

无人机巡检在配电线路运维中的效率提升

宋云珊 范俊楠

杭州大有供电服务有限公司桐庐白云源分公司 浙江 杭州 311500

摘要：无人机巡检在配电线路运维中显著提升效率，在应用上可对线路本体精细化检测，包括杆塔、绝缘子等部件的细致检查；能全面排查通道，识别树木、建筑等隐患；可快速定位故障，减少停电时间；还能适应高山、森林等特殊环境巡检。在效率提升方面，它缩减时间成本，快速完成巡检任务；降低人力投入，避免人员在复杂环境作业；精准识别缺陷，利用先进设备发现细微问题；助力高效运维决策，依据准确数据及时制定合理策略保障线路稳定运行。

关键词：无人机巡检；配电线路；效率提升

引言：随着电力系统的不断发展，配电线路规模日益庞大，其运维工作的难度和重要性也与日俱增。传统的人工巡检方式存在效率低、风险高、覆盖不全等问题，难以满足现代配电线路运维的需求。无人机巡检技术作为一种新兴的智能检测手段，凭借其高机动性、灵活性、高效性和安全性等优势，逐渐成为配电线路运维的重要工具。研究无人机巡检在配电线路运维中的效率提升，对于提高电力系统的可靠性和稳定性具有重要意义。

1 无人机巡检技术概述

无人机巡检技术是近年来随着科技发展而兴起的一种高效检测手段，在诸多领域展现出独特优势。从定义上看，无人机巡检是利用无人机搭载各类专业设备，按照预设航线或人工操控，对目标区域进行数据采集、监测和分析的过程。其核心优势显著。一是灵活性强，能快速到达传统方式难以抵达的区域，如高山、森林或危险地带，不受地形和交通条件限制。二是高效性突出，可在短时间内完成大面积区域的巡检任务，大幅缩短巡检周期。三是安全性高，避免了人员在危险环境中作业，降低了安全风险。无人机巡检系统主要由硬件和软件两部分构成。硬件方面，无人机平台是基础，不同类型的无人机适用于不同场景，如多旋翼无人机适合近距离、高精度的巡检，固定翼无人机则更擅长长距离、大范围的巡查。搭载设备是关键，包括高清摄像机、红外热成像仪、激光雷达等，能从不同角度获取目标信息。软件方面，飞行控制系统确保无人机按照预定航线稳定飞行，具备自动避障、悬停等功能。数据处理软件则对采集到的数据进行处理和分析，识别异常情况并生成报告^[1]。在数据采集过程中，无人机依据设定的任务飞行，通过搭载设备实时收集图像、视频、温度等数据。这些数据被传输到地面控制中心后，专业人员利用图像处

理、机器学习等技术进行分析，快速准确地发现目标区域存在的问题，如设备故障、结构损坏等。

2 无人机巡检在配电线路运维中的应用

2.1 本体精细化检测

在配电线路运维中，无人机凭借其灵活高效的特点，在本体精细化检测方面发挥着不可替代的作用，极大提升了检测的准确性和全面性。（1）杆塔全方位审视。无人机可围绕杆塔进行多角度飞行，检查杆塔基础是否稳固，塔身有无裂缝、倾斜，螺栓是否松动缺失，及时发现潜在的结构安全隐患。（2）绝缘子细致排查。利用高清摄像头和红外热成像技术，能清晰识别绝缘子表面的破损、污秽，检测其发热情况，判断绝缘性能是否良好，避免因绝缘子故障引发停电事故。（3）导线状态评估。对导线进行全程巡检，查看导线是否有断股、磨损、腐蚀现象，测量弧垂是否符合标准，确保导线的电气性能和机械性能稳定。（4）金具完整性检查。仔细检查金具的连接部位，查看是否有变形、磨损、锈蚀，保证金具的连接牢固可靠，防止因金具问题导致线路故障。（5）附属设备监测。对线路上的防震锤、避雷器等附属设备进行检查，查看其安装是否牢固，工作状态是否正常，保障线路的安全稳定运行。

2.2 通道全面排查

配电线路通道状况直接影响着线路的安全运行，无人机凭借其灵活便捷的优势，能对通道进行全面排查，及时发现并消除各类潜在隐患。（1）树木隐患识别。无人机可快速扫描线路通道内的树木生长情况，判断树木与导线之间的距离是否符合安全标准，识别可能因树木倒伏或树枝触碰导线引发的安全隐患。（2）建筑设施监测。对通道附近的新建建筑物、施工场地等进行监测，查看是否存在违规搭建、施工机械靠近线路等情况，避

免外力破坏导致线路故障。(3) 异物清理排查。检查线路上是否悬挂有塑料布、风筝线等异物, 这些异物可能会造成线路短路或跳闸, 及时发现并安排清理, 保障线路正常运行。(4) 地质灾害预警。通过对通道周边地质情况的观察, 如山体滑坡、地面沉降等迹象, 提前发出地质灾害预警, 以便采取防护措施, 降低线路受损风险。(5) 周边环境评估。评估通道周边的环境变化, 如是否有污染源、是否存在易燃易爆物品等, 为线路的长期安全运行提供环境参考依据。

2.3 故障快速定位

在配电线路运维中, 故障快速定位至关重要, 无人机巡检凭借其独特优势, 成为实现这一目标的有力工具。当配电线路出现故障时, 无人机可迅速响应, 第一时间抵达故障区域。它搭载的高清摄像头能对线路进行全面拍摄, 运维人员通过回传的清晰图像, 可直观查看线路外观, 判断是否存在导线断裂、杆塔倾斜等明显故障点。红外热成像仪也是无人机的重要装备, 它能检测线路设备的温度分布, 及时发现因接触不良、过载等原因导致的异常发热部位, 即使是肉眼难以察觉的潜在故障, 也能精准定位^[2]。无人机还可利用激光雷达技术, 构建线路的三维模型, 精确测量线路与周边物体的距离和位置关系。若发生故障是由于外力破坏或树木倒伏影响, 通过三维模型能快速确定受影响的具体位置。无人机巡检不受地形和交通条件限制, 能快速穿越复杂区域, 大大缩短故障查找时间。在一些偏远山区或交通不便的地方, 其优势更为明显, 可有效提高故障抢修效率, 保障配电线路尽快恢复正常运行。

2.4 特殊环境巡检

在配电线路运维工作里, 特殊环境巡检一直是极具挑战性的任务。不过无人机凭借其独特优势, 成为了应对这一挑战的得力助手, 出色地完成了特殊环境下的巡检任务。高山地区地形复杂、地势险峻, 传统人工巡检困难重重, 不仅耗费大量时间和人力, 还存在较高的安全风险。而无人机能够轻松飞越山峰, 快速抵达目标区域, 对高山上的配电线路进行全方位检查。它可以仔细查看杆塔是否稳固, 导线是否因恶劣天气出现受损情况, 及时发现潜在隐患, 为线路的安全运行提供保障。跨江跨河区域也是传统巡检方式难以触及的地方, 无人机则能沿着线路飞行, 对跨越江河的导线、塔基进行细致检查, 查看是否被江水冲刷、腐蚀, 确保线路安全跨越水域, 避免因线路损坏导致停电事故的发生^[3]。森林地带植被茂密, 人工巡检不仅行走困难, 还可能遭遇虫蛇等危险。无人机可在森林上空飞行, 检测线路是否被

树木挤压、缠绕, 及时发现并解决因树木问题可能引发的线路故障。在矿区等污染严重的环境中, 粉尘、有害气体等会对线路设备的正常运行产生影响。无人机搭载专业检测设备, 能够检测线路设备的腐蚀情况、绝缘性能等, 为及时维护提供科学依据。通过在特殊环境中的有效巡检, 无人机大大提高了配电线路运维的效率和质量, 保障了配电线路的稳定运行, 为电力系统的可靠供电做出了重要贡献。

3 无人机巡检对配电线路运维效率的提升体现

3.1 时间成本缩减

无人机巡检在配电线路运维中, 对时间成本的缩减起到了关键作用, 极大地提升了运维工作的整体效率。

(1) 快速抵达现场。无人机不受地形和交通限制, 能够迅速飞抵巡检区域, 相比人工徒步或驾车前往, 可节省大量路途时间。(2) 高效巡检作业。它能按照预设航线快速飞行, 对线路进行全面扫描, 短时间内完成大面积的巡检任务, 大大缩短了单次巡检的时长。(3) 即时故障定位。无人机搭载的先进设备能实时捕捉线路异常信息, 快速定位故障点, 减少了故障排查时间, 使维修人员可以迅速开展抢修工作。(4) 减少重复工作。精准的数据采集和分析功能, 让无人机能够一次性获取准确的巡检信息, 避免了人工巡检可能出现的遗漏和重复检查情况, 提高了工作效率。(5) 多时段灵活巡检。无人机可根据实际需求在不同时段进行巡检, 无需像人工巡检那样受限于工作时间和天气等因素, 进一步提高了时间利用率, 降低了时间成本。

3.2 人力投入降低

在配电线路运维中, 无人机巡检极大降低了人力投入, 使运维工作更加高效。传统人工巡检需大量人力, 且要面对复杂地形与恶劣环境, 不仅工作强度大, 还存在安全风险。而无人机巡检可自动执行任务, 减少了现场巡检人员数量。以往需多人协作完成的长距离线路巡检, 如今只需少量人员在地面控制中心操作无人机即可。人工巡检时, 运维人员要徒步或攀爬杆塔检查设备, 过程耗时费力。无人机凭借灵活的飞行能力, 能快速抵达人工难以到达的区域, 如深山、河流附近的线路, 无需人员冒险前往, 降低了人力投入。在故障排查方面, 人工巡检需逐个杆塔检查, 耗费大量时间和精力^[4]。无人机搭载高清摄像头和红外热成像仪, 能快速捕捉线路故障信息, 精准定位故障点, 让运维人员直接前往维修, 大大减少了人力在故障排查上的消耗。无人机可在恶劣天气下作业, 避免了恶劣环境对人工巡检的影响, 减少了因天气原因导致的人力闲置, 进一步优化了

人力配置,降低了运维成本。

3.3 缺陷识别精准

无人机巡检凭借先进的技术和设备,在配电线路运维中实现了缺陷识别的精准化,为线路的安全稳定运行提供了有力保障。(1) 高清影像捕捉。无人机搭载的高清摄像头能够拍摄清晰的线路图像,即使是细微的缺陷,如导线的轻微磨损、杆塔螺栓的松动等,都能清晰呈现,便于运维人员准确识别。(2) 红外热成像检测。利用红外热成像技术,无人机可以检测线路设备的温度分布,精准发现因接触不良、过载等问题导致的异常发热点,及时预警潜在的安全隐患。(3) 多角度观测。无人机可灵活调整飞行姿态和角度,从不同方向对配电线路进行观测,避免了人工巡检时因视角受限而导致的缺陷漏检情况,确保全面覆盖。(4) 智能分析算法。通过内置的智能分析算法,无人机能够对采集到的数据进行快速处理和分析,自动识别缺陷类型和严重程度,提高了缺陷识别的准确性和效率。(5) 数据对比评估。无人机巡检可以建立历史数据档案,将每次巡检的数据进行对比分析,准确判断缺陷的发展趋势,为制定科学合理的维护计划提供依据。

3.4 运维决策高效

在配电线路运维中,无人机巡检为高效的运维决策提供了有力支持。无人机能快速且精准地收集配电线路的各类数据,它搭载的高清摄像头、红外热成像仪等设备,可获取线路的外观状况、设备温度等多方面信息。这些数据实时传输回控制中心,为运维决策提供了全面且准确的依据。其采集的数据能借助智能分析系统进行深入处理,系统运用先进的算法和模型,对数据进行分析,快速识别出线路存在的缺陷和潜在风险,并评估其严重程度。例如,通过分析红外热成像数据,能判断出

设备是否存在过热故障以及故障的紧急程度。基于精准的数据和分析结果,运维人员可以高效地制定决策^[5]。对于轻微缺陷,可安排在合适的时间进行常规维护;而对于严重故障,则能迅速组织抢修力量,第一时间进行处理,避免故障扩大化。无人机巡检还能对运维效果进行实时评估,在采取维护措施后,再次进行巡检,对比前后数据,判断维护是否有效,以便及时调整后续的运维策略。这种高效的运维决策模式,大大提高了配电线路的运维效率,保障了电力供应的稳定性和可靠性。

结语

未来,随着人工智能、大数据、传感器等技术的深度融合,无人机巡检将更智能、精准。其续航能力会显著增强,巡检范围进一步扩大,能适应更复杂恶劣的环境。同时,数据分析处理速度和准确性将大幅提高,可实时提供更全面、深入的运维决策依据。此外,无人机与其他智能设备的协同作业也将成为趋势,实现配电线路运维的全方位、全时段监控。无人机巡检必将为电力行业的稳定、高效发展注入源源不断的动力。

参考文献

- [1]张朝,杨勇.复杂环境下无人机巡检技术在电力线路运维中的应用[J].今日自动化,2025(7):178-180.
- [2]刘伯宇,王永聪.基于无人机巡检的配电网运维管理模式研究[J].农电管理,2025(7):60-61.
- [3]白瑞军,刘福军.无人机在配电系统巡检中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(4):033-036.
- [4]张伟健,白伟本,宋义帆.配电线路运检中无人机巡检技术运用分析[J].电力设备管理,2025(18):33-35.
- [5]咎鹏程,王旭.基于无人机巡检的输电线路智能检测与故障诊断技术[J].产品可靠性报告,2025(10):54-55.