

中国增汇型气候保护政策实施对经济的影响

吴 静¹ ,王 铮^{1 2,*} ,吴 兵¹ ,郑一萍¹ ,黎华群³

(1. 华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室 上海 200062 ;2. 中国科学院政策与管理研究所 北京 100080 ;
3. 乔治梅森大学公共政策学院 ,弗吉尼亚 22030)

摘要 :系统地给出了中国实施增汇型 CO₂ 减排政策对宏观经济影响的模拟结果 ,所采用的模拟系统包括基于 Pizer ,Demeter , Zwaan 工作发展的中国气候保护决策支持系统和中国经济可计算一般均衡 (CGE)系统。研究结果表明 ,增汇型气候保护政策较其他单一的气候保护政策更有利于国家经济安全 ;虽然增汇型气候保护政策在短期内会对国家 GDP 产出造成影响 ,但从长远角度看 ,增汇型气候保护将带动经济的发展 ,是一项值得推广的减排政策。同时 ,发现中国实行每年增加 4% 的碳汇和实施 4% 能源替代以减少 CO₂ 排放控制率 ,辅助于 0.2% 的生产型 CO₂ 排放控制率 ,如果能够促进世界其它地区到 2050 年减排 1990 年的 10% 的 CO₂ ,是一个合适的方案。

关键词 :CO₂ 减排 ;增汇 ;政策模拟 ;气候保护

文章编号 :1000-0933 (2007)11-4815-09 中图分类号 :X14 ;X171.1 文献标识码 :A

Effects of the implementation of climate policy by increasing carbon sinks on China's economy

WU Jing¹ ,WANG Zheng^{1 2,*} ,WU Bing¹ ,ZHENG Yi-Ping¹ ,Li Hua-Qun³

1 East China Normal University ,Key Laboratory of Geographical Information Science ,Ministry of State Education of China ,Shanghai 200062 ,China
2 Institute of Policy And Management ,Chinese Academy of Sciences ,Beijing 100080 ,China
3 George Mason University ,Virginia 22030 ,USA

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (11) 4815 ~ 4823.

Abstract : This paper simulates the effects of the implementation of climate policy by increasing carbon sinks on China's economy. Two macro model systems were adopted ,which are the decision support system of climate protection in China and the Computable General Equilibrium (CGE) model of Chinese economy. The first scheme is a macroeconomic model combined with the dynamic of climate system and also the model of endogenous technology change. The second framework integrates the component of climate protection into the CGE model capable of modelling the interactivity of China's 17 economic sectors. Results from the first model system showed that the policy of increasing carbon sinks was favourable in terms of maintaining the national economic stability ,compared with other climate protection policies such as the approaches of alternative energy and controlling the level of production. Although the climate protection policy by expanding carbon sinks would negatively affect economic growth in the short run ,the policy approach would enhance the energy of China's economy in the long term. This paper suggests that increasing carbon sinks should be a recommendable policy. The result from the second model indicated that the policy of increasing carbon sinks would make negative influence on GDP growth but

基金项目 :中国科学院知识创新工程资助项目 (KZCX2-YW-305-4) ;国家自然科学基金资助项目 (40371007)

收稿日期 :2006-11-22 ;修订日期 :2007-09-08

作者简介 :吴静 (1981 ~) ,女 ,浙江人 ,博士生 ,主要从事经济政策建模与分析。E-mail :wujing666@ hotmail. com

Foundation item : The project was financially supported by Chinese Academy of Sciences for topics in Innovation Engineering (No. KZCX2-YW-305-4) , National Natural Science Foundation of China (No. 40371007)

Received date 2006-11-22 ;**Accepted date** 2007-09-08

Biography : WU Jing , Ph. D. candidate , mainly engaged in economic policy modeling. E-mail :wujing666@ hotmail. com

households would have more comfortable living conditions. The CGE framework also points out some notable influence of this climate protection policy.

Key Words : carbon mitigation ; carbon sinks ; policy simulation ; climate protection

自 1990 's 中期以来 ,国内已经建立了大量的 CO₂减排对经济的影响评估模型^[1~14]。增汇作为一种新的气候保护机制 ,过去的各种模型中并没有考虑增汇机制 ,其模拟结构并不恰当 ,需要从根本上突破。增汇型气候保护就是增加吸收 CO₂的环境单元 ,例如森林、休耕地和其它农业生态系统 ,达到保护气候的目的。研究表明 ,增加碳汇可能吸收一部分 CO₂ ,从而起到保护作用^[15]。过去 10a 中已经开展的大量碳汇循环研究表明 ,化石燃料燃烧释放的 CO₂主要来自北半球 ,按理从北至南大气 CO₂的浓度应该是 $4 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6} \mu\text{mol/mol}$,但实际测量仅为 $3 \times 10^{-6} \mu\text{mol/mol}$ 。因此 ,在北半球肯定存在一个巨大的“汇”。最近几年 ,各种研究方式都一致得出在北半球中纬度存在一个 $1 \sim 3 \text{PgC/a}$ 的陆地碳汇^[16] ,我国学者方精云等^[17]对中国的研究也证实了碳汇的作用。由此可见 ,作为气候保护方法之一 ,增汇也是一种促使人地关系协调的重要手段。

目前关于增汇的研究多数集中在发现新碳汇 ,但是需要研究的是增汇减排的经济影响和可行性 ,这是很重要的 ,但这方面的研究还很少见报道。郑一萍与王铮 2005 年通过分析增汇的物理效应、经济效应以及增汇的成本 ,在理论上提出了增汇型气候保护对国家的经济安全影响进行评估的技术路线和建立动态宏观经济分析模型的基础^[18] ,也是本文的主要前期理论支持之一。

本文总结的关于增汇型 CO₂减排政策对我国经济影响的研究结果主要依赖两类模型展开 ,即国际上常见的局部均衡模型和一般均衡模型 ,从不同的层次对增汇型气候保护对经济的影响展开了分析研究。

1 中国气候保护决策支持系统建模及模拟

1.1 模型框架

中国气候保护决策支持系统是在大量前期工作的理论基础上建立起来的 ,系统结合了技术进步在二氧化碳减排中的作用的模型^[19] ,用于气候保护分析的宏观经济动态模型^[14] ,旨在增汇型气候保护对国家经济安全影响的评估模型^[18]。中国气候保护决策支持系统是一个考虑了气候-自然-经济体系的局部均衡模型。系统流程如图 1 所示。

1.2 模型

分析流程图 ,系统主要包括三大子系统即宏观经济系统、气候响应子系统以及 CO₂减排政策协调子系统。其中 ,气候响应子系统的原型主要参考了 Pizer 提出的气候反馈模型^[20] ,这里主要讨论 CO₂减排政策协调子系统。

1.2.1 CO₂减排政策协调

对 CO₂减排政策的探究 ,为了全面考虑各种减排途径并比较各种途径的优越性 ,以选择一种最优的减排政策或政策组合使之对国家经济发展最有利。在系统中考虑了 3 种政策即 :增汇型 CO₂排放控制、生产型 CO₂排放控制和能源替代型 CO₂排放控制。增汇型 CO₂排放控制就是通过增汇的方式 ,如种植森林、改变土地利用方式等 ,使得森林、土壤等汇吸收更多空气中的二氧化碳 ,这从另外一个角度减少了大气中的碳。生产型 CO₂排放控制是在计算 GDP 时在生产函数中就加以考虑的 ,体现在对有效社会生产率的修正上 ;至于能源替代型 CO₂排放控制 ,是通过用非化石燃料能源替代化石燃料能源 ,在确保不影响产出的情况下 ,采用更多的非化石燃料能源也能减少排放出的碳。下面对模型中 3 种减排途径的主要相关方程做简单介绍。

(1)总 CO₂排放控制率 :

$$\mu_c = \mu_p + \mu_s + \mu_d \tag{1}$$

式中 μ_c 是中国各种气候保护措施的 CO₂排放控制率之和 μ_s 是增汇型控制率 μ_p 是生产型控制率 μ_d 是能源替代型控制率。

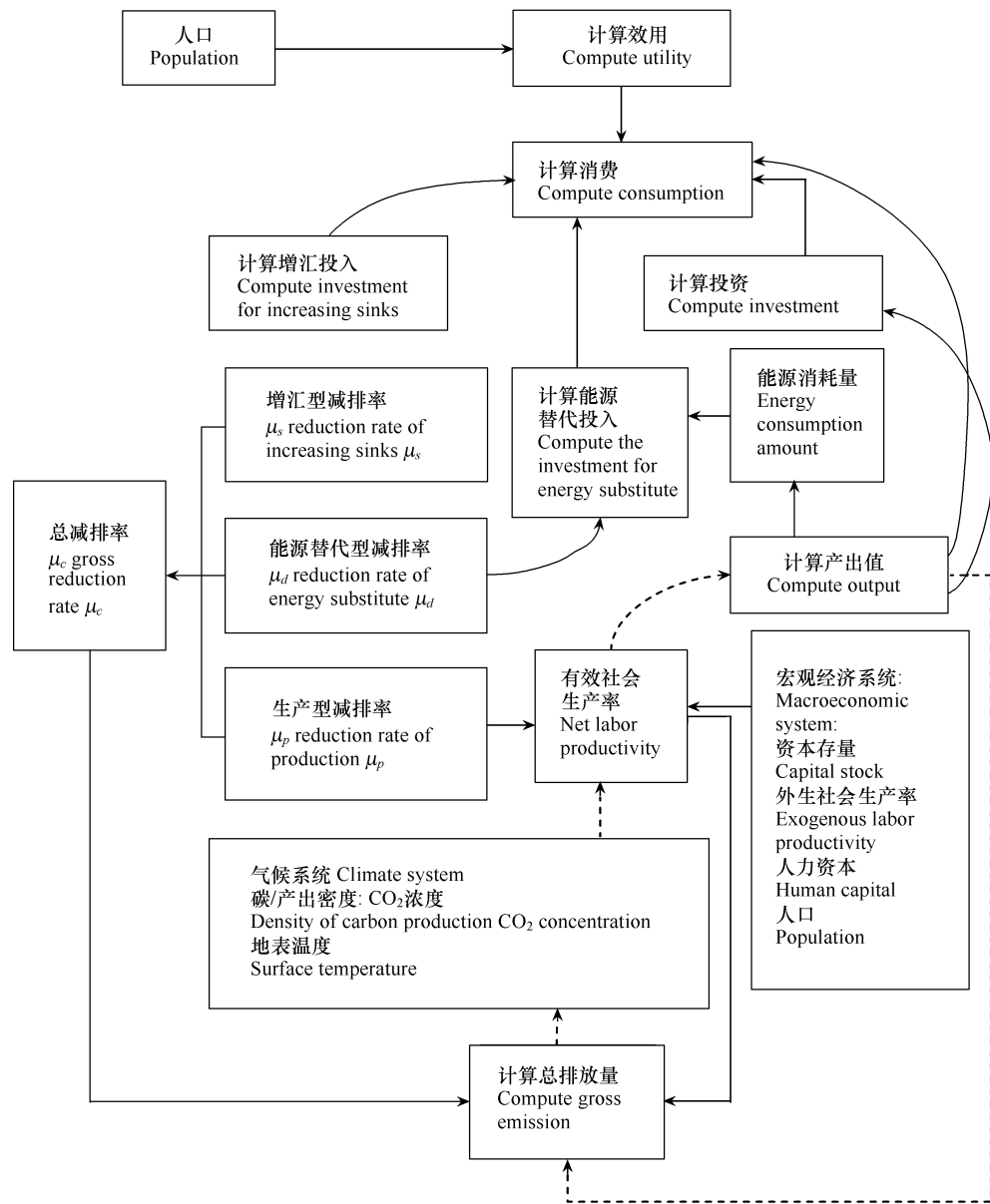


图 1 中国气候保护决策支持系统流程图
Fig. 1 The flow chart of the Chinese climate protection DSS

(2)增汇型 CO₂排放控制的成本投入：

$$I_t^{cs} = C^{(s)} \mu_s \sigma_t Y_t \left(\frac{A_t}{A_t^*} \right) \tag{2}$$

式中 $I_t^{(cs)}$ 是 t 时期的增汇投入 μ_s 是增汇型控制率 $C^{(s)}$ 是每减少排放 1t CO₂ 增汇成本 σ_t 表示 t 阶段排放量比总产出的外生趋势 Y_t 为总产出 A_t 为纯外生劳动生产率 A_t^* 为有效社会劳动生产率^[15]。

(3)生产型 CO₂排放控制：

$$A^* = \left(\frac{1 - \mu_p}{1 + (D_0/9) T_t^2} \right) A_t \tag{3}$$

式中 μ_p 是生产型 CO₂排放控制率 D_0 为温度上升 3℃ 所导致的 GDP 损失 T_t 为地表温度。式 (3) 表明 ,政策制订出来的生产型 CO₂排放控制率将减少有效社会劳动生产率。

(4)能源替代型 CO₂排放控制：

$$N_t = F_t / \lambda_{FN} (1 - \mu_d)$$

(4)

式中 N_t 是非化石燃料消费量 F_t 是化石燃料消费量 λ_{FN} 是化石燃料和非化石燃料消费量的比。

1.2.2 模型参数取值

对于 CO₂减排政策协调子模块 ,其中部分参数被视为政策参数 ,由系统运行时人为宏观调控 ,如表 1。

表 1 CO₂减排政策协调子模块中的政策参数

Table 1 Values of parameters in policy sub-module for CO₂ abatement

符号 Denotation	μ_s	μ_p	μ_d	μ_c
名称 Title	增汇型控制率 Reduction rate of increasing sinks	生产型控制率 Reduction rate of production	能源替代型控制率 Reduction rate of energy substitute	总减排率 Gross reduction rate

1.3 系统情景分析

1.3.1 系统情景选择

对于 CO₂减排政策影响的量化分析 ,在模型中分别对控制气候保护措施的政策参数进行设置并确定一定的减排目标 ,通过系统运行来分析对宏观经济的影响程度。

在中国气候保护决策支持系统中 ,设定了以下 5 种减排情景：

情景 1 中国不实行任何形式的气候保护 ,世界其它地区保持 1990 年排放水平不增加；

情景 2 中国每年实行 10% 的增汇型 CO₂排放控制率 ,不实行其他控制方式 ,世界其它地区到 2050 年减排 10%；

情景 3 中国每年实行 10% 的能源替代型 CO₂排放控制率 ,不实行其他控制方式 ,世界其它地区到 2050 年减排 10%；

情景 4 中国每年实行 1% 的生产型 CO₂排放控制率 ,不实行其他控制方式 ,世界其它地区到 2050 年减排 10%；

情景 5 中国每年分别实行 4% 的增汇型和能源替代型 CO₂排放控制率 ,以及 0.2% 的生产型 CO₂排放控制率 ,世界其它地区到 2050 年减排 10%。

1.3.2 各情景模拟结果分析

通过计算 ,得到不同情景下各年 CO₂的排放量以及 GDP 值 ,并由此分析得到 2050 年实施减排的各情景相比较不减排情景的 GDP 受影响比例以及 CO₂少排率 ,如图 2。

结果表明 :无论何种气候保护措施 ,都肯定会对中国的宏观经济产生影响 ,也就是说 ,实施控制排放政策对我国经济发展一定会有损耗。

情景 1 是不设置任何排放控制的方案 ,虽然在这种情景下各年的 GDP 值是最高的 ,但是到 2050 年该情景下 CO₂排放量将达到 42.38 亿 t ,这个数据已经接近世界除了中国以外的其他地区如果减排 10% 的排放量的总和 ,因此是不能为世界所接受的。

当分别实施一种气候保护政策时 ,情景 2 和情景 3 中分别选择实行增汇型和能源替代型排放控制 ,其控制的效果较好 ,在成本代价较低的情况下 ,就能实现到 2050 年比正常排放 (即情景 1) 的 CO₂排放量减少 10% 的目标 ,而生产型 CO₂排放控制政策在对经济产生较大影响的情况下却没有达到很好的减排效果。

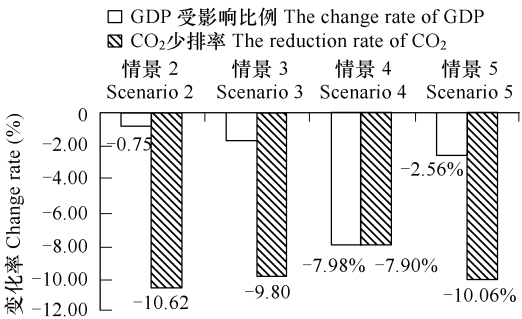


图 2 2050 年各减排情景相比较不减排情景的 GDP 变化率以及 CO₂少排率

Fig.2 The GDP change rate and CO₂ reduction rate in 2050 with different abatement scenes

很明显 增汇型和能源替代型排放控制政策的效率和效益要优于生产型控制政策 ,其中增汇型排放控制在影响 GDP 最小的情况下获得了最大的排放量控制 ,体现了实施增汇型减排的经济安全性和控制有效性 ,是一项值得推广的减排政策。

在情景 5 中 ,同时实施 3 种减排政策的控制效率还是比较高的 ,而且这种情景下减排政策的压力被分配到多种途径 ,各种减排政策的压力相对较小 ,因此 ,情景 5 中的组合减排政策比较符合我国目前的国情 ,比较容易实现。

另外 ,对各情景下模拟期限内各年 GDP 增长的模拟表明 ,由于减排政策的影响 ,在控制初期 ,经济的增长比较缓慢 ,但是随着时间的推移 ,经济的增长轨迹开始平稳上升 ,排放控制对经济的正面效应也开始得以体现 ,如图 3。

由此可见 ,在多种减排途径中 ,增汇型 CO₂ 排放控制将是一种对经济影响最小 ,排放控制效果最显著的方案 ,但考虑到我国的实情 ,通过同时实施多种 CO₂ 排放控制政策 ,以分散各种减排政策的压力将更具有可行性。

2 CGE 系统中气候保护模型的耦合以及模拟

气候保护作为当前经济发展的重要问题 ,CO₂ 减排政策实施需要相应支出 ,这部分支出作为宏观经济整体的一部分 ,其大小直接影响到经济体系其他部门的运行状况。因此 ,采用 CGE 融合气候保护模型 ,以考察气候保护支出对宏观经济的冲击程度。

2.1 模型框架

以一般 CGE 模型为基础 ,融合 Leimbach 气候保护支出模块 ,建立的 CGE 模型。该模型是一个包含 17 个部门的静态一般均衡系统 ,描述了经济系统的供求平衡关系 ,模型中的方程可分为 4 种类型 :商品价格方程、供给方程、需求方程、收入方程以及市场出清条件和宏观闭合条件 ,详见吴静和王铮^[23]。这里主要介绍 Leimbach 气候保护支出模型及其与 CGE 系统的耦合。

2.2 气候保护支出模型

为了衡量气候政策的成本 ,Leimbach 提出了“气候保护支出”这一概念 ,气候保护支出包括不同时间跨度的回报资金 ,用于短期能源保护措施、增加碳汇到长期的研究和教育投资。从宏观经济角度来说 ,气候保护支出是总产出的一部分 ,这部分产出既不能用于常规的物质再生产也不能用于消费 ,可以看成是国内生产总值的“漏出”。

Leimbach 定义的气候保护函数为 :

$$CP(t)/GP(t) = \begin{cases} \alpha_1 ERP^{a_2} + \alpha_0 & ERP > 0 \\ \alpha_0 (ERP/0.5 + 1) & -0.5 \leq ERP \leq 0 \end{cases} \tag{5}$$

式中 ,CP_t 为气候保护支出、GP_t 为总产出、ERP 为削减水平。参数 α₀ 是一个正值 ,表明即使保持与基年相同的削减水平仍存在着全球性的总产出漏出。(假定所有的漏出均为气候保护支出 ,而不包括任何气候变化带来的损失)。总产出在不考虑进出口的差值的情况下 ,可由 (6) 式求出 :

$$GP_t = INV_t + GCO_t + CO_t + CP_t \tag{6}$$

其中 ,GP_t 是总产出 ,INV_t 是投资、GCO_t 为公共 (政府) 购买、CO_t 为私人购买。

气候保护支出可以做以下改进 :气候保护支出应该纳入政府总支出中。因为气候保护支出主要依赖于政

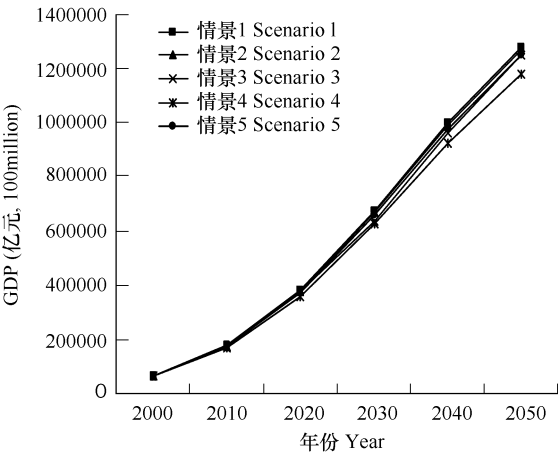


图 3 GDP 随减排深入的变化趋势
Fig. 3 The trendline of GDP change while furthering of abatement

府收入的支出,同时 Leimbach 自己最初的含义中指出气候保护支出主要包括用于短期能源保护措施到长期的研究和教育投资。因此这部分的支出应该是在政府收入之内。因此把 CGE 模型中关于政府收入的方程修改为 (7):

$$YG = TM + TX + TD - TE + \sum_h T_h^{(p)} - \overline{GFT} - CP \tag{7}$$

本研究是静态模型,可以认为与时间无关。将 (3.1) 式改为:

$$CP/GP = \begin{cases} a_1 ERP^{a_2} + a_0 & ERP > 0 \\ a_0 (ERP/0.5 + 1) & -0.5 \leq ERP \leq 0 \end{cases} \tag{8}$$

而在短期均衡中, GP_i 应该加上净出口,同时它是价值量的形式。并且为保持书写的前后一致, (6) 修改为:

$$GP = \sum_i^n [P_i(I_i + CG_i + \sum_h P_i CI(h)_i)] + \sum_i^n (PE_i \cdot E_i - PM_i \cdot M_i) \tag{9}$$

式中 P_i 是复合商品价格, I_i 是对 i 部门的投资, CG_i 为政府对各部门商品 i 的需求量, $C_i^{(h)}$ 为家庭组 h 对商品 i 的需求量, PE_i 和 PM_i 分别表示商品 i 的出口和进口价格, M_i 和 E_i 分别表示商品 i 的进口量以及出口需求。

对于政府支付的气候保护支出,假设其全部用于“增汇”,主要用于农业的资金投入,因为种植森林需要投入,养林护林需要投入。当然,气候保护支出也可以用到科学技术研究中来,譬如,研究节能型技术和材料,研究气候保护等,其他支出也是可以的。由于气候保护支出的复杂性,Leimbach 也没有说明它的最终用途。在此,假设我国的气候保护支出全部用于农业的资金投入中,以增加碳汇,有:

$$K'_1 = K_1 + CP \tag{10}$$

式中 K'_1 表示实施气候保护后农业部门的资本投入, K_1 是未获得气候保护资金时投入。

将一般 CGE 模型里所有有关农业资金要素的方程用 (10) 来改写,并把各部门原来总资本存量 (外生变量) 加上气候保护支出。如此就将气候保护支出模型和 CGE 模型建立耦合,从而为系统应用打下了坚实的基础。

2.2.1 模型参数取值

气候保护模块只包含 3 个参数即 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$, 这 3 个参数与温室气体减排水平有关。目前对这 3 个参数的值尚未有定论,在不同的模型中赋予的值是不同的。本研究参考了 IPCC 以及 Nordhaus 1994 年的估计结果,分别将这 3 个参数取值为 0.015、0.06、1.0。

该模块的政策参数为 ERP 即削减水平,由政策模拟时自由设定。

2.3 系统情景分析

在该系统中,本研究设置 2 种情景:

- 情景 1 中国不采取减排措施,中国在未来几十年的减排目标为 0;
 - 情景 2 中国实施增汇型 CO₂ 排放控制,不实行其他控制方式,未来几十年的减排目标定为 10%;
- 对模拟结果的分析,本研究主要考察宏观经济指标变动率。

2.3.1 宏观经济指标变动率

当在中国可计算一般均衡系统中实施 CO₂ 减排政策, GDP 值在两种情景均表现为下降的趋势,同时各宏观经济指标虽然出现了小幅度波动,但并不会影响国家的经济安全,这与中国气候保护决策支持系统模拟的结果一致 (表 2)。

(1) 在可计算一般均衡模型中模拟得到的 GDP 分别下降 0.056% 和 0.013%, 而在 1.3.2 小节中情景 2 的 GDP 下降为 0.75%。从政策模拟对宏观经济的冲击来说,两个模型模拟得到结果是一致的:实施增汇型减排政策将对经济造成一定程度的负面影响,使 GDP 有所下降。而在可计算一般均衡模型中得到的 GDP 波动之所以小于 1.3.2 的模拟结果,这主要是由于,中国气候保护决策支持系统是一个局部均衡模型,没有完全考虑宏观经济系统中各个部门,而可计算一般均衡模型则克服了这一不足,将由实施减排政策产生的负面影响

转嫁到经济系统的各个部门以及部门间的相互作用中 ,提高了系统适应能力 ,因此大大降低了对宏观经济的冲击。

表 2 气候保护政策下的宏观经济指标变动率

Table 2 The change rate of macroeconomic indexes with the climate protection policy (%)

主要宏观经济指标	情景 1	情景 2	主要宏观经济指标	情景 1	情景 2
Main Indexes of Macroeconomic	Scenario 1	Scenario 2	Main Indexes of Macroeconomic	Scenario 1	Scenario 2
GDP	- 0. 056	- 0. 014	企业储蓄 Enterprises Savings	- 1. 624	- 2. 266
失业率	0. 052	0. 002	政府储蓄	5. 003	7. 183
Unemployment rate			Government Savings		
企业所得税	- 1. 596	- 2. 227	居民个人所得税	0. 807	1. 212
Income tax for enterprises			Individual Income Tax		
农村居民储蓄	- 0. 175	0. 145	城镇居民储蓄	- 0. 043	- 0. 021
Savings of rural households			Savings of Urban Households		
农村居民的工资性收入	0. 873	1. 326	城镇居民工资性收入	0. 941	1. 393
Wage income of rural households			Wage Income of Urban Households		
国外储蓄	1. 088	1. 453	物价指数	0. 015	- 0. 028
Overseas deposits			Price Index		
政府收入	- 7. 205	- 10. 021	政府可支配收入	- 6. 334	- 8. 809
Government revenue			Disposable Income of Government		
农村居民可支配收入	- 0. 044	0. 033	城镇居民可支配收入	- 0. 036	0. 018
Disposable income of rural households			Disposable Income of Urban Households		
总资本	0. 067	0. 010	出口退税总额	0. 000	0. 000
Total capital			Tax Rebate		
企业收入	- 1. 056	- 1. 474	间接税总额	- 10. 370	- 14. 425
Enterprises income			Indirect Tax		

(2)表 2 中情景 2 下模拟得到的失业率、居民个人所得税、农村居民储蓄、城镇居民储蓄、农村居民工资性收入、城镇居民工资性收入、农村居民可支配收入、城镇居民可支配收入以及政府储蓄、国外储蓄的波动情况都较情景 1 得到了改善 ,表明实施增汇型减排政策有利于提高农村、城镇居民的收入水平 ,改善居民的生活水平 ,同时 ,在减排 10% 的情景下 ,物价指数也由不减排时的增加 0. 015% 变为下降 0. 028% ,居民生活满意度提高。而气候保护产生的负面影响主要由企业和政府承担 ,如表 2 情景 2 下企业储蓄、企业收入等指标量的下降幅度较情景 1 增大。

总之 ,CGE 环境下考虑宏观经济各部门相互作用 ,实施增汇型气候保护政策 ,在减排目标为 10% 的情况下 ,虽然国家 GDP 将降低 0. 013% ,但是农村居民的收入、储蓄水平都较不实施减排的情况得到了改善 ,居民生活满意度提高。

3 结论与讨论

3. 1 结论

在建立中国气候保护决策支持系统和中国经济可计算一般均衡 (CGE)系统的基础上 ,对我国实施气候保护政策做了情景模拟 ,主要得到如下结论 :

(1)从理论上看 ,增汇型和能源替代型排放控制政策的效率和效益要优于生产型控制政策 ,其中以增汇型减排政策对经济影响最小 ,排放控制最显著。

(2)考虑中国目前的实情 ,同时实施 3 种 CO₂ 排放控制政策 ,是一个切实可行的途径 ,即文中的情景 5。

(3)在短期内 ,实施 CO₂ 排放控制政策将消耗国家部分 GDP 并一定程度上减缓了经济发展速度 ,导致居民生活满意度的下降。从长远角度看 ,减排政策的实施是有利于经济增长的 ,随着减排的不断深入 ,其对经济发展的正面效益也得到体现。

(4)如果气候保护支出由政府来支付并投入到农业中去 ,虽然对经济有微小的负面影响 ,但是将改善居民生活水平和满意度。

3.2 讨论

完成当前的研究,也发现了一些值得进一步探讨的问题:

- (1)模型中参数取值很大程度上影响到模拟结果的正确性和准确性,在系统建模中确定参数取值时参考了一些其他文献的结果,在以后的工作中有待于得到更权威的参数取值。
- (2)在利用一般可计算均衡模型对气候保护进行模拟时,政策选择尚局限于增汇型气候保护,在进一步的研究中还应该逐步完善气候保护政策的类型。
- (3)由于数据局限,把增汇投入都归到农业部门的投资,更精确的研究应该要考虑把农业部门内部的林业部门作为增汇投入的对象。
- (4)本文尚未考虑减排行为的国际溢出,减排问题上的国际溢出是很复杂的,它关系到国家经济、政治安全,值得深入研究。

References :

[1] Nordhaus W D , Pop D. What is the value of scientific knowledge ?An application to global warming using the PRICE model. *Energy Journal* ,1994 , 18 :1—45.

[2] Cesar H S J. Control and game models of the greenhouse effect. Heidelberg , Germany : Springer-Verlag , 1994. 9 :225—234.

[3] Leimbach M. Modeling climate protection expenditure. *Global Environmental Change* , 1998 , 8 (2) :125—139.

[4] Alcamo J , Kreileman E. Emission scenarios and global climate protection. *Global Environmental Change* , 1996 , 6 (4) :305—334.

[5] Gottinger H W. Greenhouse gas economics and computable general equilibrium. *Policy Modeling* , 1998 , 20 (5) :573—580.

[6] Goulder L H , Schneider S H. Induced technological change and the attractiveness of CO₂ abatement policies. *Resource and Energy Economics* , 1999 , 21 :211—253.

[7] Warren R F , Apsimon H M. Uncertainties in integrated assessment modeling of abatement strategies : Illustrations with the ASAM model. *Environmental Science & Policy* ,1999 2 :439—456.

[8] Popp D C. The effect of new technology on energy consumption. *Resource and Energy Economics* 2001 , 23 :215—239.

[9] Zhang Z X. Macroeconomic effects of : a computable general equilibrium analysis for China. *Policy Modeling* , 1998 20 (2) 213—250.

[10] Zheng Y X , Fang M T , CGE model and policy analysis of China , Beijing : China Social Sciences Press , 1999.

[11] He J H , Shen K T , Xv S L. The impact of Carbon tax on Chinese economy :based on the analysis of CGE model. *The Journal of Quantitative & Technical Economics* ,2002 (10) :39—47.

[12] Cui L L , Wang Z , Liu Y. Modeling the impact of CO₂ mitigation rate on China 's national economy : a fuzzy equilibrium analysis over the uncertainty. *Journal of Safety and Environment* ,2002 ,2 (1) 39—43.

[13] Wang Z , Hu Q L , Zheng Y P. Simulating the impact of the climate protection expenditure on China 's economic security , *Acta Ecologica Sinica* , 2002 22 (12) 2238—2245.

[14] Wang Z , Zheng Y P , Jiang Y H. Dynamic macroeconomic modeling and analysis of CO₂ abatement. *Acta Ecologica Sinica* 2004 24 (7) :1508—1513.

[15] Houghton R A , Hackler J L , Lawrence. The U S carbon budget :contributions from land-use change. *Science* , 1999 , 285 :574—578.

[16] Fan S , Gloor M , Mahlman J , *et al.* North American carbon sink. *Science* , 1999 386 :698—702.

[17] Fang J , Chen A , Peng C , *et al.* Changes in Forest Biomass Carbon Storage in China between 1949 and 1998. *Science* , 2001 , 292 :2320—2322.

[18] Zheng Y P , Wang Z. Economic effect analysis of climate protection policy based on increasing carbon sink. *Chinese Journal of Ecology* 2005 24 (5) 555—560.

[19] Wang Z , Jiang Y H , Wu J , *et al* , The research on China's potential abatement of CO₂ by technological progress , *Acta Ecologica Sinica* 2006 26 (2) :423—431.

[20] Pizer W A. The optimal choice of climate change policy in the presence of uncertainty. *Resource and Energy Economics* , 1999 , 21 :255—287.

[21] Zwaan B C C van der , Gerlagh R , Klaassen G *et al.* Endogenous Technological Change in Climate Change Modeling. *Energy Economics* , 2002 24 : 1—19.

[22] Yuan J Z , Fan X M. The BRAC analysis of the ability to pool carbon by forest in China. Hebei Jourbal of Forest and Orchard Research ,1997 ,12 (1) 20 — 24.

[23] Wu J , Wang Z , Wu B. A CGE analysis of the impact of oil price rise. Journal of China Agricultural University 2005 2 69 — 75

参考文献：

[10] 郑玉歆 ,樊明太 ,等. 中国 CGE 模型及政策分析 ,北京 :社会科学出版社 ,1999.

[11] 贺菊煌 ,沈可挺 ,徐嵩龄. 碳税对中国国民经济的影响 :基于 CGE 模型的实证分析. 数量经济与技术经济研究 2002 (10) 39 ~ 47.

[12] 崔丽丽 ,王铮 ,刘扬. 中国经济受 CO₂减排率影响的不确定性 CGE 模拟分析. 安全与环境学报 2002 2 (1) :39 ~ 43.

[13] 王铮 ,胡倩立 ,郑一萍 ,等. 气候保护支出对中国经济安全的影响模拟. 生态学报 2002 22 (12) 2238 ~ 2245.

[14] 王铮 ,郑一萍 ,蒋轶红 ,等. CO₂排放控制的动态宏观经济模拟分析. 生态学报 2004 24 (7) :1508 ~ 1513.

[18] 郑一萍 ,王铮. 增汇型气候保护对国家经济安全的影响分析. 生态学杂志 2005 24 (5) 555 ~ 560.

[19] 王铮 ,蒋轶红 ,吴静 ,郑一萍 ,黎华群 2006 ,技术进步下中国 CO₂ 减排的可能性 ,生态学报 26 (2) 423 ~ 431.

[22] 袁嘉祖 ,范晓明. 中国森林碳汇功能的成本效益分析. 河北林果研究 ,1997 ,12 (1) 20 ~ 24.

[23] 吴静 ,王铮 ,吴兵. 石油价格上涨对中国经济的冲击——可计算一般均衡模型分析. 中国农业大学学报 2005 2 69 ~ 75.