

无人机智能巡检在风电光伏故障检测中的应用研究

李忠孝

中国能源建设集团科技发展有限公司辽宁分公司 辽宁丹东 118000

摘要：随着可再生能源技术的迅猛发展，风电和光伏电站的装机容量不断增加，其安全高效运行对电力系统的稳定越来越重要。传统的巡检方法耗时耗力且存在安全风险，难以满足现代能源发展的需求。无人机智能巡检技术以其高效率、低成本和高安全性的优势，成为提升风电光伏故障检测效率的关键技术。本研究深入探讨了无人机在风电叶片检查、塔筒与机舱检查、螺栓监测、光伏板检查和热斑检测方面的应用。

关键词：无人机；智能巡检；风电光伏故障检测；应用

风能和太阳能作为清洁能源的重要组成部分，在全球能源结构中扮演着日益重要的角色。然而，风电场和光伏电站通常位于环境复杂、地理位置偏远的区域，给设备的维护和故障检测带来了挑战。由于设备的特殊性和工作环境的复杂性，传统人工巡检方式不仅效率低下，而且存在一定的安全隐患。无人机智能巡检技术的发展为解决这一问题提供了新的思路。无人机可搭载多种传感器，如高清摄像头、红外热像仪和多光谱扫描器等，实现对风电叶片、塔筒、机舱、光伏板的远程非接触式检查。本研究旨在分析无人机智能巡检技术在风电光伏故障检测中的应用现状，为进一步提升风电光伏设施的运维效率和安全性提供参考。

一、风电光伏系统常见故障类型

1. 风电机组故障

叶片损伤：风电机组的叶片是最容易受损的部分之一。长期暴露在风吹、日晒、雨淋等恶劣天气条件下，叶片表面可能出现裂纹、剥落甚至断裂。这些问题会直接影响风电机组的发电效率和设备寿命。

齿轮箱故障：齿轮箱是风电机组中的另一个重要部件，负责将叶片转动产生的低速高扭矩动力转换为发电机所需的高速低扭矩动力。齿轮箱在运行过程中容易因为润滑不良、过载等原因出现磨损、断齿等故障。

发电机故障：发电机是将机械能转化为电能的关键设备。其常见故障包括绝缘破损、轴承过热、冷却系统堵塞等。这些故障不仅降低发电效率，严重时还可能导致发电机损坏。

2. 光伏组件故障

组件损坏：光伏组件在长期使用过程中可能会出现

裂纹、污垢覆盖、热斑等问题。这些损伤会影响光电转换效率，减少系统的发电量。

电气问题：光伏组件的电气连接问题也是常见的故障之一，如焊点脱落、电缆老化等。这些问题会导致电流传输不稳定，影响整个系统的供电可靠性。

3. 逆变器故障

逆变器作为风电光伏系统的核心部件，负责将直流电转换为交流电。其内部电容电路、开关管、继电器等关键部件的损坏会严重影响电力转换效率。同时，逆变器的冷却系统故障也需引起重视，避免因高温导致设备停机。

二、无人机智能巡检在风电光伏故障检测中的应用优势

传统的维护方式往往依赖人工检查，这不仅耗时长、成本高，而且安全性相对较低，特别在恶劣的天气条件下。相比之下，无人机能够快速进入这些区域，通过搭载的高清摄像头和传感器，实时传输图像与数据至控制中心，使得远程监测成为可能。此外，无人机的机动性强，可以轻松覆盖大面积的区域，执行复杂的检查任务，如叶片损伤、组件热点监控等，这些都是人工难以达到的。利用无人机进行智能巡检不仅显著降低了劳动力成本，还缩短了检查周期，提升了风电光伏系统的运行效率和可靠性。无人机智能巡检配备的先进分析软件还能对采集到的数据进行深度分析，预测潜在的设备故障，从而实现预防性维护。这进一步避免了大规模停电事件的发生，确保能源供应的连续性。因此，无人机智能巡检技术的应用，不仅提高了风电光伏发电效率，也为行业的安全管理和智能化发展开辟了新路径^[1]。

三、无人机智能巡检在风电光伏故障检测中的应用

1. 叶片检查

无人机智能巡检在风电机组的叶片检查中扮演着至关重要的角色。叶片作为风力发电机的核心部件，其状态直接影响到风机的发电效率和安全运行。无人机配备了高分辨率摄像头和红外成像设备，能够对叶片进行全面扫描，捕捉到微小的裂缝、断裂以及表面磨损等情况。通过无人机进行叶片检查，可以大幅降低人工巡检的风险和成本，同时提高检查的精度和效率。此外，利用特制的算法，无人机还可以对捕获到的图像数据进行实时分析，及时发现潜在的问题，从而预防可能导致的故障。

2. 塔筒与机舱检查

在风电光伏故障检测中，无人机对塔筒与机舱的检查同样重要。塔筒是连接叶片与地面的重要结构，其稳定性直接关系到风电机组的安全运行。机舱内包含了发电机和多种电子设备，是产生电能的关键部位。无人机可贴近塔筒和机舱进行飞行，利用其搭载的高清摄像设备和超声波探测技术，检查塔筒的表面裂纹、腐蚀情况以及机舱设备的完好性。通过这种方式，无人机能够迅速定位问题点，为后续的维修提供精确的数据支持。

3. 螺栓监测

风电塔架由成千上万个螺栓紧固而成，螺栓的松动或断裂会严重影响风电塔的稳定性和安全性。无人机在螺栓监测中发挥着不可或缺的作用。装备了高清摄影机和特定传感器的无人机能够精准定位每个螺栓的位置，并通过图像比对技术检测螺栓是否存在松动或损伤的迹象。这种监测方式大大减少了对人工直接检查的依赖，降低了维护人员的高空作业风险，同时也提高了检测的效率和准确性^[2]。

4. 光伏板检查

在光伏发电领域，无人机对光伏板的检查同样显得尤为重要。光伏板效率的高低直接关联到发电量，而光伏板表面的污染、裂纹等问题都会显著影响其性能。无人机可以在不接触光伏板的情况下，利用高清摄像头和红外扫描技术进行快速检查。通过对光伏板表面进行成像分析，无人机帮助识别出低效或损坏的光伏板，甚至能发现由于部分遮挡造成的热点问题，这对于及时清洗和维护光伏板，保障光伏发电效率具有重要意义。

5. 热斑检测

热斑现象是光伏板中一种常见的故障表现，它指的是当部分电池单体被遮挡或电气性能退化时，在光伏板内部形成局部过热的区域。这些区域不仅会降低整个光伏板的发电效率，而且长期存在还可能导致光伏板永久损坏，甚至引发火灾等安全事故。因此，及时发现并处理热斑对于确保光伏电站安全高效运行至关重要。无人机智能巡检在热斑检测中的应用极大提升了检测的效率和准确性。携带热红外相机的无人机能够捕捉到光伏板表面的热分布图像，由于热斑区域的温度通常会高于其他正常区域，所以在热成像中会非常明显。无人机能够在广阔或难以接近的光伏电站上空飞行，快速对整个电站进行扫描，并实时传输回热像数据。利用先进的图像处理和分析技术，可以对捕获的热像进行分析，准确识别出热斑的具体位置和发展程度。这种分析还可以帮助确定热斑产生的原因，如遮挡、电池单体损坏或电气连接问题等。与传统的人工巡查相比，无人机智能巡检不仅可以缩短检测时间，减少人力成本，还能够提高检测频率，实现定期监控，及时发现新出现的热斑问题^[3]。

结语

本研究全面分析了无人机智能巡检在风电光伏故障检测中的应用，通过探讨了无人机在关键检测领域中的应用，如叶片检查、塔筒与机舱检查、螺栓监测、光伏板检查和热斑检测，本研究揭示了无人机技术在风电光伏行业中的重要价值和广阔前景。随着无人机技术的不断进步和相关法规的完善，预计无人机智能巡检将在风电光伏行业发挥更大的作用，推动可再生能源的安全、高效和可持续发展。

参考文献

- [1] 陆成龙, 刘忠德, 张皖军, 等. 无人机智能巡检在检测风电光伏故障中的应用研究[J]. 电子设计工程, 2021, 29(06): 130-134.
- [2] 范月圆. 无人机智能巡检在风电光伏故障检测中的应用[J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(02): 75-76.
- [3] 徐进, 丁显, 宫永立, 等. 无人机智能巡检在风电光伏故障检测中的应用[J]. 设备管理与维修, 2019, (07): 170-172.