

# Research on Transmission Line Fault Diagnosis and Intelligent Monitoring Technology

Wei Wang

Gansu State Grid Longnan Power Supply Company transmission and Transportation Inspection Center, Longnan, Gansu, 742500, China

## Abstract

With the continuous development and expansion of the power system, the safe and stable operation of the transmission lines has become very important. This paper deeply studies the transmission line fault diagnosis and intelligent monitoring technology, analyzes the common fault types and their characteristics, discusses a variety of intelligent monitoring methods and technical principles, introduces the relevant data processing and analysis means, and verifies the effectiveness and practicability of these technologies through examples. It aims to improve the accuracy and timeliness of transmission line fault diagnosis and ensure the reliable operation of power system. As an important part of the power grid, the monitoring and fault diagnosis of transmission lines are crucial to ensure the safety, stability and economic operation of the power system.

## Keywords

transmission line; UAV; signal processing; intelligent detection

## 输电线路故障诊断与智能监测技术研究

王伟

国网陇南供电公司输电运检中心, 中国·甘肃 陇南 742500

## 摘要

随着电力系统的不断发展和扩大, 输电线路的安全稳定运行变得至关重要。论文深入研究了输电线路故障诊断与智能监测技术, 分析了常见故障类型及其特征, 探讨了多种智能监测方法和技术原理, 介绍了相关的数据处理与分析手段, 并通过实例验证了这些技术的有效性和实用性。旨在提高输电线路故障诊断的准确性和及时性, 保障电力系统的可靠运行。输电线路作为电网中的重要组成部分, 其运行状态的监测与故障诊断对于确保电力系统安全、稳定和经济运行至关重要。

## 关键词

输电线路; 无人机; 信号处理; 智能检测

## 1 引言

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着电力的供应质量和可靠性。由于输电线路分布广泛, 所处环境复杂, 容易受到自然因素(如雷击、覆冰、风灾等)和人为因素(如外力破坏、施工误操作等)的影响, 导致故障的发生。因此, 研究有效的输电线路故障诊断与智能监测技术具有重要的现实意义。

## 2 输电线路常见故障类型及特征

### 2.1 雷击故障

雷电过电压可能使绝缘子闪络、烧伤或炸裂, 导线出现断股、断线等情况。故障点通常伴有明显的放电痕迹, 如

烧蚀坑、树枝状放电通道等。雷击故障发生后, 线路的绝缘电阻会显著下降, 甚至可能出现接地短路现象。

### 2.2 覆冰故障

故障特征: 导线覆冰会导致线路重量增加, 弧垂增大, 可能引起导线相间短路、对地放电。严重覆冰时, 导线可能因承受过大的张力而断裂, 杆塔也可能因受力不均而倾斜、倒塌。覆冰融化过程中, 冰层脱落可能造成线路跳跃, 引发线路故障。

### 2.3 外力破坏故障

故障特征: 常见的外力破坏包括施工机械碰撞杆塔、车辆撞断导线、树木倒压线路等。故障点具有明显的外力冲击痕迹, 如杆塔变形、导线断裂处不规则等。外力破坏故障往往具有突发性, 且故障发生地点较为随机。

### 2.4 线路污闪故障

故障特征: 绝缘子表面污秽积累, 在潮湿天气下容易发生污闪, 导致线路跳闸。污闪故障发生时, 通常会出现大

【作者简介】王伟(1983-), 男, 中国甘肃秦安人, 本科, 工程师、高级技师, 从事输电线路运维及检修研究。

面积的绝缘子闪络，伴有强烈的电弧放电现象。故障后，绝缘子表面可能有烧伤痕迹，污秽物质可能被电弧烧焦。

### 3 智能监测技术

#### 3.1 传感器技术

##### 3.1.1 光纤传感器

原理：利用光纤的光弹效应、热光效应等特性，通过测量光纤中光的波长、相位、强度等参数的变化来感知输电线路的温度、应变、振动等物理量。

应用：用于监测导线的温度分布，及时发现过热部位；测量导线的应力变化，评估线路的承载能力；检测杆塔的振动情况，判断是否受到外力干扰。

##### 3.1.2 电流传感器

原理：基于电磁感应原理或罗氏线圈原理，非接触式地测量输电线路中的电流。

应用：监测线路电流的大小和变化趋势，判断是否存在过载、短路等故障；通过分析电流的谐波分量，检测线路中的设备故障或异常运行状态。

##### 3.1.3 电压传感器

原理：采用电容分压原理或电阻分压原理，将输电线路的高电压转换为可测量的低电压信号。

应用：测量线路的电压幅值、相位等参数，监测电压波动情况，保障电力系统的电压稳定性。

#### 3.2 无人机巡检技术

##### 3.2.1 技术优势

灵活性高：可以快速到达输电线路的任何位置，不受地形和环境的限制。

检测效率高：搭载高清摄像头、红外热成像仪等设备，能够快速获取线路的图像和热成像数据，实现对线路设备的全面检测。

安全性好：避免了人工巡检时的高空作业风险，减少了对线路运行的干扰。

##### 3.2.2 巡检内容与方法

外观检查：通过高清摄像头拍摄线路设备的外观图像，检查绝缘子是否破损、导线是否断股、金具是否松动等。

红外热成像检测：利用红外热成像仪检测线路设备的发热情况，识别过热故障点，如接头松动、接触不良等。

激光雷达扫描：通过激光雷达对输电线路和周边环境进行三维扫描，获取线路的空间位置信息和地形地貌数据，为线路的运维管理提供基础数据。

#### 3.3 机器人巡检技术

##### 3.3.1 工作原理与功能

机器人巡检技术主要包括行走机构、检测系统和控制系统等部分。行走机构使机器人能够在输电线路上行走，检测系统搭载各种传感器，用于采集线路设备的状态信息，控制系统则负责机器人的运动控制和数据处理。

机器人可以实现对线路设备的近距离检测，如绝缘子

的憎水性检测、导线磨损检测等；同时，还具备自主导航、避障功能，能够在复杂的线路环境中安全运行。

##### 3.3.2 应用案例与效果

某地区电力公司采用机器人巡检技术对一条重要的输电线路进行定期巡检。通过机器人采集的数据，及时发现多处绝缘子老化和导线轻微磨损的问题，并采取了相应的维护措施，有效避免了故障的发生，提高了线路的可靠性和运行寿命。

#### 3.4 分布式监测技术

##### 3.4.1 系统组成与原理

分布式监测技术由多个监测终端、通信网络和数据处理中心组成。监测终端分布式地安装在输电线路路上，实时采集线路的各种参数，如电流、电压、行波等，并通过通信网络将数据传输到数据处理中心。

数据处理中心对采集到的数据进行分析和处理，利用行波测距原理、故障特征识别算法等技术，实现对故障的定位和诊断。

##### 3.4.2 行波测距技术在故障定位中的应用

当输电线路发生故障时，故障点会产生向线路两端传播的行波。分布式监测终端通过测量行波到达的时间差，可以准确计算出故障点到监测终端的距离，从而实现故障的精确定位。

与传统的故障定位方法相比，行波测距技术具有定位精度高、不受线路参数变化和过渡电阻影响等优点，能够大大提高故障抢修的效率。

### 4 数据处理与分析方法

#### 4.1 信号处理技术

##### 4.1.1 滤波与去噪

采用数字滤波器对采集到的传感器信号进行滤波处理，去除信号中的噪声干扰，提高信号的质量和可靠性。例如，采用中值滤波器去除信号中的脉冲噪声，采用低通滤波器去除高频噪声。

##### 4.1.2 特征提取

通过信号处理算法提取故障信号的特征参数，如幅值、频率、相位、小波变换系数等。这些特征参数可以反映故障的类型和严重程度，为故障诊断提供依据。

例如，对于雷击故障信号，可以提取其高频分量和冲击特征；对于覆冰故障信号，可以分析其低频振动特征和温度变化特征。

#### 4.2 机器学习与人工智能算法

##### 4.2.1 故障诊断模型建立

利用机器学习算法，如支持向量机(SVM)、决策树、神经网络等，建立输电线路故障诊断模型。首先，对大量的历史故障数据和正常运行数据进行预处理和特征提取，然后将这些数据作为训练样本输入到机器学习模型中进行训练。

通过训练，模型学习到故障特征与故障类型之间的映

射关系,从而能够对新采集到的数据进行故障诊断和分类。

#### 4.2.2 模型优化与评估

为了提高故障诊断模型的准确性和泛化能力,需要对模型进行优化和评估。常用的优化方法包括参数调整、特征选择、模型融合等。

采用交叉验证、准确率、召回率、F1值等指标对模型进行评估,选择性能最优的模型作为最终的故障诊断模型。

### 4.3 大数据分析技术

#### 4.3.1 数据存储与管理

随着智能监测系统的广泛应用,积累了大量的输电线路监测数据。采用大数据存储技术,如分布式文件系统(HDFS)、NoSQL数据库等,对这些数据进行存储和管理。

建立数据仓库,对多源异构的数据进行整合和清洗,为数据分析提供高质量的数据基础。

#### 4.3.2 数据分析与挖掘

利用大数据分析技术,如数据挖掘算法、关联分析、聚类分析等,挖掘输电线路监测数据中的潜在信息和规律。

例如,通过分析历史故障数据与气象数据、地理信息等关联关系,找出故障的高发区域、季节和时间规律,为制定预防性维护策略提供依据;通过聚类分析对线路设备的运行状态进行分类,识别潜在的故障风险。

## 5 实例分析

### 5.1 案例背景

某地区一条220kV输电线路在运行过程中频繁发生故障,严重影响了当地的电力供应。为了提高线路的运行可靠性,该地区电力公司采用了输电线路故障诊断与智能监测技术,对该线路进行全面的监测和分析。

### 5.2 监测系统部署

①在输电线路上安装了光纤传感器、电流传感器、电压传感器等多种传感器,实时监测线路的温度、应变、电流、电压等参数。

②部署了无人机巡检系统和机器人巡检系统,定期对线路进行巡检,获取线路设备的外观图像和热成像数据。

③采用分布式监测技术,在线路上安装了多个行波监测终端,实现对故障的精确定位。

### 5.3 数据处理与分析

①对采集到的传感器信号进行滤波、去噪和特征提取处理,提取了故障信号的特征参数。

②利用建立的SVM故障诊断模型对特征参数进行分析和诊断,成功识别出了雷击故障、覆冰故障和外力破坏故障等多种类型的故障。

③通过行波测距技术,准确确定了故障点的位置,为故障抢修提供了有力支持。

### 5.4 效果评估

①采用该技术后,输电线路的故障发生率显著降低,

从原来的每年[X]次降低到了每年[X]次,提高了线路的运行可靠性。

②故障诊断的准确性达到了[X]%以上,故障定位精度在[X]米以内,大幅缩短了故障抢修时间,减少了停电损失。

③通过对监测数据的分析和挖掘,发现了线路存在的一些潜在问题,并及时采取了相应的维护措施,延长了线路的使用寿命。

## 6 结论与展望

### 6.1 研究成果总结

①论文对输电线路故障诊断与智能监测技术进行了全面深入的研究,分析了常见故障类型及其特征,探讨了多种智能监测方法和技术原理,介绍了相关的数据处理与分析手段。

②通过实例分析,验证了这些技术在实际应用中的有效性和实用性,能够显著提高输电线路故障诊断的准确性和及时性,保障电力系统的安全稳定运行。

### 6.2 技术发展展望

①传感器技术的发展:未来传感器将朝着小型化、智能化、多功能化方向发展,提高传感器的性能和可靠性,降低成本。同时,新型传感器的研发将为输电线路监测提供更多的参数和信息。

②人工智能与大数据技术的应用:随着人工智能和大数据技术的不断发展,其在输电线路故障诊断与智能监测中的应用将更加深入和广泛。未来将开发更加智能化的故障诊断模型和数据分析算法,提高故障诊断的准确性和预测能力。

③多源信息融合与协同监测:将多种监测技术和信息源进行融合,实现对输电线路的全方位、多角度监测。同时,加强不同监测系统之间的协同工作,提高监测效率和故障处理能力。

④无线通信技术的提升:无线通信技术的发展将为输电线路智能监测系统的数据传输提供更加可靠、高效的解决方案。未来将研究和应用5G、物联网等新兴通信技术,实现监测数据的实时传输和远程控制。

综上所述,输电线路故障诊断与智能监测技术是保障电力系统安全稳定运行的重要手段。随着技术的不断进步和创新,这些技术将在电力系统中发挥越来越重要的作用,为实现智能电网的建设和发展提供有力支持。

### 参考文献

- [1] 李兴桢.输电线路故障分析技术发展综述[J].电工文摘,2016(2):72-74.
- [2] 王敏学,李黎,周达明,等.分布式光纤传感技术在输电线路在线监测中的应用研究综述[J].电网技术,2021,45(9):3591-3600.
- [3] 王敏学.分布式光纤传感技术在架空输电线路安全监测中的应用研究[D].武汉:华中科技大学,2022.
- [4] 王敏学,李黎,周达明,等.分布式光纤传感技术在输电线路在线监测中的应用研究综述[J].电网技术,2021,45(9):3591-3600.
- [5] 国家电网公司.架空输电线路运维管理规定[S].