

边际减排成本与中国环境税改革^{*}

陈诗一

摘要: 从促进减排和低碳转型的角度看, 在确定碳税税率时, 其大小要足以影响和改变排放者的行为, 才能体现环境税的制度价值。短期而言, 可以执行无差别的碳税政策; 长期来看, 碳税税率应适当调高, 且因行业而异。征收碳税在短期会对工业产出造成负面影响, 但影响幅度很小; 征收碳税促进碳强度减排的作用明显, 有利于 2020 年实现国家承诺的 40%—45% 的碳强度减排指标。对某些重化工行业, 仅靠征收碳税不足以降低碳强度, 应辅之以其他环境政策。

关键词: 环境税改革 工业碳税 边际减排成本

作者陈诗一, 经济学博士, 复旦大学中国社会主义市场经济研究中心 (上海 200433)。

一、导言

为了加快转变发展方式和应对全球气候变化, 2009 年 11 月国务院决定 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%—45%, 并作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划。中国在二氧化碳减排上的表率作用赢得了国际社会的好评, 而且以碳强度作为相对减排指标, 也充分考虑到了中国作为发展中国家的国情。但是, 我国的环境政策如何改革才能保证减排指标的顺利落实呢?

我国传统的环境政策通常是行政命令式的。而长期以来, 经济学家一直坚持环境政策的设计必须更紧密地依赖市场机制, 这样才可以把污染的环境成本引入经济分析中, 对污染单位施加持续不断的价格压力以促其节能减排。这种基于市场机制和经济激励的环境政策主要以环境税和污染排放权交易为代表, 分别以庇古税和科斯定理作为其政策的理论基础。由于产权保护和界定成本很高, 排污权交易有一定的操作难度, 因此, 环境税便成为各国保护环境的主要手段。发达国家征收的环境税, 主要有能源税、二氧化碳税、二氧化硫税、水污染税、固体废物税和噪音税等。发达国家环境税的广泛实施, 表明了环境税在促进经济、社会与自然协调发展中的积极作用, 为我国环境税改革提供了可供借鉴的经验。尤其是, 作为最大的二氧化碳排放国, 中国面临的碳减排压力空前增加, 而且随着贸易保护主义的抬头, 美国和欧盟又在酝酿对

* 本文为教育部“新世纪优秀人才支持计划”、教育部人文社会科学研究一般项目 (09YJA790046) 和重点实验室重大项目 (2009JJD790011)、上海市哲学社会科学课题 (2009BJB028)、上海市重点学科建设项目 (B101)、复旦大学“985 工程”的阶段性成果。感谢匿名审稿专家提出的修改意见, 文责自负。

来自不强制减排温室气体国家的进口商品征收碳关税,在这种情况下,碳税作为环境税的形态之一,其征收显得比其他环境税税种更加迫切。

中国完全可以把碳税作为实现从传统税制向绿色税收改革的开始,用碳税的国内征收来打破国外绿色贸易壁垒,把税收留在国内。从1990年开始,芬兰、瑞典、挪威、荷兰和丹麦等国家就陆续开征碳税,而且效果不错。但我国征收碳税的适宜税率应是多少,征收碳税将对我国的经济和生态产生怎样的影响,是决策者进行环境税改革的决策依据,也是本文最初的研究动机。

本文将碳税征收及其影响分析限定在二氧化碳排放最多的工业部门,并且用工业增加值和二氧化碳排放强度来代理经济和生态变量。事实上,由于不存在环境污染的市场定价,环境税税率大小的确定一直是国际上环境经济学最具挑战性的问题之一,^①国内研究更少且比较简单。Zhang和Baranzini指出,最优税率应等于环境排放物的边际减排成本(marginal abatement cost, MAC)。^②本文将根据Boyd、Tolley和Pang提出的方法,^③使用方向性距离函数(Directional Distance Function, DDF)来估计中国工业两位数行业在改革期间的二氧化碳边际减排成本,以此作为推断未来碳税征收税率大小的依据。相对于文献中通常几个固定的税率情景设定,本文所估算的因行业而异、且随时间而变化的碳税面板税率,更能反映不同行业在不同时点的不同应税情景。现有文献中模拟碳税征收经济影响时,通常使用CGE或MARKAL模型,它们一般适用于几个不连续时点的投入产出数据。而本文使用多项式动态面板预测模型,更适合面板数据的估计和预测。

本文余下部分结构安排如下:第二节,综述环境税机制及其政策的经济和生态影响;第三节,介绍度量二氧化碳边际减排成本的方向性距离函数,以及预测碳税政策变量对目标变量影响的多项式动态面板模型;第四节,描述所度量的边际减排成本,估算碳税;第五节,预测碳税征收对工业增加值和碳排放强度的影响;最后,对中国未来的环境税改革提出政策建议。

二、文献综述

环境税也称为生态税和绿色税,它把环境污染和生态破坏的社会成本,内化到生产成本和市场价格中去,再通过市场机制来分配环境资源,具有较高的经济效率。一般认为,经济学家庇古在其1920年出版的著作《福利经济学》中最早提到了环境税这个概念,即政府通过征税来调节环境资源的负外部性,庇古税的大小应该等于自然资源的边际环境损害。Bovenberg和Goulder则认为,^④最优庇古税大小应该等于边际社会成本和边际私人成本之间的差距,即减排

① 比如,李金华指出,环境成本始终是环境经济综合核算体系(SEEA)的重要核算内容。李金华:《中国环境经济核算体系范式的设计与阐释》,《中国社会科学》2009年第1期。

② Zhang Zhongxiang, Andrea Baranzini, "What Do We Know about Carbon Taxes? An Inquiry into Their Impacts on Competitiveness and Distribution of Income," *Energy Policy*, vol. 32, no. 4, 2004, pp. 507-518.

③ Gale A. Boyd, George Tolley and Joseph Pang, "Plant Level Productivity, Efficiency, and Environmental Performance of the Container Glass Industry," *Environmental and Resource Economics*, vol. 23, 2002, pp. 29-43.

④ A. Lans Bovenberg, Lawrence H. Goulder, "Environmental Taxation and Regulation," Chapter 23 in A. J. Auerbach, M. Feldstein, eds., *Handbook of Public Economics*, vol. 3, Amsterdam: North-Holland Publisher, 2002, pp. 1471-1545.

1单位环境污染所带来的社会成本，也就是边际减排成本。在均衡点处，它恰好等于1单位环境污染减排改善环境质量所带来的边际社会收益。碳税机制与此类似，高鹏飞和陈文颖这样描述碳税的征收原理，如果用横坐标表示碳排放量，纵坐标表示成本，那么二氧化碳边际减排成本曲线与碳排放边际损害曲线的交点对应的就是最佳碳税标准和最佳碳排放量。在碳税的价格信号作用下，每个碳排放单位将根据自己的边际减排成本自行选择适当的排放量，国家则通过调整碳税来控制总的排放量。^①

总之，相对于行政命令式政策和排放权交易制度，环境税更具灵活性，赋予企业更多选择，企业可以根据自身边际减排成本大小，选择排放并交税或是通过环境治理减少排放避免交税。所以说，环境税使得企业能够以最经济的方式对市场信号做出反应，在交税和碳减排之间进行选择，在减排方面又可以选择安装节能减排设备和开发节能减排新技术等，环境税引致的这种技术创新又可以为企业创造额外的经济利益，使企业始终保持进一步提高节能减排能力的动力。

由于污染排放物直接与环境损害相关，环境税可以直接对污染排放物征收，比如二氧化碳碳税；如果认为污染排放难以计量和监督，也可以对中间投入品按其污染物成分征收，比如能源税和资源税等。目前，经合组织（OECD）国家由环境税带来的税收收入平均已达到GDP的2个百分点和总税收收入的6个百分点。发达国家环境税政策的演化大致经历了三个阶段：20世纪70年代，对补偿成本的环境收费，可看作环境税雏形阶段；80年代至90年代中期是环境税正式出现阶段，主要用来筹集财政收入以及引导生产和消费；90年代中期至今为环境税迅速发展时期。为了克服税收扭曲效应和实施可持续发展战略，北欧地区的国家还进行了基于环境税双赢目标的综合环境税制改革。Bovenberg和Goulder指出，^②实际上政府往往依赖扭曲的税收体系来增加财政收入，在这种次优情景下确定环境税时，既要考虑环境税的作用机制，还要注意其他税收种类的影响，因此，环境税税率一般要比上述庇古税略小。这两位学者对该情景下的最优碳税税率进行了评估。在这种存在扭曲税收的次优情景下，税收中性的环境税改革可以产生负的税收互动效应和正的税收循环效应，且通常前者绝对值大于后者，因而相对于其他已有税收而言，环境税在增加收入方面相对效率较低，这部分降低了环境税改革的吸引力，然而先前存在的扭曲税收体系终究是缺乏效率的，这又为环境税改革去除这种低效率留下了空间，由此自然引发了环境税改革的“倍加红利”之争。

Patuelli、Nijkamp和Pels基于大量文献并利用综合分析原则对环境税改革的表现进行了量化比较研究。^③虽然环境税政策的执行有可能会损害经济发展，但是不少研究显示，在适当的条件下，环境税政策改革可以带来生态和经济收益同时出现的“倍加红利”。^④当然，环境税的“倍加红利”在文献里并没有一致的标准定义，比如经济红利的定义就有很多，或定义为就业、产出和生产率的增加，或定义为财政收入提高等宏观经济因素的变化等等。即使使用相同的定

① 高鹏飞、陈文颖：《碳税与碳排放》，《清华大学学报》（自然科学版）第42卷第10期，2002年。
 ② A. Lans Bovenberg, Lawrence H. Goulder, "Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes: General Equilibrium Analysis," *American Economic Review*, vol. 86, no. 4, 1996, pp. 985 - 1000.
 ③ Roberto Patuelli, Peter Nijkamp and Eric Pels, "Environmental Tax Reform and the Double Dividend: A Meta-Analytical Performance Assessment," *Ecological Economics*, vol. 55, no. 4, 2005, pp. 564-583.
 ④ David W. Pearce, "The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming," *Economic Journal*, vol. 101, 1991, pp. 938-948; A. Lans Bovenberg, Ruud A. De Mooij, "Environmental Levies and Distortionary Taxation," *American Economic Review*, vol. 84, no. 4, 1994, pp. 1085-1089.

义,各种影响因素也导致实证文献里的结论多种多样。何建武和李善同运用CGE模型分析了不同环境税实施方案对于我国经济的影响。^①司言武从一般均衡分析入手构建了环境税经济效应研究的理论模型,发现在次优税收理论架构下,环境税“倍加红利”假说不成立,但引入非同质性假设条件后,环境税“倍加红利”假说可能成立。^②

国外碳税与经济发展之间关系的研究十分丰富,可见Brännlund和Nordström、Floros和Vlachou、Fisher-Vanden和Ho、Kuusmanen、Bijsterbosch和Dellink的相关文献。^③国内文献也不少。贺菊煌等基于中国1997年投入产出表研究了碳税对中国经济的影响,结果显示,中国征收碳税对国内生产总值影响很小、煤炭产量将缩减、能源消耗将下降,对价格影响主要表现为煤炭和石油价格的上升。^④魏涛远和格罗姆斯洛德利用CGE模型定量分析了三种碳税征收方案对中国经济和温室气体排放的影响,发现征收碳税将使中国经济状况恶化,但二氧化碳排放量将下降。^⑤Liang、Fan和Wei基于CGE模型仿真了不同的碳税设计对中国宏观经济以及对能源和贸易密集型部门的影响。^⑥王金南等模拟发现,低税率的碳税方案是一种可行的选择,对中国经济的影响极为有限,但对减缓二氧化碳排放增长具有明显的刺激效果。^⑦姚昕和刘希颖考虑中国经济增长阶段性特征,并通过求解在增长约束下基于福利最大化的动态最优碳税模型,得到最优碳税征收路径。^⑧

从上述文献可知,目前分析环境税经济影响的方法多种多样,其中又以CGE和MARKAL模型使用居多,它们主要适用于不连续时点投入产出数据的比较静态分析,对连续时点的动态预测无能为力,而在中国这样一个发展优先的国家,环境税政策改革的动态效应要比静态配置效应更重要。所以对于本文使用的中国工业两位数行业从1980年到2008年的面板数据而言,使用动态面板模型将更为有效。具体而言,本文使用两阶段分析方法,在第一阶段,基于Chung、Färe和Grosskopf提出的方向性距离函数构成的节能减排行为分析模型,^⑨度量各行业

- ① 何建武、李善同:《节能减排的环境税收政策影响分析》,《数量经济技术经济研究》2009年第1期。
- ② 司言武:《环境税经济效应研究:一个趋于全面分析框架的尝试》,《财贸经济》2010年第10期。
- ③ Runar Brännlund, Jonas Nordström, "Carbon Tax Simulations Using a Household Demand Model," *European Economic Review*, vol. 48, no. 1, 2004, pp. 211-233; Nikolaos Floros and Andriana Vlachou, "Energy Demand and Energy-Related CO₂ Emissions in Greek Manufacturing: Assessing the Impact of a Carbon Tax," *Energy Economics*, vol. 27, no. 3, 2005, pp. 387-413; Karen Fisher-Vanden and Mun S. Ho, "How do Market Reforms Affect China's Responsiveness to Environmental Policy?" *Journal of Development Economics*, vol. 82, no. 1, 2007, pp. 200-233; Timo Kuusmanen, Neil Bijsterbosch and Rob Dellink, "Environmental Cost-Benefit Analysis of Alternative Timing Strategies in Greenhouse Gas Abatement: A Data Envelopment Analysis Approach," *Ecological Economics*, vol. 68, no. 6, 2009, pp. 1633-1642.
- ④ 贺菊煌、沈可挺、徐嵩龄:《碳税与二氧化碳减排的CGE模型》,《数量经济技术经济研究》2002年第10期。
- ⑤ 魏涛远、格罗姆斯洛德:《征收碳税对中国经济与温室气体排放的影响》,《世界经济与政治》2002年第8期。
- ⑥ Qiao-Mei Liang, Ying Fan and Yi-Ming Wei, "Carbon Taxation Policy in China: How to Protect Energy- and Trade-Intensive Sectors?" *Journal of Policy Modeling*, vol. 29, no. 2, 2007, pp. 311-333.
- ⑦ 王金南等:《应对气候变化的中国碳税政策研究》,《中国环境科学》2009年第1期。
- ⑧ 姚昕、刘希颖:《基于增长视角的中国最优碳税研究》,《经济研究》2010年第11期。
- ⑨ Yangho Chung, Rolf Färe and Shawna Grosskopf, "Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach," *Journal of Environmental Management*, vol. 51, 1997, pp. 229-240.

因时而变的二氧化碳边际减排历史成本，以此作为未来碳税征收税率大小的依据；第二阶段，则使用多项式动态面板数据模型，拟合出碳税与工业增加值和碳强度之间的关系，以此计量方程为基础，再来预测未来碳税征收的经济和环境影响。

三、两阶段分析法

(一) 方向性距离函数和行为分析模型

本文分析的第一阶段就是通过方向性距离函数构成的节能减排行为分析模型，来度量中国工业两位数行业的二氧化碳边际减排成本，以解决碳排放的市场价格缺失问题，该思路最早是由 Boyd、Tolley 和 Pang 提出的。^① 图 1 中技术由 A 点即 (y, b) 所隶属的生产集 $P(x)$ 表示。本文分析使用中国工业 38 个两位数行业在 1980—2008 年期间的投入产出历史面板数据。^② 期望产出为工业总产值，非期望产出为二氧化碳排放，投入有三种，分别为资本、劳动和能源。

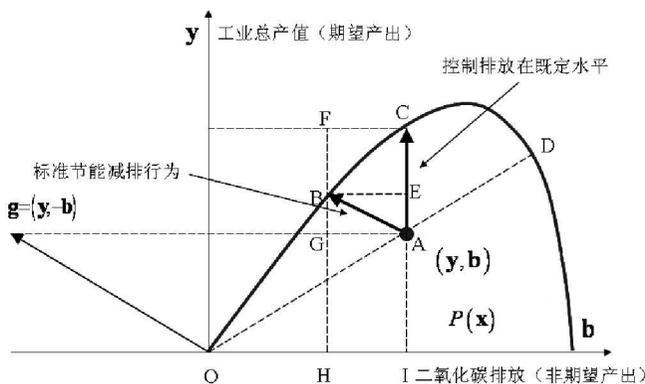


图 1 方向性距离函数原理图

如图 1 所示，基于弱处置非期望产出假定的标准方向性距离函数从 A 点映射到 B 点方向，即期望产出增加的同时减少非期望产出，可用方向向量 $g = (y, -b)$ 表示，这不同于传统使用的同时增加好坏产出的谢泼德距离函数（从 A 点到 D 点方向）。用 β_1 表示方向性距离函数的值，它表示给定投入水平下好坏产出同比例放缩的最大可能比例，即好产出可能在 y 基础上增加 $\beta_1 y$ ，而坏产出则从 b 数量中减少 $\beta_1 b$ 。

为了度量非期望产出的边际减排成本，Boyd、Tolley 和 Pang 又定义了一种标准 DDF 的变形，^③ 即从图 1 的 A 点垂直向上投射到前沿上的 C 点，它描述了在给定投入和非期望产出水平的情况下，期望产出所能增长的最大可能性，姑且称之为控制坏产出于既定水平的 DDF，可用 β_2 表示其值。该 DDF 与《京都议定书》中规定的把二氧化碳排放控制在 1990 年水平的理念是一致的，也适用于给定碳排放配额的情形。

上述两种 DDF 对应于不同的节能减排环境规制行为，它们的比较可以用来度量二氧化碳排

① Gale A. Boyd, George Tolley and Joseph Pang, "Plant Level Productivity, Efficiency, and Environmental Performance of the Container Glass Industry. "
 ② 篇幅所限，数据说明不在此列出，请见陈诗一：《中国工业分行业统计数据估算：1980—2008》，工作论文。
 ③ Gale A. Boyd, George Tolley and Joseph Pang, "Plant Level Productivity, Efficiency, and Environmental Performance of the Container Glass Industry. "

放的边际减排成本。 $GB = \beta_1 y$ 和 $GA = \beta_1 b$ 对应于标准 DDF, 而 $AC = GF = \beta_2 y$ 则对应于非期望产出水平固定的情形。它们的差额 $BF = (\beta_2 - \beta_1) y$ 就等于放弃减排 $\beta_1 b$ 水平的额外产出增加, 因此, $(\beta_2 - \beta_1) y$ 对 $\beta_1 b$ 的比值告诉我们, 每减排一个单位二氧化碳需要放弃的工业产值大小, 这可以用来度量二氧化碳减排的边际减排成本。

(二) 多项式动态面板预测模型

本文分析的第二阶段是, 首先利用上一小节度量出的二氧化碳边际减排成本来估算出合理的碳税政策变量 (PV) 大小, 并拟合其与目标变量 (TV) 之间的历史关系; 然后借助该拟合模型对目标变量的未来走势进行预测, 以达到本文的最终分析目的, 即探讨环境税改革的经济和生态影响。高鹏飞等曾利用二次多项式模型拟合过碳减排边际成本曲线和减排率之间的关系。^① 在现有研究的基础上, 本文选择多项式动态面板数据拟合和预测模型, 具体设定如下:

$$\ln T V_{it} = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_{lag} \ln T V_{i,t-1} + \beta_1 \ln PV_{it} + \dots + \beta_n (\ln PV_{it})^n + u_i + \varepsilon_{it} \quad (n \leq 5)$$

其中, 政策变量与目标变量都取自然对数。本文通过引入动态特征项即被解释变量的一阶滞后项来代表方程右端的所有历史信息集, 任何结果都是基于这个历史信息的, 在这种情况下, 本文所特别关注的碳税政策变量及其多次方项就代表了全新的当期政策信息冲击。 u_i 用来控制各行业的个体特征, 而 t 则用来捕捉时间趋势, 它们分别刻画了张军等所描述的体现行业异质性的“蘑菇效应”和体现共同趋势的“酵母效应”。^② 面板数据中个体虚拟变量和时间趋势项还可以用来作为没有出现在方程中的其他重要解释变量的代理, 比如行业特征变量、每一年碳税之外影响所有行业的宏观经济政策、环境政策以及其他配套税制改革等政策变量等。^③ 随机干扰项 ε_{it} 假定服从白噪声正态分布过程。

本文选择的碳税征收最可能影响到的目标变量主要有两个, 即代表经济变量的工业增加值和代表生态变量的二氧化碳排放强度, 前者是中国作为发展中国家仍需长期且优先关注的保增长指标, 后者则是中国承诺的二氧化碳减排的相对指标, 碳税征收对这两个变量的影响是研究者最为关心的。

模型中滞后目标变量的引入, 使得传统的固定效应和随机效应面板模型估计量不再一致, 而且, 根据边际减排成本估计出的碳税这个政策变量也有可能和目标变量相关。为了克服这几个变量的内生性问题, 本文选择的主要估计方法为豪斯曼—泰勒工具变量估计法 (HT/IV), 选择该方法可以像固定效应模型那样对行业异质性进行很好地控制, 又能够像随机效应模型那样估计出不随时间而变化的变量。当然, 基于稳健性的考虑, 本文同时使用了系统 GMM 估计方法。

本文基于碳税征收情景对未来目标变量的预测期间为 2009—2020 年, 即两个五年规划的跨度, 也是中国承诺的碳强度减排指标的实现时间点。为了对未来目标变量进行预测, 本文首先利用时间趋势二次多项式模型, 基于 1980—2008 年 MAC 的历史数值预测出未来 10 年的 MAC 走势, 以便进一步估算碳税可能征收值。在对目标变量进行预测时, 本文选择了扩展窗口 (updating window) 一期向前 (one-period ahead) 的短期递归预测方法。基于 1980—2008 年的样本对模型进行估计, 利用该估计方程预测出 2009 年的目标变量; 利用该目标变量预测值增加一个时点形成的 1980—2009 年扩展数据窗口, 再进行估计和一期向前预测; 不断重复这样一个

① 高鹏飞、陈文颖、何建坤:《中国的二氧化碳边际减排成本》,《清华大学学报》(自然科学版) 2004 年第 9 期。

② 张军、陈诗一、Gary Jefferson:《结构改革与中国工业增长》,《经济研究》2009 年第 7 期。

③ 齐绍洲、罗威:《中国地区经济增长与能源消费强度差异分析》,《经济研究》2007 年第 7 期。

过程,直到最终对1980—2019年扩展数据窗进行估计并预测2020年的目标变量值为止,获得2009—2020年12个一期向前的目标变量预测值。作为一个多项式模型,还必须针对不同的目标变量选取不同的适合多项式次数,以避免有可能出现的过度拟合问题。本文使用Chen、Härdle和Jeong的方法,^①把估计样本分为训练样本和验证样本,利用训练样本和上述同样的扩展窗口一期向前递归方法预测出和验证样本对应的目标变量值,分别对政策变量的一次至五次多项式进行估计,可以计算得到五个预测值的均值绝对误差(mean absolute error, MAE)。第一个训练样本对应1980—2003年,最后一个训练样本对应1980—2007年,验证样本则依次对应2004—2008年,每年38个行业,所以,验证样本计190个观察值。为了对不同幂次多项式的预测准确度进行检验,本文选择了由Diebold和Mariano提出的对目标模型和基准模型MAE之差进行检验的双尾DM统计量。^②零假设为 $H_0: MAE_1 - MAE_0 = 0$,其中1和0分别代表目标模型和基准模型。计算DM统计量使用的是Newey和West提出的异方差和自相关一致性(HAC)标准差,^③因此这是一个稳健DM统计量。本文选择Andrews的近似规则来自动选择HAC矩阵的滞后阶数。^④在大样本的情况下,稳健DM统计量趋于标准正态分布。根据MAC值和DM统计检验可以最终选择出具有最佳泛化能力和超样本特性的多项式幂次以适合不同的目标变量,为最终根据模型对2009—2020年间的工业增加值和二氧化碳排放强度预测做好准备。

四、工业边际减排成本度量和碳税估算

到目前为止,我国环境政策主要是收费为主,征税为辅,这些少量的税收措施零散地存在于资源税、消费税、增值税和车船税等中间,还不属于真正意义上的环境税。比如,我国于1982年开始向企业征收排污费,目前全国每年征收额近200亿元左右,但这一排污费仅是污染处理的实际成本,仍然没有计入外部环境成本。再比如,原来的资源税主要是调节资源级差收入,实际上与环境资源保护的相关性不大,也没有专门针对能耗和环保的能源税。但是,改革开放以来中国的环境政策还是有成效的。特别是90年代中后期与“抓大放小”的国企改革相对应,中国“关停转并”了10多万家能源和排放密集型中小企业,这导致中国能源消耗和二氧化碳排放绝对量在此前一直上升的基础上,于1997—2001年间首次出现了较大幅度下降或停顿,中国的能源强度和碳强度也在波动中下降。汇丰银行的最新研究报告显示,2008年底的4万亿元人民币投资中,中国投入绿色项目的资金占38%,仅次于韩国(81%)和欧盟(59%),高于位居第六的美国(12%);从绝对规模来看,中国绿色投入更高居世界第一位,达到2210亿美元,是排在第二位的美国的两倍。^⑤因此,对改革期间环境污染的边际减排成本进行估算完全可能。

本文所估算的中国工业38个两位数行业在1980—2008年期间二氧化碳排放的边际减排成本

① Shiyi Chen, Wolfgang K. Härdle and Kiho Jeong, "Forecasting Volatility with Support Vector Machines Based GARCH Model," *Journal of Forecasting*, vol. 29, no. 4, 2010, pp. 406-433.

② Francis X. Diebold, Roberto S. Mariano, "Comparing Predictive Accuracy," *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 13, no. 3, 1995, pp. 134-144.

③ Whitney K. Newey, Kenneth D. West, "A Simple Positive, Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix," *Econometrica*, vol. 55, no. 3, 1987, pp. 703-708.

④ Donald W. K. Andrews, "Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix Estimation," *Econometrica*, vol. 59, no. 3, 1991, pp. 817-858.

⑤ Nick Robins, Robert Clover, Charanjit Singh, "A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green," *HSBC Global Research*, 25 February, 2009, pp. 1-45.

以及 2009—2020 年趋势预测值见图 2，图中历史期间的散点表示所度量的 MAC 大小，实线为 MAC 拟合线，2009—2020 年的虚线则表示 MAC 的水平趋势预测及其 95% 置信度的预测区间大小。图 2 右下角的子图是按照加权平均求得的工业全行业和轻重工业的 MAC 平均值，其中权重为各行业的工业总产值份额。轻重工业的划分标准基于 2004 年资本劳动比由小到大的排名，前 19 个行业划归轻工业，后一半则隶属重工业。^① 边际减排成本代表了社会对污染的内部评价，一般来说社会对负外部性高的污染物的评估价格应该高些，通常二氧化碳影子价格最低，二氧化氮影子价格最高，二氧化硫影子价格介于中间。涂正革所估计的中国工业二氧化硫影子价格从 1999 年到 2005 年平均为每吨二氧化硫 8.26 万元，其值高于本文图 2 结果是合理的。^② 本文与高鹏飞等基于 MARKAL—MACRO 模型所度量的中国二氧化碳边际减排成本相似，他们发现度量值相当高，当减排率在 45% 时，碳边际减排成本达到 250 美元/吨二氧化碳。^③

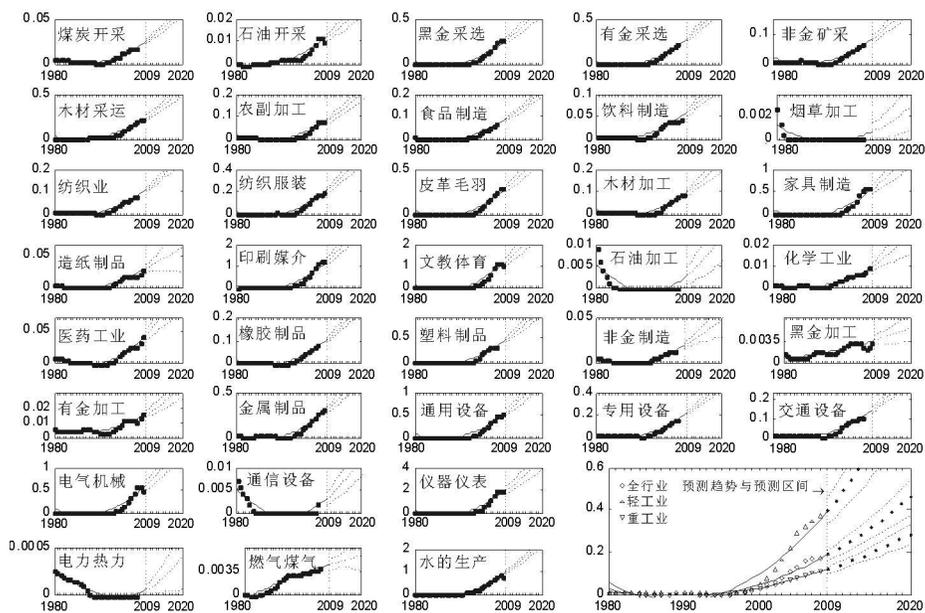


图 2 中国工业二氧化碳边际减排成本历史度量和趋势预测

注：纵轴为边际减排成本，单位：万元/吨二氧化碳；横轴为年份。

事实上，图 2 所估算的二氧化碳边际减排成本为碳税税率大小的确定提供了市场价格依据，尽管作为理论估算值，它比实际可承受的碳税征收税率要高。Zhang 和 Baranzini 明确指出，工业化国家应尽可能按实际减排成本征收碳税以降低二氧化碳排放。^④ 目前工业化国家实行的碳税偏低，^⑤ 不足以达到稳定空气中温室气体浓度的水平，如果碳税作为唯一减排措施的话，碳税税

① 本文中轻重工业的划分标准同张军等的研究。详见张军、陈诗一、Gary Jefferson:《结构改革与中国工业增长》，《经济研究》2009年第7期。
 ② 涂正革:《工业二氧化硫(SO₂)的影子价格:一个新的研究框架》，《经济学》(季刊)第9卷第1期,2009年。
 ③ 高鹏飞、陈文颖、何建坤:《中国的二氧化碳边际减排成本》，《清华大学学报》(自然科学版)2004年第9期。
 ④ Zhang Zhongxiang, Andrea Baranzini, "What Do We Know about Carbon Taxes? An Inquiry into Their Impacts on Competitiveness and Distribution of Income," pp. 507-518.
 ⑤ 根据中国气候变化网信息，芬兰和丹麦征收的碳税为 5.5—11.1 欧元/吨二氧化碳，瑞典为 37.9 欧元/吨二氧化碳。

率应该更高。Rauscher 认为, 各国政府为了降低本国公司的成本, 往往具有把环境税扭曲到庇古税水平以下的冲动, 这种现象有时候也被称为生态倾销。^① 碳税相对于其他环境政策的优势在于, 它为排放者提供了一种改变其行为方式的经济激励, 这种激励是通过市场选择过程来完成的。因此, 在制定碳税时, 必须注意税率大小要足以影响和改变人们的行为, 追加的社会成本必须足以激发人们潜在的保护环境的动力, 只有这样才能真正体现碳税或环境税的制度价值。

对发展中国家而言, 为了发展经济和脱贫解困, 征收较低的碳税也有其合理性, 这也符合《京都议定书》所提倡的共同但有区别的减排原则。正如 Reddy 和 Assenza 所强调的, 对发展中国家而言, 气候保护政策的实行必须在可持续发展的框架中进行分析, 必须与发展优先的政策相结合, 而低碳税往往被认为有利于经济发展。^② 王金南等则指出税率的制定要根据我国的具体国情, 不能过多影响我国产品的国际竞争力, 同时不能对低收入人群的生活水平造成影响。^③ 还有许多文献也都发现, 渐进式、发展型减排方式应是发展中国家的优先选择。^④ 因此, 本文把碳税设定为减排率 1% 情景下的征收值, 以适应我国的发展优先目标。这样, 本文所估算工业全行业 2009 年到 2020 年碳税税率宜征收的平均取值范围为每吨二氧化碳 19—46 元。这也许还是一个高估的税率。在发展中国家, 为了促进经济增长, 政府常常以各种形式给予企业和居民能源补贴。不同于对可再生能源的补贴, 这种对化石能源和电力消费的补贴促进了其粗放式需求和二氧化碳排放的增加。可以说, 能源补贴压低了能源价格, 还会降低实际碳税税率, 造成政府的财政负担。Lin 和 Jiang 估算得出, 2007 年中国能源补贴占 GDP 比例为 1.43%, 达到 3567.3 亿元, 其中居民部门由于低电价消费成为主要的补贴收益者, 交通部门以石油制品补贴形式次之, 工业部门的能源补贴则要少很多, 只有 286.9 亿元。^⑤ 根据本文估算的 2007 年工业二氧化碳排放新增 601256.5 万吨, 可以算出每吨二氧化碳排放获得的能源补贴为 4.8 元。由于与本文数据匹配的能源补贴无法获得, 本文后续分析没有能够使用这种剔除能源补贴的净碳税。

由于本文估算的边际减排成本因行业因时期而异, 因此由此预测的碳税也是一个可变序列, 这与现有的一些对中国碳税的估算是不同的。^⑥ 具体而言, 基于图 2 边际减排成本的变化特征可以得到有关碳税征收的两个有意义的结论。

一是边际减排成本随着时间的推移而增加, 这意味着未来碳税征收从一个较长时期来看, 可能要适当调高税率。Zhang 和 Baranzini 在文献综述的基础上也得出类似的结论, 即碳税税率应该随时间而增加, 以反映二氧化碳浓度增加所带来的污染成本的增加, 并对市场释放碳排放

① Michael Rauscher, "On Ecological Dumping," *Oxford Economic Papers*, vol. 46, 1994, pp. 822-840.
 ② Sudhakara Reddy, Gaudenz B. Assenza, "The Great Climate Debate," *Energy Policy*, vol. 37, no. 8, 2009, pp. 2997-3008.
 ③ 王金南等:《中国独立型环境税方案设计研究》,《中国人口·资源与环境》2009 年第 2 期。
 ④ Timo Kuosmanen, Neil Bijsterbosch and Rob Dellink, "Environmental Cost-Benefit Analysis of Alternative Timing Strategies in Greenhouse Gas Abatement: A Data Envelopment Analysis Approach."
 ⑤ Boqiang Lin, Zhujun Jiang, "Estimates of Energy Subsidies in China and Impact of Energy Subsidy Reform," *Energy Economics*, vol. 33, no. 2, 2011, pp. 273-283.
 ⑥ 比如, 王金南等根据我国目前的 CDM 市场价格所确定的碳税税率为 40 元/吨二氧化碳。财政部提出 2012 年征收 10 元/吨的碳税, 而环保部为 20 元/吨。(王金南等:《中国独立型环境税方案设计研究》,《中国人口·资源与环境》2009 年第 2 期; 姚昕、刘希颖:《基于增长视角的中国最优碳税研究》,《经济研究》2010 年第 11 期)

将被逐步课以重税的信号,这样才能增强进一步减排所需要的技术革新的动力。^①朱松丽的解释则是,初期节能减排成本较低,采取一些成本较低的措施就可以取得一定的节能减排成果,但随着“低悬的果实”逐渐被采摘殆尽,节能减排成本逐渐升高,要继续节能减排必然要付出更大代价。^②姚昕和刘希颖也发现在保障经济增长前提下,中国最优碳税是一个动态的渐进过程,即随着经济增长,经济社会承受力不断提高,最优碳税额逐渐上升,由2008年的7.31元/吨,上升到2020年的57.61元/吨,上升6倍左右,2012年最优碳税为18.28元/吨。^③

另一个结论则是不同行业的边际减排成本不同,碳税大小也应不同。平均而言,轻工业的MAC和碳税大小要高于重工业,比如,2015年碳税征收应超过100元/吨二氧化碳的行业基本上属于轻工业,如家具制造业、印刷媒介、文教体育、通用设备、电气机械和仪器仪表制造业,只有一个水的生产与供应业属于重工业。这与现有文献中的结论也比较一致。Hoel指出,尽管根据标准福利理论,各部门之间应该采取无差别的碳税政策,但是由于国际气候协议的不完善和各国存在“搭便车”的思想,无差别的碳税政策就变得不可取,最优的政策就是针对不同部门采取差别化碳税,比如碳密集型贸易部门应该比经济中的其他部门执行更低的碳税。^④Zhang和Baranzini也指出,由于二氧化碳减排的边际成本不同,不同国家、地区和行业应该适用不同的碳税税率大小。^⑤Lee、Lin、Lewis和Chang认为,碳税的征收是一个复杂的问题,它对二氧化碳减排的效果以及社会和经济对之所作出的反应都可能因不同的国家、地区和行业而有所不同,因此,税率大小应该视情况不同而不同,而不应该制定一个“一刀切”的标准。^⑥王灿等也发现,电力、煤炭等重工业部门的边际减排成本相对较低,表明重工业在削减二氧化碳排放方面具有相对较大的弹性。^⑦这种对能耗和排放密集型行业征收低碳税的做法,也有助于减轻其减排负担,但是由于其排放总量巨大,碳税总额仍然要大于征收较高碳税税率的轻工业部门。

五、中国碳税征收的经济和生态影响预测

表1报告了基于政策变量五种幂次多项式模型预测得到的验证区间(out-of-sample)一期向前目标变量预测值的预测精度MAE值,以及基于MAE之差计算得到的稳健DM统计量的真实概率值(p值)。在计算DM统计量时,预测精度相等的零假设所对应的基准模型分别为一次、二次、三次、四次、五次多项式动态面板预测模型,相应记为DM1、DM2、DM3、DM4、

① Zhang Zhongxiang, Andrea Baranzini, "What Do We Know about Carbon Taxes? An Inquiry into Their Impacts on Competitiveness and Distribution of Income," pp. 507-518.

② 朱松丽:《国外控制SO₂排放的成功经验以及对我国SO₂控制的政策建议》,《能源环境保护》2006年第1期。

③ 姚昕、刘希颖:《基于增长视角的中国最优碳税研究》,《经济研究》2010年第11期。

④ Michael Hoel, "Should a Carbon Tax Be Differentiated across Sectors?" *Journal of Public Economics*, vol. 59, no. 1, 1996, pp. 17-32.

⑤ Zhang Zhongxiang, Andrea Baranzini, "What Do We Know about Carbon Taxes? An Inquiry into Their Impacts on Competitiveness and Distribution of Income," pp. 507-518.

⑥ Cheng F. Lee, Sue J. Lin, Charles Lewis and Yih F. Chang, "Effects of Carbon Taxes on Different Industries by Fuzzy Goal Programming: A Case Study of the Petrochemical-Related Industries, Taiwan," *Energy Policy*, vol. 35, no. 8, 2007, pp. 4051-4058.

⑦ 王灿、陈吉宁、邹骥:《基于CGE模型的CO₂减排对中国经济的影响》,《清华大学学报》(自然科学版)第45卷第12期,2005年。

DM5。p 值不大于 0.05，表示基准模型的预测误差（基于 MAC）在 5% 的统计水平下显著高于竞争模型；p 值不小于 0.95，意味着竞争模型的预测误差在 5% 的统计水平下显著高于基准模型；而 p 值处于 0.05 和 0.95 期间，意指两个模型在 5% 显著性水平下有着相同的预测精度。

根据表 1 的结果，对于工业增加值目标变量而言，二次多项式动态面板预测模型的预测误差 MAE 值最小，而五次多项式的 MAE 值最大。那么二次多项式动态面板模型预测精度最高是否能够得到统计上的显著支持呢？以二次多项式模型作为基准的 DM2 统计量显示，基准模型的预测能力确实在 5% 的水平下显著优于一次、三次和四次多项式模型，在 1% 的统计水平上显著优于五次多项式模型。从其他 DM 统计量不仅可以得到同样的结果，而且还能够得到二次多项式模型以外其他模型两两对比的结果，比如一次多项式模型在 10% 的统计水平下优于四次多项式模型，而一次和三次多项式模型的预测能力则相同。因此，本文选择二次多项式动态面板预测模型来估计并预测碳税变量对工业增加值的影响，该模型有着较好的泛化能力。同样的道理，对二氧化碳排放强度预测能力最强的则是一次多项式动态面板预测模型，它不仅预测误差最低，而且也得到了统计上的显著支持。由此，根据 DM 统计量，本文选择出了具有最佳超样本特性的多项式动态面板模型，以用于后续对目标变量的预测。

表 1 预测误差检验和预测模型的选择

目标变量	模型设定	MAE	DM1	DM2	DM3	DM4	DM5
工业增加值	一次多项式	169.0300	—	0.9559	0.6126	0.0793	0.0001
	二次多项式	134.0700	0.0441	—	0.0374	0.0194	0.0000
	三次多项式	156.9300	0.3874	0.9626	—	0.0275	0.0099
	四次多项式	201.7500	0.9207	0.9806	0.9725	—	0.0244
	五次多项式	355.7600	0.9999	1.0000	0.9901	0.9756	—
二氧化碳强度	一次多项式	0.9041	—	0.0300	0.0375	0.0125	0.0064
	二次多项式	1.0196	0.9700	—	0.7866	0.0096	0.0226
	三次多项式	0.9674	0.9625	0.2134	—	0.0193	0.0175
	四次多项式	2.3943	0.9875	0.9904	0.9807	—	0.5215
	五次多项式	1.7701	0.9936	0.9774	0.9825	0.4785	—

表 2 报告了基于上述多项式动态面板模型对目标变量和碳税政策变量的估计结果。豪斯曼—泰勒工具变量估计法 (HT/IV) 是本文的主要估计方法，估计结果显示所有回归系数都至少在 5% 的统计水平下显著。作为辅助估计方法，系统 GMM 估计结果显示，其系数估计量大小和符号与 HT/IV 方法很相似，且至少在 10% 的水平下显著，可见本文所设定模型的 HT/IV 估计结果具有相当的稳健性，可以用来进行预测分析。四种模型的 Wald 统计量检验显示，所有模型的总体显著性检验都得到了通过。行业效应的受限最小二乘一般 F 检验也揭示，各行业存在着代表异质性的“蘑菇效应”，分行业面板数据分析十分必要，这是总量数据分析所达不到的。工业增加值和二氧化碳排放强度变量都存在高达 0.92—0.96 左右的正自相关系数，而且统计上极度显著，这说明目标变量的滞后值中蕴含着极为丰富的历史信息，在目标变量的解释和预测中发挥着重要的作用，可见，动态特征变量的引入对于本文目标变量的估计和预测不可缺少，这种基于所有历史信息的条件预测具有较高的准确性。时间趋势项的系数较小但也极度显著，所有分行业的工业增加值都将随时间推移而增加，而二氧化碳排放强度则随时间而降低。显然，中国工业“酵母效应”也是存在的，各种宏观经济政策、环境政策和配套税制改革措施几乎同时影响着所有而不是一部分工业行业。

当然，本文最为关心的还是政策变量对目标变量的影响，作为当期信息冲击，政策变量的

系数远小于历史信息变量 ($\ln TV_lag1$) 的斜率和模型截距项大小, 但是也都是显著的。由于这里使用的是双对数多项式计量模型, 所以弹性分析最为方便。对于二氧化碳排放强度模型而言, 由于选择的是一次多项式政策反应模型, 政策变量的斜率系数就是弹性值。碳税政策变量 (PV) 每增加 1 个百分点, 二氧化碳排放强度会显著下降 0.0087—0.0101 个百分点, 可见碳税征收对于碳强度减排指标的实现具有十分有效的作用。工业增加值选择的是二次多项式政策反应模型, 其弹性大小不能一目了然, 必须根据 $\partial(\ln TV_{it}) / \partial(\ln PV_{it}) = \beta_1 + 2\beta_2 \ln PV_{it}$ 来计算。

全行业碳税产出弹性的初步预测结果显示, 碳税最初每提高 1 个百分点, 工业增加值会下降 0.0136 个百分点, 此后弹性值逐步增加, 到 2020 年只下降 0.0099 个百分点。根据二次多项式模型的系数也可以看出, 随着碳税征收强度的增加, 工业增加值将会先下降然后再上升。可见碳税征收在短期会增加能源价格, 影响到能源要素投入, 并进一步增加能源密集型产品的价格, 从而降低这些产品在国际市场上的竞争力, 这些因素的综合作用会对产出造成负面影响。长期而言, 负面影响会消退, 转而会促进产出增长。然而, 碳税征收对工业增加值在短期即使有负面影响, 其影响幅度也是微不足道的。对工业增加值预测起绝对作用的仍然是其历史数据, 较高的正自相关决定了工业增加值在总体上不会受碳税征收的负面影响, 依然保持较强的增长态势。

表 2 碳税征收对经济和生态变量影响的仿真结果: 基于多项式动态面板模型的回归 (1980—2008)

lnTV	工业增加值 (亿元)				二氧化碳排放强度 (吨/万元)			
	HT/IV		动态 GMM		HT/IV		动态 GMM	
	系数	标准误差	系数	标准误差	系数	标准误差	系数	标准误差
常数项	0.1898**	0.0544	0.1975**	0.0636	0.2899**	0.0638	0.1814*	0.1073
lnTV_lag1	0.9564**	0.0108	0.9451**	0.0166	0.9540**	0.0103	0.9191**	0.0196
t	0.0081***	0.0012	0.0087**	0.0019	-0.0085**	0.0011	-0.0109***	0.0020
lnPV	-0.0037**	0.0014	-0.0027*	0.0013	-0.0087*	0.0042	-0.0101***	0.0034
lnPV 平方	0.0011**	0.0005	0.0010**	0.0005				
行业效应一般 F 检验	670.47		593.16		373.07		476.42	
总体显著性 Wald 检验	91027		66560		97171		61200	

注: 1. *, **, *** 表示系数分别在 10%、5% 和 1% 的水平下显著; 2. 行业效应的受限最小二乘一般 F 检验的零假设为所有 $\beta_i = 0$ 。

当然, 表 2 报告的仅仅是基于 1980—2008 年样本期间的估计结果, 以便对碳税政策变量和目标变量之间的关系进行大致的分析。在实际估计过程中, 本文使用的是扩展的样本窗口进行递归估计和一期向前短期预测, 每 1 次递归估计都增加 1 期样本和 38 个观察值, 估计结果与表 2 基本相似, 最终本文得到了与预测区间 2009—2020 年对应的 12 个一期向前的工业增加值和二氧化碳排放强度的预测值。由于工业增加值为绝对数指标, 图 3 (a) 绘制了重工业和轻工业工业增加值的面积图; 而二氧化碳排放强度为强度指标, 所以图 3 (b) 绘制出工业全行业和轻重工业碳强度的加权平均值, 权重为图 3 (a) 对应的工业增加值的真实值和预测值。

从图 3 (a) 可以看出, 即使在征收如第四节所示碳税税率的情景下, 工业增加值仍然从 2009 年的 14 万亿元增加到 2020 年的 36.4 万亿元, 年均增长达到 8.8 个百分点, 比 1980—2008 年样本期间年均增长 11.9 个百分点略低。尽管碳税产出弹性短期为负值, 但是它对工业增加值增长的影响很小, 更多受其历史数据驱动, 工业全行业增加值在“十二五”期间年均增长率预

测值达到 9.8 个百分点，高于 / 十三五 0 期间 8.3 个百分点的年均增长率预测值。重工业的增加值高于轻工业，2009 年重工业预测值为 101.2 万亿元，轻工业只有 31.75 万亿元；无论轻重工业，都是 / 十二五 0 期间的产出增长高于 / 十三五 0 期间的预测值；到 2020 年，重工业增加值预测值达到 281.74 万亿元，轻工业增加值预测值达到 71.66 万亿元。就工业分行业工业增加值的预测趋势而言，样本期间平均增长率较高的轻工业行业在预测期间的平均增长率仍然较高。比如，计算机与通信电子设备制造业在 1980) 2008 年、2009) 2020 年、/ 十二五 0 和 / 十三五 0 期间工业增加值的平均增长率分别为 25%、16%、18% 和 15%，在各个时期都排名第一。而交通设备制造业在四个时期也都排名第二，其年均增加值增长率分别为 17%、10%、11% 和 8%。排名第三和第四的行业分别为医药工业和电气机械制造业。

样本期间产出增长较慢的都是一些重工业行业，这些行业在预测期间的增加值增长仍然较慢，甚至体现为负增长。比如石油开采业在 1980) 2008 年期间工业增加值年均增长最慢，只有 1 个百分点，到了 2009) 2020 年期间年均增长 -11%，下降幅度最大，而且 / 十三五 0 期间年均下降 14%，比 / 十二五 0 期间的 -10% 还甚。石油加工业在样本期间增加值年均增长 2%，排名倒数第二，预测期间年均下降 9%，排名仍然倒数第二，/ 十三五 0 期间的下降幅度大于 / 十二五 0 期间。可见，在预测期间，重工业的工业增加值虽然总体上保持着增加态势，但是一些具体的重工业行业的产出却在下降，这些行业还包括非金属矿采选业、水电煤生产和供应业、煤炭开采业、非金属制品业和黑色金属加工业。显然，某些重工业行业的产出受碳税征收的影响更大，尽管根据碳税产出弹性走势，再假以时日，它们的产出增长应该转负为正。

由图 2 可知，轻工业征收的碳税税率是高于重工业的，轻工业之所以受碳税征收影响较小，主要在于其税基较重工业低很多，重工业排放出的二氧化碳占工业全行业的 95% 以上，因此重工业虽然碳税税率低，但是碳税总额仍然高出轻工业很多。

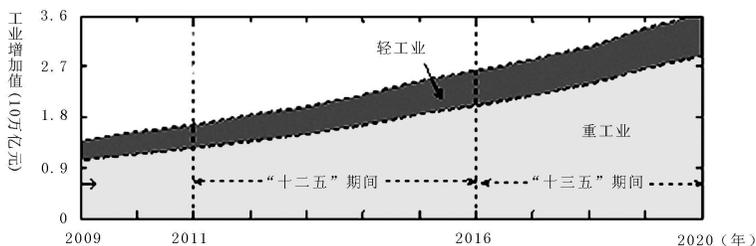


图 3 (a) 基于碳税征收情景的中国工业增加值预测

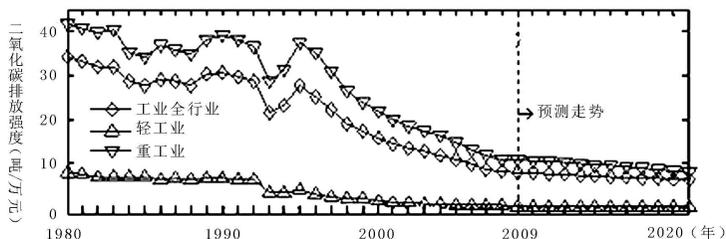


图 3 (b) 基于碳税征收情景的中国二氧化碳排放强度预测

为节省篇幅，略去图表。

再看图3(b),与表2碳税的碳强度弹性为负数相对应,工业全行业的二氧化碳排放强度由1980年的每万元工业增加值排放34吨二氧化碳下降到1995年的27.9吨二氧化碳,1996)2008年期间下降幅度较大且更平滑,2008年工业全行业的碳强度只有81.4吨二氧化碳/万元,整个样本期间碳强度年均下降了41.9%。整个预测期间,工业全行业的二氧化碳排放强度依然保持了平稳的下降趋势,由2009年的81.15吨二氧化碳/万元下降到2020年的61.4吨二氧化碳/万元,年均下降了21.2%,其中,“十二五”期间年均下降2%,低于“十三五”期间的年均下降率21.6%。2005年的工业全行业二氧化碳排放强度为111.2吨二氧化碳/万元,在本文的碳税征收预设情景下,2020年工业全行业二氧化碳排放强度相对于2005年降低了42.8%,与中国承诺的全国碳强度2020年相对于2005年降低40%)45%的约束性指标相仿,可见,碳税征收有利于碳强度减排指标的实现。

就轻重工业而言,轻工业行业拥有比重工业行业低得多的二氧化碳排放强度绝对值,因此,尽管其产出权重较大,但是对加权的工业全行业二氧化碳排放强度的影响还是较小,正如图3(b)所示,工业全行业的碳强度更多受重工业影响。但是样本期间轻工业碳强度降低速度(81.86%)却快于重工业(41.58%),而预测期间,由于碳税征收,重工业碳强度的年均降低速度为21.7%,则高于轻工业的11.9%,而且“十三五”期间相对于“十二五”期间重工业碳强度下降更快了,轻工业下降更慢了。2020年轻重工业二氧化碳排放强度的预测值分别为01.54吨二氧化碳/万元和81.07吨二氧化碳/万元,相对于2005年的01.9吨二氧化碳/万元和15吨二氧化碳/万元各降低了40%和46.2%。图3(b)显示总体上轻重工业的碳强度都和工业全行业一样保持着下降趋势,但是具体分析各行业碳强度预测走势又不尽然。¹

样本期间二氧化碳排放强度有增无减的行业仅有两个,即石油开采业和石油加工业,平均增长率分别为3%和5%,它们在整个预测期间也是仅有的两个碳强度持平甚至上升的行业(变化率分别为-11.5%和2%),这与上述这两个行业的工业增加值预测值在预测期间下降幅度最大有关,也说明了仅仅依靠征收碳税还不足以降低这两个行业的碳排放强度,必须考虑其他更有效的碳减排措施。

具体到一些高新技术产业,如计算机与通信电子设备制造业、交通设备制造业、仪器仪表制造业和电气机械制造业,它们不仅在1980)2008年样本期间碳强度降幅最大,达到-19%至-13%,而且在整个预测期间碳强度的降幅也是最大的,达到-24%至-19%。总而言之,碳税征收对促进工业二氧化碳强度减排的效果是明显的。这与中国承诺的减排力度相仿的碳税征收情景,以及中国作为发展中大国发展仍然是第一要务的国情是相适应的。

六、环境税改革评注

运用方向性距离函数构成的节能减排行为分析模型,本文度量出了中国工业两位数行业在整个改革开放期间的二氧化碳排放边际减排成本,并以此估算未来中国征收碳税税率的合理数值。

基于多项式动态面板模型的预测显示,碳税征收在短期会对工业增加值增长造成负面影响,但是这种负面影响幅度很小,工业增加值更多由其历史信息所驱动,在整个预测期间保持年均

¹ 为节省篇幅,略去图表。

81.8% 的增长速度，其中 /十二五0 和 /十三五0 期间增加值增长分别为 91.8% 和 81.3%。¹ 重工业行业尽管碳税征收的税率较低，但是由于税基较大，其产出仍然比轻工业更容易受碳税征收影响。

碳税征收对工业二氧化碳排放强度降低的作用是明显的。预测结果显示，2020 年工业全行业和轻重工业二氧化碳排放强度将比 2005 年分别降低 42.18%、40% 和 46.2%，与国家承诺的 40%) 45% 的碳强度减排约束性指标相似。然而具体到某些行业，比如石油开采业和石油加工业，碳税征收政策并不足以降低碳强度，应该考虑更有效的减排方式。

总之，碳税征收的总体生态效应是明显的，这是因为碳税一方面可以通过提高能源价格、刺激节能减排和提高能源效率来直接促进碳减排；另一方面可以通过碳税收入的再分配，再投资于低碳技术以及对旧有税制的各种扭曲现象进行调整，从而达到间接减排的效果。因此，本文碳税征收的产出和生态影响预测分析的基本结论是，碳税征收利大于弊，中国环境税改革可以从征收碳税率先开始。

为应对新气候公约和规避发达国家碳关税，中国碳税征收具有实际的紧迫性，起征时间不妨放在度过金融危机的经济复苏时刻，理想时机为 /十二五0 计划伊始，4 万亿元经济刺激投资也会有效减轻碳税征收初期的震荡影响。财政部财政科学研究所课题组也认为可以考虑未来五年内开征碳税。⁶

碳税征收对象为直接向大气中排放二氧化碳的工业单位，计税依据为各单位的二氧化碳排放总量。由于各种化石能源和电力等二次能源的二氧化碳排放系数固定，因此计算简洁，便于税务人员操作，而且这种碳税征收方式相对于对化石燃料产品按其含碳量征税更能够促进工业企业努力减少二氧化碳排放或大力发展节能减排新技术。

碳税征收的税率大小可以以本文预测的碳税理论值为依据，其合理性在于它能带来一个渐进式的二氧化碳减排过程，符合中国发展优先的国情。这是基于随边际减排成本变化，合理调整碳税的原则。本文所度量的碳税理论值虽然较高，但它反映了企业减排成本的实际变化模式，体现了环境税的真实价值。当然，基于保增长考量和实际税率可能低于最优庇古税的情形，同比降低未尝不可。

碳税的征收可以作为环境税改革的初步尝试，不仅涉及未来环境税改革的整体设计，也事关对过去排污收费和相关税收的同步调整。比如准备了十多年的燃油税改革于 2009 年初正式实施，在征收碳税之后还可能进一步开征硫税、氮税、水污染税、固体废物税、噪声税等，对资源税的根本性改革也即将进行。本文所使用的方法可以推广到对碳税以外其他环境税征收的税率大小度量以及经济和生态影响分析。环境税改革初期不可能一下子涵盖所有的污染排放物，所以部分排污收费在一定时期内可能还要与环境税并存。与开征新的环境税税种相对应，对与生态环境有关的现有税制要进行相应调整。

环境税改革是一个系统工程，以碳税为代表的环境税开征还应该与之对应的税制配套改

林毅夫基于中国可以利用后发优势从发达国家引进技术的判断预测中国经济在未来二三十年仍然可以保持年均 8% 的高增长。王小鲁等也预测中国经济在 (2008) 2020 年间仍然可能保持 9% 以上的增长率。本文基于碳税征收情景的工业产出增长预测结果与他们类似。(Justin Yifu Lin, "Is China's Growth Real and Sustainable?" *Asian Perspective*, vol. 28, no. 3, 2004, pp. 5-29. 王小鲁、樊纲、刘鹏: 5 中国经济增长方式转换和增长可持续性6, 5 经济研究6 2009 年第 1 期)

财政部财政科学研究所课题组: 5 中国开征碳税问题研究6, 2009 年。

如果以每吨碳来计算的话，可以把本文预测的按每吨二氧化碳计征的碳税税率乘以 31.67。

革,与一定的税收减免措施同时进行,以保持税收总量不变,即所谓税收中性原则。在进行了环境税改革的国家里,除了芬兰、瑞典和德国外,其他国家基本上都是按中性原则来进行环境税改革。可以说,环境税收入的再分配是实现环境税/倍加红利⁰的重要机制,对环境税收入的正确使用可以最大程度降低环境税征收可能对经济增长等带来的负面影响。比如,环境税收入可以用来降低企业所得税,以提高其市场竞争力,也可以对低收入群体进行补助,以提高其收入水平。环境税收入还可以用来对积极采用新节能减排技术并达到环保标准的企业进行奖励,比如给予税收优惠或者减免政策,甚至对那些受环境税影响较大的能源排放密集型企业,在其作出节能减排规划的前提下,给予税收返还的短期支持。环境税收入的一大用途是继续用于绿色低碳支出,专门用于提高能源使用效率、开发和引进节能减排新技术、开发可再生资源等新能源以及实施植树造林等增汇工程项目等等。

为了加快转变发展方式,占领未来世界经济增长和技术创新的制高点,中国需要这样的环境税改革,即使付出一时的代价也是值得的。张卓元也强调,推进经济增长方式转变的方法之一就是设立和完善有利于资源节约、环境保护和经济增长方式转变的税收制度。¹发展低碳经济是全方位的任务,环境税改革还应当与同属市场机制且控制排放总量很有效的排污权治理方案配套进行,中国的温室气体减排努力也离不开国际合作。⁰最终还必须清醒认识到,对于中国这样一个具有富煤贫油资源禀赋且正处于重型工业化阶段的国家而言,以环境税改革为代表的低碳转型努力更富有挑战性,也更具紧迫性。»

1 责任编辑:梁华 责任编审:许建康²

张卓元:5深化改革,推进粗放型经济增长方式转变⁶,5经济研究⁶2005年第11期。

潘家华和陈迎指出,由于气候变化问题的泛政治化,最终需要国际政治和外交谈判才能解决。(潘家华、陈迎:5碳预算方案:一个公平、可持续的国际气候制度框架⁶,5中国社会科学⁶2009年第5期)

张复明和景普秋指出,为规避资源型经济的/资源诅咒⁰现象,必须实行资源型经济的转型。而林伯强等指出,经济发展和能源需求的阶段性特征、节能减排的基本国策以及气候变暖和温室气体减排的制约则要求中国调整能源结构战略。(张复明、景普秋:5资源型经济及其转型研究述评⁶,5中国社会科学⁶2006年第6期;林伯强、姚昕、刘希颖:5节能和碳排放约束下的中国能源结构战略调整⁶,5中国社会科学⁶2010年第1期)

(6) Marginal Abatement Cost and Environmental Tax Reform in China*Chen Shiyi # 85 #*

From the perspective of promoting carbon emissions reduction and low-carbon transition, the carbon tax rate, when determined, should be sufficient to influence and change emitters behavior so as to realize the institutional value of this environmental tax. An undifferentiated carbon tax policy may be applied in the short term, but in the long run, the carbon tax rate should be gradually raised and be differentiated across industries. Carbon tax imposition will have a negative impact on industrial output in the short run, but the effect will be extremely small. By contrast, the tax will significantly reduce carbon emissions, and thereby help achieve the pledged goal of reducing China's emissions per unit of GDP by 40-45% by the year 2020. For some heavy chemical industries, the carbon tax alone will not be enough to lower carbon intensity and so should be supplemented with other environmental policies.

(7) The Development and Reform of the Policy-making System in Contemporary China*Zhou Guanghui # 101 #*

The policy-making system is the backbone of China's political system and a crucial factor determining its development. The policy-making system with the CPC lying at the core results from the CPC's long history of leading China's revolution and establishing the People's Republic of China; therefore it has historical rationality. Policy-making was centralized over the period from the foundation of the PRC to reform and opening up. This centralized policy-making system had faults such as a low level of specialized division of labor, low institutionalization, an undue emphasis on experiences, a closed policy-making process and the absence of any self-correcting and adjustment mechanisms. The reform of China's policy-making system in the post-reform period has attached much importance to promoting democratic, scientific and law-based policy-making with regard to policy-making structures, modes and mechanisms. Practice proves that this reform has successfully met the challenges arising from rapid social and economic transition. Viewed from the perspective of political development, it involves an evolution from personal to democratic, from experience-based to scientific, from centralized to decentralized, from closed to open, from passive to active participation and from non-institutionalized to institutionalized policy-making. A policy-making model has gradually taken shape that is characterized by CPC domination, involvement of multiple subjects, scientific proof, open process, and law-based operation.

(8) China's Population Aging from the Perspective of Public Policy*Peng Xizhe and Hu Zhan # 121 #*

Population aging will become a universal phenomenon in human society. Its challenge drives mainly from the failure of the existing socio-economic system to cope with the aging process. The intervention of public policy is therefore inevitable. This paper argues that in order to comprehensively deal with the aging problem, it is not sufficient to merely readjust population policies, policy measures focusing on the aged or the policies of certain government agencies. Instead, we need to reconstruct the current public policy system from the perspective of social