

# 物联网技术在电网设备状态监测中的应用

吴炯锋

浙江中自庆安新能源技术有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要:** 随着电网规模不断扩张, 确保电网设备可靠运行至关重要。物联网技术凭借其全面感知、可靠传输与智能处理等特性, 为电网设备状态监测带来创新变革。该技术通过感知层各类传感器采集设备运行数据, 经网络层高效传输至应用层, 利用大数据、人工智能算法深度分析处理, 实现设备状态实时监测与故障预警。文中深入剖析物联网技术在电网设备状态监测中的架构原理、系统构建要点, 探讨应用中技术、安全、管理层面挑战及应对策略。研究表明, 物联网技术可显著提升电网设备状态监测的准确性、及时性与智能化水平, 助力电网安全稳定运行, 为智能电网建设提供有力支撑。

**关键词:** 物联网技术; 电网设备; 状态监测; 故障预警; 智能电网

## 1 引言

在现代电力体系中, 电网设备的稳定运行是保障电力可靠供应的关键。随着经济社会的快速发展, 用电需求持续攀升, 电网规模不断扩大, 设备结构也日益复杂。传统的电网设备状态监测手段在精准度、实时性和智能化程度上, 已难以满足当前电网发展的需求。物联网作为新一代信息技术, 融合了传感器、通信、大数据等多种技术。将其应用于电网设备状态监测, 可实现设备运行参数的全面、实时采集, 以及数据的高效传输与深度分析。通过物联网技术, 能及时捕捉设备潜在故障隐患, 提前预警并制定维护策略, 减少设备故障停机时间, 提升电网运行可靠性与安全性。深入研究物联网技术在电网设备状态监测中的应用, 对于推动智能电网建设、提升电力系统整体效能具有重要的现实意义。

## 2 物联网技术基础

### 2.1 物联网架构体系

物联网架构含感知层、网络层与应用层, 三层协同, 全力为电网设备状态监测赋能。感知层作为根基, 精心部署温度、湿度、电流等各类传感器。它们恰似物联网敏锐的“感官触角”, 在电网设备的各个关键节点, 实时、精准地收集设备运行参数及环境状态原始数据, 为后续分析与决策提供坚实支撑。网络层作为数据传输通道, 巧妙融合有线、无线通信技术。光纤以高带宽、低损耗保障大量数据稳定传输; 5G以高速率、低时延实现快速交互; NB - IoT以低功耗、广覆盖, 将感知层数据及时准确传至应用层。应用层是价值核心, 借助大数据分析挖掘数据价值, 依靠云计算加速处理, 为电网设备状态监测提供决策依据, 推动设备管理走向智能化、高效化, 提升电网运维整体效能。

### 2.2 感知层技术原理

感知层技术是电网设备状态监测数据采集的核心, 对保障电网稳定运行至关重要。其原理基于物理和化学效应, 各类传感器各司其职。比如, 温度传感器利用热敏电阻特性, 实时监测设备温度, 判断是否过热; 电流传感器依据电磁感应原理, 精准采集电流信息, 呈现电力运行状态; 光传感器基于光学原理感知光线强度, 监测设备光照环境; 气体传感器凭借气体吸附特性, 检测周围特定气体浓度, 及时察觉气体泄漏隐患。这些传感器把电网设备的非电物理量或化学量转化为电信号, 经过信号调理去除干扰、放大信号, 再进行模数转换, 最终以数字信号输出, 为后续数据传输和分析筑牢基础, 确保电网设备状态监测的准确与可靠<sup>[1]</sup>。

### 2.3 网络层与应用层概述

网络层在物联网体系中承担着保障数据可靠传输的重要任务, 它整合各类通信技术, 以满足不同场景的数据传输需求。在城市变电站等距离近、数据量大的场景, 有线通信技术, 如光纤, 凭借低信号衰减和高带宽的特性, 保障数据稳定、高效传输, 确保监测数据完整及时。在偏远山区电网监测点或巡检移动设备等场景, 4G、5G以及NB-IoT等无线通信技术则发挥灵活接入的优势, 突破地理限制实现数据实时回传。

应用层是物联网与用户交互的关键纽带。它把深度处理后的数据通过可视化界面直观呈现, 展示电网设备实时运行状态, 及时推送故障预警信息, 方便用户掌握电网情况。同时, 基于精准数据分析结果, 应用层还能自动或半自动控制电网设备, 实现智能化监测与管理, 有效提升电网运维效率。如图一所示:

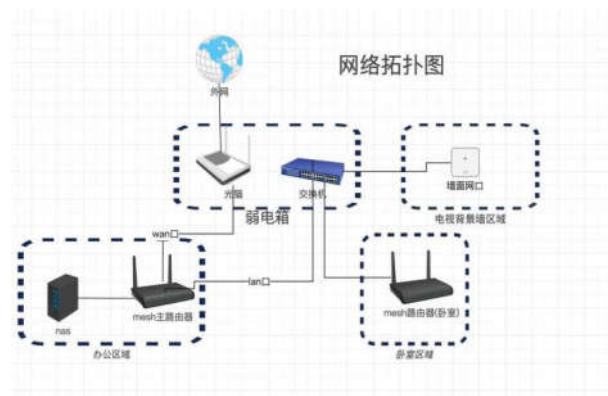


图1 家庭网络拓扑图

3 物联网在电网设备监测中的原理

3.1 数据采集原理

物联网在电网设备状态监测中的数据采集，主要依靠感知层的各类传感器。如温度传感器可实时监测变压器等设备的温度，依据热电阻或热电偶原理，将温度物理量转化为电信号输出，反映设备运行中的发热状况。电流、电压传感器利用电磁感应等原理，精确采集线路中的电流、电压数值，为分析设备负载及运行稳定性提供数据支撑。此外，振动传感器能捕捉设备运行时的机械振动信息，通过压电效应等机制，将振动信号转换为便于处理的电信号，用以判断设备机械结构的健康状态<sup>[2]</sup>。这些传感器分布于电网设备关键位置，全方位、多维度地获取设备运行参数，为后续监测分析奠定基础。

3.2 数据传输与通信机制

在数据传输方面，物联网采用多种通信方式。短距离通信如蓝牙、ZigBee 等，适用于设备内部或近距离节点间的数据交互，具有低功耗、低成本、组网灵活的特点，可实现传感器与采集模块间的稳定通信。长距离通信中，4G/5G 网络凭借高速率、大容量、低延迟的优势，能将采集到的大量电网设备数据快速、可靠地传输至云端或主站系统。而光纤通信以其高带宽、抗干扰能力强的特性，在变电站等场景中承担骨干链路的数据传输任务。同时，为保障数据传输安全，会采用加密技术，对传输的数据进行加密处理，防止数据被窃取或篡改，确保电网设备监测数据的完整性与安全性。

3.3 数据分析与处理逻辑

针对采集传输而来的海量电网设备数据，需运用特定的数据分析与处理逻辑。首先是数据预处理，通过滤波、降噪等手段，去除数据中的噪声和异常值，提升数据质量。然后利用大数据分析技术，对历史数据和实时数据进行关联分析，挖掘设备运行规律和潜在故障模式。例如，借助聚类分析算法，可将设备运行状态划分

为不同类别，快速识别异常状态。机器学习算法也被广泛应用，如基于神经网络构建故障诊断模型，通过对大量故障样本的学习训练，实现对电网设备故障的智能诊断与预警，为运维人员制定科学合理的维护策略提供有力依据<sup>[3]</sup>。

4 电网设备监测系统构建

4.1 系统总体架构设计

系统总体架构基于物联网三层架构模型搭建。感知层部署各类高精度传感器，如温度、湿度、振动、电流、电压传感器等，针对变压器、断路器、开关柜等电网设备，全面采集运行状态数据。网络层构建融合无线传感网、5G、光纤通信的通信网络，保障数据可靠、低延时传输。应用层集成大数据处理平台、人工智能分析模块等，实现数据深度挖掘、设备故障诊断与预警功能。整体架构设计充分考虑扩展性与兼容性，可灵活接入新设备与新技术，满足电网设备状态监测不断发展的需求。如图二所示：



图2 智能变（配）电站房辅助设备系统架构图

4.2 硬件部署方案

硬件部署围绕电网设备分布展开。在变电站内，依据设备类型与监测重点合理布置传感器。例如，在变压器附近安装多种传感器，监测油温、绕组温度、局部放电等参数；针对高压开关设备，部署振动、位移传感器监测机械状态。数据采集器安装在各监测区域，收集传感器数据并进行初步处理。通信设备方面，根据变电站环境与传输需求，选择合适的无线接入点与光纤链路，确保数据稳定传输至主站系统。此外，配置边缘计算设备，实现本地数据快速分析与决策，减轻网络传输与主站计算压力<sup>[4]</sup>。

4.3 软件功能模块规划

软件功能模块涵盖数据管理、状态监测、故障诊断、预警通知等。数据管理模块负责对采集的海量数据

进行存储、分类与检索,采用分布式数据库技术保障数据存储可靠性与读写效率。状态监测模块实时展示电网设备运行参数与状态信息,以图表、曲线等可视化形式呈现,方便运维人员直观掌握设备状况。故障诊断模块运用人工智能算法与专家系统,对设备数据进行深度分析,精准判断故障类型、位置与严重程度。预警通知模块根据故障诊断结果,及时向运维人员发送预警信息,支持短信、邮件、APP消息等多种通知方式,确保故障隐患能得到快速响应与处理。

## 5 应用面临的挑战与应对

### 5.1 技术层面挑战与对策

在物联网技术应用于电网设备状态监测时,技术层面存在诸多挑战。传感器精度与稳定性方面,电网复杂电磁环境易干扰传感器,使其采集数据出现偏差,影响监测准确性。通信网络可靠性也待提升,海量监测数据传输对带宽和时延要求高,信号干扰、网络拥塞可能导致数据丢失或传输延迟。此外,数据分析算法的有效性至关重要,需处理多源异构数据,精准提取故障特征。针对这些,可选用抗干扰能力强的传感器,定期校准维护;构建冗余通信网络,结合5G、光纤等技术保障传输稳定;持续优化算法,融合机器学习、深度学习等提升分析精度,以应对技术挑战<sup>[5]</sup>。

### 5.2 安全层面风险与防范

安全层面,物联网应用使电网设备面临新风险。网络攻击威胁显著,黑客可能非法入侵,篡改监测数据或破坏系统,导致设备误判误动。数据隐私保护也不容忽视,电网设备监测数据含大量敏感信息,一旦泄露会造成严重后果。设备接入安全同样关键,未授权设备接入可能引发安全漏洞。为防范这些风险,需加强网络安全防护,部署防火墙、入侵检测系统;采用加密技术保障数据传输与存储安全;建立严格设备接入认证机制,确保只有授权设备可接入网络,守护电网安全。

### 5.3 管理层面的问题与举措

管理层面,物联网技术应用于电网设备状态监测存

在协调与规范难题。多部门多系统间协调困难,设备状态监测涉及多个部门,数据共享和业务协同不畅会降低工作效率。缺乏统一标准规范,不同厂商设备和系统接口、数据格式各异,增加集成难度。运维管理也面临挑战,设备增多使运维工作量和复杂度上升。为此,要建立跨部门协调机制,明确职责分工,促进信息共享;制定统一标准规范,涵盖设备接口、数据格式等;引入智能化运维管理平台,利用大数据分析预测设备故障,实现主动运维,提升管理水平。

## 6 结语

本研究聚焦物联网技术在电网设备状态监测领域的应用,深入剖析技术原理、系统构建及应用挑战与应对策略。研究表明,物联网技术凭借全面感知、高效传输与智能分析能力,极大提升了电网设备状态监测的实时性与准确性,实现从被动维护向主动预防的转变,有效保障电网安全稳定运行。尽管当前面临技术瓶颈、安全隐患与管理难题,但通过选用先进设备、优化算法、强化防护、完善制度等针对性举措,这些问题正逐步得到解决。展望未来,随着5G、人工智能等技术的深度融合,物联网在电网设备状态监测领域将发挥更大作用,有望推动电网智能化水平迈向新高度,为社会提供更加可靠、高效的电力供应,助力能源产业的可持续发展。

## 参考文献

- [1]白杨,都曼,加依娜提·吾拉力.物联网技术在电力线路设备在线监测中的应用[J].通信电源技术,2025,42(2):52-54.
- [2]曾冰倩,李舒宁,张震宇.基于物联网技术的配电网设备智能监测与维护研究[J].光源与照明,2025(1):93-95.
- [3]张丽莎.物联网技术在物业设施设备安全管理中的创新应用[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025(1):082-086.
- [4]胡小平,周森,李兆飞.物联网技术在电厂设备监控与故障诊断中的应用研究[J].科学与信息化,2025(4):50-52.
- [5]孙锋,赵成睿.物联网技术在国家电网输电线路状态监测中的应用[J].大众科学,2024,45(16):22-24.