碳税视角下考虑产能的供应链绩效分析

潘 定(博士生导师), 张 迪

【摘要】增加制造企业的生产柔性是应对不确定性市场需求的重要手段。但是,基于解决环境问题而产生的碳税又对生产企业产能的扩大起到了限制作用。如何对两者进行平衡,是制造企业制定生产、经营决策必须予以关注的问题之一。本文旨在分析碳税环境下,制造商扩大产能对其生产成本、价格以及供应链上企业利润等的影响,并进一步探讨了二级供应链(由制造商与零售商组成)在集成决策情况下的表现。研究显示,在制造商扩大产能的条件下,二级供应链可通过加强彼此之间的协同来弱化碳税带来的负面影响。

【关键词】碳税环境;供应链绩效;产能;集成决策

【中图分类号】F274

【文献标识码】A

【文章编号】1004-0994(2016)06-0077-3

一、引言

随着全球经济的发展,环境问题逐渐被提上议程,各国政府力图通过立法、征税等手段改善环境,"绿色生活"等健康生活理念市场认可度越来越高。这些企业外部环境的变化对制造商的生产决策造成了较大压力,为满足日益变化的市场需求,制造企业在扩大产能的同时,必须对生产制造带来的环境影响予以关注,即在进行生产决策时必须将碳税约束考虑在内,通过整条供应链的协同运作,确定最优的生产决策,为供应链带来环境效益与利润。

目前,很多学者对制造商扩大产能问题进行了探究,但是基于环境因素的供应链协同方面的研究还比较少。常香云、朱慧赟(2012)考虑了碳排放与成本,并构造了碳排放约束下企业制造、再制造的模型,研究碳排放政策对企业制造的影响。何大义、马洪云(2011)从市场需求为连续随机变量的角度,基于碳排放权的交易研究了制造企业的最优决策。Letmathe and Balakrishnan(2005)探讨了企业在选择产品组合时加入环境约束的情况。在产能增加研究方面,Rajagopalan and Swaminathan(2001)对需求增加条件下生产与能力决策的相互关系进行了研究,基于最小总成本建立了目标函数模型。本文希望在已有研究的基础上,对碳税环境约束下制造商扩大产能对供应链效益的影响做进一步探究。

二、基于产能的供应链优化建模与求解

(一)问题描述

为了便于分析,本文以单个制造商、单个零售商以及市场需求组成的供应链作为研究对象。假设制造商有能力获取

生产产品的原材料,外部市场需求不确定。假设制造商获取原材料的单位成本为 C_1 ,单位制造成本为 C_2 ,制造商给予下级零售商的单位批发价为W,产品的市场销售价格为P。

在此,本文对产品的市场需求函数做以下假设,即满足 $Q(P)=\alpha-\beta P$,其中 α 为最大产能;制造商为满足不确定性的市场需求,会增加其生产能力,即在此基础上,本文假设增加

生产能力投资为 I,满足 $I = \frac{1}{2}\mu \left(\gamma C_2\right)^2$,其中 γ 表示产能增加 1

单位时,产品单位制造成本减少的比例;在碳税环境下,制造商每单位产品被征收碳税额为T。 π_m 、 π_r 、I则分别表示制造商利润函数、零售商利润函数以及供应链的总利润。

为了保证模型的合理性,本文还做出以下假设:

① α 须满足: α > β (C_1 + C_2 +T);②0< γ <1;③ μ > β ;④整条供应链上的信息是对称的;⑤二级供应链上的成员是风险中立的,并且将利润最大化作为自身的目标。

(二)模型一:非碳税环境下供应链的一般模型分析

在非碳税环境下,制造商在投资扩大产能的基础上购买原材料进行生产,并且以 W 的价格批发给下游的零售商,零售商以市场价格 P 进行销售,在此本文将批发价格 W、制造成本对产能投资的敏感度γ、产品零售价格以及制造商、零售商利润设为决策变量,通过二级供应链中企业之间经营业务的关系,可以得出制造商与零售商的利润函数:

$$\pi_{\rm m} = \left(W - C_1 - C_2 + \gamma C_2\right) Q - \frac{1}{2} \mu \left(\gamma C_2\right)^2 \tag{1}$$

$$\pi_{r} = (P - W)Q \tag{2}$$

□业务与技术

$$Q = \alpha - \beta P \tag{3}$$

在非碳税环境的一般模型中,制造商与零售商分别做出决策,供应链上下游并未就制造商扩大产能进行有效的沟通,链上成员以自身利润最大化为目标,本文采取逆向归纳法对模型进行求解。

在给定的P条件下,零售商会追求自身的利润最大化。将(3)式代人(2)式中,可得:

$$\pi_r = (P - W)(\alpha - \beta P) \tag{4}$$

対 P 进行求导 ,令 $\frac{\partial \pi_r}{\partial P}$ = 0 ,可得 $P^* = \frac{\alpha + W\beta}{2}$,此时零售

商利润达到最优。

将 P^* 代入(1)式中,并分别对 W、 γ 求偏导,并令 $\frac{\partial \pi_m}{\partial W} = 0, \frac{\partial \pi_m}{\partial \gamma} = 0,$ 可以得到:

$$\gamma^* = \frac{\alpha - W\beta}{2\mu C_2} \tag{5}$$

$$W^* = \frac{\alpha + (C_1 + C_2 - \gamma C_2)\beta}{2\beta} \tag{6}$$

联立(5)、(6)两式,可以得到最优的批发价格以及制造成本最优的降低比例:

$$\gamma_1^* = \frac{\alpha - \beta(C_1 + C_2)}{C_2(4\mu - \beta)}, W_1^* = \frac{\alpha(2\mu - \beta) + 2\mu\beta(C_1 + C_2)}{\beta(4\mu - \beta)}$$

将求得的最优批发价格以及敏感系数代入以上各式中,可以求出在最优情况下,制造商与零售商的最优利润、产品的最优定价以及需求量:

$$\pi_{m1}^* = \frac{\mu \left[\alpha - \beta \left(C_1 + C_2\right)\right]^2}{2\beta (4\mu - \beta)}, \ \pi_{r1}^* = \frac{\mu^2 \left[\alpha - \beta \left(C_1 + C_2\right)\right]^2}{\beta (4\mu - \beta)^2}$$

$$P_{1}^{*} = \frac{\alpha(3\mu - \beta) + \mu\beta(C_{1} + C_{2})}{\beta(4\mu - \beta)}, Q_{1}^{*} = \frac{\mu[\alpha - \beta(C_{1} + C_{2})]}{4\mu - \beta}$$

(三)模型二:碳税环境下供应链的一般模型分析

鉴于我国目前的环境不断恶化,政府希望通过向制造型企业征收碳税有效地促进制造型企业加大技术投入、实行清洁生产。为了简便研究,本文假设政府向制造商生产的每单位产品征收碳税税额为T,因此本节旨在分析对制造商增加碳税负担后,继续扩大产能对整条供应链的影响。在碳税环境下制造商与零售商的利润函数为:

$$\pi_{\rm m} = (W - C_1 - C_2 - T + \gamma C_2)Q - \frac{1}{2}\mu(\gamma C_2)^2$$
 (7)

$$\pi_{r} = (P - W)Q \tag{8}$$

$$Q = \alpha - \beta P \tag{9}$$

同理,采取逆向归纳法求解本模型,将(9)式代人(8)式, 并对P求导,令其导数为零,可得:

$$P^* = \frac{\alpha + W\beta}{2\beta}$$

将 P*代入(7)式中,并分别对 W、γ求偏导,并令 $\frac{\partial \pi_{\rm m}}{\partial W} = 0$,

 $\frac{\partial \pi_{\rm m}}{\partial \gamma} = 0$ 此时可以得出:

$$\gamma = \frac{\alpha - W\beta}{2\mu C_2} \tag{10}$$

$$W = \frac{\alpha + \beta (C_1 + C_2 + T) - \gamma C_2 \beta}{2\beta}$$
 (11)

联立(10)、(11)两式,可以得到最优的批发价格以及制造成本最优的降低比例:

$${\gamma_2}^* = \frac{\alpha - \beta \left(C_1 + C_2 + T\right)}{C_2 (4\mu - \beta)} \; , \; {W_2}^* = \frac{\alpha (2\mu - \beta) + 2\mu \beta \left(C_1 + C_2 + T\right)}{\beta (4\mu - \beta)}$$

将上述求得的最优批发价格以及敏感系数代入以上各式中,可以求出碳税环境下的最优解,即制造商与零售商的最优利润、产品的最优定价以及需求量:

$$\pi_{m2}^* = \frac{\mu \left[\alpha - \beta \left(C_1 + C_2 + T\right)\right]^2}{2\beta (4\mu - \beta)}, \quad \pi_{r2}^* = \frac{\mu^2 \left[\alpha - \beta \left(C_1 + C_2 + T\right)\right]^2}{\beta (4\mu - \beta)^2}$$

$$P_2^* = \frac{\alpha (3\mu - \beta) + \mu \beta \left(C_1 + C_2 + T\right)}{\beta (4\mu - \beta)},$$

$$Q_2^* = \frac{\mu \left[\alpha - \beta \left(C_1 + C_2 + T\right)\right]}{4\mu - \beta}$$

此时供应链总收益为:

$$I_{2}^{*} = \pi_{m}^{*} + \pi_{r}^{*} = \frac{\mu(6\mu - \beta)[\alpha - \beta(C_{1} + C_{2} + T)]^{2}}{2\beta(4\mu - \beta)^{2}}$$

(四)模型三:碳税环境下供应链的协同模型分析

为了降低需求不确定性对制造企业的影响,制造商通过创新、技术引进等手段增加产能显得非常必要。因此在碳税环境下,制造商与零售商在增加产能、生产以及销售等各方面进行协同。在本文涉及的二级供应链中,双方应当通过协同使供应链总收益达到最优,模型如下:

$$\pi_{\rm m} = (W - C_1 - C_2 - T + \gamma C_2)Q - \frac{1}{2}\mu(\gamma C_2)^2$$
 (12)

$$\pi_r = (P - W)Q \tag{13}$$

$$Q = \alpha - \beta P \tag{14}$$

$$I = \pi_{\cdots} + \pi_{\cdots} \tag{15}$$

供应链协同可以使制造商、零售商双方通过信息共享共同确定零售价P,再对总收益在供应链之间进行合理分配,进而确定制造商给予零售商的批发价格。因此,将(12)、(13)、(14)式代入(15)中,得:

$$I = (P - C_1 - C_2 - T + \gamma C_2)(\alpha - \beta P) - \frac{1}{2}\mu(\gamma C_2)^2$$
 (16)

分别对零售价 P 以及敏感系数 γ 求偏导, 令 $\frac{\partial I}{\partial P} = 0$,

 $\frac{\partial I}{\partial \gamma} = 0$ 可得:

$$P = \frac{\alpha + \beta \left(C_1 + C_2 + T\right) - \gamma \beta C_2}{2\beta} \tag{17}$$

$$\gamma = \frac{\alpha - \beta P}{\mu C_2} \tag{18}$$

联立(17)、(18)两式,可以求得最优的零售价以及敏感系数为:

$${P_{3}}^{*} = \frac{\alpha(\mu - \beta) + \mu\beta(C_{1} + C_{2} + T)}{\beta(2\mu - \beta)}, \ \gamma_{3}^{*} = \frac{\alpha - \beta(C_{1} + C_{2} + T)}{C_{2}(2\mu - \beta)}$$

将最优的零售价以及敏感系数代入上式,可求得最优的 总收益与产量:

$$Q_3^* = \frac{\mu \left[\alpha - \beta \left(C_1 + C_2 + T\right)\right]}{2\mu - \beta}$$
,

$$I_{3}^{*} = \frac{\mu(2\mu - \beta) \left[\alpha - \beta \left(C_{1} + C_{2} + T\right)\right]^{2}}{2\beta(2\mu - \beta)^{2}}$$

三、模型分析

下面将通过三个结论阐述碳税环境下制造企业扩大产能对整个供应链绩效的影响。

(1)对比模型一与模型二的最优结果可知, $\gamma_1^* > \gamma_2^*$, $W_1^* < W_2^*$, $P_1^* < P_2^*$, $Q_1^* > Q_2^*$, $\pi_{r1}^* > \pi_{r2}^*$, $\pi_{m1}^* > \pi_{m2}^*$ 。即制造商在碳税环境下扩大产能会导致其单位制造成本降低的比例较小,其产品最优的零售价批发价均较非碳税环境下有所提高,而市场的需求以及链上制造商、零售商的利润少于非碳税环境下的利润。制造商扩大产能虽然能够满足市场的需求,但是由于政府对产品征收碳税,使得制造企业扩大产能带来的正效应有所弱化,由于制造企业的成本增加,使得供应链上下游不得不进行较高的定价以获取一定的利润,但是较高的价格降低了市场需求量,最终减少了链上企业的利润。

(2)碳税环境中,二级供应链的非协同与协同条件下的 γ, Q, π_m, π_r 均是单位产品碳税 T 的减函数,即 $\frac{\partial \gamma}{\partial T} < 0$,

$$\frac{\partial Q}{\partial T} < 0$$
,而 π_m 、 π_r 均在 $T \in \left(0, \frac{\alpha - \beta(C_1 + C_2)}{\beta}\right)$,是碳税 T 的

减函数。以上对比表明,在政府征收碳税的情况下,制造企业的成本会增加,进而随着"产、供、销"不断向最终用户延伸,增加了终端用户的支出,导致需求降低,企业产能过剩。对扩

大生产的制造商来说,碳税的征收弱化了制造商通过"规模效应"降低单位生产成本的正作用。因此,在碳税环境下,制造企业会根据自身的规模、产品的市场容纳量、国家的政策等因素来制定生产决策,从而能够有效地抑制我国生产制造行业的产能过剩。

(3)对比模型二与模型三求解的最优结果可得, $\gamma_3^* > \gamma_2^*$, $P_3^* < P_2^*$, $Q_3^* > Q_2^*$, $I_3^* > I_2^*$ 。由供应链的集成决策与非协同两种情况的对比可知,在链上企业信息共享并建立良好的合作关系的情况下,碳税环境中制造企业扩大产能所带来的制造成本降低的幅度明显高于非协同条件,同时面向市场需求的售价也有了一定程度的降低,需求量进一步回升,集成供应链的总利润明显优于非协同条件。根据任向阳等(2013)的结论可知,基于 Shapley 值法对协同条件下的供应链总利润在二级供应链上进行分配,不仅可以避免平均分配对链上企业带来的消极影响,还能提高供应链合作的稳定性。同时,分配之后的制造商与零售商的利润要优于非协同条件下双方的最优利润,即 $\pi_{m3}^* > \pi_{n2}^*$, $\pi_{r3}^* > \pi_{r2}^*$ 。因此,在碳税环境下,制造企业基于扩大产能要与供应链上下游企业进行协同,以降低碳税对其制定生产决策以及企业收益的影响。

四、小结

本文主要研究了碳税环境下,制造企业扩大产能对供应链绩效的影响。通过构建三种情况下的定量决策模型,分析了产能增加、政府征收碳税、链上企业协同条件对一系列因素如产品的批发零售价、生产成本敏感系数以及链上企业利润的影响,得出政府征收碳税能够抑制产能过剩、合理调整产业结构。并且得出在碳税环境下,供应链上企业为获得更多的利润必须进行信息共享,加强供应链之间的协同,以应对政府为改善环境、调整产业结构的碳税政策。但是,本文关于市场需求的随机性、产品在供应链中的库存和物流运输等环节,以及多周期条件下供应链的最优决策等并没有涉及,有待以后做进一步的研究。

主要参考文献:

常香云,朱慧赟.碳排放约束下企业制造/再制造生产决策研究[1].科技进步与对策,2012(11).

何大义,马洪云.碳排放约束狭隘企业生产与存储策略研究[J].资源与产业,2011(2).

Letmathe P., Balakrishnan N.. Environmental considerations on the optimal product mix [J]. European Journal of Operational Research, 2005(2).

郑德渊,李湛.具有双向溢出效应的上游企业R&D政策研究[J].管理工程学报,2002(1).

任向阳,冯乔乔,王姝,陆楠,李芳.基于博弈模型的农产 品供应链收益分配研究[J].物流技术,2013(17).

作者单位: 暨南大学管理学院,广州510000