

文章编号: 1006-4710(2013)03-0373-06

考虑服务水平的 Shapley 值法三级 供应链收益分配研究

邓朝晖^{1,2}, 徐海宁², 薛惠锋¹

(1. 西北工业大学 资源与环境信息化工程研究所, 陕西 西安 710072;

2. 西安理工大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 服务逐渐成为供应链获取市场份额的重要砝码和利润来源。基于 Shapley 值法的供应链收益分配策略尽管有效却忽视了成员企业服务水平的差异。应用网络分析法(ANP)综合考虑并确定贡献率、创新能力和响应时间等收益分配影响因素的权重。在此基础上,修正后的 Shapley 值法收益分配策略既能够充分考虑成员企业服务水平的差异又更加符合实际,最后通过数值分析得以验证。

关键词: 三级供应链; 收益分配; 服务水平; Shapley 值法; 网络分析法

中图分类号: N29; F252 **文献标志码:** A

Profit Allocation in Three-Stage Supply Chain with Service Level Based on Shapley Value

DENG Zhaohui^{1,2}, XU Haining², XUE Huifeng¹

(1. Information Engineering Institute of Resource and Environment, Northwestern Polytechnic University, Xi'an 710072, China;

2. Faculty of Economics and Management, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Service in supply chain has become an important weight to gain market shares and profit sources. Although the profit allocation strategy based on Shapley value is effective, the differences of services levels by the membership enterprises are ignored. The analytic network process (ANP) is used to take into comprehensive consideration and determine the weights of such factors as the contribution ratio, innovation capability, and response time, etc. affecting the profit allocation in the supply chain, on the basis of which the modified Shapley value in profit allocation strategy is able either to take the differences of service level of partner enterprises into full account or to coincide with actual situation, which is tested via the numerical analysis in the end.

Key words: three-stage supply chain; profit allocation; service level; Shapley value; analytic network process (ANP)

公平合理的收益分配策略对保持供应链的稳定性和成员企业在合作过程中的积极性有着非常重要的积极意义^[1]。基于 Shapley 值法的收益分配策略是供应链收益分配的有效方法之一,与之相关的研究主要有:郝海等^[1]运用 Shapley 值法给出供应链收益与风险分配的计算公式,并通过实例验证了收益分配策略的可行性。胡盛强等^[2]研究给出了基于

Shapley 值法的四级供应链收益分配策略,并达到了帕累托最优。赵晓丽等^[3]运用 Shapley 值法和风险期望原理构建了基于合作贡献和风险补偿原则的供应链收益分配模型,并得出该模型适合对长期合同、战略合作等合作收益分配。进一步,马士华、戴建华等学者对 Shapley 值法进行了改进,分别引入技术创新激励指数和风险因子来修正基于 Shapley 值法

收稿日期: 2013-04-21

基金项目: 陕西省科学研究计划资助项目(2011KRM02);西安市软科学资助项目(HJ1104-1);西安市科技计划资助项目(CX12179(3))。

作者简介: 邓朝晖,男,讲师,博士生,研究方向为系统工程。E-mail: dzh825@163.com。

的分配结果。其中,马士华等^[4]在传统 Shapley 值法收益分配策略仅考虑贡献率的基础上,考虑到激励企业技术创新对提高供应链竞争力的重要性,引入技术创新激励指数,实现了对传统 Shapley 值法的改进,对各成员企业的收益分配结果进行调整。戴建华等^[5]分析了基于 Shapley 值法收益分配策略的不足,引入了风险因子以实现对传统 Shapley 值法的修正。

随着服务经济的发展和企业对“客户满意”重要性认识的加深,服务逐渐成为供应链获取市场份额的重要砝码和利润来源。例如,IBM 已由单纯的硬件制造商转型为“系统解决方案提供商”,且服务也给它带来更多的收益,2010 年,IBM 的硬件收入仅占全部收入的 7.51%,其余收入均来自全球服务、软件和全球金融服务。

成员企业服务水平逐渐成为供应链收益分配策略制定的重要影响因素,但上述基于 Shapley 值法的供应链收益分配策略均未考虑到成员企业的服务水平差异性。创新能力(许庆瑞等,2003)^[6]和响应时间(J. G. Stalk,1998)^[7]是影响供应链上各成员企业服务水平差异性的重要因素。

本文拟在传统 Shapley 值法仅考虑各成员企业贡献率的基础上,综合考虑贡献率、创新能力和响应时间等因素对供应链收益分配的影响,以实现对传统 Shapley 值法的改进,并运用网络分析法(ANP)确定上述影响因素的权重,它以一种扁平的、网络化的方式表示影响因素之间的相互关系,允许影响因素之间存在相互依赖关系和反馈关系,与现实决策问题更为接近。

本文假设由制造商、批发商和零售商构成的三级供应链为研究对象,现研究如何在三个成员企业间进行合理的收益分配。这三个成员企业构成的三级供应链实际上是一个多人合作对策问题,成员企业就是对策中的“人”,供应链记为 N , $v(N)$ 为三级供应链的整体收益。设其中的子集也就是供应链上三个成员企业中的部分成员企业构成的整体为 S 。本研究问题综合考虑了贡献率、创新能力和响应时间等因素对供应链收益分配的影响,并运用 ANP 确定上述影响因素的权重,因而本质上是一个多目标优化问题。

1 相关收益分配模型的建立

1.1 基于 Shapley 值法的三级供应链收益分配模型

Shapley 值法是用来解决多人合作对策问题的一种有效方法,其本质思想是根据合作中的人给合

作带来的增值比例进行收益分配。

在该三级供应链中,设集合 $N = \{1, 2, 3\}$, 如果对于 N 的任一子集(表示三个成员企业集合中的任一组合)都对应着一个实值函数 $v(S)$, 满足:

$$v(\emptyset) = 0 \quad (1)$$

$$v(S_1 \cup S_2) \geq v(S_1) + v(S_2) \quad (2)$$

其中, $[N, v]$ 为三个成员企业合作对策, v 为对策的特征函数, $S_1 \cap S_2 = \emptyset (S_1 \subseteq I, S_2 \subseteq I)$ 。

通常情况下,用 x_i 表示 N 中 i 成员从合作的最大收益 $v(N)$ 中应得到的一份收益; $v(i)$ 为成员企业 i 单独作业的收益。在合作 N 的基础下,合作对策的分配用 $x = (x_1, x_2, x_3)$ 表示。显然该合作成功必须满足如下条件:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n x_i = v(N) \\ x_i \geq v(i), (i = 1, 2, 3) \end{cases} \quad (3)$$

在基于 Shapley 值法的三级供应链收益分配中,合作 N 下的各个成员企业所得收益分配称为 Shapley 值,并记作 $\varphi(v) = (\varphi_1^1(v), \varphi_2^1(v), \varphi_3^1(v))$, 其中 $\varphi_i^1(v)$ 表示在合作 N 下第 i 成员企业所得的收益分配。为了和下述准则下的收益分配结果区分,分别用 $\varphi_1^1(v), \varphi_2^1(v), \varphi_3^1(v)$ 表示基于 Shapley 值法的三级供应链上制造商、分包商和零售商的收益分配结果。

其中, $\varphi_i^1(v)$ 可由下式求得:

$$\begin{cases} \varphi_i^1(v) = \sum_{s \in S_i} w(|S|) [v(S) - v(S \setminus i)], i = 1, 2, 3 \\ w(|S|) = \frac{(n - |S|)! (|S| - 1)!}{3!} \end{cases} \quad (4)$$

其中, S_i 是集合 N 中包含成员企业 i 的所有子集, $|S|$ 是子集 S 中的元素个数, n 为集合 N 中的元素个数, $w(|S|)$ 为加权因子, $v(S)$ 是子集 S 的收益, $v(S \setminus i)$ 为子集 S 中去除成员企业 i 后可获得的收益。

若令 $\Delta v_i = v(S) - v(S \setminus i)$, 则 Δv_i 表示成员企业 i 对供应链子集 S 收益的影响, Δv_i 越大表示成员企业 i 对供应链子集 S 的贡献越大,反之则表示贡献越小。

1.2 基于创新能力的三级供应链收益分配模型

服务水平的关键影响因素之一是提高服务创新能力。服务创新可以狭义和广义两个方面理解:从狭义上讲,服务创新是指为获得更多的经济利益和更高的社会效应,向目标顾客提供更加完整和更加高效的服务;从广义上讲,服务创新是指各类组织或部门不断为客户提供无形服务、有形产品或两者的结合,以创造更高的价值增值,增强顾客满意度和忠

诚度(鲁若愚等,2000)^[8]。Y. Hofman 等^[9]在对服务创新的概念进行了整合后,提出了一个包括服务概念创新、顾客接触创新、服务传递和组织创新、技术创新等的服务创新四维度模型。

本文采用 Y. Hofman 等提出的服务创新四维度模型,从服务概念创新、客户接触创新、服务创新和组织创新、技术创新等方面综合衡量三级供应链上各成员企业的创新能力。

假设三级供应链上各成员企业创新能力向量为 $F = (F_1, F_2, F_3)$, 且 $\sum_{i=1}^3 F_i = 1$ 。则基于创新能力的三级供应链上各成员企业收益分配结果为:

$$\varphi_i^2(v) = F_i v(N), i = 1, 2, 3$$

1.3 基于响应时间的三级供应链收益分配模型

响应时间是成员企业服务水平的另一重要影响因素。马士华等^[10]认为供应链响应时间是从客户下达订单到最终产品交付的生产和物流过程的整个经历时间。付秋芳等^[11]将供应链响应时间分为订单处理周期、采购或供应周期、产品加工周期、产品分销周期等四个部分,并运用环节分析法对供应链的响应时间结构模型进行了研究。

本文从订单处理时间、生产准备时间、生产加工时间、投诉响应时间等方面衡量三级供应链上各成员企业的响应时间。

假设三级供应链上各成员企业的响应时间向量为 $T = (T_1, T_2, T_3)$, 且 $\sum_{i=1}^3 T_i = 1$ 。则基于响应时间的三级供应链上各成员企业收益分配结果为

$$\varphi_i^3(v) = T_i v(N), i = 1, 2, 3$$

1.4 综合策略下基于 ANP 权重的三级供应链收益分配

上述几种策略(Shapley 值法、创新能力、响应时间等)均是从某单一视角探讨供应链的收益分配,相当于单目标优化问题。而当考虑成员企业的服务水平时,供应链的收益分配受到诸多因素的影响,是个多目标优化问题。因此,从理论上讲,影响供应链收益分配的因素均应该被考虑进去。而如何确定供应链收益分配影响因素的权重是接下来需要解决的问题,将运用 ANP 确定上述各影响因素的权重。

1)确定考虑服务水平时三级供应链收益分配的目标与准则

根据上述分析,当考虑成员企业的服务水平因素时,从贡献率(B1)、创新能力(B2)、响应时间(B3)等三个准则出发,对供应链的收益分配进行衡量。在上述三个准则间存在相互影响关系,如成员

企业的创新能力影响其响应时间,以及两者同时影响贡献率。此外,在同一准则(创新能力和响应时间)内不同因素间也存在影响关系,如服务概念创新影响顾客接触创新、服务传递和组织创新、技术创新,以及生产准备时间影响其生产加工时间等。

2)构建考虑服务水平时三级供应链收益分配的 ANP 网络

可知考虑服务水平因素时三级供应链收益分配的 ANP 网络如图 1 所示。

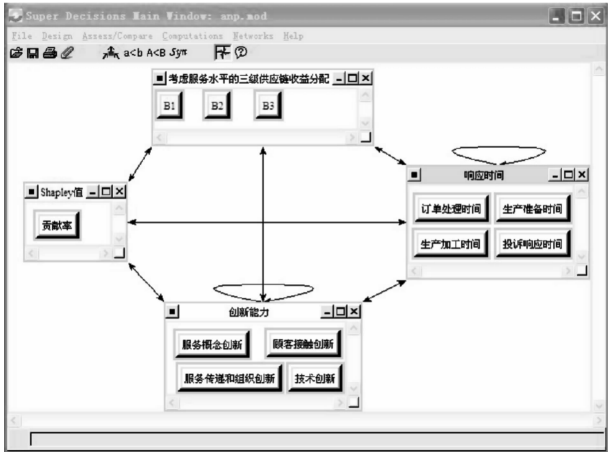


图1 考虑服务水平的三级供应链收益分配的 ANP 网络图
Fig.1 ANP network diagram of profit allocation in three-stage supply chain with service level

图1中,Shapley 值、创新能力和响应时间表示元素集;贡献率、服务概念创新、顾客接触创新、服务传递和组织创新、技术创新、订单处理时间、生产准备时间、生产加工时间、投诉响应时间等表示元素;连线表示元素间的关系,包括内、外依赖关系和反馈关系。箭尾元素集中的元素影响箭头元素集中的元素,双向箭头表示元素间存在相互影响关系,同一元素集内元素间存在相互影响时用一个封闭环状箭头表示。方便起见,约定箭头所指的元素为父元素,箭尾的元素为子元素,子元素影响父元素。

相比于传统的 AHP,考虑服务水平时三级供应链收益分配的 ANP 网络图中考虑了不同元素集(Shapley 值、创新能力、响应时间)间以及同一元素集(创新能力和响应时间)内部不同元素间的相互影响关系。

3)构建考虑服务水平时三级供应链收益分配的未加权超矩阵

在确定考虑服务水平时三级供应链收益分配的 ANP 网络后,要针对每一个父元素构建判断矩阵,比较子元素对父元素的影响优先程度。如在 Shapley 值准则下,分别以创新能力、响应时间为次准则,

对其同一准则中的元素按照 1~9 标度进行两两比较,构造判断矩阵,并求得归一化特征向量。同理,以其他准则如创新能力、响应时间等为主准则,并以相应次准则,对同一元素集中的元素进行两两比较,构造判断矩阵,并求得归一化特征向量。

在基础上,获得考虑服务水平时三级供应链收益分配的未加权超矩阵 W_s ,但未加权矩阵 W_s 不是列归一的,只是各个子块 W_{ij} 是列归一,因而无法显示各元素的优先程度。因此,还需对元素集进行两两比较,构造判断矩阵,以使未加权超矩阵转化为加权超矩阵。

4) 构建考虑服务水平时三级供应链收益分配的加权超矩阵

依据给定决策准则 Shapley 值、创新能力、响应时间对元素集按照 1~9 标度进行两两比较,构造判断矩阵 a_j ,并进行归一化处理,可得归一化特征向量为: $(a_{1j}, a_{2j}, a_{3j})^T$ 。

在此基础上,可得在某一决策准则下反映元素集间影响关系的权重矩阵 A_s 。利用权重矩阵 A_s ,就可求得考虑服务水平时三级供应链收益分配的加权超矩阵,即用权重矩阵 A_s 乘以未加权超矩阵 W_s 得到加权超矩阵 W_s^w 为: $W_s^w = A_s W_s$ 。

5) 求得极限超矩阵

在传统的 AHP 方法中,各影响因素间是相互独立的,判断某一决策准则下影响因素的优先程度只需对两影响因素直接比较即可确定。但在 ANP 方法中,由于考虑到反馈和依赖关系的存在使得影响因素优先程度的确定过程复杂起来。

由于影响因素间存在依赖与反馈关系,因而归一化的处理过程是一个反复迭代、趋稳的过程。因而,在 ANP 中,要通过求极限矩阵的方法确定稳定的元素优先程度。极限矩阵为:

$$W_s^l = \lim_{k \rightarrow \infty} W_s^k$$

式中, W_s^l 表示极限超矩阵, W_s^k 表示加权超矩阵。

6) 综合策略下基于 ANP 权重的考虑服务水平时三级供应链收益分配模型

设由上述计算得到考虑服务水平时三级供应链收益分配的权重向量 $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$,以及在三种情形下三级供应链上成员企业 i 得到的收益分配向量 $m_i = (m_{i1}, m_{i2}, m_{i3})$ 。则三级供应链上成员企业 i 分得的收益 $\varphi_i(v)$ 为:

$$\varphi_i(v) = \sum_{n=1}^3 \alpha_n m_{in}, i = 1, 2, 3, n = 1, 2, 3 \quad (5)$$

2 数值分析

为了验证本文的研究结论,下面进行数值分析。

三级供应链上的成员企业制造商、批发商和零售商分别记为 1,2,3。当三级供应链上的成员企业制造商、批发商和零售商单干时,每个成员企业均能获利 $v(1) = v(2) = v(3) = 100$ 。如果三级供应链上制造商和批发商联合,可获利 $v(1 \cup 2) = 375$;若三级供应链上制造商和批发商联合,可获利 $v(1 \cup 3) = 325$;如果三级供应链上批发商和零售商联合,可获利 $v(2 \cup 3) = 250$;若三级供应链上制造商、批发商和零售商联合,则可获利 $v(1 \cup 2 \cup 3) = 525$ 。

2.1 基于 Shapley 值法三级供应链的收益分配结果

表 1 给出了基于 Shapley 值法的三级供应链上制造商的收益分配结果 $\varphi_1^1(v)$ 。

表 1 $\varphi_1^1(v)$ 的计算表

Tab. 1 Calculation table of $\varphi_1^1(v)$

S_i	1	1U2	1U3	1U2U3
$v(S)$	100	375	325	525
$v(S \setminus 1)$	0	100	100	250
$v(S) - v(S \setminus 1)$	100	275	225	275
$ S $	1	2	2	3
$w(S)$	1/3	1/6	1/6	1/3
$w(S)[v(S) - v(S \setminus 1)]$	100/3	275/6	225/6	275/3

由表 1 可知, $\varphi_1^1(v) = 100/3 + 275/6 + 225/6 + 275/3 = 208.3333$ 。同理可得,基于 Shapley 值法的三级供应链上批发商和零售商的收益分配结果 $\varphi_2^1(v)$ 和 $\varphi_3^1(v)$ 分别为 170.833 3 和 145.833 4。则基于 Shapley 值法的三级供应链上各成员企业的收益分配结果如表 2 所示。

表 2 基于 Shapley 值法的三级供应链收益分配结果

Tab. 2 Profit allocation in three-stage supply chain based on Shapley value

成员企业	制造商	批发商	零售商
分配额	208.333 3	170.833 3	145.833 4

2.2 基于创新能力的三级供应链收益分配结果

从服务概念创新、顾客接触创新、服务传递和组织创新、技术创新等方面综合考虑,可知在创新能力准则下三级供应链上各成员企业的对比结果见表 3。

表 3 创新能力准则下的判断矩阵

Tab. 3 Judgment matrix based on the innovation capacity criterion

成员企业	制造商	批发商	零售商
制造商	1.000 0	3.000 0	5.000 0
批发商	1/3	1.000 0	2.000 0
零售商	0.200 0	0.500 0	1.000 0

可知上述判断矩阵的特征向量为 $(0.6483, 0.2297, 0.1220)^T$, 一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI} = 0.0036 < 0.1$ 。按照上述比例,可知在创新能力准则下三级供应链上制造商、批发商和零售商的收益分配结果 $\varphi_1^2(v)$, $\varphi_2^2(v)$ 和 $\varphi_3^2(v)$ 分别为 340.357 5, 120.529 5 和 64.05。

2.3 基于响应时间的三级供应链收益分配结果

从订单处理时间、生产准备时间、生产加工时间和投诉响应时间等方面综合考虑,可知在响应时间准则下三级供应链上各成员企业的对比结果见表 4。

表 4 响应时间准则下的判断矩阵

Tab. 4 Judgment matrix based on response time criterion

成员企业	制造商	批发商	零售商
制造商	1.000 0	2.000 0	3.000 0
批发商	0.500 0	1.000 0	2.000 0
零售商	0.500 0	0.500 0	1.000 0

可知上述判断矩阵的特征向量为 $(0.5396, 0.2970, 0.1634)^T$, 一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI} = 0.0089 < 0.1$ 。按照上述比例,可知在响应时间准则下三级供应链上制造商、批发商和零售商的收益分配结果 $\varphi_1^3(v)$, $\varphi_2^3(v)$ 和 $\varphi_3^3(v)$ 分别为 283.29, 155.925 和 85.785。

2.4 综合策略下基于 ANP 权重的三级供应链收益分配结果

考虑服务水平时三级供应链收益分配的 ANP 网络中,判断矩阵的数据通过问卷的形式获得。每位问卷评分者进行综合分析,对各指标之间进行两两对比之后,然后按 1~9 位比率排定各评价指标的相对优劣顺序,依次构造出评价指标的判断矩阵,并运用超级决策软件 Super Decision 对判断矩阵进行求解计算。经 Super Decision 计算得到贡献率、创新能力和响应时间相对于目标层的稳定权重向量(限于篇幅,具体的计算过程省略)。将该稳定权重向量和上述不同策略下计算的收益分配结果代入式(5),可得综合策略下基于 ANP 权重的三级供应链上制造商、批发商和零售商的收益分配结果 $\varphi_1(v)$, $\varphi_2(v)$ 和 $\varphi_3(v)$ 分别为 271.164 1, 149.396 2 和 104.439 7。该方案与传统的基于 Shapley 值法的收益分配方案结果比较如表 5 所示。

由表 5 可知,改进的收益分配方案中三级供应链上制造商、批发商和零售商仍都保持着比单独干所获得的收益要高,制造商和批发商的收益之和大

于 375,制造商和零售商的收益之和大于 325,批发商和零售商的收益之和大于 250,故该收益分配方案符合考虑服务水平差异性的三级供应链收益分配核心思想。由于制造商在创新能力和响应时间方面均比批发商和零售商更具优势,故其收益比 Shapley 值法收益分配方案中所获得的收益有所增加。

表 5 两种方案下三级供应链的收益分配结果比较

Tab. 5 Comparison between the profit allocation in three-stage supply chain of two strategy

方案	制造商	批发商	零售商
Shapley 值法收益分配方案	208.333 3	170.833 3	145.833 4
改进后的收益分配方案	271.164 1	149.396 2	104.439 7

3 结 论

成员企业服务水平的差异性逐渐成为供应链收益分配策略制定的重要影响因素。本文在传统 Shapley 值法仅考虑各成员企业贡献率单一因素的基础上,引入创新能力和响应时间等因素,以实现 Shapley 值法的改进。运用 ANP 确定上述影响因素的权重,ANP 克服了 AHP 的局限性,它以一种网络化的方式表示供应链收益分配影响因素间的影响关系,考虑到影响因素间存在依赖关系和反馈关系,因而更贴近供应链收益分配现实决策问题。最后,通过数值分析验证了该修正方法更加合理和贴近现实。

参考文献:

[1] 郝海,郑丕铎. 基于 Shapley 值法的供应链合作伙伴利益风险分配机制[J]. 哈尔滨工业大学学报:社会科学版,2005,7(5):71-75.
Hao hai, Zheng Pie. Distribution of cooperation benefits among partners in supply chains based on the Shapley Value[J]. Journal of Harbin Institute of Technology (social science edition), 2005,7(5):71-75.

[2] 胡盛强,张毕西,关迎莹. 基于 Shapley 值法的四级供应链利润分配[J]. 系统工程,2009,27(9):49-54.
Hu Shengqiang, Zhang Bixi, Guan Yingying. Profit allocation about the four-level supply chain based on the Shapley Value[J]. Systems Engineering, 2009,27(9):49-54.

[3] 赵晓丽,乞建勋. 供应链不同合作模式下合作利益分配机制研究——以煤电企业供应链为例[J]. 中国管理科学,2007,15(4):70-76.
Zhao Xiaoli, Qi Jianxun. Distribution of cooperation benefits under different supply chains—the case of coal and electric power enterprises[J]. Chinese Journal of Management Science, 2007,15(4):70-76.

[4] 马士华,王鹏. 基于 Shapley 值法的供应链合作伙伴间

- 收益分配机制[J]. 工业工程与管理, 2006, (4): 43-45.
- Ma Shihua, Wang Peng. The study of profit allocation among partners in supply chain based on the Shapley Value [J]. Industrial Engineering and Management, 2006, (4): 43-45.
- [5] 戴建华, 薛恒新. 基于 Shapley 值法的动态联盟伙伴企业利益分配策略[J]. 中国管理科学, 2004, 12(4): 33-36.
- Dai Jianhua, Xue Hengxin. The strategy of profit allocation among partners in dynamic alliance based on the Shapley Value[J]. Chinese Journal of Management Science, 2004, 12(4): 33-36.
- [6] 许庆瑞, 吕飞. 服务创新初探[J]. 科学学与科学技术管理, 2003, 24(3): 34-37.
- Xu Qingrui, Lü Fei. A pilot study on service innovation [J]. Science of Science and Management of S. &T., 2003, 24(3): 34-37.
- [7] Jr G S. Time-the next source of competitive advantage[J]. Harvard Business Review, 1988, 64(4): 41-51.
- [8] 鲁若愚, 段小华, 张鸿. 制造业的服务创新与差别化战略[J]. 四川大学学报: 哲学社会科学版, 2000, (6): 16-20.
- Lu Ruoyu, Duan Xiaohua, Zhang Hong. Service innovation and differential competition strategy of manufacturing enterprises[J]. Journal of Sichuan University (Social Science Edition), 2000, (6): 16-20.
- [9] Hofman Y, Hertog P d, Bilderbeek R. The intermediary role of engineering firms in innovation processes in offshore industry: a cluster study [R]. TNO-SI4S Report No. 5, Apeldoorn, 1998.
- [10] 马士华, 杨文胜, 李莉. 基于二层规划的供应链多阶段响应周期决策模型[J]. 管理科学学报, 2005, 8(6): 51-59.
- Ma Shihua, Yang Wensheng, Li Li. Supply chain multi-stage response time decision-making model based on bi-level programming[J]. Journal of Management Sciences in China, 2005, 8(6): 51-59.
- [11] 付秋芳, 马士华, 林勇, 等. 基于核心企业的供应链响应时间结构模型[J]. 工业工程与管理, 2006, 11(1): 37-41.
- Fu Qiufang, Ma Shihua, Lin Yong, et al. Study on structural model of supply chain response time based on a focal enterprise[J]. Industrial Engineering and Management, 2006, 11(1): 37-41.

(责任编辑 杨小丽)

(上接第 346 页)

- [3] 刘孟才, 唐正宁, 吴琰嘉. 凹版胶印油墨转移的数值模拟[J]. 包装工程, 2012, 33(17): 118-121.
- Liu Mengcai, Tang Zhengning, Wu Yanjia. Numerical simulation of gravure offset printing ink transferring process [J]. Printing Engineering, 2012, 33(17): 118-121.
- [4] 王奇, 唐正宁, 刘孟才, 等. 凹版胶印中印刷夹角对油墨转移的影响[J]. 包装工程, 2012, 33(13): 14-17.
- Wang Qi, Tang Zhengning, Liu Mengcai, et al. The influence of Gravure offset printing in the Angle on its ink transferring process [J]. Printing Engineering, 2012, 33(13): 14-17.
- [5] 史永晶, 唐正宁. 喷墨印刷模拟研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2009, (4): 29-36.
- Shi Yongjing, Tang Zhengning. Study on ink jet printing simulation[J]. China Printing and Packaging Study, 2009, 4: 29-36.
- [6] 刘莹莹, 钱军浩. 油墨转移渗透对印品质量影响的模型研究[J]. 包装工程, 2012, 33(3): 28-32.
- Liu Yingying, Qian Junhao. A research model of ink transferring and penetration influence on its print quality [J]. Printing Engineering, 2012, 33(3): 28-32.
- [7] 陈振欢. 胶印机输墨系统油墨流动的数值模拟分析 [D]. 北京: 北京工业大学, 2011.
- Chen Zhenhuan. Numerical simulation analysis of ink flow for the ink system of offset printing press [D]. Beijing: Beijing Industry University, 2011.
- [8] 袁野, 丁凡, 范毓润. 印刷油墨粘性的理论分析与测量 [J]. 传感技术学报, 2008, 21(10): 1812-1816.
- Yuan Ye, Ding Fan, Fan Yurun. Theoretical analysis and measurement of printing ink tack [J]. Chinese Journal of Sensor and Actuators, 2008, 21(10): 1812-1816.
- [9] 陈文芳. 非牛顿流体的一些本构方程[J]. 力学学报, 1983, 15(1): 16-26.
- Chen Wenfang. Some constitutive equations for non-Newtonian fluids [J]. Chinese Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 1983, 15(1): 16-26.
- [10] 张少华, 王仪明, 武淑琴, 等. 胶印机印刷压力分布规律的理论及实验研究[J]. 包装工程, 2010, 31(7): 60-62.
- Zhang Shaohua, Wang Yiming, Wu Shuqin, et al. Pressure distribution of the offset printing [J]. Printing Engineering, 2010, 31(7): 60-62.

(责任编辑 王卫勋)