

行业洞察

# 能源传输和转换价值应有所体现



2015年10月,中共中央、国务院发布的《关于推进价格机制改革的若干意见》(中发[2015]28号)提出了能源价格市场化的思路,按照“管住中间、放开两头”的总体思路,推进电力、天然气等能源价格改革,促进市场主体多元化竞争,稳妥处理和逐步减少交叉补贴,还原能源商品属性。2021年7月,国家发改委发布《关于进一步完善分时电价机制的通知》后,各省(区、市)均开始优化分时电价政策。在这种情况下,电力与能源价格体系对国民经济及宏观经济的影响将日益深刻,认识其内在规律十分必要。

■陈皓勇

## 现有能源比价未实现资源优化配置

电力是重要的基础资源,并非普通的商品,因此电价除具有商品属性外,还有复杂的社会属性,要体现国家产业发展导向,由此形成一系列政策性电价:煤电价格联动电价、发电上网标杆电价、政府性基金及附加电价、还本付息电价、脱硫脱硝电价、可再生能源发电上网电价、煤电基准价加上下浮动电价、用户分类与目录电价、高耗能产业差别电价、用电侧阶梯电价、城乡用电同网同价等。

历次能源体制改革的初衷都是为了打破垄断、引入竞争、提高效率、降低成本、改善服务,但由于各种原因,我国能源价格体系市场化依然困难重重。同时,一些不合理的价格管制和割裂的部门管理扭曲了能源价格水平及不同种类能源产品间的比价,难以实现高效配置,而且,对能源消费的正负外部性补偿功能不足,无法保证能源结构优化及可持续发展。

比价是能源价格体系的核心。在电价体系中,可再生能源电源与化石能源电源、调峰电源与基荷电源建立合理的比价,才能支撑合理的电源结构。

各国能源比价受资源禀赋、市场结构、供需形势、政策等多种因素共同影响。按照国际通用的法则,根据热值计算各类能源的价格比,世界范围内煤炭、石油、天然气的比价约为1:1.5:1.35,而我国动力煤、石油和天然气的比价约为1:4.5:2.7。相比之下,我国煤炭较油气价格偏低,天然气较石油价格偏低、较煤炭价格偏高。在该比价和能

源资源禀赋条件下,我国很难扭转能源主要依赖煤炭的局面,也不利于提高天然气使用水平。为推动节能减排,我国安排大量专项资金进行整治,但效果并不理想,原因之一是能源价格体系存在大量转移支付和交叉补贴,同时不同部门间缺乏有效的沟通和合作,弱化了各种政策的协同效果。

## 能源传输形成能量、信息、价值三层网络

价格体系的核心作用在于引导供需平衡和优化生产、消费,而我国现行能源价格体系在原油与成品油、煤炭与电力、天然气与电力等上下游能源产品之间形成了多种价格屏障,主要目的是减少外部冲击,维持有利于工业化发展的能源比价水平。但同时,这种价格屏障切断、扭曲、异化了多种能源产业上下游的关联性,使得各种成本及供需关系无法沿价格链条顺畅传导,致使能源产品的替代性与互补性不能经由价格联动和反馈机制表现出来。尽管我国能源发展总体上具有较强的延续性和整体性,但无法避免中央和地方、国有和民营、上下游企业等主体在能源生产、储运、配售等环节的矛盾和冲突,且短期政策行为常导致长期发展的不均衡性。

价格是价值的外在表现,能源价格形成机制应建立在价值规律的基础上。在计划经济模式下,最理想的能源价格水平应等于真实价值;在市场经济模式下,能源市场价格应围绕真实价值上下波动。因此,碳达峰、碳中和目标下的能源产品比价关系应引起各方高度重视。

与其他商品市场不同,能源生产、储

运、配售、消费等往往需通过各类网络实现,如电网、热网、燃气网等。这些网络本质上传递的都是能量,只是表现形式不同,因此可统称为能量网络。能量网络包含不同类型的能源子网(电网、热网、燃气网等),而各种子网间又通过能量转换设备(发电机、泵、空调和热水器等)相连。同时,随着信息通信技术(ICT)快速发展,在物理层面能量网络的基础上,可建立基于自动化、互联网技术和“大云物移智链”等新兴技术的信息网络,以对能源生产、储运和利用进行调控。此外,电力与能源商品的交易及价值传递还形成了价值网络。

因此,电力与能源传输共形成三层网络结构:第一层为能量网络(受基尔霍夫定律、热力学/传热学定律等规律支配),第二层为信息网络(受信息/通信、优化/控制等规律支配),第三层为价值网络(受价值规律支配)。三层网络紧密耦合、相互关联,其中价值网络是电力与能源价格体系的基础,且受能量网络物理规律制约。

## 我国的合理电价应更多考虑价值网络约束

根据国家发改委、国家能源局印发的电力体制改革相关配套文件,电力现货市场主要开展日前、日内、实时电能量交易。其中,节点电价是指在满足各类设备和资源运行特性和约束条件的情况下,在某一节点增加单位负荷需求时的边际成本,即在某时间、某地点以最低成本“多消费1度电”所需增加的成本。

节点电价=系统能量价格+阻塞价格+网损价格。节点电价理论是基于优化调度

模型、在满足各种约束条件下的资源优化配置电价,所以它和经济调度、最优潮流有着深刻联系。其中,最优潮流(或安全约束经济调度)模型求解过程中对应节点有功功率的拉格朗日乘子(影子价格)即为节点电价。节点电价看似完美,却是基于“工程师思路”设计的,对电价体系的社会经济特征体现不够。

节点电价采用的物理潮流模型属于第一层能量网络层模型,但电能交易关系包括比物理电网更多的社会和经济属性,即第三层价值网络层关系,并不完全服从物理潮流定律。节点电价主要在以美国为代表的电力市场中应用,欧洲电力市场主要采用分区电价。目前我国仍处在工业化中后期,存在发展不平衡不充分的问题,因此电价水平要适应各地新时代新型工业化的要求。同时,我国幅员辽阔,各地区要素水平和资源禀赋差异大,若建立完全自由竞争的统一电力市场,可能扩大区域间经济发展水平的差异,与区域协调发展的国家战略目标背道而驰。

此外,电厂类型、所处位置、投资运行时间不同带来的发电成本差异也使其难以在同一平台竞争。由于这些原因,我国的合理电价不能仅建立在物理电网模型(潮流模型)的基础上,而应更多考虑地区经济发展水平、发电机组类型和用户所属行业的差异,即价值网络的约束。

## 合理的能源比价可实现“节能”等同于“省钱”

节能技术旨在完成同样产量的前提下,节约能量消耗,即减少单位产值的能量总成本。能量总成本包含节能技术运用后的能量成本和设备成本及负效应成本等,

如果这些成本总和超过节能技术运用前的总成本,这样的节能技术只有社会效益而没有经济效益。同时,当采用某种节能技术后导致能量成本提高,这种现象往往是由类能源比价不合理所致。

现阶段供能系统的分析方法主要有能量分析法和焓(exergy)分析法。其中,能量分析法的重点在于能量“数量”变化,但由于热力学第二定律揭示的过程不可逆性,能量在传递、转换中对外做功的能力将不断下降,即能量“品质”不断下降。仅考虑能量数量变化而忽略能量品质变化,无法真正指导科学用能。焓是能量对外做功能力的量度,指当系统由一任意状态可逆地变化到与环境相平衡的状态时,理论上可以转换为其他形式的那部分能量。

节能本质是实现节焓。焓分析法关注能量传递中焓的变化,给出供能系统各环节焓损的分布情况,并充分发掘供能系统的节能潜力。焓分析法和能量分析法都是从供能系统的能耗特性角度进行分析,但在实际应用中,供能系统的经济特性具有同等甚至更高的重要性。因此,研究人员在供能系统性能分析中采用了焓经济学(Exergy Economics)的分析方法,综合考虑供能系统的热力学性能和经济效益,力图在保证经济性的前提下最大程度节能。

能源的合理比价需建立在焓经济性优化的基础上。通过合理确定燃料(化学焓)、电力(电焓)、热力(不同温度的热焓)等能源的比价,可使供能系统的能效和经济性实现统一,即节能率与“节资率”相近或一致。在这种能源价格体系下,“节能”与“省钱”具有等价关系,将促进节能技术开发和应用。

(作者供职于华南理工大学电力经济与电力市场研究所)

一家之言

■陈光

为落实碳达峰、碳中和国家战略目标,能源行业正加快构建以新能源为主体的新型电力系统,数字化成为电力系统转型升级的必然方向。随着各类数字化技术大量应用,在增强电力系统灵活性、开放性、交互性、经济性和共享性的同时,也不可避免地带来数据安全问题。数据在收集、存储、使用、加工、传输、提供、公开等环节均可能存在安全隐患,数据安全成为新型电力系统建设过程中不可忽视的重要安全风险之一。

今年以来,数据要素市场建设明显提速,能源企业开发利用能源数据的步伐不断加快。在这种情况下,如何妥善处理数据开发和数据安全这两个看似矛盾的问题就成为摆在能源企业面前的一道考题。9月1日起正式施行的《中华人民共和国数据安全法》(下称《数据安全法》)明确了数据开发和数据安全的内在关系,有助于能源企业树立正确的数据安全观,妥善处理数据安全与数据开发的问题。

## 推动能源数据开发利用

目前,社会各界普遍对数据安全存在一定认知误区,主要体现在三个方面:数据安全保护理念落后,认为传统的信息安全保障思路仍能解决目前数据安全遇到的问题,

忽视了数据作为一种新型的生产要素具有的增值性、流动性、权属性等特征,缺乏以数据为中心的安全保护理念;窄化了数据安全保护目标,认为数据安全保护就是保障数据的机密性、完整性和可用性,忽视了数据的权属性,保护数据相关角色的权益也是数据安全保护的目标之一;简化了数据安全保护手段,认为数据安全保护就是区域边界防护,只需在区域边界采取身份鉴别、访问控制等技术手段就可以确保数据安全,忽视了数据的流动性,在流动过程中更需通过数据脱敏、数据溯源、风险监控等技术措施确保数据安全。

《数据安全法》坚持数据开发与数据安全并重的基本原则,提出全生命周期管理的数据安全理念,将指引能源企业更好地推进能源电力数据资源开发利用。

树立动态的数据安全观。《数据安全法》明确提出坚持以数据开发利用和产业发展促进数据安全,以数据安全保障数据开发利用和产业发展,力求在动态数据开发利用过程中促进数据安全,在确保数据安全的前提下开展数据的开发利用,实现数据开发利用和数据安全相互促进、共同发展。

提出全生命周期的数据安全理念。《数据安全法》认为,数据安全并不局限于以数据存储安全为代表的静态数据安全,数据处理的所有环节(包括数据的收

集、存储、使用、加工、传输、提供、公开等)都应当确保数据安全。能源企业必须构建以数据为中心,由理念、制度、机制、技术等多个要素共同组成的数据安全综合防护体系。

鼓励各行业对数据进行开发利用和数据安全技术研究、技术推广和商业创新。能源企业培育和开发数据产品、开展数据增值服务符合国家的政策导向,要以《数据安全法》实施为契机,进一步加快数据资源开发利用的步伐,释放能源数据的巨大价值。

## 支撑能源企业可持续发展

《数据安全法》确立了数据安全相关的基本制度、规范,建立、健全数据安全合规制度,履行法律义务将成为能源企业发展的应有之义。

一方面,能源企业需以《数据安全法》相关规定为指引,加快建立、健全包括数据分类分级保护、数据安全风险评估、信息共享、监测预警、应急处置等在内的数据安全管理制度、机制;另一方面,需积极承担组织开展数据安全教育培训及加强风险监控、定期开展风险评估、配合调查、发生数据安全事件时立即处置并告知用户和向主管部门报告等方面的法律义务。

《数据安全法》要求加快推进数据交易市场建设,有助于督促能源企业加快突破

数据资产定价的理论、方法,持续扩大能源数据交易规模,充分释放能源数据的潜在价值。

近年来,数据资产化问题一直是学术研究和产业发展的热点和难点,数据资源的潜在价值虽大但始终未能充分释放,数据从资源到资产、再从资产到资本尚有漫长路程,需要各相关方继续努力。

制约数据价值释放的原因很多,主要包括:数据在交易过程中缺乏相关的法律法规、数据交易机制不完善;数据资产定价问题始终未能取得突破等。这导致数据市场化交易的规模偏小、频次偏低,全社会的数据价值始终未能充分释放。

《数据安全法》对数据交易行为进行了全面规范,有助于激励相关主体参与数据交易活动。同时,《数据安全法》将督促能源企业加快突破数据资产定价理论、方法,选择部分产权清晰的能源数据作为定价试点并尽快参与数据交易,充分释放能源数据的价值。

## 需开展风险评估、理论攻关等工作

能源企业推动数据安全、利用等工作需从以下方面发力:

构建以数据为中心、由多维要素共同组成的数据安全综合防护体系。能源企业可从全生命周期的角度掌握能源数据在收集、存储、使用、加工、传输、提供、公开等环

节的使用和流转情况。同时,重视通过数据治理、风险识别等措施实现数据脱敏、数据溯源、风险监控,加快试点安全多方计算、联邦学习等先进技术,确保数据在动态流动中实现安全。

加强数据安全风险评估、应急处置等机制建设。在数据安全风险评估方面,建议由业务主管部门牵头建立数据安全风险评估机制,定期发布《能源数据安全风险评估报告》,及时向主管部门报告并选择部分不敏感和非涉密的内容向社会公布。在数据应急处置方面,建议由业务主管部门和安委会共同编制《能源数据安全重大风险时及时启动的工作流程和资源配置,并不定期开展数据安全综合演练。

加大能源数据资产基础理论攻关。能源企业可加大数据资产基础理论攻关,在成本法、市场法、价值法等基础定价方法的基础上,结合具体的交易场景形成操作性强的数据资产组合定价方法,满足企业开展数据交易的需要。

组织开展相关法律、法规宣贯和对比分析,开展数据安全相关教育、培训。从理论、政策、技术、解决方案等不同角度对《数据安全法》及相关的《网络安全法》《网络安全法》《个人信息保护法》《关键信息基础设施安全保护条例》等法律法规进行集中宣贯和对比分析。同时,开展不同形式的数据安全教育、培训。

(作者供职于国网能源研究院有限公司)