 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i7.6700

Analysis of metering fault of intelligent watt-hour meter and discussion on treatment measures

Haiwei Wang

Product Quality Inspection and Testing Center, Shangcai, Henan, 463800, China

Abstract

At present, intelligent watt-hour meter has become the core equipment for automatic data acquisition. According to the typical faults of intelligent watt-hour meter in the metering process, this paper summarizes the fault types from five aspects: abnormal metering data, distorted signal acquisition, internal component faults, external environmental interference and abnormal communication function, and reveals its performance characteristics. Subsequently, the measures are put forward from the dimensions of correcting measurement errors, repairing acquisition problems, replacing failed devices, improving anti-interference ability and optimizing communication channels, aiming at improving the measurement accuracy of smart watt-hour meters and providing technical support for improving product quality.

Keywords

smart electricity meter; metering fault; treatment measures

智能电能表计量故障分析及处理措施探讨

王海威

河南省上蔡县产品质量检验检测中心，中国 · 河南 上蔡 463800

摘　要

当前智能电能表已成为数据自动采集的核心设备。本文根据智能电能表在计量过程中出现的典型故障，从计量数据异常、信号采集失真、内部部件故障、外部环境干扰与通信功能异常五个方面归纳故障类型，揭示其表现特征。随后，分别从纠正计量误差、修复采集问题、替换失效器件、提升抗干扰能力与优化通信通道等维度提出处理措施，旨在提升智能电能表计量准确性，为产品质量提升提供技术支撑。

关键词

智能电能表；计量故障；处理措施

1 引言

随着电网智能化水平持续提升，电能计量手段也由传统机械结构逐步向数字化方向演进，智能电能表由此成为支撑现代用电管理体系的核心终端设备。其计量功能的准确性直接影响电力调度、能效评估与电费结算的科学性。由于其内部集成度高，易受算法偏差、信号干扰等多种因素影响，出现了不同类型的计量故障。深入探析智能电能表故障成因，厘清其技术路径中的潜在薄弱环节，有助于构建系统完备的产品检测体系，提升智能电能表合格率。

2 智能电能表概述

智能电能表是现代电力系统中关键的终端计量设备，融合微电子技术、计算机技术与通信技术，实现实时监测电能与数据管理功能。其核心在于将传统电能表的机械计数转变为基于数字信号处理的智能感知，能够精准记录有功、无功电量及运行状态参数，支持分时计量及阶梯计价等计费方式。随着电网向信息化、自动化方向演进，智能电能表已逐步成为智能配电网的重要组成部分，其稳定性直接关系到用户利益、电网运营效率。因此，深入理解其结构特性，是分析其故障的基础前提。

3 智能电能表计量故障分析

3.1 计量数据异常

在检测中心的日常检定过程中，计量数据异常是最常见的智能电能表故障表现。该类问题主要表现为读数偏高、偏低，或与标准负载输出趋势不符，多源于内部计量电路参数漂移、元器件特性劣化等技术性原因。部分设备在数据处理算法中还存在容错机制设置不合理问题，识别异常工况能力较弱。

【作者简介】王海威（1983–），本科，工程师，从事计量专业研究。

3.2 信号采集失真

信号采集失真是影响智能电能表计量准确性的关键因素，主要表现为电压、电流信号在采集阶段产生幅值失真，从而导致后续功率计算结果出现误差。此外，接线端子松动、导线接触电阻异常或端口氧化等物理连接问题，也会使采集信号产生间歇性波动，形成周期性跳变。部分产品在长周期运行后，其模拟器件热漂移或器件容差累积，也会出现采样误差逐步扩大趋势，影响电能表整体的长期稳定性。除此之外，抗共模干扰设计不足，也可能造成采样基线漂移等异常表现，严重时影响智能电能表计量数据一致性。

3.3 内部部件故障

智能电能表常见内部故障包括计量芯片偏差、电源模块输出不稳与存储器件异常。部分电能表计量在出厂后运输条件不当，导致芯片逻辑单元性能退化，表现为起始电流响应迟缓或功率因数识别异常。其电源模块可能因器件虚焊等，出现电压波动。存储器件若出厂检测不严，也易在高低温测试中暴露出参数丢失、记录断点等隐性问题，影响数据完整性。

3.4 外部环境干扰

部分智能电能表在特定环境模拟条件下表现出抗干扰能力不足，主要包括电磁兼容性差、电压瞬变响应异常及抗谐波能力薄弱等问题。典型现象有计量读数波动、通信失效或功能重启。部分设备在电磁干扰实验中存在误触发现象，表明其电路布局、电源滤波或接地设计存在缺陷。除此之外，高湿环境下，若 PCB 涂覆不均或密封不良，易引发漏电或信号短扰，影响计量稳定性。

3.5 通信功能异常

通信功能异常表现为通信指令响应失败、延时较长或协议解析错误等现象，多出现在 485 接口、载波模块的设计与匹配环节。连接端子接触不良、接口焊点虚焊也会导致数据接收误码率高。在 EMC 测试条件下，若通信端口未做有效隔离或滤波处理，易受到辐射干扰，导致远程抄读失败。此类故障虽不直接影响计量精度，但会严重制约数据读取与集中器管理功能，必须在抽检环节中严格筛查。

4 智能电能表计量故障的处理措施

4.1 纠正计量误差偏移

计量数据异常是电能表抽检中暴露率较高的问题，表现为误差超限、读数不稳或偏离标准功率源输出特征。针对这类问题，检测机构应按照相关规程执行分段加载检定，结合误差曲线波动情况，判断故障性质。理论上，一旦误差在某功率因数、负载点下呈现系统性偏移，需进一步评估其是否为结构性缺陷或器件失配所致。处理过程中检测人员应明确是否为一次性偶发误差、使用工况适应性差，还是根源性电路问题，并据此分类提出反馈处理建议。

具体处理过程中，检测人员先依据误差数值，判断问题的严重程度。若误差超限但在其他项目中表现正常，建议制造方重新校准后送检。误差呈重复性偏移，检测中心则将该样品标注为“重复误差超限”，直接判为不合格，并书面说明出现异常的测试点、电压电流值及功率因数参数，供企业技术部门溯源分析。对于出现偏差趋势但未超限的样品，检测人员整理误差曲线，对“临界值漂移”样品集中建档，建议企业加强该型号表的启动误差裕量等性能测试，以防止在边界运行条件下放大误差。在处理部分误差随温度变化的样品时，检测单位能对比室温与高温检定结果，判断是否存在热漂移缺陷，建议制造方开展热应力环境测试或改进电路板布局。至于误差数据出现周期性跳变的情况，检测人员要结合示波器波形分析结果，判断是否由主采样通道中的电容、电阻失稳引发电能积分异常，建议企业排查滤波器响应及相关电容器件耐温性指标。针对问题样品集中出现的批次，检测单位就以专门报告形式汇总问题点，分类提出处理方法，必要时建议地方监管部门跟踪抽检该批次。同时，在内部质量系统中建立“异常计量趋势预警库”，归类相似误差，为今后判断是否构成系统性问题提供参考依据。

4.2 修复采集失真问题

信号采集失真会直接导致智能电能表对电压、电流反应出现偏差，进而影响有功、无功电量的计算准确性。在检测中，检测人员常对比不同幅值负载下的电能表响应情况，以发现波形畸变、幅值漂移等问题。对出现失真的样品，检测单位应结合其误差变化特点与硬件构造分析，形成可操作的技术处置建议。

检测实践中，若发现电能表在非工频负载下误差波动明显，检测人员会先用示波器监测器电压、电流输入端波形，确认是否存在谐波干扰。采样波形出现明显尖峰、截断或共模噪声干扰，检测单位则建议企业优化滤波器电路参数，或提高互感器带宽与线性度，以增强对非标准波形的还原能力。对于部分样品在测试中出现负载切换时电流波动响应滞后的情况，检测人员能据此判断其可能由放大电路过冲引起，建议厂商排查采样路径中是否存在 RC 延时偏大或过零点处理逻辑错误，并加强对动态工况下响应速度的整机测试。当部分样品在起始电流或轻载波动下采集值不稳，导致功率因数识别错误时，检测人员还能结合误差曲线变化，建议隔离优化电流检测通道，特别加强检测分辨负载边界值的能力。针对干扰信号引发的数据跳变问题，检测中心在检定报告中加入异常波形截图，并建议制造方在电能表计量设计中补充共模抑制机制，以提升电磁环境下的采样稳定性。在多次检出同类问题的电能表计量型号中，检测单位还要纳入重点跟踪产品目录，结合其具体失真表现，对企业发出书面技术整改建议，确保该类问题不在规模性送检中重复出现。

4.3 替换失效关键器件

若智能电能表出厂一致性控制不严，易出现数据存储异常等问题，反映其整机可靠性不足。这类问题多属非显性

故障，需在电压变动或负载变化工况下才能暴露。处理此类问题，检测单位应结合功能检验、温升实验等测试结果，归类判定其故障类型，并提出针对性器件替换、结构调整或出厂老化试验建议，明确可追溯的技术责任。

在实际工作中，部分样品在上电后出现显示迟滞或功率数据刷新缓慢，检测人员需稳定电源进行多次测试，排除输入电压波动后，初步判断为电源模块中稳压环节存在性能劣化问题。对此，检测中心在检定报告中应明确建议企业重新评估稳压电容耐压等级，检查是否满足额定工况下的持续供电需求，并增设开机电压响应时间监控项以提升启动性能稳定性。另有样品在存储项目测试中发现，关断电源后无法完整保留历史电量数据，部分记录项出现缺失，经初步比对为存储芯片擦写次数过高。对此，检测单位建议生产企业评估产品出厂前数据调用频次，完善监测存储芯片健康状态的机制，并调整 EEPROM 使用策略，延长使用寿命。除此之外，若部分样品在轻载段误差抖动严重，检测人员也能够结合电流响应及软件版本信息初步判断其内部运算单元稳定性差。此类问题通常无法简单校准修复，检测单位建议企业更换对应型号芯片，或暂停送检该版本电能表计量，待芯片逻辑优化后重新报批。在处理此类部件故障中，检测中心还能在统计数据库中纳入器件失效样品，分析其失效规律，定期反馈企业，并对重复出现故障的产品增加全项目检定频次。

4.4 提升抗干扰能力

在电磁环境复杂的测试条件下，部分智能电能表在抗干扰项目中表现出功能波动、计量异常等现象，反映其抗扰设计存在不足。典型干扰包括静电放电、电磁辐射及谐波注入等，容易影响表内测量及通信模块的稳定运行。对于此类问题，检测单位应借助标准抗扰度试验明确电能表计量的抗干扰临界点，结合故障表现分析故障部位，对受影响项目给出明确处理意见。必要时，检测单位还要要求企业优化 PCB 布局或添加滤波、防护等措施，以提升整机抗干扰性能。

在例行型式检验中，若智能电能表在进行电快速瞬变抗扰度测试时，出现计量通道数据短时丢失等现象。检测人员需多次复测后确认为电源模块 EMC 防护能力不足所致，建议企业在电源输入端补充浪涌抑制元件，并提升高频扰动的电容滤波能力。同时，要求其重新布置 PCB 中电源与信号线走线方式。若其在电磁辐射抗扰试验中通信失败率偏高，且经故障溯源分析为通信模块未设置有效屏蔽措施，接口接地设计不合理。检测单位也要在检定报告中建议企业加装通信端口隔离器，提升接口抗干扰强度，并针对模块裸露天线部分设置金属遮蔽层，以防止外界射频信号干扰数据传输稳定性。还有部分样品在静电放电测试中外壳局部放电后出现死机现象，基于此，检测人员能初步判定其接地系统未闭环或外壳接缝处防护等级不足。为防止此类现象在现场复现，检测单位建议企业提升产品外壳接地设计完整性，加强防静电材质，使用绝缘胶封堵关键接触位置，减少静电放电。同型号样品在多个抗扰测试中表现出类似异常的，检测单位将该产品列入重点问题产品清单，发出整改建议函，标注具体故障表现，并纳入专项跟踪抽检对象，确保其抗干扰性能经实质性改进后恢复达标。

4.5 优化通信模块稳定性

通信模块是智能电能表重要组成部分，其稳定性直接关系到集中器数据采集的可靠性。在抽检过程中，若发现通信失败、频繁掉线等情况，检修人员需结合接口标准、通信协议全面分析异常来源，并针对具体通信方式采取分通道测试，排查是否为模块本身抗干扰能力差或接口连接不稳定所致。对存在通信波动的样品，检修单位应及时提出端口隔离、优化滤波电路等建议，保证其通信功能长期稳定运行。

在处理通信异常的实际工作中，检测单位若发现部分样品在标准协议下测试响应时间超过设定阈值，或在命令发送后出现间歇性接收失败。对此，检测人员需重复指令下发测试，判定为通信芯片与驱动软件兼容性不足，建议企业更新模块固件版本，并提供完整指令响应对照表供一致性检验。针对 RS485 通信接口存在频繁掉线的样品，检测中心则安排静电放电与传导骚扰测试，以确认其接口是否缺乏必要的 TVS 保护管及差分信号滤波装置，进而建议企业在接口处增设静电保护元件，提高抗瞬态干扰能力。部分使用无线通信模块的电能表计量，在远距离或遮挡环境下显著降低测试通信成功率。基于此，检测人员要使用屏蔽箱模拟复杂信道条件，分析信号衰减特性，明确其模块增益偏低且封装结构存在电磁泄漏问题，以此建议企业更换高灵敏度天线模块，优化外壳金属屏蔽分布，且在通信芯片外围加设匹配网络，以改善抗干扰能力。针对多次重复出现通信故障的型号，检测单位组织专项复审，汇总通信异常模式，结合样品硬件结构、协议版本以及指令响应日志，对企业提出具体整改要求。

5 结语

智能电能表在电力系统数字化升级进程中发挥着核心作用，其计量精度直接影响电能计费的公平性。随着功能集成度提升，电能表故障呈现出多样化趋势，对检测处理提出更高要求。针对计量数据异常、信号采集失真及通信功能紊乱等问题，相关人员需从技术性能、工艺结构等维度精准识别成因，并制定具操作性的处理路径，以进一步提升电网终端管理的智能化水平。

参考文献

[1] 孙洁雨.智能电能表的计量故障处理策略分析[J].电子技术,2023,52(12):276-277.

[2] 王聪.智能电能表的计量故障与对策分析[J].集成电路应用,2023,40(12):228-229.

[3] 田树静.智能电能表计量故障分析及处理措施[J].科技风,2020,(20):78.

[4] 宋宗山.智能电能表计量故障分析及解决措施研究[J].装备维修技术,2020,(02):76.