



中国石油大学
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM

经济管理学院
碳中和与能源创新发展研究院

迈向“双碳” 研究系列报告

(C系列-2021C01)

《双碳目标下中国减排政策效果评估》





双碳目标下中国减排政策效果评估 (摘要性报告)

核心结论

- 现有的各国减排承诺无法保证至 2050 年大气温室气体浓度稳定在 450ppm 二氧化碳当量以内，至 2100 年全球温度上升控制在 2°C 以内的气候目标。
- 全球模型评估结果表明，在全球升温不确定的背景下，我国当前推行的双碳目标是兼顾全球发展和中国利益的，而非仅国家利益优先。
- 总量减排行动对中国社会经济福利带来短期损失，但从长期看，减排将有利于全球的可持续发展。
- 从长期来看，升温概率超过 56% 时，以碳中和为目标的较优减排方案情景下我国将获益。
- 国内模型评估结果表明，至 2050 年，我国一产、二产的比重呈逐渐下降趋势，三产比重呈上升趋势；至 2050 年三大产业的比重分别为 3.3%，31.7%，65%。
- 至 2050 年我国能源消费结构仍以煤为主，占比约 41.6%；石油的消费比重为 36.3%；天然气和非碳能源消费比重升至 3.9%，18.2%。
- 由于技术创新的不确定性，能源消费达峰和碳排放达峰年份存在不确定性。能源消费峰值较有可能出现在 2028 年至 2035 年；而碳排放峰值较有可能出现在 2026 年至 2031 年；其中，能源消费最有可能 2031 年达峰，概率为 23.57%；碳排放最有可能 2029 年达峰，概率为 33.51%。

本报告以气候变化经济学为理论出发点，通过构建全球气候-经济集成评估模型和我国中长期能源经济指标趋势预测及碳减排效果评估模型，模拟评估国家、区域、部门等多层次减排政策及其实施效果，相关研究成果为双碳目标下相关政府部门制定减排政策提供参考依据。

1. 研究背景与目的

气候变化已经发生，其影响在短期内难以消除。随着科学技术的发展和人类对自然环境系统认知水平的提升，人类比以往任何时候都更加强烈地关注气候变化经济问题，尤其是在如何在保障未来经济可持续发展的前提下实现区域碳减排。

作为一个负责任的大国，“双碳”已被提升为国家战略目标。根据这个目标，我国将用短短 30 年实现从碳达峰到碳中和，不仅体现出我国实现可持续发展的基本诉求，也体现出我国构建全球命运共同体的责任与担当。用全球历史上最短的时间实现从碳达峰到碳中和，必然要开展的是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。这就要求，在实现“双碳”目标的过程中统筹考虑社会经济发展与碳减排之间的关系，正确评估减排政策效果，包括其可能对全球和国内带来的双重影响。

2. 主要研究思路与方法

本报告基于“机制探索-模型构建-系统集成-政策评估”的逻辑思路对双碳目标下我国减排政策开展相关研究。

(1) 全球层面，研究基于自主体模拟方法，开发了一个“多国气候保护政策模拟系统”。该系统保持了国际通用模型的核心 Nordhaus 等的 RICE 模型结构，增加技术进步差异性、“干中学”和 GDP 溢出功能，更准确地反映世界气候-经济结构，同时刻画了发达国家和发展中国家的内部机制，更科学地反应了气候保护的 policy 作用。该模型主要应用于全球合作背景下，开展国家减排方案的政策模拟评估，为我国实现双碳目标的全球减排与博弈提供定量化的决策依据。

(2) 国内层面，基于 agent 建模与投入产出相结合，构建了一个基于碳排放、能源使用及减排政策的我国中长期能源经济指标趋势预测及碳减排效果评价模型，可为我国实现双碳目标的区域和产业部门减排路径提供定量化的情景参照。其研究对象主要包括三个层面：宏观政府、中观结构和微观企业，这三者间的交互关系如图 1 所示：

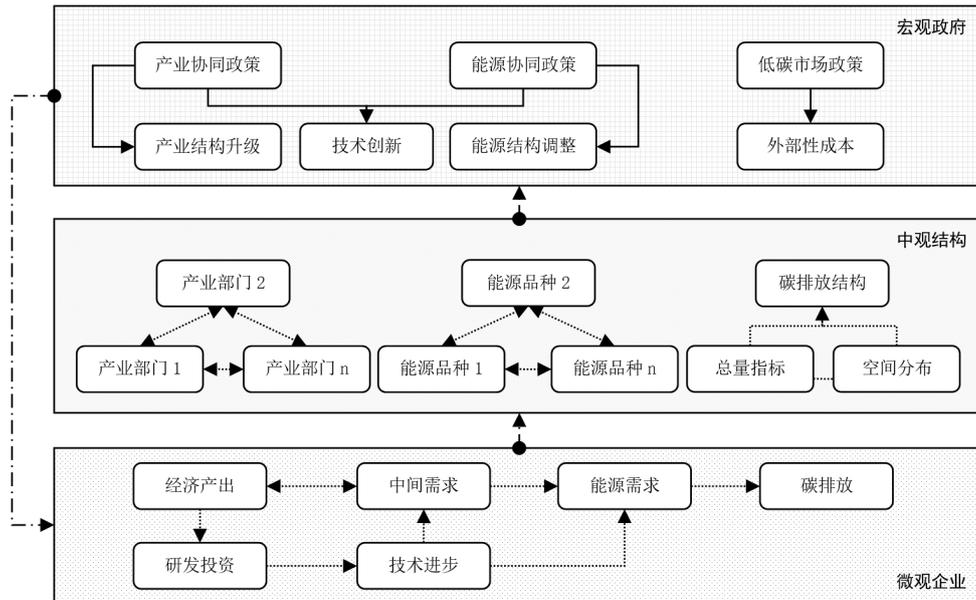


图 1. 区域碳排放、能源使用及减排政策应对模型的对象关系图

这部分研究的核心任务是对碳排放经济系统进行解构，分析其构成因素及这些因素之间的交互关系，有关这些方法的应用如图 2 所示：所采用的方法主要包括：因素分解、泰尔指数、灰色关联度、Moran's I 统计量、马尔可夫分析法等。除此之外，研究采用 IPCC 碳排放核算方法处理区域碳排放清单；将能源消费引入 C-D 生产函数，并以此对技术进步水平进行测度；利用系统聚类方法分析产业结构发展特征；采用 Kaya 恒等式对碳排放进行分解，建立能源消费与碳排放之间的联系。

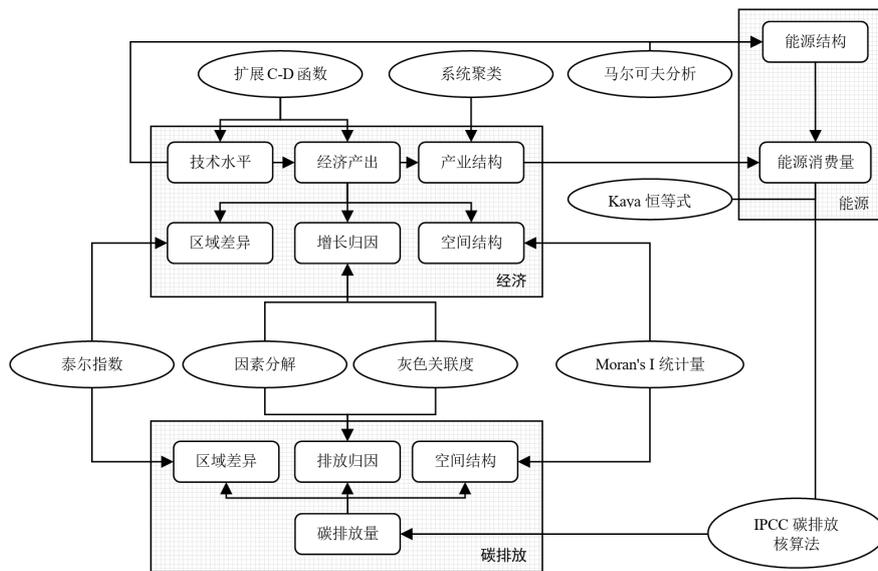


图 2. 区域碳排放、能源使用及减排政策应对模型相关研究方法

基于 agent 建模与投入产出相结合是国内层面碳减排路径研究的一个亮点，它是一种将自顶向下和自底向上相结合的混合建模模式。该方法赋予宏观低碳政策一个虚拟的微观经济基础，便于探索微观层面众多经济主体交互作用导致整个系统显现某种动态演化的趋势。具体表现为：○1 采用基于 agent 建模来刻画微观企业主体、中观产业结构和宏观低碳经济政策间的交互。其中，微观企业主体是整个模型系统演变的基础；中观产业结构被看作是大量微观企业主体的经济行为变化所导致的结果，它会影响宏观低碳经济政策；宏观低碳经济政策又会反作用于微观企业主体，改变其经济决策；最终使得微观、中观和宏观这三个层级表现出一种动态交互过程。○2 采用投入产出表进行结构控制，一方面将城市群区域部门分解为有众多微观企业所构成的自主系统；另一方面通过城市群产业协同政策将城市群内各区域产业结构联动起来。其中，微观企业对于其他部门的中间投入需求系数由其所属部门的投入产出表给定，以保证在投入和产出表的结构一致性。各部门的中间需求则基于所对应的微观企业中间需求累加得到，随着微观企业中间需求的变动，产业结构也随之而变。

3. 主要研究结果

基于上述全球和国内两个层面构建的气候-经济集成评价模型可对我国双碳目标下的相关减排政策开展政策模拟评估。

(1) 全球减排合作层面，研究以现有的各国减排承诺为前提，将全球划分为中国、美国、印度、日本、前苏联和“其他地区”，在全球温度上升不确定的背景下，对全球减排方案效果进行了模拟评估。通过对减排成本和减排风险比较分析，得出以下三点结论：

1) 现有的各国减排承诺无法保证至 2050 年大气温室气体浓度稳定在 450ppm 二氧化碳当量以内，至 2100 年全球温度上升控制在 2°C 以内的气候控制目标。在发达国家履行至 2050 年碳排放量比 1990 年减少 80%，前苏联地区减少 50% 的前提下，为确保这个目标的实现，中国与“其他地区”需要在 2035 年之前参与总量减排。

2) 总量减排行动对中国社会经济福利会带来短期损失，但从长期看，减排将有利于全球的可持续发展。在全球升温不确定的背景下，方案“中国与其他地



区从 2025 年开始总量减排，至 2050 年中国碳排放量比 2005 年减少 28%，‘其他地区’减少 20%”是全球最优的，但中国损失很大。要兼顾全球可持续发展和中国社会经济福利，可选择的替代方案是，中国推迟达峰年份但大幅增加达峰后的减排力度，换言之，我国当前推行的双碳目标兼顾全球发展和中国利益，而非仅国家利益优先。

3) 虽然全球升温仍存在不确定性，升温概率越大，同一减排方案的减排效果越好，但是升温概率的大小并不影响不同减排方案的相对减排效果。从长时期来看，当升温概率低于 0.56 时（即升温影响降低为原模型设定的 56%），上述方案的减排措施将给我国带来损失；当升温概率超过 0.56 时，上述方案的减排措施将使我国获益。

(2) 在国内能源使用预测和碳排放路径方面，研究以微观企业创新作为经济系统产业结构演化和能源系统结构转变、降低排放量的重要推动力，通过基于投入产出模型和自主体模拟方法，构建我国 17 个部门的宏观经济系统，并与微观企业创新行为相整合，实现了微观企业创新推动下的我国未来能源消费和碳排放趋势模拟。研究结果表明：

1) 至 2050 年，我国一产、二产的比重呈逐渐下降趋势，三产比重呈上升趋势；至 2050 年三大产业的比重分别为 3.3%，31.7%，65 %。

2) 至 2050 年我国的能源消费结构仍主要以煤炭为主，占比约 41.6%；石油的消费比重为 36.3%；天然气和非碳能源消费比重升至 3.9%，18.2%。

3) 由于技术创新的不确定性，使得能源消费峰值和碳排放峰值出现的年份存在不确定性。能源消费峰值较有可能出现在 2028 年至 2035 年；而碳排放峰值较有可能出现在 2026 年至 2031 年；其中，能源消费峰值出现的概率最大年为 2031 年，概率为 23.57%；碳排放峰值出现的概率最大年为 2029 年，概率为 33.51%。

4. 研究结论与政策建议

结合已有的研究成果和结论，报告给出以下三点政策建议：

一是与气候变化紧密相关的全球升温及其社会经济影响机制仍存在不确定性。因此，相关模型定量研究成果在实际操作过程也存在一定风险。一个较为稳

妥的做法是，在开展以碳中和为目标的减缓气候变化行动同时，也要关注气候适应问题。

二是从全球气候谈判的角度来看，仅凭少数国家的自主减排承诺仍无法完成全球气候控制目标，应对气候变化需要多国配合。作为全球碳排放量最大的国家，在未来，中国可积极参与气候合作谈判，充分发挥负责任大国的责任担当，并通过多种博弈方式带动其他国家共同参与全球碳中和行动。

三是从国内碳减排的角度来看，实现碳中和不仅是宏观问题，也是微观问题。对于微观主体的引导，可通过市场机制与政府作用两个方面入手，以微观主体创新促进经济系统产业结构演化和能源系统结构转变为途径，最终降低排放量，实现碳中和目标。



关于作者

系列报告总协调人：王建良

本报告主笔人：



朱潜挺(1981.1-),男,中科院博士,中国石油大学(北京)副教授,硕导。从事气候变化经济建模与政策模拟。主持国家自然科学基金、国家重点研发计划子课题等,在国内外重要期刊发表论文20余篇,专版专著1部,软件著作权3项。

本报告校对人：王建良、朱金宏

报告引用：朱潜挺. 双碳目标下中国减排政策效果评估[R]. 中国石油大学(北京)碳中和与能源创新发展研究院, 2021C01, 2021年11月20日.



中国石油大学
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM

经济管理学院

碳中和与能源创新发展研究院

Institute of Carbon Neutrality and Innovative Energy Development, China University
of Petroleum, Beijing (ICED-CUPB)

联系电话: 18910556924 邮箱: iced-cupb@cup.edu.cn

微信公众号: ICED-CUPB

地址: 北京市昌平区府学路18号

Add: No. 18, Fuxue Rd., Changping District, Beijing, 102249, China

