



新质生产力驱动的高耗能产业绿色转型： 多维挑战与系统性路径研究

胡昌昊

(中国社会科学院大学, 北京 102488)

摘要：在全球应对气候变化日益成为共识的当下，高耗能产业的绿色转型已成为各国实现可持续发展的关键一环。这一转型不仅是技术层面的革新，更是一场涉及经济结构、能源体系、乃至全球治理模式的深刻变革。作为全球最大的发展中国家和重要的碳排放国，中国的转型实践具有世界意义。本研究旨在深入剖析在新质生产力理念指导下，中国高耗能产业实现绿色转型所面临的复杂挑战与系统性路径。研究发现，这一转型过程面临着技术、经济、资源、制度等多维约束，需要突破传统发展模式的“高碳锁定”效应。新质生产力以其对科技创新和要素配置效率的强调，为转型提供了核心动力，其赋能路径体现在技术、系统和模式三个层面的系统性重构。最终，一个整合了创新驱动、制度保障、市场激励与全球协作的支撑体系，对于转型的成功至关重要。

关键词：新质生产力；高耗能产业；绿色转型；系统性路径；多维挑战

收稿日期：2025 年 12 月 20 日

中图分类号：F420

通讯作者：胡昌昊，中国社会科学院大学

Green transformation of high energy consuming industries driven by new quality productivity: multidimensional challenges and systematic path research

Hu Changhao

(University of the Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488)

Abstract: With the global response to climate change increasingly becoming a consensus, the green transformation of high energy consuming industries has become a key link for countries to achieve sustainable development. This transformation is not only a technological innovation, but also a profound change involving the economic structure, energy system, and even the mode of global governance. As the world's largest developing country and an important carbon emitter, China's transformation practice has world significance. The purpose of this study is to deeply analyze the complex challenges and systematic paths faced by China's high energy consumption industry to achieve green transformation under the guidance of the concept of new quality productivity. The study found that this transformation process is faced with multi-dimensional constraints such as technology, economy, resources and system, and needs to break through the "high carbon locking" effect of the traditional development model. With its emphasis on scientific and technological innovation and factor allocation efficiency, new quality productivity provides the core power for transformation, and its enabling path is reflected in the



systematic reconstruction of technology, system and mode. Finally, a support system that integrates innovation driven, institutional security, market incentives and global collaboration is crucial to the success of the transformation.

Key words: New quality productivity; High energy consumption industry; Green transformation; Systematic path; Multidimensional challenges

1 前言

当前,全球气候治理正处在一个关键十字路口。科学界与政策制定者已形成共识,即必须将全球平均气温升幅控制在《巴黎协定》设定的目标范围内,以避免气候变化带来不可逆转的灾难性后果。然而,实现这一目标并非坦途。联合国环境规划署发布的《2023年排放差距报告》明确指出,即便各国完全履行其在《巴黎协定》下的现有承诺,全球温室气体排放轨迹仍将导致本世纪末升温 2.5°C 至 2.9°C ,远超 1.5°C 的安全阈值^[1]。报告警示,各国必须采取前所未有的紧迫行动,加速进行“全经济范围的低碳发展转型”。其中,工业部门,特别是钢铁、水泥、化工等高耗能产业,因其在碳排放中的巨大占比,成为减排攻坚战的“硬骨头”。

在这一全球紧迫性背景下,中国提出的“碳达峰、碳中和”战略目标,展现了一个负责任大国应对全球气候变化的决心与担当。中共中央、国务院发布的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》,将这一目标提升至国家重大战略决策的高度,并确立了“全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险”的基本原则^[2]。这意味着,中国的产业绿色转型不是被动的环保负担,而是主动选择的高质量发展路径,是重塑国家未来竞争力的战略机遇。

钢铁行业作为高耗能产业的典型代表,其转型挑战与机遇并存。一方面,钢铁是现代工业和基础设施建设的基石,对经济发展至关重要;另一方面,它也是工业领域最大的单一二氧化碳排放源,其年排放量甚至超过全球所有公路货运的总和^[3]。这种双重属性使得钢铁行业的转型成为观察整个高耗能产业乃至国家“双碳”进程的绝佳窗口。国际能源署在其《钢铁技术路线图》中直言,钢铁行业能否成功走向低碳乃至零碳,是全球实现气候目标的“关键测试”。

“新质生产力”这一概念的提出,为破解高耗

能产业转型的深层矛盾提供了全新的理论视角和战略指引。它强调以科技创新驱动生产力发生质的跃迁,通过生产要素的创新性配置和产业的深度转型升级,形成以高技术、高效率、高质量为特征的先进生产力形态^[4]。这要求高耗能产业的绿色转型,必须超越简单的设备更新或末端治理,转向以颠覆性技术为牵引、以系统性变革为框架、以价值模式重塑为目标的根本性革命。

2 转型的多维挑战:超越单纯的技术障碍

高耗能产业的绿色转型,远非仅是采用几项绿色技术那么简单,而是嵌入在一系列复杂且相互交织的约束条件之中。

2.1 挑战是“高碳锁定”的资产与结构困境

全球范围内,特别是在中国等新兴经济体,过去几十年的快速工业化进程投资建设了大量基于化石能源(尤其是煤炭)的工业资产。这些资产(如高炉、水泥窑、化工反应装置)设计寿命往往长达数十年。国际能源署的分析指出,全球钢铁行业的存量高炉平均年龄仅约13年,远未达到其物理寿命终点。若让其按既有模式运行至退役,其累计排放将“耗尽该行业可持续转型所需的大部分二氧化碳预算”。这种因巨额沉没成本、现有供应链和技术路径依赖而形成的“锁定效应”,是任何颠覆性技术替代都必须首先跨越的巨大经济与社会门槛。Acemoglu等(2012)在关于定向技术变革的开创性研究中指出,市场本身缺乏足够的激励去研发“绿色”替代技术,尤其是在高碳技术已形成强大网络效应和规模经济的情况下,这从理论上解释了“锁定”的顽固性^[5]。

2.2 转型面临深刻的资源与能源系统约束

一方面,循环经济虽是方向,但存在物理极限。以钢铁为例,尽管全球废钢回收率已非常高,但由于社会钢铁存量增速和当前总产量远超历史水平,废钢供应无法完全替代铁矿石作为原料^[3]。这意味着,以煤炭为能源和还原剂的初级钢铁生



产过程在未来相当长时期内仍将存在。另一方面,转型本身可能加剧对某些战略资源的需求。世界银行报告揭示,向清洁能源的全面转型将是“高度矿产密集型的”^[6]。电动汽车、风力涡轮机、电网基础设施等需要大量铜、锂、钴、镍、稀土等矿产,其需求量可能达到当前的数倍甚至数十倍。这不仅带来了新的矿产安全和供应链风险,也可能在短期内推高相关金属的冶炼能耗与排放,形成“绿色悖论”的初期阵痛。Valero等(2018)从“矿产经济学”角度量化评估了能源转型对关键金属的需求激增及其潜在的环境影响,为理解这一约束提供了严谨的分析框架^[7]。

2.3 转型的经济成本与竞争力风险不容忽视

开发和应用氢冶金、碳捕集与封存、先进电炉等突破性技术,需要前所未有的巨额投资。同时,使用绿氢、绿电作为能源或原料,其成本在当前阶段远高于化石能源,这将直接削弱相关产业在全球市场上的成本竞争力。如果缺乏有效的政策工具和国际协调,可能会导致“碳泄漏”——即高碳生产活动转移到环境规制较弱的地区,从而无益于全球减排。这是《2030年前碳达峰行动方案》中强调“防范风险”原则的现实考量^[8]。Aldy和Pizer(2016)对主要经济体碳定价政策的竞争效应进行了系统比较,研究表明,缺乏协调的、差异化的气候政策确实会对能源密集型贸易暴露型产业的区位决策产生显著影响^[9]。

2.4 制度与治理体系协同不足构成深层掣肘

一个成功的转型需要科技、产业、能源、金融、贸易、标准等多领域政策的协同发力。目前,碳排放权交易市场、绿色电力交易市场、绿色金融标准、产品碳足迹核算规则等仍处于发展和衔接的初期阶段,尚未形成强大、统一、透明的价格信号和激励机制。跨部门、跨区域的协同治理机制也有待加强,以应对转型带来的就业结构变化、区域经济冲击等社会公平议题。Meadowcroft(2011)关于“转型管理”的理论研究强调,向可持续发展轨道的过渡是一种深刻的社会技术系统变革,其成功高度依赖于长期、一致、包容的治理框架,以协调多元行动者和引导投资方向^[10]。

3 新质生产力的赋能:系统性重构的三维路径

新质生产力理念的先进性,在于它强调通过系统性创新而非单一突破来驱动转型。其对高耗能产业的赋能,可以从三个相互关联的维度来理解。

3.1 第一维度——以颠覆性技术为核心的生产流程革命

这是新质生产力最直接的体现。它要求跳出传统的能效提升框架,转向对基础化学反应过程和能源利用原理的根本性重塑。国际能源署的路线图将氢基直接还原铁和配备碳捕集、利用与封存的创新工艺列为钢铁行业深度脱碳的两大技术支柱。这些技术尚处商业化前夕,其大规模应用将彻底改变行业面貌。同样,在化工领域,电化学合成、生物制造等变革性路径也在探索中。这些技术代表了“从0到1”的原始创新,是国家战略科技力量的竞争焦点。新质生产力强调的正是这种引领未来的创新能力,要求我们必须加大基础研究投入,勇于攻克“零碳工业流程再造”等前沿难题。Grubler等(2018)在对深度脱碳技术组合的研究中指出,实现巴黎气候目标需要一场“规模空前且速度极快的能源技术创新浪潮”,其中工业过程的电气化、氢能和碳管理技术被置于中心地位^[11]。

3.2 第二维度——以系统效率为导向的能源与物质代谢重构

新质生产力超越了单一工厂的边界,追求整个产业生态系统效率的最大化。在能源侧,它推动高耗能企业从被动的能源消费者转变为“源网荷储”一体化的主动参与者。通过厂房屋顶光伏、配套储能、智慧能源管理系统以及与电网的智能互动,企业可以在消纳更多绿电的同时,为电网提供灵活性服务。在物质流侧,它倡导基于工业互联网平台的循环共生网络。通过大数据和智能匹配,一个企业的副产物(余热、副产气、废渣)可以成为另一个企业的原料或能源,实现跨产业的资源高效循环。这种系统级优化,能释放出比单个技术改进更大的减排潜力和经济效益。Chertov(2000)提出的“产业共生”理论为此提供了经典范式,揭示了企业间通过物质和能量交换实现集体收益的潜力,而数字技术正极大扩展了这种共生的范围和效率^[12]。



3.3 第三维度——以价值跃迁为目标的产业模式与服务化转型

这是新质生产力在价值链高端的深刻体现，即推动产业从提供标准化大宗产品，转向提供高性能、定制化、全生命周期的“材料解决方案”和“服务”。这首先意味着强化“材料效率”战略。国际能源署指出，通过优化设计、提升制造精度、延长产品使用寿命、促进共享使用等，可以在满足同等社会需求下，显著减少初级材料消耗。研究表明，全面的材料效率措施可使全球2050年钢材需求降低约五分之一，贡献高达40%的累计减排潜力。更进一步，它要求企业向服务化延伸，例如提供基于物联网的产品全生命周期管理、再制造与回收服务，将价值创造的焦点从开采和冶炼环节，转向研发、设计、服务和循环利用环节。这不仅能够降低全社会的物质消耗和碳排放，也是产业迈向中高端、提升核心竞争力的关键。Tukker (2015) 关于“产品-服务系统”的研究表明，从销售产品转向销售“功能”或“结果”，能够从根本上改变生产者的激励机制，促使其在设计阶段就追求资源的高效和循环利用，从而实现经济和环境效益的双赢^[13]。

4 构建支撑转型的系统性政策与行动框架

赋能路径的实现，离不开一个强大、协同、可持续发展的支撑体系。这一体系应围绕以下四大支柱进行构建。

4.1 第一支柱——强化科技创新驱动的国家战略力量

必须发挥新型举国体制优势，针对氢能冶金、低成本大规模碳捕集、关键矿产高效利用等“卡脖子”技术，设立长期、稳定的国家重大科技专项。同时，应选择可再生能源富集、产业基础良好的区域，布局建设数个集成创新的“近零碳工业示范区”，为颠覆性技术的工程化验证和商业化初期应用提供真实场景和政策沙盒。要构建从基础研究、技术开发到示范推广的全链条创新支持体系，特别是鼓励龙头企业牵头组建创新联合体，加速技术迭代与扩散。

4.2 第二支柱——完善激励相容的制度与政策体系

制度设计的目标是提供稳定、清晰、长期的

预期，引导资源向绿色方向配置。核心是深化和协同市场机制：稳步扩大全国碳市场行业覆盖范围并逐步提高有偿分配比例，以形成真实反映环境成本的碳价格；加快推动碳市场、绿电/绿证市场、用能权交易市场的机制衔接与数据互认，确保企业绿色投入能够获得市场回报。同时，要加快建立健全覆盖主要产品的全生命周期碳足迹核算标准、认证和标识制度，通过信息公开引导绿色消费和绿色采购，创造市场拉动力。政府自身应率先垂范，在公共投资和政府采购中设定明确的绿色产品比例要求。

4.3 第三支柱——激活多层次的市场与金融动力

转型需要海量资金，必须创新金融工具以引导社会资本。应大力发展转型金融，明确符合转型要求的活动目录（如低碳技术改造），并发展可持续发展挂钩债券、转型贷款等产品。设立国家级的产业绿色转型引导基金，以股权投资等方式支持战略性项目的初期风险。此外，在重点产业集群，可探索建立区域性的能源、水权、排污权及再生资源交易平台，运用市场化手段优化要素配置效率。

4.4 第四支柱——拓展高水平的国际协同与治理合作

气候变化是全球性挑战，产业转型也必须在开放合作中推进。一方面，中国应积极参与和引领国际绿色标准、规则的制定，推动国内优势产业标准国际化，提升在全球绿色治理中的话语权。另一方面，应通过“一带一路”绿色发展国际联盟等平台，系统性推动中国在可再生能源、智能电网、节能增效等领域的先进技术、装备与解决方案“走出去”，帮助发展中国家实现低碳发展，同时构建互利共赢的绿色产业链供应链体系。这不仅能贡献全球减排，也为中国产业开辟了新的发展空间。

5 结论与展望

高耗能产业的绿色转型，是一场艰巨而宏大的系统工程。它绝非简单的技术替代，而是涉及生产力质的跃迁、生产关系的深刻调整以及全球竞争格局的重塑。研究表明，转型过程深陷于“高碳锁定”、资源约束、成本竞争和制度协同不足等多重挑战之中。



新质生产力理念的提出，恰逢其时地为这场转型提供了核心理论指引和战略框架。它揭示出，真正的转型动力来源于技术、系统、模式三个层面的系统性重构与协同进化：以颠覆性技术突破生产边界，以系统思维优化能源与物质代谢，以价值跃迁重塑产业形态。这是一条从“制造”到“智造”再到“创造”的升级之路。

然而，蓝图变为现实，离不开坚实的支撑。一个整合了创新驱动、制度保障、市场激活与全球协作的四位一体行动框架，是确保转型平稳、高效、公正推进的关键。这要求政策制定者必须具备非凡的战略定力和系统思维，在推动技术创新与市场建设的同时，妥善处理转型带来的社会经济影响，确保公平正义。

展望未来，坚定不移地以新质生产力驱动高耗能产业绿色转型，不仅是实现“双碳”目标、建设美丽中国的内在要求，更是中国在第四次工业革命和全球绿色浪潮中抢占未来发展制高点、奠定长期竞争优势的战略抉择。这条道路充满挑战，但唯有勇毅前行，方能开创一个人与自然和谐共生、发展与减排协同共进的新时代。

参考文献：

- [1] United Nations Environment Programme. Emissions Gap Report 2023: Broken Record - Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again) [R/OL] . Nairobi: UNEP, 2023 [2024-05-20] . <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023>.
- [2] 中共中央国务院 . 关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见 [EB/OL] . (2021-10-24) [2024-05-20] . http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm.
- [3] International Energy Agency. Iron and Steel Technology Roadmap [R/OL] . Paris: IEA, 2020 [2024-05-20] . <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>.
- [4] 新华社 . 习近平在中共中央政治局第十一次集体学习时强调 加快发展新质生产力 扎实推进高质量发展 [EB/OL] . (2024-02-01) [2024-05-20] . https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202402/content_6929362.htm.
- [5] Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L., & Hemous, D. (2012) . The environment and directed technical change. *American Economic Review*, 102 (1) , 131-166.
- [6] World Bank. Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition [R/OL] . Washington, DC: World Bank, 2020 [2024-05-20] . <https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/brief/minerals-for-climate-action>.
- [7] Valero, A., Valero, A., Calvo, G., & Ortego, A. (2018) . Material bottlenecks in the future development of green technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 178-200.
- [8] 国务院 . 2030 年前碳达峰行动方案 [EB/OL] . (2021-10-26) [2024-05-20] . http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-10/26/content_5644984.htm.
- [9] Aldy, J. E., & Pizer, W. A. (2016) . The competitiveness impacts of climate change mitigation policies. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 3 (4) , 849-886.
- [10] Meadowcroft, J. (2011) . Engaging with the politics of sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1 (1) , 70-75.
- [11] Grubler, A., Wilson, C., Bento, N., Boza-Kiss, B., Krey, V., McCollum, D. L., ... & Valin, H. (2018) . A low energy demand scenario for meeting the 1.5 C target and sustainable development goals without negative emission technologies. *Nature Energy*, 3 (6) , 515-527.
- [12] Chertow, M. R. (2000) . Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25 (1) , 313-337.
- [13] Tukker, A. (2015) . Product services for a resource-efficient and circular economy - a review. *Journal of Cleaner Production*, 97, 76-91.

作者简介:胡昌昊(1992-),男,汉族,河北张家口人,中国社会科学院大学博士研究生,中级经济师,主要研究方向为经济学。