

# 数字化赋能电力经营综合管理的效率提升路径探索

陈怡丹 郑 歆

内蒙古电力(集团)有限责任公司阿拉善供电分公司 内蒙古 阿拉善 750306

**摘要:** 随着数字技术的飞速发展,电力行业正面临数字化转型的关键机遇。本文探索数字化赋能电力经营综合管理的效率提升路径,从数据采集与集成、数据分析与决策支持、数字化平台构建、智能化资源优化配置、风险预警与应急管理等方面入手,结合行业实际案例,分析数字化技术如何助力电力企业在市场响应、成本控制、技术更新等方面实现突破,推动电力行业高质量发展。

**关键词:** 数字化赋能; 电力经营; 综合管理; 效率提升路径

引言: 在能源转型与数字经济深度融合的背景下,电力行业正经历从传统模式向智能化、精细化管理的深刻变革。数字化技术通过数据驱动决策、流程优化重构和智能算法应用,为破解电力经营中效率低下、数据孤岛、响应滞后等痛点提供了创新路径。本文聚焦数字化赋能电力经营管理的核心机制,系统探讨关键技术体系与效率提升路径,为电力企业构建全流程数字化闭环、实现资源优化配置提供理论支撑与实践参考。

## 1 理论基础与文献综述

### 1.1 数字化赋能理论

(1) 数字化转型的定义与内涵: 学界对其存在“技术驱动”与“业务重构”两种核心认知。技术驱动视角强调云计算、物联网等技术对转型的支撑作用,认为技术革新是转型起点; 业务重构视角则聚焦组织流程、商业模式的系统性变革,主张技术需服务于业务目标,二者共同构成转型的双重维度。(2) 数字化赋能的机制: 主要通过三大路径实现,一是数据驱动,整合多源数据形成决策依据; 二是流程优化,借助数字化工具简化冗余环节; 三是智能决策,利用算法模型提升决策效率与准确性,三者协同推动组织效能提升。

### 1.2 电力经营综合管理理论

(1) 电力经营管理的核心要素涵盖五大方面,市场要素关注供需平衡与电价机制,财务要素聚焦成本控制与资金流转,资源要素涉及电网设施与人力资源,服务要素强调用户体验与增值服务,风险要素则包括安全风险与市场风险管控。(2) 传统管理模式存在明显局限性,如依赖人工决策导致效率低下,部门数据孤岛阻碍协同,对市场变化响应滞后,难以适应新能源大规模接入后的管理需求。

### 1.3 国内外研究现状

(1) 电力行业数字化应用案例丰富,国内智能电网

实现电网状态实时监测,国外运用大数据分析优化负荷调度, AI预测技术在风电、光伏功率预测中广泛应用,有效提升能源利用效率。(2) 现有研究存在不足,一是多聚焦技术应用,对数字化与经营管理的深度融合研究较少; 二是缺乏针对不同规模电力企业的差异化转型路径分析,研究普适性有待提升。

## 2 数字化赋能电力经营管理的关键技术体系

### 2.1 数据采集与集成技术

(1) 物联网(IoT)在电力设备监测中的应用: 通过部署智能传感器、RFID标签等IoT设备,实时采集变压器、输电线路、开关柜等关键设备的运行参数(如温度、电压、电流、振动频率),实现设备状态的全天候在线监测,及时捕捉异常信号,减少人工巡检盲区,降低设备故障发生率<sup>[1]</sup>。(2) 多源数据融合与清洗方法: 针对电力系统中来自IoT设备、SCADA系统、用户用电终端、气象平台等多渠道的异构数据(结构化的设备台账数据、非结构化的设备图像数据、半结构化的日志数据),采用分布式数据融合算法(如联邦学习、加权融合法)整合数据,同时通过异常值检测(如Z-score法、箱型图法)、缺失值填充(如均值填充、插值法)等清洗手段,提升数据质量,为后续分析奠定基础。

### 2.2 数据分析与决策支持技术

(1) 大数据分析在负荷预测、市场趋势分析中的应用: 基于历史用电数据、气象数据、经济指标数据,运用时间序列分析(如ARIMA模型)、机器学习(如LSTM神经网络)等大数据技术,构建短期(日内)、中期(月度)、长期(年度)负荷预测模型,精准预测区域用电需求; 同时通过关联分析、聚类分析挖掘用户用电行为特征,结合政策导向、能源价格波动数据,研判电力市场供需趋势,辅助制定购售电策略。(2) 人工智能(AI/ML)在故障诊断、资源优化中的实践: 在故障诊

断领域,利用深度学习(如CNN卷积神经网络)对设备运行数据、故障图像进行训练,构建故障识别模型,实现变压器漏油、线路覆冰等故障的自动诊断与定位,缩短故障排查时间;在资源优化方面,通过强化学习算法优化电网调度方案,动态分配水电、风电、光伏等新能源发电资源,平衡能源供需,提升电网运行效率。

### 2.3 数字化平台与工具

(1) 电力综合管理平台架构设计(如云平台、微服务):采用“云-边-端”协同架构,云端基于公有云或私有云(如华为云、阿里云电力专属云)搭建数据存储与计算中心,边缘端部署边缘计算节点处理实时监测数据,终端接入各类电力设备与管理系统;平台内部采用微服务架构,将市场管理、财务管理、设备管理等功能拆分为独立微服务模块,实现模块间的灵活调用与扩展,提升平台响应速度与适配能力。(2) 区块链技术在电力交易透明化中的潜力:利用区块链去中心化、不可篡改的特性,构建电力交易分布式账本,记录用户与发电企业、售电公司之间的交易数据(如交易量、价格、时间),实现交易过程的全程可追溯;同时通过智能合约自动执行交易结算,减少中间环节干预,提升分布式能源(如户用光伏)交易的透明度与公信力,促进电力市场公平竞争<sup>[2]</sup>。

### 2.4 安全与隐私保护技术

构建“多层防御”安全体系,数据传输环节采用国密算法(如SM4)、SSL/TLS协议对数据进行加密,防止传输过程中被窃取或篡改;数据存储环节采用分区加密、异地备份策略,保障核心数据(如用户用电数据、电网运行数据)安全;访问控制层面实施基于角色的权限管理(RBAC),明确不同岗位人员的数据访问权限,避免数据越权使用,同时通过操作日志审计,追溯数据访问行为,强化隐私保护。

## 3 数字化赋能电力经营综合管理的效率提升路径

### 3.1 全流程数字化重构

(1) 从发电、输电、配电到用电的端到端数字化闭环:在发电环节,通过数字化监控系统实时采集机组运行参数,实现发电过程的动态调控,减少能源损耗;输电环节依托数字化巡检技术(如无人机巡检、红外测温),实时监测线路运行状态,提前发现潜在故障隐患;配电环节借助智能配电终端,优化配电网拓扑结构,提升供电可靠性;用电环节通过智能电表、用户侧能源管理系统,实现用电数据实时交互,形成“发电-输电-配电-用电”各环节数据互通、协同联动的数字化闭环,打破传统环节间的信息壁垒,实现全链条高效协同<sup>[3]</sup>。(2)

通过数字化平台整合全流程管理功能:构建覆盖生产、运营、服务的一体化数字化平台,将发电计划制定、输电线路运维、配电网调度、用户用电服务等功能模块纳入平台统一管理,实现业务流程的线上化、标准化。平台可自动衔接各环节业务数据,减少人工数据录入与传递环节,降低人为操作误差,同时支持跨部门数据共享与业务协同,提升全流程管理效率。

### 3.2 数据驱动的精准确策

(1) 基于实时数据的动态定价策略:依托海量实时数据(如电网负荷数据、能源供需数据、市场价格波动数据),构建动态定价模型。模型可根据不同时段、不同区域的用电负荷变化,自动调整电价水平,在用电高峰时段适度提高电价以引导用户错峰用电,在用电低谷时段降低电价鼓励用户多用电,实现电力资源的合理分配,同时提升电力企业的收益稳定性。(2) 用户行为分析优化需求响应机制:通过大数据技术分析用户用电行为数据(如用电时段、用电设备类型、用电负荷波动规律),精准识别用户用电特征与需求偏好。基于分析结果制定差异化的需求响应策略,针对工业用户、商业用户、居民用户分别推送定制化的错峰用电建议或激励政策,引导用户主动调整用电行为,提升需求响应的参与度与执行效果,缓解电网供需压力。

### 3.3 智能化资源优化配置

(1) AI算法在机组组合优化中的应用:利用深度学习、强化学习等AI算法,结合机组发电成本、环保指标、电网负荷需求、设备运行约束等多维度数据,构建机组组合优化模型。模型可自动计算最优的机组启停计划与发电功率分配方案,在满足电网负荷需求的前提下,减少高耗能机组运行时间,提高清洁能源机组利用率,降低整体发电成本,实现电力生产资源的高效配置。(2) 虚拟电厂(VPP)技术整合分布式能源:借助VPP技术,将分布式光伏、储能设备、电动汽车充电桩等分散的能源资源进行聚合管理。通过数字化平台实时监测分布式能源的发电、储能、用电状态,根据电网运行需求与市场价格信号,对分布式能源进行统一调度,实现分布式能源与大电网的协同运行。在电网负荷高峰时,调度分布式能源向电网供电;在电网负荷低谷时,引导分布式能源储能或消纳多余电能,提升分布式能源的利用效率,优化整体能源资源配置<sup>[4]</sup>。

### 3.4 风险预警与应急管理

(1) 数字化风险评估模型预测潜在风险:整合气象数据(如极端高温、暴雨、台风)、电网设备运行数据、地理信息数据等,构建数字化风险评估模型。模型

通过大数据分析与AI算法,预测极端天气对电网线路、变电站等设施的影响范围与程度,识别设备老化、线路过载等潜在风险,提前生成风险预警信息,为风险防控提供决策支持,减少突发故障对电网运行的影响。(2)应急预案的自动化生成与执行:基于数字化风险评估结果与历史应急处置数据,构建应急预案知识库。当电网发生故障(如线路跳闸、设备故障)时,系统可根据故障类型、影响范围、现场资源等信息,自动匹配最优应急预案,并生成详细的处置流程(如抢修人员调度、物资调配、停电区域供电恢复方案)。同时,通过数字化平台实时跟踪应急处置进度,及时调整方案,确保应急预案高效执行,缩短故障处置时间,降低停电损失。

#### 4 数字化赋能电力经营综合管理的实施挑战与对策建议

##### 4.1 主要挑战

(1)技术层面:一是数据标准不统一,电力系统内设备台账、运行数据、用户用电数据等缺乏统一的数据格式与分类标准,导致不同来源数据难以高效整合,形成“数据孤岛”;二是系统兼容性差,部分电力企业仍使用传统老旧系统,与新增的数字化平台(如云平台、AI分析系统)在接口协议、数据传输方式上不兼容,难以实现系统间数据互通与功能协同,制约数字化应用效果。(2)管理层面:一方面,组织架构僵化,传统电力企业多采用层级式管理架构,部门间权责划分清晰但协同性弱,数字化转型所需的跨部门协作常面临流程繁琐、决策滞后等问题;另一方面,员工数字化能力不足,部分员工(尤其是基层运维、管理人员)缺乏大数据分析、AI工具操作等技能,对数字化系统的接受度与应用能力有限,影响数字化落地效率。(3)政策层面:首先,数据共享机制缺失,电力数据涉及企业商业机密与用户隐私,当前缺乏明确的数据共享范围、权限与安全保障政策,导致企业间、企业与政府部门间的数据共享意愿低,难以形成数据价值最大化;其次,监管滞后,数字化技术(如虚拟电厂、区块链电力交易)发展迅速,但相关监管规则与标准尚未完善,易出现监管空白,增加数字化应用的合规风险。

##### 4.2 对策建议

(1)技术层面:一是推动标准化建设,由行业主管部门牵头制定电力数据采集、存储、传输的统一标准,明确数据编码、格式等规范,实现数据“同源、同根、同标”;二是采用模块化架构,新建数字化系统优先选择模块化设计,同时对老旧系统进行改造,通过标准化接口实现与新系统的兼容对接,提升系统灵活性与扩展性。(2)管理层面:一方面,构建敏捷型组织,打破传统部门壁垒,成立跨部门数字化专项小组,简化决策流程,提升协同效率;另一方面,加强数字化人才培养,制定分层培训计划,针对管理层开展数字化战略认知培训,针对基层员工开展实操技能培训,同时引进大数据、AI领域专业人才,打造复合型团队。(3)政策层面:首先,完善数据治理法规,明确电力数据的权属、共享边界与隐私保护要求,建立数据安全评估机制,为数据共享提供制度保障;其次,建立跨部门协作机制,由能源、网信、市场监管等部门联合组建数字化监管协调小组,动态更新监管规则,同步跟进技术发展与监管需求,实现“技术发展”与“监管到位”的平衡。

#### 结束语

数字化赋能已成为电力行业突破传统管理瓶颈、实现高质量发展的必由之路。通过构建全流程数字化闭环、依托数据驱动精准决策、优化智能化资源配置以及强化风险预警与应急管理,电力企业不仅能显著提升运营效率,还能更好地适应新能源大规模接入与电力市场变革。未来,需持续突破技术标准、组织协同与政策监管等挑战,推动数字化深度融合,为构建新型电力系统注入持久动能。

#### 参考文献

- [1]戴润模.数字化赋能电力营销提质增效[J].电力系统及自动化,2024,(03):44-45.
- [2]罗文华.深耕“AI+电力”助力数字化提质增效[J].政治经济学,2024,(07):71-72.
- [3]王新宇.数字化赋能电力营销提质增效[J].建筑技术科学,2023,(11):60-62.
- [4]梁勇贵.电力营销数据多元化赋能提质增效管理[J].电力系统及自动化,2024,(10):97-98.