用电检查中的数据采集与实时监控技术分析

王璐瑶　王岩松　孟磊　周俊言　蒋红艳
国网天津市电力公司武清供电分公司　天津　301700

【摘　要】本文围绕用电检查中的数据采集与实时监控技术展开分析，结合传感器配置、数据处理、无线通信、智能识别及决策支持系统，梳理系统从现场感知、数据传输到后台分析的实现流程，并介绍前端监控装置和后台软件的设计要点。结合相关案例，对系统运行指标及监控成效进行对比。结果表明，相关技术能够提升数据完整性和异常识别能力，缩短故障响应时间，减少人工巡检与漏检现象，并为检查任务排序和隐患闭环处置提供依据。

【关键词】用电检查；数据采集；实时监控

Analysis of Data Collection and Real time Monitoring Technology in Electricity Inspection

Wang Luyao　Wang Yansong　Meng Lei　Zhou Junyan　Jiang Hongyan
State Grid Tianjin Electric Power Company Wuqing Power Supply Branch Tianjin　301700

【Abstract】This article focuses on the analysis of data collection and real-time monitoring technology in electricity inspection, combined with sensor configuration, data processing, wireless communication, intelligent recognition, and decision support system. It outlines the implementation process of the system from on-site perception, data transmission to backend analysis, and introduces the design points of front-end monitoring devices and backend software. Compare the system operation indicators and monitoring effectiveness with relevant cases. The results indicate that relevant technologies can improve data integrity and anomaly recognition capabilities, shorten fault response time, reduce manual inspections and missed detections, and provide a basis for sorting inspection tasks and closed-loop disposal of hidden dangers.

【Key words】electricity inspection; Data collection; real-time monitoring

引言：

由于电力用户数量不断增多、用电设备种类越来越繁杂，传统依靠人工巡视、定时抄表来完成的用电检查方式已经不能适应现代电力管理要求。数据采集和实时监控技术可以对用户电流、电压、功率、电能质量、设备运行状况等进行不间断检测，再经由通信网把相关数据传送到管理端。通过对数据进行分析、异常检测以及发出警报等方式，检查人员可以有效地找到过载、漏电、设备出现故障或者存在异常用电等情况，进而改善用电检查的精确程度、迅速程度以及效率。因此对数据采集和实时监控技术在用电检查中应用进行分析，对保证电力系统安全稳定运行、提高用电管理智能化水平有重要意义。

1 用电检查中数据采集技术应用

1.1 传感器技术

用电检查中所用到的传感器根据被测参数、安装位置以及运行环境来选择。电流检测可以使用开口式电流互感器或者霍尔电流传感器，安装时要保证一次导线全部通过检测孔，检查接线的方向，防止极性接反；电压检测可以通过隔离式电压传感器接入相线和零线，并且配置熔断保护来防止线路故障传入采集终端。

对于配电柜、计量箱以及大功率设备等地方，可以设置温度传感器来监测接线端子、母排以及电缆接头处的面温度情况，在安装之前需要先清理掉接触面上灰尘和氧化物，从而保证探头能够与被测部位良好地贴合在一起。传感器投入使用前要使用标准仪表做零点校准、量程校准和线性误差检验，并且要记录下设备编号、安装地点、量程和校准时间。采集终端按照设定的时间间隔去读取传感器的信号，对于连续出现异常值、突变值和超量程的数据进行标记，用滤波算法去除现场电磁干扰影响。

1.2 数据采集与处理算法应用

用电检查系统可以对电流、电压、有功功率、无功功率、功率因数、电能示值以及设备温度这些运行参数展开持续监测，给每一个数据赋予相应设备编号，采集时刻和数据种类。采集终端按照统一的时间间隔去读取传感器的信号，先做量程校准和单位转换，然后用零点校正、比例校正和温度补偿来修正测量误差。对于现场信号中出现脉冲干扰和瞬时波动，可以使用中值滤波去除突变值，用滑动平均法平滑连续数据，对连续几个采样周期内没有变化的数据，用变化率来判断是由于通信中断还是采集设备出现故障造成[1]。

出现数据缺失时，用相邻时段的数据做线性补全，给补齐的数据加上标志，防止它和实际测量的数据混淆。电压、电流、功率等各种不同的采样频率数据，采用同一个时间戳来对齐，得到一个完整负荷序列。

1.3 数据传输与通信技术

用电检查一般用无线通信数据传输方式，那拍了 Wi-Fi、蓝牙或者是 LoRa。采集终端首先获取到电流、电压、功率、功率因数、温度等监测数据后，再依照统一的数据帧格式来封装这些数据，数据内容包含设备编号、采集时间、测量参数、运行状态以及校验字段。Wi-Fi 适用于通信条件好的室内配电区，终端经由无线接入点把数据传送到服务器上；蓝牙主要用来做现场近距离调试、参数设定和设备保养等工作；LoRa 有很强传输距离并且能耗低，适合于分散式

采集终端之间数据的传递。通信时应该设置固定上送数据周期，按照不同的监测参数重要性来安排实时上送、定时上送和异常触发上送方式[2]。

为保证数据传输的安全性以及稳定性，可以利用 SSL 加密来创建安全的通信通道，对终端的身份做认证工作，用 CRC 校验核对数据帧的内容，当出现校验错误的时候就直接丢弃异常的数据并发出新的请求。对于信号干扰、通信中断、数据丢失等现象，可以采取改变通信信道、改进天线安装位置、加装中继设备以及设置重传的方式加以解决。终端要创建本地缓存，在网络断开的时候把没有上传的数据保存下来，重新连接后按时间先后顺序补传上去；后台会对重复的数据进行编号比较，防止同一个记录被多次录入到系统中，保证采集数据传输过程连续、完整[3]。

1.4 智能化数据分析技术

1.4.1 智能化分析与数据挖掘

智能化分析是把用户用电负荷、电流、电压、功率因数、用电时段以及历史检查记录等各方面结合起来进行分析。系统先根据用户编号、计量点、采集时间、设备类型创建统一数据标签，然后对原始数据做时间校准、去重、补全缺失值、修正异常值等工作。之后用滑动时间窗口来计算负荷的均值、峰值、谷值、变化率和连续波动次数，得到用户每天、每周、每月的用电特征序列。系统会把实时的数据同历史的基准曲线相比较，依靠距离计算，阈值判定以及变化趋向识别的方式来判定负荷出现偏移的情形[4]。

数据挖掘就是从大量的用电数据里找出稳定规律以及异常的模式。首先把用户的用电量、负荷曲线、功率因数、停电记录、报警记录和检查结果联系起来，创建出可以用来分析的数据集。用聚类算法按负荷水平、用电时间、曲线形状分组用户类型，再用关联规则分析用电异常同设备状况、时间段改变的关系。采用决策树、随机森林或者支持向量机来训练已经标注好的正常和异常样本，从中得到负荷变化幅度、峰谷差、连续异常时长、突变次数这些重要特征，从而构建起一个异常识别模型。

1.4.2 特征提取与选择

特征提取要先按统一时间间隔把电流、电压、功率、电能、功率因数、频率以及设备温度这些原始数据整理好，然后做时间对齐，填补缺失值，剔除异常值，做量纲归一化处理。对于连续负荷数据，可以在一个固定时间窗口内计算出平均值、最大值、最小值、极差、标准差、变异系数、负荷率、峰谷差、上升速率和下降速率，从而得到用户负荷水平以及波动特征。

在做特征选择的时候，先用缺失率、取值范围、稳定性等来排除质量不好、不符合要求的变量，然后用皮尔逊相关系数找出高度相关的特征，再用互信息来衡量特征和异常标签之间的联系程度，最后用递归特征消除法、LASSO 回归或者基于随机森林特征重要性排序来决定保留哪些变量。最后用交叉验证比较不同的特征组合得到的识别结果，选取稳定度好、重复信息少、便于现场解释特征。

1.5 基于大数据智能决策支持系统应用

该系统具体架构包含数据层、分析层和决策层，如图 1 所示。

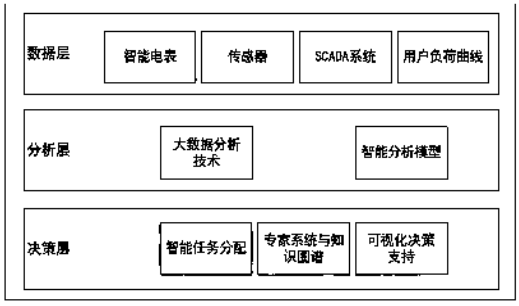


图 1 大数据智能决策支持系统架构示意图

如图所示，数据层主要是将智能电表、智能断路器、负荷监测终端、温度传感器以及电能质量监测装置等各种设备所收集到的大量用电信息汇集起来，并对这些信息进行整理。数据层把智能电表、智能断路器、负荷监测终端、温度传感器、电能质量监测装置等众多设备采集到的数据汇集在一起，数据内容包含实时电流、电压、功率、电能、功率因数、负荷曲线、设备运行状况、报警记录以及以往的检查结果等等。采集的数据进入系统之后，先用数据清洗程序去除重复的记录、无效的数据以及明显的异常值，然后用时间戳校准、缺失值填充、数据格式转换和用户编号关联等方式来完成数据标准化的工作，最后把数据存入分布式数据库或者数据仓库中。

分析层对处理过数据做深层次研究，用支持向量机(SVM)、随机森林这些机器学习的方法创建出用电行为预估模型以及异常探测模型。SVM 根据用电数据来找到最优的超平面，从而区分出不同的用电情况，即负荷突然变化、用电曲线出现异常或者计量数据存在差异等等非正常用电行为；随机森林根据电流、电压、功率因数、负荷变化幅度以及历史报警次数这些特征来进行综合判定。系统用卷积神经网络(CNN)提取负荷曲线的局部变化特征，用 LSTM 处理连续的时间序列数据，对未来用电趋势以及设备运行状况做出预测。

决策层依照模型给出结果来创建风险评定准则，依照异常种类，危险程度，延续时日以及以往审查纪录自动产生关键查验对象，查验先后顺序，查验期限和现场核查项目等内容，并把异常趋向图，危险热点图，用户负载曲线以及设备状况报表整合到一个可视化界面上。

2 用电检查中实时监控技术应用

2.1 前端实时监控装置设计

该装置传感器采集到用电设备电压、电流信号后，经过隔离、放大、限幅等处理，送到高速 AD 芯片上把模拟信号转化为数字信号。采集数据进入 DSP 以后，先用数字滤波算法去除噪声和脉冲干扰，然后按照预先设定好的程序来计算出电压、电流、有功功率、无功功率以及功率因数，接着与预先设定好的阈值和历史数据做比较，从而判定出设备目前所处状态以及突然变化的情况。同时建立参数缓存区，对当前用电设备最大、最小电压、电流、有功功率、无功功率进行连续记录，并按照设定的时间间隔对统计结果进行刷

新。当检测到过压、欠压、过流、功率突变或者设备状态异常时，装置产生报警编码和时间戳，经由通信模块把实时数据、异常种类和测量数值传送给后台软件，后台立刻通知管理人员以及用户发出警报。系统还会把实时测得的数据同已有电力设备状态模型相契合，不断调整模型参数，把更新的结果保存在本地存储以及后台数据库中。

2.2 后台软件设计

后台软件系统使用 Qt 框架下模块化结构，主要由数据库存储、统计分析、设备管理以及系统管理组成。具体如图 2 所示：

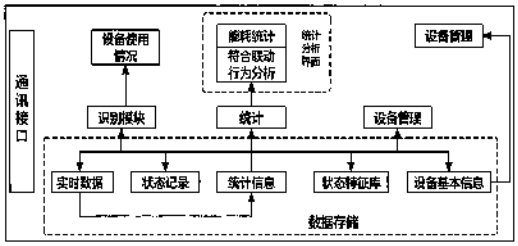


图 2　实时监控后台系统结构示意图

数据库通 QSqlDatabase 连接 MySQL 来创建用户信息表、设备档案表、实时数据表、报警记录表和操作日志表，按照设备编号、采集时间、数据类型将电流、电压、功率、功率因数以及运行状态写入其中，并且设置了索引以加快查询速度。统计分析模块用 SQL 语句来实现日、月用电量汇总、负荷曲线查询、异常数据筛选和报警次数统计，用 Qt Charts 生成趋势图和报表。设备管理模块包含设备建档、参数设置、通信状况监测、远程操控以及故障记载等部分。系统管理模块有用户的权限设置、登录验证、日志审计、数据备份与恢复等功能。

3 应用效果分析

3.1 数据采集效果分析

以某工业园区用电检查系统为案例，在开发阶段先对数据采集、设备接入、数据存储以及权限管理等各个方面的功能做出全面的规划，然后根据这些规划来编写相应代码。编码完成后用白盒测试检查采集模块内部逻辑，用黑盒测试验证系统功能是否正确。在测试过程中出现的通信中断、数据重复、权限配置等各方面的问题都被记录下来并加以改正，之后又再次进行了验证，所有的测试用例都通过了。从表 1 可以看出数据采集测试效率满足设计要求，说明软件、数据库运行比较稳定，可以完成数据查询、分类存储、权限管理等工作，有较好应用效果。

表 1　数据采集效率测试结果表

测试项目	测试结果
数据采集率	≥95%
局域网相应时间	≤100ms
主菜单相应时间	≤3s
用户登录响应时间	≤4s
主机。服务器设备运行率	≥98%
静态信息及时率	≥92%
信息准确率	≥98%

3.2 监控效果分析

以某制造企业用电监控系统应用为例，在生产车间装设电流、电压、温度传感器，并将它们连接到后台监控平台上。系统运行三个月后可以对设备负荷以及运行状况实施持续采集工作，并且能对出现的过载、漏电、温度过高这些状况做出迅速反应。与应用前相比，异常发现的时间由原来的平均 45 分钟缩短到现在 5 分钟，故障响应的时间也由原来 30 分钟缩短 8 分钟，人工巡检次数减少 50%，误报警率降低。监控系统可以有效地提高异常检测的速度，从而降低由于设备出现故障或者发生用电事故所造成的损失。但是在实际应用当中还要加强设备的保养，保证通信畅通，并且要对报警阈值进行合理的设置。具体如表 2 所示：

表 2　监控效果对比表

指标	应用前	应用后	改善情况
异常发现时间	45min	5min	缩短 40min
故障响应时间	30min	8min	缩短 22min
月均人工巡检次数	20 次	10 次	减少 50%
月均异常漏检数	6 次	1 次	减少 5 次
误报警率	18%	8%	下降 10%

4 结语

综上所述，数据采集以及实时监控技术被用来推动用电检查工作朝着规范化方向发展，并且也使它向着智能化方向前进。利用传感器、智能采集终端以及通信网络来获取用户用电负荷、电压、电流和设备运行状况等各方面信息，依靠大数据分析以及智能识别技术，可以迅速察觉到出现的异常用电情况、设备故障以及隐患等问题，并且提升对这些问题做出判断的速度以及处理的效果。且实时监控系统可以缩减人工巡检工作量，加强用电检查及时性、持续性。

未来应该继续加强数据安全、系统兼容、设备保养以及智能分析等各方面的工作，使用电检查向着更加自动化、精细化、远程化方向前进，从而给电力系统的安全稳定运行以及用户的可靠用电给予保证。

参考文献

[1]王娅楠,宦小敏,万洲键.智能计算在用电检查数据采集与分析中的应用[J].集成电路应用,2025,42 (12):706-707.
[2]陆筱岑.智能化数据采集技术在用电检查中的应用[J].电子技术,2025,54 (10):270-271.
[3]叶宝柱,高辰,董亚贤,刘海东.智能化数据采集与分析技术在用电检查中的应用[J].电子技术,2025,54 (5):244-245.
[4]李军军,杜永高,王永龙.用电检查中的数据采集与实时监控技术研究[J].家电维修,2025, (3):12-14.