

需求波动对供应链整合策略选择的影响

Impact of Demand Variance on Selecting Strategy of Supply Chain Integration

姜大尉/JIANG Da-wei, 李宏余/LI Hong-yu

复旦大学管理学院, 上海 200433

School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China

[摘要] 为了减少牛鞭效应、提高供应链的绩效,目前学术界已经普遍就整合供应链的观念达成一致。虽然 Internet 的发展为供应链整合提供了有效的技术支持,但是由于诸如供应链节点利益分配等问题的存在使得充分实现整合供应链的做法不可能或者成本太高。根据供应链充分整合的不同子策略给出不同的供应链整合模型,利用系统动力学的方法在不同的市场需求波动条件下进行动态模拟对比分析。结果显示,在不能实现供应链充分整合时,企业应该根据所面对的不同的市场需求波动环境选择不同的供应链整合子策略,以实现最优的部分供应链整合,提高供应链的整体绩效。

[关键词] 供应链管理;系统动力学;供应链整合;需求波动;牛鞭效应

[文献标识码] A

[中图分类号] F224.0

[文章编号] 1000-7857(2006)06-0072-04

Abstract: Researchers of supply chain management have agreed on adopting supply chain integration to damp the bullwhip effect and improve the efficiency of supply chain. Although the development of Internet has provided support for supply chain integration technology, there are still some problems like profit division which make the implement of fully integrated supply chain impossible or have too high cost. This paper, based on the sub-strategy of the fully integrated supply chain, presents different models of supply chain integration, compares and analyzes the simulation results of efficiency on different demand variance by ways of system dynamics methodology. The results show that, company should select different sub-strategy according to different demand variance in the market to realize the best partly integrated supply chain and improve the efficiency of the whole supply chain when the realization of fully integrated supply chain is impossible.

Key Words: supply chain management; system dynamics; supply chain integration; demand variance; bullwhip effect

CLC Number: F224.0

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)06-0072-04

1 引言

近年来,客户对产品质量、响应速度的需求愈来愈高,因而如何降低供应链系统固有的牛鞭效应以提高供应链整体的响应速

度成为企业界急需解决的问题,供应链上下游企业进行合作实现供应链整合就被研究者们认为是解决此问题的一个必要条件。随着 Internet 技术的成熟与发展、企业管理信息系统的搭建,使得

收稿日期: 2006-02-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(70432001)

作者简介: 姜大尉,男,上海邯郸路 220 号复旦大学管理科学系,硕士生,研究方向为物流与供应链管理、运营管理、信息技术的应用;

E-mail: zft043@hotmail.com

李宏余(通讯作者),男,复旦大学管理学院,教授,研究方向为运营管理、DEA 方法;E-mail:hyli@fudan.edu.cn

- [3] 俞刚,王侠. 财政预算报告利民惠民[N]. 华商报,2006-01-18.
- [4] 刘小波,温静. 基层文化建设任重道远[J]. 小城镇建设,2005(10):5-7.
- [5] 李汝. 我国财政对“三农”投入效益的实证分析[J]. 乡镇经济,2005(1):7-10.
- [6] 王娟,蒋占华. 农村金融体系改革的战略构想[J]. 农业经济问题,2005(12):75-77.
- [7] 赵芝俊,张社梅. 我国农业科研投资宏观经济效益分析[J]. 农业技术经济,2005(6):43-49.
- [8] 汪光焘. 认真研究社会主义新农村建设[J]. 城市规划学刊,2005(4):5-7.
- [9] 陈宗兴. 村镇建设是促进农村经济社会全面发展的根本途径[J]. 城乡建设,2005(7):12.
- [10] 张文成. 建设有中国特色的社会主义新农村[J]. 小城镇建设,2005(11):26-27.
- [11] 冷志杰,唐焕文. 农业财政政策效率实证分析[J]. 农业技术经济,2005(2):35-41.

- [12] 程瑞华. 建设新农村:一个现实而紧迫的任务[N]. 金融时报,2006-02-23.
- [13] 胡敏华. 我国农村扶贫的制度性陷阱:一个基于组织的分析框架[J]. 财贸研究,2005(6):27-33.
- [14] 罗剑朝. 中国政府财政对农业投资的增长方式与监督研究[M]. 北京:中国农业出版社,2004:126.
- [15] 温海滢. 我国财政支出制度建设原则与制度安排的研究[J]. 财经问题研究,2005(4):78-81.
- [16] 孙文学. 论财政意识[J]. 地方财政研究,2005(7):6-9.
- [17] 刘志文. 21 世纪扶贫战略新思考[J]. 农业经济问题,2005(8):11-16.
- [18] 李健,史俊通. 我国农业投资研究[J]. 农业经济问题,2005(9):29-31.
- [19] 张开华. 试论财政支农政策创新[J]. 农业经济问题,2005(3):57-59.
- [20] 程瑞华. 破解“三农”融资难题[N]. 金融时报,2006-02-23.
- [21] 黄丽珠,曾康霖,张杰,等. 2005 财政货币双稳健解读[J]. 财政与税务,2005(2):4-9.

(责任编辑 李慧政)

供应链节点企业间信息交换成本更低;而供应链节点企业之间的依赖性越来越强,这一切都催生了许多新的供应链整合子策略,也使得供应链整合的实施愈来愈深入。

然而,供应链整合一般都需要各个节点企业之间合作并共享一定的各自内部信息,但这也会影响到企业自身的利益。现实中许多的零售商并不愿让供应商看到自己的销售信息或者库存信息,因为这牵涉到企业间利益如何分配的问题。由于这些问题的存在,使得一定时间内实现供应链的充分整合变得不可能或者成本太高,所以研究供应链充分整合中的不同子策略在不同条件下的表现具有很重要的作用,对企业实施供应链整合具有很高的参考价值,因为其可以帮助企业结合自身条件有选择地实行整合措施。

2 相关文献回顾

自从 1961 年 Jay Forrester^[1] 通过一些例子阐述牛鞭效应以来,国外许多研究者纷纷开始分析牛鞭效应产生的原因,其中最为经典的就是在 1997 年 Lee 等人^[2-3] 较为全面地分析了牛鞭效应,将牛鞭效应产生的原因归结为 5 个方面:提前期的存在、需求信息处理、个体理性博弈、批量订购以及价格变化。因此,供应链整合的方法也主要从如何消除这些因素的角度考虑。Gavirneni 等人^[4] 分析了信息流的整合对于一个简单的双节点供应链的作用;Chen^[5] 研究了上游企业准确掌握下游企业的需求信息的重要性;Towill^[6] 等人与 Chen 等人^[7] 则分析消除需求信息沿供应链放大实现供应链整合的作用。这些研究都表明,消除信息孤岛、实现信息共享是供应链整合的一个方向。然而供应链整合并不仅仅只有这一个方向,研究者认为供应链整合还应该考虑从供应链计划和控制上实现整合。

当考虑供应链计划和控制时,主要是要求各节点企业从生产计划和库存控制的两个方面进行合作实现整合。Steven^[8] 给出了一个 4 阶段整合模型:基本整合,内部整合,企业自身供需链的整合以及充分整合;Hewitt^[9] 则扩展了 Steven 的模型并提到要从全局上对供应链实行重构以实现整合。

由于财务对整个供应链也具有一定的影响,在供应链中整合财务流也成为学者们研究的问题。2004 年 Crespo 等人^[10] 综合了以前的文献提出了一个分层次的综合信息、计划、控制和财务的较完全的供应链整合模型,并利用系统动力学方法对其从运营和财务的角度进行评价。关于应用系统动力学方法对供应链模型进行动态模拟分析请参考 Forrester^[11]、Sternan^[11]、Towill^[12]、Disney^[13-15]。

综合上述文献,大多是分析评价供应链整合所带来的效率,并没有考虑到需求等外部条件对整合策略的影响。本文的目的就是通过系统动力学方法对不同的供应链整合策略在不同的需求波动条件下的影响进行分析,以期得出对企业供应链整合决策有意义的结论。

3 供应链整合的系统动力学模型

供应链的系统动力学模型基本上都是以 Sternan^[11] 的思想为基础而建立的,Crespo 等人^[10] 提出的模型是利用 Sternan^[11] 的思想,考虑了财务对供应链的影响而得出的;Towill^[12] 也是在此基础上根据 John 等人^[16] 1994 年建立的自动渠道的、基于库存和定购的生产控制系统 (Automated Pipeline, Inventory and Order Based Production Control System, APIOBPCS) 而得出一个有效的供应链模型。APIOBPCS 策略是一种供应链中的订货策略,其思想是使生产计划等于平均 (在 Ta 时间内的指数平滑) 需求,加上 $1/Ti$ 的实际存货与目标存货之间的差额 (Ti 为设定的库存调整参数),再加上 $1/Tw$ 的目标在产品 (TWIP) 与实际在产品 (AWIP) 的差额 (Tw 为设定的在产品调整参数)^[14]。图 1 给出了 APIOBPCS 在系统动力学中的因果回路图。

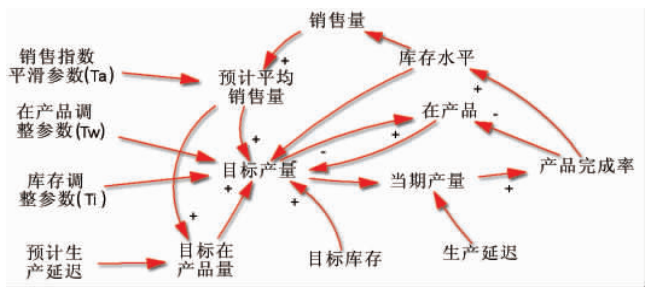


图 1 APIOBPCS 系统的因果回路图^[16]
Fig. 1 Casual loop diagram of an APIOBPCS system^[16]

表 1 4 种整合策略的关系与区别 ^[10]				
Tbl. 1 The difference between 4 strategies ^[10]				
	NI	PIA	PIB	FI
需求预测	本地	共享	本地	共享
库存信息与计划	本地	本地	共享	共享

关于供应链整合,本文主要以 Crespo 等人^[10] 的思想为基础,考虑充分整合的两种层次策略:上下游企业之间共同预测 (PIA) 和上下游企业之间共同控制库存 (PIB)。并在不同的需求波动情况下,比较传统的 (NI)、PIA、PIB 以及充分整合的 (FI) 4 种供应链的效率,表 1 给出了这 4 种整合策略的关系与区别。由于理论上我们可以推断出效率上一定是 $FI > PIA, PIB > NI$,而且 Crespo 等人^[10] 也已经通过模拟的方法得出,所以本文的侧重点在于比较 PIA 和 PIB,从而得出这两种子策略对供应链的相对贡献率在不同的需求波动条件下是不同的,进而得出当供应链不能实现充分整合时,应该根据所面对的市场情况的不同选择不同的整合子策略。

3.1 模型描述

本文分析的是一个包含 2 个节点 (1 个制造商 M 和 1 个分销商 D) 的供应链。在 $t-1$ 阶段末,分销商 (制造商) 根据客户 (分销商) 需求信息作出下一阶段的需求预测,然后根据掌握的库存和在途货物 (在制品) 信息向上游制定一个订货量 (计划产量);在 t 阶段,分销商 (制造商) 根据客户 (分销商) 当期的订单、可用库存以及累积缺货量决定一个出货量,不足的加入累积缺货量。

3.2 模型变量以及参数的定义

令 $i=1$ 或 2, 分别表示制造商和分销商。类似啤酒游戏,每阶段先收货后发货。

1) 信息传递相关变量: d_t^i 为节点 i 在 t 阶段收到下游的需求信息; B_t^i 为节点 i 在 t 阶段的累积缺货量; μ_t^i 为节点 i 在 t 阶段的需求预测值; D_t^i 为节点 i 在 t 阶段的订货量。

2) 物料相关变量: P_t^i 为节点 i 在 t 阶段的在途品或在产品数量; Y_t^i 为节点 i 在 t 阶段初的库存; S_t^i 为节点 i 在 t 阶段向下游节点发出的产品数量; O_t^i 为节点 i 在 t 阶段到达的在途库存或在产品。

3) 参数: TY_t^i 为节点 i 在 t 阶段的期望库存; TP_t^i 为节点 i 的在途产品的运输提前期或者在产品的生产提前期; Ta_t^i 节点 i 的需求预测平滑时间; Tw_t^i 为节点 i 的在途产品或在产品的调整参数; Ti_t^i 为节点 i 的库存调整参数。

3.3 不同整合策略共同部分建模

以上所提及的 NI、PIA、PIB 和 FI 4 种不同的供应链整合策略的共同点在于物料的流动过程,与其相关的物料变量之间的关

系如下:

$$S_t^i = \min(Y_t^i + O_t^i, B_t^i + d_t^i) \quad (1)$$

$$B_t^i = \max(0, B_{t-1}^i + d_t^i - O_t^i - Y_t^i) \quad (2)$$

$$Y_t^i = Y_{t-1}^i + O_t^i - S_t^i \quad (3)$$

$$O_t^i = S_{t-Tp^i}^{i-1} \quad (4)$$

$$P_t^i = P_{t-1}^i + S_t^i - O_t^i \quad (5)$$

其中:(1)式描述每个节点企业的出货行为;(2)和(3)式分别为累积缺货量和库存的计算;(4)式表明由于运输或生产提前期的存在,节点*i*在*t*阶段的到货量为节点*i-1*在*t-Tpⁱ*阶段的出货量;(5)式反映的是在途产品或在产品的计算。

3.4 不同整合策略不同部分建模

如前所述,4种策略的不同点主要在于预测和订货量的计算上。下面分别考虑这4种策略的预测和订货量的计算模型。

1) NI-SC

对于非整合的供应链,即传统的供应链,每个节点根据下一节点的需求信息预测,根据自身的库存订货,计算如下:

$$\mu_t^i = \mu_{t-1}^i + 1/(1+Ta^i) * (d_{t-1}^i - \mu_{t-1}^i) \quad (6)$$

$$D_t^i = \max(0, \mu_t^i + (TY^i - Y_t^i)/Ti^i + (\mu_t^i * Tp_t^i - P_{t-1}^i + B_{t-1}^i)/Tw^i) \quad (7)$$

2) PIA-SC

在PIA供应链中,由于是制造商和分销商共同根据最终需求信息预测,所以制造商的预测公式应该由(6)改为(8)式,其它的与NI供应链一致。

$$\mu_t^2 = \mu_{t-1}^2 + 1/(1+Ta^2) * (d_{t-1}^2 - \mu_{t-1}^2) \quad (8)$$

3) PIB-SC

PIB供应链中,制造商由于知道分销商的库存信息,所以其生产计划量的制定可以从整条链的角度上考虑,根据Crespo等人^[10],其计划产量的计算由(9)式代替。

$$D_t^2 = \max(0, \mu_t^i + \sum_{i=1}^2 [(TY^i - Y_t^i) + \mu_t^i * Tp_t^i - P_{t-1}^i + B_{t-1}^i]) \quad (9)$$

4) FI-SC

在完全整合的供应链中,则综合PIA和PIB,将制造商的预测与生产计划量的计算分别由(8)和(9)式代替,分销商不变。

4 动态模拟结果及分析

根据以上各变量之间的关系,以及Disney^[15]设定的APIOBPCS系统的各参数初值,采用系统动力学软件Vensim可以建立4种供应链的模型并进行动态模拟,得出可以描述整个供应链效率的数据结果。本文主要通过两个指标来衡量供应链的效率:利润和订单(对制造商来说是计划产量)变动方差。通过此两个指标在不同需求波动环境下的变化情况来分析,从而得出不同的策略的效率与需求波动情况的关系。本文假定分销商面对的市场需求 d_t^1 是一个服从正态分布的随机变量,均值为10,标准差为 std ,即 $d \sim N(10, std^2)$,标准差的变动表示需求的波动大小。

4.1 从利润的角度

设定制造商和分销商的产品单位利润、库存成本和缺货成本均分别为50、20和20元。可以得出4种策略在不同的需求波动情况下的系统累积利润,如表2所示。

由表2,首先,我们可以得出在某个需求标准差下,累积利润 $FI > PIA, PIB > NI$;其次,对于任何一种策略,需求标准差越大,即市场环境的不确定性越大,系统的利润越低。这两种性质都和以往的实际经验相符,而模拟所得的订单变动方差也符合这两种性质,这也验证了本文模型的正确性,从而说明了本文的模拟方式是有效的。

表2 不同需求方差下各策略的系统累积利润(元)

Tbl. 2 Cumulative profits of 4 strategies for different std(RMB)

	NI	PIA	PIB	FI
累积利润(CP)				
Std=1	58 064.04	75 706.375	87 621.867	93 890.02
Std=2	49 009.49	64 964.80	76 663.66	86 462.05
Std=3	34 919.21	53 933.96	65 256.41	78 755.55
Std=4	24 558.60	46 658.38	44 200.85	70 564.14
Std=5	17 427.94	37 790.53	28 591.36	62 448.10

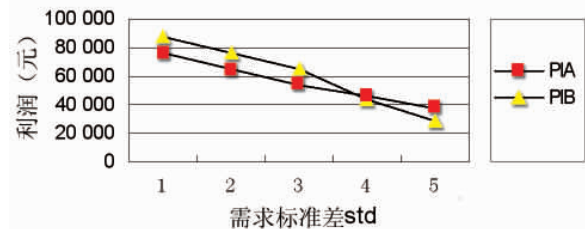


图2 PIA、PIB中累积利润随std的变化趋势

Fig. 2 Cumulative profits of PIA&PIB for different std

由于本文最主要研究的问题是在不同需求波动情况下,PIA和PIB两种策略的有效性的变化,为达到对比的目的,我们可以根据表2中的数据,做出PIA和PIB系统的累积利润分别随需求标准差的变化曲线,如图2所示。从图中,我们可以看出,虽然随着需求标准差的增大,PIA和PIB的累积利润都在降低,但是PIB降低的速度要比PIA快。这就说明了在市场需求波动性较大的情况下,PIA效果要比PIB要好,反之亦然。

4.2 从订单变动方差的角度

如前所述,分销商的订单以及制造商的计划产量数据都符合以往经验上4种策略的性质,在此给出对比PIA和PIB情况下分销商的订单量以及制造商的计划产量的标准差随需求标准差变化趋势,如图3和图4。

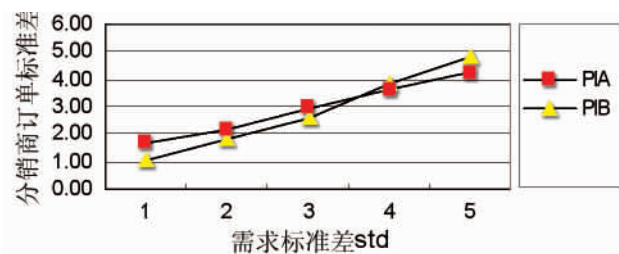


图3 分销商订单标准差随std的变化趋势

Fig. 3 Distributor's order std of PIA&PIB for different std

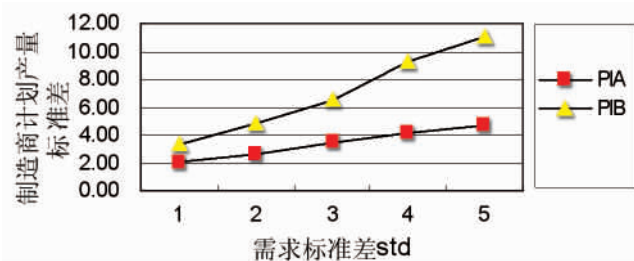


图4 制造商计划产量标准差随std的变化趋势

Fig. 4 Manufacturer's order std of PIA&PIB for different std

在两张图中,PIA 情况下的分销商的订单量以及制造商的计划产量的标准差增长速度均比 PIB 情况下慢,即市场需求不稳定对 PIB 中节点企业订单的不利影响大于 PIA。要注意的是,虽然图 3 中显示 PIB 情况下,制造商计划产量的标准差始终大于 PIA,但由于模拟中反映的更多的是一种变化趋势,在实际中我们可以推断当需求标准差较小时,PIB 中制造商计划产量的标准差是可以小于 PIA 的。

综合以上内容,我们可以得出:无论从整个供应链系统累积利润还是从节点企业订单的标准差的角度,模拟数据都表明在需求标准差较小时,PIB 策略一般要优于 PIA 策略;由于市场不确定性增加对 PIB 的不利影响强于 PIA,所以当需求标准差逐渐增大时,PIA 策略效果上要优于 PIB 策略。通过 Vensim 软件中的同步模拟功能,我们也可以清楚地看到:随着需求标准差的慢慢变大,各种策略下供应链中的制造商和分销商的订单以及库存曲线波动也越来越大,而且 PIB 策略的波动变化更大于 PIA 策略。

5 结论及未来研究方向

本文基于充分整合的供应链短期内在实际中不可能实现或者成本太高这一条件,通过建立 4 种整合情形的供应链系统动力学模型进行模拟,主要对比了其中两种部分整合的供应链在随市场需求波动变化的变化情况。从而得出,企业在不能够实现供应链充分整合的情况下,应该根据所面对的不同的市场环境,来选择不同的部分整合策略。根据本文的模拟数据,当市场环境变动性很大的时候,应该采取 PIA 整合策略,即上下游企业共同预测的整合方式;而当市场环境变动性不是很大时,PIB 即共同计划和控制库存策略更有利于降低供应链的牛鞭效应,从而使整个供应链更有效率。

本文的研究模型从框架上看是符合实际情形的,最后的数据结果也反映了本文模型的适用性。同时,由于本文研究重点放在变化趋势上面,一些固定参数上的假定不会影响结果的正确性,所以本文的结论是具有一定的实际应用价值的。当然,本文在研究中也存在一些条件限制和假定,使得模型与实际有一定的差距,如本文未考虑整合中的财务因素;在现实中,APIOBPCS 系统中策略参数 T_a 、 T_i 和 T_w 也是会随需求的波动变化而变动的。如果在本文模型中考虑更多实际因素,以及去掉一些限制和假定,将会使得模型更加符合实际情况,但是也会使得模型更加复杂。因此,如何利用适当的模型来反映更加真实的情况,也是我们要在此文基础上继续努力的方向。

参考文献(References)

- [1] J W Forrester. Industrial Dynamics [M], MIT Press, Cambridge, MA, 1961.
- [2] H L Lee, V Padmanabhan, S Whang. Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect[J]. Management Science, 1997,

43(4): 546-558.

- [3] H L Lee, V Padmanabhan, S Whang. The bullwhip effect in supply chains [J]. Sloan Management Review, 1997, Spring: 93-102.
- [4] S Gavirneni, R Kapuscinski, S Tayur. Value of information in capacitated supply chains[J]. Management Science, 1999, 45(1): 16-24.
- [5] F Chen. Decentralized supply chains subject to information delays [J]. Management Science, 1999, 45(8): 1076-1090.
- [6] D R Towill, N M Naim, J Wikner. Industrial dynamics simulation models in the design of supply chains [J]. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 1992(22): 3-13.
- [7] F Chen, Z Drezner, J K Ryan, D Simichi-Levy. The bullwhip effect: Managerial insights on the impact of forecasting and information on variability in a supply chain. In: Mayur, Ganeshan, Magazine (Eds.). Quantitative Models for Supply Chain Management [J]. International Series in Operations Research and Management Science, 1999(17): 419-439.
- [8] G C Stevens. Integrating the supply chain [J]. International Journal of Physical Distribution and Materials Management, 1989 (19): 3-8.
- [9] F Hewitt. Supply chain redesign [J]. The International Journal of Logistics Management, 1994, 5 (2): 1-9.
- [10] A Crespo Marquez, Carmine Bianchi, J N D. Gupta. Operational and financial effectiveness of e-collaboration tools in supply chain integration [J]. European Journal of Operational Research, 2004(159): 348-363.
- [11] J D Serman. Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment [J]. Management Science, 1989, 35 (3): 321-339.
- [12] D R Towill. Industrial dynamics modeling of supply chains[J]. International Journal of Distribution & Logistics Management, 1996, 26(2): 23-42.
- [13] S M Disney, D R Towill. Vendor-managed inventory and bullwhip reduction in a two-level supply chain [J]. International Journal of Operations & Production Management, 2003, 23 (6): 625-651.
- [14] S M Disney, D R Towill. The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the Bullwhip Effect in supply chains [J]. International Journal of Production Economics, 2003 (85): 199-215.
- [15] S M Disney, AT Potter, B M Gardner. The impact of vendor managed inventory on transport operations [J]. Transportation Research, 2003(39): 363-380.
- [16] S John, M M Naim, D R Towill. Dynamic analysis of a WIP compensated decision support system[J]. International Journal of Manufacturing Systems Design, 1994, 1(4): 283-297.

(责任编辑 肖庆山)

·读者·作者·编者·

书 讯 两 则

由中国科学技术协会、国家自然科学基金委员会联合编纂的《学科发展蓝皮书 2005 卷》和由我社组织编辑的《以科学发展观促进科技创新——中国科协 2005 年学术年会论文集》,近期由中国科学技术出版社正式出版。

《学科发展蓝皮书 2005 卷》定价 150 元,收录了 2004-2005 年度自然科学各有关学科进展的综述性学术论文共 110 篇,比较全面地反映了学科发展中具有影响作用的新的生长点,展示了学科发展阶段性动态趋势,可为广大科技工作者和有关科技管理人员了解有关学科发展动态、国内外科技进展状况提供参考,是一部为广大科技工作者从事科学研究提供文献资料的大型工具书。《以科学发展观促进科技创新——中国科协 2005 年学术年会论文集》收录了 2005 年中国科协学术年会 20 个分会场的学术论文共 419 篇,分上、中、下 3 册由中国科学技术出版社正式出版,全书定价 360 元。

欲购买上述两图书者,请直接汇款我社邮购(北京市学院南路 86 号科技导报社办公室,邮政编码 100081),并在汇款单留言上注明书名和购书数量。《学科发展蓝皮书》2002 卷、2003 卷和 2004 卷,我社尚有部分库存,每卷定价均为 150 元;欲购者也可一并汇款我社邮购。(本刊办公室 供稿)