

可计算一般均衡模型理论及其在气候变化研究中的应用

Applications of CGE Models Theory to Climate Change study

王 灿 陈吉宁 (清华大学环境科学与工程系 北京 100084)

Wang Can Chen Jining (Dept. of Environmental Science & Engineering,
Tsinghua University, Beijing 100084)

邹 骥 (中国人民大学环境经济与管理系 北京 100872)

Zou Ji (Dept. of Environmental Economics & Management, Remin University of China, Beijing 100872)

摘要 介绍了可计算一般均衡模型(CGE)的基本原理和主要类型,分析了该模型相对于其它经济模型的主要优势。综述了CGE模型在气候政策领域中对温室气体减排的经济成本、社会成本、减排效益、减排政策设计等问题的应用。比较了国内相关研究的现状,结果表明,CGE已经回答了在国际上气候变化研究中人们所关注的许多政策问题,但是国内的研究工作急需加强。从经济理论和参数识别两个角度讨论了CGE模型面临的挑战。

关键词: 可计算一般均衡模型 气候变化 温室气体 减碳 政策分析

1 引言

全球气候变暖已经并将继续对世界各国的社会经济系统和生态系统产生显著影响。国际社会为应对气候变化进行了艰苦的外交谈判以期建立全球合作机制和采取有效的实际行动。应对气候变化的策略主要可分为适应政策和减缓政策。前者指调整人类社会和自然系统,增强其接受气候变化的能力,从而降低危害;后者指直接或间接减少温室气体,如减少人类活动所产生的温室气体或通过增强碳汇来吸收大气中已有的温室气体。比较受关注的是减缓气候变化政策,其中,讨论最多的是与工业活动相关的减排政策,包括市场导向、技术导向、自愿参与、研究与开发等政策。

应对气候变化的行动也必将对社会经济技术发展产生深远影响,如果决策不当,气候保护政策有可能对社会经济系统带来负面效应,制约其发展。因此,在众多可行的气候变化政策进行决策时,许多问题首先应得到解答(例如:哪种应对策略是最优的?应该在什么时候、什么地方实施应对措施?应该由谁来承担应对措施的费用?应该制定什么程度的控制目标?实

现既定减排目标的政策成本是多少、对国民经济的影响有多大……)。尽管这些问题随着气候谈判的进程和《京都议定书》的出台得到了一定程度的回答,但是对它们的研究远没有结束。对于我国而言,温室气体年排放量位居世界第二,仅次于美国。而且估计到2020年前后将超过世界人均排放水平,排放总量达到世界第一。在气候变化谈判上我国已经面临着巨大的国际压力。因此,迫切需要识别关键部门减少温室气体排放和增加吸收汇的潜力及成本,评估国际履约措施和合作机制对我国可能产生的影响,以便制定有利于我国经济发展的谈判对策。

在“气候政策研究中的数学模型评述”^[1]一文中综述了各种政策模拟模型的特点,并指出可计算一般均衡模型(Computable General Equilibrium, CGE)是该领域应用最为广泛的方法。本文将对这一建模理论及其在气候变化政策研究中的具体应用进行讨论。

清华大学985项目 清华大学环境科学与工程系、中国人民大学环境经济与管理系“经济学与政策研究联合项目”之一“气候变化政策研究课题”。

作者王 灿 男,1974年生,1998年毕业于清华大学,现为在读博士生。

2 基本理论

可计算一般均衡模型(Computable General Equilibrium, CGE)源于瓦尔拉斯的一般均衡理论。虽然一般均衡理论早在 1874 年就被正式提出,但是关于一般均衡解的存在性与唯一性直到 1954 年才由阿罗和德布鲁给出证明,而 CGE 模型的真正发展则开始于 1967 年由斯卡夫给出求解市场均衡价格的计算方法之后。尽管只有 30 多年的发展历史,但 CGE 模型已经成为一种规范的政策分析工具,其应用越来越广泛。截至 1995 年,全球正式发表的 CGE 模型就已经达到了 600 多个^[2],近几年来 CGE 模型的开发与应用更是空前活跃,它所涉猎的领域包括环境保护政策、能源政策、国际贸易政策、财税政策等。Decaluwt and Martens^[3]评述了应用于 26 个发展中国家的 76 个 CGE 模型,Gunning and Keyzer^[4]较全面地综述了 CGE 模型在政策分析中的应用,Partridge and Rickman^[5]对区域 CGE 模型进行了系统的总结并提出了 CGE 模型研究的关键领域,包括函数形式、政府部门特征、市场结构、动态机制、参数识别及其敏感性特

征等。随着气候变化问题受到广泛的关注,CGE 在气候政策研究中也愈来愈活跃,成为主要的分析工具之一。

2.1 模型原理

CGE 模型的基本思想为,生产者根据利润最大化或成本最小化原则,在技术约束下,进行最优投入决策,确定最优的供给产量;消费者根据效用最大化原则,在预算约束条件下,进行最优支出决策,确定最优的需求量;均衡价格使最优供给量与需求量相等,资源得到最合理的使用,消费者得到最大的满足,经济达到稳定的均衡状态。CGE 模型是根据一般均衡理论建立起来的反映所有市场活动的应用模型,可用一组方程来描述经济系统中的供给、需求以及市场关系(这些方程隐含了经济主体的优化决策),然后定义需要分析的目标政策变量并在此基础上求解这一方程组,得出各个市场在政策冲击下重新达到均衡时的一组数量和价格,以达到对目标政策进行分析和评价的目的。CGE 模型中一般包括商品的价格与数量、生产要素的价格与数量、制度变量(如政府制定的税率)、表示技术进步的变量、宏观变量等 5 类变量。CGE 模型对经济系统进行描述的基本结构见表 1。

表 1 CGE 模型的基本构成
Table 1 Main structure of CGE Models

	供 给	需 求	供求关系
主体 行为	生产者=国民经济生产部门 生产者追求利润最大化	消费者=居民+企业+政府 消费者追求效用最大化	市场 寻找使市场均衡的价格
方程	生产函数 约束方程 优化条件方程 生产要素的需求方程	消费者效用函数 约束方程 优化条件方程 产品需求方程 生产要素的供给方程	产品市场均衡方程 要素市场均衡方程 居民收支均衡方程 政府预算均衡方程 国际市场均衡方程
变量	商品价格与数量、生产要素价格与数量、制度变量、表示技术进步的变量、宏观变量		

对于生产者(用 i 或 j 表示不同的生产部门),其决策过程表现为选择适当的基本要素投入量 k (用 f 表示不同要素类型)和来自其它部门的中间投入量 x ,并确定相应的产出量 y ,使企业在现有的生产技术水平 $j(\cdot)$ 的约束下实现利润最大化,即:

$$\begin{aligned} \max_{y,x,k} \quad & p_i y_i - C_i(P_j, w_f, y_i) \\ \text{s.t.} \quad & y_i = j_i(x_{ji}, k_{fi}) \end{aligned} \quad (1)$$

式中 y ——产出量;

——利润函数;

x ——中间投入量;

i, j ——分别表示不同的生产部门;

f ——不同要素类型;

k ——基本要素投入量;

C ——成本函数;

p ——产品的价格;

w ——要素的价格;

$j(\cdot)$ ——现有的生产技术水平。

确定具体的生产函数形式 $j(\cdot)$ 后,求解上述最优化问题可以得到生产部门的产品供给函数、中间投入需求函数及要素需求函数。

对于消费者,其决策过程表现为选择适当的消费与储蓄结构,同时确定各种消费品在总消费支出中的

比例,使消费者在给定预算水平 M 的约束下实现其效用函数的最大化,即:

$$\begin{aligned} & \max_{d,s} W(d_i, s) \\ \text{s.t. } & M = \sum_f w_f K_f = p_s s + \sum_i P_i d_i \end{aligned} \quad (2)$$

式中: s ——储蓄;

d ——最终消费需求;

K ——消费者所具有的总要素禀赋。

同生产函数一样,确定具体的效用函数形式 $W(d_i, s)$ 后,求解上述优化问题即可得到消费者的储蓄水平 s 及其对各种产品的消费需求 d 。

然后,CGE 模型通过一系列决定要素与产品市场均衡价格的市场出清方程来实现整个系统的闭合。以不考虑投资、政府及外贸的简化模型为例,上述市场均衡方程为:

$$y_i = \sum_j x_{ji} + d_i \quad (3)$$

$$K_f = \sum_f k_f \quad (4)$$

方程(1)~(4)描述了CGE模型的基本结构。在该框架下,不同的模型开发者根据研究对象的差别,采取不同的部门划分、家庭类型划分、资本划分、投入要素组合、生产函数形式、效用函数形式等具体建模技术与策略,从而产生大量形态各异的CGE模型。具体为,构建与应用CGE模型的一般过程(见图1)。首先,需要某1年的基准均衡数据集,这些数据从市场均衡

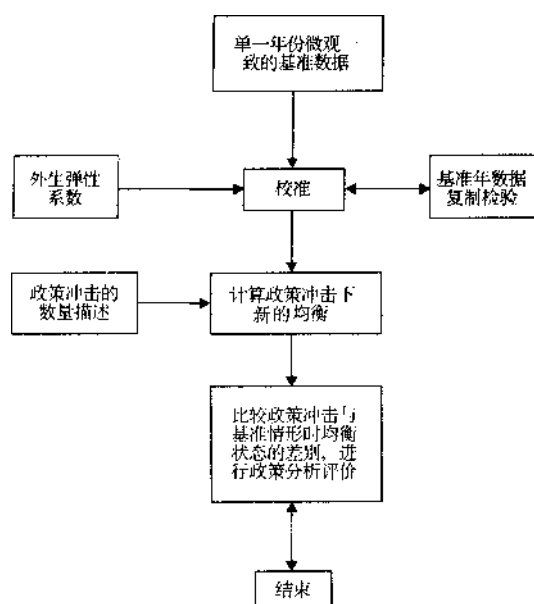


图1 CGE的建模与应用的一般过程
Figure 1 Flowchart of CGE Modelling

的角度应当具有一致性,作为基准年的经济系统被假设处于均衡状态。其次,利用校准过程产生1组模型参数,使模型能够再现基准年的均衡数据,这也就是图中的基准年数据复制检验。然后,就可以进行政策模拟,计算经济系统在外生政策冲击下的新的均衡状态。通过比较基准均衡与政策冲击均衡之间的区别,分析政策措施的影响效果。

2.2 主要类型

2.2.1 第1种分类方式以模型的发展起源和应用目的为依据,分为瓦尔拉斯CGE模型和宏观CGE模型2类。瓦尔拉斯CGE模型是由瓦尔拉斯的一般均衡框架和斯卡夫早期对瓦尔拉斯系统的数学求解工作演化而成,以应用福利经济学为理论基础,是消费者福利最大化和生产者利润最大化的基本竞争均衡的扩展。这类CGE模型的主要目的是分析外部变化对资源最优配置、效率和福利的数量影响,尤其是国家税收和国际贸易政策的影响更受到了特别关注,后来又扩展到了环境政策问题。宏观CGE模型则是从20世纪70年代的多部门分析和宏观模型演化过来的,是发展经济学中常用到的投入产出(I/O)分析和线性规划(LP)模型的逻辑扩展,如将消费与收入相关、数量和价格内生、货币在经济系统里闭合流动等。这类模型的主要目的偏重于定量分析外部冲击或政策变动的短期收入分配、行业增长和贸易平衡影响,而不是资源分配效果。

2.2.2 第2种分类方法主要是以早期宏观模型的理论差别为基础,根据宏观CGE模型的闭合规则不同将其进一步分类。也有人认为瓦尔拉斯CGE模型是一种特殊的宏观CGE模型,即具有新古典经济学闭合^[6]。闭合规则问题在短期宏观CGE模型领域尤其突出,因为这些模型往往与瓦尔拉斯模式和新古典闭合相背离。不同的闭合规则通常对应着不同的经济理论和经济学派,Thissen^[6]将宏观闭合规则分成新古典闭合、新凯恩斯主义或强制储蓄闭合、凯恩斯闭合、约翰逊闭合等7类,并进行了详细讨论。

2.2.3 第3种分类方法根据确定参数的技术分为校准参数模型和计量经济回归参数模型。尽管大多数CGE模型用到了一些通过计量经济回归方法得到的参数,但几乎所有的模型都是以校准法为基础来确定参数。

2.3 特点

CGE模型在经济政策模型体系中的位置如图2所示。

向量自回归(Vector Autoregressive, VAR)模型

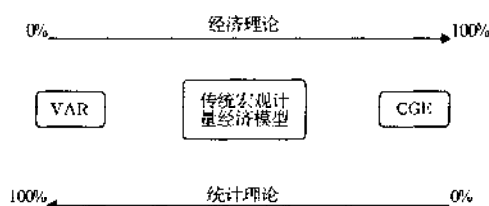


图2 经济政策模型的系统树
Figure 2 Family Tree of Economic Models

认为经济变量是其滞后值的某一函数,完全从统计学的角度来构建经济模式以期解释社会经济现象,其基本建模战略是从数据走向理论,属于经验模式。而CGE模型则正好相反,它具有深厚的理论基础,从理论模型开始,然后寻找符合理论结构的数据,属于机理模型。一般认为当价格、经济结构和宏观经济现象都是重要的影响因素时,CGE模型是一个非常有效的政策分析工具。它能描述多个市场和机构的相互作用,可以估计某一特殊的政策变化所带来的直接和间接影响,以及对经济整体的全局性影响。与计量经济模型相比,CGE模型有着清晰的微观经济结构和宏观与微观变量之间的连接关系,包含对因果关系和行为机制的描述,模型不再是一个“黑箱”,而是可以解释的。与局部均衡模型相比,CGE模型把社会经济系统的整体作为分析对象,从而能反应政策冲击的综合影响。事实上,已经有研究表明,行业局部均衡模型中“其他情况不变”的假设导致了許多应用分析的失败。与投入产出模型或线性规划模型相比,CGE模型考虑了价格对各个产业的影响、允许生产要素之间的相互替代、引入了经济主体的优化决策等,从而能更客观地描述现实的经济系统。

3 气候政策分析中的若干应用

同国际贸易政策、环境保护政策、财税政策、能源政策等领域一样,气候变化政策领域也已经开发出许多CGE模型,用来估计温室气体的排放和分析减碳政策的影响。例如碳权交易模型(CRTM)、动态一般均衡模型(DGEM)、一般均衡环境模型(GREEN)、碳排放路径评估模型(CETA)、温室气体减排政策地区与全球影响评价模型(MERGE)、全球一般均衡增长模型(G-Gubed)、温室气体排放预测与政策分析模型(EPPA)以及Global2100、RICE模型等。这些CGE模型被广泛地用于分析气候政策的影响,其中关注的焦点有:减排的经济成本和为实现某一减排目标所必需的碳税水平;碳税收入不同使用方式的社会成本;减

排政策对不同阶层收入分配的影响、对就业的影响、对国际贸易的影响等;减排政策对公众健康和常规污染物控制的共生效益、减排政策灵活性对温室气体减排的效果及相应的社会经济成本等。

在讨论温室气体减排成本问题时,比较一致的观点是,将这些费用体现在能源价格的变化之中,反映到模型里就是引入减碳政策控制变量(如碳税税率),由这些政策所产生的收入(如碳税收入)就表征了温室气体减排的经济成本。一般通过下列几类方程来实现上述过程:

$$Ec = f(y_e, a_e, e_e) \quad (5)$$

$$P_{et} = (1+g)P_e \quad (6)$$

$$Tc = f(Ec, g) \quad (7)$$

式中: Ec —— CO_2 排放量;

y_e ——各种能源的消耗量,在CGE模型中通常采用货币单位,如亿元;

a_e ——不同能源的热值转换系数, $kJ/元$;

e_e ——能源的碳排放因子, $kg(CO_2)/kJ$;

P_{et} ——征收碳税后的能源价格;

g ——碳税税率;

P_e ——征碳税前能源价格;

Tc ——碳税收入,由 CO_2 排放量及碳税税率决定。

式中, Ec 由 y_e 、 a_e 、 e_e 确定; P_{et} 由 g 和 P_e 计算所得; Tc 由 CO_2 排放量及碳税税率决定。在方程式(5)中,自变量 y_e 是CGE模型的内生变量,因而,可以把因变量 Ec (CO_2 排放量)看作是CGE模型的输出变量;在方程式(6)和(7)中,新引入的 g 是CGE模型的外生参数,或者说是碳税政策的控制变量。因而,可以把碳税后能源价格 P_{et} 和碳税收入 Tc 看作是相应碳税政策 g 作用下由CGE模型所产生的对一般均衡经济系统的反馈变量。

通过上述输出变量和反馈变量,CGE模型可以有效地模拟温室气体减排政策对经济系统的影响。如Yang^[7]和Manne等^[8]分别在EPPA和MERGE模型中引入碳税模块计算了全球不同地区减碳成本的差异;Goulder^[9]用跨期动态CGE模型分析了在美国实施碳税政策的经济影响;Farmer and Steininger^[10]对澳大利亚的减排成本进行了估计;Gottinger^[11]模拟了排放标准、可交易许可证制度、碳税等不同温室气体控制政策对欧盟经济的影响;Zhang^[12]、Garbaccio^[13]用不同的时间递推动态CGE模型分析了在中国限制 CO_2 排放的宏观经济影响,并计算了不同间接税补偿方案所带来的效率改进情况。温室气体

减排政策的其它影响问题也同样得到了 CGE 模型开发者的关注,如 Bollen 用 WorldScan 模型分析了京都议定书联合机制的泄漏效应,McKibbin 用 G-Gubed 模型研究了京都议定书对国际贸易、国际资本流动的影响^[14],Brendemoen^[15]计算了减排政策对收入分配和就业的影响。

在关注减排 CO₂ 成本的同时,许多 CGM 模型的开发者围绕减排政策所带来的共生效益 (co-benefits) 也开展了大量的研究。Burtraw^[16]和 IPCC^[17]分别对这方面的研究进行了综述。在 Burtraw 所总结的 9 项共生效益研究中,3 项是以 CGE 模型为分析工具;在 IPCC 总结的 10 个模型中,有 5 个是动态 CGE 模型。

除了上述成本与效益问题外,CGE 应用于气候政策研究的另一个焦点就是对减碳政策灵活性 (flexibility) 的分析,包括削减对象 (What)、削减地区 (Where)、削减方式 (How) 和削减时间 (When) 4 个方面的灵活性问题。更广义的灵活性问题还包括对减排目标的讨论,即多大强度的削减目标才是最经济合理的。不过,这个问题在很大程度上与减排时间路径是一致的。削减对象的灵活性主要研究多种温室气体与碳汇之间交易时,减排政策的成本与效果,这方面的研究很多,如 Pohjola^[18]用 CGE 模型模拟并比较了对砍伐森林征税和对保护森林进行补贴这两种气候变化政策的效果和宏观经济影响,Reilly^[19]研究了美国在考虑多种温室气体和森林碳汇作用时履行京都议定书的成本。削减地区的灵活性主要研究碳排放信用的交易市场范围(如,只限于欧盟内部或附件 1 国家之间还是允许全球交易)、交易量上限等限制条件对减排效果的影响,Mensbrugghe、Bernstein 和 Babiker 分别用 GREEN、MS-MRT 和 EPPA 模型进行过有关分析^[14]。削减方式的灵活性主要研究成本最有效的减排政策手段。以增加财税收入为特征的碳税政策或可交易排放许可证政策能够促使技术朝低碳方向变革,相对于排放标准而言具有灵活性较大、成本较低的特点。但是,如何使用这些碳收入将会对

减碳政策的社会成本产生重要影响。因此,如何设计合理的碳税政策,使实现减排目标的社会成本尽可能低,甚至是负成本,就成了不少研究者所关心的问题。在这方面,Brendemoen^[15]和 Bye^[20]分别用静态和跨期动态 CGE 模型分析了增加碳税同时减少税收对挪威经济的影响,Wendner^[21]分析 3 种不同的碳税使用措施,并研究了减排 CO₂ 与社会保障系统融资之间能否成为一致的而不是相抵触的政策目标。削减时间的灵活性研究的主要问题是,在给定温室气体的远期浓度控制目标的前提下,什么样的减排时间路径最优。对于这类问题目前存在着比较深刻的对立意见。例如,权威科学杂志《自然》在 1996 年 1 月发表的文章认为^[22],IPCC 提出的许多情景方案,如尽快采取严格的减排措施,并不是成本最低的,Manne 等^[14]用 MERGE 模型比较了京都议定书与其它几种减排路径的费用效果之后发现,为了实现大气中 GHG 浓度控制在 550mg/L 这个长期目标,在京都议定书的基础上采用成本最小的减排措施,要比延迟减排行动的成本有效性最强的减排路径高 40% 左右的费用。

从上述 CGE 模型的应用可以看出,CGE 模型可以回答气候变化政策分析领域中我们所关心的绝大多数问题,而且在实践中已经发挥着重要的决策支持作用,是气候政策研究中的主流分析工具之一。

CGE 模型在我国的应用尚处于初级阶段,表现为有影响的 CGE 模型少,用 CGE 模型研究的气候政策单一,大都集中在我国减排 CO₂ 的宏观经济影响方面。公开发表的几项研究及其主要结论见表 2。大多数全球气候政策 CGE 模型将中国作为单独的区域进行研究,而且还得出了中国减排 CO₂ 的边际成本曲线。

作为发展中国家,我国现阶段面临的主要问题是参与京都议定书的市场潜力到底有多大,哪些行业应该成为我国参与清洁发展机制(CDM)的优先领域。同时,随着气候谈判的压力越来越大,一些中长期的政策问题也迫切需要回答。如,在不同时期我国限排或减排温室气体的边际成本是多大,其变化趋势如何,什么样的限排时间和限排程度不影响我国社会经

表 2 CGE 模型在我国气候政策领域的应用举例
Table 2 Several applications of CGE modeling to China's climate policy analysis

作者	基本问题	主要结论
张中祥 ^[12]	通过碳税研究中国减碳的成本	减碳 20% 的税率为每吨碳 205 元, GDP 将降低 1.5%
马纲等 ^[23]	通过碳税研究中国减碳的成本	减碳 5% 的税率为每吨碳 13.8 元, GDP 将降低 0.22%
Garbaccio 等 ^[13]	通过碳税研究中国减碳的成本	减碳 5% 的税率为每吨碳 9.6 元, GDP 将增加 0.34%

济发展的底线等。对于这些问题,CGE模型都能很好地回答,在国际上也正得到广泛地应用,国内这方面的研究工作急需加强。

4 气候政策CGE模型面临的主要挑战

一般均衡理论提出之初,它所面临的首要挑战是能否求解和如何求解。这两个问题先后被阿罗—德布鲁和斯卡夫等人解决之后,CGE模型得到了迅速的发展。但是,这并不意味着已经完全成熟,事实上,CGE模型还存在着不少难关需要攻克。

CGE模型是以一般均衡经济理论为基础的机理模型,因此,必然需要随着经济理论的发展而不断发展。如何把现代宏观和微观经济理论应用到建模思想和实践中去是CGE无法回避的挑战。各种宏观闭合规则的提出及相应的各种宏观CGE模型类别的形成,可以说就是CGE模型应对这一挑战的产物,如何统一各种宏观闭合规则是CGE建模的前沿理论问题之一^[6]。大多数CGE模型是静态的,因为一方面动态CGE模型需要更多的数据支持,另一方面静态CGE模型已经可以满足许多政策分析的需要。但是,对气候变化的远期影响的模拟,要求模型既可以进行长期经济发展和能源使用模式预测,又能够为减碳政策提供成本分析和社会经济影响评价,这就促成了一些动态CGE模型的产生,如GREEN、EPPA、CETM以及MS-MRT模型等。但是目前CGE模型的动态处理方式一般都是采用递推机制,这在短期模型中有其合理性,而对于长期模拟来说并不合适^[7],需要进一步探索长期动态机制问题。例如,研究如何将宏观经济学中的理性预期、与人力资本积累有关的技术进步等体现到CGE模型的动态机制中去。此外,现代微观经济理论的一些思想,如企业的产品差异、规模经济、产业进出的自由与成本、价格歧视、博弈行为、休闲消费等,也被尝试着在CGE模型中进行合理地描述。

CGE模型面临着典型的稀疏数据下的参数识别问题,用计量经济学方法对它进行参数识别所需要的时间序列数据即使是在信息相对完备的发达国家也十分匮乏。目前还没有理论上合理同时操作性又强的替代方法。所以以基准年数据进行参数校正的方法仍然是CGE参数识别中常用的手段。在发表的文献中,自从1984年Jorgenson首次提出并实现用传统计量经济学方法识别CGE模型参数^[24]以来,只有美国的DGEM模型以及Glomsrod对挪威的研究和McKittrick对加拿大的研究采用了这种方法^[25]。校准

参数的方法使CGE模型受到了计量经济学家们的批评。首先,单一基准年的选择意味着当年观测值中的任何随机反常现象都会被不恰当地体现在模型结构上^[26];其次,校准所得的参数没有可信度度量^[27];其三,模型对于初始条件的敏感性很强^[28]。传统参数估计的方法难以适用于CGE模型,而校准的方法则带来了模型可靠性和稳定性的损害,这可以说是CGE模型最难调和的矛盾之一。应对这一挑战有两种策略:一是从统计手段入手,如对投入产出数据和其他相关社会经济环境数据按时间序列进行编制,加强弹性参数的估计、消费品和技术趋势的估计等。对于CGE模块开发者来说,能动性更大的也许是另一策略——通过对模型进行系统的不确定性分析来校正模型、提高其稳健性。用于CGE模型参数不确定性分析的方法通常包括条件系统敏感性分析^[27]、无条件系统敏感性分析^[29]、高斯求积法敏感性分析^[25]和蒙特卡罗随机模拟^[30]。在这5种方法中,值得推荐的是高斯法和蒙特卡罗法。但是,由于CGE模型的计算量很大,直接用蒙特卡罗随机模拟的方法对参数进行系统地不确定性分析的实例并不多见。例如,Webster^[30]对EPPA进行参数不确定性分析时采用的就是蒙特卡罗随机模拟的一种变化方法——确定性等价模型法(DEMM)。

5 结语

CGE模型以微观经济主体的优化行为为基础,以宏观与微观变量之间的连接关系为纽带,以经济系统整体为分析对象,能够描述多个市场及其行为主体间的相互作用,可以估计政策变化所带来的各种直接和间接影响,这些特点使CGE在政策分析中迅速发展,得到了广泛的应用与认同。在气候变化政策领域的实际应用中,CGE模型回答了人们所关心的大多数问题,成为气候政策决策支持系统中的主流分析工具之一。来自经济理论与参数识别两方面的挑战推动了CGE模型在应用上向各个领域迅速横向扩展的同时,在动态机制、不确定性分析等建模技术上逐步向纵深发展。随着我国在气候谈判中的国际压力加大以及公众参与和决策透明度在我国的增强,气候政策的模拟需求将越来越强烈,反映我国社会、经济、环境特征的CGE模型必将有助于提高我国应对气候谈判的科学依据和推动我国气候政策的科学决策。

6 参考文献

- 1 王灿,陈吉宁,邹骥. 气候政策研究中的数学模型评述. 上

- 海环境科学 2002, 21(7):435~439.
- 2 Cockburn J, Savard L, B Decaluwé. SAGE: a database of studies using applied general equilibrium models, sixth international CGE modeling conference. University of Waterloo, Canada, 1995, 10:26~28.
 - 3 Decaluwt B, A Martens. CGE Modeling and developing economies: a concise empirical survey of 73 applications to 26 countries. Journal of policy modeling, 1988, 10:529~568.
 - 4 Gunning J, M Keyzer. Applied general equilibrium models for policy analysis, in behrman. J and T Srinivasan (eds.), Handbook of development economics, 1995, 3A:2026~2107.
 - 5 Partridge M, D Rickman. Regional computable general equilibrium modeling: a survey and critical appraisal. International regional science review, 1998, 21(3):205~248.
 - 6 Thissen M. A classification of empirical CGE modelling. SOM Research Report 99C01, 1998.
 - 7 Yang Z. A coupling algorithm for computing largescale dynamic computable general equilibrium models. Economic Modelling, 1999, 16:455~73.
 - 8 Manne A, Mendelsohn R, Richels R. MERGE: a model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies. Energy Policy, 1995, 23(1):17~34.
 - 9 Goulder L. Effects of carbon taxes in an economy with prior tax distortions: an inter-temporal general equilibrium analysis. Journal of environmental economics and management, 1995, 29:271~297.
 - 10 Farmer K, K Steininger. Reducing CO₂ emissions under fiscal retrenchment: a multi-cohort CGE-model for Austria. Environmental and resource economics, 1998, 12:255~288.
 - 11 Gottinger H. Greenhouse gas economics and computable general equilibrium. Journal of policy modeling, 1998, 20(5):537~580.
 - 12 Zhang Z. Macroeconomic effects of CO₂ emission limits: a computable general equilibrium analysis for China. Journal of policy modeling, 1998, 20(2):213~250.
 - 13 Garbaccio R, M Ho, D Jorgenson. Controlling carbon emissions in China. Environment and development economics, 1999, 4:493~518.
 - 14 Pan J, Van Leeuwen N, Timmer H, et al. Economic impact of mitigation measures, proceedings of IPCC expert meeting on economic impact of mitigation measures. The Hague, The Netherlands, 1999, 5:27~28.
 - 15 Brendemoen A, H Vennemo. A climate treaty and the norwegian economy: a CGE assessment. The energy journal, 1994, 15:77~93.
 - 16 Burtraw D, M Toman. The benefits of reduced air pollutants in the U.S. from greenhouse gas mitigation policies. RFF report, 1998.
 - 17 IPCC. Climate change 2001, mitigation. Cambridge university press, UK, 2001.
 - 18 Pohjola J. Integrating forests as carbon sinks in a CGE framework, the sixth international CGE modeling conference university of Waterloo. Ontario, Canada, 1995, 10:26~28.
 - 19 Reilly J, R Prinn, Harnisch J, et al. Multi-Gas assessment of the kyoto protocol. Nature, 1999, 401:549~555.
 - 20 Bye B. Environmental tax reform and producer foresight: an intertemporal computable general equilibrium analysis. Journal of policy modeling, 2000, 22(6):719~752.
 - 21 Wendner R. An applied dynamic general equilibrium model of environmental tax reforms and pension policy. Journal of policy modeling, 2001, 23:25~50.
 - 22 Wigley T, Richels L, Edmonds J. Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO₂ concentrations. Nature, 1996, 379(6562):240~243.
 - 23 郑玉歆, 樊明太著. 中国CGE模型及政策分析. 北京: 社会科学文献出版社, 1998, 119~148.
 - 24 Jorgenson D. Econometric methods for applied general equilibrium analysis, in H scarf, J shoven (ed.), applied general equilibrium analysis. Cambridge university press, 1984, 139~203.
 - 25 Abler D, Rodríguez A, Shortle J. Parameter uncertainty in CGE modeling of the environmental impacts of economic policies. Environmental and resource economics, 1999, 14(2):75~94.
 - 26 McKittrick R. The econometric critique of computable general equilibrium modeling. Economic modelling, 1998, 15:543~573.
 - 27 Roberts B. Calibration procedure and the robustness of CGE models. Economics of planning, 1994, 27:189~210.
 - 28 Harrison G, Jones R, Kimbell L, et al. How robust is applied general equilibrium analysis. Journal of policy modelling, 1993, 15(1):99~115.
 - 29 Harrison G, Vinod H. The sensitivity analysis of applied general equilibrium models: completely randomized factorial sampling designs. Review of economics and statistics, 1992, 74(2):357~362.
 - 30 Webster M. Uncertainty in future carbon emissions: a preliminary exploration, MIT joint program on the science and policy of global change. Report, No. 30, 1997.

责任编辑 钟月华 (收到修改稿日期 2002—11—24)

Photo-catalytic Degradation and its Affected Factors of
Trace 1-heptene in Water by Immobilized TiO_2

Li Jizhou

Xu Zheng

Lin Fengkai

(School of Resources and Environmental Engineering, East
China University of Science & Technology,
Shanghai 200237)

On study of photo-catalytic oxidation of trace 1-heptene in water by immobilized TiO_2 showed that this reaction was in conformity with the first-order kinetics law because the rate constant remained at concentration of 1-heptene from 5.26 to 8.96mg/L in water. At pH 5.2 and 8.9, the rate constant and half-life of the reaction were closed to the corresponding value at pH 7.0, which indicated that in certain region, pH value had little effect on photo-catalytic oxidation of 1-heptene. The presence of inorganic anions, such as SO_4^{2-} , retarded the process of photo-catalysis for 1-heptene.

Key words: 1-heptene

Immobilized TiO_2

Photo-catalysis

Affected factor

Comparative Study on College Environmental Science
Textbooks between America and China

Zhang Bin

(Institute of Land Management, Sichuan Teachers'
College, Nanchong 637002)

Current environmental science textbooks in Chinese colleges differ greatly from those in foreign colleges on structure, contents and styles of information. By comparative studies, this paper proposed initially into reconstruction of environmental science textbooks so as to improve the quality of environmental education, including: to combine textbooks with reference books in structure, to enlarge and reinforce examples and practices in contents, to update more quickly, and to be excellent in both pictures and literary compositions in styles.

Key words: Environmental science textbook

Comparative Study

America

China

Application of CGE Models Theory to Climate Change Study

Wang Can

Chen Jining

(Dept. of Environmental Science & Engineering,
Tsinghua University, Beijing 100084)

Zou Ji

(Dept. of Environmental Economics & Management,
Remin University of China, Beijing 100872)

"Computable general equilibrium"(CGE) modeling is one of the effective tools for macro policy analysis, which has been widely applied to the field of environmental and climate policy research. The principles, classifications and advantages of CGE modeling over some other major economic models were firstly introduced. Then the major public concerned issues in the area of climate protection policy that have been simulated by CGE models were surveyed, based on which some comments on China's CGE modeling activities were presented. Finally, the key criticisms on CGE from the viewpoints of dynamic mechanism, macro closure, parameter calibration, uncertainty etc., were discussed.

Key words: Computable General Equilibrium model

Climate change

Greenhouse gas

Carbon mitigation

Policy analysis

Progress on Analytical Methods Used in Microbial
Community Diversity

Chen Xiaoqian

Yin Haowen

(Laboratory of Ecotoxicology
Shanghai Academy of Environmental Sciences,
Shanghai 200233)

Microbial community diversity consists of three interrelated elements: genetic, functional and taxonomic diversity. The analytical methods including cellular configuration, molecular biology and functional diversity, as well as advantages and disadvantages of these techniques have been summarized. This review showed that a suitable method is very meaningful in natural resources survey, environmental monitoring, pollutant treatment and environmental stress research. The trend for analytical techniques are in situ, rapid and high-throughput test.

Key words: Microbial community diversity

Taxonomic diversity

Genetic diversity

Functional diversity