

中国绿色增长政策执行阻滞博弈模型研究

周英男, 黄赛, 杨丹

(大连理工大学 经济管理学院, 辽宁 大连 116024)

摘要:中国绿色增长政策在执行过程中受到多方利益群体影响。本研究综合考虑环境税率、消费者绿色度支付系数和企业污染治理率等因素,建立政策社群、府际网络和生产者网络绿色增长政策执行阻滞优化决策及博弈模型,并通过数值仿真模拟参数变化。结果表明:环境税率需要控制在合理范围内,高税率将会增加来自生产者网络的政策执行阻滞;消费者绿色度支付系数能够有效降低政策执行阻滞;企业污染治理率提高将会增加政策社群和府际网络的政策执行阻滞。各级行动者可以通过调整环境税率、消费者绿色度支付系数和企业污染治理率,使得绿色增长政策执行过程趋于最优。

关键词:绿色增长政策;执行阻滞;博弈模型

中图分类号:F205 **文章标识码:**A **文章编号:**1007-3221(2022)12-0001-08 **doi:**10.12005/orms.2022.0380

Game Model of Green Growth Policy Implementation Block in China

ZHOU Ying-nan, HUANG Sai, YANG Dan

(School of Economics and Management, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: The green growth policy in China is affected by multi-stakeholder groups in the process of implementation. Considering environmental tax rate, consumer green degree payment coefficient and corporate pollution control rate, this paper establishes optimal decisions and game model of policy community, government network and producer network green growth policy implementation and builds a numerical simulation. The results show the environmental tax rate needs to be controlled within a reasonable range. The high tax rate will increase from the producer network policy implementation block. And consumer green degree of payment coefficient can effectively reduce the policy implementation block. Enterprise pollution control rate will increase the policy Community and intergovernmental network policy implementation block. Policy makers can adjust the environmental tax rate, consumer green degree of payment coefficient and corporate pollution control rate, so as to make the green growth policy implementation process tend to be optimal.

Key words: green growth policy; executive block; game mode

0 引言

改革开放以来,依靠高污染、高能耗、高排放的传统模式实现了中国经济的飞速发展,但引发的环境污染和生态破坏愈发严峻,绿色增长逐渐成为经济发展新模式。相关研究在国内尚处于起步阶段,理论界对于绿色增长政策的研究也处于探索期,有观点认为,我国现有的与可持续发展战略相关的政

策属于绿色增长政策外延。环境问题仍然没有得到根本解决,主要原因在于中央政府、地方政府和企业之间的利益博弈使得政策执行效果与政策初衷相背离,解决绿色增长政策执行问题尤为重要。

OECD在2011年《迈向绿色增长》报告中对绿色增长定义为“绿色增长系指在确保自然资源能够继续为人类幸福提供各种资源和环境服务的同时,促进经济增长和发展”^[1]。Lyytimäki^[2]从资源效率和经济增长方式角度出发,指出绿色增长是向

收稿日期:2017-08-18

基金项目:国家自然科学基金重大国际(地区)合作研究项目(71320107006);国家社科基金后期资助项目(21FGLB094);辽宁省哲学社会科学规划基金项目重点项目(L21AGL005)

作者简介:周英男(1973-),女,吉林通化人,副教授,博士,研究方向:制度法学,绿色增长政策;黄赛(1993-),男,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向:绿色增长政策;杨丹(1991-),女,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,研究方向:绿色增长政策。

低碳和资源高效社会过渡的过程,同时实现经济发展和保障生态系统的功能,以增进人类福祉和社会平等。绿色增长将成为现阶段势在必行的经济增长形式,而绿色增长政策的制定和执行是确保经济能够从以往的灰色甚至黑色增长顺利转型为绿色增长的关键。周英男^[3]构建了中国绿色增长政策指标体系,并以新环保法评估验证了模型的有效性。Stoknes^[4]通过考量资源生产率和碳生产率,评估了北欧国家绿色增长政策的执行效果。Šneiderienė^[5]根据国际组织绿色生长测量框架,构建了评价发展中和发达国家绿色增长政策的指标体系。

绿色增长政策执行阻滞的产生本质上是利益与权力的集合,即行动者的利益变化产生阻滞动机。韩晓慧^[6]指出环境政策在执行中面临执政体制不健全、市场调节手段不完善、科技支撑力不足等多种现实困境,从而导致政策执行过程不顺畅乃至停止不前,政策阻滞的难题。余晓芳等^[7]基于政策执行中的体系演变,指出政策执行阻滞多来自于政府和社会阻滞的合作困境。在绿色增长政策网络^[8]中,基于罗茨模型^[9]对政策网络进行分类研究,本研究将各行动者分为三类:包含全国人大、国务院、人民法院等的政策社群,包含地方各级政府的府际网络及企业的生产者网络。

公共政策执行本质上是利益相关者各自策略博弈的结果,策略选择决定了政策效果。Du等^[10]基于报童模型分析了排放依赖型供应链双方的博弈过程。杨仕辉^[11]通过博弈论探究了政府碳排放配额政策与企业碳减排水平选择的最优解。张倩等^[21]通过博弈模型研究了政府不同环境规制政策与重污染企业环境绩效与经济绩效偏好选择的演化稳定策略。秦立公等^[13]在碳限额和碳交易机制下,探讨了由供应商、制造商与零售商组成的供应链联合动态减排问题。李凤荣等^[14]在碳达峰碳中和政策约束背景下,基于碳税制度探究政府和企业作为利益双方的博弈策略选择问题。潘峰等^[15]针对我国环境规制政策的执行过程,运用演化博弈理论探讨了地方政府、排污企业以及中央政府的决策机制。石莹等^[16]在节能减排政策背景下,通过建立耦合模型分析了有无碳排放目标的中国能源成本和技术的演化趋势。徐春秋等^[17]通过研究低碳宣传背景下的零售商和制造商的博弈模型,探究了供应链上下游降低环保阻滞策略。王亚茹等^[18]从国际视角出发,指出碳中和已陷入国际博弈漩涡,中国应坚持正和博弈原则,坚持绿色发展理念,实

施全球治理的公平正义。

学术界虽较少关注绿色增长政策执行阻滞,但是很多相关研究有助于本研究分析,例如Válek^[19]明确肯定了环境税是应对气候威胁和生态系统污染的政策工具之一,欧盟共同体通过协调税收机制的方式实现了环境目标。李维明等^[20]通过比较中国在全球绿色增长中的相对进程,肯定了相关税费工具对实现环境目标的重要作用。我国政府拟落实绿色增长政策的主要手段之一就是征收环境税。陈真玲^[21]指出环境税率需与政府监管并举才能实现企业减排目标。另有文献指出企业通过提高污染治理率可以降低排污费成本,比污染企业能够实现更高的销售增长率^[22];消费者绿色消费意愿越高,企业绿色技术偏好越强^[23]。可推断企业的绿色增长政策执行阻滞降低,进而影响政府执行政策效果。由此得到推论:影响绿色增长政策执行阻滞的主要变量有环境税率、消费者绿色度支付系数和企业污染治理率。

通过对现有文献梳理可以看出,学者们对绿色增长政策执行阻滞的研究较少,并且多集中于定性研究。然而,能够科学的量化政策执行阻滞大小不论是对政策前的执行难度判断,还是对政策后的政策效果评估都有十分重要的意义。鉴于此,本研究对绿色增长政策网络中各行动者产生的执行阻滞进行量化,构建绿色增长政策执行博弈模型及优化决策,通过模型解析及数值仿真分析绿色增长政策网络中,三类行动者执行阻滞受环境税率、消费者绿色度支付系数和企业污染治理率等变量影响的方向及大小,并提供相关建议。

1 模型构建

1.1 问题描述与模型假设

本研究考虑双寡头垄断市场,假设某地长期仅有2家企业生产生活必需品,企业1生产普通产品(无治理污染行为),企业2生产绿色产品(有治理污染行为),两企业单位产品生产成本分别为 c_1 和 c_2 ,两企业产品除绿色度不同以外无差别。消费者进行购买决策仅依据自身偏好,设市场容量为 N ,绿色增长政策前市场容量为 N' 。短期内企业2治理污染的总成本 $D = \delta\omega_2 + D_0$, D_0 为固定成本, δ 为治理一单位污染物的变动成本, ω_2 为企业2的污染物排放量。假设一单位产品产生的污染物的量为 e , η 为污染治理率,则企业2的污染物排放量为 $\omega_2 = \eta eq_2$,其中 q_2 为企业2的产量。企业2产品绿

色度为 θ_2 , 提升绿色度时单位产品成本降低系数为 α 。设 θ 为消费者希望购买到的产品的绿色度, 且 θ 在区间 $[\bar{\theta}, \underline{\theta}]$ 服从均匀分布。消费者绿色支付系数为 k , 当 $p_1 + k(\theta - \underline{\theta}) = p_2$ 时, 存在临界偏好绿色度 $\theta^* = (p_2 - p_1)/k + \underline{\theta}$ 。

采用线性损害函数表示污染物造成的损害 $L = \gamma\omega - L_0$, 其中, L_0 是环境自我同化能力, ω 为两企业污染物总排放量, γ 为每排放一单位污染物对环境造成的损害。设环境税率 t , 不考虑中央和地方分税制的问题, 则中央政府征收的环境费 $R = t\omega$ 。

1.2 模型建立

将政策执行阻滞指数定义为各个网络行动者

$$\begin{cases} \pi_1 = (p_1 - c_1) \times q_1 - eq_1 t \\ \pi_2 = [p_2 - c_2 + \alpha(\theta_2 - \underline{\theta})] \times q_2 - (\delta\eta eq_2 + D_0) - (1 - \eta)eq_2 t \end{cases} \quad (3)$$

2 模型求解与分析

采用逆序归纳法, 从第三阶段出发逐阶段寻求各阶段最优策略。

2.1 第三阶段求解

只有当企业 2 实现最大利润, 才能推动绿色增长政策有效实施。即

$$\begin{cases} p_1 = \frac{1}{3} [k(\bar{\theta} - \underline{\theta}) + 2c_1 + c_2 + \delta\eta e + (3 - \eta)et - \alpha(\theta_2 - \underline{\theta})] \\ p_2 = \frac{1}{3} [2k(\bar{\theta} - \underline{\theta}) + c_1 + 2c_2 + 2\delta\eta e + (3 - 2\eta)et - 2\alpha(\theta_2 - \underline{\theta})] \end{cases} \quad (6)$$

未实行绿色增长政策前两企业的产量分别为 q_1' 和 q_2' , 总供给为 N' , 市场出清价格 $P(N') = a - N'$ 。均衡状态下销量相等, 利润和 $\pi'_{\text{总}} = a - N' - c_1 q_1' - c_2 q_2'$ 。

为调节绿色增长政策前后市场规模相同, 引入市场规模调节系数 $m = N'/N$, 生产者网络绿色增长政策执行阻滞为:

$$O_{\text{企业}} = (1 - m \frac{\pi_1 + \pi_2}{\pi'_{\text{总}}}) \times 100 \quad (7)$$

(1) 政策执行阻滞与环境税率

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_{\text{企业}}}{\partial t} &= -\frac{100m}{\pi'_{\text{总}}} \times (\frac{\partial \pi_1}{\partial t} + \frac{\partial \pi_2}{\partial t}) \\ &= \frac{200m\eta e}{\pi'_{\text{总}}} \times [\frac{1}{9} + \frac{2\eta et}{3k(\bar{\theta} - \underline{\theta})}] > 0 \end{aligned} \quad (8)$$

随着税率增加, 来自生产者网络的政策执行阻滞增大。说明企业强烈反对征收环境税, 环境税影响企业生产积极性。

(2) 政策执行阻滞与绿色度支付系数

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_{\text{企业}}}{\partial k} &= -\frac{100m}{\pi'_{\text{总}}} \times (\frac{\partial \pi_1}{\partial k} + \frac{\partial \pi_2}{\partial k}) \\ &= -\frac{100m}{\pi'_{\text{总}}} \times [\frac{5(\bar{\theta} - \underline{\theta})}{9} - \frac{2M^2}{9k^2(\bar{\theta} - \underline{\theta})}] \end{aligned} \quad (9)$$

所追逐的利益在如政策执行前后的利益变化率。若用 O 代表政策执行阻滞, B 代表阻滞产生行动者的利益诉求, 那么:

$$O = \begin{cases} (1 - B_{\text{后}}/B_{\text{前}}) \times 100, & B_{\text{前}} > 0 \\ -(1 - B_{\text{后}}/B_{\text{前}}) \times 100, & B_{\text{前}} < 0 \end{cases} \quad (1)$$

设市场容量 N 为 1, 普通产品的市场需求量 q_1 和绿色产品的市场需求量 q_2 , 则:

$$\begin{cases} q_2 = 1 - \frac{p_2 - p_1}{k(\bar{\theta} - \underline{\theta})} \\ q_1 = 1 - q_2 = \frac{p_2 - p_1}{k(\bar{\theta} - \underline{\theta})} \end{cases} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial q_2} = 0 \quad (4)$$

联立式(2)(3)(4)解得最优产量:

$$\begin{cases} q_1 = \frac{1}{3} + \frac{c_2 - c_1 + \delta\eta e - \eta et - \alpha(\theta_2 - \underline{\theta})}{3k(\bar{\theta} - \underline{\theta})} \\ q_2 = \frac{2}{3} - \frac{c_2 - c_1 + \delta\eta e - \eta et - \alpha(\theta_2 - \underline{\theta})}{3k(\bar{\theta} - \underline{\theta})} \end{cases} \quad (5)$$

博弈均衡时各产品价格分别是:

其中 $M = c_2 - c_1 + \delta\eta e - \eta et - \alpha(\theta_2 - \underline{\theta})$, 令

$$\frac{\partial O_{\text{企业}}}{\partial k} = 0, \text{ 得 } k_0 = \pm \frac{\sqrt{2|M|}}{\sqrt{5(\bar{\theta} - \underline{\theta})}}。 \text{ 根据上式可知,}$$

当 $k \in (0, k_0)$ 时, 绿色增长政策执行阻滞随消费者绿色度支付系数的增加而增大; 当 $k \in (k_0, +\infty)$ 时, 来自生产者网络的政策执行阻滞减小。可能是因为消费者绿色支付意愿较低时, 其对政策执行的影响较小, 当消费者具有较高的绿色意愿时, 生产者将主动遵守绿色增长政策。

(3) 政策执行阻滞与企业 2 污染治理率

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_{\text{企业}}}{\partial \eta} &= -\frac{100m}{\pi'_{\text{总}}} \times (\frac{\partial \pi_1}{\partial \eta} + \frac{\partial \pi_2}{\partial \eta}) \\ &= -\frac{200me(\delta - t)}{9\pi'_{\text{总}}} [\frac{2M}{k(\bar{\theta} - \underline{\theta}) - 1}] \end{aligned} \quad (10)$$

将借助借助数值仿真进行描述。

2.2 第二阶段求解

府际网络主要利益诉求是地方利益最大化, 经过市场规模调节系数 m 调整后为, 得府际网络绿色增长政策执行阻滞为:

$$O_{\text{地方}} = (1 - m \frac{A_{\text{后}}}{A_{\text{前}}}) \times 100 \quad (11)$$

地方利益 $A = GDP_{\text{地方}} + R_{\text{地方}}$, $GDP_{\text{地方}} = p_1 q_1 + p_2 q_2$, $R_{\text{地方}} = t' \pi_{\text{总}}$, t' 为地方政府对企业征税的综合比率, 因而 $A_{\text{前}} = a - N' + t' \pi_{\text{总}}$, $A_{\text{后}} = p_1 q_1 + p_2 q_2 + t'(\pi_1 + \pi_2)$ 。最优决策由生产者网络决定。

(1) 政策执行阻滞与环境税率

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_{\text{地方}}}{\partial t} &= -\frac{100}{A_{\text{前}}} \times \left(\frac{\partial GDP_{\text{后}}}{\partial t} + t' \frac{\partial \pi_1}{\partial t} + t' \frac{\partial \pi_2}{\partial t} \right) \\ &= \frac{100m}{A_{\text{前}}} \times \left\{ \eta e \left[\frac{8+2t'}{9} - \frac{2\eta e t (1-2t')}{3k(\bar{\theta}-\underline{\theta})} \right] - e \right\} \quad (12) \end{aligned}$$

令 $\frac{\partial O_{\text{地方}}}{\partial t} = 0$, 得到 $t_0 = \frac{3k(\bar{\theta}-\underline{\theta})}{2\eta e(1-2t')} \times \left(\frac{8+2t'}{9} - \frac{1}{\eta} \right)$, 对税率 t 二阶求导 $\frac{\partial^2 O_{\text{地方}}}{\partial t^2} = -\frac{100m}{A_{\text{前}}} \times \frac{2\eta e(1-2t')}{3k(\bar{\theta}-\underline{\theta})} < 0$ 。因现实中 t' 不会达到 50% 的高

税负, $t_0 = 0$ 时, $\eta = \frac{9}{8+2t'}$ 。下面进行分类讨论:

当 $t_0 > 0$ 即 $\eta < \frac{9}{8+2t'}$ 时, 在 $(0, t_0)$ 上 $\frac{\partial O_{\text{地方}}}{\partial t} > 0$, (t_0, ∞) 上 $\frac{\partial O_{\text{地方}}}{\partial t} < 0$, 即随着税率 t 增加, 来自府际网络的政策执行阻滞先增大后减小; 当 $t_0 \leq 0$ 即 $\eta \geq \frac{9}{8+2t'}$ 时, 在 $(0, \infty)$ 上 $\frac{\partial O_{\text{地方}}}{\partial t} < 0$, 即随着税率 t 增加, 来自府际网络的政策执行阻滞一直在减小。

(2) 政策执行阻滞与绿色支付系数

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_{\text{地方}}}{\partial k} &= -\frac{100}{A_{\text{前}}} \times \left(\frac{\partial GDP_{\text{后}}}{\partial k} + t' \frac{\partial \pi_1}{\partial k} + t' \frac{\partial \pi_2}{\partial k} \right) \\ &= -\frac{100m}{A_{\text{前}}} \times \left[\frac{5(1+t')(\bar{\theta}-\underline{\theta})}{9} + \frac{(1-2t')M^2}{9k^2(\bar{\theta}-\underline{\theta})} \right] \quad (13) \end{aligned}$$

因现实中 t' 不会达到 50%, 故 $\frac{\partial O_{\text{地方}}}{\partial k} < 0$ 恒成立, 随着消费者绿色支付系数增加, 府际网络的绿色增长政策执行阻力减小。

(3) 政策执行阻滞与企业 2 的污染治理率

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_{\text{地方}}}{\partial \eta} &= -\frac{100}{A_{\text{前}}} \times \left(\frac{\partial GDP_{\text{后}}}{\partial \eta} + t' \frac{\partial \pi_1}{\partial \eta} + t' \frac{\partial \pi_2}{\partial \eta} \right) \\ &= -\frac{100m}{A_{\text{前}}} \times \frac{2e(\delta-t)}{9} \left[2-t' - \frac{(2t'-1)M}{k(\bar{\theta}-\underline{\theta})} \right] \quad (14) \end{aligned}$$

2.3 第一阶段求解

政策社群主要利益诉求是社会福利最大化, 经过调节系数 m 调整后为:

$$O_{\text{中央}} = (1 - m \frac{W_{\text{后}}}{W_{\text{前}}}) \times 100 \quad (15)$$

社会福利 $W = \pi + U + R - L$, L 为环境损害。可将市场出清时价格 $P(N')$ 作为绿色增长政策前的需求函数计算消费者剩余, 即 $U_{\text{前}} = \frac{1}{N'} \int_0^{N'} (a - N') dN' = a - \frac{N'}{2}$ 。在实施绿色增长政策后, 消费者

剩余 $U_{\text{后}} = U_1 + U_2 = \frac{k(\bar{\theta}-\underline{\theta})}{2} - p_2 + \frac{(p_2-p_1)^2}{k(\bar{\theta}-\underline{\theta})}$ 。本研究只考虑环境税形式的税收, $R_{\text{前}} = 0$, $R_{\text{后}} = teq_1 + t(1-\eta)eq_2$ 。因此, 政策社群的最优决策由生产者网络决定。

(1) 政策执行阻滞与环境税率

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_{\text{中央}}}{\partial t} &= -\frac{100m}{W_{\text{前}}} \left(\frac{\partial \pi_1}{\partial t} + \frac{\partial \pi_2}{\partial t} + \frac{\partial U_{\text{后}}}{\partial t} + \frac{\partial R_{\text{后}}}{\partial t} - \frac{\partial L_{\text{后}}}{\partial t} \right) \\ &= -\frac{100m\eta e}{W_{\text{前}}} \left[\left(\frac{2}{9} - q_2 \right) + \frac{(9\gamma - 2\delta - t)\eta e + 2(c_1 - c_2) + 4(\underline{\theta}_2 - \underline{\theta})}{9k(\bar{\theta}-\underline{\theta})} \right] \quad (16) \end{aligned}$$

(2) 政策执行阻滞与绿色支付系数

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_{\text{中央}}}{\partial k} &= -\frac{100m}{W_{\text{前}}} \left(\frac{\partial \pi_1}{\partial k} + \frac{\partial \pi_2}{\partial k} + \frac{\partial U_{\text{后}}}{\partial k} + \frac{\partial R_{\text{后}}}{\partial k} - \frac{\partial L_{\text{后}}}{\partial k} \right) \\ &= -\frac{100m}{W_{\text{前}}} \left\{ \frac{19(\bar{\theta}-\underline{\theta})}{18} - \frac{(2M+3\gamma\eta e+3\eta e t+3)M}{9k^2(\bar{\theta}-\underline{\theta})} + \frac{2[k(\bar{\theta}-\underline{\theta})+M]}{9k} - \frac{[k(\bar{\theta}-\underline{\theta})+M]^2}{k^2(\bar{\theta}-\underline{\theta})} \right\} \quad (17) \end{aligned}$$

(3) 政策执行阻滞与企业 2 污染治理率

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_{\text{中央}}}{\partial \eta} &= -\frac{100m}{W_{\text{前}}} \left(\frac{\partial \pi_1}{\partial \eta} + \frac{\partial \pi_2}{\partial \eta} + \frac{\partial U_{\text{后}}}{\partial \eta} + \frac{\partial R_{\text{后}}}{\partial \eta} - \frac{\partial L_{\text{后}}}{\partial \eta} \right) \\ &= -\frac{100m}{W_{\text{前}}} \left\{ \frac{2e(\delta-t)}{9} \left[\frac{7M}{3k(\bar{\theta}-\underline{\theta})} - \frac{5}{3} \right] + \frac{e^2\eta(\delta-t)(t+\gamma)}{3k(\bar{\theta}-\underline{\theta})} \right\} \quad (18) \end{aligned}$$

3 数值仿真

使用 Matlab 2014a 对公式求近似解, 模拟相关因素对绿色增长执行阻滞的影响。

3.1 环境税率变化影响分析

假设税率 t 的取值范围为 $t \in [10, 50]$, 其他参数赋值如表 1 所示。

表 1 参数赋值

变量	赋值	变量	赋值
c_1	5	η	30%
c_2	7	e	0.1
$\bar{\theta}$	1	D_0	0.5
$\underline{\theta}$	7	a	15
θ_2	5	N'	0.9
α	0.05	γ	20
k	2	L_0	0.01
δ	20		

(1)生产者网络分析

生产者网络部分输出结果如表 2 所示。

表 2 对环境税率 t 的数值分析

t	p_1	p_2	q_1	q_2	π_1	π_2	$\pi_1 + \pi_2$	$O_{\text{企业}}$	ξ
10	10. 7000	15. 4000	0. 3917	0. 6083	1. 8408	3. 9408	5. 7817	4. 1599	81. 75 %
15	11. 1500	15. 8000	0. 4125	0. 5875	1. 9181	3. 8181	5. 7363	4. 2058	82. 38 %
20	11. 6000	16. 2000	0. 4167	0. 5833	1. 9167	3. 8167	5. 7333	4. 2088	82. 50 %
25	12. 0500	16. 6000	0. 4208	0. 5792	1. 9148	3. 8148	5. 7296	4. 2125	82. 63 %
30	12. 5000	17. 0000	0. 4250	0. 5750	1. 9125	3. 8125	5. 7250	4. 2172	82. 75 %
35	12. 9500	17. 4000	0. 4292	0. 5708	1. 9098	3. 8098	5. 7196	4. 2226	82. 88 %
40	13. 4000	17. 8000	0. 4333	0. 5667	1. 9067	3. 8067	5. 7133	4. 2290	83. 00 %
45	13. 8500	18. 2000	0. 4375	0. 5625	1. 9031	3. 8031	5. 7063	4. 2361	83. 13 %
50	14. 3000	18. 6000	0. 4417	0. 5583	1. 8992	3. 7992	5. 6983	4. 2441	83. 25 %

ξ 为行业污染排放率。随着税率上升,行业利润下降,政策执行阻滞增加。可见提高税率会引发企业的抵制。

(2)府际网络分析

表 3 对环境税率 t 的数值分析

t	$A_{\text{前}}$	$A_{\text{后}}$	$O_{\text{地方}}$
10	14. 1250	15. 0046	13. 0869
15	14. 1250	15. 3159	11. 2834
20	14. 1250	15. 7167	8. 9622
25	14. 1250	16. 1176	6. 6398
30	14. 1250	16. 5188	4. 3162
35	14. 1250	16. 9201	1. 9914
40	14. 1250	17. 3217	-0. 3347
45	14. 1250	17. 7234	-2. 6619
50	14. 1250	18. 1254	-4. 9903

仿真输出结果如表 3 所示。随着税率上升,地方 GDP 和财政收入总和升高,地方利益变大,政策执行阻滞下降。当税率升至 40 时,地方政府对绿色增长政策起推动作用,且随着税率上升,推动效应增强。

(3)政策社群分析

政策社群部分输出结果如表 4 所示。随着利率上升,消费者剩余 $U_{\text{后}}$ 、税收 $R_{\text{后}}$ 和社会福利 $W_{\text{后}}$ 增加,中央政策执行阻滞下降,直至税率为 30 时,政策社群起推动作用且逐渐增强,但环境损害也呈上升趋势。即税率总体能够降低政策执行阻力,却对环境保护发挥较小甚至相反的作用。

表 4 对环境税率 t 的数值分析

t	$U_{\text{前}}$	$L_{\text{前}}$	$W_{\text{前}}$	$U_{\text{后}}$	$R_{\text{后}}$	$L_{\text{后}}$	$W_{\text{后}}$	$O_{\text{中央}}$
10	14. 5500	1. 9900	20. 6600	17. 2408	0. 8175	1. 6250	22. 2150	12. 0237
15	14. 5500	1. 9900	20. 6600	17. 6019	1. 2356	1. 6375	22. 9363	9. 1674
20	14. 5500	1. 9900	20. 6600	17. 9633	1. 6500	1. 6400	23. 7067	6. 1163
25	14. 5500	1. 9900	20. 6600	18. 3252	2. 0656	1. 6425	24. 4779	3. 0620
30	14. 5500	1. 9900	20. 6600	18. 6875	2. 4825	1. 6450	25. 2500	0. 0044
35	14. 5500	1. 9900	20. 6600	19. 0502	2. 9006	1. 6475	26. 0229	-3. 0565
40	14. 5500	1. 9900	20. 6600	19. 4133	3. 3200	1. 6500	26. 7967	-6. 1207
45	14. 5500	1. 9900	20. 6600	19. 7769	3. 7406	1. 6525	27. 5713	-9. 1883
50	14. 5500	1. 9900	20. 6600	20. 1408	4. 1625	1. 6550	28. 3467	-12. 2591

表 5 对消费者绿色支付系数 k 的数值分析

k	p_1	p_2	q_1	q_2	π_1	π_2	$\pi_1 + \pi_2$	$O_{\text{企业}}$	ξ
1	10. 0500	12. 6000	0. 4250	0. 5750	1. 0838	1. 4838	2. 5675	7. 4066	82. 75 %
1. 5	11. 0500	14. 6000	0. 3944	0. 6056	1. 4003	2. 8003	4. 2006	5. 7570	81. 83 %
2	12. 0500	16. 6000	0. 3792	0. 6208	1. 7252	4. 1252	5. 8504	4. 0905	81. 38 %
2. 5	13. 0500	18. 6000	0. 3700	0. 6300	2. 0535	5. 4535	7. 5070	2. 4172	81. 10 %
3	14. 0500	20. 6000	0. 3639	0. 6361	2. 3835	6. 7835	9. 1669	0. 7405	80. 92 %
3. 5	15. 0500	22. 6000	0. 3595	0. 6405	2. 7144	8. 1144	10. 8288	-0. 9382	80. 79 %
4	16. 0500	24. 6000	0. 3563	0. 6438	3. 0459	9. 4459	12. 4919	-2. 6181	80. 69 %
4. 5	17. 0500	26. 6000	0. 3537	0. 6463	3. 3779	10. 7779	14. 1557	-4. 2987	80. 61 %
5	18. 0500	28. 6000	0. 3517	0. 6483	3. 7101	12. 1101	15. 8202	-5. 9800	80. 55 %

3.2 消费者绿色度支付系数 k 影响分析

假设 $t = 25, k \in [1, 5]$, 其他参数不变。

(1) 生产者网络分析

仿真输出结果如表 5 所示。随着消费者绿色度支付系数上升, 行业利润上升, 生产者网络政策执行阻滞减弱。生产者网络会迎合消费绿色需求, 主动进行绿色生产, 降低绿色增长政策的执行阻力。

(2) 府际网络分析

仿真输出结果如表 6 所示。随着消费者绿色度支付系数的上升, 政策执行阻滞下降。消费者支付意愿较低时, 政策执行阻力较大; 消费者有绿色支付意愿较高时, 地方政府对绿色增长政策执行起推动作用。

(3) 政策社群分析

由表 7 可知, 随着绿色度支付系数上升, 消费

者剩余和社会福利提高, 环境税收和环境损减少, 政策社群政策执行阻滞减小直至起推动作用。

表 6 对消费者绿色支付系数 k 的数值分析

k	$A_{前}$	$A_{后}$	$O_{地方}$
1	14. 1250	12. 1581	29. 5748
1. 5	14. 1250	14. 2499	17. 4586
2	14. 1250	16. 3374	5. 3667
2. 5	14. 1250	18. 4233	- 6. 7155
3	14. 1250	20. 5083	- 18. 7928
3. 5	14. 1250	22. 5928	- 30. 8674
4	14. 1250	24. 6770	- 42. 9402
4. 5	14. 1250	26. 7611	- 55. 0118
5	14. 1250	28. 8450	- 67. 0826

表 7 对消费者绿色支付系数 k 的数值分析

k	$U_{前}$	$L_{前}$	$W_{前}$	$U_{后}$	$R_{后}$	$L_{后}$	$W_{后}$	$O_{中央}$
1	14. 5500	1. 9900	20. 6600	13. 6838	2. 0688	1. 6450	16. 6750	33. 9633
1. 5	14. 5500	1. 9900	20. 6600	16. 0003	2. 0458	1. 6267	20. 6200	18. 3402
2	14. 5500	1. 9900	20. 6600	18. 3252	2. 0344	1. 6175	24. 5925	2. 6082
2. 5	14. 5500	1. 9900	20. 6600	20. 6535	2. 0275	1. 6120	28. 5760	- 13. 1673
3	14. 5500	1. 9900	20. 6600	22. 9835	2. 0229	1. 6083	32. 5650	- 28. 9646
3. 5	14. 5500	1. 9900	20. 6600	25. 3144	2. 0196	1. 6057	36. 5571	- 44. 7744
4	14. 5500	1. 9900	20. 6600	27. 6459	2. 0172	1. 6038	40. 5513	- 60. 5919
4. 5	14. 5500	1. 9900	20. 6600	29. 9779	2. 0153	1. 6022	44. 5467	- 76. 4147
5	14. 5500	1. 9900	20. 6600	32. 3101	2. 0138	1. 6010	48. 5430	- 92. 2410

3.3 污染治理率 η 变化影响分析

假设 $t = 25, \eta \in [10\%, 100\%]$, 其他参数赋值不变。

(1) 生产者网络分析

由表 8 可知, 随着企业 2 污染治理率上升, 行业利润上升, 行业排放率下降, 生产者网络的政策执行阻滞减弱。

表 8 对企业 2 的污染治理率 η 的数值分析

η	P_1	P_2	q_1	q_2	π_1	π_2	$\pi_1 + \pi_2$	$O_{企业}$	ξ
10%	12. 0833	16. 6667	0. 3819	0. 6181	1. 7506	4. 0839	5. 8345	4. 1066	93. 82%
20%	12. 0667	16. 6333	0. 3806	0. 6194	1. 7379	4. 1045	5. 8424	4. 0986	87. 61%
30%	12. 0500	16. 6000	0. 3792	0. 6208	1. 7252	4. 1252	5. 8504	4. 0905	81. 38%
40%	12. 0333	16. 5667	0. 3778	0. 6222	1. 7126	4. 1459	5. 8585	4. 0823	75. 11%
50%	12. 0167	16. 5333	0. 3764	0. 6236	1. 7000	4. 1667	5. 8667	4. 0740	68. 82%
60%	12. 0000	16. 5000	0. 3750	0. 6250	1. 6875	4. 1875	5. 8750	4. 0657	62. 50%
70%	11. 9833	16. 4667	0. 3736	0. 6264	1. 6750	4. 2084	5. 8834	4. 0572	56. 15%
80%	11. 9667	16. 4333	0. 3722	0. 6278	1. 6626	4. 2293	5. 8919	4. 0486	49. 78%
90%	11. 9500	16. 4000	0. 3708	0. 6292	1. 6502	4. 2502	5. 9004	4. 0400	43. 38%
100%	11. 9333	16. 3667	0. 3694	0. 6306	1. 6379	4. 2712	5. 9091	4. 0312	36. 94%

(2) 府际网络分析

由表 9 可知, 随着企业 2 污染治理率上升, 财政收入增加, 地方利益减少, 政策执行阻滞增加。

(3) 政策社群分析

由表 10 可知, 随着企业 2 污染治理率上升, 消费者剩余、环境税收和环境损失减少, 社会福利下降, 政策执行阻滞增加。

表 9 对企业 2 的污染治理率 η 的数值分析

η	$A_{前}$	$A_{后}$	$O_{地方}$
10%	14. 1250	16. 3747	5. 1505
20%	14. 1250	16. 3561	5. 2585
30%	14. 1250	16. 3374	5. 3667
40%	14. 1250	16. 3187	5. 4749
50%	14. 1250	16. 3000	5. 5833
60%	14. 1250	16. 2813	5. 6919
70%	14. 1250	16. 2625	5. 8005
80%	14. 1250	16. 2437	5. 9094
90%	14. 1250	16. 2249	6. 0183
100%	14. 1250	16. 2061	6. 1274

表 10 对企业 2 的污染治理率 η 的数值分析

η	$U_{前}$	$L_{前}$	$W_{前}$	$U_{后}$	$R_{后}$	$L_{后}$	$W_{后}$	$O_{中央}$
10%	14.5500	1.9900	20.6600	18.4172	2.3455	1.8664	24.7308	2.0604
20%	14.5500	1.9900	20.6600	18.3712	2.1903	1.7422	24.6617	2.3343
30%	14.5500	1.9900	20.6600	18.3252	2.0344	1.6175	24.5925	2.6082
40%	14.5500	1.9900	20.6600	18.2793	1.8778	1.4922	24.5233	2.8822
50%	14.5500	1.9900	20.6600	18.2334	1.7205	1.3664	24.4542	3.1561
60%	14.5500	1.9900	20.6600	18.1875	1.5625	1.2400	24.3850	3.4300
70%	14.5500	1.9900	20.6600	18.1417	1.4038	1.1131	24.3158	3.7039
80%	14.5500	1.9900	20.6600	18.0959	1.2444	0.9856	24.2467	3.9778
90%	14.5500	1.9900	20.6600	18.0502	1.0844	0.8575	24.1775	4.2517
100%	14.5500	1.9900	20.6600	18.0045	0.9236	0.7289	24.1083	4.5257

4 结论

本研究综合考虑了环境税率、消费者绿色度支付系数和企业污染治理率等因素,建立了政策社群、府际网络和生产者网络绿色增长政策执行阻滞博弈模型及优化决策,并且针对模型进行理论探讨,又通过数值仿真作进一步详细分析。随着税率增加,政策社群、府际网络绿色增长政策执行阻滞将会减弱,并最终起推动作用,而来自生产者网络的政策执行阻滞将会增强。随着消费者绿色度支付系数增加,三类行动者的绿色增长政策执行阻滞最终都会减弱,且最终发挥推动作用。随着环保企业的污染治理率增加,政策社群、府际网络的绿色增长政策执行阻滞逐渐增强,而生产者网络的政策执行阻滞将会减弱。中央和地方政府受这变量作用方向基本一致,而作为政策履行者的企业稍有不同。在政策制定和执行过程中,需要综合考虑三类行动者利益。因此,本研究提出如下建议:

中央政府和地方政府要科学地制定绿色增长相关税率,高税率虽然会在某种程度上降低来自政策社群和府际网络的执行阻滞,但是会引发企业强烈抵制,增加环境损害,违背了绿色增长的初衷。在企业污染治理率较高的情况下,要积极协调利益各方降低政策执行阻滞,同时要针对新问题采取相应政策措施。对企业而言,需要提高消费者绿色支付意愿,加大自身环保研发力度,形成良好的环保产品消费市场。提高企业的污染治理率,扩大环保产品的市场份额。这将降低企业对绿色增长政策的执行阻力,同时也将提高企业效益。本模型假定博弈各方处在完全信息的条件下,这是本研究的主要不足,不完全信息博弈将是以后模型改进的方向。

参考文献:

[1] OECD. Towards green growth: monitoring progress-OECD indicator[R]. 2011.

[2] Lyytimäki J, Antikainen R, Hokkanen J, et al. Developing key indicators of green growth[J]. Sustainable Development, 2018, 26(1): 51-64.

[3] 周英男,侯慧,周学飞,宫宁.中国绿色增长政策评估指标体系研究[J].管理现代化,2018,38(3):92-95.

[4] Stoknes P E, Rockström J. Redefining green growth within planetary boundaries[J]. Energy Research & Social Science, 2018(44): 41-49.

[5] Šneiderienė A, Viederytė R, Abele L. Green growth assessment discourse on evaluation indices in the european union[J]. Entrepreneurship and sustainability issues, 2020, 8(2): 360-369.

[6] 韩晓慧.我国环境政策的执行困境与制度回应[J].中共福建省委党校学报,2017(09):64-70.

[7] 余晓芳,邓集文.国家治理体系现代化视野下的政府与社会组织合作治理关系研究[J].云南行政学院学报,2016,18(04):130-134.

[8] 周英男,黄赛,宋晓曼.中国绿色增长政策执行主体协同网络演化研究[J].科研管理,2021,42(08):82-91.

[9] Rhodes R A W. The national world of local government[J]. Lancet, 1986: 1525.

[10] Du S, Ma F, Fu Z, et al. Game-theoretic analysis for an emission-dependent supply chain in a “cap-and-trade” system[J]. Annals of Operations Research, 2015, 228(1): 135-149.

[11] 杨仕辉,魏守道,翁蔚哲.南北碳排放配额政策博弈分析与策略选择[J].管理科学学报,2016,19(1): 12-22.

[12] 张倩,陈婉莹,耿建新.重污染企业环境绩效与财务绩效关系研究——基于演化博弈的理论分析[J].财会通讯,2022,(20):97-103.

[13] 秦立公,张勇.碳限额与碳交易下考虑时间偏好差异的供应链联合减排动态博弈[J].工业工程,2022,25(5):55-64.

- [14] 李凤荣,何柏霖. 双碳目标约束下我国碳税制度实施的政企博弈分析[J]. 税务与经济,2022(5):53-59.
- [15] 潘峰,西宝,王琳. 基于演化博弈的地方政府环境规制策略分析[J]. 系统工程理论与实践,2015,35(6):1393-1403.
- [16] 石莹,朱永斌,王铮. 成本最优与减排约束下中国能源结构演化路径[J]. 管理科学学报,2015,18(10):26-36.
- [17] 徐春秋,赵道致,原白云,何龙飞. 上下游联合减排与低碳宣传的微分博弈模型[J]. 管理科学学报,2016,19(2):53-64.
- [18] 王亚茹,许开轶. 围绕“碳中和”的国际博弈与中国因应[J]. 当代世界与社会主义,2022,(5):160-167.
- [19] Válek J. Environmental taxes as a tool for environmental protection[J]. Advanced Science Letters, 2018, 24(9): 6347-6349.
- [20] 李维明,高世楫,许杰. 国际比较视角的中国绿色增长进程与对策[J]. 改革,2018(12):27-41.
- [21] 陈真玲,王文举. 环境税制下政府与污染企业演化博弈分析[J]. 管理评论,2017,29(5):226-239.
- [22] 张艳磊,秦芳,吴昱. “可持续发展”还是“以污染换增长”——基于中国工业企业销售增长模式的分析[J]. 中国工业经济,2015(2):89-101.
- [23] Pan Y C, Liang X Y, Xiong Y, et al. Game analysis of green technology implementation with green consumption preference considered under cap-and-trade scheme[J]. Proceedings of the DEStech Transactions on Computer Science and Engineering, 2018(305): 290-295.