6	0.0	97.2	2.7	0.1
江苏	14	48.9~101.8	0.0	97.7	2.2	0.1
浙江	18	69.8~108.1	0.3	96.9	2.7	0.1
安徽	17	57.5~77.6	0.0	96.9	2.8	0.2
福建	9	82.9~111.7	0.0	97.5	2.3	0.2
江西	13	66.5~104.2	0.3	94.1	5.2	0.4
山东	15	59.8~101.4	0.0	98.5	1.5	0.1
河南	18	59.6~85.3	0.0	98.1	1.8	0.1
湖北	15	58.9~114.6	1.6	94.4	3.8	0.3
湖南	18	61.2~116.3	0.0	94.9	4.9	0.2
广东	29	65.4~143.3	0.6	95.6	3.7	0.1
广西	20	61.0~84.0	0.1	95.6	4.2	0.2
海南	13	62.4~96.8	0.0	97.3	2.6	0.1
重庆	13	54.0~87.2	0.0	94.9	4.7	0.4
四川	27	61.9~151.8	0.1	96.1	3.5	0.3
贵州	10	63.0~90.8	0.8	93.0	5.9	0.2
云南	27	57.9~120.4	0.3	96.6	3.1	0.1
西藏	9	153.0~207.0	0.1	96.6	3.3	0.0
陕西	12	76.9~93.4	0.3	97.3	2.2	0.1
甘肃	24	81.4~132.2	0.0	99.0	1.0	0.0
青海	10	91.4~181.3	0.1	98.4	1.5	0.0
宁夏	6	82.5~92.6	0.0	99.1	0.8	0.0
新疆	25	54.2~273.0	1.8	97.1	1.2	0.0

表 9. 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

建设单位拟使用的无人机 X 光探伤装置由无人机、X 射线机（XRS3 型、XR150 型）、无人机遥控器、成像板、快拆模块、通信模块、小云台相机以及成像软件等组成。快拆模块用于装载 X 射线机至无人机上，无人机 X 光探伤装置储存时可通过快拆模块卸载 X 射线机；小云台相机用以辅助 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。

快拆模块示意图见图 9.1-1，显示器示意图见图 9.1-2，设备主要部件见图 9.1-3，X 射线机（XRS3 型）控制模块示意图见图 9.1-4，X 射线机外形示意图见图 9.1-5。



图 9.1-1 快拆模块示意图



图 9.1-2 显示器示意图



图 9.1-3 设备主要部件示意图



图 9.1-4 XRS3 型脉冲式 X 射线机控制模块示意图



图 9.1-5 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 光探伤装置涉及出束的 XRS3 型、XR150 型 X 射线机主要参数见表 9-1。

表 9-1 本项目无人机 X 光探伤装置主要参数表

序号	1	2
设备名称	无人机 X 光探伤装置	无人机 X 光探伤装置
X 射线机型号	XRS3	XR150
最大管电压(kV)	270kV	150kV
最大管电流(mA)	0.25mA	0.5mA
周向/定向	定向	定向
X 射线过滤材料	材料：铜，厚度：1.5 mm	材料：铜，厚度：1.5 mm
脉冲率	15 脉冲/秒	10 脉冲/秒
单次出束最大脉冲数	50	50
脉冲宽度	25 纳秒	50 纳秒
射线源至工件距离 (m)	2	2
X 射线剂量（设备前方 12 英寸—30.48cm 处）	2 mR ~ 4.3mR/脉冲	2.0mR~2.8 mR/脉冲
距辐射源点 1m 处最大输出量（ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ）	$7.56\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ③	$1.64\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ④
1m 处泄漏辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ） ⑤	5.0×10^3	2.5×10^3
辐射角	40°	40°
探测厚度	15~19mm（钢）	15~25mm（钢）

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根据厂家提供资料，XRS3 型 X 射线机每脉冲 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 $=15\times 4.3\times 10^{-3}\times 8.76\times 3600\times 10^3\times 0.3048^2\div 0.25=7.56\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

④根据厂家提供资料，XR150 型 X 射线机每脉冲 X 射线剂量（单元前 12 英寸）为 2mR-2.8mR（本项目取最大值 2.8mR），每秒 10 次脉冲， $1\text{R}=8.76\text{mGy}$ ，可得距辐射源点 1m 处的输出量 $=10\times 2.8\times 10^{-3}\times 8.76\times 3600\times 10^3\times 0.3048^2\div 0.5=1.64\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

⑤XRS3 型 X 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 $5.0\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；XR150 型 X 射线机最大管电压为 150kV，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 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

9.1.2 工作原理

本项目 XRS3 型、XR150 型脉冲 X 射线探伤机是利用高压纳秒脉冲，加到冷阴极 X 光管上产生 X 射线。本项目 X 射线探伤机的核心部件就是冷阴极 X 射线管。冷阴极 X 射线管是一个内真空的玻璃管，它由阴极、阳极、绝缘体三个部分组成。它不需要加热，是 X 射线管简化。只要在阴、阳极间加上脉冲高压，就能引起阴极等离子场发射，产生大量电子，在电场作用下打到阳极上产生 X 射线。由于在纳秒脉冲高压下，绝缘体和真空的电场强度有很大提高，从而使 X 光管可做得很小。本项目设备阳极采用钨针，阴极是一片带孔的钢片，孔口为锐利的刀刃形，有利于发射电子，其工作原理示意图见图 9.1-6。

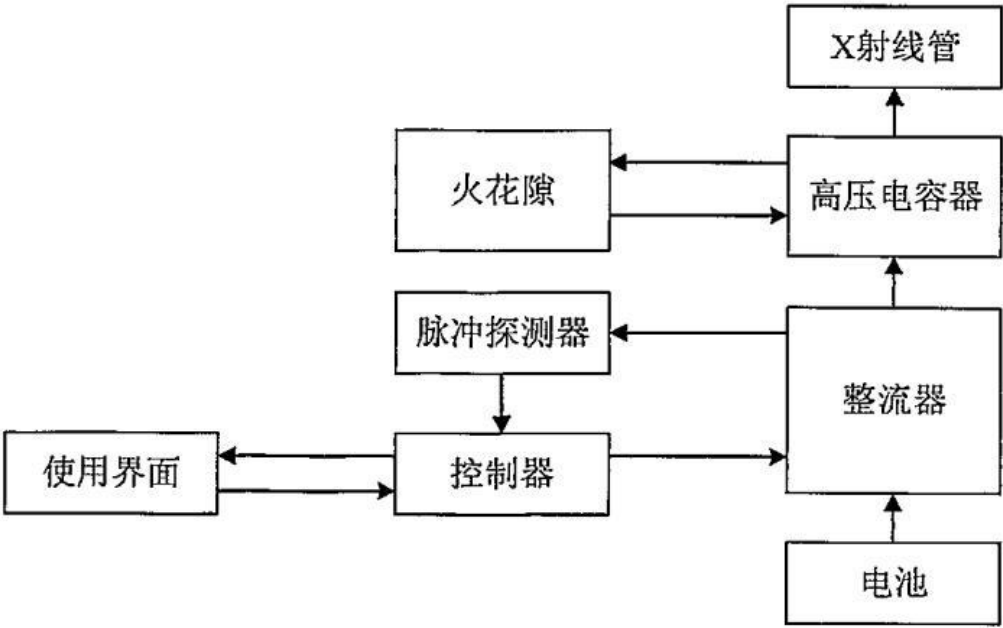


图 9.1-6 脉冲 X 射线探伤机工作原理示意图

X 射线探伤机主要是利用 X 射线管产生的 X 射线透照被检测时，在被检物的缺陷部位和其他部位射线减弱的程度会不同。探伤机根据这一原理，记录被检物信息，根据其影像黑度获得被检物的有关信息，将被检物中的缺陷显现出来，以确定缺陷的位置、大小、形状和种类。检测过程中，X 射线检测装置放在探伤工件的一侧，数字探测器处于探伤工件及 X 射线探伤装置的正前方，处于同一直线上，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，当射线出束时就可以得到与厚度分布相应的强度分布，反映到非晶硅面阵列平板数字探测器上，再传输至笔记本电脑工作站。当耐张线夹压接线缆断裂、有缝隙时，可透过的射线强度越大、探测器感光量

越大，从而可以从探测器曝光强度的差异，从数字图像清晰地判断被检耐张线夹是否存在缺陷或损坏。装置在非曝光时不产生 X 射线。

9.1.3 工作流程及产污环节

建设单位接到任务后，组织相应的辐射工作人员开展工作，流程如下：

1、设备出库。根据现场探伤作业方案，辐射工作人员办理探伤设备借用手续并填写出库记录，领取足够的现场探伤所需防护用品，如便携式 X- γ 辐射剂量率监测设备 1 台、个人剂量报警仪（1 台/人）、个人剂量计（1 台/人）、对讲装置（1 台/人）、反光警戒线、照明设施、“禁止进入射线工作区”、“无关人员禁止入内”警告牌、“小心电离辐射”标识、提示状态的指示灯和声音提示装置等。根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，经过管理员确认后，领取无人机设备。每名辐射工作人员需正确佩戴个人剂量计。

2、运输。公司配备专用车辆将探伤机运至探伤现场，至少安排 2 名操作人员随车押运，确保设备运输过程中的安全。

3、无人机 X 光探伤装置运至项目地后，本项目工作人员熟悉作业地点、工作条件和被检工件的基本信息，做好探伤作业前的准备工作。作业前在检测区域以及周边张贴射线作业公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制监督区范围、探伤单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。作业前准备工作包括：

①应根据探伤方案以及现场情况，划定作业场所控制区和监督区范围，并在相应边界设置电离辐射警示标识。

②根据现场探伤方案以及现场情况，准备记录管电压、曝光时间、脉冲数等参数。

③根据现场情况，工作区域划分应以在即将探伤的工作条件下，参照后文计算出的控制区和监督区的范围，预设出“两区”的范围，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，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；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。出束期间安排人员在监督区外巡视。

④初步确定现场二区边界时进行清场，确保场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，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。建设单

位在开展工作期间，使用的待测工件为压接线，出束方向水平，现场操作人员均位于控制区外，现场每组共配备 4 名辐射工作人员，其中 2 名辐射工作人员负责现场辐射安全管理工作，配置 1 台便携式巡测仪对控制区和监督区进行巡测，并确保探伤期间无人员误入作业区；另外 2 名为无人机 X 光探伤装置操作人员负责连接各部件、控制无人机的飞行、操控无人机、设置脉冲次数等操作。

确保探伤前各项准备工作完成后，即可开启设备电源，进行现场探伤工作。流程如下：

①开始探伤前应利用广播（或手持大功率喊话器等）告知即将开展探伤的场所，确认已经清场，避免有人员滞留控制区和监督区范围内，工作时间段为 20:00-06:00，工作期间保证有良好的照明。确认监督区内无无关人员和控制区内无人员后，1 名操作人员通过遥控器控制无人机-成像板飞至高压线上并固定，另外 1 名操作人员通过遥控器控制无人机-X 射线机飞至成像板前（根据建设单位提供资料，成像板设有专用固定部件，X 射线机距成像板约 2m）。操作人员可通过遥控器实时监控现场画面。4 名辐射工作人员每人各配备 1 台个人剂量报警仪，控制区内不能有人居住。试运行测量（根据建设单位提供资料，出束方向水平，XRS3 型试运行期间出束 15 次脉冲，出束时间为 $3.75 \times 10^{-7}s$ ；XR150 型试运行期间出束 10 次脉冲，出束时间为 $5.0 \times 10^{-7}s$ ）。本项目辐射安全管理员携带个人剂量报警仪（带剂量显示功能）、个人剂量计和辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行巡测，验证和修定，必要时重新确定控制区和监督区边界。测量控制区和监督区的实际剂量当量率后，如果不能满足“二区”设置要求，尽可能采取调整曝光方向等措施缩减二区范围。若采取上述措施后仍无法满足“二区”设置的剂量率要求，停止工作。

②核实“二区”设置满足要求后，辐射工作人员再次确认监督区和控制区内无关人员已全部清理离场，控制区内不能有人居住，正式曝光（根据建设单位提供资料，出束方向水平，XRS3 型正式运行期间出束 50 次脉冲，出束时间为 $1.25 \times 10^{-6}s$ ；XR150 型正式运行期间出束 50 次脉冲，出束时间为 $2.5 \times 10^{-6}s$ ），工作时辐射工作人员均位于控制区外。作业期间，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（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）。

③现场探伤完成后，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，辐射工作人员携带个人剂量报警仪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

光探伤装置，曝光结束，辐射工作人员解除警戒，清理现场。

现场相关记录（工作人员对 X 光片进行初步评判、设备运行记录、现场记录情况、公示材料等）应存档备查。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。设备连接方式见图 9.1-7，探伤期间现场示意图见 9.1-8，现场探伤流程及产污环节见图 9.1-9。

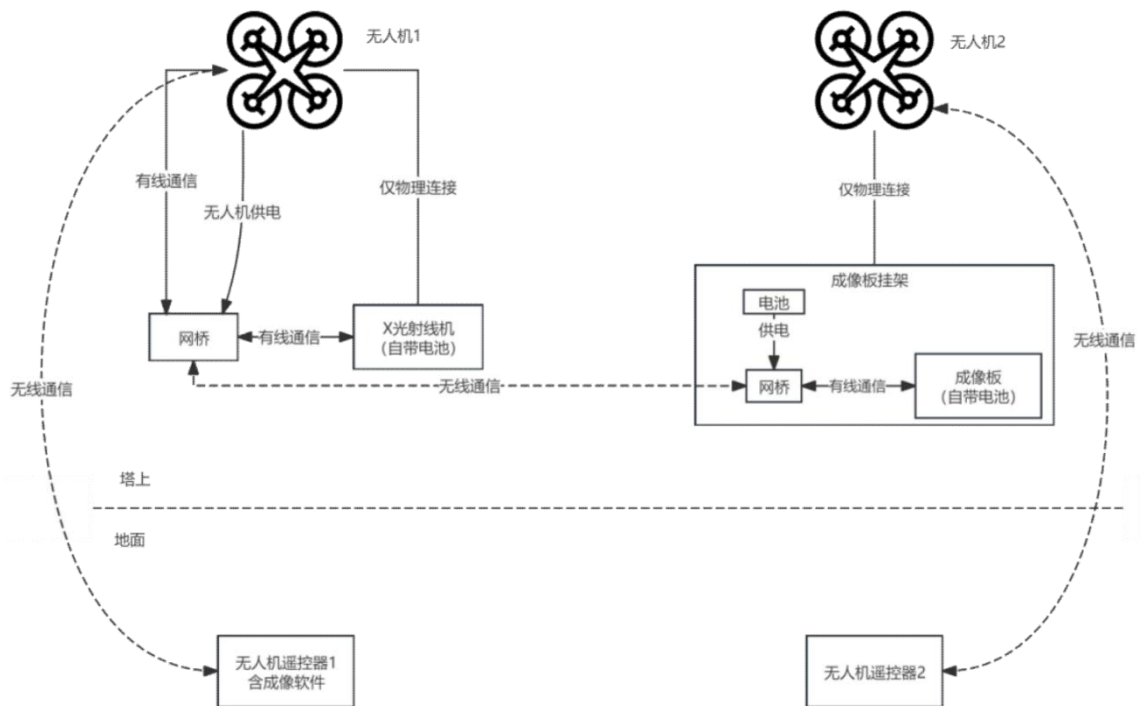


图 9.1-7 设备连接示意图

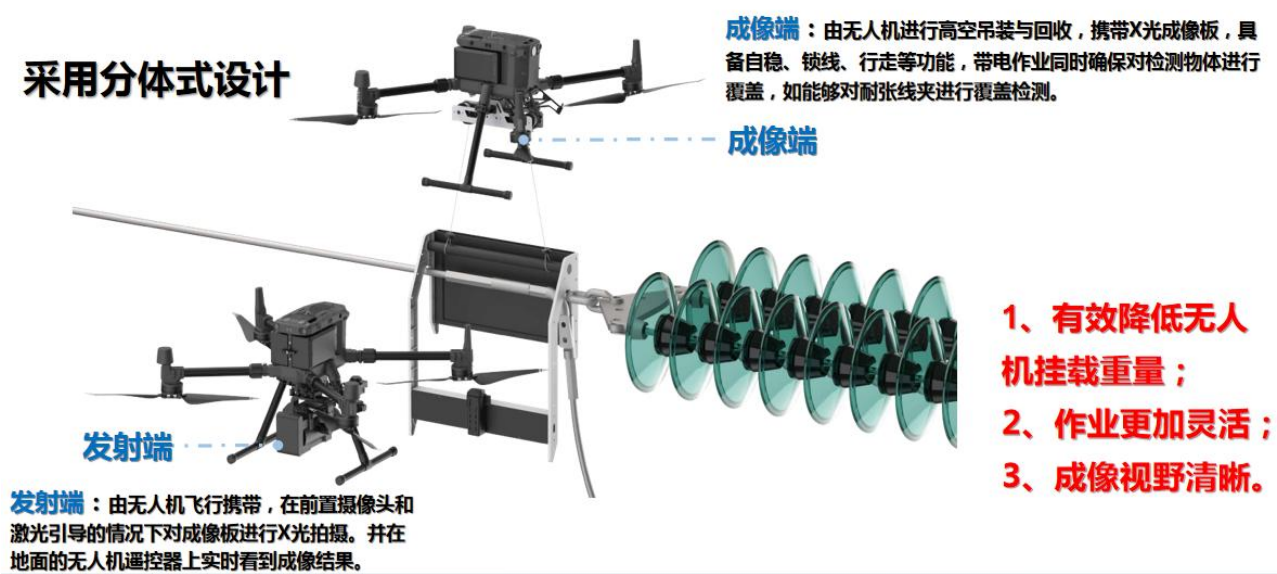


图 9.1-8 现场探伤示意图

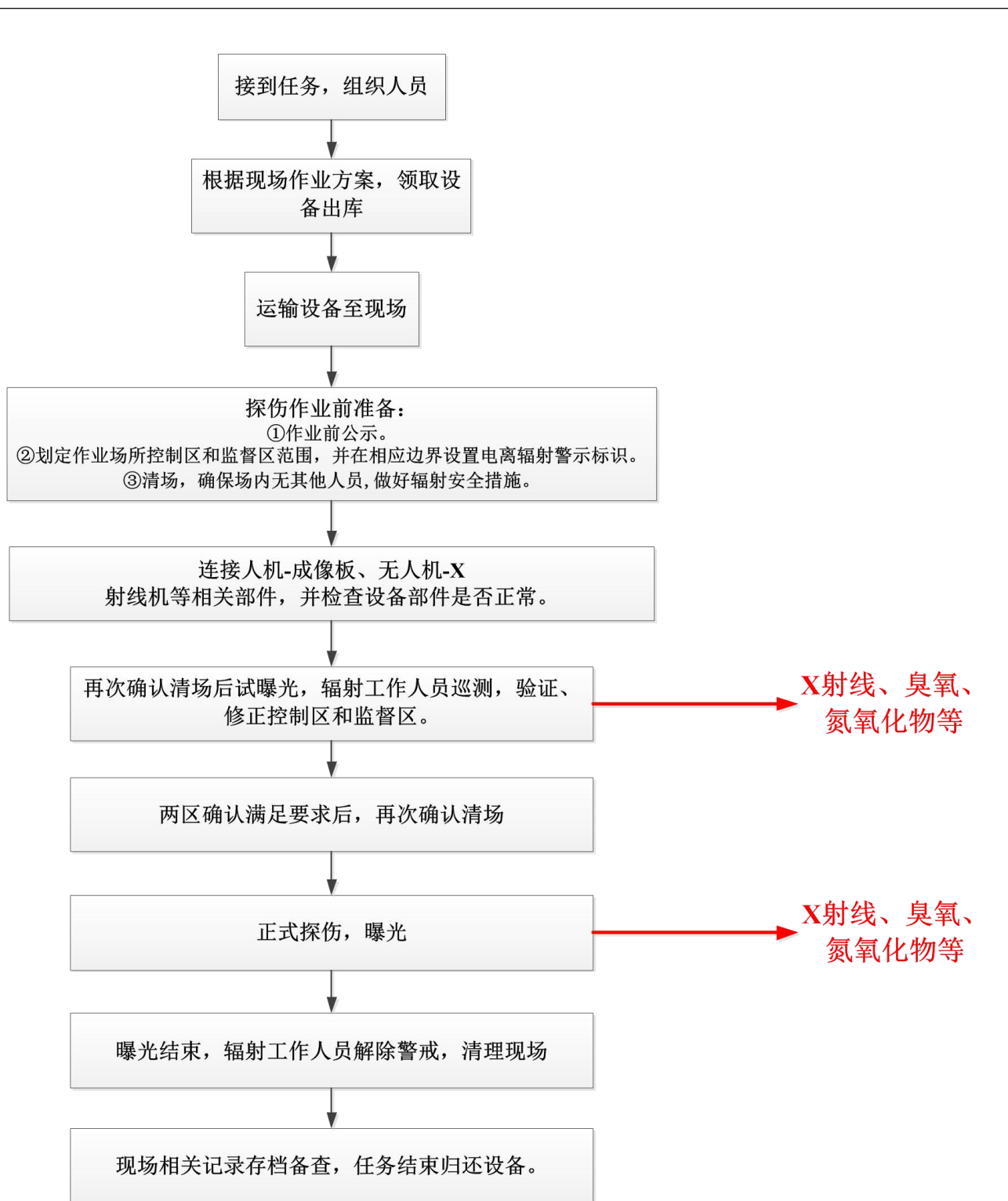


图 9.1-9 现场探伤流程及产污环节见图

9.1.4 人员配置

根据建设单位资料，现配置 2 组探伤工作组，每个探伤工作组共配置辐射工作人员 4 名，其中 2 名为操作人员，主要负责无人机 X 光探伤装置开关机、现场无人机 X 光探伤装

置工作时参数调整、操控无人机飞行，成像板和工件放置等工作；剩余 2 名工作人员主要负责无人机 X 光探伤装置探伤前，监督区及控制区大致划分，试运行期间时，持剂量率监测仪（便携式）对监督区及控制区精确划分；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。

针对本项目拟设置的详细劳动定员及工作制度情况见表 9-2。

表 9-2 本项目拟设置每组的劳动定员及工作制度计划表

工作	岗位	人员人数（人）	工作制度
现场探伤	操作人员	2	8 小时每天，180 天每年
	现场管理人员	2	

9.1.5 工作负荷

根据建设单位提供资料，每组每日最大工作量为 36 次，按 180 天/年工作制度预计每组全年开展探伤工作约 6500 次，正常工作状态下，XRS3 型探伤设备平均每次探伤最长出束时间（试曝光和正式曝光）为 $1.625 \times 10^{-6} \text{s}$ ；XR150 型探伤设备平均每次探伤最长出束时间（试曝光和正式曝光）为 $3 \times 10^{-6} \text{s}$ 。本项目射线装置最大工作负荷见表 9-3。

表 9-3 本项目射线装置最大工作负荷

射线装置型号	工作状态	平均每次射线装置出束时间（s）	年工作量（次）	年累计出束时间（s）
XRS3 型	试曝光	3.75×10^{-7}	6500	1.05625×10^{-2}
	正式曝光	1.25×10^{-6}		
XR150 型	试曝光	5.0×10^{-7}		1.95×10^{-2}
	正式曝光	2.5×10^{-6}		

9.2 污染源项描述

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X射线探伤机应用过程不产生放射性三废，包括废水、废气和固废。

9.2.1 正常工况

本项目的污染因子是X射线，无人机X光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射线束出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（待测工件等）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。

9.2.2 事故工况

①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。

②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）。

③探伤装置摆置不当，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。

④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。

表 10.辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 暂存场所布置

本项目为移动式探伤，探伤场所不固定。设备存放地点位于广东省广州市黄埔区香山路 3 号邦德能源科技园 B 座 3 楼 342 仓库，该房间只作设备存放用途，不进行设备调试及训机，设备采用专用存储箱存放。建设单位拟设计对设备间配置防盗门及防盗窗，门上设置电离辐射警告标志，并拟通过设置上锁，完善管理、使用、登记制度等做好对设备的管理。此外，设备间拟设置视频监控系统。

10.1.2 分区原则和区域划分情况

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）中的相关要求，本项目将无人机 X 光探伤装置作业场所划分为控制区和监督区，实施分区管理，并在相应的边界设置警示标识。

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，根据射线装置和被检物体的距离、照射方向等因素，利用现场地形、地物屏蔽，选择最佳的设备布置位置，对工作场所现场划定的控制区和监督区区域进行清场，射线工作期间操作辐射工作人员应撤离至控制区外安全区域，控制区不能有人员居留，不能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）本项目分区管理措施

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，现场工作前分区需根据理论计算（见第 11 章节环境影响分析内容），进行初步划分，试运行测量阶段需要使用便携式辐射剂量仪对现场进行测量，并根据测量情况进行准确划分。

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。探伤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工作人员操作位应位于控制区外，射线装置工作期间在控制区内不可同时进行其

他工作，不能有人居住。

④应采取适当的屏蔽措施，如利用场地墙体屏蔽等方式，使控制区尽可能小且范围适度。

⑤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，现场工作前分区需根据理论计算值（见第 11 章节环境影响分析内容）进行初步划分，试运行测量阶段需要使用便携式辐射剂量率仪对现场进行测量，并根据测量情况进行准确划分。

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。每次进行探伤前，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探伤工作，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，出束期间安排人员在监督区外巡视，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。当探伤装置的位置及射束方向发生变化时需要重新划定控制区与监督区，重新测量控制区和监督区实际的剂量当量率，并记录。达到预定脉冲数和曝光量后设备自动停止出束。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携带探伤装置离开现场。

10.1.3 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初步划分控制区和监督区后，试运行测量阶段需要进行控制区和监督区的精确划分：周围剂量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为监督区。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）；

④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。

10.1.4 探伤装置辐射安全与防护措施

无人机 X 光探伤装置固有安全性措施

①建设单位的无人机 X 光探伤装置遥控器面板中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 光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成像软件设置有安全联锁，只有 PSDK、MOP、成像板、X 射线机显示已连接设备才具备出束条件，且设备出束前有二次确认提示。以上任一状态未成功连接则设备无法出束。

③无人机 X 光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建设单位拟配备的无人机 X 光探伤装置每秒最多 15 次脉冲，单次出束脉冲数可设置范围为 0~50 个，设备不能一直连续发射脉冲。

⑤辐射工作人员在撤离至监督区外安全区域后再设置脉冲数，X 射线脉冲数达到预设的数值时设备自动停止发射脉冲。无人机 X 光探伤装置开机时，任何人员不得进入控制区，监督区边界设定 2 名巡测人员巡查看守。

10.1.5 人员培训

本项目拟配置 2 组人员，每组 4 名辐射工作人员负责野外探伤作业，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。

10.1.6 剂量监测、报警装置及其他防护装置配备

本项目拟为辐射工作人员配备个人剂量计（每个辐射工作人员均配备 1 个）及个人剂量报警仪（每个辐射工作人员均配备 1 个），要求在野外探伤工作期间必须佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，公司将委托第三方检测机构对本单位辐射岗位的工作人员进行个人剂量检测，辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计上岗，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。每个探伤作业组拟配备 1 台剂量率监测仪（便携式），用于无人机 X 光探伤装置辐射防护检测，在野外探伤工作期间，监测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。同时也配备其他防护装置，如警戒线、电离辐射警告标志等，详见表 10-1 所示。

表 10-1 防护装备、装置配备

序号	名称	拟配备情况	备注
1	个人剂量计	辐射工作人员每人一个， 每个季度定期送检一次	正确佩戴个人剂量计
2	个人剂量报警仪	辐射工作人员每人一个	正确佩戴个人剂量报警仪
3	剂量率监测仪 （便携式）	每个作业组配备 1 台	防止工作人员受到事故剂量照射。
4	电离辐射警告标志	若干	用于现场作业对公众电离辐射警示
5	对讲机	辐射工作人员每人一个	用于作业组之间实时联络
6	照明灯	若干	用于视线不清时照明使用
7	声光报警装置	每个作业组配备 1 台	射线装置出束提示
8	警戒线	若干	在控制区和监督区边界用警戒线围住

10.1.7 辐射设备检查与维护

（1）设备检查

每次工作开始前应，工作人员应对辐射被进行检查，检查内容包括以下几个方面：

- ①无人机 X 射线探伤设备外观是否存在可见的损坏；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；
- ③报警设备和警示灯是否正常运行；
- ④螺栓等连接件是否连接良好。

(2) 设备维护

①建设单位应对本项目的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由设备厂家制造商进行；

②设备维护包括 X 射线探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；

③当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件都来自设备厂家制造商；

④做好维护记录；

10.1.8 运输和储存

1、运输

(1) 无人机 X 光探伤装置

无人机 X 光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 2 名操作人员随车押运。

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、存储

本项目无人机 X 光探伤装置存放地点位于广东省广州市黄埔区香山路 3 号邦德能源科技园 B 座 3 楼 342 仓库。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 光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，野外探伤作业完毕后，设备需及时送回公司 F 栋一层设备间。

②限制使用

a.无人机 X 光探伤装置无人机、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。

⑦安装监控系统：在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。

10.1.9 跨省异地检测作业管理

根据建设单位介绍，项目将会根据业务需求，会对南方电网五省各地进行电网架空线路进行无损检测作业，在跨省异地开展现场检测作业前，建设单位应当按照各省放射源异地使用的辐射安全管理相关要求执行，报当地生态环境主管部门，按管理部门要求做好相关备案及现场安全管理，确保检测现场环境的辐射安全和公众健康。

10.1.10 其他安全管理措施

（1）作业期间，辐射工作人员应利用现场周围设施防护，如墙体、拐角等有利地形，因地制宜，选择有利地形，有效地降低射线对人体的照射剂量。

（2）确定监测方案

根据每次野外探伤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）无人机飞行培训防护

辐射工作人员在设备厂家的培训下，能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辐射安全与防护培训，熟悉现场操作规程，且每次头脑上千，辐射工作人员均提前制定工作计划，做好充分准备，操作时无误操作。

（4）外地存储的安保要求

跨省异地作业后，设备存放于外省分公司相对应的设备储存间，储存间内设置视频监控，设置防盗上锁措施，设置相关出入库登记。

10.2 项目与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）符合性分析

本项目对照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），对现场工作辐射安全与防护措施进行符合性分析评价，详见表 10-2。

表 10-2 对照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）符合性分析评价

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）	本项目	是否符合标准要求
应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	建设单位拟为每位辐射安全工作人员配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	符合
应制定辐射事故应急预案。	建设单位已制定有辐射事故应急预案，详见附件 4。	符合
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）。	建设单位在实施移动式探伤工作之前，会充分考虑工作地点的选择、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、作业空间等因素制定现场探伤作业方案，以保证实现安全操作。	符合
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。	建设单位设置现场探伤作业组，作业组至少 4 人一组，确保开展移动式探伤工作的每台探伤机安全使用。	符合
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。	建设单位拟在现场探伤作业前，提前做好作业方案，到达现场后对现场作业的具体情况进行通告，人员清场，并在控制区和监督区边界设立相应的警告牌，设置声光报警装置，设专人警戒。	符合
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。	现场探伤作业前辐射工作人员在控制区边界上设置明显的警戒线，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。	符合
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。	辐射工作人员会根据现场两区的分布拉起警戒线，以免造成辐射事故。	符合
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。	本项目现场探伤作业工作过程中，不进行其他工作，本项目无人机 X 光探伤装置出束方向保持水平，无人机高空探伤作业，无法设置铅板等局部屏蔽措施。	符合

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。	建设单位为每一个探伤作业班组配备一台便携式 X-γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作，并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。	符合
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。	辐射工作人员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。	符合
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。	本项目会将控制区边界外，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，同时设置专人警戒。	符合
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。	本项目辐射工作人员可通过遥控器控制无人机 X 光射线装置出束。	符合
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。	建设单位拟配备有声光报警装置，无人机 X 光探伤装置出束时会发出声音警示，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”信号有明显的区别。	符合
警示信号指示装置应与探伤机联锁。	建设单位拟配备的 X 射线装置有警示信号联锁接口。	符合
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。	根据现场情况调节报警信号音量大小以便控制区所有边界能清楚听见。	符合
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。	控制区边缘用红色警戒线围住，周围张贴“禁止进入射线工作区”的警告牌及电离辐射标志，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。	符合
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。	根据射线装置与被检物体的距离、脉冲数等因素及现场实际情况选择最佳设备布置，并采取适当的防护措施。	符合
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。	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，控制区范围内设置良好的照明。	符合

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。	建设单位在试运行或曝光时，将使用监测仪器进行检测，测量控制区的边界是否满足要求，会根据实际情况调整控制区的范围和边界。	符合
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。	辐射工作人员在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。	符合
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。	辐射工作人员现场探伤作业期间，将佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪（带剂量显示功能），两者均使用。	符合

通过以上分析可知，本项目现场工作辐射安全与防护措施可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

10.3 三废的治理

建设单位无人机 X 光探伤装置使用过程中无放射性废气、废液及固体废物产生。无人机 X 光探伤装置的 X 射线管达到使用寿命后，建设单位将射线装置返回原厂家更换，设备达到使用寿命后，将按要求对设备进行报废处理。

无人机 X 光探伤装置在开机状态下，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，本项目在野外作业，利于上述有害气体的扩散，对周围环境和人员影响甚微。

本项目检测结果以数字成像形式实时呈现和储存在电脑中，不进行洗片，因此不产生废显（定）影液和废胶片等废物。

表 11.环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目无人机 X 光探伤装置的存放地点位于广州市黄埔区香山路 3 号邦德能源科技园 B 座 3 楼 342 仓库，探伤装置只有在通电状态下才会产生 X 射线，同时，本项目为野外现场无损检测，检测对象为电网系统输电线路，属于高空检测作业，不存在施工期环境影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 野外现场检测辐射影响分析

本次评价通过理论计算评价方法来预测无人机 X 光探伤装置现场无损检测过程中的辐射环境影响。本项目使用的 XRS3 型无人机 X 光探伤装置，最大管电压 270kV，最大管电流 0.25mA；使用的 XR150 型的无人机 X 光探伤装置，最大管电压 150kV，最大管电流 0.5mA。

（1）作业现场控制区和监督区的理论划分

本项目每周实际出束时间不满 7h，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）7.2.2 条要求：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。

在野外实际检测过程中，本项目无人机 X 光探伤装置的有用线束射向所检查的工件（架空线路）。在此基础上，建设单位须严格遵守《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），利用辐射剂量仪将作业现场中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv}$ 的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）7.2.8 条规定：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。因此，本项目监督区范围为：周围剂量当量率 $>2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域。

（2）作业现场控制区和监督区距离理论计算

根据建设单位介绍，本项目无人机 X 光探伤装置主要用于检查电力系统高架线路耐张线夹和接续管，为钢结构构建，一般厚度为 15mm~25mm 钢，无人机 X 光探伤装置高空出束，主射束方向水平，无人机 X 光探伤装置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、有用线束方向的控制区与监督区理论计算

根据建设单位提供资料，本项目无人机 X 光探伤装置主要参数见表 11-1。

表 11-1 无人机 X 光探伤装置主要参数

序号	1	2
设备名称	无人机 X 光探伤装置	无人机 X 光探伤装置
X 射线机型号	XRS3	XR150
最大管电压(kV)	270kV	150kV
最大管电流(mA)	0.25mA	0.5mA
周向/定向	定向	定向
X 射线过滤材料	材料：铜，厚度： 1.5 mm	材料：铜，厚度： 1.5 mm
脉冲率	15 脉冲/秒	10 脉冲/秒
单次出束最大脉冲数	50	50
脉冲宽度	25 纳秒	50 纳秒
射线源至工件距离（m）	2	2
X 射线剂量（设备前方 12 英寸—30.48cm 处）	2 mR ~ 4.3mR/脉冲	2.0mR~2.8 mR/脉冲
距辐射源点 1m 处最大输出量（ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ）	$7.56\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ③	$1.64\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ④
1m 处泄漏辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ） ⑤	5.0×10^3	2.5×10^3
辐射角	40°	40°
探测厚度	15~19mm（钢）	15~25mm（钢）

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根据厂家提供资料，XRS3 型 X 射线机每脉冲 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 $=15\times 4.3\times 10^{-3}\times 8.76\times 3600\times 10^3\times 0.3048^2\div 0.25=7.56\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

④根据厂家提供资料，XR150 型 X 射线机每脉冲 X 射线剂量（单元前 12 英寸）为 2mR-2.8mR（本项目取最大值 2.8mR），每秒 10 次脉冲， $1\text{R}=8.76\text{mGy}$ ，可得距辐射源点 1m 处的输出量 $=10\times 2.8\times 10^{-3}\times 8.76\times 3600\times 10^3\times 0.3048^2\div 0.5=1.64\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

⑤XRS3 型 X 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 $5.0\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；XR150 型 X 射线机最大管电压

为 150kV，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 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），有用线束屏蔽估算方式如下：

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (4)$$

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，单位为毫安(mA)；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1 m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1；

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

通过上列反推算出有用线束衰减至剂量率限值所需的距离：

$$R = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B}{\dot{H}}}$$

式中：I 为最大管电流（mA），XRS3 型号射线装置为 0.25mA，XR150 型号射线装置为 0.5mA。 H_0 为距辐射源点 1m 处最大输出量（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ），XRS3 型号射线装置为 $7.56 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，XR150 型号射线装置为 $1.64 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ， $\dot{H}$ 为关注点处剂量率控制水平，单位为（ $\mu\text{Sv/h}$ ），控制区边界为 $15 \mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，B 为屏蔽透射因子，取 1；

根据上述公式计算，得出控制区及监督区边界距离，见下表 11-2 所示：

表 11-2 无人机 X 光探伤装置主射线束方向控制区及监督区计算结果

X 射线装置 型号	最大管电流 (mA)	区域	剂量当量 率限值 ($\mu\text{Sv/h}$)	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)
XRS3	0.25	控制区	15	1	7.56×10^5	113
		监督区	2.5			275
XR150	0.5	控制区	15	1	1.64×10^5	74
		监督区	2.5			182

2、非主射线方向的控制区与监督区划分计算

非主束方向指除有用线束外的方向，非主线束方向未采用铅板进行屏蔽。

①泄漏辐射剂量率公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2}$$

式中：

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，（m）；

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

$\dot{H}_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，（ $\mu\text{Sv/h}$ ），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 11.1-3 所示），本项目 XRS3 型无人机 X 光探伤装置最大管电压为 270kV，取 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；XR150 型无人机 X 光探伤装置最大管电压为 150kV，取 $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ， B 为屏蔽透射因子，取 1。

表 1 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率

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
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

图 11.1-3 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率

②散射辐射剂量率公式如下：

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。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

式中：

I ——X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ——距辐射源点 1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B ——辐射屏蔽透射因子，取 1；

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，探伤作业期间辐射源点（靶点）至探伤工件（耐张线夹及接线管）的距离为 2m。

F —— R_0 处的辐射野面积， m^2 ；按成像端设备面积进行计算，根据建设单位提供信息，成像板面积约 0.13m^2 。

α ——散射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》附录 B 表 B.3，本项目 XRS3 型无人机 X 光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 $a_w \times 10000 / 400 = 1.9 \times 10^{-3} \times 10000 / 400 = 0.0475$ ；XR150 型无人机 X 光探伤装置最大管电压为 150 kV， a_w 取 150kV 下的 1.6×10^{-3} ， α 取 $a_w \times 10000 / 400 = 1.6 \times 10^{-3} \times 10000 / 400 = 0.04$ 。

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 11-3 散射辐射剂量率和漏射辐射剂量率相关参数取值

X 射线装置设备型号	XRS3	XR150
最大管电压 (kV)	270	150
最大管电流 (mA)	0.25	0.5
1m 处泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	5.0×10^3	2.5×10^3
距辐射源点 1m 处输出量 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	7.56×10^5	1.64×10^5
辐射源点 (靶点) 至探伤工件的 距离 R_0 (m)	2	2
R_0 处的辐射野面积 F (m^2)	0.13	0.13
散射因子 α	0.0475	0.04

根据泄漏辐射剂量率公式、散射辐射剂量率公式和表 11-3 数据, XRS3 型无人机 X 光探伤装置非主射束方向控制区及监督区计算结果见下表 11-4 所示; XR150 型无人机 X 光探伤装置非主射束方向控制区及监督区计算结果见下表 11-5 所示。

表 11-4 XRS3 型无人机 X 光探伤装置不同距离非主射方向辐射剂量率计算表

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	11.67	211.67
10	50	2.92	52.92
15	22.2	1.30	23.52
19	13.85	0.81	14.66 (控制区)
25	8.00	0.47	8.47
30	5.56	0.32	5.88
40	3.13	0.18	3.31
46	2.36	0.14	2.50 (监督区)
50	2.0	0.12	2.12

表 11-5 XR150 型无人机 X 光探伤装置不同距离非主射方向辐射剂量率计算表

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	100.00	4.26	104.26
10	25.00	1.07	26.07
13	14.79	0.63	15.42
14	12.76	0.54	13.30 (控制区)
20	6.25	0.27	6.52
25	4.00	0.17	4.17
30	2.78	0.12	2.90
33	2.30	0.10	2.40 (监督区)
40	1.56	0.07	1.63
50	1.00	0.04	1.04
60	0.69	0.03	0.72

根据表 11-3、表 11-4 及表 11-5 的计算结果可得无人机 X 光探伤装置主射束及非主射束控制区和监督区划分情况，见下表 11-6 所示。

表 11-6 无人机 X 光探伤装置监督区和控制区划分情况

型号	方向	控制区 (m)	监督区 (m)	探伤厚度
XRS3	主射线	113	275	15mm
	非主射线	19	46	
XR150	主射线	74	182	
	非主射线	14	33	

根据表 11-6 的两区划分情况，控制区和监督区边界距离两种型号的 X 光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，图 11.1-4、图 11.1-5 为 XRS3 型号 X 光探伤装置控制区及监督区划分示意图，图 11.1-6、图 11.1-7 为 XR150 型号 X 光探伤装置控制区及监督区

划分示意图。

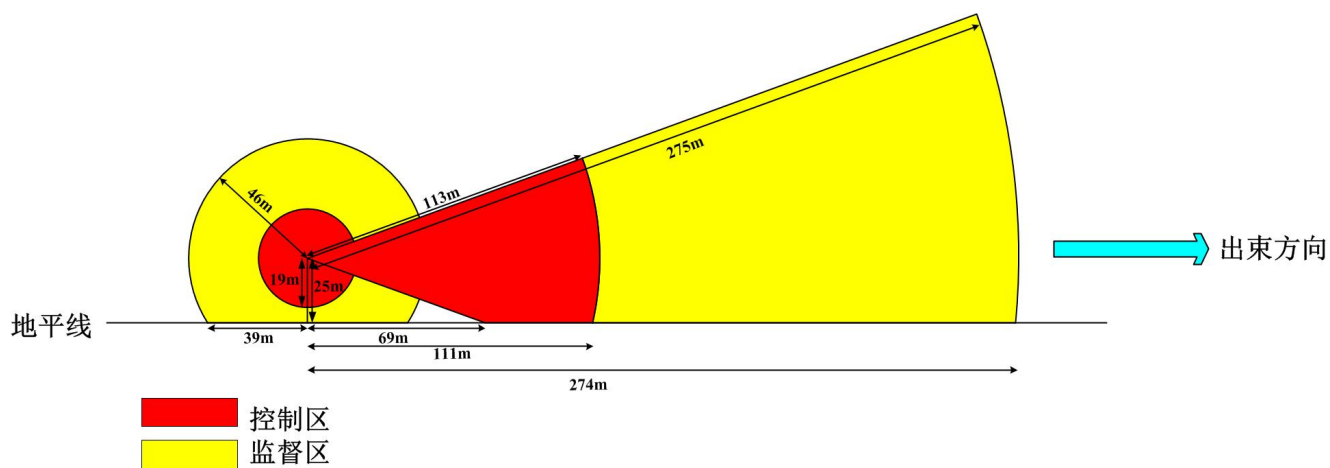


图 11.1-4 XRS3 型号 X 光探伤装置控制区及监督区划分示意图（主视图）

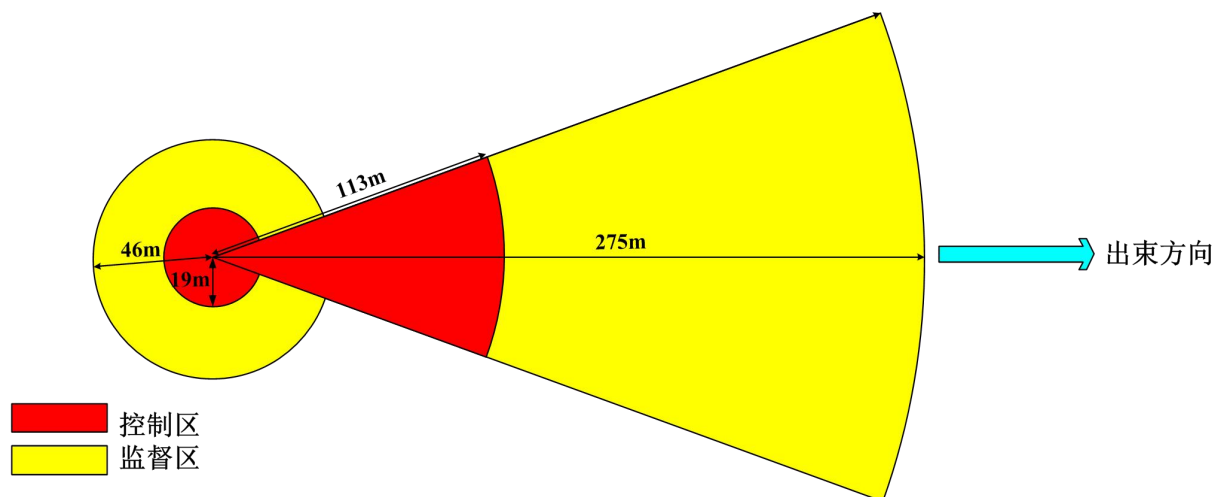


图 11.1-5 XRS3 型号 X 光探伤装置控制区及监督区划分示意图（俯视图）

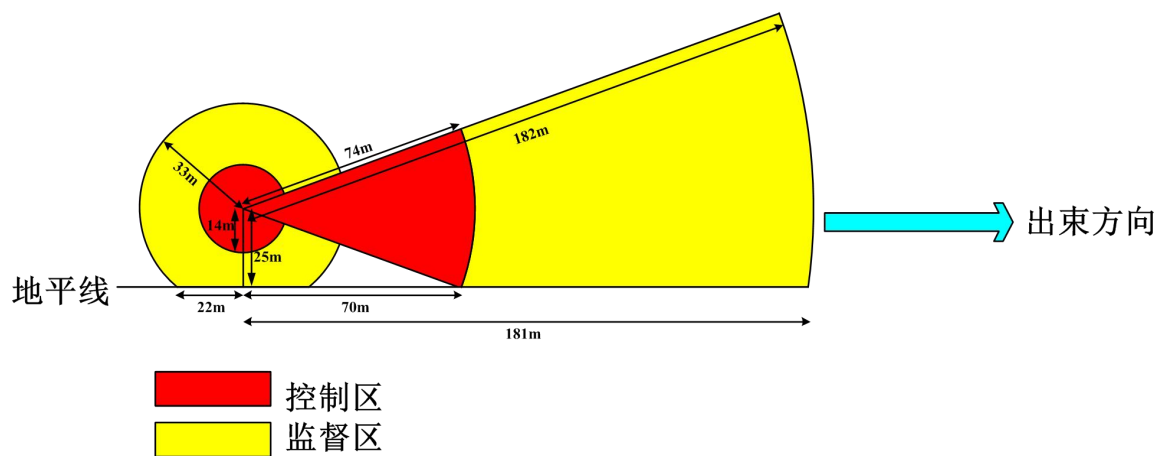


图 11.1-6 XR150 型号 X 光探伤装置控制区及监督区划分示意图（主视图）

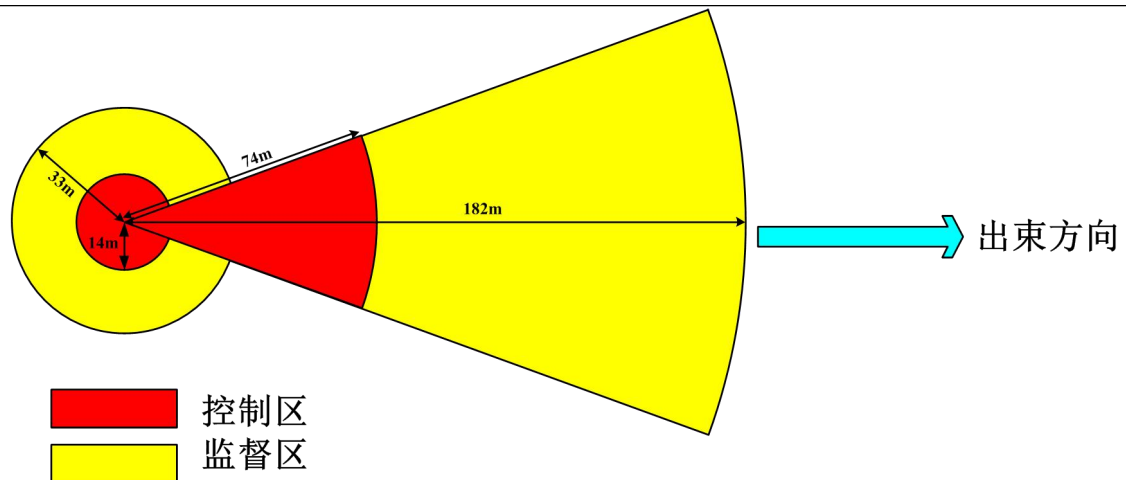


图 11.1-7 XR150 型号 X 光探伤装置控制区及监督区划分示意图（俯视图）

由表 11-6 估算结果可知，XRS3 型号 X 射线探伤装置在高空出束（高空探伤期间探伤装置距地 25m 时），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 111m，监督区边界为 274m；由于非主射束方向控制区边界为 19m 未到达地面，投影到地面的监督区边界为 39m。

XR150 型号 X 射线探伤装置在高空出束（高空探伤期间探伤装置距地 25m 时），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 70m，监督区边界为 181m；由于非主射束方向控制区边界为 14m 未到达地面，投影到地面的监督区边界为 22m。

上述理论计算结果较为保守，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。建设单位在对现场探伤过程中无人机 X 光探伤装置管电压的改变、工作现场的遮蔽物等地形和环境的影响都会使辐射场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，现场探伤期间必须根据以上理论预测的结果，先初步划分控制区、监督区，进行现场工作时使用辐射巡检仪检测，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 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，控制区边界外剂量当量率在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督区。

11.2.2 工作人员及公众个人剂量估算

（1）工作人员年有效剂量估算

工作人员年受照剂量计算公式如下：

$$H = H_r \times t \times T \times 10^{-3}$$

式中：

H —年有效剂量，mSv；

H_r —关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —年受照时间，h；

T —人员居留因子：居留因子 T 按三种情况取值：全居留因子 $T=1$ ，部分居留 $T=1/4$ ，偶然居留 $T=1/16$ 。

根据建设单位提供资料，预计每组全年开展探伤工作约 6500 次，正常工作状态下，XRS3 型探伤设备平均每次探伤最长出束时间（试曝光和正式曝光）为 $1.625 \times 10^{-6}\text{s}$ ；XR150 型探伤设备平均每次探伤最长出束时间（试曝光和正式曝光）为 $3 \times 10^{-6}\text{s}$ 。本项目射线装置最大工作负荷见表 11-7。

表 11-7 本项目射线装置最大工作负荷

射线装置型号	工作状态	平均每次射线装置出束时间（s）	年工作量（次）	年累计出束时间（s）
XRS3 型	试曝光	3.75×10^{-7}	6500	1.05625×10^{-2}
	正式曝光	1.25×10^{-6}		
XR150 型	试曝光	5.0×10^{-7}		1.95×10^{-2}
	正式曝光	2.5×10^{-6}		

辐射工作人员在实际工作中，位于控制区外，作业场所周围剂量当量率为 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，保守按 $15\mu\text{Sv/h}$ 进行计算，居留因子取 1，计算得出使用 XRS3 型探伤装置的工作人员年受照剂量 $H=4.4 \times 10^{-8}\text{mSv}$ ，使用 XR150 型探伤装置的工作人员年受照剂量 $H=8.13 \times 10^{-8}\text{mSv}$ 。由此可知，无人机 X 光探伤装置现场工作时对辐射工作人员职业照射的最大年有效剂量为 $8.13 \times 10^{-8}\text{mSv/a}$ ，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 。”

（2）公众有效剂量估算

$$H=H_r\times t\times T\times 10^{-3}$$

式中：

H —年有效剂量，mSv；

H_r —关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —年受照时间，h；

T —人员居留因子：居留因子 T 按三种情况取值：全居留因子 $T=1$ ，部分居留 $T=1/4$ ，偶然居留 $T=1/16$ 。

根据现场探伤的实际情况，公众位于监督区外，不得进入监督范围内，作业场所周围剂量当量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督区，保守按 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 进行计算，居留因子取 $1/16$ ，计算得出 XRS3 型探伤装置的正常工作条件下，公众年受照剂量 $H=4.58\times 10^{-10}\text{mSv}$ ，XR150 型探伤装置的正常工作条件下，公众年受照剂量 $H=8.46\times 10^{-10}\text{mSv}$ 。由此可知，公众照射的最大年有效剂量为 $8.46\times 10^{-10}\text{mSv/a}$ ，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：“公众剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求。”

11.2.3 废气环境影响分析

在野外现场无损检测作业时，无人机 X 光探伤装置运行过程中，X 射线与空气相互作用，空气电离会产生的少量臭氧和氮氧化物，由于检测对象为野外电网系统高架线，扩散条件好，少量的臭氧和氮氧化物经无组织自然扩散后对环境的影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故等级判断依据

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条对于事故的分级原则，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故（Ⅰ级）、重大辐射事故（Ⅱ级）、较大辐射事故（Ⅲ级）和一般辐射事故（Ⅳ级）等四级，详见表 11-8。

表 11-8 项目的环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级

事故等级	危害
------	----

特别重大辐射事故（Ⅰ级）	Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人及以上急性死亡
重大辐射事故（Ⅱ级）	Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人及以下急性死亡或者 10 人及以上急性重度放射病、局部器官残疾
较大辐射事故（Ⅲ级）	Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置导致 9 人及以下急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故（Ⅳ级）	Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

急性放射病发生参考剂量见表 11-9。

表 11-9 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	程度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

11.3.2 事故类型

根据污染源分析，射线装置主要环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，射线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。

本项目可能发生的辐射事故如下：

①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。

②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）。

③探伤装置摆置不当，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。

④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。

⑤由于偏远地区某些通信接收不良或其他不可控原因导致无人机探伤装置失控引起的辐射事故的发生。

11.3.3 事故后果计算

无人机 X 光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，XRS3 型无人机 X 光探伤装置单次最多出束 50 次，脉冲时间为 0~1.25×10⁻⁶s；XR150 型无人机 X 光探伤装置单次最多出束 50 次，脉冲时间为 0~2.5×10⁻⁶s，

本次环评处理事故时间按不同型号探伤装置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 1.25×10⁻⁶s（XRS3 型）；最大受照时间为 2.5×10⁻⁶s（XR150 型）。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以下公式计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2}$$

本项目 XRS3 型无人机 X 光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 11-10，XR150 型无人机 X 光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 11-11。

表 11-10 XRS3 型无人机 X 光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)	电流 I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	单次最大 出束脉冲数 (次)	最大受照时间 (s)	受照剂量 (mSv)
1	0.25	7.56×10 ⁵	50	1.25×10 ⁻⁶	6.56×10 ⁻⁸
2					1.64×10 ⁻⁸
5					2.62×10 ⁻⁹
10					6.56×10 ⁻¹⁰

20					1.64×10^{-10}
30					7.29×10^{-11}
40					4.10×10^{-11}
50					2.62×10^{-11}
100					6.56×10^{-12}

表 11-11 XR150 型无人机 X 光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)	电流 I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	单次最大 出束脉冲数 (次)	最大受照时间 (s)	受照剂量 (mSv)
1	0.5	1.64×10^5	50	2.5×10^{-6}	5.69×10^{-8}
2					1.42×10^{-8}
5					2.28×10^{-9}
10					5.69×10^{-10}
20					1.42×10^{-10}
30					6.33×10^{-11}
40					3.56×10^{-11}
50					2.28×10^{-11}
100					5.69×10^{-12}

由表 11-10 可知，XRS3 型无人机 X 光探伤装置作业期间发生事故时单次对 1m 处受照人员所受有效剂量 $6.56 \times 10^{-8} \text{mSv}$ ；由表 11-11 可知，XR150 型无人机 X 光探伤装置作业期间发生事故时单次对 1m 处受照人员所受有效剂量 $5.69 \times 10^{-8} \text{mSv}$ 。

根据以上计算结果，本项目无人机 X 光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。

综上所述，建设单位在进行探伤作业工作开始之前，必须在控制区周边和监督区设置警示

牌和警戒线，在监督区和控制区范围内的其他工作人员需进行全面的清场，严禁无关人员进入监督区边界范围内，避免受到意外照射，建设单位在运营过程中必须严格执行相关规章制度和工作管理制度，避免发生辐射安全事故。

11.3.4 辐射事故应急处理及报告

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取应急措施，并在两小时内填写初始报告，向生态环境主管部门报告。若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。

一旦发生辐射事故，应按以下基本原则进行处理：

（1）第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

（2）及时检查、估算受照人员的受照剂量，根据估算结果，必要时及时安置受照人员就医检查。

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

（4）事故处理后应整理资料，及时总结报告。建设单位对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

11.3.5 辐射事故预防措施

（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：每次现场工作至少 4 名工作人员同时在场，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，确保安全连锁正常运行；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）做好射线装置的日常存放、保管工作，防止被盗被抢避免辐射事故发生。

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Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；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。

建设单位已成立了辐射安全防护管理领导小组，并明确了相关成员名单及职责（见附件3，小组组成人员如下：

组 长：汪 勇

副组长：陈彦州

成员：邓百川、张裕、高堃植、张涵飞

成立文件中明确了管理组织成员组成及相关职责，故建设单位辐射安全与环境保护管理机构能够满足辐射安全与环保管理工作的要求。

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》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。建设单位已制定了《辐射安全与环境保护管理机构》、《辐射事故应急处理预案》、《辐射安全与防护管理制度》、《射线装置安全保卫制度》、《辐射工作场所监测计划》、《辐射工作人员培训制度》、《无人机X光探伤装置操作规程》、《辐射工作人员职业健康管理规定》、《设备检修维护制度》、《探伤培训计划》、《探伤演习计划》以及《射线装置使用台账管理制度》等一系列放射防护管理制度（见附件3、附件4）。

项目单位已制定的各项管理制度较为全面，并具有较好的可行性，基本落实《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的相关要求，建设单位应在今后实际工作中，不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和补充，并确保各项制度的落实，根据环境保护管理部门对辐射环境管理的要求对相关内容进行补充和修改。

12.3 辐射工作人员的培训与体检

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报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

本项目拟配置2组人员，每组4名辐射工作人员负责野外探伤作业，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。

建设单位拟安排辐射工作人员在上岗前做职业健康检查，建设单位应定期组织辐射工作人员进行职业健康检查（一年一体检）；辐射工作人员脱离辐射工作岗位前，建设单位应当对其进行离岗前安排职业健康检查。

12.4 年度评估情况

待建设单位核技术利用项目正式开展后，应对开展的核技术利用项目辐射安全和防护状况进行年度评估，同时按要求每年编制辐射安全与防护状况年度评估报告，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。

12.5 辐射监测与验收

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，建设单位须对使用射线装置、辐射工作场所及辐射从业人员开展辐射监测工作，以确保辐射从业人员的职业健康，控制放射性物质的照射，保障环境安全，规范辐射工作防护管理。

12.5.1 环保措施竣工验收

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。项目竣工环境保护验收清单见表12-1。

表 12-1 竣工环境保护“三同时”验收清单

序号	项目	验收内容	验收要求
1	辐射安全管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 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	公司成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。
2	X 射线设备	数量 3 台，型号参数相匹配。	数量、规模不得超过本报告表内容。
3	X 射线设备暂存间要求	①X 射线设备采用专用存储箱存放； ②配置防盗门及防盗窗，门上设置电离辐射警告标志； ③双人双锁管理，并设置监控系统	按验收内容执行，并保证监控系统覆盖设备间所有区域
4	现场检测辐射安全和防护措施	配备相应数量移动式 X-γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、个人剂量计，野外检测相关安全警示设施，如警戒绳、警示灯、警示牌灯等	符合《工业探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）对移动式探伤的放射防护要求
5	剂量管理要求	职业人员：有效剂量 5mSv/a； 公众人员：有效剂量 0.25mSv/a；	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）
6	相关制度制定	制定《辐射安全管理制度》相关制度	按相关要求制定相应制度及应急预案。

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。环保设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对环境保护设施进行调试或整改的，验收期限最长不超过 12 个月。

表12-2 辐射工作场所现场监测要求（竣工验收）

监测计划	检测点位	检测要求	剂量要求	监测频率	监测方式
验收监测	监督区边界	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测量 4 个监测点。	2.5μSv/h	投入试运行验收	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
	控制区边界	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在控制区边界东南西北测量 4 个监测点。	15μSv/h		

12.5.2 辐射工作人员个人剂量监测

建设单位应要求从事辐射工作的工作人员均佩戴个人剂量计上岗，并定期送相应资质单位检测。根据建设单位提供的个人剂量检测结果，辐射工作人员职业照射年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员职业照射剂量的相关要求，也满足职业照射剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求。

本项目将为全部辐射工作人员配备个人剂量计，同时建设单位组织所有辐射工作人员加强相关辐射安全与防护方面的学习，加强辐射工作人员的安全意识，保证所有辐射工作人员均能够严格执行个人剂量监测的相关规定和方法，正确使用个人剂量计。定期（最长不得超过 3 个月）送检，建立个人剂量监测档案。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。个人剂量监测档案应终生保存，辐射工作人员可查看和复制本人个人剂量监测档案。

12.5.3 辐射工作场所监测

将建设单位拟为探伤作业小组配备 1 台便携式 X-γ辐射剂量率监测设备，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初步划分控制区和监督区后，试运行测量阶段需要进行控制区和监督区的精确划分：周围剂量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区，大于 2.5μSv/h 的范围内划为监督区。

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

表12-3 辐射工作场所现场监测要求

监测计划	检测点位	检测要求	剂量要求	监测频率	监测方式
日常自行监测	监督区边界	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测量 4 个监测点。	2.5 μ Sv/h	每次作业时	自行监测
	控制区边界	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在控制区边界东南西北测量 4 个监测点。	15 μ Sv/h		
年度委托监测	监督区边界	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测量 4 个监测点。	2.5 μ Sv/h	每年一次	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
	控制区边界	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在控制区边界东南西北测量 4 个监测点。	15 μ Sv/h		

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，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，可以委托有相关资质的环境监测机构进行监测。

12.6 辐射事故应急

根据《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。

根据建设单位提供的资料，建设单位已经制定了《南方电网通用航空服务有限公司辐射事故应急预案》（见附件 4），建设单位计划每年进行一次应急演练，并将应急演练进行记录。对照上述要求，《辐射事故应急预案》符合辐射事故应急预案内容的要求，可满足本项目建成后辐射事故突发时的应急需求。

表 13.结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

南方电网通用航空服务有限公司拟使用 3 台无人机 X 光探伤装置用于输电线路中耐张线夹及接续管的内部检测，无人机 X 光探伤装置存放地点位于广东省广州市黄埔区香山路 3 号邦德能源科技园 B 座 3 楼 342 仓库，现场探伤地点为南方电网系统供电区域覆盖省份（广东、广西、海南、云南和贵州五省），为不固定场所。项目性质为核技术利用新建项目，核技术利用项目总投资*万元，环保投资*万元。

本项目 3 台无人机 X 光探伤装置，其中 2 台射线装置型号为 XRS3 型便携式 X 射线探伤机（管电压：270kV，管电流：0.25mA，属 II 类射线装置），其中 1 台射线装置型号为 XR150 型便携式 X 射线探伤机（管电压：150kV，管电流：0.5mA，属 II 类射线装置），所有探伤装置用到的无人机型号皆为 DJI FlyCart 30 型。

13.1.2 环境质量与辐射现状评价

根据《2022 年全国辐射环境质量报告》，全国自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（48.9~273.0）nGy/h，其中广东省自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（65.4~143.3）nGy/h；广西自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（61.0~84.0）nGy/h；海南省自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（62.4~96.8）nGy/h；贵州省自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（63.0~90.8）nGy/h；云南省自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（57.9~120.4）nGy/h，全国环境 γ 辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。

13.1.3 辐射安全与防护

建设单位在进行现场探伤作业时严格按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求划定控制区和监督区，在地面警戒区边界设置场界警戒绳，在监督区边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，派专人巡视，在控制区悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤装置红色发射警示灯与主机联锁，发射脉冲时警示灯持续发光，符合安全警告要求；在探伤场地内都能清楚地听见或看见“预备”和“照射”信号；探伤期间通过剂量监测仪（便携式）对边界进行检测和修正，确保监督区内无其他人员后方可开始探伤；项目运行过程中定期对设备性能和工作场所辐射剂量水平进行检查和检测。

建设单位定期对工作人员进行个人剂量监测和职业健康体检，并建立有关工作人员剂量档案和职业健康监护档案。在严格落实以上辐射安全措施，并在实际工作中规范操作后，本

项目的辐射安全措施能够满足辐射安全防护的要求。

13.1.4 环境影响分析结论

根据本项目对辐射工作人员和公众的辐射影响分析可知，在正常情况下，根据估算，现场辐射工作人员最大受照剂量为 $8.13 \times 10^{-8} \text{mSv/a}$ ，公众最大受照剂量为 $8.46 \times 10^{-10} \text{mSv/a}$ ，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（辐射工作人员 5mSv/a ，公众人员 0.25mSv/a ）。

13.1.5 辐射安全管理

（1）建设单位成立了辐射安全与环境保护管理机构，明确了机构的成员及其职责，并通过此机构进一步建立辐射安全防护责任制度，落实安全责任，制订辐射防护措施等。

（2）建设单位制订的各项规章制度基本符合《放射性同位素与射线装置安全管理办法》中的相关要求，从操作规程、岗位职责、辐射防护、安全保卫、设备检修维护、人员培训和监测方案等方面分别做了明确要求和规定。

（3）建设单位目前正在安排从事现场探伤的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，相关辐射工作人员将按要求佩戴个人剂量计上岗，个人剂量计按要求定期送检。

（4）本项目制定了辐射监测方案，监测方案内容比较全面，满足《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）相关要求。建设单位拟为每个探伤作业组配备 1 台便携式 X- γ 巡测仪（型号待定），能满足本项目日常监测需要。

（5）建设单位成立了辐射安全应急领导小组，制定有辐射事件应急预案，明包括了辐射事故应急处理的组织机构组成与职责分工、应急处置程序、事故报告、应急处置措施等基本内容，基本满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规的要求。

13.1.6 产业政策符合性分析

建设单位拟使用无人机 X 光探伤装置，将用于耐张线夹及接续管开展 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“三十一、科技服务业 1、工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”项目。因此，本项目符合国家当前的产业政策。

13.1.7 代价利益分析

本项目建成后具有良好的社会效益，利用无人机代替作业人员登塔，保障了作业人员生命安全，提升作业效率，可有效排查隐患，对保障电网安全运行具有重要意义，提升对当地的供电保障，为社会经济快速发展提供有力的民生保障。在落实本次评价提出的各项污染防治措施后其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.8 评价结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，综合考虑项目的经济、社会和环境等方面的利益与代价，实施本项目具有正当性；本次评价项目建设方案中按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程如能严格落实本报告提出的各项辐射防护措施和管理措施后，该单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，则本评价项目正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该建设评价项目可行。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

（1）认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，加强核与辐射安全知识宣传，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

（2）建设单位定期检查个人剂量计的佩戴情况，规范管理好辐射工作人员正确佩戴个人剂量计。

（3）建设单位加强辐射工作人员专业知识学习，保证现场探伤作业期间做到有条不紊、熟练操作。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，建设单位承诺：

（1）加强对相关放射防护法规的学习，提高辐射安全防护观念和水平。

（2）项目严格按照本次报批的设备类型、数量，项目竣工后，按照国家相关法律法规尽快进行验收。

（3）接受生态环境主管部门的监督检查。

（4）按要求每年向发证机关提交本单位辐射安全和防护年度评估报告。

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 环评委托书

委 托 书

广东核力工程勘察院:

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,现委托贵院承担南方电网通用航空服务有限公司核技术利用建设项目环境影响评价工作。请依据国家环境保护行业的有关标准、规范,按时完成环境影响评价工作,高质量完成环评文件的编制。

特此委托!

委托单位(盖章):南方电网通用航空服务有限公司

日期:2014年12月10日



附件 2 无人机 X 射线探伤装置租房合同（部分关键页）



南方电网通用航空服务有限公司公司本部
办公场所租赁及部分配套租赁服务（二
期）房屋租赁合同

CHINA
SOUTHERN POWER
GRID

合同编号：3809002024060101ZH00003
甲方：南方电网通用航空服务有限公司
乙方：广州四方邦德实业有限公司
签订地点：广州



甲方（承租人）：南方电网通用航空服务有限公司

住 所 地：广州市南沙区横沥镇明珠一街1号404房A207

法定代表人（负责人）：张明明

开户行：中国建设银行股份有限公司广州南网中心支行

账 号：

项目联系人：

通讯地址：广州市黄埔区香山路3号邦德能源科技园3号楼A座3

层

手 机：

电 话：

电子信箱：

乙方（出租人）：广州四方邦德实业有限公司

住 所 地：广东省广州市高新技术产业开发区香山路3号

法定代表人（负责人）：向多正

开户行：中国农业银行广州科学城支行

账 号：

项目联系人：郭洁

通讯地址：广州高新技术产业开发区香山路3号

手 机：

电 话：

电子信箱：

鉴于甲方承租乙方房屋，根据《中华人民共和国民法典》《中华人民共和国城市房地产管理法》及相关法律法规，各方经协商一致，订立本合同。

1. 租赁房屋基本情况：

1.1 房屋地址：广东省广州市高新技术产业开发区香山路 3 号 3 号楼 B 座 302 室

1.2 建筑面积：2455.96 平方米

1.3 房屋所有权人：广州四方邦德实业有限公司

1.4 房产权证号： （不动产权证）

1.5 房屋附属设施、装修情况：（详见附件 1《房屋设施、物品清单》），

1.6 其它： /

2. 租赁房屋用途

租赁房屋的用途为：办公及休息，未经乙方同意，甲方不得改变租赁房屋的用途。

3. 租赁期限

3.1 本合同租赁期限自合同签订之日至2027年12月 31日止。

3.2 本合同租赁期限届满，甲方继续使用租赁房屋，乙方没有提出异议的，本租赁合同继续有效，但租赁期限为不定期，甲方可随时解除合同，

4. 合同价款与支付

4.1 本合同房屋月租金为人民币含税价小写 元（大

写： ， 税率为 9%，其中，不含税
价为小写 写：
），。

4.2 本合同价款即房屋租金总额为人民币含税价小写 / 元（大
写： / ），税率为 9%，合同预估总金额为 ，不含
税价为小写 / 元（大写： / ）。

4.3 本合同房屋租金按以下第（2） 方式支付：

（1）按月支付： /

（2）按季度支付： 租金起算时间从实际起租日开始计算，按
季度支付，由乙方在每季度开具增值税专用发票交给甲方，甲方在
收到发票的 30 个工作日内以银行转账的付款方式缴付租金给乙方。

（3）按年度支付： /

（4）其它： /

4.4 合同价款结算按第 1 种方式（1. 转账/2. 汇票/3. 支票/4. 其
他 / ）。如需使用商业汇票进行支付的，由款项支付方承担资金
成本（买方付息贴现）。

乙方汇票开立信息如下：

汇票类型： ☐ 银行承兑汇票 ☐ 商业承兑汇票

收款人全称： /

银行账户： /

开户银行： /

开户行行号： /

联系电话: _____ / _____

如乙方不能开具增值税专用发票的,应向甲方提交相关证明材料并取得甲方书面同意后,可开具符合甲方要求的其他发票。

账号: 

开户行：中国农业银行广州科学城支行

单位名称：南方电网通用航空服务有限公司

税务识别号: ■■■■■■■■■■

开户行：中国建设银行广州南网中心支行

银行账号: 

地址：广州市南沙区横沥镇明珠一街1号404房A207

联系电话: 

4.8 若乙方未能按上述要求开具增值税专用发票，或实际开票税率与上述要求不符，甲方有权根据实际收取的发票类型及税率从合同价款中直接扣除相应金额的合同款进行结算。甲方有权在任一批次的合同付款中直接扣减税款差额。若未支付合同款不足以弥补税款差

【本页为南方电网通用航空服务有限公司公司本部办公场所租赁及
部分配套租赁服务（二期）房屋租赁合同（合同编号：
3809002024060101ZH00003）签署页】

甲方（盖章）：南方电网通用航空服务有限公司

法定代表人（负责人）或授权代表（签名）：

签订日期：2024年1月19日

乙方（盖章）：广州四方邦德实业有限公司

法定代表人（负责人）或授权代表（签名）：

签订日期：2024年1月19日

本页无正文，为【《南方电网通用航空服务有限公司公司本部办公场所租赁及相关配套采购服务（二期）房屋租赁合同》的附件 2《廉洁协议》】签署页

甲方(盖章):【南方电网通用航空服务有限公司】

法定代表人(负责人)或授权代表(签名):【李斌】

日期:【2024】年【1】月【18】日

乙方(盖章):【广州四方邦德实业有限公司】

法定代表人(负责人)或授权代表(签名):【郭志】

日期:【2024】年【1】月【19】日

附件3 建设单位辐射安全管理相关制度

关于成立辐射安全与环境保护管理机构的通知

各科室、部门：

为了更好地贯彻执行国家有关放射性污染防治的法律法规，落实国家环境保护部颁布的有关辐射安全管理的文件精神，加强对公司的辐射安全管理，强化责任意识、安全意识，经公司开会研究决定，特成立辐射安全与环境保护管理小组，具体成员名单如下：

组 长：汪勇（****）

副组长：陈彦州（****）

成 员：邓百川（****）、张裕（****）、高堃植（****）、张涵飞（****）

辐射安全与环境保护管理小组职责：

- 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、负责辐射安全法律法规与防护知识培训，做好辐射防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理工作；
- 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；
- 5、负责辐射安全危害告知工作、定期对工作人员开展职业健康体检；

6、对公司射线装置的安全防护进行定期检查，并加强 X 射线探伤机的检查管理，确保 X 射线探伤机保持在安全状态；

7、负责辐射安全与防护突发事件的报告工作，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、加强对单位员工的自我防范教育意识，防止意外伤害；

9、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；

10、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。

辐射安全与防护管理制度

一、编制目的

为认真落实《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）和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号）的规定，切实加强公司辐射安全与防护的监督管理，预防、控制和消除辐射危害，保障辐射工作人员和公众的健康权益，结合公司辐射工作实际，特制定本制度。

二、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。

三、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。

- （一）《中华人民共和国放射性污染防治法》
- （二）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》
- （三）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》
- （四）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

四、辐射工作人员职责

- （一）配合辐射安全与环境保护管理小组领导开展日常工作。
- （二）使用无人机 X 光探伤装置的工作人员必须经过岗前体检，并经过辐射防护培训，持证上岗，并参加公司安排的射线装置。
- （三）开展探伤工作前，每一名工作人员必须佩带个人剂量计与个人剂量报警仪，每组人员配备有剂量监测仪（便携式）。

（四）做好射线装置借出、使用、归还等工作台账登记及相关技术资料保存。

（五）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开展工作。

（六）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。

五、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。

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

（二）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，认真进行核对、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；

（三）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；

（四）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；

（五）定期进行辐射防护和法规知识的培训 and 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。

六、剂量限值

（一）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。

（二）剂量率限值

（1）监督区边界 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

（2）控制区边界 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ 。

七、现场探伤使用操作要求

（一）在进行探伤前，工作人员需填写 X 射线工作任务单，需根据现场情况和预测结果划分监督区和控制区。

（二）探伤时，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。

（三）初次监测时，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。

（四）严格按照说明书进行操作，杜绝一切非法操作。

（五）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。

（六）每次工作现场必须不少于 3 人同时在场。

（七）在每次探伤前，工作人员应做好装置、监测仪器的检查工作，并记录在案。

（八）每次工作结束后关闭探伤装置，必须利用监测仪器确认探伤装置停止出束后回收。

八、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防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。

九、应急处置

凡发现有射线装置故障，应立即向辐射安全与环境保护管理小组报告，严禁私自拆修处理。一旦发生意外照射事故，应按《辐射事故应急预案》处理。

十、监测方案

在今后的日常工作中加强辐射工作人员的个人剂量监测，并委托有资质的监测单位定期或不定期进行辐射防护监测。

辐射工作场所监测计划

一、目的

为了保障辐射工作人员和公众健康，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、辐射工作人员的接受剂量进行监测，监测项目为 X 射线空气吸收剂量率，其监测计划如下：

二、作业场所的个人剂量监测

（一）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。

（二）员工可以随时查阅每周期的个人剂量检测报告。

（三）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。

三、现场作业场所的监测

（一）每次进行作业前，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 光探伤装置曝光前控制区内无任何人员。

（二）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。

四、监测内容和要求

（一）监测内容：X- γ 辐射剂量率。

（二）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

监测计划	检测点位	检测要求	剂量要求	监测频率	监测方式
日常 自行 监测	监督区边界	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测量 4 个监测点。	2.5μSv/h	每次作业时	自行监测
	控制区边界	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在控制区边界东南西北测量 4 个监测点。	15μSv/h		
年度 委托 监测	监督区边界	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测量 4 个监测点。	2.5μSv/h	每年一次	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
	控制区边界	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在控制区边界东南西北测量 4 个监测点。	15μSv/h		
验收 监测	监督区边界	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测量 4 个监测点。	2.5μSv/h	投入试运行 验收	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
	控制区边界	探头距地面 1m 处，检测仪器探头朝向探伤装置方向，至少在控制区边界东南西北测量 4 个监测点。	15μSv/h		

（三）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。

五、仪器的保管与使用

（一）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。

（二）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。

（三）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。

六、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》（环境保护部令 第18号 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。

（一）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；

（二）监测内容：现场调试、实操培训及维修后测试监督区、控制区划分；

（三）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。

辐射工作人员培训制度

一、目的

为了规范本公司辐射工作人员的辐射作业，提升辐射工作人员专业度与熟练度，确保人员按照国家相关法规以及公司的辐射安全规定进行辐射作业，特制定本培训制度。

二、职责

组织本公司辐射工作人员接受生态环境部门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，建立并按照规定的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。

三、适用范围

公司进行辐射安全管理及操作的人员。

四、具体规定

（一）外部培训

生态环境部门组织的外部培训：所有辐射工作人员上岗前均需在生态环境部门辐射安全与防护培训平台的学习、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。辐射工作人员每五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。

（二）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。具有先关资格单位会同公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公司辐射工作人员的实际条件确定。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。

（三）岗前、转岗和在岗培训

（1）辐射工作人员上岗前需参加生态环境部门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。

(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。

(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。

(四) 培训内容

(1) 学习辐射安全法律法规常识和基本防护知识。

(2) 学习辐射事故应急措施和演练。

(3) 培训后接受考核：

(4) 辐射防护基本知识应列为辐射工作人员业务考核的内容。

(5) 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。

辐射工作人员职业健康管理规定

一、编制目的

为贯彻落实国家《中华人民共和国职业病防治法》的要求，切实保障辐射工作者人身安全，预防职业病危害的发生，特制定本制度。

二、适用范围

本制度适用于本公司辐射工作人员。

三、职责

（一）配合辐射安全与环境保护管理小组领导开展日常工作。

（二）使用无人机 X 光探伤装置的工作人员必须经过岗前体检，并经过辐射防护培训，持证上岗，并参加公司安排的射线装置。

（三）开展探伤工作前，每一名工作人员必须佩带个人剂量计与个人剂量报警仪，每组人员配备有剂量监测仪（便携式）。

（四）做好射线装置借出、使用、归还等工作台账登记及相关技术资料保存。

（五）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开展工作。

（六）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。

四、管理要求

（一）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，符合相关健康标准方可入职上岗。辐射工作单位不得

安排未经职业健康检查或者不符合辐射工作人员职业健康标准的人员从事辐射工作。

（二）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，及时安排其接受辐射防护法规和防护知识培训并取得合格证明。

（三）辐射工作单位应当组织上岗后的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。

（四）辐射工作人员脱离辐射工作岗位时，辐射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

（五）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。

（六）职业健康检查机构应当自体检工作结束之日起一个月内，将职业健康检查报告送达辐射工作单位，职业健康检查机构出具的职业健康检查报告应当客观、真实，并对职业健康检查报告负责。

（七）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。

（八）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。

（九）辐射工作单位应当为辐射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。职业健康监护档案应当保存以下内容：

- （1）职业史、既往病史和职业照射接触史；
- （2）历次职业健康检查结果及评价处理意见；
- （3）职业辐射性疾病诊疗、医学随访观察等健康资料。

（十）辐射工作人员职业健康检查、职业性辐射性疾病的诊断、鉴定、医疗救治和医学随访观察的费用由其所在单位承担。

南方电网通用航空服务有限公司射线装置安全保卫制度

一、遵守国家颁布的放射性同位素与射线装置的有关规定和条例，按照标准对无人机 X 光探伤装置安装、使用操作与维护；

二、按照操作手册（说明书）正确使用维护；

三、开展探伤工作时，工作人员必须做好提前准备工作，检查装置是否处于正常使用状态；

四、不允许人为损坏射线装置壳体的密封性能，不允许砸、敲、甩射线装置壳体；

五、射线装置不得与易燃、易爆、腐蚀性的物品放在一起，其储存场所必须具有防火、防盗、防泄漏的安全防护措施；

六、发生辐射事故时，立即采取防护措施，保护事故现场，对控制事故影响，并立即向环保、公安部门报告。

环保部门应急联系电话：12345

公安部门应急联系电话：120

卫健部门应急联系电话：12320

南方电网通用航空服务有限公司射线装置检修维护制度

为贯彻落实《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及相关文件要求，保证工作质量和安全，保障辐射工作人员和公众的健康权益，制定本制度。

一、无人机 X 光探伤装置的日常维护工作要求：

（一）技术参数符合要求；

（二）无人机运用灵活，信号良好，无失灵现象，软件成像画面清晰无误，能保障正常飞行且画面显示良好；

（三）X 射线装置各参数、状态指示稳定、准确；

（四）X 射线装置出束角度准确，不发生偏移；

（五）成像板能正常接收信息、信号；

（六）探伤作业正常开展时，工作电压、电流稳定性好；

（七）外观检查清洁卫生，无明显损伤。

二、无人机 X 光探伤装置出现故障后的检查、维修工作规定：

（一）当设备出现故障时，操作人应立即停止出束，并操作无人机返回迅速断电处理，并马上向设备管理员报告详细情况，不得自行检查和修理；

（二）设备管理人了解情况后，在设备维修申请单上填写好故障现象并报告公司管理主管，主管负责联系具有相应资质的专业维修检测机构或生产厂家，将出现故障的设备寄回维修检测机构或生产厂家，由专业技术人员负责检查和维修，设备维修好后，设备管理员应督促专业维修人员提供维修质量证明，并让维修人员调试至正常运行状态；

（三）做好检查、维修台账登记工作。

无人机 X 光探伤装置操作规程

为贯彻落实《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，切实保障辐射工作人员和公众的健康权益，消除辐射安全隐患，避免辐射事故的发生，特制定无人机 X 光探伤装置操作规程以规范辐射工作人员的正常操作使用。

一、基本要求

（一）辐射工作人员要经过放射性基础知识、射线装置操作培训，经辐射安全和防护知识考核合格后方可上岗；

（二）辐射工作人员需持特种设备无损检测人员证书方可上岗；

（三）新上岗或转岗人员必须经过职业健康体检，体检合格方可上岗；

（四）工作前要拟定好探伤工作方案，准备好所需的设备、器材和防护用品，确保操作安全；

（五）每个探伤作业组至少配备一台便携式辐射检测仪，作业时所有辐射工作人员必须佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪；

（六）寻找合适的起飞场地，场地要求：6m*6m 的净空区域，不能以马路边上作为起降场地，起降场地上空没有障碍物，不能在线路底下作为起降场；

（七）起飞前做好清场处理，做好围闭工作，放置灭火器，拉警戒线，挂安全警示牌，做好公示公告工作；

（八）探伤工作时，现场的辐射工作人员应尽可能地利用地形、地物进行屏蔽，要充分运用“屏蔽、距离、时间防护”的原则进行自身的射线防护；

（九）进行现场探伤作业时，要按《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）划定控制区和监督区，控制区边界的剂量率不应超过 15 μ Sv，监督区边界的剂量率不应超过 2.5 μ Sv/h；

（十）进行现场探伤作业时，控制区边界应放置带有“禁止进入射线工作区”警戒标志的绳或线进行圈围，并应有专人进行巡逻警戒，夜间应有声、光警戒信号装置，监督区边界路口应放置“无关人员禁止入内”专用辐射标识牌以示警告，并有工作人员进行巡逻警戒；

二、具体现场探伤作业流程

接到任务后，组织相应的辐射工作人员开展工作，流程如下：

（一）设备出库。根据现场探伤作业方案，辐射工作人员办理探伤设备借用手续并填写出库记录，领取足够的现场探伤所需防护用品，如便携式 X- γ 辐射剂量率监测设备 1 台、个人剂量报警仪（1 台/人）、个人剂量计（1 台/人）、对讲装置（1 台/人）、反光警戒线、照明设施、“禁止进入射线工作区”、“无关人员禁止入内”警告牌、提示状态的指示灯和声音提示装置等。根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，经过管理员确认后，领取无人机设备。

（二）运输。公司配备专用车辆将探伤机运至探伤现场，至少安排 1 名操作人员随车押运，确保设备运输过程中的安全。

（三）无人机 X 光探伤装置运至项目地后，本项目工作人员熟悉作业地点、工作条件和被检工件的基本信息，做好探伤作业前的准备工作。作业前在检测区域以及周边张贴射线作业公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制监督区范围、探伤单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。作业前准备工作包括：

①应根据探伤方案以及现场情况，划定作业场所控制区和监督区范围，并在相应边界设置电离辐射警示标识。

②根据现场探伤方案以及现场情况，准备记录管电压、曝光时间、脉冲数等参数。

③根据现场情况，工作区域划分应以在即将探伤的工作条件下，预设出“两区”的范围，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，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；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。出束期间安排人员在监督区外巡视。

④初步确定现场二区边界时进行清场，确保场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，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。建设单位在开展工作时，使用的待测工件为压接线，出束方向水平，现场操作人员均位于控制区外，现场共配备 3 名以上辐射工作人员，其中 1 名辐射工作人员负责现场辐射安全管理工作，配置 1 台便携式巡测仪对控制区和监督区进行巡测，并确保探伤期间无人员误入作业区；另外 2 名为无人机 X 光探伤装置操作人员负责连接各部件、控制无人机的飞行、操控无人机、设置脉冲次数等操作。

确保探伤前各项准备工作完成后，即可开启设备电源，进行现场探伤工作。流程如下：

①开始探伤前应利用广播（或手持大功率喊话器等）告知即将开展探伤的场所，确认已经清场，避免有无关人员滞留控制区和监督区范围内。确认监督区内无无关人员和控制区内无人员后，1 名操作人员通过遥控器控制无人机-成像板飞至高压线上并固定，另外 1 名操作人员通过遥控器控制无人机-X 射线

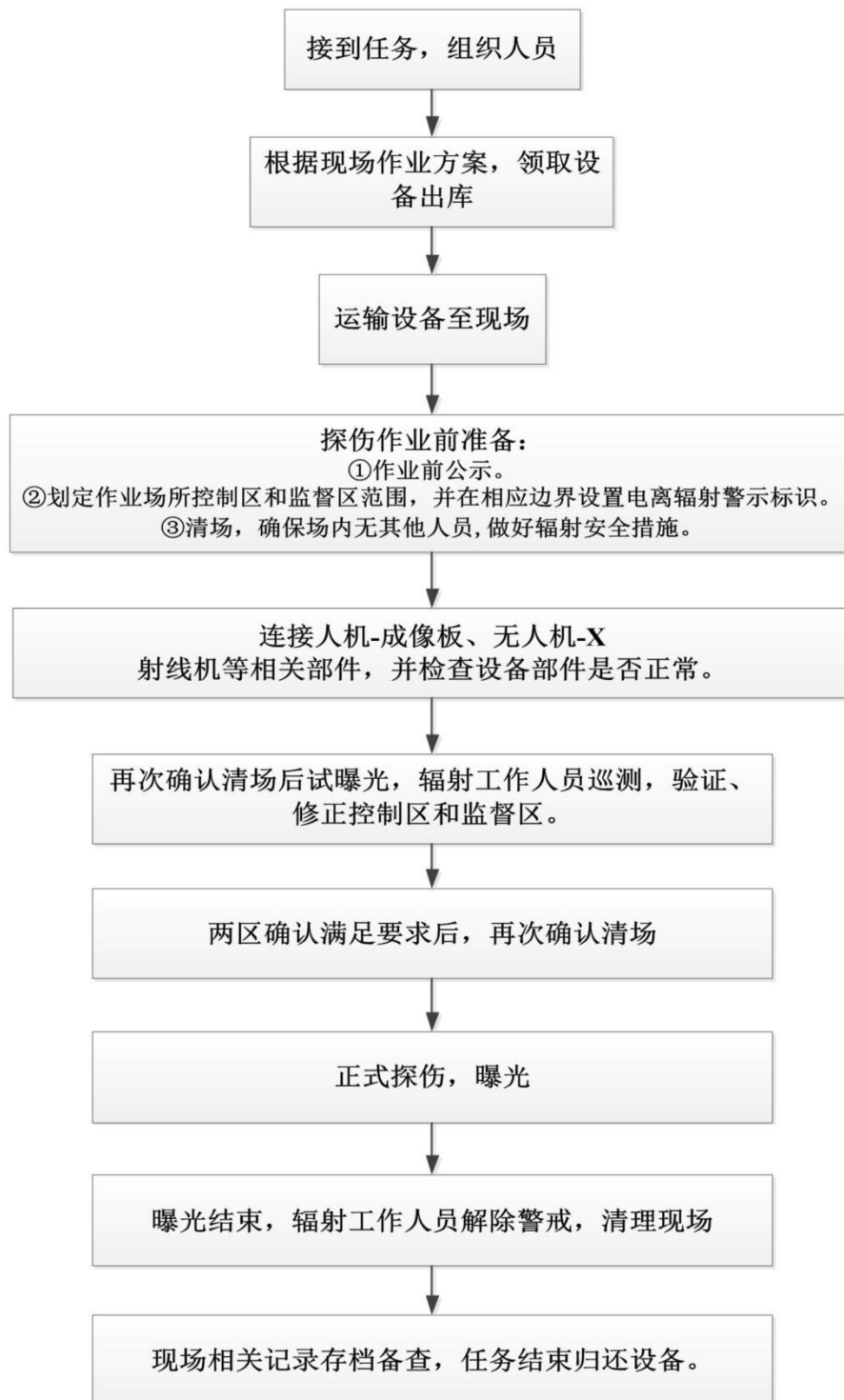
机飞至成像板前。操作人员可通过遥控器实时监控现场画面。试运行测量，本项目辐射安全管理员携带个人剂量报警仪（带剂量显示功能）、个人剂量计和辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行巡测，验证和修定，必要时重新确定控制区和监督区边界。测量控制区和监督区的实际剂量当量率后，如果不能满足“二区”设置要求，尽可能采取调整曝光方向等措施缩减二区范围。若采取上述措施后仍无法满足“二区”设置的剂量率要求，停止工作。

②核实“二区”设置满足要求后，辐射工作人员再次确认监督区和控制区内无关人员已全部清理离场，控制区内不能有人员居留，正式曝光，工作时辐射工作人员均位于控制区外。作业期间，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（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）。

③现场探伤完成后，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，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 光探伤装置，曝光结束，辐射工作人员解除警戒，清理现场。

现场相关记录（工作人员对 X 光片进行初步评判、设备运行记录、现场记录情况、公示材料等）应存档备查。

附流程图在下方。



射线装置使用台账管理制度

一、目的

为了规范公司射线装置的使用，特制定本制度。

二、职责

无人机 X 射线装置管理员负责设备的借出、使用、归还台账的登记，辐射工作人员负责射线装置的正常使用和保管。

三、具体内容

（一）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，定期送回厂家维护，确保机器处于良好的工作状态。

（二）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。

（三）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。

（四）射线装置使用记录、个人剂量测试记录、人员健康体检纪录必须实行科学化、规范化管理，做到分类建档，归类清楚。

（五）使用设备、进行个人剂量检测等必须严格登记，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。

（六）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。

（七）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。

（八）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。

（九）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。

探伤培训计划

一、目的

通过系统的探伤培训，使学员掌握射线探伤的基本原理、设备操作、缺陷识别及安全防护知识，具备独立完成射线探伤工作的能力，确保检测结果的准确性和操作的安全性。

二、培训对象

- （一）无损检测技术人员。
- （二）质量控制人员。
- （三）设备维护人员。
- （四）安全管理人员。

三、培训目标

- （一）掌握射线探伤的基本原理及设备操作方法。
- （二）熟悉射线探伤的安全防护措施及法律法规。
- （三）能够准确识别常见缺陷并编写检测报告。
- （四）能够保障作业过程中的辐射安全。

四、培训内容

（一）理论培训：

（1）射线探伤概述：射线探伤的定义、原理及应用领域；射线探伤的优点及局限性。

（2）射线探伤设备：射线源（X射线机）的工作原理及选择。

（3）缺陷识别：常见缺陷类型（裂纹、气孔、夹杂等）及其影像特征；缺陷的定性和定量分析。

（4）安全防护：辐射防护的基本原则及措施；辐射剂量限值及监测方法；辐射事故应急处理。

（二）实操培训：

（1）设备操作：射线探伤设备的安装、调试及校准；射线探伤的基本操作流程。

（2）缺陷检测：在模拟工件上进行射线探伤，练习缺陷识别；针对不同材料（如金属、复合材料）进行探伤操作。

（3）图像处理：数字化处理；数字图像的增强及分析。

（4）报告编写：学习如何编写射线探伤检测报告；练习使用专业软件进行数据记录和分析。

五、培训时间

根据相关规范要求及上级领导安排进行排期，定期组织培训。

六、培训考核

（一）理论考核

通过笔试或在线测试评估人员对射线探伤理论知识的掌握情况。

（二）实操考核

相关人员需独立完成射线探伤操作，包括设备使用、缺陷识别及报告编写。

（三）综合评估

结合理论考核和实操考核结果，评估人员的综合能力。

七、注意事项

（一）培训期间严格遵守辐射安全操作规程。

（二）如有必要，学员需穿戴合适的防护装备，避免辐射暴露。

（三）培训结束后，学员需提交射线探伤报告作为考核依据。

探伤演习计划

一、目的

通过X射线探伤演习，检验无损检测人员在X射线探伤操作中的技能水平、缺陷识别能力及安全防护意识，确保在实际工作中能够高效、安全地完成探伤任务，同时提高团队协作和应急处理能力。

二、演习对象

- （一）无损检测技术人员。
- （二）质量控制人员。
- （三）设备维护人员。
- （四）安全管理人员。

三、演习目标

- （一）检验操作人员对X射线探伤设备的熟练使用能力。
- （二）提高缺陷识别和数据分析的准确性。
- （三）强化辐射安全防护意识，确保操作安全。
- （四）提升团队在复杂环境下的协作和应急处理能力。

四、演习内容

（一）演习准备：

- （1）X射线探伤机（移动式）。
- （2）探测器。
- （3）模拟工件。

（二）场地准备：

- （1）设置模拟工作场景，包括高空等复杂环境。
- （2）布置辐射防护设施（如警示标志、辐射监测设备）。

（三）人员分工：

确定演习指挥员、操作人员、安全监督员、记录员等角色。

（四）演习流程：

将参与人员分为若干小组，每组负责一个探伤任务，各小组在规定时间内完成模拟工件的X射线探伤操作记录检测数据并初步分析缺陷类型，各小组提交缺陷识别结果，由评审组进行评估。

模拟探伤过程中可能出现的突发情况（如设备故障、辐射泄漏等），检验团队的应急处理能力。

（五）演习总结：

评审组对各小组的探伤操作、缺陷识别及应急处理进行评分，总结演习中发现的问题，提出改进措施，各小组分享操作经验和心得体会。

五、演习时间

根据相关规范要求及上级领导安排进行排期，定期演习。

六、演习考核

（一）操作考核

评估各小组的X射线探伤操作规范性及设备使用熟练度。

（二）缺陷识别考核

评估各小组对缺陷类型、位置及大小的判断准确性。

（三）应急处理考核

评估各小组在突发情况下的反应速度及处理能力。

（四）团队协作考核

评估各小组的沟通协调及分工合作能力。

七、演习注意事项

（一）演习期间严格遵守辐射安全操作规程。

（二）参与人员需穿戴合适的防护装备，避免辐射暴露。

（三）演习结束后，各小组需提交探伤报告及应急处理记录。

附件 4 辐射事故应急处理预案

南方电网通用航空服务有限公司辐射事故应急预案

一、总则

根据《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 放射防护条例》的要求，为了加强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，结合公司实际拟定了本方案作为辐射事故应急处理预案。

二、辐射事故应急领导小组的组成与职责

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

组 长：陈彦州

副组长：邓百川

组 员：张裕 高堃楷 张涵飞

辐射事故应急领导小组职责：

负责监督检查辐射安全工作，防止辐射事故的发生；组织应急准备工作，调度人员、设备、物资等，指挥相关成员迅速赶赴现场开展工作；对辐射事故现场进行组织协调，指挥应急救援行动；组织开展辐射事故应急演练等。

三、辐射事故应急应遵循的原则

- （一）迅速报告原则；
- （二）主动抢救原则；
- （三）生命第一的原则；
- （四）科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；
- （五）保护现场，收集证据的原则。

四、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 光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。

五、辐射事故的预防措施

由于现场探伤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。

（一）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。

（二）设立控制区和监督区

现场探伤时，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。

（三）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。

（四）时间防护

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

六、可能发生的辐射事故：

（一）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。

（二）在不适合现场探伤的场地进行操作，对公众或工作人员造成不必要的照射。

（三）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）。

（四）探伤装置摆置不当，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。

七、事故应急处理程序：

（一）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。

（二）辐射事故应急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。

（三）辐射事故应急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。

（四）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。

（五）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。

（六）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。

（七）辐射事故应急状态终止后，辐射事故应急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。

（八）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。

八、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。

九、辐射事故的调查

（一）本单位发生辐射事故后，应立即由辐射事故应急领导小组组织事故调查、善后处理和恢复生产。

（二）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。

（三）配合辐射事故应急领导小组编写、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。

十、应急能力保障

（一）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。

(二) 应急和救助的装备、资金、物资准备。

(三) 人员保障：辐射事故应急领导小组组织应急队伍，应保持一致与应急职责相适应的快速反应的应急队伍。

(四) 物资准备：应急队伍负责应急装备、物资保障工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。

(五) 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。

十一、附则

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		受照人数		受污染人数	
		☐ 人员污染					
		☐ 丢失		事故源数量			
		☐ 被盗 ☐ 失控					
		☐ 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 射线机的电流 (mA) 和电压 (kV)、加速器线束能量等主要性能参数。

辐射事故后续报告表

事故单位名称				地 址			
许可证号				许可证审批机关			
事故发生时间				事故报告时间			
事故发生地点							
事故类型		☐ 人员受照 ☐ 人员污染 ☐ 丢失 ☐ 被盗 ☐ 失控 ☐ 放射性污染		受照人数			
				事故源数量			
				污染面积(m ²)			
序号	事故源名称	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 级 别		☐ 一般辐射事故 ☐ 较大辐射事故 ☐ 重大辐射事故 ☐ 特别重大辐射事故					
事故经过和处理情况							
事发地 市级生态环境 主管部门		联系人		(公章)			
		电 话					
		传 真					

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

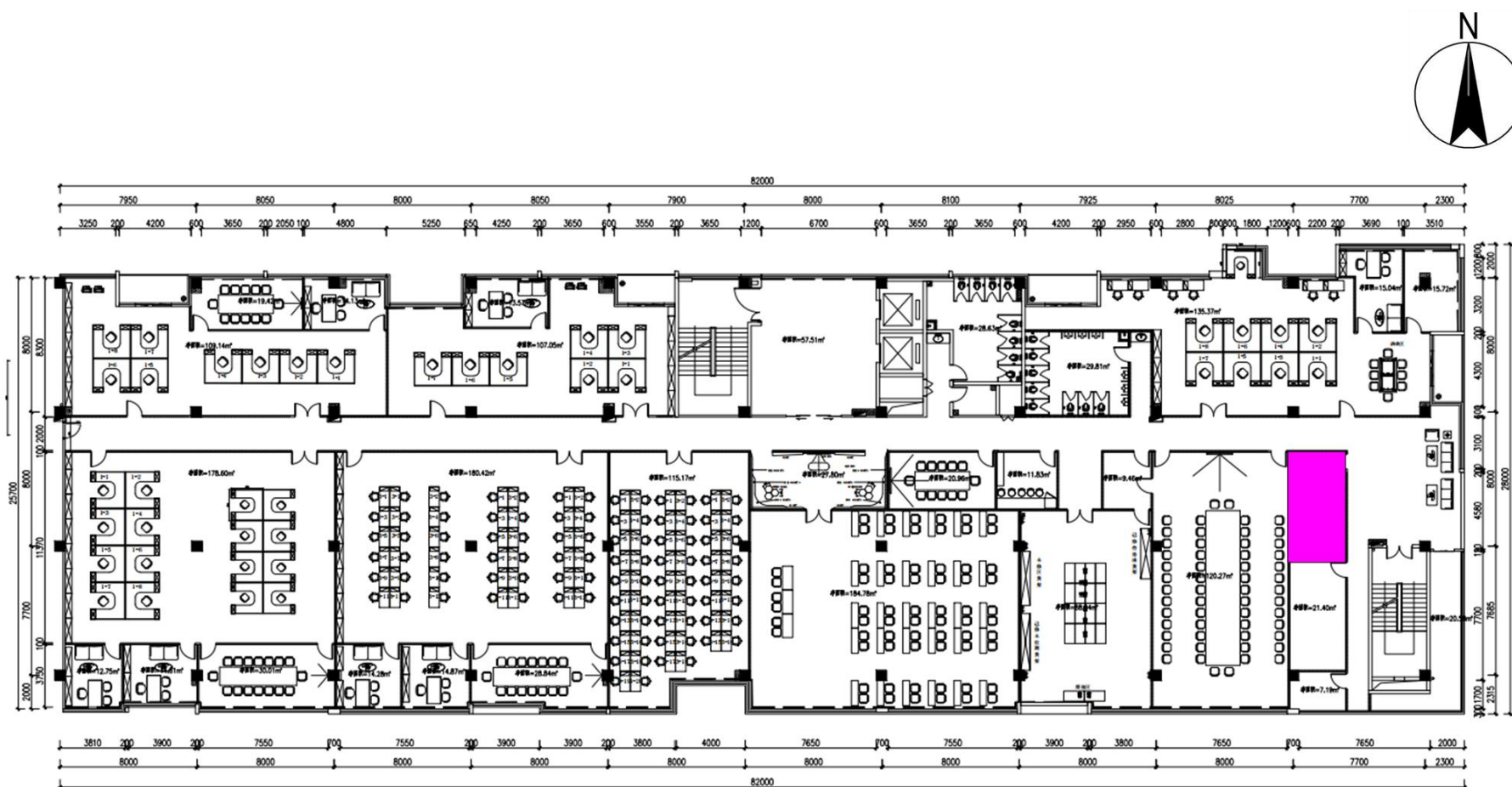
附图 1 无人机 X 光探伤装置存放地点地理位置图



附图 2 存放地点周边环境关系图



附图 3 存放场所所在楼层平面布置图



图例:

射线装置存放场所位置