

基于大数据分析的反窃电技术与应用研究

杨卓, 张雪, 吕国昭

国网武汉市经开区(汉南区)供电公司, 湖北 武汉 430000

DOI:10.61369/ERA.2025060014

摘要 : 电力行业不断发展, 窃电行为给供电企业造成经济损失, 还威胁电力系统安全。本文研究基于大数据分析的反窃电技术与应用。通过分析大数据技术原理、电力数据特点和反窃电业务, 构建反窃电技术体系。结合实际案例, 说明该技术在反窃电预警、现场核查和工作协同管理方面的应用, 分析应用效果和面临的挑战, 提出应对策略, 为供电企业反窃电工作提供新思路和方法。

关键词 : 大数据分析; 反窃电技术; 电力数据; 预警系统

Research on Anti-Stealing Technology and Application Based on Big Data Analysis

Yang Zhuo, Zhang Xue, Lv Guozhao

State Grid Wuhan Economic Development Zone (Hannan District) Power Supply Company, Wuhan, Hubei 430000

Abstract : With the continuous development of the power industry, the behavior of electricity theft causes economic losses to power supply enterprises and also threatens the safety of the power system. This studies the anti-electricity theft technology and application based on big data analysis. Through the analysis of the principles of big data technology, the characteristics of power data and the anti-ity theft business, the anti-electricity theft technology system is constructed. Combined with practical cases, the application of this technology in anti-electricity theft early warning, on-verification and work collaboration management is explained, and the application effect and challenges faced are analyzed. Finally, corresponding strategies are put forward to provide new ideas and methods for the anti-ity theft work of power supply enterprises.

Keywords : big data analysis; anti-electricity theft technology; power data; early warning system

引言

电力是国民经济的重要能源, 稳定供应对社会运转和经济发展很重要。但是, 窃电行为一直困扰供电企业。窃电让供电企业损失电量, 损害经济利益, 还可能损坏电力设备, 影响电力系统安全, 甚至引发安全事故, 威胁公众生命财产安全。传统反窃电技术靠人工巡检和经验判断, 效率低, 难以发现隐蔽窃电行为。随着信息技术发展, 大数据技术进入各个领域。在电力行业, 大数据技术为反窃电工作带来新机会。分析海量电力数据, 能发现异常用电行为, 精准识别和打击窃电行为。因此, 研究基于大数据分析的反窃电技术有现实意义, 有助于提升供电企业管理水平, 维护电力市场秩序。

一、反窃电工作概述与大数据技术基础

(一) 反窃电工作现状

1. 窃电行为的类型与特点

窃电行为手段多样, 常见的有绕越计量装置窃电、改变计量装置接线窃电、伪造或开启计量装置封印窃电, 以及用高科技手段干扰计量装置工作。随着技术发展, 窃电行为更隐蔽、智能化程度更高。一些窃电者用专业工具和技术, 让窃电行为难以被发现, 增加了反窃电工作难度。而且, 窃电行为分布范围广, 涉及

居民、商业和工业等各类用户, 让反窃电工作更复杂^[1]。

2. 传统反窃电技术与方法

传统反窃电技术依靠人工巡检、用户举报和简单电气检测设备。人工巡检是工作人员定期到现场检查计量装置和线路连接, 寻找窃电线索。用户举报借助社会力量获取窃电信息。简单电气检测设备如钳形电流表、相位伏安表, 用来检测电流、电压等参数, 判断是否有窃电嫌疑。但是, 这些方法有很多缺点。人工巡检效率低、覆盖面有限, 难以满足大量用户的检查需求; 用户举报信息可能不准确、不及时; 简单检测设备只能发现明显的窃电

行为，对隐蔽窃电手段无效。

（二）大数据技术及其在电力领域的应用

1. 大数据技术原理与特点

大数据技术是从海量、复杂数据中快速、准确提取有价值信息的技术。核心原理包括数据采集、存储、处理和分析。大数据数据量大、类型多样、处理速度快、价值密度低。通过分布式存储和并行计算技术，大数据技术能高效处理海量数据，挖掘数据关系，为决策提供支持。在电力领域，大数据技术能帮助企业管理电力数据，优化电力系统运行，提高服务质量^[2]。

2. 电力大数据的来源与特点

电力大数据来源广泛，包括电力生产过程数据，如发电厂、变电站运行数据；电力营销数据，如用户用电信息、缴费记录；还有电网设备监测数据。电力大数据实时性强、准确性高、连续性好。这些数据能全面反映电力系统运行状态和用户用电行为，为反窃电技术提供丰富数据资源。分析这些数据，能及时发现电力系统异常，识别窃电行为。

3. 大数据技术在电力领域的应用现状

目前，大数据技术在电力领域应用取得一定成果。在电力系统运行管理方面，分析电网设备监测数据，能评估设备状态、预测故障，提前安排检修，提高电网可靠性。在电力营销方面，用大数据分析用户用电习惯和需求，开展精准营销，提高客户满意度。在反窃电领域，部分供电企业开始用大数据技术，分析用户用电数据，建立反窃电模型，识别窃电嫌疑用户，取得一定成效。但是，大数据技术在反窃电领域还处于探索阶段，还有很大提升空间^[3]。

二、基于大数据分析的反窃电技术体系构建

（一）反窃电数据采集与预处理

1. 数据采集方案

为获取全面、准确的电力数据，要制定合理的数据采集方案。数据采集范围要涵盖电力生产、营销和设备监测各个环节，包括用户基本信息、用电数据、电表状态数据和电网运行数据。采集方式可以自动采集和人工采集相结合。自动采集通过智能电表、数据采集终端实时获取电力数据；人工采集补充无法自动采集的数据，如现场勘查记录。同时，要保证数据采集准确、完整，建立数据质量监控机制，及时发现和纠正数据采集错误^[4]。

2. 数据清洗与转换

采集到的数据可能有噪声、缺失值和异常值，需要进行数据清洗。数据清洗通过去除重复数据、填补缺失值、纠正错误数据，提高数据质量。数据转换是把采集到的数据转换成适合分析的格式，如把文本数据转换成数值数据，对数据进行标准化处理。通过数据清洗和转换，为数据分析提供可靠的数据基础。

3. 数据存储与管理

海量电力数据需要高效存储和管理。可以用分布式存储技术，如 Hadoop 分布式文件系统（HDFS），把数据分散存储在多个节点上，提高存储容量和读写性能。同时，建立数据管理系统，对数据分类管理，设置访问权限，保证数据安全、可用。通过数据存储和管理，方便查询和分析数据。

（二）反窃电数据分析模型构建

1. 数据特征提取与选择

构建反窃电数据分析模型前，要从大量电力数据中提取和选择与窃电行为相关的特征。常见特征有用户用电功率、电流、电压、功率因数等电气参数，以及用户用电时间、用电习惯等行为特征。通过特征提取，把原始数据转化为更具代表性的特征向量，减少数据维度，提高模型训练效率和准确性。同时，用特征选择算法去除冗余和无关特征，优化特征集。

2. 常用数据分析算法介绍

反窃电数据分析常用的算法有聚类算法、分类算法和关联规则挖掘算法。聚类算法如 K-Means 算法，能把用户按用电行为特征聚类，发现异常聚类，识别窃电嫌疑用户。分类算法如支持向量机（SVM）、决策树，能根据已知的窃电和正常用电样本训练分类模型，对新用户数据分类，判断是否有窃电行为。关联规则挖掘算法如 Apriori 算法，能挖掘用户用电数据的关联关系，发现潜在窃电模式^[5]。

3. 模型构建与训练

根据选择的算法和特征集，构建反窃电数据分析模型。模型训练时，把采集到的电力数据分为训练集和测试集。训练集用来训练模型，调整模型参数，让模型准确识别窃电行为；测试集用来评估模型性能，检验模型准确性和泛化能力。通过不断调整模型参数和优化算法，提高模型性能。

（三）反窃电模型评估与优化

1. 模型评估指标与方法

为评估反窃电模型性能，要采用一系列评估指标，如准确率、召回率、F1 值。准确率是模型正确识别窃电和正常用电的比例；召回率是模型正确识别窃电行为的比例；F1 值综合考虑准确率和召回率。常用评估方法有交叉验证法和留出法。通过评估模型，了解模型性能好坏，为模型优化提供依据。

2. 模型优化策略

针对模型评估发现的问题，采取相应优化策略。可以通过调整模型参数、改进算法、增加训练数据，提高模型准确性和泛化能力。还可以结合多种算法，构建集成模型，发挥不同算法优势，提升模型性能。同时，定期更新和优化模型，适应不断变化的窃电形势^[6]。

三、基于大数据分析的反窃电技术应用实践

（一）反窃电预警系统设计与实现

1. 系统架构设计

反窃电预警系统采用分层架构，包括数据采集层、数据处理层、模型分析层和应用展示层。数据采集层通过智能电表、传感器收集电力数据，保证数据实时、准确。数据处理层用数据清洗算法对采集到的数据去噪、转换格式，再存储到数据库。模型分析层集成多种反窃电数据分析模型，通过大数据运算识别窃电嫌疑用户。应用展示层用可视化技术，把分析结果以图表、报表形式呈现给工作人员，推送预警信息。分层架构提高了系统可扩展性和稳定性，为反窃电工作提供技术支持。

2. 预警指标体系建立

建立科学的预警指标体系是反窃电预警系统的关键。预警指标包括电气参数指标和行为特征指标。电气参数指标中，电流、电压、功率因数等参数的异常变化可能是窃电信号。行为特征指标中，用户用电时间突然改变、用电量大幅波动等情况要重点关注。根据不同指标对窃电行为判断的重要性，用层次分析法设置权重，综合计算得出预警分值。根据预警分值，把用户窃电嫌疑程度分为不同等级，为核查工作提供指引^[7]。

3. 系统功能实现与应用案例

反窃电预警系统实现了数据采集、分析、预警和报表生成功能。工作人员通过系统能实时查看用户用电曲线、功率趋势等信息，及时获取窃电预警信息。以某供电公司为例，应用反窃电预警系统后，系统监测到某区域用户深夜用电量异常激增。工作人员根据预警信息调查，成功查处多起窃电案件，挽回大量经济损失。实际案例证明，反窃电预警系统在打击窃电行为中有效、实用。

（二）反窃电现场核查与证据固定

1. 现场核查流程优化

接到反窃电预警信息后，要对嫌疑用户进行现场核查。为提高核查效率，先分析预警信息，结合用户历史用电数据、设备运行情况，制定详细核查计划，明确核查重点和方法。现场核查时，用专业检测设备如钳形电流表、相位检测仪，检查计量装置、线路连接，收集窃电证据。同时，和用户沟通，询问用电情况，核实异常原因，排除设备故障、操作失误导致的用电异常^[8]。

2. 证据固定技术与方法

证据固定是反窃电工作的重要环节。用拍照、录像、现场笔录等方式固定窃电现场证据。拍照要记录窃电设备位置、连接方式等信息；录像要涵盖核查全过程，保证证据完整。对于电子证据，如电表数据、用电记录，用专业数据备份工具备份，加密保全。通过规范证据固定流程，保证证据合法、真实、完整，为法律诉讼提供支持。

（三）反窃电工作协同与管理

1. 部门间协同机制建立

反窃电工作涉及多个部门，如营销部门、运维部门、法律部门。建立部门间协同机制，明确各部门职责分工，对提高反窃电工作效率很重要。营销部门用掌握的用户用电数据，为反窃电工作提供数据支持，发现异常用电线索。运维部门负责现场核查和设备维护，实地排查嫌疑用户，保证设备正常运行。法律部门处理窃电案件法律事务，为反窃电工作提供法律保障。各部门沟通协作，形成反窃电工作合力^[9]。

2. 反窃电绩效考核体系构建

构建反窃电绩效考核体系，考核评价各部门和工作人员的反窃电工作。考核指标包括窃电案件查处数量、挽回经济损失金额、预警信息准确率等。设置明确考核标准，对表现优秀的部门和个人表彰奖励，对工作不力的督促整改。绩效考核能激励工作人员参与反窃电工作，通过分析考核数据，发现工作薄弱环节，优化反窃电工作流程，提高工作效率和质量。

四、基于大数据分析的反窃电技术应用效果与挑战

（一）应用效果分析

1. 经济效益评估

基于大数据分析的反窃电技术给供电企业带来显著经济效益。过去，窃电行为隐蔽，供电企业排查困难，电量损失大。现在，借助大数据分析技术，系统能实时监测用户用电数据，定位异常用电行为。比如，某供电公司部署该技术后，通过大数据模型分析，识别出多个隐蔽窃电团伙。查处这些窃电行为后，每年挽回数百万元经济损失。同时，反窃电工作效率提高，减少了人工成本，降低运营资源消耗，实现降本增效。

2. 社会效益评估

高效开展反窃电工作产生积极社会效益。一方面，保障了电力系统安全稳定运行。窃电行为破坏电网正常运行，影响电力供应稳定性。打击窃电能为公众提供可靠电力供应，满足生活和生产用电需求。另一方面，营造了公平竞争的市场环境。窃电是不正当竞争，损害合法用电企业利益。打击窃电能促进电力市场有序竞争，推动电力行业健康发展，助力社会经济稳定发展。

（二）面临的挑战与应对策略

1. 数据安全与隐私保护问题

大数据分析过程中，数据安全和隐私保护很重要。电力数据包含用户个人信息和用电行为信息，一旦泄露，用户隐私会被侵犯，财产安全可能受威胁。比如，不法分子获取用电数据后可能实施诈骗。为应对这一问题，供电企业要加强数据安全管理体系建设，用加密技术加密传输和存储的数据，防止数据被窃取。同时，用访问控制技术限制人员数据访问权限，制定数据使用规范，防止数据滥用，保护用户隐私。

2. 技术更新与人才短缺问题

大数据技术和反窃电技术不断发展,窃电手段也在翻新。目前,供电企业普遍存在技术更新滞后和人才短缺问题。一些地区因为技术更新不及时,难以识别新型窃电行为,又缺乏专业技术人才,无法有效应用新技术。为解决这一问题,供电企业要加大技术研发投入,引进先进反窃电技术和设备,提高技术水平。还要制定人才培养计划,定期组织内部培训,为员工提供进修机会,培养反窃电专业人才^[10]。

3. 法律法规与标准规范不完善问题

我国反窃电方面的法律法规和标准规范还不完善,给反窃电工作带来困难。处理窃电案件时,法律依据不足,对新型窃电行为定性困难,处罚标准不明确,执法自由裁量权过大。比如,不同地区对同类窃电案件处罚差异大。为解决这一问题,相关部门

要完善反窃电法律法规和标准规范,明确窃电行为界定标准,细化处罚标准,规范执法程序,为反窃电工作提供法律支持。

五、结语

基于大数据分析的反窃电技术为供电企业打击窃电行为提供了新的有效手段。通过构建完整的技术体系,实现了对窃电行为的精准识别和有效打击,取得了良好的经济效益和社会效益。然而,在应用过程中仍面临数据安全、技术更新、法律法规不完善等诸多挑战。未来,需要进一步加强技术创新,完善法律法规,培养专业人才,推动基于大数据分析的反窃电技术不断发展,为电力行业的健康发展保驾护航。

参考文献

- [1] 杨帅. 电力电网大数据驱动的反窃电分析 [J]. 互联网周刊, 2024, (21): 18-20.
- [2] 张杰, 简雪震, 高燕增. 基于大数据分析的供电所反窃电自动检验技术 [J]. 电气技术与经济, 2024, (09): 113-115.
- [3] 崔亚洲, 曹敬立, 王玉君, 等. 基于电力营销大数据技术的反窃电检查应用分析 [J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(05): 131-134+162.
- [4] 李慧翔, 刘博. 电力营销大数据在反窃电检查中的应用分析 [J]. 电气技术与经济, 2024, (04): 240-242.
- [5] 王玮, 李梦宇, 耿泉峰. 基于电力大数据分析的反窃电平台应用研究 [J]. 农村电工, 2021, 29(11): 51-52.
- [6] 梅畔畔. 大数据分析在物流运输中的应用 [J]. 中国航务周刊, 2025, (11): 63-65.
- [7] 李晓亭, 叶亮. 基于大数据分析的物流规划方法探讨 [J/OL]. 综合运输, 1-8[2025-03-29].
- [8] 周前飞, 曹宏伟, 庆光蔚, 等. 基于大数据分析的电梯应急处置智能引导方法 [J]. 物联网技术, 2025, 15(06): 107-112.
- [9] 吴恺. 基于大数据分析的工程安全治理机制探析 [J]. 边疆经济与文化, 2025, (03): 48-52.
- [10] 崔玉萍, 刘昉雯. 基于大数据分析的创新创业团队决策支持系统设计 [J]. 农机使用与维修, 2025, (03): 28-30.