

智能配电技术在工程中的应用实践

陈华刚

国网浙江省电力有限公司桐庐县供电公司 浙江 杭州 311500

摘要：智能配电技术融合ICT、物联网等，实现配电环节全流程智能化，提升系统可靠性与高效性。本文介绍智能配电技术的核心体系，包括感知、通信、控制优化及安全防护技术，并分析其在工业、建筑、市政及新能源并网工程中的应用实践。技术显著提升能效，降低运维成本，助力双碳目标。同时，剖析应用难题，提出优化策略，展望发展趋势，为智能配电推广提供参考。

关键词：智能配电技术；工程；应用实践

引言：随着能源转型与智能化发展的推进，传统配电系统已难以满足现代工程对高效、可靠配电的需求。智能配电技术应运而生，通过深度融合信息通信技术、物联网、大数据等先进技术，构建起集感知、通信、控制、优化于一体的新型配电模式。本文旨在探讨智能配电技术的核心体系、在不同工程领域的应用实践、面临的主要问题及优化策略，分析其未来发展趋势，以期为推动智能配电技术的广泛应用，提升工程配电系统的智能化水平提供理论依据和实践指导。

1 智能配电技术核心体系与相关理论基础

1.1 智能配电技术的核心内涵与特征

(1) 核心内涵：以传统配电系统为基础，深度融合信息通信技术（ICT）、物联网、大数据等新一代技术，构建集感知、通信、控制、优化于一体的新型配电模式，打破传统配电的信息孤岛，实现配电环节的全流程智能化管控，提升配电系统的可靠性与高效性。(2) 核心特征：高度自动化，可实现设备状态自动监测、故障自动定位与自愈，减少人工干预；强兼容性，能适配不同类型配电设备与新能源接入需求；数据驱动，依托海量监测数据实现精准调控与决策；绿色高效，通过负荷优化分配降低能耗，助力双碳目标实现。

1.2 智能配电核心技术构成

(1) 感知与监测技术：核心应用智能传感器、红外热成像、AI图像识别等技术，实时采集配电设备运行参数、环境状态等数据，精准识别设备异常，为系统调控提供数据支撑。(2) 通信与传输技术：采用光纤、5G、电力线载波等多元通信方式，搭配IEC61850等标准化通信协议，实现数据高速、安全传输，保障各环节信息互联互通。(3) 智能控制与优化技术：融合边缘计算、数字孪生、负荷预测与动态调控技术，构建配电系统数字镜像，提前预判负荷变化，实现资源最优配置。(4) 安

全防护技术：通过纵向加密、横向隔离、区块链溯源等技术，构建全方位安全防护体系，防范数据泄露与网络攻击，保障配电系统稳定运行^[1]。

1.3 智能配电系统架构

(1) 智能设备层：作为系统基础，包含智能终端、智能电表、无功补偿装置等核心设备，承担数据采集、指令执行功能，是实现智能化的硬件支撑。(2) 通信网络层：采用分层组网模式，结合不同通信技术选型，搭建高效、可靠的通信链路，实现智能设备层与监控管理层的数据交互。(3) 监控管理层：核心是监控平台，具备数据处理、状态监控、故障预警、远程调控等功能，实现对配电系统的全局管控与智能决策。

2 智能配电技术在不同类型工程中的应用实践

2.1 工业工程中的智能配电应用实践

(1) 应用场景：主要适配工业园区、新能源工厂等工业场景，此类场景用电负荷大、设备种类多，且对供电稳定性、能效水平要求较高，同时面临分布式能源接入、多设备协同运行的配电需求，智能配电技术可精准匹配工业生产的动态配电需求，解决传统配电模式响应滞后、调控不精准的问题。(2) 应用内容：重点开展分布式能源接入管控，实现光伏、风电等分布式电源与工业主电网的无缝衔接，优化能源分配；实施谐波治理，通过智能滤波设备抑制工业设备运行产生的谐波干扰，保障电网质量；推行负荷协同控制，基于实时负荷数据动态调整各生产环节用电分配，避免负荷过载或浪费。

(3) 应用成效：有效提升工业工程配电能效，平均能效提升8%-12%；通过负荷优化与谐波治理，降低设备损耗和用电成本，助力企业减少生产成本；大幅优化供电稳定性，减少因配电故障导致的生产停工，故障发生率降低30%以上，保障工业生产连续有序开展。

2.2 建筑工程中的智能配电应用实践

(1) 应用场景: 覆盖商业综合体、智能写字楼、医院、高端住宅等各类建筑, 此类场景用电场景复杂, 涵盖照明、空调、电梯、医疗设备等多种负荷, 且对用电安全性、舒适性和运维便捷性需求突出, 智能配电技术可实现建筑用电的精细化、智能化管控。(2) 应用内容: 推行智能照明控制, 根据建筑内人员密度、自然光强度自动调节照明亮度和开关状态, 避免无效用电; 优化空调负荷调控, 结合室内外温度、人员分布动态调整空调运行参数, 实现节能与舒适兼顾; 完善应急供电智能调控, 配备智能应急电源, 故障时自动切换供电模式, 保障医院手术室、商业综合体消防等关键区域的连续供电^[2]。(3) 应用成效: 显著降低建筑能耗, 商业综合体、医院等大型建筑能耗平均降低10%-15%; 简化运维流程, 实现配电设备状态远程监测与故障预警, 运维效率提升40%以上; 优化用电体验, 避免电压不稳、照明不适等问题, 同时保障关键区域用电安全, 提升建筑居住和使用舒适度。

2.3 市政工程中的智能配电应用实践

(1) 应用场景: 适用于城市配网升级、高标准农田灌溉、城市隧道、市政道路照明等市政设施, 此类场景覆盖范围广、配电节点分散, 且面临运维难度大、供电可靠性要求高的问题, 智能配电技术可实现市政配电的高效管控与便捷运维。(2) 应用内容: 推进配网图模智能化, 构建市政配网数字孪生模型, 实现配网线路、设备状态的可视化监控; 实现配网故障自愈, 通过智能监测与控制技术, 自动定位故障点、隔离故障区域, 快速恢复非故障区域供电; 推行无人值守运维, 依托远程监控平台和智能巡检设备, 减少人工巡检成本, 提升运维效率。(3) 应用成效: 大幅提升市政供电可靠性, 城市配网供电可靠率提升至99.98%以上; 减少人工巡检与运维成本, 运维成本降低25%-30%; 优化工程验收效率, 通过智能监测数据实现配电工程验收的标准化、精准化, 缩短验收周期, 保障市政工程按时投用。

2.4 新能源并网工程中的智能配电应用实践

(1) 应用场景: 聚焦光伏电站、储能项目、风电基地等新能源并网场景, 此类场景面临新能源出力不稳定、并网难度大、绿电管理不规范等问题, 智能配电技术是推动新能源高效并网、提升能源利用效率的核心支撑。(2) 应用内容: 开展新能源出力预测, 结合气象数据、历史出力数据, 通过AI算法精准预测光伏、风电等新能源出力变化, 为电网调度提供依据; 实施新能源集群控制, 对多个新能源电站进行协同调控, 实现出力平衡, 保障并网稳定性; 建立绿电溯源管理体系, 依托区

块链技术实现绿电生产、传输、消费全流程溯源, 规范绿电交易与管理^[3]。(3) 应用成效: 有效提升新能源消纳率, 光伏、风电等新能源消纳率提升15%-20%; 显著降低弃光、弃风率, 弃光率控制在5%以下, 减少新能源浪费; 优化能源利用效率, 实现新能源与电网的协同运行, 推动能源结构向绿色低碳转型, 助力双碳目标落地。

3 智能配电技术工程应用的主要问题剖析

3.1 工程应用中的主要问题识别

(1) 技术层面: 不同厂商生产的智能配电设备接口、通信协议不统一, 兼容性不足, 导致系统集成困难; 数据采集、传输、存储的标准不规范, 数据共享与交互受阻; 部分技术与工程实际场景适配性差, 难以满足不同工程的个性化配电需求, 影响应用效果。(2) 实施层面: 智能配电工程施工工艺要求高, 需与原有配电系统衔接, 施工流程复杂、难度较大; 行业缺乏既懂配电技术又掌握ICT、AI等新技术的复合型人才, 导致施工与调试质量难以保障; 智能设备与技术投入成本较高, 工程整体成本控制难度大, 制约技术推广应用。(3) 运维层面: 多数工程仍采用传统人工运维模式, 滞后于智能配电系统的智能化需求; 系统联网运行后, 面临网络攻击、数据泄露等安全风险, 安全防护压力较大; 智能设备维护技术要求高, 配件更换成本高, 导致整体运维成本居高不下。

3.2 问题产生的原因分析

(1) 技术原因: 行业内不同厂商各自为战, 缺乏统一的技术规范与标准, 导致设备和数据标准不统一; 核心芯片、关键软件等核心技术自主化不足, 依赖外部技术, 难以实现全流程适配与优化。(2) 管理原因: 智能配电工程的管理体系不完善, 施工、调试、验收等环节缺乏标准化流程; 运维机制不健全, 未建立常态化的智能运维模式, 且运维人员专业能力不足, 难以应对智能化运维需求。(3) 环境原因: 相关政策与智能配电技术发展适配性不足, 缺乏针对性的扶持与引导政策; 行业标准虽已出台, 但落地执行不到位, 部分企业未严格遵循标准生产与施工, 导致问题频发^[4]。

4 智能配电技术工程应用优化策略与发展趋势

4.1 技术层面优化策略

(1) 推动核心技术自主化, 提升设备兼容性与适配性: 加大核心芯片、关键软件研发投入, 突破技术瓶颈实现自主可控; 推动厂商统一设备接口、通信协议标准, 解决系统集成难题, 同时结合工业、建筑等不同工程场景需求, 优化技术方案, 增强技术适配性。(2) 建立统一数据标准, 强化数据整合与利用能力: 制定统一

的数据采集、传输、存储标准,规范数据格式与交互流程,打破数据孤岛;搭建高效数据处理平台,运用大数据、AI技术挖掘数据价值,将其转化为决策支撑,提升系统智能化调控水平。(3)加强技术融合创新,推广数字孪生、AI深度应用:推动智能配电技术与数字孪生、AI、5G深度融合,构建配电系统全生命周期数字镜像,实现设备状态可视化与故障精准预判;推广AI在负荷预测、故障诊断中的应用,提升系统响应与调控精度。

4.2 实施与运维层面优化策略

(1)完善工程施工流程,提升施工质量与效率:建立标准化的施工流程,明确施工规范与验收标准,加强施工过程中的质量管控,重点做好与原有配电系统的衔接工作,降低施工难度;引入智能化施工设备与技术,优化施工工艺,缩短施工周期,提升施工效率与工程质量,保障工程顺利投用。(2)构建复合型人才培养体系,解决人才短缺问题:搭建高校、企业、行业协会协同培养平台,开设针对性课程,培养兼具配电技术与ICT、AI能力的复合型人才;完善激励机制,加强现有人员技能培训,提升专业素养。(3)建立预测性运维体系,转型运维管理模式:摒弃传统人工运维,依托智能监测设备与数据平台,预判设备故障实现主动维护;推广无人值守运维,结合远程监控、智能巡检,降低成本、提升效率^[5]。

4.3 政策与环境层面优化策略

(1)完善行业标准与规范,强化政策引导与支持:结合智能配电技术发展现状,完善行业技术标准、施工标准与运维标准,强化标准落地执行,规范企业生产与工程实施行为;出台针对性的扶持政策,加大对核心技术研发、绿色设备推广的政策支持与资金补贴,引导行业良性发展。(2)加大技术研发投入,推动绿色环保设备推广应用:鼓励企业加大智能配电技术研发投入,支持产学研协同创新,突破关键技术瓶颈;引导企业研发推广节能、环保、高效的智能配电设备,推动配电系统向绿色低碳转型,助力双碳目标实现,同时提升设备运行效率,降低能耗与环境影响。

4.4 智能配电技术工程应用发展趋势

(1)技术发展趋势:AI与数字孪生深度融合,将实现配电系统的全流程智能化管控与精准调控,提升系统运行可靠性与效率;零碳配电技术加速普及,结合新能源、储能技术,构建零碳配电体系,推动能源结构绿色转型,满足双碳发展需求。(2)应用发展趋势:智能配电技术将向多场景协同应用延伸,打破工业、建筑、市政等场景的界限,实现跨场景配电协同调控;智能化运维将全面落地,无人值守、预测性运维成为主流,大幅提升运维效率,降低运维成本。(3)行业发展趋势:随着技术普及与政策支持,智能配电行业市场规模将持续扩大,市场需求不断增加;技术标准化、产业化水平不断提升,形成完善的产业链体系,推动智能配电技术向规模化、规范化方向发展。

结束语

智能配电技术作为现代工程配电的重要方向,显著提升能效与可靠性,助力双碳目标。面对技术、实施、运维挑战,需推动核心技术自主化,建立统一数据标准,完善施工与运维流程,强化政策引导。未来,随着AI、数字孪生等技术的融合,智能配电将向多场景协同、智能化运维发展,市场规模持续扩大,形成完善产业链。期待智能配电技术为能源转型与智能化发展贡献力量。

参考文献

- [1]常向尚,关玉荣.智能化技术在提升输配电及用电工程质量中的应用[J].中国品牌与防伪,2025,16(1):122-124.
- [2]李想.自动化控制技术在输配电工程中的应用探究[J].电子元器件与信息技术,2024,8(11):285-287.
- [3]吴小佳.试析配电自动化技术在智能电网中的应用[J].中国高新科技,2024,21(7):67-69.
- [4]郭其金.配电自动化技术在智能电网中的应用[J].集成电路应用,2024,41(1):240-241.
- [5]张凤仪.配电电气设备状态监测与故障诊断的智能化方法研究[J].电气时代,2024,10(6):95-97.