Vol.37, No.9 May, 2017

DOI: 10.5846/stxb201602010232

黄蕊,刘昌新,王铮.碳税和硫税治理下中国未来的碳排放趋势.生态学报,2017,37(9): - .

Huang R, Liu C X, Wang Z . Future carbon emissions trends under carbon and sulfur taxation governance in China. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(9):

碳税和硫税治理下中国未来的碳排放趋势

黄 蕊1,2,3,刘昌新4,王 铮2,4,*

- 1 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210023
- 2 华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062
- 3 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心,南京 210023
- 4 中国科学院科技政策与管理科学研究所,北京 100190

摘要:基于气候治理背景,计算模拟了征收碳税和硫税后的经济影响和减排效果。结果发现,基准情景下,中国经济将保持不断增长的趋势,到 2100 年,GDP 总量将达到 69.95 万亿美元,碳排放呈现环境库兹涅茨曲线特征,高峰值出现在 2034 年,碳排放高峰为 3832MtC。在收税治理策略下,无论单独征收硫税还是单独征收碳税,我国的 GDP 均会受到影响,碳排放都会减少。同时征收碳税和硫税,碳排放显著降低,碳排放高峰出现在 2031 年,峰值估计为 3111MtC,较基准情景下碳排放高峰降低了721MtC,高峰值出现的年份也提前了三年,完全满足 2030 年左右实现碳高峰的承诺。

关键词:碳排放;动态 CGE;经济影响

Future carbon emissions trends under carbon and sulfur taxation governance in China

Rui Huang^{1,2,3}, Changxin Liu⁴, Zheng Wang^{2,4,*}

- 1 Key Laboratory of Virtual Geographic Environment for the Ministry of Education , Nanjing Normal University , Nanjing 210023 , China
- 2 East China Normal University, Key Laboratory of Geographical Information Science, Ministry of State Education of China, Shanghai 200062, China
- 3 Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China4 Institute of Policy and Management Science, CAS, Beijing 100190, China

Abstract: The effect of carbon and sulfur taxation on the economy and emission reduction has been simulated based on the climate governance in the present study. The results showed that under the baseline scenario, China's economy will keep growing, and the GDP will reach \$69.95 trillion in 2100. Carbon emissions present Environmental Kuznets Curve characteristics, and a peak will appear in 2034 at a value of 3832 MtC. Under the taxation governance strategy, regardless of sulfur or carbon taxation, China's GDP will be affected; however, carbon emissions will be simultaneously reduced. Levying carbon and sulfur taxes simultaneously will reduce carbon emissions significantly. The peak carbon emissions value of 3111 MtC, decreased to 721 MtC from the carbon emissions peak value in the baseline scenario. Based on the current trend, the carbon emissions peak will appear in 2031. The carbon emissions are three years in advance of the baseline scenario, and, if they continue on the following trend, will fulfill the promise of carbon peak around 2030.

Key Words: carbon emissions; dynamic CGE; economic effects

基金项目:国家重大研究计划(973)项目:气候变化经济过程的复杂性机制、新型集成评估模型簇与政策模拟平台研发 2012CB955800,南京师范大学青年人才科研培育项目 15QNPY10; 江苏省高校自然科学研究面上项目(16KJB170003)

收稿日期:2016-02-01; 网络出版日期:2016-00-00

^{*}通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangzheng@ casipm.ac.cn

2014年,我国政府承诺 2030年后不再增加二氧化碳排放。2015年,我国政府在巴黎气候大会上表示要积极推进气候的全球治理,再次明确了中国二氧化碳排放到 2030年左右达到峰值并力争尽早达峰。要实现这一承诺,积极开展气候的全球经济治理是必要的。气候治理包含有多种手段,包括调整产业结构、优化能源结构、加快技术进步、增加碳汇、征收碳税、推行碳交易等。其中征收碳税的作用有多大,对我国经济产生多大影响,碳排放量和峰值时间如何变化,都需要进行科学计算。

另一方面,随着雾霾事件的持续恶化,雾霾治理成为中国政府环境治理的重大问题。化石燃料燃烧排放出的 CO₂被认为是造成全球气候变化的主要原因,同时,化石燃料燃烧尤其是烧煤排放的 SO₂和其他气溶胶是雾霾形成的基础^[1]。CO₂和 SO₂作为温室气体和污染物有着相同的排放源,这意味着政府可以通过经济治理手段,同时控制二者排放。由此,实行混合减排,或称协同减排就成为了学者们共同感兴趣的问题^[2-8],也将是我国开展环境与气候经济治理的必由之路。然而到目前为止,国内外还缺乏针对中国具体减排目标的科学计算,本文试图就这个问题展开分析。

1 CGE 模型

针对碳税和硫税的经济治理评估研究普遍采用 CGE 方法。最早如贺菊煌等采用静态 CGE 模型模拟了 不同减排目标下征收碳税带来的国民经济影响,并估算了 CO,的边际减排成本在 88.4—418.2 元/吨^[9];武亚 军和宣晓伟利用 CGE 模型对中国征收硫税的减排效果和经济影响进行了分析,认为征收硫税可以明显减少 SO,排放,改善环境质量,并估算出最优的硫税税率为400—660元/吨SO,[10]。高鹏飞等采用中国MARKAL-MACRO 模型,设置了不同税率,结果发现当税率较高时会产生较大的负面的经济影响,且减排效果不理 想[11]。最近十年,关于碳税的研究更为深入,王灿等采用动态递推的 CGE 模型,模拟了不同减排率下的宏观 经济影响[12]。曹静采用递归动态的 CGE 模型,模拟了引入碳税后的经济环境影响,研究发现碳税(50—200 元/吨碳)对经济的影响较小,减排效果显著[13]。王金南等采用国家发改委开发的中国能源政策综合评价模 型-能源经济模型(IPAC-SGM模型)模拟了不同碳税方案的对中国 CO,减排和宏观经济的影响[14]。朱永彬 等分别就征收生产性碳税和消费性碳税的减排效果和经济影响进行了分析,结果发现,征收碳税可以减少 CO₂排放,生产性碳税的减排效果比消费性碳税好[15]。李创采用静态 CGE 模型,设置了多种税率,结果发现, 征收碳税对减少 CO,排放和调整能源结构有效,但是会对经济产生一定的影响,因此征收碳税应从低税率征 起[16]。毫无疑问,这些研究对中国的碳税问题做出了有价值的研究,但是这些研究均未能与控制碳排放峰值 和减排目标问题联系。朱永彬等,王铮等就中国的碳排放峰值问题开展了研究,提出在平稳增长条件下中国 2030年左右可能实现碳排放高峰,但是他们没有关注由于雾霾问题提出的协同减排效应评估问题[17-18]。因 此,新的环境-气候-经济集成评估模型有待开发。

综上所述,本文选取二氧化硫排放代表的大气污染物和二氧化碳排放为代表的温室气体为研究对象,研究同时征收硫税和碳税的减排效果和经济影响,以及它们对碳排放峰值的影响,为我国开展气候经济治理、维持经济增长以及制定税收政策提供科学基础。

2 集成评估模型和数据

2.1 气候治理的 IAM

研究环境与气候治理的集成评估,分析环境与气候的经济治理响应,关键是分析经济体在发展演变过程中经济增长与污染物排放变化的关系。为此,本文采用在 Wang 等的 MRICES(多因子区域气候经济集成评估模型)^[19]基础上发展的 EMRICES(增强的多因子区域气候经济集成评估模型),关于 EMRICES 的细节可以参见刘昌新的博士论文^[20],后期发展见黄蕊的博士论文^[21]。EMRICES 的基本结构如图 1 所示:

在这个模拟系统中,每个区域(国家或地区)的经济行为独立的由相应的经济增长过程模型描述。每个区域的经济过程通常由一个包含内生技术进步的经济增长模型描述,具体参考 Wang 等 [19],全球气候系统则

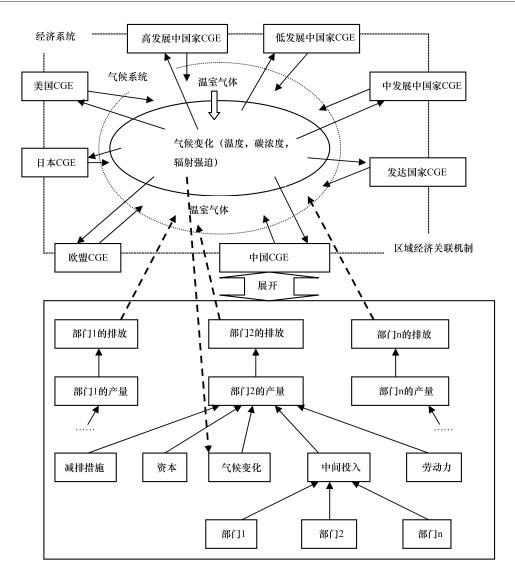


图 1 EMRICES(增强的多因子区域气候经济集成评估模型)结构

Fig.1 The structure of EMRICES (Expanded Multi-factors Regional Integrated model of Climate and Economy System)

如 Nordhaus 和 Yang 构建的 RICE 模型刻画^[22]。在对目的国(中国)的刻画中,经济系统被细化为动态 CGE 系统。由于经济过程被细化为由部门经济构成的系统,税收行为作用在每个生产部门,生产部门通过一般均衡影响了各个部门的产出和排放。在经济动态分析的情况下,产业增长和税收作用导致各个经济部门产出变化,各个部门按其对能源的消费行为动态的给出碳排放量。

2.2 CGE 动态化

与已有文献相比,本文采用了包含技术进步机制的动态 CGE 模型。采用 CGE 的原因是因为已有文献表明在分析碳税问题时,CGE 计算具有明显有效性,动态方法的引入是因为碳排放峰值控制是一个长期问题,用静态计算不可行。

详细的 CGE 方程体系见王铮等 [^{23]},这里给出 CGE 动态化的方程。CGE 动态化中经济增长的源泉在于资本的动态化,即资本等于上期资本存量扣除折旧再加上新增投资^[24]。

$$K_{i,t+1} = (1 - \delta_{i,k}) K_{i,t} + I_{i,t}$$
(1)

其中, $K_{i,i}$ 表示第 i 部门第 t 时期的资本存量。 $I_{i,i}$ 表示第 i 部门第 t 时期的投资量。 $\delta_{i,i}$ 表示第 i 部门第 t 时期的折旧率。上式可以推导出资本增长率的方程:

$$\frac{\dot{K}_{i,t}}{K_{i,t}} = \frac{I_{i,t} - \delta_{i,k} K_{i,t}}{K_{i,t}}$$
 (2)

其中, $K_{i,i}$ 表示资本的增加量。此外,全要素生产率水平和劳动力也是动态的。

$$\frac{\dot{A}_{i,t}}{A_{i,t}} = g_{i,a} e^{m_i t} \tag{3}$$

$$\frac{\dot{L}_t}{L_t} = g_t e^{nt} \tag{4}$$

其中, $A_{i,t}$ 表示第 i 部门第 t 时期的全要素生产率。 $g_{i,a}$ 和 g_t 分别是生产率水平初始增长率和劳动力的初始增 长率, m_i 和n分别是第i部门的生产率水平增长率和劳动力增长率的下降率。此外, SO_2 排放强度和碳排放强 度也是动态的,如式(5)和(6)所示, τ_{i0}^{s} 和 τ_{i0}^{c} 分别代表 2007年的 SO_2 排放强度和碳排放强度, λ_1 和 λ_2 分别 代表 SO,排放强度和碳排放强度的下降率。

$$\tau_i^S = \tau_{i=0}^S e^{\lambda_1 t} \tag{5}$$

$$\tau_i^C = \tau_{i=0}^C e^{\lambda_{2^i}} \tag{6}$$

这里排放强度变化由技术进步引起,这种技术进步被刻画为指数的变化,变化的速度由历史数据拟合得 到。这种拟合通过了统计检验,意味着技术进步的指数假定是合理的。

2.3 税率的设计

本文中的碳排放量和 SO,排放量是由各个部门的排放量加总得到。每个部门的排放量由其总产出乘以 相应的排放强度得到,见式(7)和式(8)。这里为了说明税收机制,并且所讨论的变量之间不涉及跨期关联问 题,故统一省略时间下标。

$$V_{s,j} = \tau_j^S X_j \tag{7}$$

$$V_{c,j} = \tau_j^c X_j \tag{8}$$

其中, $V_{s,i}$ 为第 j 部门的 SO_2 排放量, $V_{s,i}$ 为第 j 部门的碳排放量。 X_i 为第 j 部门的产出。

对碳税和硫税的收取方式为全行业征收,而不只针对重点行业征收税收。碳排放量、二氧化硫排放多的 行业,碳税和硫税也相应比较高。税收收取将会直接提升产品价格,具体见公式(9),

$$P_{j} = \left[\sum_{i} a_{ij} P_{i} + \left(1 - \sum_{i} a_{ij}\right) PVA_{j}\right] (1 + ts) (1 + tc)$$
(9)

其中, P_i 为第j 部门的产品价格。 PVA_i 为资本和劳动力生产要素的复合价格,即利率和工资率的复合价格。 a_i 为直接消耗系数。ts 为硫税从价税税率, tc 为碳税从价税税率。

实际经济中,碳税和硫税的税率为从量税,因此需要做一个等价转换,将从量税税率转化为从价税税率。 以 c 表示碳税的从量税率,其单位为元/吨碳。以 s 表示硫税的从量税率,其单位为元/吨硫。则转换关系为:

$$tc = \frac{V_{c,j} * c}{X_i} \tag{10}$$

$$ts = \frac{V_{s,j} * s}{X_j} \tag{11}$$

碳税和硫税收入最终将与其它税收一样归政府收入。

$$Yg = TX + TS + TC \tag{12}$$

其中, Y_g 表示政府收入, TS 和 TC 分别表示硫税总收入、碳税总收入。TX 表示生产税收总额。且有

$$TC = \sum_{i} V_{c,i} * c \tag{13}$$

$$TC = \sum_{i} V_{c,i} * c$$

$$TS = \sum_{i} V_{s,i} * s$$

$$(13)$$

2.4 数据来源

CGE 计算需要以经济体的社会核算矩阵(SAM)为基础,SAM 表所用的数据来源于 2007 年中国投入产出

表、2007 年中国现金流量表以及 2008 年中国统计年鉴^①。本文采用的中国经济的 SAM 表、资本产出弹性、劳动力产出弹性数据来自刘昌新^[20]。SO₂排放数据来自《中国环境统计年鉴》,各部门的产值来自《中国统计年鉴》,需要说明的是,这两个年鉴中的部门与投入产出表中 42 部门并不是一一对应的。本文仅考虑工业部门(建筑业除外)排放的 SO₂,因此以投入产出表的部门为基准,将统计年鉴中的部门进行合并或拆分,最终得到工业部门(建筑业除外)的各部门的 SO₂排放数据和产值,进而得到各部门的 SO₂排放强度。各部门的碳排放量和碳排放强度数据来自刘昌新^[20],硫排放强度数据来自黄蕊等^[21]。

3 情景模拟分析

3.1 基准情景

根据气候经济治理的需要,本文基于 EMRICES 对中国未来的经济增长以及碳排放趋势展开了计算分析,此结果记为基准情景(BAU)。BAU 是没有征收环境税的情况下,中国依靠能源结构和产业结构调整形成的增长路径和排放趋势。基准情景下的 GDP 增长趋势和碳排放趋势如图 2 所示。

从图 2 中可以看出,基准情景下,中国的 GDP 保持不断增长的趋势,从 2015 年的 7.47 万亿美元增长到 2100 年的 69.95 万亿美元。碳排放呈现倒 U 型的环境库兹涅茨曲线(EKC),碳排放强度下降是产生环境

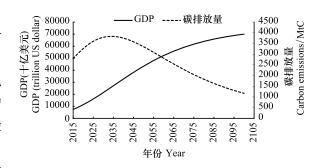


图 2 BAU 情景下中国未来的 GDP 和碳排放量 Fig.2 China's future GDP and carbon emissions under BAU scenario

EKC 的原因。碳排放高峰出现在 2034 年,高峰值为 3832MtC,之后不断减少,到 2100 年减少到 1169MtC。朱永彬等估计在最优平稳增长下中国未来碳排放高峰值为 3836MtC,碳排放高峰出现在 2040 年^[17]。王铮等考虑了水泥碳排放和森林碳汇之后得到中国的净排放量,碳排放高峰出现在 2031 年,碳排放高峰值为 2637MtC,这是因为朱永彬等没有考虑产业结构内部差异和产业结构进步,由此估计的峰值过大,峰值出现时间过晚。相较王铮等的结果^[18],本文模拟出来的碳排放结果较大,这是因为 EMRICES 模型未能考虑森林碳汇对碳排放的吸收作用。

3.2 征收碳税情景

综合考虑国外成熟的碳税税收机制和我国学者对本国征收碳税的政策设计,本文模拟了以征收碳税作为一种经济治理手段对经济带来的影响和减排效果,税率设置为50元/吨碳。

从图 3 中可以看出,征收碳税以后 GDP 较基准情景有所下降,2100 年 GDP 为 64.54 万亿美元,较基准情景下降了 5.42 万亿美元。征收碳税带来 GDP 下降,这是预料之中的,也是全球气候经济治理需要付出的代价。具体各部门从 2015 年到 2100 年的累计 GDP 损失如图 4 所示。

从图 4 可以看出征收碳税后,各部门产出均受到负

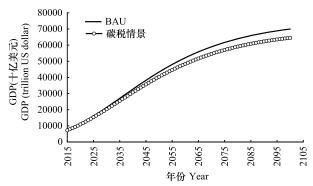


图 3 碳税情景和 BAU 情景下 GDP 对比

Fig. 3 The contrast of future GDP between BAU and carbon tax scenario

① 或许有个别不熟悉 CGE 方法的学者认为,本文分析 2015 年后问题,2007 年的 SAM 数据偏老,实际上,由于 SAM 编制的工作繁多,2007 年 SAM 是中国国家统计局公布的最新的 SAM 表。幸运的是,CGE 计算主要依赖的是 SAM 的平衡关系而不是具体的数值。这种做法,是世界上学术界 CGE 分析的习惯做法,如国际上采用的 CGE 计算模型 GTAP,目前用的中国 SAM 就是 2007 年的.

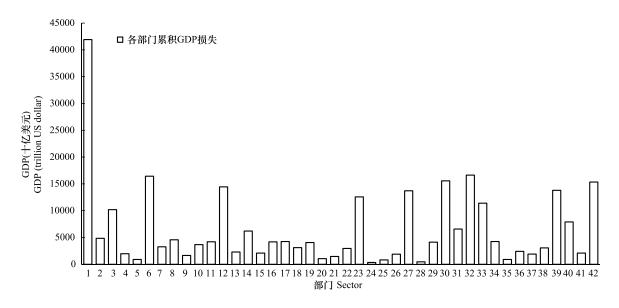


图 4 碳税情景下各部门累计 GDP 损失(2015—2100 年)

Fig.4 The cumulative output loss of each sector in carbon tax scenario (from 2015 to 2100 year)

面影响。其中,农林牧渔业的损失最为严重,累积 GDP 损失达到 42 万亿美元。这是因为农林牧渔业的碳源种类多,包括化肥生产和使用过程中带来的碳排放、农药生产和使用过程中引起的碳排放、农业机械运用和灌溉过程中产生的碳排放、农作物秸秆焚烧产生的碳排放等,因此征收碳税后受的影响最大^[25]。排在第二位和第三位的分别是是金融业和食品制造及烟草加工业,累积 GDP 损失分别为 17 万亿美元和 16 万亿美元。化学工业、电力、热力的生产和供应业、交通运输及仓储业、批发和零售业、房地产业、教育、公共管理和社会组织受到的累积 GDP 损失均超过 10 万亿美元。

征收碳税后,通过价格机制影响产品需求,导致对碳密集产业的中间需求和最终需求减少,能源消费量减少,碳排放量也相应减少。碳税情景下与 BAU 情景下碳排放量对比如图 5 所示。

从图 5 中可以看出,征收碳税以后,碳排放量也呈现出先增多后减少的环境 EKC 特征,碳排放量比 BAU 情景有所减少。征收碳税情景下,碳排放高峰较 BAU 情景提前了一年,出现在 2033 年,碳排放高峰值为 3565MtC,比 BAU 情景下的高峰值减少了 267MtC。从 2015 年到 2100 年累计减少碳排放 18GtC。

3.3 征收硫税情景

在气候治理的同时,为了减少大气污染,我国自2005年开始就对二氧化硫按照大气污染物的收费标准,征收排污费,每一污染当量征收0.6元,SO₂的污染当量值为0.95千克,即每吨SO₂收费631.58元。尽管较之前0.2元的收费标准有所提高,但依然没有起到减

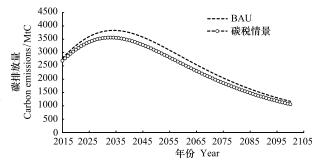


图 5 碳税情景和 BAU 情景下碳排放量对比

Fig.5 The contrast of future carbon emissions between BAU and carbon tax scenario

少 SO_2 排放的效果。瑞典为了达到 SO_2 的排放量在 1980 年基础上减少 80%的目标,在 1991 年开始征收硫税,对煤炭按其含硫量多少进行征税,每公斤硫征收 30 瑞典克朗,相当于 14150 元/吨 SO_2 。本文参照瑞典硫税设计,选取硫税税率为每吨 SO_2 征收 1.4 万元,对工业部门中除建筑物以外的其他部门征收硫税进行了模拟。硫税情景与 BAU 情景的 GDP 对比如图 6 所示。

从图 6 中可以看出,征收硫税以后,GDP 仍保持不断增长的趋势,但较 BAU 情景 GDP 总量有所下降。硫税情景中,到 2100 年 GDP 总量为 60.10 万亿美元,较基准情景降低了 9.85 万亿美元。具体各部门从 2015 年

到 2100 年的累计 GDP 损失如图 7 所示。

从图 7 中可以看出,征收硫税以后,农林牧渔业的累计 GDP 损失最大,这也是因为农林牧渔业的碳源种类多。其次是第三产业各部门,累计 GDP 损失较大的有金融业、公共管理和社会组织、教育、交通运输及仓储业和房地产业。第二产业中食品制造及烟草加工业、化学工业、电力、热力的生产和供应业的损失均较大。一些 SO₂排放重点部门如造纸印刷及文教体育用品制造业、非金属矿物制品业、金属冶炼及压延加工业的累计GDP 损失较小。

硫税情景下和 BAU 情景下的碳排放量对比如图 8 所示。从图 8 中可以看出,征收硫税以后碳排放也明显

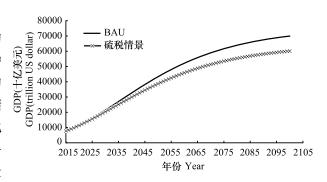
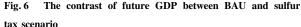


图 6 硫税情景和 BAU 情景下 GDP 对比

The contrast of future GDP between BAU and sulfur



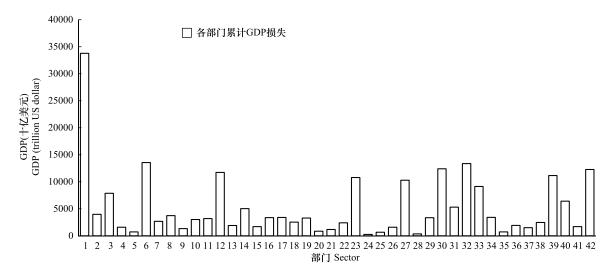


图 7 硫税情景下 GDP 各部门累计 GDP 损失(2015—2100)

Fig.7 The cumulative output loss of each sector in sulfur tax scenario (from 2015 to 2100 year)

减少,碳排放量较 BAU 情景有明显下降。这是因为对工业部门(建筑业除外)征收硫税,带来能源消费量减少,由此产生的碳排放量也会减少。硫税情景下碳排放高峰值出现在 2032 年,比 BAU 情景下碳高峰年份提前了两年,高峰值为 3328MtC,比基准情景下碳排放高峰值减少了 504MtC。硫税情景下,2015 年到 2100 年累计减少碳排放 34GtC,说明了征收硫税对碳排放有积极的协同减排作用。

3.4 碳税+硫税情景

在实际的环境与气候的经济治理中,碳税和硫税是同时征收的。为了得到同时征收硫税和碳税的减排效果和造成的经济影响,本文对同时征收硫税和碳税进行了模拟。同时征收硫税和碳税后 GDP 与 BAU 情景下的对比如图 9 所示。

从图 9 中可以看出,同时征收硫税和碳税后,GDP 较 BAU 情景明显减少,负面影响逐渐增大,2100 年 GDP 为 55.12 万亿美元,比 BAU 情景减少了 14.83 万亿美元,下降了 21.20%。相比单独征收碳税情景和单独征收硫税情景,同时征收硫税和碳税对 GDP 的负面影响最大。

同时征收硫税和碳税情景与 BAU 情景下的碳排放量对比如图 10 所示。从图 10 中可以看出,同时征收碳税和硫税后碳排放量较基准情景明显降低,碳排放高峰出现在 2031 年,为 3111MtC,较基准情景下碳排放高峰降低了 721MtC,高峰值出现的年份也提前了三年,2015 年到 2100 年累计减少碳排放 49GtC。相比单独征收碳税情景和单独征收硫税情景,同时征收碳税和硫税的碳减排效果显著。

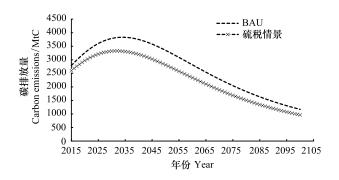


图 8 硫税情景和 BAU 情景下碳排放量对比

Fig.8 The contrast of future carbon emissions between BAU and sulfur tax scenario

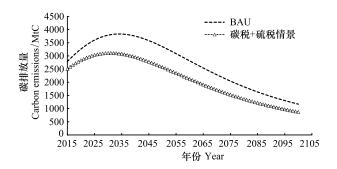


图 10 同时征收碳税和硫税情景下碳排放量与 BAU 情景对比 Fig. 10 The contrast of future carbon emissions between BAU and carbon plus sulfur tax scenario

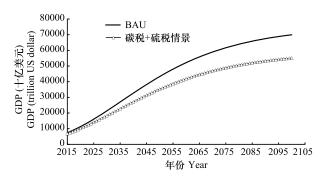


图 9 同时征收碳税和硫税情景与 BAU 情景下 GDP 对比 Fig. 9 The contrast of future GDP between BAU and carbon plus sulfur tax scenario

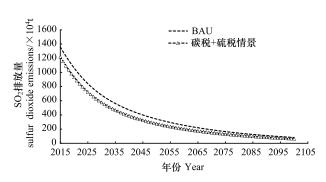


图 11 同时征收碳税和硫税情景下 SO_2 排放量与 BAU 情景对比 Fig.11 The contrast of future SO_2 emissions between BAU and carbon plus sulfur tax scenario

同时征收硫税和碳税情景与 BAU 情景下的 SO₂排放量对比如图 11 所示。从图 11 可以看出,SO₂排放出现出不断降低的趋势,这是因为技术进步带来硫排放强度不断降低造成的。同时征收碳税和硫税后,SO₂排放量较基准情景明显降低,2015 年 SO₂排放将会减少 137 万吨,之后减排量逐渐减少,到 2100 年累计减少 SO₂排放 5443 万吨。这说明同时征收碳税和硫税既是气候经济治理的有效方法,也是我国环境治理的有效方法。

从表1可以看出同时征收碳税和硫税的混合环境政策对各部门产出的影响最大,其次是单独的硫税政策,单独的碳税政策对部门产出影响最小。其中,农业部门受到的负面影响最大。食品制造及烟草加工业、化学工业以及电力、热力的生产和供应业均受到较大的影响。第三产业受到的负面影响也较大,如交通运输及仓储业和房地产业等。这说明我国产业部门对清洁能源和技术的使用比例还较低,对高排放能源依赖较强,在未来的经济转型过程中,需要进一步提高清洁技术和能源的比例。

4 结论与讨论

本文基于 EMRICES 模型,分别模拟了中国单独征收碳税情景、单独征收硫税情景以及同时征收硫税和碳税情景下的经济发展趋势和减排效果,得到以下结论:

- (1)基准情景下,中国经济将保持不断增长的趋势,到 2100 年,GDP 总量将达到 69.95 万亿美元,受技术进步和碳排放强度下降的影响,碳排放呈现环境 EKC 特征,高峰值出现在 2034 年,碳排放高峰为 3832MtC。
- (2)进一步强化气候治理,单独征收碳税的治理情景下,2100年中国的GDP为64.54万亿美元,较基准情景下降了5.42万亿美元。碳排放高峰出现在2033年,高峰值为3565MtC,比基准情景碳排放高峰值减少了267MtC。

表 1 不同情景下 2030 年各部门产出减少量(十亿美元)

Table 1 The output loss of each sector in 2030 under different scenarios (billion)

部门 Sector	碳税情景 Carbon taxation scenario	硫税情景 Sulfur taxation scenatio	碳税+硫税情景 Carbon taxation and sulfur taxation scenario
农林牧渔业 Agriculture,Forestry,Animal Husbandry&Fishery	155.88	126.39	434.37
煤炭开采和洗选业 Mining and Washing of Coal	20.27	16.85	55.93
石油和天然气开采业 Extraction of Petroleum and Natural Gas	41.68	32.08	111.53
金属矿采选业 Mining of Metal Ores	8.76	7.19	24.60
非金属矿及其他矿采选业 Mining and Processing of Nonmetal Ores and Other Ores	3.90	3.25	11.09
食品制造及烟草加工业 Manufacture of Foods and Tobacco	60.88	51.01	173.43
纺织业 Manufacture of Textile	12.65	10.48	35.69
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业 Manufacture of Textile, Wearing Apparel and Accessories, Footwear, Leather, Fur, Feather and Related Products	17.44	14.40	49.07
木材加工及家具制造业 Manufacture of Wood and Furniture	6.70	5.53	18.93
造纸印刷及文教体育用品制造业 Manufacture of Paper, Printing, Culture, Education, and Sport Activities	14.37	12.01	40.88
石油加工、炼焦及核燃料加工 <u>业</u> Processing of Petroleum, Coking and Processing of Nuclear Fuel	17.19	13.04	45.61
化学工业 Chemical Industry	57.47	47.05	160.74
非金属矿物制品业 Manufacture of Non-metallic Mineral Products	11.07	9.47	32.07
金属治炼及压延加工业 Smelting and Pressing of Metals	27.92	22.91	78.45
金属制品业 Manufacture of Metal Products	9.05	7.45	25.42
通用、专用设备制造业 Manufacture of General and Special Purpose Machinery	19.30	15.66	54.05
交通运输设备制造业 Manufacture of Transport Equipments	18.05	14.46	49.90
电气机械及器材制造业 Manufacture of Electrical Machinery and Apparatus	13.41	11.07	37.51
通信设备、计算机及其他电子设备制造业 Manufacture of Communication, Computers and Other Electronic Equipment	16.73	13.71	47.00
仪器仪表及文化办公用品机械制造业 Manufacture of Measuring Instruments and Cultural office supplies machinery 工	4.30	3.55	12.04
艺品及其他制造业 Artware and Other Manufacture	5.84	4.74	16.22
变品废料 Utilization of Waste Resources	12.65	10.43	35.65
电力、热力的生产和供应业 Production and Supply of Electric Power and Heat Power	53.22	46.39	148.09
然气生产和供应业 Production and Supply of Gas	1.31	0.99	3.47
水的生产和供应业 Production and Supply of Water	3.16	2.65	8.94
建筑业 Construction Industry	13.21	11.39	39.43
交通运输及仓储业 Transportation and Warehousing	55.45	41.09	146.36
郡政业 Postal Industry	1.78	1.40	4.88
言息传输、计算机服务和软件业 Information Transmission, Computer Services and Software	17.47	14.32	50.39
批发和零售业 Wholesale and Retail Trade	60.25	48.20	167.91
主宿和餐饮业 Hotels and Catering Services	25.39	20.66	71.86
金融业 Financial Industry	63.68	51.52	177.76
房地产业 Real Estate	40.60	32.89	116.48
阻赁和商务服务业 Leasing and Business Service	16.44	13.35	46.04
研究与试验发展业 Research and experimental development industry	3.59	2.92	10.06
综合技术服务业 Integrated Technological Services	9.85	7.97	27.34
水利、环境和公共设施管理业 Water Resources, Environment and Public Facilities Management	7.01	5.63	19.47
居民服务和其他服务业 Residents Service and Other Services	13.80	11.20	39.36
教育 Education	51.23	41.77	143.40

续表			
	碳税情景	硫税情景	碳税+硫税情景
部门	Carbon	Sulfur	Carbon taxation
Sector	taxation	taxation	and sulfur
	scenario	scenatio	taxation scenario
卫生、社会保障和社会福利业 Health, Social Security and Social Welfare	30.12	24.64	84.21
文化、体育和娱乐业 Culture, Sports and Entertainment	7.91	6.52	22.43
公共管理和社会组织 Public Administration and Social Organization	57.67	46.32	160.08

- (3)在单独征收硫税的环境治理情景下,GDP 较基准情景有所下降,2100 年 GDP 总量为 60.10 万亿美元。征收硫税以后,碳排放较基准情景有明显下降,碳排放高峰提前至 2032 年,碳高峰值为 3328MtC,比基准情景下碳排放高峰值减少了 504MtC。
- (4)作为环境和气候的经济治理手段,同时征收硫税和碳税后,2100年我国的 GDP 为 55.12 万亿美元,比基准情景减少了 14.83 万亿美元。碳排放明显降低,碳排放高峰出现在 2031年,峰值估计为 3111MtC,较基准情景下碳排放高峰降低了 721MtC,高峰值出现的年份也提前了三年,完全满足 2030年左右实现碳高峰的承诺。

征收碳税和硫税的确可以降低碳排放,并且保证我国在2030年左右实现碳高峰,但是如果只采取征收碳税和环境税税收手段,忽略能源结构优化和产业结构调整,会对中国经济产生不利影响,尤其是第一产业损失严重。因此应该结合多种手段减少碳排放,如尽快建成全国统一的碳交易市场,通过市场机制减少碳排放;植树造林,积极增加碳汇;提高绿色能源在能源结构中的比例,推广新能源使用,提高能源效率等。

参考文献 (References):

- [1] Alcamo J, Mayerhofer P, Guardans R, van Harmelen T, van Minnen J, Onigkeit J, Posch M, de Vries B. An integrated assessment of regional air pollution and climate change in Europe: findings of the AIR-CLIM project. Environmental Science & Policy, 2002, 5(4): 257-272.
- [2] Bollen J, van der Zwaan B, Brink C, Eerens H. Local air pollution and global climate change; a combined cost-benefit analysis. Resource and Energy Economics, 2009, 31(3); 161-181.
- [3] Chae Y, Park J. Quantifying costs and benefits of integrated environmental strategies of air quality management and greenhouse gas reduction in the Seoul Metropolitan Area. Energy Policy, 2011, 39(9): 5296-5308.
- [4] Xu Y, Masui T. Local air pollutant emission reduction and ancillary carbon benefits of SO₂ control policies; application of AIM/CGE model to China. European Journal of Operational Research, 2009, 198(1); 315-325.
- [5] Zusman E, Miyatsuka A, Evarts D, Oanh N K, Klimont Z, Amann M, Suzuki K, Mohammad A, Akimoto H, Romero J, Hannan Khan S M M, Kuylenstierna J, Hicks K, Ajero M, Patdu K. Co-benefits: taking a multidisciplinary approach. Carbon Management, 2013, 4(2): 135-137.
- [6] de Oliveira J A P, Doll C N H, Kurniawan T A, Geng Y, Kapshe M, Huisingh D. Promoting win-win situations in climate change mitigation, local environmental quality and development in Asian cities through co-benefits. Journal of Cleaner Production, 2013, 58: 1-6.
- [7] 齐晔. 中国低碳发展报告(2014). 北京: 社会科学文献出版社, 2014.
- [8] 许文. 中国环境税制度设计相关问题分析. 环境与税收, 2010, (9): 8-12.
- [9] 贺菊煌, 沈可挺, 徐嵩龄. 碳税与二氧化碳减排的 CGE 模型. 数量经济技术经济研究, 2002, (10): 39-47.
- [10] 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.
- [11] 高鹏飞, 陈文颖. 碳税与碳排放. 清华大学学报: 自然科学版, 2002, 42(10): 1335-1338.
- [12] 王灿,陈吉宁,邹骥. 基于 CGE 模型的 ${\rm CO_2}$ 减排对中国经济的影响.清华大学学报:自然科学版, 2005, 45(12): 1621-1624.
- [13] 曹静. 走低碳发展之路: 中国碳税政策的设计及 CGE 模型分析. 金融研究, 2009, (12): 19-29.
- [14] 王金南,严刚,姜克隽,刘兰翠,杨金田,葛察忠.应对气候变化的中国碳税政策研究.中国环境科学,2009,29(1):101-105.
- [15] 朱永彬, 刘晓, 王铮. 碳税政策的减排效果及其对我国经济的影响分析. 中国软科学, 2010, (4): 1-9, 87-87.
- [16] 李创. 基于 CGE 模型的碳税政策模拟分析. 工业技术经济, 2014, (1): 146-153.
- [17] 朱永彬,王铮,庞丽,王丽娟,邹秀萍.基于经济模拟的中国能源消费与碳排放高峰预测.地理学报,2009,64(8):935-944.
- [18] 王铮,朱永彬,刘昌新,马晓哲. 最优增长路径下的中国碳排放估计. 地理学报, 2010, 65(12): 1559-1568.
- [19] Wang Z, Zhang S, Wu J. A new RICEs model with the global emission reduction schemes. Chinese Science Bulletin, 2012, 57(33): 4373-4380.

- [20] 刘昌新. 新型集成评估模型的构建与全球减排合作方案研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2013.
- [21] 黄蕊. EMRICES+研发及其对中国协同减排政策的模拟[D]. 上海: 华东师范大学, 2014.
- [22] Nordhuas W D, Yang Z L. A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies. The American Economic Review, 1996, 86(4): 741-765.
- [23] 王铮, 薛俊波, 朱永彬, 吴静, 朱艳鑫. 经济发展政策模拟分析的 CGE 技术. 北京: 科学出版社, 2010.
- [24] 刘昌新,王宇飞,郝郑平,王铮. 基于动态 CGE 的挥发性有机污染物 VOCs 排放预测和控制研究. 环境科学, 2013, 34(12): 4787-4791.
- [25] 李波,张俊飚,李海鹏.中国农业碳排放与经济发展的实证研究.干旱区资源与环境,2011,25(12):8-13.