

大数据技术下电力交易平台架构及关键技术研究

范 劼 凌天竹

湖南澧水流域水利水电开发有限责任公司 湖南 长沙 410000

摘 要：针对当前电力交易平台存在省间壁垒、数据处理能力薄弱、智能化水平不足等问题，本文结合大数据及区块链、数字孪生等关联技术，研究电力交易平台架构设计与关键技术。构建云-边-端三级协同架构，明确各层级功能定位，研发数据处理、智能决策、安全防控等核心技术，实现电力资源跨区优化配置与交易全流程高效管控，为全国统一电力市场建设提供技术支撑，助力电力市场化改革与能源绿色转型。

关键词：大数据技术；电力交易平台；架构；关键技术

引言：随着电力市场化改革深入与“双碳”目标推进，全国统一电力市场建设迫切需要突破区域限制与技术瓶颈。当前电力交易数据海量增长、类型多元，传统平台难以适配实时交易与协同调度需求。大数据技术具备海量处理、多源融合优势，为电力交易平台升级提供可能。本文聚焦大数据技术在电力交易平台中的应用，设计合理架构、研发关键技术，解决现存痛点，推动电力交易高效化、智能化、公平化发展。

1 相关理论与技术基础

1.1 电力交易相关理论

(1) 电力交易核心内涵与分类：电力交易是电力商品在不同主体间的流转与定价过程，核心是实现电力资源优化配置。主要分为三类，中长期交易是电力交易的主体，以年度、月度交易为主，保障电力供应稳定性；现货交易聚焦实时电力平衡，按实际发电供电需求即时结算，提升资源利用效率；辅助服务交易为电力系统安全稳定运行提供支撑，涵盖调频、调峰等服务。(2) 全国统一电力交易平台核心需求：核心是打破区域限制，实现电力资源跨区高效流动，满足跨区协同调度需求；适配发电企业、电网企业、用户等多主体的交易诉求，提供便捷高效的交易服务；强化风险防控，规避价格波动、履约违约等风险，保障交易公平公正。(3) 电力交易平台发展瓶颈：目前存在明显省间壁垒，区域间交易规则不统一，阻碍电力跨区优化配置；技术支撑不足，部分平台数据处理能力薄弱，难以适配海量交易数据，且智能化调度水平较低，影响交易效率。

1.2 大数据相关技术

(1) 大数据核心技术特征：具备海量数据处理能力，可高效处理电力交易中的海量用户、发电、调度数据；支持多类型数据融合，整合结构化与非结构化数据，挖掘数据深层价值；拥有高速数据传输能力，保障

电力交易数据实时同步，支撑即时交易决策。(2) 核心大数据技术：Hadoop分布式架构为海量电力数据提供存储与计算支撑，保障数据安全可靠；数据挖掘技术可分析交易规律、价格走势，为交易策略制定提供依据；流式计算技术实现交易数据实时处理，提升交易响应速度^[1]。(3) 大数据技术在电力领域的适配性：针对电力数据“5V”（海量、高速、多样、真实、价值）特征，大数据技术可实现海量电力数据的高效存储与处理，适配多类型电力数据融合需求，挖掘数据价值，为电力交易优化提供技术支撑。

1.3 关联支撑技术

(1) 区块链技术：通过去中心化存储实现电力交易数据可信存证，确保交易记录不可篡改，提升交易透明度，规避交易欺诈风险，保障多主体交易公平。(2) 数字孪生技术：构建电力市场数字孪生模型，实现电力市场运行仿真，可推演不同交易策略的效果，为交易决策提供科学依据，提升交易合理性。(3) 边缘计算技术：在电力终端部署边缘节点，实现终端交易数据就地处理，减少数据向云端传输的压力，降低传输延迟，保障交易数据实时性。

2 大数据技术下电力交易平台架构设计

2.1 平台架构设计原则与目标

(1) 设计原则：以合规性为首要前提，严格遵循电力交易行业法规与监管要求，规范交易流程与数据管理；坚持可扩展性，预留接口与升级空间，适配未来市场发展与业务拓展；强化安全性，通过加密、权限管控等手段保障数据与系统安全；注重协同性，实现平台内部及跨区域、多主体协同；追求高效性，依托大数据优化流程，提升交易与决策效率。(2) 设计目标：打破数据孤岛，实现全环节数据互通与共享；依托大数据分析实现交易智能撮合与策略优化；构建全方位风控体系，

确保交易风险可控；突破省间壁垒，实现电力资源跨区域协同调度与交易，助力全国统一电力市场建设。

2.2 平台总体架构设计

(1) 云-边-端三级协同架构整体框架：基于大数据技术构建云-边-端三级协同架构，形成“端侧采集、边侧处理、云侧管控”的闭环体系。端侧部署各类采集终端，实现基础数据实时采集；边侧搭建边缘节点，对终端数据进行就地处理，降低传输压力；云侧构建云端平台，实现全局数据汇聚、管控与调度，三者协同联动，保障平台高效运行^[2]。(2) 各层级核心定位：端侧聚焦数据感知，部署在发电、输电、配电、用电及储能等环节，采集电力产量、负荷需求、交易订单等多类型数据，为平台运行提供基础数据支撑；边侧承担实时处理职责，对端侧采集的海量数据进行筛选、清洗与初步分析，筛选有效数据并同步至云侧，减少无效数据传输；云侧负责全局调度，实现数据集中存储、深度分析、业务管控与决策支撑，统筹跨区域交易协同与平台整体运行。

2.3 平台各层级详细设计

(1) 数据采集层：覆盖“源-网-荷-储”全环节，部署智能采集终端与传感器，采集发电出力、电网传输、用户负荷、储能充放电及交易订单等多类型数据，实现全维度数据归集，为后续环节提供基础支撑。(2) 数据治理层：针对采集的异构数据，开展清洗、转换、融合等治理工作，剔除异常数据、统一数据标准，构建标准化电力交易数据湖，确保数据准确、完整、可用。(3) 核心业务层：涵盖交易全流程核心业务，交易撮合模块依托大数据算法实现供需精准匹配；合同管理模块实现合同全生命周期管理；计量结算模块精准核算交易费用；跨区交易协同模块实现省间交易流程衔接^[3]。(4) 应用服务层：提供多元化智能服务，包括支撑交易决策的智能分析、防范风险的预警系统、研判市场的分析模块，以及直观呈现数据的可视化展示功能。如表1。

表1 平台各层级核心功能汇总表

平台层级	核心功能	核心技术支撑
数据采集层	“源-网-荷-储”全环节数据采集、多类型数据归集	智能采集终端、传感器技术
数据治理层	数据清洗、转换、融合，构建电力交易数据湖	大数据融合、数据标准化技术
核心业务层	交易撮合、合同管理、计量结算、跨区协同	大数据算法、协同调度技术
应用服务层	智能决策、风险预警、市场分析、可视化展示	大数据分析、可视化技术

2.4 平台接口与标准化设计

(1) 内部接口：设计各层级、各模块间的数据交互接口，实现数据采集层与治理层、治理层与核心业务

层、核心业务层与应用服务层的无缝衔接，确保数据实时同步、指令高效传递，保障平台内部协同运行。(2) 外部接口：重点设计与电网调度系统、碳交易市场平台、各区域电力交易平台的对接接口，实现数据互通与业务协同，支撑跨区域交易、碳电协同等场景，提升平台兼容性与开放性。(3) 标准化规范：严格遵循电力行业技术系统“四统一”（统一标准、统一规范、统一平台、统一管理）要求，统一数据编码、数据格式及接口标准，确保平台与外部系统、各区域平台的互联互通，提升平台标准化水平与可扩展性。

3 大数据技术下电力交易平台关键技术研发

3.1 电力交易大数据处理技术

(1) 多源异构数据融合技术：针对电力交易中结构化数据（交易订单、计量数据、价格数据）与非结构化数据（气象数据、设备运维日志、政策文本）的差异，研发协同处理技术，通过数据标准化映射、特征提取与融合算法，消除数据异构性，实现多类型数据的统一整合，为后续分析决策提供全面、连贯的数据支撑，解决传统数据孤立、无法高效复用的问题。(2) 海量数据存储与检索技术：基于Hadoop分布式架构进行优化升级，采用HDFS分布式文件系统实现海量电力交易数据的安全存储，结合HBase数据库提升数据读写效率，设计分层存储策略，对热点交易数据、历史归档数据进行分类管理，同时优化检索算法，实现海量数据的快速查询、精准定位，满足平台对数据存储容量与检索效率的双重需求^[4]。(3) 实时流式数据处理技术：适配电力交易高频次、高实时性的数据处理需求，采用Flink、Spark Streaming等流式计算框架，构建低延迟数据处理管道，对端侧、边侧实时采集的交易数据、负荷数据、新能源出力数据进行即时处理、分析与反馈，确保交易决策、风险预警等业务能够快速响应，保障平台实时交易的顺畅运行。

3.2 电力交易智能分析与决策技术

(1) 新能源出力预测技术：融合物理引导神经网络与大数据技术，结合气象数据、新能源设备运行数据、历史出力数据，构建高精度预测模型，兼顾物理机理与数据规律，有效降低风速、光照等不确定因素对预测结果的影响，提升风电、光伏等新能源出力预测的准确性，为电力供需平衡与交易撮合提供科学依据。(2) 电价预测技术：研发多模态数据融合的电价波动预测模型，整合电力供需数据、新能源出力数据、煤炭价格数据、宏观经济数据等多维度信息，通过深度学习算法挖掘数据间的关联关系，精准预测短期、中长期电价波动

趋势,帮助交易主体规避价格风险,优化交易决策,提升交易收益。(3)智能交易策略优化技术:基于深度强化学习算法,构建多目标博弈优化模型,综合考虑交易收益、风险控制、履约率等多个目标,模拟不同交易场景下的博弈过程,自动优化交易策略,实现交易主体利益最大化与电力资源优化配置的双重目标,适配复杂多变的电力市场环境。

3.3 平台安全与风险防控技术

(1)数据安全技术:构建全方位数据安全防护体系,采用对称加密与非对称加密相结合的方式,对交易数据、用户信息等敏感数据进行全流程加密存储与传输;建立精细化访问控制机制,基于角色分配操作权限,防止数据泄露、篡改;引入区块链技术实现数据可信溯源,确保交易数据全程可追溯、不可篡改,保障数据安全与交易公平。(2)交易风险防控技术:研发全流程交易风险监测系统,实时采集交易全环节数据,建立风险评估指标体系,对价格波动、履约违约、市场操纵等风险进行精准识别与动态监测;构建智能异常预警模型,针对异常交易行为、数据异常波动及时发出预警信号;建立交易主体信用评价体系,依托大数据分析交易履约情况,实现信用分级管理,降低交易风险^[5]。(3)网络安全防护技术:采用零信任架构,打破传统网络边界防护模式,实现“永不信任、始终验证”,对所有访问请求进行严格身份认证与权限校验;部署入侵检测与防御系统,实时监测网络攻击行为,及时拦截恶意访问、病毒入侵等安全威胁;定期开展网络安全漏洞扫描与修复,保障平台网络环境安全稳定,防范网络攻击对交易业务的影响。

3.4 平台协同与自动化交易技术

(1)跨区域交易协同技术:突破省间交易壁垒,研发跨区域数据互通与业务协同技术,统一跨区域交易规则与数据标准,实现各区域交易平台的数据同步、流程衔接与业务协同;构建跨区域电力资源优化调度模型,结合大数据分析实现跨区域电力供需匹配,提升电力资

源跨区配置效率,推动全国统一电力市场建设。(2)智能合约技术:基于区块链技术研发电力交易智能合约,将交易双方的权利义务、交易价格、履约条件等核心条款进行代码封装,实现交易策略自动化执行、履约情况自动监测与违约自动追责,减少人工干预,降低交易成本,提升交易履约率,保障交易流程的公平、高效、透明。(3)虚拟电厂协同交易技术:研发分布式资源聚合与交易适配技术,将分布式电源、储能设备、可调负荷等资源聚合形成虚拟电厂,通过大数据技术实现虚拟电厂内部资源的协同调度与优化配置;设计虚拟电厂与电力交易平台的对接机制,实现虚拟电厂参与电力交易的便捷化、规范化,充分挖掘分布式资源的价值,提升电力系统灵活性。

结束语

本文完成了大数据技术下电力交易平台架构设计与关键技术研发,构建的三级协同架构的有效打破了省间壁垒,核心技术解决了数据处理、智能决策等核心痛点,提升了电力交易效率与资源配置水平。研究仍存在部分不足,未来可结合新型电力系统建设,优化技术算法、拓展业务场景,推动平台与碳交易、虚拟电厂深度融合,为电力市场化改革持续提供可靠的技术支撑与实践参考。

参考文献

- [1]黄靖茵,黄康乾,等.基于电力交易平台大数据的多区域电价预测研究[J].电气应用,2020,(9):147-148.
- [2]李梦婷.基于大数据技术的电力交易平台的研究[J].产业经济,2021,(7):92-94.
- [3]徐琳.基于电力交易平台大数据的多区域电价预测研究[J].建筑技术科学,2021,(1):39-43.
- [4]杜龙,张志翔.大数据技术在电力市场交易中的应用[J].自动化技术与应用,2019,38(10):60-66.
- [5]武春艳.基于大数据技术的电力交易平台的研究[J].建筑技术科学,2021,(8):112-115.