

文章编号: 1003- 207(2006) 02- 0107- 05

不对称信息下的易逝品退货物流协调运作研究

张钦红¹, 赵泉午¹, 熊中楷²

(1. 汕头大学商学院, 广东 汕头 515063; 2. 重庆大学经济与工商管理学院, 重庆 400044)

摘 要: 退货是当前企业面临的一个重要问题, 越来越多的企业开始将退货物流外包给第三方物流企业。在由第三方物流企业和制造商构成的易逝品逆向物流系统中, 第三方物流企业的退货处理速度直接影响制造商退货产品的收益, 因此确定合适的退货处理速度, 协调两者间的利益分配成为研究的重点。本文采用排队模型求出系统最优的退货处理速度, 并讨论了影响最优处理速度的各个因素; 最后通过构建信息甄别模型求出了在双方对第三方物流企业的成本类型存在信息不对称时, 制造商的最优协调策略。

关键词: 退货物流; 供应链协调; 第三方物流; 排队模型; 信息不对称

中图分类号: F253. 4 **文献标识码:** A

1 引言

近年来, 退货作为逆向物流的主要部分开始受到实务界和理论界的关注。美国每年消费者的退货额约为 1000 亿美元^[1], 而相关的处理成本高达 370 亿美元^[2]。蕴藏在退货中的巨大可收回价值并未引起企业的足够重视, 退货处理往往被赋予最低的运作优先权。文献[2]的研究表明有近 40% 的美国企业退货处理周期超过 2 个星期。对于具有生产提前期长、销售周期短、期末产品残值低、需求不确定性大等特点的易逝品(perishable goods)^[3]而言, 退货处理速度无疑是退货管理的关键因素。当制造商把退货物流外包给第三方物流企业(Third Party Logistics, 以下简称 TPL)时, 提高退货处理速度能增加制造商从退货中获取的收益, 但会增加 TPL 的运营成本。这种成本与收益的不匹配要求制造商和 TPL 协调运作以实现整个供应链的最优。

目前理论界对逆向物流的研究多以单个企业为背景, 研究单个企业的逆向物流网络设计、生产计划、库存控制以及收集与配送等问题^[4], 对系统决策结构(契约合同的订立, 决策权力的调配和利润的分配)的研究较少^[5]。这些文献包括: 文献[6]研究了再制造中的相互竞争问题; 文献[7]研究了逆向物流的最优渠道结构设计问题; 文献[8]研究了无

缺陷退货的供应链协调问题。研究逆向物流 TPL 的文献包括: 文献[9]给出了评价和选择 TPL 的 ANP 决策模型; 文献[10]研究了如何根据产品生命周期各个阶段退货波动性的特点选择逆向物流 TPL 的问题。此外, 文献[11]使用排队网络模型研究了退货产品的时间价值对逆向物流网络设计的影响, 指出应采用快速反应型的逆物流网络处理易逝品退货。但文[11]以制造商自营逆向物流为背景, 没有考虑外包时的协调问题。本文在文献[11]的基础上研究制造商将逆向物流外包给 TPL 时, 退货处理速度的协调运作问题, 通过构建信息甄别模型求出了在双方对 TPL 的退货处理成本类型存在信息不对称时, 制造商的最优协调策略。

2 问题描述及数学模型

2.1 集中式退货系统的最优处理速度

当退货物流外包时, TPL 对来自零售商或消费者且经过制造商确认后的退货进行收集和分类, 然后将处理后的退货按不同的要求配送给制造商并收取服务费用, 如图 1 所示:

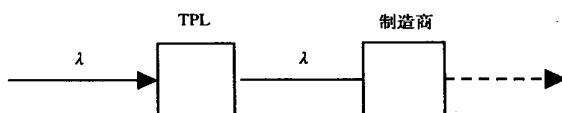


图 1 逆向物流基本模型

假设退货到达时间间隔服从负指数分布, 到达率为 λ ; TPL 的退货处理时间服从负指数分布, 处理速度(服务率)为 μ , 其中 $\mu > \lambda$; 只有一个服务台,

收稿日期: 2005- 05- 23; 修订日期: 2006- 01- 10

基金项目: 国家青年社科基金(02CJY027)

作者简介: 张钦红(1981-), 男(汉族), 安徽太和人, 汕头大学硕士研究生, 研究方向: 供应链管理、运营管理等。

即整个退货系统为 M/M/1 排队系统。不妨设退货经处理后(重新包装、维修、再制造等)的销售价格为 $v(t) = v_0 e^{-\alpha t}$, 其中 $\alpha \geq 0$ 刻画退回产品的价格随时间下降的快慢, v_0 表示初始时刻产品的价格; TPL 的单位处理(收集或分类)成本为 $h(\mu)$, 由于逆向物流的分类和收集活动均为劳动密集型, 故可假设单位退货的处理成本函数为线性函数 $h(\mu) = \rho\mu + b$ 。假设单位运输成本为常量 c , 运输时间为 τ , 资金的连续时间折扣率为 β 。为简化分析, 将排队系统中退货产品的实际停留时间取为其期望值 $\frac{1}{\mu - \lambda}$ 。文献[11]已证明此简化对计算结果的影响可以忽略不计。因此退货在系统中平均停留时间为:

$$w = \tau + \frac{1}{\mu - \lambda}$$

退货处理的顺序如下: t 时刻有单位退货到达 TPL, $w + t$ 时刻这些退货到达制造商处, 不考虑制造商的再处理时间, 此时产品价格为 $v(t + w) = v_0 e^{-\alpha(t + w)}$ 。只考虑退货的处理及运输成本, 则 t 时刻整个供应链的利润流量为:

$$\pi(t) = v(t + w)\lambda - h(\mu) - c\lambda$$

文献[11]通过对 HP 和 Bosch 公司退货的考察发现退货数量随时间变化的曲线与产品生命周期曲线形状类似, 即退货数量先有较短时间的增长然后是较长时间的稳定, 最后在较短的时间内下降为零。如图 2 所示:

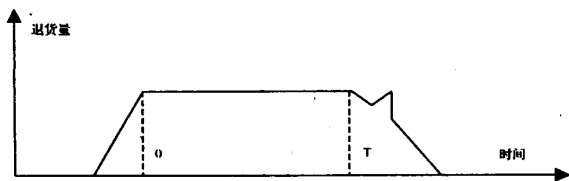


图 2 一种典型打印机的退货生命周期^[11]

令退货达到稳定状态时 $t = 0$, 退货稳定阶段结束时 $t = T$ 。则在退货稳定阶段整个系统的期望利润为:

$$\Pi = \int_0^T \pi(t) e^{-\beta t} dt$$

$$= \lambda e^{-\alpha w} \tilde{v} - \lambda \tilde{h}(\mu) + \tilde{c}$$

上式中 $\tilde{v} = v_0(1 - e^{-(\alpha + \beta)T})/(\alpha + \beta)$; $\tilde{h}(\mu) = h(\mu)(1 - e^{-\beta T})/\beta$; $\tilde{c} = c(1 - e^{-\beta T})/\beta$ 。现实中由于 $\alpha w \ll 1$, 由泰勒展开式可知 $e^{-\alpha w} \approx 1 - \alpha w$, 此时期望利润函数转化为:

$$\Pi = \lambda \tilde{v} (1 - \alpha w) - \lambda h(\mu) + \tilde{c}$$

将 w 及 $h(\mu)$ 代入上式有:

$$\Pi = \lambda \tilde{v} [1 - \alpha(\tau + \frac{1}{\mu - \lambda})] - \lambda[\rho\mu + b + \tilde{c}]$$

由微分最优化方法可得系统的最优处理速度为:

$$\mu^* = \lambda + \sqrt{\frac{e^{(\alpha + \beta)T} - 1}{e^{(\alpha + \beta)T} - e^{\alpha T}}} \sqrt{\frac{\alpha\beta v_0}{(\alpha + \beta)\rho}}$$

由此得出如下结论:

(1) 最优的退货处理速度 μ^* 与退货发生率 λ 、产品初始价格 v_0 、产品价格消逝系数 α 正相关。

(2) 最优的退货处理速度 μ^* 与退货处理成本系数 ρ 、产品生命周期 T 负相关。

2.2 分散式退货系统的处理速度协调运作问题

在分散式退货物流系统中, 假设制造商占主导地位且制造商和 TPL 拥有共同信息。博弈顺序为: 制造商向 TPL 提供 (μ, p) 的合同条款, 当退货处理速度不小于 μ 时, 每单位退货制造商向 TPL 提供 p 的转移支付, TPL 以自身利润最大化决定是否接受合同并选取退货处理速度 μ 。令退货系统总期望利润为 Π , TPL 的期望利润为 Π_3 , 制造商期望利润为 Π_M 。此时制造商的决策问题如下:

$$\max_{(\mu, p)} \Pi_M = \lambda \tilde{v} [1 - \alpha(\tau + \frac{1}{\mu - \lambda})] - \lambda p$$

$$S. T. \quad \tilde{p} - \tilde{\rho}\mu - \tilde{b} - \tilde{c} \geq \bar{R}$$

其中 \bar{R} 为 TPL 的保留效用, 约束条件表示制造商给出的合同必须满足 TPL 的个人理性约束, 即 TPL 参与合同的收益必须大于其保留效用。易于求得模型最优解 $\mu = \mu^*$, 对应的单位退货转移支付为 $p = \rho\mu^* + R_0$, 其中 $b + c + R = R_0$ 。针对上述最优解, 取 μ^* 为阈值, 可设计如下的最优合同 $(\mu^*, \rho\mu^* + R_0)$: 当 TPL 的处理速度满足 $\mu \geq \mu^*$ 时, 可获单位转移支付 $\rho\mu^* + R_0$, 如果低于该值则得到一个较大的惩罚。在此合同下, TPL 将选择系统最优的退货处理速度。在此合同机制下, 退货系统的总利润达到最大, 制造商获得最大利润。

在上文给出的合同中, 合同参数依赖于 TPL 的处理成本系数。但现实中往往不为制造商所知。当其为 TPL 的私人信息时, TPL 可以通过谎报其成本类型来获得更多的收益。此时, 博弈变成信号甄别博弈(Screening Game)。在信号甄别博弈中, 拥有信息劣势的制造商首先行动提供基于菜单的合同, TPL 根据自己的成本类型选择其中一个合同组合。

设 ρ 的取值范围 $[\underline{\rho}, \bar{\rho}]$ 、概率分布函数 $F(\rho)$ 和概率密度函数 $f(\rho)$ 为共同知识。制造商首先行动提

供基于菜单的合同条款 $(p(\mu_i), \mu_i)$, 其中 μ_i 和 p 根据 ρ 来确定, 即等同于合同 $(p(\mu(\rho)), \mu(\rho))$ 。TPL 根据自己的成本类型选择其中的一个合同组合, 根据 TPL 的选择, 制造商可以推断出 TPL 的成本系数 ρ 的大小。由文献[12], 制造商的决策问题如下:

$$\begin{aligned} \max \quad & E(\Pi_M) = E[v(t, \mu) - p(\mu)] \\ IC: \quad & \mu_i = \arg \max E[\Pi_3(\rho, \mu)] \\ S.T. \quad & = \arg \max E[p(\rho, \mu) - h(\rho, \mu) - c] \quad \forall \rho \in [\underline{\rho}, \bar{\rho}] \\ IR: \quad & E(\Pi_b) = E[p(\rho, \mu) - h(a, \mu) - c] \geq \int_0^T Re^{-\beta t} dt \end{aligned}$$

上述规划中, IC 为激励相容约束, IR 为个人理性约束。当对于 ρ 信息对称时, 激励相容约束不存在。模型转化为上述对称信息时的情形。当对于 ρ 信息不对称时, 取 TPL 的处理成本只有高低两种类型进行分析, 即 $\rho \in \{\rho_h, \rho_l\}$, 对应概率分别为 $k, 1-k$ 。此时制造商提出的菜单式合同包括两项 (p_h, μ_h) 和 (p_l, μ_l) 。根据显示原理(Revelation Principle)可以考虑直接显示机制, 即 TPL 说真话的合同机制, 此时问题转化为:

$$\begin{aligned} \max \quad & E(\Pi) = kE[v(t, \mu_h) - p(\mu_h)] + (1-k)E[v(t, \mu_l) + p(\mu_h)] \\ & = \int_0^T \lambda[k[v(\mu_h) - p(\mu_h)] + (1-k)[v(\mu_l) - p(\mu_l)]]e^{-\beta t} dt \\ IC: \quad & \int_0^T \lambda[p_h - \rho_h \mu_h]e^{-\beta t} dt \geq \int_0^T \lambda[p_l - \rho_h \mu_l]e^{-\beta t} dt \\ S.T. \quad & \int_0^T (p_l - \rho_l \mu_l)e^{-\beta t} dt \geq \int_0^T (p_h - \rho_l \mu_h)e^{-\beta t} dt \\ IR: \quad & \int_0^T (p_h - \rho_h \mu_h - b - c)e^{-\beta t} dt \geq \int_0^T Re^{-\beta t} dt \\ & \int_0^T (p_l - \rho_l \mu_l - b - c)e^{-\beta t} dt \geq \int_0^T Re^{-\beta t} dt \end{aligned}$$

进一步化简为:

$$\begin{aligned} \min \quad & z = \frac{k\tilde{v}\alpha}{\mu_h - \lambda} + \frac{(1-k)\tilde{v}\alpha}{\mu_l - \lambda} + [kp(\mu_h) + (1-k)p(\mu_l)](1 - e^{-\beta T})/\beta \\ IC: \quad & p_h - \rho_h \mu_h \geq p_l - \rho_h \mu_l \\ & p_l - \rho_l \mu_l \geq p_h - \rho_l \mu_h \\ S.T. \quad & IR: \rho_h \mu_h - b - c \geq R \\ & p_l - \rho_l \mu_l - b - c \geq R \end{aligned}$$

上述最优化问题与经典的委托代理模型的优化

问题结构相同, 文献[13]给出了求解方法, 本文给出另一种完全不同且更易于理解的求解方法。

令 $p(\mu_h) = p_h; p(\mu_l) = p_l$, 并引入松弛变量

$$\text{将 IR 两式化为} \quad \begin{aligned} p_h &= \rho_h \mu_h + R_0 + M \\ p_l &= \rho_l \mu_l + R_0 + N \end{aligned}$$

其中 $R_0 = R + b + c$ 。再将 IR 两式代入目标函数及 IC 两式, 则问题转化为:

$$\begin{aligned} \min \quad & z = \frac{k\tilde{v}\alpha}{\mu_h - \lambda} + \frac{(1-k)\tilde{v}\alpha}{\mu_l - \lambda} + [k\rho_h \mu_h + (1-k)\rho_l \mu_l + R_0 + kM + (1-k)N](1 - e^{-\beta T})/\beta \\ S.T. \quad & M + \mu_h(\rho_h - \rho_l) \leq N \leq M + \mu_l(\rho_h - \rho_l) \end{aligned}$$

再次引入松弛变量 $Q \geq 0$, 令 $N = M + Q + \mu_h(\rho_h - \rho_l)$, 代入约束条件及目标函数得:

$$\begin{aligned} \min \quad & z = \frac{k\tilde{v}\alpha}{\mu_h - \lambda} + \frac{(1-k)\tilde{v}\alpha}{\mu_l - \lambda} + [k\rho_h \mu_h + (1-k)\rho_l \mu_l + R_0 + M + (1-k)[Q + \mu_h(\rho_h - \rho_l)](1 - e^{-\beta T})/\beta \\ S.T. \quad & 0 \leq Q \leq (\mu_h - \mu_l)(\rho_h - \rho_l) \end{aligned}$$

显然, 目标函数与 Q, M 正相关, 目标函数取最小值时, 必有 $Q = 0, M = 0$ 。则 $N = \mu_h(\rho_h - \rho_l)$, 原问题化简如下:

$$\min \quad z = \frac{k\tilde{v}\alpha}{\mu_h - \lambda} + \frac{(1-k)\tilde{v}\alpha}{\mu_l - \lambda} + k\tilde{\rho}_h \mu_h + (1-k)\tilde{\rho}_l \mu_l + \tilde{R}_0 + (1-k)\mu_h(\tilde{\rho}_h - \tilde{\rho}_l)$$

由最优化方法可得上述问题的解为:

$$\begin{aligned} \mu_h &= \lambda + \sqrt{\frac{k\tilde{v}\alpha}{N(2-k)\tilde{\rho}_h + (1-k)\tilde{\rho}_l}}, p_h = R_0 + \rho_h(\lambda + \sqrt{\frac{k\tilde{v}\alpha}{N(2-k)\tilde{\rho}_h + (1-k)\tilde{\rho}_l}}) \\ \mu_l &= \lambda + \sqrt{\frac{\tilde{v}\alpha}{N\tilde{\rho}_l}}, p_l = R_0 + \rho_l(\lambda + \sqrt{\frac{\tilde{v}\alpha}{N\tilde{\rho}_l}}) \\ &+ \rho_l(\sqrt{\frac{k\tilde{v}\alpha}{N(2-k)\tilde{\rho}_h + (1-k)\tilde{\rho}_l}} - \sqrt{\frac{\tilde{v}\alpha}{N\tilde{\rho}_l}}) \end{aligned}$$

此时, 高成本类型 TPL 会选择合同 (p_h, μ_h) , 低成本类型 TPL 会选择合同 (p_l, μ_l) 。其中 $\mu_h < \mu_l$, 即为高成本类型 TPL 设计的合同条款中, 其处理速度小于低成本类型 TPL 的处理速度。在信息不对称时高成本类型 TPL 的退货处理速度低于信息对称时高成本最优退货处理速度, 此时系统未能达到最优; 低成本类型 TPL 的处理速度与最优时相

等,但制造商向其支付的费用高于信息对称时的情形,这些结论与经典委托代理理论相符^[13]。显然,这样的合同安排导致制造商的期望利润低于信息对称时的利润,减少的部分为信息租金,即由于 TPL 的信息优势导致制造商向 TPL 转移部分利润。

3 实例分析

由文献[11],以 HP 北美公司喷墨打印机退货数据为例,实例参数设置如下表所示:

表 1 实例参数值			
参数	取值	单位	含义
λ	6.67	卡车/天	平均每天有 6.67 卡车的退货
v_0	40	万元	每卡车退货在 0 时刻的价格为 40 万元
α	0.00243	无量纲	每年跌价 59%
β	0.0004	无量纲	资金成本每年 13.5%
T	395	天	退货稳定阶段为 13 个月
ρ	0.1	万元	每卡车退货的处理成本系数
b	1.5	万元	每卡车退货的固定处理成本
c	0.5	万元	每卡车运输成本
ρ_h	0.12	万元	高成本类型 TPL 每卡车的处理成本系数
ρ_l	0.08	万元	低成本类型 TPL 每卡车的处理成本系数
k	0.5	无量纲	TPL 为高成本类型的概率

表 2 信息对称时最优合同及各方利润			
变量	数值	单位	含义
μ^*	7.47	卡车/天	系统最优处理速度
p	3.75	万元/车	制造商的转移支付
Π	55945	万元	系统总利润
Π_M	53508	万元	制造商的总利润
Π_3	2437	万元	TPL 的总利润

HP 公司退货系统的最优处理速度 $\mu^* = 7.47$ 卡车/天,信息对称时的最优合同为 $(p, \mu^*) = (3.75, 7.47)$,即当退货处理速度不小于 7.47 卡车/天时,制造商对每卡车退货支付给 TPL3.75 万元,此时各方利润如表 2 所示。

表 3 信息不对称时最优合同及各方利润			
变量	数值	单位	含义
μ_h	7.05	卡车/天	为高成本类型 TPL 设计的最低处理速度
p_h	3.8	万元/车	为高成本类型 TPL 设计的单位转移支付
μ_l	7.56	卡车/天	为低成本类型 TPL 设计的最低处理速度
p_l	3.9	万元/车	为低成本类型 TPL 设计的单位转移支付
Π	55888	万元	信息不对称时系统期望利润
Π_M	53451	万元	信息不对称时制造商期望利润
Π_3	2437	万元	信息不对称时 TPL 期望利润
信息租金	57	万元	信息不对称时制造商总利润比信息对称时的减少额

由表 3 知,信息不对称时制造商提供的菜单合同为 $(p_h, \mu_h) = (3.8, 7.05)$ 和 $(p_l, \mu_l) = (3.9,$

$7.56)$,信息不对称时制造商期望利润较信息对称时减少 57 万元,即信息租金为 57 万元。

表 4 系统协调与不协调时的利润比较			
变量	数值	单位	含义
$\Pi(0.9\mu^*)$	55857	万元	处理速度为 $0.9\mu^*$ (不协调) 时系统总利润
减少比率	5%	无量纲	系统总利润减少比率
减少量	2780	万元	系统总利润减少量
$\Pi(1.1\mu^*)$	53165	万元	处理速度为 $1.1\mu^*$ (不协调) 时系统总利润
减少比率	0.16%	无量纲	系统总利润减少比率
减少量	88	万元	系统总利润减少量

由表 4 可知,当退货处理速度为 $0.9\mu^*$ 及 $1.1\mu^*$,即系统未达到协调时,退货系统利润均减少,减少比率及减少量如表 4 所示。由表 4 知当处

理速度低于最优处理速度时系统利润下降较快,现实中 TPL 有降低处理速度的激励,此时系统协调的收益更大,效果更明显。

4 结论及未来研究方向

本文采用排队模型研究了由 TPL 和制造商构成的退货物流系统中, 系统最优退货处理速度及其影响因素, 以及分散式退货系统的退货处理协调运作问题。当双方存在信息不对称时, 制造商通过基于菜单的合同条款可以达到甄别 TPL 成本类型, 实现自身利益的最大化的目标。实例分析验证了模型的结论。未来的研究方向包括逆向物流与前向物流集成情形下的协调运作问题以及考虑退货处理学习效应时的退货物流协调运作问题。

参考文献:

- [1] Stock, J. T. Speh and H. Shear. Many Happy Returns [J]. Harvard Business Review, 2002, 80 (7): 16–17.
- [2] Dale S Rogers, Ronald Tibben-Lembke: An examination of reverse logistics practices [J]. Journal of Business Logistics, 2001, 22 (2): 129–148.
- [3] 赵泉午, 熊中楷, 杨秀苔, 等. 易逝品两级供应链中的数量折扣问题研究 [J]. 系统工程学报, 2005(3).
- [4] Rmmooert Dekker, Moritz Fleischmann, Karl Inderfurth, Luk N. Van Wassenhove: Reverse Logistics—Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chain [M]. Springer, 2003.
- [5] 达庆利, 黄祖庆, 张钦. 逆向物流系统结构研究的现状及展望 [J]. 中国管理科学, 2004, 12(1): 131–138
- [6] Pranab Majumder, Harry Groeneveld: Competition in remanufacturing [J]. Production and Operations Management, 2001, 10(2): 125–141.
- [7] R Canan Savaskan, Shantanu Bhattacharya and Luk N Van Wassenhove: Closed-Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing [J]. Management Science, 2004, 50(2): 239–252.
- [8] Mark Ferguson, V. Daniel R. Guide, Jr. and Gilvan C. Souza, Supply Chain Coordination for False Failure Returns [Z]. working paper, 2004.
- [9] Laura Meade, Joseph Sarkis: A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers [J]. Supply Chain Management, 2002, 7(5): 283–295.
- [10] Marco Serrato, Sarah M. Ryan and Juan Gaytan, Characterization of Reverse Logistics Networks for Outsourcing Decisions [Z]. working paper, 2004.
- [11] Gilvan C. Souza, V. Daniel R. Guide Jr., Luk N. Van Wassenhove and Joseph D. Blackburn. Time Value of Commercial Product Returns [Z]. working paper, 2004.
- [12] Charles J Corbett and Xavier de Groote, A Supplier's Optimal Quantity Discount Policy under Asymmetric Information [J]. Management Science, 2000, 46(3): 444–456
- [13] 让-雅克·拉丰, 大卫·马赫蒂摩. 激励理论—委托代理模型 [M]. 中国人民大学出版社, 2002.

Study on Coordination Operations of Perishable Product Returns with Asymmetric Information

ZHANG Qin hong¹, ZHAO Quan-wu¹, XIONG Zhong-kai²

(1. Business School, Shantou University, Shantou 515063, China;

2. College of Economy and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Manufacturers and distributors must cope with the increased flow of returned products from their customers. In response, many firms outsource their reverse logistics to TPL. If TPL handles returns faster, manufacturer can obtain more profit from returns, but leading to higher cost of TPL. So it is important to decide the optimal handling speed and allocation of total profit created by faster handling speed. In this paper we investigate the optimal handling speed by using the queueing model and discuss the factors influencing optimal handling speed. At last we establish a screening game model to get manufacturer's optimal strategy when he can't get the full information about TPL's handling cost type.

Key words: reverse logistics; supply chain coordination; TPL; queueing model; asymmetric information