

doi: 10.3969/j.issn.1007-7375.240170

考虑绿色减排的代工行业结构优化研究

林泽源, 余 晓, 徐 茜

(中国计量大学 经济与管理学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 针对代工行业生产排放超标、减排管理不当等问题, 为研究同步实现经济发展与绿色生产的现实路径, 构建绿色减排的原始设备制造商 (OEM) 和减排成本共担的原始设计制造商 (ODM) 代工结构, 对比两种代工结构下经济效益与绿色效益的异质性表现, 重点讨论相关因素变化对参与企业最佳决策的影响。研究发现: 成本共担的 ODM 结构最优减排水平更高; 随着绿色生产水平的提升, 成本共担的 ODM 结构的经济效益优势也逐渐明显, 促进产业向更绿色的代工结构转型; 但是考虑到绿色技术成本投入的增加, 企业可能会为了追求经济效益而忽略减排效果不佳的现象, 因此, 技术创新至关重要。

关键词: 原始设备制造商 (OEM); 原始设计制造商 (ODM); 绿色减排; 产业结构; Stackelberg 博弈

中图分类号: C93

文献标志码: A

文章编号: 1007-7375(xxxx)x-0001-09

Research on the Optimization of the Structure of the OEM Industry Considering Green Emission Reduction

LIN Zeyuan, YU Xiao, XU Qian

(School of Economics and Management, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Considering the pressing issues of excessive emissions and inadequate emission reduction management in the OEM industry, a green emission reduction OEM model and an ODM model with shared emission reduction costs are established to explore practical pathways for concurrently achieving economic development and green production. This paper compares the economic and environmental performance of these two models, focusing on how changes in key factors affect the optimal decision-making of participating firms. The results show that the ODM model with cost-sharing achieves higher optimal emission reduction levels. As green production levels improve, the economic benefits of the cost-sharing ODM model become increasingly pronounced, encouraging a shift towards greener outsourcing structures. However, considering the rising costs associated with green technology innovation, firms may prioritize economic benefits at the expense of effective emission reduction. Therefore, the technological innovation is critical.

Key words: original equipment manufacturer(OEM); original design manufacturer(ODM); green emission reduction; industrial structure; Stackelberg game

原始设备制造商 (original equipment manufacturer, OEM) 和原始设计制造商 (original design manufacturer, ODM) 为代表的代工行业极大地推动了我国经济的发展。根据《2023—2029 年中国代工市场调查、行业调研、深度分析报告》, 2027 年我国代工行业市场规模将达到 7.46 万亿元。然而, 我国代工行业繁荣发展的背后是以长期的粗加工生产、生产

排放超标为代价。根据美国消费者新闻与商业频道 (CNBC) 统计^[1], 仅 2020 年, 位于中国台湾的全球最大代工厂台积电的碳排放量为 1 500 万 t, 数值超过了美国汽车巨头通用汽车公司。我国代工行业存在巨大减排空间, 而“双碳”战略目标的提出也要求各产业向绿色低碳转型, 因此兼具考虑经济效益和绿色效益, 研究代工行业中参与企业的最佳决策,

收稿日期: 2024-04-16

基金项目: 浙江省科技计划软科学资助项目 (2023C35028)

作者简介: 林泽源 (2000—), 男, 辽宁省人, 硕士研究生, 主要研究方向为绿色经济与绿色产业链。Email: linzeyuan0528@163.com

对解决环境资源问题，同步实现产业经济发展和绿色转型具有重要的理论和现实意义。

区别于传统行业的合作与分工产业链，代工的核心本质在于其独有的“轻资产”的结构特性，使得专业化生产水平更高的代工制造商可以获得更多收入，而品牌公司可以将资源进行更有效的分配^[2]，从而放大了“既竞争、又合作”带来的经济优势^[3]，因此，与本文相关的一类研究聚焦于不同结构下如何实现经济效益最大化及影响因素分析。一些学者考虑到日益激烈的市场竞争和代工合作模式多样化的趋势，研究不同博弈阶段下企业的最优策略^[4]；王绪金等^[5]则针对 OEM 结构下的最优外包策略设计了定价契约机制以实现供应链协调；Zhang 等^[6]注意到代工制造商不断提升技术水平可以自行生产的情况，研究产业经济效益和参与企业的最佳决策如何变化，比如京东京造、苏宁苏鲜生等制造商引入的自有品牌可以缓解供应链的双重边际效应^[7]，但当技术水平足够高时，相较于 ODM，OEM 结构中更高的产品溢价可能损害社会福利^[8]。同时，不同因素在代工结构中的影响不均衡可能会导致无法创造最佳价值^[9]。刘家国等^[8]强调了技术创新在 OEM 和 ODM 等代工结构中的关键作用，而在农业和制造业外包过程中消费者的不同“口味”比成本更加重要^[10]，反过来本地制造商选择外包代工也会促进国内就业并优化产业结构^[11]。

与本文相关的第二类研究是关于代工行业的绿色效益与减排生产，然而，此前关于代工行业的有关研究主要集中在定价决策和产品转型等^[12-18]，仍有以下问题需要深入研究：1) 既有研究缺少从代工结构自身差异的视角讨论绿色效益的异质性表现，尤其是产业结构对减排生产的作用愈发重要^[6]，需要从产业结构调整的关键角度分析品牌商与制造商的绿色效益和经济效益情况；2) 现有文献虽然在经济效益上解释了代工行业与传统制造业在产品附加值及决策自主性等方面的不同^[15]（如成本分担与收益分享^[17]），但由于经济效益和绿色效益不可避免地存在一定的冲突^[18]，没有考虑到绿色减排因素对于不同代工结构成本分担和收益分享的重要影响。针对上述问题，本文构建绿色减排的 OEM 和绿色减排成本共担的 ODM 两种代工结构，重点讨论不同代工结构下减排水平、减排效率的不同表现，以此综合考虑代工结构的最佳决策，旨在为我国代工企业

转型升级以及实现绿色减排生产提供理论支持和现实参考。

1 问题描述与模型构建

1.1 问题描述

本文构建由一个品牌商与代工制造商构成的 Stackelberg 博弈，将绿色减排因素加入模型，建立绿色减排的 OEM 代工结构（以下简称绿色减排的 OEM）与绿色减排成本共担的 ODM 代工结构（以下简称成本共担的 ODM）。其中，绿色减排的 OEM 结构下，代工制造商负责生产产品，以一定的批发价售至品牌方，此时代工制造商投入技术成本以实现绿色减排，品牌商销售产品盈利；成本共担的 ODM 结构下，代工制造商生产产品并直接销售，品牌商按一定的比例从销售收益中抽取利润，但与 OEM 和传统 ODM 结构不同，此时代工制造商付出的绿色技术创新成本由双方按比例共同承担。

代工制造商和品牌商作为博弈的两个决策主体，各自决策以求得自身利益最大化。其中，绿色减排的 OEM 结构下博弈的决策顺序为：在确定合作模式的情况下，代工制造商确定自己的最优减排水平，品牌商基于代工制造商的减排生产水平确定最佳订购量以实现利润最大。成本共担的 ODM 结构下博弈的决策顺序为：在确定合作模式的情况下，代工制造商确定自己的最优减排水平，品牌商基于代工制造商的减排生产水平确定“贴牌”量以实现利润最大。上述设定主要依据如下。

1) 从现实背景角度，2024 年公布并实施的《碳排放权交易管理暂行条例》明确指出，针对碳排放超标等未履约企业，处以营业额 5~10 倍的罚款；

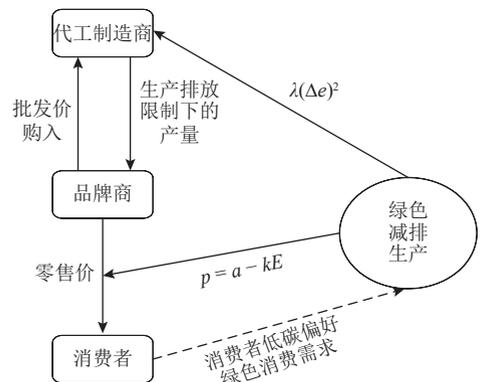


图 1 绿色减排的 OEM

Figure 1 Emission Reduction OEM

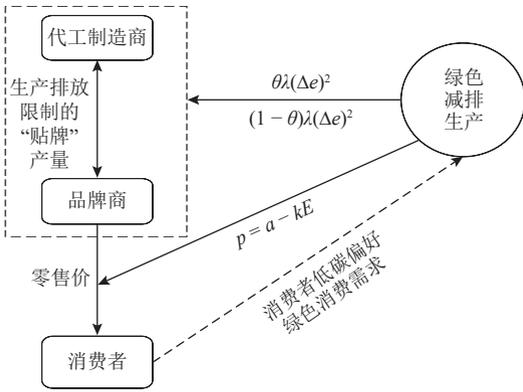


图 2 成本共担的 ODM

Figure 2 Cost-Sharing ODM

情况严重时, 还可责令企业停产整顿。尤其对于构建代工厂绿色生产体系来说, 需要在满足碳排放约束的前提下多方达成共识才能顺利推进, 绿色减排生产已经成为推动产业可持续发展的重要抓手。

2) 从研究逻辑角度, 与普遍采用的“企业实现最佳经济效益前提下, 如何投入减排成本以满足绿色生产的约束”的研究框架不同, 本研究考虑了代工行业在构建绿色生产过程中需面临的多重因素, 包括属地政府的政策约束、品牌商的资金追责与名誉损失、代工厂的减排投入及其所受奖惩机制等^[15], 遵循“满足绿色减排生产约束的条件下, 如何实现不同代工结构的供应链协调”的研究逻辑, 在模型及收益函数中, 代工制造商的产量、最优订购量等均表示为生产排放量(或最优减排水平)的线性函数形式^[19]。

1.2 模型构建与基本假设

在保证模型设定的科学性的前提下简化模型, 研究假设如下:

1) 代工生产排放信息透明, 消费者存在低碳偏好并了解产品的生产排放情况。

2) 成本共担的 ODM 结构下, 代工制造商的生产量等于品牌商的贴牌产量。

3) 参考文献^[3,20-21], 减排技术创新投入成本的上升速度也随减排量的上升而不断加快^[20], 达到一定的碳减排效率所需的投资成本也越多^[20], 故设定两种结构下的绿色技术创新成本 $C_{\lambda} = \lambda(\Delta e)^2$, 即绿色技术创新成本是关于单位减排量的二次方函数形式。

4) 为简化计算过程, 制造商生产边际成本不变且计为 0。现有文献^[19,21]已经证实研发产出水平提升对生产成本具有明显降低作用, 经济效益得到相应提高, 但是绿色技术的创新成本上升速度随减

排量的上升也不断加快, 因此更应关注绿色技术创新成本的变化如何影响企业的最佳决策。

5) 受消费者低碳偏好的消费需求^[21]、属地政府的碳排放限制^[19]的影响, 代工制造商的生产排放(最优减排水平) $E = eq - \Delta e$ 将决定产品售价、产量等。

具体参数含义如表 1 所示, 其中, 相关参数中 E 、 D 分别代表绿色减排的 OEM 结构和成本共担的 ODM 结构。

表 1 变量符号及其含义

Table 1 Symbol description

变量	变量说明
p_i	单位产品零售价, $i = E, D$
w	绿色减排的 OEM 结构下单位产品批发价
e	单位产品生产排放量
k	消费者低碳偏好系数, $k \in (0, 1]$
q_i	绿色减排的 OEM 结构下代工制造商产量 q_E 及成本共担的 ODM 结构下“贴牌”产量 q_D
λ	绿色技术创新成本系数
θ	成本共担的 ODM 结构下品牌商收益及减排成本分担比例系数, $\theta \in (0, 1)$
E_i	生产总排放量, 反映减排效果优劣, $i = E, D$
C_{λ}	绿色技术创新成本
Δe_i	减排生产水平, 反映减排效率高低, $i = E, D$

绿色减排的 OEM 结构下, 品牌商销售单位产品的价格为 $p_E = a - kE_E$, 表示消费者低碳偏好、生产排放量等因素对产品定价的影响, 其中 a 为常数, k 代表消费者低碳偏好系数, E 为代工制造商生产的总排放量, 即 $E_E = eq_E - \Delta e_E$; 减排生产付出的绿色技术创新成本由代工商承担, 为 $C_{\lambda} = \lambda(\Delta e_E)^2$, λ 为绿色技术创新成本系数; 成本共担的 ODM 结构下, 制造商以单位价格 $p_D = a - kE_D$ 销售获利, 品牌商按照比例 θ 向制造商收取利润 $\theta p_D q_D$; 代工制造商为满足减排生产而付出的绿色技术创新成本 $C_{\lambda} = \lambda(\Delta e)^2$ 由双方按相应比例共同承担。

2 模型求解与分析

2.1 绿色减排的 OEM 代工结构

先求博弈的第二阶段, 品牌商根据批发价及最优减排水平确定最优订货量, 即

$$\max \pi_B^E = (p - w)q = [a - k(eq_E - \Delta e_E) - w]q_E. \quad (1)$$

其中, 根据一阶最优条件, 求得最优订购量为

$$q_E^* = \frac{k\Delta e_E + a - w}{2ke}. \quad (2)$$

进入博弈第一阶段, 即代工制造商决定自己的最优减排水平, 此时代工制造商的收益函数为

$$\max \pi_M^E = wq_E^* - \lambda(\Delta e)^2. \quad (3)$$

根据代工制造商收益函数及一阶最优条件, 求得代工制造商最佳减排水平为

$$\Delta e_E^* = \frac{w}{4\lambda e}. \quad (4)$$

求解品牌商在绿色减排的 OEM 结构下最优订购量为

$$q_E^* = \frac{kw + 4\lambda e(a - w)}{8\lambda ke^2}. \quad (5)$$

联立式 (1)~(5), 即可求得考虑绿色减排的 OEM 代工结构下:

代工制造商的生产总排放量为

$$E_E = eq_E - \Delta e_E = \frac{4\lambda e(a - w) - kw}{8\lambda ke}; \quad (6)$$

代工制造商的利润为

$$\pi_M^E = \frac{kw^2 + 8\lambda ew(a - w)}{16\lambda ke^2}; \quad (7)$$

品牌商的利润为

$$\pi_B^E = \frac{[kw + 4\lambda e(a - w)]^2}{64\lambda^2 ke^3}. \quad (8)$$

性质 1 绿色减排的 OEM 结构下,

$$\frac{\partial \Delta e_E^*}{\partial \lambda} < 0, \quad \frac{\partial q_E^*}{\partial k} < 0, \quad \frac{\partial q_E^*}{\partial \lambda} < 0.$$

结论 1 由性质 1 可知, 当其他条件一定时, 绿色减排的 OEM 结构下最优减排水平与消费者低碳偏好系数 k 无关, 且随着绿色技术创新成本系数 λ 的增加而减小。

结论 2 由性质 1 可知, 当其他条件一定时, 绿色减排的 OEM 结构下最优订购量与消费者低碳偏好系数 k 呈反向关系, 且随着绿色技术创新成本系数 λ 的增加而减小。

2.2 成本共担的 ODM 代工结构

成本共担的 ODM 代工结构下, 代工制造商直接销售产品获利, 品牌商按收益及减排成本分担比例系数 θ 向代工制造商收取利润, 同时绿色减排所投入的成本由品牌商和代工制造商按系数 θ 比例共同承担。先求博弈第二阶段, 品牌商根据代工制造商的最优减排水平给定的最佳订购量为

$$\max \pi_B^D = \theta p_D q_D - \theta \lambda (\Delta e_D)^2 = \theta [-2keq_D^2 + (a + k\Delta e_D)q_D] - \theta \lambda (\Delta e_D)^2. \quad (9)$$

根据一阶最优条件, 可以求得品牌商最佳订购量为

$$q_D^* = \frac{a + k\Delta e_D}{2ke}. \quad (10)$$

$$\max \pi_M^D = p_D q_D^* - \theta p_D q_D^* - (1 - \theta) \lambda (\Delta e_D)^2. \quad (11)$$

根据一阶最优条件, 求得代工制造商最优减排水平为

$$\Delta e_D^* = \frac{a}{4\lambda e - k}; \quad (12)$$

求得品牌商最优订购量为

$$q_D^* = \frac{2\lambda a}{k(4\lambda e - k)}. \quad (13)$$

联立式 (9)~(13), 即可求得成本共担的 ODM 结构下:

代工制造商的生产总排放量为

$$E_D = eq_D^* - \Delta e_D^* = \frac{a(2\lambda e - k)}{k(4\lambda e - k)}; \quad (14)$$

代工制造商的利润为

$$\pi_M^D = \frac{\lambda(1 - \theta)a^2}{k(4\lambda e - k)}; \quad (15)$$

品牌商的利润为

$$\pi_B^D = \frac{\lambda\theta a^2}{k(4\lambda e - k)}. \quad (16)$$

性质 2 成本共担的 ODM 结构下,

$$\frac{\partial \Delta e_D^*}{\partial \lambda} < 0, \quad \frac{\partial \Delta e_D^*}{\partial k} > 0, \quad \frac{\partial q_D^*}{\partial \lambda} < 0.$$

性质 3 成本共担的 ODM 结构下,

$$\frac{\partial q_D^*}{\partial k} = \frac{4\lambda a(2\lambda e - k)}{[k(4\lambda e - k)]^2}.$$

因为各常数为正数, 且生产总排放量 E_D 为大于 0 的有效解, 故 $2\lambda e - k > 0$, 即可求得 $\frac{\partial q_D^*}{\partial k} < 0$ 。

结论 3 由性质 2 可知, 当其他条件一定时, 成本共担的 ODM 结构下最优减排水平与消费者低碳偏好系数 k 成正向关系, 即消费者低碳偏好越强烈, 最优减排水平越高; 最优减排水平随着绿色技术创新成本系数 λ 的增加而减小。

结论 4 由性质 2 和性质 3 可知, 当其他条件

一定时, 成本共担的 ODM 结构下最优订购量与消费者低碳偏好系数 k 呈反向关系, 且随着绿色技术创新成本系数 λ 增加而减小。

2.3 两种结构下的经济效益

绿色减排的 OEM 和成本共担的 ODM 代工结构下, 代工制造商的利润分别为

$$\pi_M^E = \frac{kw^2 + 8\lambda ew(a-w)}{16\lambda ke^2}; \quad (17)$$

$$\pi_M^D = \frac{\lambda(1-\theta)a^2}{k(4\lambda e - k)}. \quad (18)$$

品牌商的利润分别为

$$\pi_B^E = \frac{[kw + 4\lambda e(a-w)]^2}{64\lambda^2 ke^3}; \quad (19)$$

$$\pi_B^D = \frac{\lambda\theta a^2}{k(4\lambda e - k)}. \quad (20)$$

当比例系数 θ 满足如下条件时:

$$\theta \in \left(\frac{[kw + 4\lambda(a-w)e]^2(4\lambda e - k)}{64\lambda^2 a^2 e^2}, \frac{kw(kw + 4\lambda e - 8\lambda ae)}{16\lambda^2 a^2 e^2} + \frac{(a-w)^2 + w^2}{a^2} \right),$$

成本共担的 ODM 结构下, 代工制造商和品牌商的各自收益均高于绿色减排的 OEM 结构下对应收益。

反之, 当比例系数 θ 处于该区间以外且 $\theta \in (0, 1)$ 时, 绿色减排的 OEM 结构下对应收益更高。

2.4 两种结构下的绿色效益

2.4.1 最优减排水平对比

$$\Delta(\Delta e^*) = \Delta e_D^* - \Delta e_E^* = \frac{a}{4\lambda e - k} - \frac{w}{4\lambda e} = \frac{4\lambda e(a-w) + kw}{4\lambda e(4\lambda e - k)}.$$

因为各常数为正数, 且各命题解为大于 0 的有效解, 由 $p = a - kE > w$ 可得 $a - w > 0$, 又有 $kw > 0$, $4\lambda e > 0$ 且 $4\lambda e - k > 0$, 故成本共担的 ODM 结构下代工制造商的最优减排水平高于绿色减排的 OEM 结构下的最优减排水平, 即

$$\Delta(\Delta e^*) = \Delta e_D^* - \Delta e_E^* = \frac{4\lambda e(a-w) + kw}{4\lambda e(4\lambda e - k)} > 0.$$

2.4.2 生产总排放量对比

$$\Delta E = E_E - E_D = \frac{4\lambda e(a-w) - kw}{8\lambda ke} - \frac{a(2\lambda e - k)}{k(4\lambda e - k)} = \frac{k^2 w + 4\lambda ake - 16\lambda^2 w e^2}{8\lambda ke(4\lambda e - k)}.$$

因为各常数为正数, 各命题解为大于 0 的有效解, 且 $8\lambda ke > 0$, $4\lambda e - k > 0$, 当满足 $a > \frac{(4\lambda e - k)(kw + 4\lambda we)}{4\lambda ke}$ 时, 成本共担的 ODM 结构下代工商的生产总排放量小于绿色减排的 OEM 结构下代工商的生产总排放量。

3 仿真分析

针对绿色减排的 OEM 和成本共担的 ODM 两种结构, 本节将通过数值仿真研究两种代工结构下收益、减排效果和减排效率的表现差异, 进一步分析不同因素如何影响代工模式的收益结果及最佳决策选择变化, 结合现有文献^[15, 19, 21], 设置初始值 $a = 80$, $e = 0.8$, $w = 15$, 分别讨论相关参数的影响。

3.1 收益及减排成本分担比例系数 θ 变化分析

在成本共担的 ODM 代工结构中, 收益及减排成本分担比例系数的变化只影响品牌商和代工制造商各自的利润收益, 因此设 $\lambda = 1.2$, $k = 1$, 分析该比例系数变化对品牌商和代工制造商各自的收益影响。

结合图 3 可知, 当比例系数 θ 保持在一定区间时, 品牌商会出于追求自身经济效益更出色的动机, 促使双方选择成本共担的 ODM 结构, 同时实现减排生产; 反之, 当比例系数 θ 超出或低于区间阈值时, 品牌商过多承担技术创新成本, 代工制造商单一投入过高成本都会使双方担心自身收益受损的风险而倾向于选择绿色减排的 OEM 代工结构, 导致 OEM 结构虽能产生更好的经济效益, 但该结构下生产排放量更大, 减排水平更低, 以牺牲环境的代价来保证自身收益。

由表 2 可见, 随着绿色生产水平的不断提高, 收益及减排成本比例系数的区间范围随即扩大。一方面, 随着绿色技术成本的持续投入和产品绿色度的提高, 企业的绿色生产水平也在逐步提升。品牌商承担的减排技术成本比例系数逐渐下降, 导致成本共担的 ODM 结构下的经济效益仍高于绿色减排的 OEM 结构。另一方面, 尽管代工制造商在成本共担的 ODM 结构下不断投入成本以实现绿色生产, 但消费者的低碳偏好和绿色意识的提升导致其产品定价和最佳订购量带来的经济效益提升远超过绿色技术成本的投入增加。因此, 代工制造商可以在承担较大的绿色减排投入的同时保持经济效益的良性发展。

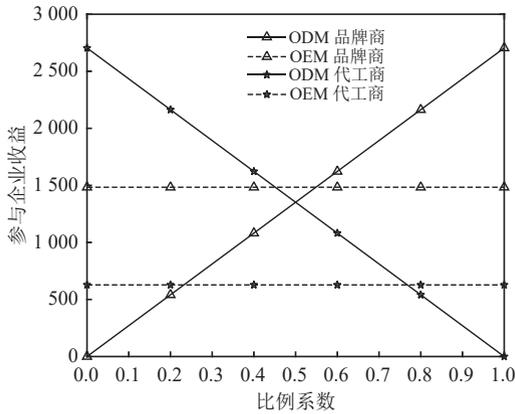


图3 收益及减排成本比例与经济效益

Figure 3 Cost ratios vs. Economic benefits

表2 绿色生产水平与比例系数

Table 2 Green production and Cost ratios

e	比例系数区间下限	比例系数区间上限
1.0	0.574	0.753
0.9	0.563	0.760
0.8	0.549	0.767
0.7	0.530	0.778
0.6	0.503	0.793
0.5	0.462	0.813
0.4	0.396	0.845

3.2 消费者低碳偏好系数 k 变化分析

设 $\lambda = 1.2$, $\theta = 0.65$, 分析消费者低碳偏好系数 $k \in (0, 1]$ 对经济效益和绿色效益的影响。首先, 从绿色效益维度, 讨论消费者低碳偏好对于绿色减排的 OEM 和成本共担的 ODM 结构影响以及两种结构的异质性表现, 如图 4、图 5 所示。

其次, 综合经济效益与绿色效益分析最佳决策与产业结构选择, 基于此分析品牌商和代工制造商两种模式下消费者低碳偏好系数 k 变化时双方收益变化, 设利润及成本比例系数 $\theta = 0.65$, 如图 6 所示。

由图 6 可知, 当消费者低碳偏好系数较低, 即消费者的低碳意识较弱时, 品牌商在两种代工结构下利润差距不大, 但成本共担的 ODM 代工模式下品牌商的收益随着消费者低碳偏好的增加逐渐大于绿色减排的 OEM 代工结构下的收益, 且二者差距越来越明显; 而代工制造商对应的收益情况则一直优于绿色减排的 OEM 代工结构下的收益; 消费者低碳偏好及绿色意识的增加有助于推动品牌商与代工制造商达成成本共担的 ODM 模式合作。这种合作通过促进减排效果和减少生产排放来提高产品定

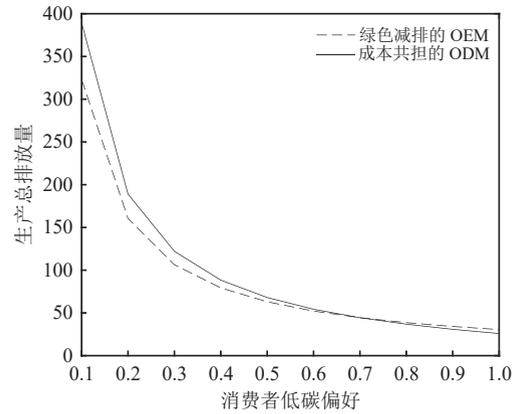


图4 消费者低碳偏好与生产总排放量

Figure 4 Low-carbon preferences and total emissions

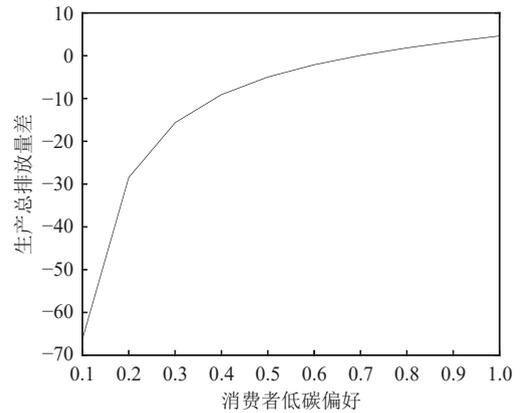


图5 两种结构的的生产排放量差

Figure 5 Differential production emissions

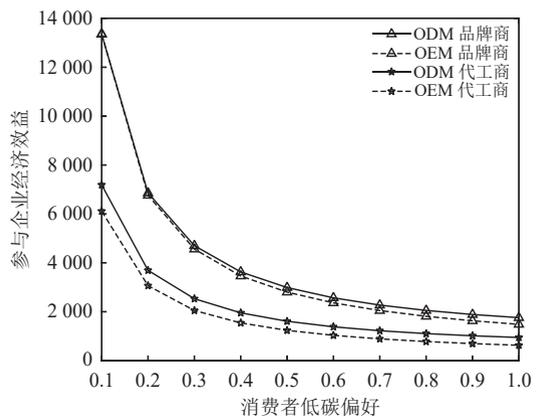


图6 消费者低碳偏好与经济效益

Figure 6 Low-carbon preferences and economic benefits

价, 激励品牌商和代工企业积极承担减排责任; 同时, 结合图 3、图 4, 成本共担的 ODM 在经济效益和绿色效益均更加出色。

但是, 随着消费者绿色意识的提升, 两种结构下参与企业的收益均呈现下降趋势, 其原因是越来

越多的消费者有坚定的环保意识和绿色消费理念, 更愿意购买使用绿色产品并积极地进行绿色消费, 长期来看不能一味地依靠减排成本的投入, 绿色生产技术的创新将发挥更关键的作用。

3.3 绿色技术创新成本系数 λ 变化分析

绿色技术创新成本系数 λ 体现绿色技术创新投入边际成本的变化, 不仅直接影响品牌商与代工双方收益, λ 的变化更反映减排投入产出效果及效率的不同, 可能会出现付出更多绿色减排成本换取微量的利润增加, 导致减排产出及效率不升反降的情况。为此, 设 $k=1$, $\theta=0.65$, 讨论绿色技术创新成本系数 λ 对不同代工结构下双方经济效益和绿色效益的差异。

结合图 7 和图 8 可知, 成本共担的 ODM 结构下品牌商与代工制造商各自的利润始终更高且差距明显, 且当绿色技术创新成本系数较低时, 成本共担的 ODM 结构下生产排放量处于更低水平, 此时绿色减排的技术创新投入有效地促进了代工制造商的低碳减排, 实现高效地绿色生产; 尽管双方的收益都因减排成本的增加而减少, 但由于利润收益仍是品牌商与代工制造商的首要关注点, 成本共担的 ODM 结构在利润上始终领先于绿色减排的 OEM 结构, 这促使双方更倾向于选择后者的合作模式。

由图 8 可见, 绿色技术创新成本系数较高时成本共担的 ODM 结构下代工制造商的生产总排放量会超过绿色减排的 OEM 结构下对应的排放量, 这是因为虽然此时成本共担的 ODM 代工结构有着更佳的最优减排水平, 但其对应的原始生产排放量也同样更大, 因此尽管成本共担的 ODM 结构在短期内表现出更好的经济效益和绿色效益, 长期来看, 两种代工结构在推动绿色生产方面的发展核心需要特别关注绿色技术的创新时效性以及推动减排生产的产业转型升级。

4 结论

本文提出了成本共担的 ODM 代工结构并与绿色减排的 OEM 结构进行对比研究, 从参与企业各自利润收益的经济效益及减排效率、减排水平的绿色效益两个维度对代工制造商和品牌商的最优代工策略进行了研究, 结合数值仿真模拟分析了绿色减排等相关因素对两种代工结构的影响, 结论如下。

1) 成本共担的 ODM 结构在最优减排水平上始

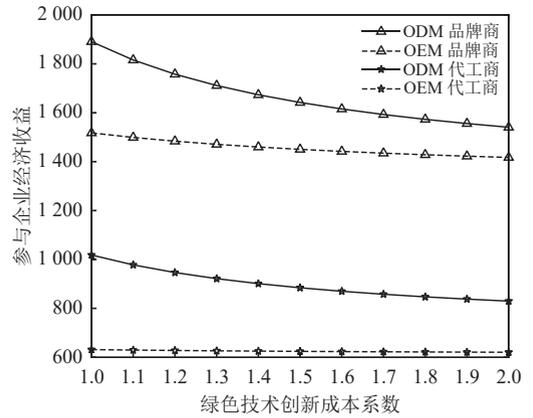


图 7 绿色技术创新成本与经济效益的关系

Figure 7 Relationship between technology innovation and economic benefits

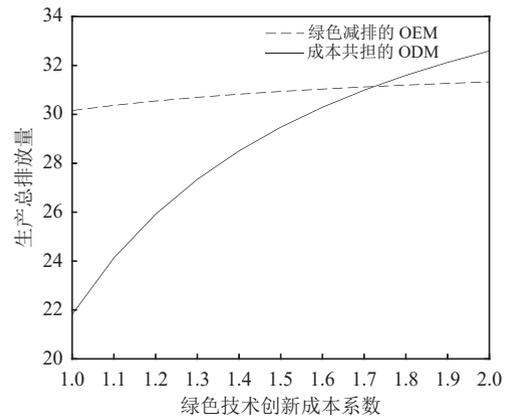


图 8 绿色技术创新成本与生产排放量的关系

Figure 8 Relationship between technology innovation and total emissions

终优于绿色减排的 OEM 结构。最优减排水平反映了企业绿色减排投入的效率。在绿色减排的 OEM 结构下, 品牌商通过批发价采购产品, 减排责任完全由代工制造商承担。由于代工制造商需要考虑自身收益受损的风险, 最终可能减少减排投入, 导致减排效果不佳。在成本共担的 ODM 结构下, 品牌商与代工制造商共同承担绿色减排的成本, 代工制造商不仅能获得更高的利润, 同时部分绿色减排技术创新成本也得以分担, 从而激励其进行高水平的绿色减排; 而品牌商在分担代工制造商绿色减排成本的同时, 可以更加充分地利用自身品牌影响力及销售渠道, 通过“贴牌”实现盈利。

2) 当收益及减排成本分担比例处于特定区间时, 品牌商和代工制造商会选择成本共担的 ODM 结构, 以实现各自的收益最大化。进一步而言, 随着绿色生产水平的提升, 这一符合条件的区间范围

将逐渐扩大。一方面,品牌商为代工制造商承担了更高比例的绿色技术投入成本,促进了更有效的减排生产。绿色度更高的产品不仅能满足消费者的需求,还能实现收益的增加。另一方面,产品绿色度的提高带来的经济效益远超技术创新成本的投入,因为代工制造商成本得到了分担,因此会更积极地进行绿色技术创新。相较于绿色减排的 OEM 结构,成本共担的 ODM 结构使得品牌商和代工制造商更积极地承担企业减排生产的责任,并且在绿色技术的创新方面表现出更高的积极性。这种合作模式不仅提升了整体供应链的环保绩效,也在市场竞争中增强了企业的可持续发展优势。

3) 随着消费者绿色低碳偏好的增强,代工产业结构会优化为经济效益更优、减排效果更佳、生产总排放量更小的成本共担 ODM 结构。当消费者的低碳意识增强时,成本共担的 ODM 结构在经济效益和绿色效益方面的表现更加出色,并且与绿色减排的 OEM 结构的差距逐渐显现。然而,仅依靠结构上的转型升级是有限的,研究特别讨论了绿色技术创新成本对代工产业转型升级的影响。显然,成本共担的 ODM 结构在经济效益上具有绝对优势,但企业可能忽视了该结构下生产排放量逐渐增加并最终超过绿色减排的 OEM 结构的风险。因此,代工产业中的品牌商与代工制造商需要共同承担相应的责任,充分发挥绿色因素在生产技术创新及其应用中的促进作用,加快企业自身及整个产业链的转型升级。

随着全球对环境保护和可持续发展的重视不断提升,品牌商与代工制造商的合作模式也因此需要调整,以更好地适应这些新规。中国 2024 年实施的《碳排放权交易管理暂行条例》对未履约企业设立了严厉的罚款和整改措施,这使得代工制造商在减排方面面临更大的压力和风险。在这种背景下,成本共担的 ODM 结构无疑为企业提供了一种更为有效的绿色减排的现实方案,有助于提升整体供应链的环保绩效,并在日益激烈的市场竞争中保持可持续发展的优势。同时,绿色技术创新可以更好地满足市场需求,从而提升市场竞争力,更是推动产业结构转型升级、实现经济增长与环境保护双赢局面的关键,因此企业必须通过持续推进绿色技术创新,推动代工行业向更环保、更高效的方向转型发展。

需要说明的是,本文仍有许多方面值得未来继续深入研究:1) 研究构建了由品牌商和代工制造商组成的两种代工结构,但没有充分考虑政府约束的作用,比如政府设立碳税、不同奖惩方式等;2) 碳交易市场的存在为企业的绿色生产提供了更多选择,特别是关于购买额外碳排放配额以提高产量的行为将如何影响相关企业的策略选择,仍需进行深入探讨。

参考文献:

- [1] KIM E J. Pressure growing on semiconductor companies to reduce carbon emissions[EB/OL]. (2021-11-05)[2023-11-05]. <https://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=80535>.
- [2] YANG F X, ZHANG R Q, ZHU K J. Should purchasing activities be outsourced along with production?[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 257: 468-482.
- [3] 刘家国, 赵爱翔, 崔进. 考虑创新投入的 OEM/ODM 供应链结构选择研究[J]. *运筹与管理*, 2022, 31(6): 98-104. LIU Jianguo, ZHAO Aixiang, CUI Jin. Supply chain structure selection strategy of OEM/ODM considering innovation investment[J]. *Operations Research and Management Science*, 2022, 31(6): 98-104.
- [4] DENG S J, XU J Y. Manufacturing and procurement outsourcing strategies of competing original equipment manufacturers[J]. *European Journal of Operational Research*, 2023, 308: 884-896.
- [5] 王绪金, 马骋. 多层供应链外包模式的选择及其协调[J]. *中国管理科学*, 2019, 27(8): 151-161. WANG Xujin, MA Cheng. Outsourcing strategies and coordination in a multi-tier supply chain[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2019, 27(8): 151-161.
- [6] ZHANG C, FANG D L, YANG X T, et al. Push and pull strategies by component suppliers when OEMs can produce the component in-house: the roles of branding in a supply chain[J]. *Industrial Marketing Management*, 2018, 72(4): 99-111.
- [7] 张李浩, 周世清, 常陆雨. 考虑平台自有品牌引入及生产方式的供应链成员销售模式选择[J]. *中国管理科学*: 1-12. (2022-11-17)[2023-1-10]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.1262>. ZHANG Lihao, ZHOU Shiqing, CHANG Luyu. Sales mode selection of supply chain members considering the introduction of platform private brand and production modes[J]. *Chinese Journal of Management Science*: 1-12. (2022-11-17)[2023-1-10]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.1262>.
- [8] 金亮. OEM vs. ODM: 跨国技术授权与研发决策研究[J/OL]. *中国管理科学*: 1-14. (2024-04-28)[2024-05-02]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.1735>. JIN Liang. OEM vs. ODM: Optimal multinational technology licensing and R&D investment decisions[J]. *Chinese Journal of*

- Management Science: 1-14. (2024-04-28)[2024-05-02]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.1735>.
- [9] LUO J Q, YANG Z C, ZHANG Q H, et al. Service outsourcing strategy decision for value creation in manufacturing firms[J]. *Journal of Management Science and Engineering*, 2022, 7: 365-386.
- [10] CHENG W J, RIEZMAN R, WANG P. The dynamics of outsourcing: from labor cost-saving to preference-based outsourcing[J]. *International Journal of Economic Theory*, 2020, 17: 57-73.
- [11] XIE L, LIU Y P, HAN H S, et al. Outsourcing or reshoring? A manufacturer's sourcing strategy in the presence of government subsidy[J]. *European Journal of Operational Research*, 2023, 308: 131-149.
- [12] 夏西强, 朱庆华, 路梦圆. 外包制造下碳交易对低碳供应链影响及协调机制研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2022, 42(5): 1290-1302.
- XIA Xiqiang, ZHU Qinghua, LU Mengyuan. Studying on the impact of carbon trading on LCSC and coordination mechanism based on outsourcing manufacturing[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2022, 42(5): 1290-1302.
- [13] 夏良杰, 柳慧, 黄迎, 等. 碳交易规制下的制造商减排外包模式选择: 定制 vs 订购?[J]. *运筹与管理*, 2021, 30(10): 199-205.
- XIA Liangjie, LIU Hui, HUANG Ying, et al. A manufacturer's emission reduction outsourcing mode selection under the cap-and-trade regulation: customizing vs ordering[J]. *Operations Research and Management Science*, 2021, 30(10): 199-205.
- [14] COLE M A, ELLIOTT R J R, OKUBO T, et al. Importing, outsourcing and pollution offshoring[J]. *Energy Economics*, 2021, 103: 105562.
- [15] 赵川, 郭奇栋, 左敏, 等. 双碳视角下代工行业减排策略的多情境三方演化博弈: 属地政府 VS. 外企品牌商[J]. *中国管理科学*, 2023, 31(9): 35-44.
- ZHAO Chuan, GUO Qidong, ZUO Min, et al. Research on multi-scenario tripartite evolutionary game of emission reduction strategy in OEM industry under the situation of carbon peak and carbon neutralization: local government VS. foreign clients[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2023, 31(9): 35-44.
- [16] QIN C, WANG J, GE C, et al. Simulating the cost effectiveness of China's green transition based on emission reduction targets during the 12th five-year plan period[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 208: 19-34.
- [17] 苏秦, 王苞, 刘海龙. 代工模式下新产品性能和可靠性的决策研究[J]. *工业工程与管理*, 2023, 28(6): 47-56.
- SU Qin, WANG Bao, LIU Hailong. Research on performance and reliability decision of new products under OEM mode[J]. *Industrial Engineering and Management*, 2023, 28(6): 47-56.
- [18] TAN H, SHENG P F, JAKUB H. Retailer or the third-party remanufacturer: which is the greener contractor for outsourcing remanufacturing?[J]. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 2022, 10: 435-452.
- [19] 廖诺, 卢晨, 贺勇. 碳交易政策下节能服务公司参与供应链合作减排策略研究[J]. *中国管理科学*, 2021, 29(2): 160-167.
- LIAO Nuo, LU Chen, HE Yong. Research on the strategy of cooperative emission reduction in supply chain involving ESCO under carbon trading policy[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2021, 29(2): 160-167.
- [20] 梁喜, 张余婷. 基于消费者偏好的低碳双渠道供应链定价与减排策略[J]. *运筹与管理*, 2020, 29(12): 107-117.
- LIANG Xi, ZHANG Yuting. Dual-channel supply chain pricing decision and emission reduction policies based on consumer preference to low carbon[J]. *Operations Research and Management Science*, 2020, 29(12): 107-117.
- [21] 贺勇, 钱婷婷, 廖诺. 外包情境下品牌商主导的绿色供应链减排决策分析[J]. *工业工程*, 2022, 25(1): 37-44.
- HE Yong, QIAN Tingting, LIAO Nuo. An analysis of carbon emission reduction decisions of the green supply chain dominated by the brand merchant in outsourcing situation[J]. *Industrial Engineering Journal*, 2022, 25(1): 37-44.

(责任编辑: 刘敏仪)