

# 无人机在光伏电站数字化巡检中的运用

曹瑞轩

中国水利水电第三工程局有限公司 陕西 西安 710000

**摘要：**本文探讨了无人机在光伏电站数字化巡检中的运用。介绍了无人机巡检技术基础与系统组成，阐述了其在光伏电站巡检中的高效性、安全性及数据丰富性等优势。详细说明无人机光伏巡检系统架构与关键技术，包括自主导航、多源数据采集及智能缺陷识别算法等。最后，分析光伏电站数字化巡检需求，设计无人机巡检方案，介绍巡检过程与数据处理方法，并探讨巡检结果在光伏电站运维中的应用。

**关键词：**无人机；光伏电站；数字化巡检

## 1 无人机巡检技术概述

### 1.1 无人机技术基础

无人机，即无人驾驶飞机，是一种利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机。从技术原理上看，无人机融合了飞行动力学、自动控制、通信导航、传感器技术等多学科知识。其飞行控制系统是核心，通过陀螺仪、加速度计等传感器实时感知无人机的姿态和运动状态，再结合飞行控制算法，实现对无人机飞行姿态、速度、高度等参数的精确控制<sup>[1]</sup>。动力系统为无人机提供飞行所需的动力，常见的有电动和燃油动力两种类型，电动无人机具有结构简单、噪音小、维护方便等优点，而燃油动力无人机则具备续航时间长、载重能力大等特点。通信系统则负责无人机与地面控制站之间的数据传输，包括遥控指令的发送和无人机状态信息、采集数据的回传，确保操作人员能够实时掌握无人机的飞行情况和获取所需信息。

### 1.2 无人机巡检系统组成

无人机巡检系统主要由无人机平台、地面控制站、任务载荷以及数据传输链路等部分组成。无人机平台是整个系统的飞行载体，承载着其他设备完成巡检任务。地面控制站是操作人员与无人机交互的界面，通过操作地面控制站上的软件和硬件设备，操作人员可以向无人机发送飞行指令，监控无人机的飞行状态，并接收无人机回传的数据。任务载荷则是无人机执行巡检任务的关键设备，根据不同的巡检需求，任务载荷可以包括高清摄像头、红外热像仪、激光雷达等多种传感器。高清摄像头用于获取光伏电站设备的可见光图像，能够清晰地呈现设备表面的外观情况；红外热像仪可以检测设备表面的温度分布，帮助发现设备是否存在过热等异常情况；激光雷达则能够精确测量设备与无人机之间的距离，获取设备的高精度三维信息。数据传输链路负责将

无人机采集到的数据实时传输到地面控制站，确保数据的及时性和准确性，为后续的数据分析和处理提供支持。

## 2 光伏电站无人机巡检技术优势

### 2.1 高效性

光伏电站通常占地面积较大，设备分布广泛，传统的巡检方式需要大量的人力、物力和时间。而无人机巡检具有高效的特点，能够在短时间内完成大面积的巡检任务。无人机飞行速度快，可以快速到达指定区域进行数据采集，相比人工巡检，大大缩短了巡检时间。无人机可以按照预设的路径进行飞行，避免了人工巡检中可能出现的遗漏和重复巡检的问题，提高了巡检的准确性和效率。同时，无人机可以实时回传采集到的数据，地面工作人员可以及时对数据进行分析 and 处理，快速发现设备存在的问题，及时采取相应的措施，进一步提高了光伏电站的运维效率。

### 2.2 安全性

光伏电站中存在一些高压设备和高空作业区域，人工巡检存在一定的安全风险。例如，在检查光伏组件时，工作人员需要攀爬到高处，容易发生坠落等事故；在接近高压设备时，也存在触电的危险。而无人机巡检可以避免工作人员直接接触危险区域，大大降低了巡检过程中的安全风险<sup>[2]</sup>。无人机可以在安全距离外对设备进行检测，通过搭载的各种传感器获取设备的信息，无需工作人员进入危险环境。即使在恶劣的天气条件下，如高温、大风等，无人机也可以正常执行巡检任务，而不会对工作人员的安全造成威胁。这不仅保障工作人员的生命安全，也减少因安全事故导致的停机时间和经济损失。

### 2.3 数据丰富性

无人机巡检可以搭载多种传感器，获取丰富的数据信息。除了可见光图像外，还可以获取红外热像、三维点云等数据。可见光图像可以直观地显示设备表面的

外观情况,如组件的破损、污渍等;红外热像能够反映设备表面的温度分布,帮助发现设备是否存在过热、局部短路等故障;三维点云数据则可以精确地测量设备的尺寸、形状和位置,为设备的安装、维护和改造提供详细的三维模型。这些丰富的数据信息为光伏电站的运维提供了全面的依据,通过对不同类型数据的综合分析,可以更准确地判断设备的运行状态,及时发现潜在的问题,并制定更加科学合理的运维方案。

### 3 无人机光伏巡检系统架构与关键技术

#### 3.1 系统架构设计

无人机光伏巡检系统架构主要包括无人机飞行平台、地面控制与管理系统、数据采集与处理系统以及数据分析与应用系统。无人机飞行平台是系统的执行机构,负责按照预设的路径进行飞行,并搭载各种任务载荷采集数据。地面控制与管理系统是整个系统的核心控制中心,操作人员通过该系统对无人机进行飞行控制、任务规划、数据接收和监控等操作。数据采集与处理系统对无人机采集到的原始数据进行预处理,如图像去噪、数据格式转换等,并将处理后的数据存储在数据库中。数据分析与应用系统则对存储的数据进行深入分析,利用智能算法识别设备缺陷,评估设备的运行状态,并生成巡检报告,为光伏电站的运维决策提供支持。各系统之间通过数据传输链路进行数据交互,确保整个系统的协同工作。

#### 3.2 关键技术

##### 3.2.1 自主导航与路径规划

自主导航与路径规划技术是无人机能够准确、高效完成巡检任务的关键。在光伏电站环境中,存在各种障碍物和复杂的地理条件,无人机需要具备自主避障和精确导航的能力。自主导航技术通过无人机搭载的传感器,如激光雷达、视觉传感器等,实时感知周围环境信息,构建环境地图,并根据地图信息规划出安全的飞行路径。路径规划算法需要考虑多种因素,如飞行距离、飞行时间、障碍物分布等,以找到最优的飞行路径。为了提高巡检效率,路径规划还需要根据光伏电站的设备布局 and 巡检需求,合理规划巡检顺序和飞行高度。

##### 3.2.2 多源数据采集

多源数据采集技术是无人机获取丰富巡检信息的基础。无人机可以搭载高清摄像头、红外热像仪、激光雷达等多种传感器,实现对光伏电站设备的全方位检测。高清摄像头用于采集设备的可见光图像,要求具备高分辨率、高帧率等特点,以清晰地捕捉设备表面的细节信息。红外热像仪则用于检测设备的温度分布,需要具备

高灵敏度、高精度等性能,能够准确地测量设备表面的温度变化<sup>[3]</sup>。激光雷达用于获取设备的高精度三维信息,通过发射激光束并测量反射光的时间来计算距离,从而构建出设备的三维模型。在数据采集过程中,需要确保各传感器之间的数据同步和融合,以便后续对数据进行综合分析。

##### 3.2.3 智能缺陷识别算法

智能缺陷识别算法是无人机巡检系统实现对设备缺陷自动检测的核心技术。通过对采集到的图像、红外热像等数据进行分析,利用深度学习、机器学习等算法,训练出能够识别设备缺陷的模型。对于红外热像数据,可以通过分析温度分布特征,识别出设备是否存在过热、局部短路等故障。为了提高缺陷识别的准确性和可靠性,需要收集大量的标注数据进行模型训练,并对模型进行不断优化和改进。同时还可以结合多源数据的信息,如将可见光图像和红外热像的识别结果进行融合,提高缺陷识别的准确率。

### 4 无人机在光伏电站数字化巡检中的应用

#### 4.1 光伏电站数字化巡检需求分析

在当今能源领域,光伏电站的规模正以前所未有的速度不断扩大,同时其智能化水平也在持续提升。这一发展趋势对巡检工作提出了更为严苛的要求。传统的巡检方式,主要依赖人工进行,不仅效率极为低下,巡检人员需要耗费大量的时间和精力在电站的各个区域穿梭检查,而且采集到的数据准确性难以保证,容易受到人为因素的干扰,如视觉疲劳、经验不足等。人工巡检难以实现对光伏电站的全面覆盖,一些高处、偏远或复杂的区域往往容易被遗漏。光伏电站数字化巡检应运而生,它迫切需要对设备状态的实时监测。通过实时获取设备的运行参数和状态信息,能够及时发现设备运行过程中的细微变化。一旦出现异常,能够快速定位故障位置,并精准诊断故障原因,避免故障的进一步扩大。同时,对巡检数据进行集中管理和分析至关重要。将海量的巡检数据整合到一个统一的平台,运用先进的数据分析技术,挖掘数据背后的价值。通过数字化巡检,能够提前发现设备潜在的问题,及时采取预防措施,有效降低设备故障率,从而提高光伏电站的发电效率和运行可靠性。而且,这些数据还能为光伏电站的运维决策提供有力支持,帮助运维人员制定更加科学合理的运维方案,降低运维成本,提升电站的整体经济效益。

#### 4.2 无人机巡检方案设计

为了确保无人机巡检在光伏电站中能够高效、准确地开展,需要根据光伏电站的实际情况和巡检需求,精

心设计合理的巡检方案。首先,要对光伏电站的设备布局进行详细勘察,了解各个设备的分布位置、间距以及排列方式等。同时对电站的地形地貌也要进行全面了解,包括地势起伏、障碍物分布等情况。在此基础上,确定无人机的飞行区域和巡检路线。在规划巡检路线时,要充分考虑设备的分布密度,确保无人机能够覆盖所有需要巡检的设备,不出现遗漏。要高度重视飞行安全,避开高压线、建筑物等危险区域,规划出合理、高效的飞行路径。其次,根据巡检任务的具体要求,选择合适的无人机平台和任务载荷。如果巡检的是大面积的光伏电站,就需要选择续航时间长、载重能力大的无人机,以保证能够完成长距离、长时间的巡检任务。而对于需要精确测量设备尺寸和形状的任务,可以搭载激光雷达,利用其高精度的测量能力获取准确的数据。另外,还需要制定详细的巡检计划,明确巡检时间。同时,确定巡检频率,根据设备的重要程度和运行状况,合理安排巡检的间隔时间,确保巡检工作的有序进行。

#### 4.3 无人机巡检过程与数据处理

在无人机巡检过程中,操作人员通过地面控制站对无人机进行实时监控和操作,这是确保巡检任务顺利完成的关键环节。地面控制站就如同无人机的大脑,操作人员可以通过它向无人机发送各种指令,如起飞、降落、转向、加速等,同时实时获取无人机的飞行状态信息,包括飞行高度、速度、位置等。无人机按照预设的路径进行飞行,搭载的任务载荷开始采集设备的数据。这些任务载荷可能是高清摄像头、红外热像仪等,它们能够获取设备的可见光图像、红外热像等信息。采集到的数据通过数据传输链路实时回传到地面控制站。地面工作人员在接收到回传的数据后,要对其进行初步检查,仔细核对数据的完整性,确保没有数据丢失或损坏,同时检查数据的准确性,判断数据是否能够真实反映设备的运行状态。对于采集到的原始数据,需要进行预处理。经过预处理后的数据将被存储到数据库中,数据库为数据的安全存储和高效检索提供了保障<sup>[4]</sup>。在数据处理过程中,可以利用智能缺陷识别算法对数据进行自动分析。这些算法通过对大量样本数据的学习和训练,能够识别出设备存在的缺陷,如组件的裂纹、污渍等,并将识别结果进行标记和记录,为后续的运维工作提供

依据。

#### 4.4 无人机巡检结果应用

无人机巡检结果蕴含着丰富的信息,能够为光伏电站的运维提供重要的决策依据。通过对巡检结果的深入分析,运维人员可以及时发现设备存在的问题。同时,能够确定问题的严重程度和具体位置,为后续的维修工作提供准确的信息。运维人员可以根据巡检结果制定相应的维修计划,合理安排维修人员和维修时间,及时对故障设备进行维修或更换,避免故障的进一步扩大,减少因设备故障导致的发电量损失。巡检结果还可以用于评估设备的运行状态和寿命。通过对设备运行数据的长期监测和分析,可以了解设备的性能变化趋势,预测设备的剩余寿命,为设备的更新改造提供参考。例如,当发现某些设备的性能明显下降,且维修成本较高时,可以考虑对其进行更换。而且,通过对长期巡检数据的分析,可以总结出设备故障的规律和趋势。比如,某些设备在特定的季节或运行条件下更容易出现故障,运维人员可以根据这些规律和趋势,优化光伏电站的运维策略,提前采取预防措施,提高光伏电站的整体运行效率和经济效益。

#### 结束语

无人机在光伏电站数字化巡检中的应用,为光伏电站的运维带来了革命性的变化。其高效、安全、数据丰富的特点,使得光伏电站的巡检工作更加精准、便捷。随着技术的不断进步,无人机巡检将在光伏电站运维中发挥更加重要的作用。未来,应继续深入研究无人机巡检技术,不断优化系统架构和算法,提高巡检效率和准确性,为光伏电站的稳定运行和高效发电提供有力保障。

#### 参考文献

- [1]王云冰,付晓刚,牛源.基于无人机光伏巡检的路线优化与故障检测[J].上海电机学院学报,2023,26(5):275-280.
- [2]汪慧晨,周颖,徐瑞雪,等.智能巡检无人机在新能源领域中的应用[J].科技与创新,2023(3):162-164.
- [3]黄山,吴振升,任志刚,等.电力智能巡检机器人研究综述[J].电测与仪表,2020,57(2):26-38.
- [4]夏德喜,刘浩满,芦璐.无人机自动化巡检技术在光伏电站中的应用[J].太阳能,2023,(12):74-81.