

# 电力工程技术中输配电线路智能化监测与故障诊断方法

茹祥昆

国网新乡县供电公司营销部 河南新乡 453000

**摘要：**在我国智能化技术快速发展的背景下，智能电网建设水平也得到了显著提升，通过运用先进的智能化技术手段，可以实现电网系统的智能化管理和控制。输配电线路作为电力系统运行过程中的重要组成部分，线路运行的安全性和稳定性，对电力供应质量具有直接影响。因此，在电力工程项目中应针对输配电线路展开智能化监测和故障诊断，全面监测输配电线路的运行情况，充分获取线路的运行状态数据，并借助智能算法展开分析，精准诊断线路发生的故障问题，有针对性地开展维修工作，保障电力工程输配电线路的安全稳定运行，促进我国电力行业的智能化发展。

**关键词：**电力工程技术；输配电线路；智能化监测；故障诊断

## 引言

电力工程输配电线路有着广泛的覆盖范围，所面临的运行环境较为复杂，在受到外力破坏、地质灾害以及极端天气影响后，容易导致线路发生故障问题，影响到电力系统的运行稳定性，导致供电质量有所下降。因此，在输配电线路运行中应采取先进的智能化技术手段，实现线路的智能化监测目标，确保可以充分获取线路的各项数据信息，为线路故障诊断提供参考依据，帮助维修人员明确线路故障原因，使线路得到快速修复，维持输配电线路的稳定运行，提高电力系统的供电质量。

## 1 电力工程输配电线路智能化监测系统架构

### 1.1 感知层

输配电线路智能化监测系统的感知层，可以对线路运行期间的状态信息以及物理量充分采集，需要做好传感器、数据采集终端、辅助监测设备的部署。首先，在传感器部署方面应结合线路监测需求，做好各类传感器的优化设置，包括温度、湿度、电压、电流、微风振动、覆冰、绝缘子泄漏电流等传感器，可以全面感知输配电线路的设备状态、环境以及电气等参数。其次，数据采集终端可以运用嵌入式技术使终端得到合理设计，并可以采集和存储数据，对数据进行预处理和初步分析，确保接入多传感器数据，实时、准确地采集数据。最后，辅助监测设备包括机器人巡检、直升机巡检、无人机巡检等系统，可以可视化地巡检复杂地形以及偏远地区线路，对外观图像信息充分获取，包括绝缘子、杆塔以及导线等设备，使以往固定传感器在监测方面的局限性得

到突破<sup>[1]</sup>。

### 1.2 通信层

在感知层完成数据采集工作后，通信层可以将该部分数据向处理中心进行传输，保证数据传输过程的安全性、可靠性以及实时性，常见通信方式包括以下几个方面。首先，无线通信技术主要包括 NB-IoT、LoRa、ZigBee、5G 等，其中 NB-IoT 和 LoRa 的运行功耗相对较低，覆盖范围十分广泛，可以远程传输传感器数据，ZigBee 技术可以使设备之间实现低速率和短距离的通信。5G 技术可以传输高实时性和大数据量数据，包括视频数据以及巡检图像等。其次，有线通信技术可以借助光纤通信技术监测配电房与变电站线路，不仅传输速率较高，还有着较强的抗干扰能力，可以保证数据传输过程的安全性和稳定性。最后，在通信网关设置后可以转换不同通信协议，并实现数据转发，使感知层和数据处理中心具有较高的通信兼容性，并可以实现访问控制、数据加密等安全防护目标。

### 1.3 数据处理层

数据处理层作为输配电线路智能化监测系统的重要组成部分，可以充分处理与分析海量数据，挖掘数据背后的价值，具体要做好数据预处理、存储、挖掘和分析等工作。在数据预处理期间应合理运用清洗、去噪、补全以及标准化等技术手段，将异常和冗余数据及时去除，对缺失数据展开修复，以此来使数据质量得到提高，为后续的数据分析打好基础。在数据存储层面应建立起分布式数据库系统，将关系型和非关系型两类数据库充分结合，确保可以高效管理和存

储结构化和非结构化数据。在数据挖掘和分析中应采用先进的深度学习、机器学习以及统计分析等算法，确保深度分析预处理数据，在线路运行过程中对状态特征加以提取，准确识别线路的异常情况，为输配电线路的故障诊断提供参考依据。例如，可以借助趋势分析技术对设备老化趋势展开预测，并采用聚类分析技术实现对异常数据模式的准确识别<sup>[2]</sup>。

#### 1.4 应用层

智能化监测系统的应用层主要面向输配电线路的运维人员，可以为其提供决策支持、故障预警、状态评估以及可视化展示等功能。可视化监控平台可以借助地理信息系统，采用地图形式对线路运行状态、设备分布以及地理位置等信息进行直观展示，可以实时查看数据，对历史数据加以回溯，并快速查询设备信息。应用层包括状态评估、故障预警、决策支持等模块，在状态评估模块可以结合数据处理层分析结果，综合评估输配电线路运行状态，并自动化地生成状态评估报告，对设备的运行风险等级加以确定，为输配电线路的运维调控提供参考依据。故障预警模块可以在设定阈值和分析趋势后，实时监测线路异常运行情况，一旦监测数据存在异常趋势或者超出预先设定的阈值，系统可以第一时间发出预警信息，对运维人员及时提醒，使其有针对性地采取防范对策。此外，决策支持模块可以利用实时监测、历史故障、环境等数据，为故障处理方案的制定提供依据，确保科学制定线路巡检计划，并获取设备检修建议，在决策层面支持输配电线路的运维管理，保证线路运维的高效性。

### 2 电力工程输配电线路智能化监测的关键技术

#### 2.1 传感器技术

在输配电线路智能监测中应用传感器技术可以充分感知线路状态，并表现出低功耗、智能化、微型化的特点，具有较高的运行可靠性。例如，光纤光栅传感器不仅耐高温和腐蚀问题，而且可以对电磁干扰问题加以抵抗，实现对覆冰厚度、线路温度等参数的精准测量目标。通过运用无线传感器网络技术可以协同多个传感器的运行，并利用自组织网络采集和传输数据，可以在复杂环境下实现大范围的线路监测。此外，智能传感器可以完成自主决策，并对数据展开预处理，使数据传输压力得到降低，使监测系统的响应速度得到加快。

#### 2.2 无人机巡检技术

无人机巡检技术具有较高的灵活性，巡检效率相对较高，且有着广泛的覆盖范围，应用成本也相对较低，可以提

升输配电线路的巡检效率。在无人机巡检中主要运用自主飞行技术，可以借助视觉导航系统、惯性导航系统、GPS系统，使无人机完成自动化起飞、降落以及巡检等操作，确保无人机可以沿着预设线路精准飞行，防止与杆塔等障碍物发生碰撞。与此同时，在无人机巡检期间应采用图像采集和处理技术，将红外热像仪、高清摄像头等设备搭载在无人机上，确保对线路设备红外图像、可见光图像准确获取，并借助图像识别算法对杆塔锈蚀、绝缘子破损等缺陷问题实现自动化检测，使缺陷问题的识别效率得到提升，保证识别结果的准确性。此外，在传输和存储数据时可以利用微波通信、5G等技术，实时传输巡检图像以及视频数据，并能够进行本地存储，避免出现数据丢失问题<sup>[3]</sup>。

#### 2.3 物联网技术

物联网技术可以联通输配电线路的巡检设备、传感器以及设备，实现输配电线路的智能化管理。在线路智能化监测中可以借助物联网技术实现设备互联，并通过接口标准和通信协议联通各类设备，包括通信设备、无人机、数据采集终端以及传感器等，为输配电线路建立起完善的监测网络，实现智能化监测的互联互通和全面感知目标。在数据共享层面可以利用互联网平台集中化的管理和共享监测数据，使数据孤岛问题得到解决，在数据层面统一化地服务电力系统，实现电力系统各输配电线路的协同运维。除此之外，在智能控制层面可以结合物联网平台深入分析线路数据，远程化的调度和控制监测设备，例如可以对无人机实现远程控制目标，使无人机自动完成巡检任务，同时还可以对传感器的采集频率加以调整，使智能化监测系统的运行水平得到提升。

#### 2.4 大数据与人工智能技术

输配电线路的智能化监测系统，可利用人工智能、大数据等技术手段，深入分析和处理海量监测数据，确保智能化评估线路运行状态，及时发出故障预警信息。首先，大数据处理技术主要运用分布式计算框架，可以高效处理结构化和非结构化数据，并在数据分析后对其潜在规律和特征充分挖掘，为输配电线路监测提供参考数据，确保准确评估线路的运行状态。其次，机器学习算法包括神经网络、支持向量机等，可以准确识别线路故障类型，评估线路缺陷等级，并预测设备的老化趋势。例如，通过支持向量机算法可以深入分析绝缘子泄漏电流数据，对绝缘子的老化状态展开精准识别，或者可以采用随机森林算法结合线路的覆冰数据合理

构建模型，可以对线路覆冰厚度展开预测。深度学习算法的应用包括循环神经网络与卷积神经网络等，可以精准识别图像和诊断故障问题。例如，在输配电线线路智能化监测中可以借助卷积神经网络分析线路图像，并实现对缺陷问题的自动化识别，如杆塔鸟巢以及导线断股等。循环神经网络的运用可以分析线路时序数据，对线路故障问题的发生可能性展开预测<sup>[4]</sup>。

### 3 电力工程输配电线线路的故障诊断方法

#### 3.1 基于机器学习的故障诊断

通过机器学习展开输配电线线路故障诊断，需要做好数据预处理，在线路故障数据采集后应经过去噪、清洗、特征提取等处理环节，建立起完善的故障样本数据集。在模型训练方面应对适合的机器学习算法加以选择，包括决策树、支持向量机等，并借助故障样本数据集展开模型训练，使模型参数得到优化，进一步保证模型的故障诊断精度。在故障诊断期间，应在模型内输入实时监测数据，并由模型输出具体的故障类型，诊断故障发生位置，明确故障的产生原因。此类故障诊断方法的泛化能力较强，对类型不同的线路故障诊断具有较高适应性，通过保证故障样本数据质量，可以实现对输配电线线路故障问题的精准诊断目标。

#### 3.2 基于深度学习的故障诊断

基于深度学习诊断输配电线线路故障问题时，可以采用卷积神经网络或循环神经网络的方法，其中卷积神经网络对图像类故障数据的处理比较适用，例如，通过无人机巡查对线路设备图像获取后，可以借助该神经网络精准诊断故障问题。在建立卷积神经网络模型后，可以实现图像分类与特征提取，并对塔杆锈蚀，绝缘子破损、导线断股等故障类型进行自动化识别，具有较高的诊断精度，且诊断速度较快。循环神经网络对时序类的故障数据处理较为适用，包括输配电线线路故障的电流与电压波形数据，可以借助循环神经网络模型深入分析时序数据，并对数据所表现出的时间依赖关系精准捕捉，准确识别线路故障类型，明确故障的发生位置。此外，还可建立深度学习融合模型，将卷积神经网络和循环神经网络的优势充分发挥，对时序和图像数据同步处理，使故障诊断结果的准确性得到提升。例如，该模型可借助卷积神经网络对图像特征准确提取，并通过循环神经网络对时序数据特征展开分析，最后利用融合层结合两类特征，在多个维度下精准诊断线路的故障问题。

#### 3.3 基于知识图谱的故障诊断

为了能够精准诊断输配电线线路故障问题，应合理构建知识图谱，对线路故障类型、设备信息、故障原因以及处理方案等知识充分收集，并在此基础上建立故障诊断知识图谱，对各知识节点的内在联系加以明确。在建立知识图谱后，可借助人工智能系统展开故障推理，结合故障线路的实时监测数据，基于知识图谱采用推理算法，明确线路的故障原因，智能化生成故障处理方案。通过运用此类故障诊断方法可以使领域知识得到充分利用，并使输配电线线路故障诊断的逻辑性得到提升，可以精准诊断线路的复杂故障问题，帮助维修人员快速找到故障解决方法，恢复输配电线线路的正常运行。

#### 3.4 基于专家系统的故障诊断

专家系统作为一类计算机程序系统，可以对人类专家加以模拟，合理运用专家解决问题的思路，并建立存放领域知识的经验库。基于专家系统诊断输配电线线路故障可以对故障信息以及样本案例展开对比，并结合相似程度对故障性质进行初步判定，利用推理机制对故障发生过程加以回溯，明确线路故障问题的产生原因，准确定位故障发生位置，快速得到故障诊断结论<sup>[5]</sup>。

### 4 结束语

综上所述，在电力工程输配电线线路运行过程中，为了实现故障问题的快速诊断和处理，应运用先进的智能化技术手段，为输配电线线路合理构建智能化监测系统，实现线路的智能化监管目标。基于智能化技术的输配电线线路运行，可以借助传感器、无人机巡检、物联网、大数据以及人工智能技术监测线路运行状态，并快速采集和分析数据信息，确保获得准确的故障诊断结果，使输配电线线路的故障处理效率得到提升，保障输配电线线路的长期稳定运行，促进我国电力行业的可持续发展。

### 参考文献：

- [1] 李冲, 张龙. 基于 5G 的电力输配电线线路异常检测系统设计 [J]. 通信电源技术, 2024, 41(23): 31–33.
- [2] 曾海峰, 吴清辉. 基于 LoRa Mesh 的输配电线杆塔监测系统设计 [J]. 机电工程技术, 2024, 53(12): 245–248, 261.
- [3] 周少聪. 输配电线线路常见安全问题及智能化应对策略 [J]. 电力设备管理, 2025(6): 251–253.
- [4] 高建勇, 李华岭, 李东. 基于互联网通信的电力输配电线线路安全防护系统 [J]. 电气技术与经济, 2025(8): 205–207.
- [5] 梅国庆, 陈银建, 闻辉辉, 等. 输配电线及用电工程线路的运行及技术措施探讨 [J]. 电脑校园, 2025(26): 139–141.