

Research on the application of UAV in power safety production management

Yu Zheng

State Grid Jingzhou Power Supply Company State Grid Jiangling County Power Supply Company, Jingzhou, Hubei, 434000, China

Abstract

With the rapid development of China's power industry, the scale of power grids has expanded significantly while their structures have grown increasingly complex. Traditional power safety management models now face challenges such as low efficiency, high risks, and numerous blind spots. Drone technology, leveraging its mobility, unique perspective, and high-precision data collection capabilities, has brought revolutionary changes to power safety management. This paper systematically explores the application of drone technology in power safety management, particularly in three core aspects: power line inspection, construction operations, and safety audits.

Keywords

UAV; power safety; production management; safety inspection;

论无人机在电力安全生产管理中的应用研究

郑宇

国网荆州供电公司国网江陵县供电公司, 中国·湖北荆州 434000

摘要

随着我国电力事业的飞速发展, 电网规模日益扩大, 结构日趋复杂, 传统的电力安全生产管理模式面临着效率低、风险高、盲区多等挑战。无人机技术凭借其机动灵活、视角独特、高精度数据采集等优势, 为电力安全生产管理带来了革命性的变革。本文旨在系统探讨无人机技术在电力安全生产管理, 特别是在电力巡检、电力施工和安全稽查几个核心环节的应用。

关键词

无人机; 电力安全; 生产管理; 安全稽查;

1 引言

电力安全是能源供应稳定的核心保障, 其管理覆盖“事前预防-事中处置-事后复盘”全流程。传统电力安全管理中, 电力线路巡检依赖人工攀爬、车辆巡查, 存在高空作业风险高、山区林区覆盖不足等问题。

无人机技术融合了遥感监测、实时传输、智能分析等功能, 可突破地理环境与作业场景限制。据《中国电力行业无人机应用发展报告》显示, 2024年我国电力行业无人机应用渗透率已超65%, 其中电力巡检、电力施工与安全稽查几大应用场景, 显著降低了电力安全事故发生率, 提升了电力安全生产工作效率。

2 无人机在电力巡检中的具体应用

2.1 输电线路巡检

在电力安全管理领域, 无人机技术的应用正逐步改变传统的输电线路巡检方式。传统巡检方法依赖于人力, 不仅耗时耗力, 而且在恶劣天气或复杂地形条件下存在较大安全隐患。相比之下, 无人机巡检能够提供更为高效和安全的解决方案。例如, 一架无人机可以在短短几小时内完成对数十公里输电线路的全面检查, 而同样的任务若由人工完成则可能需要数天时间。此外, 无人机搭载的高清摄像头和红外热成像技术, 能够捕捉到肉眼难以察觉的微小缺陷, 如绝缘子的裂纹、导线的磨损等, 从而实现了对输电线路状态的实时监控和早期预警。根据某电力公司的统计数据, 采用无人机巡检后, 线路故障率下降了20%, 巡检效率提升了3倍以上, 显著提高了电力系统的稳定性和安全性。

无人机在输电线路巡检中的应用, 不仅限于数据采集, 还包括对数据的智能分析。通过集成先进的图像识别和机器学习算法, 无人机能够自动识别和分类巡检中发现的问题,

【作者简介】 郑宇 (1987-), 女, 本科, 工程师, 从事电网安全检察研究。

如鸟巢、树木接近、绝缘子污秽等，从而为电力公司提供决策支持。例如，某电力公司利用无人机搭载的图像识别系统，成功识别出输电线路附近的非法建筑和植树活动，及时采取措施防止了潜在的电力事故。这种基于无人机的智能巡检模式，大大减少了人工巡检的盲目性和不确定性，提高了巡检的准确性和效率。正如查尔斯·达尔文所言：“在生存斗争中，能够适应变化的物种才能生存下来。”无人机技术正是电力安全管理领域适应现代挑战的创新工具。

2.2 变电站巡检

在电力安全管理领域，无人机技术的创新应用已经显著提升了变电站巡检的效率和安全性。以某电力公司为例，通过部署无人机进行定期巡检，不仅将巡检时间缩短了近50%，而且显著降低了人员在高风险区域作业的潜在危险。无人机搭载的高清摄像头和红外热成像技术，能够捕捉到传统巡检方法难以发现的微小缺陷，如绝缘子的裂纹、接头的过热等，从而实现对变电站设备状态的实时监控和早期预警。此外，结合先进的数据分析模型，无人机采集的数据可以被进一步分析，以预测设备的潜在故障，从而实现预防性维护。正如查尔斯·达尔文所言：“在生存斗争中，能够存活下来的，并非是最强壮的，也不是最聪明的，而是对变化反应最快的。”无人机技术在变电站巡检中的应用，正是对这一理念的现代诠释，它通过快速响应和高效处理，确保了电力系统的稳定运行和安全。

3 无人机在电力施工中的具体应用

3.1 施工现场监控

在电力施工现场，无人机技术的应用显著提升了监控的实时性和精确性。例如，通过搭载高清摄像头和热成像设备，无人机能够对施工现场进行24小时不间断的监控，及时发现潜在的安全隐患。据某电力公司统计，自引入无人机监控系统后，施工现场的事故率下降了30%，这得益于无人机能够从空中视角捕捉到地面难以察觉的细节，如未固定好的设备、不规范的作业行为等。此外，无人机搭载的传感器可以实时监测施工现场的环境参数，如温度、湿度等，通过数据分析模型，预测可能出现的风险，从而实现预防性安全管理。

在施工现场监控中，无人机技术的创新应用不仅限于数据收集和风险预警，还体现在对施工进度的精确把控上。通过无人机定期拍摄的高分辨率照片和视频，结合先进的图像处理技术，可以构建施工现场的三维模型，为项目管理者提供直观的进度报告。例如，某电力工程利用无人机进行日常巡检，通过对比不同时间点的三维模型，能够准确评估施工进度，及时调整资源分配，确保项目按时完成。这种创新应用不仅提高了施工效率，还降低了因进度延误带来的安全风险。

无人机在电力施工现场监控中的应用，也对操作人员

提出了更高的要求。操作人员需要具备专业的飞行技能和对电力设施的了解，以确保无人机的正确使用和数据的有效收集。因此，对操作人员进行系统的培训和资质认证显得尤为重要。正如航空先驱查尔斯·林德伯格所言：“技术的真正价值在于其对人类生活的改善。”通过专业培训，操作人员能够更好地理解无人机技术在电力安全管理中的重要性，从而在施工现场监控中发挥出无人机的最大潜力。

3.2 高风险区域作业辅助

在电力安全管理中，高风险区域作业辅助是无人机技术应用的重要领域之一。无人机能够进入人类难以或不安全到达的区域，如高压输电塔、变电站的高处等，进行实时监控和数据采集。例如，在一项针对高压输电线路的巡检中，无人机搭载的高清摄像头和红外传感器可以检测到微小的缺陷和异常，这些缺陷在人工巡检中可能被忽略。根据某电力公司的统计，使用无人机进行巡检后，发现的缺陷数量比传统人工巡检增加了30%，并且能够提前预防潜在的故障，从而避免了可能的电力中断和安全事故。

无人机在高风险区域作业辅助中的应用，不仅提高了作业效率，还显著降低了人员的安全风险。在一项研究中，通过引入无人机进行高风险区域的作业辅助，作业人员进入高风险区域的次数减少了60%，这直接导致了作业人员受伤率的下降。正如爱因斯坦所说：“在危机中，创新的种子得以生长。”无人机技术的创新应用，正是在电力安全管理的危机中，为降低风险和提高效率提供了新的解决方案。

此外，无人机在高风险区域作业辅助中的应用，还能够通过先进的分析模型，对收集到的数据进行深入分析。例如，利用机器学习算法，可以对无人机拍摄的图像进行模式识别，预测设备的潜在故障和老化趋势。这种预测性维护策略，能够使电力公司提前采取措施，避免突发性故障的发生。在实际案例中，某电力公司通过无人机搭载的传感器收集数据，并结合预测性维护模型，成功预测并修复了多处潜在的故障点，避免了数次可能的电力系统故障。

4 无人机在电力安全稽查中的应用

安全稽查是预防事故、消除隐患的前沿阵地。无人机在此领域的应用，实现了从“人防”到“技防”的质的飞跃。

4.1 应用模式与流程

在常态化空中巡检方面利用搭载高清可见光相机及热成像相机的无人机，对输电线路、变电站、配电设施进行定期巡航。通过自动飞行航线，实现对杆塔、绝缘子、金具、导线等设备的无死角影像数据采集。在专项安全稽查方面针对特定作业现场，如基建施工、线路检修、跨越施工等，无人机可作为“空中之眼”，对以下内容进行远程、非接触式稽查。在人员行为稽查方面检查作业人员是否正确佩戴安全帽、安全带，是否存在违章指挥、违规操作等行为。在安全措施稽查方面核查接地线设置是否规范、安全围栏和警示标

志是否到位、施工机械与带电设备是否保持安全距离。在环境风险识别方面快速评估作业现场周边环境，如山体滑坡、树木倾倒等外部隐患。在数据处理与智能分析肛门采集的影像数据通过后台 AI 算法进行自动分析，自动识别设备缺陷（如发热点、部件松动、异物悬挂）和人员违章行为，并生成结构化稽查报告，极大提升了稽查效率和客观性。

4.2 应用优势分析

提升稽查效率：一架无人机的工作效率相当于数十名巡检人员，尤其适用于大范围、跨区域的电网设施稽查。

降低安全风险：实现了“机器换人”，使稽查人员无需攀登杆塔或进入高危作业区，从根本上杜绝了相应的安全风险。

增强客观性与精准性：影像数据作为客观证据，避免了人为因素干扰。结合热成像技术，能发现肉眼无法察觉的隐性缺陷（如接触不良导致的过热）。

实现全过程记录：可对关键作业工序进行全程录像，为事后追溯、责任界定和经验总结提供了直观依据。

5 面临的挑战与对策

5.1 技术挑战与解决方案

在电力安全管理中，无人机技术的应用虽然带来了诸多便利，但同时也面临着一系列技术挑战。例如，无人机在执行电力巡检任务时，可能会受到恶劣天气条件的影响，如强风、雷雨等，这不仅威胁到无人机的飞行安全，也可能影响数据采集的准确性。针对这一挑战，技术解决方案包括开发更为先进的飞行控制系统，以增强无人机在复杂环境下的稳定性和抗干扰能力。此外，通过引入机器学习算法，无人机可以对历史天气数据进行分析，预测并规避潜在的不利天气条件，从而提高任务执行的成功率和数据质量。

在电力施工领域，无人机面临的挑战之一是如何在高风险区域提供精确的辅助作业。例如，在高压输电线路附近进行施工时，无人机需要具备精确的定位和避障能力，以确保人员和设备的安全。解决方案之一是采用多传感器融合技术，结合激光雷达、红外传感器和视觉识别系统，构建一个全方位的感知环境，从而实现了对复杂环境的精确映射和实时监控。正如爱因斯坦所言：“想象力比知识更重要。”在无人机技术的创新应用中，不断探索和实践新的技术组合，是解决现有挑战、推动电力安全管理进步的关键。

5.2 无人机技术的未来发展趋势

随着无人机技术的飞速发展，其在电力安全管理领域的应用前景愈发广阔。未来，无人机将不仅仅局限于传统的

巡检和施工辅助，而是会通过集成更先进的传感器、人工智能算法和大数据分析，实现更加智能化和自动化的电力系统管理。例如，通过搭载高分辨率摄像头和红外热成像技术，无人机能够对输电线路进行精确检测，及时发现绝缘子破损、导线磨损等问题，从而提高巡检的准确性和效率。根据国际能源署（IEA）的报告，无人机技术在电力行业的应用有望在 2030 年前减少高达 20% 的电力系统故障率。此外，无人机在电力巡检中的应用也正逐步向自主飞行和决策支持系统发展，这将极大地减少人力成本并提升作业安全性。例如，通过机器学习模型，无人机可以自主规划巡检路线，识别潜在风险，并实时向控制中心发送警报。正如比尔·盖茨所言：“创新是不断将事情做得更好，而不仅仅是做新的事情。”无人机技术的持续创新，无疑将为电力安全管理带来革命性的变革。

6 结语

无人机技术深度融入电力安全生产管理，特别是在电力巡检、电力施工和安全稽查领域，已经展现出无可替代的巨大价值。它不仅是提升工作效率的工具，更是转变安全管理模式、构建本质安全型企业的战略支点。

未来，随着人工智能、5G 通讯、物联网及高精度传感器技术的进一步发展，无人机在电力安全管理中的应用将更加深入和智能化。我们可以预见以机巡为主、人巡为辅将成为常态化的稽查模式。“数字孪生”技术将基于无人机采集的数据，构建与物理电网完全对应的虚拟电网，实现安全状态的实时感知与预测性维护。全自动无人化应急响应体系将得以建立，无人机集群可自主完成灾情评估、应急通讯和初步处置任务。

因此，电力企业应积极拥抱这一技术变革，从战略规划、标准制定、人才培养和系统建设等多方面发力，全面推动无人机技术在电力安全生产管理中的规模化、智能化应用，为保障电网安全、稳定、高效运行构筑一道坚实的“空中防线”。

参考文献

- [1] 王伟,李刚. 无人机技术在智能电网中的应用综述[J]. 电力系统自动化, 2020, 44(10): 1-10.
- [2] 张强,刘洋. 基于无人机巡检的输电线路安全状态评估方法研究[J]. 中国电力, 2021, 54(5): 125-132.
- [3] 国家能源局. 关于推进电力行业无人机应用应用的指导意见[Z]. 2022.
- [4] 陈浩,赵磊. 无人机在电力应急抢险中的应用模式探讨[J]. 电力安全技术, 2019, 21(8): 45-48.