

智能电表采集异常故障分析与处理研究

王鑫 150204198307050615

摘要: 智能电表作为电网智能化建设的核心终端设备,其采集数据的准确性、稳定性直接关系到电力营销服务质量与电网运行调度效率。近年来随着智能电网覆盖范围不断扩大,智能电表存量持续增长,采集异常故障发生频次也逐步提升,给供电企业运维管理带来较大压力。本文基于智能电表采集系统的基本架构,梳理常见采集异常故障类型,从设备、通信、环境三个维度深入分析故障产生的原因,并针对性提出分层分级的故障处理方案与预防性管控措施,为供电企业提升智能电表采集运维效率、降低故障发生率提供参考。

关键词: 智能电表; 采集异常; 故障分析; 运维处理

一、引言

我国智能电网建设已经进入全面普及阶段,截至 2024 年,全国范围内智能电表覆盖率已经超过 99%,实现了对城乡用电客户的全覆盖。智能电表相较于传统机械电表,不仅具备精准计量的基础功能,还能够实现用电数据自动采集、实时上传、远程拉合闸、异常告警等智能化功能,彻底改变了传统人工抄表模式,大幅提升了电力营销效率,降低了人工运维成本。但在长期运行过程中,受设备质量、通信环境、人为干扰等多方面因素影响,部分智能电表会出现采集异常故障,具体表现为数据采集失败、采集数据跳变、采集频率不达标等问题,直接影响电费核算准确性、线损分析可靠性,也会对用户用电服务体验造成不良影响。因此,深入分析智能电表采集异常故障的成因,探索科学高效的故障处理方法,对提升智能电网运维管理水平具有重要现实意义。

二、智能电表采集系统基本架构

当前我国主流智能电表采集系统采用四层架构模式,从下到上依次为智能电表终端层、本地采集层、通信传输层与主站应用层,各层级相互配合完成数据采集与传输工作。其中智能电表终端层是数据产生源头,负责完成用户用电数据的计量、存储与初步处理,按照通信协议将数据发送至本地采集设备;本地采集层主要包括集中器、采集器两类设备,负责汇总一定区域内多个智能电表的采集数据,对数据进行初步校验之后,通过通信网络发送至主站;通信传输层是数据传输的通道,当前主要采用 GPRS/4G 无线公网、电力线载波、光纤等传输方式,不同传输方式适用场景不同,稳定性也存在一定差异;主站应用层是数据处理与管理的核心,负责接收底层上传的采集数据,完成数据存储、分析、应用。

三、常见智能电表采集异常故障类型与成因分析

（一）采集完全失败故障

采集完全失败是最常见的异常故障类型，主站长期无法接收到对应电表的采集数据，直接将该电表标记为采集失败。该故障的成因可以分为两类：第一是终端设备故障，智能电表本身出现硬件损坏，比如电源模块故障导致电表断电停止运行，计量芯片损坏无法产生计量数据，通信模块故障无法向外发送数据，这类故障多是由于电表老化、生产质量不合格或者雷击、过压过流等外部冲击导致；第二是通信链路故障，若采用无线公网传输，可能是信号覆盖盲区、SIM 卡欠费、信号模块损坏导致无法连接网络，若采用电力线载波传输，可能是线路负载干扰过大、线路阻抗不匹配导致数据无法传输，集中器掉电也是导致片区内多个电表采集失败的常见原因。

（二）采集数据异常故障

该类型故障表现为主站能够接收到采集数据，但是数据存在明显异常，不符合正常用电规律。常见异常表现包括数据跳变，采集到的电能数据突然大幅上升或者下降，甚至出现负数；数据不更新，电表持续处于在线状态，但是上传的采集数据长期保持不变；数据误差过大，同一时间段内电表本地存储数据与主站采集数据偏差超过合理范围。这类故障的成因主要包括：一是计量模块故障，智能电表的采样电阻、计量芯片出现性能漂移或者损坏，导致计量数据本身不准确；二是数据传输干扰，通信链路存在噪声干扰，导致数据传输过程中出现丢包、错码，主站接收数据出错。

（三）采集成功率不达标故障

该故障表现为智能电表能够被采集，但是采集成功率达不到考核标准，出现不定期的采集中断。这类故障的成因多与环境因素有关，比如无线公网信号不稳定，在用电高峰期基站负载过大导致信号拥堵，数据传输失败；电力线负载波动大，不同时段线路干扰强度变化明显，导致载波通信时好时坏；接线端子松动，电表或者集中器的接线端子因为长期氧化、热胀冷缩出现接触不良，在温度、湿度变化时出现连接中断，进而导致采集失败。这类故障隐蔽性较强，排查难度较大，对整体采集成功率指标影响较大。

四、智能电表采集异常故障处理方案

针对不同类型的采集异常故障，需要按照从易到难、从主站到终端的顺序分层排查处理，提升故障处理效率。首先是主站侧远程排查，运维人员接到采集异常告

警之后，首先在主站系统核对电表档案信息，检查地址、通信协议、采集参数是否配置正确，若存在参数错误，直接修改参数之后重新发起采集，多数档案配置类故障可以直接远程解决；其次排查集中器在线状态，若整个片区多个电表都出现采集失败，基本可以判定为集中器故障或者集中器通信故障，远程重启集中器或者核对 SIM 卡状态，若为欠费则续费，若为模块故障则安排现场处理。

对于远程排查无法解决的故障，再安排运维人员到现场排查处理。现场排查首先检查设备供电状态，检查电表、集中器是否正常通电，电源接线端子是否松动，若为掉电故障，处理电源接线问题即可恢复；其次检查通信链路，对于无线通信方式测试现场信号强度，调整天线位置或者更换高增益天线解决信号问题，对于载波通信检查电力线接线是否正常，排除线路接触不良问题，若存在线路干扰则调整载波信道或者更换通信方式。

五、采集异常故障预防管控措施

降低采集异常故障发生率，需要从全生命周期管理入手做好预防管控。首先在设备选型与安装阶段，严格把控智能电表、集中器等设备的入网质量，选择符合国家标准、质量稳定的设备，安装过程严格按照施工规范操作，做好接线端子紧固、通信信号测试，避免遗留施工隐患；其次做好日常运维管控，建立常态化的采集数据监测机制，依托主站系统实现采集异常故障自动告警，安排运维人员及时处理，避免故障长期存在影响数据应用，定期对老旧电表、信号薄弱区域进行排查改造，及时更换老化设备，优化通信覆盖；最后提升运维人员的专业能力，开展故障排查处理技能培训，让运维人员掌握不同类型故障的排查流程与处理方法，提升故障处理效率。

六、结论

智能电表采集异常故障是智能电网运维管理中常见的问题，故障产生原因涉及终端设备、通信链路、主站配置、外部环境多个方面，不同类型故障的表现与成因存在明显差异。供电企业需要建立规范的故障排查处理流程，按照远程排查、现场处理的顺序分层处置，同时从设备选型、安装施工、日常运维多个环节入手落实预防性管控措施，才能有效提升采集成功率，保障智能电表采集系统稳定运行，为智能电网的运维管理提供可靠的数据支撑。

参考文献

[1] 张群, 王琪. 智能电表采集系统常见故障分析及处理方法[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(12): 168-174.

[2] 李明杰. 低压电力用户智能电表采集异常原因及对策[J]. 中国电力企业管理, 2021(20): 82-83.

[3] 赵志刚, 刘闯. 智能电网环境下电能采集故障诊断与处理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2022.