

控制与决策

Control and Decision



供应受限和需求不确定环境下制造商技术选择

王傅强, 李逵, 陈晓红

引用本文:

王傅强, 李逵, 陈晓红. 供应受限和需求不确定环境下制造商技术选择[J]. 控制与决策, 2020, 35(7): 1689–1696.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1351>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

公平偏好下绿色供应链收益分享与绿色创新投入

Revenue sharing and green innovation investment of green supply chain under fairness preference

控制与决策. 2020, 35(6): 1463–1468 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1592>

考虑依赖关系和能力约束的多对多供应链订单分配研究

Order allocation problem in many-to-many supply chain considering interdependence and capacity constraints

控制与决策. 2020, 35(3): 686–694 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.0326>

基于系统动力学的大型客机供应链质量管控契约优化

Contracts and optimization to quality control in supply chain of large-scale passenger aircraft based on system dynamics

控制与决策. 2020, 35(1): 215–227 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.0649>

三级低碳供应链联合减排及宣传促销微分博弈研究

Differential game models for joint carbon emission reduction and promotion in three-echelon low carbon supply chain

控制与决策. 2019, 34(8): 1776–1788 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2017.1752>

需求信息不对称下的双渠道供应链合作广告投资决策分析

Research on cooperative advertising decisions in a dual-channel supply chain under asymmetric demand information

控制与决策. 2015, 30(12): 2285–2292 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2014.1574>

供应受限和需求不确定环境下制造商技术选择

王傅强^{1,3}, 李 逵^{1,3}, 陈晓红^{1,2,3†}

(1. 中南大学 商学院, 长沙 410083; 2. 湖南商学院 大数据与互联网创新研究院, 长沙 410205;
3. 湖南省两型社会与生态文明 2011 协同创新中心, 长沙 410083)

摘 要: 基于有限产能供应商既供应高技术原材料给自有制造商又供应给下游制造商的供应链结构, 研究在供应受限和需求不确定情况下供应商的渠道分布策略和制造商的最优订购以及高低技术选择策略. 结果表明: 1) 供应商的高技术材料生产能力充足时, 供应商采用双渠道分布策略, 制造商高技术材料的订购数量随供应商生产能力减少而减少, 且当低技术需求低于一定临界值时, 制造商选择高技术; 2) 当中等较短缺时, 供应商仍为双渠道策略, 不同于充足情况的是供应商先满足制造商的订购数量, 再将剩余的生产能力用于自有生产, 供应受限降低制造商的订购数量和利润; 3) 短缺时, 当制造商的销售价格大于供应商的销售价格时, 供应商采用只供应制造商策略, 当满足低技术需求小于临界值时, 制造商则采用高技术策略, 反之, 当供应商的销售价格大于制造商的销售价格时, 供应商采用垄断策略, 制造商只能选择低技术策略. 最后, 通过案例分析验证模型的有效性, 所得结论对供应受限和需求不确定下供应商和制造商的运营实践具有较好的参考价值.

关键词: 有限产能; 需求不确定; 渠道分布策略; 订购策略; 技术选择策略

中图分类号: F062.5

文献标志码: A

Manufacturer's technology choice when capacity is limited and demand is uncertain

WANG Fu-qiang^{1,3}, LI Kui^{1,3}, CHEN Xiao-hong^{1,2,3†}

(1. School of Business, Central South University, Changsha 410083, China; 2. Institute of Big Data and Internet Innovation, Hunan University of Commerce, Changsha 410205, China; 3. Resource-conserving & Environment-friendly Society and Ecological Civilization 2011 Collaborative Innovation Center of Hunan Province, Changsha 410083, China)

Abstract: Based on the supply chain structure that the supplier not only provides a limited amount of the high-tech component for the original equipment manufacturer, but also supplies for the downstream manufacturer, this paper studies the supplier's optimal distribution strategy and the manufacturer's optimal ordering quantity strategy under the limited capacity and uncertain demand, and the high-tech or low-tech component strategy. The results show that: 1) when the supplier's high-tech capacity is abundant, the supplier adopts the dual channel strategy, the manufacturer's optimal ordering quantity of the high-tech component decreases with the decrease of the supplier's capacity, the manufacturer would choose the high-tech strategy if the low-tech demand is below a certain critical value; 2) when the supplier's capacity is moderate with capacity, the supplier still produce the final product and sell it to the manufacturer, different from the abundant case that the supplier first meets the manufacturer's ordering quantity and then the supplier uses all the remaining capacity to produce his own final product, the limited supplies would lower the manufacturer's ordering quantity and the profitability; 3) when the supplier's capacity becomes low, and the manufacturer's selling price is higher than the supplier, the supplier chooses the supplier-only strategy, the manufacturer also chooses the high-tech strategy if the low-tech demand is below a certain critical value, on the contrary, when the selling price of the supplier is higher than the manufacturer, the supplier chooses the monopoly strategy, and the manufacturer only adopts the low-tech strategy. Finally, the validity of the model is verified through a case study, the conclusions have a good reference value for the operation practices of the supplier and the manufacturer under the limited capacity and uncertain demand.

Keywords: limited capacity; demand uncertainty; multichannel distribution strategy; ordering strategy; technology choice strategy

收稿日期: 2018-10-07; 修回日期: 2019-02-28.

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(71790615); 国家自然科学基金重点项目(71431006); 教育部哲学社会科学
研究重大课题攻关项目(16JZD013); 国家自然科学基金青年基金项目(71502178).

责任编委: 王光臣.

†通讯作者. E-mail: csu_cxh@163.com.

0 引言

实践中,许多公司面临产能受限和技术选择问题.三星作为苹果公司iPhone和iPad重要高技术材料的供应商,2012年,三星报道向苹果公司提供价值80亿美元的零件,其中包括移动设备中高质量的触摸屏显示器.但随着三星的智能手机销售量增长迅速,三星作为自己产品的材料供应商,其供应将受到限制.同样,2017年报道出华为也面临三星高端芯片供应不足的问题.此外,特斯拉汽车是梅赛德斯B级电动汽车电池组的供应商,尽管自己的汽车有很多的需求,但特斯拉模型S、特斯拉汽车因其电池供应有限,无法增加生产量.

在企业运营过程中,供应商供应高技术材料的生产能力通常是有限的,主要原因有原材料短缺、现金不充裕、生产规模小、技术水平落后以及营销渠道窄等^[1],尤其是电子、汽车制造等行业,经常由于供应商产能不足造成供应链整体效率下降^[2-4].而高技术材料生产的创新产品的市场需求也极不稳定,增加了创新产品需求的不可预见性.在此环境下,上游供应商如何合理地在自有制造商和下游制造商之间有效分配高技术材料,而下游制造商又将如何根据上游供应商的生产能力水平作出自己的高低技术选择决策,这都成为供应链成员间面临的现实问题.本文探讨此供应链结构下生产能力受限和需求不确定对供应商产能分配和下游制造商高技术订购策略以及高低技术选择的影响,有助于为上述问题提供解决思路.

本文主要与供应链渠道结构、供应链产能约束以及供应链技术选择研究领域相关.国外学者主要从供应商的角度出发,对供应商的渠道结构和产能约束进行研究,文献[5]提出了共有供应商结构,即一个供应商既供应原材料给下游制造商,同时又供应给自己生产的终端产品;文献[6-10]研究了拥有专有原材料的供应商决策通过何种渠道进行销售,是将原材料加工成终端产品并通过直销渠道销售还是将原材料转售给下游制造商;文献[11]研究了在一个供应商和一个制造商的供应链结构中,生产能力分配、生产分布和渠道博弈等如何影响制造商的外包策略;文献[12]研究了供应商在原材料生产能力受限情形下,供应商如何制定渠道分布策略的决策以及制造商是否有截流行为;在此基础上,文献[13]对上文中存在第3方供应商时,下游制造商如何进行最优订购决策进行了深入研究,考虑了供应商和制造商在终端市场的竞争以及供应商和第3方在供应制造商生产能力时的竞争.上述研究综合考虑了共有供应商的供应

链结构和生产能力受限,但考虑的是需求确定情形,而实际情况中采用高技术材料生产的创新性产品的需求充满不确定性.在此基础上,本文拓展已有研究,综合考虑供应商的产能受限和高技术材料的需求不确定因素并进行进一步研究.面临产能约束和供应商渠道选择时,制造商相应会关注如何技术选择.文献[14]从方法的角度研究了一种基于层次分析法并将市场营销和制造策略与技术选择联系起来的规定性方法;文献[15]研究了公司竞争对技术选择的影响.现阶段,学者主要研究了不确定环境下如何进行技术选择和产能投资^[16-21],但是并没有考虑到产能受限对高低技术的不同影响.

在国内,关于原材料的供应受限和需求不确定环境下的制造商技术选择问题研究较少:文献[22]研究了产能约束和需求不确定环境下的运作层问题,获得了最优的零部件库存策略和生产决策;文献[23]基于资金和产能约束,以期望收益最大为目标,建立了随机需求下有能力约束的生产策略模型,研究了更新期内多代易逝品的生产决策问题;文献[24]研究了供应链中核心制造商对产能约束的多个零部件供应商的“末位惩罚”问题.相关供应链结构和制造商技术选择的研究相对稀少,文献[25]研究了竞争环境下,两企业的产量柔性技术选择及产能投资决策,但只研究了单一产量柔性技术,而现实中生产技术有多种.在此基础上,本文考虑到实际中生产技术的高低不同,以丰富已有供应链技术选择研究.

本文构建一个由供应商与制造商组成的两级供应链结构,主要解决两个问题:1)在不同的生产能力水平下,供应商如何在此供应链结构下最优分配自有制造商与下游制造商间的高技术原材料;2)根据供应商不同的生产能力水平,下游制造商又如何作出高技术材料的订购策略以及高低技术的选择决策.本文主要贡献有:从现实问题出发,为企业决策提供一定借鉴,理论上拓展供应链生产能力和供应链结构研究领域.

1 问题描述与假设说明

本文考虑由供应商、自有制造商、下游制造商和消费者组成的二级双渠道供应链,并用下标 S 、 M 、 C 表示供应商、下游制造商和消费者,该供应链的主要框架如图1所示,其中下游制造商可以采购高技术 and 低技术两种原部件进行生产,考虑到高技术供应会存在短缺现象,而低技术供应源充足,由此本文中只考虑供应商供应高技术原部件且供应有限,而下游制造商的低技术原部件可以从其他供应商订购且供应不受约束.

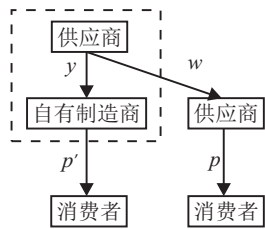


图1 单一供应商双渠道供应链结构

供应商分别向自有制造商和下游制造商供应高技术原部件. 一方面, 供应商将预留高技术原部件加工成自己的产品再卖给消费者; 另一方面, 供应商将高技术原部件销售给下游制造商. 在本文中, 供应商的决策变量是向下游制造商收取的批发价格 w 和自己预留的高技术原部件数量 y , 下游制造商的决策变量是向供应商订购的高技术原部件数量 x . 将供应商总的生产能力表示为 T , 供应商向下游制造商分配的生产能力为 Q , 从而下游制造商的订购数量 x 将受限于供应商分配 Q , 即 $x \leq Q, Q = T - y$. 由于实际中消费者需求充满不确定因素, 本文将需求作为随机变量, 分别令下游制造商和供应商的概率密度函数和累积分布函数为 $f(\cdot)$ 、 $F(\cdot)$ 和 $g(\cdot)$ 、 $G(\cdot)$. 用下标 H 表示下游制造商得到的高技术原部件, 下标 L 表示下游制造商得到的低技术原部件, 其他的参数、变量和定义见表1. 本文假设说明如下:

- 1) 实际中公司为了维持品牌形象, 不随意进行价格变动, 因此将供应商和下游制造商的销售价格分别设定为外生变量 p' 和 p .
- 2) 令下游制造商单位产品的缺货成本为 g , 考虑到对所生产的产品预计会非常畅销, 因此不考虑生产残值成本, 并且残值不是供应商研究问题的重点, 因此假定为零.
- 3) 下游制造商可以选择订购高技术原部件, 也可以选择订购低技术原部件, 本文中供应商提供的是高技术原部件, 且生产能力受约束, 而低技术原部件可以从不同供应商订购, 从而充足供应, 因此本文假定低技术原部件需求函数为确定的. 为了便于分析, 在本文中用下标 H 表示下游制造商得到的高技术原部件, 下标 L 表示下游制造商得到的低技术原部件.
- 4) 供应商的生产成本为 c_S , 并且假设所有成本都是相同的, 这里有 $c_S < w < p'$.

表1 主要符号和变量解释

变量	变量解释
T	供应商总的生产能力
Q	供应商分配给下游制造商的生产能力
w	供应商收取的单位批发价格
y	供应商留给自己生产的生产能力
x	下游制造商向供应商的订货量
g	下游制造商单位产品的缺货成本
p'/p	供应商和下游制造商的单位销售价格
c_S	供应商的单位生产成本
c_L	下游制造商选择低技术生产的单位生产成本
D_{M_H}	下游制造商使用高技术材料生产的产品需求
D_S	供应商的消费者需求
D_{M_L}	下游制造商使用低技术材料生产的产品需求

2 模型构建与求解

首先, 基于上述决策过程, 本文采用逆向求解法进行求解, 即先求下游制造商的利润最大化问题, 得到高技术最优订购量; 然后, 将其代入到供应商的目标函数中进行求解, 得到供应商对高技术原部件的最优批发价格和预留数量决策; 最后, 针对下游制造商对比分析高技术和低技术所得利润大小, 作出最优技术选择策略.

本节以图1双渠道供应链为基础, 假定供应商处于主导地位, 供应商和下游制造商都从自身利润最大化进行决策, 决策顺序如下: 第1阶段, 供应商决策预留给自己生产销售的高技术原部件数量为 y , 销售给下游制造商的批发价格为 w ; 第2阶段, 在给定预留数量和批发价格的基础上, 下游制造商决策订购高技术原部件的数量为 x .

2.1 下游制造商对高技术的最优订购数量决策

在第2阶段中, 下游制造商决定自己的高技术订购量 x , 由于供应商分配的生产能力有限 ($x \leq Q$), 下游制造商选择高技术时的期望目标利润函数为

$$\begin{aligned} \max_x \Pi_{M_H} = & \\ & E[p \min(D_{M_H}, x) - g \max(D_{M_H} - x, 0)] - wx; \\ \text{s.t. } & x \leq Q. \end{aligned} \tag{1}$$

定理1 在第2阶段且给定批发价格 w 的条件下, 式(1)关于决策变量 x 是凹函数. 求解式(1)得到下游制造商的高技术最优订购量 $x^*(w)$ 和最大利润 $\Pi_{M^*}(w)$, 如表2所示.

表2 第2阶段均衡解

假如 (Q, w)	$x^*(w)$	$\Pi_{M^*}(w)$
$Q > F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right)$	$F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right)$	$(p+g-w)F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right) - g - (p+g) \int_{-\infty}^{F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right)} F(D_{M_H})dD_{M_H}$
$Q \leq F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right)$	Q	$(p+g-w)Q - g - (p+g) \int_{-\infty}^Q F(D_{M_H})dD_{M_H}$

证明 化解得到

$$\begin{aligned}\Pi_{M_H} &= (p+g-w)x - g + \\ &\quad (p+g) \int_{-\infty}^x D_{M_H} f(D_{M_H}) dD_{M_H} - \\ &\quad (p+g) \int_{-\infty}^x x f(D_{M_H}) dD_{M_H},\end{aligned}$$

将 Π_{M_H} 关于 x 分别进行一阶、二阶求导, 得到式(1)在无约束下关于 x 存在最大值, 即

$$F(x) = \frac{p+g-w}{p+g}, x^* = F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right),$$

从而易得表2中结果. $\square$

从定理1可知, 下游制造商对高技术的最优订购量 $x^*(w)$ 可能是 Q 或者 $Q^0(w)$, 取决于是否 $Q \leq Q^0(w)$, 又因为 $Q^0(w)$ 是连续单调的, 并且随着批发价格的增大而减少, 供应商通过调整批发价格 w 合理分配高技术生产能力, 因此存在一个临界值 w^* 使 $Q^0(w^*) = Q$, 此时刚好供需匹配. 对下游制造商而言, 当供应商的分配生产能力大于临界值 $Q^0(w) = F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right)$ 时, 下游制造商将订购供应商一部分的生产能力, 此时下游制造商的利润最优, 但此时供应商将会用剩余的生产能力在终端市场进行交易.

2.2 供应商对高技术的最优批发价格和预留数量决策

第1阶段将求解出供应商的最优批发价格和最优的预留生产数量, 给定在第2阶段中下游制造商

将会订购 $x^*(w)$, 由此可以定义供应商的利润函数为 $\Pi_{S_H}(w, y) = \Pi_{S_H}(x(w), w, y)$, 供应商的目标利润函数为

$$\begin{aligned}\max_{w,y} \Pi_{S_H} &= (w - c_s)x + E[p' \min(y, D_{S_H})] - c_s y; \\ \text{s.t. } Q &= T - y, x \leq Q.\end{aligned}\quad (2)$$

由表2可知, 问题(2)可转化为以下两个子方程:

$$\begin{aligned}\max_{w,y} \Pi_{S_H} &= \\ Q > F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right), Q=T-y &\Pi_{S_H}\left[F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right), w, y\right],\end{aligned}\quad (3)$$

$$\max_{w,y} \Pi_{S_H} = \max_{Q \leq F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right), Q=T-y} \Pi_{S_H}(Q, w, y). \quad (4)$$

通过求解式(3)、(4)得到最优解和最优利润分别如表3、表4所示.

表3 最终均衡解的3种情况

供应商总生产能力 T 满足		x^*	y^*	w^*
区域1	$T > \hat{x} + \hat{y}$	$\hat{x}$	$\hat{y}$	$\hat{w}$
区域2	$T_1\delta + T_2(1-\delta) < T \leq \hat{x} + \hat{y}$	x_1	$T - x_1$	w_1
区域3	$p > p', T < T_1$	T	0	w'
	$p < p', T < T_2$	0	T	—

表4 选择高技术时供应商和制造商的最优利润

供应商总生产能力 T 满足		$\Pi_{M_H}^*$	$\Pi_{S_H}^*$
区域1	$T > \hat{x} + \hat{y}$	$(p+g) \int_{-\infty}^{\hat{x}} D_{M_H} f(D_{M_H}) dD_{M_H}$	$(p+g)\bar{F}(\hat{x})\hat{x} - c_s x_1 + (p' - c_s)\hat{y} - p' \int_{-\infty}^{\hat{y}} G(D_{S_H}) dD_{S_H}$
区域2	$T_1\delta + T_2(1-\delta) < T \leq \hat{x} + \hat{y}$	$(p+g) \int_{-\infty}^{x_1} D_{M_H} f(D_{M_H}) dD_{M_H}$	$(p+g)\bar{F}(x_1)x_1 - p' x_1 + (p' - c_s)T - p' \int_{-\infty}^{T-x_1} G(D_{S_H}) dD_{S_H}$
区域3	$p > p', T < T_1$	$(p+g) \int_{-\infty}^T D_{M_H} f(D_{M_H}) dD_{M_H}$	$[(p+g)\bar{F}(T) - c_s]T$
	$p < p', T < T_2$	0	$(p' - c_s)T - p' \int_{-\infty}^T G(D_{S_H}) dD_{S_H}$

定理2 在均衡解中, 制造商最优订购量 x^* 、供应商最优批发价格 w^* 、预留生产数量 y^* 如表3所示. 其中: $\hat{x}$ 为满足 $F(x) + xf(x) = \frac{p+g-c_s}{p+g}$ 方程的解, $\hat{y} = G^{-1}\left(\frac{p'-c_s}{p'}\right)$, $\hat{w} = (p+g)\bar{F}(\hat{x})$, x_1 为满足 $F(x) + xf(x) = \frac{p+g-p'\bar{G}(T-x)}{p+g}$ 方程的解, $w_1 = (p+g)\bar{F}(x_1)$, T_1 为满足 $F(T) + Tf(T) = \frac{p+g-p'}{p+g}$ 方程的解, T_2 为满足 $G(T) = \frac{p'-(p+g)}{p'}$

方程的解, δ 为0-1变量 $\delta = \begin{cases} 1, & p > p'; \\ 0, & p < p'. \end{cases}$

证明 1) 求解方程(3)和(4), 先求解子方程(3),

化解 Π_{S_H} 并关于 y, w 分别进行一阶、二阶求导, 得到最优解 $y^* = G^{-1}\left(\frac{p'-c_s}{p'}\right)$, $w^* = c_s + (p+g)x^*f(x^*)$, 将 $w = (p+g)\bar{F}(x)$ 代入式(3)、(4), 求得 x^* 满足等式 $F(x) + xf(x) = \frac{p+g-c_s}{p+g}$.

2) 接着求解式(4), 当 $Q \leq F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right)$ 时, 易得

$$\begin{aligned}y &= T - F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right), \\ w^* &= (p+g)F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right)f\left[F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right)\right] + \\ &\quad p'\bar{G}\left[T - F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right)\right],\end{aligned}$$

由于 $x_1 = F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g}\right)$, 得到满足 x_1, w_1 的等式.

由 $Z(\cdot) = f(\cdot)/\bar{F}(\cdot)$ 为增函数可知, $F(x) + xf(x) - \frac{p'}{p}G(T-x) = \frac{p+g-p'}{p+g}$ 左式为关于 x 的增函数.

因此: 当 $F(T) + Tf(T) \leq \frac{p+g-p'}{p+g}$ 时, $x = T, y = 0$;

当 $G(T) \leq \frac{p+g-p'}{p+g}$, $x = 0, y = T$. $\square$

由定理2可得供应商和制造商在高技术生产能力有限情况下的最优均衡策略. 随着供应商高技术生产能力的减少, 相应的策略随之变化, 具体如区域1~区域3所示.

区域1中: 当供应商高技术生产能力充足时, 供应商和制造商均衡解不受供应约束, 供应商采用双渠道销售策略: 既分配最优数量 y 给自有制造商, 又有富余高技术生产数量 $\hat{x}$ 分配给下游制造商. 供应商的最优生产数量随供应商的销售价格的增加而增加, 随供应商的生产成本的增加而减少; 制造商的最优订购数量受需求分布函数、最终产品销售价格、短缺成本以及高技术生产成本的影响, 随着生产成本的增加而减少, 随着制造商销售价格和短缺成本的增加而增加; 供应商通过调整最优批发价格 $\hat{w}$ 使自己的利润达到最大.

区域2中: 当供应商高技术生产能力中等较短缺时 (当 $p > p', T_1 < T \leq \hat{x} + \hat{y}$ 时或者当 $p < p', T_2 < T \leq \hat{x} + \hat{y}$ 时), 供应商和制造商仍然生产最终产品卖入最终市场, 不同于区域1的是供应商和制造商选择生产量使产能约束紧张, 制造商从供应商处订购 x_1 高技术材料生产产品, 供应商用剩余的 $T - x_1$ 生产自己的最终产品. 相比于 $\hat{x}$, 制造商的最优生产数量 x_1 不受高技术材料成本的影响, 而受 $p'\bar{G}(T-x)$ 影响, $p'\bar{G}(T-x)$ 表示边际销售收入, 表明了供应商额外销售一个材料给制造商而不是自己销售最终产品的机会成本. 此外, x_1 随着制造商销售价格 p 和供应商生产能力 T 的增加而增加, 随着供应商的销售价格 p' 的增加而减少. 此外, 供应商将会调整自己的批发价格 w 使制造商的最优订购量刚好等于分配的生产能力.

区域3中: 供应商高技术生产能力短缺 ($T < T_1$), 制造商的销售价格高于供应商 ($p > p'$), 供应商选择只供应策略, 即供应商只供应高技术材料给制造商却不自己生产产品进入最终市场. 由 $F(T) + Tf(T) = (p-p')/p$ 随着比率 p'/p 的增加而减少可知, 当 p 远大于 p' 时, 供应商更倾向于将生产能力分配给制造商. 相反, 当供应商的销售价格远大于制造商的销售价格时 ($p < p'$), 供应商选择垄断策略, 即持有所有的生产能力将其生产成最终产品进行销售, 而制造商将

不会得到高技术生产能力. 同理, T_2 随比率 p/p' 的减少而增加, 当 p' 远大于 p 时, 供应商更可能采取垄断策略.

分析定理2中决策变量大小得到如下定理.

定理3 供应商不同生产能力情形下决策变量关系如下:

1) $T_1 < x_1 \leq \hat{x}$, 制造商的高技术订购量随着供应商生产能力的减少而减少;

2) $T_2 < y_1 \leq \hat{y}$, 供应商预留高技术生产量随供应商生产能力的减少而减少;

3) $\hat{w} < w_1 \leq w'$, 供应商向制造商收取的高技术批发价格随供应商生产能力的增加而减少.

由定理3可知, 供应商生产能力受限将会减低制造商对高技术的订购数量和供应商自有生产数量, 而供应商通过调整向制造商收取的批发价格实现自己的利润最大化, 并且生产能力水平越高, 相应的批发价格设置会越低. 为了探讨生产能力受限对供应商和制造商利润的影响, 通过比较不同生产能力水平下的利润得到如下定理.

定理4 在生产能力受限时, 供应商和制造商的利润均随着供应商生产能力的减少而减少.

证明 1) 当 $p < p', T < T_2$ 时, $\frac{\partial \Pi_{SH}^*}{\partial T} = p - c_s > 0$, 此时供应商利润为关于生产能力的增函数; 2) 当 $p > p', T < T_1$ 时, $\frac{\partial \Pi_{SH}^*}{\partial T} = p' - c_s > 0$, 此时供应商利润为关于生产能力的增函数; 3) 当 $T_1\delta + T_2(1-\delta) < T \leq \hat{x} + \hat{y}$ 时, 由包络定理可知, $\frac{\partial \Pi_{SH}^*}{\partial T} = \frac{\partial \Pi_{SH}}{\partial T} \Big|_{y=y^*}$, 又 $\frac{\partial \Pi_{SH}^*}{\partial T} > 0$, 此时供应商利润也为关于生产能力的增函数. 由表4中区域1和区域2的供应商的利润相减分析得到 $\Delta \Pi_s < 0$, 综合可得供应商的利润随生产能力的减少而减少, 由定理3可知, 制造商利润随生产能力的减少而减少. $\square$

由定理4可知, 供应商生产能力有限会损害下游制造商的利润, 也会损害自身的利润, 当供应商高技术生产能力水平充足, 中等较短缺时, 短缺情形下根据定理2可得供应商的最优分配策略和制造商的最优订购策略. 接下来, 考虑到实际中高技术材料供应短缺而制造商采用低技术材料生产的实际情形, 将通过比较高低技术情形下利润得到最优技术选择策略.

3 制造商技术选择决策

实际中, 高技术供应会存在短缺现象, 而低技术库存充足, 考虑到下游制造商可以采用高技术原部件进行生产, 也可以选择采用低技术原部件进行生产, 由此假设高技术需求是不确定的, 而低技术需求是确

定的.

3.1 制造商选择低技术决策

下游制造商选择低技术生产时,期望利润为

$$\Pi_{M_L}^* = (p - c_L)D_{M_L}. \quad (5)$$

其中: p 表示下游制造商采用低技术时最高的销售价格; c_L 表示用低技术材料进行生产的生产成本;由于低技术材料供应充足,受不确定因素影响少,易得低技术材料供应情形下需求量为 D_{M_L} .由此,上式表示采用低技术材料时下游制造商最大的利润.接下来

将通过分析比较制造商在面临供应商不同生产能力时选择高低技术的利润大小,从而得到最优技术选择策略.

3.2 下游制造商高低技术选择策略

由表4可知,供应商在生产能力充足、中等较短缺、短缺3种情形下分别对应不同的最优利润,比较相同供应商生产能力水平下制造商的最优利润,得到如下定理中最优技术选择策略.

定理5 下游制造商选择高低技术策略决策如表5所示.

表5 下游制造商高低技术选择策略

三星总生产能力 T 满足		下游制造商高低技术需求 (D_L) 满足	下游制造商技术选择决策
区域1	$T > \hat{x} + \hat{y}$	$D_{M_L} < \frac{(p+g) \int_{-\infty}^{\hat{x}} D_{M_H} f(D_{M_H}) dD_{M_H}}{(p-c_L)}$	选择高技术
区域2	$T_1 \delta + T_2(1-\delta) < T \leq \hat{x} + \hat{y}$	$D_{M_L} < \frac{(p+g) \int_{-\infty}^{x_1} D_{M_H} f(D_{M_H}) dD_{M_H}}{(p-c_L)}$	选择高技术
区域3	$p > p', T < T_1$	$D_{M_L} < \frac{(p+g) \int_{-\infty}^T D_{M_H} f(D_{M_H}) dD_{M_H}}{(p-c_L)}$	选择高技术
	$p < p', T < T_2$	$D_{M_L} > 0$	选择低技术

由定理5可知:下游制造商在面临供应受上游限制和需求不确定的环境下应该事先对市场参数 p 、 g 、 c_L 以及消费者高低技术需求 D_{M_H} 、 D_{M_L} 进行预测估计,然后下游制造商再根据供应商不同的生产能力分配情况作出不同的技术选择策略,从而能够提前规避因供应受限而采用低技术冒充高技术的问题.

区域1中:供应商生产能力充足,当低技术需求低于临界值 $\frac{(p+g) \int_{-\infty}^{\hat{x}} D_{M_H} f(D_{M_H}) dD_{M_H}}{(p-c_L)}$ 时,制造商应该选择向供应商订购高技术材料;相反,当低技术需求高于该临界值时,制造商应该选择订购低技术原材料生产.

区域2中:供应商生产能力中等较短缺但能够提供给下游制造商一部分,当低技术需求低于临界值 $\frac{(p+g) \int_{-\infty}^{x_1} D_{M_H} f(D_{M_H}) dD_{M_H}}{(p-c_L)}$ 时,制造商应该选择向供应商订购高技术材料;反之,当低技术需求高于该临界值时,制造商应该选择订购低技术原材料生产.

供应商生产能力短缺时,有两种不同的应对策略:当制造商的销售价格大于供应商自有制造商的销售价格($p > p'$)时,供应商最优决策是将所有生产能力分配给下游制造商,此时如果低技术需求小于临界值 $\frac{(p+g) \int_{-\infty}^T D_{M_H} f(D_{M_H}) dD_{M_H}}{(p-c_L)}$,则下游制造商应该采用高技术;当供应商的销售价格大于制造商的销售价格($p < p'$)时,供应商会将生产能力全

部预留给自有制造商,因此在这种情况下,则下游制造商应该选择用低技术材料生产.

4 基于华为“闪存门”事件的案例分析

华为在P10系列产品中同时采用USF2.1和EMMC 5.1两种闪存芯片,USF2.1的传输速率要高于EMMC 5.1,目前全世界UFS 2.1闪存芯片大部分掌握在三星手中,而三星既需要供应给自己品牌生产终端产品Galaxy S8,也需要供应给下游华为且供应量较低.华为为保障产品上市不受影响,采用USF2.1和EMMC 5.1两种内存生产来保障产品供应.本文将USF2.1和EMMC 5.1两种闪存芯片分别称为高技术材料和低技术材料,三星既作为华为芯片USF2.1的供应商,同时用USF2.1生产终端产品Galaxy S8,下面通过实际案例数据进行分析,从而验证模型有效性.

4.1 案例数据

经查询,2017年华为P10(4GB+64GB版本)市场价格 p 为3788元,Galaxy S8(4GB+64GB版本)市场价格 p' 为5688元.价格方面,USF2.1(64G)的采购单价约为285元,EMMC 5.1(64G)采购单价约为145元,而一台手机从生产到销售成本约为2000左右,由此推测,用USF2.1(64G)生产的华为P10手机成本 c_S 约为2285元,用EMMC 5.1(64G)生产成本 c_L 约为2145元.三星供应USF2.1短缺时,给华为造成缺货成本 g 主要有直接成本和间接成本,本文直接成本主要为由于高技术原材料短缺导致的利润损失1503元(3788-2285),间接成本主要为信誉损失的成本,

根据 You 等^[26]学者提出的企业质量信誉损失评估模型测算单位信誉损失成本约为 2000 元, 则缺货成本 g 总计为 3503 元。

据快科技报道, 2017 年上半年华为手机发货量为 7301 万台, P10 系列发货量超 600 万台, 据百家号调查可知, 华为 2017 年智能手机全年发货 1.53 亿台, 国际数据公司 IDC 公布了 2018 年 3 季度的全球手机销量排行榜, 华为第 1 季度~第 3 季度的销售量分别为 39.3 百万、54.2 百万、52 百万, 华为 2018 年总销售量超 2 亿, 则第 4 季度约为 54.5 百万, 得到 P10 的销售量如表 6 所示。

表 6 华为 P10 估计销售量

	2017 年上	2017 年下	2018 年上	2018 年下
价格 (x /元)	3 788	2 899	3 488	2 099
销售量 (y /百万)	6	6.57	7.683 9	8.752 2

由此可知, 数值拟合得到华为 P10 的市场需求分布函数 $F(\cdot)$ 为 $F(x) = -0.0012x + 11.051 + \varepsilon$ (ε 为随机变量)。

三星 Galaxy S8 于 2017 年 4 月开始销售, 6 月底累计销量大约达到 1980 万部, 此时价格为 5 688 元, 三

星移动总裁 DJ Koh 表示, 截至 2018 年 2 月, S8 销量为 3700 万部, 价格为 4999 元。由于在此案例中, 三星数据难以详细得到, 拟合得到 S8 的销售量函数 (单位: 百万) 为 $G(x) = -0.0108x + 86.936 + \delta$ (δ 为随机变量)。

4.2 结果与分析

将数据代入模型中, 可以得到 $\hat{x} = 4318$, $\hat{y} = 7994$, $T_2 = 8076$ 。华为选择高低技术 (USF 2.1 和 EMMC 5.1 两种闪存芯片) 的技术策略如表 7 所示。

表 7 表明, 下游制造商华为应该通过市场调研了解上游三星的高技术材料生产能力以及顾客对华为低技术手机的需求。如果三星的高技术材料生产能力大于 12312 台并且顾客对自己低技术手机的需求小于 376141 台, 则应该向三星订购高技术材料, 此时高技术材料供应充足; 当三星生产高技术材料的生产能力低于 8076 台时, 华为应该直接选择低技术材料进行生产; 当三星高技术材料生产能力中等时, 华为应该根据三星具体高技术材料生产能力情况而定。通过上述实际案例分析能够有效验证模型的有效性。

表 7 华为策略选择

	三星总生产能力 T 满足	华为对 EMMC 5.1 芯片需求 (D_L) 满足条件	华为技术选择决策
区域 1	$T > 12312$	$D_{M_L} < 376141$	选择高技术 USF 2.1
区域 2	$8076 < T < 12312$	$D_{M_L} < -0.0075T^2 + 3.1T + 330000$	选择高技术 USF 2.1
区域 3	$T < 8076$	$D_{M_L} > 0$	选择低技术 EMMC 5.1

5 结 论

本文构建了一个两阶段博弈模型, 综合考虑此供应链结构下生产能力受限和创新型产品的需求不确定性对供应商和制造商决策的影响, 拓展了供应链产能研究, 并通过实际案例分析验证了模型的合理性和有效性。主要管理启示有: 供应商在不同的高技术材料生产能力水平下采用 3 种分配策略, 供应商应重视合理设定批发价格和销售价格, 从而有效管理渠道分布。此外, 供应商在产能受限情况下利润受损, 因此供应商应该有效进行产能管理, 尽量降低需求的不确定性。制造商根据供应商不同的生产能力水平采用如下订购策略和技术选择策略: 当供应商高技术生产能力充足和中等较短缺时, 供应商根据表 3 中最优订购数量进行订购, 能够得到供应商的供应。但是, 制造商不一定受供应商的限制, 若消费者对制造商低技术材料生产的产品需求高于一定临界值, 则制造商应选择低技术策略。当供应商高技术生产能力水平短缺时, 如果制造商的销售价格大于供应商的销售价格并且低技术需求小于一定临界值, 则此时制造商可以将供应商高技术材料进行全部订购, 而供应商也愿意只

通过供应下游制造商获取利润。当制造商的销售价格小于供应商销售价格时, 制造商最优技术选择策略为通过订购低技术材料进行生产。制造商在产能受限时利润减少, 因此制造商应该加大关键高技术材料的研发力度, 尽量减低产能供应的约束。

本文研究的结论可为采用高技术材料生产创新型产品却受供应受限的企业提供参考, 但是本文的前提假设为完全信息的环境, 并且供应商和下游制造商在终端市场独立的情形, 实际中市场复杂多样, 因此在此研究基础上, 进一步探索供应商和制造商在终端市场发生竞争的情形很有必要。另外, 本文是从一个共有供应商供应高技术材料的情形进行分析的, 进一步可研究下游制造商自我创新进行内部供应, 以及第 3 方供应源进行供应的情形, 本文可为以后研究奠定基础。

参考文献 (References)

- [1] 张凯, 李向阳. 具有产能约束的网络型寡头垄断产业链中企业决策模型研究[J]. 中国管理科学, 2009, 17(1): 76-82.
(Zhang K, Li X Y. Decision research of network oligopoly

- market industry chain with capacity restraint[J]. Chinese Journal of Management Science, 2009, 17(1): 76-82.)
- [2] Sheffi Y. The resilient enterprise: Overcoming vulnerability for competitive advantage[M]. Massachusetts: MIT Press, 2003: 37-38.
 - [3] Chopra S, Reinhardt G, Mohan U. The importance of decoupling recurrent and disruption risk in a supply chain[J]. Naval Research Logistics, 2007, 54(5): 544-555.
 - [4] Tomlin B. On the value of mitigation and contingency strategies for managing supply chain disruption risks[J]. Management Science, 2006, 52(5): 639-657.
 - [5] Cai G S, Dai Y, Zhang W Z. Modeling multichannel supply chain management with marketing mixes: A survey[M]. Northampton Town: Social Science Electronic Publishing, 2015: 36-42.
 - [6] Venkatesh R, Chintagunta P, Mahajan V. Sole entrant, cooptor, or component supplier: Optimal end-product strategies for manufacturers of proprietary component brands[J]. Management Science, 2006, 52(4): 613-622.
 - [7] Xu Y, Gurnani H, Desiraju R. Strategic supply chain structure design for a proprietary component manufacturer[J]. Production and Operations Management, 2010, 19(4): 371-389.
 - [8] Pun H. Channel structure design for complementary products under a co-opetitive environment[J]. Decision Sciences, 2013, 44(4): 785-796.
 - [9] Pun H. Supplier selection of a critical component when the production process can be improved[J]. International Journal of Production Economics, 2014, 154: 127-135.
 - [10] Pun H. The more the better? Optimal degree of supply-chain cooperation between competitors[J]. Journal of the Operational Research Society, 2015, 66(12): 2092-2101.
 - [11] Chen Kebing, Xiao Tiaojun. Outsourcing strategy and production disruption of supply chain with demand and capacity allocation uncertainties[J]. International Journal Production Economics, 2015, 170: 243-257.
 - [12] Yang Z, Hu X, Gurnani H, et al. Multichannel distribution strategy: Selling to a competing buyer with limited supplier capacity[J]. Management Science, 2017, 4(19): 1-20.
 - [13] Ghamat S, Pun H, Yan X. Optimal outsourcing strategies when capacity is limited[J]. Decision Sciences, 2018, 49(5): 958-991.
 - [14] Kleindorfer P R, Partovi F Y. Integrating manufacturing strategy and technology choice[J]. European Journal of Operational Research, 1990, 47(2): 214-224.
 - [15] Goyal M, Netessine S. Strategic technology choice and capacity investment under demand uncertainty[J]. Management Science, 2007, 53(2): 192-207.
 - [16] Filomena T P, Campos-Náñez E, Duffey M R. Technology selection and capacity investment under uncertainty[J]. European Journal of Operational Research, 2014, 232(1): 125-136.
 - [17] Boonmana H J, Hagspielb V, Korta P M. Dedicated vs product flexible production technology: Strategic capacity investment choice[J]. European Journal of Operational Research, 2015, 244(1): 141-152.
 - [18] Yang L, Wang Y, Ma J, et al. Technology investment under flexible capacity strategy with demand uncertainty[J]. International Journal of Production Economics, 2014, 154: 190-197.
 - [19] Drake D F, Kleindorfer P R, Van Wassenhove L N. Technology choice and capacity portfolios under emissions regulation[J]. Production and Operations Management, 2016, 25(6): 1006-1025.
 - [20] Boyabatl O, Toktay L B. Stochastic capacity investment and flexible vs. dedicated technology choice in imperfect capital markets[J]. Management Science, 2018, 57(12): 2163-2179.
 - [21] Boyabatl O, Leng T, Toktay L B. The impact of budget constraints on flexible vs. Dedicated technology choice[J]. Management Science, 2016, 62(1): 225-244.
 - [22] 肖勇波, 陈剑, 吴鹏. 产能和需求不确定情形下ATO系统最优库存和生产决策研究[J]. 中国管理科学, 2007, 15(5): 56-63.
(Xiao Y B, Chen J, Wu P. Optimal inventory and production decisions for a single-period ATO system with uncertain capacity and uncertain demand[J]. Chinese Journal of Management Science, 2007, 15(5): 56-63.)
 - [23] 孙玉玲, 周晶. 考虑能力约束的易逝品生产策略[J]. 工业工程, 2009, 12(5): 22-26.
(Sun Y L, Zhou J. Production scheduling of perishable products with production capacity constraints[J]. Industrial Engineering Journal, 2009, 12 (5): 22-26.)
 - [24] 李毅鹏, 马士华. 基于安全多方计算的产能约束供应商协同供货[J]. 控制与决策, 2013, 28(11): 1623-1629.
(Li Y P, Ma S H. Suppliers synchronization replenishment under performance constraint based on secure multi-party computation[J]. Control and Decision, 2013, 28(11): 1623-1629.)
 - [25] 曹国昭, 齐二石. 竞争环境下新创企业产量柔性技术战略决策研究[J]. 中国管理科学, 2016, 24(11): 95-101.
(Cao G Z, Qi E S. Strategic volume flexible technology decision of startups under competitive setting[J]. Chinese Journal of Management Science, 2016, 24(11): 95-101.)
 - [26] You J X, Liu Y Q, Du X M. Research on the evaluation model of enterprise quality reputation loss[J]. Chinese Journal of Management, 2004, 1(2): 221-223.

作者简介

王傅强(1984—), 男, 副教授, 博士生导师, 从事两型社会、再制造供应链、库存不准确模型、生产运作管理、低碳等研究, E-mail: wfqqfw11@126.com;

李逵(1993—), 女, 硕士生, 从事两型社会、绿色供应链管理的研究, E-mail: Likui0029@126.com;

陈晓红(1963—), 女, 教授, 博士生导师, 中国工程院院士, 从事决策理论与决策支持系统、两型社会与生态文明、大数据分析技术与应用等研究, E-mail: csu_cxh@163.com.

(责任编辑: 闫 妍)