

面向智能电网的配电计量装置智能化改造与升级路径

周卫国

- 1. 浙江容大电力工程有限公司 浙江 杭州 310000
- 2. 浙江容大电力工程有限公司富阳供电服务分公司 浙江 杭州 310000

摘要：本文聚焦智能电网背景下配电计量装置的智能化改造与升级路径。围绕核心需求，明确功能、性能及场景适配要求；通过传感与计量、通信网络及数据处理等关键技术革新，实现装置性能提升；制定分阶段改造规划，设计设备选型部署方案，构建运维管理体系。以解决传统配电计量装置功能局限、性能不足等问题，推动其向智能化、精准化、高效化方向发展，为智能电网建设提供可靠计量支撑，助力提升电网整体运行效率与管理水平。

关键词：智能电网；配电计量装置；智能化改造；升级路径；关键技术

1 引言

随着智能电网建设的深入推进，配电计量装置作为电网运行数据采集与传输的关键环节，其智能化水平直接影响电网的整体效能。传统配电计量装置存在功能单一、数据处理能力弱、通信效率低等问题，已难以满足智能电网对实时监测、精准计量、多能源协同管理的需求。智能化改造与升级成为提升配电计量装置性能的必然选择。通过对装置进行技术革新与功能优化，不仅能够提高电力计量的准确性与可靠性，还可实现与智能电网系统的深度融合，助力电网运行状态实时感知、负荷精准预测及资源优化配置。本文基于智能电网发展需求，系统探讨配电计量装置智能化改造与升级的核心需求、关键技术及实施策略，为推动配电计量领域的智能化发展提供可行路径。

2 智能化改造核心需求分析

2.1 功能需求升级方向

在智能电网的复杂运行环境下，配电计量装置的功能需求正经历着从基础计量向多元化、智能化方向的深度转变。首先，精准计量功能需进一步强化，传统装置在复杂负荷、谐波环境下的计量误差问题亟待解决，需借助先进传感技术与高精度计量算法，实现对多种电能参数的高精度实时测量。其次，实时监测功能成为核心需求，装置需具备对电压、电流、功率因数、谐波分量等关键参数的高频采样与在线监测能力，以便及时发现电网异常运行状态。此外，多能源协同计量功能不可或缺，随着分布式电源、储能设备的广泛接入，配电计量装置需能够准确计量多种能源的双向流动，支持新能源消纳与电网稳定运行。同时，装置还需具备远程控制与参数配置功能，通过通信网络实现远程抄表、设备校准、功能升级，提升电网运维的便捷性与智能化水平。

2.2 性能指标优化要点

配电计量装置的性能指标优化是实现智能化改造的关键基础。在可靠性方面，需提高装置在恶劣环境（如高温、低温、高湿度、强电磁干扰）下的稳定运行能力，通过采用高防护等级外壳、抗干扰设计以及冗余配置，降低设备故障率，延长使用寿命。稳定性要求装置具备长期运行的高精度保持能力，减少因元器件老化、环境变化导致的计量误差漂移。通信能力方面，需支持多种通信协议与高速通信接口，确保数据的实时、准确传输，满足智能电网对海量数据快速交互的需求。数据处理速度直接影响装置的响应效率，需配备高性能处理器与优化的数据处理算法，实现数据的快速采集、分析与存储，为电网调度与运行决策提供及时有效的数据支持。此外，装置还需具备良好的兼容性，能够无缝对接现有电网系统与智能终端设备，保障整个智能电网体系的协同运行。

2.3 应用场景适配需求

不同应用场景对配电计量装置智能化改造提出了差异化需求。在城市电网中，由于负荷密度高、用电结构复杂，装置需具备高容量、高精度计量能力，同时能够实时监测电网潮流分布，为城市电网的精细化管理与负荷调控提供数据支撑。针对农村电网，考虑到地域广阔、环境复杂、通信条件有限，装置需具备低功耗、高可靠性以及适应弱通信环境的能力，采用无线通信、电力线载波等多种通信方式保障数据传输的稳定性。工业园区作为高耗能场所，对配电计量装置的多回路计量、负荷特性分析能力要求较高，需能够对园区内不同企业、不同生产线的用电情况进行精准计量与能耗分析，助力企业实现节能增效与能源精细化管理。在新能源接入场景中，如分布式光伏、风力发电等，装置需具备双向计

量、电能质量监测以及新能源功率预测功能，保障新能源与电网的安全稳定交互，促进清洁能源的高效利用。

3 智能化改造关键技术路径

3.1 传感与计量技术革新

传感与计量技术是实现配电计量装置智能化的核心基础。新型传感技术的应用正在重塑传统计量模式，如罗氏线圈、光纤电流传感器等非侵入式传感设备，凭借其高灵敏度、宽测量范围和强抗电磁干扰能力，可精准捕捉复杂电力环境下的微弱信号变化，有效解决传统电磁式互感器饱和、铁磁谐振等问题。同时，高精度计量芯片的发展推动了计量精度的显著提升，采用 $\Sigma-\Delta$ 模数转换器和数字信号处理技术的计量芯片，能够实现对电压、电流等信号的高速采样和复杂运算，将计量误差控制在极小范围。此外，基于微机电系统（MEMS）技术的微型传感器，以其体积小、功耗低、集成度高的特点，为配电计量装置的小型化、模块化设计提供可能，进一步提高装置的安装灵活性与适应性，满足智能电网多样化的计量需求。

3.2 通信与网络技术融合

通信与网络技术的深度融合为配电计量装置的智能化升级搭建了信息传输桥梁。5G技术凭借其高速率、低时延、大连接的特性，能够实现配电计量数据的实时、海量传输，支持电网设备的远程控制与在线监测，尤其适用于对数据时效性要求极高的场景。物联网技术通过构建设备间互联互通的网络体系，使配电计量装置能够与智能电表、分布式电源、储能设备等实现协同交互，形成智能化的电力生态网络。电力线载波通信（PLC）技术则利用现有的电力线路进行数据传输，无需额外铺设通信线缆，降低了建设成本，在农村电网等通信基础设施薄弱地区具有独特优势。同时，工业以太网、ZigBee等通信技术的协同应用，可根据不同场景需求构建多层次、异构化的通信网络架构，保障数据传输的稳定性与可靠性，为智能电网的高效运行提供坚实的通信保障。如图1所示：

3.3 数据处理与智能算法应用

数据处理与智能算法的应用赋予配电计量装置智慧大脑功能。大数据分析技术能够对海量的配电计量数据进行高效存储、清洗和挖掘，通过构建数据模型，揭示电力负荷的变化规律、用户用电行为特征以及电网运行潜在风险。人工智能算法，如机器学习、深度学习，可实现对电网故障的智能诊断与预测，通过对历史故障数据的学习训练，提升故障识别的准确率和响应速度，为运维人员提供精准的故障定位与处理建议。此外，基

于强化学习的负荷预测算法，能够根据实时电价、天气变化、用户行为等多源信息，动态预测电力负荷变化趋势，辅助电网调度部门制定科学的发电计划与负荷调控策略。同时，边缘计算技术的引入可将部分数据处理任务下沉至配电计量装置本地，减少数据传输压力，提高数据处理效率，实现对电网运行状态的快速响应与智能决策，推动配电计量向智能化、自主化方向发展。

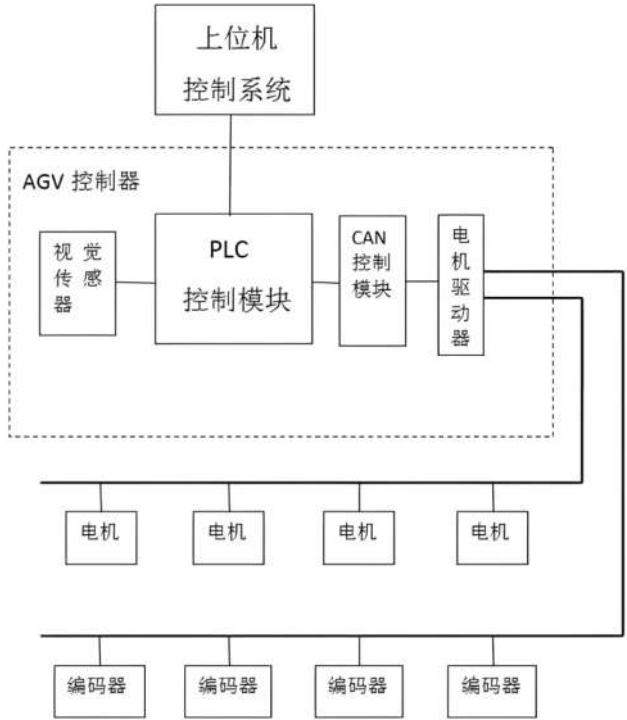


图1 电力线载波通信（PLC）技术示意图

4 智能化升级实施策略

4.1 分阶段改造规划

配电计量装置智能化升级是一项系统性工程，需结合电网实际情况与技术发展水平，分阶段有序推进。第一阶段为试点探索期，选取具有代表性的区域，如负荷特性复杂的城市核心区或新能源渗透率高的城郊区域，开展智能化改造试点。在此阶段，重点验证新型计量装置、通信技术及数据处理系统的适配性与可靠性，通过小规模部署收集运行数据，评估技术方案的可行性，总结经验并优化改造方案。第二阶段为全面推广期，依据试点成果制定标准化改造方案，在更大范围内推进智能化装置替换工作。此阶段需注重新旧设备的衔接过渡，确保电网计量数据的连续性与准确性，同步完善通信网络覆盖，提升数据采集与传输效率。同时，加强与电力营销、调度等系统的集成，初步实现数据共享与业务协同。第三阶段为优化提升期，在完成全域改造的基础上，深化智能化功能应用，通过引入人工智能算法实现

计量数据分析的深度挖掘,为电网规划、运行调度和用户服务提供精准决策支持。持续完善运维管理体系,建立长效优化机制,确保配电计量装置始终保持高效、稳定运行,充分发挥其在智能电网建设中的核心作用。

4.2 设备选型与部署方案

设备选型与部署是实现配电计量装置智能化升级的关键环节,需综合考虑技术性能、应用场景和成本效益等多方面因素。在选型过程中,优先选择符合国家标准与行业规范的智能化装置,确保其具备高精度计量、多协议通信、强抗干扰等核心能力。针对城市配网,选用具备高速数据处理能力和丰富接口的装置,以满足高密度负荷监测与实时数据交互需求;农村电网则侧重于低功耗、长续航且适应复杂通信环境的设备,降低运维成本。在工业园区等特殊场景,部署支持多回路计量、具备负荷特性分析功能的装置,助力企业实现精细化能源管理。设备部署遵循“统筹规划、分步实施”原则,以电网拓扑结构为基础,结合负荷分布、通信条件等因素,科学确定装置安装位置。优先在变电站出口、配电变压器节点等关键位置部署核心计量设备,通过构建分层分级的网络架构,实现数据的高效采集与可靠传输。同时,预留扩展接口与冗余容量,为未来技术升级和功能拓展提供保障,确保设备选型与部署方案具有前瞻性和可持续性。

4.3 运维与管理体系构建

构建智能化运维与管理体系是保障配电计量装置长期稳定运行的重要支撑。在运维体系建设方面,建立基于物联网与大数据技术的设备状态监测平台,实时采集装置的运行参数、环境数据和故障信息,通过机器学习算法对设备健康状态进行动态评估,实现故障的早期预警与精准定位。推行远程运维模式,利用5G、电力线载波等通信技术,开展设备远程校准、程序升级和参数配置,减少现场运维频次,提升运维响应速度。同时,建

立备品备件快速调配机制,确保故障设备能够及时更换修复。在管理体系建设方面,制定完善的运维管理制度与操作规范,明确各岗位职责与工作流程,加强运维人员的技术培训与考核,提升团队的专业素养和应急处理能力。搭建统一的运维管理平台,整合设备台账、运维记录、数据分析等信息资源,实现运维工作的全流程数字化管理。通过数据驱动的决策模式,优化运维资源配置,制定科学合理的设备检修计划,推动运维管理从被动响应向主动预防转变,全面提升配电计量装置的运行可靠性和管理效率,为智能电网的安全稳定运行提供坚实保障。

5 结语

本研究系统梳理了智能电网中配电计量装置智能化改造与升级路径,通过明确核心需求、革新关键技术、制定实施策略,为配电计量装置的智能化发展提供了可行方案。未来,随着新型传感、通信及人工智能技术持续发展,配电计量装置将向更高精度、更强智能方向演进。期待研究成果能为行业实践提供参考,助力智能电网构建更高效、可靠的计量体系,推动电力行业数字化转型迈向新台阶。

参考文献

- [1]李盛兴,汪秀龙.基于“互联网+”的智能配电网运维管理和智能化改造[J].电气技术与经济,2024(7):290-292.
- [2]兰天宇,薛明志.配电网智能化改造与优化策略研究[J].电子质量,2024(6):84-87.
- [3]张舜博,马子康.新型农村配电网数字化、智能化改造分析[J].科技创新与应用,2024,14(30):128-131.
- [4]郭宇正,曹宇轩.农村配电网智能化改造实践研究[J].通信电源技术,2024,41(7):42-44+48.
- [5]董岩,张晓苏.配电网智能化改造与可靠性提升策略研究[J].消费电子,2024(12):67-69.