

# 海洋碳汇、碳税、绿色技术:实现“双碳”目标的组合策略研究

程娜 陈成

**摘要:**随着我国碳达峰、碳中和“双碳”目标的提出,如何在实现碳减排的同时保证经济的高质量发展逐渐成为生态文明建设整体布局中的重点和难点。通过构建包含海洋碳汇、绿色技术、碳税在内的多部门DSGE模型发现,作为地球最大吸碳主体的海洋碳汇,同时具备生态、经济双重效应,对于“双碳”目标的实现与经济增长具有动态影响。绿色技术在2021-2030年间对碳排放强度降低的作用效果明显,能同时实现经济增长与降低碳排放强度的目标,但2030年碳达峰后绿色技术创新对经济增长的刺激不因碳排放强度下降导致的经济增速放缓;碳税是有效地降低碳排放强度、提升环境质量的手段,但会对经济增长产生负向影响。海洋碳汇在2030年碳达峰后将会扭转绿色技术、碳税对经济增长产生的负向作用,发挥出更加重要的作用,实现降低碳排放强度与经济增长的双重目标。

**关键词:**海洋碳汇;碳中和;碳达峰;DSGE模型

**DOI:** 10.19836/j.cnki.37-1100/c.2021.06.015

## 一、引言

2020年9月22日,习近平总书记在第75届联合国大会一般性辩论上首次宣布我国二氧化碳排放力争2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和的“双碳”目标。这是我国继2018年提前三年实现《巴黎协定》承诺的40%至45%的上限目标后再次作出的承诺,表现出了负责任大国的担当和自信。显而易见,“双碳”目标对于中国这样一个能源消耗强国、碳排放大国来说是极为艰巨的,主要在于实践经验及既有研究均证明了碳减排与经济增长是两个相悖的目标,中国碳排放与经济增长具有强相关性,且不易脱钩。事实上,作为地球最大吸碳主体的海洋碳汇,同时具备着改善生态环境和刺激经济增长的双效应,可助力突破传统遏制碳源的减排模式弊端,实现经济增长与碳减排的双重目标。

关于降低碳排放强度的实现途径有两个方向:一是减小“碳源”,即通过各种手段或技术,减少人类各种生产活动产生的以二氧化碳为主的温室气体的排放;二是增加“碳汇”,即通过各种微生物、植物等的光合作用,吸收并储存大气中的二氧化碳。一直以来,中国的减排途径基本上以遏制碳源为主,且碳减排工作效果明显。截至2018年,中国碳排放强度相较于2005年下降了45.8%<sup>①</sup>,但同时我国的经济增长速度也由2005年的11.4%下降至2018年的6.7%<sup>②</sup>。

**基金项目:**国家社科基金一般项目“基于碳减排与经济增长双重目标的我国海洋碳汇发展机制研究”(18BJY074)。

**作者简介:**程娜,上海大学马克思主义学院教授,博士生导师,上海市习近平新时代中国特色社会主义思想研究基地(上海大学)研究员(上海200444;chengna07@163.com);陈成,上海大学经济研究中心助理研究员(上海200444;82031505@qq.com)。

① 生态环境部:《中国应对气候变化的政策与行动2019年度报告》,http://www.mee.gov.cn/ywgz/ydqhbh/qhbhlf/201911/P020200121308824288893.pdf,访问日期:2021年4月2日。

② 国家统计局:“2005年与2018年国内生产总值指数(上年=100)”,https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A0208&sj=2020,访问日期:2021年3月25日。

环境库兹涅茨曲线表明二氧化碳排放量与经济增长呈现“倒U型”关系<sup>①</sup>,但目前世界各主要经济体的经济增长与二氧化碳的脱钩能力均较弱<sup>②</sup>,且经济发展水平高的国家边际二氧化碳的排放普遍呈降低态势<sup>③</sup>。对于仍处在环境库兹涅茨曲线左侧、经济中高速发展阶段的中国来说,经济增长与碳减排貌似是不可兼得的鱼与熊掌<sup>④</sup>。因此,如何另辟蹊径,寻找双赢的新发展思路是实现“双碳”目标的关键。

相关研究表明,在经济增长和环境保护的双重压力下,技术进步是实现经济增长与碳减排目标的关键<sup>⑤</sup>,且环保技术是重点<sup>⑥</sup>。但同时发现,虽然环保技术能够在实现经济增长的基础上,有效降低碳排放量,改善环境质量,但在中长期后会抑制经济增长<sup>⑦</sup>,而且目前中国的技术进步尚不能保证同时实现二氧化碳减排与经济增长<sup>⑧</sup>。除此之外,提高能源效率、改变能源结构也能够适度降低碳排放强度<sup>⑨</sup>,但我国现有发展模式不足以抵消碳排放强度下降产生的冲击<sup>⑩</sup>。而作为最有效提升环境质量手段的环境税<sup>⑪</sup>,也会随着碳税税率的提高使经济呈现负增长趋势<sup>⑫</sup>。

可见,大部分就碳减排的探讨,仍专注于“碳源”,少量针对“碳汇”的研究也多集中于森林碳汇<sup>⑬⑭⑮</sup>,对于海洋碳汇关注明显不足。实际上,海洋存储了地球上93%的二氧化碳,是地球上最大的碳汇体,其容量是陆地碳库的20倍、大气碳库的50倍,相对于森林碳汇具有成本低、难度小、风险小、效率高、潜力大、储碳时间长等优势,固碳储碳作用显著、潜力巨大,能够发挥出更大的生态效应与经济效应。因此本文拟选取海洋碳汇作为研究对象,通过构建一个多部门动态随机一般均衡模型(DSGE),将海洋碳汇、绿色技术、碳税等因素纳入模型框架,分析各主要宏观经济变量与环境的动态效应,以为实现“双碳”目标提供一条不以牺牲经济增长为代价的途径,进而探寻海洋碳汇经济的可持续发展路径。

## 二、模型设定

构建一个包含代表性家庭、一般型厂商、蓝碳型厂商、金融中介、政府等多部门动态随机一般均衡模型。其中,代表性家庭为一般型厂商与蓝碳型厂商提供劳动获取工资,以储蓄的形式通过金融中介获取利息收入,在市场上购买商品进行消费,因其碳排放并非本文研究重点,故忽略不计。一般型厂

- 
- ① Grossman G.M., Krueger A.B., “Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement”, NBER Working Papers No.3914, 1991, pp.1-37.
- ② Finland Futures Research Centre, “Global Trends of Linking Environmental Stress and Economic Growth”, [https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/147391/Tutu\\_2003-7.pdf?sequence=1](https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/147391/Tutu_2003-7.pdf?sequence=1), 访问日期:2021年3月1日。
- ③ Selden T.M., Holtz-Eakin D., “Stoking the Fires? CO<sub>2</sub> Emissions and Economic Growth”, *Journal of Public Economics*, 1995, 57(1), pp.85-101.
- ④ 赵昕东、沈承放:《碳排放与经济增长关系的实证研究——基于福建省的经验证据》,《江南大学学报(人文社会科学版)》,2021年第4期。
- ⑤ Yang L., Wang J., Shi J., “Can China Meet Its 2020 Economic Growth and Carbon Emissions Reduction Targets?”, *Journal of Cleaner Production*, 2017, 142, pp.993-1001.
- ⑥ 郑丽琳、朱启贵:《技术冲击、二氧化碳排放与中国经济波动——基于DSGE模型的数值模拟》,《财经研究》2012年第7期。
- ⑦ 武晓利:《环保技术、节能减排政策对生态环境质量的动态效应及传导机制研究——基于三部门DSGE模型的数值分析》,《中国管理科学》2017年第12期。
- ⑧ 申萌、李凯杰、曲如晓:《技术进步、经济增长与二氧化碳排放:理论和经验研究》,《世界经济》2012年第7期。
- ⑨ 林伯强、孙传旺:《如何在保障中国经济增长前提下完成碳减排目标》,《中国社会科学》2011年第1期。
- ⑩ 袁富华:《低碳经济约束下的中国潜在经济增长》,《经济研究》2010年第8期。
- ⑪ Angelopoulos K., Economides G., Philippopoulos A., “What is the Best Environmental Policy? Taxes, Permits and Rules Under Economic and Environmental Uncertainty”, CESIFO Working Paper No.2980, 2010, pp.4-30.
- ⑫ 杨翱、刘纪:《模拟征收碳税对我国经济的影响——基于DSGE模型的研究》,《经济科学》2014年第6期。
- ⑬ 曹吉鑫、田赞、王小平等:《森林碳汇的估算方法及其发展趋势》,《生态环境学报》2009年第5期。
- ⑭ 何英:《森林固碳估算方法综述》,《世界林业研究》2005年第1期。
- ⑮ 张颖、吴丽莉、苏帆等:《我国森林碳汇核算的计量模型研究》,《北京林业大学学报》2010年第2期。

商与蓝碳型厂商均通过雇佣劳动、租用货币资本进行生产,但不同的是,一般型厂商的生产活动会排放大量二氧化碳,是经济系统中的主要碳源,也是征收碳税的主体;蓝碳型厂商因其最终产品具有吸碳、固碳功能,生产过程中的碳排放可忽略不计。金融中介从家庭部门获得借贷资本,并让渡给厂商进行生产活动。这里假设政府将所收缴的碳税全部用于生态环境治理以提升环境质量。

(一)代表性家庭

代表性家庭的目标是在一定的预算约束下实现效用最大化,其效用函数与预算约束表达式如下:

$$\max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \times [\ln C_t - \theta \times \frac{N_t^{-1+\psi}}{1+\psi}]$$

$$C_t + S_t = W_t \times N_t + R_{s,t-1} \times S_{t-1}$$

其中, $E_0$ 为条件期望算子; $0 < \beta < 1$ 为效用贴现率; $C_t$ 为消费; $N_t$ 为家庭劳动供给, $\theta$ 为劳动的负效用权重; $\psi$ 为劳动供给弹性的倒数; $S_t$ 为储蓄; $W_t$ 为社会工资水平; $R_{s,t-1}$ 为存款利率。代表性家庭通过在消费、劳动、储蓄之间抉择实现效用最大化。

(二)一般型厂商

一般型厂商的设定参考赵杨(2018)等的研究<sup>①</sup>,在C-D函数中引入碳排放权( $Re_t$ )作为新的生产要素。这反映了实际生产中一般型厂商在碳达峰、碳中和目标与稳定增长的双重压力下,会在全国碳交易市场购买更多的碳排放权,以此缓解碳排放强度下降带来的经济增速放缓压力。但由于目前海洋碳汇并未纳入碳交易市场,本文在一般型厂商模型设定中并未体现碳排放权购买成本。除雇佣劳动及租用资本外,政府为改善环境质量,需要对一般型厂商征收碳税,则一般型厂商的利润最大化公式如下:

$$\pi_{p,t} = Y_{p,t} - W_{p,t} \times N_{p,t} - R_{p,t} \times K_{p,t} - Tax_t \times Ce_t$$

一般型厂商面临的预算约束如下:

$$Y_{p,t} = K_{p,t}^{\alpha_1} \times Re_t^{\alpha_2} \times N_{p,t}^{(1-\alpha_1-\alpha_2)}$$

$$Re_t = Ce_t + \omega \times Ac_t$$

$$Ce_t = \frac{(1-\rho) \times \xi \times Y_{p,t}}{Gr_t}$$

其中, $Y_{p,t}$ 为一般型厂商产出; $K_{p,t}$ 为一般型厂商资本用量; $Re_t$ 为一般型厂商碳排放权; $N_{p,t}$ 为一般型厂商劳动需求量; $W_{p,t}$ 为一般型厂商劳动力使用价格; $R_{p,t}$ 为一般型厂商资本租用价格; $Ce_t$ 为一般型厂商实际碳排放量; $Ac_t$ 为蓝碳型厂商固碳量; $\alpha_1$ 为一般型厂商资本产出弹性; $\alpha_2$ 为碳排放产出弹性; $\rho$ 为碳排放强度下降率; $\xi$ 为2021年碳排放强度; $\omega$ 为蓝碳型厂商是否参与经济系统阈值; $Gr_t$ 为一般型厂商绿色技术; $Tax_t$ 为一般型厂商碳税。绿色技术 $Gr_t$ 与碳税 $Tax_t$ 服从AR1(一阶自回归)过程:

$$\ln Gr_t = \rho_{Gr} \times \ln Gr_{t-1} + \sigma_{Gr}$$

$$\ln Tax_t = \rho_{Tax} \times \ln Tax_{t-1} + \sigma_{Tax}$$

其中, $\rho_{Gr}$ 为绿色技术冲击一阶自回归系数; $\sigma_{Gr}$ 为绿色技术冲击随机扰动项; $\rho_{Tax}$ 为碳税冲击一阶自回归系数; $\sigma_{Tax}$ 为碳税冲击随机扰动项。

(三)蓝碳型厂商

蓝碳型厂商是生产海洋碳汇产品的厂商,而海洋碳汇通过“微生物碳泵”作用形成储碳机制,为实施海洋负排放提供可能<sup>②</sup>。一方面,海洋碳汇产品吸收大气中的二氧化碳,为一般型厂商提供更多的碳排放空间,即海洋碳汇可通过自身的生态效应达到刺激经济增长的作用;另一方面,如海参、贝类、海藻等海洋碳汇产品本身具有食用、观赏价值,以渔业碳汇为主的海洋碳汇产业目前已经形成规模,产生了显著的经济效应。考虑到蓝碳型厂商自身具备的生态效应,假设政府不会对蓝碳型厂商征收

① 赵杨、李天宇、姜国刚等:《基于DSGE视角的中国碳排放政策与经济增长》,《软科学》2018年第8期。

② 焦念志、刘纪化、石拓等:《实施海洋负排放践行碳中和战略》,《中国科学:地球科学》2021年第4期。

碳税,蓝碳型厂商的利润最大化公式如下:

$$\pi_{b,t} = Y_{b,t} - W_{b,t} \times N_{b,t} - R_{b,t} \times K_{b,t}$$

蓝碳型厂商面临的预算约束如下:

$$Y_b = K_{b,t}^{\alpha_3} \times Aab_t^{\alpha_4} \times N_{b,t}^{\alpha_5}$$

$$Ac_t = \gamma \times Y_{b,t}$$

其中, $Y_{b,t}$ 为蓝碳型厂商产出; $K_{b,t}$ 为蓝碳型厂商资本用量; $N_{b,t}$ 为蓝碳型厂商劳动需求量; $W_{b,t}$ 为蓝碳型厂商劳动力使用价格; $R_{b,t}$ 为蓝碳型厂商资本租用价格; $Aab_t$ 为蓝碳型厂商养殖面积; $\alpha_3$ 为蓝碳型厂商资本产出弹性; $\alpha_4$ 为蓝碳型厂商养殖面积产出弹性; $\alpha_5$ 为蓝碳型厂商劳动产出弹性; $Ac_t$ 为蓝碳型厂商固碳量; $\gamma$ 为蓝碳产品固碳率。

#### (四)金融中介

假设金融中介在对两类厂商进行资本借贷时决策相似,这里仅列举金融中介对一般型厂商的借贷决策,蓝碳型厂商不再重新描述。则有:

金融中介对一般型厂商的借贷决策如下:

$$K_{p,t+1} \times Q_t = Z_{p,t} + L_{p,t}$$

$$leverage_{p,t} = \frac{K_{p,t+1} \times Q_t}{Z_{p,t}}$$

$$RR_{p,t+1} = \frac{R_{p,t+1} + (1-\delta) \times Q_{t+1}}{Q_t}$$

其中, $Z_{p,t}$ 为自由资本; $L_{p,t}$ 为借贷资本; $Q_t$ 为资本购买价格; $leverage_{p,t}$ 为杠杆率; $RR_{p,t}$ 为金融中介借贷利率, $\delta$ 为折旧率。金融中介利润最大化公式如下:

$$\max E_t (RR_{p,t} \times Q_{t-1} \times K_{p,t} - R_{s,t} \times L_{t-1})$$

金融中介利润最大化公式一阶条件如下,其中 $d_p$ 为一般型厂商借贷差异。

$$RR_{p,t+1} = d_p \times R_{s,t}$$

#### (五)政府与环境质量

将政府与环境质量设为同一个部门,且政府对一般型厂商征收的碳税全部用于改善环境质量,则有:

$$Gov_t = Tax_t \times Ce_t$$

$$Ev_t = (1-\eta) \times Ev_{t-1} - Ce_t + \mu \times Ac_t + \tau \times Tax_t \times Ce_t$$

其中, $Gov_t$ 为政府碳税收入; $Ev_t$ 为环境质量; $\eta$ 为二氧化碳自然降解率; $\mu$ 为蓝碳型厂商参与经济系统的阈值; $\tau$ 为政府使用碳税改善环境质量的政府环境治理支出转换率。

#### (六)市场出清

$$Y_t = Y_{p,t} + \mu \times Y_{b,t}$$

$$K_t = \nu \times K_{p,t} + (1-\nu) \times K_{b,t}$$

$$W_t = \nu \times W_{p,t} + (1-\nu) \times W_{b,t}$$

$$N_t = N_{p,t} = N_{b,t}$$

其中, $Y_t, Y_{p,t}, Y_{b,t}$ 分别表示社会总产出、一般型厂商产出、蓝碳型厂商产出; $K_t, K_{p,t}, K_{b,t}$ 分别表示社会资本总量、一般型厂商资本用量、蓝碳型厂商资本用量; $W_t, W_{p,t}, W_{b,t}$ 分别表示社会平均工资水平、一般型厂商劳动力使用价格、蓝碳型厂商劳动力使用价格; $N_t, N_{p,t}, N_{b,t}$ 分别表示劳动供给量,假设两类厂商雇佣的劳动是无差别的; $\nu$ 表示一般型厂商在整个经济系统中的占比。

#### (七)参数校准

DSGE模型中的参数赋值一般分为校准与估计两种,考虑到目前国内尚没有形成统一的海洋碳汇计量标准,且国内关于碳排放强度、各行业碳排放量等的可用数据时间跨度较短、数据量少,这都



不利于使用贝叶斯估计方法。因此利用校准方法更能明确地、有针对性地达到研究目的。

参数校准结果如表 1 所示。其中代表性家庭需要校准的参数有劳动供给弹性的倒数  $\psi$ 、劳动的负效用权重  $\theta$ 、再贴现率  $\beta$ 。参照胡永刚与郭新强的研究<sup>①</sup>,将劳动供给弹性的倒数  $\psi$  调整为 2.75;参考连飞的研究<sup>②</sup>将劳动的负效用权重  $\theta$  调整为 7.5,将再贴现率  $\beta$  调整为 0.98。

一般型厂商需校准的参数有资本产出弹性  $\alpha_1$ 、碳排放产出弹性  $\alpha_2$ 、2021 年碳排放强度  $\xi$ 。参照赵爱文与李东的研究<sup>③</sup>将一般型厂商资本产出弹性  $\alpha_1$  调整为 0.33、碳排放产出弹性  $\alpha_2$  设为 0.36,2021 年碳排放强度  $\xi$  设为 0.45<sup>④</sup>。

蓝碳型厂商需要校准的参数有资本产出弹性  $\alpha_3$ 、养殖面积产出弹性  $\alpha_4$ 、劳动产出弹性  $\alpha_5$ 、蓝碳产品固碳率  $\gamma$ 。参考孙兆明的研究<sup>⑤</sup>将蓝碳型厂商资本产出弹性  $\alpha_3$ 、蓝碳型厂商养殖面积产出弹性  $\alpha_4$ 、蓝碳型厂商劳动产出弹性  $\alpha_5$  分别调整为 0.33、0.4、0.1;参照邵桂兰等关于海洋碳汇固碳率的研究<sup>⑥</sup>将蓝碳产品固碳率  $\gamma$  设为 0.1。

金融中介需校准的参数有资本折旧率  $\delta$ 、一般型厂商借贷差异  $d_p$ 、蓝碳型厂商借贷差异  $d_b$ 。参照孙宁华等的估算<sup>⑦</sup>将  $\delta$  资本折旧率设为 0.025;由于借贷差异衡量标准不统一,且根据现实情况海洋碳汇型厂商的借贷难度较高,因此将一般型厂商借贷差异  $d_p$  设为 1.01;蓝碳型厂商借贷差异  $d_b$  设为 1.02,当只有一般型厂商时,没有借贷差异,此时率设为 1.00。

在政府部门及其他参数设定中,参照武晓丽<sup>⑧</sup>与 Angelopoulos 等<sup>⑨</sup>的研究将二氧化碳自然降解率  $\eta$  设为 0.1;参照刘冰熙等对我国地方政府环境污染治理效率评价<sup>⑩</sup>,将政府使用碳税改善环境质量的转换率  $\tau$  设为 0.8。将碳排放强度下降率  $\rho$  设为 0、0.33、0.66,其分别对应着 2021 年碳排放强度、2030 年碳达峰碳排放强度、碳达峰后向 2060 年碳中和目标过渡期间的碳排放强度下降目标;绿色技术冲击一阶自回归系数  $\rho_{Gr}$  设为 0.7;绿色技术冲击随机扰动项  $\sigma_{Gr}$  设为 0.01;碳税冲击一阶自回归系数  $\rho_{Tax}$  设为 0.7;碳税冲击随机扰动项  $\sigma_{Tax}$  设为 0.01。

表 1 参数校准结果

参数	含义及说明	赋值
$\beta$	再贴现率	0.98
$\theta$	劳动的负效用权重	7.5
$\psi$	Fisher 劳动供给弹性的倒数	2.75
$\alpha_1$	一般型厂商资本产出弹性	0.33

① 胡永刚、郭新强:《内生增长、政府生产性支出与中国居民消费》,《经济研究》2012 年第 9 期。  
 ② 连飞:《货币政策转型背景下汇率调整对宏观经济的影响——基于开放经济 DSGE 模型的研究》,《统计与信息论坛》2016 年第 7 期。  
 ③ 赵爱文、李东:《中国碳排放与经济成长的协整与因果关系分析》,《长江流域资源与环境》2011 年第 11 期。  
 ④ 世界银行,“CO<sub>2</sub> Emissions (kg per 2017 PPP \$ of GDP) -China”,[https://data.worldbank.org.cn/indicator/EN.ATM.CO2E.PP.GD.KD? locations=CN](https://data.worldbank.org.cn/indicator/EN.ATM.CO2E.PP.GD.KD?locations=CN), 访问日期:2021 年 1 月 20 日。  
 ⑤ 孙兆明:《我国海水养殖业生产要素弹性实证研究——基于超越对数生产函数》,《中国渔业经济》2012 年第 3 期。  
 ⑥ 邵桂兰、刘冰、李晨:《我国主要海域海水养殖碳汇能力评估及其影响效应——基于我国 9 个沿海省份面板数据》,《生态学报》2019 年第 7 期。  
 ⑦ 孙宁华、江学迪:《能源价格与中国宏观经济:动态模型与校准分析》,《南开经济研究》2012 年第 2 期。  
 ⑧ 武晓利:《环保政策、治污努力程度与生态环境质量——基于三部门 DSGE 模型的数值分析》,《财经论丛》2017 年第 4 期。  
 ⑨ Angelopoulos K., Economides G., Philippopoulos A., “What is the Best Environmental Policy? Taxes, Permits and Rules Under Economic and Environmental Uncertainty”, CESIFO Working Paper NO.2980, 2010, pp.4-30.  
 ⑩ 刘冰熙、王宝顺、薛钢:《我国地方政府环境污染治理效率评价——基于三阶段 Bootstrapped DEA 方法》,《中南财经政法大学学报》2016 年第 1 期。

续表1

参数	含义及说明	赋值
$\alpha_2$	一般型厂商碳排放产出弹性	0.36
$\alpha_3$	蓝碳型厂商资本产出弹性	0.33
$\alpha_4$	蓝碳型厂商养殖面积产出弹性	0.4
$\alpha_5$	蓝碳型厂商劳动产出弹性	0.1
$\omega/\mu$	蓝碳型厂商参与经济系统阈值(0表示不参与经济系统对其他经济变量没有影响,1则相反)	0,1
$d_p$	一般型厂商借贷差异(当经济系统中仅有一般型厂商时设为1)	1.00,1.01
$d_b$	蓝碳型厂商借贷差异	1.02
$\xi$	2021年碳排放强度	0.45
$\gamma$	海洋碳汇产品固碳率	0.1
$\eta$	二氧化碳自然降解率	0.1
$\tau$	政府环境治理支出转换率	0.8
$\delta$	资本折旧率	0.025
$\nu$	一般型厂商在经济系统中的占比(为1时代表经济系统中仅存在一般型厂商)	1,0.995
$\rho$	碳排放强度下降率(赋值越高碳排放强度越低)	0,0.33,0.66
$\rho_{Gr}$	绿色技术冲击一阶自回归系数	0.7
$\sigma_{Gr}$	绿色技术冲击随机扰动项	0.01
$\rho_{Tax}$	碳税冲击一阶自回归系数	0.7
$\sigma_{Tax}$	碳税冲击随机扰动项	0.01

### 三、模型模拟结果对比

在确定模型均衡条件,对模型中的参数进行校准赋值后,求解得出各经济变量的稳态值,并通过Matlab(R2020b)下 dynare4.6.4 工具包进行数值模拟。本文通过调整模型参数,比较是否将海洋碳汇纳入经济系统的两种情形下,绿色技术与碳税冲击对“双碳”目标及各主要经济变量的动态效应。

#### (一)情形 1:不将海洋碳汇纳入经济系统

通过调整参数实现了将蓝碳型厂商排除在模型系统之外,模型系统中仅含一般型厂商的状态,此时厂商实际二氧化碳排放量就是二氧化碳排放权。

##### 1.绿色技术冲击的动态效应分析

图 1 给出了在不同碳排放强度下,1%的正向绿色技术冲击下各变量的动态响应。第一,在保持 2021 年碳排放强度不变的情况下,绿色技术冲击对社会总产出的影响为先负后正,且负向效应持续时间较短,正向效应持续周期较长。但随着碳排放强度的降低,绿色技术冲击对社会总产出的影响持续为负,这种负向效应一直持续到恢复稳态。第二,在碳排放强度不变的情况下,绿色技术冲击对居民消费的影响持续效应为正,且持续周期较长。但随着碳排放强度的降低,绿色技术冲击对消费的影响效应持续为负。第三,在保持 2021 年碳排放强度不变的情况下,绿色技术冲击对政府碳税与碳排放的影响效应先负后正,且正向偏离周期较社会总产出正向偏离周期后延 2-3 个周期。随着碳排放强度的降低,绿色技术冲击对政府碳税与碳排放的影响效应持续为负。第四,在维持 2021 年碳排放强

度不变的情况下,绿色技术冲击对环境质量的影响效应先正后负,在第40期左右开始负向偏离稳态。同时随着碳排放强度的降低,绿色技术冲击对环境质量的影响效应持续为正,峰值也逐渐减小。

由此得出结论:(1)在维持2021年碳排放强度不变的情况下,绿色技术创新在短期内势必会抑制经济增长。这主要是由于机器设备更新成本、研发成本、推广应用成本、时间成本、员工培训成本的提升等造成的;从长期来看,绿色技术创新对经济增长有长期正向反馈,短暂的负向效应不会改变未来绿色技术发展的趋势。但到2030年我国实现碳达峰目标后,绿色技术创新并不能完全解决因碳排放强度下降导致的经济增速放缓。这符合目前我国处于环境库兹涅茨曲线左侧的事实,说明仅靠绿色技术并不能在保持经济增长的同时实现碳中和。(2)保持2021年碳排放强度不变的情况下,绿色技术创新会刺激消费,这主要在于环保意识提升以及经济增长引致居民可支配收入的增加,进而刺激居民消费。但到2030年碳达峰目标完成后,绿色技术创新并不能抵消因碳排放强度下降产生的影响,社会总产出下降,进而影响居民可支配收入,抑制居民消费。(3)绿色技术的创新与应用将减少一般型厂商的碳排放总量,显著提高环境质量,但在保持碳排放强度不变的情况下,绿色技术对环境质量的改善效果仅持续到2030年碳达峰时期。随着碳排放强度的降低,绿色技术创新对于环境质量改善程度有限,原因可能在于居民碳减排意识的普遍提升以及企业自身减排程度在2030年已经接近峰值,不能仅靠绿色技术实现“双碳”目标。

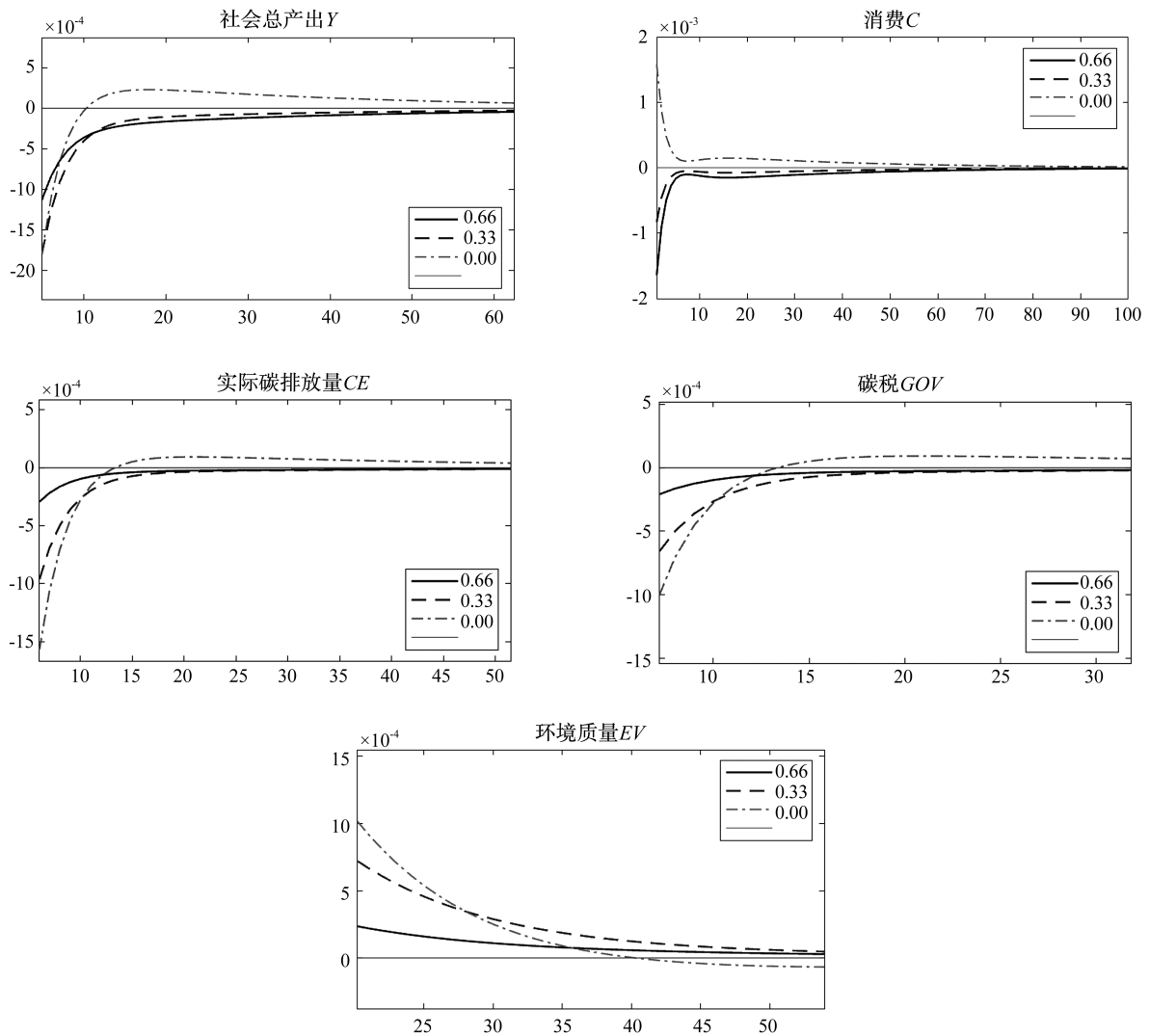


图1 不同碳排放强度下绿色技术冲击的动态响应

## 2.碳税冲击的动态响应分析

图 2 给出了在不同碳排放强度下,1%的正向碳税冲击下各变量的动态响应。第一,政府征收碳税对社会总产出的效应持续为负,且负向效应的持续周期较长、碳排放强度越低征收碳税对经济增长的影响就越小。政府征收碳税对消费的效应与社会总产出一致。第二,政府征收碳税显著降低了碳排放总量,进而提升环境质量,但随着碳排放强度的降低,这种效应不再明显。第三,保持碳排放强度不变的情况下,征收碳税对政府碳税收入的效应先正后负,且零点在第 8 期左右,与社会总产出脉冲响应图像波谷一致。

由此得出结论:(1)政府征收碳税会长期抑制经济增长,主要原因在于碳税提升了厂商碳排放成本,生产成本增加,利润率降低,进而抑制厂商生产积极性;但随着厂商对碳税这一新增税种的逐渐接受,厂商通过努力改进自身技术降低碳排放量,降低碳排放成本,进而减少向政府缴纳的碳税,并逐渐恢复稳态。(2)征收碳税后厂商边际成本上升,利润率降低,势必会降低员工工资,使居民可支配收入减少,进而降低居民消费水平。(3)征收碳税将显著降低碳排放量,改善环境质量。比较图 1 与图 2 的环境质量可发现,征收碳税带来的环境质量改善程度远大于绿色技术创新。因为政府征收碳税具有双重效用,不仅从碳排放源头降低碳排放量,而且增收的碳税也会用于生态环境的改善,但碳达峰后随着碳排放强度的降低,征收碳税对实现碳中和目标的促进作用将逐渐减小。

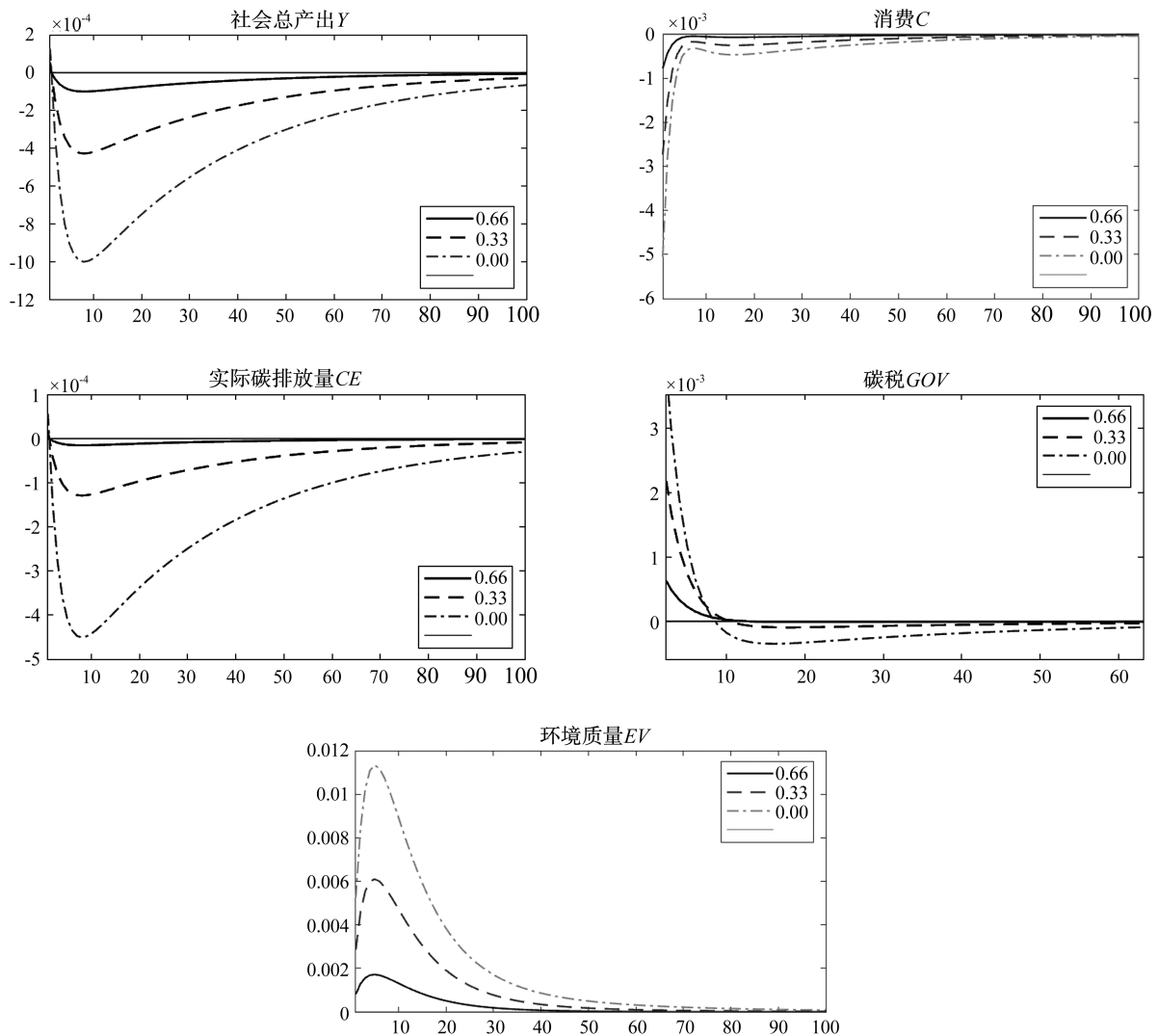


图 2 不同碳排放强度下碳税的动态响应



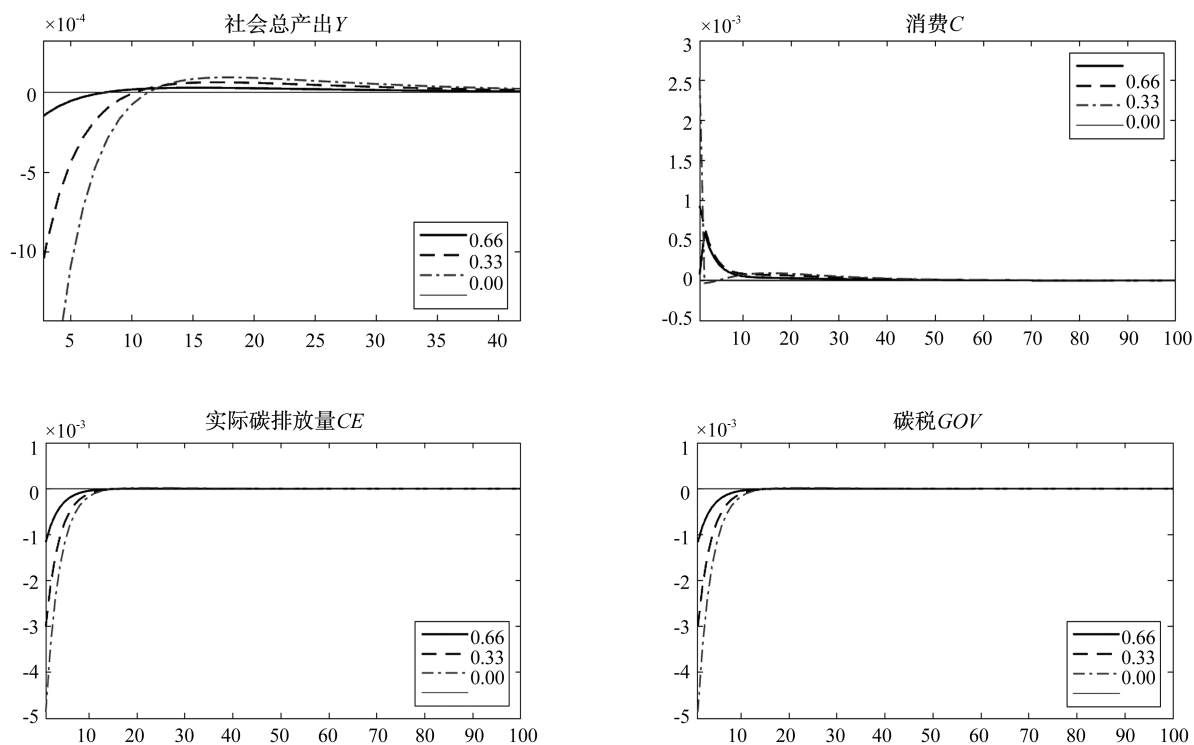
(二)情形 2:将海洋碳汇纳入经济系统

本部分讨论海洋碳汇加入经济系统后,一般型厂商将拥有更多的二氧化碳排放权,在不同碳排放强度下,绿色技术与碳税冲击对我国经济增长与“双碳”目标的影响。

1.海洋碳汇绿色技术冲击的动态响应分析

图 3 给出了将海洋碳汇纳入经济系统后,在不同碳排放强度下,1%的正向绿色技术冲击下各变量的动态响应。第一,碳排放强度的降低并未改变绿色技术冲击对社会总产出由负向正的动态效应。第二,在碳排放强度不变的情况下,绿色技术冲击对消费的效应较为复杂,呈现先由正向负,之后由负向正并趋于稳态的态势。其中负向持续周期较短,随着碳排放强度的降低,绿色技术冲击对消费的动态效应持续为正。第三,绿色技术对碳排放与政府碳税收入的效应持续为负。第四,在碳排放强度不变的情况下,绿色技术冲击对海洋碳汇产品固碳量的效应由负向正。随着碳排放强度的降低,绿色技术冲击对海洋碳汇产品固碳量的效应持续为正。

由此得出结论:(1)在经济系统中引入海洋碳汇后,缓解了绿色技术创新不能完全抵消碳排放强度下降导致的经济增速放缓。即使在 2030 年实现碳达峰后,绿色技术仍然可以为实现碳的“零排放”与刺激经济增长继续贡献力量。(2)在经济系统中引入海洋碳汇后,即使在碳达峰后,绿色技术创新也能刺激居民消费。因为社会总产出增加可导致工资水平上升,居民可支配收入增加,进而刺激消费。(3)在经济系统中引入海洋碳汇后,发现在碳排放强度不变的情况下,对海洋碳汇产品的需求反而是减少的。因为当前绿色技术创新带来的碳减排效果远比发展海洋碳汇带来的固碳效用更加显著,但到 2030 年后随着碳排放强度的降低,绿色技术创新会进入瓶颈期,那时海洋碳汇将发挥更加重要的作用,海洋碳汇产品的需求也会加大。



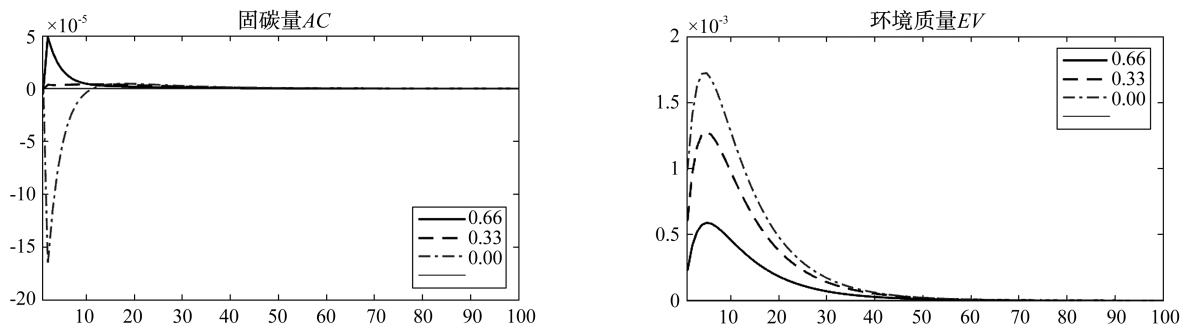
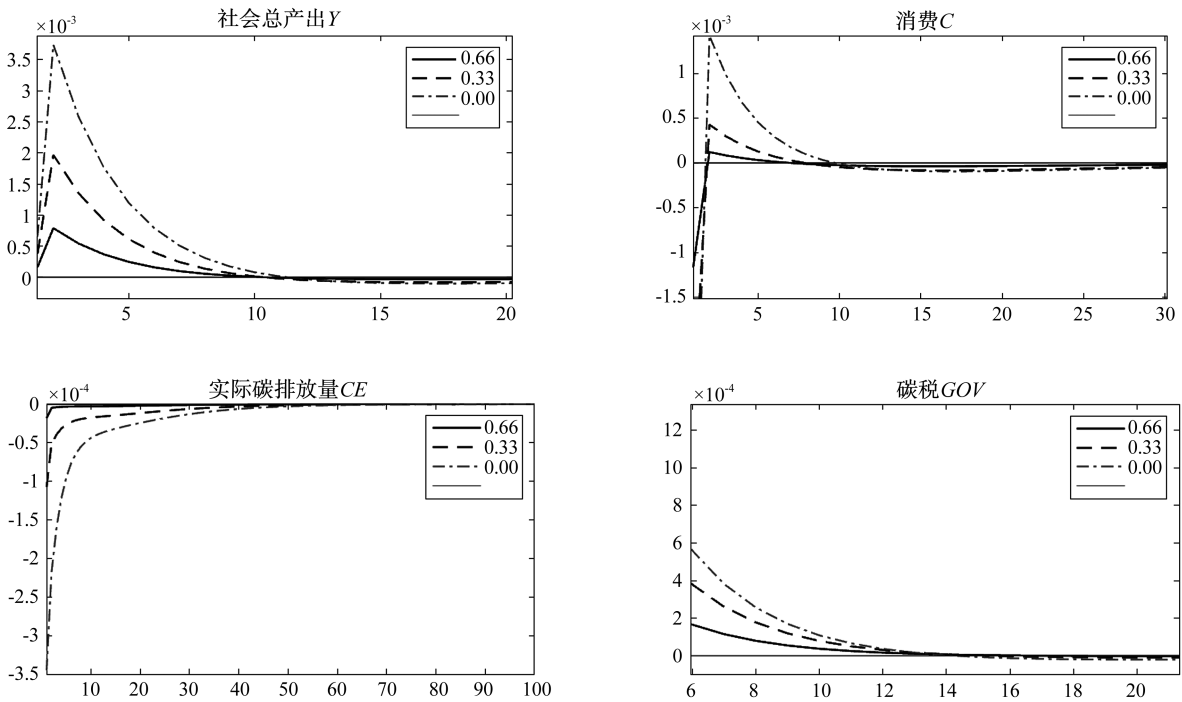


图3 不同碳排放强度下绿色技术冲击的动态响应

### 2.海洋碳汇碳税冲击的动态响应分析

图4给出了在经济系统中引入海洋碳汇后,在不同碳排放强度下,1%的正向碳税冲击下各变量的动态响应。第一,不同碳排放强度下征收碳税对社会总产出的效应由负向正,再由正向负,负向效应持续30个周期左右后会恢复稳态。第二,征收碳税对消费的效应由负向正,再由正向负后恢复稳态,与社会总产出的动态效应一致。第三,征收碳税对碳排放的效应持续为负,随着碳排放强度的降低,这种负向影响逐渐减小。第四,征收碳税对固碳量与环境质量的效应持续为正。

由此得出结论:(1)在经济系统中引入海洋碳汇后,不仅缓解了征收碳税产生的长期负向影响,同时在短期内还能刺激经济增长。可能的原因是海洋碳汇的固碳作用在短期内能够缓解征收碳税对一般型厂商的影响,但从中长期来看征收碳税还是抑制了经济增长与居民消费。(2)征收碳税能够刺激海洋碳汇的发展。因为征收碳税会导致一般型厂商边际成本上升,因此厂商更加愿意利用海洋碳汇实现碳减排目标。



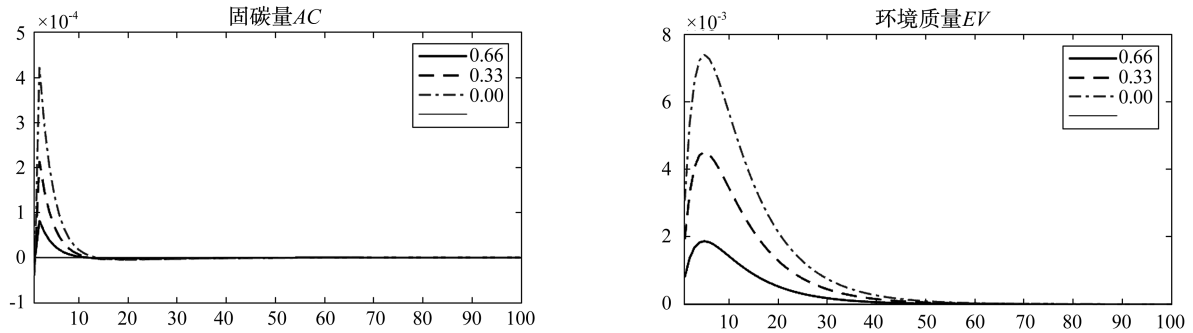


图4 不同碳排放强度下碳税冲击的动态响应

#### 四、结论及启示

通过构建多部门动态随机一般均衡模型,比较分析基于“双碳”目标的经济系统中,绿色技术与碳税冲击对各宏观经济变量的动态变化。研究发现,海洋碳汇具有经济与生态双重效应,且2030年碳达峰后双重效应将比2030年前更加明显、发挥空间更大。具体如下:一是,在不包含海洋碳汇的情况下,2030年碳达峰前绿色技术创新会持续刺激经济增长,但这个周期仅持续到碳达峰前;在2030年实现碳达峰后,不能仅靠绿色技术创新来对冲因碳排放强度下降产生的经济增长的抑制作用。而在将海洋碳汇纳入经济系统后,中长期内绿色技术创新对碳减排和经济增长均呈正向效用,也无2030年的前后变化差异。但是需要注意的是,无论是否考虑海洋碳汇因素,在绿色技术迭代之初,会因为成本、人才等问题影响经济增长。二是,在不包含海洋碳汇的情况下,征收碳税会长期抑制经济增长与居民消费,不利于我国国民经济的发展。而在将海洋碳汇纳入经济系统后,政府征收碳税对经济增长、居民消费的负向影响不仅会明显减弱,而且在初期还会刺激经济增长与居民消费。由此可见,无论是否考虑海洋碳汇,绿色技术创新均会产生一定的生态效应。但随着碳排放强度的降低,在不考虑海洋碳汇的情况下,绿色技术创新对经济增长的刺激作用越来越小;而征收碳税虽然能够明显提升环境质量,但对经济增长的抑制作用也非常显著。因此,仅从源头进行碳减排,虽然有利于“双碳”目标的实现,但势必是以牺牲经济增长为代价的。而海洋碳汇可同时作用于“源”与“汇”,不仅能够改善环境质量实现“双碳”目标,还能促进经济增长,增强经济发展与碳排放的脱钩能力。因此必须大力发展海洋碳汇经济,最大化海洋碳汇的双重效应,助力实现“双碳”目标。基于此,提出以下几点关于海洋碳汇经济发展的可行性路径:

第一,继续加强绿色技术创新与应用,调整能源消费结构,为海洋碳汇发展争取时间。限于海洋碳汇的规模与效应延时性,在碳排放强度较高时,企业更加愿意选择具有即时效应的绿色技术,而当碳排放强度“硬着陆”后,技术“减排”发挥的作用将逐渐减小,“增汇”作用会逐渐显现。因此,在2021-2030年间,应继续通过加大新能源汽车的推广、鼓励企业进行技术设备的更新等方式加强绿色技术的创新与应用,辅以降低化石能源的能耗等传统减排方式进行减排,在争取早日实现碳达峰目标的同时为海洋碳汇的发展争取时间,进而为实现碳中和目标作充分准备。

第二,积极研究并出台碳税相关法律法规,完善海洋碳汇相关财政税收体制机制。碳税作为碳减排中最有效的手段之一,其作用体现在减少碳排放量、增加财政收入、提升环境质量三方面,但征收碳税对经济增长的抑制作用也是最为显著的,而海洋碳汇的双重效应能够有效缓解这种抑制影响。由于不同行业碳排放规模不同、不同地区经济发展水平也不尽相同,若实行全国统一的碳税定价,无疑会加剧不平衡发展。因此,应当制定海洋碳汇与碳税相结合的税收制度,并考虑分阶段、分地区、分行业征收碳税,这样既能降低碳排放强度又能有效缓解碳税产生的经济负向影响。

第三,尽快制定海洋碳汇价值核算统一标准,积极推进海洋碳汇市场化运作。目前关于海洋碳汇

核算的方法较多、误差较大,不利于海洋碳汇经济价值的转化,也为海洋碳汇纳入碳交易市场设置了巨大障碍。因此非常有必要制定统一的海洋碳汇价值核算标准,将海洋碳汇生态价值转换为经济价值,刺激更多的资本进入海洋碳汇领域,助力海洋碳汇经济发展。

第四,提高以渔业碳汇为主的海洋碳汇固碳能力,提升海洋碳汇生态价值。一方面应以海洋碳汇渔业养殖为基础,建设示范性海洋牧场,扩大海洋碳汇渔业养殖总面积,并通过创新海洋碳汇渔业养殖技术、海洋碳汇固碳储碳技术,提升单位面积固碳储碳量;另一方面,应提升沿海海洋生态环境保护能力,避免珊瑚、海藻、红树林等天然海洋碳汇遭破坏。在推进海洋生态文明建设的同时,提升海洋碳汇渔业的固碳量,提升海洋碳汇的生态价值。

第五,延伸海洋碳汇产业链,大力发展海洋碳汇经济,加大海洋碳汇产业政策扶持力度。海洋碳汇的经济价值主要体现在两个方面:一是由海洋碳汇生态功能带来的碳减排效应,可为以“碳源”为主要减排路径的经济主体提供一定的发展空间,进而创造一定的经济增长能力;二是以海洋碳汇渔业为主的海洋碳汇产业,可通过产业链的延伸,带动沿海旅游业、海洋碳汇交易市场、海洋食品加工业、海洋生物制造业等上下游相关产业的协调发展,进而提升海洋碳汇产业链的经济价值。因此,要确保海洋碳汇经济价值的有效实现,必须逐步完善海洋碳汇及相关产业的市场化发展机制,延伸海洋碳汇产业链,提升海洋碳汇产业链附加值。注重对海洋碳汇产业的政策扶持,构建海洋碳汇制度创新体系。按照产业生命周期理论,在海洋碳汇经济效应和生态效应尚不明显的初创期,海洋碳汇的发展仍需以国有经济为主体,有效发挥政府的宏观调控作用。要以政府为主导,在资金、技术研发、金融市场、生态补偿等方面进行合理规划,进而形成规范的海洋碳汇市场,扶持海洋碳汇相关产业的发展,扩大海洋碳汇经济的规模。

---

## Marine Carbon Sink, Carbon Tax, and Green Technology: A Research on Combination Strategy to Achieve “Double Carbon” Goals

Cheng Na    Chen Cheng

(School of Marxism, Shanghai University, Shanghai 200444, P.R.China)

**Abstract:** With the “double carbon” goals put forward in China, how to achieve carbon emission reduction while ensuring high-quality economic development has gradually become the toughest task in the overall layout of ecological civilization construction. It is found that marine carbon sink, as the largest carbon sink on the earth, has both ecological and economic effects by constructing a multi-sectoral DSGE model including marine carbon sink, green technology and carbon tax. Furthermore, it has a dynamic impact on the realization of the “double carbon” goals and economic growth. Green technology has an obvious effect on the reducing carbon emission intensity during 2021-2030. After 2030, the stimulate on economy of green technology less than the slowdown caused by the reduction of carbon emission intensity. Carbon tax is an effective means to reduce carbon emission intensity and improve environmental quality, but it will have a negative effect on economic growth. After the peak of carbon emission in 2030, marine carbon sink will reverse the negative impact of green technology and carbon tax on economic growth and play a more important role in achieving the dual goals of reducing carbon emission intensity and economic growth.

**Keywords:** Marine carbon sink; Carbon neutrality; Carbon peak; DSGE model

[责任编辑:纪小乐]