

# 输电线路故障诊断与自动化监控系统设计

段尧文

国网山西省电力公司长治市屯留区供电公司

**摘要：**在现代社会中，电力是支撑着各行各业正常运转的重要基础设施。输电线路作为电力传输的主要通道，其稳定运行至关重要。由于各种原因，输电线路可能出现故障，对电力供应造成严重影响。开发一套有效的诊断和自动化监控系统，能够及时发现故障并采取相应措施，具有重要的意义。

**关键词：**输电线路；故障诊断；自动化监控系统设计

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-627X.2023.03.228

## 引言

电力输送是现代社会的运转基础，而确保输电线路的正常运行和快速恢复对于电网的稳定性至关重要。由于线路故障频繁发生，传统的人工巡检和故障排除方式已经无法满足对电网安全和可靠性的要求。开发一种高效、准确的输电线路故障诊断与自动化监控系统具有重要的意义。

### 一、输电线路故障诊断和自动化监控系统的重要性

输电线路故障严重影响电网的供电能力和稳定性。一旦出现故障，会导致线路停电，给用户带来不便，甚至对企业生产、居民生活产生严重影响。传统的人工巡检方法效率低下，无法及时发现故障点，而故障点的延误可能会导致更大范围的停电事故。采用自动化监控系统可以实时监测输电线路的运行状态，迅速发现并诊断故障，及时采取措施修复，从而最大限度地减少停电事件。输电线路的故障诊断和监控系统可以提高抢修效率和准确性。传统的抢修方式往往需要消耗大量的人力物力，而且容易出现误诊断的情况。而采用自动化监控系统，可以快速定位到故障点，提供详细的故障信息，方便维修人员准确判断故障原因并采取相应的解决方法。这不仅可以提高抢修效率，减少停电时间，还可以节省维修成本，降低安全风险。输电线路故障诊断和自动化监控系统还能提供重要的数据支持。通过对线路运行状态和故障信息的实时监测和分析，可以得出线路的负载情况、损耗情况和可靠性指标等数据，这些数据对于电力公司的规划和管理非常重要。

### 二、输电线路人工巡检和人工诊断的局限性和不足之处

#### （一）人工巡检和诊断工作效率较低

人工巡检和诊断工作效率较低。在传统的人工巡检过程中，工作人员需要沿着输电线路的走向进行巡视，并对线路上的设备进行检查和记录。这种方式不仅耗时耗力，还容易受到人为因素的干扰，例如巡检人员疲劳、注意力不集中等，导致漏检甚至误判。无论是在大规模输电线路网络中还是在复杂环境中，都很难保证工

作人员能够及时、准确地完成巡检任务。人工巡检和诊断的可靠性有待提高。传统的人工巡检方式主要依赖于人的感官观察和判断，容易受主观因素的影响。工作人员可能因为经验不足或者环境条件限制而漏检或误判线路中的问题。尤其是在恶劣的天气条件下，例如风雨、雪灾等，人工巡检的可行性和准确性更是面临挑战。这样的不足会导致延误对输电线路异常情况的发现和处

理，进而可能引发电网事故和能源供应紧张。

#### （二）人工巡检和诊断过程中容易出现漏检和误判的情况

传统的人工巡检过程依赖于巡检人员的经验和专业水平，存在主观因素的干扰。巡检人员可能因为个人经验不足或过于麻痹大意而漏检一些重要的隐患，造成安全隐患的积累。在复杂多变的电力系统环境下，仅依靠人工巡检来发现问题是有限的，容易导致隐患被忽略或延误。人工巡检过程中容易出现误判情况。对于电力系统异常情况的判断和处理，需要巡检人员具备丰富的专业知识和经验。由于人工判断没有系统化的标准，可能会因主观意识、思维方式和判断方法的不同，导致对异常情况的误判。

#### （三）人工巡检和诊断的数据采集和信息管理较为困难

人工巡检和诊断的局限性是数据采集和信息管理较为困难。在传统的巡检方式下，巡检人员需要手动填写巡检记录表，这样容易出现信息收集和整理的错误。例如，巡检人员可能会因为时间紧迫或疲劳状态导致遗漏或错误报告一些关键数据。大量的纸质巡检记录使得巡检数据的存储和管理变得困难，容易出现数据丢失或难以检索的情况，影响了对输电线路性能的准确评估，也加大了数据分析和处理的难度。人工巡检和诊断的另一个不足之处是依赖于巡检人员的经验和主观判断。人工巡检和诊断的结果往往受到巡检人员个人技能和经验水平的影响，存在一定的主观性。巡检人员在巡检过程中可能会遇到些复杂的情况或异常数据，不同的巡检人员可能会对同样的问题做出不同的判断，导致结果的差异

性，给准确评估输电线路的性能带来了难度。

（四）人工巡检和人工诊断在大规模和复杂场景下的覆盖率有限

人工巡检与线路全面监测的要求相比，其覆盖范围有限。在大规模电力输电网络中，线路众多、分布广泛，人工巡检的效率相对较低。传统的人工巡视方式需要巡视员逐线逐杆进行检查，耗费大量时间和人力资源。由于人工操作存在主观意识和疲劳等因素的干扰，可能会导致巡视结果不准确或遗漏，无法及时发现潜在问题。人工诊断在复杂场景下的可行性受到限制。复杂的电力输电网环境，由于人工巡检的困难和安全风险，无法做到全面准确地进行诊断。

### 三、传统的输电线路故障诊断方法

#### （一）基于信号处理的故障诊断方法

在传统的输电线路故障诊断方法中，常见的方式是基于信号处理的故障诊断方法。这种方法利用信号处理技术来分析传输线上的电流、电压等信号，以便检测和定位线路中可能存在的故障。在这种方法中，需要采集传输线上的信号数据。传输线上的电流和电压信号可以通过接线夹或传感器进行采集。采集到的信号数据将会包含各种频率成分，其中一些成分将与线路故障相关。对采集到的信号数据进行预处理。这一步骤旨在去除干扰和噪声，提高故障信号的清晰度和准确性。常见的预处理方法包括滤波、降噪等。利用信号处理算法对信号数据进行分析 and 处理。常见的信号处理算法包括时域分析、频域分析、小波变换等。时域分析可以提供信号的时间特性，频域分析可以提供信号的频率特性，小波变换可以提供信号的时频特性。通过信号分析，可以检测到些典型的线路故障，如短路、断路等。短路故障通常表现为电流超过额定值，而断路故障通常表现为电流为0。还可以通过分析故障信号的频谱特性，来判断故障类型和位置。

#### （二）基于参数测量的故障诊断方法

传统的输电线路故障诊断方法，主要基于参数测量的方法，通过测量不同参数来判断线路是否存在故障。这种方法常用的参数包括电流、电压、功率因数等。电流是项重要的参数，可以反映出线路的工作状态。在故障发生时，电流通常会有明显的异常变化，例如电流突增或减少。通过对电流进行实时监测和分析，可以快速发现线路中的故障，并及时采取相应的措施。还可以利用电流波形的特征来判断故障的类型，如短路、接地等。电压是另一个重要的参数，它反映了线路供电的稳定性。当线路受到故障影响时，电压往往会出现异常的波动或降低。通过对电压进行监测和分析，确定故障的位置以及对供电质量造成的影响程度。还可以借助电压

波形的特点来区分不同类型的故障，如过载、断相等。功率因数也是项重要的参数，它衡量了电流与电压之间的相位关系。在正常情况下，功率因数应保持在合理范围内，当线路发生故障时，功率因数往往会有明显的变化。通过对功率因数的监测和分析，确定故障的性质，进而指导故障的修复和维护工作。

### 四、新兴的输电线路故障诊断技术

#### （一）基于机器学习算法的故障诊断方法

机器学习算法是种能够通过对大量数据的学习和分析，从中发现规律并做出准确预测的技术。在应用于输电线路故障诊断中，机器学习算法可以通过对历史故障样本的分析，建立起一个庞大而准确的故障诊断模型。利用这个模型，系统可以根据输电线路的实时数据进行快速判断，并对潜在问题进行预测和及时处理。该方法能够充分利用大数据的优势。人工诊断方法受限于数据量的问题，难以涵盖各种故障情况和复杂网络结构，机器学习算法可以通过对大量历史数据的学习，获取更全面、准确的信息，提高诊断的精确性和可靠性。基于机器学习算法的故障诊断方法具有较高的实时性。机器学习算法能够通过实时的数据输入和模型预测，快速得出故障诊断结果，为运维人员提供了及时有效的指导。基于机器学习算法的故障诊断方法还可以实现自动化操作。

#### （二）基于图像处理的故障诊断方法

基于图像处理的故障诊断方法利用摄像机或红外热像仪等设备，在输电线路获取电流、电压、温度等信息的图像，并将其转化为数字数据。然通过计算机算法对这些数据进行处理，检测和诊断线路中可能存在的故障。该方法能够实时监测线路上的状态。通过定期获取电力系统的图像数据，监测人员可以及时感知到潜在的故障信号。这种实时监测的能力大大提高了故障检测的迅速性和准确性。一旦发现异常情况，操作人员可以立即采取措施来进行故障隔离和修复，最大限度地减少了故障对电力系统和用户的影响。该方法可以自动化和智能化。通过图像处理算法的设计和优化，系统可以自动地识别电力系统中不同类型的故障，如短路、断路等，并对其进行分类和判断。这种自动化的特性帮助人们节省了大量的时间和人力成本，提高了故障诊断的效率和准确性。基于图像处理的故障诊断方法还具有灵活性和可扩展性。利用图像处理的技术，可以根据实际情况进行算法的调整和优化，适应不同线路的特点和要求。

#### （三）基于无线传感器网络的故障诊断方法

该技术通过采用无线传感器网络，实现线路的远程监测。基于无线传感器网络的故障诊断方法能够实时监

测线路的电流、温度、振动等关键参数，提高了故障诊断的准确性和效率。该技术利用智能算法对收集到的数据进行处理和分析。无线传感器网络可以实时收集大量的线路数据，为研究人员提出了一系列的智能算法，包括机器学习、神经网络等，用于对数据进行分析 and 判断。这些算法能够快速准确地判断线路是否存在故障，确定故障的具体位置和类型。在故障诊断过程中，基于无线传感器网络的方法还能够实现对线路状态的实时监测和预警。通过监测线路的电流流向、温度变化等指标，当出现异常情况时，系统能够及时发出警报并采取相应的措施，避免事故的发生或进一步扩大。这种实时监测和预警功能使得电力系统能够更加可靠和安全地运行。

## 五、输电线路故障自动化监控系统设计

### （一）故障监测功能设计

实时数据采集与传输功能，安装各种传感器和监测设备，以便对输电线路上的各项参数进行实时监测。这些参数包括电流、电压、温度等。当这些参数发生异常时，系统能够及时捕捉到并传输给监控中心，以便工作人员进行分析和处理。为了确保数据的准确性和可靠性，采用高精度的传感器和先进的通信技术，使得数据能够安全地传输到监控中心。故障指示和报警系统。为了及时发现和定位故障，将在输电线路上设置故障指示设备。当线路发生故障时，这些指示器会发出明显的信号，以提醒工作人员发生了问题。系统还将配备报警系统，当发生严重故障或潜在危险时，系统能够立即发出警报信号。

### （二）故障诊断和定位功能设计

精确的故障定位算法是系统的核心。该算法通过收集多种传感器数据并进行分析，可以快速准确地确定故障发生的位置。采用先进的数学模型和信号处理算法，结合电网的特征参数进行计算，通过模拟仿真来验证算法的准确性和稳定性。系统可以及时获得精确的故障位置信息，提高故障处理的效率。结合地理信息系统的故障定界方案可以提升定位的准确性和操作的便捷性。地理信息系统可以将电力设备的位置信息与实际地理图像相结合，形成电网的真实地理模型。通过将实时的监测数据与地理信息系统进行融合，可以根据故障点附近的地物特征来确定故障范围，并将故障点的具体位置直观地显示在地理图像上。系统操作人员可以快速准确地了解到故障事件的发生位置，提高了故障处理的效率和精确度。

### （三）自动化操作控制功能设计

故障切除与恢复流程的设计是输电线路故障自动化监控系统中的核心功能之一。系统通过实时监测线路状

态，一旦检测到故障发生，将立即采取相应措施进行切除。在切除故障的同时，系统会自动启动备用电源，确保用户能够持续供电。当故障被修复后，系统会自动将电力供应切换回主线路，恢复正常的输电功能，并实时监测线路状态，以便及时应对可能出现的新故障。整个流程的设计需要充分考虑到安全、稳定和可靠性，确保能在最短时间内切除故障并恢复电力供应。远程操作与监控系统是输电线路故障自动化监控系统中不可或缺的一部分。通过远程操作与监控系统，运维人员可以在任何时间、任何地点对线路进行操作与监测。这种设计可以极大地提高工作效率和响应速度，减少对现场人员的依赖性。远程操作功能包括对切除与恢复流程的控制、备用电源的启停以及对故障诊断和修复过程的实时监控。远程监控功能可以实时显示线路状态、电流负荷、温度等信息，并能够生成报警信号，在故障发生时及时发送通知，保证故障处理的及时性和准确性。

### 结束语

设计高效可靠的输电线路故障诊断与自动化监控系统，对保障电力供应稳定、提高能源利用效率具有重要意义。通过合理选择监测设备、使用先进的数据处理和分析技术，提高故障诊断的准确性和及时性，最大限度地减少故障对电力供应造成的影响。推进智能化技术的应用，将使故障诊断更加智能化和自动化，提高线路操作的安全性和可靠性。

### 参考文献

- [1] 费彬, 毛晓波. 高压输电线路单相接地故障自动定位技术研究[J]. 自动化应用, 2022, (09): 87-89.
- [2] 李泽文, 曾祥君, 夏翊翔等. 高压交流输电线路故障行波定位技术综述[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版), 2022, 19(03): 104-121.
- [3] 王国义, 袁涛. 高压输电线路行波故障选相及测距研究[J]. 齐齐哈尔大学学报(自然科学版), 2022, 38(04): 20-24.
- [4] 刘蔚. 架空输电线路故障诊断方法研究与应用[D]. 湖南大学, 2022.
- [5] 张利. 输电线路自动故障诊断和故障定位实时发布系统探讨[J]. 新型工业化, 2022, 12(01): 91-92+95.
- [6] 王淦. 基于图像处理的输电线路故障诊断研究[D]. 安徽理工大学, 2021.
- [7] 方玉河, 陶汉涛, 张磊等. 基于大数据的输电线路故障预警模型设计[J]. 机械设计与制造工程, 2021, 50(10): 110-114.