

文章编号:1003-207(2014)09-0106-08

消费者低碳偏好下的供应链收益共享契约研究

王芹鹏,赵道致

(天津大学管理与经济学部,天津 300072)

摘要:在消费者对低碳产品存在偏好并且企业自愿减排的假定下,探讨了在由单个供应商与单个零售商构成的两级供应链中零售商确定最佳订货水平和供应商选择减少碳排放水平的决策问题。研究发现单位产品碳排放过大时,供应商不会选择减排;当单位排放较低时,选择减排战略会改善供应商和零售商的收益状况,可以实现供应链成员收益的帕累托改进;而当单位排放处于两者之间时,选择减排战略会使供应商的收益状况变差,使零售商的收益和供应链总体收益增加,虽然存在着改善供应链渠道收益状况的空间,但供应商没有减排动力,减排无法实施。针对这一问题,本文设计了收益共享契约来协调两者之间的关系,实现了帕累托改进。最后,利用 Rubinstein 讨价还价模型来分析分成比例在给定区间确定问题。

关键词:低碳偏好;自愿减排;供应链管理;收益共享契约

中图分类号:F252.2

文献标识码:A

1 引言

当前,全球面临的一个主要的环境问题是以二氧化碳为主的温室气体过量排放造成的全球变暖,以及由此造成的海平面上升以及极端气候常态化,这威胁着地球的生态环境。遭到破坏的生态环境会影响人们的生存方式和消费行为^[1-2]。有调查显示消费者会增加购买那些有助于环境改善的产品,也就意味着企业采取有利于环境的策略,有利于其产品获得消费者的青睐或者说能够使产品突破碳排放带来的“歧视”,有助于产品在与非减排产品的竞争中增加市场份额,如英国碳信托的研究^[3]显示即使低碳产品的价格较高消费者也更愿意购买低碳产品;Vanclay等^[4]在澳大利亚对高碳和低碳产品的销售数据研究发现,低碳产品销售量高于高碳产品;周应恒等^[5]基于南京城市消费者的调查数据,发现对低碳农产品的支付意愿较高,且显著地受消费者对低碳认知的影响,帅传敏等^[6]对低碳产品支付意愿的研究也得到了类似结论;远大的中央空调,由于其低碳节能的优良特性,其开发的非电中央空调已进入了诸如北京的钓鱼台国宾馆、巴塞罗那的世界文化论坛等很多世界重要的场馆^[7]。

虽然减排能够为企业带来以上利益,但是减少碳排放需要投入大量的资金用于研发、改进工艺、更新生产设备,那么增加的收益能否弥补企业减排投入就成为其关心的主要问题,否则其就没有足够的积极性降低碳排放。供应商和零售商在减排的情况下收益状况是否会改善?供应商在什么条件下会选择自愿减排?如果供应商在减排后收益无法改善,那么如何通过契约协调零售商与供应商之间的关系,使供应商做出降低碳排放的策略选择是本文研究的问题。

本小节以下部分简要回顾有关外部性问题及供应链协调的相关文献。关于企业外部性的问题,除了从征税、排污许可证、排污交易市场等政府规制手段的研究角度外,而从自由市场理念出发研究该问题的文献主要从企业社会责任的角度出发通过模型^[8-12]以及数据实证的角度^[13-16]验证企业的表现与其经济效益之间的关系。企业社会责任理论认为企业在生产经营中不应只考虑自身的利益,还应考虑其他的利益相关方,其中一项就是对环境造成的影响。Cruz^[9-10]通过对相关环境和风险的分析,构建了包含企业社会责任的供应链网络分析框架。宁亚春等^[12]研究了政府管制与企业社会责任行为之间的博弈模型,并揭示了其中存在的“政府偏好悖论”。但是通过模型研究的文献仅限于把对环境的投入当作成本或者当作提升企业形象的手段,并没有像本文一样考虑可能从自愿性碳市场中获得

收稿日期:2012-09-27;修订日期:2014-03-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71072155)

作者简介:王芹鹏(1986-),男(汉族),河北临西人,天津大学管理与经济学部,博士研究生,研究方向:供应链协调与优化。

的收益。此处需要指出,自愿性碳市场是指一种碳排放交易市场,由不受京都议定书(Kyoto Protocol)约束的企业、个人或活动,自发性出资抵偿其产生的碳足迹,缓解其活动造成的温室效应。

而通过数据进行实证研究的文献,如 Konar 等^[15]指出排放有毒化学气体对上市公司的无形价值有显著的影响,减少 10% 的有毒气体的排放会增加 3400 万美元的市场价值。陶文杰等^[18]研究发现高水平披露社会责任信息的企业绩效明显高于低水平企业。这一类文献,只是以单个的企业作为研究对象考虑企业的环境表现对其资本市场或者财务数据的影响,而没有如本文从供应链的角度考虑企业的环境表现,进而考虑由此引起的协调供应链成员关系的问题。同时,也没有从消费者偏好的角度研究该问题。

有关的供应链协调的文献可以参考 Cachon^[19], Dolan 等^[20]以及王迎军^[21],本文仅回顾有关收益共享契约的文献。李新然等^[22]研究了一个零售商负责回收的闭环供应链,并指出收益共享契约可以解决供应链中存在的“双重边际化”问题; Yao Zhong^[23]在用收益共享契约的同时还考虑了企业之间的竞争,其研究了一个用于协调包含一个上游供应商和两个下游零售商的收益共享契约。但是,已有的关于收益共享契约的文献都是在供应商和零售商生产战略没有改变的情况下,以集中供应链作为参照,而没有考虑在供应商或者零售商一方的产品战略发生改变时协调供应链企业之间的关系,而本文则是以企业生产战略改变之后作为参照,在不改变供应商定价且其生产成本发生变化的情况下通过收益共享契约达到供应链的帕累托改进。

2 问题描述及求解

根据相关文献的研究结果^[3-6],本文假设有社会责任感的消费者对低碳产品存在偏好,并且企业自愿减排,研究由风险中性的单个供应商和单个零售商组成的供应链中零售商确定最佳订货量,供应商确定最佳减排水平的问题。为了满足消费者的低碳偏好,要付出投资以改进技术、提高效率,减排付出的成本能否从需求的增加获得补偿?在什么条件下才能使供应商自愿减排?如果供应商制造商的收益没有获得改善,那么应该怎样协调供应商与零售商以使促使供应商做出有利于减排的决策是本文关注的问题。

零售商在每个销售季开始前向供应商订货,供

应商按照零售商的订单生产,由零售商承担库存风险。供应商战略选择空间为(减排,不减排),当供应商选择不减排时,零售商在产品的零售价格和批发价格确定的情况下确定最优的订货量;当供应商选择减排时,供应商和零售商同时决策,供应商在自愿减排量(Voluntary Emission Reductions, VERs)交易存在的情形下选择最优的单位产品减排量,零售商在考虑到低碳产品扩大其市场需求的情况下决策其最优的订货量。这里的自愿减排量是指清洁发展生产机制之外的自愿减排量。

假设产品需求在 $[A, B]$ 上服从均值为 μ , 标准差为 σ , 密度函数为 $f(x)$, 分布函数为 $F(x)$ 的随机分布。此外,假设分布函数 $F(x)$ 符合递增失效率(Increasing Failure Rate, IFR)的性质,详细介绍可参考 Proschan^[24]。这样假设是为了确保目标函数解的存在性和唯一性。本文用随机需求期望的增加表示市场需求的增加,假设当减排水平为 e 时,需求的期望值会增加 $e\mu$ 个水平。

符号说明

系统参数和决策变量符号如表 1 所示

表 1 系统参数和决策变量符号

参数/符号	说明
ω	单位产品的批发价格
p	单位产品的零售价格
λ	单位产品的碳排放量
k	降低单位碳排放量的投资系数
x	产品的市场需求
E_g	政府为了鼓励企业自愿减排而向其免费提供碳排放配额
c	供应商的边际生产成本
p_e	单位自愿减排量的市场价格
h	单位存货持有成本
s	单位缺货的惩罚成本
φ	零售商收益留成比例
决策变量	说明
e	单位产品的碳减排量
q	零售商的订货量

注:由于本文假设减排投资为对任意产量的一次性投资,所以假定 k 为较大的值。假定自愿性碳市场是完全竞争的自由市场,VERs 交易价格固定。

2.1 不降低碳排放契约

在单个供应商和单个零售商构成的两级供应链中,假设供应商按照零售商的订单进行生产,赚取批发价格和边际生产成本之间的差额,为保证供应商和零售商获得利润假设 $p > \omega > c$ 。在充分竞争市场中可以认为产品的批发价格 ω 以及产品的零售价格 p 是稳定的。

供应商的利润函数为:

$$\pi_s = (\omega - c)q \tag{1}$$

在需求随机的情境下,为了降低持有成本和惩罚成本,零售商通过选择最优的订货量以使利润最大,其利润函数为:

$$\pi_r = p(x \wedge q) - h(q - x)^+ - s(x - q)^+ - \omega q \tag{2}$$

(2)式中第一项为零售商的销售收入,第二项为零售商存货的持有成本,第三项为因不能满足市场需求的惩罚成本,第四项为产品成本。上式中 $x \wedge q$ 表示在 x 和 q 中取小, $(x)^+$ 表示 $\max\{x, 0\}$ 。

零售商的期望利润可以写作:

$$E(\pi_r) = (p + s - \omega)q - (p + s + h) \int_A^q F(x)dx - s\mu \tag{3}$$

$E(\pi_r)$ 关于 q 的二阶条件:

$$\frac{\partial^2 E(\pi_r)}{\partial q^2} = -(p + s + h)f(q) < 0 \tag{4}$$

上式说明, $E(\pi_r)$ 是订货量 q 的凹函数,零售商关于 q 的期望利润函数存在最大值。

$E(\pi_r)$ 关于 q 的一阶条件:

$$\frac{\partial E(\pi_r)}{\partial q} = p + s - \omega - (p + s + h)F(q) = 0 \tag{5}$$

由(5)式得到此时订货量为:

$$q^0 = F^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right) \tag{6}$$

(6)式 q^0 称作不减排情况下的最佳订货量,从(6)式可以看出零售商的订货量与批发价格负相关,增加批发价格将会减少零售商的订货量,反之则结果亦相反。

把(6)式代入(1)和(2)式可得供应商和零售商的利润 π_s^0 、 π_r^0 。

2.2 降低碳排放的契约

全球气温上升威胁着全人类的可持续发展,企业或者基于高尚的道德履行社会责任,或者为了品牌效应,或者看到消费者对低碳产品的偏好带来的商机或者看到降低碳排放能够在自愿减排市场上出售多余的自愿减排量(VERs)有利可图,供应商选择减少向大气中排放二氧化碳等温室气体,其有两种方式减少产生的碳排放物:(1)通过增加研发投入,改善工艺,降低单位产品的碳排放 e ($e < \lambda$); (2)在自愿性碳市场上购买 VERs 以抵消其排放的二氧化碳等温室气体。假设政府为了鼓励企业自愿减排的行动,以免费分配一定的碳配额 E_g 的形式作为补贴。零售商也将受益于供应商的减排战略,因为低碳策略有助于增加消费者需求,扩大市场。市场需求变为服从均值为 $(e + 1)\mu$, 标准差为 σ 的分

布,密度函数为 $f(x - e\mu)$, 分布函数为 $F(x - e\mu)$ 的 $(\mu(1 + e), \sigma^2)$ 随机分布,从需求的概率密度函数图形上看,即图形向右移动了 $e\mu$ 个单位。

假设研发投入为一次性投入,它是单位减排量 e 的二次可微的增函数,随着减排量的增加,减排变得更加困难,所需要的研发投入也急剧增加即存在边际递减效应,可以设企业的研发投入为 $ke^2/2$, 以二次函数的形式表示投入的成本是文献中常用的表示形式,表示环境的改善与投入之间的关系,其他关于二次方函数的解释可以参见 Liu Zugang 等^[25]、Nordhaus^[26]。

不减排时企业生产 q 产品的碳排放量为 λq , 通过研发投入降低单位产品的碳排放 e , 政府免费分配的碳排放配额 E_g , 企业需要从自愿性碳市场交易的自愿减排量为:

$$\lambda q - E_g - eq \tag{7}$$

当(7)式大于零时,表示企业从市场上购买碳排放额以满足需求;当(7)式小于零时,表示企业把多余的碳排放额通过碳排放市场卖出多余的 VERs, 获得收益;当(7)式等于零时,表示政府的分配的配额恰能满足减排后的 VERs 需求量。

此时供应商的利润函数为:

$$\pi_s = (\omega - c)q - ke^2/2 - p_e(\lambda q - E_g - eq) \tag{8}$$

其中,第一项为供应商出售产品的收入,第二项为减排的研发投入,第三项为在自愿性碳市场的交易额,或者是购买排放权的成本或者是出售多余排放权的收益。

(8)式关于 e 的一阶条件为:

$$\frac{\partial \pi_s}{\partial e} = -ke + p_e q = 0 \tag{9}$$

于是可得 $e = p_e q/k$ (10)

从(10)式可知供应商降低碳排放的水平是与订货量 q 和单位 VERs 的价格 p_e 成正相关关系,而与减排的投资系数呈负相关。这可以直观地解释为当碳排放价格增高时,供应商增加减排量变得更加有利可图,降低碳排放一方面可以减少在市场上购买昂贵的 VERs,另一方面可以认为降低碳排放相当于把节省的 VERs 向市场上出售获得收益,这都促使供应商积极减排。当零售商增加订货量时,在订单生产的模式下即意味着供应商生产量增加,供应商获得了更多在自愿性碳市场上的交易机会,促使他进一步降低碳排放的量。碳排放投资系数的增加会造成供应商减排研发成本的增加,会降低供应商减排意愿。

此时零售商的期望利润为:

$$E(\pi_r) = (p + s - \omega)q - (p + s + h) \int_{A+e\mu}^q F(x - e\mu)dx - s\mu(1 + e) \tag{11}$$

由于此时的需求期望值为 $(1 + e)\mu$, 最佳的订货量应该为:

$$q = e\mu + F^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right) \quad (12)$$

由(12)式可知市场需求的增加带动了零售商订货量的增加,其增加的幅度与需求期望值的增加相吻合。

由于本文假定 k 是较大的值,能够保证 $k - p_e\mu > 0$ 。联立(9)式和(12)式可得:

$$\begin{cases} e^* = \frac{p_e}{k - p_e\mu} F^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right) \\ q^* = \frac{k}{k - p_e\mu} F^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right) \end{cases} \quad (13)$$

把(13)式代入(8)和(11)式可得供应商和零售商的最优利润 π_s^* 、 π_r^* 。

结论 1 在减排的契约下,零售商的订货量 q 与减排投资系数 k 负相关。

由 $q^*(k) = \frac{k}{k - p_e\mu} F^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right) = (1 + \frac{p_e\mu}{k - p_e\mu}) F^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right)$ 易知,零售商的订货量 $q^*(k)$ 是减排投资系数 k 的减函数,两者负相关。减排投资系数越高,供应商的单位减排的减排成本就越高,零售商的订货量就越低。反之,结果亦相反。

3 减排对企业利润的影响

定理 1 减排使零售商的利润增加

证明:对于零售商来说,产品的零售价格高于批发价格,即 $p > \omega$,

$$\begin{aligned} \pi_r^* - \pi_r^0 &= (p + s - \omega)q^d - (p + s + h) \int_{A+q_e}^{q^d} F(x - \frac{p_e\mu}{k - p_e\mu} q^0) dx - s\mu(1 + e) - (p + s - \omega)q^0 + \\ &(p + s + h) \int_A^{q^0} F(x) dx + s\mu = (p - \omega) \\ &\frac{p_e\mu}{k - p_e\mu} F^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right) > 0 \end{aligned}$$

即可得到定理 1。证毕

定理 2 当单位产品的排放量 $\lambda \leq \bar{\lambda}$ 时,减排战略既满足了消费者对低碳产品的偏好,同时增加了供应商和零售商的收益,三方的收益都得到了改善,实现了帕累托改进。其中:

$$\bar{\lambda} = \frac{(\omega - c)\mu}{k} + \frac{p_e q_0}{2(k - p_e\mu)} F^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right) + \frac{E_g(k - p_e\mu)}{kF^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right)}$$

证明:对于供应商来说,

当 $\lambda \leq \bar{\lambda}$ 时:

$$\begin{aligned} \pi_s^* - \pi_s^0 &= (\omega - c)q^* - \frac{1}{2}k(c^*)^2 - p_e[(\lambda - e)q^* - E_g] - (\omega - d)q^0 = (\omega - c) \frac{p_e\mu}{k - p_e\mu} q^0 + \\ &\frac{k(p_e q^0)^2}{2(k - p_e\mu)^2} + p_e E_g - \frac{p_e \lambda k q_0}{k - p_e\mu} \geq 0 \end{aligned}$$

其中 $q^0 = F^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right)$

供应商的收益得到了改进。

又有定理 1,故在减排的情境下,供应链的收益状况实现了帕累托改进。证毕

定理 3 当供应商产品的单位碳排放水平过高时,即其碳排放率 $\lambda > \bar{\lambda}$, 其中 $\bar{\lambda} = \lambda + \frac{(p - \omega)\mu}{k}$, 供应链总体收益状况变坏,供应商将不会采取减排策略。

证明:当 $\lambda > \bar{\lambda}$ 时:

$$\begin{aligned} \pi_r^* + \pi_s^* - \pi_r^0 - \pi_s^0 &= (\omega - c) \frac{p_e\mu}{k - p_e\mu} q^0 + \\ &\frac{k(p_e q^0)^2}{2(k - p_e\mu)^2} + p_e E_g - \frac{p_e \lambda k q_0}{k - p_e\mu} + (p - \omega) \\ &\frac{p_e\mu}{k - p_e\mu} F^{-1}\left(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}\right) < 0 \end{aligned}$$

从定理 1、2 中可知虽然零售商的收益状况得到了改善,但是在 $\lambda > \bar{\lambda}$ 时,零售商增加的利润并不能弥补供应商因为过高减排量造成的过多的成本支出,此时即使零售商把增加的所有利润全部转移给供应商,也无法使供应商的收益状况得到改善,在这样的情况下,供应商将不会自愿采取减排战略。证毕

在 $\lambda > \bar{\lambda}$ 时,此时表现为市场在解决企业负外部性问题上的“失灵”,要使供应商能够主动减排,政府的政策选择应该是:增加碳排放配额 E_g , 或者提供货币补贴以使减排后的供应链渠道的总利润不低于减排前的总利润,或者对于排放企业给予处罚甚至强制关闭。

而当单位产品碳排放水平 λ 在区间 $[\bar{\lambda}, \lambda]$ 时,此时降低排放所增加的市场需求引致零售商订货量增加并没有改善供应商的收益状况,反而由于过多的研发投入和在市场上购买 VERs 的成本投入,导致供应商收益状况恶化。在这样的情况下,供应商的减排战略虽然能够增加供应链渠道的整体收益状况,但是作为市场上的独立个体,收益状况恶化的供应商,将不会采取减排战略。然而,从定理 3 中可以看出供应链的总体收益状况得到改善,说明此时存在着通过合理设计契约协调供应链中供应商和零售商之间的关系,从而改善供应链总体收益的空间。

4 收益共享的契约设计及共享留成比例的确定

4.1 收益共享契约的设计

当 λ 属于区间 $[\bar{\lambda}, \underline{\lambda}]$ 时,与没有减排时的契约相比供应商收益状况变差,因为减排研发投入以及购买 VERs,其成本大为增加,但是其给零售商的批发价格没有变化,意味着此时的批发价格 ω 是偏低的,降低排放增加需求带来的收益由零售商独自享有,这使得供应商没有动力实施减排战略,因而零售商也就没有增加收益的机会,同时消费者的对低碳产品的偏好也无法得到满足,也就存在较大机会成本,这就造成存在着帕累托改进的空间但没有实现

的窘境。然而,作为实施减排的受益方,零售商有足够的动力实现帕累托改进,其可以通过收益共享契约来协调供应商与其自身之间的关系,适当的转移部分销售收入给供应商以改善其收益,即把产品收入的 $(1-\varphi)$ 比例分给供应商, φ 比例的收入留给自己。在使零售商的收益状况相较于没有减排的契约下没有变糟的同时,改善供应商的收益状况使得减排战略能够有效实施。

定理 4 当单位产品的排放系数 λ 属于区间 $[\bar{\lambda}, \underline{\lambda}]$ 时,在减排的契约下,通过设计收益共享契约,零售商的留成比例 $\varphi \in [\underline{\varphi}, \bar{\varphi}]$, 其中:

$$\varphi = 1 - \frac{(p - \omega) \frac{p_e \mu}{k - p_e \mu} F^{-1}(\frac{p + s - \omega}{P + s + h})}{p(\frac{k}{k - p_e \mu} F^{-1}(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}) - \int_0^{\frac{k}{k - p_e \mu} F^{-1}(\frac{p + s - \omega}{p + s + h})} F(x - e \mu) dx)}$$

$$\bar{\varphi} = 1 + \frac{(\omega - c) \frac{p_e \mu}{k - p_e \mu} q^0 + \frac{k (p_e q^0)^2}{2 (k - p_e \mu)^2} + p_e E_g - \frac{p_e \lambda k q_0}{k - p_e \mu}}{p(\frac{k}{k - p_e \mu} F^{-1}(\frac{p + s - \omega}{p + s + h}) - \int_0^{\frac{k}{k - p_e \mu} F^{-1}(\frac{p + s - \omega}{p + s + h})} F(x - e \mu) dx)}$$

供应链可实现帕累托改进。

证明:在收入共享契约下,零售商订货量为 q^* 时,市场的期望需求为:

$$S(q^*, e^*) = \int_0^{q^*} x f(x - e^* u) dx + \int_{q^*}^{+\infty} q^* f(x) dx = q^* - \int_0^{q^*} F(x - e^* u) dx$$

供应商的利润函数为:

$$\pi_s(q^*, e^*) = (1 - \varphi) p S(q^*) + (\omega - c) q^* - \frac{1}{2} k (e^*)^2 - p_c (\lambda q^* - E_g - e^* q^*) \tag{14}$$

零售商的利润函数为:

$$\pi_r(q^*, e^*) = \varphi p S(q^*, e^*) - h (q^* - x)^+ - s (q^* - x)^+ - \omega q^* \tag{15}$$

为了实现供应链的协调,应该满足此时的供应商和零售商的利润都应该至少不小于不减排时的利润,即 φ 满足以下不等式组:

$$\pi_s(q^*, e^*, \varphi) \geq \pi_s(q^0) \tag{16}$$

$$\pi_r(q^*, e^*, \varphi) \geq \pi_r(q^0) \tag{17}$$

求解(16)式和(17)式组成的不等式组,即可得零售商的留成比例 φ 满足定理 3 中的表达式。由于本部分是对供应链成员的收益再分配,即供应商分得零售商销售额的 $(1-\varphi)$, 所以可以保证 $[\underline{\varphi}, \bar{\varphi}] \subset (0, 1)$ 。

4.2 分享留成比例的确定

在给定的分成比例区间内,供应商和零售商都

想获得更大的收益,供应商希望分成比例 φ 越接近 $\underline{\varphi}$ 越好,而零售商则希望留成比例 φ 越接近 $\bar{\varphi}$ 越好,本文采用 Rubinstein 讨价还价模型来确定分成比例 φ 的问题,Rubinstein^[27]用完全信息动态博弈的方法,对无限期的讨价还价过程进行了模拟得出了在 $[0, 1]$ 区间中的精炼均衡解 $\rho = (1 - \tau_2)/(1 - \tau_1 \tau_2)$, τ_1, τ_2 表示供应商和零售商的贴现因子,即耐心程度,这里的耐心指的是供应链企业的经济和心理的承受能力,由于企业的风险厌恶程度、谈判的成本、核心竞争力的差异,不同的博弈方在谈判中心理承受能力可能存在差异,心理承受能力强的一方会获得更多的收益;类似地,经济承受能力弱的会获得较少的收益。

零售商会获收益比例为:

$$\varphi = \frac{(1 - \tau_2)(\bar{\varphi} - \underline{\varphi})}{1 - \tau_1 \tau_2} + \underline{\varphi} \tag{18}$$

供应商会获得零售商收益的比例为:

$$1 - \varphi = 1 - \frac{(1 - \tau_2)(\bar{\varphi} - \underline{\varphi})}{1 - \tau_1 \tau_2} - \underline{\varphi} \tag{19}$$

把上式分别代入利润函数即可得供应商和零售商的利润。

从(18)式和(19)式可以看出,博弈方风险厌恶程度越高、谈判成本越高,那么其获得利润就会越少;而当博弈方所具有的核心竞争力越强,那么其获得的利润就会越多。当零售商的厌恶程度越高或者

谈判成本越高时,其从自己的销售额中的留成就会越少,利润就会越少。相应地,供应商就会从零售商的收益中获得更多的分成,利润就会增加。当零售商核心竞争力越强时,其讨价还价能力就会越强,其收益的留成比例就会越高,利润就会越高。相应地,供应商分到的零售商的收益就会越少。

5 数值算例分析

在前面研究结论的基础上,本文提供一个典型的数值算例来验证和支持本文的模型。假设市场需求服从在 $[0, 32]$ 之间的均匀分布,期望为 16,批发价格为 11,产品的零售价格为 20,存货持有成本为 0.2,缺货惩罚成本为 0.1,供应商的边际生产成本为 2,单位 VERs 的价格为 0.4,供应商生产单位产品的碳排放量为 4.8,政府免费分配的碳配额为 22,降低单位碳排放的投资系数为 20。在不减排的契约下,零售商的最佳订货量为 14.63,供应商与零售商的利润分别为 131.70、63.64,供应链渠道的总利润为 195.34。在减排的契约下,供应商的最佳减排量为 0.42,零售商的最佳订货量为 21.10,订货量增加了 6.47,此时供应商需要从碳排放市场购买的 VERs 为 7.12,供应商与零售商的利润分别为 156.37、65.49,总利润为 221.86。供应商和零售商的利润都得到了帕累托改进,此时减排是可行的。

以下分析排放水平 λ 对供应商减排策略的影响。

图 1 描述了在供应商的单位产品碳排放量从减排水平在区间 $[4.8, 10.8]$ 之间以及其他参数与前面一致时,供应商、零售商以及渠道总利润的变化。从图中零售商的利润不随 λ 变化,仍然保持在 65.49,供应商与渠道利润随着 λ 的增加而减少。在 $\lambda < 6.8$ 时,与不减排时契约相比,供应商与零售商的收益都得到了改善,此时会选择减排;在 $\lambda > 6.97$ 时,与不减排时相比,减排后的渠道利润减少,此时供应商将不会自愿减排。在 $6.8 < \lambda < 6.97$ 时,渠道利润增加了,供应商的利润降低,此时可以通过收益共享契约来协调零售商和供应商的利益关系实现整体的帕累托改进。

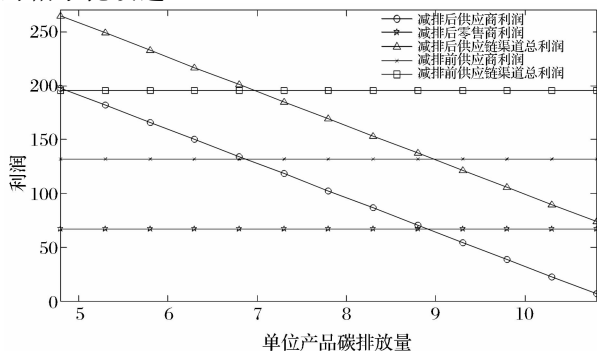


图 1 供应链成员利润随着单位产品碳排放量的变化图

从以上分析可知,政府可以针对不同企业不同的碳排放水平制定不同的政策。对于碳排放水平高的企业,给予财政支持政策或者通过强硬的政策迫使其减排直至关闭,而对其他企业,则可以交由市场规律去引导。

6 结语

在消费者存在对低碳产品偏好的情况下,本文研究了单个零售商和单个供应商组成的供应链,零售商在考虑减排对需求影响的情况下决定其最优订货量,供应商决定是否减排以刺激零售商扩大订货量。当供应商决定自愿减排时,政府则会以免费碳配额的形式向供应商提供补贴。通过比较不减排和减排两个情景下的供应链渠道收益、供应商以及零售商的收益状况,发现当单位产品碳排放过高时,供应商不会选择自愿减排;当排放水平较低时,选择减排会增加供应商和零售商的收益;当减排水平处于以上两者之间时,供应链总体收益和零售商的收益得到了改善,但供应商由于过多的研发投入以及购买排放权的成本使得其收益状况没有改善反而变糟。由于供应商没有减排动力,虽然供应链总体收益状况存在着进一步改善的空间,但是无法实现。针对这一问题,本文通过设计收益共享契约协调了供应链成员之间的关系,实现了零供双方的帕累托改进;此外,还给出了分成比例的范围。之后,又利用 Rubinstein 讨价还价模型确定分成比例。最后给出了政府要对排放水平不同的企业进行分类管理的政策建议。

本文得到的主要结论为,在企业排放水平较低时,市场规律可以引导企业主动减排以降低其产生的负外部性,但对于排放水平高的企业,市场出现“失灵”,无法引导企业自愿减排;而对于政府而言,只需关注高排放企业,而其他企业则交由市场。

本文从消费者偏好低碳产品的角度出发研究了企业碳排放造成的负外部性问题,这是本文的重要创新,脱离了从税收等强制性办法研究的框架,为处理类似问题提供了一个崭新的视角。但是,正如本文在引言中提到的调查研究,只有消费者对气候变化关注时,其才具有购买低碳产品的意识,而关注低碳的消费者规模还是不够的,这对本文结论的价值具有一定的影响。

本文将供应链简化为单个供应商和单个零售商的结构,还可以将本研究扩展到存在多个制造商和零售商的结构,以更接近现实供应链结构。在需求受减排水平影响的情况下,分析供应方或者零售方之间的竞争的对企业决策的影响。同时,本文也未考虑公平心理对供应链的影响,即使供应商与零售商的收益都增加了,由于零售商利润增加源于供应

商的减排,当零售商利润增加超过供应商时,供应商就会感到不公平,这种不公平感也将会影响其策略的选择。

参考文献:

- [1] Wang Miaoling, Kuo T C. Identifying target green 3C customer in Taiwan using multi-attribute utility theory [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(10): 12562-12569.
- [2] 惠晓霜. 太平洋岛国规划举国搬迁—拟在领国斐济购买土地[N/OL]. 北京日报, 2012. 3. 11.
- [3] Low carbon ((2012-03-11). bjrb. bjd. com. cn/html/2012-03/11/Content_Content_58558. htm) products in demand despite challenging economic climate [EB/OL]. <http://www.guardian.co.uk/environment/2011/jul/01/carbon-trust-research-footprint-consumer-demand>.
- [4] Vanclay J, Shortiss J, Aulsebrook S. Customer response to carbon labelling of groceries [J]. *Journal of Consumer Policy*, 2011, 34(1): 153-160.
- [5] 周应恒, 吴丽芬. 城市消费者对低碳产品的支付意愿研究—以低碳猪肉为例[J]. *农业技术经济*, 2012, (8): 4-12.
- [6] 帅传敏, 张钰坤. 中国消费者低碳产品支付意愿的差异—基于碳标签的情景实验数据[J]. *中国软科学*, 2013, (7): 61-70.
- [7] 汪秀英. 低碳公关让人们更加关注形象、品牌与未来[J]. *公关世界*, 2010, (10): 50-52.
- [8] Kovas G. Corporate environmental responsibility in the supply chain [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2008, 16(5): 1517-1578.
- [9] Cruz J. Dynamics of supply chain networks with corporate social responsibility through integrated environmental decision-making [J]. *European Journal of Operational Research*, 2008, 184(3): 1005-1031.
- [10] Cruze J. Modeling the relationship of globalized supply chains and corporate social responsibility [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2013, 56: 73-85.
- [11] Seuring S, Sarkis J, Muller M. Sustainability and supply chain management—an introduction to the special issue [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2008, 16(15): 1545-1551.
- [12] 宁亚春, 罗之仁. 政府管制与双寡头企业社会责任行为之间的博弈研究[J]. *中国管理科学*, 2010, 18(2): 157-164.
- [13] Porter M., Kramer M. Strategy and society: The link between competitive advantage and corporate social responsibility [J]. *Harvard Business Review*, 2006, 84(12): 78-92.
- [14] Rao P, Holt D. Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? [J]. *International Journal of Operations & Production Management*, 2005, 25(9): 898-916.
- [15] Konar S., Cohen M. Does the market value environmental performance? [J]. *The Review of Economics and Statistics*, 2001, 83(2): 281-289.
- [16] Klaasen R, McLaughlin C. The impact of environmental management on firm performance [J]. *Management Science*, 1996, 42(8): 1199-1214.
- [17] Carroll A. Corporate social responsibility: Evolution of a definitional construct [J]. *Business Society*, 1999, 38(3): 268-295.
- [18] 陶文杰, 金占明. 媒体关注下的CSR信息披露与企业财务绩效关系研究及启示—基于我国A股上市公司CSR报告的实证研究[J]. *中国管理科学*, 2013, 21(4): 162-170.
- [19] Cachon G. Supply chain coordination with contracts [M]//Dekok s G. *Handbooks in operations research and management science: Supply chain management*. Amsterdam; Elsevier Science, 2003.
- [20] Dolan R, Frey J. Quantity discounts: Managerial issues and research opportunities/ commentary/ reply [J]. *Marketing Science*, 2000, 46(11): 1-24.
- [21] 王迎军. 顾客需求驱动的供应链契约问题综述[J]. *管理科学学报*, 2005, 8(2): 68-76.
- [22] 李新然, 牟宗玉. 需求扰动下闭环供应链的收益费用共享契约研究[J]. *中国管理科学*, 2013, 21(6): 88-96.
- [23] Yao Zhong, Leung S, Lai K K. Manufacturer's revenue-sharing contract and retail competition [J]. *European Journal of Operational Research*, 2008, 186(2): 637-651.
- [24] Proschan F. Theoretical explaining of observed decreasing failure rate [J]. *Technometrics*, 1963, 5(3): 375-383.
- [25] Liu Zugang, Anderson T, Curz J. Consumer environmental awareness and competition in two-stage supply chains [J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 218(3): 602-613.
- [26] Nordhaus W. To slow or not to slow: The economics of the green house effect [J]. *The Economic Journal*, 1991, 101(407): 920-937.
- [27] Rubinstein A. Perfect equilibrium in a bargaining model [J]. *Econometrica*, 1982, 50(1): 97-109.

Revenue-Sharing Contract of Supply Chain Based on Consumer's Preference for Low Carbon Products

WANG Qin-peng, ZHAO Dao-zhi

(College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In the case where consumers prefer to low carbon products and the supplier reduces its carbon emissions voluntarily, the questions of how to determine the optimum order quantity and in which situation the supplier should choose to reduce carbon emission are investigated. In addition, profits of the retailer

and the supplier between cases of the non-carbon reduction and the carbon reduction are compared. It can be found that if the carbon emissions per unit product is too high, the supplier will not choose the carbon reduction strategy; when the carbon emission per unit product is low enough, choosing carbon reduction strategy can present a Pareto improvement; when the carbon emissions per unit product between the former two, the supplier's profit status becomes worse, but both the retailer and the supply chain channel's profits improve. In this case, there is space for improving the supply chain channel's earning status, but the improvement can't be realized in the absence of the supplier's support. To solve this problem, a revenue-sharing contract for coordinating the supply chain is designed. With this contract, both the supplier and the retailer achieve the Pareto improvement. Finally, how to determine the revenue sharing ration is analyzed with the Rubinstein bargaining model.

Key words: the preference for low carbon products; voluntary emission reductions; supply chain management; revenue-sharing contract