

基于销售返利契约的低碳供应链协调策略研究

李友东¹ 夏良杰² 王锋正³

(1. 内蒙古财经大学工商管理学院, 呼和浩特 010070;

2. 天津财经大学商学院, 天津 300222;

3. 内蒙古大学经济管理学院, 呼和浩特 010021)

摘要:针对低碳供应链减排合作机制下的协调策略问题,引入销售返利机制,分别构建了制造商给消费者返利与收入共享契约、向下返利契约和制造商给消费者返利与减排成本分摊契约三种不同类型的契约模型,探讨在存在碳税和消费者低碳偏好情形下,销售返利契约对低碳供应链绩效的影响。假设在市场需求是线性的两阶段供应链中的制造商居于核心地位,运用博弈论模型,分别对所提出三种契约的有效性和灵活性进行分析研究。研究发现,在一定的条件下,制造商和零售商采用合适的协调契约形式可以获得更多的收益并能提高供应链的整体绩效,给出不同契约下双方的讨价还价空间并讨论了不同契约之间的相互关系。最后利用数值算例分析方法对结果进行了验证和说明。

关键词:低碳供应链;销售返利契约;碳税;供应链协调;博弈论

引言

温室气体排放(以下简称“碳排放”)已经成为世界瞩目的问题之一^[1]。为了控制碳排放,世界各国和地区实施了各种不同的碳减排规制,包括碳交易、碳税、碳中和等。迄今为止,包括丹麦、荷兰、澳大利亚、法国、欧盟等经济发达国家和地区都不同程度地开征了碳税。作为发展中国家,中国也积极研究碳税政策,准备择时开征碳税。在碳规约束下,企业的生产和服务活动的碳排放总量受到限制,进而导致碳排放的外部成本内部化,这必将对企业决策及其供应链运营产生重要影响。与此同时,公众的环保意识不断提高,《BBMG 意识消费者报告》指出,现在的消费者更加注重社会价值和环境改善。该报告同时也发现:67%的美国人赞同购买环境友好型产品,51%的人愿意为这些环保产品支付更高的价格^[2]。

因此,在供应链的运营过程中考虑产品的碳排放水平,通过供应链协调来解决产品生产制造过程中的碳排放问题日益受到广泛的认可。为了在激烈的市场竞争中获得竞争优势,供应链成员需要彼此之间密切合作配合,通过多种销售返利形式来提高竞争力,以便在满足政府和消费者日益提高的环保要求的基础上,降低整个供应链成本,提升供应链的绩效并获得更高的市场份额^[3]。基于此,本文在同时考虑碳税、产品的减排水平和销售返利的情况下,研究制造商主导型低碳供应链协调决策和销售返利选择问题对指导低碳供应链的运营管理具有重要的意义。

文献回顾

随着气候变暖,环境和能源紧缺问题日益凸显,各国政府都在积极寻求解决的办法。学者们普遍认为,碳减排市场激励的最有效手段包括碳交易^[4,5]和碳税^[6]等。碳税是指针对二氧化碳排放所征收的税,是政府确定碳排放的价格后,由排放主体自行决定排放水平,政府按照排放主体的化石燃料燃烧后的碳排放量进行征收^[7]。其好处是征收碳税只需要额外增加非常少的管理成本就可以实现。与碳交易价格随着需求供给不同

收稿日期:2016-06-23

基金项目:国家自然科学基金项目(71502123;71563033);内蒙古自然科学基金项目(2015MS0709);内蒙古大学高层次人才引进科研启动项目(135144)。

作者简介:李友东,内蒙古财经大学工商管理学院讲师,硕士生导师,博士;夏良杰,天津财经大学商学院副教授,硕士生导师,博士;王锋正,内蒙古大学经济管理学院副教授,硕士生导师,博士。

而变化相比,碳税中的碳排放价格则是保持相对稳定的,企业可以提前预知碳排放价格,分析碳税政策对企业运营管理的影响。Kuo等^[8]讨论了碳税对政府和企业的交互作用,分析比较了不同的碳税价格对产品的产量、企业的减排研发投入以及政府税收的影响。Huisingh等^[9]调查了不同行业的减排技术创新和碳税政策干预对提高能源利用效率和减少碳排放的影响。值得一提的是,将碳税和供应链系统结合起来研究环境改善问题在近几年才越来越受到人们的重视。程永宏和熊中楷^[10]分析了碳税政策下供应链最优减排策略、定价和协调策略。熊中楷等^[11]分析了碳税和消费者环保意识对供应链中碳排放的影响。

在供应链契约研究中,针对收益分享和销售价格返利契约的研究文献较多^[12-14]。许多学者利用供应链契约设计研究了低碳供应链问题。在需求同时受市场价格和排放水平影响的前提下,考虑碳排放成本内部化所导致的一系列运营新问题,包括供应链企业选择不同的契约设计对供应链减排合作的影响研究^[15,16],具有公平偏好的制造商向零售商提供两部定价契约的低碳供应链协调问题^[17]以及供应链企业减排优化问题等^[18]。

为了提升供应链绩效,许多学者建议通过设计合理的供应链销售返利契约对供应链进行整合。Gerstner和Hess^[19]分析比较了消费者返利和零售商返利对渠道绩效的影响。Chiu等^[20]研究发现一个设计合适的销售返利契约可以协调供应链,提高供需双方的期望利润并能降低合作各方的风险水平。秦娟娟等^[21]从供应商管理库存的角度研究了供应链下的两个协调机制:促销成本分摊机制和销售返利机制,并对两种机制下的供应链协调问题进行了研究,分析这两个机制对供应链绩效的影响。Aydin和Porteus^[22]比较了零售商销售返利和制造商直接给消费者返利两种情形,发现无论是制造商或零售商都不倾向于给合作伙伴一个特定的返利方式。

通过梳理文献可以发现,很少有文献通过收益分享结合返利为视角来研究低碳供应链协调问题。另外大部分文献仅仅考虑了价格的影响,但是需求还受到其他因素的影响,诸如产品排放水平、碳税以及消费者环境偏好等^[23]。因此,更加符合实际的情形是制造商可以通过减排投入努力降低产品碳排放水平来扩大市场份额,同时减排带来的另外一个好处是降低企业的环境成本。但是李大元等^[24]研究发现:理性企业其实并没有动力主动追求环境效益。故而需要考虑将政府环境政策(如碳交易、碳税等)和消费者偏好等影响需求的因素引入到产品中,从而使企业产生减排的动力,同时考虑构建新的契约关系来分析不同供应链主体之间的收益。

本文将销售返利、碳税和减排水平这些因素考虑到模型中,提出了制造商主导下的低碳供应链协调问题及解决办法。该协调策略是基于零售商返利和消费者返利两种形式建立的。这两种形式区别在于:零售商返利增加了每销售单位产品所获得的边际利润而消费者返利增加了消费者对产品的需求。在消费者有低碳偏好和制造商是碳排放主体的假设下,本文研究和比较了三种不同的协调契约的方法,即制造商给消费者返利与收益分享契约(sales-rebate and revenue sharing contract, SR&RS)、下游返利契约(downward sales-rebate contract, DSR)和制造商给消费者返利与碳减排成本分摊契约(sales-rebate and reduction-emission cost sharing contract, SR&RCS),并证明这些契约方法在供应链协调中是非常有效的。在SR&RS中,制造商提供返利给最终消费者且零售商分享其收益的一定比例来补偿制造商损失。在DSR中,制造商通过降低批发价格为下游零售商提供返利,随后零售商也要减少其对消费者的零售价格以提高产品的市场需求量。在SR&RCS中,制造商向消费者提供销售返利和供应链成员都参与减排成本的分摊。本文试图通过这些协调机制的使用来检验对供应链的协调。

本文基本内容如下:第二部分对研究对象和问题进行了描述并给出了模型假设;第三部分对模型分不同的供应链结构进行了求解,主要研究和比较了三种不同的协调契约:SR&RS、DSR和SR&RCS,在此分析基础上,总结不同的供应链驱动机理下的企业行为选择策略;第四部分进行算例研究;最后总结全文。

本文的研究结果表明:(1)在政府征收碳税和消费者对低碳产品存在偏好的假定下,引入销售返利分别构建制造商给消费者返利与收益分享契约、下游返利契约以及制造商给消费者返利与碳减排成本分摊契约三种不同类型的契约模型,可以消除渠道冲突,实现供应链收益的Pareto改善;(2)三种返利契约对渠道成员都有极强吸引力,但是制造商更喜欢给消费者返利与收益分享契约或下游返利契约,而零售商喜欢制造商给消费者返利与碳减排成本分摊契约。

问题描述与模型假设

本文考虑单一零售商和单一制造商组成的两级供应链结构。制造商占主导地位,可以选择返利对象和返利数量及减排投入,制造商将产品以批发价格 p_m 提供给零售商,零售商将产品按市场价格 p_r 卖给消费者,为了获得更多的利润,零售商有动机通过降低产品的市场价格从而给消费者一定的返利,或者与制造商一起分摊减排成本以及将增加收益与制造商分享,零售商的这些行为会提高消费者的需求从而提升销售额,因此制造商的返利策略会影响消费者的需求和零售商的销售积极性。考虑前文所提到的三种形式,即 SR&RS、DSR 和 SR&RCS,在此问题下,对模型做如下假设:

(1) 假定消费者有低碳偏好且市场对于低碳产品的需求具有确定性,由产品价格和减排水平线性决定。即用 $q = a - bp + \sigma e$ 表示^[14,15],其中 a 是产品的市场容量, b 是需求对价格的敏感系数, σ 市场需求对单位产品减排量的敏感性。

(2) 产品的碳减排成本 $C(e)$ 随着减排水平的提高而单调递增^[25],本文设减排成本函数为 $C(e) = 1/2 \cdot \eta e^2$, η 为减排成本系数且 $\eta > 0$ 。

(3) 假设信息完全并且运输、采购及产品再定价没有时间间隔,即时发生,不考虑制造商和零售商的边际成本,制造商的生产能力足够满足市场需求,不产生缺货。

(4) 假设单位产品的碳排放总量为 1,则产品的排放量为 $1 - e$ 。政府对制造商按碳排放量征收碳税,税率为 t 。

本文中使用的其他符号说明如表 1。

表 1 主要参数及其说明

决策变量
p_c, p_m, p_r 分别为不考虑返利时供应链集中决策价格、分散决策时批发价格和零售价格
e_c, e_m 分别表示不考虑返利时供应链集中决策的减排水平和分散决策时制造商的减排水平, $0 \leq e_c, e_m < 1$
e_{ir} 表示考虑返利时制造商减排水平, $0 \leq e_{ir} < 1$
非决策变量
τ 单位产品的销售返利额
σ 市场需求对单位产品减排量的敏感性
q_c, q_d 分别表示不考虑返利时供应链集中决策和分散决策的市场需求
π_c, π_m, π_r 分别表示不考虑返利时供应链集中决策利润、分散决策情形下制造商利润和零售商利润
$\pi_{ir}, \pi_{irm}, \pi_{irr}$ 分别表示考虑返利时供应链集中决策、制造商和零售商的利润
$q_{ir}, q_{sr}, q_{dsr}, q_{res}$ 分别表示考虑返利时集中决策情形、SR&RS 契约、DSR 契约和 SR&RCS 契约形式下的市场需求
η 制造商减排成本系数, $\eta > 0$
t 征收碳税的税率
λ SR&RS 契约下的收益分享因子, $0 \leq \lambda < 1$
π_m^{sr}, π_r^{sr} 分别表示 SR&RS 契约下制造商和零售商的利润
α DSR 契约下的制造商给零售商批发价格的返利因子, $0 < \alpha < 1$
π_m^{dsr}, π_r^{dsr} 分别表示 DSR 契约下制造商和零售商的利润
θ SR&RCS 契约下的零售商对制造商减排成本的分摊比例因子, $\theta \geq 0$
π_m^{res}, π_r^{res} 分别表示 SR&RCS 契约下制造商的利润和零售商的利润

模型建立及求解分析

1、不考虑返利时的供应链集中和分散决策分析

按照供应链分析的一般原理,在集中决策情形,只需要确定集中决策下的价格 p_c 和减排水平 e_c 。此时的利润函数为:

$$\pi_c(p_c, e_c) = (p_c - t(1 - e_c))(a - bp_c + \sigma e_c) - \eta e_c^2 / 2 \quad (1)$$

在分散决策中,制造商和零售商由于双边边际效应会各自尽力使其利润最大化,制造商和零售商的利润分别为:

$$\pi_m(p_m, e_m) = (p_m - t(1 - e_m))(a - bp_r + \sigma e_m) - \eta e_m^2 / 2 \quad (2)$$

$$\pi_r(p_r) = (p_r - p_m)(a - bp_r + \sigma e_m) \quad (3)$$

在垄断或寡头垄断市场中,制造商在供应链中居于主导地位,从而可以建立制造商——零售商的主从斯塔克尔伯格(Stackelberg)博弈模型,制造商有动机激励零售商以改变其行为。制造商作为主导者首先行动,零售商在获知制造商决策的基础上进行决策,双方以各自利润最大化为目标。在此博弈中,零售商首先根据制造商的批发价格确定其边际收益,然后制造商利用零售商的反应函数确定其边际收益。本文令 $I = \sigma + bt, A = 2b\eta - I^2, B = 4b\eta - I^2, C = a - bt$, 因此可得结论1。

结论1 当 $A > 0$ 时,(1)在集中决策和分散决策两种情境下,渠道利润函数关于价格和减排水平是凸的;(2)供应链利润、制造商和零售商各自的利润以及市场需求都随着 η 的增加而减少;(3)分散决策下制造商和零售商最优利润比 $\pi_m/\pi_r = 1 + A/2b\eta$, 制造商获得了更多的利润。

证明:(1)由式(1)关于决策变量价格 p_c 和减排水平 e_c 求偏导,有:

$$\partial \pi_c(p_c, e_c) / \partial p_c = (a + bt) - 2bp_c + (\sigma - bt)e_c \tag{4}$$

$$\partial \pi_c(p_c, e_c) / \partial e_c = (\sigma - bt)p_c + t(a - \sigma) + (2\sigma t - \eta)e_c \tag{5}$$

由式(4)和式(5)可得 $\partial^2 \pi_c(p_c, e_c) / \partial p_c^2 = -2b, \partial^2 \pi_c(p_c, e_c) / \partial e_c^2 = 2\sigma t - \eta$ 和 $\partial^2 \pi_c(p_c, e_c) / \partial p_c \partial e_c = \partial^2 \pi_c(p_c, e_c) / \partial e_c \partial p_c = \sigma - bt$, 利用多元函数极值求解法,可得到 $\partial^2 \pi_c(p_c, e_c) / \partial p_c^2 \cdot \partial^2 \pi_c(p_c, e_c) / \partial e_c^2 - \partial^2 \pi_c(p_c, e_c) / \partial p_c \partial e_c \cdot \partial^2 \pi_c(p_c, e_c) / \partial e_c \partial p_c = A$, 由于 $\partial^2 \pi_c(p_c, e_c) / \partial p_c^2 < 0$, 因此,当 $A > 0$ 时,海塞矩阵负定,联立(4)(5)两式,可得在集中决策下满足 $A > 0$ 条件时的最优解为 $p_c^* = [\eta(a + bt) - t(a + \sigma)I] / (2b\eta - I^2)$ 和 $e_c^* = (a - bt)I / (2b\eta - I^2)$, 相应地,最优产量为 $q_c^* = b\eta(a - bt) / (2b\eta - I^2)$, 最优利润为 $\pi_c^* = \eta(a - bt)^2 / [2(2b\eta - I^2)]$ 且 $\partial q_c^* / \partial \eta < 0, \partial \pi_c^* / \partial \eta < 0$ 。

同样分散决策情形也能得到类似的结论。即当满足 $A > 0$ 时,集中决策和分散决策情形下的渠道利润存在最优值。

(2)以制造商主导的分散决策情形下,利用 Stackelberg 博弈,制造商的决策以自身收益最大化为中心,而追随者零售商需要考虑制造商的决策后再决定其行为,按照动态决策顺序的解法,首先需要解决零售商的决策变量,即市场价格 p_r , 然后将其代入制造商的利润函数来确定制造商的决策变量 p_m 和 e_m , 从而最终确定零售商的价格。

由式(3)可得零售商的利润关于价格的偏导为

$$\partial \pi_r / \partial p_r = a + bp_m + \sigma e_m - 2bp_r \tag{6}$$

令 $\partial \pi_r / \partial p_r = 0$, 可得

$$p_r = (a + bp_m + \sigma e_m) / 2b \tag{7}$$

将式(7)代入(2)化简可得制造商的利润函数为

$$\pi_m(p_m, e_m) = [(p_m - t(1 - e_m))](a - bp_m + \sigma e_m) - \eta e_m^2 / 2 \tag{8}$$

式(8)关于决策变量 p_m 和 e_m 求偏导并令其等于零,可得 Stackelberg 博弈下,分散决策获得最优值为 $p_m = [2\eta(a + bt) - t(a + \sigma)I] / (4b\eta - I^2)$ 和 $e_m = I(a - bt) / (4b\eta - I^2)$ 。代入式(7)可得 $p_r = [\eta(3a + bt) - t(a + \sigma)I] / (4b\eta - I^2)$ 。

因为 $\partial^2 \pi_m / \partial p_m^2 \cdot \partial^2 \pi_m / \partial e_m^2 - (\partial^2 \pi_m / \partial p_m \partial e_m)^2 = b\eta - I^2 / 4$, 若要 π_m 和 π_r 满足凸性,需要 $\partial^2 \pi_m / \partial p_m^2 \cdot \partial^2 \pi_m / \partial e_m^2 - (\partial^2 \pi_m / \partial p_m \partial e_m)^2 > 0$, 即 $B > 0$ 。因此,当 $B > 0$ 时,制造商的利润函数批发价格和减排水平是凸的。此时的最优利润如表2所示。易证分散决策下制造商和零售商的利润也会随着 η 的增加而减少。

表2 无返利时集中和分散决策主要参量表

分散决策		集中决策	
变量	值	变量	值
p_r	$[\eta(3a + bt) - t(a + \sigma)I] / B$	p_c	$[\eta(a + bt) - t(a + \sigma)I] / A$
p_m	$[2\eta(a + bt) - t(a + \sigma)I] / B$	e_c	$I \cdot C / A$
e_m	$I \cdot C / B$	π_c	$\eta C^2 / (2A)$
π_m	$\eta C^2 / (2B)$	q_c	$b\eta C / A$
π_r	$b\eta^2 C^2 / B^2$		
$\pi_m + \pi_r$	$\eta C^2(6b\eta - I^2) / (2B^2)$		
q_d	$b\eta C / B$		

(3)显然,在分散渠道中,总利润和市场需求都低于集中决策,如果供应链成员独自决策使其利润最大,并不能使系统协调。在表 2 可以得知,在价格和减排努力水平下, $\pi_m/\pi_r = 1 + A/2b\eta$, 即 $\pi_m/\pi_r > 1$ 。即 $\pi_m > \pi_r$, 可以看出在分散决策情形时,制造商可以获得更多的利润份额。

本文以制造商为供应链核心企业,研究和验证两种形式(制造商给消费者返利和制造商给零售商返利)能否消除分散决策系统的双边际效应。由于制造商是供应链核心企业,因此制造商制定其减排水平后零售商会根据这一情况来确定其市场价格。这一价格是消费者用于判断从产品的减排水平所获得的额外收益(心理账户)的一种参考价格^[26]。故而我们需要讨论:在政府征收碳税的前提下,制造商和零售商分别各自制定自己的价格时,什么样的最优返利和减排水平才能协调供应链?

2、考虑返利情形的集中决策分析

在存在返利值为 τ 和减排水平 e_{ir} 的情形下,供应链利润为

$$\pi_{ir}(\tau, e_{ir}) = [p_r - \tau - t(1 - e_{ir})][a - b(p_r - \tau) + \sigma e_{ir}] - \eta e_{ir}^2/2。$$

其中 τ 为供应链系统提供给消费者的销售返利数量,对其关于 τ 和 e_{ir} 求导,令 $d\pi_{ir}(\tau, e_{ir})/d\tau = 0$ 和 $d\pi_{ir}(\tau, e_{ir})/de_{ir} = 0$ 可得

$$\tau = 2\eta C(b\eta - \sigma I)/(AB) \quad (9)$$

$$e_{ir}^* = I \cdot C/A \quad (10)$$

供应链的需求量和利润分别为 $q_{ir}^* = b\eta C/A$ 和 $\pi_{ir}^* = \eta C^2/(2A)$, 由此可得结论 2。

结论 2 供应链系统提供给消费者的返利值 τ 、减排水平 e_{ir} 和分散决策情形下的最优零售价格 p_r , 可以实现低碳供应链协调;当 $A > 0$ 时, π_{ir}^* 关于 τ 和 e_{ir} 是凸的且最优减排水平与集中决策结果相同。

从上面分析可以得出,当返利额 $\tau = p_r - p_c$, 即渠道成员在分散决策价格下提取的返利额 τ 可以在这一系统中达到协调,尽管在考虑分散决策情形的零售商定价使得制造商和零售商合作实现最大利润,但是返利额必须由制造商直接提供给消费者,因为制造商是供应链的主导方,这一策略是可行的。在合作框架下,制造商和零售商的最优利润分别由下面两个方程确定: $\pi_{irm} = [p_m - \tau - t(1 - e_{ir})][(a - b(p_r - \tau) + \sigma e_{ir}) - \eta e_{ir}^2/2]$ 和 $\pi_{irr} = (p_r - p_m)[a - b(p_r - \tau) + \sigma e_{ir}]$ 。

易证 $\partial^2 \pi_{ir}/\partial \tau^2 \cdot \partial^2 \pi_{ir}/\partial e_{ir}^2 - (\partial^2 \pi_{ir}/\partial \tau \partial e_{ir})^2 = A$, 即当 $A > 0$ 时, π_{ir}^* 关于 τ 和 e_{ir} 是凸的,同时由表 1 和式 (10) 可以得出最优减排水平在两种情形下是相等的。

将最优值 τ, p_r, p_m 和 e_{ir} 代入并化简可得制造商和零售商的最优利润分别为 $\pi_{irm} = \eta C^2/(2B)$ 和 $\pi_{irr} = b\eta^2 C^2/(AB)$ 。

因此,如果给消费者提供数量为 τ 的返利,制造商和零售商合作情形下的最优订货量和供应链总利润与没有返利的集中决策下的相应值一致。因此,渠道冲突被完全消除,但是制造商的利润与分散决策情形相同,增加的利润完全被零售商获得。在此情形下,制造商希望在供应链协调下寻求一种替代策略来提高自身的利润。

结论 3 若制造商和零售商合作减排,制造商提供消费者返利和承担减排成本,虽然渠道冲突消除了,但是增加的收益会全部被零售商获得。

3、制造商给消费者返利与收益分享协调(SR&RS)机制设计

上述供应链虽然实现了协调,但是并没有实现双方收益的相对公平,该如何解决这个问题? 供应链激励中的收益共享契约为我们提供了解决这一问题的方法,本文设计的协调机制包括制造商给消费者返利、减排努力水平和收益分享因子三个因素,其中制造商给消费者返利是制造商为消费者提供的价格优惠,制造商同时付出了减排成本,而为了达到供应链严格的帕累托(Pareto)改进,收益分享机制在设计过程中需要考虑零售商为制造商提供一定的收益分享比例 λ , 三个参数分别为 (τ, e_{ir}, λ) , 其中 $\lambda \in [0, 1)$, 制造商减排可以减少碳税支付额并增加需求,在减排的同时为消费者提供直接返利从而进一步刺激了消费,增加了需求,其结果是增加了零售商的收益,导致了制造商的有效收益减少,如果零售商为制造商的损失提供补偿,可使制造商的收益比在分散决策下获得的更多,就可以激励制造商更加努力的减排并为消费者提供更多的价格优惠。注意到集中决策下的最优返利和减排努力水平可以使得系统达到协调,因此需要决定最优的 λ 值使得所有成员都能达到严格 Pareto 改善,或者说达到双赢的产出。SR&RS 情形如图 1 所示。

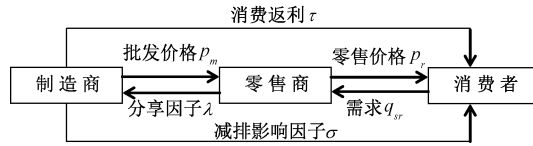


图1 SR&RS 情形下供应链结构体系

由此可知,当政府对产品的排放征收碳税时,制造商会考虑通过提高减排水平来减少碳税成本支出同时刺激需求,因此制造商首先要确定其返利额 τ 和减排水平 e_{ir} , 零售商根据制造商的决策来确定与制造商的收益分享比例。双方的利润函数分别为:

$$\pi_m^{sr} = [p_m - \tau - t(1 - e_{ir})][a - b(p_r - \tau) + \sigma e_{ir}] - \eta e_{ir}^2/2 + \lambda p_r[a - b(p_r - \tau) + \sigma e_{ir}] \quad (11)$$

$$\pi_r^{sr} = [(1 - \lambda)p_r - p_m][a - b(p_r - \tau) + \sigma e_{ir}] \quad (12)$$

显然,如果制造商和零售商的定价与分散决策相同并且制造商确定其返利额和最优减排水平分别为 τ^* 和 e_{ir}^* , 则制造商可以通过转移支付的方式分享零售商利润的比例为 λ , 利用式(11)和(12),可以得到 $\pi_m^{sr} + \pi_r^{sr} = \pi_{ir}$ 。按照供应链合作的一般原理,双方合作的前提是必须保证在此情形下获得的收益好于分散决策下的收益,因此,需要满足 $\pi_m^{sr*} > \pi_m^*$, $\pi_r^{sr*} > \pi_r^*$, 将其代入化简可得

$$\lambda \in (0, 2b\eta^2 C / \{[\eta(3a + bt) - t(a + \sigma)I]B\}) \quad (13)$$

因此,如果零售商保留增加收益的 $1 - \lambda$ 比例,而将 λ 比例的收益补偿给制造商,则零售商就有机会获得比分散决策高的额外收益。事实上,零售商和制造商的利润空间分别为 $\pi_r^{sr} \in [b\eta^2 C^2/B^2, b\eta^2 C^2/(AB)]$ 和 $\pi_m^{sr} \in [\eta C^2/(2B), \eta C^2(12b^2\eta^2 - 6b\eta I^2 + I^4)/(2AB^2)]$, 与分散情景相比,零售商和制造商都能获得额外的利润,且这一利润为 $2b^2\eta^3 C^2/(AB^2)$ 。但是式(13)所给出的 λ 范围是否能被供应链成员接受要依赖于成员各方的讨价还价能力,因此可以得到结论4。

结论4 在SR&RS 契约下,供应链达到协调并且所有供应链成员都将接受这一分配方式,且随着分享比例 λ 的提高,制造商的利润将上升而零售商的利润会不断减少。

4、下游返利协调(DSR)机制设计

在下游返利协调机制情形下,上游制造商承诺给下游零售商提供销售返利,然后零售商提供返利给消费者,制造商根据零售商对消费者提供的返利数量确定给予零售商的返利数量,本文以此为背景探讨是否这一机制能够协调整个供应链,从而使得双方得到 Pareto 改进。其基本思想为:零售商提供返利给消费者(类似于促销)将导致市场需求的增加,但是可能会使得零售商的利润下降。显然,作为上游的制造商因消费需求的增加而获得更多的收益。为了激励零售商这一行为,制造商可以通过返利(以批发价格折扣形式体现)补偿零售商的损失。即所有的渠道成员都提供返利给其直接下游,该情形如图2所示:

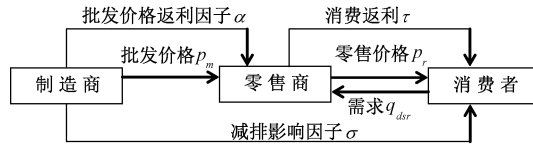


图2 DSR 情形下供应链结构体系

在此情形下,制造商和零售商都愿意为其下游提供返利,记为 $(\alpha p_m, \tau)$, 其中 $0 < \alpha < 1$, 则制造商给零售商提供的批发价格为 αp_m , 同时零售商给消费者提供 τ 单位的返利。

制造商的批发价格和零售商的零售价格与分散决策下的相同,制造商对零售商的返利为 $(1 - \alpha)p_m$, 如前所述,双方一般的做法是在政府向制造商征收碳税的前提下,供需双方发布它们各自的价格,然后通过协调机制优化其绩效,协调机制的目标是确定使供应链达到协调的各个参数值。当消费者接受产品的环境水平和销售返利后供应链的协调可能实现。这里零售商给终端消费者提供的返利为 τ 。双方的利润函数分别为:

$$\pi_m^{dsr} = [\alpha p_m - t(1 - e_{ir})][a - b(p_r - \tau) + \sigma e_{ir}] - \eta e_{ir}^2/2 \quad (14)$$

$$\pi_r^{dsr} = (p_r - \alpha p_m - \tau)[a - b(p_r - \tau) + \sigma e_{ir}] \quad (15)$$

由式(14)和(15)可得 $\pi_m^{dsr} + \pi_r^{dsr} = \pi_{ir}$ 。该供应链合作的条件是只有当供应链所有成员获得比分散决策更高的利润才有可能。也就是说,供应链成员合作的条件是 $\pi_m^{dsr*} > \pi_m^*$, 且 $\pi_r^{dsr*} > \pi_r^*$, 代入化简可得制造商的

返利比例为

$$\alpha \in \left(\frac{2b\eta^2 C - t[(a + \sigma)I - 2b\eta]B}{[2\eta(a + bt) - t(a + \sigma)I]A}, \frac{[2\eta(a + bt) - t(a + \sigma)I]B^2 - \eta CA^2}{[2\eta(a + bt) - t(a + \sigma)I]AB} \right) \quad (16)$$

因此,如果制造商将其给零售商的返利减少到式(16)范围内,则供应链系统将达到协调。因此制造商通过销售返利可以激励零售商从而达到供应链协调。此时制造商的利润区间为 $\pi_m^{dsr} \in [\eta C^2/(2B), \eta C^2(12b^2\eta^2 - 6b\eta I^2 + I^4)/(2AB^2)]$, 同样零售商的利润区间为 $\pi_r^{dsr} \in [b\eta^2 C^2/B^2, b\eta^2 C^2/(AB)]$, 双方都有机会获得额外的收益为 $2b^2\eta^3 C^2/(AB^2)$, 从而可得结论 5。

结论 5 面向下游返利契约实现了供应链协调且供应链所有成员的收益都增加。从利润函数的结构可以得到,随着 α 的提高制造商的利润增加而零售商的利润减少。

5、制造商给消费者返利与碳减排成本分摊契约(SR&RCS)协调机制

这一协调机制的基本思路是制造商确定销售返利和减排水平,这会导致产品的需求增加但是制造商的有效收益减少。显然下游渠道成员零售商会因为消费者需求的增加而获得更多的收益。如果零售商分摊制造商的一部分减排成本从而促使制造商的收益比分散决策机制下的收益更好,制造商就会接受这一契约。零售商可以通过诸如参与制造商的低碳技术创新与研发,或者提供低碳技术支持等手段来激励制造商提升产品的环保水平。SR&RCS 情形如图 3 所示。

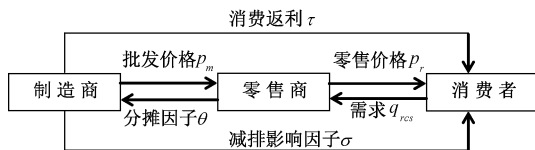


图 3 SR&RCS 情形下供应链结构体系

在此情形下,制造商确定其批发价格 p_m 和减排水平 e_{ir} ;在此基础上零售商确定其零售价格 p_r ;制造商和零售商一起确定返利与减排成本分摊契约,即制造商首先确定提供给消费者单位产品的返利值 τ 和产品的减排水平 e_{ir} ,零售商据此确定它与制造商分摊的减排成本比例 θ 。制造商和零售商的利润函数分别为

$$\pi_m^{rcs} = [p_m - \tau - t(1 - e_{ir})][a - b(p_r - \tau) + \sigma e_{ir}] - (1 - \theta)\eta e_{ir}^2/2 \quad (17)$$

$$\pi_r^{rcs} = (p_r - p_m)[a - b(p_r - \tau) + \sigma e_{ir}] - \theta\eta e_{ir}^2/2 \quad (18)$$

同理可得,当 $\pi_m^{rcs*} > \pi_m^*$ 且 $\pi_r^{rcs*} > \pi_r^*$ 时,满足激励相容原理,双方收益都增加从而双方的合作是能够实现的。解此不等式可以得到零售商分摊制造商减排成本的比例为

$$0 < \theta < 4b^2\eta^2 A / (IB)^2 = \theta^U \quad (19)$$

制造商的利润区间为 $\pi_m^{rcs} \in [\eta C^2/(2B), \eta C^2(12b^2\eta^2 - 6b\eta I^2 + I^4)/(2AB^2)]$, 零售商的利润区间为 $\pi_r^{rcs} \in [b\eta^2 C^2/B^2, b\eta^2 C^2/(AB)]$, 由此可以得到零售商和制造商有增加收益平均分享的机会,即双方都有机会获得增加收益的一半为 $2b^2\eta^3 C^2/(AB^2)$, 从而可以得到结论 6。

结论 6 制造商直接给消费者返利和减排成本分摊契约协调了该系统并且供应链双方都获得了双赢;若零售商不分摊制造商的减排成本,即 $\theta = 0$, 供应链虽然仍然是协调的,但是增加的收益都被零售商获得。制造商在此过程中没有获得额外的收益,供应链双方收益并不对等。

从利润函数很容易得到结论:随着零售商对制造商减排成本分摊比例 θ 的增加,制造商的利润增加同时零售商的利润减少。

6、协调机制与企业行为策略

传统供应链按照驱动方式可分为推动式供应链和拉动式供应链。但是近年来,许多公司如戴尔、通用汽车、耐克等将两种方法融合,即将推式策略和拉式策略结合使用。Demirag 等^[27]研究发现,美国汽车制造商喜欢使用客户现金返还而日本企业则更倾向于激励它们的经销商。在低碳供应链中,推式策略是制造商激励零售商销售其低碳产品给消费者,而拉式策略是制造商利用环境贡献度来影响消费者的需求从而激励消费者从零售商处购买更多的低碳产品。由于零售商往往不愿意执行协调策略,结果可能导致供应链收益变得次优。因此,通过整合渠道成员、使用激励零售商和提升供应链整体绩效的返利契约就显得尤为重要了,故制造商和零售商联合或单独定期公布产品的销售返利政策有利于提升产品的销量。其实零售商变成超市的本质是通

过销售返利提升销量从而实现其规模效应。下游返利和消费者返利与收益分享策略可以通过返利这一方式实现供应链推拉两种方式策略的混合。

制造商和零售商的合作契约使得双方可以获得比分散决策下更多的收益。制造商提供补贴给消费者可以提高产品的需求,而制造商若给零售商返利则可以激励零售商降低产品的销售价格,制造商给零售商返利契约下零售商最终提供返利给消费者。在极端情形下,尽管推式和拉式分别代表不同的驱动力源,推动式供应链以制造商为中心而拉动式供应链以客户为中心,企业通常会采用其中一种形式;但是现实的供应链管理过程中,企业往往会采用两种方式结合。例如,在整个企业成长过程中,产品可用性对企业是至关重要的,拉式供应链的合作方式可以实现企业在一定时期的市场目标,但是随着竞争对手的加入,利润的减少会迫使供应链从拉式供应链向推式供应链转变。需要注意的是,成功实施以上任何一个政策都依赖于产品类别以及具体的市场竞争情况。

由式(13)可得,对于任意的 b, t, η 和 σ, λ 的最大取值都小于 1。如果 λ 的上限大于 1, 则有 $2b\eta^2C/\{\eta(3a+bt)-t(a+\sigma)I\}B > 1$, 显然这一情况不会出现。由式(16)显然 α 的最大值总是小于 1。但是直接补贴和减排成本分摊因子 θ 可能会大于 1。减排成本分摊因子 θ 的上限随着 b 的增加而增加,随着 σ 的减少而增加。因此可以得出 θ 的范围为:

$$0 < \theta < \min\{4b^2\eta^2A/(IB)^2, 1\} \tag{20}$$

由式(18)可得,零售商的利润随着 θ 的增加而减少,对 $\theta = 1$ 和 $\theta = \theta^U$ 两种特殊情形比较,零售商的利润差值为

$$\Delta = \pi_r^{res} |_{\theta=1} - \pi_r^{res} |_{\theta=\theta^U} = \frac{\eta I^2 C^2}{2A^2} > 0 \tag{21}$$

即由于零售商有机会获得更高的利润,结果导致 π_m^{res}/π_r^{res} 的最优值比其他两种契约机制下的小。因此可以得出结论:制造商主导下的斯塔克尔伯格博弈,制造商总是会选择 SR&RS 和 DSR 而不选择 SR&RCS 这一契约形式。

数值分析

假设一个制造商和一个零售商组成的两级供应链,制造商是核心企业,制造商投入减排研发成本生产某种低碳产品,零售商对制造商进行减排成本分摊或与制造商分享其收益,令 $a = 100, b = 0.8, \sigma = 0.3, \eta = 1000$, 考虑到产品原始排放量为 1, 因此减排量是小于 1 且大于等于 0 的值,故 $0 \leq t < 19.56$ 。下面我们以算例来验证本文的主要结论。

为了验证本文的结论,在表 3 中,分析碳税一定时各个主要参量的取值情况,此处不妨令 $t = 12$, 考虑在此碳税下的各个参量值。表 3 表明,当制造商提供返利并且考虑对产品的碳排放投入成本后,渠道由分散决策下的不协调变得协调,但是可以发现渠道利润的增加量正好与零售商在两种决策类型下的增加量相同,即渠道增加利润全部被零售商获得,制造商并没有获得利润的增加,可以认为制造商的有效收益减少了。

表 3 碳税一定时 ($t = 12$) 不同情形下主要参量取值与制造商和零售商的最优价格、需求表

决策类型	变量	产品 价格	批发 价格	返利 额	减排 量	分享 因子	批发价格 返利因子	成本分摊 因子	零售商 利润	制造商 利润	渠道总 利润
分散决策		95.97	66.82	—	0.29	—	—	—	679.43	1317.24	1996.68
集中决策		65.04	—	—	0.60	—	—	—	—	—	2720.44
带返利的集中决策		65.04	—	30.93	0.60	—	—	—	1403.20	1317.24	2720.44
SR&RS		95.97	66.82	30.93	0.60	0.08	—	—	1125.95	1594.49	2720.44
DSR		95.97	66.82	30.93	0.60	—	0.66	—	1007.93	1712.51	2720.44
SR&RCS		95.97	66.82	30.93	0.60	—	—	0.80	1261.18	1459.26	2720.44

利用公式(13)结合初值设定,可得在 SR&RS 情形下零售商分享给制造商的收益分享比例 λ 的范围为 $\lambda \in [0, 0.16]$; 利用公式(16)结合初值设定,可得在 DSR 协调机制时 α 的取值范围为 $\alpha \in [0.54, 0.76]$; 利

用公式(21)结合初值设定,可得在 SR&RCS 契约机制下零售商分摊制造商的比例系数 θ 的取值范围可以达到 $\theta \in [0,1]$,事实上,此时 $\theta^U = 4$ 。容易验证通过 λ 、 α 和 θ 的取值范围来验证三个参数在各自的契约设计中满足结论 4-6。因此 λ 、 α 和 θ 三个参量在各自的范围内任意取值都可以达到供应链协调,如表 3。从表 3 中可以看出:三种契约设计都可以实现供应链的协调,实现了在不同契约情形时与不考虑返利集中决策或者考虑返利的集中决策同样的供应链总利润,同时通过不考虑返利的分散决策和考虑返利的三种契约所得到的制造商和零售商的利润比较,可以看出,三种考虑返利的契约形式中的制造商和零售商的利润与分散决策相比较都实现了不同程度的增加,说明满足激励相容约束,实现了 Pareto 改善,并且制造商和零售商的利润比均大于 1。

利用公式(13)结合初值设定,可得在此情形下 $\lambda \in [0,0.16]$ 。为了验证结论 4,在碳税($t = 12$)不变情形下,对零售商给制造商的收益分享比例 λ 进行取值,结果如表 4 所示。可以看出不同的收益分享比例对双方利润的影响:随着收益分享比例的增加,意味着零售商会将原来全部增加的收益按比例分享给制造商,给制造商分享的比例越大,零售商的利润将越小,而制造商的利润也随着分享比例 λ 的增加而增加。同时,当 λ 在该范围内取不同的值时,制造商和零售商的利润总和与有返利的集中决策的供应链利润都相等,这也说明供应链实现了协调。

表 4 SR&RS 情形 λ 不同取值对制造商和零售商利润的影响

序号	λ	π_r^{sr}	π_m^{sr}	序号	λ	π_r^{sr}	π_m^{sr}
1	0.00	1 403.20	1 317.24	5	0.08	1 033.54	1 686.90
2	0.02	1 310.78	1 409.66	6	0.10	941.13	1 779.31
3	0.04	1 218.37	1 502.07	7	0.12	848.72	1 871.72
4	0.06	1 125.95	1 594.49	8	0.14	756.30	1 964.14

利用公式(16)结合初值设定,可得在此情形下的 $\alpha \in [0.54,0.76]$,因此为了验证结论 5,在碳税($t = 12$)不变情形下,对制造商的批发价格返利因子 α 进行取值,结果如表 5 所示。在满足激励相容约束的前提下,可以看出制造商对零售商不同的返利对双方利润的影响:随着返利因子 α 的增加,意味着制造商对零售商的返利越小,零售商的利润就越小,而制造商的利润也随着 α 的增加而增加。同时对于在该范围内 α 不同的取值,总有制造商和零售商的利润总和等于有返利的集中决策的供应链利润,这也说明供应链实现了协调。

表 5 DSR 情形 α 不同取值对制造商和零售商利润的影响

序号	α	π_r^{dsr}	π_m^{dsr}	序号	α	π_r^{dsr}	π_m^{dsr}
1	0.54	1 394.03	1 326.41	5	0.66	1 007.93	1 712.51
2	0.57	1 297.51	1 422.93	6	0.69	911.41	1 809.03
3	0.60	1 200.98	1 519.46	7	0.72	814.88	1 905.56
4	0.63	1 104.45	1 615.99	8	0.75	718.35	2 002.09

利用公式(21)结合初值设定,可得在此情形下的 $\theta \in [0,1]$,事实上,此时 $\theta^U = 4$,因此为了验证结论 6,在碳税($t = 12$)不变情形下,对零售商的减排成本分摊比例 θ 进行取值,结果如表 6 所示。可以看出,在满足激励相容约束的前提下,零售商对制造商不同的减排成本分摊比例对双方利润的影响:随着减排成本分摊比例 θ 的增加,意味着零售商更多的分摊制造商的减排成本,零售商的利润将越小,而制造商的利润也随着 θ 的增加而增加。同时,制造商和零售商的利润总和与有返利的集中决策的供应链利润相等,这也说明供应链实现了协调。同时也可以发现,零售商此时仍然获得了比分散决策更多的利润,其利润差恰好与式(21)的计算结果相同,从而也验证了式(21)的结论。

表 6 SR&RCS 情形下 θ 不同取值对制造商和零售商利润的影响

序号	θ	π_r^{rcs}	π_m^{rcs}	Δ	序号	θ	π_r^{rcs}	π_m^{rcs}	Δ
1	0	1 403.20	1 317.24	723.77	5	0.8	1 261.18	1 459.26	581.75
2	0.2	1 367.70	1 352.74	688.26	6	1.0	1 225.68	1 494.76	546.25
3	0.4	1 332.19	1 388.25	652.76	7	2.0	1 048.16	1 672.28	368.73
4	0.6	1 296.68	1 423.76	617.26	8	4.0	679.43	2 041.01	0

结 论

为了改善制造商和零售商之间的合作关系,研究了三种不同的供应链契约(SR&RS、DSR 和 SR&RCS),获得渠道协调和供应链成员的 Pareto 改善的收益关系。本文研究了不同形式的返利和制造商的减排努力对供应链的绩效和效率的影响并通过零售商返利和消费者返利两种机制改善了供应链的收益。研究发现与收益共享相比,零售商或消费者的返利也可以使得供应链达到协调。三种返利契约机制中,SR&RS 和 DSR 下零售商和制造商都有平等的机会获得额外的收益。

本文将政府环境政策和消费者低碳偏好及企业减排考虑到供应链管理中,研究了碳税政策下的供应链成员和整体的绩效问题。与传统的收益分享契约不同,在不改变批发价格的情形下,下游渠道成员可以提供收益的一个百分比补贴给供应链上游成员,而不是减少制造商的批发价格。在分散决策(零售商决定价格和制造商决定批发价格和减排水平)下,利用销售返利契约也可以消除渠道成员冲突,实现协调。从供应链管理的角度看,这种情况是可以接受的,因为整个供应链的利润实现了最大化。虽然三种协调机制都可以实现供应链协调和改善供应链成员各自的收益,但是制造商更喜欢 SR&RS 或 DSR,而零售商喜欢 SR&RCS。

参考文献:

- [1] WSSD. Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development[R]. United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2002
- [2] Bemporad R., Baranowski M. Conscious Consumers Are Changing the Rules of Marketing: Are You Ready? [DB/OL]. https://www.fmi.org/docs/sustainability/bbm_g_conscious_consumer_white_paper.pdf?sfvrsn=2, 2007
- [3] 曹春辉,席酉民,曹瑄玮. 企业节能减排的动因探析与策略选择[J]. 管理评论, 2013,25(7):3-10
- [4] 谢晶晶,窦祥胜. 基于合作博弈的碳配额交易价格形成机制研究[J]. 管理评论, 2016,28(2):15-24
- [5] 屈晓龙,李波,刘雪静. 碳限额与交易机制下考虑次品率的供应链优化研究[J]. 管理评论, 2015,27(9):187-200
- [6] Strand J. Strategic Climate Policy with Offsets and Incomplete Abatement: Carbon Taxes Versus Cap-and Trade[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2013,66(2):202-218
- [7] 赵黎明,殷建立. 碳交易和碳税情景下碳减排二层规划决策模型研究[J]. 管理科学, 2016,29(1):137-146
- [8] Kuo T. C., Hong I. H., Lin S. C. Do Carbon Taxes Work? Analysis of Government Policies and Enterprise Strategies in Equilibrium[J]. Journal of Cleaner Production, 2016,139:337-346
- [9] Huisingh D., Zhang Z., Moore J. C., et al. Recent Advances in Carbon Emissions Reduction: Policies, Technologies, Monitoring, Assessment and Modeling[J]. Journal of Cleaner Production, 2014,103:1-12
- [10] 程永宏,熊中楷. 碳税政策下基于供应链视角的最优减排与定价策略及协调[J]. 科研管理, 2015,36(6):81-91
- [11] 熊中楷,张盼,郭年. 供应链中碳税和消费者环保意识对碳排放影响[J]. 系统工程理论与实践, 2014,34(9):2245-2252
- [12] Pang Q., Hou Y., Lv Y. Coordinating Three-Level Supply Chain under Disruptions Using Revenue-Sharing Contract with Effort Dependent Demand[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2016,2016(7):1-10
- [13] 张鹏,张杰,马俊. 考虑期望损失厌恶的供应链契约与协调[J]. 管理评论, 2015,27(4):177-186
- [14] 高举红,韩红帅,侯丽婷,等. 考虑产品绿色度和销售努力的零售商主导型闭环供应链决策研究[J]. 管理评论, 2015,27(4):187-196
- [15] 李友东,谢鑫鹏,营刚. 两种分成契约下供应链企业合作减排决策机制研究[J]. 中国管理科学, 2016,24(3):61-70
- [16] Wang Q. P., Zhao D. Z., He L. F. Contracting Emission Reduction for Supply Chains Considering Market Low-Carbon Preference [J]. Journal of Cleaner Production, 2016,120:72-84
- [17] 李媛,赵道致. 考虑公平偏好的低碳化供应链两部定价契约协调[J]. 管理评论, 2014,26(1):159-167
- [18] 徐春明,赵道致,杜其光. 需求依赖减排水平和价格的供应链决策与协调机制[J]. 控制与决策, 2016,31(3):486-492
- [19] Gerstner E., Hess J. A Theory of Channel Price Promotions[J]. The American Economic Review, 1991,81(4):872-886
- [20] Chiu C. H., Choi T. M., Yeung H. T., et al. Sales Rebate Contracts in Fashion Supply Chains[J/OL]. Mathematical Problems in Engineering, doi:10.1155/2012/908408, 2012
- [21] 秦娟娟,白晓健,张琛. VMI 模式下考虑商业信用的供应链协调机制研究[J]. 管理评论, 2016,28(3):207-220
- [22] Aydin G., Porteus E. L. Manufacturer-to-Retailer Versus Manufacturer-to-Consumer Rebates in a Supply Chain[M]. Boston: Springer, 2015

- [23] Talluri K. T., Ryzin G. J. V. Revenue Management under a General Discrete Choice Model of Consumer Behavior[J]. *Management Science*, 2004, 50(1):15-33
- [24] 李大元, 孙妍, 杨广. 企业环境效益、能源效率与经济绩效关系研究[J]. *管理评论*, 2015, 27(5):29-37
- [25] Poyago-Theotoky J. The Organization of R&D and Environmental Policy[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2007, 62(1):63-75
- [26] Thaler R. H. Mental Accounting and Consumer Choice[J]. *Market Science*, 2008, 27(1):15-25
- [27] Demirag O. C., Baysar O., Keskinocak P. The Effects of Customer Rebates and Retailer Incentives on a Manufacturer's Profits and Sales[J]. *Naval Research Logistics*, 2010, 57(1):88-108

Study on Low-carbon Supply Chain Coordination Strategy with Sales-rebate Contract

Li Youdong¹, Xia Liangjie² and Wang Fengzheng³

(1.School of Business Administration, Inner Mongolia University of Finance and Economics, Hohhot 010070;

2.School of Business, Tianjin University of Finance and Economics, Tianjin 300222;

3.School of Economics and Management, Inner Mongolia University, Hohhot 010021)

Abstract: Aiming at the cooperation strategy problem of enterprises' carbon emission reduction in low-carbon supply chain, we construct three different kinds of sales-rebate contract models namely sales-rebate and revenue sharing contract, downward sales-rebate contract, sales-rebate and reduction-emission cost sharing contract. This paper studies how the three types of sales-rebate contracts influence the performance of low-carbon supply chain under the circumstance of carbon tax and low carbon preference. Assuming the manufacturer is the core enterprise with linear demand, the paper analyzes effectiveness and flexibility of proposed contracts by game theory model. It is shown that under certain conditions both manufacturer and retailer can gain more profit by means of appropriate coordination contracts. At the same time, the performance of the supply chain is also improved. The range of bargaining strategies of the two parties under different contracts is determined and several important implications are derived analytically to point out relationship among characteristically different contracts. Results are illustrated with numerical examples.

Key words: low-carbon supply chain, sales-rebate contract, carbon tax, supply chain coordination, game theory