

文章编号:1005-9679(2018)06-0032-05

不同权力结构下的网络零售供应链研究

渠胜男 胡一竑

(同济大学 经济与管理学院,上海 200092)

摘 要: 针对由线上零售商、线下零售商和快递商三方组成的供应链,在线上零售商的权力同时大于线下零售商和快递商的前提下,研究线下零售商和快递商二者不同权力结构下的最优决策,发现当消费者几乎不需要花费精力就可以购买线下产品时,线上零售商会选择权力与线下零售商相当的快递商,当去线下实体店的成本较大时,线上零售商则选择权力小于线下零售商的快递商。当去线下实体店的成本足够高,线上零售商选择权力小于线下零售商的快递商时,对于三者都是最有利的。最后给出了具体算例。

关键词: 渠道权力;快递服务水平;博弈论

中图分类号: F 274 **文献标志码:** A

Online Retail Supply Chain Research With Different Channel Power

QU Shengnan HU Yihong

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: For the supply chain composed of online retailer, offline retailer and express provider where the power of online retailer larger than offline retailer and express provider, we study the optimal decisions under different power structures between offline and express provider. It is found the online retailer will choose express provider the same power as the offline retailer when the cost of consumers to go to the offline physical store is low, the online retailer will choose the smaller power than the offline retailer when the cost is large. When the cost of going to an offline physical store is high enough, the online retailer co-operate with less power express provider than the offline retailer, which is the best for all three parties. Finally, a concrete example is given.

Key words: channel power; express service level; game theory

本文将针对线上零售商、线下零售商和快递商三者组成的供应链,考虑快递服务水平对单位快递服务成本和顾客需求量的影响,求解线上零售商权力同时大于线下零售商和快递商的前提下,线下零售商和快递商的三种不同权力结构下的最优决策,并对供应链中的各个变量进行比较。本文的不同之处有:研究的零售供应链包含线上零售商、线下零售商和快递商,考虑快递商的服务水平同时对单位快

递成本和顾客需求量有影响,并考虑了线下零售商和快递商之间的不同权力结构,比较不同权力结构下的最优决策结果。

1 基本假设和参数设定

我们考虑由线上零售商、线下零售商和快递服务商组成的零售供应链。这里我们采用 Hotelling 模型,顾客对线上商品的需求量与对线下产品的需

收稿日期:2018-10-08

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金(22120170054);上海浦江人才计划(17PJC099)。

作者简介:渠胜男(1994—),女,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向:服务竞争、网购供应链,E-mail:shnqu@tongji.edu.cn;胡一竑(1978—),女,浙江人,博士,讲师,硕士生导师,研究方向:服务竞争、网购供应链,E-mail:yhhu@tongji.edu.cn。

求量之和等于 1,当线上商品对顾客的效用大于线下商品时,顾客选择购买线上商品,当线上商品对顾客的效用小于线下商品时,顾客选择购买线下商品。当购买线下产品时,消费者需要到达线下实体店,需要支付到达实体店费用以及商品的价格。当购买线上商品时,消费者需要支付的总金额包括商品价格和快递费。这里我们不考虑包邮情况,也不考虑零售商赚取邮费中间差价的情况,只考虑最简单的情形。简单起见,假设顾客每次只购买一件产品,快递费用为单件产品的服务价格。购买后,线上零售商将产品交付快递商,由快递商将商品线下递送到顾客手中。零售供应链如图 1 所示。

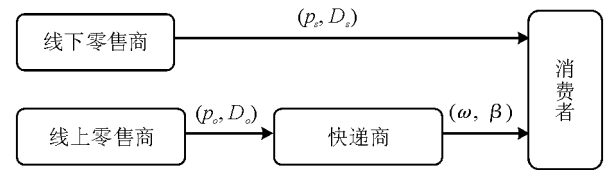


图 1 供应链

我们假设,顾客从线上和线下购买的商品质量一致,单位成本假设为 0,线上的销售价格为 p_o ,线下的销售价格为 p_s 。快递商的单件快递费为 ω ,快递商服务水平为 β ,线下购买产品需要付出一定的时间和费用,其平均成本为 t ,消费者去线下实体店的距离设为 x ,随机均匀分布在 $[0,1]$ 上, tx 则表示消费者去线下购买商品的不便成本。消费者购买线上商品得到的最终效用为 $u_o = v - p_o - \omega + b\beta$,其中 $b(b > 0)$ 表示消费者对服务水平的敏感程度,配送服务水平越高,消费者体验到的效用越大,两者呈现正向变动关系,购买线下产品得到的最终效用为 $u_s = v - p_s - tx$ 。 x_0 表示临界点,把消费者划分为在线上购买和在线下购买, $x > x_0$ 时,消费者将选择在线上购买商品, $x < x_0$ 时,消费者将选择在线下购买商品。线上市场需求为 D_o ,则有 $D_o = \frac{t + p_s - p_o - \omega + b\beta}{t}$;线下市场需求量为 D_s ,则有 $D_s = \frac{p_o - p_s + \omega - b\beta}{t}$ 。相关参数见表 1。

表 1 参数和决策变量

变量	描述	变量	描述
β	快递服务水平	ω	单位快递费
θ	服务成本参数	D_o	线上商品需求量
b	消费者对服务水平的敏感参数	D_s	线下商品需求量
t	线下购买商品单位距离的成本	π_o	线上零售商的利润
x	线下购买商品的距离	π_s	线下零售商的利润
p_o	线上商品价格	π_e	快递商的利润
p_s	线下商品价格		

2 考虑权力结构的网络零售供应链策略

这里,我们主要研究线上零售商的权力同时大于线下零售商和快递商的网络零售供应链。此时,我们需要对线下零售商和快递商的权力大小进行讨论,存在三种不同的权力关系:以线下零售商为主导的 Stackelberg 博弈,以快递商为主导的 Stackelberg 博弈以及两者力量均衡的 Nash 博弈。

在供应链中,线上零售商、线下零售商和快递商的利润函数表达分别为

$$\pi_o = p_o \frac{t + p_s - p_o - \omega + b\beta}{t} \tag{1}$$

$$\pi_s = p_s \frac{p_o - p_s + \omega - b\beta}{t} \tag{2}$$

$$\pi_e = \omega \frac{t + p_s - p_o - \omega + b\beta}{t} - \theta\beta^2 \tag{3}$$

2.1 线下零售商为主导的 Stackelberg 博弈

此时线下零售商占据优势地位,博弈中线上零售商先决定线上商品价格,线下零售商再决定线下商品的价格,快递商根据线上零售商和线下零售商的决策再进行决策。快递商的利润为等式(3),即 $\pi_e = \omega \frac{t + p_s - p_o - \omega + b\beta}{t} - \theta\beta^2$ 。我们首先判断 π_e 的

海塞矩阵 $H = \begin{bmatrix} -2/t & b/t \\ b/t & -2\theta \end{bmatrix}$, $|H| > 0, t > \frac{b^2}{4\theta}$, 快递商的利润函数为凹函数。先对 π_e 的 ω, β 求一阶导数,令其为 0,即 $\frac{\partial \pi_e}{\partial \omega} = \frac{t + p_s - \omega + b\beta}{t} - \frac{\omega}{t} = 0, \frac{\partial \pi_e}{\partial \omega} = \frac{b\omega}{t} - 2\theta\beta = 0$, 两等式联立方程组可解得, $\beta = \frac{b(t + p_s - p_o)}{4\theta t - b^2}, \omega = \frac{2\theta t(t + p_s - p_o)}{4\theta t - b^2}$ 。将 ω, β 代入 π_s , $\pi_s = p_s \frac{2\theta t - b^2 - 2\theta p_s + 2\theta p_o}{4\theta t - b^2}$, 显然此利润函数为凹函数,函数有最大值。对 p_s 求一阶导数,令其等于 0,即 $\frac{\partial \pi_s}{\partial p_s} = \frac{2\theta t - b^2 - 2\theta p_s + 2\theta p_o}{4\theta t - b^2} - \frac{2\theta p_s}{4\theta t - b^2} = 0$, 可得 $p_s = \frac{2\theta t - b^2 + 2\theta p_o}{4\theta}$ 。将 p_s 代入 $\pi_e, \pi_o = p_o \frac{6\theta t - b^2 - 2\theta p_o}{2(4\theta t - b^2)}$, 显然此利润函数为凹函数,函数有最大值。对 p_o 求一阶导数,令其等于 0,可得 $p_o = \frac{6\theta t - b^2}{4\theta}$ 。从而,当 $t > \frac{3b^2}{10\theta}$, 可得 $p_s = \frac{10\theta t - 3b^2}{8\theta}, \omega = \frac{(6\theta t - b^2)t}{4(4\theta t - b^2)}, \beta = \frac{b(6\theta t - b^2)}{8\theta(4\theta t - b^2)}$ 。当 $\frac{b^2}{4\theta} < t < \frac{3b^2}{10\theta}$ 时, $p_s =$

0, $D_o=0$, 不符合情况, 故舍去。所以, 本文只研究 $t > \frac{3b^2}{10\theta}$ 的情况。

则线上零售商、线下零售商和快递商的最优利润分别为 $\pi_o = \frac{(6\theta t - b^2)}{16\theta(4\theta t - b^2)}$, $\pi_s = \frac{(10\theta t - b^2)^2}{32\theta(4\theta t - b^2)}$, $\pi_e = \frac{(6\theta t - b^2)}{64\theta(4\theta t - b^2)}$, 此时消费者对线下商品的需求为 $D_o = \frac{6\theta t - b^2}{4(4\theta t - b^2)}$, 消费者对线上商品的需求为 $D_s = \frac{10\theta t - 3b^2}{4(4\theta t - b^2)}$ 。

2.2 Nash 均衡

此时线下零售商和快递商具有同等权力, 博弈中线上零售商先决定线上商品价格, 线下零售商和快递商再同时决策, 线上零售商决定线下商品的价格, 快递商决定快递费和快递服务水平。

由上, 当 $t > \frac{3b^2}{10\theta}$ 时, 可知快递商的利润函数为凹函数。先对 π_e 的 ω, β 和 π_s 的 p_s 求一阶导数, 令其为 0, 即 $\frac{\partial \pi_e}{\partial \omega} = \frac{t + p_s - p_o - \omega + b\beta}{t} - \frac{\omega}{t} = 0$, $\frac{\partial \pi_e}{\partial \beta} = \frac{b\omega}{t} - 2\theta\beta = 0$, $\frac{\partial \pi_s}{\partial p_s} = \frac{p_o - p_s + \omega - b\beta}{t} - \frac{p_s}{t} = 0$ 。三等式联立方程组可解得, $\beta = \frac{b(2t - p_o)}{6\theta t - b^2}$, $\omega = \frac{2\theta t(2t - p_o)}{6\theta t - b^2}$, $p_s = \frac{(2\theta t + 2\theta p_o - b^2)t}{6\theta t - b^2}$ 。将 β, ω 和 p_s 代入 $\pi_o, \pi_o = p_o$ $\frac{2\theta(2t - p_o)}{6\theta t - b^2}$, 显然此利润函数为凹函数, 函数有最大值。对 p_o 求一阶导数, 令其等于 0, 即 $\frac{\partial \pi_o}{\partial p_o} = \frac{2\theta(2t - p_o)}{6\theta t - b^2} - \frac{2\theta p_o}{6\theta t - b^2} = 0$, 可得 $p_o = t$ 。从而, $\beta = \frac{bt}{6\theta t - b^2}$, $\omega = \frac{2\theta t^2}{6\theta t - b^2}$, $p_s = \frac{(4\theta t - b^2)t}{6\theta t - b^2}$, $D_o = \frac{2\theta t}{6\theta t - b^2}$, $D_s = \frac{4\theta t - b^2}{6\theta t - b^2}$, $\pi_o = \frac{2\theta t^2}{(6\theta t - b^2)^2}$, $\pi_s = \frac{(4\theta t - b^2)^2 t}{(6\theta t - b^2)^2}$, $\pi_e = \frac{\theta(4\theta t - b^2)t^2}{(6\theta t - b^2)^2}$ 。

2.3 快递商为主导的 Stackelberg 博弈

此时快递商占据优势地位, 博弈中, 线上零售商先决定线上商品价格, 快递商再决定快递费和快递服务水平, 最后, 线下零售商再决定线下商品价格。

先对 π_s 的 p_s 求一阶导数, 令其为 0, $p_s = \frac{p_o + \omega - b\beta}{2}$ 。将 p_s 代入 $\pi_e, \pi_e = \omega \frac{2t - p_o - \omega + b\beta}{2t} - \theta\beta^2$, 当 $t > \frac{3b^2}{10\theta}$ 时, 可知快递商的利润函数为凹函数。

对 ω 和 β 求一阶导数, 令其等于 0, 可得 $\beta = \frac{b(2t - p_o)}{8\theta t - b^2}$, $\omega = \frac{4\theta t(2t - p_o)}{8\theta t - b^2}$ 。将 p_s, β 和 ω 代入 π_o , $\pi_o = p_o \frac{2\theta(2t - p_o)}{8\theta t - b^2}$ 。对 p_o 求一阶导数, 令其等于 0, 可得 $p_o = t$, 从而可得 $p_s = \frac{(6\theta t - b^2)t}{8\theta t - b^2}$, $\beta = \frac{bt}{8\theta t - b^2}$, $\omega = \frac{4\theta t^2}{8\theta t - b^2}$, $D_o = \frac{2\theta t}{8\theta t - b^2}$, $D_s = \frac{6\theta t - b^2}{8\theta t - b^2}$, $\pi_o = \frac{2\theta t^2}{8\theta t - b^2}$, $\pi_s = \frac{(6\theta t - b^2)^2 t}{(8\theta t - b^2)^2}$, $\pi_e = \frac{\theta t^2}{8\theta t - b^2}$ 。

3 不同权力结构下零售供应链的比较

本文对线上零售商的权力大于线下零售商和快递商条件下, 线下零售商和快递商的三种不同权力结构建模分析, 有以下命题。其中, R_s 代表线下零售商为主导的 Stackelberg 博弈, N_a 代表 Nash 均衡, E_s 代表快递商为主导的 Stackelberg 博弈。

命题 1 当线上零售商选择权力小于线下零售商的快递商时, 快递商提供最高的快递服务水平, 此时顾客对线上商品的需求量最大, 对线下产品的需求量则最小, 而线上零售商选择权力大于线下零售商的快递商时, 则相反。

通过对比可知, $\beta^{E_s} < \beta^{N_a} < \beta^{R_s}$, $D_o^{E_s} < D_o^{N_a} < D_o^{R_s}$, $D_s^{E_s} < D_s^{N_a} < D_s^{R_s}$ 。当线上零售商选择权力小于线下零售商的快递商时, 快递商的规模小, 为了能够和线上零售商合作, 快递商提高服务水平, 较高的快递服务水平对消费者有很大的吸引力, 会有更多的消费者因为可以及时收到网上购买的商品而选择购买线上的商品, 而不愿花费时间精力和金钱去线下实体店购买产品。当线上零售商选择权力大于线下零售商的快递商时, 快递商规模较大, 在与线上零售商的博弈中有了更多资本, 此时快递商提供的服务水平最低, 较低的快递服务水平使一部分消费者因为不愿意花更多时间等待物流企业配送产品, 转而购买线下产品。

命题 2 当线上零售商选择权力小于线下零售商的快递商时, 当消费者去线下实体店的成本较低时, 线上零售商会降低商品价格, 当消费者去线下实体店的成本较高时, 线上零售商则会提高商品价格。

当 $\frac{3b^2}{10\theta} < t < \frac{b^2}{2\theta}$ 时, $p_o^{E_s} < p_o^{N_a} < p_o^{R_s}$; 当 $t > \frac{b^2}{2\theta}$ 时, $p_o^{E_s} < p_o^{N_a} < p_o^{R_s}$ 。对于选择规模较小的快递商配送商品的线上零售商而言, 当消费者不需要花费很多时间和金钱就可以在线下实体店买到心仪的商品时, 较高的快递服务水平对消费者的吸引力将变弱,

此时线上零售商会降低线上商品的价格来吸引消费者购买,当消费者需要花费很多时间和精力才能在线下实体店买到商品时,拥有较高快递服务水平的线上商品会吸引到更多的消费者购买,线上零售商则会相应地提高价格。

命题 3 当去实体店的成本较低时,线上零售商会选择权力与线下零售商相当的快递商;当去实体店的成本较高时,线上零售商则选择权力小于线下零售商的快递商。

当 $\frac{3b^2}{10\theta} < t < \frac{b^2}{2\theta}$ 时, $\pi_o^{Es} < \pi_o^{Na} < \pi_o^{Rs}$; 当 $t > \frac{b^2}{2\theta}$ 时, $\pi_o^{Es} < \pi_o^{Na} < \pi_o^{Rs}$ 。当消费者几乎不怎么需要花费精力和金钱就可以在实体店购买到商品时,与规模小的快递商合作,零售商需要降低产品的价格,从而使利润受损,此时线上零售商则会放弃选择选择规模很小的快递商,转而与规模与线下零售商实力相当的快递商合作。此时,线上商品价格较高,线上零售商的利润最大。当消费者需要花费很多精力才能到达实体店购买产品时,与规模小的快递商合作,顾客可以享受到高水平的服务,很多顾客更乐意在网上购买。此时线上商品价格最高,线上需求量也最大,线上零售商从而获得最大的利润。

命题 4 当去线下实体店的成本足够高时,线上零售商选择权力小于线下零售商的快递商,对于三者都是最有利的。

表 3 网络零售商为主导的 Stackelberg 博弈和协调后的供应链决策结果									
	β	p_o	p_s	ω	D_o	D_s	π_o	π_s	π_e
R_s	0.1964	0.275	0.2125	0.0786	0.3929	0.6071	0.1080	0.1290	0.0270
N_a	0.1818	0.2	0.1272	0.0727	0.3636	0.6364	0.0727	0.0810	0.0231
E_s	0.1333	0.2	0.1467	0.1067	0.2667	0.7333	0.0533	0.1076	0.0267

从表 3 可以发现, t 的取值远远大于 $b^2/(2\theta)$ 。通过将具体参数值代入,我们很直观地发现,线上零售商与规模小的快递商合作时,快递的服务水平,线上商品价格,线下商品价格,线上商品需求量,以及线上、线下零售商和快递商的利润都是最大的,线下商品需求量是最小的。此时对于三方而言,线上零售商选择权力小于线上实体店的快递商,三方均可以获得最大的利润。

由图 2 至图 5 我们可以更直观地观察到,当消费者需要花费很大的精力去线下购买产品,即距离成本大于 t_2 时,线上零售商将选择规模较小的快递商,此时三方的利润都最大,对三方都有利。当购买线下商品的单位距离成本适中,大于 t_1 且小于 t_2

当 $\frac{3b^2}{10\theta} < t < \frac{b^2}{2\theta}$ 时, $\pi_s^{Rs} < \pi_s^{Na} < \pi_s^{Es}$; 当 $\frac{b^2}{2\theta} < t < t_1$ 时, $\pi_s^{Na} < \pi_s^{Ra} < \pi_o^{Es}$; 当 $t > t_1$ 时, $\pi_s^{Na} < \pi_s^{Es} < \pi_s^{Rs}$, (t_1 是 $\pi_s^{Rs} - \pi_s^{Es} = 0$ 的解)。当 $2b^2/(10\theta) < t < t_2$ 时, $\pi_e^{Na} < \pi_e^{Rs} < \pi_e^{Es}$; 当 $t > t_2$ 时, $\pi_e^{Na} < \pi_e^{Es} < \pi_e^{Rs}$, (t_2 是 $\pi_e^{Rs} - \pi_e^{Es} = 0$ 的解, $t_2 < t_1$); 当 $t > t_1$ 时, $p_s^{Na} < p_s^{Es} < p_s^{Rs}$, $\omega^{Na} < \omega^{Rs} < \omega^{Es}$ 。通过对比我们可以发现,当消费者需要花费很多精力和金钱才能到达线下实体店时,与规模小的快递商合作,线上零售商的利润最高,而对于线下零售商而言,虽然此时去线下购买商品的消费者变少,但是会提高线下商品的价格,最终线下零售商的利润也较高。对于快递商而言,较高的快递服务水平会带来较高的成本,但购买线上产品的消费者增多,快递费也较高,此时快递商的利润最高。

4 数值仿真

为了更直观地对上述命题进行理解,本节给出具体的算例和函数图像分析。假设线上零售商、线下零售商和快递商的相关参数采用以下数值(见表 2),计算得出线上零售商具有绝对优先决策权时,线下零售商和快递商不同的权力结构下各决策变量的最优值(见表 3)。

表 2 参数赋值				
参数	θ	b	t	$b^2/(2\theta)$
赋值	0.1	0.1	0.2	0.05

时,线上零售商也会选择权力小于线下零售商的快递商,此时对线上、线下零售商都有利,但是对快递商相对不利。

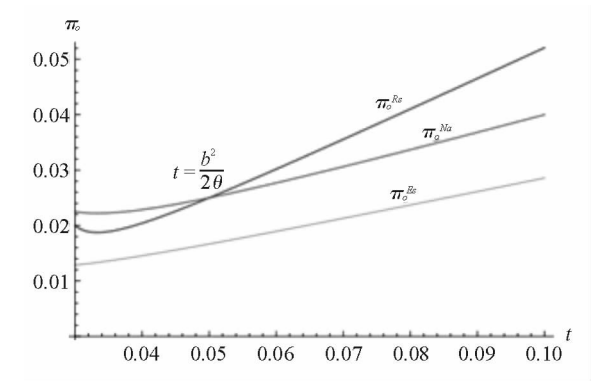


图 2 单位距离成本对线上零售商利润的影响

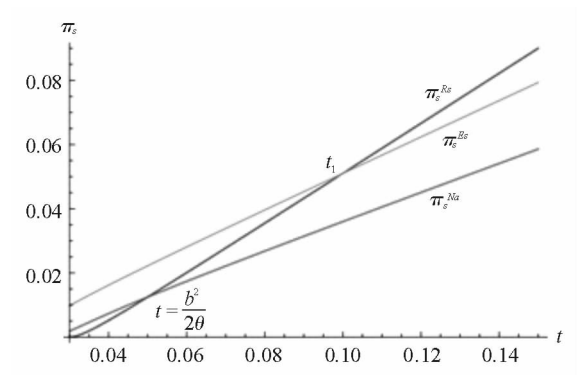


图 3 单位距离成本对线下零售商利润的影响

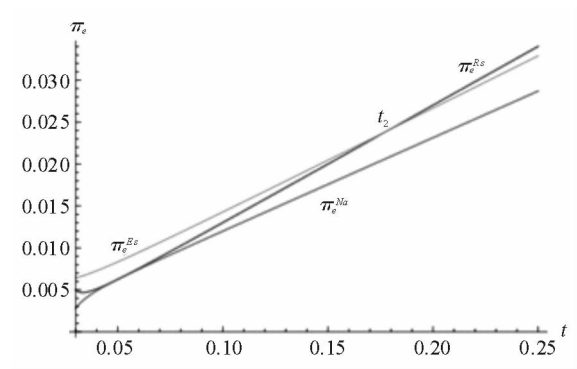


图 5 单位距离成本对快递商利润的影响

5 结语

本文针对线上零售商、线下零售商和快递商构成的供应链,在快递服务水平对单位快递服务成本和顾客需求量有影响的前提下,研究了线上零售商权力同时大于线下零售商和快递商的前提下,线下零售商和快递商二者不同权力结构下的分散式供应链的最优决策,将之进行对比,得出相关结论。当去线下实体店成本较低时,线上零售商会选择规模与线下零售商相当的快递商,当消费者需要花费很大的精力才能到达线下实体店购买商品时,线上零售商则选择权力小于线下零售商的快递商。当去线下实体店成本足够高时,线上零售商选择权力小于线下零售商的快递商,此时对于三者都是最有利的。

此外,本文考虑的是线上零售商的权力同时大于线下零售商和快递商的前提下,对线下零售商和

快递商的权力结构进行讨论,还可以进一步对线上零售商的权力同时小于或等于线下零售商等三者各种不同权力结构进行讨论,也可进一步研究线上零售商和快递商联合对抗线下零售商。

参考文献:

[1] WANG Y, WALLACE S W, SHEN B, et al. Service supply chain management; A review of operational models[J]. European Journal of Operational Research, 2015, 247(3):685-698.

[2] CHIU C H, CHOI T M, LI Y, et al. Service competition and service war: A game-theoretic analysis[J]. Service Science, 2014,6(1): 63-76.

[3] 胡一竑,李学迁. 网购供应链网络均衡模型研究[J]. 运筹与管理,2012,21(4): 34-40.

[4] LIU W H, XU X C, KOUHPAENEJAD A. Deterministic approach to the fairest revenue-sharing coefficient in logistics service supply chain under the stochastic demand condition[J]. Computers & Industrial Engineering,2013,66(1):41-52.

[5] MILLS D E. Why retailers sell private labels[J]. Journal of Economics & Management strategy, 1995, 4(3): 509-528.

[6] MANTIN B, KRISHNAN H, DHAR T. The strategic role of third-party marketplaces in retailing[J]. Production and Operations Management, 2014, 23(11): 1937-1949.

[7] 范小军,陈宏民. 零售商导入自有品牌对渠道竞争的影响研究[J]. 中国管理科学,2011,19(6):79-86.

[8] 李海,崔南方,徐贤浩. 零售商自有品牌与制造商直销渠道的互动博弈问题研究[J]. 中国管理科学, 2016,24(1):107-114.

[9] SHI R X, ZHANG J, RU J. Impacts of power structure on supply chains with uncertain demand[J]. Production and Operations Management, 2013, 22(5): 1231-1249.

[10] 张廷龙,梁樑. 不同渠道权力结构和信息结构下供应链定价和销售努力决策[J]. 中国管理科学,2012,2(20): 68-77.