

林毅夫,郑洁,付才辉. 新结构碳中和经济学:建构中国自主的碳中和经济学知识体系[J]. 中国人口·资源与环境, 2025, 35(11): 1-15. [LIN Y F, ZHENG J, FU C H. New structural carbon neutrality economics: constructing China's independent knowledge system of carbon neutrality economics[J]. China population, resources and environment, 2025, 35(11): 1-15.]

# 新结构碳中和经济学

——建构中国自主的碳中和经济学知识体系

林毅夫, 郑洁, 付才辉

(北京大学新结构经济学研究院, 北京 100871)

**摘要** 在全球碳中和背景下,结合中国碳中和实践,建构中国自主的碳中和经济学知识体系,不仅具有重要的理论创新价值,更对实践具有深远指导意义。该研究基于新结构经济学的视角,以碳达峰碳中和作为研究对象,构建经济社会系统性变革的理论新框架,提出经济社会各系统与碳中和的理论见解,初步形成新结构碳中和经济学这一新学科。该研究表明:①新结构碳中和经济学的理论框架由四大部分构成,分别是禀赋系统结构(要素禀赋、能源禀赋和生态禀赋)、“三生”系统结构(生产、生活和生态)、六大关联系统结构(金融、教育、空间、开放、基础设施和制度)以及两大机制系统(市场和政府)。②各系统结构存在内生决定关系。禀赋系统结构内生决定“三生”系统结构,“三生”系统结构又内生决定六大关联系统结构;而两大机制系统贯穿于经济社会各系统发展、转型与运行的一系列活动中;各系统结构共同内生决定经济体的碳排放与碳吸收,最终内生决定经济体的碳达峰碳中和。③从发展角度看,经济体的禀赋系统结构变迁,会内生驱动“三生”系统结构、六大关联系统结构以及市场与政府结构的相应调整,进而内生推动经济体碳排放与碳吸收的动态变化。④从转型角度看,六大关联系统结构的转型内生于“三生”系统结构,“三生”系统结构的转型内生于禀赋系统结构;各系统结构转型过快或过慢均不利于经济体实现碳达峰碳中和。⑤从运行角度看,在不同结构状态下,经济社会系统的资源配置对碳中和的影响存在差异;具体而言,发展中经济体、转型中经济体与发达经济体的资源配置对碳中和的影响各不相同。

**关键词** 碳中和;马克思主义;新结构经济学;自主知识体系

中图分类号 F062.2 文献标志码 A 文章编号 1002-2104(2025)11-0001-15 DOI:10.12062/cpre.20250639

改革开放以来,中国创造了举世瞩目的经济增长奇迹,同时中国的碳排放量也发生了显著变化。中国的碳排放量由1949年的0.62亿t增加至2023年的119.53亿t,年均增长率为7.36%;特别是2006年以来,中国成为全球第一大碳排放国,2023年占全球年排放总量的31.78%<sup>①</sup>。中国的碳排放量也发生了明显的结构性变化,大体可以分为3个阶段。1949—1977年的波动阶段,在此期间中国年均碳排放量为5.48亿t;1978—2001年的缓慢增长阶段,在此期间中国年均碳排放量为24.75亿t;2002—2020年的快速增长阶段,在此期间中国年均碳排放量为82.43亿t。由此可见,这3个阶段的碳排放量存在系统性差异。为了应对全球气候治理问题,2020年9月22日,习近平在第

七十五届联合国大会一般性辩论上向国际社会郑重提出,中国“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”<sup>[1]</sup>。为了实现“双碳”战略目标,对中国的碳排放和碳中和实现路径进行研究并揭示其变迁规律尤为重要。为此,有必要回答如下问题:为什么中国的碳排放量及其结构在不同阶段会呈现出明显差异?是否是中国的经济和社会系统的阶段性差异及其变化导致的?是否有必要结合中国经济发展转型与碳中和的实践,建构中国自主的碳中和经济学知识体系?

现代经济学包括其中新兴的气候变化经济学和环境经济学等学科大多是发达国家的学者根据西方发达国家的现象总结而来,其解释的是西方发达国家的经济环境

收稿日期:2025-03-24 修回日期:2025-06-28

作者简介:林毅夫,博士,教授,主要研究方向为新结构经济学。E-mail:justinlin@nsd.pku.edu.cn。

通信作者:郑洁,博士,研究员,主要研究方向为新结构环境经济学。E-mail:jiezheng@nsd.pku.edu.cn。

基金项目:国家自然科学基金专项项目“中国经济增长与经济结构转型研究:基于新结构经济学的新范式”(批准号:72141301);马克思主义理论研究和建设工程重大项目“中国经济发展模式及其特点研究”(批准号:2021MZD015)。

①本研究碳排放的数据均来自:Global Carbon Project. <http://www.globalcarbonatlas.org/>。

现象<sup>[2-3]</sup>。中国的发展、转型之路是西方发达国家不曾走过的,因此,已有的理论特别是西方国家的理论难以解释中国经济增长的奇迹和碳排放的特征等现象。旧结构主义和新自由主义的失败已经反复证明西方的理论难以真正解释和指导中国等发展中、转型中国家的现象和实践<sup>[4]</sup>。因此,有必要根据中国等发展中转型中经济体的经济和碳排放现象进行自主理论创新,建构中国自主的碳中和和经济学知识体系。本研究的新结构经济学是以马克思辩证唯物主义和历史唯物主义为指导,运用现代经济学的分析方法,总结中国和其他发展中国家发展成败经验进行的自主理论创新,同时也是通过将不同发展程度国家内生异质性结构的视角引入现代经济学的理论体系,是对新古典经济学进行的结构革命<sup>[5]</sup>。

从新结构经济学视角能够自洽地解释中国自1949年以来碳排放量阶段性变化背后的经济社会系统性变革。根据所界定的碳排放量的3个阶段,大体可以将其划分为3次经济社会系统性变革。第一次经济社会系统性变革是1949年以来至1978年。在此期间中国实行的是重工业优先发展的战略,其时中国的国情是人多资本少;为了推动这一违背当时中国比较优势的重工业发展,中国内生形成三位一体的计划经济体制等经济社会系统扭曲性变革<sup>[6]</sup>。由于经济社会系统的扭曲性变革,其难以创造经济剩余、经济增长缓慢、经济规模较小,因此碳排放总量也较小,呈现波动式变化。第二次经济社会系统性变革大体上可以划定为从1978年至2002年。1978年中国开始实行改革开放政策,并实行渐进双轨制改革,缺乏比较优势的重工业仍然维持,具有比较优势的劳动密集型产业放开发展,经济社会系统发生转型性变革<sup>[7]</sup>。由于经济社会系统在转型性变革中,劳动密集型产业具有比较优势,其经济主体具有内生动力,能够创造经济剩余;且劳动密集型产业的碳排放强度较低,在经济快速增长的同时,碳排放量也呈现缓慢增长趋势。第三次经济社会系统性变革大体上可以划定为2002年至2020年。随着上一阶段中国经济增长以及资本的快速积累,原本缺乏比较优势的重工业逐渐转变为具有比较优势,能够创造经济剩余;伴随具有比较优势的产业发生快速变迁,在此阶段中国的经济社会系统也发生快速变革。由于中国经济社会系统中的产业整体上具有比较优势,特别是重工业等资本密集型产业具有比较优势,经济增长快;且重工业具有高碳排放的特性,使得此阶段中国的碳排放量呈现出快速增长的趋势<sup>[5]</sup>。随着高质量发展取得明显成效,2020年以来,中国提出“双碳”战略目标,中国的经济社会系统必将发生一场广泛而深刻的系统性变革,第四次经济社会系统性变革正在发生。

为了更加完整地解释和指导中国已发生的3次经济社会系统性变革和正在发生的第4次经济社会系统性变革,本研究构建了具有一般性的碳中和和经济社会系统性变革的理论框架。该理论框架由4部分组成:一是禀赋系统结构,包括要素禀赋结构、能源禀赋结构和生态禀赋结构;二是“三生”系统结构,即生产系统结构(生产方式)、生活系统结构(生活方式)和生态系统结构(生态环境);三是六大关联系统结构,即金融系统结构、教育系统结构、空间系统结构、开放系统结构、基础设施系统结构和制度系统结构;四是两大机制系统,即有效市场与有为政府。该理论框架的核心逻辑是:禀赋系统结构内生决定“三生”系统结构,“三生”系统结构内生决定六大关联系统结构;两大机制系统贯穿于经济社会各系统发展、转型与运行的一系列活动中;各系统结构共同内生决定经济体的碳排放与碳吸收,最终内生决定经济体的碳达峰碳中和。新结构碳中和经济学的主要理论见解:从发展角度看,经济体的禀赋系统结构变迁,内生驱动“三生”系统结构、六大关联系统结构以及市场与政府的结构变迁,从而内生驱动经济体碳排放与碳吸收的变化。从转型角度看,由于经济社会中各系统结构变化快慢不一以及政府干预等因素,使得经济体的“三生”系统结构和六大关联系统结构偏离禀赋系统结构内生决定的最优结构状态,从而影响经济体的碳排放和碳吸收。在经济社会各系统结构内生扭曲状态下,“三生”系统结构的转型和六大关联系统结构的转型既不宜过快、亦不能过慢,否则均不利于经济体的持续高质量发展和碳达峰碳中和目标的实现。从运行角度看,经济社会系统在不同内生结构状态下,资源配置对碳中和的影响不同,即发展中经济体、转型中经济体与发达经济体的结构状态不同,其资源配置对碳中和的影响各不相同。

本研究基于新结构经济学视角,结合研究对象碳达峰碳中和,探讨自主理论创新,建构碳中和和经济社会系统性变革的理论框架,提出一系列有待检验的理论见解,初步探索形成新结构碳中和和经济学这门学科。新结构碳中和经济学的提出对于建构中国自主的碳中和和经济学知识体系具有重要的理论意义,同时对于实现中国碳达峰碳中和的战略目标具有重要的现实指导价值。

## 1 文献综述

与碳中和密切相关的经济学科是气候变化经济学,自20世纪70年代Nordhaus的开创性研究起<sup>[2]</sup>,经历40多年发展,已形成一门新兴的经济学分支学科<sup>[3,8]</sup>。国外代表性学者和机构主要有:诺德豪斯(Nordhaus)、斯特恩、魏茨曼、谢林、奥斯特罗姆、阿克洛夫、索洛、阿罗、斯蒂格利茨、

达斯古帕塔以及联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)等。国内代表性学者团队主要有:潘家华团队、何建坤团队、丁仲礼团队、魏一鸣团队、国务院发展研究中心气候变化问题研究课题组等。气候变化经济学主要有三大研究方向:一是减缓气候变化经济学的理论与政策研究;二是适应气候变化的影响和脆弱性分析;三是气候变化国际治理机制研究。气候变化经济学的主要模型方法有:综合评估模型(integrated assessment model, IAM)、可计算一般均衡模型(computable general equilibrium, CGE)、投入产出模型、系统优化模型和计量经济模型等。其中,综合评估模型是气候影响评估和政策研究的主流工具,起源于Nordhaus<sup>[9]</sup>,代表性的模型是动态综合气候-经济模型(dynamic integrated climate-economy model, DICE)和区域综合气候-经济模型(regional integrated climate-economy model, RICE),此后在IAM框架基础上演化出许多不同版本的模型,如PAGE(policy analysis for the greenhouse effect)等。

由于实现碳中和是一个综合自然科学、工程技术与经济社会的跨学科问题,即便在经济社会系统中也涉及各个领域,因此碳中和研究必然包括跨学科以及经济学各个领域的研究内容。Wei等<sup>[10]</sup>基于Web of Science数据库,对187篇碳达峰和918篇碳中和相关公开发表文献展开调查,研究内容涵盖零碳技术、能源系统优化、CCUS、生态系统碳汇等学科领域。除此之外,经济学界已积累了大量关于低碳转型驱动的经济社会系统性变革研究<sup>[11-12]</sup>,如能源系统结构的低碳转型<sup>[13]</sup>、技术进步对气候变化的影响<sup>[14]</sup>、森林碳汇<sup>[15]</sup>、碳金融<sup>[16]</sup>、国际贸易中的碳排放<sup>[17]</sup>、碳市场<sup>[18]</sup>、碳税的一般均衡效应<sup>[19]</sup>、储蓄率对碳排放的影响<sup>[20]</sup>等。

气候变化经济学和环境经济学等相关学科对碳中和的研究已十分丰富,为实现“双碳”目标奠定坚实的研究基础。不过,从新结构经济学视角来看,已有研究存在以下几点局限性。首先,研究范式的局限性。已有学科主要是遵循新古典经济学的研究范式分析气候变化等环境问题,既难以适用于中国快速结构变迁的发展中转型经济体,也未对经济学基本范式产生根本性影响。新古典经济学是根据西方发达国家的现象总结而来,其研究范式的核心特征是以给定发达国家的经济结构作为暗含前提,以此研究各类稀缺资源的配置。然而,大多数发展中转型中经济体的经济结构与发达国家存在内生的异质性,若以给定发达国家经济结构的理论范式研究发展中转型中国的资源配置,则不可避免产生“南橘北枳”的问题<sup>[21]</sup>。

其次,模型方法的局限性。研究范式内生决定模型

方法,作为各类综合评估模型基础的主流环境经济模型,除了与科学模型存在裂痕之外,其底层建模逻辑也存在局限。以主流的3类模型为例,一类是基于一般均衡理论的可计算一般均衡环境模型,如各种经济、能源、环境可计算一般均衡模型(3E-CGE)等;一类是基于新古典增长理论的环境模型,如诺德豪斯(Nordhaus)开发的综合评估模型(DICE)以及DSGE中的最优碳税和碳价模型等;一类是基于内生增长理论的环境模型,如能源部门诱致性技术进步的气候变化模型(ENTICE)和环境约束的偏向性技术进步模型(EDTC)等。前两类模型本质上是给定外生的禀赋、偏好、技术等经济结构研究环境资源优化配置和政策优化设计的新古典经济学模型,由于缺乏结构内生变迁的理论机制,难以揭示环境结构转型机理并容易高估环境问题的社会成本。ENTICE模型就发现忽略诱致性技术进步的DICE模型高估了9.4%的最优碳税政策的福利成本<sup>[22]</sup>。第三类模型主要基于能耗与排放强度低且增长与能耗排放呈“双脱钩”状态的发达国家技术内生模型,不仅容易低估环境治理的社会成本以及经济增长与环境的联动关系,还忽视了不同发展阶段国家的结构差异性和内生性,进而得出过于乐观的结论,甚至可能误导发展中国家的环境政策设计。

最后,理论体系的局限性。关于碳中和与经济社会相互影响的研究虽然浩瀚,但缺乏一以贯之的由碳中和驱动的经济社会系统性变革的理论框架,尚未形成理论体系。实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,研究领域涉及经济社会各系统,如能源、产业、技术、生活、生态、金融、教育、空间、开放、基础设施、制度等。尽管这些领域的研究已相当丰富,但领域之间相对孤立,尚未有统一的理论逻辑将已有研究贯穿形成系统化的理论体系。

相比于已有研究,本研究的主要探索目的如下:尝试从新结构经济学视角构建起碳中和和经济社会系统性变革的理论框架,能够将已有的相关研究更好地纳入这一理论框架中,构建一以贯之的理论体系,提出新结构碳中和和经济学这门新学科,为建构中国自主的碳中和经济学知识体系做出努力。

## 2 新结构碳中和经济学:经济社会系统性变革的理论框架

### 2.1 定义、研究对象、研究视角与研究方法

新结构碳中和经济学是以马克思主义为指导,运用现代经济学的研究方法,基于新结构经济学的视角研究经济体在发展、转型与运行中碳排放与碳吸收的决定因素和影响的一门新兴学科。它具有特定的研究视角和研

究方法,其研究成果能够逻辑自洽地形成相对完整的知识体系,并能够相对有效地指导不同发展程度国家的实践。新结构碳中和经济学的研究对象与其他碳中和经济学一致,即研究经济社会系统中行为主体的二氧化碳排放和吸收活动<sup>①</sup>。其研究视角和方法主要体现在3个方面<sup>[5]</sup>:一是坚持以马克思辩证唯物主义和历史唯物主义为指导,二是坚持理性选择这一现代经济学的“本体”为基本研究方法,三是坚持新结构经济学的“一个中心三个基本点”。其中,“一个中心”是指以要素禀赋及其结构为中心,即以资本、劳动和土地作为内生经济体中各种结构的根本决定性因素。要素禀赋及其结构具有时点给定、随时间可变的属性,既符合辩证唯物主义的第一性物质特征,也是还原论视角下生产生活等各种经济活动不可或缺的最小组成元素,同时构成新古典经济学分析中的两个最基本参数。“三个基本点”:一是指一个经济体在每个时点的生产结构内生于该时点的要素禀赋结构,基础设施结构和上层制度结构则内生于生产结构,生产结构决定经济体在每个时点可能达到的生产力边界,基础设施和上层建筑则决定实际的生产力是否可以达到生产力的边界;二是指经济体中的扭曲内生于各种内生结构调整的难易和速度差异所造成的实然结构和应然结构的背离以及政府干预所造成的实然结构和应然结构的背离,这些背离会使实际的生产力偏离可以达到的边界;三是指由于生产结构与扭曲的内生性所导致的结构异质性,使得不同结构状态下的经济运行方式既存在共性,也具有个性。

新结构碳中和经济学遵循以马克思主义为指导、理性选择的研究方法以及“一个中心三个基本点”的研究视角,这三者之间具有内在的统一性,本质上是一元论而非三元论,它强调以要素禀赋及其结构为中心,与马克思辩证唯物主义强调的第一性物质原理是一致的,且要素禀赋及其结构决定经济体的总预算和相对价格,进而影响行为主体的理性选择。

## 2.2 理论框架

新结构碳中和经济学的理论框架由4大部分组成,基于前文所述,该理论框架的具体内容如下。

第一部分是理论框架的出发点。新结构经济学坚持马克思辩证唯物主义,从作为第一性物质的禀赋及其结

构出发,结合碳中和的研究对象,以要素禀赋结构、能源禀赋结构和生态禀赋结构作为理论框架出发点。其中,要素禀赋结构主要是指经济体中资本和劳动的组合。一般而言,发达经济体呈现出资本相对丰富和劳动相对稀缺的结构特征,而大多数发展中经济体呈现出资本相对稀缺而劳动相对丰富的结构特征。能源禀赋结构主要是指经济体中不同类型能源的组合。生态禀赋结构主要是指经济体所拥有的各类生物资源以及光照、气温和降水等非生物资源的组合。新结构碳中和经济学认为,经济体的要素禀赋结构、能源禀赋结构和生态禀赋结构,是内生决定各类经济社会生态系统结构的根本原因,是推动碳达峰碳中和目标实现的根本驱动因素。

第二部分是理论框架的主干。新结构经济学坚持和发展马克思历史唯物主义,基于经济基础决定上层建筑的基本原理,结合碳中和的研究对象,以生产方式<sup>②</sup>、生活方式和生态环境作为理论框架的主干。其中,生产方式主要指经济体的生产系统结构,包括产业系统结构和技术系统结构,其决定经济体的生产力。以产业系统结构为例,不同经济体的产业系统结构不同,例如,发达经济体呈现出以服务业为主的结构特征,发展中经济体呈现出以工业或农业为主的结构特征。生活方式主要指经济体中消费者的偏好系统和消费系统,不同发展阶段经济体的环保意识、消费结构不同。生态环境主要指生态系统和环境系统,其决定经济体的自然生产力;不同生态系统结构和环境系统结构具有不同的生态生产力,所能提供的生态产品和生态服务不同;例如,森林生态系统与沙漠生态系统的碳汇能力不同。新结构碳中和经济学认为,经济体的生产系统、生活系统和生态系统内生决定经济体中其他经济社会系统,对碳排放与碳吸收起到关键作用。

第三部分是理论框架的有机组成。新结构经济学坚持系统观念,认为经济体正如人体<sup>③</sup>存在诸多系统一样,各系统相互联系、相互制约,共同影响经济体的发展、转型与运行;结合碳中和的研究对象,将金融系统结构、教育系统结构、空间系统结构、开放系统结构、基础设施系统结构和制度系统结构等经济社会系统,作为理论框架的有机组成部分。其中,金融系统结构是指经济体中各类金融资源和制度安排的组合。教育系统结构是指经济体中各类教育资源和制度安排的组合;空间系统结构是

①本研究对碳中和的定义参照IPCC,“碳中和是指一定时期内特定实施主体(国家、组织、地区、商品或活动等)人为二氧化碳排放量与人为二氧化碳移除量之间达到平衡”。

②值得注意的是本文的生产方式概念与马克思政治经济学中“生产方式”概念的内涵不同,主要侧重于生产力,当然未来的研究也可以纳入生产关系。

③正如人体有8大系统,运动系统、神经系统、内分泌系统、循环系统、呼吸系统、消化系统、泌尿系统、生殖系统,这些系统协调配合,使人体内各种复杂的生命活动能够正常进行。

指经济体中各类空间要素的组合;开放系统结构是指经济体中各类开放要素和制度安排的组合;基础设施系统结构是指经济体中各类硬性基础设施的组合;制度系统结构主要是指经济体中各类制度安排的组合;新结构碳中和经济学认为,经济体中的六大关联系统结构内生于“三生”系统结构,共同影响经济体在发展、转型与运行中的碳排放与碳吸收。

第四部分是理论框架的两翼。新结构经济学坚持“有效市场和有为政府更好结合”,遵循“市场有效以政府有为为前提,政府有为以市场有效为依归”<sup>[23-24]</sup>的原则,以有效市场与有为政府作为理论框架的两翼。实现碳达峰碳中和的经济社会系统性变革需要市场与政府两大核心机制。以要素禀赋结构内生决定生产结构为例,现实中经济体的要素禀赋结构如何内生决定最优产业结构和最优技术结构?关键在于行为主体根据比较优势选择产业和技术。那么如何让行为主体根据比较优势选择产业和技术?需要有能够反映各种要素相对稀缺性的价格信号,这类信号能清晰指引行为主体识别具有比较优势的产业和技术,以及能带来最大收益的发展方向。这就要求形成一套可准确反映要素禀赋结构相对丰裕度的要素相对价格体系,而这样的价格体系,只有在充分竞争的市场上才能形成。因此,必须充分发挥市场在资源配置中的决定性作用。同时,经济社会系统性变革本质上是一个结构不断变迁的过程,而经济社会系统中各类结构的变化存在各种市场失灵,因此政府的作用也必不可少。例如,经济发展并非静态的资源配置,而是技术不断创新、产业不断升级的过程,这就需要解决先行者的外部性问题;同时,要让产业升级后的企业具备竞争力,还必须完善基础设施结构和上层制度结构,并解决两者的协调问题。外部性、协调及公共品问题,需由政府介入以纠正市场失灵。因此,实现碳达峰碳中和的经济社会系统性变革,既需要有效市场,也需要有为政府。新结构碳中和经济学认为,有效市场与有为政府贯穿于经济社会各系统发展、转型与运行的一系列活动中,是实现碳达峰碳中和的两大机制系统。

### 2.3 理论体系

前文详细阐述了新结构碳中和经济学理论框架的构成以及经济社会各系统的基本结构特征,并强调了理论框架的核心逻辑。该理论框架具有一般性,而在此基础上结合碳中和的具体研究对象,能够形成丰富的理论认识;这些理论认识便可以形成新结构碳中和经济学一以贯之的理论体系和自主知识体系。新结构碳中和经济学的理论体系根据不同的标准可以归类为不同的理论范畴。根据结构内生、扭曲内生与运行内生的划分标准,将

新结构碳中和经济学的理论体系划分为四大理论,即新结构碳中和发展理论、新结构碳中和转型理论、新结构碳中和运行理论以及新结构碳中和关联理论。下面详细阐述四大理论的基本逻辑和主要的研究内容。

(1)新结构碳中和发展理论。新结构碳中和发展理论主要是研究经济社会中各系统结构内生变迁对碳中和的影响。该理论认为,经济社会中禀赋系统结构的升级会内生带动“三生”系统结构的升级,“三生”系统结构的升级又会内生推动六大关联系统结构的升级,进而内生促成经济体碳排放与碳吸收的变化。该理论的研究内容包括但不限于:经济社会系统中能源结构内生变迁对碳排放的影响、产业结构内生变迁对碳排放的影响、消费结构内生变迁对碳排放的影响;技术结构内生变迁对碳排放与碳吸收的影响;生态系统结构内生变迁对碳汇的影响;金融结构内生变迁对碳中和的影响、教育结构内生变迁对碳中和的影响、空间结构内生变迁对碳中和的影响、开放结构内生变迁对碳中和的影响、基础设施结构内生变迁对碳中和的影响、制度结构内生变迁对碳中和的影响等。

(2)新结构碳中和转型理论。新结构碳中和转型理论主要是研究经济社会中各系统结构内生扭曲对碳中和的影响。该理论认为,由于经济社会中各系统结构变化快慢不一以及政府干预等因素,经济体的“三生”系统结构和六大关联系统结构会偏离由禀赋系统结构内生决定的最优结构状态,进而对经济体的碳排放与碳吸收产生影响。该理论的研究内容包括但不限于:经济体的能源结构内生扭曲对碳排放的影响、产业结构内生扭曲对碳排放的影响、消费结构内生扭曲对碳排放的影响;技术结构内生扭曲对碳排放与碳吸收的影响;生态系统结构内生扭曲对碳汇的影响;金融结构内生扭曲对碳中和的影响、教育结构内生扭曲对碳中和的影响、空间结构内生扭曲对碳中和的影响、开放结构内生扭曲对碳中和的影响、基础设施结构内生扭曲对碳中和的影响、制度结构内生扭曲对碳中和的影响等。

(3)新结构碳中和运行理论。新结构碳中和运行理论主要是研究经济社会中各系统结构内生运行对碳中和的影响。该理论认为,由于不同经济体的禀赋系统结构不同,内生决定“三生”系统结构和六大关联系统结构不同;在不同的系统结构状态下,经济运行对碳中和的影响也将呈现系统性差异。例如,发展中经济体、转型中经济体与发达经济体的系统结构不同,各自的经济运行对碳中和的影响各不相同。该理论的研究内容包括但不限于:不同系统结构状态下企业生产效率对碳排放的影响差异,不同系统结构状态下消费行为对碳排放的影响差

异;不同系统结构状态下能源效率对碳中和的影响差异,不同系统结构状态下要素配置效率对碳中和的影响差异,不同系统结构状态下金融资源配置效率对碳中和的影响差异,不同系统结构状态下教育资源配置效率对碳中和的影响差异,不同系统结构状态下空间资源配置效率对碳中和的影响差异,不同系统结构状态下基础设施配置效率对碳中和的影响差异,不同系统结构状态下营商环境等制度效率对碳中和的影响差异;不同系统结构状态下森林经营管理对碳汇的影响差异等。

(4)新结构碳中和关联理论。新结构碳中和关联理论主要是研究经济社会中各系统结构内生关联对碳中和的影响。该理论认为,经济社会中各系统结构之间存在关联,且这种关联是内生的,内生于底层结构;若经济社会系统的底层结构发生变迁,系统间的关联也将发生内生变迁。关于这方面的研究议题亦十分丰富,包括但不限于:能源系统与产业系统对碳中和的影响<sup>[25]</sup>、能源系统与生活系统对碳中和的影响、能源系统与金融系统对碳中和的影响、生活系统与金融系统对碳中和的影响、生态系统与基础设施系统对碳中和的影响、金融系统与教育系统对碳中和的影响、金融系统与空间系统对碳中和的影响、教育系统与开放系统对碳中和的影响、空间系统与制度系统对碳中和的影响、开放系统与基础设施系统对碳中和的影响等。在研究这些议题时,关键在于将这些系统之间的关联嵌入“禀赋系统结构-‘三生’系统结构”这一底层逻辑中,由此便可得出新结构碳中和关联理论的诸多新见解,从而形成新结构碳中和关联理论。

### 3 新结构碳中和经济学的理论见解:经济社会各系统与碳中和

前文阐述了新结构碳中和经济学的经济社会系统性变革的整体框架和基本逻辑,本节侧重阐述经济社会中各个系统与碳中和的分析框架和基本逻辑,提出更为具体的理论见解,丰富新结构碳中和经济学的自主知识体系。

#### 3.1 能源系统结构与碳中和

新结构碳中和经济学认为,能源系统结构在经济体的发展、转型与运行中对碳中和产生影响。

首先,经济体的要素禀赋及其结构内生决定最优生产结构,而生产结构的能耗特性进一步内生决定能源需求结构;当经济体的能源供给结构与生产结构对能源需求结构相匹配时,便形成最优能源结构。从横向对比来看,发达经济体与发展中经济体的要素禀赋及结构存在差异,由此内生决定的最优生产结构各不相同;同时,两类经济体在

生产结构的能耗特性、能源禀赋方面同样存在区别,因此其最优能源结构也有所不同。从纵向发展而言,随着经济体的发展,要素禀赋及其结构会发生变迁,比较优势也会相应改变,进而推动内生的最优生产结构发生转变;而随着最优生产结构的转变,其能耗特性与能源禀赋供给也会随之变化,这就导致经济体的最优能源结构随之调整<sup>[26]</sup>。由于不同能源的碳排放系数不同,经济体的能源结构会对碳排放产生影响。不同的能源结构对碳排放的影响不同;随着经济发展进程中能源结构的内生变迁,经济体的碳排放总量与强度也将随之发生系统性变化。

其次,由于经济社会中各结构变量变化快慢不一或政府干预等因素,导致经济体中实然能源结构偏离要素禀赋结构内生决定的应然能源结构,进而引发能源结构扭曲和能源效率低下等问题,从而影响经济体的碳中和。根据能源结构扭曲的来源,分为以下两种情景。第一,经济体的要素禀赋及其结构内生决定的生产结构具有比较优势,由于市场失灵或者政府失灵,使得能源结构偏离经济体的最优能源结构,能源结构的扭曲和能源效率的低下影响碳中和。例如,部分地区为尽早达成碳达峰碳中和目标,过度限制煤炭、石油等化石能源的使用,强制提高清洁能源的使用率。此类做法短期内或许能实现碳排放的削减,但本质上是牺牲经济发展质量为代价,其长期可持续性值得怀疑。同时,这种非内生性的能源结构调整会破坏生产系统的协同性,导致企业能源利用效率下降,反而不利于碳减排目标的稳定实现。第二,政府的发展战略违背经济体要素禀赋及其结构内生决定的比较优势,导致生产结构扭曲,企业缺乏自生能力。生产结构扭曲会引致能源需求变化,同时也会影响能源供给,导致经济体的能源结构扭曲以及能源效率低下<sup>[27]</sup>,进而对碳中和产生影响。

#### 3.2 生产系统结构与碳中和

新结构碳中和经济学认为,生产系统结构在经济体的发展、转型与运行中影响碳中和。

首先,经济体的要素禀赋及其结构内生决定最优生产结构,包括最优产业结构<sup>[29]</sup>和最优技术结构<sup>[30]</sup>。不同经济体或同一经济体的不同发展阶段,其要素禀赋及其结构不同,内生决定的最优生产结构(产业结构和技术结构)不同。从产业角度来看,不同产业的碳排放特性不同。一般而言,重工业的单位碳排放量大,服务业的单位碳排放量次之,农业的单位碳排放量较小。例如,自20世纪50年代以来,中国的重工业贡献了二氧化碳排放的80%<sup>[31]</sup>。从技术角度而言,不同技术的碳排放特性不同。有些技术属于碳密集型技术,如传统重工业生产中的大多技术属于此类;有些技术属于低碳技术,如传统农业的生产技术和大多数服务业的技术;还有些技术属于固碳

技术,如碳捕集、利用与封存技术。因此,经济体的产业结构和技术结构会对碳中和产生影响。不同的产业结构和技术结构对碳中和的影响不同;随着经济发展,经济体产业结构和技术结构的内生变迁,对碳中和的影响也将随之改变。

其次,市场失灵或政府失灵等因素会导致经济体的生产结构偏离最优状态,形成生产结构扭曲,进而影响经济体的运行效率及碳中和目标的实现。其中,政府的发展战略是生产结构是否偏离最优的关键。若发展战略违背比较优势,造成生产结构扭曲,会使企业缺乏自生能力<sup>[7]</sup>,其碳排放行为也会随之改变,最终对碳中和产生影响。

### 3.3 生活系统结构与碳中和

新结构碳中和经济学认为,生活系统结构在经济体的发展、转型与运行过程中对碳中和产生影响。

首先,经济体的要素禀赋及其结构内生决定最优生产结构,而最优生产结构决定经济体的最大生产力水平,进而决定经济体居民的收入水平。显然,处于不同发展阶段的经济体,其居民收入水平存在差异。随着经济体的发展,要素禀赋及其结构发生变迁,经济体的生产力会内生提升,居民收入水平也随之不断提高<sup>[32]</sup>。而收入水平的持续提高,会使人们的环保意识和消费结构发生内生变化。根据环境库兹涅茨曲线的需求侧解释,在收入水平低时,人们的环保意识相对薄弱,更侧重于物质产品的消费,往往忽视环境质量等生态产品的价值;随着收入水平的不断提高,人们的环保意识增强,对环境质量等生态产品的效用增加,消费结构发生变化<sup>[33]</sup>。因此,随着经济体收入水平的内生变迁,人们的环保意识和消费结构也将发生内生变化;由于不同环保意识与消费结构的碳排放特性不同,对碳中和的影响也不同。

其次,政府发展战略是影响经济体收入水平和经济结构的关键因素,进而影响经济社会系统的碳中和。若政府采取违背比较优势的发展战略,会导致产业结构扭曲,企业缺乏自生能力,难以有经济剩余,使得资本和劳动的回报率偏低,从而抑制收入水平提高<sup>[34-35]</sup>;根据环境库兹涅茨曲线,收入水平不增加,就难以实现碳达峰碳中和<sup>①</sup>。同时,政府违背比较优势发展战略会扭曲经济体的收入分配结构<sup>[36]</sup>;由于不同收入水平人群的消费结构和环保意识不同,且不同环保意识与消费结构的碳排放特性不同,因此,收入分配结构的内生扭曲会影响碳中和。政府采取违背比较优势的发展战略会导致城乡收入差距

拉大<sup>[37]</sup>,而城市居民的生活方式与农村居民的生活方式不同;且不同生活方式的碳排放特性不同,从而影响经济社会系统的碳中和。

### 3.4 生态系统结构与碳中和

新结构碳中和经济学认为,生态系统结构的发展、转型与运行会对碳中和产生影响。首先,经济体的生态禀赋及其结构内生决定生态系统的结构和功能,即决定生态系统的生态生产力,进而影响经济社会系统的碳中和。从横向比较来看,不同经济体的生态禀赋及其结构不同,内生决定的生态系统结构和功能不同,对碳吸收的能力不同。从纵向发展来看,经济体的生态禀赋及其结构变迁,内生引发生态系统结构和功能变迁,进而对碳中和的影响也将发生变迁。例如,生物多样性作为生态禀赋结构的重要维度之一,对生态系统的生产力具有重要影响<sup>[38-39]</sup>。已有研究发现,生物多样性与生态系统功能存在显著正相关的关系,物种丰富度高的生态系统通常具有较高的生物量和生态生产力,在广泛的生物类群和生态系统中,生物量会随物种丰富度的增加而增加;反之,生物多样性的丧失会降低生态系统的生产力和稳定性<sup>[40]</sup>。事实上,全球几乎一半的森林生产可以直接或间接地归因于生物多样性的作用。这表明,如果没有健康的物种多样性,就无法实现充分的碳潜力<sup>[38]</sup>。同样,气温、湿度等气候要素作为生态禀赋结构的另一重要维度,对生态系统的生产力也具有重要影响<sup>[41]</sup>。已有研究发现,气候变化对旱地生态系统功能及该系统所提供的关键生态系统服务具有重要影响<sup>[42]</sup>,而植被结构与气候变量在塑造巴塔哥尼亚牧场的生态系统功能方面也具有同等重要性<sup>[43]</sup>。进一步地,不同生态系统的碳吸收特性不同,例如,森林生态系统、草原生态系统、沙漠生态系统的碳吸收能力不同。已有研究发现,由于不同地区的生物多样性、气候要素和土壤条件不同,天然森林的碳潜力存在差异,低纬度地区的天然森林碳潜力较高,而高纬度地区的碳潜力相对较低<sup>[42]</sup>,人工林与天然林生产系统的碳吸收和储存能力也存在显著差异<sup>[44]</sup>。即使是同一森林生态系统,随着森林的林龄结构变化,其碳汇能力也将发生变化,例如,Shang等<sup>[45]</sup>研究发现,目前中国的森林中有大量的青壮年林分,中国的森林将在未来15年左右保持高速增长,然而,随着森林年龄的增长,其净初级生产力将在2050年下降 $5.0\% \pm 1.4\%$ ,在2060年下降 $8.4\% \pm 1.6\%$ ,在2100年下降 $16.6\% \pm 2.8\%$ 。

其次,人类活动对生态系统的生产力产生了重要影

①本研究认为,碳达峰碳中和本质上是一个发展问题,是在经济发展的过程中实现碳达峰碳中和,而不是以牺牲经济发展来实现碳中和。若是牺牲经济发展来获得碳中和,那么对全社会福利来说未必是最优的。例如,处于农耕文明经济体,尚未开启工业化,某种程度上已经处于碳中和状态,但是这种状态是没有经济发展的。

响<sup>[41]</sup>。一方面,栖息地破坏、森林砍伐、环境污染、土地过度利用、外来物种入侵等人类过度开发利用及错误干预行为,会导致生物多样性丧失与气候变化,扭曲生态系统结构和功能,造成生态生产力下降,进而影响生态系统的碳汇能力。例如,Lu等<sup>[46]</sup>研究发现,1980—2010年中国湿地面积和碳库分别由1980年的 $4.11 \times 10^5 \text{ km}^2$ 和 $15.2 \text{ PgC}$ 减少到2010年的 $2.14 \times 10^5 \text{ km}^2$ 和 $7.6 \text{ PgC}$ ,人为干扰指数与湿地面积减少呈显著正相关的关系,表明人为干扰是湿地破坏及影响湿地土壤碳库的主要因素,若其持续增强,湿地碳库可能进一步受到损失。另一方面,当生态系统自身演变不利于碳吸收时,则需通过人为干预促进碳吸收。

### 3.5 金融系统结构与碳中和

新结构碳中和经济学认为,金融系统结构在经济体的发展、转型与运行中对碳中和产生影响。

首先,经济体的要素禀赋及其结构内生决定最优生产结构,而生产结构的规模和风险特性又内生决定金融需求;当经济体中金融系统的各种金融制度安排与最优生产结构的金融需求特性相匹配时,便形成经济体的最优金融结构。不同经济体或同一经济体的不同发展阶段,其要素禀赋及其结构不同,内生决定的最优生产结构不同,则内生形成的最优金融结构也不同<sup>[47-48]</sup>。

金融系统结构对碳中和的影响主要有以下两种方式。第一种是金融系统结构本身产生的直接碳排放。例如,银行办公场所和股票交易场所等产生的碳排放。不同的金融结构的碳排放特性存在差异,不过整体而言,这类碳排放相对较少。第二种是金融系统结构通过经济体的生产系统、生活系统和生态系统影响碳中和。例如,金融服务产业活动、居民活动以及支持碳捕集、利用与封存技术等,都会对碳中和产生影响。这里主要阐述金融系统结构通过经济体的生产结构对碳排放的影响<sup>①</sup>。在不同生产结构状态下,金融系统结构在推动经济体生产结构发展与运行过程中所引发的碳排放存在差异。例如,当经济体处于重工业主导的发展阶段时,重工业具有比较优势;若金融系统供给结构与以重工业为主的生产结构对金融需求相匹配,便会促进重工业发展;而因重工业的碳排放强度高,金融系统在促进重工业发展时引致的碳排放也多。随着经济体发展水平提升,要素禀赋不断积累,服务业主导的生产结构逐渐具备比较优势,其对金融的需求特性与重工业不同,如这一阶段会内生形成对绿色金融、转型金融和碳金融等新金融制度的需求。当金融系统供给结构与生产结构对

金融需求特性相匹配时,将推动服务业发展;由于服务业的碳排放强度较低,金融系统在促进服务业发展时引致的碳排放也较少。可见,不同金融系统结构对碳中和的影响不同,且随着金融系统结构的内生变迁,其对碳中和的影响也会发生改变。

其次,由于经济社会中各结构变量变化速率不同、信息不对称等市场因素,或政府干预等政府因素,会导致经济体的金融结构偏离最优金融结构,形成金融结构扭曲,进而影响经济体的碳中和。根据金融结构扭曲的来源,分为以下两种情景。第一,经济体中生产结构具有比较优势,由于市场失灵或者政府失灵使得金融结构偏离经济体的最优金融结构,这种金融结构的扭曲会影响碳中和。例如,部分发展中经济体为追求发达经济体的金融结构,不顾自身经济发展阶段特性而盲目推进金融深化;由于该金融结构难以满足融资者的需求,企业、居民等行为主体的融资约束会增强<sup>[47]</sup>,融资成本上升,进而影响其理性选择,抑制生产力释放并导致运行效率低下,最终对碳排放与碳吸收产生影响。第二,若政府的发展战略违背比较优势,会导致生产结构扭曲,使企业缺乏自生能力,而生产结构扭曲又会引发金融需求的变化;为满足扭曲生产结构中企业的金融需求,政府不得不扭曲金融供给,这会造成经济体的金融结构扭曲与金融资源配置效率低下,进而通过与金融结构赶超相似的机制影响经济体的碳中和。例如,发展中经济体推行重工业赶超战略时,由于资本密集型重工业不符合其比较优势,相关企业缺乏自生能力;为维持重工业发展,对金融系统的行政干预和扭曲便难以避免,如通过压低利率、计划配置金融资源等手段保护和补贴重工业;且因重工业具有高排放特性,金融结构扭曲在推动其发展的同时会加剧碳排放。此外,具有比较优势的制造业因缺乏资本而难以发展,多数劳动者会滞留在农业领域,这不仅影响经济运行效率和发展速度,还会通过农业及劳动密集型产业的特性对碳排放产生影响。

### 3.6 教育系统结构与碳中和

新结构碳中和经济学认为,教育系统结构在经济体的发展、转型与运行过程中对碳中和产生影响。

首先,经济体的要素禀赋及其结构内生决定最优生产结构,而生产结构的人力资本特性会内生决定教育需求;当经济体中教育系统的供给结构与最优生产结构对人力资本的需求特性相匹配时,便形成经济体的最优教育结构<sup>[32]</sup>。不同经济体或同一经济体在不同发展阶段,

①金融系统通过生活系统和生态系统影响碳中和蕴含着大量的理论内涵有待挖掘,类似地,后续讨论的教育系统、空间系统、开放系统、基础设施系统和制度系统通过生活系统和生态系统影响碳中和也蕴含着大量的理论内涵有待挖掘。

由于要素禀赋及其结构存在差异,内生决定的最优生产结构有所不同,因此内生决定的最优教育结构也各不相同。

教育系统结构对碳中和的影响主要有以下两种方式。一种是教育系统内部的直接碳排放,例如教学楼等教育办公场所产生的碳排放,不同教育结构的碳排放特性存在差异,不过整体而言,这类碳排放相对较少。另一种是教育系统通过经济体的生产系统、生活系统和生态系统影响碳中和,比如为生产活动提供人力资本、通过宣传环保意识影响居民碳行为、为CCUS技术提供人力资本等。这里主要阐述教育系统通过经济体的生产系统对碳排放产生的影响。在不同生产结构状态下,教育系统结构在促进经济体生产系统结构发展时所引起的碳排放也有所不同。例如,当经济体处于以重工业主导的发展阶段时,以重工业为主的生产结构具有比较优势,若经济体的教育系统供给与以重工业为主的生产结构对人力资本需求相匹配,教育系统促进经济体具有比较优势的重工业发展;由于重工业的碳排放强度高,教育系统在促进重工业发展时引致的碳排放也多。随着经济体发展水平的提高,要素禀赋积累,以服务业为主的生产结构具有比较优势;该生产结构对人力资本需求的特性不同于重工业,当经济体的教育系统供给与生产结构对人力资本的需求特性相匹配时,教育系统结构促进服务业发展;由于服务业的碳排放强度较低,教育系统结构在促进服务业发展时引致的碳排放也较少。由此可见,不同经济体内生的最优教育结构不同,不同的教育系统结构对碳中和的影响不同;随着经济体内生教育系统结构的变迁,其对碳中和的影响也将发生改变。

其次,由于经济社会中各结构变量的变化速率不同,或受政府错误干预等因素影响,经济体的实际教育结构会偏离应然教育结构,形成教育结构扭曲,进而影响经济体的碳中和。根据教育结构扭曲的来源,可分为以下两种情景。第一,当经济体的生产结构具备比较优势时,若因市场失灵或政府失灵导致实际教育结构偏离应然教育结构,这种扭曲会对碳中和产生影响。例如,部分发展中经济体为追求发达经济体的教育结构,不顾自身经济发展阶段特性而盲目推进教育深化;由于该教育结构难以满足生产者的人力资本需求,会增加其人力资本成本,影响生产者的理性选择,进而改变其碳排放行为。第二,若政府的发展战略违背比较优势,会导致生产结构扭曲,使企业缺乏自生能力,而生产结构扭曲又会引发人力资本需求的变化;为满足扭曲生产结构中企业的人力资本需求,政府不得不扭曲教育供给,这会造成经济体的教育结构扭曲与教育资源配置效率低下,进而影响碳中和。例

如,发展中国家因推行重工业赶超战略,出现了教育结构扭曲问题<sup>[49]</sup>。由于重工业不符合发展中经济体由要素禀赋结构内生决定的比较优势,且重工业对相关专业知识和技能的要求较高;为维持重工业发展,政府不得不干预教育系统,培养该产业所需的人力资本,比如中国在重工业赶超战略时期,曾在东北三省大力发展高等教育以扶持重工业。鉴于重工业具有高排放特性,教育结构扭曲在推动其发展的过程中会加剧碳排放;此外,这种扭曲的教育结构还会通过影响农业和轻工业的发展对碳排放产生作用。

### 3.7 空间系统结构与碳中和

新结构碳中和经济学认为,空间系统结构在经济体的发展、转型与运行过程中对碳中和产生影响。

首先,经济体的要素禀赋及其结构内生决定最优生产结构,而生产结构的特性会内生决定空间需求;当经济体中空间禀赋的供给与最优生产结构的特性相匹配时,空间系统结构便达到均衡,内生形成最优空间结构<sup>[32]</sup>。不同经济体或同一经济体在不同发展阶段,由于要素禀赋及其结构存在差异,内生决定的最优生产结构有所不同,因此内生决定的最优空间结构也各不相同。

空间系统结构对碳中和的影响主要是通过经济体的生产系统、生活系统和生态系统。例如,空间结构中的产业空间为生产活动提供空间载体、城市空间为生活提供空间载体、生态空间为生态系统提供空间载体,从而影响经济社会系统的碳中和<sup>[50]</sup>。这里主要阐述空间系统结构通过经济体的生产系统对碳排放的影响。在不同生产结构状态下,空间系统结构在促进经济体生产系统结构发展时所引起的碳排放也有所不同。例如,当经济体处于重工业主导的发展阶段时,以重工业为主的生产结构具备比较优势,若经济体的空间供给与该生产结构的特性相匹配,空间结构会推动具有比较优势的重工业发展;且因重工业碳排放强度高,空间系统在促进其发展过程中引致的碳排放也较多。随着经济体发展水平提升,要素禀赋不断积累,服务业主导的生产结构逐渐具备比较优势,其对空间需求的特性与重工业不同,当空间供给与该生产结构的特性相匹配时,空间系统结构会促进服务业发展;由于服务业碳排放强度较低,空间系统结构在此过程中引致的碳排放也较少。由此可知,不同经济体内生的最优空间结构存在差异,不同空间结构对碳中和的影响各不相同;随着经济体空间结构的内生变迁,其对碳中和的影响也会发生改变。

其次,由于经济社会中各结构变量的变化速率不同、信息不对称等市场失灵问题,或政府错误干预等政府失灵问题,会导致经济体的空间结构偏离最优空间结构,形

成空间结构扭曲,进而影响经济体的碳中和。根据空间结构扭曲的来源,可分为以下两种情景。第一,当经济体的生产结构具备比较优势时,若因市场失灵或政府失灵导致实际空间结构偏离应然空间结构,这种扭曲会对碳中和产生影响。例如,部分发展中经济体为追求发达经济体的城市化模式,不顾自身经济发展阶段特性而盲目推进城市化建设;由于该空间结构难以满足经济主体的空间需求,会影响其理性选择,进而改变其碳排放行为。第二,政府的发展战略违背比较优势,导致实际生产结构偏离应然生产结构,企业缺乏自生能力,生产结构扭曲引致空间需求变化;为了满足扭曲生产结构中经济主体的空间需求,政府不得不扭曲空间供给,导致经济体的空间结构扭曲以及空间资源配置效率低下,进而影响碳中和。例如,新中国成立初期的重工业优先发展战略导致城市化滞后<sup>[37]</sup>,扭曲空间结构,且由于农业空间、城市空间和生态空间的碳排放和碳吸收特性不同,空间结构的扭曲会影响经济社会系统的碳中和。

### 3.8 开放系统结构与碳中和

新结构碳中和经济学认为,开放系统结构在经济体的发展、转型与运行过程中对碳中和产生影响。

首先,经济体的要素禀赋及其结构内生决定最优生产结构,而生产结构的开放特性会内生决定开放需求;当经济体中开放系统的供给结构与最优生产结构的开放需求相匹配时,开放系统结构便达到均衡,内生形成最优开放结构<sup>[32]</sup>。不同经济体或同一经济体在不同发展阶段,由于要素禀赋及其结构存在差异,内生决定的最优生产结构有所不同,因此内生决定的最优开放结构也各不相同。

开放系统结构对碳中和的影响主要有以下两种方式。一种是开放系统内部的直接碳排放。例如,国际贸易运输中所产生的碳排放,海运和空运等不同的贸易运输方式的碳排放特性不同。第二种是开放系统通过经济体的生产系统、生活系统和生态系统来影响碳中和。例如,通过国际贸易促进生产活动规模扩大、满足居民各类产品消费以及促进绿色低碳技术传播等方面影响碳中和。这里主要阐述开放系统通过经济体的生产系统对碳排放的影响。在不同生产结构状态下,开放系统结构在推动经济体生产系统结构发展过程中所引发的碳排放存在差异。例如,当经济体处于重工业化阶段时,以重工业为主的生产结构具备比较优势,若开放系统供给与该生产结构的开放需求相匹配,会促进具有比较优势的重工业发展;且因重工业碳排放强度高,开放系统在此过程中引致的碳排放也较多。随着经济体发展水平提升,要素禀赋不断积累,服务业主导的生产结构逐渐具备比较优

势,其对开放需求的特性与重工业不同,当开放系统供给与该生产结构的开放需求特性相匹配时,开放系统结构会促进服务业发展;由于服务业碳排放强度较低,开放系统结构在此过程中引致的碳排放也较少。由此可见,不同经济体内生的最优开放结构存在差异,不同开放结构对碳中和的影响各不相同;随着经济体开放结构的内生变迁,其对碳中和的影响也会发生变化。

其次,由于经济社会中各结构变量的变化速率不同、信息不对称等市场失灵问题,或政府错误干预等政府失灵问题,会导致经济体的实际开放结构偏离应然开放结构,形成开放结构扭曲,进而影响经济体的碳中和。根据开放结构扭曲的来源,可分为以下两种情景。第一,当经济体的生产结构具备比较优势时,若因市场失灵或政府失灵导致实际开放结构偏离应然开放结构,这种扭曲的开放结构会难以满足经济主体的开放需求,影响其理性选择,进而对碳排放产生影响。第二,若政府的发展战略违背比较优势,会导致实际生产结构偏离由要素禀赋结构内生决定的应然生产结构,使得其中的企业缺乏自生能力。而生产结构扭曲会引发开放需求的变化;为满足扭曲生产结构中经济主体的开放需求,政府不得不扭曲开放供给,这会导致经济体的开放结构扭曲,进而影响碳中和。例如,新中国成立初期推行重工业优先发展战略,为满足重工业对贸易的需求,贸易结构做出相应调整以匹配重工业为主的产业结构,如采取进口替代贸易战略等<sup>[6,51]</sup>。这种贸易结构的供给旨在契合以重工业为主的生产结构对贸易的需求,从而为其发展提供支持;但由于重工业具有典型的高排放特性,贸易结构在匹配其发展时会加剧碳排放。同时,这种贸易结构调整也抑制了轻工业发展,使过多劳动力滞留在农业,进而抑制了碳排放。

### 3.9 基础设施系统结构与碳中和

新结构碳中和经济学认为,基础设施系统结构在经济体的发展、转型与运行过程中对碳中和产生影响。

首先,经济体的要素禀赋及其结构内生决定最优生产结构,当经济体中基础设施系统的供给结构与最优生产结构对基础设施的需求结构相匹配时,基础设施系统结构便达到最优均衡,内生形成最优基础设施结构<sup>[32]</sup>。不同经济体或同一经济体在不同发展阶段,由于要素禀赋及其结构存在差异,内生决定的最优生产结构有所不同,因此内生决定的最优基础设施结构也各不相同。

基础设施系统结构对碳中和的影响主要有以下两种方式。一种是基础设施系统建设的直接碳排放以及对碳吸收的影响。例如,电力、交通等基础设施建设过程中产生的碳排放以及对生态环境的破坏会减少碳吸收,不同

基础设施建设的碳排放特性不同<sup>[52-53]</sup>。第二种是基础设施系统通过经济体的生产系统、生活系统和生态系统影响碳中和。例如,基础设施降低生产活动交易成本、优化居民生活方式以及促进绿色低碳技术发展等影响碳中和。这里主要阐述基础设施系统通过经济体的生产系统对碳排放的影响。在不同生产结构状态下,基础设施系统结构在推动经济体生产系统结构发展过程中所引发的碳排放存在差异。例如,当经济体处于重工业化阶段时,以重工业为主的生产结构具备比较优势,若基础设施系统供给与该生产结构的基础设施需求相匹配,会促进具有比较优势的重工业发展;且因重工业碳排放强度高,基础设施系统在此过程中引致的碳排放也较多。随着经济体发展水平提升,要素禀赋不断积累,服务业主导的生产结构逐渐具备比较优势,其对基础设施需求的特性与重工业不同,当基础设施系统供给与该生产结构的基础设施需求特性相匹配时,基础设施系统结构会促进服务业发展;由于服务业碳排放强度相对较低,基础设施系统结构在此过程中引致的碳排放也较少。由此可见,不同经济体内生的最优基础设施结构存在差异,对碳中和的影响各不相同;随着经济体内生基础设施结构的变迁,其对碳中和的影响也会发生改变。

其次,由于经济社会中各结构变量的变化快慢不一、信息不对称等市场失灵或政府的错误干预等政府失灵,导致经济体中实然基础设施结构偏离应然基础设施结构,导致基础设施结构扭曲,从而影响经济体的碳中和。根据基础设施结构扭曲的来源,分为以下两种情景。第一,经济体的生产结构具有比较优势,由于市场失灵或者政府失灵使得基础设施结构偏离经济体的最优基础设施结构,基础设施结构的扭曲难以满足经济中经济主体的基础设施需求,影响经济主体的理性选择,进而影响其碳排放行为。第二,若政府的发展战略违背比较优势,会导致实然生产结构偏离由要素禀赋结构内生决定的应然生产结构,使得其中的企业缺乏自生能力。而生产结构扭曲会引发基础设施需求的变化;为满足扭曲生产结构中经济主体的基础设施需求,政府不得不扭曲基础设施供给,这会导致经济体的基础设施结构扭曲,进而影响碳中和。例如,新中国成立初期推行重工业优先发展战略,为满足重工业对基础设施的需求,基础设施结构做出相应调整以匹配重工业为主的产业结构,如三线建设时期的交通、电力等基础设施建设<sup>[6]</sup>。这种基础设施结构的供给旨在最大限度满足以重工业为主的生产结构对基础设施的需求,从而为其发展提供支持;但由于重工业具有典型的高排放特性,基础设施结构在匹配其发展时会加剧碳排放。同时,这种基础设施结构调整也会通过影响轻工业和农业的发展对碳排放

产生作用。在新发展阶段,我国新型基础设施的建设将加快“双碳”目标的实现进程。

### 3.10 制度系统结构与碳中和

新结构碳中和经济学认为,制度系统结构在经济体的发展、转型与运行过程中对碳中和产生影响。

首先,经济体的要素禀赋及其结构内生决定最优生产结构,当经济体中制度系统的供给结构与最优生产结构对制度的需求结构相匹配时,制度系统结构便达到最优均衡,内生形成最优制度结构<sup>[32]</sup>。不同经济体或同一经济体在不同发展阶段,由于要素禀赋及其结构存在差异,内生决定的最优生产结构有所不同,因此内生决定的最优制度结构也各不相同。

制度系统结构对碳中和的影响主要通过经济体的生产系统、生活系统和生态系统来影响碳中和。这里主要阐述制度系统结构通过经济体的生产系统对碳排放的影响。在不同生产结构状态下,制度系统结构在推动经济体生产系统结构发展过程中所引发的碳排放存在差异。例如,当经济体处于重工业化阶段时,以重工业为主的生产结构具备比较优势,若制度系统供给与该生产结构的制度需求相匹配,会促进具有比较优势的重工业发展;且因重工业碳排放强度高,制度系统在此过程中引致的碳排放也较多。随着经济体发展水平提升,要素禀赋不断积累,服务业主导的生产结构逐渐具备比较优势,其对制度需求的特性与重工业不同,当制度系统供给与该生产结构的制度需求特性相匹配时,制度系统结构会促进服务业发展;由于服务业碳排放强度相对较低,制度系统结构在此过程中引致的碳排放也较少。由此可见,不同经济体内生的最优制度结构存在差异,对碳中和的影响各不相同;随着经济体制度结构的内生变迁,其对碳中和的影响也会发生改变。

其次,由于经济社会中各结构变量的变化快慢不一、信息不对称等市场因素或政府干预等政府因素,导致经济体中实然制度结构偏离应然制度结构,导致制度结构扭曲,从而影响经济体的碳中和。根据制度结构扭曲的来源,分为以下两种情景。第一,经济体的生产结构具有比较优势,由于市场失灵或者政府失灵使得制度结构偏离经济体的最优制度结构,制度结构的扭曲难以满足经济中经济主体的制度需求,影响经济主体的理性选择,进而影响其碳排放行为。第二,若政府的发展战略违背比较优势,会导致实然生产结构偏离由要素禀赋结构内生决定的应然生产结构,使得其中的企业缺乏自生能力。而生产结构扭曲会引发制度需求的变化。为满足扭曲生产结构中经济主体的制度需求,政府不得不扭曲制度供给,这会导致经济体的制度结构扭曲,进而

影响碳中和。例如,新中国成立初期推行重工业优先发展战略,为满足缺乏比较优势的重工业发展需求,政府人为扭曲各类产品价格及包括资金、外汇在内的要素价格,用国家计划和行政手段取代市场进行资源配置,并对企业实行国有化、对农业实行人民公社化管理,形成了三位一体的高度集中的计划体制<sup>[7]</sup>。这种计划经济体制旨在最大限度满足以重工业为主的生产结构对制度的需求,从而支持重工业发展;但由于重工业具有典型的高排放特性,制度结构在匹配其发展时会加剧碳排放。同时,这种制度结构调整也会通过影响轻工业和农业的发展对碳排放产生作用。

### 3.11 市场和政府与碳中和

新结构碳中和经济学认为,市场和政府贯穿于经济体的发展、转型与运行过程中,对碳中和产生影响。如前述理论框架所示,市场和政府作为两大机制系统,贯穿于经济社会各系统发展、转型与运行的一系列活动中。本节前述的能源系统、生产系统、生活系统、生态系统、金融系统、教育系统、空间系统、开放系统、基础设施系统、制度系统等10个部分,均涉及市场和政府的作用。这里单独列出,做进一步阐释。

首先,经济体的要素禀赋及其结构内生决定最优生产结构,而市场和政府作为上层制度结构的组成部分,内生于经济体的生产结构。不同经济体或同一经济体在不同发展阶段,由于要素禀赋及其结构存在差异,内生决定的最优生产结构有所不同,因此内生决定的市场和政府及其相互关系也各不相同。

由于不同的市场和政府对碳中和的影响存在差异,例如服务于重工业发展的“棕色”市场与服务于碳排放权交易的“绿色”市场,其对碳中和的影响各不相同,因此,随着经济体的发展和要素禀赋的积累,内生的市场和政府对碳中和的影响也会有所不同。例如,在经济发展早期阶段,由要素禀赋及其结构内生决定的生产结构和生产力水平较低,且由于市场是一种昂贵的公共品<sup>[55]</sup>,此时经济体的市场机制不够完善,主要通过政府作用来影响碳中和;随着经济体进入高收入阶段,要素禀赋及其结构内生决定的生产结构和生产力水平提升,能够支撑完善的市场机制建设(如碳市场建设),市场在影响碳中和中的作用随之增强,同时政府作用持续发挥,且其作用机制也会发生变化。由此可见,在不同经济发展阶段,内生的市场与政府机制存在差异,对碳中和的影响也各不相同。

其次,由于外部性、信息不充分不对称、发展思潮等主客观原因经常会使得市场和政府发生扭曲,内生形成市场失灵和政府失灵,市场失灵和政府失灵会影响经济

社会系统的发展、转型与运行,进而影响经济社会系统的碳中和。前述已经分别讨论了由于市场失灵和政府失灵通过能源系统、生产系统、生活系统、生态系统、金融系统、教育系统、空间系统、开放系统、基础设施系统、制度系统等影响碳中和。除此之外,各类市场扭曲也会对碳中和产生影响,如要素市场扭曲对碳排放的影响<sup>[56]</sup>,政府的“碳赶超”行为对碳中和的影响等等,关于这部分的研究议题非常丰富,可以提出一系列更为具体的理论见解。

## 4 结论与展望

实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,解释并把握这一变革是本研究的目的之一。故从新结构经济学视角构建相关理论新框架,提出经济社会各系统与碳中和的新见解,初步形成新结构碳中和经济学,为建构中国自主的碳中和经济体知识体系做了有益尝试。该理论框架包含禀赋系统结构、“三生”系统结构、六大关联系统结构及两大机制系统4部分。其核心逻辑为:禀赋系统结构内生决定“三生”系统结构,“三生”系统结构内生决定六大关联系统结构;两大机制系统贯穿于经济社会各系统的发展、转型与运行过程;各系统结构共同内生决定经济体的碳排放与碳吸收,最终内生决定其碳达峰碳中和。从发展角度看,经济体的禀赋系统结构变迁,会内生驱动“三生”系统结构、六大关联系统结构及市场与政府的结构变迁,进而内生驱动碳排放与碳吸收的变化。从转型角度看,因经济社会各系统结构变化速率不同及政府干预等因素,“三生”系统结构和六大关联系统结构会偏离禀赋系统结构内生决定的最优状态,影响碳排放和碳吸收,故其转型需与禀赋系统结构适配,过快或过慢均不利于实现碳达峰碳中和。从运行角度看,经济社会系统在不同结构状态下,资源配置对碳中和的影响存在差异,即发展中、转型中与发达经济体的结构状态不同,其资源配置对碳中和的影响也各不相同。

当然,本研究对新结构碳中和经济学理论框架的构建尚为极其初步的阶段,要将其发展为一门成熟的学科和完善的知识体系,还需大量的理论研究与实证研究支撑。尽管在理论见解部分提出了诸多理论假说,但新结构碳中和经济学的理论见解远不止于此,例如关于新结构碳中和运行理论和关联理论,本研究仅在理论体系部分阐述了基础理论逻辑及可能的研究方向,未来还需结合更具体的研究议题提出更丰富的理论见解。此外,这些理论见解还需构建更严谨的数理模型和实证模型,这都是自主理论创新的重要领域。希望本研究提出的新结



构碳中和经济学理论框架,为学界理解碳中和经济社会系统性变革、为政府制定相关碳中和政策提供一个新的视角。

参考文献

[1] 习近平. 在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[N]. 人民日报,2020-09-23(003).

[2] NORDHAUS W D. Economic growth and climate: the carbon dioxide problem [J]. *American economic review*, 1977, 67 (1) : 341-346.

[3] STERN N. The economics of climate change [J]. *American economic review*, 2008, 8(2): 1-37.

[4] 林毅夫. 新结构经济学:重构发展经济学的框架[J]. *经济学(季刊)*,2011,10(1):1-32.

[5] 林毅夫,付才辉,郑洁. 新结构环境经济学:新框架与新见解[J]. *经济理论与经济管理*,2023, 43(9):4-17.

[6] 林毅夫,蔡昉,李周. 中国的奇迹:发展战略与经济改革[M]. 上海:格致出版社,1999.

[7] 林毅夫. 经济发展与转型:思潮、战略与自生能力[M]. 北京:北京大学出版社,2008.

[8] NORDHAUS W D. Climate change: the ultimate challenge for economics[J]. *American economic review*,2019,109(6):1991-2014.

[9] NORDHAUS W D. To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect[J]. *Economic journal*,1991,101(407):920-937.

[10] WEI Y M, CHEN K Y, KANG J N, et al. Policy and management of carbon peaking and carbon neutrality: a literature review[J]. *Engineering*, 2022, 14: 52-63.

[11] 陈诗一,林伯强. 中国能源环境与气候变化经济学研究现状及展望:首届中国能源环境与气候变化经济学者论坛综述[J]. *经济研究*,2019,54(7):203-208.

[12] 潘家华. 净零碳转型的系统性变革[J]. *经济研究*,2022,57(12): 14-16.

[13] 林伯强. 碳中和进程中的中国经济高质量增长[J]. *经济研究*, 2022,57(1):56-71.

[14] AGHION P, DECHEZLEPRÉTRE A, HEMOUS D, et al. Carbon taxes, path dependency, and directed technical change: evidence from the auto industry [J]. *Journal of political economy*,2016, 124 (1):1-51.

[15] 杜之利,苏彤,葛佳敏,等. 碳中和背景下的森林碳汇及其空间溢出效应[J]. *经济研究*,2021, 56(12):187-202.

[16] CHEVALLIER J, GOUTTE S, JI Q, et al. Green finance and the restructuring of the oil-gas-coal business model under carbon asset stranding constraints [J]. *Energy policy*,2021, 149:112055.

[17] HONG C P, ZHAO H Y, QIN Y, et al. Land-use emissions embodied in international trade [J]. *Science*,2022,376(6593):597-603.

[18] 张希良,张达,余润心. 中国特色全国碳市场设计理论与实践 [J]. *管理世界*,2021,37(8):80-95.

[19] CAO J, DAI H C, LI S T, et al. The general equilibrium impacts of carbon tax policy in China: a multi-model comparison [J]. *Energy economics*,2021,99:105284.

[20] LIN C, QI J C, LIANG S, et al. Saving less in China facilitates global CO<sub>2</sub> mitigation [J]. *Nature communications*,2020, 11: 1358.

[21] 林毅夫. 中国的发展奇迹与中国经济学自主理论创新[J]. *经济学(季刊)*,2024,24(6):1719-1728.

[22] POPP D. ENTICE: endogenous technological change in the DICE model of global warming [J]. *Journal of environmental economics and management*,2004,48(1):742-768.

[23] LIN J Y, MONGA C. Growth identification and facilitation: the role of state in the process of dynamic growth [J]. *Development policy review*,2011,29(3):264-290.

[24] LIN J Y. Industrial policy revisited: a new structural economics perspective [J]. *China economic journal*,2014,7(3):382-396.

[25] 江深哲,杜浩锋,徐铭喆. “双碳”目标下能源与产业双重结构转型[J]. *数量经济技术经济研究*,2024,41(2):109-130.

[26] WANG D, MUGERA A, WHITE B. Directed technical change, capital intensity increase and energy transition: evidence from China [J]. *Energy journal*, 2019, 40: 277-296.

[27] 沈小波,陈语,林伯强. 技术进步和产业结构扭曲对中国能源强度的影响[J]. *经济研究*,2021,56(2):157-173.

[28] 王坤宇. 国家发展战略与能源效率[J]. *经济评论*,2017(5): 3-13.

[29] JU J D, LIN J Y, WANG Y. Endowment structures, industrial dynamics, and economic growth [J]. *Journal of monetary economics*, 2015, 76:244-263.

[30] LIN J Y, LIU Z W, ZHANG B. Endowment, technology choice, and industrial upgrading [J]. *Structural change and economic dynamics*,2023,65:364-381.

[31] LI J, KAGAWA S, LIN C. China's CO<sub>2</sub> emission structure for 1957-2017 through transitions in economic and environmental policies [J]. *Journal of cleaner production*,2020,255:120288.

[32] 林毅夫,付才辉. 新结构经济学导论[M]. 北京:高等教育出版社,2019.

[33] DINDA S. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey [J]. *Ecological economics*,2004,49(4):431-455.

[34] 林毅夫. 发展战略、自生能力和经济收敛[J]. *经济学(季刊)*, 2002,2(1):269-300.

[35] 徐朝阳,林毅夫. 发展战略与经济增长[J]. *中国社会科学*, 2010(3):94-108.

[36] 林毅夫,陈斌开. 发展战略、产业结构与收入分配[J]. *经济学(季刊)*,2013,12(4):1109-1140.

[37] 陈斌开,林毅夫. 发展战略城市化与中国城乡收入差距[J]. *中国社会科学*,2013(4):81-102.

[38] LIANG J, CROWTHER T W, PICARD N, et al. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests [J]. *Science*,2016,354(6309):aaf8957.

[39] VERYARD R, WU J H, O' BRIEN M J, et al. Positive effects of tree diversity on tropical forest restoration in a field-scale experiment [J]. *Science advances*,2023,9(37):eadf0938.

[40] DUFFY J E, GODWIN C M, CARDINALE B J. Biodiversity effects in the wild are common and as strong as key drivers of productivity [J]. *Nature*,2017,549(7671):261-264.



- [41] MO L, ZOHNER C M, REICH P B, et al. Integrated global assessment of the natural forest carbon potential [J]. *Nature*, 2023, 624 (7990):92-101.
- [42] KNAPP A K, FAY P A, BLAIR J M, et al. Rainfall variability, carbon cycling, and plant species diversity in a mesic grassland [J]. *Science*, 2002, 298(5601):2202-2205.
- [43] GAITAN J J, OLIVA G E, BRAN D E, et al. Vegetation structure is as important as climate for explaining ecosystem function across Patagonian rangelands [J]. *Journal of ecology*, 2014, 102 (6) : 1419-1428.
- [44] HUA F, BRUIJNZEEL L A, MELI P, et al. The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches [J]. *Science*, 2022, 376(6595):839-844.
- [45] SHANG R, CHEN J M, XU M Z, et al. China's current forest age structure will lead to weakened carbon sinks in the near future [J]. *Innovation*, 2023, 4(6):1-9.
- [46] LU M Z, ZOU Y C, XUN Q L, et al. Anthropogenic disturbances caused declines in the wetland area and carbon pool in China during the last four decades [J]. *Global change biology*, 2021, 27 (16):3837-3845.
- [47] 林毅夫, 孙希芳, 姜焱. 经济发展中的最优金融结构理论初探 [J]. *经济研究*, 2009, 44(8):4-17.
- [48] 林毅夫, 徐佳君, 杨子荣, 等. 新结构金融学的学科内涵与分析框架 [J]. *经济学(季刊)*, 2023, 23(5):1653-1667.
- [49] 曹淑江. 发展中国家的经济发展战略与教育发展优先次序 [J]. *教育研究*, 2016, 37(9):135-142.
- [50] EWING R, RONG F. The impact of urban form on U. S. residential energy use [J]. *Housing policy debate*, 2008, 19(1):1-30.
- [51] LECTARD P, ROUGIER E. Can developing countries gain from defying comparative advantage: distance to comparative advantage, export diversification and sophistication, and the dynamics of specialization [J]. *World development*, 2018, 102:90-110.
- [52] DOYLE M W, HAVLICK D G. Infrastructure and the environment [J]. *Annual review of environment and resources*, 2009, 34(1):349-373.
- [53] HAN J, MENG X, LIU J B, et al. The impact of infrastructure stock density on CO<sub>2</sub> emissions: evidence from China provinces [J]. *Sustainability*, 2017, 9(12):2312.
- [54] DECHEZLEPRÊTRE A, NACHTIGALL D, VENMANS F. The joint impact of the European Union emissions trading system on carbon emissions and economic performance [J]. *Journal of environmental economics and management*, 2023, 118:102758.
- [55] 文一. 伟大的中国工业革命:“发展政治经济学”一般原理批判纲要 [M]. 北京:清华大学出版社, 2016.
- [56] 林伯强, 杜克锐. 要素市场扭曲对能源效率的影响 [J]. *经济研究*, 2013, 48(9):125-136.



## New structural carbon neutrality economics: constructing China's independent knowledge system of carbon neutrality economics

LIN Yifu, ZHENG Jie, FU Caihui

(Institute of New Structural Economics, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract** Against the global backdrop of achieving the carbon neutrality goal, and drawing upon China's practices toward its achievement, constructing an independent knowledge system of carbon neutrality economics in China not only has significant theoretical innovation value but also has profound guiding significance for practice. Based on the perspective of new structural economics, this study takes achieving peak carbon emissions and carbon neutrality as its research objects, constructs a new theoretical framework for the systemic transformation of the economy and society, presents theoretical insights into the relationship between various socio-economic systems and carbon neutrality, and initially establishes the new discipline of new structural carbon neutrality economics. This study proposes that: ① The theoretical framework of new structural carbon neutrality economics consists of four major parts: the endowment system structure (factor endowment, energy endowment, and ecological endowment), the production-living-ecological (PLE) system structure, the six interrelated system structures (finance, education, space, openness, infrastructure, and institution), and the two mechanism systems (market and government). ② There are endogenous determination relationships among the system structures. The endowment system structure endogenously determines the PLE system structure, which, in turn, endogenously determines the six interrelated system structures; the two mechanism systems run through a series of activities in the development, transformation, and operation of the socio-economic systems; all system structures jointly and endogenously determine the carbon emissions and carbon absorption of the economy, ultimately endogenously determining the achievement of peak carbon emissions and carbon neutrality of an economy. ③ From a development perspective, changes in an economy's endowment system structure endogenously drive corresponding adjustments in the PLE system structure, the six interrelated system structures, and the market and government structures, thereby endogenously promoting dynamic changes in the economy's carbon emissions and carbon absorption. ④ From a transformation perspective, the transformation of the six interrelated system structures is endogenous to the PLE system structure, while the transformation of the PLE system structure is endogenous to the endowment system structure. Excessively fast or slow transformation of any system structure is not conducive to an economy achieving peak carbon emissions and carbon neutrality. ⑤ From an operational perspective, the impact of resource allocation in the social-economic system on carbon neutrality varies under different structural states; specifically, the effects of resource allocation on carbon neutrality vary among developing economies, transitional economies, and developed economies.

**Key words** carbon neutrality; Marxism; new structural economics; independent knowledge system

(责任编辑:刘呈庆,黄桂然)