



Pollution Reduction Effect and Policy
Analysis of Industrial Structure
Adjustment in China
— Based on CGE Model

我国产业结构调整 污染减排效应及策略研究

——基于CGE模型

田银华 向国成 曾世宏 等 / 著



我国产业结构调整 污染减排效应及策略研究

——基于CGE模型

田银华 向国成 曾世宏 等 / 著

图书在版编目 (CIP) 数据

我国产业结构调整污染减排效应及策略研究：
基于 CGE 模型 / 田银华等著. —北京：经济科学
出版社，2017.9

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8446 - 4

I. ①我… II. ①田… III. ①污染物 - 总排污量
控制 - 研究 - 中国 IV. ①X506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 229840 号

责任编辑：齐伟娜 金 梅

责任校对：靳玉环

技术编辑：李 鹏

我国产业结构调整污染减排效应及策略研究

——基于 CGE 模型

田银华 向国成 曾世宏 等著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址：北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编：100142

总编部电话：010 - 88191217 发行部电话：010 - 88191540

网址：www.esp.com.cn

电子邮件：esp@esp.com.cn

天猫网店：经济科学出版社旗舰店

网址：http://jjkxcbs.tmall.com

北京季蜂印刷有限公司印装

787 × 1092 16 开 27.75 印张 550000 字

2017 年 10 月第 1 版 2017 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8446 - 4 定价：72.00 元

(图书出现印装问题，本社负责调换。电话：010 - 88191502)

(版权所有 翻印必究 举报电话：010 - 88191586)

电子邮箱：dbts@esp.com.cn)

Pollution Reduction Effect and Policy
Analysis of Industrial Structure
Adjustment in China
— Based on CGE Model

序言

改革开放以来，我国经济保持了较快增长，创造了“中国奇迹”，经济总量已跃居世界第二位。然而，这些成就的取得很大程度上是以资源大量消耗和环境严重污染为代价换来的。习近平总书记提出，“我们既要绿水青山，也要金山银山。宁要绿水青山，不要金山银山，而且绿水青山就是金山银山”。因此，研究如何通过产业结构调整实现污染减排对实现绿色发展具有重要意义。田银华教授及其研究团队经过六年的倾力合作，撰写出《我国产业结构调整的污染减排效应及策略研究——基于CGE模型》一书，这是一本非常有价值、有见地的学术专著，是在其承担的国家社会科学基金重大项目研究报告的基础上修改完成的，该报告已经顺利通过了评审委员会的评审，获得了行内专家的高度肯定，足见其内容之丰富、观点之深邃。作为朋友，我谨以此序言向田银华教授及其研究团队表示祝贺，并向广大读者推荐此书。

全书共分为十一章，基于CGE模型运用了大量公开发表的统计资料和调研资料，对我国产业结构调整污染减排潜力、效应进行了详尽测度和分析，并有针对性地提出了相应的对策建议。该书的主要内容包括：（1）界定了产业结构调整与污染减排潜力的内涵，分析了我国产业结构演进过程和污染物排放演进趋势，重点测算了我国产业结构调整的污染减排潜力；（2）甄别了产业结构调整中要素结构变化与污染排放之间的经验关系，运用拓展的CGE模型测算了行业要素结构调整变化与主要污染排放物的关联性，借助程序软件对产业结构调整中要素结构变化对污染排放影响进行了政策模拟与参数敏感性分析；（3）分析了我国产品结构调整的阶段性特征，产品结构调整促进污染减排的机理，出口贸易产品结构变化的污染减排效应，重点探讨了钢铁行业产品结构调整的污染减排效应；（4）分析了供给侧结构性改革视角下我国行业结构优化调整路径，构建了嵌入行业结构演化与污染排放行为的CGE模型，在此基础上对行业结构调整的污染减排效应进行了情景模拟；（5）比较了国外产业结构调整的支持政策体系，分析了我国污染减排政策实施现状及存在的问题，构建CGE模型对污染减排的政策效果进行了情景模拟；（6）分析了我国产业结构调整的法律、制度、技术与人才支撑体系。

该书作为研究污染减排领域的专门著作，其中不乏许多特色和创新之处，具有



重要的学术价值和应用价值。其学术价值主要体现在：(1) 拓展了 CGE 模型的应用。可计算一般均衡模型 (Computable General Equilibrium Model, CGE) 以一般均衡理论为基础，模型中明确定义了经济主体的生产函数和需求函数，能够反映宏观经济中各个部门和各个市场之间的相互依赖和相互作用的关系，是当前用于进行政策评价的主要工具之一。该书在 CGE 模型的基础上进行了创新，借用 Nordhaus (2010) 的 RICE-2010 模型，将其修改为容纳了 44 个细分行业的动态演变的一般均衡模型。(2) 深入阐释了产业结构调整的内涵，将其分解为要素结构调整、行业结构调整和产品结构调整，并分别对其产生的节能减排效应进行测算。(3) 进一步阐释了通过产业结构调整来实现污染减排的理论机制，并对其之间的经验关系进行了甄别，丰富了这方面的研究。其应用价值主要体现在：(1) 为政府出台相关政策提供决策参考。该书详细测算了污染减排潜力，并提出了通过产业结构调整来实现污染减排的具体路径和评价方法，这些都有利于为政府制定污染减排目标和出台相关污染减排政策提供参考。(2) 有利于推动我国产业结构升级，走绿色发展道路。该书的研究成果对产业结构的调整方向和技术路线均做了较为详细的研究，并取得了较为丰硕的研究成果，这对转变我国经济发展方式，实现经济发展和环境保护双赢，具有重要的意义。(3) 服务地方经济社会发展。该书在六个子课题之后还设立了专题对“长株潭”两型社会示范区产业结构调整污染减排效应进行了深入研究，并提出了具体政策建议，这对“长株潭”两型社会示范区建设起到了智库咨询的作用，同时，也为类似地区提供了借鉴参考。

通观全书，我感叹田银华教授及其研究团队对这部专著倾注的心血之巨，也从中受到不少有益启发，希望在这一研究领域我们能够进一步交流、探讨与合作。尽管书中的某些方法和结论还有待进一步完善和检验，但全书充分体现了课题组严谨的治学态度和对经济学锲而不舍的钻研精神，是一部研究污染减排领域的高品质的学术著作，值得相关研究领域的专家和学者一读。

陈诗一

2017 年 8 月 31 日

于复旦大学经济学院

CONTENTS 目录

第一章 绪论 / 1

- 第一节 研究背景与问题提出 / 2
- 第二节 研究目标与研究特色 / 3
- 第三节 研究思路、方法和主要内容 / 5
- 第四节 重要理论观点与成果创新之处 / 13

第二章 产业结构调整污染减排潜力研究 / 21

- 第一节 问题提出和国内外研究现状 / 22
- 第二节 我国产业结构的演进趋势 / 25
- 第三节 我国污染物排放的演进趋势分析 / 32
- 第四节 我国产业结构调整的污染减排潜力评估——基于最终需求生产诱发测算 / 60
- 第五节 本章小结 / 67

第三章 基于 CGE 模型的要素结构调整污染减排效应研究 / 71

- 第一节 研究问题提出与相关文献综述 / 72
- 第二节 要素结构调整、产业结构调整与污染减排之间的互动机理 / 78
- 第三节 产业结构调整中要素结构变化与污染排放之间经验关系的甄别 / 83
- 第四节 产业结构调整中要素结构变化与污染排放的 CGE 建模 / 94



第五节 要素结构变化与污染排放的政策模拟与敏感性分析 / 108

第六节 本章小结 / 126

第四章 产品结构调整的污染减排效应研究 / 133

第一节 产品结构调整的相关文献综述 / 134

第二节 产品结构调整的阶段性特征 / 136

第三节 产品结构调整促进污染减排的机理 / 138

第四节 出口贸易产品结构变化的污染减排效应 / 140

第五节 钢铁行业产品结构调整的污染减排效应 / 145

第六节 本章小结 / 162

第五章 基于 CGE 模型的行业结构调整污染减排效应研究 / 167

第一节 供给侧结构性改革视角下的行业结构优化调整路径 / 168

第二节 行业结构调整对污染减排影响效应的文献综述 / 172

第三节 嵌入行业结构演化与污染排放行为的 CGE 模型构建 / 174

第四节 行业结构调整对污染减排影响效应的 CGE 情景模拟分析 / 182

第五节 结论与政策建议 / 189

第六章 我国产业结构调整污染减排政策体系研究 / 193

第一节 产业结构调整污染减排政策文献综述 / 194

第二节 国际污染减排政策体系的比较与经验借鉴 / 199

第三节 我国产业结构调整污染减排政策实施现状及问题 / 210

第四节 基于 CGE 模型的产业结构调整污染减排政策效果模拟 / 225

第五节 产业结构调整污染减排政策体系构建 / 243

第六节 本章小结 / 248

第七章 我国产业结构调整污染减排支撑体系研究 / 257

第一节 问题的提出与相关文献综述 / 258

第二节 推动产业结构调整促进污染减排的法律支撑体系 / 260

第三节 推动产业结构调整促进污染减排的制度支撑体系 / 268

第四节 推动产业结构调整促进污染减排的技术支撑体系 / 272

第五节 推动产业结构调整促进污染减排的人才支撑体系 / 278

第六节 本章小结 / 283

第八章 产业结构调整与污染减排的技术创新激励效应 / 291

第一节 相关概念界定与国内外研究现状 / 292

第二节 碳排放权交易制度与清洁技术偏向效应 / 295

第三节 碳排放权交易制度的讨论 / 304

第四节 环境技术创新的政策激励效应 / 312

第五节 本章小结 / 321

第九章 产业结构调整污染减排效应评价指标体系及应用研究 / 327

第一节 产业结构调整污染减排效应评价指标体系的构建 / 328

第二节 六大产业转移示范区实证研究 / 333

第三节 结论与政策建议 / 359

第十章 长株潭城市群产业结构调整的污染减排效应研究 / 363

第一节 相关概念及国内外研究现状 / 364

第二节 产业结构调整对减排量及减排强度的测度 / 370

第三节 长株潭城市群产业结构变化与污染排放量变化分析 / 373

第四节 产业结构调整对污染减排的影响效应分析 / 392

第五节 结论及对策建议 / 401

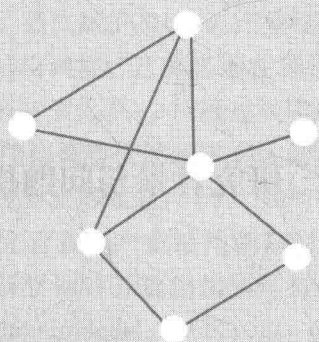
第十一章 生态补偿制度对区域节能减排的调控研究 / 411

第一节 基于碳平衡的区域生态补偿量化研究 / 412

第二节 基于排污权交易的湘江流域生态补偿 / 419

第三节 本章小结 / 426

后记 / 430



第一章

绪 论

本章着重探讨四个基本问题，即本书研究的背景，明确本书的研究目标与研究特色，设计本书的研究思路、方法与主要内容，以及总结本书研究的主要理论观点和成果的创新之处。

第一节 研究背景与问题提出

一、研究背景

改革开放以来,我国经济保持持续较快发展,经济总量已跃居世界第二位,2015 年人均国内生产总值增至 49351 元(折合 7924 美元)。然而,应清醒地看到:中国经济的快速增长是以资源、资本等物质要素的大量投入和消耗为前提的。世界经济发展都面临不断强化的资源环境约束,而对于人口众多、人均资源少的中国来说形势就更为严峻。进入 21 世纪,随着我国人口总量的继续增长以及工业化、城市化的快速推进,我国经济发展与资源、环境间的矛盾将更加突出。主要表现为:(1)在 21 世纪的前三十年,我国人口总量仍将继续增长,人均主要资源占有量将进一步下降,但随着我国人均收入从低水平向中等水平迈进,各类资源的人均消费量将迅速扩张(蔡平,2004),各种污染物的排放总量会进一步增加;(2)我国的工业化起步晚,在工业化进程中片面追求以 GDP 为导向的经济增长,长期沿用高物耗、高能耗、高污染的粗放型经济发展模式(江艳,2009),特别是近年来迅猛发展的重、化工业对生态环境造成的破坏极大;(3)我国目前正处于加速城市化阶段,每年城市新增人口超过 1000 万,城市的快速扩张将消耗大量资源(贺胜兵,2009)。由于以上原因,能源和环境成为制约我国当前和未来经济发展的两大“瓶颈”,以高投入、高消耗、高污染为特征的发展方式不可持续,转变发展方式刻不容缓(田银华,向国成,彭文斌,2013)。“十三五”规划明确提出:未来五年“能源资源开发利用效率大幅提高,能源和水资源消耗、建设用地、碳排放总量得到有效控制,主要污染物排放总量大幅减少”。因此,如何实现这样的污染物减排目标就成为摆在我们面前的亟待回答和解决的重大问题。

二、问题的提出

根据“十三五”规划坚持把经济结构战略性调整作为加快转变经济发展方式主攻方向、大力推进供给侧结构性改革的精神,基本判断是实现污染物减排目标的主攻方向是经济结构的战略性调整。而产业结构调整是经济结构战略性调整的主导

型重要组成部分,因此,产业结构调整也是实现污染物减排目标的主导型出路与重要途径(田银华,向国成,彭文斌,2013)。产业结构调整又可以分为要素结构调整、产品结构调整和行业结构调整。这就必须在理论和实践上论证:(1)我国产业结构调整的污染减排潜力有多大?(2)通过要素结构调整能够带来多大的污染减排效应?(3)通过产品结构调整能够带来多大的污染减排效应?(4)通过行业结构调整能够带来多大的污染减排效应?(5)如何构建我国产业结构调整的污染减排政策体系?(6)如何完善我国产业结构调整的污染减排支撑体系?等等,这些问题亟待通过研究做出科学回答并提出切实可行的方案。可计算一般均衡模型(Computable General Equilibrium Model, CGE)以一般均衡理论为基础,明确定义了经济主体的生产函数和需求函数,能够反映宏观经济中各个部门和各个市场之间的相互依赖和相互作用的关系,是当前用于进行政策评价的主要工具之一。因此,我们设计了“基于CGE模型的我国产业结构调整污染减排效应和政策研究”对上述问题做系统的分析。

第二节 研究目标与研究特色

一、研究目标

本研究力求做到背景准确、内容完整、政策设计科学以及方法合理,具体体现在以下三个方面。

(1) 理论创新。在广泛深入实地调查的基础上,运用科学方法力求全面、准确把握我国产业结构和污染物排放现状,利用CGE模型模拟分析要素结构、产品结构和行业结构调整的污染减排效应,为设计产业结构调整和污染减排的各项政策措施奠定坚实理论基础,为实现经济社会的又好又快增长和国民经济可持续发展提供有力的理论支持。

(2) 政策设计。力求分析因素的全面性、政策措施的整体性和应对措施的有效性,为推动结构调整,实现经济、社会、资源和环境的可持续发展提供针对性和可操作性的政策措施体系。

(3) 研究方法。力求研究方法的科学性和适应性,在研究中针对不同内容,综合比较各种研究手段,并积极探索新的研究方法。

二、研究特色

在第二章“产业结构调整污染减排潜力研究”中,特色一是科学阐释三次



产业结构调整度、要素结构调整度、行业结构调整度、产品结构调整度和污染减排潜力的概念,合理界定其内涵和外延;特色二是以产业结构调整的政策减排效应系数高的发达国家为参照,从三次产业结构调整、行业结构调整、要素结构调整和产品结构调整等四个层面测算我国产业结构调整的政策减排潜力。

在第三章“基于CGE模型的要素结构调整政策减排效应研究”中,特色一是,从产业结构的调整看政策措施对政策减排的影响,在文献中鲜有人涉及;特色二是,进一步从投入要素的角度细分数据为本章研究提供了新的观察角度;特色三是,使用可计算一般均衡方法展开研究,便于判断政策实施的效果,为决策提供参考。

在第四章“产品结构调整的政策减排效应研究”中,特色一是研究视角的创新。现有文献大多从行业层面、从投入产出的角度探讨产业结构调整的政策减排效应,这种处理相对简单易行,但不够细致深入。而从产品角度观察结构调整,能够更加贴合微观经济的现实。特色二是研究方法的创新。现有文献主要采用计量经济学、统计学的方法,基于局部均衡的视野研究产业结构调整的政策减排问题。本章采用CGE模型,基于全局均衡的视野分析产品结构调整的政策减排效应。

在第五章“基于CGE模型的行业结构调整政策减排效应研究”中,特色一是研究方法与数据资料的创新。与现有文献多采用理论演绎、案例分析和基于局部均衡的计量模型分析不同,本章以基于全局动态均衡的CGE模型的主体情景模拟与政策敏感分析为主。在研究数据方面,考虑了影响产业结构调整与行业变动的主要影响变量及其发展趋势,将“十二五”产业政策与环境规制政策作为量化指标体系,采用宏观投入产出(基于2007年的投入产出表数据,并推演2010年的经济结构)、行业技术水平、要素投入与污染排放等最新数据。特色二是研究成果体系和具体形式的创新。本章通过行业调整情景的模拟和政策组合选择的冲击测试,获取不同情景下相对优化的政策组合,并且CGE模型能提供对政策组合参数的敏感性分析,用以确定主要政策的参数区间。因此,研究的成果体系是基于不同情景层面的权变式(“如果发生则采用”)促进政策与支撑体系的组合选择,并且通过参数区间的量化分析使研究成果具体形式更为客观准确,政策参考性更为清晰可行。

在第六章“我国产业结构调整的政策减排政策体系研究”中,特色一是针对我国产业结构调整的政策减排效应,构建了政策减排的环境规制政策体系、清洁发展机制政策体系、财税金融政策体系与土地服务政策体系;特色二是针对不同的政策减排政策体系,设定不同政策体系的动态CGE模型,模拟仿真不同政策体系的政策减排效果。

在第七章“我国产业结构调整的政策减排支撑体系研究”中,特色一体现于

研究视角,本章突破了已有支撑体系的局限,整合性地把法律体系、制度体系、技术体系、人才体系等置于一个研究框架下,围绕综合支撑体系研究;特色二体现于研究内容,本章修正了已有研究的“只见树木、不见森林”的缺陷,围绕保障有效转型,全面系统地研究产业结构绿色转型的一系列支撑体系;特色三在于本章的支撑体系设计是基于我国产业结构调整促进污染减排的支撑体系实际情况和国外先进经验基础上提出的,遵循“研究问题国际化、解决问题本土化”研究思路,使得设计的支撑体系具有科学性与可操作性(杨济菱,2013)。

第三节 研究思路、方法和主要内容

一、研究思路

本书旨在全面准确把握国际国内产业发展态势和基本规律,在此基础上,系统研究我国产业结构调整的污染减排效应,并提出相应的政策建议。首先,基于全球化背景下气候变化和产业发展的趋势,采集我国产业结构和污染物排放的现实数据和事实依据,全面、深入掌握和测算产业结构调整污染物减排的潜力;其次,基于可计算一般均衡(CGE)建模,对要素结构调整、产品结构调整和行业结构调整的不同情景做模拟分析,探讨各情形下的污染物排放水平,为政策设计提供坚实的数据支持;最后,在CGE政策模拟分析的基础上,设计我国产业结构调整污染物减排的政策体系和支撑体系。具体研究框架如图1-1所示。

二、研究方法

本书采用的研究方法主要包括:(1)调查研究和案例分析;(2)通径分析、聚类分析、因子分析和主成分分析等多元统计分析及比较研究;(3)单要素加权模型、时间序列预测模型、矢量模型、生态足迹法、灰色预测、地理信息系统分析、联立方程模型以及面板数据技术等多种现代计量方法;(4)应用CGE(Computable General Equilibrium)模型对政策措施的实施效果进行测量与分析。本研究主要关注四个方面:一是力求在定量分析上准确反映事物的客观真实情况;二是在定性分析上实事求是地把握中国经济问题的特殊性;三是注重规范研究和实证研究相结合;四是运用多学科的交叉渗透,寻求研究方法的创新。

下文将重点阐释本书的主要模型——可计算一般均衡(CGE)模型理论与方法。

可计算一般均衡(Computable General Equilibrium, CGE)模型以新古典经济

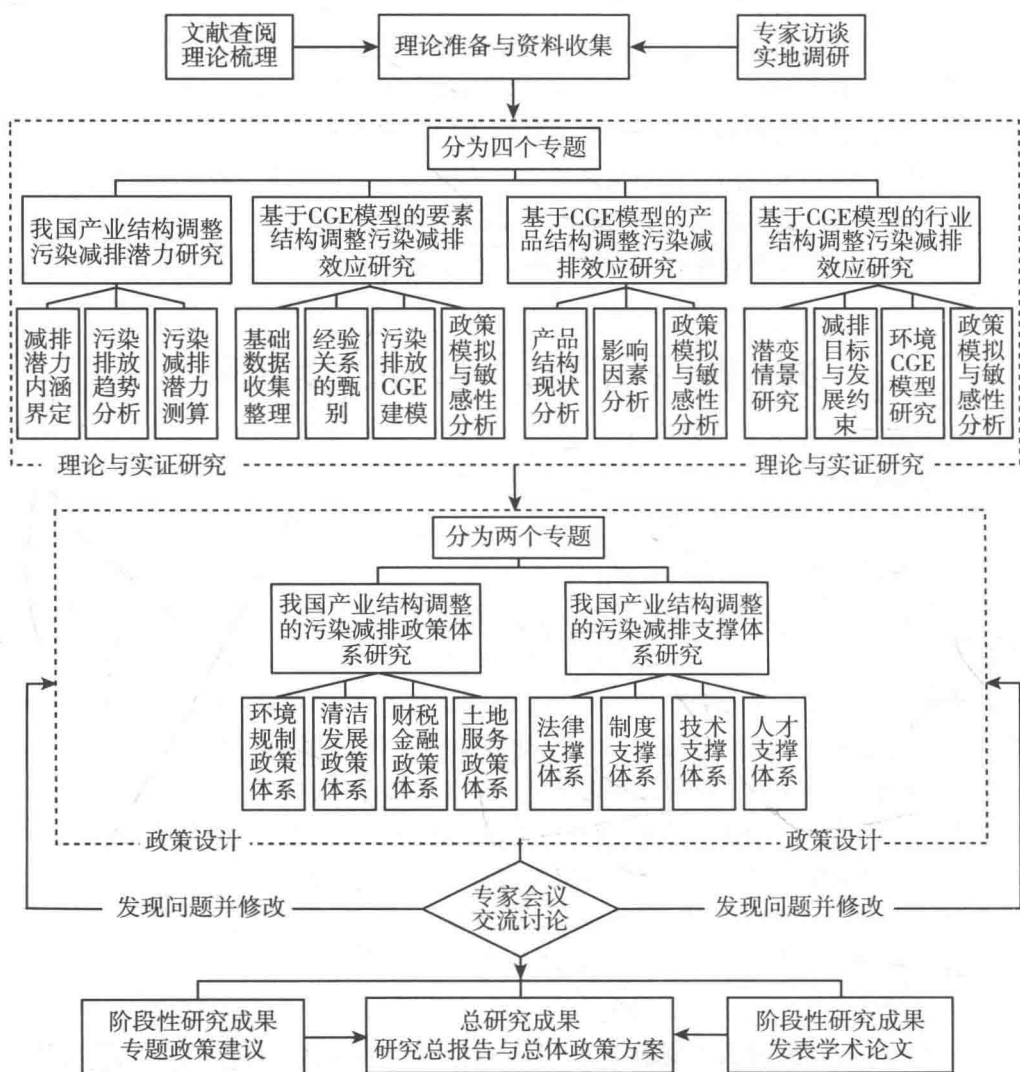


图 1-1 研究思路

学中瓦尔拉斯一般均衡理论为基础,采用大型非线性方程组求解技术与国民经济统计(投入产出表)及其他宏观数据,实现对实际经济系统各行为主体最优化行为、资源约束与市场出清条件的数量化刻画,以此构造一个融合经济行为主体间相互作用机制、经济系统外生冲击复杂影响效应的全局均衡模型,在此基础上,实现对经济主体行为变化与公共政策实施影响效应的全局模拟与量化评估。瓦尔拉斯完全竞争市场经济下的一般均衡理论,将经济系统看作一个市场主导的整体系统,给出刻画系统内各行为主体(厂商、居民与政府等)最优化行为的一般函数形式,以价格机制为唯一核心的供需调节机制,实现经济系统市场均衡与总量均衡,进而体现

其中各要素之间复杂的相互作用和相互依存关系,以及在一定条件下因供求关系变动所导致的价格变动而使供求关系趋向均衡的经济变量的运动过程^①。瓦尔拉斯的一般均衡理论后经帕累托、希克斯、谢尔曼、萨缪尔森、阿罗、德布鲁以及麦肯齐等经济学家的改进和发展之后,形成现代一般均衡理论(赵金萍,2008)。在此基础上,1960年,雷弗·约翰森(Leif Johansen,1960)在其开创性著作 *A Multisectoral Study of Economic Growth* 中首次实现了一个完整的、具体化的可计算一般均衡模型(根据其含义,也被简称为 MSG 模型),这一包含 22 个产业部门的挪威经济 CGE 模型,明显区别于里昂惕夫(Leontief,1936)基于单一厂商主体与线性行为关系的投入产出模型,该模型引入了政府、居民与厂商等多个经济主体,基于价格调整机制的多主体非线性最优化行为与相互影响,最终实现全部市场的供给与需求平衡。约翰森模型能够提供比局部均衡分析或投入产出模型更为深刻与全局的经济分析,因此,也被称作应用一般均衡(Applied General Equilibrium, AGE)模型。斯卡夫(Scarf,1973)进一步发展了约翰森(Johansen)模型的大规模扩展求解算法思想,使其计算机程序辅助求解成为可能,对应的专用建模或大型非线性方程组算法求解软件开始涌现。阿明顿(Armington,1969)则提出了解决进出口贸易商品异质性的阿明顿方法;CGE 模型参数校准思想与方法得到了逐步完善^②,需要特殊处理的诸如替代弹性等数据及相关数据统计库也在学界协作中不断完善^③。随着可计算一般均衡模型理论思想的日趋成熟与建模工具平台的不断完善与升级,CGE 模型逐渐成为经济政策制定者及相关学者确定政策最优选择及评估政策实施效应的重要理论工具。

尽管 CGE 模型均以一般均衡理论为框架核心,但是由于研究对象及问题定位的不同,实践运用中往往因经济结构参数与行为函数形式需要而有不同的设定,各 CGE 模型之间普遍存在相互沟通与比较验证等问题。因此,随着各类 CGE 模型相互竞争与彼此不断融合,现阶段实践型 CGE 模型主要基于下面几个主要的框架:(1)约翰森(Johansen)的 MSG 模型框架。挪威统计局与相关学者对 MSG 模型做了进一步继承与拓展,特别是霍尔姆(Holmøy)和斯托姆(Strøm)基于 MSG 模型^④对于化石能源国际市场、能源政策及其对经济可持续发展影响效应的扩展,对于能源与环境领域政策问题研究有很大借鉴价值。(2)莫纳什(MONASH)模型框架。源自澳大利亚莫纳什大学与澳大利亚政府 1970 年启动的 IMPACT 项目,参

① Varian, Hal, 1992, *Microeconomics Analysis*, W. W. Norton.

② Dixon, P. B., Harrower, J. D., Vincent, D. P., 1978, "Validation of the SNAPSHOT model", Preliminary Working Paper SP-12, IMPACT Project, Melbourne.

③ Hertel, T. W. (Ed.), 1997, *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*, Cambridge University Press, Cambridge. Available at: <http://www.gtap.org>.

④ Holmøy, E., The development and use of CGE models in Norway, *Journal of Policy Modeling*, forthcoming.



考了 MSG 模型, 经历了早期的奥拉尼 (ORANI) 模型框架^①, 最终发展成自有特色的莫纳什 (MONASH) 模型^②。该模型最大的特点是其特有的便利的求解算法 (保证始终存在相对均衡解) 与相应配套的操作简捷的 GAMPACK 软件^③, 使得在该模型基础上直接应用非常容易, 因此, 莫纳什模型框架获得了学术界广泛应用。当然, 莫纳什模型框架也存在模型过于封闭、很难做出大的拓展等弊端。(3) MAMS 模型框架。21 世纪初, 世界银行针对千年发展计划 (the Millennium Development Goals, MDGs) 所开发的一般均衡模型 (Maquette for MDG Simulations, MAMS)^④, 最早用于对发展中国家经济政策的模拟与研究, 先后成功用于对埃塞俄比亚财税政策^⑤和俄罗斯^⑥加入世贸经济影响效应评估等问题的研究。同时, 伴随 MAMS 模型的不断研发, 学者们也开发了一个计算机建模衍生工具: 通用代数算法求解软件 GAMS^⑦, 该软件采用了语法非常灵活的模型定义脚本语言, 方便建立向量化方程组; 另一方面, 通过开放式 API 接口又引入了各类算法求解器, 从而实现对大型非线性方程组的快速求解。GAMS 软件与 GAMPACK 软件是当前 CGE 模型开发的主要工具软件。(4) 标准 CGE 模型框架。通过洛夫格伦 (Lofgren, 2001) 等人对 MAMS 模型的进一步简化与提炼, 形成了一个更具有一般意义的标准 CGE 模型框架^⑧, 该框架包含 CGE 模型的所有组成元素, SAM 数据结构与各国投入产出表实现很好的对接, 模型体系相对于前面几类框架更具有开放性。因此, 标准 CGE 模型框架成为部分学者在现有模型无法提供支持时, 自主开发针对特定问题的首选 CGE 模型基础框架。在 CGE 模型框架的基础上, 需要参照特定的研究对象和问题进行不同程度的模型扩展。根据所刻画经济主体的空间维度范围, CGE 模型扩展又可以分为单国 (区域) 模型、多区域模型与世界模型; 根据其时间维度关联, 可以分为单期模型、多期静态模型与多期动态模型; 根据其所研究的特定政策类别

① Dixon, P. B., Parmenter, B. R., Sutton, J., Vincent, D. P., 1982. ORANI: A Multisectoral Model of the Australian Economy, *Contributions to Economic Analysis* 142. North-Holland, Amsterdam.

② Peter B. Dixon and Maureen T. Rimmer. Dynamic, General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy: a Practical Guide and Documentation of MONASH, North-Holland, 2002.

③ Codsì, G., Pearson, K. R., 1988, GEMPAC: General-purpose Software for Applied General Equilibrium and other Economic Modellers. Comput. Sci. Econ.

④ Lofgren, H., 2011, MAMS: A Guide for Users, World Bank, Washington, DC.

⑤ Lofgren, H., Diaz-Bonilla, C., 2008, Foreign aid, taxes, and government productivity: alternative scenarios for Ethiopia's Millennium Development Goal strategy. In: Go, D. S., Page, J. (Eds), *Africa at a Turning Point? Growth, Aid, and External Shocks*. World Bank, Washington, DC, pp. 267-300.

⑥ David Tarr, Russian Accession to the WTO: An Assessment [J]. *Eurasian Geography & Economics*, 2013, 48 (3): 306-319.

⑦ Brooke, A., Meeraus, A., Kendrick, D., 1992, GAMS: A User's Guide. Release 2.25. The Scientific Press, San Francisco, CA.

⑧ Lofgren, H., Harris, R. L., Robinson, etc., 2001. A standard computable general equilibrium (CGE) model in GAMS. *Microcomputers in Policy Research* 5. IFPRI, Washington, DC.