

## 能源与气候经济模型的前沿探索与理论实践\*

刘宇

当前，全球正面临气候变化带来的严峻挑战，极端天气事件频发。应对气候变化、推动能源转型已成为国际社会的普遍共识，也是中国实现高质量发展的内在要求。习近平总书记指出：“加快构建清洁低碳安全高效的能源体系，是我国能源革命的主攻方向。”然而，能源转型与应对气候变化是一项涉及国家能源安全、经济可持续发展、生态环境保护、产业结构调整、前沿技术创新以及社会行为变迁的复杂系统工程，传统单一学科的研究范式已难以有效为现代化能源体系建设提供全面且精准的科学决策支撑。能源与气候经济模型作为一种跨学科综合性研究工具，能够为我国实现碳达峰碳中和（“双碳”）目标、推动经济社会绿色低碳转型，提供关键的分析框架和科学的决策依据。

能源与气候经济模型是一种融合经济学、能源科学、环境科学、气候学、管理科学及系统工程等多个学科的定量分析工具。该类模型能够深入解析能源-经济-环境复杂耦合系统的内在交互机制，定量评估不同政策的环境效益、经济成本和社会影响，优化设计成本有效的低碳转型路径，并有效管理转型过程中的各类风险与不确定性，从而为制定与实施科学的能源与气候政策提供坚实依据。例如，政府间气候变化专门委员会在其评估报告中广泛运用综合评估模型模拟分析全球排放情景和减排路径，国际能源署等旗舰报告也普遍高度依赖能源模型开展前瞻性预测和政策分析。这些应用充分彰显了能源与气候经济模型在全球气候治理和能源政策制定中的关键支撑作用。

随着“双碳”目标的提出，中国学者积极推进能源与气候经济模型的发展，开发了一系列适合中国国情的本土化能源经济模型，为我国能源转型和气候治理提供了重要的定量依据和决策参考。然而，该领域的发展仍面临诸多挑战。首先，“双碳”目标的实现依赖碳交易市场、财政补贴、行业标准等多元化政策工具，需要模型更加全面、系统地模拟这些政策对环境、经济、社会产生的综合影响，解析政策间的协同与拮抗效应机理，并探寻理论上的最优政策组合。其次，中国作为发展中大国，区域发展、产业结构和能源资源禀赋差异显著，对模型区域分辨率的纵深拓展、行业异质性的精细刻画和关键减排技术的参数

化表达等提出了更高要求。最后，国际气候治理格局变化、地缘政治冲突等因素增加了外部环境的不确定性，模型需要更精准地捕捉国际政策与贸易规则的变化，科学评估其潜在影响，为中国制定积极有效的应对策略提供支撑。

在《能源与气候变化》编辑部的大力支持下，本期专刊从跨学科视角出发，围绕能源与气候经济模型领域的创新思考和实践探索，共收录10篇学术论文，其内容涵盖模型理论方法改进、政策情景模拟分析和能源技术效益评估等多个方面。

(1) 在模型方法深化与应用探索方面，钱浩祺等综述了常数替代弹性生产函数在能源与气候变化建模应用中存在的局限性与挑战，有助于提升可计算一般均衡（Computable General Equilibrium, CGE）模型构建的科学性和结果的可靠性；肖逸龙等聚焦居民需求转型这一实现可持续发展目标的关键策略，系统梳理与辨析了当前主流系统建模方法在全面评估此类转型路径时存在的局限和不足；闫嵩阳等采用全球多区域CGE模型，对欧盟碳边境调节机制的潜在影响进行了量化、前瞻性模拟，为我国在复杂国际气候政治经济格局下有效应对外部挑战提供了科学的决策参考。

(2) 在气候政策协同与碳定价机制方面，王腾蛟等重点关注了气候变化减缓与大气汞污染控制的协同效应，基于模型评估了不同气候政策情景下，全球燃煤和工业活动中汞排放的时空演化趋势，对制定多污染物协同控制政策具有重要意义；温心等通过全球变化分析模型探讨了碳定价所产生的财政收入在填补电力部门为实现温控目标潜在投资缺口中的作用，指出了多元化融资机制的必要性；曲晨菲等采用理论与模拟结合的方法，探讨了在我国当前碳市场背景下，如何更有效地设计可再生能源政策以实现协同增效，对完善中国碳市场机制具有重要意义；常原华等采用多区域CGE模型，系统分析了征收碳税可能带来的区域差异性经济影响，为未来中国制定更具针对性的碳税政策提供了量化依据。

(3) 在能源转型关键技术与路径的经济效益评估方面，刘丰云等从时空交互的创新视角，实证检验了中国清洁能源发展的碳减排效应及其背后的三大作用机制，为制

\*收稿日期：2025-07-01

定区域适宜性政策提供了坚实的实证依据；涂闯等针对电动汽车换电模式，构建了一种涵盖“用户-换电站-电网-光伏系统”的“四位一体”交互多主体创新模型，为换电技术规模化推广提供了方法论支持；吴林翰等通过构建电氢耦合能源系统模型，系统分析了中国电解水制氢发展的时空特性、经济性及其关键影响因素，为中国氢能产业的区域布局提供了政策启示。

能源与气候经济模型作为连接能源政策、气候变化与经济发展的重要桥梁，仍需要学术界同仁持续探索和创新。本专刊所收录的文章涵盖了能源与气候经济模型在理论-技术-经济-系统-政策等不同维度的前沿进展，生动揭示了该领域研究的广阔应用前景。希望相关研究成果能够为我国实现“双碳”目标，构建清洁低碳能源体系以及提升气候治理能力提供有力支撑。

## 丨 专刊客座主编 丨

刘宇，北京大学博雅特聘教授、碳中和研究院双聘教授、国家杰出青年科学基金获得者，兼任中国系统工程学会社会经济系统工程专业委员会副理事长、中国“双法”研究会能源经济与管理研究分会副理事长。研究主要集中于运用可计算一般均衡模型（CGE）分析能源与环境政策的经济和排放影响。发表SCI/SSCI论文120余篇，在国际知名期刊*Nature Climate Change*、*Nature Communications*、*Nature Sustainability*、*Energy Economics*、*Environmental Science & Technology*等发表多篇论文。主持科研课题60余项，包括科技部重点研发专项、国家自然科学基金重大项目、国家自然科学基金“双碳”专项项目、国家自然科学基金面上项目和国家自然科学基金应急项目等。