

电力营销中远程用电检查技术运用研究

曹 东 张红来 王 欣

国网平凉供电公司 甘肃 平凉 744000

摘 要：远程用电检查技术通过融合智能传感、数据通信与分析算法，构建了电力营销领域的新型监测体系。本文系统探讨该技术在用电异常识别、计量准确性保障、负荷特性分析等方面的应用机制，分析其对提升营销效率、优化资源配置的技术赋能路径。研究表明，基于多维度数据融合的远程监测系统可实现用电行为的动态追踪与风险预警，为电力营销决策提供精准数据支撑，同时在降低运营成本、改善客户体验方面展现显著技术优势。

关键词：远程用电检查；电力营销；智能监测；数据融合；负荷特性

引言：电力营销作为连接供电企业与用户的关键环节，其效率提升依赖于用电信息的实时获取与精准分析。传统人工巡检模式存在响应滞后、成本高昂、数据样本有限等固有局限，难以适应智能电网发展需求。远程用电检查技术通过部署智能终端与通信网络，实现用电数据的自动化采集与智能化分析，为电力营销提供了技术革新方向。本文从技术架构、应用场景、实施路径三个维度，深入研究远程用电检查技术在电力营销中的实践价值与优化策略。

1 远程用电检查技术的理论基础

远程用电检查技术建立在电力系统自动化与信息技术融合的理论框架之上，其核心在于构建“感知—传输—分析—决策”的闭环系统。该技术通过智能电表、互感器等感知设备采集电压、电流、功率因数等电气参数，经电力线载波、微功率无线等通信方式传输至数据中心，运用机器学习算法对海量数据进行特征提取与模式识别。相较于传统检查方式，其技术优势体现在时空分辨率的提升（实现分钟级数据采样）、监测范围的扩展（覆盖用户侧至配网侧）以及异常识别的智能化（通过多参数关联分析定位故障）。这种技术范式的转变，使电力营销从被动响应转向主动预警，为精细化管理提供了理论支撑与技术可能^[1]。

2 远程用电检查技术的体系架构

2.1 感知层技术构成

感知层作为数据采集的前端环节，由智能计量终端、状态监测传感器及边缘计算单元组成。智能电表采用高精度AD转换芯片（误差 $\leq 0.2\%$ ）实现电压电流信号的数字化采集，内置温度补偿模块确保宽温环境下的计量稳定性。负荷监测传感器通过非侵入式测量技术，在不影响用户用电的前提下获取三相不平衡度、谐波含量等关键指标。边缘计算单元具备本地数据预处理能

力，可实现异常数据过滤与特征值提取，降低主干网络的数据传输压力，其处理延迟控制在50ms以内，满足实时监测需求。

2.2 通信网络架构

远程用电检查系统的通信网络采用分层架构设计，包括终端接入网与骨干传输网。终端接入层优先采用电力线载波（PLC）技术，利用现有电力线路实现数据传输，通信速率可达2Mbps，覆盖半径500米；对于复杂台区采用微功率无线（如LoRa）与PLC混合组网，通过自适应跳频技术规避信道干扰。骨干传输网基于光纤通信构建，采用SDH同步传输体制，确保数据传输的实时性与可靠性，端到端时延控制在20ms以内。网络协议栈采用DL/T 645、MQTT等电力行业标准，保障不同厂商设备的互联互通^[2]。

2.3 数据处理平台

数据处理平台采用分布式架构，由数据存储层、计算层与应用层组成。存储层采用关系型数据库（MySQL）与时序数据库（InfluxDB）混合存储方案，其中时序数据库针对用电数据的时间序列特性进行优化，支持每秒百万级数据写入。计算层部署Spark分布式计算框架，通过内存计算技术实现海量数据的并行处理，典型分析任务（如10万用户的日电模式识别）处理时间 ≤ 30 分钟。应用层采用微服务架构，将数据采集、分析、展示等功能模块化，通过API网关实现服务的灵活组合与调用。

2.4 智能分析算法

智能分析算法是远程用电检查的核心引擎，主要包括异常检测、负荷预测与用户画像三大类算法。异常检测采用孤立森林（Isolation Forest）与LSTM神经网络融合模型，通过提取用电数据的时间序列特征与关联特征，实现窃电行为、计量故障等异常类型的精准识别，准确

率可达92%以上。负荷预测算法基于XGBoost梯度提升框架,融合气象数据、节假日因素等外部变量,短期预测误差 $\leq 5\%$ 。用户画像构建采用K-means聚类算法,根据用电时长、负荷曲线形态等特征将用户划分为工业、商业、居民等细分类型,为差异化营销提供数据支持。

3 远程用电检查技术在电力营销中的具体运用

3.1 用电异常识别与处理

远程用电检查技术在电力营销领域的用电异常识别与处理环节展现出显著优势,其核心在于通过多维度数据融合分析实现精准监测与快速响应。系统依托智能传感网络,实时采集用户侧的电压偏差值、电流畸变率、功率因数等关键电气参数,建立动态监测阈值模型。当任一参数超出预设安全范围时,系统立即启动分级预警机制,按照异常严重程度自动划分告警等级,为后续处理提供优先级指引。

针对窃电行为识别,该技术采用“特征提取+曲线比对”的双重验证方法。正常用户的用电负荷曲线通常呈现与作息规律匹配的连续性波动,而窃电行为会导致电流波形出现非周期性突变,特别是在凌晨等传统用电低谷时段出现负荷异常攀升现象。系统引入动态时间规整(DTW)算法,将当前负荷曲线与历史同期(相同工作日/节假日)曲线进行相似度计算,通过时间轴伸缩对齐消除季节性用电差异,当相似度低于75%时自动标记为可疑用户。同时结合用户近期用电趋势斜率变化,若连续3天出现日用电量突增20%以上且功率因数异常降低的情况,进一步提升可疑等级。

在计量装置故障诊断方面,系统运用电气参数关联性分析技术。通过对比电压、电流的相位差,可精准识别CT变比错误、接线组别混淆等常见接线故障,典型如当A相电流与电压相位差偏离标准值超过15度时,系统判定为接线异常。基于功率平衡原理($P = \sqrt{3}UI\cos\varphi$),实时计算理论功率与电表计量功率的偏差率,若偏差持续30分钟超过 $\pm 2\%$,则触发计量准确性校验流程。对于智能电表,还可远程读取故障码信息,结合电池电压、通信信号强度等状态参数,综合判断故障类型。

异常事件识别后,系统自动生成标准化处理工单,包含异常参数曲线、历史数据对比图、疑似原因分析等辅助信息,并通过电力营销管理系统推送至责任片区工作人员的移动终端。工作人员利用远程召测功能,可实时调取用户近72小时的分钟级用电数据、开关状态变化记录及事件记录,结合GIS地图定位用户位置,实现异常原因的非现场诊断。该流程将传统依赖人工现场排查的24小时响应周期压缩至2小时以内,经某省级电力公司实

践数据显示,异常处理及时率提升至98.3%,窃电查处准确率提高40%,年减少电量损失超2000万千瓦时^[3]。

3.2 计量装置状态评估

远程用电检查技术为计量装置全生命周期管理提供了关键数据支撑,构建起科学高效的状态评估体系。系统通过实时采集计量装置核心运行参数,建立多维度健康度评估模型,采用层次分析法精确定各参数权重:时钟偏差权重0.3,直接影响分时电价计量准确性,确保不同时段电费计算精确;电池电压权重0.25,关系数据存储安全性,保障断电情况下关键计量数据不丢失;通信成功率权重0.2,是数据完整上传的基础,确保用电信息实时可靠回传;温度漂移权重0.15,对计量精度产生显著影响,尤其在极端环境下需重点监控;历史故障记录权重0.1,客观反映设备长期可靠性,为故障预测提供参考。

健康度综合得分通过“ Σ (参数标准化值 $\times$ 权重)”公式计算,当得分低于80分时自动启动预警机制,实现异常状态的早期发现。针对运行超过8年的老旧表计,系统创新引入台区对比分析方法,通过计算同台区同类型用户的计量偏差率(实际用电量/理论计算电量),当偏差率超过3%时自动生成更换建议,避免因设备老化导致计量失准。

这种基于数据驱动的状态评估方法,显著提升了计量管理水平:计量装置故障率降低40%,有效减少现场维护工作量;设备更换周期延长2年,大幅降低固定资产投入成本,在保障计量准确性和可靠性的同时,实现了管理经济性的最优平衡。

3.3 负荷特性分析与需求侧管理

远程用电检查系统积累的海量用电数据,为负荷特性分析提供了坚实的数据基础。通过对用户负荷曲线进行时域与频域分析,能够有效提取负荷峰值、谷值出现时刻、负荷率、波动系数等关键特征指标。不同类型用户呈现出显著的负荷特性差异:工业用户的负荷曲线较为平稳,其波动系数通常 ≤ 0.15 ,功率因数较高,一般 ≥ 0.9 ,且用电时段高度集中在8:00-20:00;商业用户则呈现出明显的“双峰”特性,负荷高峰分别出现在10:00-12:00和16:00-19:00;居民用户的用电高峰则表现为早晚两个时段,即7:00-9:00的早高峰和18:00-21:00的晚高峰。

基于这些精准的负荷特性分析结果,供电企业可以实施差异化的需求侧管理策略。针对工业用户,推广移峰填谷技术,并借助峰谷电价机制引导其合理调整生产班次,从而优化用电时段;对于商业用户,提供智能空调控制系统,实现负荷的动态调节,以平抑用电高峰;面向居民用户,推送个性化的用电习惯分析报告,指导

其科学用电,培养良好用电习惯。

某试点区域的应用实践表明,通过基于负荷特性分析制定的需求侧管理方案,取得了显著成效,不仅使峰谷差降低了12%,还让用户平均用电成本下降了8%,实现了供电系统稳定性提升与用户经济效益增加的双赢局面^[4]。

3.4 营销风险预警与控制

远程用电检查技术构建了电力营销风险的立体防控体系。在信用风险方面,系统通过分析用户历史缴费记录、用电行为变化等数据,建立信用评分模型:缴费及时率(权重0.4)、用电波动系数(权重0.3)、历史欠费次数(权重0.2)、负荷突变频率(权重0.1),评分低于60分的用户列为高风险,采取预付电费、限制功率等措施。在市场风险方面,通过监测用户用电量变化趋势,提前识别客户流失风险:当连续3个月用电量下降超过20%,且未发现设备故障时,系统自动触发客户维系流程。在操作风险方面,对计量装置参数修改、电费调整等关键操作实施全程记录与审计追踪,通过数据签名技术确保操作的不可篡改性。该预警体系使营销坏账率降低35%,客户流失率减少28%,显著提升了营销管理的风险抵御能力。

3.5 客户服务优化与体验提升

远程用电检查技术推动客户服务从被动受理向主动服务转变。系统通过分析用户用电数据,提供个性化服务内容:对用电量突增用户推送节能建议,对电压不稳用户主动安排线路检修,对新报装用户提供用电规划咨询。在故障处理方面,实现“主动发现—精准定位—快速修复”的闭环管理:当监测到用户停电时,系统通过台区拓扑关系与相邻用户用电状态比对,判断故障范围(用户内部故障或线路故障),准确率达95%以上。对

于线路故障,自动生成抢修路径规划(基于Dijkstra算法),并向用户推送预计恢复时间。在电费服务方面,提供用电量实时查询、电费试算、缴费提醒等功能,用户可通过APP查看日用电曲线、峰谷电量构成等详细数据。这些服务优化措施使客户投诉率下降45%,服务满意度提升至92分(百分制),构建了和谐的供用电关系^[5]。

结束语:远程用电检查技术通过感知层、网络层与应用层的协同运作,实现了电力营销数据采集的实时化、分析处理的智能化与业务应用的精准化。其在用电异常识别、计量状态评估、负荷特性分析等方面的深度应用,不仅提升了营销运营效率,更构建了数据驱动的新型营销模式。未来发展应聚焦于边缘计算与人工智能的深度融合,提升本地智能决策能力;加强多源数据融合(如结合气象、经济数据),拓展分析维度;优化通信网络架构,增强复杂环境下的可靠性。通过持续技术创新,远程用电检查技术将在构建新型电力系统、实现“双碳”目标中发挥更大作用。

参考文献

- [1]石天文.电力营销中远程用电检查技术运用研究[J].电力设备管理,2025(8):281-283.
- [2]王军.远程用电检查技术在电力营销中的应用研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(12):024-027.
- [3]高兴,贾欣蕙.谈电力营销中远程用电检查技术的运用[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(3):163-166.
- [4]兰凯轩.电力营销中的远程用电检查技术研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(1):064-067.
- [5]孙悦,章环.智能电网背景下电力营销中用电检查技术的创新应用研究[J].张江科技评论,2025(1):159-161.