

竞争性供应链下的碳减排策略研究

张道福, 肖 蕾

湖北大学商学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年4月29日; 录用日期: 2024年5月13日; 发布日期: 2024年7月31日

摘 要

考虑两条相互竞争的由制造商和零售商组成的二级供应链系统, 政府制定不同的环境政策对供应链决策产生影响。本文构建了以制造商为主导的Stackelberg博弈模型, 研究了政府不实施环境政策、实施补贴或税收政策的三种情况下供应链成员的最优决策, 并进一步提出了政府环境政策的实施策略。研究表明: 从经济利益角度看, 制造商和零售商都会更加青睐于补贴政策; 从环境保护视角却不一定, 当污染程度高且减排成本高时, 税收政策会带来更优的绿色效应; 同时社会福利最优也要考虑到产品污染和减排成本, 当两者都较小时, 补贴政策会带来最大化的社会福利。

关键词

碳减排, 环境政策, 竞争性供应链

Research on Carbon Emission Reduction Strategies in Competitive Supply Chains

Daofu Zhang, Lei Xiao

School of Business, Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Apr. 29th, 2024; accepted: May 13th, 2024; published: Jul. 31st, 2024

Abstract

Considering a competitive two-tier supply chain system composed of manufacturers and retailers, different environmental policies set by the government influence supply chain decisions. This paper constructs a manufacturer-led Stackelberg game model and studies the optimal decisions of supply chain members under three scenarios: no environmental policy, subsidy policy, or tax policy implemented by the government. Furthermore, implementation strategies for government environmental policies are proposed. The research shows that from an economic perspective, both manufacturers and retailers prefer subsidy policies; however, from an environmental protection

perspective, it may vary. When pollution levels are high and emission reduction costs are significant, tax policies can lead to better green effects. Additionally, optimizing social welfare requires considering product pollution and emission reduction costs. When both are low, subsidy policies can maximize social welfare.

Keywords

Carbon Emissions, Environmental Policy, Competitive Supply Chain

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前全球环境问题正日益严峻, 气候变化、资源枯竭、生物多样性丧失等问题日益凸显。在这样的背景下, 各国政府纷纷制定并实施各种环保政策从而减轻环境压力, 促进可持续发展。在本研究中, 我们重点研究政府的两种政策: 补贴和税收。环境补贴是指政府根据企业在减排中的成本付出, 为了鼓励环境友好型行为或减少环境污染而提供的经济奖励或补助金。环保税收政策是指政府利用税收手段来促进环境保护和可持续发展的政策措施。这种政策通过对企业污染排放行为征收税款或调整税率, 从而引导企业减少污染排放, 实现可持续发展。

本文旨在对环境税和补贴政策对供应链运营的影响进行理论分析和比较。具体而言, 我们对供应链企业展开研究, 涉及两条竞争性供应链, 每条供应链有一个制造商通过一个零售商进行产品分销, 并通过投资绿色技术来减少制造业的污染排放。政府可以实施政策来干涉企业的减排行为, 可以选择是否对绿色技术投资进行补贴或对制造商的污染排放征收环境税。本研究目的是解决以下两个核心问题: (1) 政府在何种条件下应该采取税收或补贴政策? (2) 哪种政策更有助于有效促进污染减排和社会福利的提升? 我们将通过博弈论模型解决这些问题, 为政府管理决策和政策制定提供建议。

2. 文献综述

与本文相关的论文主要涉及碳减排和竞争性供应链两个方面。碳减排是目前可持续发展领域的热点问题, 碳减排作为一种环保手段贯穿于供应链的整个流程中, 对于供应链质量的提升具有重要意义, 也有越来越多的学者投入碳减排管理的研究中。He [1]等人在去中心化供应链中考虑单边共享和双边参与契约, 他们发现双边参与契约能够很好地实现供应链协调并且能实现动态合作减排的效果。Wei [2]等人对碳税政策下两条相互竞争的供应链进行了分析, 通过碳税来影响供应链中的竞争事实表明纵向间的合作管理能够很好地提高减排率和零售价格, 这对社会来说是有利的。Sun [3]等人构建了制造商和供应商组成的博弈模型, 结果发现企业的减排积极性会受到企业减排技术以及消费者低碳偏好的影响。

与本文相关的第二类文献是竞争性供应链。刘会燕和戢守峰[4]设计了两条二级竞争供应链模型来分析消费者偏好和供应链竞争对供应链绩效的影响, 由此得出结论面对激烈的竞争时, 产品共存能最大化实现各方最优。McGuire 和 Staelin [5]探究了双寡头市场中产品可替代性对控制结构的影响, 他们提出竞争激烈时产品的可替代程度高, 制造商会更倾向于分散化结构, 反之则更青睐于集成化结构。Zhao [6]等人考虑了由两个制造商和一个零售商组成的供应链模型, 从而分析不同竞争策略和渠道成员不同的权力结构对产品最优定价的决策影响。

本文与以上文献的不同之处在于：本文在产品竞争市场的视角下探讨了环境政策对供应链和社会福利的影响，对产品市场竞争的二级供应链中的环境政策进行了比较分析。尤其是大多数文献基于单条供应链研究，本文探究了两条市场供应链存在情况下的场景。在实际的经济生活中，越来越多的企业开设自己的供应链体系，比如手机、新能源汽车等产业，在此情形下探究环境政策与供应链效益之间的影响具有一定的现实背景和管理意义。

3. 模型描述

在本节中，我们分析了两条供应链中没有环境政策的基准模型，每条供应链涉及一个制造商和一个零售商，制造商通过零售商分销其产品，零售商最后销售给消费者。我们假设制造商的单位生产成本恒定为 c 。由于考虑市场竞争环境，我们假设产品是异质的，并且零售商的运营成本标准化为零（零售商运营成本大于零时不会影响本文主要结论）。与 Zhou [7] 等人以及 Zou [8] 等人类似，我们采用

$$p_i = a - q_i - kq_j \quad (1)$$

来表达标准的需求函数， a 是潜在的市场容量， p 是零售价格， q 是产品产量， i, j 表示第 i, j 条供应链， $i, j \in \{1, 2\}$ ， $i \neq j$ 。我们用 k 来衡量产品差异化程度， k 值越高，代表产品竞争程度越高。

为了不失一般性，我们假设制造商生产一单位产品就排放一单位污染。生产企业通过投资减排技术，即企业生产会按单位产量 x_i 的比例减少污染排放， $0 < x_i < 1$ ，因此实际的减排量 $A = q_i x_i$ ，污染减排后的净排放量为 $E = q_i(1 - x_i)$ 。制造商采用减排技术进行生产需要投入一定的成本，成本的大小具体取决于减排水平，类似于 Tsai [9] 等，减排水平越高对应的减排成本也会越多，考虑到在减排过程中的用料消耗、清洁措施等也会增加减排成本，因此我们用二次函数来假设减排成本 $\lambda A^2/2$ ，使其更加符合实际情况，其中 $\lambda > 0$ ，表示制造商的污染减排成本效率。我们同时考虑污染排放所造成的环境危害，我们用 d 来表示损害程度， $d > 0$ ， d 越大则说明生产所对环境造成的污染越大，污染破坏程度越高，我们将环境损害表示成 $dE^2/2$ 的二次函数形式，这与 Bian [10] 和 Poyago-Theotoky [11] 等的文献类似，此外我们考虑两条供应链的对称性，假设 $q_i = q_j$ 。

基于上述描述，我们可以对目标进行建模，制造商的目标是利润最大化，而政府的目标是实现社会福利的最大化，因此我们考虑经济、环境等因素，社会福利由企业利润、消费者剩余 CS 、政府补贴支出 GS 和环境损害组成。其中消费者剩余表达式为 $CS_i = (q_i^2 + kq_i q_j)/2$ ，这和 Singh 和 Vives [12] 的假设是一致的。即我们表示社会福利：

$$SW = \Pi_M + \Pi_R + CS - GS - \frac{dE^2}{2} \quad (2)$$

最后，本文采用不同的上标和下标来表示有关情况，用下标 i 来表示第 i 条供应链， $i \in \{1, 2\}$ ，用下标 R, M 分别表示零售商和制造商，用上标 B, S, T 来分别表示无政策、补贴政策、税收政策三种情况。文中各基本符号及其含义见表 1 基本符号列表。

Table 1. Basic symbol list
表 1. 基本符号列表

符号	含义
a	潜在市场容量
q_i	产品产量
x_i	减排水平
k	产品差异化程度

续表

λ	污染减排成本效率
A	制造商的实际减排量
E	减排后的污染净排放量
d	污染损害程度
s	政府对减排技术投入的补贴系数, $0 \leq s < 1$
t	政府对污染排放的税收系数, $0 \leq t < 1$

本文在无政策、补贴政策、环境税政策三种情景中进行比较。在每种情况下, 决策的顺序如下。第一阶段, 制造商根据政府的环境政策确定污染减排水平。第二阶段, 制造商设定批发价。第三阶段, 零售商依据制造商的批发价格确定订单数量。下面的图 1 事件决策顺序描述了事件决策顺序。本文采用逆向归纳法以确保子博弈完美均衡。

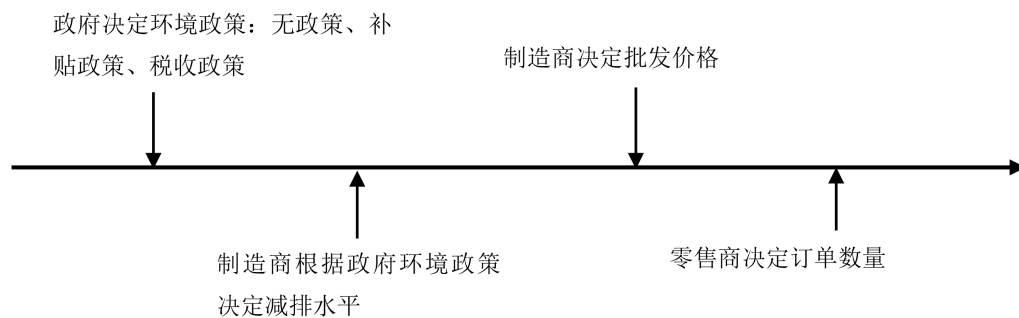


Figure 1. Event decision sequence
图 1. 事件决策顺序

4. 模型分析

根据政府的环境政策, 本文依次对无政策、补贴政策和税收政策三种情况进行分析。

4.1. 无环境政策

在该模型中, 政府对于企业污染排放没有实行政策, 因此企业不具有减排的动机, 相应的减排水平 $x_i = 0$, 根据前面的(1)式, 我们知道第 i 条供应链中的零售价格是 $p_i = a - q_i - kq_j$, 则相应的零售商 i 利润函数为:

$$R_i^B = (a - q_i - kq_j - w_i)q_i \quad (3)$$

在无政策情况下不涉及政府补贴和税收, 制造商也没有减排成本, 制造商的利润函数如下表示。

$$M_i^B = (w_i - c)q_i \quad (4)$$

我们采用逆向归纳法求解由制造商领导的 Stackelberg 模型的均衡结果。

命题 1 在无环境政策下, 制造商 i 最优的批发价格为:

$$w_i^{B*} = \frac{(k+2)c + 2a}{k+4}$$

零售商最优的定价的订单数量决策为:

$$p_i^{B*} = \frac{kc + 3a + c}{k + 4}; \quad q_i^{B*} = \frac{a - c}{k + 4}。$$

制造商和零售商的利润分别为:

$$M_i^{B*} = \frac{2(a - c)^2}{(k + 4)^2}; \quad R_i^{B*} = \frac{(a - c)^2}{(k + 4)^2}。$$

无政策情况下的生产净排放量和社会福利分别为:

$$E_i^{B*} = \frac{a - c}{k + 4}; \quad SW^{B*} = \frac{(a - c)^2(7 + k - d)}{(k + 4)^2}。$$

在无政策环境下, 制造商没有减排动机的激励可能会导致过大的污染排放。例如当 $d > 7 + k$ 时, $SW^{B*} < 0$, 此时社会福利为负, 此时有必要针对性地进行污染防治。

4.2. 补贴政策环境

在该模型中, 政府会对制造商的减排技术投入进行资金补贴, 鼓励企业加强减排技术的研发投入实现绿色生产, 此时政府的补贴系数 s 和减排水平 x_i 均大于 0。在本节中零售商第三阶段的利润函数与(3)式的相同, 但在第二阶段, 制造商要考虑到减排成本和政府补贴对利润的影响, 因此制造商的利润函数为

$$M_i^S = (w_i - c)q_i + sx_iq_i - \frac{\lambda(x_iq_i)^2}{2} \quad (5)$$

采用逆序归纳法, 我们有如下均衡结果。

命题 2 在实施补贴政策时, 制造商的最优批发价和减排水平为:

$$w_i^{S*} = \frac{(k + 2)c + 2a}{k + 4}; \quad x_i^{S*} = \frac{d}{\lambda + d}。$$

零售商最优的定价的订单数量决策为:

$$p_i^{S*} = \frac{kc + 3a + c}{k + 4}; \quad q_i^{S*} = \frac{a - c}{k + 4}。$$

制造商和零售商的利润分别为:

$$M_i^{S*} = \frac{[4\lambda^2 + (d^2 + 8d)\lambda + 4d^2]^2 (a - c)^2}{2(k + 4)^2 (\lambda + d)^2}; \quad R_i^{S*} = \frac{(a - c)^2}{(k + 4)^2}。$$

补贴政策情况下的最优补贴率、生产净排放量和社会福利分别为:

$$S^* = \frac{d\lambda(a - c)}{(k + 4)(\lambda + d)}; \quad E_i^{S*} = \frac{\lambda(a - c)}{(k + 4)(\lambda + d)};$$

$$SW^{S*} = \frac{(a - c)^2 [(7 + k - d)\lambda + d(k + 7)]}{(\lambda + d)(k + 4)^2}。$$

补贴政策下的结果讨论

本节主要针对补贴政策下的计算结果进行分析讨论。

引理 1

(i) 当 $0 < d < k + 7$ 时, $SW^S > 0$;

(ii) 当 $d > k + 7$ 且 $0 < \lambda < \frac{d(k+7)}{d-k-7}$ 时, $SW^S > 0$, 否则 $SW^S \leq 0$ 。

引理 1 说明了社会福利与污染程度以及减排成本效率之间的关系, 当污染程度和减排成本控制在一定区间时我们总是能让社会福利大于 0, 这是因为在政府补贴下, 企业有更大的动机去提高减排水平, 这让实际的污染排放量小于消费者福利, 企业利润, 零售商利润以及政府支出之和。但当污染程度和减排成本都很高时, 会导致社会福利小于 0, 对整个社会造成极大的负面影响。

4.3. 税收政策环境

在该模型中, 政府会对制造商的污染排放收取相应的税费, 税费大小取决于企业的污染排放量以及政府的税率。此时政府的税收系数 t 和减排水平 x_i 均大于 0。在本节中零售商第三阶段的利润函数与(3)式的相同, 但在第二阶段, 制造商要考虑到减排成本和政府税收对利润的影响, 因此制造商的利润函数为

$$M_i^T = (w_i - c)q_i - t(1 - x_i)q_i - \frac{\lambda(x_i q_i)^2}{2} \tag{6}$$

采用逆序归纳法, 我们有如下均衡结果。

命题 3 在实施税收政策时, 制造商的最优批发价和减排水平为:

$$w_i^{T*} = \frac{(ad + kc - a + 2c)\lambda^2 + \lambda\{[(a + c)k + 6a + 2c]d + (k + 4)(kc + 2a + c)\} + d(k + 4)(kc + 2a + c)}{(d + k + 1)\lambda^2 + \lambda(k + 4)(k + 2d + 4) + d(k + 4)^2};$$

$$x_i^{T*} = \frac{d(k + 4) + \lambda(d - 3)}{(\lambda + d)(k + \lambda + 4)}。$$

零售商最优的定价的订单数量决策为:

$$p_i^{T*} = \frac{[ad + c(k + 1)]\lambda^2 + \lambda\{[(a + c)k + 7a + c]d + (k + 4)(kc + 3a + c)\} + d(k + 4)(kc + 3a + c)}{(d + k + 1)\lambda^2 + \lambda(k + 4)(k + 2d + 4) + d(k + 4)^2};$$

$$q_i^{T*} = \frac{(k + \lambda + 4)(d + \lambda)(a - c)}{(d + k + 1)\lambda^2 + \lambda(k + 4)(k + 2d + 4) + d(k + 4)^2}。$$

制造商和零售商的利润分别为:

$$M_i^{T*} = \frac{(a - c)^2 \{4\lambda^4 + (d^2 + 2d + 8k + 41)\lambda^3 + [(2k + 12)d^2 + (10k + 40)d + 4(k + 4)^2]\lambda^2 + [(k + 12)d + 8k + 32]d(k + 4)\lambda + 4d^2(k + 4)^2\}}{2[(d + k + 1)\lambda^2 + \lambda(k + 4)(k + 2d + 4) + d(k + 4)^2]^2}$$

$$R_i^{T*} = \frac{(k + \lambda + 4)^2 (d + \lambda)^2 (a - c)^2}{[(d + k + 1)\lambda^2 + \lambda(k + 4)(k + 2d + 4) + d(k + 4)^2]^2}。$$

补贴政策情况下的最优税率、生产净排放量和社会福利分别为:

$$t^* = \begin{cases} \frac{\lambda(a - c)[(d - 3)\lambda + d(k + 4)]}{(d + k + 1)\lambda^2 + 2\lambda(k + 4)\left(\frac{k}{2} + d + 2\right) + d(k + 4)^2}, & d > d^T \\ 0, & d \leq d^T \end{cases};$$

$$E_i^{T*} = \frac{\lambda(a - c)(k + \lambda + 7)}{(d + k + 1)\lambda^2 + \lambda(k + 4)(k + 2d + 4) + d(k + 4)^2};$$

$$SW^{T*} = \frac{(k + \lambda + 7)(d + \lambda)(a - c)^2}{(d + k + 1)\lambda^2 + \lambda(k + 4)(k + 2d + 4) + d(k + 4)^2}。$$

税收政策下的结果讨论

本节主要针对税收政策下的计算结果进行分析讨论。与补贴政策不同的是, 税收政策下的社会福利恒大于 0, 不会对社会造成负面影响。在后文中, 我们继续针对两种政策下的经济效益、环境效益和社会效益进行分析。

命题 4 两种政策下制造商的利润变化:

- (i) $\frac{\partial \Pi_M^S}{\partial d} > 0$;
- (ii) 当且仅当 $d^T < d < d_1$ 时, $\frac{\partial \Pi_M^T}{\partial d} < 0$, 当 $d > d_1$ 时, $\frac{\partial \Pi_M^T}{\partial d} > 0$, 其中 $d_1 = \frac{\lambda(7k + 4\lambda + 28)}{k(k + \lambda + 4)}$;

命题 4(i) 表明了, 在补贴政策下随着制造商的污染程度增加, 制造商的利润也会随之提高, 同引理 1(i) 中的结论, 当制造商对环境危害严重时, 政府的补贴率相应会提高, 这会激励企业提高减排技术的投入, 加大减排力度以获取更高的资金补助。与此同时政府的补贴会超过企业对于减排的成本投入, 从而实现利润增加。命题 4(ii) 表明相比补贴政策, 制造商利润在税收政策下并没有同样的变化趋势。当污染程度较小时, 制造商的利润会随着污染程度增加而越来越少, 而当污染程度很大时, 制造商的利润又会随着污染程度的增加而提高。

命题 5 两种政策下零售商的利润变化:

- (i) $\frac{\partial \Pi_R^S}{\partial d} = 0, \frac{\partial \Pi_R^S}{\partial \lambda} = 0$;
- (ii) $\frac{\partial \Pi_R^T}{\partial d} < 0$;
- (iii) 当且仅当 $d^T < d < d_2$ 时, $\frac{\partial \Pi_R^T}{\partial \lambda} > 0$, 当 $d_2 < d$ 时, $\frac{\partial \Pi_R^T}{\partial \lambda} < 0$ 。

命题 5(i) 表明了前面所描述的现象, 补贴政策并没有传递到下游供应链中, 因此污染程度和减排成本的变化并不会对零售商的利润产生影响。

命题 5(ii) 则体现了税收政策下, 随着环境污染程度增加, 制造商可能需要承担更高的环境管理和治理成本, 这包括购进行环境监测和报告以及缴纳税金等, 这无疑会提高制造商的生产成本, 而制造商为了保证利润会将这些费用转移到批发价上, 在市场价格不变的情况下, 零售商的利润会减少。

命题 5(iii) 说明了当制造商的污染程度较小时, 减排成本的增加会提高零售商的利润, 这是因为此时减排成本增加, 政府会对制造商收取更低的税收, 产量也会随着增加从而增加了零售商的利润。然而当污染程度较大时, 为了避免高额的税收, 制造商可能会采取更昂贵的减排技术和设备, 这些成本会转嫁到产品批发价中, 从而降低零售商的利润率。

4.4. 环境政策对比

本节对无政策和两种环境政策的均衡结果进行对比分析, 讨论不同政策的影响度以及各种政策的适用性。

引理 2 不同政策间批发价、市场价格、订单数量的对比分别为:

- (i) $w^T > w^S = w^B$;
- (ii) $p^T > p^S = p^B$;

(iii) $q^T < q^S = q^B$ 。

引理 2 中(i)和(ii)展现了不同政策下的价格传递, 在补贴政策下, 政府通常会向制造商提供经济补贴或者减免税收等优惠政策, 这样可以降低制造商的总成本, 但这部分效应并没有传递给零售商, 因此补贴政策下的价格和无政策下的价格是一致的。相比之下, 在税收政策下, 政府征收环境税或者其他相关税收, 制造商需要承担更多的成本负担。而这种成本在供应链上则展现为批发价和 market 价格的上升。

引理 3 不同政策下实际减排量的对比为: $A^S > A^T > A^B = 0$

引理 3 说明了制造商的减排动机和政府政策是有关联的, 在没有政策的情况下, 制造商不存在减排动机, 会尽可能地追求经济效益。而在政策的指导下, 制造商们都会进行减排行为。相对于税收政策, 在补贴政策下制造商能够获得和减排量相对应的补贴, 这样的经济激励更直接、更显著, 有助于制造商更积极地实施减排措施。相比之下税收政策让企业不仅要承担减排成本, 还要承担税收, 制造商需要综合考虑二者对于利润的影响, 这在一定程度上降低了制造商的减排动机, 导致税收政策下的实际减排量更少。

命题 6 不同政策下净排放量的对比为:

当且仅当 $d \geq d_3$ 且 $\lambda \geq \frac{\sqrt{k^2 + 20k + 64} - k - 4}{2}$ 时, $E^B > E^S \geq E^T$, 否则 $E^B > E^T \geq E^S$, 其中

$$d_3 = \frac{3\lambda(\lambda + k + 4)}{\lambda^2 + (k + 4)\lambda - 3k - 12}。$$

命题 6 表明环境政策的实施有助于污染减排, 其净排放量均小于无政策下的净排放量。结合引理 3 中的结论, 我们考虑净排放量对比应该为 $E^B > E^T \geq E^S$ 。但值得注意的是我们发现, 当制造商污染程度和减排成本效率都很高时, 补贴政策下的净排放量反而会大于税收政策下的净排放量。这是因为高污染和高减排成本在税收政策下会对制造商的利润产生很大的影响, 制造商需要在提高减排力度的同时控制产量才能避免过重的成本负担。这也说明了不一定只有在补贴政策才能带来更好的环境效应。

引理 4 不同政策下制造商利润和零售商利润的对比为:

$$\Pi_M^S > \Pi_M^B > \Pi_M^T; \quad \Pi_R^S = \Pi_R^B > \Pi_R^T$$

引理 4 表明在税收政策下, 制造商和零售商都要承担更多的成本从而导致利润的下降。这一点与 Bian [10] 和 Zhao [6] 的研究结论一致, 因为税收政策会对企业造成税收成本负担, 制造商的成本上升效应会跟随供应链传递到下游零售商身上, 导致供应链成员利润都受损。而在补贴政策下, 政府对于制造商的补贴并不会传递到下游零售商上, 制造商会因为补贴获得超额利润, 制造商能从政府补贴中获得大于减排成本的资金支持, 但零售商仍然保持着和无政策状态下一致的利润。也就是说, 单单考虑经济效益的情况下, 制造商和零售商们会更愿意接受补贴政策带来的正面效应。

命题 7 不同政策下社会福利的对比为: 当且仅当 $\lambda > \frac{\sqrt{k^2 + 26k + 97} - k - 1}{2}$ 且 $d \geq d_4$ 时,

$$SW^B < SW^S \leq SW^T, \text{ 否则 } SW^B < SW^T \leq SW^S, \text{ 其中 } d_4 = \frac{3\lambda(2\lambda + 2k + 5 + \sqrt{4k^2 + 4\lambda k + 44k + 16\lambda + 121})}{2(\lambda k + \lambda^2 - 6k + \lambda - 24)}。$$

命题 7 表现了不同政策下的社会福利比较情况, 首先只要采用了环境政策, 其社会福利都会大于无政策的情况下, 这说明由于环境政策所引发的环境损害减小程度要高于制造商利润减小和减排成本上升的程度, 环境政策的效果是显而易见的。值得一提的是, 当生产污染程度较高且减排成本较高时, 税收政策下的社会福利要高于补贴政策下的社会福利。制造商需要全额承担减排成本, 这使得他们更加高效地管理生产过程, 降低污染排放, 从而减少了环境损害, 提高了社会福利。而在补贴政策下, 制造商可

能会过度依赖补贴, 导致减排效果不如税收政策明显, 影响社会福利的提升。然而生产污染低以及减排成本效率不高时, 补贴政策会是更优的选择。

5. 小结

本文构建了以制造商为主导的 Stackelberg 博弈模型, 针对竞争性供应链中的环境政策进行了分析, 研究了存在两条供应链相互竞争时政府不实施环境政策、实施补贴或税收政策的三种情况下供应链成员的最优决策。通过比较三种环境政策情况, 探讨了环境政策对于供应链整体绩效的影响。结果表明政府应该综合经济、环保、社会福利等因素合理选择环境政策。因为在考虑经济利益时, 补贴政策是供应链成员更加青睐的, 他们不会受到利益损失。而在环保和社会福利方面, 一旦制造商造成了过多的污染或面临高额减排成本, 税收政策会更优于补贴政策, 反之补贴政策更为适用。因此政府应当关注市场变化, 注重制定不同导向的环境政策并灵活使用才能充分发挥供应链成员和社会成员的环保积极性。

但本文没有将消费者偏好以及更加复杂的竞争纳入考虑。未来研究可以继续补充扩展: 一是可以考虑更为复杂的竞争情形, 研究存在多条供应链竞争时, 环境政策是如何影响供应链绩效的。二是将消费者的绿色消费偏好作为参考变量, 观察消费者偏好对于环境政策以及供应链的影响。三是可以考虑补贴和税收共存的混合策略模型, 探究环境政策综合应用时的供应链表现。

参考文献

- [1] He, L., Yuan, B., Bian, J. and Lai, K.K. (2021) Differential Game Theoretic Analysis of the Dynamic Emission Abatement in Low-Carbon Supply Chains. *Annals of Operations Research*, **324**, 355-393. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04134-9>
- [2] Yu, W., Wang, Y., Feng, W., Bao, L. and Han, R. (2022) Low Carbon Strategy Analysis with Two Competing Supply Chain Considering Carbon Taxation. *Computers & Industrial Engineering*, **169**, Article 108203. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108203>
- [3] Sun, L., Cao, X., Alharthi, M., Zhang, J., Taghizadeh-Hesary, F. and Mohsin, M. (2020) Carbon Emission Transfer Strategies in Supply Chain with Lag Time of Emission Reduction Technologies and Low-Carbon Preference of Consumers. *Journal of Cleaner Production*, **264**, Article 121664. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121664>
- [4] 刘会燕, 戢守峰. 考虑消费者绿色偏好的竞争性供应链的产品选择与定价策略[J]. *管理学报*, 2017, 14(3): 451-458.
- [5] McGuire, T.W. and Staelin, R. (1983) An Industry Equilibrium Analysis of Downstream Vertical Integration. *Marketing Science*, **2**, 161-191. <https://doi.org/10.1287/mksc.2.2.161>
- [6] Zhao, J., Wei, J. and Li, Y. (2014) Pricing Decisions for Substitutable Products in a Two-Echelon Supply Chain with Firms' Different Channel Powers. *International Journal of Production Economics*, **153**, 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.03.005>
- [7] Zhou, Y., Hu, F. and Zhou, Z. (2018) Pricing Decisions and Social Welfare in a Supply Chain with Multiple Competing Retailers and Carbon Tax Policy. *Journal of Cleaner Production*, **190**, 752-777. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.162>
- [8] Zou, F., Zhou, Y. and Yuan, C. (2020) The Impact of Retailers' Low-Carbon Investment on the Supply Chain under Carbon Tax and Carbon Trading Policies. *Sustainability*, **12**, Article 3597. <https://doi.org/10.3390/su12093597>
- [9] Tsai, T., Wang, C. and Chiou, J. (2016) Can Privatization Be a Catalyst for Environmental R&D and Result in a Cleaner Environment? *Resource and Energy Economics*, **43**, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2015.10.002>
- [10] Bian, J. and Zhao, X. (2020) Tax or Subsidy? An Analysis of Environmental Policies in Supply Chains with Retail Competition. *European Journal of Operational Research*, **283**, 901-914. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.052>
- [11] Poyago-Theotoky, J.A. (2007) The Organization of R&D and Environmental Policy. *Journal of Economic Behavior & Organization*, **62**, 63-75. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2004.09.015>
- [12] Singh, N. and Vives, X. (1984) Price and Quantity Competition in a Differentiated Duopoly. *The RAND Journal of Economics*, **15**, 546-554.