

# 高精度无人机在变电站巡检中的应用优势探究

陈杰

国网福建省电力有限公司沙县区供电公司

**摘要：**近年来，无人机技术在电力行业得到了广泛应用，尤其是高精度无人机在变电站巡检领域展现出了巨大的应用潜能。高精度无人机巡检技术通过自主飞行、高清成像、智能识别等先进技术手段，能够高效、准确、安全地完成变电站设备状态监测、缺陷识别等多项巡检任务，大幅提升了变电站巡检的质量和效率。本文将重点阐述高精度无人机在变电站巡检中的应用优势及具体应用，以期为变电站智能巡检技术的发展提供有益探索和借鉴。

**关键词：**高精度无人机；变电站；设备状态监测；缺陷识别；智能巡检

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2023.12.089

## 引言

电力系统是现代社会的的重要基础设施，变电站作为电力系统的重要组成部分，对保证供电质量和可靠性至关重要。为确保变电站设备的正常运行，需要定期进行全面的设备巡检和维护。然而，传统的人工巡检方式存在诸多不足，如工作强度大、效率低下、存在安全隐患等，亟须通过新技术手段加以改进和创新。

### 一、高精度无人机的技术原理

#### 1. 高精度飞行控制技术

高精度无人机需要具备精准的飞行控制能力，能够根据预设航线自主飞行，并对飞行状态进行实时监测和调整，确保飞行轨迹的稳定性和可靠性。飞行控制系统集成了全球导航卫星系统（GNSS）、惯性测量单元（IMU）、航空电子系统等多种技术，通过融合导航、自动巡航控制等多种控制模式，实现高精度、高可靠的自主飞行。

#### 2. 高清成像技术

高清成像是高精度无人机获取目标区域图像信息的关键。通常采用高分辨率航拍相机、红外热成像仪等多种成像载荷，能够实现对电力设备的高清可见光、热红外等多维度成像，为设备缺陷识别和状态评估提供高质量的图像数据支持。

#### 3. 高带宽数据传输技术

由于获取的图像和视频数据量庞大，高精度无人机需要具备高带宽、高可靠的数据传输能力，将采集的图像数据实时传输至地面监控中心。常用的数据传输方式包括无线数字视频传输、卫星数据链路等。通过优化天线布局、加强信号调理、数据压缩传输等手段，可以实现远距离、高质量的视频数据传输。

#### 4. 智能识别技术

高精度无人机通常集成了计算机视觉、机器学习等人工智能技术，能够对获取的图像视频数据进行智能分析和识别，自动发现电力设备表面的污秽、缺陷、异常发热等状况，大幅提升了缺陷识别的准确性和效率。常

用的智能识别技术包括目标检测、图像分割、缺陷分类等。

### 二、高精度无人机在变电站巡检中的应用优势

#### 1. 提高工作效率

人工巡检由于需要操作人员亲临现场，不仅存在工作强度大的问题，而且由于巡检范围广、作业环节多，效率自然低下。相比之下，高精度无人机凭借自主飞行能力，只需提前规划好巡检航线，即可按计划自动飞行至各个巡检区域，大大缩减了作业时间。以变电站为例，传统人工巡检需要对站内外上百个环节进行逐一检查，工作效率低下且难以做到全覆盖；而无人机可以在短时间内高效完成站区的全方位拍摄，确保不遗漏任何区域。此外，无人机无人值守、全天候飞行是其独有优势，可随时投入作业，不受白天黑夜、雨雪等环境制约，进一步提升了工作的连续性。

#### 2. 降低人力成本

传统的人工巡检需要大量操作人员、维护人员和现场管理人员等，人力投入成本非常高。而采用无人机巡检，只需少量操作人员遥控指挥，即可完成作业任务，人力需求大幅降低，相应人力成本也随之大幅下降。更重要的是，无人机巡检避免了人员进入高空、高压等危险环境作业，有效规避了安全风险隐患，减少了因工作环境恶劣而可能导致的人员伤亡事故，从根本上杜绝了传统人工巡检中存在的安全隐患。减少人员伤亡事故的发生，不仅可以降低相关赔偿支出，更能够维护企业形象，避免社会负面影响带来更大损失。

#### 3. 提升数据质量

高精度无人机搭载的高分辨率航拍相机、红外热成像仪等多种先进影像设备，可以对变电站设备进行高清可见光、热红外等多维度成像，获取大量高质量图像数据，为后续的隐患识别和状态评估提供了可靠的数据支持。与此同时，高精度无人机还集成了人工智能视觉算法，能够对采集的海量图像视频数据进行智能识别和分析，自动发现设备表面的污秽、缺陷、异常发热等状

况，大幅提升了缺陷识别的准确性和效率，克服了人工肉眼检查易出现疏漏和判断失误的弊端。精准的数据质量和智能识别能力，为变电站设备的健康状态评估奠定了坚实的基础。

#### 4. 简化巡检流程

无人机巡检技术的应用，使得变电站设备巡检可以前移至设备运行阶段，无须等到既定的检修周期。工作人员可以通过遥控操作，随时安排无人机对运行中的设备进行定期或临时飞行巡查，实时监控设备运行状态。这种“动态巡检”模式，避免了传统的停运检修，设备可以持续运转，从而简化了巡检作业流程，最大限度地提高了设备利用率。与此同时，及时发现和排查设备隐患，防患于未然，也为设备的安全运行保驾护航。无人机巡检给变电站的检修作业模式带来了前所未有的革新，极大提升了工作的灵活性和高效性。

#### 5. 降低运维成本

相比人工作业，无人机巡检在日常运维环节具有明显的经济优势。由于高精度无人机本身体积小、重量轻，无须为其搭建大型的起重架、吊装设施等辅助设备，既节省了大量前期建设投资，也减轻了后期维护保养的费用支出。此外，高精度无人机及时发现设备隐患，可以避免小问题拖延扩大导致设备重大故障，从根源上杜绝了因检修不力而引发的事故维修成本支出。更为重要的是，得益于无人机的自主化和智能化水平的不断提高，将来人力操作环节或可进一步减少，从而进一步节约运维成本开支。可以说，高精度无人机巡检技术切实降低了变电站的运行成本，为电力企业创造了可观的经济效益。

### 三、高精度无人机在变电站巡检中的具体应用

#### 1. 变电站设备外观检查

变电站内的主要电气设备如变压器、断路器、隔离开关、母线等设备在长期运行过程中，外观很容易出现污秽、锈蚀、开裂、变形等缺陷。及时发现并排除这些缺陷，对于确保设备的正常运行和延长使用寿命至关重要。传统的人工目视检查存在诸多弊端，如视野受难以覆盖全部区域、高空作业存在安全隐患、肉眼观察存在疏漏等。而应用高精度无人机可以彻底解决这些问题。无人机携带的高分辨率航拍相机，能够对电气设备的外观进行全方位、高清晰度的拍摄，生成大量高质量图像数据。操作人员无须亲临现场高空作业，即可通过遥控方式灵活调整无人机的位置和角度，确保设备各个部位、各个角落都被完整拍摄到，做到全覆盖无死角。获取到大量高清图像数据后，可交由人工或智能系统进行识别分析。借助人工智能视觉算法，设备表面的任何细微缺陷如污渍、锈蚀点、开裂纹、变形等都可被精准

识别发现，克服了人眼识别的不足。同时，智能系统还可对缺陷的类型、大小、位置等关键参数进行智能判读分析，为后续的维护诊断提供重要依据。相比人工目视检查更加高效、精准、全面，能够最大限度地消除疏漏和判断失误，确保变电站设备外观检查质量。

#### 2. 变电站设备红外热成像检测

变电站内的电气设备在长期运行过程中，极易由于电气故障或机械故障而导致异常发热、温升问题。如果这些隐患得不到及时发现和处理，将会进一步加剧设备损坏，甚至引发严重事故，造成巨大经济损失。而高精度无人机携带的红外热像仪，能够对变电站设备进行精准的热成像检测，从而有效发现这些隐藏的温升隐患。无人机搭载的高灵敏度红外热像仪，可以精准捕捉设备表面的温度分布情况，生成高分辨率的热红外图像。通过对这些图像进行分析，便可轻松识别出哪些部位存在异常的高温区域。例如在检测母线或电缆接头时，如果接头部位出现局部发热点，就有可能存在接触不良、线路老化等问题；对绝缘子进行检测时，如果发现存在温升异常，则可能存在污秽或损坏的情况。一旦发现类似异常，操作人员即可及时派人进行现场排查，采取必要的维护措施，防患于未然。相比人工目视检查和手持式热成像设备，高精度无人机热成像检测的优势更加明显。无人机可以自主飞行靠近被检测对象，在多角度、多距离进行拍摄，从而大幅提高了检测的覆盖范围和精度。同时，热像仪搭载在无人机上，免去了攀高作业的安全隐患。而且通过无人机航拍，可以快速获取整个变电站区域的全景式红外图像，一次性发现所有存在温升隐患的设备。无人机热成像检测具有高效、精准、安全等诸多优点，是发现变电站设备隐患的重要手段。

#### 3. 变电站构筑物巡检

变电站不仅包括电气设备，还包括主控楼、架空构架等重要建筑设施，这些建筑物的安全状态直接关乎变电站的整体运行。高精度无人机在巡检时不仅可以检查电气设备，同时也可以对这些建筑设施进行全面检查，查看有无裂缝、破损、倾斜等安全隐患，确保变电站整体设施的完好性和运行安全。无人机可以在空中多角度、多距离对建筑物进行拍摄，获取高清全景图像，操作人员在远程就能够清晰观察到建筑物表面的细节情况。即使是位于高空的构架物顶部、阳台等区域，无人机也能够精准拍摄到，做到检查无遗漏。而通过无人机携带的高分辨率相机和智能识别算法，不仅能快速发现建筑物表面的明显开裂、破损等缺陷，就连细微的裂缝和磨损痕迹也能被精准捕捉和分析。一旦发现重大安全隐患，现场人员即可及时介入维修，避免问题恶化导致更严重后果。除了变电站内的设施，无人机巡检范围还

可以扩展到变电站周边环境。无人机可以对站区周边进行航拍监控,观察是否存在建筑渣土、杂物等污染源,以及是否存在违章施工等不利于运行安全的情况。对于一些恶劣环境或危险区域,人工监控难以到达,而无人机则可以高效率地完成监测任务,从而全面保障变电站及其周边环境的安全。无人机巡检技术的应用,让变电站站区的各项设施和环境状态完全暴露在监控之下,为变电站的安全运营提供了坚实保障。

#### 4. 变电站设备测量检测

高精度无人机在变电站巡检中不仅仅局限于目视检查和红外热成像检测,它还可以携带先进的测量设备,对变压器、架空线路等关键设备实施精准的三维测量和形变监测,为设备运维和技术改造提供重要的数据支持。无人机可以搭载激光测距仪、结构光测量系统等高精度测量装置,在飞行过程中对目标设备进行全方位扫描,获取其三维空间坐标点云数据,并在后台处理形成精确的三维模型,从而测算出设备的尺寸参数、体积、倾斜度等关键数据,检测精度可达毫米级。这些数据对于设备运维诊断和技术改造至关重要,如变压器的尺寸参数是其铁芯和绕组设计的重要依据;架空线路的实际倾斜度是其承载能力计算的关键参数等。无人机测量可高效获取大量准确测量数据,为确保设备安全可靠运行和优化改造提供准确依据。此外,无人机测量检测还可以借助飞行的灵活性和多视角特性,定期对设备进行动态监测,持续跟踪设备的变形情况。通过比对不同时间节点下采集的数据,即可发现设备的变形位移、扭曲情况。比如,当架空线路及其支撑构架物出现一定形变时,说明存在老化或受力不均等问题,需要进行维修加固。而如果变压器出现倾斜变形,则可能是基础出现问题。及时发现设备变形,并进行针对性修复,可以避免故障进一步扩大带来更严重后果。无人机测量不仅为运维提供重要参数,还可动态跟踪设备健康状态。可见,将先进的测量检测技术与无人机巡检技术相结合,必将为变电站设备运维管理和技术优化带来革新性的创新实践,提供更为丰富、精准的数据支撑。开创变电站智能测量检测的新模式是无人机在此领域不可替代的重要应用前景。

#### 5. 变电站巡检数据采集与管理

无人机航拍在变电站巡检过程中获取的海量图像、视频、三维测量数据、热成像数据等多源异构数据,都将通过高速数据链路实时上传至地面控制中心或云平台。这些原始数据经过智能分析和识别之后,可以还原出变电站设备的全息数字化模型,并形成完整的设备运行数据库和历史记录,为设备状态诊断、维护决策和优化升级提供关键的数据依据。具体来说,对于每一台设

备,无人机航拍数据可以还原出其高精度三维模型,内嵌多维度图像和关键数据,如设备全貌、局部细节、温度分布等,形成数字孪生模型。通过智能算法对这些数据进行分析挖掘,不仅可以及时发现设备表面的缺陷隐患,还能结合历史运维数据,对设备的健康状态做出准确评估,预测其剩余使用寿命,从而为检修维护提供决策支持。比如对于老旧变压器,无人机可以及时发现其绝缘子污秽情况和油箱锈蚀情况,同时融合其运行参数和温升数据,预测其发生故障的风险。除了针对单个设备,无人机巡检数据还可以在更高层次上形成变电站整体的数字化运行模型。该模型能够全景展示站区内各设备的分布、运行状态、环境条件等信息,实现可视化监控,为设备的协同优化调度提供依据。通过持续积累,无人机航拍数据还可以反映设备状态的动态变化轨迹,形成完整的历史记录数据库,为设备的全生命周期管理和优化升级提供有力支持。譬如在技术改造中,可以依据历史数据模拟改造方案,找到最优设计。

可以说,无人机航拍数据与人工智能技术的融合应用,正在为变电站设施全方位感知、智能诊断和优化决策奠定坚实的数据基础,推动着变电站向智能化、信息化、可视化的现代化方向转型升级。高质量的数据采集和智能管理,将为变电站的安全、经济、高效运营注入强劲的动力。

#### 结束语

高精度无人机凭借其自主化、智能化、高效率等优势,正在为变电站巡检领域带来全新的革新。其先进的飞控系统、成像系统、数据传输和智能识别等技术,赋予了无人机精准获取设备状态数据、及时发现缺陷隐患的强大能力,不仅可以提高巡检作业效率,降低人力物力成本,更能及时消除安全隐患,确保电网安全稳定运行。实践证明,无人机巡检技术在变电站设备监测、测量检测、巡检数据采集等诸多环节发挥着不可替代的重要作用。未来,随着5G通信、人工智能等新兴技术的融合创新,高精度无人机必将成为变电站智能化巡检的核心力量,助力电力行业向智能化、数字化方向持续演进,为实现电网高质量发展贡献重要力量。

#### 参考文献

- [1] 娄鹏彦,陈凤翔,刘陵轶等.高精度无人机在变电站巡检中的应用优势探究[J].无线互联科技,2022,19(05):83-84.
- [2] 罗泽雄,刘秀,罗志勇等.高精度无人机在变电站巡检中的应用[J].工程技术研究,2020,5(23):244-245.
- [3] 林泓宏,黄彬佳,李培莹.变电站无人机自动巡检技术研究[J].电气开关,2022,60(02):39-42.