

无人机在配电线路巡视中的应用研究

张功华, 刘红, 肖阳波

国网湖北省电力有限公司潜江市供电公司广华供电所, 湖北 潜江 433124

摘要 : 在当前的电网相关领域作业中, 无人机在配电线路巡视中的应用不仅能够提高电力系统的安全性和可靠性, 还能够促进相关技术的发展和 innovation, 具有广泛的应用前景和研究价值。针对于此本文是首先分析了无人机配电线路巡视的关键技术, 阐述了无人机技术在电力巡检中的优势, 并针对实际应用中存在的难点提出了相应的优化策略, 通过加强企业研发投入与寻求政府部门帮助等策略的实施, 期望能为无人机在配电线路巡视中的应用提供帮助。

关键词 : 无人机; 配电线路; 无人机巡视

Research on the Application of Drones in Distribution Line Inspection

Zhang Gonghua, Liu Hong, Xiao Yangbo

Guang Power Supply Office, Qianjiang City Power Supply Company, Hubei Province Electric Power Co., Ltd. Qianjiang, Hubei 433124

Abstract : In the current power grid-related field operations, the application of drones in distribution line inspection not only improves the safety and reliability of systems but also promotes the development and innovation of related technologies, with broad application prospects and research value. In this regard, this paper first analyzes the key technologies of distribution line inspection, elaborates on the advantages of drone technology in power inspection, and proposes corresponding optimization strategies for the difficulties encountered in actual applications. By implementing such as strengthening corporate R&D investment and seeking government department assistance, we hope to provide assistance for the application of drones in distribution line inspection.

Keywords : drones; distribution lines; drone inspection

引言

随着无人机技术的快速发展, 其在电力系统中的应用越来越广泛, 特别是在配电线路的巡检工作中, 无人机展现出了巨大的潜力。无人机能够快速、高效地完成对输电线路的巡检任务, 尤其在地形复杂、人迹罕至的区域, 无人机的优势尤为明显。然而无人机在配电线路巡视中的应用也面临着诸多挑战。例如无人机的飞行稳定性、图像识别技术的准确性、数据处理和分析能力等都需要进一步提升。

一、无人机配电线路巡视的关键技术

(一) 自动飞行控制技术

自动飞行控制技术能够确保无人机在复杂多变的电力线路环境中稳定、准确地飞行。在具体运行中无人机需要配备高精度的GPS定位系统, 以及惯性导航系统来确保在没有地面控制的情况下也能准确地定位和导航。此外视觉定位系统和激光雷达技术的应用, 可以进一步提高无人机在复杂环境中的自主导航能力。

(二) 高清图像采集与处理技术

随着无人机技术的不断进步, 其在电力系统中的应用也日益广泛, 特别是在配电线路的巡视工作中, 无人机展现出了无可比拟的优势。高清图像采集与处理技术是无人机配电线路巡视的关键技术之一。通过搭载高分辨率摄像头, 无人机能够捕捉到线路的高清图像, 为电力系统的安全运行提供了有力保障。高清图

采集技术的应用之下, 就要求无人机具备稳定的飞行性能和精确的定位能力, 以此来进一步确保在飞行过程中能够准确地对准目标线路, 并在适当的高度和速度下进行图像采集。此外摄像头的性能也至关重要, 它需要具备高灵敏度和宽动态范围, 以便在不同的光照条件下都能获取清晰的图像^[1]。

(三) 数据传输与实时监控技术

除了高清图集采集技术之外, 在无人机在配电线路巡视中的数据传输与实时监控技术也是确保任务成功的关键。具体而言无人机搭载的高清摄像头和红外传感器等设备能够捕捉到线路的实时图像和热成像数据。这些数据通过无线通信技术, 如4G/5G网络或专用的无线数据链路, 传输回地面控制中心。而地面控制中心根据自身配备的专业监控软件, 能够对接收到的图像和数据进行实时分析。例如通过图像识别技术, 软件可以自动检测出线路的异常情况, 如绝缘子破损、导线磨损或异物挂线等。同时, 利

作者简介: 张功华(1981.12-), 男, 汉族, 湖北省潜江市, 大学本科, 技师, 研究方向: 电力生产与营销服务。

用热成像数据，可以发现线路过热等潜在的火灾隐患^[2]。

二、无人机技术在电力巡检中的优势

（一）提高巡检效率与安全性

当前在配电线路的巡视工作中，无人机技术在电力巡检中的应用越来越广泛。其中的优势主要体现在提高巡检效率与安全性上。举例来说无人机可以快速覆盖大面积的输电线路，减少人力巡检所需的时间和劳动强度。无人机搭载的高清摄像头和红外热成像设备，能够实时捕捉输电线路和电力设备的图像信息，及时发现设备的异常情况，如绝缘子破损、导线磨损等问题。这些信息通过无线传输技术实时传送到地面控制中心，便于及时分析和处理，从而大大提高了巡检的效率^[3]。

（二）降低人力成本与风险

而在降低人力成本与作业风险方面，无人机技术在电力巡检中的优势尤为显著。例如某电力公司采用无人机进行高压输电线路的巡检工作，大大减少了传统人工巡检所需的人力资源。在以往的传统线路巡检中，往往需要专业人员穿戴防护装备，攀爬铁塔进行近距离检查，这些检查手段不仅耗时耗力，而且存在较高的安全风险。而无人机可以快速、高效地完成巡检任务，操作人员只需在地面控制无人机飞行，通过高清摄像头和传感器对电力设施进行详细检查，从而避免了人员直接接触高压设备的风险。

（三）实时数据获取与分析

随着科技的迅猛发展，使得无人机技术在各行各业的应用变得越来越广泛。特别是在电力巡检领域无人机技术凭借其独特的优势，正在逐步取代传统的人工巡检方式。在21世纪电力系统对巡检的实时性、准确性和安全性要求越来越高。因此无人机巡查技术应运而生，为电力巡检带来了革命性的变化。在无人机的具体应用中，其依靠搭载高清摄像头和多种传感器可以快速飞抵高压输电线路、变电站等难以接近的区域，进行全方位的巡检。通过高清摄像头，操作人员可以实时观察到电力设备的运行状态，及时发现设备的异常情况。与此同时无人机上的红外线传感器、激光扫描仪等先进设备能够对电力设备的温度、结构等进行精确测量，捕捉到肉眼难以察觉的隐患。更为重要的是，无人机采集到的大量数据可以与人工智能技术相结合，通过大数据分析和机器学习算法，对电力系统的运行状况进行深入分析和预测。这不仅提高了巡检的效率和准确性，还能够提前预警潜在的风险，从而实现电力系统的智能化管理^[4]。

（四）精准故障定位与快速响应

无人机技术在电力巡检中的另一大优势是其精准故障定位与快速响应能力。传统的人工巡检方式不仅耗时耗力，而且在遇到紧急故障时响应速度往往不够快，难以满足现代电网对高可靠性和高效率的要求。相比之下无人机搭载的高清摄像头和红外热成像设备可以迅速捕捉到电力设备的异常情况，如绝缘子破损、导线断裂、接头过热等故障以此可以及时被发现，从而实现精准故障定位。例如在一次输电线路巡检中，无人机在飞行过程中通

过红外热成像技术发现了一处输电塔上的接头温度异常升高。巡检人员立即通过无人机传回的实时图像和数据，确认了故障位置，并迅速派遣维修团队前往现场。由于故障被及时发现并处理，避免了可能的电力中断和更大的经济损失^[5]。

三、无人机在配电线路巡视中应用的阻碍

（一）技术成熟度不足与操作复杂性

在工作人员应用无人机进行电路巡视中发现，由于无人机的电池续航能力有限，使得这在长距离或大规模的线路巡视中尤为明显。电池的频繁更换或充电会降低作业效率，影响巡视任务的连续性。其次无人机在恶劣天气条件下的稳定性和可靠性仍需提高。强风、暴雨、高温等极端天气条件可能会导致无人机失控或损坏，从而影响巡视任务的完成。此外无人机在飞行过程中可能会遇到信号干扰或GPS定位不准确的问题，这会增加飞行风险，甚至可能导致无人机坠毁^[6]。

（二）法规限制与监管框架不明确

当前法律法规与监管等问题也是限制无人机普及的重要因素之一。由于无人机技术的快速发展，使得现有的法律法规往往难以跟上技术进步的步伐，进一步导致无人机在实际应用中出现诸多法律空白和监管盲区。例如在配电线路巡视中，无人机的飞行高度、飞行区域、飞行时间等都可能受到现行航空法规的限制。此外无人机在电力设施周边的飞行可能涉及到国家安全和公共安全的问题，因此需要更为严格的监管框架来确保其安全合规的运行。目前许多国家和地区都在积极制定和完善无人机相关的法律法规，以适应无人机技术的快速发展和广泛应用。例如中国民航局发布的《民用无人驾驶航空器系统驾驶员管理规定》为无人机驾驶员的培训和考核提供了明确的指导。然而这些规定往往还处于起步阶段，需要在实践中不断完善^[7]。

（三）数据安全与隐私保护问题

随着无人机技术的快速发展，其在配电线路巡视中的应用越来越广泛。然而由于无人机在执行任务时会收集大量的图像和视频数据，而这些数据如果被未经授权的第三方获取，可能会对电力系统的安全运行造成威胁。例如不法分子可以通过分析这些数据了解电力设施的布局和运行状况，进而实施破坏活动。因此确保数据传输和存储过程中的安全性至关重要。其次无人机在飞行过程中可能会无意中拍摄到敏感区域或个人隐私信息，这涉及到隐私保护的问题^[8]。

（四）高昂成本与经济效益的不确定性

对于当前的电力企业来说，无人机的成本应用高昂也是一大难题。在企业管理者计划应用无人机进行作业前，进行购买和维护无人机需要大量的资金投入。一架性能良好的工业级无人机价格动辄数万甚至数十万元，而电力企业往往需要多架无人机以覆盖广阔的电网区域。此外无人机在使用过程中需要专业的操作人员，这些人员的培训和工资也是一笔不小的开支。电力企业还需要定期对无人机进行维护和升级，以确保其正常运行和数据采集的准确性。

四、无人机在配电线路巡视中应用的优化策略

(一) 加大研发投入, 推动无人机技术创新

企业为了进一步优化无人机进行电路巡查时的操作复杂难题, 应持续增加在研发方面的投入。这一策略的实施应包括开发更先进的无人机硬件, 如更长续航时间的电池、更稳定的飞行控制系统、以及更高分辨率的摄像头。同时研发团队应专注于软件算法的优化, 比如图像识别和数据处理技术, 以便无人机能够自动识别和记录线路的异常情况。此外企业可以与科研机构 and 高校合作, 共同开发适用于电力巡检的定制化无人机。通过合作, 企业能够利用学术界的最新研究成果, 加速技术的创新和应用。同时企业还应关注无人机的智能化水平, 例如通过集成人工智能技术, 使无人机能够自主规划巡检路线, 自动避障, 并在发现潜在问题时及时通知地面控制中心^[9]。

(二) 与政府相关部门合作, 制定相应法规

无人机在配电线路巡视中的应用, 除了技术层面的优化外还需要与政府相关部门紧密合作制定相应的法规和标准, 以确保无人机巡视的安全性和合法性。例如可以与电力监管部门合作, 制定无人机巡视操作规范, 明确无人机飞行的高度、速度、航线以及在特定区域内的飞行权限。同时与民航管理部门合作, 确保无人机的飞行活动不会影响到民航航线的安全。此外可以与地方政府合作, 推动无人机在配电线路巡视中的应用纳入地方电力发展规划, 为无人机巡视提供政策支持和资金扶持。例如地方政府可以出台补贴政策, 鼓励电力企业使用无人机进行线路巡检, 降低人工巡检成本, 提高巡检效率。

(三) 采用先进的加密技术

近些年来随着无人机技术的快速发展, 使得越来越多的电力公司开始采用无人机进行配电线路的巡检工作。无人机在配电线路巡视中的应用不仅提高了巡检效率, 还降低了人力成本和安全风险。然而随着无人机在电力行业的广泛应用, 其数据传输和存储的安全性问题也日益凸显。因此采用先进的加密技术成为优化无人机配电线路巡视策略的重要一环。这就要求企业首先需要在

无人机在执行任务时, 将拍摄到的高清图像和视频实时传输回控制中心后, 为了防止数据在传输过程中被截获或篡改而采用端到端的加密技术。例如可以使用高级加密标准对数据进行加密, 确保数据在传输过程中的安全性和完整性。其次企业工作人员需要在无人机完成任务后, 拍摄到的图像和视频数据需要存储在控制中心的服务器上。为了防止数据被未经授权访问, 应采用多层次的数据存储加密策略^[10]。

(四) 优化无人机巡检的作业流程

为了进一步提高无人机在配电线路巡视中的效率和安全性, 优化工作人员的作业流程是关键。这一策略对企业工作人员有了更高的要求, 需要操作人员在巡检过程中熟练掌握无人机的操控技能, 并能够根据实时情况灵活调整飞行计划。例如当无人机发现线路异常时, 应立即进行低空悬停或绕行, 以便获取更清晰的图像资料。同时利用无人机搭载的高清摄像头和红外热像仪等设备, 可以对线路的绝缘子、接头、导线等关键部位进行详细检查, 及时发现潜在的故障隐患。巡检完成后应迅速对采集的数据进行分析处理。利用图像识别和人工智能技术, 可以自动识别出图像中的异常情况, 如绝缘子污秽、导线磨损、异物挂线等, 并生成巡检报告。通过对比历史数据, 可以评估线路的健康状况, 预测潜在风险, 为线路的维护和检修提供科学依据。

五、结语

总之无人机在配电线路巡视中的应用虽然面临诸多挑战, 但其带来的效率提升和成本节约是显而易见的。通过加大研发投入, 推动技术创新, 与政府合作制定法规, 采用先进的加密技术, 以及优化作业流程, 电力企业可以有效解决当前面临的问题。未来随着技术的不断进步和政策环境的进一步完善, 无人机在电力巡检领域的应用前景将更加广阔。企业应积极拥抱这一变革, 不断提升无人机巡检的智能化和自动化水平, 以实现电力系统的安全、高效和可持续发展。

参考文献

- [1] 崔博涛, 董瑞靖, 邓良超, 等. 无人机仿地飞行在同一路线自动化巡检中的应用与研究 [J]. 现代信息科技, 2022, 6(22): 124-126+129. DOI: 10.19850/j.cnki.2096-4706.2022.22.031.
- [2] 李永生, 王艳冬, 朱州. 智能断路器在配电线路中的应用 [J]. 云南电力, 2022, (09): 19-22.
- [3] 同宇, 祝铭悦. 无人机在输电线路运维检修中的应用研究 [J]. 通信电源技术, 2022, 39(15): 181-184. DOI: 10.19399/j.cnki.tpt.2022.15.055.
- [4] 师倩, 阮国杰. 无人机在高压输电线路巡视中的应用 [J]. 中国高科技, 2023, (20): 135-137. DOI: 10.13535/j.cnki.10-1507/n.2023.20.46.
- [5] 洪智勇, 林青瑜. 无人机在配电线路巡检中的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2021, (20): 217-218.
- [6] 孙可可, 张超, 李晨, 等. 无人机在架空输电线路中的应用综述 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, (10): 25-27. DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.10.007.
- [7] 许家欢. 无人机巡检在配电网架空线路运维管理中的应用 [J]. 通信电源技术, 2021, 38(18): 32-35. DOI: 10.19399/j.cnki.tpt.2021.18.010.
- [8] 龙涛. 无人机巡检技术在架空输电线路巡检中的应用研究 [J]. 电力系统装备, 2022, (08): 132-134.
- [9] 谷广超, 李金方. 信息化技术在电力工业配电线路微机保护中的应用 [J]. 现代工业经济和信化, 2023, 13(12): 155-157. DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2023.12.049.
- [10] 刘开培, 李博强, 秦亮, 等. 深度学习目标检测算法在架空输电线路绝缘子缺陷检测中的应用研究综述 [J]. 高电压技术, 2023, 49(09): 3584-3595. DOI: 10.13336/j.1003-6520.hve.20220273.