

用电信息采集设备计量故障对电力市场交易公平性的影响及对策

应 翔

浙江大有实业有限公司供配电分公司 浙江 杭州 310009

摘 要: 用电信息采集设备计量故障作为电力市场运行中的关键风险点,其直接导致电量数据失真、交易结算偏差及市场主体利益失衡。故障成因涵盖硬件老化、通信干扰、人为篡改及算法缺陷等多重因素,可能引发电企虚报容量、售电公司套利及用户电费争议等不公平交易行为。为应对挑战,需构建“技术-管理-经济”三维防控体系,通过智能计量升级、数据存证追溯、市场规则优化及经济补偿机制设计,实现计量故障的精准识别与责任追溯,最终保障电力市场交易的透明性、公正性与可持续性。

关键词: 用电信息采集设备计量故障; 电力市场交易; 影响及对策

1 用电信息采集设备计量故障的类型与成因分析

1.1 硬件故障

硬件故障是用电信息采集系统中由物理设备损坏或性能下降引发的故障,主要包括元器件失灵、通信模块故障、存储设备损坏及电源异常等。具体成因包括:设备老化:长期运行导致元器件性能衰减(如电容漏液、电阻阻值漂移)。环境因素:高温、潮湿、电磁干扰等加速硬件腐蚀或信号失真。制造缺陷:设计缺陷或生产质量不达标(如电路板虚焊、接口松动)。外力破坏:雷击、过电压冲击或机械振动导致设备损坏。

1.2 软件故障

软件故障作为信息技术领域中常见的问题,其根源复杂多样,主要可归结为系统程序内在逻辑错误、算法设计缺陷以及外部运行环境的异常波动。具体表现上,用户可能遭遇数据错误显示、系统突然崩溃无法响应,或是某些功能完全失效等状况^[1]。深入分析其成因,一方面源于开发过程中的疏忽,如代码编写时逻辑漏洞未被察觉(尤其是边界条件处理不当)或算法实现出现偏差;另一方面,软件与硬件、操作系统间的不兼容性也可能触发指令执行异常。配置参数设置错误、关键文件缺失,以及外部因素如网络攻击、电磁干扰等,均可能成为软件故障的诱因。

1.3 人为故障

人为故障指因操作失误、违规行为或管理疏漏导致的系统异常,一是误操作:参数设置错误(如电表倍率配置错误)、接线错误或维护流程不规范。二是违规行为:故意篡改数据(如窃电)、绕过计量装置或非法接入设备。三是管理缺陷:培训不足导致操作人员技能缺

失,或制度漏洞导致监督失效。四是文档错误:设计文档、操作手册或维护记录不准确,引发后续误操作。

2 计量故障对电力市场交易公平性的影响机制

2.1 经济影响

计量故障通过直接或间接方式扰乱电力市场的经济平衡,导致交易主体间利益分配不均。故障引发的计量误差可能使发电企业或用户承担额外成本(如因计量偏差导致的电费超支或收入损失),而责任方未承担相应代价。计量偏差导致市场价格信号失真,例如发电企业因少计电量而获得超额利润,或用户因多计电量支付过高费用,破坏“按量计价”原则。长期计量不准确削弱市场主体对交易结果的信任,抑制对电力基础设施或新能源技术的投资意愿,最终影响市场效率。

2.2 市场机制影响

计量故障干扰电力市场的核心运行机制,削弱其资源配置功能。具体表现为:供需失衡:计量偏差可能掩盖实际供需矛盾,例如发电企业因计量误差低估产能,导致调度中心误判电力缺口,影响电力平衡。竞争失效:若计量系统无法准确反映各主体贡献,可能导致“劣币驱逐良币”现象,例如高效发电企业因计量偏差无法获得合理收益,而低效企业通过计量漏洞获利。规则失效:计量数据是市场规则(如偏差考核、容量补偿)的依据,故障可能引发规则执行争议,甚至导致监管机构干预,破坏市场自治性。

2.3 社会影响

计量故障通过经济链条传导至社会层面,引发公众对电力行业信任度下降及资源分配不公。用户因频繁遭遇计量争议(如电费异常波动)而对供电企业产生质

疑,甚至引发群体性投诉,损害行业公信力。计量偏差导致可再生能源发电企业因少计电量而无法获得补贴,抑制清洁能源发展,加剧环境问题。在工业用电领域,计量误差可能使中小企业承担更高成本,而大型企业通过技术或关系手段规避问题,加剧社会阶层矛盾。

3 应对用电信息采集设备计量故障的策略与对策

3.1 加强设备维护与管理

应对用电信息采集设备计量故障,加强设备维护与管理是保障计量系统稳定运行的关键举措。首先,需构建“预防为主、全程管控”的设备管理体系,在设备选型阶段,严格遵循技术规范与行业标准,优先选用高精度、抗干扰、耐候性强的计量装置,从源头降低故障概率^[2]。其次,实施“全生命周期”管理,针对计量设备建立电子档案,记录采购、安装、调试、运行及维护全流程信息,实现设备状态可追溯。在运行维护环节,应推行“智能监测+人工巡检”双轨制:一方面,依托物联网技术搭建远程监控平台,实时采集设备运行数据,通过AI算法分析异常波动,提前预警潜在故障;另一方面,制定分级巡检制度,对核心设备实施月度深度巡检,对边缘设备开展季度抽检,确保隐患无遗漏。建立故障快速响应机制,组建专业化维修团队,配备便携式检测工具与备品备件库,确保故障发生后48小时内完成现场处置。另外,需强化技术培训与应急演练,定期组织运维人员学习新技术、新标准,提升故障诊断与修复能力;通过模拟不同场景的故障演练,优化应急预案,缩短故障恢复时间。最后,完善考核激励机制,将设备可用率、故障处理时效等指标纳入绩效考核,倒逼责任落实,形成“维护有责、失责必究”的管理闭环,从根本上提升计量设备的可靠性。

3.2 提升计量数据质量与准确性

应对用电信息采集设备计量故障,提升计量数据质量与准确性是保障电力市场公平交易的核心举措。需构建“多源校验、实时纠偏”的数据质量管控体系,通过集成智能电表、集中器、主站系统三级数据源,利用数据比对算法自动识别异常数据,如电量突变、时钟偏差等,并实时触发告警机制,确保问题数据“早发现、早处置”。强化计量设备技术升级,推广应用高精度计量芯片与抗干扰通信模块,降低因硬件老化或电磁干扰导致的误差。针对分布式能源、电动汽车等新型负荷接入场景,优化计量模型,采用分时计量、双向计量等技术手段,精准反映用户用电特性,避免因计量方式不匹配引发的数据失真。需完善数据全流程管理,从采集、传输、存储到应用各环节实施标准化操作。深化跨部门协

同与用户参与机制,联合电力调度、营销、运维等部门建立数据质量联席会议制度,共享异常数据信息,协同推进问题整改;通过用户侧APP提供用电数据查询与异议反馈渠道,鼓励用户参与数据监督,形成“技术+管理+用户”三位一体的数据质量保障体系。

3.3 完善市场交易规则与监管机制

应对用电信息采集设备计量故障,完善市场交易规则与监管机制是保障市场公平性与透明度的关键。一方面,需细化计量数据应用规则,明确计量偏差的认定标准与责任划分,例如设定电量误差阈值,超过阈值则触发调查程序,由第三方机构对故障原因进行鉴定,并根据结果判定责任主体承担相应经济补偿或处罚,避免因规则模糊引发交易纠纷。另一方面,应强化监管科技赋能,利用区块链技术构建计量数据存证平台,实现数据从采集到结算的全链条不可篡改记录,为监管部门提供实时追溯与审计工具;引入人工智能算法对市场交易行为进行动态监测,自动识别异常交易模式(如高频小电量偏差、关联企业电量异常匹配等),及时预警潜在计量舞弊行为。需建立跨部门协同监管机制,联合电力市场管理委员会、能源监管机构及计量技术机构,形成“规则制定—技术支撑—执法监督”的闭环体系,通过定期联合检查、信息共享与联合惩戒,提升监管威慑力,从制度与技术双重维度筑牢计量故障防控屏障。

3.4 推动技术创新与产业升级

应对用电信息采集设备计量故障,推动技术创新与产业升级是构建高可靠性计量体系的根本路径。一方面,需聚焦核心技术突破,加速研发基于量子传感与边缘计算的新一代计量装置,通过量子精密测量技术提升电能计量精度至0.1级以下,并利用边缘计算节点实现本地化数据预处理与异常自诊断,降低通信延迟与云端计算压力;探索数字孪生技术在计量设备全生命周期管理中的应用,通过虚拟仿真提前预测设备老化趋势与故障风险^[3]。另一方面,应推动产业生态协同升级,鼓励电网企业、设备制造商与科研机构共建开放创新平台,联合攻关抗电磁干扰通信协议、分布式计量系统容错机制等共性技术,并制定统一的数据接口标准与安全防护规范,打破信息孤岛,实现计量数据在发电、输电、配电及用电环节的无缝流转;需培育计量服务新业态,支持第三方机构开展计量设备校准、数据质量评估等增值服务,通过市场化竞争倒逼产业技术迭代,最终形成“技术引领、标准统一、服务多元”的产业升级格局。

4 保障电力市场交易公平性的对策

电力市场交易公平性是现代能源体系高效运行的核

心基础,其本质是通过技术、管理与经济手段的协同作用,确保发电企业、电网公司、用户等市场主体在规则框架内平等参与竞争。受计量偏差、信息不对称、市场力滥用等因素制约,交易公平性仍面临严峻挑战。

4.1 技术层面:夯实数字化基础,提升交易透明度

技术是保障交易公平性的基石,需通过创新驱动打破信息壁垒,实现数据可信共享与智能监管。建立覆盖全环节的智能计量体系,采用高精度计量芯片与抗干扰通信模块,确保电量、电压、功率因数等关键数据实时、准确采集。依托区块链技术搭建分布式数据存证平台,实现计量数据从采集到结算的全程上链,通过时间戳与加密算法防止数据篡改,为监管部门提供可追溯的审计依据。在电力交易平台中嵌入智能合约模块,将交易规则、结算公式等逻辑代码化,当满足预设条件(如电量交付、价格触发)时自动执行交易,减少人为干预。例如,基于以太坊或HyperledgerFabric构建的智能合约,可实现跨区域电力交易的实时清算,降低结算周期与信用风险。利用机器学习算法对市场行为进行动态分析,通过异常检测模型识别潜在的市场操纵行为(如价格串谋、虚报发电能力)。例如,通过分析历史交易数据与市场成员申报信息,建立“报价偏离度-发电成本”关联模型,对异常报价行为自动预警,并触发监管调查。

4.2 管理层面:优化制度设计,强化监督执行

管理是保障交易公平性的核心环节,需通过制度创新与监管升级,构建权责清晰、协同高效的市场治理体系。制定统一的交易规则与标准合同,明确市场成员的权利义务、价格形成机制及违约责任。设立独立的市场争议仲裁机构,采用“专家评审+司法复核”双轨制,确保争议处理公正高效。例如,借鉴欧盟电力市场经验,建立跨区域仲裁委员会,对跨省电力交易纠纷进行终局裁决。建立涵盖发电企业、售电公司、用户的信用档案,将交易履约情况、计量数据质量、投诉处理效率等指标纳入评级体系。对高信用主体给予优先调度、绿色通道等激励,对低信用主体实施限制交易、保证金加倍等约束,形成“守信激励、失信惩戒”的市场环境^[4]。构建“国家-区域-省级”三级监管体系,明确各级监管机构职责分工,避免职能交叉与监管空白。通过定期联合检查、信息共享与联合惩戒,提升监管威慑力。例如,国

家能源局可联合市场监管总局开展计量专项整治行动,对违规企业实施顶格处罚。

4.3 经济层面:平衡利益分配,降低交易成本

经济手段是保障交易公平性的重要补充,需通过价格信号引导与成本分摊机制,促进资源优化配置。推行“中长期+现货”双轨制价格体系,中长期合同锁定基础电量与价格,现货市场反映实时供需变化。通过价格上限与下限机制,防止市场力操纵价格,保障用户用电成本稳定。例如,设置日前市场价格浮动区间为 $\pm 20\%$,超出部分由政府性基金补偿。明确计量偏差的认定标准与责任划分,对因计量故障导致的电量损失,由责任方按市场均价进行补偿。例如,若因电表误差导致用户少计电量,供电企业需退还多收电费并支付违约金;若因发电企业虚报容量导致少发电量,需按市场清算价赔偿用户损失。将可再生能源发电企业纳入碳市场交易体系,通过碳配额拍卖收入补贴绿色电力交易,提升清洁能源经济性。例如,每度绿色电力可附加0.02元碳减排收益,激励用户优先选择清洁能源,促进能源结构转型。

结束语

用电信息采集设备计量故障的治理需以系统性思维为引领,既要通过技术创新提升计量设备可靠性,也需依托制度完善强化监管效能,更要借助经济杠杆平衡市场主体利益。未来,应加速推动区块链、人工智能等数字技术与计量体系的深度融合,构建全链条可追溯、全环节可验证的智能计量生态。唯有如此,方能从根本上消除计量故障对交易公平性的侵蚀,为电力市场高质量发展筑牢根基,助力能源转型与“双碳”目标实现。

参考文献

- [1]赵佩,王立斌,陶鹏,吴宏波,曹江坤,丁健.基于用电信息采集系统的大型分布式网站系统稳定性分析[J].河北电力技术,2021,38(04):5-6+50.
- [2]黄国政,邓瑞麒,王海柱,易晋,梁社潮.应用物联网的电信息采集终端研究与设计[J].微型电脑应用,2021,37(02):30-32.
- [3]冯鹏,闫建国.生产运行电力系统中电气自动化技术的应用研究[J].中国氯碱,2021(02):31-32.
- [4]邢智.电力用电信息采集系统在电力计量中的运用研究[J].低碳世界,2020,10(12):49-50.