

数量柔性契约的协调效率研究

杨琪劼

(西南交通大学交通运输与物流学院, 成都 610031)

摘 要:在全球一体化进程中,市场竞争已不再局限于企业与企业的竞争,而是扩展到了供应链与供应链的竞争。如何引入有效机制,提高供应链协调效率和供应链柔性,增强供应链快速响应需求变化的能力已成为现代企业迫切需要解决的难题。供应链契约为供应链参与者提供一个有效的解决方案,通过供销双方协商制定契约来避免由市场需求的不确定性和市场价格的波动性等因素所造成的风险,提高供应链柔性,从而确保供应链内部和外部活动的稳定性和安全性。数量柔性契约是指供应商允许零售商在观察市场需求变化之后改变最初订购量的协议。文章阐述了数量柔性契约的基本概念和执行过程,在此基础上建立模型,定性描述了该执行过程。在数量柔性契约的协调效率研究方面,综合考虑了柔性区间的协调作用,明确提出了柔性区间在供应链协调方面的三个重要协调作用。

关键词:数量柔性契约;供应链协调;供应链管理

中图分类号:C939

文献标志码:A

引 言

在市场销售中,零售商对市场需求的预测往往是不准确的,但随着时间的推移,零售商可以更加充分地掌握市场信息,在越接近实际销售时点的时刻,预测信息就会越接近真实需求水平。为使销售和生产尽可能匹配,零售商可以在销售临近时点订货,但该订购策略往往会打乱供应商的生产计划,不利于保持生产的连续性与稳定性。在该情况下,供应商可以采用数量柔性契约来解决上述问题。在数量柔性契约的机制下,供应商允许零售商在掌握更准确的需求信息后,在一定范围内对最初的订购数量进行一次或多次修改,从而使零售商的订购量具有良好的柔性,有助于提高零售商对市场需求的响应能力。单阶段数量柔性契约执行过程如图 1 所示。

数量柔性契约的基本概念最早是由 Lee H^[1] 提出的,之后该契约在电子计算机及半导体行业得到广泛应

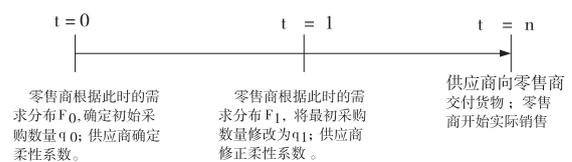


图 1 单阶段数量柔性契约执行过程

用。早期的关于供应链数量柔性契约的研究,可以追溯 Signorelli 和 Heskett (1984) 在哈佛商学院的案例上用 Benetto 公司作为典型案例,该案例说明数量柔性契约的运用不仅增加了零售商的利润,更有助于提升供应链的利润。Anupindi 和 Bassok^[2-3] 考虑了数量柔性契约中零售商动态订购的情况,并研究了不同需求下多阶段数量柔性契约的协作情况。Eppen 和 Iyer^[4] 在为时尚商品提供上游资源柔性的计划时提出在数量柔性契约的基础上建立了补偿协议 (backup agreements) 模型,具体来讲:如果零售商致力于为某一时段订购大量的产品,制造商就会确定此承诺,即把订购数量当成是常数,并且在约

收稿日期:2013-06-09

基金项目:国家社会科学基金项目(10CGL013);四川省科技规划项目(2009ZR0069);成都市科技计划项目(10RKYB092ZF)

作者简介:杨琪劼(1989-),女,四川成都人,硕士生,主要从事供应链管理方面的研究,(E-mail)youn7_j@163.com

定时间开始之前,发出库存中的产品。在观察到早期需求之后,零售商可以原始购买价格订购高达承诺中补偿数量的产品,并会快速收货,但是会为没有购买的补偿数量的产品支付罚金。Tsay 和 Lovejoy^[5-6]将数量柔性契约由单周期基本模型扩展到多级、多周期供应链模式,考虑了零售商获得的需求信息不断更新,供应商在面临变动的订货信息下数量柔性契约对供应链绩效的影响。Plambeck 和 Taylor^[7]研究了供应链包含多个零售商的数量柔性契约,该研究发现:当供应链存在多个零售商的情况时,必定会存在一些零售商的实际需求小于最低购买量,而另外一些零售商的实际需求大于最初订购量,此时这些零售商之间便具有了相互补充其订货量的可能性。本文在上述研究的基础上建立两阶段数量柔性的模型,探讨数量柔性契约的主要协调方式。何勇和杨德礼^[8]研究了需求依赖于价格的数量柔性契约模型。在该研究中表明:自愿执行的情况下单纯的数量柔性契约无法实现供应链协调,因此为解决该问题引入回馈与惩罚策略,使供应链恢复协调。何勇^[9]等发现:考虑零售商努力成本的数量柔性契约无法实现供应链协调,因此在数量柔性契约的基本模型中引入努力成本共担这一措施,使供应商分担零售商的部分努力成本,从而使供应链恢复到协作状态。马士华和周俊杰^[10]研究了动态数量柔性契约模型,在该模型中预测精度(订购量)与预测时间间隔相关。研究结果表明零售商能够达到帕累托最优,而供应商帕累托改进,至少比传统意义上的数量柔性契约更优。辛涛^[11]在数量柔性契约基本模式的基础上引入生产因素,分别探讨了集中式供应链和分散式供应链中生产因素对数量柔性契约的影响。

本文在上述研究的基础上进一步探讨数量柔性契约对供应链的协调作用。着重研究数量柔性契约的执行过程及协调手段。

1 基本模型

基本参数定义见表1。

表1 参数定义

符号	说明
p	单位销售价格
c_s	供应商单位成本
c_r	零售商单位成本
v	产品残值
q_t	零售商在时间 t 的订购量
$F_t(x)$	t 时刻的市场需求概率分布
w	单位批发价格

供应商期望销售量:

$$S(q) = E\min(x, q)q - \int_0^q F(x) dx$$

零售商期望未售出量:

$$I(q) = q - S(q) = \int_0^q F(x) dx$$

契约执行过程中,供应商面临的问题:

$$\max \pi_s = (w - c_s)q_1 + (v - c_s)[(1 + \beta)q_0 - q_1]$$

就零售商而言,在 $t = 0$ 时的最优采购数量为:

$$q_0 = F_0^{-1}\left(\frac{p - c_r - w}{p - v}\right)p - v$$

在 $t = 1$ 时刻,零售商面临的问题:

$$\max_{q_1} \pi_r = pS_1(q_1) + vI_1(q_1) - c_r q_1 - wq_1$$

其中

$$q_1 \in [(1 - \alpha)q_0, (1 + \beta)q_0]$$

零售商的修正最优订购量为:

$$q_1 = \begin{cases} q_0(1 - \alpha); F_1^{-1}\left(\frac{p - c_r - w}{p - v}\right) < q_0(1 + \alpha) \\ F_1^{-1}\left(\frac{p - c_r - w}{p - v}\right); q_0(1 - \alpha) \leq F_1^{-1}\left(\frac{p - c_r - w}{p - v}\right) \leq q_0(1 + \beta) \\ q_0(1 + \beta); q_0(1 + \beta) < F_1^{-1}\left(\frac{p - c_r - w}{p - v}\right) \end{cases}$$

表明零售商的订货量受 α, β 影响。当 $\alpha = \beta = 0$ 时,要满足供应链协调必须满足:

$$F_0^{-1}\left(\frac{p - c_r - w}{p - v}\right) = F_1^{-1}\left(\frac{p - c_r - w}{p - v}\right)$$

此时供应链不具有柔性,供应商获得固定收益。

零售商根据新的市场需求预测(此时的需求分布函数由 F_0 变为 F_1) 制定修正订购量 q_1 , 该订购量应该是此时需求分布函数下零售商的最优订购量。与此同时,修正后的订购量必须在原柔性范围内,既不能低于契约规定的最低采购量,也不能高于供应商的最高产量。若使供应链利润达最优的订购量小于零售商最低采购量,那零售商必须放弃该最优采购量而选择订购最低采购量;同样的,若最优采购量大于供应商的最大生产量,那么零售商也不得不选择供应商的生产量。数量柔性契约通过制定柔性范围来约束修正订购量,从而保证零售商和供应商双方的利益(图2)。

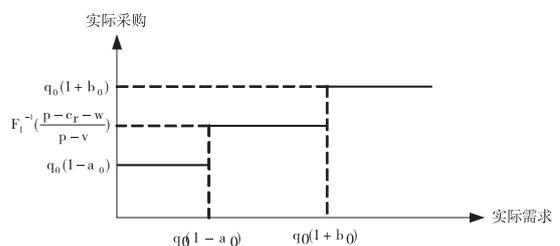


图2 修正订货量范围

在 $t = 1$ 时,供应链整体达最优的订购数量为:
 $q^* F_1^{-1}\left(\frac{p - c_r - w}{p - v}\right)$ 。要使该订货量等于零售商的最优订货量,必须满足 $w = c_s$, 此时供应商的利润为零,供应商会选择高于其生产成本的价格作为批发价,从而偏离供应链整体最优订货量,所以此时数量柔性契约并不能使供应链达协调状态。

2 柔性区间的协调作用

数量柔性契约通过设定柔性区间来限制约束零售商的订货修正量。 $\eta(1 + \beta)/(1 - \alpha)$ 表示数量柔性契约的柔性系数, Cachon^[12] 研究表明:

(1) 若零售商不受最低订购量的约束,即 $\alpha = 1$ 或 $\eta = \infty$, 在实际需求小于 $(1 + \beta)q_0$ 的情况下,将导致供应商面临过剩生产的状况,供应商的生产量会大于零售商的实际订购量,从而使供应商承担大部分风险和损失。

(2) 若零售商必须订购其预测销售量,即 $(\alpha, \beta) = (0, 0)$ 或 $\eta = 1$, 零售商意识到自己将面临更大的市场风险,从而采取保守订货的策略,这将会出现由于双重边际效应造成的供应商生产不足现象,降低了供应链的整体利润^[2]。

对于一个有效的数量柔性契约参数组合 (α, β) 应满足:

$$q_0(1 - \alpha) \leq F^{-1}\left(\frac{p - c_r - c_s}{p - v}\right) \leq q_0(1 + \beta)$$

即:在一个有效的数量柔性契约中,数量柔性的范围应该包含最后的最优采购数量。供应商应充分考虑供应链整体利润最优,进而在制定契约参数时保证供应链整理最优订购量包含在柔性区间内。若供应商所制定的柔性区间不包含供应链的最优订购量,则无论零售商如何订购,都只能使供应链处于非最优状态,进而给供应链整体造成损失。

如果在一个多次修正采购数量的柔性契约中存在一个参数集 $\{(\alpha_t, \beta_t)\}$ 使得:

$$F^{-1}\left(\frac{p - c_r - c_s}{p - v}\right) \in [q_t(1 - \alpha_t), q_t(1 + \beta_t)] \subset$$

$$[q_{t-1}(1 - \alpha_{t-1}), q_{t-1}(1 + \beta_{t-1})], \forall t$$

则称该数量柔性契约参数集满足序贯有效。假设市场需求服从正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$ 。

随着 σ_t 减小,存在一个区间集 $\{[\mu - \sqrt{2}\sigma_t, \mu + \sqrt{2}\sigma_t]\}$, 对所有的,都有:

$$[\mu - \sqrt{2}\sigma_t, \mu + \sqrt{2}\sigma_t] \subset [\mu - \sqrt{2}\sigma_{t-1}, \mu + \sqrt{2}\sigma_{t-1}]$$

并且最优采购数量:

$$F^{-1}\left(\frac{p - c_r - c_s}{p - v}\right) \in [\mu - \sqrt{2}\sigma_t, \mu + \sqrt{2}\sigma_t]$$

转换为柔性系数为:

$$\alpha_t = 1 - \frac{\mu - \sqrt{2}\sigma_t}{q_t}, \beta_t = \frac{\mu + \sqrt{2}\sigma_t}{q_t} - 1$$

通过研究讨论发现,随着 σ_t 减小, σ_t 与 β_t 均减小。即随着时间推移,零售的需求预测更加准确,与实际市场需求值的偏差越来越小,柔性区间会随之缩小。在零售商修正其采购量之后,供应商会相应地修改柔性参数,使柔性区间进一步缩小。在此过程中应保证柔性区间始终包含使供应链利润最大化的最优采购量。

在多次修正采购数量的柔性契约中,由于零售商能够有充足的时间掌握更多的市场信息,因此每一次修正的订购量都要更加接近真实需求,这就不仅要求供应商制定合理的契约参数,更要求零售商提供更为准确的预测信息。也就是说,柔性区间的大小从一定程度上对零售商的需求预测形成约束,迫使其提供更加准确的预测信息,因为供应商制定的柔性区间越小,允许零售商订货量变动的范围也就越小。而柔性区间又与零售商提供的初始订购量有关,即柔性区间以初始订购量 q_0 为中间点,进行后向或前向的调整。在这种情况下,若零售商提供的初始预测信息不够准确,零售商就很难在多次修正采购数量的柔性契约中选择到最优订购量。

对供应商而言,在多次修正过程中,往往希望每次修正订货量后柔性区间都缩小一定比率,允许零售商进行修改的范围越来越小,因为若零售商多次修改订货数量(有可能增加订货量也有可能减少订货量)会增加供应商的生产成本或库存成本。通过这种方式,供应商可降低自身风险,保证生产正常进行,如图 3 所示。

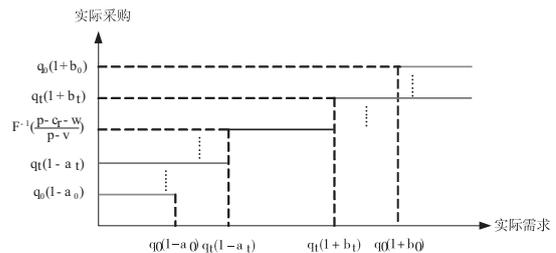


图 3 序贯有效变化过程

综上所述,在数量柔性契约中,柔性区间 $[(1 - \alpha_t)q_t, (1 + \beta_t)q_t]$ 存在以下作用:

(1) 约束供应商的生产活动:在实际生产过程中,供

应商临时改变生产策略会增加一定的成本,例如追加订货量所造成的追加成本。在一般的数量柔性契约中,供应商根据零售商所提供的初始预测值生产最高产量 $(1 + \beta)q_0$ 以保证能提供给零售商足够的产品。在零售商提出修改订购量的时点 ($t = 1$), 供应商可能已经完成了生产,即已经生产出 $(1 + \beta)q_0$ 个成品,此时若零售商所提出的修改订购量 q_1 大于 $(1 + \beta)q_0$, 供应商也不必追加生产,从而避免了由赶工所造成的追加成本。在 $t = 1$ 时刻,供应商也可能还未完成生产,此时零售商提供给供应商更准确的市场需求预测值,供应商再根据此预测值调整其产量,从而使生产与需求更加匹配,避免造成生产浪费。

(2) 约束零售商的订购活动:数量柔性契约规定零售商的采购量要始终处于柔性区间内,不得低于最低采购量,也不得高于最高生产量。这就从一定程度上减少了供应链中由需求不确定性所造成的风险和损失。

(3) 促使零售商提供更加准确的预测信息:零售商的预测信息直接影响着供应链的协调效率:首先,零售商的初始预测信息与供应商的产量有直接关系,若初始预测值与实际需求偏差较大,那么供应商的产量很难与实际需求相适应,这将从一定程度上降低供应链的整体柔性。其次,在多次修改订货量的数量柔性契约中,随着时间的推移,零售商的预测信息会更加接近真实需求,同时供应商允许其变动的范围会越来越小,即柔性区间越来越小,此时零售商需尽量减小预测值与实际需求值的偏差,保证其订货量的合理性。综上所述,柔性区间的大小从一定程度上影响零售商提供的市场需求预测的准确性。柔性区间越小,供应商给予零售商订购量的修改变动就越小,这就迫使零售商积极采取更先进更科学的方法对市场需求进行预测。

柔性区间对数量柔性契约的执行起到了关键的作用:一方面,它为零售商制定了最低采购量,以保证供应商的利益,又制定了供应商的最高生产量以保证零售商的货源,从而缓解了双重边际效应给供应链造成的损失。另一方面,通过对柔性参数 α, β 的调整,供应商可以逐渐减少零售商订货量的变动性,保证自身生产活动的正常进行;同时通过柔性区间的调整变化,零售商会以更加准确的预测信息来适应区间的变动。这样就能从一定程度上降低供应链中牛鞭效应所造成的效率损失。

3 结束语

本文首先对数量柔性契约的定义和基本执行过程

进行描述,在此基础上建立基本模型进一步完善对该执行过程的阐述。数量柔性契约最大的特点在于它通过柔性系数、柔性区间的制定来约束供应商的生产和零售商的采购,同时使供应链整体柔性有所提升。在该数量柔性契约关键参数的研究中发现:柔性区间在协调供应链整体效率时具有约束供应商生产、约束零售商订货、约束零售商的预测信息这三个作用。在多次修改订货量的数量柔性契约中,柔性区间的变化对供应链协调程度的影响作用更为突出。随着时间的推移,零售商的预测信息更加准确,供应商会逐渐缩小柔性区间。但在此过程中,柔性区间始终要包含最优订购量,即数量柔性契约的契约参数始终要满足序贯有效。

参考文献:

- [1] Lee H, Padmanabhan V, Whang S. The Bullwhip Effect in Supply Chains [J]. Sloan Management Review, 1997, 38 (3): 93-102.
- [2] Bassok Y, Anupindi R. Analysis of Supply Contracts with Forecasts and Flexibility [G]. Working Paper, Northwestern University, 1995.
- [3] Bassok Y, Anupindi R. Analysis of Supply Contracts with Commitments and Flexibility [J]. Naval Research Logistics, 2008, 55: 459-477.
- [4] Eppen G, Iyer A. Backup agreements in fashion buying the value of upstream flexibility [J]. Management Science, 1997, 43(11): 1469-1484.
- [5] Tsay A A. The Quality Flexibility Contract and Supplier-Customer Incentives [J]. Management Science, 1999, 45: 1339-1358.
- [6] Tsay A A, Lovejoy W. Quantity Flexibility Contracts and Supply Chain Performance [J]. Manufacturing and Service Operations Management, 1999(1): 89-111.
- [7] Plambeck E, Taler T. The impact of contract manufacturing on innovation, capacity and profitability [G]. working paper, Stanford University, 2002.
- [8] 何勇, 杨德礼. 需求与价格具有相关性下的弹性数量契约模型研究 [J]. 预测, 2005, 24(2): 38-41.
- [9] 何勇, 吴清烈, 杨德礼, 等. 基于努力成本共担的数量柔性契约模型 [J]. 东南大学学报, 2006, 36(6): 1045-1048.
- [10] 马士华, 周俊杰. 具有时间柔性的动态数量弹性契

- 约模型[J].商品储运与养护,2007,29(2):1-4.
- [11] 辛涛.引入生产因素的数量柔性契约模型研究[D].上海:上海交通大学,2010.
- [12] Kok A G, Stephen C G. Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation[M]. Elsevier Science Ltd., 2003.

Research on Coordination Efficiency for Quantity Flexibility Contract

YANG Qi-ji

(School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: In the process of globalization, market competition no longer merely remains between companies. Instead, it has extended to supply chain. Modern company has to face a problem: how to improve the coordination efficiency and the flexibility in supply chain, with which a supply chain is able to adapt to changes in demand, by effective incentive mechanism. Supply chain contract provides an effective solution for supply chain participants to relieving the risks caused by the demand uncertainty and price fluctuation, and consequently improve the flexibility of the supply chain. It is of help to maintain the stability and safety of both internal and external activities. Quantity flexibility contract allow retailer to modify his original order for the market changes. The basic concepts and implementation process of quantity flexibility is elaborated, based on which a model is built to qualitative describe the implementation process. In the respect of coordination efficiency research, the function of flexibility interval is discussed. Results suggest that the flexibility interval has three main functions to the coordinate in supply chain.

Key words: quantity flexibility contract; supply chain coordination; supply chain management