

能源电力行业数据要素定价研究

杨玉颖¹, 凡航¹, 刘敦楠¹, 张祖菡¹, 许珂¹, 范孟华², 吕琛²

1. 华北电力大学, 北京 102206;

2. 国网能源研究院有限公司, 北京 102209

摘要

数据要素作为一种新质生产力能够为社会创造巨大价值。大数据时代, 合理的定价是数据价值变现的关键。数据具有不同于传统生产要素的特性, 已有的定价方法已不再适用。因此, 对数据要素有关内容及定价方法进行概述; 其次考虑我国“双碳”背景下电力数据的特殊性, 对能源电力行业数据要素定价研究进展进行梳理; 最后从问题和发展方向提出能源电力行业数据要素发展趋势。

关键词

定价策略; 定价模型; 数据要素; 电力行业

中图分类号: TP399

文献标志码: A

doi: 10.11959/j. issn. 2096-0271.2025079

Review on pricing of data elements in energy & power industry

Yang Yuying¹, Fan Hang¹, Liu Dunnan¹, Zhang Zuhan¹, Xu Ke¹, Fan Menghua², Lyu Chen²

1. North China Electric Power University, Beijing 102206, China

2. State Grid Energy Research Institute Co., Ltd. (Beijing), Beijing 102209, China

Abstract

Data elements, as a new quality of productivity, can create significant value for society. In the era of big data, equitable pricing of data elements is crucial for realizing value. Given their unique characteristics, distinct from traditional production factors, traditional pricing methods are no longer viable. Therefore, we provide an overview of the relevant contents of data elements and pricing methods. Secondly, we consider the special characteristics of electric power data in the context of China's 'dual-carbon' and summarize the progress of data element pricing research in the energy and electric power industry. Finally, we put forward the development trend of the energy and electric power industry's data elements from the perspective of the problems and the development direction.

Key words

pricing strategy, pricing model, data elements, power industry

0 引言

在“双碳”目标背景下，能源电力行业正加速向低碳化、智能化转型。数据要素作为核心驱动力，其价值评估成为学术界讨论的关键问题。统计数据显示，2023年全球数据交易规模达1 261亿美元，预计2030年将达到3 708亿美元。同时期内，中国数据交易市场规模从1 536.9亿元有望增至7 159亿元。数据交易规模的高速增长与《“十四五”数字经济发展规划》的“双碳”战略部署相契合。与传统生产要素相比，数据要素定价具有显著特殊性，其定价方法的研究对培育数据要素市场具有关键意义。科学的定价机制既能准确体现数据的真实价值，又能加速数据流通与交易，激发市场活力^[1]。目前，已有定价模型尚未成熟且多为静态方法，无法精确反映数据价值。能源电力行业数据来源和应用场景广泛，已有定价方法在该行业领域缺乏适用性和可解释性。为此，本文对数据要素定价内容进行阐述，归纳了能源电力行业数据要素定价研究现状，并对其面临的挑战及发展趋势进行分析和建议，希望能给后续定价机制的研究提供一些参考，从而推动电力行业数据要素定价机制的发展。

1 数据要素定价概述

1.1 数据要素特征

数据作为新型生产要素具备不同于传统生产要素的特征^[2]。基于已有文献研究，白永秀等^[3]将数据要素特征概括为技术和经济两方面：技术特征包括虚拟性、

可复制性、非竞争性、边际成本递减、时效性及多样性；经济特征包括规模经济效益、外部性、产权界定模糊、价值波动大。需要说明的是，数据要素的经济特征在学术界仍存在争议。数据要素与场景具有极强依赖性，当其应用不同场景时极易呈现出相反的经济与技术特性。因此，笔者认为数据要素定价必须将其应用场景考虑在内，建立差异化的动态定价机制。

1.2 数据要素定价对象

关于数据要素定价对象的讨论主要区分哪类数据可作为生产要素。大数据时代，加工处理后的数据主要分为两类：数字产品与数据产品^[4]。前者是指以数字形式存在，通过二进制编码等数字化技术生成、存储、传输的产品，本质是“数字化内容”。后者是通过算法模型、服务终端等技术将数据资源加工成可作为生产要素的产品或服务，本质是“数据价值化”。

1.2.1 数字产品的特征

数字产品（如电子书、软件等）是直接用于消费的最终产品，不属于生产要素。数字产品特征可分为物理特征和经济特征：物理特征包括不可破坏性、可改变性、传播速度快、产品依赖性；经济特征包括个人偏好依赖、成本结构特殊、高附加值、时效性。关于数字产品特征的进一步解释见表1。

1.2.2 数据产品的特征

数据产品可定义为基于数据资源开发的、满足生产要素属性的数字化商品，核心特征体现为要素融合与智能增值。关于

表1 数字产品特征

特征分类	特征名称	解释
物理特征	不可破坏性	数字内容不会因使用损耗,通过版本迭代更新
	可改变性	支持个性化设置
	传播速度快	虚拟数字产品依托网络可实现跨地域、跨用户的实时流通共享
	产品互补性	两种或多种数字产品,只有结合使用才能发挥完整效用
经济特征	个人偏好依赖	其需求和价值高度依赖消费者的主观偏好和个性化需求
	成本结构特殊	固定成本高、复制成本低,边际成本趋于零
	高附加值	通过技术创新或知识密集型生产方式,创造的额外价值
	时效性	使用价值会随时间推移而逐渐降低,尤其是内容性产品

表2 数据产品特征

特征维度	解释	技术实现路径
内容确权	被开发的数据资源产权明晰	区块链存证+智能合约
要素融合	与其他生产要素融合产生协同效用	API标准化
需求导向	具有明确应用场景、满足用户需求	联邦学习架构
智能分析	内置高级分析算法,自动发现数据规律	机器学习流水线
系统集成	将复杂的数据处理流程封装,提供简易界面	微服务容器化

数据产品特征的进一步分析见表2。

需要进一步说明的是，本文认为数据要素定价的对象为数据产品的核心原因有两点。一是数据产品通过加工数据资源形成可交易的商品，实现其价值转化；二是可以与生产要素融合应用，提升产品效能与附加值。因此，在市场中可将数据产品作为商品进行定价。

1.2.3 特征总结

基于波特竞争理论，本节构建数字产品与数据产品的差异化分析矩阵（见表3），阐述并分析二者在数字经济时代中的差异化以及关联性。

二者的关联性体现在3个方面：一是数据产品作为结构化信息资产，为数字产

品的功能更新提供技术支撑；二是两者都依赖数字技术实现其功能，通过数字平台实现其功能价值转化与创造，形成数字生态系统中的共生关系；三是实际应用中两者也体现出一定的技术融合特征（如SaaS系统集成数据分析模块）。需要说明的是，数据产品的核心价值在于其信息熵度量，而数字产品的价值则源自其功能实现度。因此，技术融合并不改变两种产品本身的属性差异。

1.2.4 数据要素定价应用场景

大数据时代，数据定价场景应用涉及多个领域，具体如下。

（1）电力

电力数据体量大且来源广泛，行业中

表3 数字产品、数据产品的差异化

分析维度	数字产品	数据产品
本质定义	数字技术赋能的增值服务载体	数据资产
价值创造	使用价值主导	交换价值主导
技术依赖	5G传输、边缘计算、数字孪生	机器学习、知识图谱、特征工程
应用场景	B2C模式主导	B2B模式主导
流通特性	显性功能交付	隐性知识发现
监管重点	网络安全法、个人信息保护法	数据安全法、要素市场化配置条例
总结概括	用数字技术解决问题	用数据本身创造价值

许多场景涉及对电力数据进行定价。在电力数据交易与共享中，构建合理的定价模型可准确反映数据产品价值，促进数据产品流通。在企业运营管理中，通过将数据价值实现风险和市场供求因素纳入考量，合理评估数据资产价值，为企业数据资产管理和决策提供支撑，推动电力行业数字化转型与发展。在金融服务中，企业可以开发电力期货、期权等多种金融衍生品，金融机构通过购买金融衍生品，分析其包含的电力数据并构建征信指标，对企业信用进行评估。

(2) 医疗

医疗行业通过推进技术、模式、业态和制度创新的协同发展，促进医疗数据的共享、咨询及商业化应用能力快速提升，从而使数字化转型加速发展。栾信海等^[5]针对当前医疗行业需求的核心领域，细分出医疗数据要素价值实现的18个应用场景。

(3) 软件运营

社交媒体软件意图开拓细分市场，构建精准的用户画像。在此过程中，部分用户群体通过软件下载时的授权自愿出让其私人数据，这些数据涵盖个人身份信息、上网浏览记录及其他相关信息等^[6]。数据经纪人也可以用一定的价格从个体用户手

中购得私人数据，随后加价转卖给第三方，这一行为也引发了诸多关于数据安全与隐私保护问题的思考。

(4) 政府数据开发

政府部门拥有海量丰富且极具价值的的数据资源。政府数据依据其敏感性可分为3类：完全开放数据、有条件开放数据及严格保密数据^[6]。政府数据的采集与开发利用均需成本投入。在开发利用这些数据时，需要考量多种因素后再进行数据要素定价。

2 数据交易

2.1 数据交易概述

2.1.1 数据交易流程

数据交易作为数据要素流通与价值实现的基本途径，其定价机制构成了数据市场交易的基础框架。综合学术界“产品交易论”和“服务交易论”两种观点：所谓数据交易是指数据所有者依据法律规定，遵循市场交易规则，与交易方就原始数据、数据产品以及数据服务进行自由交换，互通有无的过程，其属于数据的经济活动范畴^[6]。数据交易市场主要涉及3类主体：数

时，传统成本法无法反映数据产品的潜在价值，其定价有效性受到制约。

(2) 价值因素

数据价值是影响数据产品定价的主要因素。构建数据产品价值评估体系是产品价值评估的必要条件，指标选取应结合数据产品特性以及行业特点。数据价值具有强不确定性、不可预知性和网络外部性特征，其价值与规模、质量、时效性、准确性及应用场景形成动态关联。典型表现为范围经济效应以及技术密集程度与产品质量间存在显著正相关。

(3) 场景因素

场景直接影响数据效用，进而影响数据产品定价。数据产品价值与场景存在强关联性，并且存在根据买家异质性报价的价格歧视策略。不同行业应用场景下数据产品的属性、功能及价值存在差异，其度量方法亦不相同，进而影响数据产品的量化定价。数据产品的场景化定价主要有两种路径：一是业务应用场景的“定制化”定价；二是交易场景的交易机制设计。

2.2.2 数据要素定价的主要原则

数据要素定价要遵循特定原则来保障交易顺利进行。一方面，要遵循收益最大化、公平性、高效匹配等商品一般定价原则；另一方面，需在特定场景与定价模型下，遵循真实性、无套利、保护隐私原则。

(1) 一般性原则

数据产品的复制成本低，其定价模型多遵循收入最大化原则。公平性原则旨在激励卖家出售数据的积极性，确保数据交易平台依据贡献度，将数据交易总收入在所有数据提供者间进行公平分配。高效匹配原则是指定价模型必须精准设定价格，既不能高估也不可低估，以实现买卖双方的

精准对接。

(2) 特定性原则

作为拍卖机制的核心理论，真实性原则要求数据交易中买卖双方均为“经济人”，即追求自身利益的最大化。作为基于查询的数据定价理论中的基础，无套利原则的目的在于防止买家采用非正当方式以小于卖家预设价格购买到数据产品。保护隐私原则是在数据交易的全过程中采用加密、差分隐私等技术来保障敏感信息安全，防止数据隐私泄漏。该原则在隐私含量高的数据交易场景中被重点考虑。

3 数据要素定价

3.1 传统数据资产评估方法与定价模型

中国资产评估协会颁布的《资产评估专家指引第9号——数据资产评估》将数据资产价值评估的核心方法归纳为市场法、成本法和收益法3种基本方法及其衍生评估方法^[10-11]。此前，众多专家学者已围绕传统数据资产评估方法及其衍生评估方法开展了充分研究，涵盖理论分析与实证检验等多个层面，鉴于此，本文将不再着重探讨这一方面。

定价模型是数据要素定价研究领域的热点问题，国内外许多学者基于不同视角提出多种模型。主要的定价模型可归纳为基于信息熵、查询、数据质量、博弈论、机器学习的定价模型。本文对5种定价模型的理论基础、机制、优缺点以及应用场景进行了对比，见表4。

数据资产评估与数据要素定价既相互关联，又存在本质差异。数据资产评估以传统估值理论为基础，对数据资产的内在价值进行静态量化，通过会计入表和内部管理确认其“使用价值”，反映数据资产在

表4 定价模型对比

模型	理论	机制	优点	缺点	场景
信息熵	信息论 ^[12]	基于数据信息熵构建定价函数,量化信息量与不确定性;引入非递减联系函数确保无套利 ^[13]	计算逻辑清晰,可量化数据内在信息价值;支持多数据集联合熵评估	适用范围有限,依赖数据结构的可计算性;未考虑动态市场因素	结构化数据交易
查询	整数线性规划与套利定价理论 ^[14]	以查询请求为定价单元,构建线性规划模型生成最优价格;支持查询束定价与在线机制 ^[15] (如Pride模型)	灵活适配多查询场景;实时反馈交易需求	计算复杂度高;存在价格生成时间复杂度高、未考虑数据贴现时间价值的问题	在线数据库服务、数据仓库查询
数据质量	信息经济学理论	综合质量指标(精度、完整度、冗余度)建立分级映射,结合效用模型或神经网络分类确定差异价格 ^[16]	贴合数据质量对实际价值的影响;支持版本化定价策略 ^[17]	质量维度标准化困难;模型训练依赖标注数据	数据交易平台、企业数据管理
博弈论	非合作博弈、Stackelberg博弈与议价博弈 ^[18-20]	领导者-追随者动态定价模型、供需双方议价Rubinstein模型 ^[21]	动态适应市场供需变化;支持多方利益博弈分析	谈判周期长(议价博弈);对数据内在价值评估不足;复杂场景下均衡解难收敛	双边数据交易平台、数据垄断市场
机器学习	机器学习与隐私保护 ^[22]	通过特征学习预测供需关系,结合Shapley值进行利润分配或差分隐私补偿制定捆绑或差异化价格 ^[23-24]	智能化适配场景特征;实现隐私保护与效用平衡	依赖高质量标注数据;算力与时间成本高;模型可解释性较低	物联网动态数据市场、个性化数据服务

企业内的实际价值和效益。而数据要素定价则基于供需、博弈机制，结合定价影响因素和场景，动态确定数据产品或服务的交易价格，反映数据在市场交易中的“交换价值”，强调数据要素的市场化流通和价值最大化。两者的核心关联在于，评估结果为定价提供一定的价值基础，而定价的市场反馈能够反向修正评估参数，进而构成从“资产确权”到“价值实现”的全周期闭环。

3.2 能源电力行业数据定价政策建设与实践

3.2.1 政策建设

“十四五”期间，我国数据要素流通市场规模快速增长，整体将进入群体性突破的快速发展阶段。近年来，党中央、国务院高度关注数据要素市场化配置改革，连

续出台多项相关政策予以推动。能源电力行业的数据定价政策也逐渐出台，为建设完善数据要素定价机制提供政策支撑，具体政策内容见表5。

2024年政策侧重电力数据交易的规则构建，2025年进一步细化公共数据定价机制，推动新能源电价市场化，逐步形成“数据资产入表-市场化定价-交易闭环”的完整链条，完善数据要素定价机制。

3.2.2 实践建设

我国关于电力行业数据要素市场建设的政策相继出台，以释放数据要素价值为导向，推动数据资源开发利用。电力行业应响应政策发展规划，促使数据生产要素有序流动和交易，让电力数据释放更大价值、发挥更大作用。

2020年，国家电网开展“数字电网”

表5 电力行业数据定价相关政策文件

政策文件	年份	相关内容
《中共中央 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》	2022年	探索数据产权结构性分置制度,建立数据资源持有权、数据加工使用权、数据产品经营权“三权分置”的数据产权制度框架,为包括电力行业在内的数据要素定价等工作奠定了产权制度基础
《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026年)》	2024年	强调数据要素的乘数效应,将电力等12个领域纳入其中,推动电力数据要素的价值挖掘和市场化应用,为电力数据要素定价营造了良好的政策环境
《电力市场运行基本规则》	2024年	国家发展改革委首次修订电力市场运行规则,明确新型经营主体参与市场交易,推动电力数据要素市场化,为电力数据交易提供规则支撑
《电力企业数据产品定价指南》	2024年	由国网上海市电力公司等7家单位负责制定,为电力企业数据产品定价提供基本条件、参与机构、流程、定价方法等方面的指导和建议
《2024年能源工作指导意见》	2024年	提出能源绿色低碳转型目标,深化电力市场化交易机制,间接推动数据要素在电力交易中的定价应用
《关于完善数据流通安全治理 更好促进数据要素市场化价值化的实施方案》	2025年	提出构建数据流通安全治理体系的目标(至2027年),完善数据合规流通机制,为电力数据市场化提供制度保障
《关于建立公共数据资源授权运营价格形成机制的通知》	2025年	明确公共数据(含电力数据)的定价范围、管理权限和收费标准,规定政府指导价格与市场化定价结合的模式,支持产业发展场景收费
《关于深化新能源上网电价市场化改革 促进新能源高质量发展的通知》	2025年	推动新能源上网电价全面市场化,建立“多退少补”差价结算机制,区分存量与增量项目分类定价,促进电力数据与市场供需动态匹配

项目,逐步实现电力生产、传输、配电和用电全环节的数据实时采集。国家电网将海量电力数据分类并制定数据分级分类标准,为数据定价奠定了基础。2023年,中国南方电网参考成本价格法,充分考量影响数据价值实现的多元因素以及市场供求现状,提出能源行业央企首个数据资产定价方法。基于此方法,南方电网在数据资产评估实践中形成五大类相关产品并应用于多个分子公司,推动了数据资产价值实现。同年,浙江大数据交易中心联合专业机构完成全国首单电力行业数据资产市场价值评估,即“双碳绿色信用评价数据产品”评估。该评估创新采用市场法公允价值与成本法参考结合的方式,为数据要素定价提供借鉴。

2024年,南方电网贵州电网公司在贵阳大数据交易所建成全国首个“电力数据专区”,完成全国首笔基于“价格计算器”估价的场内电力数据产品交易,打通了数

据要素流通全环节。2025年,内蒙古电力数字研究公司依据电力数据及应用场景生成“数据资产价值评估”产品并顺利完成首单交易,为信息化科技公司提供8项数据资产评估服务。

近年来,中国南方电网积极响应国家可信数据空间建设,加快数据要素价值共创。中国南方电网联合多家能源企业和科技公司,以“建、管、服、运”为总体框架,以场景应用为牵引,以区块链技术为支持,建设南方能源行业可信数据空间,支持电力数据的安全共享与核验,解决数据要素发展难题。目前,中国南方电网打造的数据空间已在碳监测与碳追踪、换流阀设备性能优化及研发创新、散乱污城市治理、车网互动等多个场景进行了实践探索。

在我国数字经济和实体经济融合背景下,能源行业对发展数据要素展开积极探索,在数据管理机制、数据流通、数据要

素价值释放等方面取得阶段性成果，推动了能源数据要素市场的发展，但也面临数据安全、隐私保护以及要素价值释放不足等问题。如何解决这些壁垒，进一步深化数据要素，仍是能源电力行业关注的焦点。

3.3 能源电力行业数据定价研究

在“双碳”目标驱动下，数据于能源电力行业之重要性愈发凸显。作为一种广域的信息资产，电力数据来源于电力系统的发输变配用各个环节，是实现电力企业转型和价值创造的关键突破口。如何科学地对能源电力行业中的数据要素进行定价，已经成为学术界和产业界亟待解决的问题。本节主要从数据资产价值评估、数据交易定价方法、技术融合与实践3个方面进行阐述。

3.3.1 数据资产价值评估

该领域的现有研究已取得初步进展，形成了涵盖管理框架、资产全生命周期成本模型、多维指标体系及修正成本法等多元评估方法，并在电网企业内部验证了其有效性。

吴泽方^[25]结合资产化管理的核心概念，深入剖析数据资产发展现状并构建管理框架，阐明数据管理与数据资产价值评估之间的内在逻辑，为电力企业构建数据资产管理体系提供理论支撑。但框架设计偏重组织流程，作为静态评估难以量化电力数据分钟级时空动态价值。

于艳芳等^[26]选取了数据数量、管理、质量、应用及风险5个核心维度，作为评估电网企业数据资产价值的关键指标；采用熵值组合赋权法平衡主客观权重并依据MSD原则综合计算，选取模糊综合评价法进一步修正完善；以国家电网为例验证模

型有效性，推进了电力数据资产价值的系统化度量。但其未考虑行业耦合价值维度，无法量化电力数据在跨领域应用中的价值溢出效应。

李菲菲等^[27]考虑数据资产成本与应用效果两大因素，参照固定资产生命周期完善评估指标，结合企业实际运营情况及已有数据统计管理指标体系，通过“层次分析-模糊综合评价法”量化指标权重与综合得分，构建电力数据资产价值评估模型。但模型基于企业视角的评估体系未能适应数据的多种应用场景。

邹贵林等^[28]考虑电力数据成本、风险、社会责任、效用等因素设计价格修正因子，构建两阶段修正成本法定价体系，形成了能源行业首个标准化定价范例，为其他行业数据资产定价提供了参考。但模型主要基于成本侧进行修正，未响应电力市场多主体协同定价的需求。

Song等^[29]基于层次分析法设计涵盖数据质量价值与应用价值的评估指标体系。借助专家评分法计算数据质量价值和应用价值得分，综合评定出数据资产价值，以JSERP系统为例，进一步验证了模型有效性。但指标权重依赖专家评分，存在主观偏差且缺乏普适性。

现有研究虽考虑了电力数据的特性以及价值影响因素，初步探究科学合理的定价模型和综合的评估体系。但在“双碳”背景下，已有研究缺乏对电力数据环境价值传导效应的量化以及动态风险评估模块设计。此外，电力数据具有高频实时性、强时效性及多场景关联性，现有定价模型多基于静态范式，缺乏对动态价值的实时响应。未来研究可考虑融入时间序列分析或机器学习，构建时空动态价值算法；其次将行业关联乘数纳入定价模型，量化其跨领域价值效用；最后通过建设可信数据

空间，构建安全可信的数据流通环境，破解数据孤岛、隐私安全、跨境流通等难题。

3.3.2 数据交易定价方法

现有研究针对电力数据交易定价，形成了市场竞争机制定价、数据质量定价以及场景差异化定价等主要方法论，并初步应用于实践。

郭庆来等^[30]提出完全竞争市场中可采用以拍卖机制与 VCG（Vickrey-Clark-Groves）机制为基础的数据定价机制。拍卖定价应用普遍且范围广，但易引发虚假报价行为，适用于数据价值难以评估或供求关系不明确的场景；VCG 机制能激励参与者提供真实报价，实现社会福利最大化，但依赖于精确的价值评估，更适用于数据价值明确的场景。该理论无法满足电力数据动态价格反馈需求，导致价格无法实时响应新能源出力波动与市场供需变化。

王小辉等^[31]以用户需求为核心，结合数据层次等级和潜在价值，创新性提出“核心价值数据高价、半边缘价值数据次之、边缘价值数据低价或免费”的价值分层体系，进一步依据数据特点确定以“市场倒退法”为主、兼顾服务成本的定价方法。在能源大数据定价中，该方法综合考虑市场接受程度与服务成本，确保定价的合理性，但其分层标准依赖主观定义，缺乏价值密度量化模型支撑。

刘威等^[32]设计了融合拍卖策略与均衡价格计算的定价机制。在拍卖阶段，为避免交易双方过度追逐价格，采用第二价格密封拍卖法。在 P2P 交易阶段，若数据需求方最高价格低于数据供应方最低价，考虑利用前期交易均衡价格计算当前交易价格。这种方式促使竞标者依据实际情况标

价，通过区块链技术保障电力数据交易的客观性与公正性，但在拍卖阶段未充分考虑电力数据的时效价值。

Wang 等^[33]围绕电力大数据资产定价方法展开研究，详细对比成本导向型、市场导向型和收益导向型 3 种定价模型。以某电力公司电动汽车充电数据为算例，分别运用 3 种方法评估其数据资产价值，结果表明不同定价方法的评估结果存在较大差异。因此，作者提出混合定价方法的适用条件，为电力企业动态选择定价模型提供方法论支持，但混合定价方法的具体实施缺乏权威统一标准，说服力不强。

电力数据交易涉及电网企业、新能源、聚合商等多方利益主体，但当前交易定价大多局限双边博弈定价，未构建“源-网-荷-储-碳”联合定价机制。其次，新型电力系统要求灵活响应电力现货市场价格波动，但现有方法多依赖静态成本计算，无法适应峰谷价差驱动的动态场景。未来可加强研究基于 Shapley 值分配的多主体协同模型，量化各方数据贡献度；设计强化学习算法，构建时空-安全双效定价模型，实现电力数据价格在时间维度、空间维度及安全维度的协同优化。

3.3.3 技术融合与实践

现有技术融合和实践领域研究，主要包括隐私安全技术保护数据安全、可信存证保障数据确权以及机器学习辅助要素定价等层面。

在隐私安全技术层面，联邦学习、安全多方计算等技术在数据交易环节中得到广泛应用，确保数据“可用不可见”，避免出现信息泄露问题。同态加密技术在保护数据信息隐私的基础上，支持跨领域敏感数据的融合。例如，用户用电行为数据与充电站负荷曲线的隐私计算匹配。虽然现

有技术能够在一定程度上保障数据在交易过程中的安全性，但对于电力系统复杂的运行环境和多样化的参与主体，当前隐私保护技术的适应性仍显不足。

在可信存证层面，区块链技术为数据确权提供了有效的支撑。在电力市场中，电力交易涉及大量的数据，区块链技术可以实现数据不易被篡改和交易可追溯，确保交易的真实性和合法性。同时，区块链的智能合约功能可以自动执行交易规则，当交易数据满足预设条件时，自动完成交易结算等操作，进一步保障数据权属和交易安全。例如，在分布式能源交易中，区块链可记录每一次的电力交易数据，明确交易双方的权利和义务。

机器学习通过设计算法量化数据质量、预测价值和市场供需，为数据要素定价提供研究新范式。例如，某些电力交易平台尝试利用 LSTM 网络的时间序列预测模型分析历史电价、供需数据和天气信息，预测未来电价波动，动态调整实时交易数据的定价，提高数据供需匹配效率。虚拟电厂通过强化学习设计拍卖机制，对用户侧可调节的负荷数据进行动态定价。利用算法辅助定价虽具备高预测精度，但“黑箱”特性导致定价逻辑难以解释，市场参与者难以信任。算法的设计也需要高质量的数据作为支撑，前期投入的成本也相对较高。

4 能源电力行业数据定价发展趋势

目前，能源电力行业数据要素定价研究已取得初步成果，但仍面临共享困难、数据泄露、定价模型不成熟等方面的挑战。下面将从问题和发展方向两方面阐述能源电力行业数据定价发展趋势。

4.1 数据定价面临的问题

（1）数据流通与共享

能源行业具有公共事业属性，涵盖个人、企业和公共数据等多种类型，但目前能源行业数据分类分级标准和体系尚不完备，无法准确界定数据敏感程度和重要性，不利于数据管理。

电力数据具有多源异构性，数据标准和整合面临阻碍。一方面，电力系统复杂开放且连接着众多行业，因此不仅涉及行业内部数据，还涉及环境、产业链上下游等诸多领域的的数据。这导致数据管理范围广泛且复杂，难以全面把控和整合。另一方面，电力系统主体众多，各领域、各类型的数据标准存在差异，导致信息无法有效流通共享，形成“信息孤岛”，降低了数据利用率。

（2）数据安全与隐私

电力行业数据具备非常高的安全壁垒，面临着严峻的安全威胁。一方面，电力数据涉及用户自身敏感信息，一旦泄露将威胁用户隐私安全，影响数据交易与定价。另一方面，在数据共享聚合过程中，数据加密后会降低聚合效率，使得在整合多方数据进行定价分析时困难重重。同时，电力数据共享涉及多方主体，各方利益诉求不同，缺乏信任基础。信任缺失增加了定价成本和交易风险，阻碍了合理定价机制形成。区块链、隐私保护等技术的应用在一定程度上减少了隐私泄露，同时也增大了定价的复杂性和不确定性。

（3）数据定价模型

现有电力行业数据定价模型大多基于传统定价方法以及主流定价模型的场景延伸。定价模型并未全面考虑电力数据高频动态性和多场景依赖性。电力系统运行是一个持续且实时变化的过程，各类数据不断产生且更新频率极高。现有的定价模型

多采用较为静态的分析方式，将电力数据视为相对稳定的数据集进行处理，忽视了数据的时间价值。不同场景下，电力数据的价值和重要性各不相同，数据交易双方的目的也存在差异。现行定价模型大多未能充分考虑多场景特性及其联系，缺乏针对不同场景的精细化定价策略。同时，基于纯经济学博弈论的定价逻辑缺乏对电网拓扑约束、潮流方程等物理边界的考量，造成高价交易数据与实际运行条件的适配失效。

4.2 数据定价发展方向

结合能源电力行业数据定价面临的问题，其未来发展方向可考虑以下5点。

- 制定统一的数据标准并加强可信数据空间建设，提高数据流通共享效率，促进跨区域和跨行业的数据共享；
- 考虑电力数据特性，构建更灵活、实时的定价模型，跟踪数据价值的动态变化，反映数据实际价值；
- 将数据安全和隐私保护技术成本纳入定价机制，量化安全成本在定价中的占比，探索新的定价方向；
- 利用机器学习、区块链等智能技术，研发高效能的隐私计算框架，强化数据隐私保护；
- 完善定价体系，加强针对虚拟电厂、电碳耦合等多场景的数据定价模型方法的研究。

参考文献：

[1] 付熙雯,王新泽.我国数据交易研究进展:系统性文献综述[J].情报杂志,2022,41(11):137-143.
Fu X W, Wang X Z. Research progress of data trading in China: a systematic literature review[J]. Journal of Intelli-

gence, 2022, 41(11): 137-143.
[2] 戴双星.数据要素:主要特征、推动效应及发展路径[J].马克思主义与现实,2020(6):173-174.
Dai S X. Data elements: main characteristics driving effect and development path[J]. Marxism and Reality, 2020(6): 173-174.
[3] 白永秀,李嘉雯,王泽润.数据要素:特征、作用机理与高质量发展[J].电子政务,2022(6):25-27.
Bai Y X, Li J W, Wang R Z. Data elements: characteristic mechanism of action and high-quality development[J]. E-Government, 2022(6): 25-27.
[4] 熊巧琴,汤珂.数据要素的界权、交易和定价研究进展[J].经济动态,2021(2):143-158.
Xiong Q Q, Tang K. Research progress on the right delimitation, exchange and pricing of data[J]. Economic Perspectives, 2021(2): 143-158.
[5] 栾信海,党敬申.医疗健康数据要素价值的实现路径及应用场景探索[J].数字经济,2024(7):52-54.
Luan X H, Dang J S. Exploration of the realization path and application scenario of the value of medical and health data elements[J]. Digital Economy, 2024(7): 52-54.
[6] 蔡莉,黄振弘,梁宇,等.数据定价研究综述[J].计算机科学与探索,2021,15(9):1595-1606.
Cai L, Huang Z H, Liang Y, et al. Survey of data pricing[J]. Journal of Frontiers of Computer Science and Technology, 2021, 15(9): 1595-1606.
[7] Zhang M, Beltran F. A survey of data pricing methods[J]. SSRN Electronic Journal, 2020(1): 3609120.
[8] Adler R, Stringer C, Yap M. The valuation and pricing of information assets[J]. Pacific Accounting Review, 2016, 28(4): 419-430.
[9] 欧阳日辉,杜青青.数据要素定价机制研究进展[J].经济动态,2022(2):124-141.
Ouyang R H, Du Q Q. Research progress on the pricing mechanisms of data[J].

- Economic Perspectives, 2022(2): 124-141.
- [10] 中国资产评估协会印发《资产评估专家指引第9号——数据资产评估》[EB]. 2022.
China Asset Appraisal Association issued the Asset Appraisal Expert Guidelines No.9 —Data asset appraisal[EB]. 2022.
- [11] 欧阳日辉, 杜青青. 数据估值定价的方法与评估指标[J]. 数字图书馆论坛, 2022(10): 21-27.
Ouyang R H, Du Q Q. Methods and metrics for data valuation and pricing[J]. Digital Library Forum, 2022(10): 21-27.
- [12] Shannon C E. A mathematical theory of communication[J]. The Bell System Technical Journal, 1948, 27(3): 379-423.
- [13] 李希君. 基于信息熵的数据交易定价研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2018: 25-38.
Li X J. Research on data transaction pricing based on information entropy[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2018: 25-38.
- [14] Koutris P, Upadhyaya P, Balazinska M, et al. Query-based data pricing[J]. Journal of the ACM, 2015, 62(5): 1-44.
- [15] Fu Y C, Miao X Y, Peng H H, et al. On-line query-based data pricing with time-discounting valuations[C]//Proceedings of the 2024 IEEE 40th International Conference on Data Engineering. Piscataway: IEEE Press, 2024: 3449-3461.
- [16] Stahl F, Vossen G. Data quality scores for pricing on data marketplaces[M]//Intelligent Information and Database Systems. Heidelberg: Springer, 2016: 215-224.
- [17] Yu H F, Zhang M X. Data pricing strategy based on data quality[J]. Computers & Industrial Engineering, 2017, 112(October): 1-10.
- [18] Haddadi S, Ghasemi A. Pricing-based Stackelberg game for spectrum trading in self-organized heterogeneous networks[J]. IET Communications, 2016, 10(11): 1374-1383.
- [19] Lyu X Y, Zhang R T, Yue J J. Competition and cooperation between participants of the Internet of Things industry value chain[J]. International Journal on Advances in Information Sciences and Service Sciences, 2012, 4(11): 406-412.
- [20] Liu K, Qiu X Y, Chen W H, et al. Optimal pricing mechanism for data market in blockchain-enhanced Internet of Things[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2019, 6(6): 9748-9761.
- [21] Jung K, Park S. Privacy bargaining with fairness: privacy-price negotiation system for applying differential privacy in data market environments[C]//Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Big Data. Piscataway: IEEE Press, 2019: 1389-1394.
- [22] 王今朝, 窦一凡, 黄丽华, 等. 数据产品交易的定价研究: 进展评述与方法比较[J]. 价格理论与实践, 2023(4): 22-27.
Wang J Z, Dou Y F, Huang L H, et al. Data product pricing: a review of research progress and comparison of pricing methods[J]. Price (Theory & Practice), 2023(4): 22-27.
- [23] Abu Alsheikh M, Hoang D T, Niyato D, et al. Optimal pricing of Internet of Things: a machine learning approach[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2020, 38(4): 669-684.
- [24] Shen Y C, Guo B, Shen Y, et al. Personal big data pricing method based on differential privacy[J]. Computers & Security, 2022, 113: 102529.
- [25] 吴泽芳. 电网企业数据资产价值评估及价值实现研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2021: 17-26.
Wu Z F. Research on data asset value evaluation and value realization of power grid enterprises[D]. Changsha: Changsha University of Science and Technology, 2021: 17-26.
- [26] 于艳芳, 孙俊烨. 电网企业数据资产价值评估研究——以国家电网有限公司为例[J]. 财务实践, 2023(20): 89-96.
Yu Y F, Sun J Y. Research on data asset

- value evaluation of power grid enterprises—take State Grid Corporation Limited as an example[J]. Financial practice, 2023(20): 89-96.
- [27] 李菲菲, 关杨, 王胜文, 等. 信息生态视角下供电企业数据资产管理模型及价值评估方法研究[J]. 情报科学, 2019, 37(10): 46-51.
Li F F, Guan Y, Wang S W, et al. Research on data asset management model and value evaluation method of power supply enterprises from the perspective of information ecology[J]. Intelligence Science, 2019, 37(10): 46-51.
- [28] 邹贵林, 陈雯, 吴良峥, 等. 电网数据资产定价方法研究——基于两阶段修正成本法的分析[J]. 价格理论与实践, 2022(3): 89-92.
Zou G L, Chen W, Wu L Z, et al. Research on power grid data asset pricing method—analysis based on two-stage correction cost method[J]. Price theory and Practice, 2022(3): 89-92.
- [29] Song D W, Li Q Y, Wang S Q, et al. Research on data asset value evaluation model based on AHP[C]//Proceedings of the 2023 IEEE 11th International Conference on Computer Science and Network Technology. Piscataway: IEEE Press, 2023: 5-8.
- [30] 郭庆来, 王博弘, 田年丰, 等. 能源互联网数
据交易: 架构与关键技术[J]. 电工技术学报, 2020, 35(11): 2285-2295.
Guo Q L, Wang B H, Tian N F, et al. Data transactions in energy Internet: architecture and key technologies[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2020, 35(11): 2285-2295.
- [31] 王小辉, 陈岸青, 李金湖, 等. 基于能源大数据中心的数据商业运营模式研究[J]. 供用电, 2021, 38(4): 37-42.
Wang X H, Chen A Q, Li J H, et al. Research on data business operation mode based on energy big data center[J]. Distribution & Utilization, 2021, 38(4): 37-42.
- [32] 刘威, 孙艺新, 陈睿欣, 等. 基于区块链的电力数据交易方案设计[J]. 中国电力, 2021, 54(5): 17-24.
Liu W, Sun Y X, Chen R X, et al. Design of power data trading scheme based on blockchain[J]. China Electric Power, 2021, 54(5): 17-24.
- [33] Wang C, Xu T, Qi X M, et al. Comparative study on power big data asset pricing models[C]//Proceedings of the 2022 2nd International Conference on Electrical Engineering and Control Science. Piscataway: IEEE Press, 2022: 183-186.

作者简介



杨玉颖 (2001-), 女, 华北电力大学硕士生, 主要研究方向为数据要素定价、电力市场监管、联邦学习等。



凡航 (1993-), 男, 博士, 华北电力大学助理教授, 主要研究方向为电力技术经济、机器学习 (时间序列预测、联邦学习和强化学习)、数据要素等。



刘敦楠（1979-），男，博士，华北电力大学教授、博士生导师，主要研究方向为能源互联网、电力市场等。



张祖菡（2000-），男，华北电力大学硕士生，主要研究方向为电力市场人工智能、数据资产管理等。



许珂（2002-），女，华北电力大学硕士生，主要研究方向为虚拟电厂、数据资产管理等。



范孟华（1983-），女，博士，国网能源研究院有限公司教授级高级工程师，主要研究方向为电力市场机制设计、电力改革、电力系统稳定性分析、综合能源等。



吕琛（1990-），男，国网能源研究院有限公司高级工程师，主要研究方向为电力系统运行分析、电力市场机制设计、配电网运行、新能源发电等。

收稿日期: 2025-04-21
基金项目: 华北电力大学中央高校基本科研业务费专项资金(No. 2024MS027)
Foundation Item: The Central University Basic Research Business Expense Special Fund of North China Electric Power University (No. 2024MS027)