第9卷第4期
2006年8月

管 理 科 学 学 报
JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCES IN CHINA

Vol.9 No.4
Aug. 2006

直线型再制造供应链决策结构的效率分析①

黄祖庆[1,2], 达庆利[1]
(1.东南大学经济管理学院, 南京 210096; 2.中国计量学院管理学院, 杭州 310018)

摘要: 将直线型再制造供应链分为5种不同的决策结构,研究了该供应链在不同决策结构下的收益以及与集成式"超组织"结构相比的效率损失.结果表明:回收物品的潜在期望收益是回收行为的驱动因素;销售商对生产商批发价的决定权越大,该决策结构就越有效,效率损失也越小;收益分享是实现逆供应链成员"双赢"目的的有效策略.

关键词: 逆向物流; 逆供应链; 结构; 效率; 收益分享

中图分类号: F270; F252　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1007-9807(2006)04-0051-07

0 引 言

随着人们对环保的日益关注,废旧物品的重新利用越来越受重视,许多国家也加大了这方面的立法力度.这种努力提升了物料循环利用的理念——达到资源再生、物料增值和成本节约的目的,取代了物料传统的单向运作模式,产生了与传统物流方向相反的新型物流——从消费者回到生产商的"逆向物流(Reverse Logistics)"[1~4],含有逆向物流的供应链也被称为逆供应链(Reverse Supply Chain)[5~7].

近年不少知名企业将逆向物流纳入企业发展的战略规划中,使之成为新的降低成本、提高利润的出发点,其逆供应链的规划和运作已带来可观的经济效益和环境效益,如伊士曼·柯达(Eastman Kodak)制造的再生循环照相机,惠普(Hewlett-Packard)和爱普生(Epson)生产的可重复填充利用的打印机墨粉盒,西尔斯(Sears)使用可降解的包装物等[8],以及几乎所有国际著名汽车生产商均制定了严格的环境保护措施并要求他们的供货商也同样遵守[3,9,10].

在逆供应链管理中,确定逆供应链结构是一项极其重要而又非常复杂的工作,并且系统结构对其运作绩效起着决定性作用[4].当前,关于供应链管理的研究已取得不少成果[11,12],但有关逆供应链结构的研究还刚刚起步,公开发表的文献很少,尤其是国内学者的研究成果还鲜有报导.文献[13]主要探讨了对邮购、网上购物或电子商务中发生的退货进行分类处理,建立随机市场需求下单周期产品的订货决策模型,并得到不同情形下的最优订货策略;文献[14]主要研究了第三方再制造商的再制造产品可替代初始产品所导致的竞争情况;文献[15]讨论了集成式逆供应链(生产商负责生产、销售及回收)和分散式逆供应链(包括第三方负责回收(Third-Party Collecting)、销售商负责回收(Retailer Collecting)、生产商负责回收(Manufacturer Collecting)三种回收模式)下的回收模式和策略.研究结果表明在分散式逆供应链中销售商负责回收为最佳回收模式,但文中假设回收物品全部可再制造且未讨论市场中生产商与销售商的决策地位对结构效率的影响.本文主要研究回收后经过处理分拣出的部分零配件可以再制造到新产品中,从而使参与回收的各方有利可图的情况,并分析销售商负责回收的直线型再制造供应链(图1)中回收行为的驱动因素以及生产商与销售商的决策地位对结构效率的影响.

---

① 收稿日期: 2004-08-02; 修订日期: 2005-03-31.
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70472033); 东南大学基金资助项目(XJ0414156).
作者简介: 黄祖庆(1969—), 男, 江西会昌人, 博士, 教授.

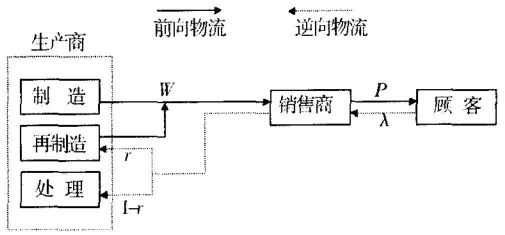

图 1 直线型再制造供应链结构

Fig 1 Structure of the serial supply chains with remanufacture

1 模型基本假设与模型描述

基本假设如下.

(1) 新产品可以完全使用原材料生产(单位成本为 C_m),也可以使用回收产品的部分零部件(单位成本为 C_r,且 $C_r \leqslant C_m$),用 Δ 表示因为使用回收产品而节约的成本,则 $\Delta = C_m - C_r$;

(2) 假设产品都通过销售商销售,且生产商给销售商的批发价为 W,销售商给顾客的销售价为 P,销售商的单位销售成本为 C_s;

(3) 假设对产品的需求是线性的,故需求曲线为 $D(P) = \alpha - \beta P$,α 与 β 是大于 0 的参数;

(4) 假设向顾客回收产品的单位回收成本(价格)为 A,从销售商回购废旧产品的单位成本(价格)为 $B(A \leqslant B)$;

(5) 假设回收产品的固定投入成本和回收量是产品回收率 λ 的函数(λ 也可视为回收努力系数),和文献[13]一样,固定投入成本表示为 $C_0\lambda^2$(C_0 是大于 0 的常量,它满足定理 1 的条件),产品回收量表示为 $\lambda(\alpha - \beta P)$;

(6) 生产商回收的废旧产品中只有 $r(0 \leqslant r \leqslant 1)$ 部分可以再制造成新产品,而另一部分 $(1 - r)$ 则只能作它用(如原料再生等),假设单位废旧产品的残余价值为 $S(S \leqslant \Delta)$.

由上假设,则销售商利润 π_R 和生产商利润 π_M 分别为

$$\pi_R = (P - W - C_s)(\alpha - \beta P) - A\lambda(\alpha - \beta P) + B\lambda(\alpha - \beta P) - C_0\lambda^2$$

$$\pi_M = (W - C_m + \lambda r\Delta)(\alpha - \beta P) + S\lambda(1 - r)(\alpha - \beta P) - B\lambda(\alpha - \beta P)$$

即

$$\pi_R = (P - W - C_s - A\lambda + B\lambda)(\alpha - \beta P) - C_0\lambda^2$$

$$\pi_M = [W - C_m + \lambda r\Delta + S\lambda(1 - r) - B\lambda] \times (\alpha - \beta P)$$

下文中,以上变量加下标“c”表示集成式逆供应链的情况;加下标“d”表示分散式逆供应链的情况.下标 d 又进一步区分为:d1 为生产商单独决定 W,d2 为销售商单独决定 W,d3 为生产商和销售商共同决定 W,d4 为生产商和销售商收益分享的情况.

2 再制造供应链决策结构的效率分析

2.1 集成式“超组织”逆供应链

该结构中,生产商负责生产、销售和回收,此时的供应链结构实际上是一个理想化的“超组织”结构,于是问题归结为

$$\max_{P,\lambda} \pi = \pi_R + \pi_M = [P - C_m + \lambda r\Delta - C_s - A\lambda + S\lambda(1 - r)] \times (\alpha - \beta P) - C_0\lambda^2 \tag{1}$$

由一阶条件 $\partial\pi/\partial P = 0, \partial\pi/\partial\lambda = 0$,并令

$$\Delta' = (1 - r)S + r\Delta \tag{2}$$

Δ' 可视为每个回收产品给生产商带来的期望残余收益,显然有 $\Delta' \geqslant A$,可解得

$$P_c^* = \frac{2C_0[\alpha + (C_m - C_s)\beta] - \alpha\beta(\Delta' - A)^2}{\beta[4C_0 - \beta(\Delta' - A)^2]} \tag{3}$$

$$\lambda_c^* = \frac{[\alpha - (C_m + C_s)\beta](\Delta' - A)}{4C_0 - \beta(\Delta' - A)^2} \tag{4}$$

$$\pi_c^* = \frac{C_0[\alpha - (C_m + C_s)\beta]^2}{\beta[4C_0 - \beta(\Delta' - A)^2]} \tag{5}$$

定理 1 式(1)有解且 $0 \leqslant \lambda_c^* \leqslant 1$ 的必要条件是正常量 C_0 足够大,使得

$$4C_0 > \{[\alpha - \beta(C_m + C_s)] + \beta(\Delta' - A)\} \times (\Delta' - A)$$

成立.

证明 事实上,式(1)要取得最大值,则必须满足下列条件:

$$1)\ \frac{\partial^2\pi}{\partial P^2} < 0;2)\ \frac{\partial^2\pi}{\partial\lambda^2} < 0;3)\ \frac{\partial^2\pi}{\partial P^2} \cdot \frac{\partial^2\pi}{\partial\lambda^2} > \left(\frac{\partial^2\pi}{\partial P\partial\lambda}\right)^2.$$

由假设知 $\beta > 0, C_0 > 0$,则条件 1) 和 2) 成立.而要使得条件 3) 成立,须使

$$4C_0 > \beta(\Delta' - A)^2 \tag{6}$$

成立，此时 $\lambda_c^* \geqslant 0$ 显然成立.

为使 $\lambda_c^* \leqslant 1$ 成立，由式(4)知必须满足条件

$$4C_0 > \{[(\alpha - \beta(C_m + C_s)] + \beta(\Delta' - A)\} \times (\Delta' - A) \tag{7}$$

综合式(6)和(7)，知定理成立.

为节省篇幅起见，下面我们不再对参数 C_0 进行讨论，而认为所选择的 C_0 总是能保证最优解的存在性以及 λ 的有效性($0 \leqslant \lambda \leqslant 1$).

由式(4)和(5)及定理1的证明过程，易得结论1.

结论1　集成式"超组织"逆供应链中，生产商最优回收努力 λ_c^* 和最优收益 π_c^* 均是关于 $(\Delta' - A)$ 的递增函数. 这表明，期望的残余收益越大、回收价格越低，则越能激发回收行为努力且增加企业收益.

2.2　分散式逆供应链——生产商只负责生产，销售商负责销售和回收

2.2.1　生产商单独决定 W

此时生产商可以自由决定给销售商的批发价 W，以使得自己的收益最大；而销售商则只能在生产商给定 W 下调节给顾客的销售价格 P 和回收努力 λ，使得自己效益最大. 于是决策问题变为

$$\max_{W} \pi_M = [W - C_m + \lambda r\Delta + S\lambda(1 - r) - B\lambda](\alpha - \beta P) \tag{8}$$

$$\text{s.t.} \max_{P,\lambda} \pi_R = (P - W - C_s - A\lambda + B\lambda) \times (\alpha - \beta P) - C_0\lambda^2 \tag{9}$$

由逆向归纳法[16]，令式(9)对 P、λ 的一阶导数为0，解得

$$P_{d1}^* = \frac{2C_0[\alpha + (W + C_s)\beta] - \alpha\beta(A - S + rS - r\Delta)^2}{\beta(4C_0 - \beta(A - B)^2)} \tag{10}$$

$$\lambda_{d1}^* = \frac{[\alpha - (W + C_s)\beta](B - A)}{4C_0 - \beta(A - B)^2} \tag{11}$$

将式(10)和(11)代入式(8)，并令其对 W 的一阶导数为0，解得

$$W_{d1}^* = \frac{-4C_0[\alpha + (C_m - C_s)\beta]}{2\beta[-4C_0 + (A - B)(A - S + rS - r\Delta)\beta]} + \frac{(A - B)[B\alpha - 2(1 - r)S(\alpha - C_s\beta) - B(C_m + C_s)\beta + A(\alpha + (C_m - C_s)\beta) - 2r\Delta(\alpha - C_s\beta)]\beta}{2\beta[-4C_0 + (A - B)(A - S + rS - r\Delta)\beta]}$$

$$\pi_{R_{d1}}^* = \frac{C_0[4C_0 - (A - B)^2\beta][\alpha - (C_m + C_s)\beta]^2}{4\beta[-4C_0 + (A - B)(A - S + rS - r\Delta)\beta]^2}$$

$$\pi_{M_{d1}}^* = -\frac{C_0[\alpha - C_m + C_s)\beta]^2}{2\beta[-4C_0 + (A - B)(A - S + rS - r\Delta)\beta]}$$

利用式(2)，则

$$\pi_{M_{d1}}^* = \frac{C_0[\alpha - (C_m + C_s)\beta]^2}{2\beta[4C_0 - (B - A)(\Delta' - A)\beta]} \tag{12}$$

由式(12)，可得结论2.

结论2　分散式逆供应链生产商单独决定 W 时，生产商给销售商的回收价格 $B = \Delta'$ 时，可获取最大的收益. 此时有

$$P_{d1}^*\Big|_{B=\Delta'} = \frac{C_0[3\alpha + (C_m + C_s)\beta] - \alpha\beta(\Delta' - A)^2}{\beta(4C_0 - \beta(\Delta' - A)^2)} \tag{13}$$

$$\lambda_{d1}^*\Big|_{B=\Delta'} = \frac{[\alpha - (C_m + C_s)\beta](B - A)}{2(4C_0 - \beta(\Delta' - A)^2)} \tag{14}$$

$$W_{d1}^*\Big|_{B=\Delta'} = \frac{\alpha + (C_m - C_s)\beta}{2\beta} \tag{15}$$

$$\pi_{M_{d1}}^*\Big|_{B=\Delta'} = \frac{C_0[\alpha - (C_m + C_s)\beta]^2}{2\beta[4C_0 - (\Delta' - A)^2\beta]} = 0.5\pi_c^* \tag{16}$$

$$\pi_{R_{d1}}^*\Big|_{B=\Delta'} = 0.25\pi_c^* \tag{17}$$

从式(16)和(17)可知，此时，整个供应链的收益为 $\pi_{d1}^* = \pi_{R_{d1}}^* + \pi_{M_{d1}}^* = 0.75\pi_c^*$. 可见，与集成式"超组织"逆供应链结构的情形相比，供应链整体利润损失的相对值，亦即效率损失(下同)为25%.

2.2.2　销售商单独决定 W

此时销售商的决策问题为

$$\max_{P,\lambda,W} \pi_R = (P - W - C_s - A\lambda + B\lambda) \times (\alpha - \beta P) - C_0\lambda^2 \tag{18}$$

$$\text{s.t. } \pi_M = [W - C_m + \lambda r\Delta + S\lambda(1 - r) - B\lambda](\alpha - \beta P) \geqslant 0 \tag{19}$$

由生产商的利润函数式(19)可以看出，其利润

取决于批发价格 W 和最终价格 P,生产商完全被动接受销售商的决策.故销售商首先会要求生产商的回收价格 $B = \Delta'$,又由 $\frac{\partial \pi_R}{\partial W} = -(\alpha - \beta P) < 0$ 可知,对于销售商来说,批发价格 W 越低越有利.假设生产商在面临生产与否利润均为 0 时总是选择生产,则销售商决定的最优批发价格使得生产商利润 π_M 为 0,即

$$W_{d2}^* = C_m - \lambda r\Delta - S\lambda(1-r) + B\lambda = C_m$$

在此基础上得出销售商的最优决策为

$$P_{d2}^* = \frac{2C_0[\alpha + (C_m + C_s)\beta] - \alpha\beta(\Delta' - A)^2}{\beta(4C_0 - \beta(\Delta' - A)^2)} \tag{20}$$

$$\lambda_{d2}^* = \frac{[\alpha - (C_m + C_s)\beta](\Delta' - A)}{4C_0 - \beta(\Delta' - A)^2} \tag{21}$$

$$\pi_{M_{d2}}^* = 0 \tag{22}$$

$$\pi_{R_{d2}}^* = \frac{C_0[\alpha - (C_m + C_s)\beta]^2}{\beta[4C_0 - (\Delta' - A)^2\beta]} = \pi_c^* \tag{23}$$

从式(22)和(23)可知,与集成式"超组织"逆供应链结构的情形相比,此时供应链的效率损失为 0.但一般情况下,生产商的批发价格必定大于其边际成本,即 $W > C_m - \lambda r\Delta - S\lambda(1-r) + B\lambda$,所以,当生产商的期望收益为 0 时,理性的生产商是不会生产的(除非是国家规定的福利性企业).

2.2.3　生产商和销售商共同决定 W

此时,批发价格 W 由生产商和销售商谈判决定,显然,必然介于 W_{d1}^* 和 W_{d2}^* 之间,即

$$W_{d3}^* = \omega W_{d2}^* + (1-\omega)W_{d1}^* (0 \leqslant \omega \leqslant 1)$$

ω 可理解为生产商与销售商对 W 的影响力之比:$\omega = 0$,表示生产商单独决定 W;$\omega = 1$,则表示销售商单独决定 W.

假设生产商和销售商已经多次交易,对谈判的最终结果早已明了,即 W_{d3}^* 是在销售商决定销售价格和回收努力之前事前给定的.此时销售商面临的决策是

$$\max_{P,\lambda} \pi_R = (P - W - C_s - A\lambda + B\lambda) \times (\alpha - \beta P) - C_0\lambda^2$$

由一阶条件,可得

$$P_{d3}^* = \frac{C_0[(3-\omega)\alpha + (C_m + C_s)(1+\omega)\beta] - \alpha\beta(\Delta' - A)^2}{\beta(4C_0 - \beta(\Delta' - A)^2)} \tag{24}$$

$$\lambda_{d3}^* = \frac{[\alpha - (C_m + C_s)\beta](\Delta' - A)(1+\omega)}{8C_0 - 2\beta(\Delta' - A)^2} \tag{25}$$

从而

$$\pi_{M_{d3}}^* = \frac{C_0(1-\omega^2)[\alpha - (C_m + C_s)\beta]^2}{2\beta[(4C_0 - (\Delta' - A)^2\beta]} = 0.5(1-\omega^2)\pi_c^* \tag{26}$$

$$\pi_{R_{d3}}^* = \frac{C_0(1+\omega)^2[\alpha - (C_m + C_s)\beta]^2}{4\beta[4C_0 - (\Delta' - A)^2\beta]} = 0.25(1+\omega)^2\pi_c^* \tag{27}$$

此时,整个供应链的收益为

$$\pi_{d3}^* = \pi_{R_{d3}}^* + \pi_{M_{d3}}^* = \frac{(3 + 2\omega - \omega^2)}{4}\pi_c^*$$

与集成式"超组织"逆供应链相比,其效率损失为 $0.25(1-\omega)^2 \times 100\%$.

由于

$$P_{d3}^* - P_c^* = \frac{(1-\omega)[\alpha - (C_m + C_s)\beta]}{\beta(4C_0 - \beta(\Delta' - A)^2)} \geqslant 0$$

于是 $P_c^* \leqslant P_{d3}^*$.可见在分散式逆供应链中由于生产商和销售商各自追求自身利益最大化,从而导致销售商的销售价格高于集成式"超组织"逆供应链的最优销售价格,并最终导致分散式逆供应链的收益低于集成式"超组织"逆供应链的收益,所以分散式逆供应链处于非效率状态.

由式(25)、(26)和(27)可得到与结论 1 相类似的结论.

结论 3　分散式逆供应链中,生产商最优收益 π_{Md}^*、销售商最优收益 π_{Rd}^* 及最优回收最优 λ_d^* 均是关于$(\Delta' - A)$的递增函数.这表明,期望的残余收益越大、回收价格越低,则越能激发回收行为努力并增加供应链成员企业的收益.

2.2.4　收益分享

为克服结构的效率损失,生产商和销售商通力协作、信息完全共享,以理想的集成式"超组织"结构进行生产运作,谋求供应链最大的整体效益,然后根据合作契约进行收益分配.设契约中生产商分享整体收益的比例为 $\mu(0 \leqslant \mu \leqslant 1)$.由于以理想的集成式"超组织"结构进行生产运作,故每销售单位产品供应链所得的平均收益为

$$P - C_m + \lambda r\Delta - C_s - A\lambda + S\lambda(1-r) - C_0\lambda^2/(\alpha - \beta P)$$

这意味着,根据契约生产商的批发价格为

$$W = \mu\left[\frac{P - C_m + \lambda r\Delta - C_s - A\lambda + S\lambda(1-r) - C_0\lambda^2}{\alpha - \beta P}\right] + C_m - \lambda r\Delta - S\lambda(1-r) + B\lambda \quad (28)$$

此时，销售商将以集成式"超组织"逆供应链结构的最优销售价格 P_c^* 和回收努力 λ_c^* 进行营销活动，而生产商的收益 $\pi_{M_{d4}}^*$ 为

$$\pi_{M_{d4}}^* = \mu\pi_c^*$$

销售商的收益 $\pi_{R_{d4}}^*$ 为

$$\pi_{R_{d4}}^* = (1-\mu)\pi_c^*$$

又由生产商和销售商的个体理性约束，有

$$\pi_{M_{d4}}^* = \mu\pi_c^* \geqslant \pi_{M_{d1}}^*$$

$$\pi_{R_{d4}}^* = (1-\mu)\pi_c^* \geqslant \pi_{R_{d1}}^*$$

结合式(16)和(17)知 $0.5 \leqslant \mu \leqslant 0.75$.

将式(3)和(4)代入式(28)，得生产商的最优批发价 W_{d4}^* 为

$$W_{d4}^* = \frac{\mu[\alpha - (C_m + C_s)\beta]}{2\beta} + \frac{(A-\Delta')\{(C_s\beta - \alpha)\Delta' + AC_m\beta + B[\alpha - (C_m + C_s)\beta]\} - 4C_0C_m}{\beta(A-\Delta')^2 - 4C_0}$$

3　数值算例

本节用数值算例验证上述结论的正确性并比较不同结构的效率损失. 由于与回收物品有关的参数 A, S, r 可变性较大，故首先考察它们的变化对最优回收努力(回收率)和最优总收益的影响，然后比较同一组参数下不同结构的效率损失.

假设某生产商和销售商生产销售某一种产品的有关参数为：α = 1 000 件，β = 5 件/百元，C_0 = 5 000 百元，C_m = 100 百元/件，C_r = 50 百元/件，C_s = 10 百元/件，则根据所建立模型得到的最优解如表1和表2所示($B = \Delta'$).

表1　不同回收参数下不同决策结构的最优回收努力(回收率)和最优总收益的比较

Table1 the optimal return rates and total profits of different decision structures based on different return parameters

变化参数			$\Delta' - A$	最优回收努力(回收率)			最优总收益(百元)		
A (百元/件)	S (百元/件)	r		λ_c^*	λ_{d3}^*	λ_{d4}^*	π_c^*	π_{d3}^*	π_{d4}^*
30	15	0.8	13	0.305 4	$0.152\,7(1+\omega)$	0.305 4	10 571.7	$2\,642.9(3+2\omega-\omega^2)$	10 571.7
25	10	0.8	17	0.412 3	$0.206\,1(1+\omega)$	0.412 3	10 913.5	$2\,728.4(3+2\omega-\omega^2)$	10 913.5
20	20	0.6	18	0.440 7	$0.220\,3(1+\omega)$	0.440 7	11 017.4	$2\,754.4(3+2\omega-\omega^2)$	11 017.4
20	20	0.7	21	0.531 0	$0.265\,5(1+\omega)$	0.531 0	11 379.6	$2\,844.9(3+2\omega-\omega^2)$	11 379.6
15	20	0.6	23	0.596 4	$0.298\,2(1+\omega)$	0.596 4	11 668.1	$2\,917.0(3+2\omega-\omega^2)$	11 668.1

注：$\lambda_{d1}^* = \lambda_{d3}^*|_{\omega=0}$, $\lambda_{d2}^* = \lambda_{d3}^*|_{\omega=1}$; $\pi_{d1}^* = \pi_{d3}^*|_{\omega=0}$, $\pi_{d2}^* = \pi_{d3}^*|_{\omega=1}$.

表2　A = 25, S = 15, r = 0.9 下不同决策结构的最优总收益及效率损失

Table 2 the optimal total profits and efficiency lose of different decision structures based on A = 25, S = 15, r = 0.9

结构形式	集成式逆供应链	分散式逆供应链			
总收益(百元)	$\pi_c^* = 11\,448$	$\pi_{d1}^* = 8\,586$	$\pi_{d2}^* = 11\,448$	$\pi_{d3}^* = 2\,862(3+2\omega-\omega^2)$	$\pi_{d4}^* = 11\,448$
收益损失(百元)	0	2 862	0	$2\,862(1-\omega)^2$	0
效率损失(%)	0	25	0	$25(1-\omega)^2$	0

注：收益损失 = $\pi_c^* - \pi_{di}^*$，效率损失 = $(\pi_c^* - \pi_{di}^*)/\pi_i^* \times 100\%$ (i = 1,2,3,4).

从表1和表2明显可知，最优回收努力(回收率)和总收益随($\Delta' - A$)的增加而增加；在销售商单独决定 W 或收益分享机制条件下，分散式决策结构的效率与集成式决策结构是一致的；而其

它形式的分散式决策结构的效率损失不可避免.这些结果都与理论分析结论相一致.

4 结束语

本文研究得出如下主要结论:

(1)直线型再制造供应链,无论是集成式"超组织"决策结构还是分散式决策结构,期望的残余收益越大、回收价格越低,则越能激发回收行为努力且增加供应链成员企业收益,但两类结构的效率是不一样的.

(2)考虑到理性的生产商在其期望收益是0时不会进行生产,因而销售商不可能执行其单独决定 W 时的最优决策,这样,如果生产商和销售商不能完全合作,则分散式决策结构的供应链效率损失不可避免.此外,销售商对 W 的决定权越小,则该决策结构就越无效,效率损失也越大.

(3)为消除结构的效率损失,本文提出一种收益分享的直线型逆供应链的运作模式:通过契约先谋求供应链的整体收益最大,然后根据约定的比例进行收益分享.研究表明,只要销售商选择集成式"超组织"逆供应链的最优销售价格和回收努力,则这样选择对生产商和整个供应链也是最优的.此外,本文还给出了合理的收益分配比例范围 $0.5 \leqslant \mu \leqslant 0.75$,以实现供应链成员的"双赢"目的.

参 考 文 献:

[1]Stock J R. Reverse Logistics[M]. Oak Brook Illinois: Council of Logistics Management, 1992.

[2]Rogers D S, Tibben-Lembke R S. Going Backwards: Reverse Logistics trends and Practices[M]. Pittsburgh: Reverse Logistics Executive Council, 1999.

[3]Moritz Fleischmann, Jacqueline M. Bloemhof-Ruwaard, Rommert Dekker, Erwin van der Laan, Jo A.E.E. van Nunen, Luk N. Van Wassenhove. Quantitative models for reverse logistics: A review[J]. European Journal of Operational Research, 1997, 103 (1): 1—17.

[4]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.
Da Qingli, Huang Zuqing, Zhang Qin. Current and Future Studies on Structure of the Reverse Logistics System: A Review. Chinese Journal of Management Science, 2004, 12(1): 131—138.(in Chinese)

[5]William T Walker. Rethinking the reverse supply chain[J]. Supply Chain Management Review, 2000, May/June: 52—59.

[6]V Daniel R Guide Jr, Luk N Van Wassenhove. The reverse supply chain[J]. Harvard Business Review, 2002, 80(2): 25—26.

[7]Joseph D Blackburn, V Daniel R Guide Jr, Gilvan C Souza, Luk N Van Wassenhove. Reverse supply chain for commercial return. California Management Review, 2004, 46(2): 6—22.

[8]韩经纶, 杜培枫. 论逆向物流的成因及战略价值[J]. 经济问题, 2004, (2): 35—37.
Han Jinglun, Du Peifeng. On causes and strategic value of reverse logistics. Economic Question, 2004, (2): 35—37.(in Chinese)

[9]Thierry M. Analysis of the Impact of Product Recovery Management on Manufacturing Companies[D]. Erasmus University, 1997.

[10]Thierry M, Salomon M, Van Nunen J, etc. Strategic issue in product recovery management[J]. California Management Review, 1995, (37): 114—135.

[11]刘丽文. 供应链管理思想及其理论和方法的发展过程[J]. 管理科学学报, 2003, 6(2): 81—88.
Liu Liwen. Survey on evolution of SCM theory and methods[J]. Journal of Management Sciences in China, 2003, 6(2): 81—88. (in Chinese)

[12]达庆利, 张 钦, 沈厚才.供应链中牛鞭效应问题研究[J].管理科学学报, 2003, 6(3): 86—93.
Da qingli, Zhang Qin, Shen Houcai. Study on bullwhip effect in supply chain[J]. Journal of Management Sciences in China, 2003, 6(3): 86—93. (in Chinese)

[13]Vlachos D, Dekker R. Return handling options and order quantities for single period products[J]. European Journal of Operational Research, 2003, 151(1): 38—52.

[14]Majumder P, Groenevelt H. Competition in remanufacturing[J]. Production Operational Management, 2001, 10 (2): 125—141.

[15]Savaskan R C, Bhattacharya S, Wassenhove L N V. Closed-Loop supply chain models with product remanufacturing[J]. Management Science, 2004, 50(2): 239—252.

[16]张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海人民出版社, 1996.
Zhang Weiying. Game theory and Information Economic[M]. Shanghai: The Shanghai People Press, 1996. (in Chinese)

Study on efficiency of serial supply chains with remanufacture

HUANG Zu-qing[1,2], *DA Qing-li*[1]

1. School of Economics and Management, Southeast University, Nanjing 210096, China;
2. School of Management, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China

Abstract: With the awareness of environment protection and sustainable development, the reverse logistics management is increasingly being concerned. The efficiency lose of the serial supply chain with remanufacture based on five different decision structures is discussed in this paper. Results indicate that the values of used products are the motive factors of tack-back activities, the efficiency lose of the serial supply chains with remanufacture is endogenous under non-cooperative decision structure, and the retailers have more power to decide the wholesale price, the decision structure is more efficient accordingly. The profit sharing contract is an efficient policy to realize "win-win" between the producer and the retailer.

Key words: reverse logistics; reverse supply chain; structure; efficiency; profit shared

（上接第50页）

Dynasearch algorithms for single machine scheduling problem with total weighted satisfaction

FENG Da-guang[1,2], *TANG Li-xin*[3]

1. Key Laboratory of Process Industry Automation, Ministry of Education, Shenyang 110006, China;
2. Department of Basic Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110004, China;
3. Logistics Institute, Northeastern University, Shenyang 110006, China

Abstract: The paper extends the dynasearch algorithm to single machine scheduling problem to maximize the total weighted satisfaction level (SMTWSL). It gives an analysis and proof about the character of optimal solution based on which we propose a dominance rule for the problem. For this problem, it presents a new iterated local search algorithm based on dynasearch neighborhood with the following characters: 1) While traditional local search algorithms make a single move at each iteration, dynasearch allows a series of independent moves to be performed. 2) A dynasearch move, composed of several optimal independent moves, is obtained by dynamic programming in the expanded neighborhood. 3) A local optimal solution, obtained from an initial one by ILS algorithm, is disturbed by a random kick tactic and then is searched again by dynasearch algorithm. While dynasearch algorithm was applied to the SMTWSL problem, three pieces of work has been done: Two dynasearch algorithms are carried out. Combination of dominance rule with the algorithm speeding up the dynasearch algorithm. An error limit that restricts the difference between the local optimal solution and the solution after perturbation, also speeds up the dynasearch algorithm.

The conclusions are: The combination of ILS dyasearch algorithm and dominance rule is superior to the ILS dynasearch algorithm alone. The dynasearch swap algorithm is superior to that of the dyansearch insert algorithm. Both of the swap and insert dynasearch algorithms are better than the multi-start improving algorithm based on swap.

Key words: scheduling; grade of satisfaction; VLNS (very large scale neighborhood search); dynasearch; iterated local search