

可计算一般均衡模型在环境经济研究中的应用与展望

Application of CGE Model to Environmental Economy Research

庞 军 邹 骥 (中国人民大学环境学院环境经济与管理系, 北京 100872)

摘 要 本文介绍了可计算一般均衡模型在环境经济研究中的主要应用领域, 评述了典型的应用实例并简要归纳了在环境经济研究中所用可计算一般均衡模型的特点及分类, 指出今后此模型在环境经济研究中的应用需要在如下三个方面进一步拓展: 在分析环境政策的社会经济成本的同时也考虑这些政策的社会经济效益; 加强在区域层次上的应用; 对重大社会事件或活动的环境与经济影响进行综合分析。

关键词 可计算一般均衡模型 环境经济 环境影响 经济影响 政策分析

1 什么是可计算一般均衡模型 (CGE 模型)

可计算一般均衡模型的英文原名为 Computable General Equilibrium Model, 通常简称为 CGE 模型, 是根据经济学家瓦尔拉斯 (Walras) 的一般均衡理论建立起来的反映所有市场活动的经济模型, 它用一组方程来描述经济系统中的供给、需求以及市场关系, 其着眼于经济系统内的所有市场、所有价格, 以及各种商品和要素的供求关系, 要求所有市场都达到供求平衡。同传统的投入 - 产出模型相比, 可计算一般均衡模型引入了通过价格激励发挥作用的机制和政策工具, 从而将生产、需求、国际贸易和价格等有机地结合在一起, 更适合模拟在混合经济 (即既有市场机制的作用, 又有不同程度的政府干预) 条件下, 不同产业、不同消费者对由于政策变化或外部冲击所引致的相对价格变动的反应。

环境系统和经济系统之间存在密切的联系: 首先, 随着人们对环境问题的日益关注, 众多环境政

策被广泛采用, 比如环境标准、环境税、排放贸易等等, 这些环境政策的首要目标是减低污染排放, 但却可能对价格、产量和经济结构产生巨大影响; 其次, 经济行为的变化也会对环境系统产生影响, 比如贸易自由化行为可能导致各国之间资源的重新分配和污染产业的重新组合; 另外, 环境质量的优劣将直接影响到经济运行状况的好坏, 比如空气、水和噪音污染能够影响劳动生产率及消费者的福利^{*}。目前社会各界关注的问题往往集中在: 所提议的环境政策是否会对经济增长带来危害? 这种危害有多大? 拟实施的经济行为是否会对环境系统造成破坏? 这种破坏程度如何? 环境质量在多大程度上制约着经济发展? CGE 模型作为经济学领域有效的实证分析工具, 通过在其中设置相应的环境要素, 能够为回答上述问题提供有力支持, 其在环境经济研究中也正得到越来越广泛的应用。

2 CGE 模型在环境经济研究中的应用

2.1 气候变化政策分析

CGE 模型在环境经济研究中最广泛的应用就是气候变化政策分析, 这也是目前能源与环境领域的热点问题之一。分析的焦点主要集中在: 碳税的经济成本和为实现某一减排目标所必需的碳税水平; 碳税收入不同返还方式的社会经济效应; 减排政策对收入分配和就业的影响; 减排政策对国际贸易的

^{*} 经济学家庇古 (Pigou) 对“福利”的最初定义是指个人获得的效用或感受到的满足, 其后经济学家西蒙·库兹尼兹 (Simon Kuznets) 以 GDP 作为衡量一个国家经济福利的首要指标。近年来, 随着环境保护和可持续发展广受重视, 人们逐步认识到使用 GDP 作为福利量度的局限性, 并从不同角度提出了一些可替代的指标来更好地衡量经济福利, 如: 净国民福利、绿色 GDP、可持续经济福利指数等。

影响；减排政策的共生效益（即在减排CO₂的同时也减少其他空气污染物如SO₂和NO_x的排放）和健康效益；《京都议定书》三个灵活机制对降低减排经济成本的影响等。近年来CGE模型在评估气候变化政策时则更多地将重点放在国际贸易方面，包括福利影响的国际分配、跨地区的国际贸易和投资、碳排放削减政策的国际溢出效应，国际排放贸易的影响等，其主要原因在于《京都议定书》规定了发达国家需承担具有法律约束力的减排义务而并没有对发展中国家提出同样的要求，如果要满足《京都议定书》的要求，发达国家担心本国产品的竞争力被削弱。

下面以比较著名的GREEN模型为例简要介绍这类模型的应用：GREEN模型是一个多地区、多部门的动态CGE模型，模型模拟的时间段是从1980—2050年，模型中世界被划分为4个OECD（经济合作与发展组织）地区和8个非OECD地区，包含有11个生产部门以及1类有代表性的消费者。马丁（Martins）等人^[1]利用GREEN模型比较了控制CO₂排放的各种政策：碳税、能源税以及排放权贸易。模型分析结果显示：要达到给定的CO₂消减目标，各个地区的碳税水平和福利损失有很大的不同，在那些煤炭使用更密集的欠发达地区（如中国、印度和前苏联）要求的碳税水平相对较低；对OECD国家平均而言，通过居民户实际收入来衡量的福利损失到2050年将达到3%~4%左右；能源出口型的最不发达国家福利损失最高，因为这些国家一方面由于征收碳税要增加成本，另一方面还将由于石油出口的显著减少而导致收入降低；碳排放权贸易国际协议的实施将导致福利的显著增加。

2.2 污染控制政策分析

CGE模型在环境经济研究中另一个重要的应用领域就是分析污染控制政策对经济系统的影响。一般说来，污染控制政策手段包括三类：第一类是以各种强制执行的环境法规和标准为主体的命令-控制型政策；第二类是以市场为基础的经济手段（包括污染税费、排污权交易等等）；第三类则是以倡议、指导、教育等为主要形式的劝说型手段。CGE模型主要被用于对前两类政策手段的分析，包括：环境法规和标准的经济成本及对福利的影响；原料税、燃料税或污染排放税对经济的影响及为了实现某一污染控制目标所需要的税率水平；污染排放税对环境质量改善的影响等。例如：乔根生（Jorgenson）等人^[2]利用一个含有35个部门和1类

消费者的CGE模型分析了环境法规对美国经济的影响。他们通过模拟在有或没有环境法规的情况下美国经济的长期增长来估计污染控制的成本（包括污染削减成本、污染控制设施投资成本和机动车排放控制成本）。模型运行结果显示在1974—1985年间由于环境法规导致美国每年的经济增长率降低了0.2%，并且从长期来看，环境法规对美国经济增长的负面影响将显著降低。谢剑^[3]利用一个包含7个生产部门和3个污染治理部门的静态CGE模型分析了在中国采取提高污水排放税率、对污水处理部门给予补贴、对居民户排放的污水和垃圾征税以及加大政府对污水处理服务的支付力度这4组污染控制政策的环境效应和经济影响，同时还评估了实现中国工业废水处理率达到80%这一规划目标的经济影响。模型运行结果指出：一般而言，污染控制政策在降低污染排放的同时对于经济增长有负面影响，所有被模拟的政策都将导致产量、就业和投资的减少。该模型的特点在于其首先将与污染相关的活动和经济活动同时纳入到一般均衡框架中，并且是较早用于分析中国环境政策的CGE模型。宣晓伟^[4]利用一个含有13个部门、2类消费者的静态CGE模型系统分析了在中国征收硫税的经济影响，根据中国的实际情况该模型区分了三种含硫量不同的煤（即高、中、低硫煤），从而可以考虑煤炭之间的替代所导致的SO₂减排。模型运行结果表明：在不同的假设条件下征收硫税会对中国经济造成不同程度的影响；总的来说征收硫税对中国的GDP将带来负面影响，但却有利于经济结构和能源结构的调整，减少SO₂的排放；另外，模型运行结果还显示在生产 and 消费两种征税环节上征收硫税造成的影响差别很小，几乎可以忽略。这一点在现实中具有重要意义，即可以将监控从数目众多的煤炭生产者转向更易控制的煤炭交易市场。

2.3 贸易自由化对环境的影响分析

通过改变现有贸易方式使其向更加自由的方向发展，贸易自由化可能对环境产生积极或消极的影响：一方面，贸易自由化可以通过修正现有贸易政策的不足而对环境产生积极的作用，例如，通过取消用于解决特定环境问题的环保技术和服务的贸易限制来促进环境质量的改善；另一方面，贸易自由化如果在现有对环境不友好的贸易政策基础上得以扩大化，则会对环境带来更大的危害，例如放任危险废物和濒危物种的国际贸易将会对环境带来直接而严重的危害。一般来说，贸易自由化对环境的影

响可以分为四种：与产品和服务贸易相关的产品效应；与市场拓展和经济活动延伸相关的规模效应；与生产和消费活动的分布与强度相关的结构效应；与环境标准和政策相关的规则效应。

CGE 模型已被广泛应用于分析贸易自由化对环境的影响，由于所采用的假设条件和具体设定不同，各模型分析所得出的结论也存在一定差异。例如：丹森斯（Dessus）等人^[5]利用一个针对哥斯达黎加的含有 40 个部门和 10 类居民户的动态可计算一般均衡模型对贸易自由化和污染消减政策之间的相互协调关系做了分析。模型结果显示：如果没有主动的环境改革，贸易自由化行为将使哥斯达黎加的环境存在显著退化的风险；事实上该国在自由贸易下采取的是污染密集型的资源分配和生产组合方式，这样贸易自由化所带来的经济增长将会导致污染总量的增加；而通过对污染型产品采取相应的财政政策（即环境改革），则能够在不妨碍该国经济增长和国际竞争力的情况下，显著降低该国污染物的排放量。该模型的特点在于其中污染排放不是与产出而是与污染性的要素投入相联系，并且允许污染性要素和非污染性要素之间的替代，因此能够实现这类替代的技术调整进行评估；简森（Jansen）^[6]则指出由于许多 CGE 模型采用的是将污染排放因子设定为常数这一假设，所以得出贸易自由化会带来负面的环境后果这一结论。他认为这一悲观的论断忽视了贸易自由化强化规章制度建设的可能性，并提出了“制度优化”假说，认为贸易自由化对环境影响的净效果是正面的。以此假设为基础，他构建了一个 CGE 模型并利用它分析了北美自由贸易协定中的三个国家（美国、加拿大和墨西哥）之间的贸易自由化行为对各自环境的影响，该模型的特点是将其将环境法规的调整处理为收入的函数并内生于其中，从而能够模拟贸易自由化背景下环境法规的调整对污染消减的作用。模型运行结果显示：在许多情况下，贸易自由化对环境都会产生有益的影响，即使对那些以污染型产业为主的国家也是如此；因此在许多情况下，对贸易自由化所引发的环境问题的关注，应该集中在促进贸易伙伴的制度建设上，而不是对贸易自由化行为本身提出责难。

2.4 环境质量对经济系统的影响分析

在经济行为能对环境质量产生影响的同时，环境质量也能影响到经济行为的绩效。比如：空气污染和噪声会降低居民的劳动生产率及其福利；酸雨污染所引起的腐蚀增强会导致资本折旧速度的加

快；酸雨对森林的危害则会导致森林面积的减少并降低其娱乐价值。事实上，人们已经认识到，由于环境质量退化对福利的影响，GDP 或消费的增长并不意味着福利有相同程度的增长，目前对绿色 GDP 的呼唤也正是体现了这种思想。CGE 模型在这方面的应用主要是通过模型中引入环境反馈，考虑环境质量变化所导致的劳动生产率、资本折旧和居民福利的变化，来模拟环境质量对经济系统的影响。例如：布鲁弗（Bruvoll）等人^[7]开发了一个针对挪威经济的动态 CGE 模型，在这个模型中包含有一些重要的环境联系，这些环境联系通过对人体健康、材料和自然的破坏会反馈到劳动和资本的产出效率中，同时环境质量也直接影响到居民的福利。利用该模型，他们计算了环境约束（即环境污染及环境退化）对于产出、消费和整体福利的影响。结果显示当环境约束被纳入到模型中以后，其对挪威经济中产出的影响或许有限，但是由于环境质量的退化所直接导致的福利损失却是相当可观的；并且技术进步越慢，资本折旧率越低，环境约束的社会经济成本就越高。

2.5 其他应用

除了以上主要领域之外，CGE 模型还被广泛应用于分析其他与环境相关的问题，诸如农业环境政策对经济的影响、自然资源保护对经济的影响、人口增长对环境的影响以及旅游与环境之间的关系等等。例如：胡伯法克（Hrubovcak）等人在 1990 年利用一个针对美国经济的含有 12 个生产部门、6 类消费者的静态 CGE 模型对农业、环境和食品安全综合政策的成本与效益做了分析。他们发现旨在同时满足农业收入和环境目标的公共政策面临严峻挑战，难以同时实现全部目标。奥拉托比（Olatubi）等人在 2002 年利用一个静态的区域 CGE 模型，分析了湿地保护计划对美国路易斯安那州经济的影响。模型运行结果显示，该计划对于路易斯安那州整体的经济并没有显著的负面影响，但是对于该州各个部门的影响却存在显著差别。艾伯伦（Abler）等人在 1998 年利用一个含有 15 个部门、1 类消费者的静态 CGE 模型分析了哥斯达黎加的人口增长对于其环境的影响，该模型的特点在于其同时纳入了 10 个环境指标并且分析了人口增长对这 10 个环境指标各自不同的影响。模型运行结果显示：人口增长总体来说对环境具有重要影响；并且不同的环境指标受人口增长的影响程度具有显著差异。阿拉夫拉派提（Alavalapati）等人在 2000 年开发了一个简单的可计

算一般均衡模型,该模型的特点在于其将旅游活动处理为环境损害和价格的函数并内生于其中。他们利用该模型模拟了在一个资源正在被开采的地区中旅游、其他经济活动以及环境三者之间的相互作用。模型运行结果显示,在认为旅游对环境不会产生破坏和会产生破坏这两种不同的假设条件下,对同样的环境政策所造成的影响进行分析,所得结果存在很大差异,这一结论在制定旅游管理政策时可供参考。

2.6 小结

近年来,CGE 模型在环境经济研究中的应用有较快速度的增长,并涉及到与环境问题相关的诸多方面。黄英娜^[8]以谢剑的分类为基础,按照与污染相关的活动并入模型中的不同水平,将在环境经济研究中应用的可计算一般均衡模型分为四种类型:第一类为“应用扩展型”,它实际上是一个标准 CGE 模型的扩展应用,即或者通过利用每单位部门产出或中间投入的固定污染系数来估计污染排放,或者在不改变模型结构的情况下外生改变与环境法规相关的价格和税收;第二类为“环境反馈型”,即在经济系统中引入环境反馈,或者在生产函数中设定污染控制成本,或者对生产的设定进一步扩展到考虑环境质量对产出的影响;第三类为“函数扩张型”,即在模型中不仅对生产和消费函数进行修正,而且还设定污染治理行为或技术的生产函数;第四类为“结构衍生型”,即将环境因素纳入一般均衡框架,对经济系统的结构进行重新划分,除生产与消费部门之外,还增设污染治理部门,并按照与生产部门相同的方式处理。在实际应用中,模型构建者可以根据不同的研究对象和目的选择不同的类型。

3 CGE 模型在环境经济研究中的应用展望

总的来说,目前 CGE 模型在环境经济研究中的应用有两种发展趋势:一种是使模型变得更加精细和复杂,如模型中部门划分更细,消费者类型更多以及模型的非递推动态化等等;另一种则是通过更多地结合经济体的现实特征使得模型更适合环境经济研究,如在模型中内生不完全竞争,技术进步和制度因素等现实经济的特征。当然,这两种趋势之间并没有内在的冲突,CGE 模型的应用往往是在以一种趋势为主的同时也会反映另外一种趋势的某些特征。然而,一个模型所包含现实经济的特点越多,在数学描述上就越困难,特别是当该模型为动

态的时候,因此 CGE 模型的应用在这两个趋势之间必须有所权衡。从 CGE 模型在环境经济研究中的应用来看,使模型更多地反映所要研究的环境及经济系统的现实特征可能是更重要的。随着统计数据的不断丰富和完善、CGE 模型应用技术的不断提高以及数值求解软件的进一步开发,CGE 模型可以在更大程度上保证所需数据的准确性能纳入更多现实世界的特点,并能对更广泛的与环境相关的问题进行分析。

具体而言,今后 CGE 模型在环境经济研究中的应用需要在如下三个方面进一步拓展。(1) 在分析环境政策的社会经济成本的同时,也考虑这些政策的社会经济效益。目前,绝大部分对环境政策进行分析的 CGE 模型只是考虑了实施这些政策的社会经济成本而较少考虑这样做的社会效益,这主要是因为对效益定量化比较困难。然而,如果决策者和公众所了解的都是实施环境政策将导致 GDP、产量、就业和福利的损失而没有相关的社会效益分析,这些环境政策的制定和实施就可能面临较大的阻力,因此将环境政策的社会经济效益也纳入 CGE 模型的分析范围具有重要的现实意义。事实上,通过采用环境经济学中一些经典的环境价值评估方法,能够相对客观地建立起环境质量改善与其经济价值及健康效益之间的函数关系,从而可以在模型中实现对环境政策社会效益的定量分析。(2) 加强在区域(地区)层次上的应用。许多环境问题,尽管在本质上具有全球影响,却是在区域或地区层次上表现出来的,因此有必要在区域层次上利用 CGE 模型实施环境经济研究。目前在这方面虽然已经开展了一些研究,但是同在国家层次上应用的 CGE 模型相比,无论是在应用的广度和深度还是数据基础以及建模理论方面,在区域层次上应用的 CGE 模型都还有很大的发展空间。(3) 对重大社会事件或活动的环境与经济影响进行综合分析。目前 CGE 模型更多地被应用于政策分析,还很少应用于分析重大社会事件或活动的影响,在环境经济研究中的应用也是如此。然而,重大社会事件或活动往往对其所发生的区域具有显著的环境与经济影响,譬如北京奥运会的举办将会大大促进北京市的环境保护与经济发展。重大社会事件或活动的环境与经济影响往往比较复杂,CGE 模型的特点使得它适合分析这类影响。通过适当扩展,CGE 模型能将重大社会事件或活动的环境与经济影响同时纳入其分析框架。在人类要求实现可持续发展的大背景下,各

类重大社会事件或活动的影响不可小视,利用CGE模型,对重大社会事件或活动的环境与经济影响进行综合评估,具有广阔的发展前景。

主要参考文献

- 1 Martins, J.O., et al.. The Costs of Reducing CO₂ Emissions: A Comparison of Carbon Tax Curves With GREEN. 1992, OECD Working Paper No.118
- 2 Jorgenson, D.W. and P.J. Wilcoxon. Intertemporal General Equilibrium Modeling of U.S. Environmental Regulation. Journal of Policy Modeling, 1990, 12(4): 715 ~ 744
- 3 Xie, J.. Environmental Policy Analysis. Aldershot: Ashgate Publishing Company, 1996
- 4 武亚军、宣晓伟. 环境税经济理论及对中国的应用分析. 北京: 经济科学出版社, 2002

- 5 Dessus, S. and M. Bussolo. Is there a trade-off between trade liberalizations and pollution abatement? A computable equilibrium assessment applied to Costa Rica. Journal of Policy Modeling, 1998, 20(1): 11 ~ 31
- 6 Jansen, H.. Induced Institutional Change in the Trade and Environment Debate. Environmental and Resource Economics, 2001, 18: 149 ~ 172
- 7 Bruvoll, A.. Glomsrød S.. and H. Vennemo, Environmental drag: evidence from Norway. Ecological Economics, 1999, 30: 235 ~ 249
- 8 黄英娜、王学军. 环境CGE模型的发展及特征分析. 中国人口、资源与环境, 2002, 12(2): 34 ~ 38

□

(上接第48页)跃发生在青铜器时代到来时,由于生产工具的发展导致由畜牧业为主转向种植业为主;第二次活跃期是在辽建国初,汉民大批迁至关外,大规模开垦土地进行农业生产;第三次沙漠化活跃时期是由于清政府提出垦荒政策,提倡汉族农民越过长城从事农牧业生产活动^[13]。可见,农牧交错地区一直以来不断的受到农业民族和牧业民族的交替管辖,致使这个地区的生态环境十分脆弱,土地出现退化,成为沙漠化较为严重的地区。

4 结论与启示

综上所述,我国北方长城沿线地区每次沙漠化的活跃期恰好也是南方农业民族越过长城向北扩张、进行农业开垦的时期,生态环境恶化表现得极为明显;而当沙漠化程度加剧后,农业生产无法正常进行而向南回撤,牧业重新占据这一地带,沙漠化又开始趋于稳定甚至出现恢复。因此,长城可以作为中国北方地区旱作粗放农业和游牧业的分界线,也可视为旱作农业向北部地区发展的最远安全警戒线。

长城是中国古代文化发展的历史见证,然而,长城位置的变迁除了历代政治集团为了地域扩张或战略防御等因素影响外,从生态学的角度来看,是历史时期以来自然环境与农牧业生产方式在长城沿线地区相互作用的结果,这可以为我国北方地区生

产方式的选择和生态环境建设提供历史借鉴。

参考文献

- 1 赵哈林,赵学勇,张铜会.中国北方农牧交错带沙漠化的成因、过程和防治对策.中国沙漠,2000,6:22 ~ 28
- 2 赵哈林,赵学勇,张铜会,周瑞莲.北方农牧交错带的地理界定及其生态问题.地球科学进展,2002,17(5):739 ~ 747
- 3 中华文明史.第三卷,秦汉.河北教育出版社,1994:
- 4 冯嘉瑞,程连生,徐振甫.万里长城的地理界线意义.人文地理.1995,10(1):50 ~ 55
- 5 竺可桢文集.北京:科学出版社,1979
- 6 董玉祥,刘玉璋,刘毅华.沙漠化若干问题研究.西安地图出版社,1995.
- 7 刘宗超,生态文明观与中国可持续发展走向.中国科学技术出版社,1997. 15
- 8 叶文虎,宋豫秦.从“两条主线论”考察中国文明进程.中国人口、资源与环境,2002,12(2):1-4.
- 9 中华文明史.第八卷,明代.河北教育出版社,1994
- 10 田广金,史培军.中国北方长城地带环境考古学的初步研究.内蒙古文物考古,1997(2):44 ~ 51.
- 11 项晓静.长城——农耕文明的防卫线.安康师专学报,2003,3:40 ~ 43.
- 12 张强,赵雪,赵哈林.中国沙区草地.北京:气象出版社,1998
- 13 邹逸麟.明清时期北部农牧过渡带的推移和气候寒暖变化.复旦大学(社科版),1995(1):25 ~ 33.

□