

电力通信网络智能运维故障诊断系统探讨

文 ◆ 国网泉州供电公司 周富龙

引言

本文聚焦于电力通信网络智能运维故障诊断系统的关键内容，深入剖析了通道类故障、设备类故障和网络拓扑类故障的成因和影响。通过构建包含数据采集层、数据处理与分析层以及故障诊断与决策层的系统架构，实现了对电力通信网络的实时监控和故障预警。同时，本文还详细分析了机器学习技术、大数据分析技术和人工智能芯片技术在故障诊断中的应用，并通过某地区供电公司光纤通信网络故障诊断和某变电站通信设备故障预警与诊断两个案例，展示了该系统在实际应用中的有效性。研究表明，智能运维故障诊断系统能够显著提升电力通信网络的稳定性和可靠性。

1 电力通信网络故障类型分析

1.1 通道类故障

在电力通信网络中，通道是数据传输的基础，包括光纤、载波、微波等多种类型。以光纤通道为例，其常见故障主要包括光纤中断、光功率衰减过大以及色散严重等。光纤中断是一种较为严重的故障，由外力施工破坏或自然灾害等因素引起。例如，在某城市的地铁建设施工过程中，由于施工人员未能准确掌握地下管线的位置，不慎挖断多条地下电力通信光缆。这不仅会造成大面积的通信中断，还会影响电力信息的传输，给电力系统的稳定运行带来巨大风险。光功率衰减过大也是光纤通道常见的故障之一，原因是光纤接头损耗过大或光纤老化等。当光信号在光纤中传输时，如果遇到接头损耗过大或光纤材质老化，光功率就会逐渐减弱，从而导致数据传输误码率增加、通信速率下降，甚至通信完全中断。这些通道类故障对电力通信网络的稳定性和可靠性构成了直接威胁，需要及时采取措施进行修复和维护^[1]。

1.2 设备类故障

通信设备是电力通信网络的核心组成部分，包括光端机、交换机、路由器等关键设备。设备类故障主要表现为硬件故障和软件故障两个方面。硬件故障通常涉及设备的物理损坏，如电源模块损坏、端口故障

等；软件故障则主要指设备中的操作系统崩溃、网络协议配置错误等问题。一次网络风暴事件就是典型案例，由于路由器上的网络协议配置不当，导致大量数据包在网络中泛滥，占用了大量网络带宽。这会使正常的电力数据传输受到严重阻碍，甚至导致整个网络陷入瘫痪。因此，对于通信设备进行软硬件维护和检查同样重要，以确保电力通信网络的稳定运行。

1.3 网络拓扑类故障

电力通信网络的拓扑结构复杂多样，包括环形、链形、星形等多种类型。网络拓扑类故障主要涉及网络连接的异常情况，如链路冗余失效和网络环路等。链路冗余是为了提高网络可靠性而设计的一种备份机制，但当链路冗余失效时，网络的可靠性会大幅降低；网络环路会影响网络的正常通信功能，导致大量电力监控数据无法正常上传至控制中心。这不仅会影响电力系统的实时监控能力，还会对电力系统的安全稳定运行构成潜在威胁。因此，在设计和运维电力通信网络时，必须充分考虑网络拓扑结构

【作者简介】周富龙（1988—），男，福建连城人，本科，工程师，研究方向：10kV 配电电力系统站房及线路设备运行维护、检修。

的合理性和稳定性，以避免类似故障的发生。

2 电力通信网络智能运维故障诊断系统的架构设计

2.1 数据采集层

数据采集层作为电力通信网络智能运维故障诊断系统的坚实基础，承担着收集网络中各类设备和链路运行状态信息的关键任务。其采集的数据类型丰富多样，涵盖光功率、误码率、设备温度以及端口流量等重要参数。为了实现对数据的实时、准确采集，需要在通信设备上精心安装传感器和监测装置。例如，在光纤链路上部署光功率监测传感器，能够实时捕捉光功率值的动态变化，并通过高效传输机制将这些数据及时送达数据处理中心。同时，借助网络管理协议（如 SNMP），可以全面、系统地采集通信设备的端口流量、设备状态等详细信息，为后续精准的故障诊断提供全方位、高质量的数据支持，确保故障诊断系统能够基于完整、可靠的数据进行分析和判断^[2]。

2.2 数据处理与分析层

数据处理与分析层处于故障诊断系统的核心位置，主要负责对海量采集数据进行深度处理和科学分析。首先，针对原始数据存在的噪声、误差等问题，需要进行严格的清洗、去噪操作，并对数据进行归一化处理，以提升数据质量，使其符合后续分析的要求。在此基础上，运用先进的数据分析算法对数据进行挖掘和分析，提取出具有代表性和区分性的故障特征。常用的数据分析算法包括聚类分析、关联规则挖掘以及时间序列分析等。当某一

类数据出现异常波动时，系统能够敏锐察觉到潜在故障的发生。关联规则挖掘则致力于发现不同设备或链路之间的故障关联关系，这种关联关系的揭示有助于快速、准确地定位故障根源，为故障诊断提供有力依据。

2.3 故障诊断与决策层

故障诊断与决策层依据数据处理与分析层的分析结果，对电力通信网络的整体运行状态进行全面评估和精确诊断。一旦检测到故障特征，系统会立即启动故障诊断流程，利用预先构建的故障诊断模型对故障的类型、发生位置以及严重程度进行准确判断。该故障诊断模型通常基于机器学习算法构建，如支持向量机（SVM）、决策树、神经网络等先进算法。以神经网络为例，通过学习大量历史故障数据，它能够自动识别不同类型的故障模式，展现出强大的自适应和学习能力。在确定故障的具体信息后，系统会按照预设的决策规则迅速生成相应的故障处理建议和维修方案。这些方案包括隔离故障设备以避免故障扩散、启动备用链路以保障网络通信的连续性、及时通知专业维修人员进行抢修等。通过为运维人员提供科学合理的决策支持，可有效提高故障处理效率，降低故障对电力通信网络的影响。

3 智能运维故障诊断系统的关键技术

3.1 机器学习技术

机器学习技术在电力通信网络智能运维故障诊断系统中扮演着举足轻重的角色。其核心在于通过深度学习历史故障数据，使模型具备自动识别故障模式与特征的能力，从而显著提升故障诊断的准确性与效率。以支持向量机为例，该算法通过精巧的数学构架，将复杂的故障数据映射至高维空间，旨在寻找能最大化分隔不同故障类型的超平面。而神经网络则凭借其强大的非线性拟合能力，能够捕捉并处理复杂的故障数据关系。在实践应用中，常借助如 TensorFlow、PyTorch 等深度学习框架来构建并训练神经网络模型。这些模型经过大量故障数据训练后，能够精准地对新出现的故障进行分类和预测。例如，通过对历史故障数据进行深度学习，模型能够迅速识别出当前故障的类型、位置以及原因，为运维人员提供故障诊断支持，从而极大提高维修效率和电力系统的稳定性。

3.2 大数据分析技术

电力通信网络在运行过程中会产生海量数据，这些数据蕴含着丰富故障信息和运行状态信息。因此，大数据分析技术在电力通信网络智能运维故障诊断系统中显得尤为重要。利用分布式文件系统，可以实现对海量数据的高效存储和组织，方便后续查询和调用。而大数据处理框架则提供了强大的数据处理能力，能够对数据进行批处理和流处理，实现实时分析和挖掘。具体来说，通过 Hadoop、Spark 等大数据处理框架，可以对电力通信网络的实时数据流进行快速处理和分析^[3]。例如，Spark Streaming 能够对接收到的数据流进行实时处理，及时发现其中的异常波动和潜在故障信息。这些技术的应用，不仅提高了故障预警的准确性，还为故障诊断提供了及时支持，使运维人员能够迅速定位并处理故障，

确保电力系统的稳定运行。

3.3 人工智能芯片技术

随着人工智能技术的飞速发展，人工智能芯片技术在电力通信网络智能运维故障诊断系统中的应用也日益广泛。人工智能芯片以其高性能、低功耗的特点，为故障诊断系统提供了强大的计算支持。这些芯片能够加速机器学习和数据分析算法的运行速度，提高故障诊断的效率。在实际应用中，一些专门设计的人工智能芯片能够并行处理多个神经网络模型的计算任务。例如，在边缘计算场景下，将人工智能芯片部署在电力通信网络的边缘节点，如变电站、配电站等，可以实现对本地数据的快速分析和处理。这种本地化处理方式不仅减少了数据传输延迟，还提高了系统的实时性和可靠性^[4]。通过人工智能芯片的助力，电力通信网络智能运维故障诊断系统能够更快速地响应故障事件，更准确地诊断出故障原因，并为运维人员提供及时有效的维修建议，从而确保电力系统的安全稳定运行。

4 智能运维故障诊断系统的应用案例分析

4.1 某地区供电公司光纤通信网络故障诊断

某地区供电公司的光纤通信网络出现大面积的数据传输中断故障。智能运维故障诊断系统首先通过数据采集层收集各条光纤链路的光功率、误码率等数据。数据处理与分析层对采集到的数据进行异常检测和分析，发现部分光纤链路的光功率突然下降至阈值以下，且误码率急剧上升。利用故障诊断模型对数据进行分析后，判断可能是因外力因素导致光纤断裂^[5]。系统迅速定位了故障光纤的位置，并通知维修人员前往现场处理。维修人员到达现场后，证实确实是施工挖掘导致了光纤断裂。通过及时修复光纤，恢复了光纤通信网络的正常运行，避免了因通信中断对电力供应造成的影响。

4.2 某变电站通信设备故障预警与诊断

某变电站内的一台光端机出现了异常发热现象，但尚未影响到设备的正常运行。智能运维故障诊断系统通过安装在设备上的传感器采集到光端机的温度数据，并将数据传输到数据处理与分析层。系统利用时间序列分析算法对温度数据进行分析，发现温度呈现出逐渐上升趋势，且超过了正常温度范围的预警阈值。根据故障诊断模型的判断，故障可能是由于光端机的散热风扇出现故障导致散热不良。系统及时发出故障预警信息，提醒运维人员进行检查和维护。运维人员对光端机进行检查后，发现散热风扇确实存在故障，更换散热风扇后，光端机的温度恢复正常，避免了因设备过热引发的更严重故障^[6]。

结语

电力通信网络智能运维故障诊断系统通过整合先进的机器学习技术、大数据分析技术和高性能的人工智能芯片，为电力系统的稳定运行提供了强有力的保障。通过对历史故障数据的深度挖掘和实时数据的精准分析，该系统不仅能够快速准确识别并定位故障，还能为运维人员提

供科学的决策支持。未来，随着技术的不断进步和应用案例的积累，智能运维故障诊断系统将在电力行业发挥更加重要的作用，进一步推动电力通信网络向智能化、高效化方向发展。^[8]

引用

[1] 刘梦旭,土伟政.利用大数据和人工智能优化电力通信网络运维管理的方法探讨[J].信息记录材料,2025,26(1):41-43.

[2] 张梦凡,史普鑫,孟繁林,等.电力通信网络智能运维故障诊断系统研究[J].自动化仪表,2024,45(2):8-12+18.

[3] 吕华辉,明哲,樊凯,等.基于数据感知融合的电力通信网络智能运维[J].电信科学,2024,40(1):136-143.

[4] 王浩.电力通信网络智能运维系统研究[J].通信电源技术,2024,41(12):227-229.

[5] 范洵,王文涛,姜苏,等.基于数据感知融合的电力通信网络智能运维方法[J].通信电源技术,2024,41(15):55-57.

[6] 汤震.基于数字孪生驱动的电力通信机房智能化运维系统设计[J].通信电源技术,2024,41(18):216-218.

