内生增长下排放权分配及增长效应

汤维祺　钱浩祺　吴力波

摘　要：我国正处于经济转型过程中，各地区、各行业的增长路径、技术进步路径都存在显著差异。气候政策的设计尤其是碳排放权分配方式，不仅决定着政策的减排效果，更会对长期经济增长路径造成持久影响。一般均衡模型显示，不同的碳排放权分配机制对短期与长期经济产出有不同影响。基于中国多区域动态一般均衡模型进行的政策仿真模拟表明，静态的排放权分配机制无法实现跨期经济产出的优化目标。作为替代，动态地依据生产者产出调整排放权分配，可以激发“干中学”效应，提高短期的经济产出，对不同地区、不同行业节能减排及其增长效应的政策设计有重要参考价值，但对长期经济增长的作用仍较为有限。

关键词：碳交易　排放权分配　“干中学”效应　CGE 模型　跨期优化

作者汤维祺，经济学博士，复旦大学发展研究院金砖国家研究中心博士后（上海　200433）；钱浩祺，复旦大学经济学院博士研究生（上海　200433）；吴力波，复旦大学经济学院教授（上海　200433）。

一、前　　言

随着实施“十二五”规划节能减排措施的不断深入，推进节能减排的压力与阻力也在不断增加。正在七个省市展开的碳交易试点工作，目的是为了检验碳交易机制在不同的发展阶段、增长模式、产业结构、技术水平以及资源特征下的有效性，探索相应的机制设计，从而为构建全国范围的碳交易市场积累经验。各试点项目主要参照历史排放水平、行业基准线，并考虑先期减排成果以及产业政策导向，制定各年排放权分配方案，向排放企业一次性发放。它们都面临一个关键问题：如何协调排放权的初始分配及其动态调整方案。我国正经历经济结构的急剧转型，产业结构、产业布局以及生产技术等结构因素快速变化。而且，各地区经济发展阶段、资源禀赋结构以及技术水平等的巨大差异，导致了不同的增长路径。在这样的背景下设计碳交易市场机制，不仅需要考虑如何降低短期减排成本，同时需要考虑如何适应经济增长和转型的需要，进而实现经济增长与节能减排两大目标，推动经济长期

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

健康可持续发展。本研究引入排放权动态分配机制，主张根据实际经济运行情况分配排放配额，这是提高政策灵活性、适应经济增长需要的可行手段之一。

构建碳交易市场的目的，在于借助市场机制优化资源配置，实现减排成本最小化，也即当期经济收益最大化。然而从动态的角度看，当经济增长过程中存在内生增长机制，即各期经济生产之间具有跨期影响时，经济主体当期的优化决策还需要考量对未来经济产出可能造成的影响。因此，在引入碳交易的同时，为保证长期经济增长的优化路径，需要从动态的角度分析碳交易机制对经济增长、生产效率、减排成本等关键变量的长期影响，据此对交易机制的设计进行相应的调整。但是关于碳交易机制动态效应的研究，不论在国内还是国外都尚未引起足够的重视。

本文首先构建一个一般均衡模型，通过在生产函数中引入“干中学”效应(learning-by-doing effect)，反映内生经济增长机制对经济主体排放行为的影响，以及相应的最优分配机制。通过比较“静态”与“动态”的排放权分配机制对短期与长期社会总福利水平的影响，分析碳交易机制的长期动态效应。在此基础上，本文进一步构建一个中国大型多区域的动态可计算一般均衡模型（Computable General Equilibrium，CGE），定量地模拟“静态”与“动态”排放权分配机制下，碳交易机制对福利增长路径以及长期减排潜力的影响。理论模型与数量模型的分析结果表明，静态的分配机制能够实现当期福利的最大化，然而在内生经济增长机制下，却无法实现跨期福利的最大化。以“跨期优化”为目标的动态分配机制，能够导致最优的增长路径。但理论上的“跨期优化”必须以完全的信息为前提，这在经济现实中并不可得。因此本文进而提出，在没有完全信息的情况下，通过将排放权分配与产出水平相关联的替代方案，能够在一定程度上激发“干中学”效应，引导市场交易的结果向“跨期优化”结果靠拢。

本文余下部分的内容安排如下：第二节对现有研究进行梳理；第三节介绍理论模型及其分析结果；第四节介绍 CGE 模型的结构和关键设定；第五节讨论 CGE 模型的模拟结果；第六节针对模型的关键参数进行稳健性检验；第七节是全文的结论。

二、文献综述

随着 20 世纪 90 年代《京都议定书》的签署以及欧洲碳交易市场（EU-ETS）的兴起，学者围绕碳交易的机制设计及其经济影响等问题开展了大量研究。经济学经典理论表明，交易机制能够使排放主体间的边际减排成本均等化，实现总成本的最小化。然而随着排放交易的不断推广，以及研究的不断深入，越来越多的学者开始关注碳交易机制与技术进步路径之间的关系，即其动态效应。一方面，生产技术的变化是决定经济活动对环境长期影响的重要因素；另一方面，气候政

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

策在很大程度上影响了技术进步的路径。① 评估一个政策的效果，不仅需要考量其静态的经济效率，更重要的是，分析其能够在多大程度上刺激新技术的发展，从而更有效地实现长期的环境规制目标。② Popp扩展了耶鲁大学Nordhaus开发的气候与经济动态集成模型（Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy，DICE），在能源部门引入了内生技术进步模块，并对全球温室气体减排政策的经济影响进行了模拟。结果表明，技术进步可以使气候政策的经济成本下降约10%。③ Oberndorfer等在评价EU-ETS的效果时指出，成本有效性与技术进步的激励效应同样重要。④ Jaffe等指出，污染排放及技术创新这两方面的外部性之间具有内在关联，设计合理的环境政策机制，能够有效激励技术进步，降低长期的环境规制成本。⑤

也有学者认为，碳交易机制并非理所当然地会带来最优的动态效应，强调必须关注碳交易机制的具体设计。⑥ Böhringer等利用CGE模型，系统地分析了不同排放权分配方式对碳交易动态效应的影响。结果表明，免费分配配额（grandfathering）会削弱企业技术研发的激励，降低创新动力，其长期经济效应不如拍卖配额（auctioning）的分配机制。⑦ Otto等构建了一个动态CGE模型，对气候政策带来的“引致技术进步”（directed technology change）进行了分析。模型模拟结果表明，碳排放约束必须与相应的研究开发（R&D）补贴相配合，才能够带来

① Adam B. Jaffe, Richard G. Newell and Robert N. Stavins, “Environmental Policy and Technological Change,” *Environmental and Resource Economics*, vol. 22, nos. 1-2, 2002, pp. 41-70.

② Till Requate, “Dynamic Incentives by Environmental Policy Instruments: A Survey,” *Ecological Economics*, vol. 54, nos. 2-3, 2005, pp. 175-195.

③ David Popp, “ENTICE: Endogenous Technological Change in the DICE Model of Global Warming,” *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 48, no. 1, 2004, pp. 742-768.

④ Ulrich Oberndorfer, Klaus Rennings and Bedia Sahin, “The Impacts of the European Union Emission Trading Scheme on Competitiveness in Europe,” ZEW Discussion Paper, no. 06-051, 2006.

⑤ Adam B. Jaffe, Richard G. Newell and Robert N. Stavins, “A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy,” *Ecological Economics*, vol. 54, nos. 2-3, 2005, pp. 164-174.

⑥ Frank Gagelmann and Manuel Frondel, “The Impact of Emission Trading on Innovation-Science Fiction or Reality?” *European Environment*, vol. 15, 2005, pp. 203-211.

⑦ Christoph Böhringer, Tim Hoffmann and Casiano Manrique-de-Lara-Peñate, “The Efficiency Costs of Separating Carbon Markets under the EU-ETS: A Quantitative Assessment for Germany,” *Energy Economics*, vol. 28, no. 1, 2006, pp. 44-61.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

更高的动态效率。① Acemoglu 等进一步将上述研究框架推广到多区域的经济系统，分析减排政策在地区与期限结构上的优化设置，及其对长期减排成本的影响。② 考虑到技术进步的溢出效应，他们还指出，在发达地区推进碳减排，能够带动欠发达地区的技术进步，从而实现总体的有效减排。

除了 R&D 投资之外，还有学者从技术学习的角度，分析气候政策与减排成本之间的动态交互影响。如 Grubb 指出，提高短期的减排目标有助于激发“干中学”效应，从而降低长期的减排成本。③ 而 Goulder 和 Mathai 则认为，由于“干中学”效应会降低未来的减排成本，因此可以放松短期的减排目标。④ Van der Zwaan 等构建了一个包含“干中学”效应的内生增长模型，结果表明，低碳技术的加速发展会在很大程度上降低长期减排成本，从而加快温室气体减排速度。⑤ Kahouli-Brahmi 对能源技术学习效应的相关研究，做了全面的综述。⑥

国内学者关于气候政策动态效应的研究较为鲜见。Jin 构建的中国 CGE 模型，引入内生技术进步机制，分析碳税等气候政策对技术研发、技术进步以及减排成本的长期影响。结果同样表明，气候政策需要与技术创新扶持政策相配套，才能有效推进我国实现长期节能减排目标。⑦ 王铮等参照 Van der Zwaan 的研究，构建整合评估模型（Integrated Assessment Model，IAM），引入人力资本积累、“干中学”效

① Vincent M. Otto，Andreas Löschel and John Reilly，“Directed Technical Change and Differentiation of Climate Policy，” *Energy Economics*，vol.30，no.6，2008，pp.2855-2878.

② Daron Acemoglu et al.，“The Environment and Directed Technical Change，” NBER Working Paper，no.15451，2009.

③ Michael Grubb，“Technologies，Energy Systems and the Timing of CO_2 Emissions Abatement：An Overview of Economic Issues，” *Energy Policy*，vol.25，no.2，1997，pp.159-172.

④ Lawrence H. Goulder and Koshy Mathai，“Optimal CO_2 Abatement in the Presence of Induced Technological Change，” *Journal of Environmental Economics and Management*，vol.39，no.1，2000，pp.1-38.

⑤ Bob C. C. Van der Zwaan，Reyer Gerlagh and Leo Schrattenholzer，“Endogenous Technological Change in Climate Change Modelling，” *Energy Economics*，vol.24，no.1，2002，pp.1-19.

⑥ Sondes Kahouli-Brahmi，“Technological Learning in Energy-Environment-Economy Modeling：A Survey，” *Energy Policy*，vol.1，no.36，2008，pp.138-162.

⑦ Wei Jin，“Can Technological Innovation Help China Take on Its Climate Responsibility? An Intertemporal General Equilibrium Analysis，” *Energy Policy*，vol.49，Special Section：Fuel Poverty Comes of Age：Commemorating 21 Years of Research and Policy，2012，pp.629-641.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

应等内生增长机制。① 结果表明，增加教育投资、加快人力资本积累，是实现以技术进步促进经济发展、以技术进步控制二氧化碳排放的重要途径。

上述研究为我们理解和认识气候政策的长期经济影响，提供了重要参考。但现有研究对技术进步的界定，往往聚焦于能源利用效率的提高或减排成本的下降。毫无疑问，这些因素对气候政策有着最为直接的影响，但气候政策对经济生产、消费行为的引导，也会对更为一般意义上的技术进步带来影响。尽管后者的影响是间接的，但是其对经济体长期经济增长路径的影响却更为直接和紧密。对新兴经济体而言，保障长期经济增长毕竟是优化气候政策机制设计的重要目标。岳书敬、刘朝明的实证研究表明，“干中学”效应带来的技术效率提高，是我国技术进步的重要动力之一。② 鲍宗客、暴金玲更明确地提出，我国“干中学”的强度逐年增加，制造业的“干中学”强度在不同行业间表现出很强的异质性。③ 不同行业间学习效应的异质性导致在减排政策约束下，长期增长路径所受的影响也有所区别，从而影响我国经济总体的长期增长路径。因此，从更为一般的意义上，探讨气候政策与内生技术进步之间的交互关系，进而研究气候政策机制设计对长期经济增长的影响，具有很强的理论和现实意义。

Dixon 等认为，在内生经济增长机制下，经济主体的决策需要引入“跨期优化”的动态变化，这在大型跨区域动态 CGE 模型中非常困难。④ 包含“跨期优化”的大型 CGE 模型在国内亦非常鲜见。本文根据 Dixon 等的研究，利用外部迭代的方法在大型多区域 CGE 模型中模拟动态“跨期优化”，为分析内生技术进步下气候政策的优化设计提供有力的工具。我们通过构建理论和数量模型，以“干中学”效应为例，分析在内生经济增长机制下，排放权交易机制的优化设计对我国长期经济增长路径的影响。

三、理论模型

本节构建一个一般均衡模型，包含 $i \in I$ 个行业，分别有无数个同质的生产者（完全竞争市场）。生产者在各期（$t \in \{1, \cdots, T\}$）投入非能源要素（K_t^i）与能源要素（E_t^i），生产各自的产品 X_t^i。设定生产函数服从柯布—道格拉斯（C—D）形式：

$$X_t^i = A_t^i (E_t^i)^{\alpha_i} (K_t^i)^{1-\alpha_i}; \quad A_t^i = A_i(\{X_s^i\}_{s=1}^{t-1}) \tag{1}$$

① 王铮等：《技术进步作用下中国 CO_2 减排的可能性》，《生态学报》2006 年第 2 期。

② 岳书敬、刘朝明：《人力资本与区域全要素生产率分析》，《经济研究》2006 年第 4 期。

③ 鲍宗客、暴金玲：《中国制造业经验学习的测度、行业波动及成因差异》，《财经研究》2014 年第 5 期。

④ Peter B. Dixon et al.，“Rational Expectations for Large CGE Models：A Practical Algorithm and a Policy Application，” *Economic Modeling*，vol. 22，no. 6，2005，pp. 1001-1019.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

式（1）中，全要素生产率为行业历史产量的函数，即存在“干中学”效应。假定生产者每投入 1 单位能源，会产生 f 单位碳排放。排放约束为 $\overline{F}t$，① 各生产者初始分配到的比例为 θ_t^i（$\sum_i \theta_t^i = 1$）。排放权当期可交易，但不可以跨期储存或预支，因此排放约束可以表示为：

$$\sum_i fE_t^i = \overline{F}_t \tag{2}$$

排放权价格记为 e_t，产品价格和单位生产成本分别为 p_t^i 和 c_t^i，则完全竞争的生产者满足：

$$p_t^i = c_t^i - \left(\theta_t^i e_t \cdot \frac{\overline{F}_t}{fX_t^i}\right) \tag{3}$$

模型包含无数个同质消费者，效用函数同样服从 C—D 形式。用 M 表示总预算约束，则消费者的行为可以表示为：

$$\max_{\{X_t^i\}} \ U_t = \prod_i (X_t^i)^{\mu_i}$$
$$\text{s.t.} \ \ M_t = \sum_i p_t^i X_t^i \tag{4}$$

由此可以推导得到各商品的条件需求函数：

$$X_t^i = \mu_i \frac{M_t}{p_t^i} \tag{5}$$

（一）“干中学”效应下的最优排放权分配

在排放权交易机制下，排放权的初始分配与最终使用分离。生产者可以在市场上出售初始分配到的排放权，用于购买其他生产要素，相当于得到了相应的补贴。在一般均衡框架下，当完全竞争的生产者因获得更多配额而得到超额利润时，会吸引更多生产者进入该行业，从而扩大产量、降低价格，最终回归“零利润条件”。但由于“干中学”效应与行业历史产出有关，政府可以通过调整 θ_t^i，引导生产者的产出变化，从而实现跨期社会总产出（按不变价格计算）最大化，也即：

$$\max_{\{\theta_t^i\}} \ Y = \sum_{i,t} R^t X_t^i p_{t0}^i$$
$$\text{s.t.} \ \ \forall t, \ \sum_i \theta_t^i = 1 \tag{6}$$

其中，R 为主观贴现率。根据欧拉定理，上式取得最大值时要求在各期 t 中，$\partial Y/\partial \theta_t^i = C_t$ 为常数。将式（3）和式（5）代入，可得：

$$\frac{\partial Y}{\partial \theta_t^i} = \frac{p_{t0}^i X_{t0}^i}{\theta_t^i}\left(1 + \sum_{s=t0+1}^{+\infty} R^s \varepsilon_{t,s}^i g_{t,s}^i\right) = C_t; \ \forall t, \ \sum_i \theta_t^i = 1 \tag{7}$$

式中 $\varepsilon_{t,s}^i = (\partial A_s^i / \partial X_t^i) \cdot (X_t^i / A_s^i)$ 表示当期产出影响未来生产效率的弹性，也即“干中学”效应的强度；$g_{t,s}^i = X_s^i / X_t^i$ 表示未来各期产量相对于当期产量的增长

① 为简化分析，本文模型假设排放约束紧于能源总量约束，则能源供给约束不再约束生产者行为。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

幅度，即产出增速。$prm_t^i = \sum_s R_s \varepsilon_{t,s}^i g_{t,s}^i$ 为内生增长机制带来的溢价，表示当期产出增加所导致的未来生产效率提高，由此获得的预期收益的贴现值。从式（7）可以得到最优排放权的分配比例：

$$\theta_t^i = \frac{p_{t0}^i X_{t0}^i \ (1+prm_t^i)}{\sum_i p_{t0}^i X_{t0}^i \ (1+prm_t^i)} \tag{8}$$

在没有中间品投入时，上式可以进一步化简为 $\theta_t^i = \mu^i \ (1+prm_t^i) \ / \ [\sum_i \mu_i \ (1+prm_t^i)]$。从式（8）可以看到，由于 $\varepsilon_{t,s}^i$、$g_{t,s}^i$ 等变量均会随时间改变，因此各期对应的 θ_t^i 也不相同。要使 $\partial Y/\partial \theta_t^i$ 均等，就需要按照 prm_t^i 的变化情况，对排放权的分配进行动态调整。

如果不考虑跨期的交互影响，即忽略“干中学”效应导致的当期产出与未来生产效率的关联关系（$prm_t^i = 0$），则式（7）的最优解为：

$$\theta_t^i = \frac{p_{t0}^i X_{t0}^i}{\sum_i p_{t0}^i X_{t0}^i} \tag{9}$$

同样，在没有中间品投入时，上式可以简化为 $\theta_t^i = \mu^i$。因此只要按照各行业基期产值在总产值中的占比分配排放权，就能满足 $\partial Y/\partial \theta_t^i$ 为常数的要求。此时的解与政府当期产出最大化目标下的最优解一致，即 $\forall t$，$\max Y' = \sum X_t^i p_{t0}^i$，推导过程不再赘述。由此可知，静态的排放权分配机制能够实现短期产出的最大化，但是却可能使产出增长偏离最优路径，从而降低长期产出。

值得注意的是，当所有行业的学习效应均相等，在稳态增长路径下，各生产者的 prm_t^i 也相等，此时排放权在各期的最优分配同样可以表示为（9）式。从中也可以看出，当不同地区、行业间的学习效应较为接近时，各期排放权的动态分配之间的变化也相应较小；但当不同生产者之间的学习效应强度差异越大时，采取动态调整机制就越显得必要。

（二）排放权动态优化分配对长期产出的影响

本节借助包络定理对比式（8）和式（9）所对应的跨期总产值 Y，从而评估排放权动态分配机制对长期经济产出的影响。记目标函数为：

$$F(\theta_t^i) = \max_{\{\theta_t^i\}} Y = \sum_{i,t} R^t X_t^i p_{t0}^i \tag{10}$$

其约束条件包括式（3）以及对 θ_t^i 本身的约束：$\forall t$，$\sum^i \theta_t^i = 1$。记对应的拉格朗日乘子分别为 λ_t^i 和 γ_t，则最大值函数为：

$$\begin{aligned} V(\theta_t^i) &= L[X_t^i(\theta_t^i; \{X_{s<t}^i\}), \lambda_t^i, \gamma_t, \theta_t^i] \\ &= \sum_{i,t} R^t X_t^i p_{t0}^i + \sum_{i,t} \gamma_t^i \left[\frac{\theta_t^i e_t \overline{F}_t}{f(c_t^i - p_t^i)} - X_t^i\right] + \sum_t \gamma_t \ (1 - \sum_i \theta_t^i) \end{aligned} \tag{11}$$

根据包络定理可得：

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$\frac{\partial F}{\partial \theta_t^i}=\frac{\partial L}{\partial \theta_t^i}\Big|_{\theta_t^{*i}}=\frac{p_{t0}^i X_t^i}{\theta_t^{*i}}(1+prm_{i,t})+\lambda_t^i\left[\frac{e_t\overline{F}_t}{f(c_t^i-p_t^i)}-X_t^i(\theta_t^{*i})\right]+\gamma_t \tag{12}$$

式中 θ_t^{*i} 和 X_t^{*i} 分别表示 θ_t^i 和 X_t^i 在最优解处的取值。将式（8）代入式（12）得到 $\forall t$，$\partial F/\partial\theta_t^i=\sum_i p_{t0}^i X_{t0}^i(1+prm_t^i)+\gamma_t$ 为常数。即“跨期优化”的排放权动态调整机制的自然结果，便是宏观经济的跨期总产出最大化。而将静态分配机制下的最优解式（9）代入式（12），则 $\partial F/\partial\theta_t^i=(1+prm_t^i)\sum_i p_{t0}^i X_{t0}^i(1+prm_t^i)+\gamma_t$。此时只有当各行业学习效应均相等（也即 prm_t^i 为常数）时，才可能使目标函数取得最大值。否则，在静态分配机制下，长期经济总产出小于“跨期优化”动态分配机制下的最优水平。

（三）不完全信息下排放权动态分配的替代机制

在排放权交易机制下，调整排放权的初始分配相当于向生产者提供生产补贴，因此在要素相对价格不变时，改变排放权初始分配并不会改变要素投入结构。这从式（8）和式（9）中也可以看出，排放权的最优分配方式与各行业的生产技术（α_i）无关。决定最优分配的因素包括各行业产值占比，以及“干中学”效应带来的溢价（$1+prm_t^i$）。prm_t^i 大于 0，表示政府鼓励生产者扩大当期的生产，从而提高未来的生产效率。内生增长效应的强度（$\varepsilon_{t,s}^i$）越大、预期未来产出增长（$g_{t,s}^i$）越快，该溢价就越高。

在“跨期优化”过程中，计算未来溢价（prm_t^i）需要了解所有未来各期的产出、价格水平，即要求经济主体具有完全信息。但在现实经济运行过程中，完全信息往往并不存在，尤其对中国这样的转型经济体更是如此。对于政策制定者而言，更现实的问题在于，如何能够在没有完全信息的市场环境下，通过对排放权的分配机制进行策略性的调整，从而使经济均衡接近“跨期优化”的增长路径。

比较式（8）和式（9）可以看到，未来生产效率提高的溢价 prm_t^i 是排放权分配动态调整的关键。找到 prm_t^i 的变化规律，是设计上述替代分配机制的关键。假定经济增长收敛于均衡增长路径，即没有经济结构变化，生产技术的进步为“希克斯中性”。记各期要素禀赋的增长速率固定不变，为 g；生产效率的增速为 ga_t；此时各行业产出的增速相同，为 $gx_t=g\cdot ga_t$。由于各行业相对增速相同，因此其相对的稀缺性即相对价格同样保持不变，可以将价格变量的下标 t 消去。此外，假定全要素生产率按照下述自回归函数形式增长，即 $A_t^i=\sigma A_{t-1}^i+\zeta y_{t-1}^i$，则式 prm_t^i 可以改写为：

$$prm_t^i=\zeta\frac{X_t^i}{A_t^i}g\sum_s(\sigma g)^{s-t-1}\overset{s\to\infty}{=}\frac{\zeta g}{1-\sigma g}\cdot\frac{X_t^i}{A_t^i} \tag{13}$$

由于 ζ、σ 和 g 均为常数，因此可将式（13）代入式（8）。据此对排放权的分配进行动态调整，便能够在没有完全信息的情况下，使碳交易市场的均衡逐渐逼近

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

“跨期优化”解，从而使经济增长接近“跨期优化”下的长期增长路径。由于式（13）关于 s 单调递增，同时式（8）关于 prm_t^i 单调递增，因此随着时间的推移，式（13）描述的替代分配机制将使 θ_t^i 逐渐提高，并逐渐接近在 $s \to +\infty$ 的极限情况下对最优解的近似值。

需要指出的是，上述推导是建立在产业结构、产品相对价格不变的稳态增长条件下的。而对于中国这样正处在经济发展方式急剧转变的发展中经济体而言，当经济结构与基期偏离较远时，式（13）所描述的替代分配方案也可能逐渐偏离优化路径，从而降低其对经济增长的作用。长期则应当优化市场信息，根据产业结构、生产技术以及经济增长的实际情况，动态地调整和优化排放权分配，从而实现“跨期优化”的经济增长路径。

四、CGE 模型

为了对不同市场环境和机制设计条件下，碳交易的短期与长期经济影响进行更深入系统的量化研究，从而为政策制定提供更加具体的参考，本文构建了一个中国多区域、多部门的大型“跨期优化”动态 CGE 模型，并相应引入“干中学”效应，通过外部迭代的方法，不断优化经济主体对未来经济变量的理性预期，逐渐逼近“跨期优化”的均衡解。

模型包含 30 个地区（含除香港、澳门、台湾以及西藏外的全部 30 个省、自治区和直辖市，用 $r \in R$ 表示），每个地区分别有 41 个部门（含我国 42 部门投入—产出表中的全部部门，废品回收与再利用部门并入其他工业部门，用 $i \in \{1, \cdots, 41\}$ 表示），每个部门生产各自差异化的产品（用 $j \in \{1, \cdots, 41\}$ 表示）。每个地区有三个经济主体：本地居民，移入居民，地方政府。其中，本地居民拥有的要素禀赋包括异质性的资本（$K^{r,i}$）、农村劳动力（L_{ag}^r）、城镇非技术劳动力（L_{us}^r）、人力资本（L_s^r），以及农业土地（$Land_{ag}^r$）和非农土地（$Land_r$）；移入居民仅拥有非技术劳动力（L_{us}^r）；政府拥有排放权（em^r）。本地居民、移入居民与政府按各自的偏好结构，在预算约束下最大化其效用。各期（用 $t \in \{2007, \cdots, 2020\}$ 表示）的要素供给和积累路径，根据前期的模型模拟结果决定，即递归结构。模型基年设定为 2007 年，其中静态参数根据《2007 年中国地区投入产出表（42 部门）》① 数据校准得到，动态参数根据 2007—2012 年各行业、各地区以及全国实际经济增长路径校准得到。

为了更好地模拟我国经济产业结构调整和转型的过程，模型对地区间经济关联以

① 国家统计局国民经济核算司编：《2007 年中国地区投入产出表（42 部门）》，北京：中国统计出版社，2011 年。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

及要素供给增长路径做细化模拟。首先，模型构建区域间双边贸易的模块，引入地区偏好、运输成本等因素的影响；还对劳动力进行分类，根据地区失业率、劳动生产率以及工资收入等差异，校准模型参数，并引入人口的城乡转移、跨区域转移和收入转移。其次，模型构建非农土地的供给函数，对区域间土地成本差异进行模拟。最后，模型引入差异化资本的设定，即存量固定资产不能跨行业流动，而新增资本在形成固定资产之前，具有完全的跨行业、跨区域流动性，产业结构调整只能通过存量固定资产的折旧和新增资本的形成逐渐完成（“资本粘性”调整，即 Quasi-Putty-Clay 机制）。通过上述设定，本模型较好地模拟了 2007—2012 年间我国各地区、各行业的经济增长，再现我国经济与产业的结构转型与地区转移。限于篇幅，本节仅聚焦于介绍“干中学”效应和“跨期优化”行为的模拟，以及对能源气候政策的设定。①

（一）“干中学”效应的模拟

在本文模型中，“干中学”效应表现为各地区各行业的全要素生产率（$A_t^{r,i}$）由该地区该行业的历史产出决定，外生于单一生产者。这样的设定避免了规模报酬递增的问题，简化了模型的计算。参照 Rasmussen② 的研究，我们将全要素生产率的内生增长路径，设定为自回归函数形式，即当期生产效率（$A_t^{r,i}$）由前一期的生产效率（$A_{t-1}^{r,i}$）与前一期的相对产量（$\tilde{y}_{t-1}^{r,i}$）共同决定。利用 2002 年和 2007 年 30 个省区 42 部门 I-O 表数据，借助 Malmquist 指数法，我们对各地区、各行业的学习效应强度进行测算，并构建面板数据，对学习效应与行业投入结构的相关关系进行模拟。③ 结果表明，知识密集型行业如电子与机器设备制造、IT 与软件开发等往往具有较强的学习效应，因而技术进步速率较快。据此设定“干中学”效应的强度受技术密集性影响，后者由各行业基期的人力资本投入在总成本中的占比（$S_{hk}^{r,i}$）来表征。我们还在自回归函数中引入 Logit 函数，以避免不合理的爆炸式增长路径。生产效率增长路径的具体函数形式如下：

$$A_t^{r,i}=A_{t-1}^{r,i}\left[1+\frac{\overline{G}_{tfp}+a\ (\tilde{y}_{t-1}^{r,i})^{\gamma^{r,i}}}{b+\exp\ (c\cdot t+d)}\right]=A_{t-1}^{r,i}(\Omega_t+\Phi_t\ (\tilde{y}_{t-1}^{r,i})^{\gamma^{r,i}}) \qquad (14)$$

其中，$\gamma_{r,i}=(\omega\cdot s_{hk}^{i})\ \zeta$；$\tilde{y}_t^{r,i}=y_t^{r,i}/\sum_r y_t^{r,i}$ 为相对产量指标，表示某地区特定行业产量在该行业全国总产量中的占比；外生参数 a、ω 和 ç 共同决定“干中学”效应的强度。$\overline{G}_{tfp}$ 表示生产技术提高的一般趋势，其中包括能源、资本、劳动以及中间品等投入要素的使用效率自发提高的过程。式中 b、c、d 为外生参数，决定技术进步

① 获取模型其他部分的详细介绍，请联系作者索取。

② Tobias N. Rasmussen, “CO_2 Abatement Policy with Learning-by-Doing in Renewable Energy,” *Resource and Energy Economics*, vol.23, no.4, 2001, pp.297-325.

③ 因篇幅所限，本文未列出 Malmquist 分析的过程。对分析有兴趣的读者，请联系作者索取。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

率随时间收敛的速度。相关参数的数值设定如表 1 所示。不同的参数设定对技术进步速率、经济增长路径以及模型模拟结果的影响，参见第六节的稳健性检验。

表 1　“干中学”效应相关参数设定

参　数	数　值
a	1
b	1
c	0.1
d	3.2
ω	$1/\min_i\{S_{hk}^i\}$
ç	0.12
G	0.4

（二）能源与碳排放模块

本模型含 5 个能源部门：煤炭开采与洗选、石油和天然气开采、石油加工与炼焦、电力和热力供应以及燃气生产和供应，分别产出煤炭（包括原煤与洗煤）、原油和天然气（未加工）、成品油及焦炭、燃气（加工后）、热力和电力五类能源产品。能源作为重要的投入要素，在模型设定的生产函数中占据重要地位。化石燃料的燃烧是二氧化碳的主要来源。本文根据世界气象组织（WMO）和联合国环境规划署（UNEP）共同建立的政府间气候变化专门委员会（IPCC）碳清单核算指导方法，对终端能源使用过程中包含的碳排放量进行跟踪和核算。模型引入排放权要素（EM），并规定每单位终端能源投入（生产者）或消费（居民）必须配以特定比例（排放系数 EF）的排放权。排放权归政府所有，政府可以拍卖，也可以向生产者无偿配给。通过里昂惕夫生产函数形式，将能源投入与碳排放耦合后，能源集束 EN 的数学表达式可以进一步改写（忽略嵌套结构）为：

$$EN=\theta(\sum_e \delta\cdot E_e^{\gamma})^{1/\gamma}=\theta\{\sum_e \delta\cdot[\min(Energy_e,\ EM/EF_e)]^{\gamma}\}^{1/\gamma} \qquad (15)$$

上述设置通过耦合能源投入与碳排放行为，将二氧化碳引入生产、需求函数，实现碳排放的内生化。通过改变各地区以及各生产者所拥有的排放权要素初始禀赋，可以模拟不同的地区、行业减排目标分配机制；同时通过设定排放权是否能够跨区域、跨行业流动，模拟排放权可交易与不可交易的政策情景。

（三）政策情景设置

目前我国减排政策的制订分两步进行。先在全国层面上设定减排总量目标，并以强度目标的形式下达到各地区，各地区再根据自身的实际情况，向各行业、各企业分配减排目标。碳交易试点的七个省市，为了落实交易机制，在具体分配减排目标（配额）过程中往往采用总量约束的形式。随着碳交易在全国层面的推广，总量约束目标也将承担主要作用。因此，本模型首先根据现有政策中设定的减排目标，为各地区设定强度减排约束，以此作为基准情景（BAU）。为了保证政策的可比性，

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

模型中其他政策采用的总量约束，均根据 BAU 情景下各期的全国排放总量进行设定。这样可保证在相同的排放路径下，比较不同政策设定下 GDP 的产出差异，从而更准确地对政策效果进行定量分析。

具体而言，在 BAU 情景下，2007—2010 年间各地区的强度减排约束，参照 2011 年 6 月国家发改委和国家统计局联合发布的《关于“十一五”各地区节能目标完成情况的公告》① 设定；2011—2015 年，根据国务院发布的《“十二五”控制温室气体排放工作方案》② 规定，对各地区的减排目标进行设定；2016—2020 年，我们设定各地区之间的相对强度减排幅度保持 2005—2015 年的水平，同时调整总体的减排幅度，以实现到 2020 年单位 GDP 排放比 2005 年下降 40%的“哥本哈根承诺”。各地区具体减排目标的设定如表 2 所示。

表 2　基准情景下各地区强度减排目标（2007 年为基年，单位：%）

	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2015 年	2020 年
北京（BJ）	100	94.01	88.37	83.07	68.12	54.14
天津（TJ）	100	95.39	91.00	86.81	70.32	56.85
河北（HE）	100	95.61	91.41	87.40	71.67	58.91
山西（SX）	100	94.99	90.23	85.71	71.14	58.43
内蒙古（NM）	100	95.00	90.25	85.74	72.02	59.88
辽宁（LN）	100	95.63	91.46	87.46	71.72	58.99
吉林（JL）	100	95.14	90.52	86.12	71.48	58.90
黑龙江（HL）	100	95.45	91.10	86.95	73.04	61.30
上海（SH）	100	95.64	91.46	87.47	70.85	57.57
江苏（JS）	100	95.53	91.25	87.17	70.61	57.24
浙江（ZJ）	100	95.63	91.46	87.46	70.84	57.56
安徽（AH）	100	95.55	91.30	87.23	72.40	60.17
福建（FJ）	100	96.47	93.06	89.78	74.07	62.37
江西（JX）	100	95.63	91.44	87.44	72.58	60.41
山东（SD）	100	95.13	90.50	86.09	70.59	57.45
河南（HA）	100	95.61	91.41	87.39	72.53	60.35
湖北（HB）	100	95.23	90.69	86.37	71.69	59.18
湖南（HN）	100	95.53	91.26	87.19	72.36	60.12
广东（GD）	100	96.48	93.08	89.80	72.29	59.40

① 国家发改委、国家统计局《关于“十一五”各地区节能目标完成情况的公告》（2011 年第 9 号），报告了各地区从 2005 年到 2010 年的碳排放强度降幅，http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbgg/201106/t20110610_417376.html. 为了与本文模型的基准年度相匹配，假设每年各地区的碳排放强度以不变的速率按指数下降，由此得到各年相对于前一年的碳强度降幅，再以 2007 年为基期，折算之后各年相对于 2007 年的降幅。

② 《国务院关于印发“十二五”控制温室气体排放工作方案的通知》（国发（2011）41 号），http://www.gov.cn/zwgk/2012-01/13/content_2043645.htm.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

续表 2

	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2015 年	2020 年
广西（GX）	100	96.75	93.61	90.57	76.08	65.61
海南（HI）	100	97.44	94.95	92.53	82.35	76.33
重庆（CQ）	100	95.41	91.03	86.84	72.08	59.73
四川（SC）	100	95.56	91.32	87.27	71.99	59.49
贵州（GZ）	100	95.62	91.43	87.43	73.44	61.86
云南（YN）	100	96.25	92.63	89.16	74.45	63.15
陕西（SN）	100	95.58	91.35	87.30	72.46	60.25
甘肃（GS）	100	95.57	91.34	87.30	73.33	61.71
青海（QH）	100	96.33	92.80	89.40	80.46	73.70
宁夏（NX）	100	95.61	91.42	87.41	73.42	61.84
新疆（XJ）	100	95.61	91.42	87.41	73.42	69.50

注：括号内为各地的汉语拼音字母缩写，并用于图 1。

在基准情景的基础上，我们记录下各期全国排放总量，并以此为依据设定总量约束目标，以保证政策之间的可比性。对于总量约束目标，分三个维度进行分析：排放权可交易性；排放权的区域间静态分配标准；是否进行动态的排放权分配调整。其中，排放权的静态分配标准包括基期排放量、基期产出以及基期消费额（见图 1），图中地区按照地区工业增加值占 GDP 的比重降序排列。从中可以看出，按照基期排放来分配排放权，有利于工业化地区；而按照消费水平分配配额，则有利于工业化占比较低的地区。

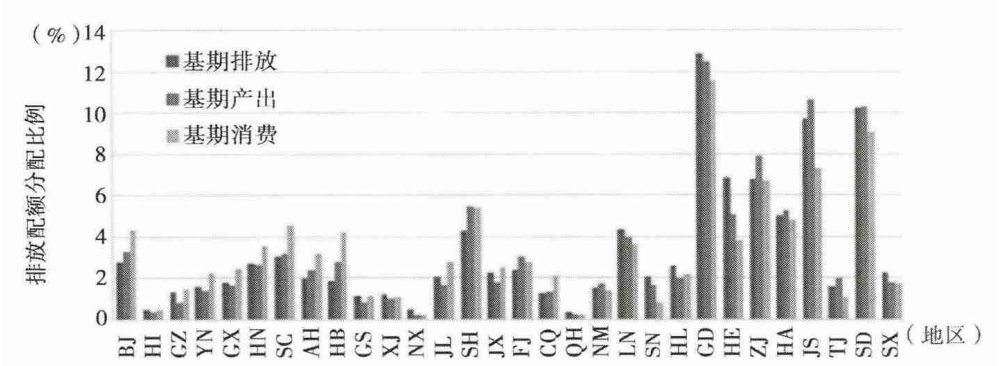

图 1　排放权静态分配标准对比

注：横轴汉语拼音字母代表的具体单位见表 2 注。

动态调整机制是在各个静态分配标准的基础上，依据各生产者在各期的 prm_t^i，对静态的分配标准进行修正。记静态分配标准下一个生产者分配到的配额比例为 $\bar{\theta}_t^i$，则动态调整机制下该生产者分配到的比例为：

$$\theta_t^i = \frac{\bar{\theta}_t^i\ (1+prm_t^i)}{\sum_i \bar{\theta}_t^i\ (1+prm_t^i)} \tag{16}$$

此外，本模型还分析了上述理论模型提出的排放权动态分配的替代机制，具体如表 3 所示。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 3　政策情景设置

情景代码	动态调整方式	可交易性	排放权分配标准
BAU	根据现有政策，设定减排强度指标		
EMT _T _S	无动态调整（静态分配）	可交易	基期排放量
OPT _T _S			基期产出
CNS _T _S			基期居民消费额
EMT _NT _S		不可交易	基期排放量
OPT _NT _S			基期产出
CNS _NT _S			基期居民消费额
EMT _T _D	“跨期优化”动态调整	可交易	基期排放量
OPT _T _D			基期产出
CNS _T _D			基期居民消费额
EMT _NT _D		不可交易	基期排放量
OPT _NT _D			基期产出
CNS _NT _D			基期居民消费额
SBD	替代动态调整	可交易	基期排放量＋各期产出

注：BAU 情景为基准情景，即各地区设定强度减排目标，且不可交易。其他情景代码为：前 3 个英文字母表示排放权的基准分配方式，EMT 表示按基期排放量分配，OPT 表示按基期产出水平分配，CNS 表示按基期消费分配；第 3－4 个英文字母表示排放权的可交易性，T 表示可交易，NT 表示不可交易；最后一个英文字母表示排放权分配的调整方式，S 表示静态分配，即基期确定分配标准后，各期不再对其进行调整，D 表示按照动态优化的方法调整各期排放权的分配。SBD 情景表示基期按照排放权分配排放权，随后各期在此基础上，按照产出调整排放权分配的替代性动态调整情景。

五、模拟结果与讨论

一般情况下，在设定地区排放目标的同时引入碳交易机制，会提高减排政策的经济效率，从而带来正向的经济影响。但正如上述理论模型所分析的，在内生经济增长机制下，能实现当期收益最大化的静态排放权分配机制，由于当期生产行为对未来生产效率及经济增长的影响没有反映在排放权的分配中，其经济增长路径可能偏离最优解，从而降低长期经济产出。同时，碳交易本身带来的经济效率提高，也影响长期与短期的经济增长。需要对“静态”排放权分配标准以及基于这些标准的动态调整两种机制下，碳交易对我国经济产出的影响进行分析，并对两者之间的差距进行分解，定量评估碳交易机制带来的正向经济影响（减排政策的经济效率提高）以及负向经济影响（对长期优化增长路径的偏离）。根据理论模型的分析，引入次优的排放权动态分配机制，对其在长期中逼近最优情景的能力进行评估。

（一）排放权动态分配机制的经济影响

图 2 的柱状图分别显示，在静态分配与动态调整的排放权分配机制下，2020 年全国 GDP 总量。可以明显地看到，静态分配机制会对经济增长带来不利的影响，表现为各个政策情景在 2020 年的经济总产出水平，都低于相应的动态调整情景下的水

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

平。静态的分配机制，也在一定程度上削弱了排放权交易机制对经济产出带来的正向影响。在静态分配机制下，以基期排放、产出及消费为标准各自分配排放权时，引入碳交易使长期经济产出分别提高了 0.066%、－0.089%、0.478%，均低于相应分配标准下动态调整的情景（分别为 0.235%、0.107%和 0.615%）。模拟结果的对比验证了理论模型的分析。

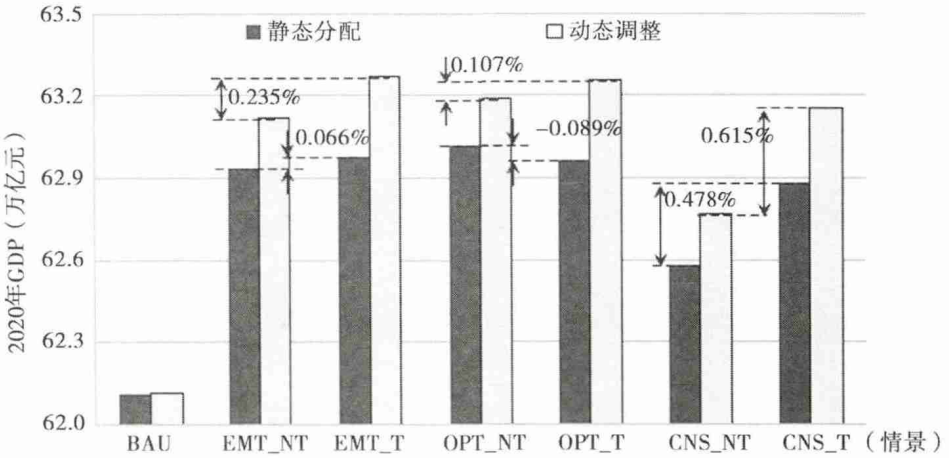

图 2　各政策情景下静态分配与动态调整机制的长期经济影响对比

注：图中以英文字母表示的各政策情景的具体含义见表 3 注。

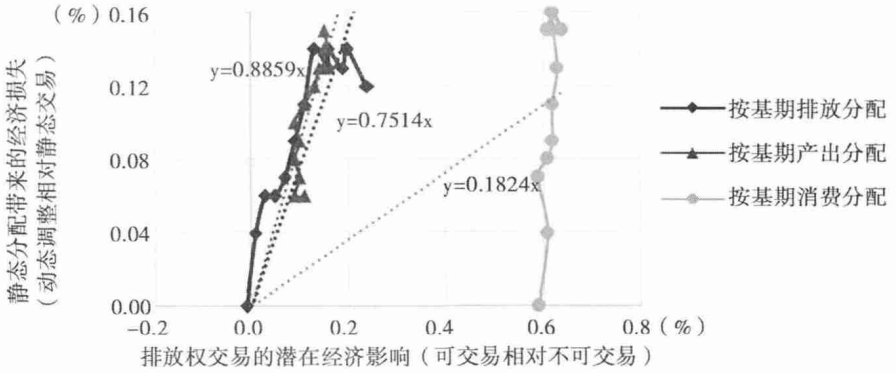

图 3　碳交易总体经济效率及“短视”交易行为效率损失

如果将动态调整机制下可交易与不可交易情景之间的差距，视为碳交易的潜在经济影响，而将相同静态分配标准下静态与动态分配机制之间的差距，视为“静态分配”带来的经济损失，通过两者对比，便可以了解这一经济损失的相对强度。图 3 直观地显示了对比结果。图中三条曲线分别表示不同分配标准下，碳排放的潜在经济影响，以及静态分配机制造成的效率损失。通过趋势线的斜率，可以了解效率损失在潜在经济影响中的平均占比。当按照基期消费水平分配配额时，由于初始分配与最终均衡解相差较大，引入碳交易可以显著地提高减排政策的经济效率，静态分配机制造成的效率损失占比相对较小，约为 18%。但是当按照基期排放量或者基期产出分配排放权时，由于排放权交易带来的效率提高幅度有限，因而静态分配机

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

制带来的经济损失占比迅速提高，分别达到75%和88%。

这一结果非常值得关注，因为如果不能依据“跨期优化”对排放权的分配进行动态调整，那么碳交易机制的经济效益将被极大地削弱，甚至使其归于无效。而在目前我国的经济转型阶段，“跨期优化”所需的“完全信息”远远无法满足。因此，找到“替代”的排放权分配调整机制，以逼近长期优化增长路径，这样的政策安排显得尤为重要。

（二）排放权动态分配的地区与行业影响

从地区和行业的层面，对排放权静态和动态分配的结果及其经济影响进行对比，有助于深入理解动态分配机制的作用。模拟结果表明，江苏、浙江、上海以及福建等东南沿海省市，由于经济增速较快、产业结构轻型化，潜在的学习效应较强。内蒙古、陕西等能源大区、省在减排政策推动下面临经济结构转型，同样具有较强的增长潜力。相对于静态分配情景，这些省区在动态分配机制下得到更多的配额。相反，山东、辽宁、黑龙江等老工业基地以及甘肃、青海等西部省市，经济转型与增长的潜力有限，在动态分配机制下分配到的配额相比静态分配机制有所减少。图4列示排放权动态分配机制下各省区市的分配调整结果，并将这一分配结果与相应省市基期（2007—2008）GDP增速以及模拟期内（2007—2020）年均GDP增速相对应。图4显示，各地区的最优配额分配比例与该地区经济增速之间具有较强的正向关系。经济增长越快的地区，分配的最优配额也越多，更多的配额又进一步刺激该地区的经济增长。

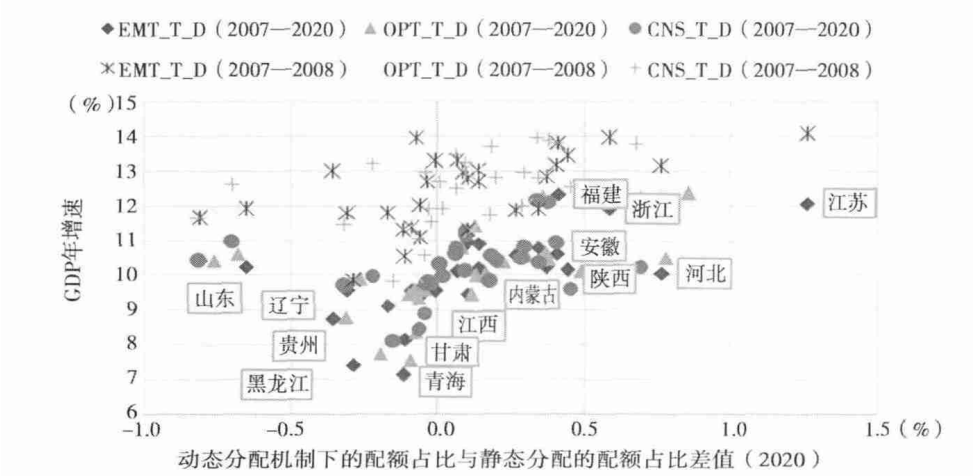

图4　排放权动态分配结果与经济增速的对比

注：图中以英文字母表示的各政策情景的具体含义见表3注。

表4从行业的层面，对比静态分配与动态分配。结果表明，在动态分配机制下，上游行业（包括采矿业、能源工业以及大部分重化工业）分配到的排放权有所下降，而服务业以及部分处于产业链下游的制造业，由于技术密集性较高，相应的学习效应较强，因而在最优分配机制下可以分配到较多的排放权，这也在一定程度上有利

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

于推进产业结构升级。

表 4　2020 年行业动态分配机制下配额占比与静态分配配额占比的差值　（%）

行　业	按基期排放分配	按基期产出分配	按基期消费分配	行　业	按基期排放分配	按基期产出分配	按基期消费分配
农林牧渔业	0.34	0.44	0.44	电力、热力的生产和供应业	−5.33	−5.08	−5.06
煤炭开采和洗选业	−0.32	−0.24	−0.24	燃气生产和供应业	−0.46	−0.39	−0.39
石油和天然气开采业	−0.63	−0.43	−0.44	水的生产和供应业	0.04	0.04	0.04
金属矿采选业	−0.13	−0.01	−0.02	建筑业	1.65	1.62	1.65
非金属矿及其他矿采选业	−0.09	−0.04	−0.04	交通运输及仓储业	1.27	1.13	1.12
食品制造及烟草加工业	0.20	0.17	0.16	邮政业	0.01	0.01	0.01
纺织业	−0.11	−0.12	−0.11	信息、计算机服务和软件业	0.12	0.10	0.10
纺织服装鞋帽及制品业	−0.10	−0.08	−0.07	批发和零售业	0.16	0.13	0.14
木材加工及家具制造业	0.03	0.03	0.03	住宿和餐饮业	0.25	0.22	0.23
造纸印刷及文教体育用品业	0.00	−0.02	−0.02	金融业	0.07	0.06	0.06
石化、炼焦及核燃料加工业	−1.08	−0.89	−0.90	房地产业	0.09	0.10	0.10
化学工业	−0.01	−0.17	−0.17	租赁和商务服务业	0.20	0.18	0.18
非金属矿物制品业	0.91	0.83	0.82	研究与试验发展业	0.01	0.01	0.02
金属冶炼及压延加工业	0.79	0.63	0.61	综合技术服务业	0.07	0.06	0.07
金属制品业	0.07	0.02	0.00	水利、环境和公共设施管理业	0.04	0.05	0.05
通用、专用设备制造业	0.41	0.38	0.34	居民服务和其他服务业	0.14	0.14	0.14
交通运输设备制造业	0.19	0.17	0.17	教育	0.17	0.19	0.20
电气机械及器材制造业	0.12	0.06	0.06	卫生、社保和社会福利业	0.12	0.13	0.13
电子设备制造业	0.48	0.15	0.14	文化、体育和娱乐业	0.06	0.07	0.08
仪器仪表制造业	0.04	0.03	0.03	公共管理和社会组织	0.21	0.29	0.30
工艺品及其他制造业	0.00	0.01	0.01				

（三）排放权分配机制对减排潜力的影响对比

经济增长与节能减排目标的平衡与协调，是我国经济转型过程中需解决的核心问题。促进内生经济增长，提高经济生产效率，是协调上述两大目标的重要途径。随着我国经济增长路径进入新常态，在调低经济增长预期的同时，也为进一步推进节能减排，并反过来促进经济健康可持续增长，提供了重大契机。借助本文构建的 CGE 模型，可分析在不同政策情景下，实现温室气体减排的潜在空间。

图 5 列示在 2014—2020 年保持我国 GDP 年均增速为 7%的条件下，可以实现的潜在强度减排目标（二氧化碳排放强度比 2005 年下降的幅度），相比于我国“哥本哈根承诺”的目标，可以进一步减排约 20%—30%。此外，对比静态分配与动态调整的排放权分配机制，可以发现与经济影响一致的结论，即动态分配机制对资源的优化配置能够加快技术进步速率，从而提升减排潜力。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

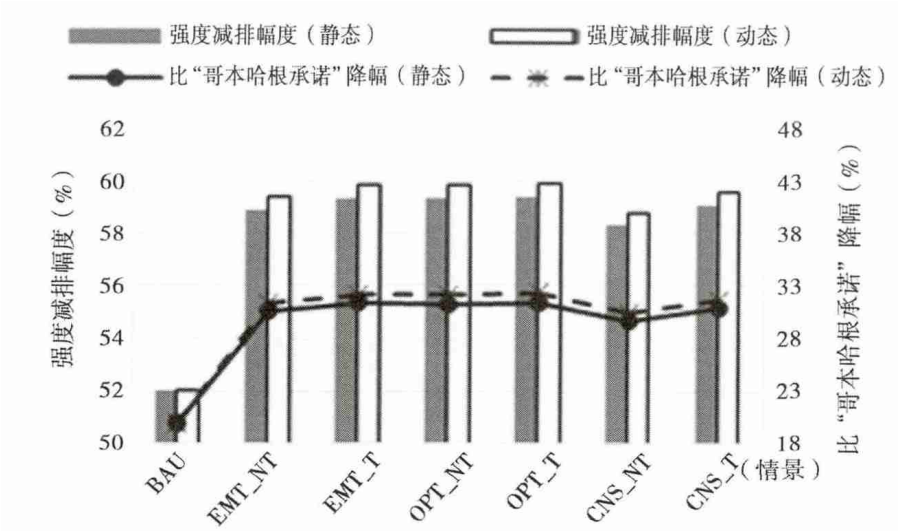

图 5　“新常态”下我国二氧化碳减排潜力

注：图中以英文字母表示的各政策情景的具体含义见表 3 注。

（四）不完全信息条件下排放权动态分配替代方案的效果

如上述理论模型所分析，在“完全信息”不可得的市场条件下，利用如式（13）所示的动态分配方案，在一定条件下可以使经济增长路径接近“跨期优化”解。推算确切的调整系数，需要知道均衡增长率 g，以及全要素生产率增长的自回归函数的系数（ζ 和 σ）。然而在我国快速的经济转型过程中，无法得到唯一的均衡增长率。此外，由于模型模拟全要素生产率增长过程时引入了 logit 函数，因此其并非典型的自回归函数形式。为此，本节对不同的调整系数 w 进行检验，比较其对长期经济增长的影响效果。

根据静态分配机制的模拟结果，在静态分配机制下，按照生产者基期排放量水平分配排放权，能够实现较高的短期经济产出，因而设定本节的动态分配机制，以此为基础进行调整。各生产者实际获得的排放配额在各地区排放总量约束中的占比为：

$$\mathrm{Share}_{r,i,t}=\frac{(1-w)\ \mathrm{iem}_{r,i,0}+w\cdot \mathrm{OPT}_{r,i,t-1}}{\sum_i\left[(1-w)\ \mathrm{iem}_{r,i,0}+w\cdot \mathrm{OPT}_{r,i,t-1}\right]+\dfrac{\mathrm{cem}_{r,0}\,\mathrm{rem_c}_{r,t+1}}{\mathrm{rem_c}_{r,0}}} \tag{17}$$

式中 $\mathrm{iem}_{r,i,0}$ 表示 r 地区的生产者 i 在基期的排放量，$\mathrm{OPT}_{r,i,t}$ 表示该生产者在 t 期的产出量，$\mathrm{cem}_{r,0}$ 表示基期 r 地区的居民消费过程中产生的排放，$\mathrm{rem_c}_{r,t}$ 表示 r 地区在 t 期的排放配额总量。式（17）实际是静态分配机制与动态调整机制的折中处理。当 w＝0 时，即为静态分配；当 w＝1 时，则为按产出分配的动态调整机制。图 6 显示不同调整系数 w 下，排放权动态分配机制对各年经济产出增长路径的影响。即按照生产者各期产出调整排放权分配的替代调整机制，能够在短期内激发“干中学”效应，从而促进生产效率和产出的增长；然而在较长期（2015 年之后）中这一替代分配机制带来的经济增长效应会快速下降。调整系数 w 的取值越高，短

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

期经济增速的提高越显著，但与此同时长期增速的回落也会相应提高，以致到 2020 年 GDP 水平时，可能低于静态分配情景。造成替代分配方案在长期与最优分配机制之间分离的主要原因，包括以下几个方面。

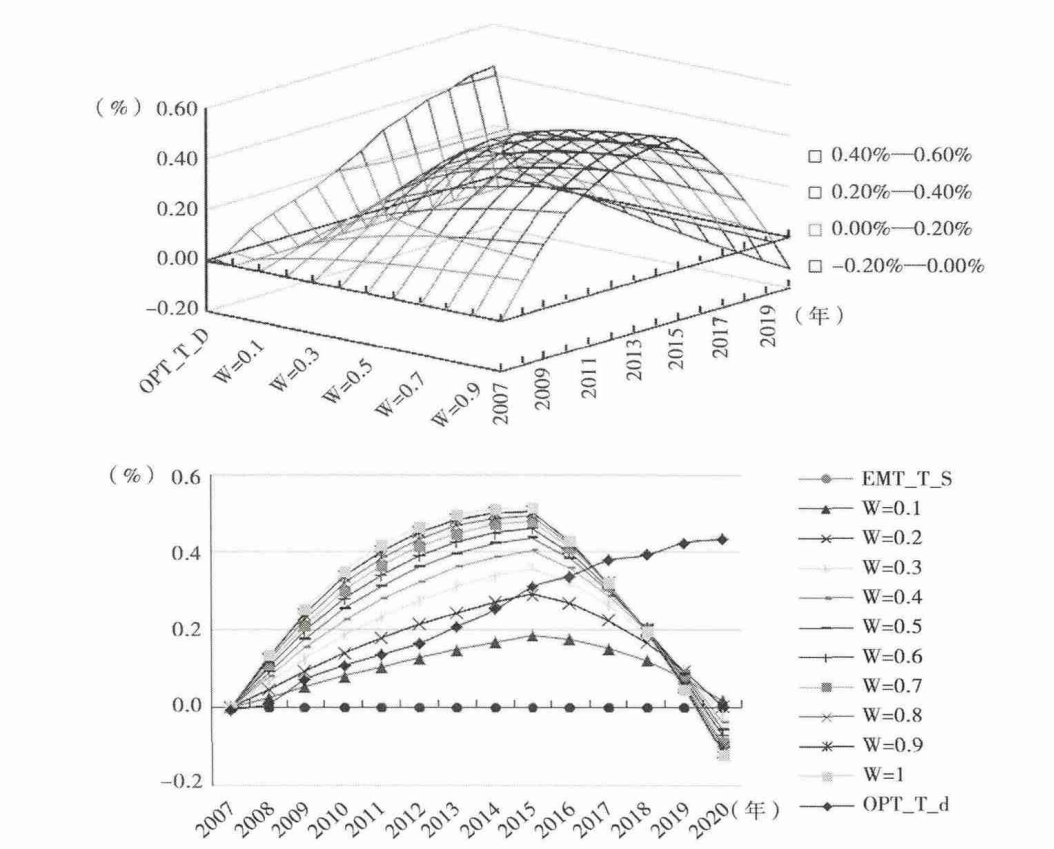

图 6　排放权分配的替代方案下经济增长路径比较

注：图中将 EMT _T _S 情景下各期的 GDP 标准化为 0，便于比较；同时列示 OPT _T _D 作为“最优”情景，与替代情景对比。其以英文字母表示的各政策情景的具体含义见表 3 注。

（1）“干中学”效应具有收敛性。随着历史产出的积累，单位产出带来的学习效应也会不断降低，上述模拟结果的对比验证了理论模型的分析。因此，如果保持原有的调整系数取值，会产生过度调整，反而可能造成不必要的扭曲。

（2）理论模型假定经济体处于稳态增长路径，排除了产业结构内生调整的因素，此时各生产者产出增速的差异，完全由学习效应的强弱决定。然而，我国产业结构正在快速调整，各生产者在基期的产出增速差异，不仅由学习效应决定，更受产业结构内在变化趋势的影响。故排放权动态分配的替代方案，若按照各生产者的产出调整排放权的分配，则无法完全识别出学习效应较高的生产者。随着产业结构调整的内在趋势逐渐变化，替代分配方案对经济增长的刺激作用也随之削弱。

（3）如表 2 所示，我国现有减排目标的设定具有“先紧后松”的特点。2015—2020 年“哥本哈根承诺”期间的年均减排幅度，低于先前的“十二五”期间。当减

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

排政策放松时，减排行动的潜在收益相应下降，不同生产者学习效应差异所带来的影响也相应地有所下降。在这样的条件下，继续保持原有的调整系数，会出现更为严重的过度调节。这也解释了为什么图 6 显示的排放权替代分配方案对经济增速的影响，在 2015 年出现急剧的变化。

可见，根据生产者产出水平调整各期排放权分配方案的动态分配机制，仅适用于在短期内激发内生经济增长机制，从而提高经济增速。但这只能作为政策执行初期市场信息基础薄弱时的权宜之计，而要在长期中持续、平稳地提高经济产出，实现优化的经济增长路径，还需根据市场运行情况、产业结构转型、经济增长路径，以及生产技术的实际变化，采取“跨期优化”的排放权动态分配机制（见式（16））。

六、稳健性检验

内生增长机制的设定，对于本文分析结果有着非常重要的影响。本节检验不同的“干中学”效应强度下的稳健性。表 1 列示了本模型模拟技术进步所使用的相关参数，其中参数 a 直接决定了“干中学”效应的强度。现分别模拟“低干中学”效应情景（a = 0.5）和“高干中学”效应情景（a = 2），并对模拟结果进行比较。图 7 列示选择不同的参数设定时，各政策情景下 2020 年的 GDP 产出水平。随着模型对“干中学”效应参数的不同设定，长期经济产出也会相应变化，但是不同政策情景下 GDP 的相对水平却不受参数设定的影响。

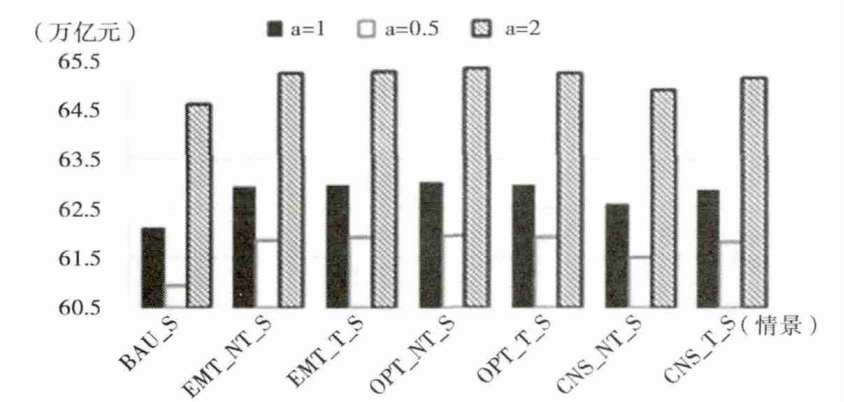

图 7　“干中学”效应影响 2020 年 GDP 的敏感性

注：图中以英文字母表示的各政策情景的具体含义见表 3 注。

对敏感性模拟结果进行如图 3 和表 4 相同的因素分解分析，得到表 5 的分析结果。即随着“干中学”效应的减弱，静态分配机制对长期经济增长的影响也相应弱化，但是即便“干中学”效应下降 50%，忽视其动态效应，依然会导致 26.8%—65.7%的长期经济损失。由此可见，本文模型分析结果具有较强的稳健性。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 5　不同“干中学”效应强度下“短视”行为经济损失的敏感性

情景	按基期排放分配，可交易（%）	按基期产出分配，可交易（%）	按基期消费分配，可交易（%）
“中等干中学”效应情景（a = 1）	75.14	88.59	18.24
“低干中学”效应情景（a = 0.5）	65.66	64.01	26.80
“高干中学”效应情景（a = 2）	119.04	115.91	38.16

七、结　　论

本文借助一般均衡的理论模型以及数量模型，定性和定量地分析了在“干中学”效应的跨期影响下，碳交易机制设计、尤其是其排放权分配机制的设计，对长期经济增长路径的影响。理论模型的分析表明，静态的配额分配机制无法反映当期生产对未来经济产出和效应的影响，尽管其能够在各期分别实现减排成本的最小化，但在长期经济增长中会偏离优化路径。优化长期增长路径，需要依据生产者在各期的实际产出、产出增速，以及学习效应的强度等因素，对排放权的初始分配进行动态调整。“跨期优化”的动态调整分配机制，以完全的市场信息为条件，在现实经济运行过程中无法满足。本文理论模型证明，在缺乏完全信息的条件下，根据生产者在各期的产出调整排放权的分配，能够在一定条件下接近“跨期优化”路径，可以作为“跨期优化”动态分配的替代方案。

本文构建的大型多区域动态 CGE 模型，利用中国的数据对理论模型得到的推论进行了验证，并对不同市场环境和机制设计下碳交易的经济影响，进行了定量的评估与对比。CGE 模型的模拟结果表明，引入“干中学”效应后，静态和动态调整的排放权分配，对长期经济增长路径的影响具有显著差异。静态分配机制会在很大程度上削弱碳交易机制潜在的正向经济影响，这种削弱效应的大小取决于排放权的初始分配。在按照基期地区消费分配排放权时，静态分配机制带来的抵消效应仅占 18%左右；而当排放权按照基期产出或者排放量进行分配时，抵消效应占总效应的 88%和 75%。上述结果表明，在我国经济体制转型的过程中，经济增长具有很强的路径依赖性，未来的经济增长路径、技术进步速度都与当期的经济生产有密切关系。在政策安排与经济决策过程中，如果忽视当前行为对未来经济增长、生产效率提高的影响，将严重削弱政策效果，甚至带来负面影响。

“跨期优化”的动态分配调整，要求排放权的初始分配更多流向经济增长较快、产业结构较为轻型化的地区，如江苏、浙江、福建、安徽等，以及正在寻求经济结构转型、增长潜力较大的省区如内蒙古等。在行业层面，需要将排放权更多向学习效应较强的服务业和新兴产业等，以及处于产业链下游、技术密集的部

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

分轻工业部门集中。

鉴于我国正处在经济转型过程中，未来增长路径以及市场、政策环境具有很高的不确定性，无法对未来经济生产以及相关的经济变量做出有效的预期，因而限制了经济主体的“跨期优化”行为决策。本文的CGE模型对理论模型提出的、不完全信息下的替代分配方案进行了模拟。结果表明，根据生产者各期产出量调整排放权的分配，能够激发内生经济增长机制的作用，从而在短期内显著提高经济增长速率，但是在长期中由于内生增长效应的趋缓，而替代政策的产出调整系数不变，会导致过度调节，使其经济增长效应逐渐减弱。这种经济增长效应先升后降的特征，随着动态调节系数（即经济产出的因素在排放权分配中所占的比重）的提高而强化，在带来更强的短期经济增长提速效应的同时，后期的经济增速收敛过程也更快速、强烈。因此，通过排放权动态分配机制逼近“跨期优化”解的方法，只能产生短期效果。要在引入碳交易机制之后，依然保证长期最优的经济增长路径，需要具有更为稳定的市场和政策环境。

2014年11月，我国在《中美气候变化联合声明》中承诺，在2030年左右实现二氧化碳排放达到峰值，且将努力早日达峰；① 并在2015年7月向《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）递交的中国国家自主贡献预案中明确，我国2030年单位GDP排放将比2005年下降60%—65%。② 结合我国的“哥本哈根承诺”，这意味着，在2020—2030年间我国将实现年均约4%以上的减排幅度，相比于“十一五”、“十二五”期间3.56%的年均降幅，这一目标的实施无疑使节能减排更加紧迫。本文的研究提示人们，在经济新常态下，要同时实现大幅度的节能减排以及长期经济增长的优化，需要分析各地区经济增长和产业结构调整过程、各行业生产技术变化趋势等，并以此为依据，动态地调整排放权分配。正如习近平总书记在中央全面深化改革领导小组第十七次会议所强调的，中央通过的改革方案落地生根，必须鼓励和允许不同地方进行差别化探索。③ 实现大幅度节能减排和优化长期经济增长的双重目标，还需要在试点项目基础上完善市场信息，着力提高市场和政策的稳定性，包括制定更长期的减排目标，设定更长的排放权结算周期，允许跨期储存与预支排放权等，为实行“跨期优化”的排放权动态分配机制创造条件。

〔责任编辑：许建康〕

① 《中美气候变化联合声明》，2014年11月12日，http://news.xinhuanet.com/energy/2014-11/13/c_127204771.htm.

② 陈阳：《中国应对气候变化：有了新“蓝图”》，《中国经济导报》2015年7月3日，http://www.ceh.com.cn/ztbd/jnjpzk/862800.shtml.

③ 《习近平主持召开中央全面深化改革领导小组第十七次会议》，2015年10月13日，http://news.xinhuanet.com/politics/2015-10/13/c_1116812201.htm.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

and saliently manifested as the re-understanding of the theoretical implications, thinking way, mode of existence and social functions, endowing new ideological connotation to such basic philosophical concepts as philosophical view, world view, ontological view and reflective view and thus shape and direct in a philosophical way the zeitgeist of our times.

(3) On the 2015 Revising of System of National Accounts in China

Xu Xianchun · 38 ·

The National Bureau of Statistics of the PRC has systematically revised the national standard of the system of national accounts in China in order to accommodate the new situation of the socialist market economy, satisfy the new requirements of economic management, and improve the international commensurability of China's SNA data. The revision involves the following: the introduction of such basic concepts as intellectual property rights products, economic ownership and employee stock options; the expansion of the scope of basic accounting including production scope, asset scope and consumption scope; the refinement of such basic classifications as institutional sectors, transaction flows and debt to assets; the adjustment of the basic framework of basic accounting tables, national accounts and subsidiary tables; the revision of the scope of definition and calibration of such basic indexes as gross output, intermediate inputs and value added; and the improvement of methods of calculating the service value of home ownership among urban residents and indirectly calculated outputs of financial intermediation services. These revisions embody in concentrated from the latest achievements in reform of and research on SNA methods in China.

(4) The Mechanism and Effects of Allocation of Emission Rights on the Condition of Endogenous Growth *Tang Weiqi, Qian Haoqi and Wu Libo* · 60 ·

China is in the course of economic transformation, and the growth path and technological progress path vary greatly in terms of different regions and industries. The designing of climate policies, especially the allocation method of carbon emission rights, not only determines the emission reduction effects of policies, but exercises permanent influence on the path of long-term economic growth. As the model of a general equilibrium shows, different allocation mechanisms of carbon emission rights exert different influences upon short- and long-term economic outputs. As it is shown by a policy simulation based on the model of general equilibrium of multi-regional dynamics in China, a static allocation mechanism of emission rights cannot

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

reach the optimization goal of intertemporal economic outputs. As a substitute, dynamically adjusting the allocation of emission rights in accordance to the output of producers, which is an optimization mechanism, can inspire a "learning-by-doing" effect, increase short-term economic output, and be used as an important reference for the policy designing concerning the energy saving and emission reduction and growth effects in various areas and industries, but its effect on long-term economic growth is still limited.

(5) A Sociological Analysis of Weak Ranking Incentives—Taking Environmental Protection Agencies as an Example *Lian Hong* · 82 ·

We have made a close observation of the course of year-end assessment by an environmental protection bureau in three consecutive years in a certain city, emphatically analyzing the cause both of formation and long-term existence of weak ranking incentives. The political course to complete the sequential application between task logic, incentive logic and political coalition logic is the process of formation of weak ranking incentives. Moreover, weak ranking incentives have existed and been effective for long just because in comparison with strong incentives, it can satisfy external bureaucratic requirements in form, while can be adjusted inside in essence, ensuring flexible authoritative dominance and meanwhile showing adaptability and autonomy. Besides, weak ranking incentives are also helpful in facilitating cooperation at the same level rather than excessive competition, shaping loose connection between higher and lower levels rather than close relationship, and avoiding external incentives from excessively supplanting internal ones.

(6) "Capital to the Countryside" and Rural Reconstruction
Jiao Changquan and Zhou Feizhou · 100 ·

The flow of capital from industrial and commercial enterprises to the countryside has become a common phenomenon in middle and western rural areas in China, and the cooperation between governments and enterprises has completed the "operation" and "reshaping" of villages. This is a result of local governments' relying flexible land policies and special financial funds and actively giving encouragement and guidance, and also an extension of the mode of "urban management" in vast rural areas. The capital to the countryside has greatly pushed forwards "peasants moving upstairs" and "land circulation," constituting a new village governance structure: villages increasingly depend upon corporations, which replace villages and become a social foundation for substrate governance. In this course, the united "village management" between

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net