

探析数字智能化环境电力供电服务质量优化方法

陈睿郅, 李熙然

国网宁夏电力有限公司中卫供电公司, 宁夏 中卫

收稿日期: 2025年11月29日; 录用日期: 2025年12月20日; 发布日期: 2025年12月30日

摘要

数字智能化技术的快速发展对电力供电服务质量提出了更高的要求。为适应数字智能环境下的行业需求, 需通过技术创新驱动服务优化。本文基于数字电网转型背景, 分析了当前存在的供服人员适应性不足、用户需求匹配度低及管理制度滞后等问题, 并提出了以人工智能、区块链、物联网(IoT)及数字孪生技术为核心的优化方法。通过构建智能化培训体系、开发自适应业务平台、部署边缘计算节点及建立动态质量评估模型等技术手段, 实现服务流程自动化、需求响应精准化及管理决策科学化。研究成果可为电力企业提升服务效率、降低运维成本及增强用户满意度提供技术参考。

关键词

数字智能化, 供电服务质量, 人工智能, 区块链, 数字孪生

Exploring the Optimization Method of Electric Power Supply Service Quality in Digital Intelligent Environment

Ruizhi Chen, Xiran Li

State Grid Ningxia Electric Power Company Limited Zhongwei Power Supply Company, Zhongwei Ningxia

Received: November 29, 2025; accepted: December 20, 2025; published: December 30, 2025

Abstract

The rapid development of digital intelligent technology has put forward higher requirements for the quality of electric power supply service. In order to adapt to the needs of the industry under the digital intelligent environment, service optimization needs to be driven by technological innovation. Based

on the background of digital grid transformation, this paper analyzes the current problems of insufficient adaptability of supply and service personnel, low matching degree of user demand and lagging management system, and proposes an optimization method centered on artificial intelligence, blockchain, Internet of Things (IoT) and digital twin technology. Through the construction of intelligent training system, the development of adaptive business platform, the deployment of edge computing nodes, the establishment of dynamic quality assessment model and other technical means, it achieves the automation of the service process, accurate demand response and scientific management decision-making. The research results can provide technical references for electric power enterprises to improve service efficiency, reduce operation and maintenance costs and enhance customer satisfaction.

Keywords

Digital Intelligence, Quality of Power Supply Service, Artificial Intelligence, Blockchain, Digital Twins

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着数字经济的蓬勃发展, 电力系统正经历着深刻的数字化转型, 其核心目标之一便是提升供电服务质量。供电服务作为电力价值链的最终环节, 其效率、可靠性与用户满意度直接关系到社会经济发展和民生福祉[1]。近年来, 以人工智能(AI)、区块链、物联网和数字孪生为代表的数字智能化技术迅猛发展, 为重构和优化传统供电服务模式提供了前所未有的机遇与挑战[2] [3]。

数字电网(Digital Grid)概念的提出与实践, 标志着电力系统正从自动化向智能化、互联化演进[4]。国内外学者对此展开了广泛研究。在服务流程优化方面, 胡晓程[5]强调了 AI 驱动的预测性维护对减少停电时间的重要性, 通过机器学习算法分析设备数据可显著提升运维效率。毕然则探讨了基于自然语言处理(NLP)的智能客服系统在提升用户交互体验中的应用潜力[6]。在数据管理与安全领域, 区块链技术因其去中心化、不可篡改和可追溯的特性, 被广泛应用于能源交易和用户数据隐私保护[7] [8], 如鲁恒聪提出的基于区块链的分布式能源交易框架有效提升了交易透明度和安全性[9]。物联网(IoT)作为连接物理世界与数字世界的桥梁, 其部署的深度与广度是实现电网状态全面感知和实时响应的基础。边缘计算(Edge Computing)与 IoT 的结合, 为解决偏远地区网络延迟、实现本地化快速响应提供了有效路径, 相关研究如王瑞等展示了其在配电网故障快速定位中的优势[10]。数字孪生(Digital Twin)技术则通过构建物理系统的虚拟映射, 为电网规划、运行模拟和服务流程仿真提供了强大的平台。宋瑞凯等利用数字孪生对城市配电网进行动态建模, 优化了资源配置和故障应对策略[11]。

然而, 尽管技术在快速发展, 供电服务质量的优化在数字智能环境下仍面临诸多瓶颈。现有研究与实践表明: 首先, 技术与人员能力的适配性不足仍是关键障碍。供服人员对新兴智能系统的掌握程度直接影响服务效率, 而传统培训模式难以满足快速迭代的技术需求。其次, 服务供给与用户需求之间存在显著断层。通用化数字平台难以覆盖多元用户群体(如老年人、偏远地区用户), 数字鸿沟问题凸显, 缺乏个性化的智能导引和界面自适应能力。最后, 传统的服务管理制度缺乏智能技术的深度赋能, 难以高效处理海量数据、精准识别服务痛点并进行动态优化决策。现有文献虽在单项技术应用上有较多探索, 但在如何系统性地整合 AI、区块链、IoT 与数字孪生等核心技术, 协同解决人员适配、需求匹配与管理优

化等综合性问题, 以全面提升数字智能环境下的供电服务质量方面, 仍缺乏深入和可落地的框架性研究。

基于此, 本文的研究目的在于: 针对当前数字智能环境下供电服务质量提升所面临的供服人员技术适配性不足、用户需求与数字服务断层以及管理制度缺乏技术赋能等核心问题, 提出一套深度融合人工智能、区块链、物联网与数字孪生等关键技术的系统性优化方法。

2. 数字智能化环境电力供电服务质量优化的必要性

根据国家能源局数据, 2023 年我国城市电网供电可靠率达 99.976%, 但数字化转型对服务质量提出了更高的要求[12]。当前, 5G、AI、数字孪生等技术已广泛应用于电网运维, 例如全息数字电网通过物理数据与数字模型的实时映射, 将事故处理效率提升 10% [13]。随着党的二十大报告指出“要推动战略性新兴产业融合集群发展, 构建人工智能等一批新的增长引擎, 加快发展数字经济, 促进数字经济和实体经济深度融合, 打造具有国际竞争力的数字产业集群”, 不断提出绿色低碳、智能智慧、高效节约等方面科技创新技术与相关政策是国家战略的重要组成部分, 是未来国际竞争的焦点和经济发展的新引擎。

然而, 随着《“十四五”数字经济发展规划》明确提出“深化能源领域数字化转型”[14], 电力企业亟需通过技术创新解决服务标准化不足、区域服务能力差异大等痛点, 实现从“被动响应”到“主动预测”的转变, 为构建新型电力系统提供技术支撑。故此, 为打造全生命周期成本和少人化、数字化、无人化运营等创新管理模式, 提供更加安全绿色、智能高效的电力环境, 助力城市用电高质量发展, 提出电力供电服务质量的优化方法十分重要。

3. 数字智能环境下供电服务质量存在问题

3.1. 供服人员技术适配性不足

企业供电服务工作人员无法及时适应数字智能电力供服环境。此类问题并非个别工作人员的操作或对接等业务失误所导致, 而是随着数字智能技术的不断发展, 电力供电服务相关业务对接的规模和复杂程度不断增加, 对于供电服务质量的要求也日益增长, 最终致使电力供电服务质量产生了新的标准, 在这一环境下, 电力供电服务的要求与流程较传统供服业务变得更加多元化、复杂化。现有培训体系缺乏对 AI、大数据等技术的深度融入, 导致供服人员对智能工单系统、故障诊断算法的操作能力不足。例如, 某省电网统计显示, 仅 32% 的基层人员能熟练使用数字孪生平台进行故障模拟[15]。供服人员无法及时熟练掌握并运用数字智能软件, 这也致使企业供服人员面临着巨大的挑战, 当数字智能化电力供服软件存在更新升级、功能添加与去除、后台修整、客服热线占线、网络延迟等情况时, 企业供服人员不能全面掌握数字智能化电力供服软件应用方面的更新迭代和数字智能化电力供服软件后台崩溃、网络延迟等带来的问题, 可能要重新学习使用方法与客户对接处理方式, 直接或间接增加了公司供服人员的工作难度, 导致供服工作人员无法保证对接用户的服务质量, 严重影响应急响应效率。

3.2. 用户需求与数字服务断层

用户的供电业务需求无法满足。随着数字智能化技术的不断发展, 将其应用到供电服务业务之中, 可以有效降低用户办理业务的时间成本与精力成本。然而, 高速发展的数字智能化电力业务并非完全满足用户的供电业务办理需求。偏远地区用户因数字鸿沟难以适应线上服务, 而现有业务平台缺乏智能引导功能。以“网上国网”App 为例, 其通用化界面设计未针对老年用户优化, 导致操作失败率高达 40%, 凸显技术普惠性不足; 同时企业供服工作人员在遇到软件的更新升级、网络延迟、系统崩溃等技术与政策问题时无法及时进行线上合理操作, 且碍于政策与制度只能通过线上办理的硬性要求, 致使用户业务办理进退两难。对于电力企业而言, 供电服务的办理业务与解决问题的方式与质量非常重要, 问题解决的不及时, 用户的抱怨就会接连而至, 由于数字智能化业务办理渠道不够灵活造成用户情绪激化, 无法

满足用户的供电服务业务需求, 最终造成投诉等其他严重后果。

3.3. 管理制度缺乏技术赋能

传统管理制度依赖人工审核与经验决策, 难以应对海量用户数据的实时分析需求。在数字智能化发展迅速的环境下, 电力企业供电服务质量的管理制度也在不断修正, 但目前仍存在供服质量管理制度完善度低、针对性不明确、灵活度不高等问题, 例如, 某市级供电企业统计表明, 因缺乏智能分类算法, 72%的低优先级工单挤占资源, 而关键问题平均响应延迟超 4 小时。如此说明, 现有的服务质量管理制度无法“智能化”约束和解决用户业务办理所遇到的问题, 在海量用户反馈的洪流中, 会耗费大量资源在解决低优先级或重复问题上, 还可能错失将潜在严重问题扼杀在萌芽状态的宝贵时机[4]。在问题发生初期, 服务质量管理制度只能停留在讨论业务对接供服人员的责任和原因阶段, 未能第一时间处理数字智能供服方式带来的问题, 部分用户反馈的问题长期处于未闭环状态, 即问题提出后未得到彻底解决或反馈确认, 这直接影响了整体用户反馈的闭环效率与满意度。

4. 数字智能环境下供电服务质量优化方法

4.1. AI 驱动的智能化培训与辅助系统

虚拟现实(VR)沉浸式培训: 构建基于数字孪生的电网故障模拟场景, 供服人员可通过 VR 设备进行沉浸式操作训练, 结合 AI 实时反馈操作误差, 将技能掌握周期缩短 50%。

智能知识图谱辅助决策: 利用自然语言处理(NLP)技术整合历史工单与解决方案, 生成动态知识库。供服人员可通过语音交互快速获取故障处理建议, 提升问题解决效率。

4.2. 区块链与自适应业务平台

去中心化服务认证: 采用区块链技术记录用户业务办理流程, 确保数据不可篡改, 同时通过智能合约自动核验用户身份, 减少人工审核环节。

界面自适应优化: 引入 AI 视觉算法识别用户操作习惯, 动态调整 App 界面布局。针对老年用户, 自动放大字体并简化流程, 降低操作复杂度。

4.3. 物联网与边缘计算协同响应

分布式边缘节点部署: 在偏远地区部署边缘计算设备, 实现本地化数据预处理。结合 LoRa 无线通信技术, 确保网络延迟低于 50 ms, 提升离线业务处理能力。

预测性维护系统: 通过 IoT 传感器实时采集设备状态数据, 利用 LSTM 神经网络预测故障概率, 提前生成维护工单, 将计划外停电减少 30%。

4.4. 数字孪生与动态质量评估模型

全生命周期服务仿真: 基于数字孪生技术构建供电服务动态模型, 模拟用户需求波动与服务资源分配, 优化人力资源配置。

多维度质量评估体系: 采用模糊综合评价法, 结合用户满意度、响应时长等指标, 通过机器学习动态调整权重, 生成服务质量改进优先级列表。

5. 挑战与局限性

5.1. 技术层面

多种前沿技术的深度融合对系统兼容性与稳定性提出了极高的要求。人工智能算法的决策“黑箱”

问题可能影响故障诊断的透明度和可信度；数字孪生模型的构建高度依赖精确、海量的实时数据，任何数据失真都可能引致模拟与决策偏差；区块链技术的引入在保障安全与可信的同时，也带来了交易处理效率与存储成本的挑战。

5.2. 经济层面

方案的实施涉及高昂的初始投入。边缘计算节点的广泛部署、IoT 传感网络的铺设、VR 培训设施与数字孪生平台的构建均属于资本密集型投资。对于部分区域供电企业而言，其成本效益需在长期运营中才能显现，这为方案的普及带来了经济性门槛。

5.3. 安全与管理层面

数据隐私与网络安全是核心关切。物联网设备与业务平台收集了海量用户数据，面临着被恶意攻击与泄露的风险，需建立贯穿数据全生命周期的加密与脱敏机制。同时，新技术的引入将深刻改变传统组织架构与工作流程，可能面临内部人员因技能迭代或职责重构而产生的阻力，管理制度的适应性变革至关重要。

6. 结语

本文从技术创新视角提出数字智能化供电服务质量优化方案，通过 AI、区块链、IoT 与数字孪生等技术的深度融合，实现服务流程重构与效率跃升。未来需进一步探索量子计算在电网优化中的应用，并建立跨区域技术协作机制，以持续推动电力服务高质量发展。

参考文献

- [1] 冯磊, 洪晔, 秦永亮, 等. 大语言模型安全评估技术在新型电力系统中的应用思考[C]//《信息安全研究》杂志社. 2025 网络安全创新发展大会论文集. 北京: 国网思极网安科技(北京)有限公司, 2025: 5-8.
- [2] 吕佳芮, 张梁燕. 数智化转型下的供电分级服务方案[J]. 销售与管理, 2025(10): 9-11.
- [3] 赵冉, 宋培泽. 基于数据驱动的“两横两纵”配电网运行管理体系研究与实践[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2024, 27(4): 29-33.
- [4] 江丽丽, 李艳平, 何雪, 等. “双碳”目标下电力行业低碳转型模式研究综述[J]. 高科技与产业化, 2025, 31(6): 65-67.
- [5] 胡晓程. 基于人工智能的智能制造系统优化与应用研究[J]. 信息与电脑, 2025, 37(7): 53-55.
- [6] 毕然. 基于智能化营销视角的电力营销管理优化路径研究[J]. 企业改革与管理, 2025(11): 106-108.
- [7] 郑志祥, 高梦宇. 基于物联网的光伏发电远程监控管理系统设计[J]. 物联网技术, 2025, 15(14): 80-82.
- [8] 黄康桥. 新型储能产业发展问题分析及政策建议研究[J]. 储能科学与技术, 2025, 14(7): 2617-2624.
- [9] 鲁恒聪. 基于区块链的分布式能源多主体交易决策及平台研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学(北京), 2021.
- [10] 王瑞, 曹婧. 人工智能技术在配电网故障快速定位与恢复中的应用研究[J]. 张江科技评论, 2024(9): 64-66.
- [11] 宋瑞凯, 杜松怀, 夏越, 等. 天然气管网动态等效电路模型及其在电-气耦合系统动态仿真中的应用[J]. 高电压技术, 2025, 51(2): 890-902.
- [12] 赵紫含. 企业发行绿色债券的动因及效果研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海大学, 2024.
- [13] 王轶辰. 数字化推动电力行业变革[N]. 经济日报, 2023-05-15(006).
- [14] 黄书杰. 优质供电服务赋能乡村振兴[J]. 农村电工, 2024, 32(10): 8.
- [15] 高华. 电改形势下的供电服务管理模式探究[J]. 中外企业家, 2019(17): 51.