

基于人工智能的输电线路无人机巡检技术分析

杨琦

国网山西省电力公司临汾供电公司

摘要：随着电力行业的快速发展和电网规模的扩大，输电线路的安全性和稳定性变得尤为重要。传统的巡检方法存在一系列问题，如人工巡检效率低、存在较大安全风险等。因此，基于人工智能的输电线路无人机巡检技术成为解决这些问题的创新手段。本文将深入探讨无人机在电力行业中的优势，以及人工智能技术在无人机巡检中的关键应用，旨在为电力行业提供更安全、高效的巡检解决方案。

关键词：人工智能；输电线路；无人机巡检技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.03.101

引言

随着科技的不断发展，人工智能技术在各个领域的应用越来越广泛。在电力行业，输电线路的巡检工作是保障电力系统安全稳定运行的重要环节。传统的输电线路巡检方式主要依赖于人工巡检，这种方式不仅效率低下，而且存在一定的安全风险。近年来，无人机巡检技术逐渐崭露头角，它能够实现对输电线路的高效、安全、实时巡检。然而，无人机巡检技术仍然存在一定的局限性，如飞行稳定性、图像识别准确性等问题。为了解决这些问题，基于人工智能的输电线路无人机巡检技术应运而生。

据统计，我国输电线路的总长度已经超过100万公里，其中高压输电线路占比较大。这些输电线路的运行状态直接影响到电力系统的稳定运行和电能的有效传输。然而，由于输电线路的特殊性，其巡检工作难度大，风险高，对技术人员的要求也较高。因此，如何提高输电线路的巡检效率和安全性，降低巡检成本，成了电力行业亟待解决的问题。

一、无人机电网巡检的优势分析

（一）降低人工风险，提升巡检效率

传统的电网巡检往往涉及人员攀爬电力设施，这带来了高空坠落、触电等严重的人工风险。然而，随着无人机技术的应用，这一安全隐患得到了根本性的解决。无人机具有出色的飞行能力，能够在高空完成电网的巡检任务，彻底消除了人员直接接触危险区域的风险。这不仅提高了巡检的整体安全性，还降低了工作人员在复杂环境中的危险程度。同时，无人机的应用大大提升了巡检的效率。相较于传统手段，无人机能够在较短时间内覆盖大范围区域，快速完成对电力设施的检测。这极大地提高了电网巡检的速度和效率，使得监测周期更为紧凑，从而更早地发现潜在问题，有针对性地进行维护，进一步确保了电力系统的稳定性和可靠性。

（二）获取影像便捷，辅助检修作业

无人机作为电网巡检的得力助手，配备了先进的摄

像设备，为电网设施提供高效的影像信息获取。这一特点在多个方面都为电力系统维护和检修工作带来了显著的优势。首先，无人机能够轻松进入电力设施难以接触的区域，如高空、复杂地形等，为电网的全面巡检提供了便利。通过高清摄像设备获取的影像信息不仅直观清晰，而且能够涵盖更多的细节，使得工作人员能够更全面地了解电网设施的状态。其次，这些获取的影像数据在事后的分析和检修作业中具有重要意义。通过对巡检期间获取的影像进行详细分析，工作人员可以及时发现潜在问题，为维修提供准确的参考。这种辅助分析的方式大大提高了维护作业的准确性和效果，有助于及时解决电力设施存在的各类问题。

（三）人工智能加成，巡检精准高效

无人机电网巡检的优越性在于其不仅仰仗传统的遥感技术，更加入了人工智能的强大支持。通过整合先进的人工智能算法，无人机在巡检过程中具备了自主识别电网设备异常情况的能力，迅速定位潜在故障点。这种智能加成带来了多方面的益处。首先，通过人工智能的应用，无人机能够自动识别电网设备的异常状态，与传统的目视巡检相比，大大提高了故障检测的准确性。其次，智能算法的加入使得巡检更为高效。无人机能够在短时间内完成大面积的巡检，将电网的状态实时反馈给监测人员，为故障的及时处理提供了可能。这一人工智能加成不仅减轻了人工的负担，还提高了整个巡检过程的精准度和效率。通过与传统技术的融合，无人机电网巡检展现出更为卓越的性能，为电力系统的安全稳定运行提供了先进而可靠的保障。

二、基于人工智能的输电线路无人机巡检技术

无人机巡检技术的基石是其集成了人工智能技术，通过这些技术的应用，无人机在输电线路的巡检中展现出卓越的性能和灵活性。

（一）自主巡检技术

自主巡检技术是无人机应用中的关键之一。通过搭载先进的人工智能导航系统，无人机能够在复杂的输电

线路环境中实现自主飞行，而无须过多的人为干预。这种技术使得无人机能够灵活应对各种复杂的场景，包括线路塔架、交叉点等，保证了巡检的全面性和高效性。在自主巡检技术的实施中，人工智能导航系统通过不断学习和优化，使无人机具备了对环境变化的感知和适应能力。借助先进的感知器件，无人机能够实时获取周围环境的数据，包括地形、障碍物、气象等信息，从而有效规避潜在的风险和障碍。这种智能化的自主巡检技术不仅提高了无人机在电网巡检中的适应性，也降低了人为操控的需求，从而减轻了操作人员的负担。此外，自主巡检技术还通过路径规划和智能决策系统，使无人机能够选择最优的飞行路径，实现对整个巡检区域的全面覆盖。这样的全面性保证了输电线路各个部位都能得到有效监测和检查，确保了电力系统的安全和稳定运行。

（二）作业安全管控

作业安全管控是无人机巡检的又一重要方面。通过结合人工智能算法，无人机能够实现对飞行过程中的各种安全因素进行实时监测和管理，从而确保整个巡检过程的安全性和稳定性。在作业安全管控的实践中，无人机配备了先进的感知技术，包括雷达、红外线传感器等，用于全面感知周围环境。这些感知器件能够及时探测到可能存在的障碍物、电缆断裂、设备故障等情况，为无人机的安全巡检提供及时而准确的信息。同时，通过智能决策系统，无人机能够根据实时获取的数据进行智能化决策。例如，在遇到突发情况时，无人机可以迅速做出避让或紧急停机等反应，确保在任何情况下都能够保持飞行的安全性。这种作业安全管控的机制不仅提高了巡检的安全性，也降低了人为操作引发事故的可能性，为无人机在电网巡检中的应用提供了更可靠的保障。

（三）故障定位和缺陷识别技术

基于人工智能的输电线路无人机巡检技术在故障定位和缺陷识别方面展现出卓越的应用潜力。这项技术通过充分利用高度先进的传感器和摄像设备，实现了对电网设施进行精准监测和分析的功能，为电力系统运维提供了全新的解决方案。首先，故障定位方面，无人机配备了高分辨率的红外热成像摄像头和激光测距仪等设备，能够在巡检过程中实时捕捉电网设施的温度、电流等数据。基于这些数据，结合人工智能算法进行分析，无人机能够迅速准确地定位设备存在的故障点，如过载、短路等问题。这种实时的故障定位技术使得电力运维人员能够在最短时间内做出反应，提高了故障处理的效率。其次，缺陷识别方面，无人机通过高清晰度的摄像设备对电网设施进行全面拍摄。图像数据经过深度学习和图像识别算法的处理，能够识别出设施的缺陷，如腐蚀、裂纹等。这种智能化的缺陷识别技术有助于在设

备出现问题时及时发现并进行维修，提高了电网设施的可靠性和安全性。这一技术的应用将推动电力行业向智能化、高效化方向迈进。

三、基于人工智能的输电线路无人机巡检系统组成

基于人工智能的输电线路无人机巡检系统的设计构架充分整合了多个关键组成部分，确保了系统在执行巡检任务时的高效性和智能性。

（一）数据采集系统

数据采集系统的设计是基于无人机巡检系统的核心，旨在提供全面而准确的电网设施信息，为后续的巡检和分析工作奠定坚实基础。无人机搭载的传感器和摄像设备的多样性为数据采集系统的高效运行提供了保障。其中，红外热成像摄像头能够实时监测电网设施的温度变化，快速发现可能存在的过载或高温问题。高分辨摄像头能够捕捉电网设备的图像细节，为故障定位和缺陷识别提供清晰的视觉数据。激光测距仪则能够精确测量设备之间的距离，为电网结构的三维建模提供关键数据支持。这些设备通过实时监测电网设施的温度、电流、缺陷等数据，不仅提供了巡检全过程的实时反馈，也为后续的数据处理与应用系统提供了丰富的信息源。通过这些传感器获取的大量数据，无人机能够将电网的运行状态呈现得更加全面和细致。

（二）巡检系统

巡检系统作为无人机任务执行的核心，融合了先进的人工智能技术，使得无人机在电网环境中具备了高度的自主巡检能力。该系统的设计不仅仅是沿着预定航线的简单飞行，更是具备智能适应能力，能够灵活地适应电网复杂的线路结构，实现全方位、多角度的监测。无人机巡检系统采用先进的自主巡检技术，依托人工智能导航系统，使得无人机能够在复杂的输电线路环境中实现自主飞行。这种自主巡检技术不仅能够实现巡检路径的规划和实时调整，更能够智能应对线路塔架、交叉点等复杂场景，保证了巡检的全面性和高效性。巡检系统与数据采集系统协同工作，通过实时监测电网设施的各项数据，包括温度、电流、缺陷等，全方位监测电网状态。这种全面监测的方式有助于早期发现潜在的故障点和缺陷，提前预警并降低事故发生的概率。无人机在执行巡检任务时，通过智能感知与导航系统的精准协同，能够确保对电网设施的覆盖率高、巡检过程全面而细致。

（三）数据处理与应用系统

数据处理与应用系统在基于人工智能的输电线路无人机巡检系统中扮演着智能决策的关键角色。该系统通过综合运用人工智能算法，对从数据采集系统获取的大量数据进行迅速而准确的处理与分析。其中，人工智能算法的应用范围涵盖了多个关键领域，包括故障定位和

缺陷识别。通过对巡检过程中收集到的电网设施的数据进行深度学习和模式识别，系统能够精准地定位潜在的故障点和缺陷。这项技术使得系统具备了更高效的故障诊断能力，有助于电力运维人员更快速地做出响应和决策。此外，数据处理与应用系统还负责将处理后的数据进行妥善的存储和管理。通过智能的数据管理机制，系统能够有效地归档历史巡检数据，为电力运维人员提供完整的电网设施健康档案。这对于制定长期维护计划、分析设备运行趋势等方面提供了可靠的数据支持。最重要的是，数据处理与应用系统通过可视化手段将处理后的数据呈现给电力运维人员。这种可视化展示使得复杂的数据变得直观，电力运维人员能够清晰地了解电网设施的健康状况。这样的决策支持系统有助于运维人员更加精准地制定维护策略，提高电力系统的整体可靠性和稳定性。

（四）无人机与巡线机器人的复合搭载系统的应用

复合搭载系统的引入为基于人工智能的输电线路无人机巡检技术增添了灵活性与全面性。这一系统结合了无人机和巡线机器人的优势，以更好地适应多样化的巡检环境。在特殊情况下，例如电网设施的特殊结构或环境，无人机可能面临难以穿越的障碍。这时，巡线机器人能够发挥其优势，通过更为灵活的机械结构穿越狭窄或复杂的空间，执行精细化的巡检任务。同时，巡线机器人也可在地面进行巡检，有效应对无人机在近地飞行时可能面临的限制。这种复合搭载系统的应用使得系统在整个巡检过程中能够更全面地涵盖不同高度和位置的电网设施，提高了巡检的全面性和精准性。无人机与巡线机器人的协同工作，通过高空、低空以及地面的多维度巡检，确保了对电网设施的全方位监测。此外，复合搭载系统的智能化协同控制也是其优势之一。系统能够根据具体任务实时调整无人机和巡线机器人的协同工作模式，使其更好地适应电网设施的特点。这种智能协同使得系统在复杂的巡检环境中具备更强的适应性和灵活性。

四、人工智能技术在无人机巡检中的应用

（一）巡检影像的智能识别与分析

巡检影像的智能识别与分析是基于人工智能技术的输电线路无人机巡检的核心应用之一。通过搭载先进的图像处理算法，无人机可以实时获取高清晰度、多角度的电网设施影像。人工智能技术通过图像识别、目标检测和深度学习等手段，能够自动识别电网设备的各种元件，包括输电塔、绝缘子、导线等，实现对设备状态的智能判别。在识别过程中，人工智能技术还能辅助分析影像中的异常情况，如破损、污秽、锈蚀等缺陷，同时定位可能的故障点。这种智能分析大大提高了故障检测的速度和准确性，为运维人员提供了精准的故障诊断信

息。通过智能识别与分析，无人机实现了对电网设备状态的全方位监测，为后续的维护工作提供了有力支持。

（二）无人机自主巡检导航和巡线机器人的投放与回收

基于人工智能的输电线路无人机巡检系统的另一关键应用是自主巡检导航和巡线机器人的投放与回收。无人机通过搭载先进的导航系统，利用全球定位系统（GPS）、激光雷达等技术，实现了在电网环境中的高精度自主飞行。在导航过程中，人工智能技术为无人机提供实时的环境感知和避障能力。通过感知周围环境的传感器，无人机能够迅速响应各种复杂的电网场景，避开障碍物，确保飞行路径的安全和高效。这种自主巡检导航技术使得无人机在复杂的线路结构中也能够高效执行任务，全面监测电网设备。同时，基于人工智能的系统还能实现与巡线机器人的协同工作。通过智能化的控制系统，无人机可以在巡检过程中根据任务需求将巡线机器人精准地投放到需要检测的区域，完成对特定设备的细致巡检。任务完成后，同样通过智能导航系统，无人机能够精准回收巡线机器人，提高系统的整体运行效率。

五、结语

随着人工智能技术不断突破创新，输电线路无人机巡检技术将更加智能、自主，逐步实现对电力设施的全方位监测和智能管理。这一技术的广泛应用不仅推动了电力行业的现代化升级，也为构建智慧电网、提高电力供应质量提供了强大支持。在未来，随着技术的不断进步和实践经验的积累，基于人工智能的输电线路无人机巡检技术将进一步深化与完善，为电力行业带来更多创新性的解决方案。

参考文献

- [1] 张群立, 张丁丁. 配电运检标准化管理的探索与实践试析[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2021(9): 0050-0050.
- [2] 白彦龙. 基于5G技术的无人机在输电线路巡检的应用[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2021(11): 0386-0387.
- [3] 晁岳振. 继电保护远程运维技术研究与应用[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2021(3): 0037-0038.
- [4] 蓝朝楨, 阎晓东, 崔志祥, 秦剑琪, 姜怀刚. 用于无人机自主绝对定位的实时特征匹配方法[J]. 测绘科学技术学报, 2020, 37(3): 264-268.
- [5] 钟昊. 基于图神经网络的无人机无源定位航迹自主生成方法[J]. 价值工程, 2020, 39(12): 254-258.
- [6] 杨光, 李兵, 冯鹏飞. 无人机多目标定位算法研究[J]. 舰船电子工程, 2020, 40(1): 54-59.