

# 无人机技术下输电线路检测和故障定位的方法

林治平

国网山东省电力公司威海市文登区供电公司 山东威海 264400

**摘要:** 随着科技的飞速发展,无人机技术已经广泛应用于各个领域,其中包括电力行业。输电线路作为电力系统的重要组成部分,其运行状态直接影响到电力供应的稳定性和安全性。传统的输电线路检测和故障定位方法存在着诸多局限性,无人机技术的引入,为输电线路的检测和故障定位带来了新的解决方案,可以有效提高工作效率、降低成本、提升安全性。本文将探讨无人机技术在输电线路检测和故障定位中的应用方法,以期为相关领域的发展提供有益的参考。

**关键词:** 无人机技术;输电线路检测;故障定位

## 引言

对电力系统中的输电线路、杆塔、变压器以及其他相关设备进行检查,在满足全球对可持续能源不断增长的需求上,起到了不可或缺的角色。由于输电系统具有高度复杂性以及长期运行过程中产生故障的可能性较高,因此必须保证电力传输质量与效率。高压架空输电线路作为电力系统的关键资产,必须接受仔细和频繁的监测,以确保其不受环境、运行、动物或人类活动等因素的影响,从而保证其正常运行。

## 一、无人机技术概述

### (一) 无人机类型与特点

无人机的分类和特点是本文的重点之一。根据其用途和功能,无人机可以分为多种类型,包括固定翼无人机、多旋翼无人机和混合型无人机等。固定翼无人机通常采用飞机状的机体结构,具有较长的续航时间和大范围的探测能力。多旋翼无人机则采用多个旋翼,具备垂直起降和稳定悬停的能力,适用于近距离低空作业。混合型无人机将固定翼和多旋翼结合,可以兼顾长航时和灵活机动能力。

无人机技术具有多个特点,使其成为输电线路检测和故障定位的理想工具。首先,无人机具有灵活性和机动性,可以轻松飞越高山和河流,甚至在复杂环境中执行任务,从而实现有效的线路检测和故障定位。其次,无人机能够以低空视角进行监测和拍摄,提供高分辨率的影像数据,并能迅速收集线路状态和故障信息。这使得无人机技术在快速、精确地定位故障点和异常情况方面具有独特的优势。此外,无人机还具有实时数据传输和智能分析能力,能够将采集的数据通过无线网络传输

到地面指挥中心进行处理和分析,从而实现快速决策和针对性的维护措施。

综上所述,无人机技术具有多种分类和特点,包括不同类型的机体结构和相应的功能特点。这些特点使无人机成为输电线路检测和故障定位的理想选择。无人机的灵活性、机动性、高分辨率影像采集、实时数据传输和智能分析能力等特点,为输电线路管理和维护提供了高效、准确和安全的解决方案。随着无人机技术的不断发展和应用,我们可以期待其在输电线路领域持续发挥重要作用,并为电力行业的可靠性和稳定性提供强有力的支持。

### (二) 无人机技术的起源和发展历程

无人机技术的起源可以追溯到20世纪初,当时的无人机主要用于军事侦察和目标攻击。然而,随着科技的不断发展,无人机的应用范围逐渐扩大,技术也得到了快速的进步。根据国际民用航空组织(ICAO)的统计数据,自2005年至2015年的十年间,全球无人机制造业产值从38亿美元增长至139亿美元,年均增长率高达16%。这一数据展示了无人机技术的快速普及和应用。

无人机技术的发展历程充满了创新和突破。最早的无人机是由遥控器操纵的飞机,随着机载电力系统和自动导航技术的进步,开始出现了能够执行预定任务的自主飞行器。在2000年代初期,随着传感器和通信技术的发展,无人机开始实现远程遥测和实时数据传输,进一步扩大了其应用领域。近年来,随着人工智能、计算机视觉和机器学习等技术的融合,无人机的智能化和自主化能力不断提升,为其在各个行业的应用带来了更大的可能性。

## 二、输电线路检测方法

### (一) 输电线路的常见故障类型与原因

在电力系统中,输电线路是电网的重要环节,它们

负责传输电能，一旦发生故障，会对整个电网造成严重影响。了解输电线路的常见故障类型及其原因是预防和解决这些故障的关键。

### 1. 输电线路的常见故障类型

(1) 短路故障：这是最常见的输电线路故障类型。当输电线路中两导体之间发生非正常连接时，电流会迅速通过连接点，导致设备损坏或线路烧断。这种情况通常由外部因素如雷电、大风引起，或者由内部因素如线路老化、绝缘材料损坏等引起。

(2) 断路故障：断路故障是指输电线路某一部位断裂，导致电流无法正常流通。这种情况通常由雷击、机械损伤、安装不良、材料缺陷等原因引起。

(3) 接地故障：接地故障是指输电线路与地面之间的非正常连接。这种情况通常由外力破坏、设备老化、材料腐蚀等原因引起。

(4) 绝缘不良故障：这是由于输电线路的绝缘材料老化或受到外部损坏，导致线路对地或线路之间的绝缘能力下降，引发短路、漏电等故障。

(5) 误操作故障：由于操作人员的误操作或维护不当引起的故障，如开关设备误动作、继电保护装置误触发等。

### 2. 输电线路故障的原因分析

(1) 自然因素：①雷电：雷电直接击中输电线路或雷击产生的过电压、过电流可导致线路故障。②大风：强风可能导致输电线路摆动、碰撞，引发短路或断路故障。③冰雪：在寒冷地区，积雪和覆冰会对输电线路造成严重负担，可能导致线路断裂或短路。

(2) 外部因素：①施工损伤：施工过程中可能对输电线路造成机械损伤，导致其运行中出现故障。②外部物体接触：如风筝、鸟巢等外部物体与输电线路接触，可能导致短路或接地故障。

(3) 设备因素：①设备老化：长时间运行的输电线路及其设备可能发生老化，导致性能下降，引发故障。②材料缺陷：制造或安装过程中可能存在的材料缺陷，如绝缘材料不合格、导体材料有瑕疵等，都可能成为故障的根源。

## (二) 无人机巡检输电线路的方法

随着无人机技术的快速发展，无人机在输电线路巡检中的应用越来越广泛。无人机巡检输电线路的方法主要包括可见光检测、红外检测、紫外线检测和激光雷达扫描等。这些方法能够提高巡检效率，降低巡检成本，并且能够在危险环境中进行巡检，有效保障了巡检人员的安全。

### 1. 可见光检测

可见光检测是无人机巡检输电线路中最常用的方法之一。通过无人机搭载高清摄像机对输电线路进行拍摄，获取线路的可见光图像，然后对图像进行处理和分析，以发现线路的缺陷和异常。可见光检测适用于各种类型的输电线路，包括架空线路和地下线路。该方法具有操作简单、成本低廉等优点，但也存在一定的局限性，例如在光线不佳的环境下检测效果较差。

### 2. 红外检测

红外检测是通过检测输电线路的红外辐射来发现线路的异常。由于输电线路在正常工作时会产生一定的热量，因此红外检测可以通过测量线路表面的温度来发现线路的缺陷和故障。无人机搭载的红外传感器可以快速准确地获取输电线路的红外图像，并且可以通过图像处理技术对温度场进行分析，以确定线路是否存在异常。红外检测适用于架空线路，并且可以在夜间进行巡检。该方法具有较高的准确性和可靠性，但是成本较高。

### 3. 紫外线检测

紫外线检测是通过检测输电线路的紫外线辐射来发现线路的异常。由于输电线路在正常工作时会产生一定的紫外线辐射，因此紫外线检测可以通过测量线路表面的紫外线强度来发现线路的缺陷和故障。无人机搭载的紫外线传感器可以快速准确地获取输电线路的紫外线图像，并且可以通过图像处理技术对紫外线强度进行分析，以确定线路是否存在异常。紫外线检测适用于架空线路，并且可以在白天进行巡检。该方法具有较高的灵敏度和准确性，但是成本较高。

### 4. 激光雷达扫描

激光雷达扫描是一种高精度的输电线路巡检方法。通过无人机搭载的激光雷达设备对输电线路进行扫描，可以获取线路的三维坐标信息，并生成输电线路的三维模型。通过对三维模型进行分析，可以发现线路的缺陷和异常，例如线路的弧垂、交叉跨越等。激光雷达扫描具有高精度、高效率等优点，但是成本较高，并且需要专业的数据处理和分析技术。

综上所述，无人机巡检输电线路的方法有很多种，每种方法都有其适用范围和优缺点。在实际应用中，需要根据具体情况选择合适的巡检方法，以提高巡检效率、降低成本并保障巡检人员的安全。

## 三、故障定位技术

### (一) 基于无人机巡检数据的故障定位算法

基于无人机巡检数据的故障定位算法是利用无人机获取的输电线路图像和数据，通过特定的算法和模型，对故障进行定位的方法。这种算法通常包括图像处理、特征提取和模式识别等步骤。

具体来说,基于无人机巡检数据的故障定位算法可以按照以下步骤进行:(1)图像预处理:对无人机拍摄的图像进行预处理,包括去噪、增强、变换等操作,以提高图像质量和识别效果。(2)特征提取:从预处理后的图像中提取出与输电线路故障相关的特征,如线路的颜色、纹理、形状等。这些特征可以通过手工提取或使用特征提取算法得到。(3)模式分类:利用分类器对提取的特征进行分类,以判断输电线路是否存在故障。常用的分类器有支持向量机、神经网络、决策树等。(4)故障定位:根据分类结果和输电线路的拓扑结构,确定故障的具体位置。这需要用到一些算法和模型,如基于距离的算法、基于概率的算法、图论算法等。

在实际应用中,基于无人机巡检数据的故障定位算法需要考虑到各种因素,如不同的光照条件、不同的输电线路类型、不同的故障类型等。因此,需要针对具体的应用场景和需求进行算法的优化和调整。同时,也需要加强算法的可靠性和准确性,以提高故障定位的准确率。

### (二)故障定位的准确性与可靠性分析

故障定位的准确性与可靠性是评估无人机巡检输电线路方法的重要指标,对于基于无人机巡检数据的故障定位算法,其准确性与可靠性受到多种因素的影响,包括数据质量、特征提取方法、分类器设计以及算法参数等。

首先,数据质量对故障定位的准确性与可靠性具有重要影响,如果数据质量不高,例如图像模糊、噪声干扰等,会导致特征提取不准确,降低分类器的分类性能,从而影响故障定位的准确性,在实际应用中,需要保证数据质量,以提高故障定位的准确性。其次,特征提取方法的选择也会影响故障定位的准确性与可靠性,不同的特征提取方法对同一组数据的处理结果可能存在差异,从而影响分类器的分类性能,需要根据实际应用场景和需求选择合适的特征提取方法,以提高故障定位的准确性。另外,分类器设计也会影响故障定位的准确性与可靠性。分类器设计的好坏直接关系到分类性能的好坏,从而影响故障定位的准确性,需要选择合适的分类器,并对分类器参数进行优化,以提高故障定位的准确性。最后,算法参数也会影响故障定位的准确性与可靠性,算法参数的选择会影响算法的性能和结果,从而影响故障定位的准确性,需要选择合适的算法参数,并对算法进行优化,以提高故障定位的准确性。

综上所述,要提高基于无人机巡检数据的故障定位算法的准确性与可靠性,需要综合考虑数据质量、特征提取方法、分类器设计和算法参数等因素,并进行优化和调整。同时,也需要加强算法的可靠性和稳定性,以提高故障定位的准确率。

### (三)故障预防与维护策略

基于无人机巡检输电线路的故障预防与维护策略是确保电力系统稳定运行的关键环节。通过对输电线路的定期巡检、实时监测和数据分析,可以及时发现潜在的故障隐患,采取有效的预防和维护措施,降低故障发生的概率,提高电力系统的可靠性和稳定性。首先,建立完善的巡检制度,通过制定合理的巡检计划,定期对输电线路进行无人机巡检,可以及时发现线路的老化、磨损、锈蚀等问题,加强巡检人员的培训和管理,提高巡检质量,确保故障隐患能够被及时发现和记录。其次,采用先进的监测技术,通过安装在线监测装置,对输电线路的电压、电流、温度、振动等参数进行实时监测,可以及时发现异常情况,并采取相应的措施进行处理,结合数据分析技术,对监测数据进行挖掘和处理,可以预测输电线路的故障趋势,为预防和维护提供有力支持。

### 结束语

总的来说,无人机技术在输电线路检测和故障定位方面呈现出巨大潜力。通过高空俯视和精确探测,无人机可以快速定位并准确识别线路故障,为电力行业提供了高效可靠的解决方案。此外,无人机技术的运用还能有效提高工作安全性和降低维修成本。随着技术的不断进步和应用推广,相信无人机检测将在输电线路领域发挥越来越重要的作用,为电力行业带来更多的便利和效益。

### 参考文献

- [1]倪识远,胡志坚,傅晨宇.单回不对称输电线路分布参数的测量方法[J].电工技术学报,2018,33(5):1086-1095.
- [2]吴立远,毕建刚,常文治,等.配网架空输电线路无人机综合巡检技术[J].中国电力,2018,51(1):97-101.
- [3]伍绍鹏.无人机在电力输电线路巡检中的应用[J].集成电路应用,2020,37(5):122-123.
- [4]姚京松,杜勇,吴军,等.基于无人机巡检的输电线路故障智能定位方法与研究[J].自动化与仪器仪表,2019(3):11-14.
- [5]郝帅,马瑞泽,赵新生,等.基于卷积块注意模型的YOLOv3输电线路故障检测方法[J].电网技术,2021,45(8):2979-2987.
- [6]李清泉,杨茂亭,冯知海.基于Matlab的输电线路故障测距仿真分析[J].黑龙江电力,2020,42(5):396-400.