

# 考虑强制回收与补贴的电商服装CLSC回收决策

袁 圆

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2026年1月23日; 录用日期: 2026年2月6日; 发布日期: 2026年3月4日

## 摘 要

针对现在废旧衣物污染严重、回收率低的问题,尤其是在电子商务迅速崛起、线上服装消费激增的背景下,本文旨在比较有无强制回收和补贴政策时服装闭环供应链的回收情况和政策影响,给衣物回收政策研究提供一些参考。基于一个包含服装生产商、线上商家、消费者及政府组成的闭环供应链系统,构建分散决策和集中决策模型、引入契约协调,探讨该闭环供应链的回收定价决策,并比较不同补贴模式的优劣。研究表明,无论逆向物流成本高低,均满足:集中决策时废旧衣物回收率更高,此时在正向供应链引入批发价格折扣契约能够实现闭环供应链的协调;政府设置回收率目标并提供回收补贴有助于保证废旧衣物回收率,同时防止供应链的利润受到损害,政府补贴针对服装生产商时支出更少,执行效率更高。

## 关键词

闭环供应链, 衣物回收, 回收政策, 回收决策, 契约协调

# Recycling Decision in E-Commerce Apparel CLSC under Mandatory Recycling and Subsidy Policies

Yuan Yuan

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

Received: January 23, 2026; accepted: February 6, 2026; published: March 4, 2026

## Abstract

In response to the current issues of severe pollution and low recycling rates associated with used

clothing, particularly against the backdrop of the rapid rise of e-commerce and the surge in online apparel consumption, this study aims to compare the recycling performance and policy impacts within the apparel closed-loop supply chain under scenarios with and without mandatory recycling and subsidy policies, thereby providing insights for clothing recycling policy research. Based on a closed-loop supply chain system comprising one apparel manufacturer, one online merchant, consumers, and the government, this study constructs decentralized and centralized decision-making models and introduces contract coordination to explore recycling pricing decisions within this closed-loop supply chain, while comparing the strengths and weaknesses of different subsidy models. Research indicates that, regardless of the level of reverse logistics costs, the following holds true: the used clothing recycling rate is higher under centralized decision-making, where introducing a wholesale price discount contract in the forward supply chain can achieve coordination among all members. Government setting recycling rate targets and providing recycling subsidies helps ensure the recycling rate of used clothing while preventing damage to supply chain profits. Under this policy, government subsidy expenditures directed at apparel manufacturers are lower, and execution efficiency is higher.

## Keywords

Closed-Loop Supply Chain, Clothing Recycling, Recycling Policy, Recycling Decision-Making, Contract Coordination

Copyright © 2026 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

近年来,随着电子商务的迅猛发展,线上服装销售规模持续扩大,尤其是在直播带货、社交电商等新兴模式的推动下,服装消费量与淘汰量同步激增,加剧了废旧衣物回收与环境污染的压力。电商平台不仅改变了服装的销售方式,也深刻影响着消费者行为与供应链结构。然而,目前废旧衣物回收体系仍以传统线下渠道为主,电商平台在回收体系中的参与度不足,导致回收效率低下与资源浪费。因此,在电商日益成为主流消费渠道的今天,如何构建适配电商环境的服装闭环供应链(Closed-loop supply chain-CLSC)回收机制,成为亟待解决的重要课题。

目前,关于闭环供应链的研究主要分为以下几个方面。回收模式与回收决策研究方面,国内学者从多主体博弈、政策驱动等视角展开分析,重点关注不同回收模式和权力结构对供应链效率、企业利润及环境效益的影响。徐颖等[1]提出通过收益共享契约协调分散决策下的供应链,验证了契约机制对帕累托改进的有效性。Wenjie Liu等[2]发现集中决策模式能实现多级闭环供应链利润最大化。张汉江等[3]将政府作为 Stackelberg 博弈的领导者,以财政支出最小化为目标设计激励契约。结果显示,政府介入能降低制造商风险,但需平衡短期补贴与长期市场自主性。国外研究则关注双渠道协调与再制造策略,如 Saha等[4]提出奖励驱动再制造策略,通过三方折扣机制协调双渠道闭环供应链。Ata Allah Taleizadeh等[5]验证第三方参与再制造可提升碳减排效益,Zheng等[6]提出权力结构影响双渠道责任分配效率。

回收政策及其效应研究方面,国内政策研究热点集中在碳税政策、押金制度和奖惩结合政策。路正南等[7]发现碳税政策可推动“新品减、再制品增”。王文宾等[8]发现制造商竞争下政府对回收商实施押金返还制度可提升总利润与回收率。李欣[9]对动力电池押金制度进行量化研究,发现现行零售商押金制度在改善电池回收方面效果不是很好,应该适当增加回收补贴来刺激零售商提高回收价格。黄燕婷等

[10]通过构建闭环供应链竞争模型,对比政府驱动与市场驱动下的押金返还制度效果。研究发现,政府向制造商或回收商收取押金能显著提升回收率,而市场驱动的押金模式(如再制造商向消费者收取)则更有利于再制造商利润增长。这表明政策设计需结合目标导向:政府主导模式适合环境绩效优化,市场驱动模式则侧重经济激励。楼高翔等[11]指出按回收量补贴比按电池容量补贴更能提升回收率,但后者对消费者福利更优。这表明政策设计需权衡环境目标与社会福利。王成功等[12]聚焦政府、回收商和消费者,分析不同情境下各主体的决策过程与稳定策略及影响因素,发现政府奖惩措施均能促进合规回收与消费者环保行为,但补贴需控制在合理范围且应侧重回收商,行政处罚则存在滞后性。王文宾等[13]针对动力电池回收问题,构建电池商与汽车商的演化博弈模型。研究表明,政府补贴-惩罚政策能缩短企业回收决策的响应时间。国外研究更侧重税收政策和押金返还。例如,美国采用“押金-返还”与税收抵免结合的模式[14],加州会对电池回收企业提供税收减免。A. Calabrese 等[15]对比欧洲押金返还制度原型,提出成本负担分配是政策效率的关键。

综上,现有研究大多以汽车电池、包装为背景,而针对废旧衣物尤其是电商平台的回收研究明显不足。国内只在电器电子、汽车、铅酸蓄电池和包装物上实施了缴纳处理基金的政策,但尚未建立适配服装行业的回收法规,学界也对税收优惠、押金制度、处理基金等政策在服装供应链中的效果缺乏定量分析(如文献[3][16]),且缺乏补贴政策对衣物回收的影响探究。上述研究空白导致理论成果难以指导电商领域构建可持续服装回收体系,并给出具有行业针对性的政策参考。因此,本文基于现有闭环供应链理论,结合服装行业实际情况和已有政策目标,探究强制回收与补贴政策对服装闭环供应链回收决策的影响,以弥补该领域理论与实践的脱节问题,为电商平台的衣物回收提供决策支持。

## 2. 问题描述和基本假设

### 2.1. 问题描述

本文的闭环供应链由一个服装生产商、一个线上商家、消费者及政府组成。在正向供应链中,服装生产商生产出的服装由线上商家售卖给消费者;在逆向供应链中,线上商家通过给予红包的支付方式从消费者手中回收衣物,最终回给服装生产商。无回收政策时,整个闭环供应链流程见图1。

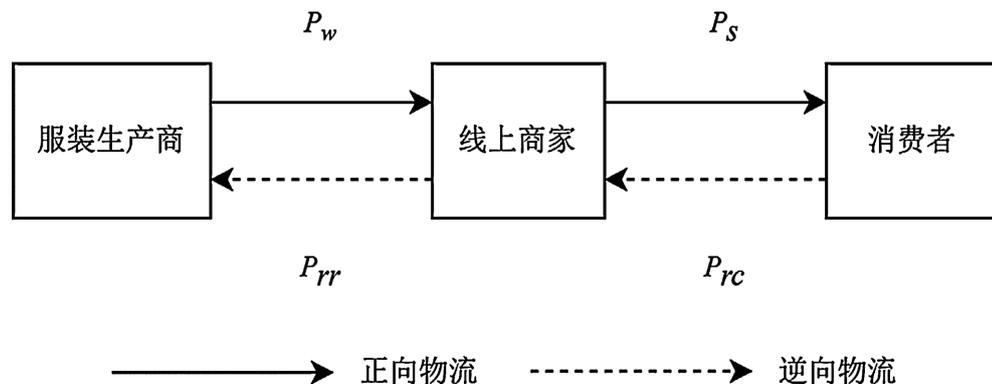


Figure 1. Flowchart of the CLSC without a recycling policy  
图 1. 无回收政策时的 CLSC 流程图

文中用到的符号汇总见表 1。

### 2.2. 基本假设

**假设 1:** 借鉴文献[9][17]的研究,消费者配合回收意愿与线上商家的回收价格线性相关:

**Table 1.** Notation and description  
**表 1.** 符号及其含义说明

符号	含义
<b>服装生产商</b>	
$C_m$	单位生产成本
$Q$	批发给线上商家的服装数量
$P_w$	批发给线上商家的单位服装价格
$C_{rm}$	生产商的单位回收成本
$P_{rr}$	支付给线上商家的单位回收价格
$\tau$	可二次售卖废旧服装的比例
$E_{ss}$	二次售卖带来的单位收益
$E_d$	拆解利用带来的单位收益
<b>线上商家</b>	
$P_s$	服装的单位零售价格
$C_{rr}$	线上商家的单位回收运营成本
$C_l$	线上商家的单位逆向物流成本
$P_{rcmax}$	消费者愿意配合回收全部废旧衣物的单位回收价格
<b>政府</b>	
$S_m$	给服装生产商的单位补贴
$S_r$	给线上商家的单位补贴
$\gamma$	目标回收率
<b>决策变量</b>	
$P_{rc}$	线上商家给消费者的单位回收价格
$W$	消费者配合回收意愿(回收率)
$D$	契约协调情形下服装生产商给线上商家的批发价格折扣

$$W = f(P_{rc}) = \begin{cases} \frac{P_{rc}}{P_{rcmax}}, & \text{if } 0 \leq P_{rc} \leq P_{rcmax} \\ 1, & \text{if } P_{rc} \geq P_{rcmax} \end{cases} \quad (1)$$

**假设 2:** 回收的服装主要通过二次售卖和拆解这两种方式处理，并且为了最大程度利用资源，前者处理方式更优先；服装生产商回收再利用废旧衣物能带来收益。

**假设 3:** 废旧衣物回收率达到政府规定，政府就给予服装生产商或线上商家补贴。

**假设 4:** 服装生产商批发给线上商家的服装数量与产量、线上商家销售量相等。

### 3. 模型架构和分析

#### 3.1. 无强制回收时的回收定价决策与协调

##### 3.1.1. 分散决策

$\pi_m^D$  和  $\pi_r^D$  分别代表该情形中服装生产商和线上商家的利润，两者的利润函数分别为：

$$\pi_m^D = Q(P_w - C_m) + W^D Q(\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - P_{rr}) \quad (2)$$

$$\pi_r^D = Q(P_s - P_w) + W^D Q(P_{rr} - C_{rr} - C_l - P_{rc}^D) \quad (3)$$

由于该情形下线上商家基于自身利润最大化原则制定回收价格，故对  $P_{rc}$  求二阶偏导，

$$\frac{\partial^2 \pi_r^D}{\partial P_{rc}^2} = -\frac{2Q}{P_{rcmax}} < 0, \text{ 即 } \pi_r^D \text{ 是 } P_{rc}^D \text{ 的严格凹函数, 有最大值, 令一阶偏导等于 0 可得: } P_{rc}^D = \frac{P_{rr} - C_{rr} - C_l}{2}.$$

即该情形下，线上商家以  $\frac{P_{rr} - C_{rr} - C_l}{2}$  的价格向消费者回收时， $\pi_r^D$  取得最大值。此时消费者返还意愿，

$$\text{即废旧衣物回收率为: } W^D = \frac{P_{rc}^D}{P_{rcmax}}.$$

### 3.1.2. 集中决策

集中决策下，线上商家的定价原则为服装闭环供应链利润最大。

此时闭环供应链整体利润函数为：

$$\pi_c^C = Q(P_s - C_m) + W^C Q(\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - C_{rr} - C_l - P_{rc}^C) \quad (4)$$

对  $P_{rc}$  求二阶偏导，即  $\pi_c^C$  是  $P_{rc}^C$  的严格凹函数，有最大值，令一阶偏导等于 0 可得：

$$P_{rc}^C = \frac{\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - C_{rr} - C_l}{2} \quad (5)$$

即该情形下，线上商家以  $\frac{\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - C_{rr} - C_l}{2}$  的价格向消费者回收时， $\pi_c^C$  取得最大值。此时消费者返还意愿，即废旧衣物回收率为：

$$W^C = \frac{P_{rc}^C}{P_{rcmax}} \quad (6)$$

比较分散决策和集中决策下的 2 个最优回收价格，满足  $P_{rc}^C > P_{rc}^D$  的条件是：

$$\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - P_{rr} > 0$$

基于假设 2 “服装生产商回收再利用废旧衣物能带来收益” 可得：

$$\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - P_{rr} > 0$$

可验证上述条件成立。

### 3.1.3. 契约协调

集中决策时，服装生产商和线上商家的利润分别为  $\pi_m^C$  和  $\pi_r^C$ ，废旧衣物的回收率为  $W^C$ ，线上商家给消费者的单位回收价格为  $P_{rc}^C$ 。如果不引入契约协调，两者的利润函数分别为：

$$\pi_m^C = Q(P_w - C_m) + W^C Q(\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - P_{rr}) \quad (7)$$

$$\pi_r^C = Q(P_s - P_w) + W^C Q(P_{rr} - C_{rr} - C_l - P_{rc}^C) \quad (8)$$

集中决策时，废旧衣物的回收率优于分散决策。又因为服装生产商的利润和回收率成正比，可得出和分散决策相比其利润在集中决策下有所增加；相反，线上商家集中决策时的利润比分散决策时低。

为改善这一状况，现建立一个供应链契约。服装生产商通过给线上商家提供批发价格折扣，实现利润转移。线上商家的积极性也因此提高，愿意提升回收价格。消费者在更高的回收价格下，更愿意参与进来。整个供应链实现了协调和回收率的提高。

从模型角度看, 就是当集中决策下服装生产商增加的利润  $\pi_m^C - \pi_m^D$  大于线上商家减少的利润  $\pi_r^D - \pi_r^C$ , 即  $(W^C - W^D)(\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - P_{rr}) > W^D(P_{rr} - C_{rr} - C_l - P_{rc}^D) - W^C(P_{rr} - C_{rr} - C_l - P_{rc}^C)$  时引入该供应链契约。这样双方集中决策时的利润都比分散决策时高。

引入契约协调后, 两者的利润函数分别为:

$$\pi_m^C = Q(DP_w - C_m) + W^C Q(\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - P_{rr}) \quad (9)$$

$$\pi_r^C = Q(P_s - DP_w) + W^C Q(P_{rr} - C_{rr} - C_l - P_{rc}^C) \quad (10)$$

此时, 要实现闭环供应链的协调, 需满足  $\pi_m^C \geq \pi_m^D$  且  $\pi_r^C \geq \pi_r^D$ , 求解得到服装生产商和线上商家之间的契约参数取值范围为:

$$\frac{P_w - (W^C - W^D)(\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - P_{rr})}{P_w} \leq D \leq \frac{P_w + (W^C - W^D)(P_{rr} - C_{rr} - C_l) - W^C P_{rc}^C + W^D P_{rc}^D}{P_w} \quad (11)$$

### 3.2. 规定回收率与补贴政策下的回收定价决策与协调

政府不强制回收时, 分散决策模式的废旧衣物回收量为  $Q^D = W^D Q$ , 集中决策模式的废旧衣物回收量为  $Q^C = W^C Q$ 。当政府设定回收率目标, 即提高回收率至  $W^G (\gamma)$ , 此时回收量提升至  $Q^G = \gamma Q = W^G Q$ 。但即便在集中决策模式下, 回收率仍难以达到政府规定的目标值。为实现更高的回收率, 有必要通过提高回收价格等方式, 增强消费者参与废旧衣物回收的积极性。

根据政府规定提升废旧衣物的回收量至  $Q^G = W^G Q = \frac{P_{rc}^G}{P_{rcmax}} Q$ , 可得:

$$P_{rc}^G = \frac{P_{rcmax} Q^G}{Q} \quad (12)$$

即回收价格提升至  $P_{rc}^G$  时, 消费者的配合回收意愿才会提高到  $W^G$ 。

因此, 政府规定提升回收率时, 服装生产商和线上商家的利润函数分别为:

$$\pi_m^G = Q(P_w - C_m) + W^G Q(\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - P_{rr}) \quad (13)$$

$$\pi_r^G = Q(P_s - P_w) + W^G Q(P_{rr} - C_{rr} - C_l - P_{rc}^G) \quad (14)$$

闭环供应链整体利润函数为:

$$\pi_c^G = Q(P_s - C_m) + W^G Q(\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - C_{rr} - C_l - P_{rc}^G) \quad (15)$$

根据式(5), 政府不强制回收时, 闭环供应链整体利润在  $P_{rc}^C$  处达到最大值, 而将  $P_{rc}^C$  提升至  $P_{rc}^G$  势必会损害整体利润。为了确保闭环供应链利润不受损失, 政府通过回收补贴  $S$  进行补偿。

本文仅讨论两种补贴方案——补贴服装生产商或线上商家。设  $S_m$  和  $S_r$  分别为政府向服装生产商和线上商家支付的回收补贴, 当补贴实施, 供应链整体利润满足  $\pi_c^G + S = \pi_c^S \geq \pi_c^C$  之后, 废旧衣物回收率才会提升至  $W^G$ 。

接下来, 本文将比较两种方案的优劣。为了计算两种方案的政府支出, 先要知道上下游成员在协调状态下的利润。由于服装生产商在议价能力上通常优于线上商家, 我们取它们之间最大整数的契约参数  $D$  来简化运算过程。

第一种方案, 直接补贴线上商家, 即政府补贴商家, 促使其提高回收价格以鼓励消费者参与回收从而提升回收率。政府需要支出的补贴为  $S_r = \pi_r^C - \pi_r^G$ , 对应线上商家因为提高到回收价格受到的利润损失。

此时线上商家的利润函数为：

$$\pi_r^S = Q(P_s - P_w) + W^G Q(P_{rr} - C_{rr} - C_l - P_{rc}^G) + S_r \quad (16)$$

第二种方案，补贴服装生产商，服装生产商通过批发价格折扣契约，间接向线上商家传递补贴支持，此时，政府补贴  $S_m = \pi_m^C - \pi_c^G$ 。

补贴后，服装生产商和线上商家的利润函数分别为：

$$\pi_m^S = Q(D_s P_w - C_m) + W^G Q(\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - P_{rr}) + S_m \quad (17)$$

$$\pi_r^S = Q(P_s - D_s P_w) + W^G Q(P_{rr} - C_{rr} - C_l - P_{rc}^G) \quad (18)$$

这时要实现闭环供应链的协调，需满足  $\pi_m^S \geq \pi_m^C$  (9) 且  $\pi_r^S \geq \pi_r^C$  (10)，求解得到服装生产商和线上商家之间的契约参数取值范围为：

$$\begin{aligned} & \frac{DP_w - (W^G - W^C)(\tau E_{ss} + E_d - C_{rm} - P_{rr}) - \frac{S_m}{Q}}{P_w} \leq D_s \\ & \leq \frac{DP_w + (W^G - W^C)(P_{rr} - C_{rr} - C_l) - W^G P_{rc}^G + W^C P_{rc}^C}{P_w} \end{aligned} \quad (19)$$

## 4. 数值分析

本节将通过对比不同情形下的回收率、各方利润和供应链整体利润，验证两部分决策变量计算结果的有效性，并比较各回收补贴方案的效率。

### 4.1. 数据收集

参考[18]-[21]并结合已有政策目标(国家发展改革委、商务部、工业和信息化部《关于加快推进废旧纺织品循环利用的实施意见》(2022年))，预计到2030年达到30%回收率，取值见表2。

**Table 2.** Parameter values

**表 2.** 参数取值

供应链成员	变量	取值	单位
服装生产商	$C_m$ 单位生产成本	90	元/件
	$Q$ 批发给线上商家的服装数量	10,000	件
	$P_w$ 批发给线上商家的单位服装价格	135	元/件
	$C_{rm}$ 生产商的单位回收成本	8	元/件
	$P_{rr}$ 支付给线上商家的单位回收价格	6	元/件
	$\tau$ 可二次售卖废旧服装的比例	20%	
	$E_{ss}$ 二次售卖带来的单位收益	65	元/件
线上商家	$E_d$ 拆解利用带来的单位收益	2	元/件
	$P_s$ 服装的单位零售价格	325	元/件
	$C_{rr}$ 线上商家的单位回收运营成本	0.5	元/件

续表

	$C_l$ 线上商家的单位逆向物流成本	1.5	元/件
	$P_{rcmax}$ 消费者愿意配合回收全部废旧衣物的单位回收价格	10	元/件
政府	$\gamma$ 目标回收率	30%	

## 4.2. 结果分析

**Table 3.** Calculation results under different scenarios

**表 3.** 不同情况下的计算结果

	分散决策	无契约协调的集中决策	有契约协调的集中决策	政府规定提升回收率
$P_{rc}$ 线上商家给消费者的单位回收价格	$P_{rc}^D = 2$ 元/件	$P_{rc}^C = 2.5$ 元/件		$P_{rc}^G = 3$ 元/件
$W$ 消费者配合回收意愿(回收率)	$W^D = 0.2$	$W^C = 0.25$		$W^G = 0.3$
$D$ 服装生产商给线上商家的批发价格折扣			[0.999629, 0.999815]	
$\pi_m$ 服装生产商利润	$\pi_m^D = 452000$ 元	$\pi_m^C = 452500$ 元	$\pi_m^C = 452230$ 元	$\pi_m^G = 453000$ 元
$\pi_r$ 线上商家利润	$\pi_r^D = 1904000$ 元	$\pi_r^C = 1903750$ 元	$\pi_r^C = 1904020$ 元	$\pi_r^G = 1903000$ 元
$\pi_c$ 供应链整体利润	$\pi_c^D = 2356000$ 元	$\pi_c^C = 2356250$ 元	$\pi_c^C = 2356250$ 元	$\pi_c^G = 2356000$ 元

表 3 包含了不同决策情况下的计算结果，包括废旧衣物的单位回收价格、消费者配合回收意愿、生产商线上商家及供应链的整体利润，可以看出：

(1) 和分散决策相比，集中决策时的消费者配合回收意愿由 0.2 上升至 0.25，提升了 25%；服装生产商的利润由 452,000 元增加至 452,500 元，线上商家的利润由 1,904,000 元降低至 1,903,750 元；

(2) 在服装生产商和线上商家之间引入批发价格折扣契约能弥补下游利润损失，达到上下游都较分散决策时利润有所增加的效果，参数在区间[0.999629, 0.999815]内；

(3) 政府规定提升回收率时，服装生产商利润由 452,500 元上升至 453,000 元，而线上商家由 1,903,750 元降至 1,903,000 元，供应链整体利润也由 2,356,250 元降至 2,356,000 元，因此有必要通过回收补贴来补偿供应链。

**Table 4.** Comparison of two subsidy schemes

**表 4.** 两种补贴方案的对比

	直接补贴线上商家	补贴服装生产商
$S$ 政府补贴	$S_r = 1050$ 元	$S_m = 250$ 元
$D$ 服装生产商给线上商家的批发价格折扣		$D_s = 0.999244444$
$\pi_m$ 服装生产商利润	$\pi_m^1 = 453000$ 元	$\pi_m^2 = 452230$ 元
$\pi_r$ 线上商家利润	$\pi_r^1 = 1904050$ 元	$\pi_r^2 = 1904020$ 元
$\pi_c$ 供应链整体利润	$\pi_c^1 = 2357050$ 元	$\pi_c^2 = 2356250$ 元

表 4 为两种补贴方案下各参数的计算结果, 包括政府补贴、批发价格折扣、生产商商家的利润及供应链整体的利润, 可以看出: 补贴服装生产商成本最低, 约为直接补贴线上商家的 24%。

### 4.3. 拓展分析

由于逆向物流价格对电商比较重要, 例如小型电商往往拿不到较低逆向物流合作价, 现拓展分析高物流成本下模型的结论是否依然成立。

由于回收价格应该非负, 即  $P_{rc}^D = \frac{P_{rr} - C_{rr} - C_l}{2} \geq 0$  和  $P_{rc}^C = \frac{\tau E_{ss} + E_d - C_{mm} - C_{rr} - C_l}{2} \geq 0$ , 得出  $C_l \leq P_{rr} - C_{rr} = 6 - 0.5 = 5.5$  且  $C_l \leq \tau E_{ss} + E_d - C_{mm} - C_{rr} = 6.5$ , 即  $C_l \leq 5.5$ 。为了使回收活动可行, 取  $C_l$  接近临界值的 5 来研究模型。

通过计算得出, 分散决策时  $P_{rc} = 0.25$ ,  $W = 0.025$ ,  $\pi_m = 450250$ ,  $\pi_r = 1900062.5$ ,  $\pi_c = 2350312.5$ ; 集中决策时  $P_{rc} = 0.75$ ,  $W = 0.075$ ,  $\pi_m = 450750$ ,  $\pi_r = 1899812.5$ ,  $\pi_c = 2350562.5$ ; 集中决策引入契约协调后  $D \in [0.999630, 0.999815]$ ,  $\pi_m = 450375$ ,  $\pi_r = 1900187.5$ ,  $\pi_c = 2350562.5$ ; 政府设置回收率后  $P_{rc} = 3$ ,  $W = 0.3$ ,  $\pi_m = 453000$ ,  $\pi_r = 1892500$ ,  $\pi_c = 2345500$ 。采取补贴方案一时  $S = 7312.5$ ,  $\pi_m = 453000$ ,  $\pi_r = 1899812.5$ ,  $\pi_c = 2352812.5$ ; 采取补贴方案二时  $S = 5062.5$ ,  $D_s = 0.994306$ ,  $\pi_m = 450375$ ,  $\pi_r = 1900187.5$ ,  $\pi_c = 2350562.5$ 。

可以看出, 模型的主要结论依然成立: 1) 与分散决策相比, 集中决策将回收率从 2.5% 提升至 7.5%, 供应链整体利润从 2,350,312.5 元增加至 2,350,562.5 元, 回收绩效和总利润都得到了改善。2) 集中决策引入批发价格折扣契约后, 服装生产商与线上商家的利润较分散决策均有所提高: 生产商从 450,250 元增至 450,375 元, 线上商家从 1,900,062.5 元增至 1,900,187.5 元, 实现了供应链协调。3) 在政府设定回收率目标后, 供应链整体利润下降至 2,345,500 元。通过两种补贴方案, 供应链整体利润恢复至不低于集中决策的水平。4) 补贴服装生产商所需的政府支出 5062.5 元显著低于直接补贴线上商家 7312.5 元, 且通过激励传递, 实现了更优的经济效益。

## 5. 结束语

本研究针对电商背景下废旧衣物回收率低、环境污染严重的问题, 从管理的角度出发, 构建了包含服装生产商、线上商家、消费者与政府的闭环供应链模型, 探讨了无回收政策时、设置目标回收率并补贴时的供应链回收决策与协调机制。通过对比分析分散决策与集中决策下的回收定价策略, 引入批发价格折扣契约进行协调优化, 并比较了政府补贴生产商与补贴线上商家两种政策路径的效果差异。最后拓展研究了高逆向物流成本时模型的情况。研究结果表明:

(1) 相比于分散决策, 集中决策能显著提升废旧衣物的回收率, 实现回收绩效与供应链整体利润的同步改善;

(2) 在集中决策基础上, 引入批发价格折扣契约, 能够在服装生产商与线上商家之间实现利润再分配, 激励双方协同参与回收活动, 有效实现服装闭环供应链的协调;

(3) 在政府设置回收率目标的情境下, 提供回收补贴可补偿因回收价格提升而导致的闭环供应链利润损失, 达成回收目标;

(4) 从政策实施角度看, 针对服装生产商进行补贴所需财政支出显著低于直接补贴线上商家, 且更易于通过契约机制在供应链内部传递激励, 具备更优的执行效率与经济性;

(5) 高逆向物流成本时, 模型结论依然成立。

本研究为电商环境下服装闭环供应链的回收决策提供了参考, 也为回收政策制定、可持续回收体系的构建提供了建议。考虑到现实中存在电商接入第三方回收服务的情况, 本研究在比较不同回收模式上

具有局限性, 未来可进一步探讨多回收渠道、消费者环保意识等因素, 拓展模型在电商环境下的适用性和现实意义。

## 参考文献

- [1] 徐颖, 刘勤明, 周林森. 基于博弈论的闭环双渠道回收供应链决策研究[J]. 系统仿真学报, 2022, 34(2): 396-408.
- [2] Liu, W., Qin, D., Shen, N., Zhang, J., Jin, M., Xie, N., *et al.* (2020) Optimal Pricing for a Multi-Echelon Closed Loop Supply Chain with Different Power Structures and Product Dual Differences. *Journal of Cleaner Production*, **257**, Article ID: 120281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120281>
- [3] 张汉江, 李聪颖, 姚琴, 孟园. 闭环供应链上的最优回收激励契约与政府补贴再制造政策的最优化[J]. 系统工程, 2014, 32(8): 74-79.
- [4] Saha, S., Sarmah, S.P. and Moon, I. (2015) Dual Channel Closed-Loop Supply Chain Coordination with a Reward-Driven Remanufacturing Policy. *International Journal of Production Research*, **54**, 1503-1517. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1090031>
- [5] Taleizadeh, A.A., Alizadeh-Basban, N. and Niaki, S.T.A. (2019) A Closed-Loop Supply Chain Considering Carbon Reduction, Quality Improvement Effort, and Return Policy under Two Remanufacturing Scenarios. *Journal of Cleaner Production*, **232**, 1230-1250. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.372>
- [6] Zheng, B., Yang, C., Yang, J. and Zhang, M. (2017) Dual-Channel Closed Loop Supply Chains: Forward Channel Competition, Power Structures and Coordination. *International Journal of Production Research*, **55**, 3510-3527. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1304662>
- [7] 路正南, 衣珊珊. 考虑碳税政策下的闭环供应链定价策略研究[J]. 生态经济, 2019, 35(9): 75-80+144.
- [8] 王文宾, 王智慧, 杨斯奇, 安霓, 吕佳. 制造商竞争下闭环供应链的押金返还制度研究[J]. 中国管理科学, 2021, 29(6): 179-188.
- [9] 李欣. 不同政策下电动乘用车动力电池闭环供应链回收决策研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2020.
- [10] 黄燕婷, 刘艺, 郑本荣. 基于政府驱动与市场驱动的押金返还制度研究——考虑闭环供应链竞争的回收决策分析[J]. 运筹与管理, 2024, 33(1): 51-56.
- [11] 楼高翔, 雷鹏, 马海程, 万宁. 不同回收补贴政策下新能源汽车动力电池闭环供应链运营决策研究[J]. 管理学报, 2023, 20(2): 267-277.
- [12] 王成功, 刘娟娟. 考虑政府奖惩的动力电池回收利益相关者决策行为演化博弈分析[J]. 生态经济, 2023, 39(4): 205-213.
- [13] 王文宾, 刘业, 钟罗升, 戚金钰, 仝鹏. 补贴-惩罚政策下废旧动力电池的回收决策研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(11): 90-102.
- [14] 普智晓, 李霞. 国外执行延长生产者责任制度现状[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2004(S1): 247-250.
- [15] Calabrese, A., Costa, R., Levialdi Ghiron, N., Menichini, T., Miscoli, V. and Tiburzi, L. (2021) Operating Modes and Cost Burdens for the European Deposit-Refund Systems: A Systematic Approach for Their Analysis and Design. *Journal of Cleaner Production*, **288**, Article ID: 125600. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125600>
- [16] 郭三党, 荆亚倩, 李倩. 考虑政府补贴和不同回收渠道的再制造闭环供应链最优决策研究[J]. 工业工程, 2022, 25(1): 19-27.
- [17] Heydari, J., Govindan, K. and Jafari, A. (2017) Reverse and Closed Loop Supply Chain Coordination by Considering Government Role. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **52**, 379-398. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.03.008>
- [18] Shein (2025) ESG Reports. <https://www.sheingroup.com/our-impact/reports/>
- [19] Inditex (2025) Annual Report and Sustainability Report. <https://static.inditex.com/annualreport2024/en/download-center>
- [20] H&M (2025) H&M Group Annual & Sustainability Report 2024. <https://hmgroupp.com/investors/annual-and-sustainability-report/>
- [21] 森马. 森马服饰: 2024 年年度报告[EB/OL]. <https://www.semir.com/new/investor>, 2025-04-01.