

基于可信数据空间下电力交易运营体系构建

阮威海 高波 侍坤 李海勃

南京南自华盾数字技术有限公司 江苏南京 210000

摘要: 在新型电力系统与数字化能源体系快速发展的背景下, 电力交易方式出现多场景、多主体、多结构化表达趋势, 传统集中式交易模式在隐私保护、数据可信流通、多方协同治理和业务创新能力方面逐渐显现局限。可信数据空间技术以分布式身份验证、可信计算、隐私保护计算和数据确权机制为基础, 为电力市场交易体系构建提供了安全可信的数据共享模式。本文基于可信数据空间理念, 从交易体系结构演化、可信机制构建、多场景交易方案以及运行治理体系设计等角度展开研究, 提出面向未来电力市场的可信交易运营体系框架。研究表明, 可信数据空间可显著改善交易参与主体间的数据孤岛问题, 提高交易协同效率, 并在电力现货市场、多能互补市场、分布式交易场景和碳配额衍生交易系统中发挥关键作用。构建以可信数据流通为核心的电力交易运营体系, 有助于推动电力市场走向开放共享、可验证和可监管运行, 为新型电力系统运营模式创新提供理论与技术支持。

关键词: 可信数据空间; 电力交易; 数据治理; 数字能源; 运行体系

引言

电力市场改革不断深化, 交易机制由计划式交易向市场化、多边协同、实时响应的动态机制演化。在风电、光伏等新能源接入比例增加和灵活负荷参与度提升的背景下, 与交易相关的数据类型呈现碎片化、多来源、多尺度、多权限特征。不同市场主体之间存在数据壁垒、可信程度差异和隐私保护要求, 使传统数据共享机制难以适配新型交易需求, 市场运行中存在信用评估难、交易定价不透明、监管协调不足和系统可追溯性弱等问题。可信数据空间作为一种面向跨主体共享的数字基础设施, 可通过可信身份体系、访问控制、隐私保护计算和可验证交易机制, 构建面向未来电力市场的新型数据治理模式。基于此背景, 研究可信数据空间下的电力交易运营体系, 对推动能源数据治理、促进能源数字经济的发展具有重要意义。本研究旨在探索可信数据空间

作者简介:

阮威海, 1996.12.15, 男, 壮, 广西南宁, 初级职称, 学士, 信息与计算科学;

高波, 1987.10.05, 男, 汉, 江苏徐州, 中级职称, 硕士, 控制理论与控制工程;

侍坤, 1989.06.09, 男, 汉, 江苏宿迁, 中级职称, 硕士, 控制理论与控制工程;

李海勃, 1995.11.05, 男, 汉, 甘肃庆阳, 初级职称, 硕士, 高分子科学与工程。

与电力交易体系深度融合的路径, 提出优化方向与运行技术体系框架。

一、可信数据空间在电力交易体系中的作用机理与价值分析

(一) 数据可控共享机制对多主体协同的支撑价值

在电力市场机制逐步完善及新型电力系统加速构建的背景下, 市场参与主体呈现多样化特征, 涵盖发电企业、电网企业、电力用户、售电公司、虚拟电厂运营商以及监管与结算机构。不同主体掌握的数据类型各不相同, 如实时运行数据、成本与报价数据、用户行为数据、设备运行参数及监管合规信息, 这些数据具有分散性、私密性与利益敏感性, 使得传统集中式数据共享模式面临较高的信任门槛。可信数据空间通过构建统一的主权身份认证体系, 结合精细化访问权限控制、数据标签分类管理、隐私融合技术等机制, 实现“数据可用不可见”的共享模式。即在不暴露原始核心敏感数据的前提下, 支持分析计算、业务协同和决策参与, 从而降低跨组织数据交互与协作的信任成本, 提高交易参与动力, 为灵活响应型和互动型市场运行奠定制度基础。

(二) 可信计算与隐私保护技术保障交易安全性

电力市场交易具有实时性强、数据复杂、模型计算周期短等特点, 传统依赖集中式存储和重复数据交换的技术模式易造成隐私泄露与系统安全风险。可信数据空

间通过联邦学习、多方安全计算、可验证随机函数和零知识证明等关键隐私计算技术，使参与方能够在保持数据分散存储状态下实现联合建模、算法计算和结果共享。在现货交易出清、碳市场定价、需求响应策略生成、电价曲线拟合、电力预测建模以及交易竞价模拟等场景中，计算行为由可信执行环境自动触发并验证，模型协作替代数据集中模式，从而确保交易逻辑公开透明、数据交互可控、安全性可审计。

（三）可追溯与可监管结构提升市场运行秩序

可信数据空间通过链式存证、可信时间戳、智能合约执行记录与审计追踪机制，实现数据从采集、调用到计算结果输出的全过程可追溯。监管机构可实时掌握关键流程，例如报价生成规则、算法执行路径、价格形成机制及交易行为轨迹，从而有效识别恶意投机、价格操纵、虚假报价或违规套利行为。监管方式由传统事后执法升级为“事前预警—事中监督—事后复核”的闭环治理模式，从根本上提升市场运行公正性、透明度和合规性。此外，可验证监管机制还可与碳市场绩效、绿色交易、电能质量评价等领域联动，支撑跨行业监管协同和多市场融合运行。

二、电力交易运营体系架构设计与核心机制构建

（一）基于可信身份体系的市场主体准入机制

可信数据空间的运行首先依托统一的可信身份体系，以数字证书、区块链身份标识（DID）或密码学身份绑定方式构建唯一可信身份映射，实现市场主体的真实、可验证与不可伪造身份注册。在准入环节，通过法律效力绑定的数字签名体系，可确保主体身份、注册资格、市场角色及经营权限在技术层面与法规体系双重保障下完成确认。同时，该体系可支持市场主体信用等级管理、行为记录追踪与风险识别，实现交易信用从人工审查向自动化、可量化、可复核模型演进，有效降低虚假交易、违规参与与信用欺诈行为风险，为电力现货、绿证交易、分布式能源市场及碳市场构建可信参与基础。

（二）基于数据授权与访问控制的交易策略执行模型

在交易执行过程中，可信数据空间通过建立可细粒度的数据授权体系，实现对数据使用权限、访问范围、数据生命周期和敏感级别的动态管理。数据使用行为可由访问控制智能策略进行管理，包括访问前审批、应用过程溯源、事后可验证审计等机制，从而确保数据使用符合行业规范与用户授权边界。交易策略的执行依托智能合约完成，其核心功能包括规则自动调用、参数可信

对齐、交易行为校验及执行过程透明化。智能合约可替代传统人工审核，实现不依赖第三方的自动化执行机制，使全过程在既定规则内完成，从而确保市场交易逻辑可验证、执行过程可审计、最终结果可复现。

三、可信数据空间驱动下多场景电力交易模式演进路径

（一）现货市场中的实时交易与可信结算机制

在新型电力系统建设背景下，现货市场已成为电力价值体现的重要载体，其交易价格高度依赖实时负荷水平、电源出力预测精度、电网运行状态及用户侧响应行为。传统市场中，由于数据来源分散、透明度不足及计算模型不可验证，容易出现价格偏离、信息不对称等风险。可信数据空间的引入可通过统一数据标准、可信数据接口、链式存证与可验证计算机制，实现电力相关数据的实时可信采集与共享，使交易过程可计算、可验证、可追溯。例如在出清计算环节，可信计算环境可确保算法在监管认可模型内运行，输出结果无法被人为干预，从而保障成交价格真实反映供需关系，提高市场效率与公平性，促进现货价格信号在用户侧形成激励效应。

（二）分布式能源交易与点对点能源交互模式探索

随着分布式光伏、户用储能、智能电表、电动汽车充储基础设施等快速普及，能源生产和消费边界正在由单向流动转向双向交互，用户逐步演变为“产消者”。可信数据空间可在身份认证、资产确权、能源计量与交易执行等环节提供统一可信框架，使多主体能源交易不依赖中心化平台即可完成对等撮合与验证结算。在区域级能源互联网场景下，用户可基于可信数据进行动态供需匹配，实现能源共享、虚拟电厂协同调度、储能优化参与及需求侧响应激励机制落地，推动分布式能源从“本地自用”走向“交易可行、结算可信、治理可控”的发展模式。

（三）碳市场衍生交易体系构建

可信数据空间还可进一步拓展能源交易边界，与碳市场机制深度融合。通过碳排放过程可信记录、排放数据确权、碳资产登记、核查与智能审计机制，可形成统一可信碳数据底座，为配额交易、碳信用交易与绿色电力交易等衍生机制提供支撑。随着电力现货市场、绿证机制及碳市场协同运行，可信数据空间能够实现跨市场数据互联互通，推动碳足迹计量、电碳耦合结算与绿色价值定价体系建设，为“双碳”目标实现提供数字治理基础。

四、可信电力交易体系运行治理框架与实施路径

(一) 运行治理体系与责任机制分层设计

可信交易体系的运行治理需要遵循架构清晰、边界明确和权责透明的原则，构建能够支撑长期演进和动态适配的治理体系。根据电力交易场景中参与主体多、数据类型复杂、合规要求严格等特点，可从协议层、数据层、交易层和监管层进行分层治理体系设计。

协议层作为底层运行逻辑与安全框架基础，负责制定技术标准、通信协议、权限框架、数据格式规范以及跨平台互认规则，是确保体系可互通、可执行的制度约束基底。数据层聚焦数据可信性保障，包括数据存证、隐私控制、数据生命周期管理与可验证访问机制，通过数据加密、分布式身份、可信执行环境以及链式审计等方式实现“数据可用不可见”，从而提升数据可信共享能力。

交易层是实际执行载体，包括身份认证、行为验证、交易激励、违约管控与规则执行等内容。智能合约在该层扮演关键角色，实现无需人工干预的自动执行与一致性验证。监管层则作为治理顶层，负责行为合规评估、风控机制运行、异常事件处理与例外治理机制建设，通过制度化框架确保系统运行安全有序。各层通过接口协议、数据回流机制和反馈闭环实现联动，使系统具备自治性、动态调整能力和可持续演进能力。

(二) 监管协同与可信算法模型评价体系建设

在可信交易体系中，算法不仅承担价格形成、风险识别、结算验证、预测响应等关键任务，更直接影响市场运行公平性与系统透明度。因此，算法治理能力是决定体系可信度的核心要素。为实现可监管、可验证和可追溯运行模式，可引入监管沙箱机制，在受控实验环境中对算法进行压力测试、风险分析、行为模拟和政策兼容性验证，确保算法应用前可解释、可量化、可验证。

同时，应建立可信算法评价体系，从解释性、稳健性、公平性、安全性、抗操纵性和运行一致性等维度进行综合评估，避免算法黑箱、偏见决策或系统性风险放大。在运行阶段，可通过区块链审计机制、自动化合规检验、模型行为侧写与多级追踪机制实现全流程监督。监管模式由传统事前合规审核，向“事前验证—事中监测—事后追溯”的动态协同治理模式演进。

最终，通过监管机构、市场参与方、技术服务主体和规则执行系统的协同机制运行，可形成制度化、可验证的治理保障体系，使可信交易环境不仅具备技术可信特征，还具备制度可信与行为可信属性。

结语

可信数据空间为电力市场体系建设提供了新的技术基础和治理范式，使电力数据在共享过程中兼具可控性、安全性与可信性。其应用不仅提高了交易数据质量与交互效率，还推动市场运行机制从依赖集中管控向可验证、自动执行、自主协作的智能化体系转变。随着现货市场、分布式能源交易、虚拟电厂调度及电碳协同机制不断推进，可信数据空间将成为支撑能源要素流通的重要基础设施。

未来，需要进一步研究跨区域监管协同框架、跨行业数据治理标准体系以及可信算法审计机制，确保系统在复杂能源交易场景下具备可扩展性、法规一致性与运行安全性。同时，应加强与人工智能、区块链、数字孪生技术融合应用，使可信电力交易体系在更多能源应用场景中实现落地，推动能源数字经济生态形成，助力新型电力系统智能化与高效运行。

参考文献

- [1] 晋健, 陈焱, 严谨, 等. “一体两翼 双轮驱动”一体化运营管理改革实践[J]. 企业家, 2024, (S2): 284-285.
- [2] 赵颖涛. 多品种耦合电力市场下虚拟电厂的交易机制研究[J]. 煤炭经济研究, 2024, 44(11): 146-151. DOI: 10.13202/j.cnki.cer.2024.11.008.
- [3] 尹旋, 司良奇, 金一丁, 等. 省间中长期市场连续运营下考虑耦合安全约束的电力交易联合优化出清模型[J]. 电网技术, 2024, 48(10): 4135-4145. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2024.0325.
- [4] 郭志刚, 汪弩. 基于分时电价测算的电力市场交易运营研究[J]. 微型电脑应用, 2024, 40(08): 240-242+246.
- [5] 聂江洪, 甘凌, 陈念斌, 等. 基于区域特性的新能源现货交易策略研究[J]. 水力发电, 2024, 50(12): 87-93+104.