

物联网技术在电气工程中的应用研究

张 祎
四川金信石信息技术有限公司 四川 成都 610000

摘 要：随着科技发展，物联网技术与电气工程融合成趋势。本文聚焦物联网技术在电气工程中的应用研究，阐述其重要性、关键技术及具体应用。分析得出，物联网能提升电气工程效率、强化安全保障、推动行业转型。其关键技术涵盖感知层的传感器等，网络层的通信等，应用层的数据处理等。具体应用于发电、输电等多环节，实现设备监测等功能，为电气工程智能化发展提供技术支撑，对推动电力系统升级有重要意义。

关键词：物联网技术；电气工程；具体应用

引言：传统电气工程存在效率低等问题，物联网的实时监测等能力为其突破瓶颈提供可能。本文围绕物联网技术在电气工程中的应用展开，先说明其应用重要性，再剖析关键技术，最后阐述在发电、输电等环节的具体应用，旨在为相关研究与实践提供参考，推动电气工程智能化转型。

1 物联网技术在电气工程中应用的重要性

物联网技术与电气工程的融合，正在重塑电力系统的运行模式与发展格局，其重要性体现在以下方面：（1）提升系统运行效率。物联网技术打破了传统电力工程中信息孤岛的局限。通过在发电、输电、变电、配电等环节部署传感器与智能终端，可实现全流程数据的实时采集与动态监测，使系统运行状态可视化、可量化。基于物联网的智能调控机制可实现电力资源的动态分配，根据用电需求变化自动调整发电功率与输电路径，降低能源损耗，提升整体运行效率，推动电气工程向精细化、高效化方向发展。（2）强化安全保障。物联网技术为电气工程构建了全方位的防护体系。传统电力系统的故障检测依赖定期巡检，存在漏检、误检风险，而物联网的实时监测网络能够对设备温度、绝缘性能、线路振动等参数进行持续追踪，通过数据异常分析提前预警潜在故障，将事故遏制在萌芽状态。物联网的远程控制功能可在突发故障时快速响应，实现非接触式操作，减少人员暴露于高危环境的风险。（3）推动行业转型升级。物联网技术为电气工程注入了智能化基因，加速了传统电力系统向智慧能源体系的演进。通过海量数据的汇聚与分析，可挖掘电力生产与消费的内在规律，为新能源并网、储能系统优化等提供技术支撑，促进能源结构转型^[1]。

2 物联网关键技术

2.1 感知层关键技术

感知层负责物理世界信息的采集与识别，核心技术

包括以下系统技术。（1）传感器技术是感知层的核心，能将物理量、化学量、生物量等转化为可处理的电信号。其性能直接决定感知信息的准确性和可靠性，关键特性包括灵敏度、精度、响应速度、功耗和稳定性。微机电系统（MEMS）技术推动传感器向微型化、低功耗、智能化演进，使其可在复杂环境中长期稳定采集信息。新型传感器材料（如纳米材料、柔性材料）进一步拓展了应用场景，提升了微弱信号检测能力。（2）射频识别（RFID）技术通过无线电信号自动识别目标，由标签、阅读器和天线组成。其关键在于标签与阅读器间的无线通信效率和数据传输安全性。无源RFID标签无需电池、体积小、成本低，在物品识别中应用广泛，能量获取和信号调制技术是提升识别距离与抗干扰能力的核心。有源RFID标签通过内置电池实现更远距离通信和复杂数据传输，低功耗设计与通信协议优化是研发重点。（3）嵌入式系统技术为感知层设备提供计算和控制能力，是软硬件连接的桥梁。嵌入式处理器需平衡性能与功耗，基于ARM、MIPS等架构的芯片向高性能、低功耗发展，以满足物联网设备的算力需求。嵌入式操作系统需具备实时性、可靠性和轻量化特性，能在资源受限环境中高效运行，同时支持多种硬件接口和通信协议，实现与传感器、RFID等设备的无缝集成。

2.2 网络层关键技术

网络层负责将感知层信息传输至应用层，关键技术包括以下技术。（1）通信技术是网络层的基础，物联网的异构性要求支持多种通信方式，涵盖有线与无线通信。无线通信中，蓝牙、ZigBee、Wi-Fi等近距离技术适用于小范围、低速率传输，关键在于提高通信效率和降低功耗；4G/5G、LoRa、NB-IoT等远距离技术可实现广域覆盖和大规模设备连接，核心是提升网络容量、降低时延和优化频谱利用。以太网、光纤通信等有线技术在高速率、高可靠性传输场景中发挥重要作用，技术发展

聚焦于提高传输速率和抗干扰能力。(2) 网络协议是数据传输有序进行的规则体系, 因设备异构性和场景多样性, 需构建多层次协议栈。网络层中, IPv6 技术解决了设备地址分配问题, 其巨大地址空间满足海量设备联网需求, 同时支持自动配置和移动性管理。传输层协议需依应用需求选择, TCP 适用于高可靠性场景, UDP 适用于高实时性场景。针对物联网需求, CoAP、MQTT 等轻量级协议通过简化格式和交互流程, 降低了设备通信开销。(3) 数据路由技术负责选择最优传输路径, 确保数据高效可靠传输。因物联网设备分布广泛且环境动态变化, 路由协议需具备自组织、自修复能力。无线传感器网络的路由协议常采用分层路由、地理位置路由等策略, 通过减少传输跳数和能量消耗延长网络生命周期。大规模物联网中, 基于软件定义网络 (SDN) 和网络功能虚拟化 (NFV) 的路由技术, 可实现资源动态调度和路径优化, 提升网络灵活性与可扩展性。

2.3 应用层关键技术

应用层是物联网实现价值的核心, 负责数据处理分析并提供应用服务, 关键技术包括以下技术。数据处理技术是应用层的核心, 物联网产生的海量数据具有异构性、实时性、海量性特点, 需高效处理方法。数据融合技术整合不同传感器信息, 消除冗余冲突, 提高数据准确性和可靠性。数据挖掘技术通过关联分析、聚类分析、预测分析等, 从海量数据中提取有价值信息以支持决策。实时数据处理技术需在短时间内完成数据接收、处理和响应, 满足实时监控、智能控制等需求, 关键在于优化处理流程和提升计算效率。(2) 云计算与边缘计算技术为物联网应用提供强大计算和存储能力。云计算通过集中式资源处理大规模数据和复杂任务, 提供灵活的服务部署和资源扩展能力。边缘计算将资源部署在网络边缘, 靠近数据源头, 减少传输延迟和带宽消耗, 提高实时性和安全性, 适用于时延敏感场景。二者协同融合可优化资源配置, 满足不同应用需求。(3) 安全技术保障物联网应用可靠运行, 因设备数量庞大、分布广泛且资源受限, 面临的安全威胁更复杂。身份认证技术通过密码、生物特征等方式确保设备和用户合法性, 防止未授权访问。数据加密技术对传输和存储数据加密, 保护机密性, AES 等对称加密算法适用于高效加密, RSA 等非对称加密算法适用于密钥交换。访问控制技术通过制定策略限制资源访问权限, 防止越权操作。入侵检测技术实时监测网络异常, 及时应对安全攻击, 保障系统稳定运行^[2]。

3 物联网技术在电气工程中的具体应用

3.1 在发电环节的应用

在发电环节, 物联网技术主要应用于设备状态监测与优化运行控制。通过在各类发电设备, 如火力发电的

锅炉、汽轮机, 水力发电的水轮机、发电机, 以及风力发电的风机等设备上部署大量传感器, 可实时采集设备的运行参数, 包括温度、压力、振动、转速等。这些传感器构成了物联网的感知层, 如同设备的“神经末梢”, 将采集到的信息通过通信网络传输至数据处理中心。在数据处理中心, 运用大数据分析 with 人工智能算法对海量数据进行深度挖掘与分析。如通过对锅炉运行数据的分析, 可优化燃烧控制策略, 实现燃料的充分燃烧, 提高发电效率, 降低能源消耗与污染物排放。对于风力发电机, 利用物联网技术实时监测风速、风向、叶片角度等参数, 自动调整风机的桨距角和转速, 使其始终处于最佳的发电状态, 最大限度地捕获风能。基于设备运行数据的实时监测与分析, 能够提前预测设备故障, 实现预防性维护, 减少设备停机时间, 提高发电系统的可靠性与稳定性。

3.2 在输电环节的应用

输电环节是电力系统的大动脉, 物联网技术在此环节的应用重点在于线路状态监测与智能巡检。在输电线路路上安装各类传感器, 如导线温度传感器、弧垂传感器、微风振动传感器、覆冰传感器等, 实时监测线路的运行状态。这些传感器将采集到的线路温度、弧垂变化、振动情况、覆冰厚度等数据, 通过无线通信技术 (如 4G、5G、LoRa 等) 传输至监控中心。基于物联网的智能巡检系统利用无人机、机器人等设备, 搭载高清摄像头、红外热像仪等检测装置, 按照预设的巡检路径对输电线路进行巡检。这些智能巡检设备通过物联网与监控中心实时通信, 将拍摄到的线路图像、检测到的温度异常等信息及时回传。监控中心运用图像识别技术和数据分析算法, 对巡检数据进行处理与分析, 快速准确地发现线路存在的缺陷与隐患, 如导线断股、绝缘子破损、金具松动等。通过物联网技术实现对输电线路的远程监控与操作, 当线路发生故障时, 能够迅速定位故障点, 并远程控制开关设备进行故障隔离与恢复供电, 大大提高了输电线路的运行维护效率与可靠性^[3]。

3.3 在变电环节的应用

在变电环节, 物联网技术助力实现变电站的智能化运行与管理。通过在变电站的变压器、断路器、隔离开关、互感器等设备上安装智能传感器, 实时监测设备的运行状态参数, 如变压器的油温、绕组温度、油中溶解气体含量, 断路器的分合闸位置、触头温度、操作机构压力等。这些传感器采集的数据通过通信网络汇聚到变电站监控系统, 实现对变电站设备的全面实时监测。基于物联网的智能变电站运用智能诊断技术, 对设备运行数据进行分析处理, 判断设备的健康状态, 预测设备故障。例如, 通过对变压器油中溶解气体含量的分析, 可

早期发现变压器内部的潜伏性故障。同时，物联网技术实现了变电站设备的远程控制与自动化操作。运维人员可以在监控中心通过物联网远程操作变电站的开关设备，进行倒闸操作等。此外，借助物联网技术，还可以实现变电站内不同厂家、不同类型设备之间的数据共享与交互，打破信息孤岛，提高变电站的整体运行效率与管理水平。

3.4 在配电与用电环节的应用

在配电环节，物联网技术用于构建智能配电网，实现配电网的精细化管理。通过在配电变压器、配电柜、配电箱、开关设备等配电设施上安装传感器和智能终端，实时监测配电网的运行参数，如电压、电流、功率、功率因数等，以及设备的运行状态。利用物联网通信技术，将这些数据传输至配电自动化主站，实现对配电网的实时监控与分析。基于物联网的智能配电网能够实现故障的快速定位与隔离。当配电网发生故障时，系统可根据各监测点上传的数据，迅速判断故障位置，并自动隔离故障区域，恢复非故障区域的供电，减少停电时间与范围。同时，通过对用户用电数据的实时采集与分析，实现需求侧管理。根据用户的用电习惯和实时用电需求，合理调整配电网的运行方式，优化电力资源配置，提高供电可靠性与电能质量。

在用电环节，物联网技术推动了智能家居与智能用电的发展。通过智能电表和各类智能用电设备（如智能插座、智能家电等），实现对用户用电数据的实时采集与分析。用户可以通过手机APP等终端设备，随时随地监控家中各类电器的用电情况，远程控制电器的开关、调节电器的运行参数，实现智能化用电管理。电力公司也可以根据用户的用电数据，为用户提供个性化的用电服务，如电费账单查询、用电节能建议等，促进用户合理用电，提高能源利用效率。

3.5 在新能源并网环节的应用

物联网技术在新能源并网环节聚焦于实现新能源发电系统与传统电网的动态协同。通过在光伏阵列、储能电池组、燃料电池等设备集群部署分布式感知节点，实时采集发电功率、设备温度、充放电状态及光照强度、储能荷电状态等环境参数，形成覆盖新能源生产全流程的感知网络。这些节点借助工业以太网或无线Mesh网络构建本地化传输链路，将瞬时发电数据与设备状态信息汇聚至区域能源管理平台。能源管理平台基于物联网架构对多源数据做归一化处理，建立发电预测模型与电网负荷匹配算法。通过分析新能源发电波动性，结合电网实时负荷数据，动态调整并网逆变器输出参数，实现电力平滑接入。利用物联网构建新能源设备与电网调度系统的双向通信通道，上传发电计划、设备状态等信息，接收负荷调节指令，远程控制储能充放电或新能源设备出力，实现发电与电网负荷动态平衡^[4]。

结束语：物联网技术为电气工程带来变革。其在提升效率等方面作用显著，关键技术支撑各环节应用。在发电等环节的应用，推动电力系统向智能化发展。未来需持续探索技术融合，解决应用中问题，充分发挥物联网价值，助力电气工程领域实现更高效、安全、智能的发展，为能源行业进步奠定基础。

参考文献

[1] 黄超. 物联网技术在电气工程中的应用研究[J]. 电脑爱好者(电子刊), 2021(7): 2556-2557.

[2] 李喜鹏. 物联网技术在电气工程中的应用[J]. 模型世界, 2024(36): 150-152.

[3] 耿振华. 电气自动化技术在照明工程中的应用研究[J]. 中国照明电器, 2024(11): 155-157.

[4] 刘峥. 物联网技术在智能电气安装中的应用研究[J]. 中国宽带, 2024, 20(12): 165-167.