

以绿色低碳能源推动“一带一路”高质量发展

■宫大千 黄豫 段雨廷 李伟德 覃芸

共建“一带一路”绿色发展是构建人类命运共同体的重要抓手。近年来，中国积极与“一带一路”沿线国家和地区建设更加紧密的绿色发展伙伴关系，将中国智慧、中国方案不断转化为切实的行动，让绿色成为高质量共建“一带一路”的亮丽底色。能源电力清洁低碳发展作为绿色发展的重要内容，已成为中国与“一带一路”沿线国家绿色合作的核心领域，收获多项重大成果。

近年来，中国积极推动共建“一带一路”绿色低碳发展合作机制，与31个共建国家共同发起“一带一路”绿色发展伙伴关系倡议。绿色电力投资和绿色电力基础设施互联互通是共建“一带一路”绿色发展的重点突破领域。中国对外电力投资加速转型，绿色发展理念遍及全球，2022年中国新能源发电行业签约项目金额占电力总金额的56.5%；绿色资源配置能力显著增强，与周边国家进出口电量达272亿千瓦时，为“一带一路”绿色发展注入磅礴动力。

站在共建“一带一路”绿色发展机遇期，能源电力仍是主动脉，需要用绿色低碳能源构筑“一带一路”高质量发展护城河。



图为中老铁路老挝段外部供电项目牵引变电站。



图为2020年11月27日，中老铁路老挝段外部供电项目向老挝乌多姆赛省综合职业技术学院捐赠电力教学用品并开展现场培训。

加强绿色发展战略 规划对接

以人类命运共同体全球价值观为引领，落实全球发展倡议，利用我国在基础设施

建设、新能源技术领域的优势，积极参与政策沟通对话，推动达成绿色发展目标共识、加强绿色发展规划布局引领、促进绿色标准互认和信息共享。积极对接、深度参与东南亚、南亚、中亚、东亚等毗邻区域绿色能源电力规划，实现清洁能源开发与互联互通、国别电网发展一盘棋。打造一批具有全球影响力的国际化智库，加强国别政策研究、绿色技术攻关，参与国际标准制定，强化对外交往的“软实力”。

做好存量项目转型 和增量绿色项目合作

有序开展海外新能源等投资，结合新能源发展特点，做好商业模式和消纳市场风险识别，实现新能源投资良性可持续发展。鼓励新能源领域国有企业和民营企业抱团出海，形成优势互补。支持绿色基础设施互联互通建设，推动跨境联网工程实施，推动形成“边境省份+邻国”模式的绿色电力枢纽副中心。鼓励存量海外煤电项目因地制宜开展煤电耦合新能源、固废、生物质等，做好

ESG信息披露，按照国别要求适时做好替代或退出。

加快完善 跨境绿色电力贸易机制

综合外交战略、商业原则和国内供需情况，建立健全符合双边、区域、多边发展模式的跨境电力市场化机制和保障机制，推动跨境电力贸易与全国统一电力市场衔接。建立跨境绿色证书贸易体系，探索周边中资清洁能源项目申领、流转、交易绿色电力证书系统流程。发挥机制、市场、平台作用，鼓励境外绿色电力送往我国消纳，提升进口绿色电力贸易水平。

加大对外 绿色金融支持力度

鼓励更多国家和多边组织以绿色金融等方式积极参与“一带一路”沿线国家和地区的可持续发展投融资，签署《“一带一路”绿色投资原则》；加大绿色金融产品和服务创新，结合“一带一路”绿色项目的融资需求特点设计配套产品、提供专业的绿色金

融服务，将资金精准投向清洁能源技术、环保、节能、新材料和新能源汽车等领域的初创企业，以及企业的ESG发展和综合绿色能源园区领域，鼓励更多参与方共同经营绿色产业发展；加强制度和产品创新，确保碳排放权、绿色产品等资产的确权。充分发挥海外资金平台全球联动优势，加强“一带一路”沿线国家和地区金融机构的协同合作。

积极提供 中国方案和实践

中国在新能源及绿色能源技术储备方面已具备比较优势，可以依托更深入的各层对话，推动智库合作，以绿色产业、技术、标准联合研究促进项目合作。积极推动开展“小而美”项目，依托项目助力沿线国家健康、扶贫、农业、环境等民生领域能力建设。积极探索中资企业在海外新媒体平台上的宣传新模式，融入当地媒体和社群，做好共建“一带一路”绿色发展在国际舆论场上的正面宣传。

(作者均供职于南方电网能源发展研究院有限责任公司)



图为南方电网公司在老挝开展“希望之光”公益行活动。

建设新型电力市场， 首先要尊重电能价值规律

■陈皓勇

日前召开的中央全面深化改革委员会第二次会议审议通过了《关于深化电力体制改革加快构建新型电力系统的指导意见》等文件。会议指出，要深化电力体制改革，加快构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统，更好推动能源生产和消费革命，保障国家能源安全。会议强调，要科学合理设计新型电力系统建设路径，在新能源安全可靠替代的基础上，有计划分步骤逐步降低传统能源比重。要健全适应新型电力系统的体制机制，推动加强电力技术创新、市场机制创新、商业模式创新。要推动有效市场同有为政府更好结合，不断完善政策体系，做好电力基本公共服务供给。此次会议为未来一个时期内的新型电力市场建设确定了主要任务。

新型电力系统面临电源结构的重大调整，其内容包括淘汰和改造现有化石能源发电机组、新建配备CCUS(碳捕获、利用与封存)装置的化石能源发电机组和提高清洁能源，特别是风、光等可再生能源装机占比等。由于新型电力系统包括高比例的可再生能源，出力具有极强的不确定性，在进行电网规划、运行决策时要确保系统能够适应各种可再生能源的出力场景。此外，还应维持系统备用、调频能力、惯性水平、安全稳定裕度等，以确保安全可靠运行，并有足够的灵活性资源提供调峰和各种辅助服务。这些问题给电力定价和电力市场设计带来重大挑战。

市场机制可以概括为“供需决定价格，价格引导供需”，电价形成机制是电力市场建设的关键。由于电价政策的复杂性、电力工业在国民经济中的基础性地位以及电力产品的公共性，电价牵一发而动全身，构成复杂而且与其他能源价格紧密相关，合理电价难以通过单一途径来解决。电价理论是设计电价形成机制的基础，其研究主要包括两个方面：一是电能成本分析(或价值分析)，二是电力市场中的电价如何形成。前者回答“合理电价应该是什么样”的问题，后者回答“采用什么样的市场机制来形

核心阅读

电力市场是人为设计的市场，必须回归经济学的理论源头并深入理解价格与价值的区别与联系。应尊重社会主义市场经济条件下的价值规律，深入开展面向新型电力系统的电能价值规律研究。如此，才能推动加强市场机制创新和商业模式创新，让市场在电力资源配置中起到决定性作用。

成合理电价”的问题。

价值规律是市场经济的基本规律。商品价格受供求关系的影响，围绕价值上下波动，是价值规律的表现形式。第一个对价值规律作出系统论述的，是西方古典政治经济学的创立者亚当·斯密。他在《国富论》一书的第一篇第七章《论商品的自然价格和市场价格》中，论述了自然价格与市场价格的关系，指出市场价格会受供求影响而上下波动，但自然价格起着“中心价格”的作用。各种意外因素会将商品的市场价格抬到自然价格以上或强抑到自然价格之下，但不管有什么障碍，市场价格终究会趋向于接近自然价格。亚当·斯密所说的自然价格即本文所说的价值。而马克思主义政治经济学认为，商品的价值量由生产这种商品的社会必要劳动时间决定；商品交换要以价值量为基础，实行等价交换。在我国，新中国第一代经济学家都非常重视价值规律的研究与应用。

商品的价值量是由一定数量的货币表现出来的。表现商品价值的货币额就是商品的价格。在市场上，不同的商品有不同的价格，同一种商品的价格也经常处于上涨和下跌的变动之中。但是，通过认真观察不难发现，这种变动是有一定界限的。通过对这些现象的深入分析可以发现，在令人眼花缭乱的价格运动背后，有一个规律在起着支配作用。这个规律通过商品的供求关系、市场竞争等一系列中介机制左右着价格的运动，调节着社会生产。这个规律就是价值规律。对于市场经济中的各种纷繁复杂的现象，

只有依据这个规律才能作出合理解释。

电力市场是人为设计的市场，是人类所创造的新生事物，必须回归经济学的理论源头并结合新型电力系统的技术特点进行深入思考和研究，才能找到切实可行的市场化改革之路。

由于物理上的无差异性，以及复杂物理网络(电力系统)的存在，电能成为世界上最复杂的商品之一。“一滴水中见大海”，1度电的成本中体现了整个电力系统的成本。除特殊情况外，电力负荷无法由单个电源提供，因此也无法确定其准确的成本构成。电能的价值必须放在整个电力系统中考虑，而且不同类型的电源在电力系统中的价值存在一定的相互替代性，是客观存在的，也是可以量化评估的。电力定价和电力市场设计应以对电能价值规律的深入分析为基础，并建立基于电力系统优化规划、优化运行原理的数学模型。这是一个规模庞大且复杂的系统优化问题，其理论基础是微观经济学中有关生产成本的理论和相关的数学优化理论，特别是数学优化中的对偶优化原理，这些理论与有限资源影子价格密切相关。电能成本问题的研究可分为短期成本分析与长期成本分析。电能短期成本分析的核心是电力系统运行优化，重点是形成与电能有关的价格；电能长期成本分析的核心是电力系统优化规划，重点是形成与发电容量有关的价格。

实时电价是基于经典微观经济学中的“社会福利最大化”原理形成的，在实际电力市场中一般由安全约束机组组合、安全

约束经济调度等短期运行优化模型的拉格朗日乘子求出。对于安全约束机组组合和安全约束经济调度模型，尽管在电力市场环境下需要采用这两个模型计算出实时电价或现货价格，但二者也适用于传统垄断模式下的电力系统优化调度。电力市场设计与运营的目标易被误认为是实现电力系统的经济调度，而忽视价值规律才是包括电力市场在内的所有市场价格形成的基础和市场经济运行的核心，而此时两个模型应被看作价值分析模型而非传统的优化调度模型。

在新能源大规模接入的背景下，由于新型电力系统的运行机理和稳定特性更加复杂，电能价值将更加复杂。除了传统电力系统的容量价值、电量价值，电能还具有灵活性、安全性和韧性等多种不同价值，使得问题更加复杂。“同质同价”是市场中商品定价的基本原则，因此研究电能价值问题前，应先对电能商品的品质问题进行研究。我们常说的电能的同质性是从物理学意义上来说的，而电力市场中所交易商品的品质是从电力系统调度运行的角度来说的。由于电能难以大量储存，发、用功率必须实时平衡，考虑到对电力系统调度和功率平衡的影响，电能商品的品质应从波动性、可控性、随机性3个维度进行衡量。其中，波动性是指功率相对于自身容量的变化幅度；可控性是指功率在一定范围内自由调节的难易程度；随机性与可控性有一定的关联，随机性大的电源或负荷一定难于控制，而随机性小的电源或负荷可能易于控制，比

如可灵活调节的资源也可能难于控制，比如功率相对固定的资源。应通过电价形成机制的设计，使市场交易结果符合“高质量、低价值、低价格”的规律。新型电力系统中的电能价值分析也需建立在电力系统优化规划、优化运行的数学模型基础之上。

在经济学理论中，价格与价值是不同的概念。与价值理论相比，价格理论是抽象层次较低的一种理论，要解决的是生产什么、生产多少、如何生产和为谁生产即产品如何分配的问题，这些问题都是和价格密切相关的，本质是一种实证研究。但是，价格理论不能用于揭示经济现象背后人与人之间相互关系。对这种本质关系的揭示需要较高抽象层次的理论。经济学家按照自己的立场、哲学观点，透过纷繁复杂的经济现象把握更深一层的经济关系，抽象出说明这种更深一层关系的价值理论。电力行业作为我国社会主义市场经济的重要组成部分，以国有资产为主体，是国民经济中最重要、最基础、最核心的能源产业。社会主义市场经济体制下的电力市场改革，与西方市场经济国家的起点不同、终点不同，因此，在价值规律上也有本质差异。只有深入理解价格与价值的区别与联系，尊重社会主义市场经济条件下的价值规律，深入开展面向新型电力系统的电能价值规律研究，才能推动加强市场机制创新、商业模式创新，让市场在电力资源配置中起决定性作用。

(作者系华南理工大学电力经济与电力市场研究所所长、发展中国家工程院院士)

