

# CGE 模型在资源环境 经济学中的应用

张 晓 张希栋

**摘 要** 作为政策模拟与政策分析模型的主流工具之一，可计算的一般均衡（CGE）模型因其具有可以将经济、能源和环境等多领域问题放在一个模型中联合考虑以及模拟政策变动对多个子系统的冲击效果具有系统分析问题的优势，正在被广泛应用于资源与环境经济学领域。作者分别考察近年来（重点为 2010 年以后）国内外学术界在经济—能源—环境（简称 3E）综合分析以及 CGE 模型在资源、环境（包括贸易与环境）等方面的应用情况，归纳各种 CGE 模型的应用特点及适用范围，为深入利用 CGE 模型进行资源环境学研究提供全景式文献评述。

**关键词** CGE 模型 资源经济学 环境经济学

【中图分类号】F205 【文献标识码】A 【文章编号】2095-851X (2015) 02-0091-22

## 一、引言

20 世纪 80 年代以来，随着全球资源消费量的迅猛增长以及生态环境问题的日益严峻，人类社会的生存质量受到了很大影响，可持续发展面临着严峻的挑战。可计算的一般均衡（Computable General Equilibrium, CGE）模型具有系统性分析问题的优势，可以将经济、能源和环境等涉及多领域的问题放在一个模型中综合考虑，从而模拟政策变动对多个子系统的冲击效果。因此，CGE 模型在世界范围内得到了广泛应用，已经成为政策模拟与政策分析的主流模型之一，被大量地应用于资源（包括能源）经济与生态环境经济的政策模拟研究。

【基金项目】中国社会科学院哲学社会科学创新工程项目“促进生态文明建设的绿色发展战略与政策模拟研究”。

【作者简介】张晓（1957-），中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员、教授、博士生导师，邮政编码：100732；张希栋（1990-），中国社会科学院研究生院数量经济与技术经济系博士研究生，邮政编码：102488。

致谢：感谢审稿专家匿名评审。

CGE 模型以经典的微观经济学理论（一般均衡理论）为基础，在世界各地被开发出规模、种类不尽相同的模型。一般而言，它可应用于经济政策不同方案的模拟，属于实用型经济模型。与经济计量模型不同，CGE 模型借助投入产出分析框架，以价格为纽带，将经济系统中的经济主体、经济要素等连接起来，并纳入到一个系统内进行考察。因而 CGE 模型更注重经济系统内部结构，注重系统要素之间的相互作用关系。CGE 模型通过一系列能够刻画经济主体的行为方程，经过不同程度的模块化简化，在保持经济系统理论均衡的前提下，通过改变现行某一政策变量，模拟其对各经济、各主体产生的影响，为设计和制定政策提供定量参考依据。

CGE 模型在资源环境经济学中的应用主要涉及资源（包括水资源、土地资源、能源）领域的政策影响，例如：资源税、资源影子价格、资源价格以及资源利用效率激励等；生态环境（包括温室气体排放、大气污染、水污染、贸易与环境等等）规制政策，如环境税、生态补偿等。在实际应用中，CGE 模型可根据其是否考虑时间因素而区分为静态模型和动态模型两类；还可按照其模拟对象的地区范围分为单一区域模型、多地区模型及世界多国模型。

## 二、3E - CGE 模型的应用

由于对温室气体减排政策进行数量分析涉及经济、能源和环境等领域，已经成为典型的 3E 问题，因而本文试图以此作为 3E - CGE 模型应用的特例来进行讨论。

为了应对全球气候变化问题，各国纷纷采取不同的节约能源、减少碳排放政策。节能减排政策的实行必然会对经济产生影响，因而，节能减排政策如何在减少碳排放以及对经济和人民生活的影响之间进行权衡，已经成为研究的热点。

国际上较早的环境规制或气候变化 CGE 模型有：Jorgenson 和 Wilcoxon（1990）的跨期一般均衡模型（Intertemporal General Equilibrium Model, IGEM）模型、McKibbin 和 Wilcoxon（1998）的 G-Cubed 模型，这些模型的开发对后人进行相关研究具有开拓性意义。

温室气体减排的 CGE 模型应用研究文献主要集中于如何利用碳税、碳关税和碳交易市场等环境经济政策工具。下面分别讨论：

### （一）碳税征收政策模拟

碳税的核心问题是，认为那些使用含碳燃料或产品的消费者并未承担他们消费行为应承担的所有费用。征收者需要测算使用化石能源的含碳量，并以此作为征税的依据。征收碳税的目的是提高高碳能源的使用成本，一方面，促使生产者采用低碳或清洁能源；另一方面，促使消费者降低能源密集型商品的消费，从而削减二氧化碳排放。

中国一些学者通过静态 CGE 模型对本国的碳税问题做了政策模拟研究，如郑玉歆、樊明太（1999）较早地运用 CGE 模型对中国征收碳税问题进行研究；贺菊煌等

(2002) 构建了一个研究中国环境问题的 CGE 模型, 通过将生产税进一步细分为产值税、增值税和碳税三个部分, 研究征收碳税对中国二氧化碳减排的效果以及对国民经济的影响。模拟结果表明, 征收碳税对国民经济影响较小, 因此, 碳税的征收可以起到降低碳排放而又不给宏观经济产生较大负面冲击的作用。魏涛远、格罗姆斯洛德 (2002) 同样利用一个中国的 CGE 模型, 分析了征收碳税对中国经济和温室气体排放的影响。模拟结果表明, 征收碳税尽管可以降低二氧化碳排放量, 但会使中国经济状况恶化。结论是, 通过征收碳税可以促进减排, 其经济代价较高。何建武、李善同 (2010) 运用多区域 CGE 模型, 对全国各地实行统一碳税政策进行研究。结果表明, 全国统一的碳税政策虽然能够降低各省碳排放水平, 但是降低幅度存在地区差异。特别是征收碳税对各地区能源行业的负面影响较大。此外, 碳税还会使地区整体福利下降、扩大地区福利差异水平。姚昕、刘希颖 (2010) 构建了在增长约束下基于福利最大化的动态最优碳税模型, 试图得到最优碳税征收路径。他们通过 CGE 模型研究了不同碳税水平对碳排放、能源效率和产业结构的影响, 认为最优碳税对 GDP 影响较小, 而对降低碳排放以及降低单位 GDP 能耗有显著效果。樊星等 (2013) 通过引入碳税和碳排放变量, 构建了中国能源 CGE 模型, 针对碳减排、碳税和能源结构调整三个不同的能源政策进行比较分析, 认为单一的能源政策效果不佳, 应该采取一揽子的系统减排政策。周晟吕等 (2012) 综合考虑碳排放强度下降的目标以及非化石能源的发展目标, 把碳税政策与非化石能源发展相结合, 分析碳税收入对于发展非化石能源的作用及其对实现减排目标的贡献。

也有学者通过动态 CGE 模型对中国的碳税问题进行研究。动态 CGE 模型由于包含一个经济体系 (特别是投资) 的积累过程, 增加了模型模拟中长期政策冲击和预测的能力 (郭正权等, 2014), 因而具有较好的应用前景, 引起了学界的重视。Garbaccio 等 (1999) 利用动态 CGE 模型研究了在计划经济与市场经济体制共同存在条件下碳税对中国经济的影响。Liang 等 (2007) 建立了递归动态 CGE 模型, 分析了碳税政策对中国宏观经济及能源密集型产业的影响。模拟结果显示, 增加碳税会对产出产生负面影响, 由此建议, 在征收碳税的同时对相关能源行业给予补贴。胡宗义等 (2011) 构建的动态 CGE 模型探讨了不同返还机制下碳税的影响。

国外研究碳税的主要文献有: Kumbaroğlu (2003) 构建了一个动态的能源环境 CGE 模型, 对土耳其能源税和碳税进行了研究, 结果表明, 碳税较之于能源税对环境改善的作用更为明显。Bruvoll 和 Larsen (2004) 对挪威征收碳税的影响进行了研究, 模拟结果表明, 单位 GDP 的碳排放虽然降低了, 而碳排放总量却有所增加。Wissema 和 Dellink (2007) 运用 CGE 模型研究了爱尔兰征收碳税对减少碳排放总量的效果, 结果显示, 碳税设置在每吨 10 ~ 15 欧元时, 能够达到碳排放总量比 1998 年降低 25.8% 的碳排放总量减排目标。Orlov 和 Grethe (2012) 针对俄罗斯的情景构建了 CGE 模型, 模拟了在不同条件下征收碳税对俄罗斯经济产生的不同影响。Siriwardana 等 (2013) 对澳大利亚 2012 年实行碳税政策对经济的影响进行了研究。

模拟结果显示,短期内虽然碳排放会降低12%,但实际GDP也将降低0.68%,而如果没有相应的补偿机制,碳税对低收入群体影响较大。Orecchia和Parrado(2013)将非二氧化碳温室气体纳入CGE模型的分析框架,对欧洲基于二氧化碳以及基于全部温室气体的碳税政策进行了比较分析,对比结果显示,基于全部温室气体的减排政策相对而言成本较小。Dissou和Sun(2013)分析了劳动力市场刚性条件下加拿大碳减排政策的影响,结果表明,当把补贴一次性支付给居民时,减排政策对就业与福利均有负面影响;而当把碳税收入补贴给减少的工资收入时,税收可以达到较好水平,且收益超过减排成本。Miyata等(2013)运用CGE模型评价了印度尼西亚城市孟加锡对所有产业部门征收碳税的经济影响。Abe和Hayashiyama(2013)运用多区域CGE模型对日本的碳税政策进行了模拟,计算了各地区以及各产业部门的成本和收益,结果显示,碳税征收对不同地区以及行业的影响有显著差异。

## (二) 碳交易市场模拟

在碳交易市场中,单位碳减排在不同国家之间存在着成本差异(如发展中国家能源效率低、减排空间大、成本低),实行碳交易是通过市场机制使碳减排发生在单位成本更低的地方。国外将CGE模型运用到碳交易领域的相关研究有:Lokhov和Welsch(2008)运用CGE模型对俄罗斯与欧盟之间的碳交易市场进行了研究,发现碳交易除了对欧盟国家有利之外,也对俄罗斯的经济增长以及福利水平有正向作用,但是俄罗斯的产出水平会有所下降。Loisel(2009)运用动态CGE模型对罗马尼亚在碳交易市场条件下技术进步对碳排放以及经济增长的影响进行研究。Abrell(2010)运用多区域CGE模型对在欧盟碳排放交易体系下,是否包含交通部门以及是否对交通部门进行排放管制等问题进行了多项分析,结果表明,包含交通部门的欧盟碳排放体系是最优的;从福利的角度而言,免除对交通部门的排放管制是有利的。Vöhringer(2012)运用动态CGE模型研究了2012年瑞士碳排放贸易体系并入欧盟碳排放交易体系之后对瑞士宏观经济以及产业的影响。He和Gao(2012)运用CGE模型对欧盟将航空业纳入欧盟碳排放交易体系之后对中国的宏观经济、居民福利、航空业以及碳排放的影响进行研究。Lanzi和Wing(2013)运用地区CGE模型对限额交易框架进行了研究,着重分析了资本的流动性对温室气体减排的影响以及从减排部门向非减排部门潜在的碳泄漏对福利的影响。

国内有关碳交易的最新研究包括:刘宇等(2013)采用多区域CGE模型研究了广东和湖北单独减排和开展跨省碳交易减排的成本及对经济的影响。模拟结果是,碳交易能够降低整个区域的碳减排成本,降低高排放行业产出,对经济增长产生负向冲击。石敏俊等(2013)基于动态CGE模型对碳税和碳交易以及复合政策进行了分析,认为碳税政策减排成本较小,但是不能保证减排目标的实现,碳排放交易尽管能够保证减排目标,但是减排成本过高,因此应该采取碳税与碳排放交易相结合的复合政策。孙睿等(2014)将碳交易模块纳入到CGE模型之中,研究了不同减排目标下碳价的引入对宏观和产业部门的经济产出、能源消费和碳减排的影响,以及相应合理的

碳价水平。

### （三）碳关税政策模拟

“碳关税”的概念最早产生于欧洲，其本意是希望欧盟国家针对未遵守《京都议定书》的国家课征商品进口税，以避免在欧盟碳排放交易机制运行后，欧盟国家所生产的商品遭受不公平竞争。国际上，Mckibbin 和 Wilcoxon（2009）运用多国 CGE 模型检验了碳关税对经济和环境的影响，发现碳关税对减少碳排放泄露的效果微弱，对保护产业的作用也不显著。Gros（2009）研究了对进口品征收碳关税的影响，发现碳关税的引入增进了全球福利，降低碳关税能够调整能源密集型行业向进口国转移，从而降低一国的环境成本。Kuik 和 Hofkes（2010）运用多国 CGE 模型研究了欧盟实施碳排放权交易机制对全球经济的影响，认为对于宏观碳泄露的影响较小，因此，从环境角度而言并不是一个有效的政策，但是能够平衡部门之间的竞争力。Dong 和 Whalley（2012）运用包括中国、美国、欧盟以及世界其他地区的 CGE 模型分析碳关税对世界贸易以及福利的影响，认为碳关税对福利、贸易以及碳排放的影响较小，因此对中国将会产生负面影响。

近年来，国内有关碳关税的研究有：朱永彬、王铮（2010）利用 CGE 模型对碳关税政策进行分析，发现碳关税将会降低我国企业的生产积极性，对宏观经济也将产生负向冲击，而且从环境效率角度来看，碳关税的减排效率很低。鲍勤等（2010）建立动态 CGE 模型的研究结果表明，美国、欧盟对中国的出口产品征收碳关税将给其对外贸易带来巨额财富损失，并对中国整个经济造成极大的负面影响。沈可挺、李钢（2010）采用动态 CGE 模型着重分析了碳关税对中国工业生产、出口和就业的影响，结果表明，每吨碳 30 美元或 60 美元有可能使中国工业部门的总产量下降 0.62% ~ 1.22%，工业品出口量分别下降 3.53% 和 6.95%，工业部门就业岗位减少 1.22% 和 2.39%，而且将会产生长期持续的影响。李继峰、张亚雄（2012）运用动态 CGE 模型分析了美、欧发达国家建立碳关税对中国实体经济的影响，发现碳关税对我国实体经济的影响要小于对名义价格水平的影响；对高耗能产品出口抑制作用明显，而对高附加值产品出口影响很小，甚至会有刺激作用。林伯强、李爱军（2012）运用包含中国、巴西、印度、经济合作与发展组织和世界其他国家及国际组织的 CGE 模型分析比较了碳关税、能源税以及碳税政策，认为碳关税会导致较高的碳减排成本，较高的碳泄漏率，对世界二氧化碳减排的贡献相对较小，因此碳关税不具有合理性。但是，碳关税却是有效的威胁手段，因为它可以迫使发展中国家采用碳减排措施。袁嫣（2013）基于静态 CGE 模型模拟了碳关税对中国经济环境的影响，结果表明碳关税对中国经济负向冲击较大，对生态环境改善的作用较小。因此，碳关税的实质是发达国家保护本国经济的一种贸易壁垒。丛晓男等（2014）通过构建全球多区域 CGE 模型，模拟了美国、欧盟对世界其他经济体征收碳关税的影响，结果显示，征收碳关税对发展中国家尤其是中国的负面冲击较大，而低水平发展中国家受到的负面冲击最小，欧盟则受益较大且高于美国。牛玉静等（2012）建立了一个综合描述

全球经济、能源和环境的多区域 CGE 模型,定量分析了多区域减排政策的碳泄漏情况以及碳关税对碳泄漏的影响。研究表明,美国参与碳减排可显著降低碳泄漏;碳关税对碳泄漏有减缓作用,但只有当实施的区域足够大时才有显著影响;采用指标“有效减排量”比“碳泄漏率”能更有效地评估减排行动;碳关税并不能改善减排行动的成效。

近年来,除了以上传统问题的研究外,温室气体减排研究的领域正在不断拓展。如 Vöhringer 等(2013)运用 CGE 模型对四种国际运输方式(航空、水运、公路、铁路)在不同贸易政策以及气候政策下的碳排放效应进行了研究。Duarte 等(2014)运用区域 CGE 模型从居民的需求角度对西班牙亚拉贡地区温室气体减排进行了分析。Hoefnagels 等(2013)研究了荷兰推广使用生物质能对增加值、就业以及降低温室气体排放的影响,结果显示,生物质能对化石能源的替代对经济具有正向作用,同时也降低了温室气体排放以及对化石能源的需求。Timilsina 和 Mevel(2013)运用全球 CGE 模型研究了生物燃料对温室气体减排的影响。Suttles 等(2014)运用全球 CGE 模型计算了从森林产品、森林残留物以及专门的能源作物中生产出来的生物能源的经济影响。结果表明,强制性的生物能源生产能够通过替代化石能源显著地降低碳排放。

中国学者如王灿、陈吉宁(2006)用蒙特卡洛方法与 CGE 模型相结合,对中国碳总量减排进行了分析。王丽(2010)讨论了 CGE 模型在气候变化研究中有关减排的社会成本、社会收益、环境政策模拟以及设计等方面的一些关键性技术和模型的局限性。蔡跃洲、Whalley(2010)讨论了国际贸易对各国碳减排意愿的影响,他们的模拟结果表明,国际贸易有利于各国碳减排意愿的提高,因为各国因其贸易条件得到改善并在通过减产实现减排的同时将减产带来的效用损失部分地转嫁到其他各国。刘小敏和付加锋(2011)利用动态模型估算了中国碳排放强度目标执行的难易程度。张友国(2013)利用简单的理论框架对碳排放强度约束与总量限制之间的绩效进行了比较,然后运用 CGE 模型和蒙特卡洛方法对中国应该选择强度约束还是总量限制作为温室气体减排目标进行了研究,结果表明中国选择的碳强度约束更加适用于自身国情。

### 三、资源 CGE 模型应用

资源 CGE 模型应用主要集中于资源税收规制政策和资源价格变动对宏观经济总量、各产业部门以及消费的影响。研究对象多集中于水、土地、森林和能源,下面主要考察水资源和能源方面的研究文献。

#### (一) 水资源

伴随着人类社会生活质量的不断提高和城市化的发展,世界各国对资源的需求在持续增加,其中最为显著的是水资源。伴随着全球气候变化,在一些国家和地区,持

续干旱和水资源短缺已经成为制约经济发展的重要障碍之一。研究水资源政策推动提高资源使用效率、节约资源、价格规制促进资源合理配置以及政策规制手段的影响等，成为当前学术界普遍关注的问题。

在水资源 CGE 模型中，对水资源的处理一般是将其作为一种生产要素或者一个部门、一个约束纳入到模型中，考察水资源和社会经济系统之间的相互影响关系并得出定量的评估结果（周娜等，2014）。

### 1. 水资源利用政策模拟

国外文献对水资源利用问题表现出极高的关注度。世界各国（各地区）对于水资源利用在政策层面进行了许多有益的探索。以实际政策的实施为基础，一些学者运用 CGE 模型对不同国家（地区）的水资源利用政策进行了定量分析研究。Smajgl 等（2006）将水作为生产要素，细分了灌区农户的用水行为，利用以虚拟数据为基础的概念性 CGE 模型研究了澳大利亚水价改革对灌区农户的甘蔗种植和制糖工业的影响。Hassan 和 Thurlow（2011）运用 CGE 模型研究了用水政策改革对水资源利用、分配以及经济的影响。Çirpici（2011）通过构建一个包含水资源部门的 CGE 模型研究了土耳其削减农业关税后对其国际贸易以及农业用水的影响。Abdelahim 等（2011）通过 CGE 模型对突尼斯梅德宁省水资源利用政策改革对经济的影响进行了评估。Lennox 和 Diukanova（2011）运用 CGE 模型研究了新西兰坎特伯雷水资源可利用量与政策变动，以及其他可以解决水资源供给与需求措施对区域经济的影响。Cardenete 和 Hewings（2011）假定部门用水量与总产出成比例，通过构建静态 CGE 模型，研究了西班牙安达卢西亚自治区农业部门提高水价对水资源保护、利用效率和水的再分配的影响。Llop 和 Ponce-Alifonso（2012）研究了西班牙加泰罗尼亚水资源的稀缺问题，通过在 CGE 模型中引入一个生态部门分析了不同政策情景下对环境和经济的影响。

中国学者更多地集中于对水价政策的研究。沈大军等（1999）构建了中国最早的关于水价问题的 CGE 模型，并计算得到了河北省邯郸市水资源的边际价格。严冬等（2007）；严冬、周建中（2010）建立了能够反映水价改革影响方式的 CGE 模型，据此评价水价改革效果及其相关因素的作用，并以北京市为例研究了水价改革的效果。邓群等（2008）通过单列水行业和废污水行业建立了水资源经济 CGE 模型，研究了水价变动对行业产出以及销售量的影响。王韬和叶文奇（2012）以中国 2007 年 11 个部门社会核算矩阵为基础，建立了一个凯恩斯结构的 CGE 模型，模拟结果表明，水价上涨对宏观经济、部门经济、居民收入以及人民福利均有负向影响，但是能够降低水资源消耗、提高水资源利用效率。周芳和马中（2014）通过构建水资源 CGE 模型，对重庆市水价改革对总体和部门的经济增长、经济主体收入、劳动需求和用水量等主要经济变量的影响进行研究。

### 2. 水资源配置模拟

水资源配置方面的研究成果也很丰富。有学者发现，水资源的合理配置能够促

进经济的增长。Seung 等 (2000) 研究了农业用水转向娱乐性用水对经济的影响, 他们将娱乐需求模型纳入一个 CGE 模型, 模拟结果显示, 非农业产出的增加不能抵消因用水量减少而导致的农业减产。利用 CGE 模型研究水资源配置的还有: Feng 等 (2007) 研究了南水北调工程的经济影响。Berritella 等 (2007) 则对全球的虚拟水贸易进行了研究。Watson 和 Davies (2011) 对科罗拉多州南普拉特河流域水资源分配问题进行了探索, 利用 CGE 模型对定量的水资源是否可以在农业部门与城市之间转移两种情景下对经济的影响进行了比较研究。Luckmann 等 (2014) 对 CGE 模型进行了扩展, 使之包含水的各种不同用途, 以此对水资源的分配问题进行分析, 然后对以色列水供给量减少 50% 的后果进行了研究。Li 等 (2014) 运用多区域 CGE 模型研究了中国城市人口增长以及经济结构改变在水资源利用以及分配上的影响, 结果显示, 城市化和产业转型将会增加水资源利用的机会成本以及加剧农业与非农业在水资源利用上的竞争。Hao 等 (2014) 对水资源消费结构调整进行了研究, 模拟结果表明, 当水消费从农业向工业和服务业转移时将会促进经济增长, 提高居民福利。

中国学者如王勇、肖洪浪 (2008) 利用 CGE 模型, 对甘肃省张掖市工农业生产的边际水价进行了计算, 并考察了供水变化对该地区的社会经济影响。王克强等 (2011) 基于 LHR 可计算一般均衡模型, 对农业水资源政策 (水量、水价等) 进行了政策模拟, 认为各种政策均能起到节约水资源的效果, 对国民经济的冲击较小。刘金华等 (2012) 以天津市为研究对象, 利用 CGE 模型研究了不同供水量变动的经济系统参数变化情况, 评估了天津市水资源的经济效果。赵晶等 (2013) 通过构建黑龙江省静态 CGE 模型, 定量估算了一定的供水投资对黑龙江省经济总量、其他部门投资以及不同部门的总产出和供水量、用水量的潜在影响。

## (二) 能源

能源一方面为经济系统维持与发展提供动力, 另一方面, 化石能源的使用又是产生环境污染的主要原因, 因此, 能源问题往往与经济系统、环境系统产生关联。在能源 CGE 模型研究中, 如何科学划分能源部门对研究能源环境问题至关重要。

### 1. 资源税征收模拟

资源税是以各种自然资源为征收对象, 主要目的在于真实地反映自然资源的全部价值, 激励以更高效率利用自然资源的经济行为。近年来国内外学者对资源税的研究逐渐增多, 如 Fisher 和 Despotakis (1989) 通过对征收原油开采税或能源税进行研究, 得出国内原油生产降低则进口原油量上升但原油的总体消费量却减少的结论。Parry 和 Small (2005) 运用 CGE 模型, 对美国和英国的汽油税进行了分析, 计算得到了最优汽油税税率。Bovenberg 等 (2008) 在生产模块中引入污染物排放, 建立了 CGE 模型, 对在不同补偿机制下的不同资源环境税的影响以及成本进行了分析比较。

中国学者如高颖、李善同 (2008、2009) 建立了含有环境与资源账户的综合核



算体系，并将该核算模式嵌入到传统的 CGE 模型，模拟分析并比较了不同的能源消费税征收环节和税收返还方式所产生的社会经济和能源环境影响。其研究表明，如果将税收返还，能够起到正向激励作用，提高能源生产效率，达到“双重红利”的效果。王德发（2006）运用区域 CGE 模型研究了对煤炭征收能源税的问题，认为征收能源税能够有效推动劳动对能源的替代，促进经济结构和能源结构的调整，减少大气污染物的排放，且对经济的影响较小。林伯强、何晓萍（2008）认为，当前中国在加快油气资源开发利用的同时，未能对油气资源的耗减成本进行规制，因而采用使用者成本法对中国油气资源耗减成本进行了估计，并提出为反映资源耗减成本应该征收资源开采税，进而结合 CGE 模型进行定量分析，得出结论，认为如对油气资源征收 20% 以下的资源税对宏观经济的负向冲击较小，但对后代具有福利增进意义。林伯强等（2012）进一步利用修正的使用者成本法估计了煤炭资源的耗减成本，结合动态 CGE 模型模拟了征收煤炭资源税的经济影响，结果表明，如果对煤炭征收 5% ~ 12% 资源税，宏观经济成本则在可承受的范围内，并且能够反映煤炭资源的稀缺性。魏巍贤（2009）构建了中国的能源环境 CGE 模型，并在模型中引入了环境反馈机制，对出口退税和化石能源从价资源税进行了模拟研究，认为征收化石能源从价资源税能够有效促进节能减排，但是对宏观经济影响较大，需要采取一揽子的综合政策，以建立透明的能源价格机制。夏传文、刘亦文（2010）则运用动态 CGE 模型对燃油税改革进行了定量研究，认为燃油税改革能够优化产业结构，降低能源强度。徐晓亮（2010）通过结合我国资源税改革趋势，引入资源账户，运用构建的资源 CGE 模型对资源税税率设置进行研究，并通过枚举法对税率设置的合理区间进行定量分析。研究表明，合理的资源税税率能够有效增加资源税税收收入，减少资源消耗，促进可持续发展。徐晓亮、许学芬（2012）进一步扩展了研究成果，将 CGE 模型动态化，探讨了不同经济发展时期适用的资源税税率。徐晓亮（2014）还对煤炭资源税改革进行了研究，构建了动态多区域 CGE 模型，针对不同的区域发展水平设置不同的资源税税率，模拟其经济影响。结果表明，资源税税率的提高对经济影响较小，但能够有效增进环境福利，在一定程度上缩小区域发展差距。因为注意到一些学者在研究资源税的同时忽视了资源价值补偿问题，高洪成、徐晓亮（2012）在构建 CGE 模型时，在资源税改革中引入资源价值补偿机制，模拟在引入资源价值补偿机制下资源税对资源和环境的影响。

## 2. 能源价格变动模拟

能源价格波动对经济系统的影响也引起了许多学者的关注。一些文献用能源价格结合 CGE 模型进行相关研究，如 Bergman（1988）研究发现，能源价格上涨将会导致长期的能源消费模式改变，而不会对经济增长产生过大的负面冲击。Despotakis 和 Fisher（1998）对美国加利福尼亚州油价上涨的长期影响进行研究，认为能源具有替代关系的模型相比没有替代关系的模型，油价冲击造成的能源消费存在差异，即油价上涨导致前者比后者石油消费降低的幅度更大。Aydm 和 Acar（2011）运用动态 CGE

模型研究了国际油价波动对土耳其经济的长期冲击,结果显示,油价波动对于土耳其宏观经济指标以及碳排放的影响显著。Manzoor等(2012)对伊朗原油开采业的显性和隐性补贴进行了分析,结合CGE模型研究了取消补贴后国内能源价格上涨对经济的影响表现在:由取消补贴导致的能源价格上涨使得整体经济下滑以及消费者福利水平降低;能源出口上升,非能源出口下降;国内能源需求以及产量下降;在需求侧对公共品以及公共服务的挤出效应十分明显。Doumax等(2014)运用动态CGE模型研究了化石能源价格上涨后对生物燃料的消费促进问题,认为尽管油价上涨,但是所设立10%的生物燃料的普及率目标仍然难以达到,原因是能源价格上涨也使得生物燃料的生产成本上升。

中国目前的能源消费需求处于刚性上升阶段。因此,研究中国能源价格变动对经济的影响尤为重要。林伯强、牟敦国(2008)对石油与煤炭价格上涨的影响进行了研究,结果表明,能源价格上涨对中国经济具有紧缩作用,但是,不同能源造成的产业紧缩程度不同。对大多数产业而言,同比例价格上涨煤炭的紧缩作用是石油紧缩作用的2至3倍。胡宗义等(2008);胡宗义等(2009b);胡宗义等(2010)对能源价格上涨进行了系列研究,他们认为,能源价格上涨尽管能够降低能源强度,却对宏观经济产生较大负面影响,出口下降和投资需求将分别成为导致短期和长期GDP下降的主要原因。原鹏飞和吴吉林(2011)研究了能源价格上涨情景下能源消费与经济增长的综合波动特征,认为能源价格上涨尽管对宏观经济造成一定的负面影响,但却能够降低能源强度,优化产业结构。王腊芳等(2014)同样研究了能源价格的上涨问题,认为能源价格上涨对宏观经济具有紧缩作用,其中煤电价格对经济增长的紧缩作用比石油大,能源价格上涨能够调整产业结构,降低能源消耗和污染排放。

### 3. 能源效率变动模拟

一般认为,能源效率的提升能够有效降低能源消费,从而抑制能源价格上涨,进而保障能源安全,减少环境污染。然而有研究发现,能源效率的提升使得对能源的消费需求不降反升。因此,有人提出,能源效率对能源消费可能存在回弹效应。

国外对能源效率回弹效应的研究较为丰富,从理论假说到实证研究均认为能源效率的回弹效应普遍存在,为此,一些学者利用CGE模型进行了模拟研究。Grepperud和Rasmussenb(2004)对挪威电力以及石油能源效率的提高进行了研究,发现制造业部门的回弹效应显著,而其他部门的回弹效应较小甚至不存在。Allan等(2007)运用能源经济环境CGE模型对英国能源效率进行了研究,假设能源效率提高5%,模拟计算得到回弹效应为30%至50%。Hanley等(2009)结合CGE模型对苏格兰的能源效率进行了研究,发现通过能源价格下降的能源效率提升导致的替代效应与收入效应使得能源消费增加,最终会增加环境的压力;此外,提高能源效率的政策并非不重要,只不过政府需要采取一揽子能源政策来应对能源效率的回弹效应。

中国对于能源效率 CGE 模型应用研究的文献相对国外较少。已有的研究如：查冬兰、周德群（2010）通过构建能源效率影响下的 CGE 模型，对不同种类能源效率提高 4% 进行了定量模拟，结果显示，煤炭、石油以及电力在七部门的加权平均能源回弹效应分别为 32.17%、33.06% 和 32.28%。查冬兰等（2013）借助 CGE 模型对能源效率与碳排放之间的关系进行了研究，认为由于回弹效应的存在，能源效率的提高并不会与碳排放同比例变化，且碳排放降低的比例要小于能源效率提高的比例。李元龙、陆文聪（2011）通过构建中国环境资源 CGE 模型测算了生产部门提高能源效率的回弹效应，发现能源效率提高 5% 后，短期回弹效应为 52.38%，而长期回弹效应为 178.61%，由此认为，能源效率的提高仅能在短期内降低能源消耗，在长期内能源消耗会由于回弹效应的存在而增加。

## 四、环境 CGE 模型应用

### （一）环境税征收模拟

环境税在西方发达国家已经被广泛采用。一方面，环境税的征收是对环境不友好行为给予的处罚。既可建立以污染排放量为依据的直接污染税，针对造成环境污染以及生态破坏的行为进行征税，从而使得人类活动的外部效应内部化，也可以建立以污染为依据的产品环境税以及针对水、气和固废等各种污染物为对象征收间接税；另一方面，对环境友好的行为给予奖励，譬如所得税、增值税和消费税的减免以及加速折旧等。目前国际上出现的环境税形式主要有硫税、碳税、噪声税、固体废物税和垃圾税等，而运用 CGE 模型讨论环境税的文献多集中于硫税、碳税、水污染税和排污收费等领域。

国外学者对环境税的研究贡献主要有：Sancho（2010）研究了能源税收政策的双重红利效果，发现能源税的减排效果与能源产品之间的替代性有很大关系。Bor 和 Huang（2010）对台湾地区能源税制改革的经济影响进行了分析，发现降低收入税增加能源税能够实现双重红利效应，即刺激消费和投资，缓解税制扭曲的不利因素。Ciaschini 等（2012a、2012b）运用 CGE 模型，研究以降低二氧化碳排放为目标的环境税收改革对意大利经济的影响和冲击以及双重红利问题。Thepkhun 等（2013）研究了泰国在排污权交易以及碳捕捉与封存（Carbon Capture and Storage, CCS）技术下温室气体的减排情况。结果显示，国际排污权交易能够通过降低能源供需从而减少温室气体排放，而 CCS 技术能够平衡排放，但是降低了能源效率与可再生能源的利用。Solaymani 和 Kari（2014）对马来西亚的能源消费补贴进行了研究，发现取消补贴将会对实体经济造成负向冲击，从而降低能源消费需求，最终降低碳排放水平。

中国对于环境税的研究多集中于排污收费、硫税和水污染税等领域。在排污收费方面，张友国和郑玉歆（2005）通过构建一个中国排污收费标准改革的 CGE 模型，

对由浓度超标收费转向总量收费和浓度超标收费相结合的排污收费方式进行了模拟,发现排污收费改革在获得环境效益的同时对经济增长以及就业率的不利影响十分有限。金艳鸣和雷明(2012)基于资源—经济—环境社会核算矩阵构建了三区域CGE模型,对二氧化硫排污权交易进行了研究,分析了跨区排污权交易与区内排污权交易对地区经济及部门产出的差异性影响,并模拟了行政干预与市场手段相结合的污染控制政策对高耗能生产部门污染减排的作用。

在硫税方面,马士国(2008)运用CGE模型研究了征收硫税对SO<sub>2</sub>排放以及能源消费的影响,研究发现,硫税税率和减排率之间存在着明显的非线性特征,征收硫税促进了含硫量低的能源替代含硫量高的能源。宋琛哲和赵旭(2014)基于上海市社会核算矩阵构建了动态CGE模型,并模拟分析了硫税政策的经济影响。认为征收硫税能够降低二氧化硫排放,但效果不明显;虽然促进了经济增长,但不利于增加居民消费;促进了经济结构向第三产业倾斜。

在水污染税方面,夏军和黄浩(2006)在将水资源作为生产要素的同时将水污染部门独立出来,据此构建了CGE模型,并对海河流域水污染以及缺水的经济影响进行了分析,认为海河流域水污染十分严重,与流域水资源短缺相比,水污染控制显得更为迫切。陈雯等(2012)运用CGE模型分析了湖南省征收水污染税对宏观经济、产业结构和污染物减排等产生的影响。研究表明,开征水污染税使得宏观经济受损的长期影响要大于短期;对绝大部分行业均有负面影响,但却能减少重金属等污染物排放,特别是氨氮、化学需氧量的下降尤为显著。

其他一些关于环境税的研究还有:金艳鸣等(2007)基于资源—经济—环境社会核算矩阵构建了三区域CGE模型,模拟了在电力生产环节和电力消费环节征收生态税对贵州、广东和中国其他地区的经济、环境和能源消耗的影响。他们认为地区之间的环境税应该视地区发展水平而异,并且要通过转移支付手段对自然条件以及区域社会经济发展水平进行区域性生态补偿。胡宗义、刘亦文(2009a)运用CGE模型从能源强度、宏观经济以及产业结构三个方面对征收生态税的影响进行了分析。

## (二) CGE模型在贸易与环境中的应用

樊明太等(1998、1999)构建了中国的贸易—环境CGE模型,从贸易自由化角度对环境经济政策进行了分析。蒋国瑞和彭德斌(2009)构建的CGE模型研究了技术性贸易壁垒对中国环境和经济的影响。刘家悦(2010)针对湖北省构建了一个包含贸易、资源与环境的SAM矩阵,在贸易保护的前提下,模拟了关税税率提高对湖北省贸易、经济与环境的影响。结果显示,他国的贸易保护对进出口都会产生负面影响。据此得出的结论是:贸易保护并不是一种最优政策选择。

樊明太、郑玉歆(2010)通过拓展的动态CGE模型应用,就中国承诺在世界贸易组织(WTO)后过渡期推进贸易自由化(包括货物和服务贸易自由化、投资便利化等),对经济和环境的影响进行了模拟和分析。得出的基本结论是:在环境规制力

度保持不变的情景下，中国在 WTO 后过渡期承诺推进的贸易自由化会导致污染排放量的进一步增长；与环境规制相联系的技术效应尽管可以对环境改善具有显著性影响，但并不能完全抵消规模效应和结构效应的共同作用；如果与有效的环境规制相结合，贸易自由化可以成为实现经济增长和环境保护的一个必要手段，从而促进中国的可持续发展。因此，中国的贸易自由化进程必须与环境规制进行协调，需要综合决策。

### （三）环境规制政策模拟

李钢等（2012）构建了一个纳入环境管制成本的 CGE 模型，利用该模型评估了提高环境管制强度对中国经济的影响。结果显示，如果将环境管制强度提升至使工业废弃物排放达到现行法律标准的程度，将会使经济总量增长率下降约 1%、制造业部门就业量下降 1.8%、出口量减少 1.7%。虽然提升环境管制强度对各地区均会产生一定影响，但对不同地区的影响程度甚至方向均存在较为显著的差异，据此中国强化环境管制应分区域逐步推进，提升环境管制强度应选择重点行业进行推进，选择提升环境管制强度的政策推进时机应在经济发展的高涨期。

## 五、前景展望与模型的局限性

未来中国资源环境 CGE 模型的开发与应用有着广阔前景。就经济发展阶段而言，我国正处于转变经济发展方式的关键时期，经济发展进入新常态，如何更好地保护环境日益成为人们关注的问题。对经济、资源和环境问题进行定量、综合和系统性研究的社会需求必将日益增大。除此之外，处于全球经济一体化的背景下，人类社会共同发展的现实与资源环境约束的矛盾是越来越多的人必须面对的挑战，单一、非系统性的定性研究已经严重不适应现实需要。资源环境 CGE 模型的发展可以为人们定量分析政策的适用性与有效性和减少政策的盲目性提供决策支撑。

未来资源环境 CGE 模型的应用将会在以下三个方面进行拓展：一是一国多地区模型的应用研究。目前，与国家层面上的模型相比，多地区层面上的研究稍显不足。不仅各个国家经济发展阶段差异明显，一国内不同区域也存在着显著的发展差距。此外，不仅各个国家的环境问题很不相同，一国内不同区域也面临着不同的资源环境问题。因此，非常需要在区域层面上构建模型，有针对性地研究区域环境问题。二是在模型中引入动态机制。由于现实中的政策因素对环境与经济的影响并非一成不变，而是一个累积、动态演进的过程，因此，要模拟政策冲击的持续性影响，有必要建立动态模型。三是对社会福利改善的研究。已有的大多数模型，更关注政策冲击对经济、环境的影响，侧重考察其社会经济成本，而忽略环境改善带来的社会福利的增进。未来的模型研究，应更注重政策作用下环境改善对社会福利改进的影响。

由于各个国家的资源禀赋、环境容量和经济发展水平存在着较大差异，因而学者

们关注的实际问题不尽相同,在研究实践中呈现出研究问题的多元化趋势。然而,对于资源环境 CGE 模型研究与应用的思路基本一致,即研究外部政策冲击对环境经济系统的影响应选择对经济比较有利、对环境影响较小的经济政策。

在涉及一国或一地区的模型中,政策变量经常设定为生产税、消费税和关税,或者是资源环境规制手段,如排污收费、补贴等。这样的设定无疑具有一定的局限性——毕竟资源环境政策的种类繁多,如多元投资、价格改革、环境标准、信息披露和公众监督等,无法利用 CGE 模型进行政策模拟,或者说目前还没有找到恰当的模拟方式。

在各国模型中主要问题集中于如何对各国经济之间的关系进行准确描述。其中一个处理难点是怎样连接各国按不同统计口径编制的投入产出表,或专门编制统一口径的各国投入产出表,不论采取何种方式,工作难度和工作量都是巨大的;另一个难点是,如果对各国通用的同质产品或要素使用哈伯格(Harberger)惯例,即模型基年投入产出表中所有产品和要素的基本价格都设为1,张晓光(2009)认为,这种人为确定价格的方法改变了产品或要素在各国的计价单位,使得原本同质的各国产品或要素变得不再可比而异质化了,扭曲了经济主体之间的真实关系。如果使用要素的真实价格校准模型参数,需要各国按照自然单位衡量的要素供给存量数据和要素价格。在有些国家和地区,这类数据的获得和处理可能存在困难。

在一国多地区模型中,不仅有商品流动,而且还有生产要素的流动;不仅有市场行为,而且存在各级政府的干预以及各级政府之间的财政关系(张晓光,2009)。由于资源环境问题具有显著的区域特性,一国多地区 CGE 模型非常适用,特别是在讨论对那些因资源流出、生态保护、流域关系和产业布局等受到损失较大的地区如何进行补偿时,可以在模型中分离出中央政府的收支项目,建立中央政府与地方政府以及地方政府之间的财政关系,分析不同财政补偿政策的影响。然而完成这些工作需要更多的数据支持。

除了利用一国(一地区)、多国以及一国多地区等不同类型的模型模拟不同政策对国民经济总体、各部门和居民福利等的影响外,资源环境 CGE 模型应用的另一类难点问题是如何将要讨论的资源和环境问题摆放进传统的投入产出表或标准的 CGE 模型中。祝坤福(2011)总结了三种处理方式:第一,将资源(比如能源)消耗或环境污染直接与各部门中间投入及产出以固定的系数相联系,即在标准 CGE 模型中增加一个外生的资源或环境模块。第二,将环境影响反馈到经济系统中,如 Jorgenson 和 Wilcoxon(1990)在生产函数中包含控制污染成本约束。第三,在经济系统中增加了削减污染行为或技术,一般是在生产函数中反映。除此之外,还有一种处理技术是通过改造或拓展投入产出表或社会核算矩阵(SAM),将资源环境问题引入 CGE 模型,提供一个新型通用分析框架,以改变模型基础数据结构来讨论资源环境政策问题,如高颖、李善同(2008、2009)的研究。

如何在模型中融入更多的现实经济系统特征,是 CGE 模型建模者在技术上面临

的突出难点,因为越要准确详尽地反映现实经济,模型设计就越复杂。因而,通常情况下 CGE 建模者需要在这二者之间进行一定的权衡取舍。

## 参考文献

- 鲍勤、汤铃、杨列勋 (2010):《美国征收碳关税对中国的影响:基于可计算一般均衡模型的分析》,《管理评论》第 6 期,第 25~33 页。
- 蔡跃洲、John Whalley (2010):《国际贸易对碳减排协议的促进作用——理论框架及减排意愿的数值一般均衡情景模拟》,《财经研究》第 11 期,第 4~15 页。
- 陈雯、肖皓、祝树金、吕娟 (2012):《湖南水污染税的税制设计及征收效应的一般均衡分析》,《财经理论与实践》第 1 期,第 73~77 页。
- 丛晓男、马翠萍、王铮 (2014):《地缘政治经济框架下碳关税影响的多区域 CGE 模拟》,《世界地理研究》第 3 期,第 1~11 页。
- 邓群、夏军、杨军、孙杨波 (2008):《水资源经济政策 CGE 模型及在北京市的应用》,《地理科学进展》第 3 期,第 141~151 页。
- 樊明太、郑玉歆 (2010):《贸易自由化对中国可持续发展的影响——以中国在 WTO 后过渡期承诺为例的动态一般均衡分析》,张晓主编:《中国环境与发展评论(第四卷)——全球化背景下的中国环境与发展》,北京:中国社会科学出版社,第 277~314 页。
- 樊明太、郑玉歆、马纲 (1998):《中国 CGE 模型:基本结构及有关应用问题》(上),《数量经济技术经济研究》第 12 期,第 39~47 页。
- 樊明太、郑玉歆、马纲 (1999):《中国 CGE 模型:基本结构及有关应用问题》(下),《数量经济技术经济研究》第 4 期,第 24~30 页。
- 樊星、马树才、朱连洲 (2013):《中国碳减排政策的模拟分析——基于中国能源 CGE 模型的研究》,《生态经济》第 9 期,第 50~54 页。
- 高洪成、徐晓亮 (2012):《资源税改革中的价值补偿问题研究》,《软科学》第 5 期,第 36~40 页。
- 高颖、李善同 (2008):《含有资源与环境账户的 CGE 模型的构建》,《中国人口·资源与环境》第 3 期,第 20~23 页。
- 高颖、李善同 (2009):《征收能源消费税对社会经济与能源环境的影响分析》,《中国人口·资源与环境》第 2 期,第 30~35 页。
- 郭正权、郑宇花、张兴平 (2014):《基于 CGE 模型的我国能源-环境-经济系统分析》,《系统工程学报》第 5 期,第 581~591 页。
- 何建武、李善同 (2010):《二氧化碳减排与区域经济发展》,《管理评论》第 6 期,第 9~16 页。
- 贺菊煌、沈可挺、徐嵩龄 (2002):《碳税与二氧化碳减排的 CGE 模型》,《数量经济技术经济研究》第 10 期,第 39~47 页。
- 胡宗义、蔡文彬、陈浩 (2008):《能源价格对能源强度和经济增长影响的 CGE 研究》,《财经理论与实践》第 2 期,第 91~95 页。
- 胡宗义、刘静、刘亦文 (2011):《不同税收返还机制下碳税征收的一般均衡分析》,《中国软科学》第 9 期,第 55~64 页。

胡宗义、刘亦文(2009a):《生态税征收及其对经济生活的影响——基于一个动态可计算一般均衡(CG E)的分析》,《福建金融管理干部学院学报》第5期,第28~33页。

胡宗义、刘亦文(2009b):《能源要素价格改革对我国经济发展的影响分析——基于一个动态可计算一般均衡(CG E)模型》,《系统工程》第11期,第1~6页。

胡宗义、刘亦文(2010):《能源要素价格改革对宏观经济影响的CG E分析》,《经济评论》第2期,第5~15页、第61页。

蒋国瑞、彭德斌(2009):《基于CG E模型的技术性贸易壁垒影响研究》,《经济论坛》第15期,第39~41页。

金艳鸣、黄涛、雷明(2007):《“西电东送”中的生态补偿机制研究——基于三区域可计算一般均衡模型分析》,《中国工业经济》第10期,第21~28页。

金艳鸣、雷明(2012):《二氧化硫排污权交易研究——基于资源-经济-环境可计算一般均衡模型的分析》,《山西财经大学学报》第8期,第1~10页。

李钢、董敏杰、沈可挺(2012):《强化环境管制政策对中国经济的影响——基于CG E模型的评估》,《中国工业经济》第11期,第5~17页。

李继峰、张亚雄(2012):《基于CG E模型定量分析国际贸易绿色壁垒对我国经济的影响——以发达国家对我国出口品征收碳关税为例》,《国际贸易问题》第5期,第105~118页。

李元龙、陆文聪(2011):《生产部门提高能源效率的宏观能耗回弹分析》,《中国人口·资源与环境》第11期,第44~49页。

林伯强、何晓萍(2008):《中国油气资源耗减成本及政策选择的宏观经济影响》,《经济研究》第5期,第94~104页。

林伯强、李爱军(2012):《碳关税的合理性何在》,《经济研究》第11期,第118~127页。

林伯强、刘希颖、邹楚沅、刘霞(2012):《资源税改革:以煤炭为例的资源经济学分析》,《中国社会科学》第2期,第58~78页。

林伯强、牟敦国(2008):《能源价格对宏观经济的影响——基于可计算一般均衡(CG E)的分析》,《经济研究》第11期,第88~101页。

刘家悦(2010):《基于CG E模型对湖北省贸易保护的政策模拟分析》,《统计与决策》第8期,第84~86页。

刘金华、倪红珍、汪党献、黄晓丽(2012):《基于CG E模型的天津市水资源经济效果分析》,《中国水利水电科学研究院学报》第3期,第192~198页。

刘小敏、付加锋(2011):《基于CG E模型的2020年中国碳排放强度目标分析》,《资源科学》第4期,第634~639页。

刘宇、蔡松锋、王毅、陈宇峰(2013):《分省与区域碳市场的比较分析——基于中国多区域一般均衡模型TermCo<sub>2</sub>》,《财贸经济》第11期,第117~127页。

马士国(2008):《征收硫税对中国二氧化硫排放和能源消费的影响》,《中国工业经济》第2期,第20~30页。

牛玉静、陈文颖、吴宗鑫(2012):《全球多区域CG E模型的构建及碳泄漏问题模拟分析》,《数量经济技术经济研究》第11期,第34~50页。

沈可挺、李钢(2010):《碳关税对中国工业品出口的影响——基于可计算一般均衡模型的评估》,《财贸经济》第1期,第75~82页。



沈大军、梁瑞驹、王浩等 (1999):《水价理论与实践》,北京:科学出版社,第 115~116 页、第 137 页。

石敏俊、袁永娜、周晟吕、李娜 (2013):《碳减排政策:碳税、碳交易还是两者兼之》,《管理科学学报》第 9 期,第 9~19 页。

宋琛哲、赵旭 (2014):《上海“十二五”期间疏税试点的影响研究》,《哈尔滨商业大学学报》(自然科学版)第 1 期,第 60~62 页。

孙睿、况丹、常冬勤 (2014):《碳交易的“能源—经济—环境”影响及碳价合理区间测算》,《中国人口·资源与环境》第 7 期,第 82~90 页。

王灿、陈吉宁 (2006):《用 Monte Carlo 方法分析 CGE 模型的不确定性》,《清华大学学报》(自然科学版)第 9 期,第 1555~1559 页。

王德发 (2006):《能源税征收的劳动替代效应实证研究——基于上海市 2002 年大气污染的 CGE 模型的试算》,《财经研究》第 2 期,第 98~105 页。

王腊芳、肖皓、肖明智 (2014):《基于动态 CGE 模型的能源价格传导效应分析》,《财经理论与实践》第 5 期,第 97~101 页。

王丽 (2010):《气候变化问题研究中的一般均衡模型》,《中国人口·资源与环境》第 7 期,第 38~41 页。

王克强、李国军、刘红梅 (2011):《中国农业水资源政策一般均衡模拟分析》,《管理世界》第 9 期,第 81~92 页。

王韬、叶文奇 (2012):《水价上涨、居民福利与水资源效用提升》,《改革》第 9 期,第 141~149 页。

王勇、肖洪浪 (2008):《基于 CGE 模型的张掖市水资源利用研究》,《干旱区研究》第 1 期,第 28~34 页。

魏涛远、(挪威)格罗姆斯洛德 (2002):《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》第 8 期,第 47~49 页。

魏巍贤 (2009):《基于 CGE 模型的中国能源环境政策分析》,《统计研究》第 7 期,第 3~13 页。

夏传文、刘亦文 (2010):《燃油税改革对我国节能减排影响的动态 CGE 研究》,《经济问题》第 2 期,第 64~69 页。

夏军、黄浩 (2006):《海河流域水污染及水资源短缺对经济发展的影响》,《资源科学》第 2 期,第 2~7 页。

徐晓亮 (2010):《资源税改革中的税率选择:一个资源 CGE 模型的分析》,《当代经济科学》第 6 期,第 82~89 页。

徐晓亮 (2014):《资源税税负提高能缩小区域和增加环境福利吗?——以煤炭资源税改革为例》,《管理评论》第 7 期,第 29~36 页。

徐晓亮、许学芬 (2012):《资源税税率设置分析、比较和选择》,《自然资源学报》第 1 期,第 41~49 页。

严冬、周建中、王修贵 (2007):《利用 CGE 模型评价水价改革的影响力——以北京市为例》,《中国人口·资源与环境》第 5 期,第 70~74 页。

严冬、周建中 (2010):《水价改革及其相关影响因素的一般均衡分析》,《水利学报》第 1 期,

第1220~1227页。

姚昕、刘希颖(2010):《基于增长视角的中国最优碳税研究》,《经济研究》第11期,第48~58页。

原鹏飞、吴吉林(2011):《能源价格上涨情景下能源消费与经济波动的综合特征》,《统计研究》第9期,第57~65页。

袁嫣(2013):《基于CGE模型定量探析碳关税对我国经济的影响》,《国际贸易问题》第2期,第92~99页。

查冬兰、周德群(2010):《基于CGE模型的中国能源效率回弹效应研究》,《数量经济技术经济研究》第12期,第39~53页。

查冬兰、周德群、孙元(2013):《为什么能源效率与碳排放同步增长——基于回弹效应的解释》,《系统工程》第10期,第105~111页。

张晓光(2009):《一般均衡的理论与实用模型》,北京:中国人民大学出版社,第293页。

张友国(2013):《碳强度与总量约束的绩效比较:基于CGE模型的分析》,《世界经济》第7期,第138~160页。

张友国、郑玉歆(2005):《中国排污收费征收标准改革的一般均衡分析》,《数量经济技术经济研究》第5期,第3~16页。

赵晶、黄晓丽、倪红珍、王立坤、于靖(2013):《基于CGE模型的供水投资对经济影响研究》,《自然资源学报》第4期,第696~704页。

郑玉歆、樊明太(1999):《中国CGE模型及政策分析》,北京:社会科学文献出版社,第119~147页。

周晟吕、石敏俊、李娜(2012):《碳税对于发展非化石能源的作用:基于能源环境经济模型的分析》,《自然资源学报》第7期,第1101~1111页。

周芳、马中(2014):《基于CGE模型的水价改革影响研究》,《中国地质大学学报》(社会科学版)第1期,第47~54页、第140页。

周娜、贾仰文、胡鹏、雷霄雯(2014):《水资源可计算一般均衡模型研究进展综述》,《中国水利水电科学研究院学报》第1期,第76~80页。

祝坤福(2011):《可计算的一般均衡模型》,陈锡康、杨翠红等编著:《投入产出技术》,北京:科学出版社,第305~321页。

朱永彬、王铮(2010):《碳关税对我国经济影响评价》,《中国软科学》第12期,第36~42页、第49页。

Abdelahim, M. A., L. J. Chant, and A. Abdallah, et al. (2011), "Ex-ante Impact Assessment of Water Policy Reform in Southeastern of Tunisia: A CGE Approach", *Sustentabilidade em Debate-Brasilia (Sustainability in Debate)*, 2(2), pp. 43-54.

Abe, M., Y. Hayashiyama (2013), "Evaluation of GHG Discharge Reduction Policy by Multi-regional CGE in Japan", *International Journal of Computational Economics and Econometrics*, 3(3-4), pp. 103-123.

Abrell, J. (2010), "Regulating CO<sub>2</sub> Emissions of Transportation in Europe: A CGE-analysis Using Market-based Instruments", *Transportation Research Part*, 15(4), pp. 235-239.

Allan, G., N. Hanley, and P. McGregor, et al. (2007), "The Impact of Increased Efficiency in the Industrial Use of Energy: A Computable General Equilibrium Analysis for the United Kingdom", *Energy*

*Economics*, 29(4), pp. 779 – 798.

Aydın, L. and M. Acar (2011), “Economic Impact of Oil Price Shocks on the Turkish Economy in the Coming Decades: A Dynamic CGE Analysis”, *Energy Policy*, 39(3), pp. 1722 – 1731.

Bergman, L. (1988), “Energy Policy Modeling: A Survey of General Equilibrium Approaches”, *Journal of Policy Modeling*, 10(3), pp. 377 – 399.

Berritella, M., A. Y. Hoekstra, and K. Rehdanz, et al. (2007), “The Economic Impact of Restricted Water Supply: A Computable General Equilibrium Analysis”, *Water Research*, 41(8), pp. 1799 – 1813.

Bor, Y. J. and Y. Huang (2010), “Energy Taxation and the Double Dividend Effect in Taiwan’s Energy Conservation Policy—An Empirical Study Using a Computable General Equilibrium Model”, *Energy Policy*, 38(5), pp. 2086 – 2100.

Bovenberg, A. L., L. H. Goulder, and M. R. Jacobsen (2008), “Costs of Alternative Environmental Policy Instruments in the Presence of Industry Compensation Requirements”, *Journal of Public Economics*, 92(5 – 6), pp. 1236 – 1253.

Bruvoll, A. and B. M. Larsen (2004), “Greenhouse Gas Emissions in Norway: Do Carbon Taxes Work?” *Energy Policy*, 32(4), pp. 493 – 505.

Cardenete, M. A. and G. J. D. Hewings (2011), “Water Price and Water Reallocation in Andalusia: A Computable General Equilibrium Model”, *Environmental Economics*, 2(1), pp. 17 – 27.

Ciaschini, M., R. Pretaroli, and F. Severini, et al. (2012a), “Regional Environmental Tax Reform in a Fiscal Federalism Setting”, *Bulletin of the Transilvania University of Braşov*, 5(1), pp. 25 – 40.

Ciaschini, M., R. Pretaroli, and F. Severini, et al. (2012b), “Regional Double Dividend from Environmental Tax Reform: An Application for the Italian Economy”, *Research in Economics*, 66(3), pp. 273 – 283.

Despotakis, K. A. and A. C. Fisher (1988), “Energy in a Regional Economy: A Computable General Equilibrium Model for California”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 15(3), pp. 313 – 330.

Dissou, Y. and Q. Sun (2013), “GHG Mitigation Policies and Employment: A CGE Analysis with Wage Rigidity and Application to Canada”, *Canadian Public Policy*, 39(supplement 2), pp. 53 – 66.

Dong, Y. and J. Whalley (2012), “How Large are the Impacts of Carbon Motivated Border Tax Adjustments”, *Climate Change Economics*, 3(1), pp. 1 – 28.

Doumax, V., J-M. Philip, and C. Sarasa (2014), “Biofuels, Tax Policies and Oil Prices in France: Insights from a Dynamic CGE Model”, *Energy Policy*, 66(3), pp. 603 – 614.

Duarte, R., S. Rebahi, and J. Sánchez-Chóliz, et al. (2014), “Households’ Behaviour and Environmental Emissions in a Regional Economy”, *Economic Systems Research*, 26(4), pp. 410 – 430.

Feng, S., L. X. Li, and Z. G. Duan, et al. (2007), “Assessing the Impacts of South-to-North Water Transfer Project with Decision Support Systems”, *Decision Support Systems*, 42(4), pp. 1989 – 2003.

Fisher, A. C. and K. A. Despotakis (1989), “Energy Taxes and Economic Performance: A Regional General Equilibrium Analysis”, *Energy Economics*, 11(2), pp. 153 – 157.

Garbaccio, R. F., M. S. Ho, and D. W. Jorgenson (1999), “Controlling Carbon Emissions in China”, *Environment and Development Economics*, 4(4), pp. 493 – 518.

- Grepperud, S. and I. Rasmussenb (2004), "A General Equilibrium Assessment of Rebound Effects", *Energy Economics*, 26(2), pp. 261 – 282.
- Gros, D. (2009), "Global Welfare Implications of Carbon Border Taxes", *CESifo Working Papers*, 29 (9), pp. 1 – 27.
- Hanley, N., P. G. McGregor, and J. K. Swales, et al. (2009), "Do Increases in Energy Efficiency Improve Environmental Quality and Sustainability?" *Ecological Economics*, 68(3), pp. 692 – 709.
- Hao, C. F., Y. W. Jia, and C. W. Niu, et al. (2014), "Impacts of Water Consumption Structure Adjustment on Social-economic Development and Water Cycle", *Advanced Materials Research*, 962 – 965, pp. 2051 – 2054.
- Hassan, R. and J. Thurlow (2011), "Macro-micro Feedback Links of Water Management in South Africa: CGE Analyses of Selected Policy Regimes", *Agricultural Economics*, 42(2), pp. 235 – 247.
- He, L. Y. and Y. X. Gao (2012), "Including Aviation in the European Union Emissions Trading Scheme: Impacts on Industries, Macro-economy and Emissions in China", *International Journal of Economics and Finance*, 4(12), pp. 91 – 97.
- Hoefnagels, R., M. Banse, and V. Dornburg, et al. (2013), "Macro-economic Impact of Large-scale Deployment of Biomass Resources for Energy and Materials on a National Level—A Combined Approach for the Netherlands", *Energy Policy*, 59(C), pp. 727 – 744.
- Çirpici, A. Y. (2011), "The Effects of Agricultural Liberalization on Sectoral Water Use: A CGE Model for Turkey", *METU Studies in Development*, 38(2), pp. 125 – 146.
- Jorgenson, D. W. and P. J. Wilcoxon (1990), "Intertemporal General Equilibrium Modeling of U. S. Environmental Regulation", *Journal of Policy Modeling*, 12(4), pp. 715 – 744.
- Kuik, O. and M. Hofkes (2010), "Border Adjustment for European Emissions Trading: Competitiveness and Carbon Leakage", *Energy Policy*, 38(4), pp. 1741 – 1748.
- Kumbaroğlu, G. S. (2003), "Environmental Taxation and Economic Effects: A Computable General Equilibrium Analysis for Turkey", *Journal of Policy Modeling*, 25(8), pp. 795 – 810.
- Lanzi, E. and I. S. Wing (2013), "Capital Malleability, Emission Leakage and the Cost of Partial Climate Policies: General Equilibrium Analysis of the European Union Emission Trading System", *Environmental and Resource Economics*, 55(2), pp. 257 – 289.
- Lennox, J. A. and O. Diukanova (2011), "Modelling Regional General Equilibrium Effects and Irrigation in Canterbury", *Water Policy*, 13(2), pp. 250 – 264.
- Liang, Q. M., Y. Fan, and Y. M. Wei (2007), "Carbon Taxation Policy in China: How to Protect Energy-and Trade-intensive Sectors", *Journal of Policy Modeling*, 29(2), pp. 311 – 333.
- Jiang, L., F. Wu, and Y. Liu, et al. (2014), "Modeling the Impacts of Urbanization and Industrial Transformation on Water Resources in China: An Integrated Hydro-Economic CGE Analysis", *Sustainability*, 6(11), pp. 7586 – 7600.
- Llop, M. and X. Ponce-Alifonso (2012), "A Never-ending Debate: Demand Versus Supply Water Policies. A CGE Analysis for Catalonia", *Water Policy*, 14(4), pp. 694 – 708.
- Loisel, R. (2009). "Environmental Climate Instruments in Romania: A Comparative Approach Using Dynamic CGE Modeling", *Energy Policy*, 37(6), pp. 2190 – 2204.

- Lokhov, R. and H. Welsch (2008), "Emission Trading Between Russia and the European Union: A CGE Analysis of Potentials and Impacts", *Environmental Economics and Policy Studies*, 19(9), pp. 1 – 23.
- Luckmann, J., H. Grethe, and S. McDonald, et al. (2014), "An Integrated Economic Model of Multiple Types and Uses of Water", *Water Resources Research*, 50(5), pp. 3875 – 3892.
- Manzoor, D., A. Shahmoradi, and I. Haqiqi (2012), "An Analysis of Energy Price Reform: A CGE Approach", *OPEC Energy Review*, 36(1), pp. 35 – 54.
- McKibbin W. J. and P. J. Wilcoxon (1998), "The Theoretical and Empirical Structure of the G-Cubed Model", *Economic Modelling*, 16(1), pp. 123 – 148.
- McKibbin, W. J. and P. J. Wilcoxon (2009), "The Economic and Environmental Effects of Border Tax Adjustments for Climate Policy", *CAMA Working Papers*, <http://econstor.eu/bitstream/10419/28514/1/53877794X.pdf>.
- Miyata, Y., A. Wahyuni, and H. Shibusawa (2013), "Economic Analysis of The Impact of Carbon Tax on the Economy of Makassar City, Indonesia", *Regional Science Inquiry*, V(2), pp. 15 – 31.
- Orecchia, C. and R. Parrado (2013), "A Quantitative Assessment of the Implications of Including Non-CO<sub>2</sub> Emissions in the European ETS", *FEEM Working Paper*, pp. 1 – 25, [http://www.feem.it/userfiles/attach/2013\\_11271530174NDL2013-100.pdf](http://www.feem.it/userfiles/attach/2013_11271530174NDL2013-100.pdf).
- Orlov, A. and H. Grethe (2012), "Carbon Taxation and Market Structure: A CGE Analysis for Russia", *Energy Policy*, 51, pp. 696 – 707.
- Parry, L. W. H. and K. A. Small (2005), "Does Britain or the United States have the Right Gasoline Tax?" *The American Economic Review*, 95(4), pp. 1276 – 1289.
- Sancho, F. (2010), "Double Dividend Effectiveness of Energy Tax Policies and the Elasticity of Substitution: A CGE Appraisal", *Energy Policy*, 38(6), pp. 2927 – 2933.
- Seung C. K., T. R. Harris, and J. E. Englin, et al. (2000), "Impacts of Water Reallocation: A Combined Computable General Equilibrium and Recreation Demand Model Approach", *The Annals of Regional Science*, 34(4), pp. 473 – 487.
- Siriwardana, M., S. Meng, and J. McNeill (2013), "A CGE Assessment of the Australian Carbon Tax Policy", *International Journal of Global Energy Issues*, 36(2 – 4), pp. 242 – 261.
- Smajgl, A., R. Greinera, and C. Mayocchia (2006), "Estimating the Implications of Water Reform for Irrigators in a Sugar Growing Region", *Environmental Modelling and Software*, 21(9), pp. 1360 – 1367.
- Solaymani, S. and F. Kari (2014), "Impacts of Energy Subsidy Reform on the Malaysian Economy and Transportation Sector", *Energy Policy*, 70(C), pp. 115 – 125.
- Suttles, S. A., W. E. Tyner, and G. Shively, et al. (2014), "Economic Effects of Pioneering Policy in the United States and Europe: A general Equilibrium Approach Focusing on Forest Biomass", *Renewable Energy*, 69(C), pp. 428 – 436.
- Thepkhun, P., B. Limmeechokchai, and S. Fujimori, et al. (2013), "Thailand's Low-Carbon Scenario 2050: The AIM/CGE analyses of CO<sub>2</sub> Mitigation Measures", *Energy Policy*, 62(C), pp. 561 – 572.
- Timilsina, G. R. and S. Mevel (2013), "Biofuels and Climate Change Mitigation: A CGE Analysis Incorporating Land-use Change", *Environmental and Resource Economics*, 55(1), pp. 1 – 19.

Vöhringer, F. (2012), “Linking the Swiss Emissions Trading System with the EU ETS: Economic Effects of Regulatory Design Alternatives”, *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 148(II), pp. 167 – 196.

Watson, P. S. and S. Davies (2011), “Modeling the effects of population growth on water resources: A CGE analysis of the South Platte River Basin in Colorado”, *The Annals of Regional Science*, 46(2), pp. 331 – 348.

Wissema, W. and R. Dellink (2007), “AGE Analysis of the Impact of a Carbon Energy Tax on the Irish Economy”, *Ecological Economics*, 61(4), pp. 671 – 683.

## Application of Computable General Equilibrium Model in Resource and Environmental Economics

ZHANG Xiao<sup>1</sup>, ZHANG Xi-dong<sup>2</sup>

(1. Institute of Quantitative & Technical Economics, Chinese Academy of  
Social Sciences, Beijing, 100732, China.

2. Graduate School, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing, 102488)

**Abstract:** Computable general equilibrium (CGE) models have been applied widely in resource and environmental research as one of main stream approaches for policy simulation and policy analysis due to they can provide an integrated system including those economic, energy and environmental factors to simulate the effects of policy changed on system and sub-systems. This paper focuses on, both international and domestic, diverse CGE model applications in economy-energy-environment (3E) integrated analysis, resource and environmental policies. It also sums up the characteristics and applicable scope for different models. It tries to provide an overall perspective investigation for references, less historic and more recent, of CGE model applications in resource and environmental economics.

**Key Words:** CGE approach; resource economics; environmental economics

责任编辑: 禹 湘