

碳税对国际资本流动的影响及其机制分析

——基于GTAP模型的模拟分析

韩晶^{1,2}, 朱伟林¹

(1. 北京师范大学经济与资源管理研究院, 北京 100875;

2. 对外经济贸易大学成都研究院清洁能源研究中心, 北京 100029)

摘要: 本文基于动态全球电力-能源-环境贸易CGE模型, 从对外投资、外商投资、对内投资等维度分析在单国碳税及全球碳税情景下, 不同强度碳税政策对国际资本流动的影响及其机制。研究表明: 在全球减排的现实背景下, 模拟减排政策对宏观经济影响时, 有必要将其他国家的排放政策纳入模型之中, 仅纳入一国减排政策的宏观经济模型倾向于高估减排政策对宏观经济的影响, 且碳税强度越大, 估计误差越大; 碳税导致预期投资回报率减少, 引发对内投资减少、外资减少、对外投资增加等国际资本转移; 碳税强度越大, 对宏观经济的影响越大; 随着时间推移, 同一碳税对国际资本流动的影响以递减的幅度增加, 不同强度碳税对国际资本流动影响的差异也以递减幅度扩大。

关键词: 碳税; 减排; CGE模型; 碳排放; 国际资本流动

[中图分类号] F746.18; F062.1 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4034(2022)06-0121-16

引言

人类经济社会活动排放的温室气体所引发的温室效应及全球气候变化问题, 已成为学术界所关注的热点话题。气候变化不仅导致土地沙化、冰川融化、海水酸化、土地盐碱, 还直接诱发森林野火、高温热浪、暴风骤雨、洪涝灾害, 进而导致生物灭绝、疾病滋生, 威胁着人类的食物、水源供应和生命安全。气候变化被视为21世纪影响全球健康的最大威胁(Cattaneo等, 2019; 段宏波和汪寿阳, 2019; 林伯强, 2022)。虽然人类为应对全球气候变化已做出极大努力, 但全球温升仍不断

[收稿日期] 2022-07-27

[基金项目] 教育部哲学社会科学重大课题攻关项目“习近平总书记的绿色发展理念研究”(20JZD002)

[作者简介] 韩晶(1975—), 女, 黑龙江牡丹江人, 北京师范大学经济与资源管理研究院教授、博士生导师, 对外经济贸易大学成都研究院清洁能源研究中心主任, 北京师范大学中国民营经济研究中心主任, 研究方向: 产业经济; 朱伟林(1990—), 男, 安徽宿松人, 北京师范大学经济与资源管理研究院博士研究生, 研究方向: 产业经济、可计算一般均衡模型

持续。温室气体减排已然成为人类经济社会可持续发展所面临的不可回避的关键问题。为有效控制温升幅度,各国于2015年达成《巴黎协议》,确定了全球温升2℃的控制目标以及1.5℃的期望目标。

作为最大温室气体排放国,中国减排对于应对全球气候变化问题尤为重要,备受瞩目。中国长期以来通过一系列政策法规,不断推进化石能源的清洁替代,提升森林碳汇,发展新型能源,已经成为全球绿化速度最快的国家,是世界最大风能和太阳能生产国、最大的电动汽车消费国、世界第三大天然气消费国(Fry和Egel, 2021)。过去五年间,中国排放强度下降了约18.8%(Poderati和Ou, 2021)。

然而,作为最大的发展中国家,中国面临新冠疫情防控、贸易环境恶化、国际竞争加剧、劳动人口减少、中等收入陷阱等多重挑战,减排所带来的能源约束、成本上升问题必将成为中国经济发展不得不克服的关键难题。在完成自主减排贡献目标和实现2035年人均国民生产总值达到中等收入国家水平的增长目标的双重约束下,深入探究气候减排的影响及其影响机制,对于形成合理的经济预期、减少经济摩擦成本、优化减排策略具有十分重要的现实意义(武立东和周亚拿, 2021)。为此,本研究基于能源拓展版的GTAP模型(GTAP-E-Powers模型)^①,结合动态GTAP模型(GDYN)^②开发动态GTAP-E-Powers模型(GDYNEPS)^③,以探究政策减排对国际资本流动的影响及其影响机制。

一、文献综述

长期以来,国内外学者针对温室气体减排问题进行了大量的探索,为中国减排实践提供了有益的理论指导。以往研究大致围绕实现或影响碳减排的方式或因素,以及碳减排的经济影响、环境影响等角度展开。

就影响碳减排的方式或因素而言,当前碳减排的方式或影响因素主要有效率提升、成本调节、收集储存等。效率提升主要是指通过提升绿色科技水平、优化经济组织方式等手段提升产品生产、商品流通、消费等经济活动的效率水平,进而降低经济活动的单位能耗、温室气体排放强度。绿色科技包括化石能源绿色替代技术、能源使用效能提升技术两种(解学梅和韩宇航, 2022;徐佳和崔静波, 2020;于亚卓等, 2021)。优化经济组织方式主要包括产业集群、产业结构优化等(邵帅等, 2019;邵帅等, 2022)。成本调节主要是指通过碳税、减排补贴、碳排放权交易等方式提高排放密集型能源的使用成本,降低清洁能源使用的相对成本,进而刺激经济活动中的绿色能源替代、降低单位排放(胡宗义等, 2011;汤维祺等,

^①GTAP: Global Trade Analysis Project, 全球贸易分析模型; GTAP-E-Powers: An Electricity-detailed Energy Environmental Version of the GTAP Model with Complete Coverage of Greenhouse Gas Emissions, 电力细分及温室气体排放全覆盖版的能源环境拓展版全球贸易模型。

^②GDYN: The Global Dynamic Framework of GTAP, 动态GTAP模型。

^③GDYNEPS: A Global Dynamic Framework for an Electricity-detailed Energy Environmental Version of the GTAP Model with Detailed Coverage of Greenhouse Gas Emissions, 电力细分及温室气体排放全覆盖版的能源拓展版全球动态贸易模型。

2016; 吴力波等, 2014; 姚昕和刘希颖, 2010; 刘亦文和胡宗义, 2014)。收集存储主要是指通过生物吸收、工业捕捉等方式将已排放的温室气体进行储存封装, 减少其在大气中的逸散, 从而阻断其温室效应的发挥, 例如植树造林、生物能源与碳捕获和存储等。

减排效果主要包括环境效益和经济成本两方面。就环境效益而言, 主要包括碳排放水平、排放强度、排放趋势等方面, 其中重点关注的问题有中国“碳达峰”和“碳中和”时间, 即中国是否能够在2030年实现“碳达峰”、在2060年实现“碳中和”的“双碳”目标(刘小敏和付加锋, 2011; 段宏波和汪寿阳, 2019; 王志轩, 2014; 柴麒麟和徐华清, 2015)。就经济成本而言, 主要包括对经济总量(GDP)、价格效应、产业结构、不同经济主体、不同区域经济等方面的影响, 重点关注碳减排所带来的经济损失、福利损失、能源贫困等问题, 以及碳减排对不同产业部门、能源消费主体的影响(胡宗义等, 2011; 汤维祺等, 2016; 李娜等, 2010; 刘宇等, 2015; 罗知和齐博成, 2021; 王灿等, 2005; 何建武和李善同, 2009)。

本文的边际贡献在于: 一是在情景设计上, 模拟了两种碳税情景。一种为以往单国CGE模型频繁采用的单国碳税情景, 在该情景下仅考察中国的减排政策; 另一种是更贴近现实的全球碳税情景, 在该情景下不仅中国实施减排政策, 而且世界所有国家均实施减排政策。通过比较两种碳税情景的模拟结果, 明确控制(除中国之外)其他国家减排政策的必要性。二是将国际资本流动纳入GTAP-E-Powers模型, 构建了动态视角下的GDYNEPS模型。传统的GTAP-E-Powers以及部分单国CGE模型仅允许资本在本国跨行业流动, 因此难以模拟减排政策对国际资本流动的影响。本文将放松这一约束条件, 采用适应性预期理论, 以模拟碳税对资本跨国流动影响的冲击, 使减排政策对资本运动影响的模拟更加贴近现实。三是深化了碳减排政策对国际资本流动影响的研究。现有文献关于减排的经济影响机制主要有减排的价格效应、贸易效应、投资效应等, 例如汤维祺等(2016)基于CGE模型模拟了碳减排对中国资本区域转移的影响, 鲜有文献探究碳减排对国际资本流动的影响及其影响机制。因此, 通过模拟在全球碳税和单国碳税背景下, 不同强度碳税政策对资本回报率、国内投资、对外投资、外商投资的动态冲击, 并系统分析及比较不同情景下碳减排对国际资本流动的影响机制, 对于深化减排研究方面的理论视角, 形成合理经济预期具有重要的理论意义。

二、GDYNEPS模型、情景设计与数据来源

本文的模拟和分析主要是基于动态环境能源拓展版的GTAP模型(GDYNEPS)。GTAP自1991年诞生以来不断演进和发展, 被广泛应用于全球贸易问题分析(Hertel, 1997)。为模拟能源经济环境政策, Burniaux和Truong(2002)将能源替代结构和CO₂排放纳入GTAP模型之中构建了GTAP-E模型, 但是在该版本的GTAP-E模型中, 受碳价政策直接调节的行业为所有行业, 包括私人消费行为、公共消费行为以及企业生产行为在内的所有经济行为都受到碳价调节。而现实中, 受

限于碳税监管难度大、征收成本高等原因,包括中国在内^①的大部分国家仅对能源和能源密集型行业进行碳税调节,碳税直接调节的经济行为也仅包括生产行为。因此,Truong等(2007)对GTAP-E模型进行进一步完善,使之可以选择受到碳税调节的部门及经济行为。GTAP-E模型将所有电力部门视为单一部门,但由于发电原料的差异,不同电力部门的排放差异较大,例如煤电产生的排放占到中国碳排放的4成以上^②,此外峰值电荷和基础电荷之间具有不完全替代性。为此Peters(2016b)在GTAP-Power模型和数据(Peters, 2016a)基础上将GTAP-E中的电力部门拆分为12个子电力部门。由于温室气体不仅涵盖二氧化碳,还包括氧化亚氮、氟利昂、甲烷等非二氧化碳温室气体,而这些气体也被纳入包括中国在内的许多国家的排放计划之中,为此Nong(2020)对GTAP-E-Power模型进行了进一步拓展,构建了一个囊括了大部分温室气体的GTAP-E-Powers模型。

自碳价格政策实施以来,由碳价政策所带来的碳泄露和经济溢出效应问题受到广泛关注,其中经济溢出效应不仅包括对商品市场的影响,还包括对资本市场的影响。然而包括GTAP-E-Powers在内的静态GTAP模型,以及诸多单国CGE模型虽然允许资本在国内各行业之间进行流动,但不允许资本跨国流动,难以有效模拟碳减排政策对国际资本市场的冲击。因此,本文基于Ianchovichina和Walmsley(2012)的研究构建GDYNPES模型,将国际资本流动、资本积累方程纳入GTAP-E-Powers模型中,并利用适应性预期理论对投资行为进行模拟,GDYNPES为模拟减排的长期影响提供了一个很好的理论工具。由于众多早期研究已经对GTAP、GTAP-E等系列模型进行过详尽描述,本文仅对其碳税机制、资本流通机制、动态情景设计、数据来源进行介绍。

(一) 碳税对价格的传导机制

本文采用Burniaux和Truong(2002)的研究方法引入碳价机制。假设温室气体排放仅与生产部门相关投入品消耗有关,假设 r 地区产业部门 j 消耗 Q_{ijr} 单位 i 能源产品将产生 E_{ijr} 单位二氧化碳排放,可得 r 地区 j 行业 i 产品中间排放系数为 β_{ijr} :

$$E_{ijr} = \beta_{ijr} Q_{ijr} \quad (2)$$

假设中间排放系数 β_{ijr} 不随时间变化,对式(2)两边取对数,然后对时间 t 求导,可得对数线性化形式:

$$e_{ijr} = q_{ijr} \quad (3)$$

式(3)中, q_{ijr} 为 t 时期内 r 地区产业部门 j 对 i 能源消耗变化百分比,而 e_{ijr} 为 t 时期内该经济活动所产生的二氧化碳排放变化百分比。可得 t 时期内该经济活动温室气体排放的水平变化值为 $E_{ijr}^0 e_{ijr}$,其中 E_{ijr}^0 为模拟之前的事前排放量。

^① 生态环保部. 碳排放权交易管理暂行条例[N/OL]. 生态环保部网站, 2021-03-30[2022-07-22]. <https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202103/W020210330371577301435.pdf>.

^② 杨木易, 施训鹏. 煤电灵活性改造为新能源发展保驾护航[N/OL]. 全国生态环境信息平台, 2022-06-07[2022-07-22]. <https://www.cenews.com.cn/news.html?aid=98148>.

为引入碳税对商品价格的调节机制,将 r 地区 j 部门购买的 i 能源总费用 $P_{ijr} \times Q_{ijr}$ 拆分为不含碳税总费用 $VDFANC_{ijr}$ 和碳税费用 $E_{ijr} \times CT_{ijr}$ 两部分:

$$P_{ijr} \times Q_{ijr} = VDFANC_{ijr} + E_{ijr} \times CT_{ijr} \quad (4)$$

式(4)中, CT_{ijr} 为单位碳税,本文为美元/吨。

(二) 资本运动方程及国际资本流动

本文采用 Ianchovichina 和 Walmsley (2012) 的方法引入资本运动方程:

$$K = K_0 + \int_{t_0}^t I(t) dt \quad (5)$$

式(5)中, K 为资本存量, K_0 为初始资本存量,而 $I(t)$ 为投资方程,对式(5)差分有:

$$K(r) \times k = I(r) \times t \quad (6)$$

式(6)中, k 代表资本变化百分比, t 为时间变化幅度。

为模拟碳税对资本跨国流动的影响,本文对每个国家的资本来源和投向进行了区分,将资本来源区分为内资和外资两种类型,将资本投向区分为对内投资和对外投资两种投向。本文允许短期内各国资本回报率存在一定的差异,采用适应性预期投资理论对投资预期进行动态调整,并逐步实现实际投资回报率和预期投资回报率的长期均衡。

(三) 动态递推机制与碳税情景设置

由于宏观经济运行受到多种经济发展趋势的影响,在不同的经济背景下实施碳税的效果存在较大差异,而政策执行的宏观经济背景与基准数据的宏观经济背景往往也存在较大差异。因此,本文基于 Dixon 和 Rimmer (2001) 的研究设计,对碳税模拟设定了基准情景(base)、再现情景(rerun)和政策情景(policy)三种情景。本文采用动态递推机制即本期模拟的基础数据为上期的冲击结果数据。

其一,基准情景为不存在碳税冲击下,宏观经济运行状况。本文将使用 CEPII 对人口、熟练劳动力、非熟练劳动力、资本、GDP 的预测数据作为外生冲击(Fontagné等,2021),以模拟2014—2030年的宏观经济运行状况。通过基准情景的模拟,可以获得政策情景中除碳税政策之外的人口、熟练劳动力、非熟练劳动力、资本、全要素生产率等其他宏观经济背景冲击。

其二,再现情景使用政策情景的宏观闭合,但使用基准情景的变量对宏观经济结果进行冲击。如果某一变量在基准情景中是内生的,但是在政策情景中是外生的,那么本文将会在再现情景中,用该变量在基准情景中的内生结果进行外生冲击,以再现基准情景。再现情景将继续使用基准情景中的人口、熟练劳动力、非熟练劳动力、资本对宏观经济进行冲击,同时外生冲击基准情景中内生的地区全要素生产率,以再现出在基准情景模拟的宏观闭合中外生,而政策情景模拟的宏观闭合中内生的GDP数值。由于再现情景既纳入了非政策宏观经济背景变化,又与政策情景的宏观闭合一致,因此可作为政策情景的参照基准。

其三,政策情景,即碳税冲击情景,其主要目的是为检验控制了基准情景中的宏观经济背景冲击条件下的碳税冲击效果。在政策情景中,碳税政策与再现情景中的包括人口、全要素增长率、熟练劳动、非熟练劳动、资本在内的宏观经济背景一起对宏观经济系统进行冲击。政策情景冲击的结果与再现情景冲击的结果之差将视为碳税政策给宏观经济带来的差异。

本文将模拟6种碳税情景之下中国国际资本的运动路径。考虑到现实以及中国减排政策中,受碳税调节的行业主要为能源及能源密集型行业,因此模拟中也仅对能源及能源密集型行业施加碳税。这6种政策包含两类政策:一类情景为仅中国实施碳税(简称单国碳税),另一种为世界所有国家均实施碳税(简称全球碳税)。第一类情景与大部分单国CGE的模拟情景类似,只考察了中国的碳税政策,这种政策背景必然导致中国生产成本相对其他国家上升,进而导致投资萎缩以及转移到其他国家和地区。然而现实中,世界上有196个国家参与了《巴黎协议》,采取了或计划采取一定的减排措施。因此现实中不仅中国存在碳价格约束,其他国家也存在碳价政策,实际上,世界上如南非、印度尼西亚、日本、新加坡、澳大利亚、德国、法国、芬兰等众多国家都已经开始实施或者计划实施碳税政策(World Bank, 2020),而国外碳税政策的实施同样会导致其他国家的经济运行成本上升,在一定程度上抵消碳税给中国宏观经济运行带来的负面影响。

对于未来实施的碳税标准,不同文献存在一定差异。例如,在Wu等(2022)模拟中,将中国的碳税水平设定为5~10美元/吨,而Nong等(2021)的模拟中碳税水平为10美元/吨。因此本文分别设定了10美元/吨、15美元/吨、30美元/吨的碳税水平,并由此归纳出碳税水平变化对宏观经济影响及其影响机制的差异。本文采用碳税作为碳减排的代表性价格政策,一方面是因为碳税政策在中国政策界、学术界都有广泛讨论,有一定的实施前景;另一方面是因为碳税政策可以反应碳价格政策的许多共性,即使将来中国仅实行碳交易政策。碳交易也会在市场内生出一个碳价格出来,进而调节相关部门的资源配置。

(四) 数据来源

本文所采用的基准数据为GTAP第10版数据(Aguiar等,2019),其中碳排放数据来源于GTAP-E数据库。但由于GTAP-E数据库未对电力部门进行细分,因此无法捕捉碳税对不同电力部门的影响,为此采用Peters(2016a)的方法,基于GTAP-Power数据库(Chepeliev,2020)将电力部门拆分为配送,包括核电、煤电、气电、油电、水电、风电、其他电力在内的7种基础负荷电力以及包括气电、油电、水电、光伏在内的4种峰值负荷电力等12个电力部门。同时,基于Nong(2020)的方法将非二氧化碳温室气体排放水平并入数据之中,最后采用Golub(2020)的方法基于GDYN数据库对投资进行划分。为有效控制宏观经济背景对政策模拟的干扰,更好地进行反事实推断,本文将利用CEPII人口、熟练劳动力、非熟练劳动力、资本、GDP的预测数据构建基准情景的宏观背景冲击。

三、理论机制及模拟结果分析

(一) 碳税对宏观经济的传导机制

图1显示,碳税提升了商品的生产成本,导致投资需求减少,进而降低了资本品价格,同时还会导致资本租赁价格下降及资本存量减少。投资下降会减少国民收入及储蓄,预期投资回报率遵循适应性预期不断调整,本期投资的减少会进一步减少下期资本存量。而资本租赁价格下降将导致资本回报率下降,进而导致国内资本对外转移,表现为对内投资减少、外商投资减少以及对外投资增加。但在长期过程中,随着资本存量减少,资本供给减少将反过来导致资本租赁价格逐步回升。

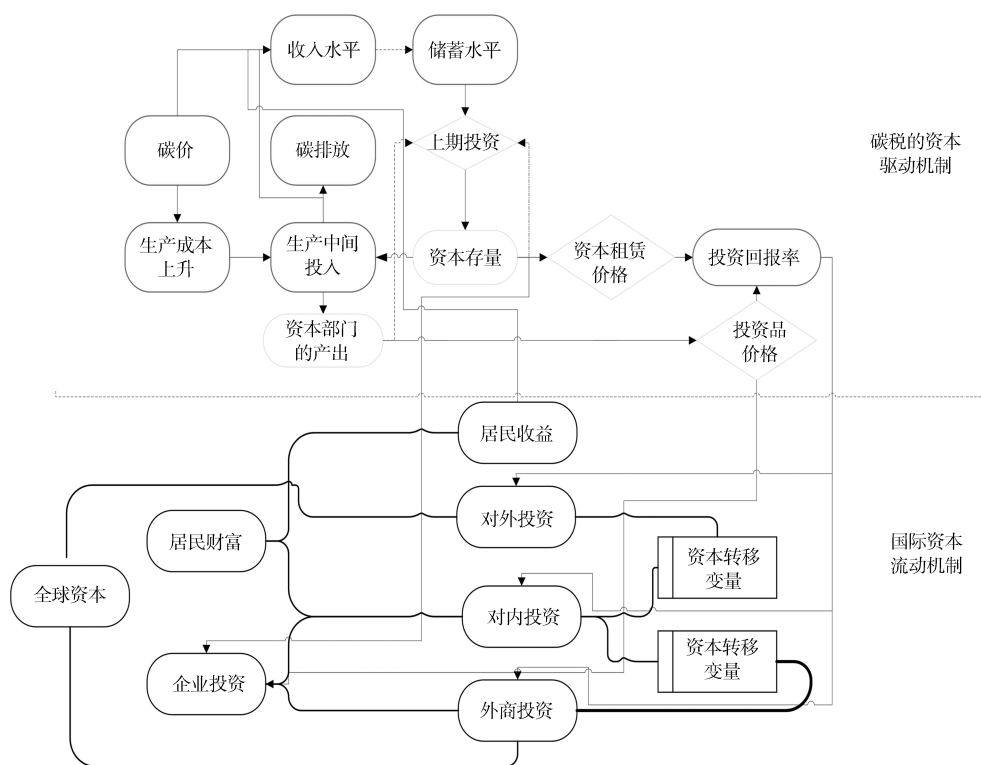


图1 碳税对国际贸易及国际资本流动的传导机制

(二) 碳税对资本回报率及投资的影响^①

碳税提升了商品的生产成本,导致投资需求减少,降低了资本品价格和预期资本回报率。碳税水平越高,预期资本回报率下降幅度越大。在期初,不同情景及碳

^①篇幅所限,碳税对中国预期资本回报率、资本存量、对外投资资本回报率、中国实际GDP增长、碳排放增长累积冲击图不在此列示,备索。凡备索资料均可登录对外经济贸易大学学术刊物编辑部网站“刊文补充数据查阅”栏目查询、下载。

税水平下,碳税所导致的预期资本回报率差异不大,但随着时间不断推移,投资预期不断调整,资本回报率逐渐下降。与单国碳税情景相比,全球碳税情景下碳税实施会导致预期资本回报率更大幅度地下降。在碳税实施初始年,受投资惯性影响,预期资本回报率并未大幅度地下降:2023年单国碳税情景下,30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税导致预期资本回报率分别同比下降0.34%、0.18%、0.12%;到2024年,预期资本回报率大幅下滑,分别同比下降0.49%、0.27%、0.19%;随后资本回报率下降幅度逐渐缩小并转为上升,到2030年,资本回报率同比上升0.05%、0.02%、0.02%,累积减少1.45%、0.81%、0.56%。在全球碳税情景下,全球碳税实施导致全球整体经济运行成本上升,投资难以通过资本跨国转移,以提升资本回报率,因此,相比单国碳税情景,预期资本回报率会呈现更大幅度的下降。2023年单国碳税情景下,30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税导致预期资本回报率分别同比下降0.37%、0.20%、0.14%;到2024年,预期资本回报率大幅下滑,分别同比下降0.57%、0.31%、0.21%;随后资本回报率下降幅度逐渐缩小,到2030年,资本回报率同比上升0.06%、0.02%、0,累积减少1.88%、1.03%、0.71%。

由于预期资本回报率不断减少,资本存量也随之下降;碳税水平越高,资本存量下降幅度越大。在期初,不同情景及碳税水平下,碳税所导致的资本存量变化差异不大。随着时间不断推移,资本预期不断调整,资本存量逐渐下降,在不同碳税情景和碳税水平下,资本存量差异逐步拉大。这与预期资本回报率略有差异:在全球碳税情景下,资本回报率比单国碳税情景下下降幅度更大,但资本存量下降幅度却远小于单国情景。这是因为在全球碳税情景下,虽然中国预期资本回报率下降幅度要大于单国碳税情景,但其他国家的预期资本回报率也受到该国碳税的影响,呈现较大幅度地下降,因此通过将资本转移到国外以获得更高资本回报率的机会减少,从而减少了资本国际转移。所以,虽然全球碳税情境下中国对外投资的资本回报率要远低于单国碳税情景,但中国资本存量水平却较高。在碳税实施初始年,受投资惯性影响,资本存量并未呈现很大幅度地下降,2023年单国碳税情景下,30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税导致资本存量分别同比下降0.26%、0.14%、0.09%;到2024年,资本存量大幅下滑,分别同比下降0.52%、0.28%、0.19%;随后资本存量同比下降幅度逐步缩小,到2030年,资本存量同比下降0.34%、0.19%、0.13%,累积减少3.50%、1.90%、1.31%。在全球情景下,30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税导致资本存量分别同比下降0.17%、0.09%、0.06%;到2024年,资本存量大幅下滑,分别同比下降0.32%、0.18%、0.12%;随后资本存量下降幅度逐步缩小,到2030年,资本存量同比减少0.18%、0.10%、0.07%,累积减少2.10%、1.16%、0.81%。

(三) 碳税对国际资本流动的冲击

受预期资本回报率影响,中国对内投资逐步下降(图2),碳税强度越大,对内投资下降幅度越大,随着时间推移,对内投资影响差异逐渐拉大。图2显示,曲

线斜率逐步变小,对内投资下降幅度逐步缩小。全球碳税情景下,对外投资资本回报率要远小于单国碳税情景,因此,通过国际资本转移进而实现投资收益提升的机会减少。单国碳税情景下碳税实施将导致比全球碳税情景更大幅度的对内投资下降。在全球实施统一碳税情景下,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年对内投资减少1.02%、0.56%、0.39%;到2030年,对内投资分别同比减少0.09%、0.05%、0.04%,模拟期间(2023—2030年)对内投资累积减少了2.78%、1.55%、1.09%。在实施单国碳税情景下,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年对内投资减少1.71%、0.92%、0.64%;到2030年,对内投资分别同比减少0.19%、0.11%、0.07%,模拟期间对内投资累积减少了4.61%、2.54%、1.75%。

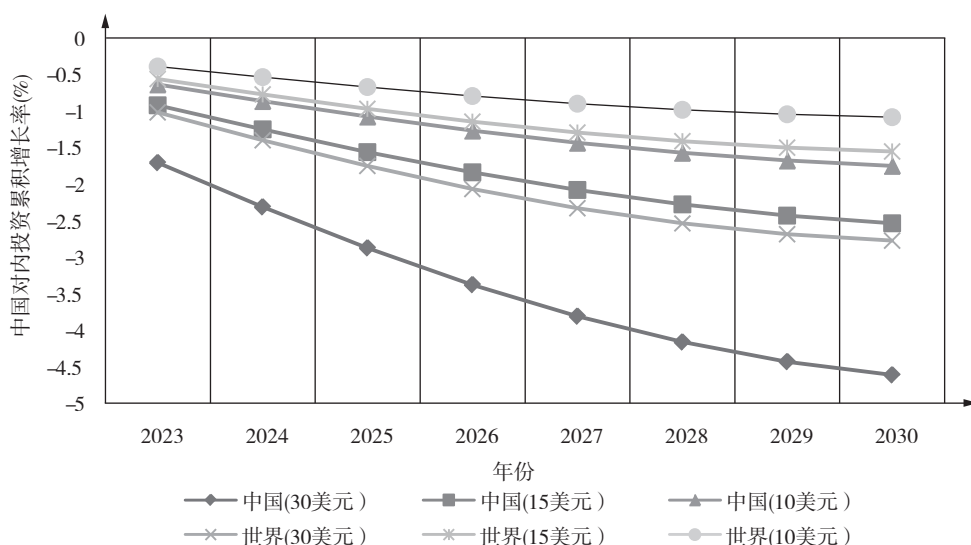


图2 中国对内投资增长累积冲击图

与对内投资下降相反,受预期资本回报率减少影响,碳税实施导致中国对外投资逐步上升(图3),碳税强度越大,对外投资提升幅度越高,随着时间推移,对外投资增长率的差异逐渐拉大。图3显示,曲线斜率逐步变小,对内投资下降幅度逐步缩小。在单国碳税情景下,对外投资资本回报率要大于全球碳税情景下的对外投资资本回报率,因此,单国碳税情景下碳税将导致比全球碳税情景下更大幅度的对外投资上升。在实施全球统一碳税情景下,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年对外投资增加1.67%、0.92%、0.64%;到2030年,对外投资分别同比增加0.84%、0.52%、0.39%,模拟期间(2023—2030年)对外投资累积增加了12.00%、6.85%、4.84%。在实施单国碳税情景下,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年对外投资增加2.46%、1.34%、0.92%;到2030年,对外投资分别同比增加1.63%、1.00%、0.72%,模拟期间(2023—2030年)对外投资累积增加21.0%、11.68%、8.10%。

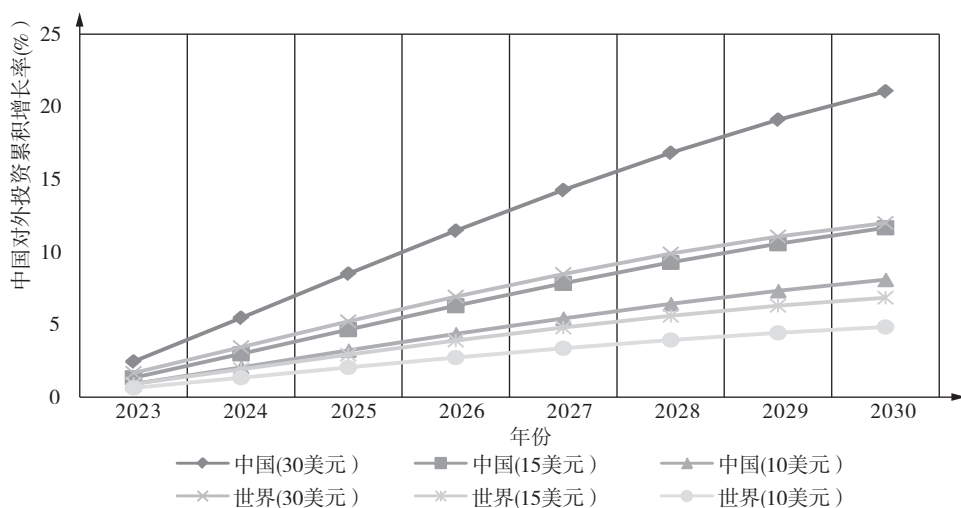


图3 碳税对中国对外投资增长累积冲击图

与对内投资相同，受预期资本回报率影响，碳税实施导致中国外商投资逐步下降（图4），碳税强度越大，外商投资下降幅度越大；随着时间推移，外商投资负增长率的差异逐渐拉大，外商投资下降幅度逐步缩小。在单国碳税情景下，外商投资可以通过投资转移进而获得较高的投资收益，但在全球碳税情景下，国外生产成本也在上升，其他国家投资机会也大大减少，因此单国碳税情景下碳税将导致外商投资比全球碳税情景下更大幅度地下降。在实施全球碳税情景下，实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年外商投资减少1.04%、0.58%、0.40%；到2030年，外商投资分别同比减少0.10%、0.06%、0.04%，模拟期间（2023—2030年）外商投资累积减少了2.91%、1.63%、1.14%。在实施单国碳税情景下，实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国

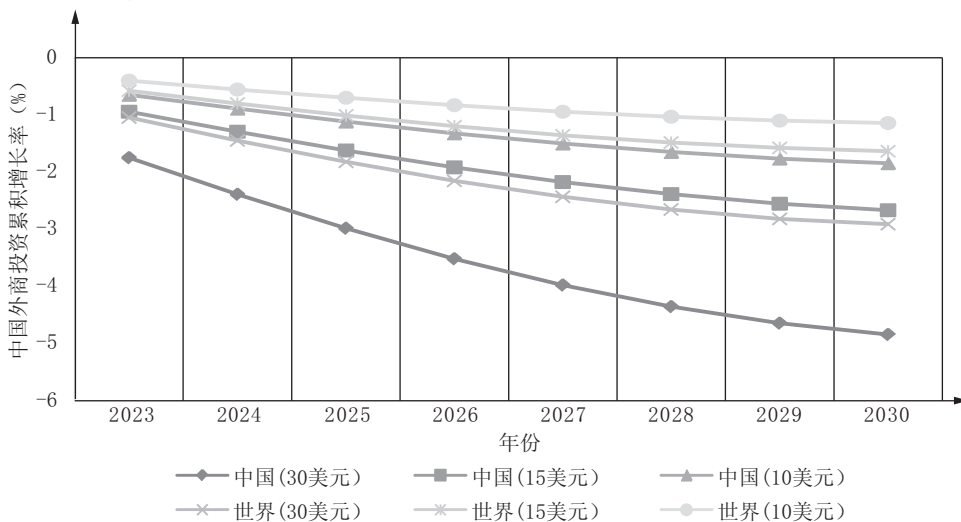


图4 碳税对中国外商投资增长累积冲击图

2023年外商投资减少1.71%、0.93%、0.64%；到2030年，外商投资分别同比减少0.19%、0.11%、0.07%，模拟期间（2023—2030年）外商投资累积减少了4.84%、2.67%、1.85%。

四、稳健性检验^①

国际贸易相关模拟受阿明顿替代弹性影响较大（Winkler等，2021），因此本文通过将阿明顿弹性上下浮动50%以模拟不同阿明顿替代弹性下碳税对包括对内投资、对外投资、外商投资等国际资本流动的影响。在全球碳税情景下，考虑到全球碳税趋同趋势（Verbruggen和Brauers，2020），本文设定了10美元/吨、15美元/吨、30美元/吨的碳税情景。但考虑到现实和国际碳博弈，短期内各国碳排放价格存在一定差异的现实状况，本文设定了两类差异性碳税情景以进行稳健性检验：一类为中国实施相对世界其他国家较高碳税；另一类为中国实施相对世界其他国家较低碳税。

（一）碳税对中国对内投资影响的稳健性检验

对阿明顿替代弹性调整后，可以发现本研究的研究结论相对稳健：碳税实施导致中国对内投资逐步下降；碳税强度越大，对内投资下降幅度越大；随着时间推移，对内投资下降幅度逐步缩小，甚至于当弹性较小时会出现拐点。相比全球碳税情景而言，单国碳税将导致对内投资更大幅度地下降。但是，阿明顿替代弹性越大，碳税所导致的对内投资变化及其随时间变化幅度越小，拐点出现得越晚。全球碳税情景下，当阿明顿弹性上浮50%时，实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税导致政策执行初始年（2023年）对内投资减少0.62%、0.35%、0.25%，2030年对内投资同比减少0.08‰、0.03‰、0.02‰，累积减少1.00%、0.55%、0.38%。当阿明顿弹性下调50%时，实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年对内投资减少0.78%、0.43%、0.29%，2030年对内投资同比增加0.13%、0.07%、0.05%，累积减少0.63%、0.34%、0.23%。单国碳税情景下，当阿明顿弹性上浮50%时，实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国政策执行初始年（2023年）对内投资减少1.07%、0.58%、0.40%，到2030年，对内投资同比增加0.08‰、0.05‰、0.03‰，累积减少1.48%、0.80%、0.55%。当阿明顿弹性下调50%时，实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年对内投资减少1.39%、0.74%、0.51%；到2030年，对内投资同比增加0.19%、0.11%、0.07%，累积减少1.12%、0.59%、0.41%。

（二）碳税对中国对外投资影响的稳健性检验

对阿明顿替代弹性调整后，可以发现本文结论相对稳健：碳税实施导致中国对外投资逐步上升；碳税强度越大，对外投资提升幅度越大；随着时间推移，碳税实

^①篇幅所限，不同阿明顿弹性下碳税对中国国际资本流动的冲积图以及全球差异性碳税下碳税对中国国际资本流动的冲积图不在此列示，备案。

施所导致的对外投资增长率的差异逐渐拉大,对外投资下降幅度逐步缩小。但是,阿明顿替代弹性越大,对外投资变化幅度越小,对外投资转移拐点出现得越晚。在全球碳税情景下,当阿明顿弹性上浮50%时,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致政策初始年(2023年)中国对外投资增加1.57%、0.87%、0.61%,到2030年,对外投资同比增加1.04%、0.65%、0.48%,累积增加12.27%、7.10%、5.03%。当阿明顿弹性下调50%时,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年对外投资增加1.79%、0.98%、0.68%,2030年,对外投资同比增加0.02%、0.06%、0.05%,累积增加9.75%、5.56%、3.90%。单国碳税情景下,当阿明顿弹性上浮50%时,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致政策初始年(2023年)中国对外投资增加2.31%、1.26%、0.87%,2030年,对外投资同比增加1.90%、1.16%、0.84%,累积增加21.32%、11.92%、8.30%。当阿明顿弹性下调50%时,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年对外投资增加2.67%、1.45%、0.99%;到2030年,对外投资同比增加0.58%、0.36%、0.27%,累积增加18.26%、10.06%、6.98%。

(三) 碳税对中国外商投资影响的稳健性检验

对阿明顿替代弹性调整后,可以发现本文的研究结论相对稳健:就政策强度而言,碳税水平越高,外商投资下降幅度越大;随着时间推移,不同情景下,不同碳税水平对外商投资的影响差异逐渐扩大,但外商投资下降幅度逐步缩小。相比全球碳税情景而言,单国碳税情景下碳税将导致对内投资更大幅度地下降。但是,阿明顿替代弹性越大,外资转移幅度越小,外资转移拐点出现得越晚。在全球碳税情景下,当阿明顿弹性上浮50%时,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致政策初始年(2023年)中国外商投资减少0.96%、0.54%、0.37%,到2030年,外商投资同比减少0.17%、0.10%、0.07%,累积减少2.96%、1.68%、1.18%。当阿明顿弹性下调50%时,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年外商投资减少1.18%、0.64%、0.44%,到2030年,外商投资同比增加0.20%、0.10%、0.07%,累积减少2.26%、1.26%、0.88%。单国碳税情景下,当阿明顿弹性上浮50%时,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税导致政策执行初始年(2023年)外商投资减少1.59%、0.87%、0.60%,到2030年,外商投资同比减少0.30%、0.17%、0.12%,累积减少4.83%、2.67%、1.86%。当阿明顿弹性下调50%时,实施30美元/吨碳税、15美元/吨碳税、10美元/吨碳税将导致中国2023年外商投资减少2.01%、1.08%、0.74%,到2030年,外商投资同比增加0.21%、0.11%、0.07%,累积减少4.12%、2.25%、1.56%。

(四) 全球差异碳税情景下碳税对国际资本流动的影响

虽然全球碳税存在趋同趋势,但在现实中,由于发展中国家历史排放较少,为兼顾公平、保障发展中国家的发展权,短期内发展中国家的减排任务及相应的碳价

水平比发达国家低。为此,本文还分别模拟了4种差异化的全球碳税情景。其中两种为中国实施较高水平的碳税:一种为中国实施较世界其他国家高20美元/吨碳税的情景,中国实施30美元/吨的碳税,而世界其他国家实施10美元/吨的碳税;另一种为中国实施较世界其他国家高5美元/吨碳税的情景,中国实施15美元/吨的碳税,而世界其他国家实施10美元/吨的碳税。模拟结果显示:由于中国实施较高碳税,中国投资成本相对较高,因此碳税实施将导致中国对内投资更大幅度减少,中国对外投资更大幅度增加,外商投资更大幅度减少。

另外两种为中国实施较低水平的碳税:一种为中国实施较世界其他国家低20美元/吨的碳税,中国实施10美元/吨的碳税,而世界其他国家实施30美元/吨的碳税;另一种为中国实施较世界其他国家低5美元/吨的碳税,中国实施10美元/吨的碳税,而世界其他国家实施15美元/吨的碳税。模拟结果显示:当中国的碳税水平相对世界其他国家较低时,若碳税差异不大,中国对内投资、外商投资相对实施统一碳税情景虽有所增加;而中国对外投资相对实施统一碳税情景虽有所减少,但模拟结果仍然稳健。较世界其他国家低5美元/吨碳税时,中国对内投资和外商投资仍呈现减少趋势,而对外投资则呈现增加趋势。但当这种碳税差异高到一定程度,例如中国碳税较世界其他国家低20美元/吨碳税时,碳税差异导致中国投资成本相对较低。在该情景下,碳税实施将导致中国国内投资、外商投资呈小幅增加趋势,对外投资则呈小幅减少趋势。

五、研究结论

温室气体减排是当前全球面临的重要课题,是国际政治博弈的重要内容。碳价格政策作为碳减排的重要政策手段,将成为影响国民经济运行和国际资本流动的重要内容。无论通过碳交易或者市场拍卖内生出一个碳价,还是通过碳税外生给定一个碳价,最终都会通过价格机制对宏观经济和国际资本流动产生影响。本文以外生给定的碳税为例,分析了碳价政策对国际资本流动的影响及其机制。

以往基于单国CGE模型评估碳减排政策效果的研究仅考虑中国的减排目标或政策,但现实中几乎全球所有国家并非只有中国一国在进行碳减排。因此,本文设计了两种类型的碳税情景:仅中国实施碳税的单国碳税情景以及全球所有国家均实施碳税的全球碳税情景。研究表明:相比全球碳税情景而言,单国碳税情景倾向于高估碳税对中国国际资本流动的影响;碳税政策强度越大,模拟时间越长,情景设计所造成的国际资本流动高估问题越大。

为了有效评估碳税对国际资本流动的影响,本文基于Ianchovichina和Walmsley(2012)的做法,放松了GTAP-E-Powes模型国际资本流动的约束,且将投资划分为外商投资、对内投资和对外投资三大类型,并基于适应性预期投资理论模拟国际资本流动。模拟结果显示:碳税导致国内生产成本上升,投资需求下降,从而导致预期资本回报率下降,引发对内投资减少、外商投资减少以及对外投资增加等资本跨国转移。由于国际资本流动是碳税影响国民经济的重要机制,因此在实施碳税的同时,可以采取一定的投资鼓励政策,以防止资本外流。

为了模拟不同强度碳税以及碳博弈对中国国际资本流动的影响,本文分别模拟了碳税强度为10美元/吨、15美元/吨和30美元/吨的全球统一碳税情景和中国较世界碳税高20美元/吨、中国较世界碳税高5美元/吨、世界较中国碳税高20美元/吨、世界较中国碳税高5美元/吨的全球差异碳税情景。就碳税强度而言,碳税强度越高,所造成的国际资本流动幅度越大。就动态变化趋势而言,随着时间推移,碳税对国际资本流动的累积影响以递减的速度增加;在碳税实施初始年,不同情景下,不同强度碳税对国际资本流动影响差异不大;随着时间推移,不同情景下,不同碳税对国际资本流动的影响累积差异以递减的速度逐步扩大。就国际碳博弈而言,当中国实施的碳税强度相对世界其他国家较高时,碳税将导致国际资本更大幅度地向外转移,国内投资、外商投资更大幅度地减少,而对外投资更大幅度地增加;当中国相对世界其他国家实施强度较低的碳税时,碳税所导致的国际资本向外转移幅度减少,国内投资、外商投资较小幅度地减少,而对外投资较小幅度地增加。当这种碳税差异较大时,碳税将导致中国投资成本较低,会导致国际资本流入增加,国内投资、外商投资呈现一定幅度的增加,而对外投资呈现一定幅度的减少。

[参考文献]

- [1]柴麒麟,徐华清.基于IAMC模型的中国碳排放峰值目标实现路径研究[J].中国人口·资源与环境,2015,25(06):37-46.
- [2]段宏波,汪寿阳.中国的挑战:全球温控目标从2℃到1.5℃的战略调整[J].管理世界,2019,35(10):50-63.
- [3]何建武,李善同.节能减排的环境税收政策影响分析[J].数量经济技术经济研究,2009,26(1):31-44.
- [4]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[J].中国软科学,2011,(9):55-64.
- [5]解学梅,韩宇航.本土制造业企业如何在绿色创新中实现“华丽转型”——基于注意力基础观的多案例研究[J].管理世界,2022,38(3):76-106.
- [6]李娜,王敏俊,袁永娜.低碳经济政策对区域发展格局演进的影响——基于动态多区域CGE模型的模拟分析[J].地理学报,2010,65(12):1569-1580.
- [7]林伯强.碳中和进程中的中国经济高质量增长[J].经济研究,2022,57(1):56-71.
- [8]刘小敏,付加锋.基于CGE模型的2020年中国碳排放强度目标分析[J].资源科学,2011,33:634-639.
- [9]刘亦文,胡宗义.能源技术变动对中国经济和能源环境的影响——基于一个动态可计算一般均衡模型的分析[J].中国软科学,2014(4):43-57.
- [10]刘宇,肖宏伟,吕郢康.多种税收返还模式下碳税对中国的经济影响——基于动态CGE模型[J].财经研究,2015,41(1):35-48.
- [11]罗知,齐博成.环境规制的产业转移升级效应与银行协同发展效应——来自长江流域水污染治理的证据[J].经济研究,2021,56(2):174-189.
- [12]邵帅,范美婷,杨莉莉.经济结构调整、绿色技术进步与中国低碳转型发展——基于总体技术前沿和空间溢出效应视角的经验考察[J].管理世界,2022,38(2):46-69+44-10.
- [13]邵帅,张可,豆建民.经济集聚的节能减排效应:理论与中国经验[J].管理世界,2019,35(1):36-60+226.
- [14]汤维祺,吴力波,钱浩祺.从“污染天堂”到绿色增长——区域间高耗能产业转移的调控机制研究[J].经济研究,2016,51(6):58-70.

- [15]王灿,陈吉宁,邹骥.基于CGE模型的CO₂减排对中国经济的影响[J].清华大学学报(自然科学版),2005(12):1621-1624.
- [16]王志轩.我国能源消费碳排放峰值水平估计及影响分析[J].中国电力企业管理,2014(12):30-31.
- [17]吴力波,钱浩祺,汤维祺.基于动态边际减排成本模拟的碳排放权交易与碳税选择机制[J].经济研究,2014,49(9):48-61+148.
- [18]武立东,周亚拿.声誉管理视角下企业绿色投资行为动机研究——来自大股东股权质押风险规避的证据[J].管理学报,2021,34(4):64-77.
- [19]徐佳,崔静波.低碳城市和企业绿色技术创新[J].中国工业经济,2020(12):178-196.
- [20]姚昕,刘希颖.基于增长视角的中国最优碳税研究[J].经济研究,2010,45(11):48-58.
- [21]于亚卓,张惠琳,张平淡.非对称性环境规制的标尺现象及其机制研究[J].管理世界,2021,37(9):134-147.
- [22]AGUIAR A, CHEPELIEV M, CORONG E L, et al. The GTAP Data Base: Version 10[J]. Journal of Global Economic Analysis, 2019, 04: 1-27.
- [23]BURNIAUX J-M, TRUONG T. GTAP-E: An Energy-environmental Version of the GTAP Model[R]. Center for Global Trade Analysis Technical Paper, 2002.
- [24]CATTANEO C, BEINE M, FRÖHLICH C J, et al. Human Migration in the Era of Climate Change[J]. Review of Environmental Economics and Policy, 2019, 3: 189-206.
- [25]CHEPELIEV M. GTAP-Power Data Base: Version 10[J]. Journal of Global Economic Analysis, 2020, 05: 110-137.
- [26]Dixon P B, Rimmer M T. The Theory of the MONASH Model[J]. Contributions to Economic Analysis, 2001, 256: 137-232.
- [27]FLACHSLAND C, MARSCHINSKI R, EDENHOFER O. To Link or not to Link; Benefits and Disadvantages of Linking Cap-and-trade Systems[J]. Climate Policy, 2009, 9: 358-372.
- [28]FONTAGNÉ L, PEREGO E, SANTONI G. MaGE 3.1: Long-term Macroeconomic Projections of the World Economy[J/OL]. International Economics, 2022-09-07[2022-09-22], <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2022.08.002>.
- [29]FRY L W, EGEL E. Global Leadership for Sustainability[J/OL]. Sustainability, 2021-06-03[2022-07-20], <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/11/6360>.
- [30]GOLUB A. Construction of GDyn: Version 10[R]. Center for Global Trade Analysis Technical Paper, 2020.
- [31]HERTEL T. Global Trade Analysis: Modeling and applications[R], Center for Global Trade Analysis Technical Paper, 1997.
- [32]Ianchovichina E, Walmsley T. Dynamic Modeling and Applications for Global Economic Analysis[M]. Cambridge University Press, 2012.
- [33]Nong D. Development of the Electricity-environmental Policy CGE Model (GTAP-E-PowerS): A Case of the Carbon Tax in South Africa[J]. Energy Policy, 2020, 140: 111375.
- [34]NONG D, SIMSHAUSER P, NGUYEN D B. Greenhouse Gas Emissions vs CO₂ Emissions: Comparative Analysis of a Global Carbon Tax[J]. Applied Energy, 2021, 298: 117223.
- [35]PETERS J C. GTAP-E-Power: An Electricity-detailed Economy-wide Model[J]. Journal of Global Economic Analysis, 2016a, 1(2): 156-187.
- [36]PETERS J C. The GTAP-Power Data Base: Disaggregating the Electricity Sector in the GTAP Data Base[J]. Journal of Global Economic Analysis, 2016b, 1(1): 209-250.
- [37]PODERATI G, OU S. Tackling Climate Change in China: A Hybrid Approach[J]. Chinese Journal of Environmental Law, 2021, 5: 141-171.
- [38]TRUONG P T, KEMFERT C, Burniaux J-M. GTAP-E: An Energy-environmental Version of the GTAP Model with Emission Trading[R]. Center for Global Trade Analysis Working Paper, 2007.

- [39] VERBRUGGEN A, BRAUERS H. Diversity Disqualifies Global Uniform Carbon Pricing for Effective Climate Policy[J]. *Environmental Science & Policy*, 2020, 112: 282–292.
- [40] WINKLER M B J, PETERSON S, THUBE S. Gains Associated with Linking the EU and Chinese ETS under Different Assumptions on Restrictions, Allowance Endowments, and International Trade[J]. *Energy Economics*, 2021, 104: 105630.
- [41] WORLD BANK. State and Trends of Carbon Pricing 2021 [R/OL]. World Bank Report, 2021–05–25[2022–07–22], <http://hdl.handle.net/10986/35620>.
- [42] WU L, ZHOU Y, QIAN H. Global Actions under the Paris Agreement: Tracing the Carbon Leakage Flow and Pursuing Countermeasures[J]. *Energy Economics*, 2022, 106: 105804.

Analysis of the Impact of Carbon Tax on International Capital Flows and the Mechanism ——GTAP Model-based Simulation Analysis of the Carbon Tax

HAN Jing^{1,2}, ZHU Weilin¹

(1. School of Economics and Resource Management, Beijing Normal University, Beijing, 100875;

2. Clean Energy Research Center, Chengdu Research Institute, University of International

Business and Economics, Beijing, 100029)

Abstract: This paper used a global computable general equilibrium (CGE) model of environmental and emission with detailed electricity sectors to examine the effects and associated mechanisms of different levels of carbon price under global carbon tax scenarios and single regional carbon tax scenarios. The results indicate that: (1) A realistic background of global decarbonization efforts necessitates the inclusion of other regions' emission policies when modeling the macroeconomic impact of emission reduction policy, as regional CGE models that only consider one region's carbon emission policy tend to overestimate trade and investment effects, and then the economic costs associated with emission reductions. (2) The main mechanism by which carbon taxes affect the macroeconomy is the increase in international capital mobility caused by a lower expected rate of return on investment due to a carbon tax, which leads to a decrease in domestic and foreign investment as well as an increase in domestic investment abroad. (3) The greater the intensity of carbon tax, the greater the impact on the macroeconomy; the cumulative divergence of impact of carbon taxes with different levels of intensity increases at a diminishing rate over time; and the cumulative impact of carbon taxes on the macroeconomy increases at a diminishing rate over time.

Keywords: Carbon Tax; Decarbonization; CGE; Carbon Emission; International Capital Mobility

(责任编辑 刘建昌)