

基于大数据分析的电费收入资金精准预测与风险防控

戴佐芸, 丁若轩

国网江苏省电力有限公司句容市供电分公司, 江苏 镇江 212400

摘要：电费收入作为电力系统运营的核心资金流，其预测精度与风险防控能力直接影响能源经济安全。针对传统方法在预测偏差、波动辨识及跨部门协同等关键环节的局限性，本研究构建融合多源数据与动态分析技术的管理框架。通过建立数据治理体系实现异构信息整合，开发多维预警模型捕捉资金流动的时空异质性，并设计智能处置机制优化风险响应路径。该体系以差异化建模方法解析工商业与居民用户的缴费行为规律，依托动态优化机制实现风险传导的实时追踪，旨在为电力市场化改革中的资金管理提供兼具理论创新性与实践指导性的方法论支撑。

关键词：大数据分析；电费收入预测；风险防控；数据治理体系

Accurate Prediction and Risk Prevention and Control of Electricity Fee Revenue Funds Based on Big Data Analysis

Dai Zuoyun, Ding Ruoxuan

State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd. Zhenjiang City Power Supply Branch, Zhenjiang, Jiangsu 212400

Abstract：As the core capital flow of power system operation, the prediction accuracy and risk prevention and control ability directly affect the energy economic security. In view of the limitations of traditional methods in the key links such as prediction deviation, fluctuation identification and cross-departmental collaboration, this research establishes a management framework integrating multi-source data and dynamic analysis technology. Through the establishment of data governance system to realize heterogeneous information integration, the multi-dimensional early warning model is developed to capture the spatial and temporal heterogeneity of capital flow, and the intelligent disposal mechanism is designed to optimize the risk response path. The system analyzes the payment behavior rules of industrial and commercial and residential users by differentiated modeling method, and realizes the real-time tracking of risk transmission based on the dynamic optimization mechanism, aiming to provide methodological support with both theoretical innovation and practical guidance for the fund management in the power market reform.

Keywords：big data analysis; electricity bill revenue forecast; risk prevention and control; data governance system

引言

《“十四五”现代能源体系规划》明确提出“构建电力市场风险智能预警体系”的战略目标，要求建立覆盖用户信用评估、市场波动监测、跨部门协同处置的全链条风险管理体系。与此同时，国务院《关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》强调，需通过数据要素重组与分析技术创新，提升关键领域的风险防控能力。当前电力资金管理面临新型风险形态的挑战，工商业用户通过虚拟货币挖矿转移负荷、居民用户利用阶梯电价规则套利等行为，暴露出传统方法在数据融合、动态建模与协同处置三个维度的系统性短板。在此背景下，本研究以政策文件为指引，整合电力营销系统、宏观经济数据库与第三方征信信息，构建适应能源转型要求的资金管理框架。此探索不仅为电力企业防范系统性金融风险提供技术支撑，更是落实国家数据要素战略的关键实践，对保障能源经济安全具有重要的战略价值。

作者简介：

戴佐芸 (1987.03.10-)，女，民族：汉，籍贯：江苏句容，学历：本科，现任职称：经济师，研究方向：电费电价管理；

丁若轩 (2001.12.24-)，女，民族：汉，籍贯：江苏句容，学历：本科，研究方向：电费电价管理。

一、大数据驱动电费收入预测的基础框架

大数据驱动的电费收入预测体系以多源异构数据融合为核心，构建“数据感知-动态建模-反馈优化”三级协同架构。在数据感知层，通过整合电力营销系统、用电信息采集终端、宏观经济数据库及第三方征信平台等多维度数据源，形成覆盖用户行为特征、市场环境变量与政策调控参数的特征矩阵，并依托数据清洗、标准化映射与隐私计算技术解决跨域数据的语义异构性与隐私保护难题。动态建模层基于时空特征张量构建混合预测模型，针对工商业用户采用时序分解方法分离周期性负荷与政策响应分量并结合行业景气指数耦合建模，针对居民用户通过概率推理模型量化阶梯电价弹性与极端天气敏感度以捕捉微观个体的异质性缴费行为，同时引入动态权重分配机制根据数据流特征自适应调整工业产值、气温波动、电价政策等变量的边际贡献度以实现预测误差的动态补偿。反馈优化层通过增量学习机制结合 Shapley 值分解量化影响因子贡献度衰减规律，并基于电力现货市场价格信号与用户信用评级变动对预测参数进行在线校准^[1]。该框架通过异构数据融合、混合模型耦合与动态优化三者的协同作用，突破传统方法对线性假设与静态参数的依赖，最终形成具备自适应能力的电费收入预测体系，为风险防控提供精准的时空粒度决策依据。

二、电费资金预测与风险防控的现存挑战

（一）电费回收周期预测的存在偏差

现有预测体系在电费回收周期的动态追踪中面临显著偏差，其根源在于传统统计模型对复杂非线性关系的解析能力不足。首先，工商业用户的缴费行为受行业景气指数、供应链波动及政策调控等多重因素耦合影响，而 ARIMA 等线性模型难以捕捉此类高维交互效应，导致预测结果与实际回收周期的偏离度持续扩大。其次，数据源的局限性加剧了模型偏差。电力营销系统数据更新频率通常为日级或周级，无法实时反映用户信用状态的突变。第三方征信数据因隐私保护约束存在滞后性，进一步削弱预测时效性。最后，极端天气事件与宏观经济政策的外生冲击具有非平稳特性，传统协整分析难以有效识别此类变量的动态边际贡献，造成预测模型在周期拐点处的适应性不足。现有研究多聚焦于单用户尺度的信用评估，缺乏对产业链关联用户违约传导机制的建模，导致系统性风险被低估。

（二）电费异常波动辨识的机制缺陷

当前异常波动辨识机制在动态性与适应性层面存在结构性短板。规则引擎依赖的静态阈值体系无法匹配电力市场化改革下的新型风险形态。一方面，工商业用户通过虚拟货币挖矿转移负荷、居民用户利用阶梯电价规则套利等行为，其波动模式呈现非典型性与时变性，而固定阈值机制对此类异常的识别率低于 30%。另一方面，概率图模型对极端事件的敏感度不足，例如寒潮期间居民用电激增与工商业停产检修的耦合波动，常被误判为随机噪声。现有机制缺乏对波动传导路径的拓扑分析能力，无法

有效区分区域性电网故障引发的连锁反应与个体用户恶意违约的独立事件，导致风险处置资源错配。

（三）跨部门资金风险处置的协同阻滞

资金风险处置的跨部门协同面临制度性与技术性双重障碍。制度层面，电力企业财务、营销、调度部门的数据治理体系尚未统一。营销系统采用用户维度的数据标签体系，而财务系统以账户周期为核心分类标准，二者在数据接口协议与更新时序上存在冲突，导致风险事件识别与处置决策的时滞长达 72 小时。技术层面，异构系统间的语义鸿沟未被有效弥合，例如调度系统的实时负荷数据与征信平台的用户信用评分缺乏标准化映射关系，阻碍风险传导路径的联合建模^[2]。风险处置权责分配机制不完善，当异常波动涉及分布式能源接入、现货市场价格震荡等跨市场因素时，电力企业与政府监管部门的协同响应常因权责边界模糊而陷入僵局。此类协同阻滞不仅延缓风险处置速度，更可能因信息孤岛导致次生风险放大，例如用户侧违约风险未被及时阻断而向发电侧传导，引发连锁性资金链断裂危机。

三、基于大数据分析的电费收入资金风险防控的优化策略

（一）构建电费资金数据融合治理体系

电费资金数据融合治理体系的构建需从数据标准化、隐私化协作与动态评估三方面切入，通过系统性设计破解跨域数据壁垒。首先，建立电力数据标准化框架是消除多源异构数据语义差异的关键举措。联合电力企业、征信机构与宏观经济部门共同制定数据元规范，明确用户缴费记录、信用评级、行业景气指数等核心字段的语义定义与格式要求，确保不同来源数据在语义层面保持一致^[3]。采用分层数据库架构实现多模态数据的统一管理，设置原始数据区存储非结构化信息、清洗区完成数据格式标准化、业务区构建主题导向的宽表结构，依托自动化数据管道技术实现跨系统数据的实时同步与语义对齐，为后续分析提供规范化的数据基座。

其次，部署隐私增强型数据协作体系。基于分布式账本技术构建多方协作平台，设计细粒度的权限控制机制，通过智能合约实现数据使用授权的自动化执行。对敏感数据实施分级保护策略，工商企业供应链数据采用加密计算技术实现密文空间下的联合分析，居民用电行为数据通过匿名化处理与噪声扰动技术保障个体隐私。开发跨域特征对齐工具，在加密环境下完成用户身份与行为数据的关联匹配，确保数据协作过程符合安全合规要求，同时维持数据的业务价值^[4]。

最后，构建动态数据质量评估机制。从完整性、时效性、一致性三个维度设计评估指标体系，开发实时监测引擎对数据质量进行持续追踪。结合业务场景动态调整评估标准，例如极端天气期间提升用电数据时效性权重，历史违约用户数据强化一致性校验。通过知识图谱技术构建数据血缘网络，实现异常数据的快速溯源与修复，确保输入数据的可信度与可用性。上述策略通过标准化重构、隐私化协作与动态化评估的协同作用，形成覆盖数据

采集、共享、应用的全链路治理体系，为精准预测提供高质量的数据支撑^[5]。

（二）开发电费资金多维动态预警模型

电费资金智能分级处置机制的构建需通过风险分类、策略匹配与动态优化三方面实现精准响应。风险事件分类标准化是处置机制的基础性工程，通过整合历史案例与业务影响分析，建立涵盖风险类型、影响范围、紧急程度的三维分类矩阵。结合资金缺口规模、传播速度等维度制定分级标准，如将涉及跨市场的系统性风险定义为高紧急事件，需启动多部门协同响应。单用户信用降级则归为中紧急事件，由系统自动处置。借助自然语言处理技术解析事件描述文本，形成可扩展的风险分类标签体系，确保不同场景下的风险事件获得准确定级，为后续处置提供清晰的决策依据。

在此基础上，处置策略智能匹配通过差异化策略库提升响应效率。针对系统级高紧急事件设计跨部门联合处置预案，调用电力调度数据与金融工具进行风险对冲；区域级事件启动预存保证金支取与信用额度调整。单用户级事件则通过自动催缴与信用修复建议完成处置^[6]。开发策略匹配引擎，基于实时资源状态，如可用保证金规模、法律救济通道容量进行可行性评估，采用多目标优化算法选择成本与时效性最优的处置路径。当工业用户因供应链中断导致缴费延迟时，系统优先匹配供应链金融支持方案，平衡风险控制与用户关系维护。

动态优化机制进一步保障处置效能的持续提升。建立效果评估体系，从响应时效、成本控制、用户满意度三个维度进行量化评价。通过持续更新处置策略库，结合最新评估结果动态调整策略优先级与参数配置。针对极端天气导致的区域风险处置效率下降问题，系统自动优化应急预案中的资源调配规则。同时，利用关联建模技术构建风险处置知识网络，将用户关系、电网结构、金融工具属性进行关联分析，实现处置经验的跨场景迁移与策略创新^[7]。上述策略通过标准化分类明确处置边界、智能化匹配提升响应精度、动态化优化保障长期效能，形成覆盖风险识别、处置、反馈的全周期管理闭环，显著增强系统的适应性与鲁棒性。

（三）建立电费资金智能分级处置机制

电费资金智能分级处置机制的构建需通过风险具象化画像、多级响应路径优化与处置知识迭代三方面实现精准闭环管理。风险特征具象化需整合多源异构数据构建动态风险画像。通过融合

电力营销系统缴费记录、征信平台信用状态、供应链交易数据及气象预警信息，建立覆盖用户行为、市场环境与自然因素的立体化分析框架。针对工商业用户，解析其产业链关联企业的信用传导关系与生产计划波动影响；针对居民用户，结合历史缴费规律与区域用电特征，量化极端天气对缴费行为的潜在冲击。采用关联分析方法识别风险特征组合，如“负荷异常波动+信用评级下调+供应链账期延长”，形成多维风险标签体系，为分级处置提供精准决策依据^[8]。

响应路径动态适配需建立分层决策机制实现资源最优配置。设置风险等级判定层，根据资金缺口规模、影响范围与电网安全关联度划分响应权限；资源适配层实时监测备用金流动性、法律救济通道负荷等约束条件方案选择层构建成本-时效-用户关系多目标优化模型，如针对系统性风险优先调用市场对冲工具与应急信用支持，区域风险则通过阶梯电价参数调整与储备金定向释放实现缓释^[9]。处置过程中嵌入实时反馈校验，通过对比负荷恢复率、信用修复速度等指标动态调优策略参数。

处置知识持续进化需建立归因分析与经验转化机制。采用因素贡献度评估方法量化各风险要素对处置效果的影响权重，提炼标准化处置模板，如“关联企业信用联保+电费应收账款质押”模式。通过在线学习技术将新型风险模式，如虚拟货币挖矿负荷转移，纳入预警范围，定期更新风险特征库与处置策略库。构建跨部门知识共享平台，实现电力调度、法律救济与金融支持单位的处置经验实时同步，推动机制适应性持续增强^[10]。上述策略通过风险画像实现精准定位、动态适配保障资源效率、知识迭代提升系统韧性，形成从业务响应到能力升级的全链条智能处置体系，显著增强资金风险防控的前瞻性与协同性。

四、结语

本研究构建大数据驱动的电费资金管理框架，提出数据治理、动态预警与智能处置三位一体解决方案，突破传统预测偏差与协同处置瓶颈。通过多源数据融合建模技术，精准刻画用户缴费异质性，结合隐私计算与知识图谱实现风险实时追踪，显著提升防控效能。成果为电力企业资金安全提供技术支撑，契合国家能源战略需求。未来需深化跨域数据协作与新型电力系统适应性研究。

参考文献

- [1] 房建宾, 吴彬彬, 朱雅魁, 等. 基于大数据分析的客户电费风险预测及防控 [J]. 电力大数据, 2019(2): 6.
- [2] 程威. 基于电力大数据的电费回收风险预测方法研究 [J]. 电气技术与经济, 2023(3): 16-18.
- [3] 陆秋雅, 杨睿玄. 基于电力大数据的电费回收风险防控策略研究 [J]. 数字化用户, 2022(9): 22-24.
- [4] 许战坡, 冯荣珍. 基于大数据的智慧资金管理体系构建 [J]. 企业管理, 2021(S1): 278-279.
- [5] 郭惠萍. 关于电费回收的电力大数据分析技术探讨 [J]. 数码设计 (上), 2021(13): 146-147.
- [6] 刘鑫, 郑雪燕, 张志强, 等. 基于 ϵ -SVR 模型的日电费回收预测 [J]. 吉林电力, 2022, 50(1): 19-23.
- [7] 姚盈吉. 关于电费回收的电力大数据分析技术探讨 [J]. 中小企业管理与科技, 2020(29): 2.
- [8] 汪振东, 武新娟, 曹浩翔. 基于大数据的日算费平台计算分析系统的设计 [J]. 电力系统装备, 2023(10): 150-152.
- [9] 山思行. 电网企业的实收电费分析预测 [J]. 财经界, 2023(32): 72-74.
- [10] 杨敏. 基于用电信息采集的电费资金风险预测方法研究 [J]. 信息与电脑, 2023, 35(17): 54-56.