

DOI: 10.5846/stxb201404090691

张兴平, 朱锦晨, 徐岸柳, 郭正权, 刘珊珊. 基于 CGE 的碳税政策对北京社会经济系统的影响分析. 生态学报, 2015, 35(20): - .
Zhang X P, Zhu J C, Xu A L, Guo Z Q, Liu S S. Estimation of the impact of a carbon tax on the Beijing socio-economic system, based on a computable general equilibrium model. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(20): - .

基于 CGE 的碳税政策对北京社会经济系统的影响分析

张兴平^{1,*}, 朱锦晨¹, 徐岸柳¹, 郭正权^{1,2}, 刘珊珊¹

1 华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206

2 中国信息产业发展中心, 北京 100846

摘要: 首先根据研究需要与北京市 2010 年投入产出表部门划分情况, 尽可能地对能源部门进行细分, 并编制社会核算矩阵。然后构建可计算一般均衡 (CGE) 模型模拟碳税政策对北京市社会经济的影响。实证结果显示: 碳税政策具有显著的节能减排效果, 对于化石能源密集型产业产出具有明显的抑制作用, 但对于清洁能源、服务业等行业产出具有促进作用。因此严格限制煤炭、石油等高碳化石能源的使用、开发高碳能源低碳化利用技术是减排的重要措施。由于碳税会使产品价格上升, 从而导致消费需求减少, 碳税对国内生产总值和社会福利具有一定的负面影响, 虽然影响程度的相对量有限, 但影响的绝对效果较大, 应该避免较高的碳税税率。

关键词: 碳税; 可计算一般均衡模型; 能源部门划分; 碳排放

Estimation of the impact of a carbon tax on the Beijing socio-economic system, based on a computable general equilibrium model

ZHANG Xingping^{1,*}, ZHU Jinchen¹, XU An'liu¹, GUO Zhengquan^{1,2}, LIU Shanshan¹

School of Economics and Management, North China Electric Power University, Beijing 102206, China

Abstract: We modeled the effects of a carbon tax levy using Beijing's Inputs and Outputs table for 2010, disaggregating energy sectors as finely as possible to obtain robust simulation results and compiling a social accounting matrix. Then, we applied a computable general equilibrium model to investigate the impacts of a carbon tax on the Beijing economy and carbon emissions. The empirical results indicate that a moderate carbon tax would significantly reduce carbon emissions and be accompanied by a slight decrease in the rate of economic growth. Among fossil fuel initiatives, reduction of coal and petroleum consumption constitutes the greatest contribution to lowering carbon emissions. Levying a carbon tax would negatively influence fossil-energy-intensive industries, especially coal and petroleum, while positively influencing industries less dependent on fossil fuels, such as clean power and service. We conclude that Beijing should reduce consumption of coal and petroleum while striving to promote the use of clean fuel technology, which may be a crucial means to reduce carbon emissions. Levying a carbon tax would increase the price of production and, therefore, reduce final consumption, thereby producing a slight decrease in both GDP and social welfare. Despite the slight negative impacts on economic growth, negative impacts on gross production are expected to be larger. Therefore, a relatively high level of carbon tax is infeasible as policy.

基金项目: 国家自然科学基金 (71173075); 北京自然基金 (9142016); 北京哲学社会科学项目 (13JGB054)

收稿日期: 2014-04-09; 网络出版日期: 2014-12-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zxp@ncepu.edu.cn

Key Words: carbon tax; computable general equilibrium model; disaggregation of energy sector; carbon emissions

气候变化已经成为国际社会关注的焦点,减少温室气体排放是目前国际气候组织最具代表性的政策之一。虽然 2009 年《哥本哈根协议》没有对中国提出具体的减排要求,但作为一个负责任的发展中大国,中国政府承诺 2020 年单位 GDP 二氧化碳排放在 2005 年的基础上减少 40%—45%。对于正处于城镇化和工业化关键时期的中国,这是一个具有挑战性的目标,因此采取有效的减排措施以实现减排和经济增长的双重目标是一项重要任务。低碳发展战略和模式已经成为我国学者研究的热点问题之一^[1]。与总量控制和碳排放交易等市场竞争为基础的减排机制相比,一些学者认为碳税是更有效的减排机制^[2-3]。芬兰于 1990 年率先开征碳税,随后挪威、瑞典、新西兰、丹麦等北欧国家也相继开征碳税。芬兰从开始征收碳税的 8 年期间 CO₂ 的排放量大约降低了 7%,挪威在征收碳税期间 CO₂ 排放量减少了 20%左右,瑞典在 CO₂ 排放量减少 9% 的同时经济还保持了持续高速增长^[4]。许多国家的实践说明碳税是一种有效的政策工具,从而受到很多国家的关注,日本、德国、意大利、英国、澳大利亚等国家也相继开征碳税。

征收碳税可能会给经济发展带来负面影响,许多学者对此进行了深入的研究。Whalley 和 Wigle 率先构建一个涉及全球贸易和碳排放的多国可计算一般均衡(CGE)模型,分析了碳税政策对国际的影响力^[5-6]。从此许多学者利用 CGE 模型从不同角度分析了碳税对社会经济的影响^[7-11]。由于快速增长的经济和巨大的人口基数,我国碳排放总量较大,一些学者利用 CGE 模型从全国的角度对碳税政策进行了大量的研究^[12-17]。我国的经济呈现出典型的区域性,不同区域的经济水平、发展模式、资源禀赋以及由此导致的能源生产与消费结构具有明显的差异,因此碳税对于不同区域的经济发展和碳排放可能具有不同的影响效果和影响机制。基于此,本文以北京市为例,从区域的角度构建 CGE 模型分析碳税政策对北京社会经济的影响。

1 CGE 模型

本文构建的 CGE 模型主要包括 6 个模块:生产模块、贸易模块、机构模块、社会福利模块、碳排放和碳税模块,以及均衡和闭合模块。

1.1 生产模块

生产模块中,生产函数描述各部门所使用的资本、劳动力、能源和中间投入以获得产出的方式。生产函数由 5 层嵌套常替代弹性函数(CES)构成,如图 1。底层为煤炭、石油与焦炭、天然气与燃气的合成,以及火电与清洁电力的合成。第二层为化石能源与电力能源的合成;第三层为能源与资本的合成;第四层为资本-能源与劳动投入的合成;第五层为资本-能源-劳动与中间投入的合成。生产函数要素投入的合成采用 CES 函数形式。

1.2 贸易模块

贸易模块主要涉及北京地区消费者需求产品的来源与北京地区生产供给产品的分配。北京地区消费者所消费的商品由北京本地生产、外省调入和国外进口三部分构成。假设三者之间存在不完全替代关系,消费者会在这三者之间选择一个最优的消费比例,以最小化其成本。第一层是消费者需求是在北京本地生产供给与外省调入供给之间合成;第二层是国内供给与国外进口产品之间的合成。需求函数采用 CES 函数形式,消费者在不同供给产品之间进行最优组合以实现成本最小化。

北京地区生产的产品分配有三个流向,即供应北京市场、调出外省、出口国外。假设三者之间存在不完全替代关系,生产者会在这三者之间选择一个最优的销售比例以最大化其收入。第一层是北京地区生产的产品供应国内市场与出口之间分配,第二层是供应国内市场的产品在北京市场与调出外省之间分配。产品分配采用常转换弹性(CET),假设生产者在一定生产技术约束下在不同需求市场之间分配的最优策略,以实现收入最大化。

1.3 机构模块

模型中机构主要包括居民、企业、政府。居民模块包含居民收入与支出函数,居民的收入主要来自劳动收

入、资本收入、政府的转移支付;居民支出主要包括居民消费,居民支付的所得税,居民收入扣除消费后为居民储蓄,居民消费采用斯通—盖利(Stone-Geary)效用函数形式。企业模块包含企业的收入与支出函数,企业的收入主要是企业的资本收入;企业支出包括企业对居民的转移支付、企业支付的所得税、企业的储蓄等。政府模块包含政府的收入与支出函数、政府收入主要是政府的间接税、关税、所得税等;支出包括政府对居民的转移支付,政府消费,政府储蓄等。

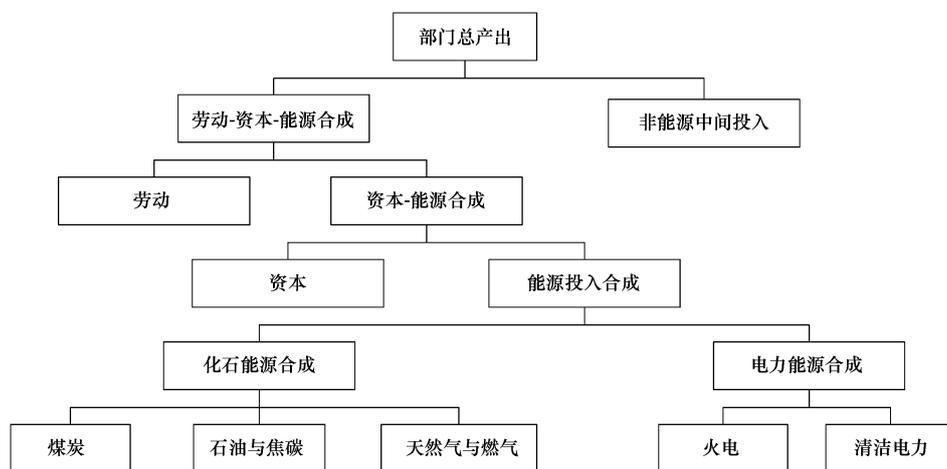


图 1 生产函数结构示意图

Fig.1 Structure of the production function module

1.4 社会福利模块

在 CGE 模型中衡量社会福利变化,运用比较普遍的是希克斯等价变动(Hicksian equivalent variation)。本文也通过希克斯等价变动来衡量实施碳税政策冲击后对居民社会福利的影响。希克斯等价变动以政策实施前的商品价格为基础,测算居民在政策实施后的效用水平的变化情况(以支出的函数表示)。希克斯等价变动为正时,说明居民福利在政策实施后得到了改善。反之,如果变动为负,则说明政策的实施将损害居民福利。

1.5 碳排放与碳税模块

假设碳排放主要来自于化石能源(煤炭、石油、天然气)的最终消费,且能源消费技术经济水平不变。不同类型能源排放因子来自 IPCC(The 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories),化石能源的 CO₂排放量是由各种化石能源的需求量乘以它们各自相应的碳排放系数。根据化石能源需求排放的 CO₂量征收碳税,并且将每种化石能源征收的碳税转化为该种化石能源的从价税税率,即对某种化石能源征收的碳税税额与该化石能源的国内需求的价值量之比。

1.6 均衡与闭合模块

模型的均衡模块包括各种要素市场、商品市场的供需均衡。(1)劳动力市场均衡,本文假设工资为内生变量,受到政策冲击后,经过工资的充分调整,实现劳动力市场的出清。(2)资本市场均衡,本文假设资本相对价格为内生变量,受经济政策冲击,经过资本价格改变,资本自由流动,企业充分调整资本存量,最终实现资本的充分利用。(3)商品市场均衡,每个部门产品的需求(居民需求、政府需求、投资、存货,中间需求)等于总供给。

模型的宏观闭合通过三个主要的宏观恒等关系反映,即储蓄—投资平衡、政府收支平衡、贸易收支平衡。(1)储蓄—投资平衡,本文采用新古典的闭合规则,即投资由储蓄决定,经济中所有的储蓄都将转化为投资。(2)政府收支平衡,在这里政府的收入与其总支出的差额为政府储蓄,政府储蓄内生于政府账户的收支平衡。(3)外省调入调出平衡,外省调入与调出之间的差额为外省净储蓄。(4)国际收支平衡,本文选择汇率为内生

变量,国外储蓄为外生变量的闭合规则。政策冲击影响汇率的变化,进而影响进出口的变化,以至影响整个经济。

2 数据来源和部门划分

本文根据研究需要以及北京市投入产出表产业部门的实际情况,将北京市 2010 年投入产出表中的 42 个部门调整为 18 个部门。并尽可能地细分能源部门,本文将能源部分细分为 5 类:煤炭开采和洗选业、石油与炼焦业、天然气与燃气、火电生产和供应、清洁电力生产。根据北京市 2010 年投入产出表以及《北京市统计年鉴 2011》编制北京 2010 年社会核算矩阵表(SAM)。

3 模拟结果

本文设定五种情景下分析征收碳税对北京社会经济系统的影响,即二氧化碳排放量在 2010 年的基础上分别减少 5%、10%、15%、20%、30%。

3.1 碳税税率及对能源消费的影响

表 1 显示了不同情境下碳税水平、化石能源从价税率、化石能源对减排量的贡献,以及碳税对能源消费的影响。随着减排幅度的增加,从量碳税会更显著地增加。由于不同能源的碳排放系数各异,由此对不同能源所征收的从价税税率也不一致。在同一情境下,化石能源中,煤炭的二氧化碳的排放系数最高(单位价值量的碳排放量),煤炭的税率最高,石油从价税税率居中,天然气与燃气的从价税税率比较低。与此同时,在北京市能源消费结构中,煤炭与石油占主导地位,因此,煤炭对于减排的贡献也是最大的,在各情景中,煤炭对于减排的额贡献都达到 60% 以上;石油对于减排的贡献也是比较显著的,因此严格控制煤炭和石油的使用时减少碳排放的主要措施。征收碳税对于高碳能源需求的影响也是十分显著地,尤其大幅度的降低了煤炭与石油能源的需求量。征收碳税对天然气与燃气、火电能源需求的影响相对比较温和,同时提高了清洁能源的使用量。

表 1 不同情景下的碳税水平、减排量和对能源消费的影响

Table 1 Carbon tax rate, carbon emission reduction and the impact of energy consumption in different scenarios

项目 Items	减排情景 Scenarios of carbon emission reduction			
	减少 5% 5% reduction	减少 10% 10% reduction	减少 20% 20% reduction	减少 30% 30% reduction
碳税(从量税,元/吨) Carbon tax(specific duty, Yuan/ton)	14.11	30.83	74.92	140.32
碳税税率(从价税) <i>ad valorem</i> duty rates of Carbon tax				
煤炭 coal	1.18%	2.54%	5.94%	10.61%
石油与焦碳 Petroleum and Coke	0.67%	1.47%	3.53%	6.52%
天然气与燃气 Natural gas and Gas	0.10%	0.22%	0.54%	1.00%
减排量 Carbon emission reduction(10 ⁴ t)	516.03	1032.05	2064.10	3096.15
不同能源的减排贡献 The contribution of fossil energies to carbon emissions reduction				
其中:煤炭 Coal	63.83%	63.23%	62.10%	61.03%
石油与焦碳 Petroleum and Coke	35.41%	36.01%	37.12%	38.18%
天然气与燃气 Natural gas and Gas	0.76%	0.77%	0.78%	0.79%
对能源消费的影响 The impact of energy consumption				
煤炭 Coal	-6.64%	-13.15%	-25.83%	-38.08%
石油与焦碳 Petroleum and Coke	-3.55%	-7.23%	-14.90%	-23.00%
天然气与燃气 Natural gas and Gas	-1.81%	-3.65%	-7.41%	-11.21%
火电 Thermal power	-0.47%	-0.97%	-2.08%	-3.35%
清洁电力 Clean power	0.16%	0.35%	0.87%	1.64%

3.2 碳税对部门产出的影响

由于征收碳税会导致化石能源价格的上升,从而使生产成本上升。由于不同部门化石能源投入占总投入比例差别很大,因此对不同部门产出有不同的影响。表 2 分析了征收碳税对不同部门产出的影响。由于征收碳税,13 个部门产出都有不同程度的下降。其中煤炭开采和洗选业、石油与炼焦业、其他开采业的产出显著下降,尤其是减排目标提高后(如情境 3 和 4),这些部分的产出大幅度地减少。天然气与燃气业、化学工业、非金属矿物制品业、交通运输与邮政业等部门产出下降也比较明显。究其原因一方面由于这些高耗能的部门能源需求量大,能源投入在总投入中占的比例高,征收碳税导致其生产成本提高明显,供给下降;另一方面这些部门由于产品价格上升幅度高,部门产品需求下降程度也比较大,供给与需求的下降导致产品的产出下降幅度大。农林牧渔业、木材加工与造纸印刷业等行业产出收到的负面影响比较温和。但碳税对 5 个部分的产出具有积极的影响,纺织及其制品业、通讯仪表及其他设备制造业、机械设备制造业、服务业和清洁电力部门。因此征收碳税对非能源密集型产业具有积极的影响作用。

表 2 碳税对部门产出的影响

Table 2 The impacts of carbon tax policy on output of sectors

项目 Project	减排情景 Carbon emission reduction scenario			
	减少 5% 5% reduction	减少 10% 10% reduction	减少 20% 20% reduction	减少 30% 30% reduction
煤炭开采和洗选业 Mining and Washing of Coal	-8.95%	-17.56%	-33.73%	-48.51%
石油与炼焦业 Petroleum and Coke	-7.72%	-15.51%	-31.03%	-46.02%
其他开采业 Mining and Processing of others Ores	-4.96%	-10.11%	-20.94%	-32.34%
天然气与燃气 Gas	-2.10%	-4.30%	-8.94%	-13.96%
化学工业 Chemical industry	-1.37%	-2.92%	-6.65%	-11.37%
非金属矿物制品业 Manufacture of Non-metallic Mineral Products	-1.22%	-2.56%	-5.70%	-9.57%
交通运输与邮政业 Transport, Storage and Post	-0.94%	-1.95%	-4.23%	-6.94%
食品制造及烟草加工业 Manufacture of Foods and Tobacco	-0.55%	-1.18%	-2.75%	-4.83%
金属冶炼与制品业 Manufacture of Metals and Related Product	-0.50%	-1.09%	-2.52%	-4.40%
火电 Thermal power	-0.52%	-1.07%	-2.30%	-3.71%
农林牧渔业 Agriculture, Forestry, animal husbandry and Fishing	-0.43%	-0.93%	-2.19%	-3.89%
建筑业 Construction	-0.34%	-0.72%	-1.66%	-2.90%
木材加工与造纸印刷业 Processing Manufacture of Timber, Paper, Printing	-0.07%	-0.15%	-0.38%	-0.73%
纺织及其制品业 Manufacture of Textile and Related Product	6.79%	14.10%	30.00%	46.96%
通讯、仪表及其他设备制造业 Manufacture of Communication Equipment, Measuring Instruments and Other Manufacturing	0.64%	1.27%	2.50%	3.66%
机械设备制造业 Manufacture of Machinery and Equipment	0.38%	0.77%	1.58%	2.44%
服务业 Service	0.17%	0.34%	0.69%	1.05%
清洁电力 Clean power	0.15%	0.33%	0.83%	1.57%

3.3 碳税政策宏观社会经济变量的影响

表 3 分析了碳税政策对宏观社会经济变量的影响。对居民来说,居民的总收入主要由劳动收入、资本收

入及政府对居民的转移支付构成,由于劳动价格作为基准价格并假设劳动市场充分就业,因此居民的劳动收入不变。征收碳税导致产出和资本需求量下降,资本价格随之下降,从而导致居民的资本收入下降。征收碳税一方面增加了政府收入,另一方面由于政府收入增加而对居民的转移支付也增加,整体实现了居民的总收入的增加,但增加幅度有限。在居民需求方面,由于居民收入提高导致居民的需求增加,但由于碳税导致企业成本增加,产品价格提高,因此导致居民消费需求(实物量)下降,但由于价格上升,用价值量表示的居民消费略微上升。由于价格水平的上升和消费需求(实物量)的下降,居民的社会福利也有所下降,但影响有限。对企业来说,企业的收入主要来自资本收入,而资本价格下降导致企业的收入下降,企业储蓄也随之下降。对政府来说,征收碳税在增加政府税收的同时也降低了间接税和居民所得税,而企业所得税有所增加,碳税与企业所得税增加幅度大于其它税收的减少幅度,导致政府收入随着碳税的增加也逐渐增加。相应的政府的消费(价值量)和政府消费(实物量)逐渐增加,政府储蓄企业储蓄随之下降。企业储蓄与政府储蓄下降导致总储蓄下降,总投资(价值量)和总投资(实物量)也均下降。

表 3 碳税对宏观社会经济变量的影响

Table 3 the impact of carbon tax on macroeconomic variables

宏观变量 Macroeconomic variables	减排情景 Carbon emission reduction scenario			
	5%	10%	20%	30%
实际 GDP Real GDP	-0.07%	-0.14%	-0.31%	-0.54%
名义 GDP Nominal GDP	-0.11%	-0.23%	-0.46%	-0.70%
社会福利 Social Welfare	-2.49	-5.47	-13.21	-24.08
居民收入 Inhabitants Income	0.02%	0.05%	0.12%	0.23%
居民消费(价值量) Inhabitants Consumption(value quantity)	0.02%	0.05%	0.12%	0.23%
居民消费(实物量) Inhabitants Consumption(physical quantity)	-0.05%	-0.12%	-0.28%	-0.52%
居民储蓄 Inhabitants Save	0.02%	0.05%	0.12%	0.23%
企业收入 Enterprise Income	-0.17%	-0.35%	-0.73%	-1.12%
企业储蓄 Enterprise Save	-0.17%	-0.35%	-0.73%	-1.12%
政府收入 Government Income	0.14%	0.32%	0.77%	1.43%
政府消费(价值量) Government consumption(value quantity)	0.14%	0.32%	0.77%	1.43%
政府消费(实物量) Government consumption(physical quantity)	0.14%	0.29%	0.67%	1.20%
政府储蓄 Government Save	-0.14%	-0.32%	-0.77%	-1.43%
总投资(价值量) Total Investment(value quantity)	-0.15%	-0.30%	-0.64%	-1.03%
总投资(实物量) Total Investment(physical quantity)	-0.21%	-0.44%	-0.97%	-1.64%

名义 GDP 等于资本收入、劳动收入与间接税收入之和,总资本收入降低,劳动收入保持不变,间接税随着产出量降低而减少,因此名义 GDP 是不断下降的。实际 GDP 等于消费、投资加净出口,消费方面居民消费下降,政府消费上升,但是政府消费占消费的比例比较小,整体消费下降;由于假设投资等于储蓄,总储蓄下降,投资也随之下降。征收碳税导致国内产品价格相对提高,国外产品价格不变,净出口也有一定程度的降低,因而整体导致实际 GDP 下降。

总体来说,征收碳税对宏观经济变量有负面影响,但这种负面影响比较有限。因此碳税政策对节能减排具有显著的积极作用,而对整体宏观经济的负面影响是比较温和的。

3.4 结果对比

文献[17-23]从国家角度探讨了碳税对社会经济的影响,由于不同文献在构建 CGE 模型时,基础数据的选取、基础数据部门划分、模型方程结构的构建、模型参数选择、碳税征收环节与征收方式都有所不同,因而研究结论存在差异。尽管差异较大,但也存在一些共同点:这些文献指出碳税是一种有效的减排工具,同时征收碳税会使实际 GDP 下降,但下降的比率大多在 1% 以内。文献[22]指出,虽然 GDP 下降的比率不大,但是由

于我国 GDP 总量大,因此 GDP 下降的绝对值非常大。在碳税水平为 5 美元和 10 美元时,每减少一吨 CO₂,短期内 GDP 将损失 87.10 元和 94.91 元,远超过当时国际市场碳交易价格。本文从区域经济的角度,分析了碳税对北京市经济的影响,从整体上看,基本结论和这些文献基本类似:碳税对北京市减排具有显著的影响,实际 GDP 的下降比例有限,即使在减排 30%的情景下,实际 GDP 将下降 0.54%。采用与文献[22]相同的计算方法,北京地区每减少一吨 CO₂排放,实际 GDP 损耗达到 191.37 元至 246.15 元,远高于文献[22]的结论。同时,对部门的影响也与从全国角度的分析有显著的差异,比如与王灿的研究结果相比,当碳减排目标为 30%时,王灿^[23]的研究结果指出煤炭和天然气的产出分别减少 37.4%和 18.7%,而本文煤炭和天然气的产出分别减少 33.73%和 8.94%;石油与电力部门的产出将分别提高 5.7%和 16.7%,但本文结果说明石油和电力部门产出将分别减少 31.03%和 30%。这种差异除了来自于前述模型构建、数据、参数等因素外,一个重要的原因是由于区域经济发展水平、产业结构等的不同。因此,由于我国区域经济发展水平、产业结构等存在显著的差异,在制定碳税税率时要充分考虑到这种区域的差异。

4 结论

本文在北京市 2010 年投入产出表的基础上编制北京市的社会核算矩阵,并在此基础上构建 CGE 模型模拟了碳税政策对北京市能源、碳排放,以及社会经济的影响。模拟结果显示:

(1)对化石能源征收碳税,具有显著的节能减排效果。高碳能源的从价税率很高(比如煤炭和石油),低碳能源从价税率很低(比如天然气)。同时煤炭和石油能源对碳减排具有显著的效果,因而北京市要严格限制煤炭和石油的使用是减排的重要措施。

(2)征收碳税对北京大部分产业部门带来了负面影响,尤其是能源密集型部门,如煤炭开采和洗选业、石油与炼焦业、其它开采业的产出下降程度最为显著。但征收碳税对纺织及其制品业、通讯仪表及其他设备制造业、机械设备制造业、服务业和清洁电力 5 个部门产出具有正面影响。同时,碳税对北京部门产出的影响与全国相比有着较大的差异,因此在实施碳税的过程中,要充分考虑地区之间的经济水平、产业结构以及资源禀赋的差异,实施有针对性的碳税政策。

(3)碳税政策将对大多数宏观经济变量产生了一些负面影响,从相对量来看,影响效果并不明显。但是由于经济总量较大,因此减排的绝对成本相对较高,因此在碳税税率设计时,应避免较高的碳税税率。

参考文献 (References):

- [1] 赵志凌, 黄贤金, 赵荣钦, 赖力. 低碳经济发展战略研究进展. 生态学报, 2010, 30(16):4493-4502.
- [2] Wittneben B B F. Exxon is right; Let us re-examine our choice for a cap-and-trade system over a carbon tax. Energy Policy, 2009, 37(6):2462-2464.
- [3] Galinato G I, Yoder J K. An integrated tax-subsidy policy for carbon emission reduction. Resource and Energy Economics, 2010, 32(3):310-326.
- [4] 潘静, 高辉. 关于我国开征碳税相关问题的思考. 当代财经, 2010, (14):86-87
- [5] Whalley J, Wigle R. Results for the OECD Comparative Modelling Project from the Whalley-Wigle Model. Organisation for Economic Co-operation and Development, 1992.
- [6] Whalley J, Wigle R. Cutting CO₂ emissions: The effects of alternative policy approaches. The Energy Journal, 1991, 12(1):109-124.
- [7] Meng S, Siriwardana M, McNeill J. The environmental and economic impact of the carbon tax in Australia. Environmental and Resource Economics, 2013, 54(3):313-332.
- [8] Orlov A, Grethe H. Carbon taxation and market structure: A CGE analysis for Russia. Energy Policy, 2012, 51:696-707.
- [9] Bretschger L, Ramer R, Schwark F. Growth effects of carbon policies: Applying a fully dynamic CGE model with heterogeneous capital. Resource and Energy Economics, 2011, 33(4):963-980.
- [10] Wissema W, Dellink R. AGE analysis of the impact of a carbon energy tax on the Irish economy. Ecological Economics, 2007, 61(4):671-683.
- [11] Bruvoll A, Larsen B M. Greenhouse gas emissions in Norway: do carbon taxes work? Journal of Policy Modeling, 2004, 32(4):493-505.
- [12] 鲍勤, 汤铃, 杨列勋. 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, 2010, 22(6):25-33.
- [13] Liang Q M, Fan Y, Wei Y M. Carbon taxation policy in China: How to protect energy- and trade-intensive sectors? Journal of Policy Modeling,

2007, 29(2):311-333.

- [14] Lu C Y, Tong Q, Liu X M. The impacts of carbon tax and complementary policies on Chinese economy. *Energy Policy*, 2010, 38(11):7278-7285.
- [15] 沈可挺, 李钢. 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*, 2010, (1):75-82.
- [16] 胡宗义, 刘静, 刘亦文. 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*, 2011, (9):55-64.
- [17] 周晟吕, 石敏俊, 李娜, 袁永娜. 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*, 2012, 27(7):1101-1111.
- [18] 王丽娟, 赵宇, 王铮. 基于可计算一般均衡模型的中国碳税政策模拟. *生态经济*, 2014, (4):29-32.
- [19] 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.
- [20] 赵涛, 秘翠翠. 碳税 CGE 模型对我国经济影响分析. *科学技术与工程*, 2011, (36):9026-9031.
- [21] 张明喜. 我国开征碳税的 CGE 模拟与碳税法条文设计. *财贸经济*, 2010, (3):61-66.
- [22] 魏涛远, 格罗姆斯洛德. 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*, 2002, (8):47-49.
- [23] 王灿, 陈吉宁, 邹骥. 基于 CGE 模型的 CO₂ 减排对中国经济的影响. *清华大学学报:自然科学版*, 2006, 45(12):1621-1624.