

# 中国经济绿色转型的路径、结构与治理

张 平

(中国社会科学院 经济研究所, 北京 100836)

**摘要:** 文章基于对中国经济绿色转型的现实考察,从绿色转型成本—产业转型升级收益入手,对比发达经济体总量治理与中国分类治理的实践,构建研究框架,分析绿色转型过程中资源再配置的摩擦成本和如何实现效率补偿,讨论中国绿色转型的路径、结构、顺序和公共政策。文章认为,中国为实现绿色转型的平稳化过渡,必须引入关于结构性的讨论,降低转型中的结构性摩擦,不能仅关注总量减排。中国的绿色转型涉及新旧能源(及相关产业链)替代、产业中的电气化替代以及快速增长的数字化产业发展,应当使新的产业升级吸收传统部门衰弱带来的成本。同时,应当放弃激进的总体治理思路,转为契合中国实际的渐进式思路,以行业激励诱导新兴绿色产业发展,同时推进电力市场化改革,加强公共政策的管理,探索符合中国的绿色转型发展道路。

**关键词:** 绿色转型; 碳达峰; 碳中和; 分类治理; 产业替代; 碳排放

**中图分类号:** F124.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0257-0246 (2022) 08-0069-13

2021年是中国全面开启绿色转型的元年,按碳达峰和碳中和的2060计划目标,中国需要40年才能实现绿色转型,而且需要从自我实践和转型摩擦中积累经验,进而在转型中推动中国经济走向高质量发展。

全球经济的绿色转型思想源于早期罗马俱乐部发表的《增长的极限》,文中将自然资源耗尽纳入增长分析中。随着有关碳排放、温室效应的科学研究的不断增加,逐步形成了关于二氧化碳等温室气体排放与气候灾害的理论和实证研究。首次把碳排放、气候灾害和经济联系在一起进行研究的是诺德豪斯,他构建了碳排放导致气温升高并影响经济增长的理论,完成了碳排放与经济增长的总量研究,成功地引入了碳排放的社会成本实证研究,其动态综合气候变化模型(Dynamic Integrated Model of Climate and Economy, DICE)成为全球政策分析的基础工具,形成了发达经济体以碳排放价格为调节基准的总量治理模式和绿色转型路径。<sup>①</sup>之后,有关自然资源约束、碳排放对经济影响的论文大量涌现,如Acemoglu、Aghion、Krusell等的研究。<sup>②</sup>中国研究碳排放总量路径模拟的学者众多,有代表性的是清华大学和中国科学院的研究团队,他们在设定温度、控制目标情形下模拟了碳排放总量发展路径。

**作者简介:** 张平,中国社会科学院经济研究所研究员,研究方向:经济增长。

<sup>①</sup> 威廉·诺德豪斯《管理全球共同体——气候变化经济学》,梁小民译,上海:东方出版中心,2020年。

<sup>②</sup> Daron Acemoglu, Philippe Aghion, Leonardo Bursztyn, David Hemous, “The Environment and Directed Technical Change,” *American Economic Review*, Vol. 102, No. 1, 2012, pp. 131–166; Philippe Aghion, Antoine Dechezlepretre, David Hemous, Ralf Martin, John Van Reenen, “Carbon Taxes, Path Dependency and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry,” *Journal of Political Economy*, Vol. 114, 2013, pp. 1–51; John Hassler, Per Krusell, Conny Olovsson, “Directed Technical Change as a Response to Natural Resource Scarcity,” *Journal of Political Economy*, Vol. 129, No. 11, 2021, pp. 1–35.

为实现绿色转型，中国也开展了一系列实践，积累了绿色治理经验，如设立了8个区域性的碳交易市场，对太阳能等新能源发电和电动车行业进行补贴激励，对汽车行业采取积分制交易，2021年开启电力行业碳排放额交易等。但是现实中“拉闸限电”等转型摩擦依然存在，这揭示了在碳达峰和碳中和总量转型目标背后，不同经济体采用的不同转型路径和治理模式。发达经济体绿色转型治理以“价格”为导向，基于气候可能造成的经济损失，根据不同贴现率，计算碳排放的社会成本，并将其作为总量治理的重要指标进行碳排放额度拍卖，推动碳交易价格持续上涨，引导企业投资和转型。发达经济体把碳排放的社会成本计算得很高，采取加快绿色转型的激进模式，这是因为发达经济体的高碳排放产业大多已经转移到国外，全面进入了碳中和阶段。新兴经济体仍处于工业化时期，碳达峰和碳中和并进发展，绿色转型与产业转型升级需要高度关联，总量治理难以解决问题。中国经济的绿色转型是推动能源—产业转型升级，会带来效率、技术的进步，同时转型必然会出现摩擦成本，如高碳排放的传统产业被抑制、失业人数增加、投入资本被“搁浅”、引起价格波动等，这些摩擦成本必须被逐步吸收，否则成本过高会导致转型中断。绿色转型需要依靠政府来推动，也需要市场力量的激励，政府通过有效的监管以及机制设计来保证转型的平稳进行，并对退出进行干预，其他交由市场激励。因此中国经济的绿色转型要与产业技术进步和产业升级关联讨论。

绿色转型不是靠市场“自发秩序”就能实现的，而是一个全新的转型实践。绿色转型始于绿色发展共识，政府基于共识进行机制设计，通过干预价格，再利用市场激励，推动体制转型。基本思路是政府对碳排放的外部性进行管制或运用相关工具来提高碳排放价格，利用碳排放配额管制与碳排放价格上涨抑制传统产业发展，再通过财政补贴、碳交易、绿色金融等多种方式诱导绿色产业发展，逐步实现对高碳排放传统产业的替代。

本文正是基于对中国经济绿色转型的现实考察，从绿色转型成本—产业转型升级收益入手，对比发达经济体的总量治理与中国分类治理的实践，形成研究框架；再从转型的框架入手，分析绿色转型过程中资源再配置的摩擦成本和如何实现效率补偿，讨论转型的路径、结构、顺序和公共政策。有关绿色转型的讨论有很多，本文未必能精准论证其全貌，希望提供一个中国经济绿色转型的研究框架、视角和相关逻辑。

## 一、绿色转型下的经济增长、治理与转型理论

现代经济增长是依赖石化能源和自然资源投入的增长。自然环境的破坏和空气污染导致了人们开始改变社会偏好，提出了“可持续”理念。研究碳排放对全球气候的影响是这一偏好转变的标志性事件。二氧化碳属于无味气体，广泛存在于大自然中，其工业化排放的温室效应导致全球气温升高，形成全球气候异常的外部性，对经济增长有着非线性伤害。从这一问题的科学计算到经济学理论实证，再到社会运动，完成了社会偏好的转变。进一步地，学者们将工业文明以来增加的碳排放因素加入经济增长模型中，最后形成了二氧化碳减排对增长总量、结构和治理的讨论。因此，偏好共识和碳减排总量研究成为了绿色转型的基础。各国都开始聚焦于绿色转型摩擦成本、碳减排治理模式和相关公共政策的研究，如引入碳排放温室效应的经济增长模型，讨论绿色转型下经济增长和社会福利效用；从碳排放的社会成本入手，讨论经济转型中总量治理的“价格机制”；基于经济转型框架，讨论资源再配置过程中的能源—产业结构变化等。

### 1. 碳排放引起气候异常的经济增长模型

“碳排放的温室效应引起经济灾难”已经成为共识。由此，经济增长的总量模型向碳排放导致温度变化、引起经济损失的方向拓展。诺德豪斯的DICE模型为碳排放引致气候灾难的经济增长理论奠定了基础，后来拓展为全球气象委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）的总体评估模型（Integrated Assessment Models, IAM）。“碳排放导致气候灾难并形成了外部性”也逐步成为共

识，全球达成了限制碳排放与控制温度的同一目标。

Nordhaus 和 Moffat 在标准生产函数中拓展了一个碳排放引起气候变化、影响经济发展的函数  $D$ ，成功地将气候变化与经济增长损失联系起来，并增加了治理函数  $\Lambda_t$ ，把政策模拟导入生产函数模型中。<sup>①</sup>

$$Y(t) = [1 - D(t)] [1 - \Lambda(t)] F[A(t), K(t), L(t)] \quad (1)$$

其中， $D$  与  $\Lambda$  分别代表损害函数与治理函数，且  $D \geq 1$ ， $\Lambda \leq 1$ 。增加损害和治理系数后，没有改变生产函数的性质。

气候损害函数  $D(t)$  表示气候变化的经济损失，依据天气变化导致经济损失的简化模型  $D(t) = \psi_1 T_{AT}(t) + \psi_2 T_{AT}(t)^2$ ，也可简化设定  $D(t) = \psi_1 T_{AT}(t)^{\psi_2}$ 。 $T_{AT}$  表示全球平均气温， $\psi_1$  为线性影响系数， $\psi_2$  为非线性影响系数。

$$\Lambda_t = \theta(t) \frac{\mu(t)^{\theta_2}}{\theta_2} \sigma(t) \quad (2)$$

上述治理函数中  $\sigma(t)$  表示在不干预情形下，二氧化碳排放量与 GDP 之比，即碳排放强度， $\mu(t)$  表示碳排放控制率， $\theta(t)$  用来刻画碳捕获和封存（CO<sub>2</sub> Capture and Storage, CCS）技术对于碳排放治理成本的影响， $\theta_2$  是非线性影响。此时，二氧化碳的边际减排成本（生产端 CO<sub>2</sub> 的排放价格）可以定义为  $\Lambda_t = \theta_1(t) \mu(t)^{\theta_2-1}$ 。

这两个函数就构成了成本—收益框架，说明了碳排放能形成长期性气候灾害，需要在当期做出防范，降低当期人的福利（增长）。碳排放导致未来经济（福利）的损害贴现就是碳排放的社会成本，可以依据碳排放损害的社会成本给碳排放进行定价，抑制当前碳排放，减少未来伤害。治理函数同样重要，对碳排放的限制强度越高，就越能降低当期碳排放，减少对未来气候和经济的损害，但是会抑制当期的经济增长。

DICE 模型依据标准的新古典增长理论中设立的家庭效用函数为人口加权效用的折现和，即家庭效用最大化：

$$\sum_{t=0}^{T_{max}} \beta^t U[c(t), L(t)] \quad (3)$$

其中， $c(t)$  表示  $t$  时期的人均消费，即  $c(t) = C(t) / L(t)$ 。此外， $\beta = \frac{1}{1 + \rho}$ ， $\rho$  为主观贴现率， $\beta$  为居民的主观贴现因子，即  $\beta$  取值越大，居民越有耐心。诺德豪斯选用新古典增长模型中最常用的 CRRA 型效用函数，即  $U[c(t)] = \frac{c(t)^{1-\eta} - 1}{1-\eta}$ ，参数  $\eta$  表示代际不平等厌恶系数。

效用函数中贴现率的设定成为碳排放社会成本贴现的关键。模型建立在内生增长模型基础上，通过引入气候变化的减排治理成本函数和损失函数，使社会福利函数最大化，得到最优的减排—增长路径。

Barrage 在效用函数中加入了温度变化  $U[c(t), T(t)]$ 。<sup>②</sup> 还有学者加入了资源变量  $S$ ，把福利函数转变为  $U[c(t), S(t)]$ 。但是把资源和温度因素引入福利函数并没有特别的意义，在模型运用中基本被舍弃。

国内学者沿着诺德豪斯和 IPCC 的路线更多地分析了中国达到碳中和的路径和约束。<sup>③</sup> 如郑艳等

① William D. Nordhaus, Andrew Moffat, "Evolution of Modeling of the Economics of Global Warming: Changes in the DICE Model, 1992–2017," *Cowles Foundation Discussion Papers*, 2017.

② Lint Barrage, "Optimal Dynamic Carbon Taxes in a Climate–Economy Model with Distortionary Fiscal Policy," *Review of Economic Studies*, Vol. 87, No. 1, 2019, pp. 1–39.

③ Hongbo Duan, Sheng Zhou, Kejun Jiang, Christoph Bertram, "Assessing China's Efforts to Pursue the 1.5°C Warming Limit," *Science*, Vol. 372, 2021, pp. 378–385; 项目综合报告编写组（清华大学气候变化与可持续发展研究院：《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》，《中国人口·资源与环境》2020年第11期。

给出了中国福利分析的框架,计算各地区因为气候变化导致的福利损失,构建各地区福利的加权分析体系,<sup>①</sup>但是其实证指标均为气候敏感度,并非温度变化本身,是把长期问题进行年度实证,地方效用函数本身仍然用 CRRA 效应函数来计算,进而演算了多种函数形式的影响。

经济学家把气候灾难这一变量纳入增长模型中,构造了一个损失函数,依据灾难损失贴现衡量了碳排放形成灾害的社会成本,推动了绿色转型。碳排放的外部性决定了政府通过征税或使用相关等价工具,利用价格信号推动高碳排放经济向低碳排放经济转型。气候变化是个复杂系统,而且时间跨度长,不适合运用相对静态的经济学模型来估计,独立计算碳排放的社会成本问题与相关治理方式及转型战略研究就成为了绿色转型的热点。

## 2. 碳排放社会成本计算与战略选择

温室效应导致气候变暖是一个长时间演化的复杂过程,用带贴现的模型模拟的碳排放社会成本结论差别很大。经典贴现率模型为  $r = \rho + \eta g$ ,  $\rho$  为纯时间偏好率 (rate of pure time preference), 也称时间贴现率,  $g$  代表消费增长率,  $\eta$  为代际不平等厌恶系数。

贴现率计算简单,但是反映在贴现率背后的价值观不同,一般分为三个派别。一是市场渐进派,以诺德豪斯为代表,主张基于现有市场情况计算贴现率,即根据市场中消费者的行为和资本的真实回报率,由生产者利率或消费者存款利率来决定贴现率,实现社会资源最大化。<sup>②</sup>这一派别坚持渐进转型,提出了“气候政策斜坡”理论,即当期慢行减排可以降低当期损失,并能平衡未来损失,进而做出平衡决策,认为 2100 年温度升高将导致 GDP 损失 3%,碳排放的社会成本只有 20 美元/吨。二是基于目标的伦理派,以斯特恩为代表,主张依据减排的目标来计算贴现率。他从伦理的角度考虑贴现率,以时间偏好为贴现标准,人为设定低的社会贴现率为 1.4%,计算出碳排放的社会成本为 200 美元/吨,主张用 GDP 的 1% 来推动减排。<sup>③</sup>阿罗称这一派为伦理派,因为他们强调为了控制温度必须采取强力的碳排放惩罚措施,加大支出,不惜放慢经济增长速度来推动减排。三是灾变风险派,主张依据灾变风险分布厚尾特性,做动态贴现。温度变化引起气候灾难的风险概率迅速变大,厚尾分布特征明显,贴现率要反映这种趋势,采用下递减贴现率 (Decline Discount Rate, DDR),而非简单等权贴现率。这一派别以魏茨曼为代表,他从 2007 年开始针对气候灾难的不确定性,讨论贴现与公共决策的选择、险加权的贴现等问题,引领了气候灾变风险讨论的方向。<sup>④</sup>他用递减贴现率计算的碳排放社会成本为 183 美元/吨,其社会成本值非常接近斯特恩的计算结果,但是论证方法不同;其政策取向与伦理派相当,偏向于防患于未然,认为当期的转型政策应当更加激进,对现有的公共政策持悲观态度。

国内相关碳排放的社会成本研究集中于贴现率的分析,<sup>⑤</sup>但是缺乏专门计算中国碳排放社会成本的论文。中国的碳排放社会成本计算大多参照国际标准(见下表 1),国内实际成交价则处于 35—45 元/吨,而欧洲国家的成交价已经突破 90 欧元/吨。中国与发达国家碳排放的社会成本差距说明了发展阶段的差距,也说明了中国选择了比较温和的转型路线。

正是由于存在市场派、伦理派、灾变派不同的气候变化导致经济受损的计算方法,使碳排放成本为每吨 10—200 美元不等。根据不同的碳排放社会成本,会得到不同的治理策略。市场派提出渐进策略,而伦理派、灾变派提出了更激进的治理方式,并模拟出不同的通向零碳的路径。如欧洲国家通过

① 郑艳等 《基于气候变化脆弱性的适应规划:一个福利经济学分析》,《经济研究》2016 年第 2 期。

② William D. Nordhaus, “Estimates of the Social Cost of Carbon: Concepts and Results from the DICE-2013 Model and Alternative Approaches,” *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, Vol. 1, No. 2, 2014, pp. 273-312.

③ Nicholas Stern, *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

④ Martin L. Weitzman, “Tail-Hedge Discounting and the Social Cost of Carbon,” *Journal of Economic Literature*, Vol. 51, No. 3, 2013, pp. 873-882.

⑤ 刘昌义、何为 《不确定条件下的贴现理论与递减贴现率》,《经济学家》2015 年第 3 期。

拍卖碳额度，再利用碳排放市场交易来获得市场定价，不断提高碳排放价格，选择的就比较激进的转型策略。

表 1 不同方法估算的中国碳排放社会成本（美元/t）

核算方法	RICE 2010	FUND 2013	PAGE 2011	PNAS 2017	Tol 2019
中国碳排放的社会成本	4.99	2.5	3.43	6.55	2.37

说明：表中数值参考 Nordhaus（2017）和 Tol（2019）的估计结果，根据 2010 年美元价格计算所得。参见 William D. Nordhaus, “Revisiting the Social Cost of Carbon,” *Science*, Vol. 114, No. 7, 2017, pp. 1518–1523; Richard S. J. Tol, “A Social Cost of Carbon for (Almost) Every Country,” *Energy Economics*, Vol. 83, NO. C, 2019, pp. 555–556。前三列为美国跨部门温室气体社会成本工作组使用的计算碳排放社会成本的方法。

### 3. 绿色转型中的结构问题

在总量分析的基础上，研究经济增长的学者们开始讨论绿色转型的结构性问题，通过设立两部门模型，即传统高碳排放的“脏部门”和利用清洁能源的清洁部门，进行转型分析。阿西莫格鲁等讨论了从“脏（高碳排放）技术”转向清洁技术的理论，并以此框架研究了能源部门的转型问题。<sup>①</sup>阿吉翁等从汽车产业转型入手，实证研究了汽油车向电动车转型问题。<sup>②</sup>上述研究证明了如下结论：（1）靠自由市场是无法实现绿色转型的，绿色转型需要政府干预。在两个部门（清洁投入和污染投入）高度可替代的情况下，果断干预确实有必要。如果不加以干预，经济将迅速走向一场环境灾难。已经形成市场规模和先投入的生产力将导致“脏部门”具有市场竞争优势，所有创新和生产都会引向该部门，清洁部门将在竞争中失败，加剧环境退化。（2）政府干预是对“脏投入”的外部性进行收税，对清洁技术研发进行补贴，从而刺激清洁部门技术进步速度快于“脏部门”技术进步速度。最佳的环境监管应该始终使用进项税（碳税）来控制排放，使用补贴或利润税来影响研究方向。（3）市场规模和价格在技术变化中起核心作用。市场规模效应将创新引至规模不断增长的部门，而价格效应则将创新引导至价格较高的部门，这些都需要政府干预，只有给予清洁部门生产或需求补贴，扭曲价格才能使清洁部门逐步形成市场规模和价格优势。如关于汽车行业的研究发现，高燃油税会推动新能源汽车的技术发展，提高销售量。（4）企业的技术具有路径依赖特征，传统的“脏公司”更有可能专注于“肮脏创新”。这种路径依赖关系也适用于“清洁（以及肮脏）创新”，这一事实说明，应当尽早采取行动，将激励措施转向应对气候变化的创新才是可取的。（5）环境政策与贴现率一样有效，能积极引导创新，二者可以相互替代。

绿色转型包括两类：一是能源转型，从高碳排放的石化能源（如煤、石油等）为主导转向清洁能源（如核电、太阳能等）为主导，最终实现每度电的零碳排放；二是终端部门的电气化替代转型，降低直接高碳排放能源和原材料的使用率，包括工业、交通和建筑行业的转型。在能源转型过渡期间节能也很重要，很多产业转型都是从节能开始的，但是节能本质上是企业竞争及自我运营的决策问题。

### 4. 中国绿色转型的研究框架和文章结构

中国的绿色转型与发达经济体的绿色转型存在很大区别。一是发展阶段不同。发达经济体已经进入后工业时代，大量的高碳排放产业转移到后发经济体，当前主要任务是采用比较激进的方式加速减少碳排放。中国等新兴经济体仍处于工业化阶段，任务是在实现工业化碳达峰的同时进入碳中和的低碳发展路径，更倾向于走渐进式道路。二是发达经济体与新兴经济体在能源与产业双转型上的侧重点不同。发达经济体的绿色转型集中在能源转型上，产业转型跟随其后，转型政策上一一直主张提高碳排

<sup>①</sup> Daron Acemoglu, Ufuk Akcigit, Douglas Hanley, William Reville Kerr, “Transition to Clean Technology,” *Journal of Political Economy*, Vol. 124, No. 1, 2016, pp. 52–104.

<sup>②</sup> Philippe Aghion, Antoine Dechezlepretre, David Hemous, Ralf Martin, John Van Reenen, “Carbon Taxes, Path Dependency and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry,” *Journal of Political Economy*, Vol. 114, 2013, pp. 1–51.

放成本,转型摩擦成本表现在总量上。新兴经济体的重化工产业本身就具有高碳排放特性,绿色转型是双转型,即能源转型和产业转型并重,转型摩擦更复杂,成本也更高,降低转型摩擦成本是关键,同时需要结构转型。三是绿色转型治理具有多样性。发达经济体注重利用碳税或对等工具来承担社会成本,靠高成本抑制社会各个层面的高碳排放,高价格可以刺激绿色能源产业和低排放产业发展,相关支持政策则用于补贴绿色技术研发等。其治理思路是加大碳排放的总量控制,推高碳排放额度交易价格,是“总量碳排放额度管制+碳排放价格上涨”为主导的转型治理。新兴经济体的绿色转型涉及能源—产业转型升级,会出现很多冲突,需要多样化的分类治理,需要依据自我实践进行全新探索,很难以总量为目标走激进的转型道路。

从国际上的总量模型分析看,模型简化的效用函数是代表消费者,没有区分高碳排放和低碳排放的产业。这样就会产生大量的失业者,使他们的效用直接受损。生产模型是损失函数乘总量函数,进而形成了一个不断放缓的增长路径,忽视了后发经济体希望通过绿色转型刺激经济增长的问题。要替代传统能源和生产方式,政府就必须承担绿色成本,但是社会成本总体负担过重就会引起通货膨胀,因此需要讨论更多的成本分担方法,避免价格波动引起的福利损失。

绿色转型引起价格上涨的摩擦是经常发生的。2015年法国爆发的“黄马甲骚乱”、2021年全球能源价格上涨导致的中国“拉闸限电”等,从根本上来说,都是能源—产业绿色转型摩擦的一种价格反应。绿色转型摩擦表明,向碳中和过渡时期具有高度复杂性和不确定性。转型不可能只有一条道路,各国应按自己的路径设计转型机制,降低福利损失。我们必须深思如何实现绿色转型的平稳化过渡,制定好相关政策和分类治理机制,安排好绿色转型的顺序,在转型中提高全要素生产率,通过提高产业转型升级的效率来吸收转型的摩擦成本。

基于以上分析,下文集中探讨如下问题:(1)为实现中国绿色转型的平稳化过渡,必须引入关于结构性的讨论,降低转型中的结构性摩擦,而不仅仅是总量减排。(2)中国要通过绿色转型获得更好的经济增长和科技进步,不能因为绿色转型使经济增长速度放缓。这需要三个部门的替代过程,即新旧能源(及相关产业链)替代、产业中的电气化替代以及快速增长的数字化产业发展。只有这样,新的产业升级才能吸收传统部门衰弱带来的“成本”,更快的技术进步、更高的生产效率、更持续和廉价的能源才能吸收转型成本。(3)放弃激进的总体治理思路,转为契合中国实际的渐进式思路,以行业激励诱导新兴绿色产业发展,同时推进电力市场化改革,加强公共政策的管理,探索符合中国的绿色转型发展的道路。

## 二、中国绿色转型中的摩擦成本、路径与顺序

中国在绿色转型实践中遇到的现实挑战包括吸收摩擦成本、寻找产业结构和市场替代条件、决定绿色转型的路径和顺序。

### 1. 绿色转型的摩擦成本

被严控的高碳排放部门和被鼓励的绿色部门完全是异质的,总量模型忽略了绿色转型的异质性特征。绿色转型就是一个替代过程,即当前高成本的绿色部门对低成本的高碳排放部门的替代。新旧部门的“起落”形成了受损部门和受益部门,导致部门间的损失分担方式不同。这需要平稳过渡。根据中国的实际,本文归纳绿色转型摩擦的经验化事实包括如下内容:

总量福利损失。能源转型导致成本上升引起的福利损失是绿色转型的摩擦成本之一。绿色能源价格在初期都会比石化能源价格高,但是稳定性差,因此使用绿色能源就要承担绿色溢价,即承担绿色能源成本高于石化能源成本的部分,直到绿色发电成本低于石化能源成本,价格才能恢复并有所降低。能源转型过程中首先会提高价格,这意味着降低了消费者的福利。因此有必要为绿色能源的使用提供成本补贴,以提高绿色能源的生产、使用范围和竞争力。

能源—产业绿色转型的不均衡冲击。传统高排放产业逐步被“淘汰”，出现失业、地区发展不平衡、中小企业难以承担绿色成本等问题。以煤炭产业为例，按照碳排放的要求，如果碳捕捉技术的水平没有大幅度提高，2050年煤炭产业会在现有的产量下继续压缩90%，直至逐步消失。煤炭生产工人的利益、煤炭资源丰富地区的发展都会直接受到影响。另外，石化、炼钢、水泥、汽油车等都是被抑制发展的部门。目前很多产业已经不再增加投资，导致了阶段性供给不足。需要关注这些成本的吸收时间、产业和社会的合理分担比例等。

能源转型与产业转型不同步引起的摩擦。能源转型和产业转型是有差别的，前者聚焦于控制碳排放，并非能源使用的总量约束，核心是每度电的碳排放持续下降，意味着清洁能源生产占比越来越高，能源生产绿色化；后者是降低生产过程中直接石化能源的消耗和石化原材料的排放，产业电动化转型是其中的重要一步，如汽车电动化、钢铁电炉短流程等。能源和产业转型相互推进，也相互摩擦。如果能源转型没有完成，映射到产业上就是能耗总量和碳排放强度的双控约束。如耗费电力就是增加碳排放，政府把节能作为解决碳排放的首要目标就源于此。产业电气化转型后电力消耗更大，对电力质量要求更高，会使能源与产业转型不同步，按节能要求则会延缓产业电气化进程。再如新兴数字化转型过程中也会遇到同样的问题，特别是基于大数据、AI、云服务所需要的数据中心（Internet Data Center, IDC）以及5G等新数字基础设施的建设均会耗费大量能源。当前阶段耗电就意味着碳排放高，绿色能源转型、产业电气化和数字化转型都需要更多的能源，这已经构成了协调发展与能源约束的摩擦成本。

国际贸易冲突。2021年7月欧盟委员会发布了欧盟碳边境调节机制（Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM）的立法提案，提出以碳汇价格为基准对部分进口货物征边境碳税，并将在2022年完成立法，2026年开始全面实施该法案。美国民主党提案拟于2024年1月1日开始以美国国内环境成本作为定税标准。虽然这些提案不符合WTO原则，但是其实施已经不可避免。可见，绿色转型中的国际贸易冲突也是重要的转型成本。

绿色转型不仅存在目标与约束的简单逻辑，更涉及现实转型的结构性冲突。因此，转型成本最小化是中国绿色转型过程中最重要的考量指标。

## 2. 中国能源—产业绿色转型的结构与市场条件

绿色转型有两个明显特征：一是三大产业结构转型并举，即能源—产业的三重绿色转型，包括绿色能源转型、产业电气化转型和数字化转型；二是绿色转型是靠管制—补贴的政府干预启动的，直到绿色部门形成市场竞争力，产业更迭替代逐步转向市场替代，不再靠政府干预。政府采取补贴“退坡”制度，从直补慢慢转向基于碳排放交易的企业间相互补贴机制，形成“碳排放额度管制—碳排放交易—市场替代”过程。

越来越多的经验分析表明，绿色转型的市场替代条件成熟度越高，绿色转型越平稳。2020年中国碳排放集中在能源、钢铁、水泥、化学品、交通、建筑方面，预计中国的煤电厂和重工业资产的“寿命”会延续25—35年（见图1）。中国能源—产业转型任务极其艰巨，下面分别讨论能源转型、产业转型和数字化发展的机遇和挑战。

第一，绿色能源转型以控制碳排放为目标，致力于推动绿色电力消费。中国的碳排放主要来自石化能源的生产和消费，降低碳排放就是要降低能源转化中的石化能源发电量，推动发电中的每度电含碳量下降，逐步降低工业、交通和建筑等行业的石化能源消耗量，转为使用电气。电气化降低了能源直接转换效率，增加了电力消费，但是电力生产无法降低碳排放，产业电气化反而因为消费过多的电力导致更高的碳排放。绿色电力消费的增加有助于扩大可再生能源的市场规模，提升绿色能源的竞争力。降低碳排放的根本是能源改造，特别是再生能源发电占比的提高和消费，即通过电网改造、储能发展、氢能等方法有效地提高再生能源发电比重，降低发电的含碳量。节能是企业竞争决策的内生部分，不是宏观管制的目标，当期以能源转换效率为重要管制对象的方法是在能源转型不充分条件下的

过渡性措施，对降低转型摩擦和提高企业竞争力有重要意义。因此，能源转型与产业电气化转型相结合才能实现控制碳排放的目标，而不能简单地进行电力总量管制。只有能源转型成功，使电力中的含碳量下降，产业电气化才能在增加能源消费的基础上降低碳排放。

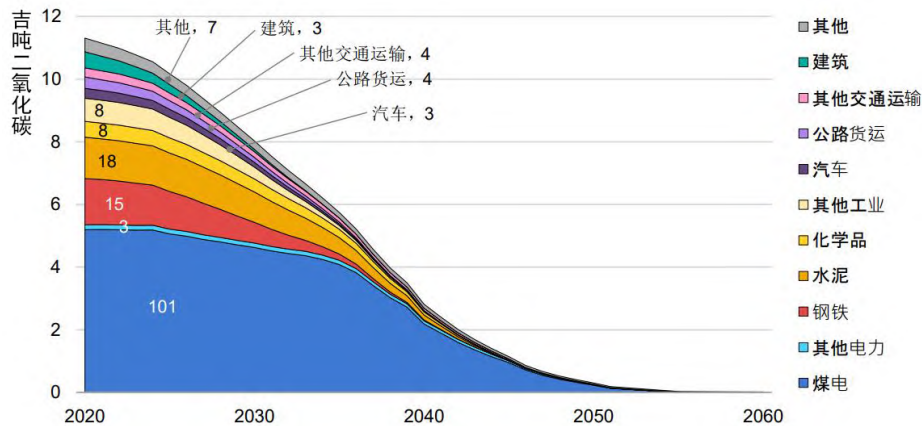


图1 中国现有能源相关基础设施在典型“寿命”假设和运行条件下的二氧化碳排放量

说明：排放量根据典型的运行条件（如容量系数、燃料比重和里程）预测，以2020年为基准年。图中以数字标出的面积大小代表各细分部门的累计排放量，单位为吉吨，排放量按直接排放计算。参见国际能源署《中国能源体系碳中和路线图》，<https://www.iea.org/countries/china>。

从表2可以看出，越是减少碳排放，电力总需求越高，二者有替代关系，工业、交通、建筑的电气化需要降低了碳排放，增加了电力消费。但是增加电力消费与降低碳排放不是相悖的。

表2 2020—2050年中国电力需求估算（单位： $10^4$ 亿kw·h）

	2020年	2030年				2050年			
		政策情景	强化政策情景	2度情景	1.5度情景	政策情景	强化政策情景	2度情景	1.5度情景
电力总需求	7.27	9.18	9.45	9.61	10.04	11.38	11.91	13.13	14.27

说明：数据来源于清华大学气候变化与可持续发展研究院《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》，《中国人口·资源与环境》2020年第11期。

第二，产业电气化是绿色转型的重要战略步骤。产业电气化转型和再生能源转型有着相同的非市场化转型特征。交通中的汽车电动化转型从补贴开始，逐步退补，到2018年结束补贴，形成了从政策过渡到准市场化转型的过程，即通过管制汽油车比例，要求汽油车生产商购买电动车积分，通过积分补贴方式提高电动车竞争力，对汽油车进行市场化替代，直到全部使用电动车。钢铁、石化等部门电气化难度依然很大，整体工艺转型需要国家进行一定的财政资助和激励。电气化能源转换效率要比传统石化能源直接转换效率低，但是如果发电源头是太阳能等再生能源，则消费电力本身是无碳排放的，而且再生能源使用的边际成本趋向于零，这样产业电气化就是低碳排放，也具有了可持续的低成本竞争力。按照壳牌集团的预测，2060年中国电气化率将达到60%，<sup>①</sup>交通设施将基本实现电气化，建筑能源供给将全面实现电气化。

中国工业电气化的产业转型任重道远。很多重化工业的电气化不仅仅是能源问题，也涉及大量原材料投入的生产流程改变，但是这方面并没有达到市场化可自动替代的“阈值”区间。如钢铁的长流程减排转到短流程电炉，需要完成工艺、原材料的全面转型，目前这一过程仍然举步维艰。煤炭、冶金、化工相关产业要逐步实现被管制到零的水平，将使大量的产业走向萧条，由此导致的资本搁浅和产业链上

<sup>①</sup> 《中国能源体系2060碳中和报告》，[https://www.shell.com.cn/en\\_cn/energy-and-innovation/achieving-a-carbon-neutral-energy-system-in-china.html](https://www.shell.com.cn/en_cn/energy-and-innovation/achieving-a-carbon-neutral-energy-system-in-china.html)。



下游受冲击等多方面问题都需要政府的财政、金融支持，这样才能实现相关产业的平稳退出。

第三，绿色能源转型的市场化条件逐步成熟。中国的当务之急就是能源脱碳，这是非常大的挑战。煤炭在中国能源结构中占比最大，随着碳捕捉技术的发展，到 2060 年，煤炭发电占总发电量的比重将降到 3%—10%，能源转型靠核能、水电和太阳能、风能共同完成。

图 2 显示，与石化能源相比，再生能源成本快速降低，而且具有两个优势：一是成本下降符合摩尔定律；二是其生产的边际成本几乎为零。从能源成本优势看，再生能源替代石化能源已经具备了成本优势，不需要过高的绿色成本补贴。再生能源价格下降与其使用的规模高度相关，如全球已安装了 580 吉瓦的太阳能光伏发电系统，自 2010 年以来这一数据增长了 14 倍，<sup>①</sup> 2019 年的太阳能光伏发电价格与 2010 年价格相比下降了 82%，从 0.378 美元/千瓦时降至 0.068 美元/千瓦时。根据 IRNA 的预测，太阳能光伏发电成本仍有继续降低的潜力，当其价格降至 0.039 美元/千瓦时，成本将比 2019 年再降 42%。当前的太阳能价格已经低于石化价格，但是太阳能等再生能源的不稳定性以及储能技术发展未有突破，出现大量“弃风弃光”现象。

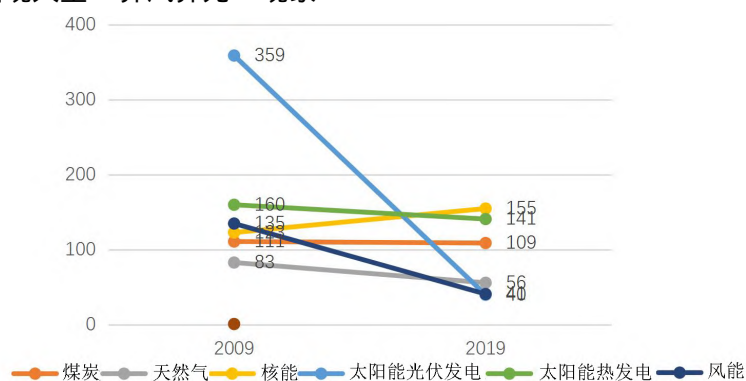


图 2 各种能源发电价格变化趋势

说明：数据来源于 Max Roeser, “Why Did Renewables Become So Cheap So Fast?” <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth>。单位：美元/兆瓦时。

第四，产业数字化的发展带来了大量电力需求。新增能源需求是在以“算力+万物互联”为基础的产业数字化基础上发展起来的，“算力+万物互联”以计算中心（IDC）和 5G 通讯为代表，2020 年二者耗能占中国耗电总量的 1.6%，到 2035 年中国数据中心和 5G 总用电量约是 2020 年的 2.5—3 倍，将达 6951 亿—7820 亿千瓦时，占中国全社会用电量的 5%—7%。<sup>②</sup> 数字化产业升级直接会提高新增电力的消费。1993—2018 年中国数字化经济增加值年均增长 17%，<sup>③</sup> 增速仍在加快。由于数字化产业处于高速增长期，且利润高，代表了中国经济发展的未来。因此，数字化产业可承担的绿色成本可以高于一般企业，可以使其电力需求直接与绿色再生能源挂钩，通过购买绿证或投资新能源来补贴传统能源。

以上分析可以看出，虽然中国能源转型迅猛发展，但是在储能、电网、能源稳定性等方面存在不足。总体上看，工业电气化转型、汽车工业的电动化转型基本上进入了市场替代阶段；钢铁、化工、建材的全产业链电气化改造需要政府支持，不可能完全由市场来推进；数字化产业升级主要受制于能源的绿色转型，本身有节能需要，但是其发展无关碳排放，应该属于被鼓励的产业。

### 3. 绿色转型的路径和顺序

中国经济在绿色转型中要实现技术进步，利用市场化规模来吸收转型成本，进而推动经济增长。本文模拟了一个转型路径图（见图 3）。高碳排放部门的 D 增长曲线在 2030 年碳达峰后，其 GDP 增

<sup>①</sup> Max Roeser, “Why Did Renewables Become So Cheap So Fast?” <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth>.

<sup>②</sup> 《中国数字基建的脱碳之路：数据中心与 5G 减碳潜力与挑战》，[https://www.sohu.com/a/498654413\\_121124375](https://www.sohu.com/a/498654413_121124375)。

<sup>③</sup> 蔡跃洲、牛新星 《中国数字经济增加值规模测算及结构分析》，《中国社会科学》2021 年第 11 期。

长速度也同样见顶，受到严格的限制，一直下滑到碳捕捉技术能提供的碳排放额度水平才能实现碳中和。2030年后，经济增长的动力来自再生能源、产业电气化和产业数字化转型，这构成了C增长曲线。从现有的三个代表性产业看，太阳能、数字化转型、电动汽车成本下降的速度符合摩尔定律，而且再生能源和数据化生产也符合“边际生产成本等于零”的共享规律。在新兴绿色产业带动下，经济再造过程的C增长曲线在2040年后逐步替代传统重化工产业，技术进步、增长速度和规模都会引领中国总量生产函数T的持续增长。总量T曲线是C和D曲线数值的叠加，其增长的路径持续向上，是通过绿色部门的兴起和电气化过程替代原有工业化过程，激励技术进步，促进可持续发展和经济增长，而不是DICE模型模拟的带有损失函数的增长。当然如果转型不当，摩擦加大，绿色转型被打断和延迟也是有可能的。

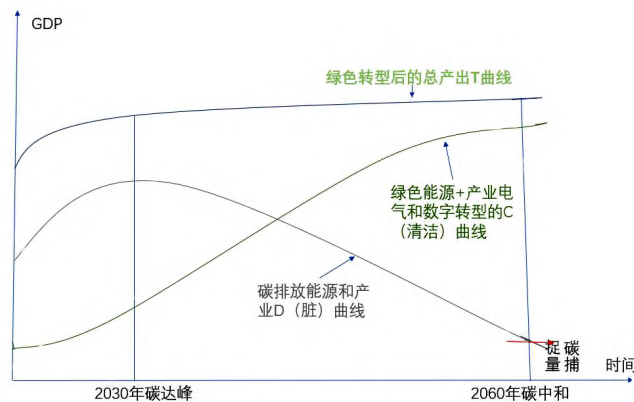


图3 中国经济绿色转型路线

绿色转型路径决定了转型顺序：（1）再生能源发电。再生能源的成本下降与其发电规模高度相关，由于电网和储能改造进度慢于装机水平，“弃风弃光”比例过高，再生能源发电比例上升缓慢。随着分布式发电的兴起，其直接使用速度加快，且装机越多，组件成本下降越快，发电成本也随之下降。因此绿色再生能源转型需要政府加大力度推动电网改革和电网改造。（2）在绿色能源转型的过渡期间，放开数字化产业升级，按现有的节能要求不必限制其能耗总量。可以使产业数字化转型与再生能源消费挂钩，诱导投资向绿色产业倾斜，推动绿色能源转型和数字化转型的相互促进。（3）工业、交通、建筑的电气化过程。非市场化替代主要集中在工业部门，要逐步推进电气化的补贴改造。工业电气化的核心是钢铁、水泥、化肥的电气化转型，应当在碳达峰后再加速调整。优先推进的交通电气化转型已经初见成效，电动汽车进入市场化替代阶段，应继续加速推进这一优先转型。建筑电气化过程与能源转型一致，是依靠管制来推动市场化替代。

再生能源、数字化转型、电动汽车的技术迭代和规模经济推动了能源转型、数字化转型和工业电动化，使其具有了市场化的替代特征，构造了具有加速特征的新增长曲线。通过政策和市场的双重激励推进新的产业发展和技术进步，才能吸收绿色转型成本，使中国经济增长和技术进步的速度、质量保持优势。

### 三、中国绿色转型的分类治理和碳排放社会成本

碳中和机制是政府依据国际承诺和国内碳减排目标而设计的公共治理机制，通过碳排放管制和绿色补贴等激励绿色转型，具有政府直接干预的性质。这一转型涉及众多利益相关者，需注意公共观念和利益的协调。从绿色转型的初始条件看，高碳排放公司（产业）的规模和效率都强于低碳排放的绿色公司

(产业), 仅靠市场机制无法推动高碳排放公司(产业)转型。全球为克服碳排放的外部性、解决气候变暖问题, 依赖于碳排放价格的调整, 避免搭便车。不同的初始条件下, 各国政府探索不同的绿色转型速度、治理机制和路径。发达经济体提出征碳税总量治理模式, 认为只有计算出合理的碳排放社会成本才能较好地推动绿色转型, 采取以碳排放价格为基准的管制与治理框架, 虽然实践中也遇到多种挫折, 但是总量治理仍是欧美国家的首选。后发国家以节能减排管制、激励新能源发展等为导向, 实行类似于保护“幼稚企业”的政策, 推动新旧产业更迭, 这是分产业进行的“控制+激励”分类治理模式, 以激励为主。预计后发国家碳达峰后, 会逐步向总量治理与分类治理结合的方式过渡。

中国政府依据减排的产业分布进行分类治理, 通过“做好激励”启动渐进式绿色转型。一方面限制高排放产业和企业的碳排放量; 另一方面靠增加补贴诱导绿色产业和企业的生产规模扩张。随着绿色产业竞争力的逐步提高, 政府通过“退补”的方式, 利用碳排放额度管理, 推动积分制, 推进碳排放额度交易、绿证交易, 让高碳排放的企业购买碳额度及其等值的积分、绿证, 为绿色企业提供补贴, 推动绿色部门替代传统部门, 最后再通过市场竞争进行完全替代。这一过程需要政府对碳排放进行持续监管和对淘汰企业进行资助, 保障其平稳转型。中国的分类治理以产业部门或地区为依托, 一个产业选取一种治理方式和目标。如汽车积分制、电力的绿证交易、在 8 个地区设立碳汇市场等, 这样的转型方式不需要付出全社会额外碳价上涨的代价, 推动了产业的绿色平稳转型。直到 2021 年中国提出了总量目标管理模式, 引起了“拉闸限电”摩擦。这说明中国需要谨慎采用总量治理模式, 未来转型依然要以分类治理原则继续推动行业性脱碳进程。到 2030 年碳达峰后, 总量治理将逐步扮演重要角色, 基于碳排放额度市场交易信号来配置全社会资源, 协调与国际气候规则一致化进程, 不再完全是“一个产业, 一个地区, 一个公共政策”的治理方式, 通过加强全国统一监管与治理才能完成绿色转型。

### 1. 中国经济绿色转型的治理实践

由于发展阶段不同, 中国与发达经济体有着不同的转型治理路线。发达经济体已经进入后工业社会, 早已经完成碳达峰, 流量已经下降, 进入碳中和的绿色转型阶段, 相对忽略绿色转型摩擦。欧洲着重于全境内和全行业的碳排放额度交易, 能源与产业同时快速转型, 政府管制以碳排放额度交易价格为激励基准。美国侧重于市场化的责任投资、ESG (Environment, Social Responsibility, Corporate Governance) 和绿色供应链及各州政府的管制和补贴, 加大绿色基础设施投资, 加快绿色转型进程。新兴经济体正处在工业化阶段, 也是全球碳排放增量的主要来源。新兴经济体转型第一阶段的目标是在完成工业化的同时实现碳达峰, 而后通过绿色转型进入碳中和阶段, 转型难度和摩擦远远大于发达经济体。中国属于最有担当的新兴经济体, 政府做出了在 2030 年碳达峰和 2060 年碳中和的承诺, 其实践路径必然与发达经济体的经验不同。从治理和产业转型的角度, 中国都探索出了独特道路。

中国经济绿色转型具有如下特征: 其一, 遵循清洁发展机制 (Clean Development Mechanism, CDM) 的要求开展了清洁生产, 淘汰落后产能, 提升了能源的利用效率, 而后遵循《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》构建了 8 个碳排放交易市场, 设立了 300 多个方法论来计算自愿减排量, 推动了中国循环经济发展。其二, 政府积极推行新能源制造和新能源汽车的补贴政策, 设计了相应的汽车积分制。这些政策刺激了新能源、电动车及相关产业链的发展, 制造优势和市场规模优势使中国成为全球太阳能组件、风能组件成本最低和生产规模最大的国家, 顺利地达到了新老能源市场替代的基准条件。其三, 在全国开展电力行业的碳排放额度交易, 启动了全国碳排放额度交易市场, 并即将启动碳期货交易。中国现有的碳排放额度交易市场价格波动很小, 碳定价低于国际定价, 这也是由中国国情所决定的, 需要平稳过渡。其四, 中国的治理实践也是“摸着石头过河”, 按照分类治理原则, 先试点再推广, 如电力转型和电动车转型代表了两个不同的方向, 即产业转型和能源转型。其五, 重视市场化改革, 如 2021 年能源价格波动倒逼电力市场改革, 把市场机制引入电力市场。电力市场改革直接促进了分布式电力发展, 这是中国绿色能源转型的关键。其六, 发展绿色金融, 责任投资、ESG 等自下而上的绿色转型治理

模式在中国发展很快,加大了绿色转型的微观动力。

## 2. 中国绿色转型下的监管推动和市场化改革激励

各类企业都具有技术依赖特征,绿色转型意味着较大的资本支出,因此中国的绿色转型一定要有监管推动和政府激励。同时,碳达峰和碳中和的绿色转型全过程也需要市场化激励机制,因为最好的治理方式是市场化推动的绿色能源转型。

在减排第一阶段,应基于清洁生产机制和自愿减排交易淘汰落后产能。第二阶段由政府进行财政补贴,再利用各地方碳排放额度交易,鼓励新兴绿色产业发展。第三阶段进入能源和产业转型的阈值区间,即全面转变期,扰动和摩擦开始频繁显现。这一时期,全球都感受到了绿色转型引起的能源价格波动。中国也受到影响,但是纠偏很快。配合监管是第三阶段的主要任务,推进电力市场化改革是第三阶段绿色转型的基准。

## 3. 碳排放交易的治理成本及定价策略

由于绿色转型是非一般的市场化转型,是通过治理机制设计推动的产业转型,存在能源—产业转型的摩擦,也必然包含了治理成本。通常表述的治理成本涵盖如下内容:(1)制度套利,如企业骗补。但是随着补贴“退坡”,让企业与企业互补或市场配额交易,制度不再会被套利。(2)转型目标与原有的发展目标偏离加大,对经济增长的冲击过大,提高了当期的经济风险。特别是在绿色转型过程中,政府是最重要的发动者,一旦过度强化这方面约束则会偏离以经济建设为中心的轨道,引起供给的负向冲击。(3)利益锁定下的路径依赖。如果过度依赖政府干预资源配置,就会长期扭曲要素价格,形成一批利益相关者,因此要素扭曲性设计需要一个合理的退出计划,避免利益锁定。(4)政府干预与市场机制相互配合的失败,即虽然强调了管制转型,但是缺少对市场激励的认识。中国的转型应在监管的推动下,重视市场化机制,重视基于市场激励的绿色转型。

碳排放交易价格在总量治理上意义依然重大。欧盟已经经历了三轮碳交易额度拍卖,碳期货价格最高突破了每吨90欧元,这意味着能源价格上涨压力持续升高。

碳排放额度的理论价格是依据控温目标模拟的GDP损失总量贴现为当期减碳的社会成本,由此构造了一个碳定价对减碳目标的政策制定基准。中国当前处在碳排放额度交易定价的形成阶段,2021年全国实施了电力部门的碳排放额度交易定价,但是仍有工业、交通、建筑等产业部门没有纳入统一交易市场中。中国碳排放额度全国交易市场已经开启,但是没有金融机构和相应的期货市场配套,也没有全国总量的碳额度拍卖,依然处于分类治理和形成定价机制的过程中。中国碳汇价格为每吨45元人民币,与欧洲碳价相差比较大。2030年中国实现碳达峰后,总量政策变得重要,需要实现“搞对价格”与“激励为主”的分类治理的有机融合。总量治理为全面碳中和提供了一个政府拍卖碳排放额度的政策基准,为全民减碳形成了一个社会定价基准,也能够引导企业和机构投资。

碳排放定价与管制政策可以相互补充,提高脱碳战略的效益。碳排放定价机制可以激励人们追求去碳化,同时提高去碳化的灵活性,通过提供明确的价格信号,加速碳捕捉等低碳技术产品的投资和应用。

## 四、中国绿色转型的公共政策取向

全球的绿色转型都要通过政府管制和公共政策框架来引导,但是绿色转型依然面对很多的挑战,必须不断审视目标—激励—福利框架来衡量中国的绿色转型发展。一个不断循环的政策考评框架有利于公共政策的实施,本文构造了中国绿色转型的公共政策自我改进的动态框架(见图4)。从图中可以看出:(1)是否达到自我承诺目标是衡量基准,未达到目标则需要对政策力度与目标进行反思,考虑目标冲突导致的转型摩擦、政策执行激励不足和协调困难导致的执行效率低等问题,进而进入政策再整合阶段。(2)通过政策再整合修订目标,推动绿色转型进入正轨。如果只有总量能源限制政策,没有鼓励再生能源消费的政策,则不利于推动再生能源发展。“拉闸限电”的方式符合当期碳排

放总量，但是不利于经济增长，将导致电价上涨。上述都属于目标激励不相容的矛盾，需要进一步修正。(3) 评估福利、包容性和可持续性。绿色转型不能损害经济增长，不能靠通货膨胀方式遏制消费进而降低福利，也不能对于受损部门视而不见，因此需要通过政策补贴或其他方式降低损失，使传统受损企业平稳过渡。

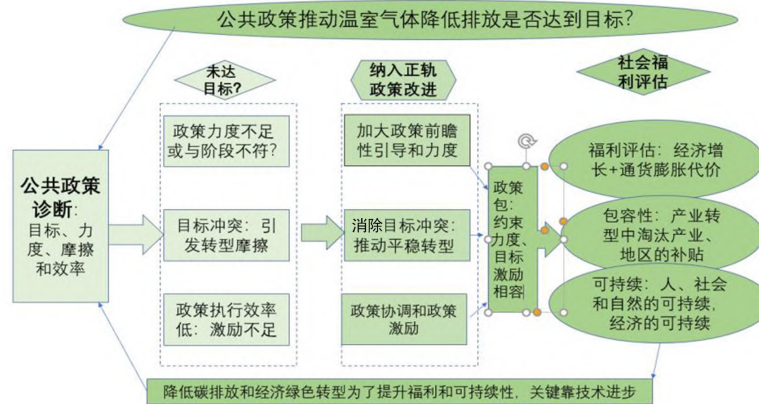


图4 公共政策选择与评估的整体取向

2021年是中国绿色转型的元年，2022年国家发展和改革委员会调整了公共政策目标（如鼓励再生能源发电，再生能源电力消费不纳入能源总消耗考核目标中），强调利用市场方式解决问题（如鼓励市场定价、分布式发电、绿证交易等）。但是从公共政策动态框架上看，绿色转型的公共政策仍需在如下方面进行改进：（1）从重视总体能耗和碳排放的“双控目标”转向单一控制“碳排放”指标，强化碳排放的额度，削减自我承诺目标的力度。（2）鼓励新能源消费，使产业数字化与再生能源消费挂钩，促进绿色投资。（3）不应继续把节能指标作为公共政策的根本目标。可以按标杆企业的要求节能，以降低当期的能源约束。提升能源效率是企业内生问题，虽然短期内可以靠行政监管，但是这并非公共政策的目标所在，最终应当靠市场机制特别是价格机制来解决这一问题。（4）把促进新兴清洁产业发展、产业电气化转型、数字化升级与限制高碳排放的传统产业发展放到同等重要的地位上。放松对能源消费总量的约束，鼓励电力消费大户通过绿证交易等方式加大再生能源消费，用绿证补贴再生能源和投资再生能源，为产业数字化拓展能源发展空间。高度重视产业电气化过程，从全产业链的角度进行转型监督与补贴激励，让高碳排放产业平顺退出，否则会使行业和区域转型摩擦过大。（5）促进市场化发展，中国的新兴绿色产业已经进入市场替代阶段，但是打破垄断推进电力市场的改革、在新旧产业替代过程中推进市场激励，都离不开政府监管。（6）增加“二元化”的融资策略，降低绿色金融融资成本，通过低利率信贷和债券发展打开利率缺口，通过金融成本的“二元化”推动绿色产业的投资规模再扩大。（7）重视绿色转型中对技术创新的研发补贴。（8）进一步探索积分制、ESG等自下而上的激励方式，形成市场化替代中的微观主体替代意识。（9）碳交易市场依然是最重要的政策定价基准，应当为碳汇交易定价，尽快推出碳期货，并允许金融机构加入，使其为进入碳中和阶段发挥更积极的作用。

公共政策的制定与行政复杂性、刺激创新等补贴激励的可持续性、应对不确定性的能力有关。产业转型中“起落”的分配效应（包容性）、物价波动的福利损失、公众接受度等是一个需要精心设计的系统性政策组合。绿色转型同样也会遇到能源—产业转型的摩擦挑战。中国面临的挑战更多、更复杂，但是中国政府协调能力强、纠偏快，也积累了丰富的转型经验。中国在逐步探索中已经走上了公共政策与市场激励相结合的推动绿色转型的特色道路。

责任编辑：孙中博

## ABSTRACTS

### **A Reflection on the Thinkers' Mental Course of the 1898 Reform Movement: an "Enlightening Self-Cycle" Perspective**

*Chai Wenhua Chi Haoran (35)*

"Enlightening self-cycle" refers to the transition from calling for enlightenment to criticizing enlightenment, from criticizing tradition to returning to tradition. Looking at the thinkers of the 1898 Reform Movement from this perspective, we can see that they have both the same and different mental processes. Kang Youwei and Tan Sitong are the representatives of the "non-enlightening self-cycle", Liang Qichao is of the "semi-enlightening self-cycle", while Yan Fu is of the "enlightening self-cycle". Different as they were, their mental course, however, all originated from the Chinese situation and the world situation at that time. Its deep meaning is their confidence in the vitality of the excellent Chinese traditional culture, which provides important inspiration for us to improve our sense of identity and promotes the creative transformation and innovative development of the excellent Chinese traditional culture.

### **A Study on the Path, Structure and Governance of China's Economic Green Transformation**

*Zhang Ping (69)*

Based on the actual investigation of China's economic green transformation, this paper, starting from the cost of green transformation--the benefits of industrial transformation and upgrading, first compares the practices of total governance in developed economies and categorized governance in China, and then builds a research framework to analyze the frictional cost of resource redistribution in green transformation and how to realize efficiency compensation by discussing the path, structure, sequence and public policy of China's green transformation. This study argues that in order to achieve a smooth green transition, China should introduce structural discussion and reduce structural friction in the transition, instead of focusing only on total emission reduction. China's green transformation involves the replacement of old and new energy sources, the replacement of electrification in the industry and the development of rapidly growing digital industry, which should make the upgrading of new industries absorb the costs brought by the decline of traditional sectors. At the same time, we should give up the total governance and turn to the gradual approach in accordance with China's reality. We should use industry incentives to induce the development of emerging green industries, promote the market-oriented reform of electric power, strengthen the management of public policies, and explore the development path of green transformation in China.