

# 输电线路在线监测技术研究

贡选

镇江三新供电服务有限公司丹阳分公司

**摘要:**随着社会经济的持续发展,对电力行业的要求也在不断提高。输电线路是确保电力可靠供应的关键基础设施,其日常运行的安全性因此受到了供电企业的高度关注。输电线路的安全运行不仅关系到供电企业的公众形象,而且直接影响到企业的经济收益。为了应对这一挑战,供电企业需要提高对潜在风险的警觉性,并增加对输电线路检测的资源分配,积极采用各种先进在线监测技术更新和改进传统的检测方法。这些措施旨在提高检测潜在安全隐患的效率,提升输电线路运行的安全性。

**关键词:**输电线路;在线监测分析系统;在线监测技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2023.11.100

## 引言

随着电网的迅速扩张,输电线路的在线监测技术在确保电网安全、增强输电能力等方面扮演着越来越关键的角色。目前,我国电网的输电线路覆盖范围不断扩大,运行条件也日益多变。面对这种情况,为了确保电网的稳定和安全运行,必须给予输电线路稳定性足够的关注和提升。输电线路的故障和安全问题往往较为复杂,因此,采用先进的监测技术来有效地解决这些问题至关重要。

### 一、输电线路在线监测技术概述

#### (一)在线监测技术概述

利用在线监测技术对输电线路进行实时监控,能够持续跟踪设备的运行状况和关键参数,并将这些数据记录并传输至终端,以便对设备进行全方位的监控。在线监测技术是监控设备状态和进行维护检修的关键工具,其应用的成效直接影响输电线路状态检修的质量。随着在线监测技术的现代化发展,故障检测的准确性得到了显著提升,但仍然存在诸多挑战和未解决的问题。目前,故障诊断仍不能完全依赖于在线监测技术。为了克服这些难题,需要搜集更多的诊断数据,并建立有效的设备参数与故障类型的关联,以增强在线监测的准确性和可靠性。在线监测技术的标准、诊断指南和故障诊断算法需要不断地优化和完善,以提高其灵敏度、稳定性和故障诊断的成功率。

#### (二)在线监测和状态监测的联系

目前,电力行业的许多工作人员将“在线监测”和“状态监测”混淆,错误地认为它们是相同的概念。然而,实际上这两种监测方法有显著的区别。在线监测技术能够实时获取输电设备和线路的运行数据,而在监测过程中不会干扰正常的电力传输操作。这些实时获取的设备信息和参数为状态监测提供了重要的数据支持。状

态监测涉及多种方法,包括在线监测和离线检测,其主要目标是评估输电设备的整体运行状况。通过分析和理解设备的各项参数,状态监测可以判断输电系统是否存在问题或缺陷,并对可能发生故障的部位进行预防性或修复性操作。状态监测技术具有明确的目标和可靠的范围。因此,输电设备的监测和管理可以看作是有针对性的检测和维护。目前,输电线路的故障诊断还不能完全依赖在线监测技术,主要是因为在线诊断技术可能不够成熟或具体,并且需要大量数据信息作为支撑<sup>[1]</sup>。

#### (三)在线监测系统的结构

在线监测系统由多个组件构成,其中包括用于数据收集、传递和分析的子系统。这些监测装置通常安装在输电设备的内部,能够捕获设备在运行过程中的各种关键参数,并监测周边环境和气候条件,如温度等。随后,将这些数据转换成电信号,并传输给输电系统。数据传输组件需要在网络环境下工作,通过网络渠道将数据信息发送到控制中心。在控制中心,通过计算和分析处理这些数据,以获取电力输送的运行状态。如果控制中心的计算方法先进且科学,那么这些数据信息可以用来预测和分析潜在的风险和隐患,从而为输电系统的稳定和健康运行提供坚实的前提条件。

### 二、在线监测的必要性

传统的输电线路维护和检修采用了一系列固定的方法和有效的策略。国家推荐了一种定期的维护检测管理模式,要求对整个输电网络中的每一条线路进行严格的检查。对于位于城市区域的输电线路,人工检查其运行状况和质量相对容易,但在偏远的高速公路和山区,输电线路需要跨越广阔的地域,包括森林、荒漠等复杂地形,这增加了维护检测人员的工作量和难度。在这些区域发生故障时,不仅会对电力传输造成重大影响,而且长时间的线路检查可能会导致局部电力供应中断。随

随着社会经济的快速进步，电力需求不断增长，输电系统的覆盖范围也越来越广，使用的设备数量也在增加，这对输电系统的管理和维护提出了新的挑战。传统的检测和维修方法无法满足现代设备管理和修复的需求，这促进了在线监测和故障诊断技术的迅速发展。通常，输电系统和线路都会积累一定的故障，这些故障并非一蹴而就，而是受到环境因素影响，设备会发生微小的物理和化学变化，同时，设备的部件也会逐渐损坏。在这一过程中，在线监测和故障诊断技术可以协同工作，通过收集的数据来判断输电系统的健康状况<sup>[2]</sup>。

### 三、输电线路在线监测技术的应用

#### （一）导线舞动及风向监测

高速公路和隧道等基础设施往往位于偏远地区，为了满足长距离和高难度的电力传输需求，输电塔杆之间的距离被设计得较远，并且这些地区可能面临强风的挑战。例如，山顶的输电塔杆可能会因风力而产生摇晃，而导线也会受到风力的影响，导致抖动甚至断裂。随着导线抖动的加剧，电力传输可能会中断，这不仅会导致金具严重磨损，还可能引发塔杆倒塌、导线断裂、跳闸等严重问题，给输电线路带来巨大的经济损失，并在某些情况下，可能引发连锁反应，严重影响居民的生产生活和对电力的需求。为了应对这些常见的输电故障，输电线路的在线监测技术主要通过以下方式发挥作用：首先，它精确测量导线绝缘子的风偏角度等关键信息，并监测周围环境，以防止风偏引起的导线跳动，并根据风偏参数选择合适的绝缘子规格，以减少导线跳动的概率；其次，它监测输电系统的位置和干扰情况，特别关注导线表面的附着物分布，如果导线的抖动频率和幅度超过了规定的标准，工作人员将需要及时维修。

#### （二）绝缘子污垢监测

输电系统出现故障的原因多种多样，绝缘子污染是其中的一种常见根源。特别是在输电线路穿越森林、沙漠等环境时，风力的作用会导致大量灰尘和污垢沉积在绝缘子上。一旦这些附着物积累到一定程度，绝缘子的绝缘性能就会下降，尤其在电压较低的情况下，可能会发生闪络现象。绝缘子污染是输电系统运行风险和安全事故的主要原因之一，其影响甚至可能超过雷击。输电系统采用在线监测技术来管理和监测绝缘子，主要通过接触式和非接触式两种方法。非接触式监测方法，如激光、红外线和超声波技术，虽然成本较高且容易受到多种因素的干扰，但可以提供数据信息。在绝缘子污染监测中，常用的测试方法包括等值盐密法和最大漏电流法。通过收集数据并分析，结合环境温度、湿度等参

数，可以对绝缘子污染情况进行深入探究和有效分析，从而提高对输电系统故障诊断的信赖度。

#### （三）导线弧垂的监控

导线的弧垂，即导线离开垂直线的垂直距离，如果弧垂过大或过小，都可能导致输电线路发生短路。在恶劣的自然环境中，导线下垂可能引发短路问题。当弧垂较小时，导线在运行中会承受较大的张力，尤其在低温环境下，导线的弹性会显著降低，可能导致断路器失效。另一方面，如果导线弧垂较大，且距离地面较近，在穿越居民区时，可能发生放电，对周边居民和输电系统造成危害；此外，强风还可能导致线路发生纠缠。在实际应用中，由于温度、风力等众多因素的影响，导线弧垂可能会发生变化。当弧垂发生变化时，其倾斜角度也会相应改变。因此，在线监测技术主要关注导线的变动情况，并利用角度传感器来收集设备系统的变化信息，以此来测量导线的偏移和弧垂大小。为了更全面地了解输电系统的运行状况，相关部门需要收集输电系统的各项参数，如周围气候环境、分布情况等，并将这些数据与导线弧垂值相结合<sup>[3]</sup>。

#### （四）输电线路温度监测

输电线路的温度是一个关键的评估参数，它直接影响到电力系统的稳定性和安全性。目前，温度测量技术已经相当成熟，但由于输电线路通常架设在户外，它们会受到不同气候环境的影响。例如，北方地区可能面临严寒，而南方则可能遭受酷热。因此，需要对不同地区的温度条件进行精确的测量，并选择恰当的温度测量方法，以提高数据采集的准确性。温度测量方法主要分为两种类型：（1）接触式测温：这种方法基于热量传递原理来获取物体的温度信息。在测量过程中，将传感器与被测物体接触，传感器会监测和记录导线的温度，并将数据传输到数据处理中心，从而实现导线温度的有效监控。这种方法的准确度较高，技术也比较成熟，常用的接触式测温技术包括热敏电阻测温等。（2）非接触式测温：这种方法通过热量辐射来获取物体的温度信息，不需要与被测物体直接接触。它的原理与红外测温枪相似，但这种监测方法的使用范围较窄，更容易受到气候环境的干扰，因此不适合大规模推广和应用。

#### （五）导线舞动与风偏监测

高速公路区域是输电线路常用的跨越地带，由于高速公路覆盖范围广泛，且常常穿越山林等地形，因此输电线路需要较长距离的架设，塔杆之间的距离被设计得尽可能最大。有些塔杆位于山顶，受到的风力影响尤为显著。在大风天气中，山顶塔杆承受的风力最大，可能

导致导线产生剧烈舞动。如果导线舞动持续时间过长，会导致线路各部分严重磨损，甚至引起输电线路断裂或塔杆倒塌。这种情况对输电线路的破坏性极大，严重时可能导致大面积停电，影响人们日常生活。为确保输电线路的安全运行，定期使用在线监测技术监测绝缘子串的风偏角度至关重要，同时收集和分析关键数据参数，如仰角、导线跳线等。还需密切关注周围环境，预防强风引发的导线舞动问题。为防止风偏导致的导线舞动故障，维护人员应定期检查地区的封片状态，并根据收集的数据，精心设计最佳的输电线路绝缘子配置。

### （六）覆冰在线监测

在我国多个地区，冰雪灾害是导致输电线路故障的主要原因之一，给经济带来了巨大的损失。为了减轻冰雪灾害对输电线路的影响，开发能够实时监测覆冰情况的在线监测系统显得尤为重要。这样的系统能够动态地监测和分析输电线路的覆冰状况，从而采取相应的预防措施。该系统主要通过监测数据，如绝缘子上的拉力传感器导致的倾斜角度等，来评估输电线路的覆冰情况。通常，拉力传感器被安装在绝缘子上，利用其内部的应变片来感知设备的形变阻值变化，从而反映覆冰情况。通过监测线路的拉力数据，我们可以获取当前线路的温度、湿度等环境信息。这些数据通过数据中心进行分析和处理，以确定当前的覆冰状况，并结合线路的具体情况，及时采取有效措施，以防止冰雪灾害造成的损失。此外，输电线路中的传感器网络能够监测导线的运行状态，及时获取导线运行中的相关数据，包括温度、风速和风向等。这些数据有助于判断输电线路的运行状况，并准确计算出线路在稳定状态下的最大输送容量，这一过程被称为动态增容。在动态增容过程中，通常会有温度监测设备来监测导线的运行温度，并将数据传输给线路监测系统。同时，风速、风向等数据可以通过气象监测系统获取，并传递给监测系统。

### （七）绝缘子污闪在线监测

绝缘子污闪是输电线路常见的一种故障形态，它会显著影响输电线路的绝缘性能。在我国，一些输电线路穿越山林或沙漠地区，这些地方的环境中悬浮着大量尘土。随着时间的推移，这些尘土会积累在输电线上，导致绝缘子表面积累污秽。当污秽积累到一定程度时，会严重削弱输电线路绝缘子的电气强度，并且在电压较低的情况下，可能导致绝缘子发生闪络。研究发现，绝缘子污闪故障在输电线路故障中的发生率仅次于雷击故障，但其造成的经济损失却远高于雷击故障。输电线路绝缘子污闪的在线监测主要分为两种方式：非接触式监

测和接触式监测。非接触式监测方法包括使用激光、红外线、超声波等技术，这些方法虽然成本较高，但不会接触到绝缘子，受环境因素影响较大，数据采集的准确性相对较低。在绝缘子污闪的监测中，常用的测试方法有等值盐密法和表面污层电导率法等。在分析绝缘子污闪数据时，需要考虑环境因素如温度、湿度，并结合导线电压和泄漏电流等多种参数，以全面评估绝缘子的污闪状况。

### （八）输电线路温度监测

输电线路的运行状态受到周边环境和自身温度的影响，因此，实时监测输电线路的温度对于准确诊断故障至关重要。随着科技的发展，输电线路温度监测技术日益多样，大多数技术已经相对成熟。由于不同地区的气候条件各异，维修人员需要根据具体的地理温度条件选择合适的温度监测技术，以确保数据的准确性，从而更有效地判断故障的类型。输电线路温度监测技术主要分为接触式和非接触式两种：接触式监测技术基于物理热平衡原理，通过将温度传感器直接接触到输电线路上来测量其温度，并实时记录数据，再传递给数据处理系统，以完成温度监测。非接触式监测技术则基于能量辐射原理，不需要直接接触输电线路，通常使用光电探测器等设备来监测输电线路的温度。这种技术在监测过程中不受输电线路本身状态的影响，因此在一些特殊情况下非常有用。

### 结束语

在线监测分析系统在输电线路故障检测、塔倾斜和导线舞动监测等方面扮演着极其关键的角色，为输电线路的安全和稳定运行以及相关决策提供了宝贵的参考数据，确保了电网的稳定运作。然而，在实际应用中，输电线路的在线监测技术仍存在一些局限性，因此需要进一步的优化和改进。这样的改进将有助于提高供电企业输电线路监测的整体效率，并提升电力行业整体的服务质量。

### 参考文献

- [1]周敏, 吴冰. 输电线路覆冰图像的Canny算子改进算法研究[J]. 计算机时代, 2019(02): 54-57.
- [2]陈雨鸽, 高伟, 林鸿伟, 阮肇华, 郑为凑, 林福, 陈锦植. 一种基于长短期记忆网络的线路覆冰预测模型研究[J]. 电工电气, 2020(03): 5-11.
- [3]莫思特, 刘天琪, 曾琦. 输电线路超短期覆冰厚度精准预测模型研究[J]. 四川电力技术, 2018, 41(06): 32-36+70.