

含有资源与环境账户的 CGE 模型的构建^{*}

高颖¹ 李善同²

(1. 北京师范大学社会发展与公共政策研究所, 北京 100875; 2. 国务院发展研究中心, 北京 100010)

摘要 自改革开放以来, 中国经济获得了飞速发展; 但与此同时, 经济增长日益受到资源供给量和环境承载力的严重制约, 严峻的现实敦促学术界创新和拓展传统的经济学理论, 将资源、环境问题纳入综合的社会经济分析框架中, 也要求政府部门采取有效的环境政策, 走可持续发展的道路。为了在一个综合性的框架下全面分析外部冲击或政策变动所造成的影响, 本文在传统基准 CGE 模型的基础上引入了资源和环境方面的核算账户, 并通过增加和修正方程, 在 CGE 模型中纳入了对资源与环境问题的刻画, 从而建立了一个具有较强通用性的政策分析工具。文章论述了扩展建模的主要思路、方法和应用。

关键词 CGE 模型; 资源环境核算; 政策模拟

中图分类号 F221; F019.1

文献标识码 A

文章编号 1002 - 2104(2008)03 - 0020 - 04

自产业革命以来, 科技进步和工业化进程的加快引起了世界经济的迅速增长, 但对资源的过度采掘、对环境的超出其自净能力的污染使人类与自然的关系也日趋紧张。多年来, 我国政府在保护资源环境方面做出了许多努力, 但成效并不尽如人意。环境政策制定与推行的困难在很大程度上源于政策实施结果的不确定性, 各主体之间的复杂关系在客观上决定了政策执行过程中必然产生连锁反应与反馈效应, 而理想的政策设计无疑需要在解决问题、达到目标的基础上保证各方面利益的均衡。因此, 在一个综合框架下考察政策效果是非常重要的。本文扩展建立了一个含有资源与环境账户的可计算一般均衡 (Computable General Equilibrium, CGE) 模型, 通过模拟可以对政策效果进行量化分析, 并比较全面地考察一项政策在社会、经济、资源和环境等多个领域所产生的影响和作用。

1 CGE 模型及其在环境问题研究中的应用

近年来, 越来越多的研究运用 CGE 模型来评估环境政策对社会经济、财政和环境所产生的影响, 这在很大程度上源于 CGE 模型自身的优势, 正如 Conrad 和 Schroder 所评述的: “旨在控制污染物排放的环境政策会对价格、部门产出、产业结构等产生很大的影响, 在这种情况下, 一般均衡分析显然要比其它局部性分析方法更能全面揭示环境政策所产生的效应。”^[1]

环境 CGE 模型的开发和广泛应用始于上个世纪 80 年代末, 由于分析问题的侧重点不同, 模型扩展的角度和方式也各有特色, 大体上可以归纳为如下四种情形: 最简单的方法是在传统标准化 CGE 模型的基础上对生产部门或者要素进行分类细化处理, 并将环境方面的变量与相关部门联系起来, 而无需改变模型的基本假定和结构^{[2][3]}; 第二类方法是在基准模型中引入新的方程模块来刻画与环境、能源等相关的问题, 且新增模块直接与所研究的问题紧密相关^[4]; 第三类方法通过对生产函数或消费函数的扩展和改造将环境效应反馈到经济系统中, 在环境 CGE 模型的扩展建模中使用最为广泛^[5]; 最后一类方法则是从投入产出表 (IO) 或社会核算矩阵 (SAM) 入手, 引入与资源、环境相关的核算账户, 从而改造和扩展模型的数据基础^{[6][7]}。

本文在模型扩展方面主要借鉴了最后一类方法的思想, 将资源与环境账户纳入到 CGE 模型的框架中, 其它三类方法也为建模提供了重要参考。

2 资源与环境账户的引入

传统 CGE 模型在描述经济主体的行为时仅仅考虑了生产、消费等活动的纯经济性的一面, 而未将资源环境损耗及相应的保护活动计入其中。事实上, 生产消费活动具有很强的外部性, 在现实中经济活动同自然资源与环境之间存在一个相互作用的反馈机制, 如图 1 所示。

收稿日期: 2008 - 01 - 14

作者简介: 高颖, 博士, 讲师, 研究方向为一般均衡理论与建模、政策模拟分析。

^{*} 国家自然科学基金重点项目 (编号: 70233002) 资助。

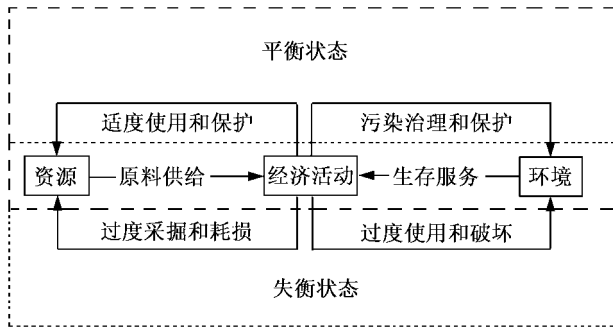


图1 资源、环境与经济活动之间的影响反馈机制

Fig. 1 Feedback mechanism between resource, environment and economic activities

只有对资源和环境的适度使用并及时采取保护措施,才能使资源、经济、环境三者处于良性循环的平衡状态,如图1中的上虚线框所示;相反,不加任何防护与补救措施的资源环境滥用必然导致经济与环境之间负反馈的失衡状态,如图1中的下虚线框所示。因此,一个完整的平衡状态应该包含资源的使用和补偿,以及环境的损耗和治理。在传统产业部门的基础上,本文引入了资源恢复和污染治理账户^[8]。

“资源恢复”意味着资源的再生产,即通过资本和劳动的投入,使自然资源不断更新、积累的过程。资源恢复部门的总投入包括中间产品投入和要素投入等,其产出形成新的资源储备,即本期资源经常拥有量,供下期使用。

污染治理部门(如污水处理、垃圾回收等部门)被视为具有独立经济利益的单位,在运作中也消耗一定的中间投入和要素投入,其产出不是具体可用的产品,而是以达到排放标准为目的的无形的净化服务;这种服务既包括在中间投入环节提供给生产性部门的工业治污服务,也包括在最终消费环节提供给居民的生活污染治理服务。

此外,本文还引入了一个重要的虚拟账户——自然禀赋要素账户,用以核算传统经济理论所忽略的资源与环境成本^[9],其本质上包含于资本要素投入之中,是企业应当支付给大自然而实际上并未支付的环境红利。

3 含有资源与环境账户的 CGE 模型的构建

3.1 基准 CGE 模型的框架结构

本文用以扩展研究的模型原型为 DRCCGE 模型,并进行了适当的简化处理,简化后的模型原型包括 17 个产业部门,劳动力、土地和资本三大类生产要素;收入分配的主体包括居民、企业、政府和预算外账户,收入分配的结余进入储蓄账户,居民按照地区区分为城镇和农村两大类;贸

易方面设置一个“国外”账户,即将所有的对外贸易国看作一个整体,产品在国内外市场的供给以 CET 函数来刻画。

模型假定农村居民获得全部的土地租金,并从农业劳动力和生产工人两类要素中获得劳动收入;城镇居民的劳动收入则来源于生产工人和专业技术人员。居民需求函数由扩展的线性支出系统(EL ES)刻画。政府的收入主要来自增值税、营业税、关税、企业直接税、个人所得税等各类税收,此外也来自一些转移收入。社会总消费和投资需求用固定支出份额的函数来刻画。

基准模型采用新古典的宏观闭合原则,政府的实际支出外生于模型,真实政府储蓄内生于政府的预算平衡;总投资由储蓄的各组成部分之和内生决定;模型通过汇率将世界价格转换为国内价格,并通过真实汇率的内生调整以实现对外账户的平衡。

3.2 生产结构与要素投入的扩展描述

为了突出能源在生产中的作用,扩展模型将能源投入单独嵌入生产结构,并在土地、资本和劳动力之外引入了虚拟的“自然禀赋”要素,以刻画大自然对生产活动的贡献。

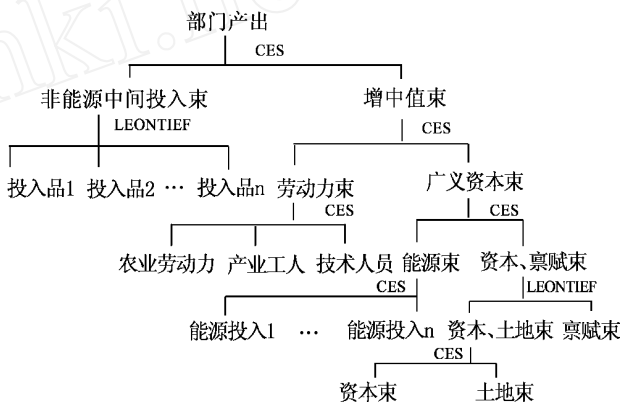


图2 扩展模型对生产技术的描述

Fig 2 Description of technology in the extended CGE model

在图2所示的多层嵌套的生产结构中,第一层次把非能源中间投入束和初始的要素投入(增加值束)以 CES 函数形式合成部门总产出,其余的基于基准 CGE 模型的改造体现在:在第三层次的广义资本束以 CES 结构被进一步分解为能源束和资本-土地-禀赋束;在第四层次,能源束被具体分解为各类能源品的投入,模型假定不同的能源投入之间存在一定的替代可能性(比如煤炭与石油、天然气的替代),因此各类能源投入以 CES 结构合成能源束;同时,资本-土地-禀赋束被分解为资本-土地束和自然禀赋束,作为必要且不可替代的投入要素,自然禀赋以固定比例进入方程,与资本-土地束以 Leontief 函数的形式合成。

在基准模型基础上的新增方程包括：

各部门对能源束的需求：

$$ENP_j = \alpha_{e,j} \left[\frac{PKEF_j}{PENP_j} \right]^{\sigma_j} KEF_j$$

能源束的价格：

$$PENP_j = \left[\sum \alpha_{re,j}^p \left(\frac{PA_{re}}{\lambda_{ep,j}} \right)^{1-\sigma_j} \right]^{1/(1-\sigma_j)}$$

各部门对能源束的中间投入需求：

$$XAP_{re,j} = \frac{\alpha_{re,j}^p}{\lambda_{ep,j}} \left[\frac{\lambda_{ep,j} PENP_j}{PA_{re}} \right]^{\sigma_j} ENP_j$$

各部门对自然禀赋的需求：

$$N_j^d = \frac{\alpha_{nr,j}}{\lambda_{nr,j}} \left[\frac{\lambda_{nr,j} PKTF_j}{(1 + \delta^{nr} T_j^{nr}) PNTR_j} \right]^{\sigma_j} KTFV_j$$

方程中的 α 、 σ 和 λ 分别为份额参数、弹性参数和效率

因子,下标 j 和 re 分别代表一般产业部门和能源部门,KEF 和 PKEF 分别表示各部门对广义资本束的需求和广义资本束的价格,PA 表示能源品的阿明顿价格,PKTF 和 PNTR 分别表示资本 - 土地 - 禀赋束的价格和自然禀赋要素的价格,KTFV 表示各部门对资本 - 土地 - 禀赋束的需求。

3.3 要素收入和分配的扩展描述

相对于基准模型,扩展模型将自然禀赋的回报从企业收益(主要是资本回报)中分离出来。对于资源恢复部门和污染治理部门,扩展模型假定当年恢复的资源不参与当年的生产,而是进入下一年的生产过程,污染治理部门的净化服务所引致的环境容量的扩大也作为存量处理,这样,资源恢复和污染治理部门的自然禀赋收入就成为大自然的储蓄(S^{nr}),其余部门的自然禀赋收入则成为企业收入的一部分,即当期生产过程中应当支付而未支付的自然禀赋租金,在模型中体现为企业红利。

在基准模型基础上新增和修正的方程包括：

企业的总收益：

$$CY = \chi^k KY + NY + S^{nr}$$

企业的资本总收益(资本收入减去转移性支出)：

$$KY = \sum R_i K_i^d - ERG TR_i^c$$

自然禀赋的总收益：

$$NY = \sum PNTR_i N_i^d$$

大自然当期储蓄：

$$S^{nr} = \sum PNTR_{ri} N_{ri}^d + \sum PNTR_{pdi} N_{pdi}^d$$

方程中 $PNTR$ 和 N^d 分别表示自然禀赋的价格和各部门对禀赋的需求, R 和 K^d 分别表示部门资本回报率和各部门对资本需求, ER 表示汇率, TR_i^c 表示转移到国外的资本收入,下标 ri 和 pdi 分别代表资源恢复部门和污染治理部门, χ^k 表示资本收入中企业的分配份额。

3.4 环境影响评价模块

为了描述和评价生产过程中的污染,扩展模型引入了环境影响评价模块,对各产业部门在中间投入、生产和消费环节产生的污染排放量进行核算。

该模块下的主要方程包括：

各部门在中间投入环节的各种污染排放量：

$$EMI_{i,p}^n = \sum \frac{\Omega_{i,j,p}^n}{XAP_{j,i,0}} XAP_{j,i}$$

各部门在生产环节的各种污染排放量：

$$EMI_{i,p}^o = \frac{\Omega_{i,p}^o}{XP_{i,0}} XP_i$$

各部门在最终消费环节的各种污染排放量：

$$EMI_{i,p}^c = \frac{\Omega_{i,p}^c}{\sum XAC_{ih,0}} \sum XAC_{ih}$$

各的污染总排放量：

$$EMI_{i,p}^t = EMI_{i,p}^o + EMI_{i,p}^c + EMI_{i,p}^n$$

各种污染物的总排放量：

$$TEMI_p = \sum (EMI_{i,p}^o + EMI_{i,p}^c + EMI_{i,p}^n)$$

方程中的参数 Ω 为基年各生产部门的污染排放量,与相应环节的投入量或消费量相除即得到污染排放系数矩阵, XAP 、 XP 和 XAC 分别表示各部门的中间投入需求、总产出和最终消费,下标 i 、 p 分别代表部门和污染物的种类。

3.5 扩展模型的数据基础

将模型用于现实问题的模拟分析,需要确定各方程中的份额参数、分配系数、弹性等参量。通常,模型中的替代和收入弹性、转移弹性等可参照相关文献中的经验估计结果外生给定,份额参数和分配系数则使用某一基准年的与模型结构一致的均衡数据集(即社会核算矩阵,SAM)来进行标定。

本文扩展构建的 CGE 模型引入了有关资源、环境的新的核算账户,因此在建模时需要按照模型的部门结构编制含有相应资源、环境账户的 SAM,在此基础上完成模型参数的标定。由于模型按照“资源使用—恢复—净消耗”和“污染产生—治理—净排放”的闭合核算方式进行扩展,因此建模应用中可以根据研究问题的特点和需要灵活选择有限的资源及污染物种类,完全没有必要构造无所不包的核算矩阵,这就大大增加了该扩展模型在现实中的应用的可行性。

4 结 论

本文以经济学的一般均衡理论为依据,在传统 CGE 模型的基础上扩展建立了一个含有资源与环境账户的 CGE 模型,从而为政策效果的模拟和分析提供了一个综合

性的框架。通过该模型框架下的模拟结果,我们不仅可以了解环境政策所引致的宏观经济影响和社会福利效果,而且能够评判经济政策对资源和环境所产生的影响,以及经济主体的行为变化对资源和环境所产生的积极效应(比如资源节约、污染治理)和消极效应(比如污染排放量、资源消耗量),并通过对可控政策变量的不断调整,考察最终实现社会、经济、环境等多方面目标的协调的可能性。当政策目标涉及到节能、环保等问题时,这样一个全面、综合的模型框架无疑是更为科学和得力的分析工具。

(编辑:刘呈庆)

参考文献(References)

[1]Conrad, K. and M. Schroder, Choosing Environmental Policy Instruments Using General Equilibrium Models [J]. Journal of Policy Modeling, 1993, 15 (5&6): 521 ~ 543.

[2]Roy Boyd, Kerry Krutilla, W. Kip Viscusi, Energy Taxation as a Policy Instrument to Reduce CO₂ Emissions: A Net Benefit Analysis [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1995, 29: 1 ~ 24.

[3]Frank Scrimgeour, Les Oxley, Koli Fatai. Reducing Carbon Emissions? The Relative Effectiveness of Different Types of Environmental Tax: the

Case of New Zealand [J]. Environmental Modeling & Software, 2005, 20: 1439 ~ 1448.

[4]Manne, Alan, Robert Mendelsohn & Richard Richels. MERGE: a Model for Evaluating Regional and Global Effects of GHG Reduction Policies [J]. Energy Policy, 1995, 23(1): 17 ~ 34.

[5]Kemfert, Claudia & Heinz Welsch, Energy-capital-labor Substitution and the Economic Effects of CO₂ Abatement: Evidence for Germany [J]. Journal of Policy Modeling, 2000, 22 (6): 641 ~ 660.

[6]Budy P. Resosudarmo & Erik Thorbecke. The Impact of Environmental Policies on Household Incomes for Different Socio-Economic Classes: the Case of Air Pollutants in Indonesia [J]. Ecological Economics, 1996, 17: 83 ~ 94.

[7]Xie, Jian & Sidney Saltzman. Environmental Policy Analysis: an Environmental Computable General Equilibrium Approach for Developing Countries [J]. Journal of Policy Modeling, 2000, 22 (4): 453 ~ 489.

[8]丁言强,王艳等译. 国民核算手册:环境经济综合核算 2003 [M]. 北京:中国经济出版社,2005. [Ding Yanqiang, Wang Yan. Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003 [M]. Beijing: China Economic Publishing House, 2005.]