

影响配电计量准确性的因素及精准计量的实现途径

陈立波

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：本文深入探讨影响配电计量准确性的因素及精准计量的实现途径。从计量设备固有误差、运行环境干扰、人为操作管理缺陷等关键因素入手，分析其对计量准确性的作用机制。提出以高精度计量设备应用、智能感知技术优化、误差动态补偿算法为核心的技术支撑体系；通过计量设备全生命周期管理、数字化运维监控体系构建、多源数据融合分析等路径，实现配电精准计量。研究表明，综合运用技术升级与管理优化措施，可有效提升配电计量准确性，为电力系统的高效运营和精准计费提供保障。

关键词：配电计量；计量准确性；影响因素；精准计量；实现途径

1 引言

在智能电网建设持续推进与电力市场深化改革的背景下，配电计量的准确性直接关系到电力企业运营效益、用户用电公平及能源管理的精细化水平。准确的配电计量不仅是电费结算的关键依据，更是电网运行状态监测、负荷预测与优化调度的重要基础。然而，在实际运行中，多种因素导致配电计量存在误差，影响电力系统运行效率与服务品质。因此，深入剖析影响配电计量准确性的因素，并探索精准计量的实现途径具有重要的现实意义。本文将从计量设备、运行环境、人为管理等维度系统梳理影响因素，构建以技术创新与管理优化为核心的精准计量体系，旨在为提升配电计量精度、推动电力计量智能化发展提供理论与实践参考。

2 影响配电计量准确性的关键因素

2.1 计量设备固有误差因素

首先，互感器作为电力系统中实现高电压、大电流转换的核心部件，其变比误差和角差会直接导致计量偏差。例如，电磁式电流互感器在负荷电流偏离额定值时，易出现非线性误差；电压互感器在二次负载过重或系统频率波动时，变比误差会显著增大。其次，电能表的计量精度受内部元器件性能制约，无论是传统感应式电能表的转盘摩擦损耗，还是电子式电能表的采样电路精度、A/D转换误差，都可能导致计量失准。此外，设备老化问题不容忽视，长期运行会使互感器铁芯磁导率下降、电能表计量芯片性能衰退，加剧计量误差的累积。这些固有误差特性决定了计量设备在投入使用前需经过严格选型、校准，运行中需定期校验，以确保其计量性能的可靠性。

2.2 运行环境与工况干扰因素

配电系统复杂的运行环境与工况对计量准确性形成显著干扰。在温度方面，极端高温或低温会改变计量设备内部材料的物理特性，如互感器线圈的电阻值、电能表电子元件的参数漂移，进而影响计量精度；湿度环境中，湿气可能导致设备绝缘性能下降，引发泄漏电流，造成计量偏差。电磁干扰同样是重要影响因素，电网中大功率设备启停、非线性负荷产生的谐波，以及周边通信设备的电磁辐射，会干扰计量设备的正常工作，使互感器磁通畸变、电能表采样信号失真。此外，电网运行工况的波动，如电压骤升骤降、三相不平衡、负荷剧烈变化等，也会使计量设备超出额定工作范围，导致互感器饱和、电能表计量模块过载，最终造成计量误差。这些环境与工况因素具有动态性和随机性，对计量设备的适应性和抗干扰能力提出了更高要求。

2.3 人为操作与管理缺陷因素

人为操作与管理环节的不足是影响配电计量准确性的重要非技术因素。在设备安装过程中，若互感器极性接反、二次回路接线松动、电能表参数设置错误，会直接导致计量数据异常；现场校验和维护工作不到位，如未按周期检定、校准方法不规范，会使设备误差无法及时修正。此外，电力管理人员的专业素养和责任心对计量准确性影响显著，操作人员对计量设备原理理解不足、操作流程不熟悉，可能引发误操作；管理人员对计量设备档案管理混乱、缺乏有效的监督考核机制，难以发现和解决潜在问题。同时，恶意人为窃电行为也不容忽视，通过非法改装计量设备、绕越计量装置等手段窃取电能，严重破坏计量的公正性和准确性。这些人为因素反映出计量管理体系需进一步完善，通过规范操作流程、加强人员培训、强化监督机制等措施，降低人为因

素对计量准确性的负面影响。

3 配电精准计量的技术支撑体系

3.1 高精度计量设备研发与应用

新一代智能电能表通过采用先进的宽量程设计与高精度计量芯片,能够在极小电流至额定电流数十倍的宽广范围内保持计量精度,有效克服了传统电能表在轻载、过载情况下误差偏大的问题。同时,其内置的数字信号处理技术可将模拟信号转换为数字信号进行处理,大幅降低了信号传输过程中的干扰与损耗,提升了计量稳定性和可靠性。在互感器方面,基于光学原理的光电式互感器凭借非电磁感应原理,具有无饱和、线性度高、抗电磁干扰能力强等显著优势,能够在谐波丰富、电压电流剧烈波动的复杂工况下实现精准测量;而传统电磁式互感器通过采用高导磁率材料、优化磁路结构以及改进制造工艺,有效降低了角差与变比误差,提升了测量精度。此外,组合式互感器、一体化计量设备等集成化产品的应用,通过减少中间环节,进一步降低了系统整体误差,为配电精准计量提供了坚实的硬件保障。

3.2 智能感知与数据采集优化技术

智能感知与数据采集优化技术是实现配电精准计量的关键技术手段。物联网技术的深度应用,使计量设备具备自感知、自诊断能力,通过在电能表、互感器内部部署高精度温度传感器、湿度传感器、振动传感器及局放传感器,能够实时监测设备运行状态。当设备温度异常升高、内部受潮或出现局部放电等故障征兆时,可立即发出预警信息。在数据采集方面,采用24位高精度A/D转换芯片与过采样技术,采样频率可达10kHz以上,能够快速捕捉电压、电流的瞬态变化,有效避免因采样频率不足导致的波形失真和计量误差。通信技术的革新为数据传输提供了可靠保障,5G网络的低时延、高带宽特性,配合边缘计算技术,可实现计量数据的毫秒级传输与本地快速处理;窄带物联网(NB-IoT)凭借广覆盖、低功耗优势,适用于偏远地区计量设备的数据回传。同时,采用先进的数字滤波算法和纠错编码技术,可有效抑制谐波、噪声干扰,保障数据传输的准确性与完整性,为后续计量分析提供可靠的数据支撑。

3.3 计量误差动态补偿算法研究

计量误差动态补偿算法是提升配电计量准确性的核心技术。基于大数据分析机器学习算法,通过收集海量的历史计量数据、设备运行参数及电网工况信息,构建误差预测模型。利用长短期记忆网络(LSTM)、卷积神经网络(CNN)等深度学习算法,能够准确挖掘计量误差与负荷波动、环境温度、设备老化等因素之间的复

杂关联关系,实现对计量误差的精准预测。自适应滤波算法可根据电网实时运行工况,自动调整滤波参数,有效抑制谐波、间谐波及噪声对计量的影响。例如,基于最小均方误差(LMS)的自适应滤波算法,能够在谐波含量变化时快速调整滤波器系数,将谐波引起的计量误差降低80%以上。针对互感器非线性误差、电能表采样误差等固有缺陷,采用基于粒子群优化(PSO)的神经网络算法,通过模拟复杂工况下计量设备的运行特性,对误差进行动态补偿。此外,将多种算法融合的复合补偿策略,结合计量设备特性参数与实时运行数据,实现对计量误差的多维度、精细化补偿,使计量系统在不同工况下均能保持较高的准确性,显著提升配电计量的整体精度与可靠性。

4 配电精准计量的实现路径

4.1 计量设备全生命周期管理策略

计量设备全生命周期管理是保障配电精准计量的系统性方案。在设备规划选型阶段,需依据电网负荷特性、运行环境等实际需求,严格筛选具备高准确度等级、强环境适应性的计量设备,同时引入第三方检测认证机制,确保设备性能达标。设备安装环节,规范的施工流程与质量验收标准是关键,需对互感器极性、二次回路接线、电能表参数设置等进行严格核查,避免因安装不当导致的计量误差。运行维护阶段,建立智能化的设备状态监测体系,结合在线监测数据与历史运行记录,采用大数据分析与故障预测模型,动态调整设备校验周期,实现从定期校验向状态检修的转变。在设备退役环节,通过对退役设备的性能评估与数据回溯,为后续设备选型与技术改进提供参考。全生命周期管理策略通过对设备各阶段的精细化管理,最大限度降低设备因素导致的计量误差,保障计量系统长期稳定运行。

4.2 数字化运维与远程监控体系构建

数字化运维与远程监控体系是实现配电精准计量的重要保障。依托物联网、云计算与移动互联网技术,构建覆盖计量设备、通信网络、数据中心的一体化监控平台,实时采集设备运行参数、环境数据与计量数据,实现对计量系统的全方位远程监控。利用数字孪生技术,在虚拟空间中构建与实际设备高度一致的数字化模型,通过仿真分析模拟设备运行状态,提前预判潜在故障与计量风险。同时,建立智能化运维管理系统,结合人工智能算法对监控数据进行深度挖掘,自动生成故障诊断报告与运维工单,实现故障的快速定位与处理。此外,通过建立标准化的数据接口与通信协议,实现计量系统与电网调度、营销管理等其他业务系统的数据共享与协

同，提升运维管理的智能化与高效化水平，为配电精准计量提供可靠的运行环境。

4.3 多源数据融合与计量分析优化方案

多源数据融合与计量分析优化是提升配电计量准确性的核心路径。整合计量设备采集的电压、电流、功率等基础数据，结合电网拓扑结构、负荷特性、气象环境等多源数据，利用数据挖掘与机器学习算法，构建综合计量分析模型。通过对不同数据源的交叉验证与关联分析，识别异常数据并进行修正，有效剔除因设备故障、

通信干扰等因素导致的错误数据。利用深度学习算法对历史计量数据进行训练，建立计量误差预测模型，实现对计量数据的实时校验与误差补偿。同时，基于多源数据构建用电行为分析模型，挖掘用户用电规律，对异常用电行为进行预警，防止窃电等人为因素影响计量准确性。此外，通过数据可视化技术将计量分析结果以直观的图表形式呈现，为电力企业的运营管理、电费结算与负荷预测提供科学依据，推动配电计量从传统数据采集向智能化分析决策转变。如图1所示：

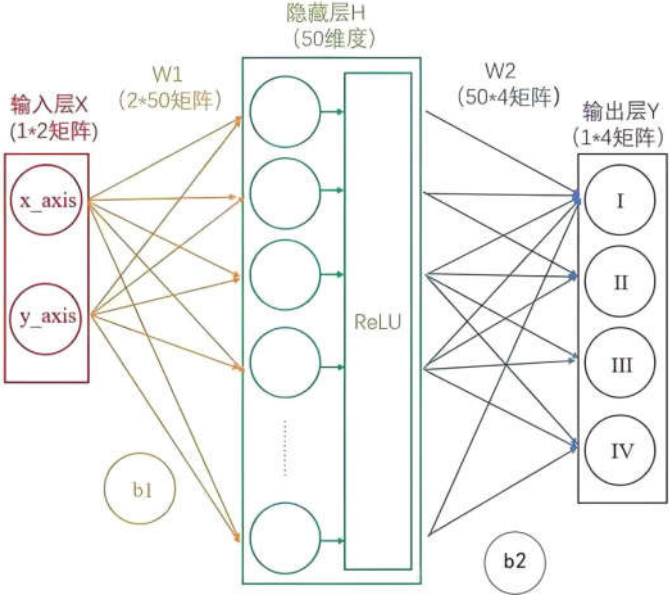


图1 深度学习算法示意图

5 结语

本研究系统梳理了影响配电计量准确性的设备、环境及人为管理因素，构建了以高精度设备、智能技术和科学管理为核心的精准计量体系。通过全生命周期设备管理、数字化运维监控及多源数据融合分析等路径，为提升计量精度提供了系统化解决方案。未来，随着物联网、人工智能与电力技术的深度融合，配电计量将向全状态感知、自适应补偿和自主决策方向发展。高精度、高可靠性的新型计量设备与智能化管理手段的广泛应用，将推动配电计量从传统计量向智慧计量全面升级，为智能电网建设和电力市场发展提供更强有力的支撑。

参考文献

[1]郑进峰,陈晓雨.计量箱在配电系统中的应用及其效能研究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025(2):197-200.
[2]和振国.基于智能电表的配电网电能计量方法研究[J].今日自动化,2021(7):146-147.
[3]袁志伟.配电网单相接地故障对电能计量的影响[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2020(12):116-117.
[4]张健,石仕儒.配电网电能计量系统误差分析[J].大众用电,2024(9):18-19.
[5]王恩,陈叶,李博,程富勇,董艺维,尹翔鹏.直流电能静态与动态计量检测系统及准确性保证体系研究[J].中国计量,2021(8):94-96.