

# 基于政府补贴的绿色供应链成员销售模式选择

田天赐, 熊雨薇

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年5月20日; 录用日期: 2024年7月31日; 发布日期: 2024年8月7日

## 摘要

随着绿色供应链的发展, 选择合适的销售模式是制造商和电商平台面临的一个重要问题。因此, 本文构建了一个斯塔克伯格博弈模型, 考虑政府补贴下制造商投入绿色技术生产产品, 电商平台对产品开展营销活动, 研究了政府补贴和平台佣金率对绿色供应链成员在不同销售模式下的决策影响, 以及何种销售模式更有利于提升社会福利的问题。研究发现: 1) 无论何种销售模式, 政府补贴力度越大, 越能够提升制造商的绿色技术投入和平台的营销努力; 2) 政府补贴环境下, 当平台佣金率较小时, 制造商(平台)在代销(转售)模式下的最优利润高于转售(代销)模式, 当佣金率适中时, 制造商和平台在代销模式下的最优利润均高于转售模式, 实现绿色供应链成员双赢; 3) 当佣金率较低(较高)且政府补贴比例适中时, 相较于转售(代销)模式, 代销(转售)模式更能够提升社会福利。

## 关键词

绿色供应链, 销售模式, 政府补贴, 社会福利

# Sales Model Selection of Green Supply Chain Members Based on Government Subsidies

Tianci Tian, Yuwei Xiong

School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: May 20<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jul. 31<sup>st</sup>, 2024; published: Aug. 7<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

With the development of green supply chain, choosing the right sales model is an important issue for manufacturers and e-commerce platforms. Therefore, this paper constructs a Stackberg game model, considering that manufacturers invest in green technology to produce products under government subsidies and e-commerce platforms carry out marketing activities on products, and studies the impact of government subsidies and platform commission rates on the decision-making of green supply chain members under different sales models, as well as which sales

**model is more conducive to improving social welfare. The findings are as follows: 1) Regardless of the sales model, the greater the government subsidy, the better the manufacturers' green technology investment and marketing efforts of the platform; 2) in the context of government subsidies, when the commission rate of the platform is relatively small, the optimal profit of the manufacturer (platform) in the commission mode is higher than that in the resale mode; when the commission rate is moderate, the optimal profit of the manufacturer (platform) in the commission mode is higher than that in the resale mode, achieving a win-win situation for members of the green supply chain; 3) when the commission rate is low (high) and the proportion of government subsidies is moderate, the consignment (resale) model can improve social welfare more than the resale (resale) model.**

## Keywords

Green Supply Chain, Sales Model, Government Subsidies, Social Welfare

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

随着经济的快速发展,人们的生活水平不断提高。然而,水污染和气候变化等环境问题对人类社会的可持续发展构成了威胁。为了应对这些问题,许多国家和地区出台了环境保护政策和措施,鼓励企业采取绿色技术和环保措施。如国务院发布的《“十四五”节能减排综合工作方案》指出,到2025年,全国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2020年下降18%,主要污染物排放总量将进一步减少。此外,政府部门还提出了多项补贴和激励政策,支持企业采用绿色技术,降低生产过程中的能源消耗和污染排放。

在绿色供应链管理中,如何在不同的销售模式,即转售模式(Reselling model)和代销模式(Agency model)下最大化供应链成员投资的效益,成为了学术界关注的焦点[1]。绿色技术的投入不仅能够降低污染和资源消耗,还能够提升企业的市场竞争力。以电子商务平台和制造商组成的网络供应链为例,制造商通过绿色技术的投入,可以生产出更加环保的产品,满足消费者日益增长的绿色需求。在这一背景下,政府的补贴政策对供应链成员的决策产生了深远的影响。具体来说,政府补贴对制造商绿色投入成本进行一定的比例补贴可以降低制造商绿色技术投入的成本,增加其在环保方面的投入力度,因此能够提高购买需求,影响制造商及平台的收入。同时,不同的销售模式下,供应链成员在产品定价、营销以及利润分配等方面的策略会有所不同。因此,研究政府补贴下供应链成员在不同销售模式下的最优决策,不仅具有理论价值,也对实际经营管理具有重要的指导意义。

基于此,本研究试图回答以下三个问题:1) 政府补贴及不同销售模式下,供应链成员的最优绿色投入、营销努力和定价如何? 2) 制造商绿色技术投入和电商平台营销投入以及平台佣金率如何影响绿色供应链双方的最优销售模式? 3) 政府补贴环境下,何种销售模式更能够提升社会福利?

为了解答上述问题,本文构建了一个斯塔克伯格博弈模型,旨在探究政府补贴下电商平台和制造商如何选择销售模式以实现各自利润和社会福利的最大化。本研究的主要贡献包括:提供了不同销售模式下,政府补贴对绿色技术投入、营销努力和定价策略影响的定量分析;分析了平台佣金率的不同对制造商和电商平台在不同销售模式下利润的影响,帮助企业在实际经营中选择最优销售模式;比较了不同销售模式下的社会福利,提出了政策建议,指导政府制定更加有效的补贴政策。

## 2. 相关文献综述

本文研究存在政府补贴时, 绿色供应链中制造商及电商平台的销售模式选择问题, 因此主要涉及在线销售模式、绿色供应链与政府补贴三个方向的研究。

第一个方向是在线销售模式相关研究。许多文献研究了转售和代销模式下制造商以及电商平台的模式选择, 并从不同的视角给出了最优的渠道策略。如传统渠道对线上渠道的影响[2] (Abhishek *et al.*, 2016), 风险规避[3] (赖雪梅和聂佳佳, 2022), 无缺陷退货[4] (王雨亭等, 2022), 品牌竞争和可持续发展[5] (Zhang & Hou, 2022)等。本文与上述文献不同之处在于研究了基于政府补贴的绿色供应链成员销售模式选择, 这与以上文献的聚焦问题不同。在绿色供应链成员的最优销售模式方面, Li *et al.* (2024)研究了代理费用和消费者绿色偏好对供应链成员销售模式选择产生影响, 结果表明当代理费较低和适中时代销对平台来说更为有利, 且较高的消费者绿色偏好使得制造商更热衷于代销模式[6]。而本文的研究较之区别之处在于, 在绿色供应链成员的销售模式选择上, 综合考虑了政府对制造商提供补贴以及平台付出营销努力的问题。

第二个方向是绿色供应链相关研究。学者们研究了不同的因素对绿色供应链效益产生影响, 如零售商不同成本分担合同选择[7] (潘晨等, 2023), 柔性期权及远期合约[8] (王良和赖家豪, 2023), 议价能力和营销投入[9] (Davoudi *et al.*, 2023), 销售商提供的延保服务[10] (林志炳和张俊超, 2024)等。本文与以上研究有两处不同: 第一, 本文从制造商和电商平台的在线销售模式角度切入, 与上述文献的视角不同; 第二, 考虑了制造商投入绿色生产技术, 平台付出营销努力, 而现有文献鲜有在研究绿色供应链成员销售模式的同时考虑成员的绿色技术投入及营销努力。尽管 Pal *et al.* (2023)构建了垂直差异化模型研究了绿色创新水平和营销努力对不同渠道供应链效率的影响[11], 但是本文区别 Pal 更强调了政府对制造商绿色技术投入成本进行补贴下, 绿色供应链成员的最优销售模式以及供应链的效益水平。

第三个方向是政府补贴相关研究。关于如何设计政府补贴政策以提升供应链运营水平和社会福利已成为学术界关注的重要问题。如冯颖等(2022)研究了制造商是否承担社会责任及政府的绿色度补贴和绿色创新技术补贴对供应链运作的影响[12], 贺勇等(2022)基于供应链中制造商的自主减排与外包减排两种减排方式, 构建博弈模型分析政府的不同补贴方式对减排决策产生的影响[13], Zhong *et al.* (2023)探究了政府为制造商应用区块链技术提供数量补贴和创新补贴对双渠道供应链及社会福利产生的影响[14]。上述文献主要研究了不同的政府补贴政策对于供应链整体效益产生的不同影响, 而本文基于政府对制造商绿色技术投入成本提供一定比例的补贴, 研究绿色供应链成员的销售模式选择问题。

## 3. 模型描述与基本假设

### 3.1. 问题描述

考虑由一个制造商和一个电商平台组成的网络平台供应链模型, 制造商投入绿色技术制造产品, 产品全部通过电商平台销售给消费者。平台投入营销努力对产品进行宣传, 以刺激消费者的购买需求。同时, 为了激励制造商持续投入绿色技术, 政府将以制造商绿色技术投入成本的  $\lambda$  比例对制造商进行补贴,  $\lambda \in (0,1)$ 。电商平台上存在两种不同的销售模式, 一是转售模式; 二是代销模式。转售模式下, 制造商将单位产品以  $p_w$  的批发价出售给电商平台, 之后电商平台以  $p_r$  的零售价销售给消费者。代销模式下, 制造商在电商平台上将单位产品以  $p_m$  的零售价直接销售给消费者, 同时平台收取制造商  $\phi$  比例的销售收入作为佣金。

### 3.2. 基本假设与符号说明

假设 1: 参照尚文芳和滕亮亮(2020) [15]设置转售模式下产品的市场需求  $D_R = a - p_r + \theta t + \eta e$ , 其中,  $a$  是潜在市场规模,  $p_r$  是产品的销售价, 由平台制定,  $\theta$  是消费者需求对绿色技术的敏感性系数,

$\theta \in (0,1)$ 。  $\eta$  是消费者需求对营销努力的敏感性系数,  $\eta \in (0,1)$ ; 代销模式下产品的市场需求  $D_A = a - p_m + \theta t + \eta e$ , 其中  $p_m$  是产品的销售价, 由制造商制定。

假设 2: 根据周艳菊等(2020) [16] 制造商绿色技术的投入成本为  $\beta t^2/2$ 。  $t$  是制造商付出的绿色技术投入,  $\beta \in (0,1)$  表示绿色技术投入的成本效率,  $\beta$  越小技术投入效率越高。营销努力  $e$  是通过价格以外的方式促进产品销售, 如发布媒体广告、举办促销购物节晚会等。参考浦徐进等(2015) [17] 营销努力的成本为  $ke^2/2$ 。  $e$  是电商平台付出的营销努力,  $k \in (0,1)$  刻画营销努力的成本效率。

假设 3: 供应链双方为斯塔克伯格博弈, 制造商是领导者, 电商平台是跟随者。

假设 4: 产品的边际制造成本标准化为 0。

文中上标  $R(A)$  表示转售(代销)模式; 下标  $M(E)$  表示制造商(电商平台)。模型的参数符号及含义如表 1 所示。

**Table 1.** Variable symbols and meanings

**表 1.** 变量符号及含义

符号	定义
$p_w$	单位产品的批发价
$p_r$	转售模式下单位产品的零售价
$p_m$	代销模式下单位产品的零售价
$D_R$	转售模式下产品的市场需求
$D_A$	代销模式下产品的市场需求
$t$	制造商的绿色技术投入
$e$	平台的促销努力
$\varphi$	平台向制造商收取的佣金比例
$\lambda$	政府给予制造商绿色技术投入成本的补贴比例
$\pi_M$	制造商的利润
$\pi_E$	平台的利润

## 4. 模型分析

### 4.1. 转售模式

博弈时序: 制造商先决定绿色技术投入度  $t$  和单位产品的批发价格  $p_w$ , 然后, 平台同时决定产品的零售价格  $p_r$  和营销努力程度  $e$ 。转售模式下, 市场需求函数、制造商和平台的利润函数分别为:

$$D_R = a - p_r + \theta t + \eta e$$

$$\pi_M = p_w D_R - \frac{\beta t^2}{2} + \frac{\lambda \beta t^2}{2}$$

$$\pi_E = p_r D_R - p_w D_R - \frac{ke^2}{2}$$

**命题 1** 转售模式下产品最优批发价格  $p_w^{R*}$ ; 最优零售价格  $p_r^{R*}$ ; 制造商最优绿色投入  $t^{R*}$ ; 平台最优营销努力  $e^{R*}$ ; 制造商的最优利润  $\pi_M^{R*}$ ; 平台的最优利润  $\pi_E^{R*}$ 。

**推论 1:**

$$\frac{\partial p_w^{R*}}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial p_r^{R*}}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial t^{R*}}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial e^{R*}}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial \pi_M^{R*}}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial \pi_E^{R*}}{\partial \theta} > 0$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial p_w^{R^*}}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial p_r^{R^*}}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial t^{R^*}}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial e^{R^*}}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial \pi_M^{R^*}}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial \pi_E^{R^*}}{\partial \eta} > 0 \\
\frac{\partial p_w^{R^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial p_r^{R^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial t^{R^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial e^{R^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \pi_M^{R^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \pi_E^{R^*}}{\partial \beta} < 0 \\
\frac{\partial p_w^{R^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial p_r^{R^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial t^{R^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial e^{R^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial \pi_M^{R^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial \pi_E^{R^*}}{\partial \lambda} > 0 \\
\frac{\partial p_w^{R^*}}{\partial k} < 0, \frac{\partial p_r^{R^*}}{\partial k} < 0, \frac{\partial t^{R^*}}{\partial k} < 0, \frac{\partial e^{R^*}}{\partial k} < 0, \frac{\partial \pi_M^{R^*}}{\partial k} < 0, \frac{\partial \pi_E^{R^*}}{\partial k} < 0
\end{aligned}$$

推论 1 表明, 在转售模式下, 制造商和电商平台的利润最大化策略受到绿色技术投入成本效率、消费者对绿色技术投入和营销努力的敏感性、营销投入成本效率、以及政府补贴比例等因素的显著影响。随着绿色技术投入的成本上升, 制造商为了降低成本, 将减少绿色技术投入。这将导致消费者需求减少, 因此产品批发价格和零售价格都将下降。同时, 由于需求减少, 电商平台也会减少营销努力, 因此进一步影响供应链成员的利润。 $\theta$  和  $\eta$  的增加表明市场对绿色技术和营销努力的反应更为积极。因此, 制造商和电商平台将会分别增加绿色技术投入和营销努力, 提高产品价格以满足增加的需求, 从而提升双方的利润。营销成本效率的增加意味着营销成本上升, 电商平台会减少营销努力, 这可能导致市场需求和产零售价格下降, 进而影响双方利润。政府补贴比例的增加使得制造商得到的补贴更多, 从而有更多资源投入绿色技术以增加市场需求, 提升产品批发和零售价格, 以及各自的利润。

## 4.2. 代销模式

博弈时序: 制造商先决定绿色技术投入度  $t$  和单位产品的零售价格  $p_m$ , 然后, 平台决定营销努力程度  $e$ 。代销模式下, 市场需求函数、制造商和平台的利润函数分别为:

$$\begin{aligned}
D_A &= a - p_m + \theta t + \eta e \\
\pi_M &= (1 - \varphi) p_m D_A - \frac{\beta t^2}{2} + \frac{\lambda \beta t^2}{2} \\
\pi_E &= \varphi p_m D_A - \frac{ke^2}{2}
\end{aligned}$$

**命题 2** 代销模式下产品最优零售价格  $p_m^{A^*}$ ; 制造商最优绿色技术投入  $t^{A^*}$ ; 平台最优营销努力  $e^{A^*}$ ; 制造商最优利润  $\pi_M^{A^*}$ ; 平台最优利润  $\pi_E^{A^*}$ 。

**推论 2:**

$$\begin{aligned}
\frac{\partial p_m^{A^*}}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial t^{A^*}}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial e^{A^*}}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial \pi_M^{A^*}}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial \pi_E^{A^*}}{\partial \theta} > 0 \\
\frac{\partial p_m^{A^*}}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial t^{A^*}}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial e^{A^*}}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial \pi_M^{A^*}}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial \pi_E^{A^*}}{\partial \eta} > 0 \\
\frac{\partial p_m^{A^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial t^{A^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial e^{A^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \pi_M^{A^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \pi_E^{A^*}}{\partial \beta} < 0 \\
\frac{\partial p_m^{A^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial t^{A^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial e^{A^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial \pi_M^{A^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial \pi_E^{A^*}}{\partial \lambda} > 0 \\
\frac{\partial p_m^{A^*}}{\partial k} < 0, \frac{\partial t^{A^*}}{\partial k} < 0, \frac{\partial e^{A^*}}{\partial k} < 0, \frac{\partial \pi_M^{A^*}}{\partial k} < 0, \frac{\partial \pi_E^{A^*}}{\partial k} < 0
\end{aligned}$$

由推论 2 可知, 在代销模式下, 制造商直接面向市场定价, 而电商平台通过营销努力促进销售, 其收益主要来自于销售佣金。绿色技术投入的成本效率降低将导致制造商减少绿色技术投入, 从而减少了

消费者需求, 降低零售价格, 因此影响制造商和电商平台的利润。市场对绿色技术和营销的高反应性将鼓励制造商增加绿色投入和电商平台加大营销努力, 提升销售价格和需求, 增加双方利润。营销成本的增加会使电商平台减少营销努力, 降低需求和销售佣金, 影响双方利润。政府补贴的增加使得制造商的净成本降低, 能够更多地投入绿色技术, 提高销售价格和需求, 增加自身及电商平台的利润。

### 4.3. 在线销售模式比较分析

比较命题 1 和命题 2 求得的产品最优零售价; 最优绿色技术投入; 制造商的最优利润以及平台的最优利润, 可得命题 3。

**命题 3** 当  $\varphi = \frac{1}{2}$ ,  $p_r^{R*} = p_m^{A*}$ ,  $t^{R*} = t^{A*}$ ,  $\pi_M^{R*} = \pi_M^{A*}$ , 且

$$y = k^2(k - \eta^2) \left( -\eta^2(3\theta^4 + 8\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 8\beta^2(-1 + \lambda)^2) + k(5\theta^4 + 16\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 16\beta^2(-1 + \lambda)^2) \right) \left( k(\theta^2 + 4\beta(-1 + \lambda)) - 2\beta\eta^2(-1 + \lambda) \right)^2 (-1 + \lambda)^4$$

$$\varphi > \left( k \left( -k\eta^2(\theta^4 + 2\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 8\beta^2(-1 + \lambda)^2) + k^2(3\theta^4 + 12\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 16\beta^2(-1 + \lambda)^2) - 2\beta\eta^4\theta^2(-1 + \lambda) \right) (-1 + \lambda)^2 + \sqrt{y} \right) / \left( 2(k^3\theta^4 + k^2\eta^2(\theta^4 + 16\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 24\beta^2(-1 + \lambda)^2) - 4k\beta\eta^4(2\theta^2 + 5\beta(-1 + \lambda))(-1 + \lambda) + 4\beta^2\eta^6(-1 + \lambda)^2) (-1 + \lambda)^2 \right)$$

或者当

$$\varphi > \left( k \left( -k\eta^2(\theta^4 + 2\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 8\beta^2(-1 + \lambda)^2) + k^2(3\theta^4 + 12\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 16\beta^2(-1 + \lambda)^2) - 2\beta\eta^4\theta^2(-1 + \lambda) \right) (-1 + \lambda)^2 + \sqrt{y} \right) / \left( 2(k^3\theta^4 + k^2\eta^2(\theta^4 + 16\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 24\beta^2(-1 + \lambda)^2) - 4k\beta\eta^4(2\theta^2 + 5\beta(-1 + \lambda))(-1 + \lambda) + 4\beta^2\eta^6(-1 + \lambda)^2) (-1 + \lambda)^2 \right)$$

$$\pi_E^{R*} > \pi_E^{A*},$$

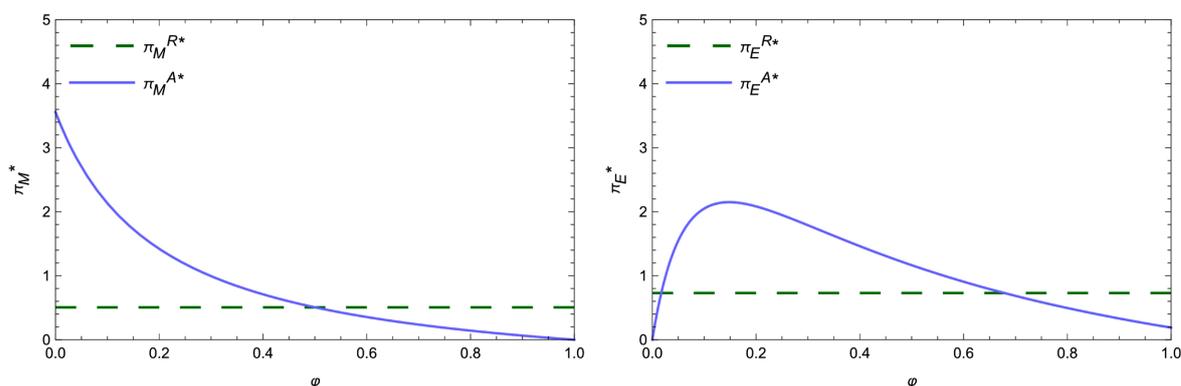
反之  $\pi_E^{R*} < \pi_E^{A*}$ 。

命题 3 可用图 1 表示, 为了反映模型特征, 使结果更加清晰明了, 设定  $a = 1$ ,  $\theta = 0.75$ ,  $\eta = 0.7$ ,  $\beta = 0.55$ ,  $k = 0.85$ ,  $\lambda = 0.45$ 。

命题 3 意味着, 当  $\varphi = 1/2$ , 即平台收取的佣金比率为 50% 时, 单位产品的最优零售价在转售模式和代销模式下相同, 制造商的最优绿色技术投入和最优利润也相同。然而, 平台的最优利润取决于佣金比例  $\varphi$  的范围。当  $\varphi$  满足一定的阈值, 即  $\varphi$  较小或较大时, 转售模式下平台的最优利润优于代销模式, 当  $\varphi$  适中时, 平台在代销模式下的利润优于转售模式, 且此时对于制造商而言同样是最优利润, 即他们都倾向于代销模式。如图 1 所示。

政府补贴和平台佣金率的结合使得制造商在两种销售模式下的绿色技术投入和利润达到平衡。佣金率为 50% 时, 政府补贴对制造商的激励效果在两种模式下相同, 因此制造商的最优绿色技术投入和利润也相同。然而, 当平台佣金率  $\varphi$  较小时, 制造商对产品的绿色技术投入更高, 而佣金率较低意味着平台从代销模式中获得的收入较少。此时, 平台通过转售模式以较高的零售价出售产品, 可以获得更多的利

润。当平台佣金率  $\varphi$  较大时, 高佣金率增加了制造商的成本负担, 制造商在代销模式下的利润减少, 从而减少对绿色技术的投入。平台通过转售模式可以更好地控制价格和利润。此外, 在适中的佣金率下, 代销模式下制造商和平台都能获得最优利润, 实现双赢。因为适中的佣金率和政府补贴的结合, 能够激励制造商增加绿色技术投入, 提高产品的环保性能, 进而提高市场竞争力和销售量, 同时平台也能通过合理的佣金率获得稳定的收入。制造商和平台在代销模式下的利益更加平衡, 共同推动产品销售和绿色技术应用。



**Figure 1.** The impact of commission rates on manufacturer and platform profits under different sales models  
**图 1.** 不同销售模式下佣金率对制造商和平台利润的影响

#### 4.4. 社会福利比较分析

政府补贴降低了制造商的绿色技术投入成本, 因此激励制造商增加对绿色技术的投资, 有助于减少环境污染, 提高产品的环保性, 推动可持续发展, 从而有利于绿色供应链整体效益和社会福利。基于前面建立的模型, 社会福利可表示为制造商的利润与平台的利润之和。笔者用  $SW_1$  表示转售模式下的社会福利,  $SW_2$  表示代销模式下的社会福利。比较分析不同销售模式下的社会福利, 可得命题 4。

**命题 4** 当

$$y = k^2(k - \eta^2) \left( -\eta^2(3\theta^4 + 8\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 8\beta^2(-1 + \lambda)^2) + k(5\theta^4 + 16\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 16\beta^2(-1 + \lambda)^2) \right) \left( k(\theta^2 + 4\beta(-1 + \lambda)) - 2\beta\eta^2(-1 + \lambda) \right)^2 (-1 + \lambda)^4$$

$$\frac{1}{2} > \varphi > - \left( -k \left( -k\eta^2(\theta^4 + 2\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 8\beta^2(-1 + \lambda)^2) + k^2(3\theta^4 + 12\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 16\beta^2(-1 + \lambda)^2) - 2\beta\eta^4\theta^2(-1 + \lambda) \right) (-1 + \lambda)^2 + \sqrt{y} \right)$$

$$SW_2 > SW_1 ;$$

$$1 > \varphi > \left( k \left( -k\eta^2(\theta^4 + 2\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 8\beta^2(-1 + \lambda)^2) + k^2(3\theta^4 + 12\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 16\beta^2(-1 + \lambda)^2) - 2\beta\eta^4\theta^2(-1 + \lambda) \right) (-1 + \lambda)^2 + \sqrt{y} \right) / \left( 2(k^3\theta^4 + k^2\eta^2(\theta^4 + 16\beta\theta^2(-1 + \lambda) + 24\beta^2(-1 + \lambda)^2) - 4k\beta\eta^4(2\theta^2 + 5\beta(-1 + \lambda))(-1 + \lambda) + 4\beta^2\eta^6(-1 + \lambda)^2) \right) (-1 + \lambda)^2$$

$$SW_2 < SW_1 \circ$$

命题 4 可用图 2, 图 3 表示, 不失一般性, 设定  $a=1$ ,  $\theta=0.75$ ,  $\eta=0.7$ ,  $\beta=0.55$ ,  $k=0.85$ ,  $\lambda=0.45$ ,  $\varphi=0.15/0.75$ 。为了便于比较分析同时验证结论, 图 3 中精确了政府补贴比例的范围。

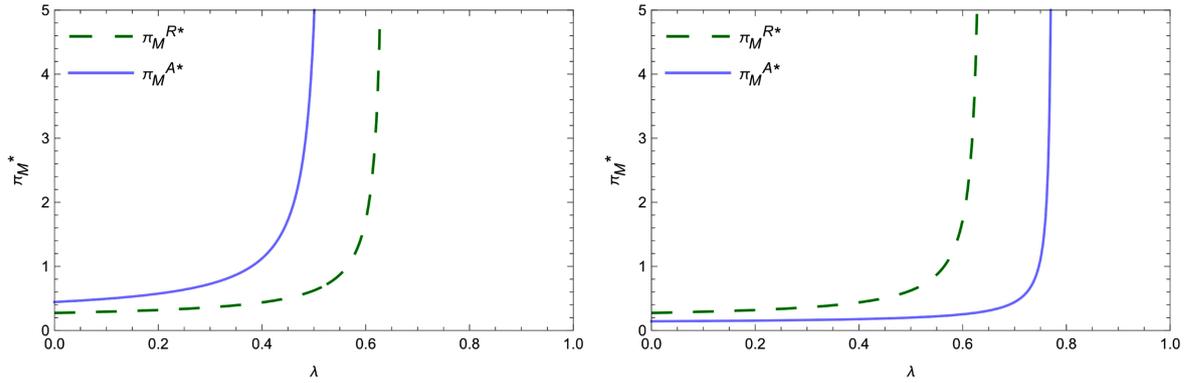


Figure 2. Effects of government subsidies on ratio on the optimal profit of the manufacturer under different commission rates ( $\varphi = 0.15 / 0.75$ )

图 2. 不同佣金率下 ( $\varphi = 0.15 / 0.75$ ) 政府补贴比例对制造商最优利润的影响

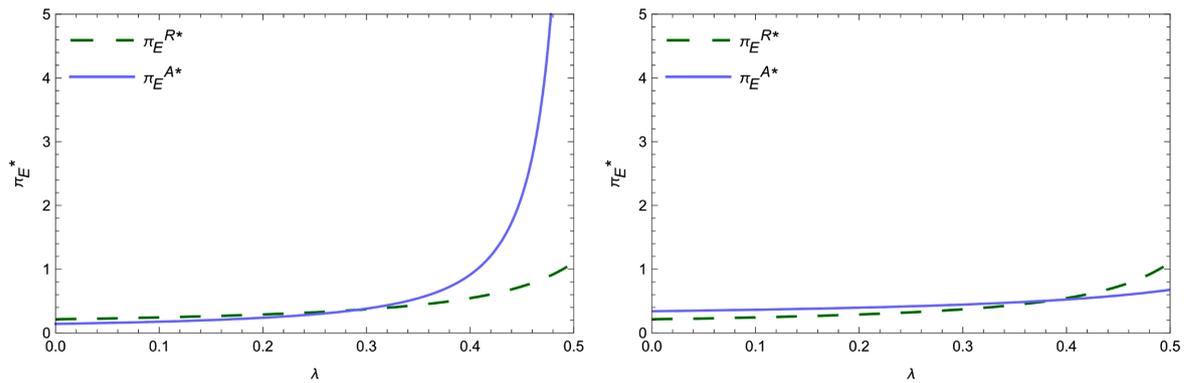


Figure 3. Effects of government subsidies ratio on the optimal profit of the platform under different commission rates ( $\varphi = 0.15 / 0.75$ )

图 3. 不同佣金率下 ( $\varphi = 0.15 / 0.75$ ) 政府补贴比例对平台最优利润的影响

命题 4 表明, 不同销售模式下的社会福利与佣金率及政府补贴力度有关。当佣金率较小且政府对制造商绿色技术投入补贴力度适中, 代销模式相较于转售模式更能够提升社会福利。若佣金率较大且政府对制造商的绿色技术投入补贴力度适中, 与代销模式相比, 转售模式更能提高社会福利。

在代销模式下, 较小的佣金率意味着制造商可以保留更多的销售收入, 从而有更多的资金进行绿色技术投入。制造商增加绿色投入, 消费者可能更加愿意购买绿色产品, 因此促进了绿色技术的普及和环境保护, 提高了社会福利。然而, 较高的佣金率使得制造商在代销模式下的收益减少, 转售模式成为更具吸引力的选择, 这种情况下制造商通过批发价销售产品, 减少对佣金的依赖从而维持较高的绿色技术投入水平。适当的政府补贴力度能够激励制造商投入绿色技术, 提高产品的环保性能。因为过低的补贴不足以激励制造商进行额外的绿色投入, 而过高的补贴则可能导致资源浪费和市场失衡。因此, 制造商和电商平台在选择销售模式时应根据政策环境和市场条件, 动态调整销售模式, 最大化自身利益的同时提升社会福利。政府在制定绿色技术补贴政策时需要考虑补贴力度的适中性, 避免过高或过低的补贴对市场机制和资源配置产生负面影响。在不同的市场环境和佣金结构下, 政府应灵活调整补贴政策, 以最

大化社会福利和环境效益。

## 5. 结束语

本文通过构建一个制造商和一个电商平台的绿色供应链模型,研究了政府对制造商绿色技术投入进行补贴下制造商和电商平台的最优销售模式。研究发现:无论何种销售模式,制造商的最优绿色技术投入和平台的最优营销努力都随着政府补贴力度的增加而增加;政府补贴环境下,平台佣金率对供应链双方的销售模式选择有显著影响,当佣金比率较小时,制造商(平台)在代销(转售)模式下的最优利润高于转售(代销)模式,当佣金比率适中时,制造商和平台在代销模式下的利润都高于转售模式,此时双方都倾向于选择代销模式,实现绿色供应链成员双赢;佣金比率较低且政府补贴比例适中时,相较于转售模式,代销模式更能够提升社会福利,而当佣金比率较高且政府补贴比例适中时,与代销模式相比,转售模式更能够提升社会福利。所以供应链中合理的政府补贴和佣金率设置能优化成员的利润分配,推动绿色技术普及和可持续发展。

此外,本文建立的模型基于一些假设条件。因此,研究结果存在一定的局限性,未来的研究可以进一步探讨实际市场因素,如消费者环保意识变化和市场竞争对供应链决策的影响。

## 参考文献

- [1] Cheng, F., Chen, T., Shen, Y. and Jing, X. (2022) Impact of Green Technology Improvement and Store Brand Introduction on the Sales Mode Selection. *International Journal of Production Economics*, **253**, Article ID: 108587. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108587>
- [2] Abhishek, V., Jerath, K. and Zhang, Z.J. (2016) Agency Selling or Reselling? Channel Structures in Electronic Retailing. *Management Science*, **62**, 2259-2280. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2015.2230>
- [3] 赖雪梅, 聂佳佳. 风险规避对制造商电商平台销售模式选择的影响[J]. 管理工程学报, 2022, 36(4): 240-248.
- [4] 王雨亭, 陈克红, 王兰婷, 等. 考虑退货的电商平台销售策略[J]. 运筹与管理, 2022, 31(4): 163-168.
- [5] Zhang, X. and Hou, W. (2022) The Impacts of E-Tailer's Private Label on the Sales Mode Selection: From the Perspectives of Economic and Environmental Sustainability. *European Journal of Operational Research*, **296**, 601-614. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.04.009>
- [6] Li, J., Wang, H., Shi, V. and Sun, Q. (2024) Manufacturer's Choice of Online Selling Format in a Dual-Channel Supply Chain with Green Products. *European Journal of Operational Research*, **318**, 131-142. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.04.038>
- [7] 潘晨, 杨柏, 冯鹤林, 等. 碳交易制度下绿色供应链不同成本分担合同选择[J]. 系统工程学报, 2023, 38(4): 555-576.
- [8] 王良, 赖家豪. 考虑柔性期权与远期合约的绿色供应链决策研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(10): 61-73.
- [9] Davoudi, Z., Seifbarghy, M., Sarkar, M. and Sarkar, B. (2023) Effect of Bargaining on Pricing and Retailing under a Green Supply Chain Management. *Journal of Retailing and Consumer Services*, **73**, Article ID: 103285. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103285>
- [10] 林志炳, 张俊超. 信息不对称下绿色供应链延保服务策略研究[J]. 运筹与管理, 2024, 33(4): 159-166.
- [11] Pal, B., Sarkar, A. and Sarkar, B. (2023) Optimal Decisions in a Dual-Channel Competitive Green Supply Chain Management under Promotional Effort. *Expert Systems with Applications*, **211**, Article ID: 118315. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118315>
- [12] 冯颖, 汪梦园, 张炎治, 等. 制造商承担社会责任的绿色供应链政府补贴机制[J]. 管理工程学报, 2022, 36(6): 156-167.
- [13] 贺勇, 陈志豪, 廖诺. 政府补贴方式对绿色供应链制造商减排决策的影响机制[J]. 中国管理科学, 2022, 30(6): 87-98.
- [14] Zhong, Y., Yang, T., Yu, H., Zhong, S. and Xie, W. (2023) Impacts of Blockchain Technology with Government Subsidies on a Dual-Channel Supply Chain for Tracing Product Information. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **171**, Article ID: 103032. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103032>
- [15] 尚文芳, 滕亮亮. 考虑政府补贴和销售努力的零售商主导型绿色供应链博弈策略[J]. 系统工程, 2020, 38(2): 40-50.

- [16] 周艳菊, 胡凤英, 周正龙. 零售商主导下促进绿色产品需求的联合研发契约协调研究[J]. 管理工程学报, 2020, 34(2): 194-204.
- [17] 浦徐进, 龚磊, 张兴. 考虑零售商公平偏好的促销努力激励机制设计[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(9): 2271-2279.