

# 面向资金约束供应商的供应链内部融资<sup>①</sup>

——股权还是债权?

王文利<sup>1</sup>, 甄 焯<sup>1</sup>, 张钦红<sup>2</sup>

(1. 太原科技大学经济与管理学院, 太原 030024; 2. 上海交通大学中美物流研究院, 上海 200030)

**摘要:** 通过制造商向供应商提供投资或借款,可以减少由于供应商资金不足无法正常组织生产引起的制造商及供应链利润的损失,分析了股权和债权两种融资模式下制造商的最优融资与供应商的最优生产决策,并比较了供应链绩效. 结论表明: 供应商一定会接受债权融资,但只有在一定条件下才会接受股权融资; 在股权融资模式下,要将资金约束供应商的生产恢复到无资金约束下的最优水平,需要供应商的初始资金低于一定的临界值且制造商分享供应商的利润份额超过一定的临界值; 在债权融资模式下,要将资金约束供应商的生产恢复到无资金约束下的最优水平,则需要供应商的初始资金超过一定的临界值; 从制造商和供应链整体的视角,在供应商自有资金少时实行股权融资模式,并且增加制造商分享的利润份额,而在供应商自有资金多时实行债权融资模式是最优策略. 最后通过算例对结论进行了验证.

**关键词:** 供应链管理; 资金约束; 股权融资模式; 债权融资模式

**中图分类号:** F713.36   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2020)05-0089-13

## 0 引 言

当制造商的关键零部件供应商出现资金约束时,制造商会面临供应中断风险,从而影响其生产经营. 特别是当制造商采用准时制(JIT)采购模式时,供应中断将会给制造商带来致命打击. 例如,2012年11月,澳大利亚最大的汽车零部件供应商 Autodom 公司面临破产,通用发言人克雷格·奇特翰表示 Autodom 为其提供“关键的部件”,Autodom 的破产将会使通用在当地的生产面临中断,通用将极力挽救该公司.

当供应商出现财务危机时,下游制造商可以采用多种方式向供应商提供资金,其中最主要的两种模式是债权融资和股权融资. 债权融资是指制造商通过借款的方式向供应商提供资金,供应

商到期偿还借款;而股权融资供应商获得的资金无须偿还,但要与制造商分享供应商的盈利. 关于供应链中债权融资的案例有很多,如2014年11月,美国利惠公司向其在孟加拉国和中国的供应商提供融资计划,以改善其供应商的财务状况,利惠公司采用的就是低息贷款的模式. 债权融资类似于预付款融资,即制造商在期初向供应商提供预付款,到期后供应商以货物抵消预付款. 这种形式在实践中十分常见,例如永乐电器在平板电视投放市场初期,为了确保供应,就向供应商预付了20亿元,以缓解供应商的资金压力. 关于供应链中股权融资的案例也有很多,如现代牧业2011年12月向其饲草供应商秋实公司注资2124万元,2012年12月又注资4300万元,以解决秋实公司的融资需求;在注资成功之后,按照合同规定,现

① 收稿日期: 2015-08-13; 修订日期: 2020-01-17.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71402112); 教育部人文社会科学青年基金资助项目(20YJC630148); 山西省高校人文社会科学重点研究基地资助项目(201801030); 山西省软科学资助项目(2017041012-1); 山西省高校科学研究优秀成果培育项目(2019SK078); 山西省留学人员科技活动资助项目(2019047).

作者简介: 王文利(1982—),男,湖北钟祥人,博士,副教授,硕士生导师. Email: wllwang@tyust.edu.cn

代牧业可以分享秋实 18% 的利润。

债权融资和股权融资对于供应链中利润分配的影响是不一样的,从而也会影响到供应链成员企业的运营决策。本文主要研究在什么情况下制造商应该向他们的供应商提供股权或债权融资,以及提供多大程度的资金支持。

## 1 文献综述

目前已有许多关于供应链融资问题的研究,大致可以分为 3 类,即供应链内部融资、外部融资以及两者的比较。供应链内部融资是指供应链中资金充裕的成员企业向资金不足的成员企业提供资金的模式,目前的研究大多集中在贸易信用 (trade credit) 领域,即供应商向下游企业提供延期付款。如钟远光等<sup>[1]</sup>在需求依赖价格假设下研究了核心制造商向零售商提供贸易信用时的最优订货和定价决策;占济舟和张福利<sup>[2]</sup>提出了为激励供应链成员企业采用贸易信用的收益共享-成本共担协调机制。以上研究都是在 EOQ 背景下,即假设需求是确定的。由于需求确定,供应商提供贸易信用就不存在风险,供应链融资只需要考虑融资成本即可。现实中,贸易信用是存在风险的,越来越多的学者也开始意识到这一点,于是开始在随机需求下研究贸易信用问题,如 Gupta 和 Wang<sup>[3]</sup>运用随机动态规划模型,研究发现尽管随机需求下贸易信用会对零售商最优订货策略的参数产生影响,但不会影响其最优订货策略的结构;陈祥锋<sup>[4]</sup>运用报童模型,研究发现贸易信用除了可以解决下游企业的资金约束问题外,还可以部分协调供应链,为供应链创造新价值。

供应链外部融资是指依靠银行等金融机构为资金约束的供应商或零售商提供融资,这类研究在国外是主流,因为国外金融市场比较完善,银行贷款比较容易获得。有些学者假设银行是追求利润最大化的,如 Buzacott 和 Zhang<sup>[5]</sup>研究了银行利率对零售商利润的影响以及银行利率的最优区间;Dada 和 Hu<sup>[6]</sup>研究了银行利率决策和零售商订货决策之间的协调问题。有些学者假设银行处于完全竞争的金融市场中,即银行利率是完全市场化的公平利率,在此基础上,Kouvelis 和 Zhao<sup>[7]</sup>

研究了零售商具有一定的自有资金和抵押物时,破产成本对其最优订货决策的影响;Lai 等<sup>[8]</sup>比较研究了预订模式、寄售模式和混合模式下供应商和零售商都存在资金约束时的供应链外部融资问题。还有些学者假设银行与企业之间存在信息不对称,如 Alan 和 Gaur<sup>[9]</sup>研究信息不对称下存货质押融资企业的最优运营与资本结构决策。

也有学者比较了供应链中的内部融资和外部融资,如 Kouvelis 和 Zhao<sup>[10]</sup>站在供应商的角度设计了最优的贸易信用合同,研究发现如果提供最优的贸易信用合同,相对于银行融资,零售商会偏好于贸易信用融资;Jing 等<sup>[11]</sup>研究了零售商能选择融资模式时的渠道均衡问题,研究发现当供应商的生产成本低时,贸易信用融资是均衡策略,当供应商的生产成本高时,银行信用融资是均衡策略;Cai 等<sup>[12]</sup>研究了零售商能够转移资金到其他风险项目中去时,贸易信用融资和银行信用融资的比较,并用实证研究证明了相关结论;林智平和徐迪<sup>[13]</sup>比较了税制营改增环境下贸易信用融资和银行信用融资对供应链绩效的影响。还有学者研究了供应链中内部融资和外部融资的混合应用,如 Chen 等<sup>[14]</sup>研究了第三方物流企业作为协调者,利用信用优势从银行获取信贷,并通过付款周期设计缓解供应链中小企业的现金流问题;陈金龙和占永志<sup>[15]</sup>研究了第三方物流企业提供金融服务的最优定价问题。

由上可以看出,对于供应链融资问题的研究多是考虑下游零售商的资金约束问题,研究贸易信用和银行信用两种融资模式。近年来,也有学者开始关注资金约束供应商的融资问题,其中,在供应链外部融资中,Tunca 和 Zhu<sup>[16]</sup>、Devalkar 和 Krishnan<sup>[17]</sup>研究了反向保理融资模式,Reindorp 等<sup>[18]</sup>研究了订单质押融资模式。在供应链内部融资中,曾燕等<sup>[19]</sup>研究了创业型供应商的预售式众筹问题。在供应链内部融资和外部融资的比较中,Tang 等<sup>[20]</sup>在产出不确定下比较了订单质押融资和买方直接融资模式;Deng 等<sup>[21]</sup>在装配系统中比较了买方直接融资和银行信贷模式。但是目前对于下游企业向供应商提供股权融资的研究还较少。对于股权融资的研究,于辉和李鑫<sup>[22]</sup>分析了零售商股权融资对供应链运营的影响。

本文的研究属于供应链内部融资,这主要适

合于像中国这样的发展中国家,由于金融市场发展还不完善,银行出于风险控制的考虑,不会向濒临破产的企业提供信贷融资,只能借助于供应链上下游企业提供的内部融资. 本文主要考虑供应商存在资金约束的情况,下游制造商可以提供股权和债权两种融资模式,研究两种融资模式下制造商的最优融资与供应商的最优生产决策,以及让供应商的生产恢复到无资金约束下最优水平的条件,并比较了不同融资模式对供应链绩效的影响.

## 2 模型假设

考虑由1个供应商和1个制造商组成的二级供应链系统; 供应商提供半成品, 制造商加工成最终产品向市场出售; 制造商按订单加工且要求供应商采用JIT方式备货. 由于市场需求的不确定性以及存在生产提前期, 供应商必须在需求实现之前组织生产半成品, 制造商在需求确定之后采购半成品并加工成最终产品销售, 即实施供应商管理库存模式. 这在很多行业特别是汽车和电子行业是很常见的. 假设产品的市场需求  $\xi$  是随机的, 需求的概率分布函数为  $F(\cdot)$ , 概率密度函数为  $f(\cdot)$ , 定义  $\bar{F}(\cdot) \equiv 1 - F(\cdot)$ . 需求的分布对于供应商和制造商都是公共信息. 在期初, 供应商生产数量为  $Q$  的半成品, 单位生产成本为  $c$ ; 在期末接到顾客的订单后, 制造商以  $w$  的批发价采购数量为  $\min(\xi, Q)$  的半成品, 加工成最终产品后以  $p$  的价格卖给顾客. 供应商和制造商的资金成本分别为  $r_s$  和  $r_m$ , 且有  $c(1+r_s) < w$  和  $w(1+r_m) < p$ . 不失一般性, 假设制造商的加工成本为 0, 即销售价格  $p$  是扣除加工成本后的净收益.

当供应商不存在资金约束时, 供应商的期望利润是与产量  $Q$  相关的函数, 即

$$\begin{aligned} \pi_s^N(Q) &= E[w \min(\xi, Q) - cQ(1+r_s)] \\ &= wS(Q) - cQ(1+r_s) \end{aligned} \quad (1)$$

式中  $S(Q) \equiv Q - \int_0^Q F(x) dx$  表示生产量为  $Q$  时的期望销量. 从式(1)可以看出, 供应商的期望利润函数是关于产量  $Q$  的凹函数, 并在  $Q^N = \bar{F}^{-1}\left(\frac{c(1+r_s)}{w}\right)$  处取得最大值. 称  $Q^N$  为基准水平,

下文主要分析通过供应链内部融资能否使资金约束供应商的生产恢复到该水平. 在基准水平处, 制造商的期望利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_m^N &= E[(p-w) \min(\xi, Q^N)] \\ &= (p-w)S(Q^N) \end{aligned} \quad (2)$$

假设供应商存在资金约束, 即其自有资金  $B \leq cQ^N$ , 如果得不到任何融资, 容易看出, 供应商的最优产量  $Q^* = B/c$ , 其期望利润函数为  $\pi_s^C = wS\left(\frac{B}{c}\right) - B(1+r_s)$ .

## 3 两种融资模式下的最优决策

考虑制造商为供应商提供的两种融资模式, 一种是股权融资, 即制造商向供应商投入一笔资金, 在期末分享一定比例的供应商利润, 该比例假定为  $\alpha$ ; 另一种是债权融资, 即制造商向供应商提供一笔借款, 在期末供应商归还借款. 分别分析两种融资模式下制造商的最优融资决策和供应商的最优生产决策.

令  $Q(x) = \frac{x+B}{c}$ , 表示投资额或借款额为  $x$

时供应商可实现的最大产量.

### 3.1 股权融资模式

制造商在股权融资模式下对供应商进行投资, 在期末按一定比例获得供应商的利润. 在实践中, 由于供应商还拥有除自有资金之外的其他资产, 如商标、供货渠道等无形资产, 因此分红比例不能直接由投资额与总资金的占比来定, 如何分红是双方博弈的结果.

分别考虑制造商主导的分红方案, 即制造商通过参与约束设置让供应商获得保留利润; 以及供应商主导的分红方案, 即供应商通过利润最大化先确定分享比例  $\alpha$ , 制造商再确定投资额. 股权融资模式的决策顺序为: 1) 给定到期分享供应商的利润比例  $\alpha$ , 制造商确定向供应商的投资额  $I$ ; 2) 供应商同意或拒绝接受投资; 3) 若供应商同意接受投资, 确定生产量  $Q(Q \leq Q(I))$ ; 4) 需求实现, 制造商以单位批发价  $w$  采购数量为  $\min(\xi, Q)$  的半成品; 5) 若供应商拒绝接受投资, 则其产量为  $B/c$ . 运用逆推法求解, 给定制造商的投资额  $I$ , 供应商拥有资金  $I+B$ . 供应商的期望利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_s^1(Q) &= E\{(1-\alpha)[(I+B)(1+r_s) + \\ &\quad w \min(\xi, Q) - cQ(1+r_s)] - \\ &\quad B(1+r_s)\} \\ &= (1-\alpha)[I(1+r_s) + wS(Q) - \\ &\quad cQ(1+r_s)] - \alpha B(1+r_s) \quad (3) \end{aligned}$$

供应商的最优化问题是在约束条件  $0 \leq Q \leq Q(I)$  下求解上述利润最大化问题, 得出供应商的最优生产决策为  $Q^* = \min(Q(I), Q^N)$ .

如果需求较少, 制造商只能收回投资额中的一部分, 所以制造商不会投资超过供应商组织生产需要的资金量, 即其投资额是使得供应商的生产量刚好为  $Q(I)$ . 又由于理性的供应商不会生产超过  $Q^N$  的半成品, 即制造商投资不会超过  $cQ^N - B$ . 因此, 制造商的期望利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_M^1(I) &= E\{(p-w) \min(\xi, Q(I)) - \\ &\quad I(1+r_m) + \alpha[w \min(\xi, Q(I))]\} \\ &= [p - (1-\alpha)w]S(Q(I)) - \\ &\quad I(1+r_m) \quad (4) \end{aligned}$$

制造商的最优化问题需要满足约束  $I \leq cQ^N - B$ . 令  $Q^I = \bar{F}^{-1}\left(\frac{c(1+r_m)}{p - (1-\alpha)w}\right)$ , 求解上述最优化问题, 有如下命题.

**命题 1** 供应商接受投资的情况下:

1) 当  $\alpha \leq 1 + \frac{c(1+r_m)}{w} - \frac{p}{w}$  时, 制造商的最优投资额为  $I^* = 0$ , 供应商的最优产量为  $Q^* = B/c$ , 即此时制造商不会提供股权融资.

2) 当  $1 + \frac{c(1+r_m)}{w} - \frac{p}{w} < \alpha < 1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w}$  时, 若  $B \geq cQ^I$ , 制造商的最优投资额为  $I^* = 0$ , 供应商的最优产量为  $Q^* = B/c$ , 即此时制造商不会提供股权融资; 若  $B < cQ^I$ , 制造商的最优投资额为  $I^* = cQ^I - B$ , 供应商的最优产量为  $Q^* = Q^I < Q^N$ , 即此时制造商会提供股权融资, 但股权融资不能使供应商的生产恢复到基准水平.

3) 当  $1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w} \leq \alpha \leq 1$  时, 制造商的最优投资额为  $I^* = cQ^N - B$ , 供应商的最优产量为  $Q^* = Q^N$ , 即此时股权融资可以使供应商的生产恢复到基准水平.

**证明** 对制造商的期望利润函数求一阶导, 有

$$\frac{d\pi_M^1(I)}{dI} = \frac{p - (1-\alpha)w}{c} \bar{F}(Q(I)) - (1+r_m) \quad (5)$$

当  $\alpha \leq 1 + \frac{c(1+r_m)}{w} - \frac{p}{w}$  时, 对于任意的  $B$ ,

$\frac{d\pi_M^1(I)}{dI} < 0$  均成立, 故制造商的最优投资额为

$I^* = 0$ ; 当  $1 + \frac{c(1+r_m)}{w} - \frac{p}{w} < \alpha < 1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w}$

时,  $Q^I < Q^N$  成立, 此时, 如果  $B \geq cQ^I$ ,  $\frac{d\pi_M^1(I)}{dI} < 0$

成立, 制造商的最优投资额为  $I^* = 0$ , 如果  $B < cQ^I$ ,

由于  $\frac{d^2\pi_M^1(I)}{dI^2} = -\frac{p - (1-\alpha)w}{c^2} f(Q(I)) < 0$ ,

即  $\pi_M^1(I)$  为凹函数, 因此在约束  $I \leq cQ^N - B$  下, 制造商的最优投资额为  $I^* = \min[cQ^N - B,$

$cQ^I - B] = cQ^I - B$ ; 当  $1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w} \leq \alpha \leq 1$

时,  $Q^I \geq Q^N$  成立, 故制造商的最优投资额为  $I^* = \min[cQ^N - B, cQ^I - B] = cQ^N - B$ . 因此, 命题 1 成立. 证毕.

从命题 1 可以看出, 在股权融资模式下, 要使供应商的生产恢复到基准水平, 需要制造商分享供应商利润的份额超过一定的临界值. 同时, 制造商资金成本越高, 需要分享供应商的利润份额越多才会激励其提供投资; 制造商资金成本越高, 也会降低其向供应商的投资额. 此外, 制造商资金成本与供应商资金成本之比越大, 投资越不容易使供应商的生产恢复到基准水平, 除非供应商给予较高的利润分享比例. 值得注意的是, 从命题 1 的 2) 3) 临界值可以看出, 当  $p \geq \left(1 + \frac{1+r_m}{1+r_s}\right)w$ , 即制造商的利润率很高时, 即使分享供应商的利润比例  $\alpha$  为负数, 制造商也会投资给供应商.

在制造商主导的分红方案下, 若利润分享比例太高, 供应商可能会拒绝接受投资, 因此需要分析供应商接受投资的条件, 即参与约束. 若供应商同意接受投资, 其期望利润为

$$\begin{aligned} \pi_s^1(Q(I^*)) &= (1-\alpha)[I^*(1+r_s) + \\ &\quad wS(Q(I^*)) - cQ(I^*) \times \\ &\quad (1+r_s)] - \alpha B(1+r_s) \\ &= (1-\alpha)\left[\pi_s^c + \frac{wI^*}{c} - \int_{\frac{B}{c}}^{Q(I^*)} wF(x) dx\right] - \alpha B(1+r_s) \quad (6) \end{aligned}$$

当  $B < cQ^N$  时, 将供应商同意接受投资与拒绝接受投资得到的期望利润之差,  $h(\alpha, B) = \pi_s^1(Q(I^*)) - \pi_s^c$ , 表示为投资对于供应商的价值, 有

$$h(\alpha, B) = (1-\alpha) \left[ \frac{wI^*}{c} - \int_{\frac{B}{c}}^{Q(I^*)} wF(x) dx \right] - \alpha [\pi_s^c + B(1+r_s)] \quad (7)$$

只有当  $h(\alpha, B) \geq 0$  时, 供应商才会同意接受投资, 因此, 有下列命题.

**命题2** 1) 对于任意的  $\alpha \leq 0$ , 供应商都会接受投资; 2) 对于任意给定的  $0 < \alpha \leq 1$ , 存在一点  $B_0 \in [0, c \min(Q^N, Q^I)]$ , 使得当  $0 \leq B \leq B_0$  时, 供应商接受投资; 当  $B > B_0$  时, 供应商拒绝接受投资, 其中  $B_0$  满足  $h(\alpha, B_0) = 0$ .

**证明** 由于  $dI^*/dB = -1$ , 故有

$$\frac{\partial h(\alpha, B)}{\partial B} = -\frac{w}{c} \bar{F}\left(\frac{B}{c}\right) \leq 0 \quad (8)$$

并且

$$h(\alpha, 0) = (1-\alpha) \left[ \frac{wI^*}{c} - \int_0^{I^*/c} wF(x) dx \right] \quad (9)$$

根据积分中值定理, 在  $[0, I^*/c]$  中存在一点  $t$ , 使得  $\int_0^{I^*/c} F(x) dx = \frac{I^*}{c} F(t)$ , 故有  $h(\alpha, 0) = (1-\alpha) \frac{wI^*}{c} \bar{F}(t) \geq 0$ .

由于  $h(\alpha, c \min(Q^N, Q^I)) = -\alpha [\pi_s^c + c \min(Q^N, Q^I)(1+r_s)]$ , 若  $\alpha \leq 0$ ,  $h(\alpha, c \min(Q^N, Q^I)) \geq 0$  恒成立, 故供应商一定会接受投资; 若  $0 < \alpha \leq 1$ ,  $h(\alpha, c \min(Q^N, Q^I)) < 0$ , 由于  $h(\alpha, B)$  关于  $B$  是连续的, 故存在一点  $B_0 \in [0, c \min(Q^N, Q^I)]$ , 使得  $h(\alpha, B_0) = 0$ . 当  $0 \leq B \leq B_0$  时,  $h(\alpha, B) \geq 0$ ,  $\pi_s^1(Q(I^*)) \geq \pi_s^c$ , 供应商会接受投资; 当  $B_0 < B \leq c \min(Q^N, Q^I)$  时,  $h(\alpha, B) < 0$ ,  $\pi_s^1(Q(I^*)) < \pi_s^c$ , 供应商会拒绝接受投资. 证毕.

从命题2可以看出, 当制造商分享供应商的利润比例为负数时, 供应商一定会接受投资; 否则, 在  $[0, c \min(Q^N, Q^I)]$  中一定存在一点, 使得当供应商的自有资金  $B$  大于这点时, 供应商拒绝接受投资, 即投资模式只有在供应商的自有资金量较小时才起作用.

在供应商主导的分红方案下, 供应商可以通过预测制造商的投资反应来确定最优的利润分享比例. 可以看出, 最优的利润分享比例应该使供应商的期望利润和投资对于供应商的价值同时达到最大化. 当需求的分布  $F(\cdot)$  符合失效率递增 (increasing failure rate, IFR) 性质时, 可以得到如下命题3. 失效率递增的假设可参考 Lariviere 和 Poeteus<sup>[23]</sup>. 很多分布都符合这样的特性, 如对数正态分布、均匀分布、指数分布、韦伯分布等.

**命题3** 对于任意给定的初始资金  $0 \leq B \leq B_0$ , 存在一点  $\alpha^* = \min\left(\alpha_0, 1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w}\right)$ , 使得当  $\alpha = \alpha^*$  时, 投资对于供应商的价值  $h(\alpha, B)$  取得最大值, 其中  $\alpha_0$  由下式确定

$$\frac{(1-\alpha_0)c^2(1+r_m)^2w^2}{[p-(1-\alpha_0)w]^3f(Q^I(\alpha_0))} = wS(Q^I(\alpha_0)) \quad (10)$$

**证明** 当  $1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w} \leq \alpha \leq 1$  时, 有

$$h(\alpha, B) = (1-\alpha)w \left[ S(Q^N) - S\left(\frac{B}{c}\right) \right] - \alpha [\pi_s^c + B(1+r_s)] \quad (11)$$

对  $\alpha$  求偏导, 有

$$\frac{\partial h(\alpha, B)}{\partial \alpha} = -w \left[ S(Q^N) - S\left(\frac{B}{c}\right) \right] - \pi_s^c - B(1+r_s) < 0 \quad (12)$$

给定  $B$ ,  $h(\alpha, B)$  随  $\alpha$  递减. 故当  $\alpha = 1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w}$  时,  $h(\alpha, B)$  取得最大值.

$$\text{当 } 1 + \frac{c(1+r_m)}{w} - \frac{p}{w} < \alpha < 1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w}$$

且  $B < cQ^I$  时, 有

$$h(\alpha, B) = (1-\alpha)w \left[ S(Q^I) - S\left(\frac{B}{c}\right) \right] - \alpha [\pi_s^c + B(1+r_s)] \quad (13)$$

对  $\alpha$  求偏导, 有

$$\frac{\partial h(\alpha, B)}{\partial \alpha} = -wS(Q^I) + \frac{(1-\alpha)c(1+r_m)w^2\bar{F}(Q^I)}{[p-(1-\alpha)w]^2f(Q^I)} \quad (14)$$

上式右边第1项对  $\alpha$  求导, 得  $-w[1-F(Q^I)] \times \frac{dQ^I}{d\alpha} < 0$ , 即第1项随  $\alpha$  递减; 第2项中的  $\frac{\bar{F}(Q^I)}{f(Q^I)}$

由于  $F(\cdot)$  符合失效率递增 (IFR) 性质, 也随  $\alpha$  递减;  $\frac{(1-\alpha)c(1+r_m)w^2}{[p-(1-\alpha)w]^2}$  也随  $\alpha$  递减; 即  $\frac{\partial h(\alpha, B)}{\partial \alpha}$  随  $\alpha$  递减,  $h(\alpha, B)$  对  $\alpha$  是凹函数. 令  $\alpha_0$  为上述一阶条件等于 0 时的解, 当  $\alpha_0 < 0$  时, 由于  $h(\alpha, B)$  在  $[0, 1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w}]$  随  $\alpha$  递减, 因此,  $h(\alpha, B)$  在  $\alpha=0$  时取得最大值. 又由于  $h(\alpha, B)$  在  $\alpha = 1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w}$  处连续, 因此, 给定  $B$ , 当  $\alpha^* = \min(\alpha_0, 1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w})$  时,  $h(\alpha, B)$  取得最大值.

证毕.

命题 3 表明, 从供应商的角度来说,  $\alpha$  过大或过小都不是最优的, 因为  $\alpha$  过大, 供应商将分享更多的利润给制造商;  $\alpha$  过小, 又会影响到制造商投资的积极性, 从而影响到自身的利益, 所以存在着  $\alpha^*$ , 使供应商利润达到最优. 有趣的是,  $\alpha^*$  与供应商的自有资金是无关的, 也就是说, 无论是贫穷的还是富有的供应商, 他们希望给予制造商的利润分享比例是一样的.

综合命题 1、命题 2 和命题 3, 供应商的自有资金和供应商利润分享比例对供应商和制造商最优决策的影响可以归纳成图 1.

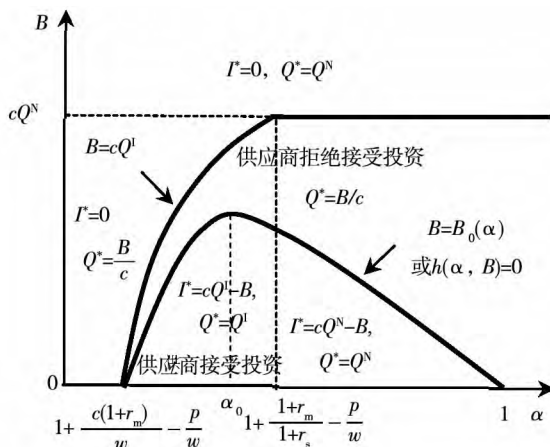


图 1  $\alpha$  和  $B$  对供应商和制造商最优决策的影响

Fig. 1 Effect of  $\alpha$  and  $B$  on the supplier and the manufacturer's optimal decisions

### 3.2 债权融资模式

债权融资模式下, 由制造商在期初向供应商提供一笔借款, 供应商在期末偿还. 根据中国人民

银行《贷款通则》的规定, 非金融机构不能从事资金借贷业务, 因此在我国买方企业向供应商提供的借款大多是以预付款形式开展的, 即期末供应商以货物偿还买方企业的借款, 并且借款大多情况下是无息的. 债权融资模式的决策顺序为: 1) 制造商确定给供应商的借款额  $D$ , 并要求供应商在期末必须保证数量为  $D/w$  的半成品供应; 2) 供应商接受或拒绝借款; 3) 若供应商接受借款, 则确定生产量  $Q (Q \geq D/w)$ ; 4) 需求实现, 制造商采购数量为  $\min(\xi, Q)$  的半成品, 付款额为  $[w \min(\xi, Q) - D]^+$ , 即将借款从货款中扣除; 5) 若供应商拒绝借款, 则其产量为  $B/c$ .

首先考虑供应商不存在资金约束的情况. 如前所述, 债权融资类似于预付款模式, 当供应商不存在资金约束时, 对于制造商来说, 通过预付款可以锁定供应量, 增加供给, 因此制造商有动机提供借款; 而对于供应商来说, 借款使得供应商的库存风险转移给制造商, 因此供应商也有动机接受借款. 当  $B \geq cQ^N$  时, 给定制造商提供给供应商的借款额  $D$ , 若供应商接受借款, 则其最优生产量为  $Q^* = \max(Q^N, D/w)$ . 此时若制造商提供给供应商的借款额满足  $D \leq wQ^N$ , 则其最优化问题为

$$\begin{aligned} \max_{D \leq wQ^N} \pi_M^{C1}(D) &= E\{p \min(\xi, Q^N) - [w \min(\xi, Q^N) - D]^+ - D(1+r_m)\} \\ &= (p-w)S(Q^N) - \int_0^{\frac{D}{w}} wF(x) dx - Dr_m \end{aligned} \quad (15)$$

对上式求一阶导, 有  $\frac{d\pi_M^{C1}(D)}{dD} = -F(\frac{D}{w}) - r_m < 0$ , 即制造商的期望利润随  $D$  的增加而减少, 所以此时制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = 0$ . 若制造商提供给供应商的借款额满足  $D > wQ^N$ , 则其最优化问题为

$$\begin{aligned} \max_{D > wQ^N} \pi_M^{C2}(D) &= E\left\{p \min\left(\xi, \frac{D}{w}\right) - D(1+r_m)\right\} \\ &= pS\left(\frac{D}{w}\right) - D(1+r_m) \end{aligned} \quad (16)$$

对上式求一阶导, 有  $\frac{d\pi_M^{C2}(D)}{dD} = \frac{p}{w}F\left(\frac{D}{w}\right) -$

$(1+r_m)$ , 定义  $Q^{C2} = \bar{F}^{-1}\left(\frac{w(1+r_m)}{p}\right)$ , 比较以上两种情况, 有如下命题.

**命题4** 当供应商不存在资金约束时, 存在唯一一点  $w_0 \in \left(c, \sqrt{\frac{1+r_s}{1+r_m}pc}\right)$ , 使得: 1) 当  $w < w_0$  时, 制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = wQ^{C2}$ , 供应商的最优产量为  $Q^* = Q^{C2}$ ; 2) 当  $w > w_0$  时, 制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = 0$ , 供应商的最优产量为  $Q^* = Q^N$ ; 3) 当  $w = w_0$  时, 制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = 0$  或  $D^* = wQ^{C2}$ , 在这两种情况下制造商的期望利润相同. 其中  $w_0$  满足

$$pS\left\{\bar{F}^{-1}\left[\frac{w_0(1+r_m)}{p}\right]\right\} - w_0\bar{F}^{-1}\left[\frac{w_0(1+r_m)}{p}\right](1+r_m) - (p-w_0)S\left\{\bar{F}^{-1}\left[\frac{c(1+r_s)}{w_0}\right]\right\} = 0 \quad (17)$$

**证明** ①若  $w \geq \sqrt{\frac{1+r_s}{1+r_m}pc}$ , 有  $Q^{C2} \leq Q^N$ , 因此  $\pi_M^{C2}(D)$  在  $D > wQ^N$  时随  $D$  的增加而减少, 又因为  $\lim_{D \rightarrow wQ^N} \pi_M^{C2}(D) = pS(Q^N) - wQ^N(1+r_m) = \pi_M^{C1}(wQ^N) < \pi_M^{C1}(0)$ , 故制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = 0$ ; ②若  $w < \sqrt{\frac{1+r_s}{1+r_m}pc}$ , 有  $Q^{C2} > Q^N$ , 因此  $\pi_M^{C2}(D)$  在  $D > wQ^N$  时是单峰函数, 且在  $D = wQ^{C2}$  时取得最大值, 又因为  $\pi_M^{C1}(D)$  在  $D \leq wQ^N$  时递减且  $\lim_{D \rightarrow wQ^N} \pi_M^{C2}(D) = \pi_M^{C1}(wQ^N) < \pi_M^{C1}(0)$ , 故求解制造商提供给供应商的最优借款额  $D^*$  需要比较  $\pi_M^{C1}(0)$  与  $\pi_M^{C2}(wQ^{C2})$  的大小. 令  $g(w) = \pi_M^{C2}(wQ^{C2}) - \pi_M^{C1}(0) = pS(Q^{C2}) - wQ^{C2}(1+r_m) - (p-w)S(Q^N)$ , 有

$$g'(w) = -Q^{C2}(1+r_m) + S(Q^N) - (p-w)\frac{c^2(1+r_s)^2}{w^2}\bar{F}^{-1}\left[\frac{c(1+r_s)}{w}\right] \quad (18)$$

因为  $F(x)$  是增函数, 其逆函数  $F^{-1}(x)$  也是增函数, 故有  $g'(w) < 0$  成立.

又因为

$$g\left(\sqrt{\frac{1+r_s}{1+r_m}pc}\right) = -w\bar{F}^{-1}\left(\frac{\sqrt{(1+r_m)c}}{\sqrt{(1+r_s)p}}\right)r_m - w\int_0^{\bar{F}^{-1}\left(\frac{\sqrt{(1+r_m)c}}{\sqrt{(1+r_s)p}}\right)} F(x) dx < 0$$

且  $g(c) = pS(Q^{C2}) - cQ^{C2}(1+r_m) > 0$ , 故在  $\left(c, \sqrt{\frac{1+r_s}{1+r_m}pc}\right)$  之间一定存在唯一一点  $w_0$ , 满足  $g(w_0) = 0$ , 使得当  $w < w_0$  时,  $g(w) > 0$  成立, 制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = wQ^{C2}$ ; 当  $w > w_0$  时,  $g(w) < 0$  成立, 制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = 0$ ; 当  $w = w_0$  时,  $g(w_0) = 0$  成立, 制造商提供给供应商的最优借款额  $D^* = 0$  和  $D^* = wQ^{C2}$  效果一样. 证毕.

从命题4可以看出, 当供应商不存在资金约束时, 若批发价高于一定的临界值, 则制造商不会向供应商提供借款; 若批发价低于此临界值, 此时供应商的最优生产量无法满足制造商对半成品的需求, 制造商会通过向供应商提供借款的方式来预订半成品, 使得供应商生产出比  $Q^N$  更多的半成品. 在第二种情况下, 供应链中的库存管理方式就由供应商管理库存转化为制造商管理库存. 也就是说, 制造商向供应商提供借款有预订功能, 即让供应商生产出比以往更多的半成品来满足制造商的需求. 这种功能实现的前提就是制造商具有高利润率, 即供应商提供的批发价足够小 ( $w < w_0$ ); 当该条件满足时, 供应商就不存在资金约束问题了, 因此下面主要分析  $w > w_0$  的情况.

当供应商存在资金约束时, 给定制造商提供给供应商的借款额  $D$ , 若供应商接受借款, 则其期望利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_S^D(Q) &= E\{D(1+r_s) + [w \min(\xi, Q) - D]^+ - cQ(1+r_s)\} \\ &= [w - c(1+r_s)]Q - \int_{\frac{D}{w}}^Q wF(x) dx + Dr_s \end{aligned} \quad (19)$$

当需求量低于  $D/w$  时, 制造商购买半成品的货款未达到其向供应商的借款额, 可以理解为供应商的销售收入不足于偿还贷款, 供应商破产; 此时供应商的利润为  $-B(1+r_s)$ , 即供应商的收益为零, 且损失其自有资金. 供应商的最优化问题是

在约束条件  $D/w \leq Q \leq Q(D)$  下求解式(19)的期望利润最大化, 得出供应商的最优产量为  $Q^* = \min(Q^N, Q(D))$ .

在  $w > w_0$  下, 由于制造商不会提供超过供应商组织生产需要的资金量, 其借款额是使得供应商确定产量为  $Q(D)$ . 又由于理性的供应商的产量不会超过  $Q^N$ , 所以制造商不会提供超过  $cQ^N - B$  的借款. 需求实现之后, 若需求量大于  $D/w$ , 则制造商只需要支付  $w \min(\xi, Q(D)) - D$  的货款采购所需的半成品, 因此, 制造商的期望利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_M^D(D) &= E\{p \min(\xi, Q(D)) - \\ &\quad [w \min(\xi, Q(D)) - D]^+ - \\ &\quad D(1 + r_m)\} \\ &= (p - w)S(Q(D)) - \\ &\quad \int_0^{\frac{D}{w}} wF(x) dx - Dr_m \end{aligned} \quad (20)$$

当需求量低于  $D/w$  时, 制造商的利润为  $p\xi - D(1 + r_m)$ , 相当于制造商承担了部分库存风险; 如果需求量低于  $\frac{D(1+r_m)}{p}$ , 则制造商的利润为负. 制造商的最优化问题需要满足约束  $D \leq cQ^N - B$ . 令  $B_d = cQ^N - wF^{-1}\left(\frac{(p-w)(1+r_s)}{w} - r_m\right)$ . 求解上述最优化问题, 有如下命题.

**命题 5** 当  $B \geq B_d$  时, 制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = cQ^N - B$ , 供应商的最优产量为  $Q^* = Q^N$ , 即此时债权融资可以使供应商的生产恢复到基准水平; 当  $0 \leq B < B_d$  时, 制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = D_0$ , 供应商的最优产量为  $Q^* = Q(D_0) < Q^N$ , 即此时债权融资无法使供应商的生产恢复到基准水平, 其中  $D_0$  满足

$$\frac{p-w}{c}F(Q(D_0)) = F\left(\frac{D_0}{w}\right) + r_m \quad (21)$$

**证明** 对制造商的期望利润函数求一阶导, 并令其为 0, 有

$$\begin{aligned} \phi(D) &= \frac{d\pi_M^D(D)}{dD} = \frac{p-w}{c}F(Q(D)) - \\ &\quad F\left(\frac{D}{w}\right) - r_m = 0 \end{aligned} \quad (22)$$

令  $D_0$  为上式的解, 由于

$$\begin{aligned} \frac{d^2\pi_M^D(D)}{dD^2} &= -\frac{p-w}{c^2}f(Q(D)) - \\ &\quad \frac{1}{w}f\left(\frac{D}{w}\right) < 0 \end{aligned} \quad (23)$$

可知,  $\pi_M^D(D)$  为凹函数, 因此在约束  $D \leq cQ^N - B$  下, 制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = \min(cQ^N - B, D_0)$ . 又因为  $\phi(D)$  是减函数, 且  $\phi(D_0) = 0$ , 因此, 当  $\phi(cQ^N - B) \geq 0$ , 即  $B \geq B_d$  时,  $D_0 \geq cQ^N - B$ , 制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = cQ^N - B$ , 供应商的产量为  $Q^* = Q^N$ ; 当  $\phi(cQ^N - B) < 0$ , 即  $0 \leq B < B_d$  时,  $D_0 < cQ^N - B$ , 制造商提供给供应商的最优借款额为  $D^* = D_0$ , 供应商的最优产量为  $Q^* = \frac{D_0 + B}{c}$ . 证毕.

从命题 5 可以看出, 在债权融资模式下, 只有供应商具有一定规模的自有资金时, 他的生产才能恢复到基准水平; 并且, 供应商的资金成本越高, 需要的自有资金越少, 制造商的资金成本越高, 需要的自有资金越多. 类似, 当  $p \geq \left(1 + \frac{1+r_m}{1+r_s}\right)w$  时,  $B \geq B_d$  是恒成立的, 即当制造商的利润率非常高时, 无论供应商的初始资金是多少, 债权融资总是可以使供应商的生产恢复到基准水平.

为了分析供应商接受借款合同的条件, 通过比较供应商接受和拒绝借款合同时的期望利润, 可以得出如下命题.

**命题 6** 供应商一定会接受带承诺产量  $D/w$  的借款合同.

**证明** 供应商接受制造商提供的借款后的期望利润为

$$\begin{aligned} \pi_S^D &= [w - c(1+r_s)]Q(D^*) - \int_{\frac{D^*}{w}}^{Q(D^*)} wF(x) dx + \\ &\quad D^* r_s \\ &> wS(Q(D^*)) - c(1+r_s)Q(D^*) \end{aligned} \quad (24)$$

由于上式右边关于  $D$  是凹的, 且在  $D = cQ^N - B$  处取得最大值, 而  $B/c < Q(D^*) \leq Q^N$ , 故有上式右边大于  $\pi_S^C$ . 证毕.

#### 4 融资模式对供应链绩效的影响

通过比较两种融资模式下供应链的绩效, 有



如下命题。

**命题7** 两种融资模式下,当供应商的生产恢复到基准水平时,供应链的总利润不会由于供应商的资金约束受损;当供应商的产量低于基准水平时,供应链总利润会由于供应商的资金约束受损,且总利润随供应商产量的减少而降低。

**证明** 分别在两种融资模式下,对供应商和制造商的利润函数求和,发现供应链总利润函数都为  $pS(Q) - (cQ - B)(1 + r_m) - Br_s$ 。显然,总利润函数关于  $Q$  是凹函数,且在  $\bar{F}^{-1}\left[\frac{c(1 + r_m)}{p}\right]$  处取得最大值。由于  $w(1 + r_m) < p$ ,故  $\bar{F}^{-1}\left(\frac{c(1 + r_m)}{p}\right) > Q^N$  恒成立,因此供应链总利润在  $[0, Q^N]$  递增,即实现  $Q^N$  时的总利润大于未实现  $Q^N$  时的总利润,且生产量越大,总利润越高。证毕。

令  $B_1$  满足  $h\left(1 + \frac{1 + r_m}{1 + r_s} - \frac{p}{w}, B_1\right) = 0, \alpha_1 = \max(\alpha \mid h(\alpha, B) = 0)$ , 则有命题8。

**命题8** 股权融资模式下,当供应商接受投资时,供应链总利润与供应商利润在供应商与制造商之间的分配与  $\alpha$  有关,  $\alpha$  越大,供应链总利润越高。并且,当  $B \leq B_1$  时,任意  $\alpha \in \left[1 + \frac{1 + r_m}{1 + r_s} - \frac{p}{w}, \alpha_1\right]$ , 都能使供应链的总利润达到无资金约束时的最大值。

**证明** 由命题1可知,供应商的产量  $Q^1$  与  $B$  无关,随  $\alpha$  递增。再由命题7可知,供应链总利润随供应商的产量递增。因此,  $\alpha$  越大,供应链总利润最大。由命题3可知,  $h(\alpha, B)$  关于  $\alpha$  是凹的,定义  $\alpha_1 \equiv \max(\alpha \mid h(\alpha, B) = 0)$ , 当  $\alpha > \alpha_1$  时,  $h(\alpha, B) < 0$ , 供应商拒绝接受投资。同时,由图1可知,当  $B \leq B_1$  时,  $1 + \frac{1 + r_m}{1 + r_s} - \frac{p}{w} \leq \alpha_1$  恒成立,  $\left[1 + \frac{1 + r_m}{1 + r_s} - \frac{p}{w}, \alpha_1\right]$  中的任意一点,都能使供应商的产量达到  $Q^N$ , 供应链的总利润达到无资金约束时的最大值。证毕。

从命题8可以看出,在供应商的产量  $Q^* < Q^N$  的情况下,当供应商只获得不接受投资时的保

留收入时,供应链总利润最大,因为这个时候较高的  $\alpha$  能够激励制造商多投资;而在供应商的产量  $Q^* = Q^N$  时,只需要  $\alpha$  不低于  $1 + \frac{1 + r_m}{1 + r_s} - \frac{p}{w}$ , 就能使供应链总利润最大。

**命题9** 债权融资模式下,供应链的绩效与供应商的自有资金  $B$  有关,自有资金越多,供应链绩效越高。

**证明** 对于式(21),由隐函数定理,有

$$\frac{dD_0}{dB} = -\frac{\frac{\partial \phi(D_0)}{\partial B}}{\frac{\partial \phi(D_0)}{\partial D_0}} = -\frac{\frac{p-w}{c^2} f(Q(D_0))}{\frac{1}{w} f\left(\frac{D_0}{w}\right) + \frac{p-w}{c^2} f(Q(D_0))} < 0 \quad (25)$$

$$\frac{dQ(D_0)}{dB} = \frac{1}{c} \left( \frac{dD_0}{dB} + 1 \right) = \frac{\frac{1}{w} f\left(\frac{D_0}{w}\right)}{\frac{c}{w} f\left(\frac{D_0}{w}\right) + \frac{p-w}{c} f(Q(D_0))} > 0 \quad (26)$$

即当  $0 \leq B < B_d$  时,供应商的产量随  $B$  递增,当  $B \geq B_d$  时,供应商的产量为  $Q^N$ , 与  $B$  无关;再结合命题7,命题9得证。证毕。

根据两种融资模式实现无资金约束下最优产量的条件,以及命题7、命题8和命题9,有如下命题。

**命题10** 从供应链整体角度,当供应商自有资金  $0 \leq B \leq \min(B_d, B_e, B_f)$  时,应该采用股权融资模式,且使制造商分享供应商的利润份额不低于  $\min\left(\alpha_1, 1 + \frac{1 + r_m}{1 + r_s} - \frac{p}{w}\right)$ ; 当供应商的自有资金  $B > \min(B_d, B_e, B_f)$  时,应该采用债权融资模式,其中,  $B_e \geq B_1$  且满足  $h(\alpha^*, B_e) = 0$ ,  $B_f$  满足

$$\bar{F}^{-1}\left(\frac{c(1 + r_m)}{p - (1 - \alpha)w}\right) = \frac{D_0(B_f) + B_f}{c} \quad (27)$$

**证明**  $B = 0$  时有  $\alpha_1 = 1$ , 根据命题3的证明可知,此时  $\frac{\partial h(\alpha, B)}{\partial \alpha} < 0$ 。又根据命题2的证明可知,  $\frac{\partial h(\alpha, B)}{\partial B} < 0$ , 因此,随着  $B$  的增加,  $\alpha_1$  必须减小才能保证  $h(\alpha_1, B) = 0$  成立;而当  $B$  增加到  $B_1$  时,  $\alpha_1$  减小到  $1 + \frac{1 + r_m}{1 + r_s} - \frac{p}{w}$ 。结合命题8可

知,当  $B \leq B_1$  时,将制造商分享供应商的利润份额设置为  $\alpha \in \left[ 1 + \frac{1+r_m}{1+r_s} - \frac{p}{w}, \alpha_1 \right]$ , 股权融资可以使供应商的生产恢复到基准水平. 令  $B_e$  满足  $h(\alpha^*, B_e) = 0$ , 随着  $B$  从  $B_1$  继续增加,  $\alpha_1$  继续减小, 而当  $B = B_e$  时,  $\alpha_1 = \alpha^*$ , 如果  $B$  继续增加, 将使得  $\alpha_1$  不存在, 即  $h(\alpha, B) < 0$  恒成立, 此时供应商拒绝接受投资, 应该采用债权融资模式.

股权融资模式下, 当  $B \geq B_1$  时,  $\alpha_1$  随  $B$  递减, 由于供应商的最高产量  $Q^* = Q^I$  随  $\alpha_1$  递增, 故随  $B$  递减. 债权融资模式下, 当  $0 \leq B < B_d$  时, 根据式(25)和式(26), 有  $\frac{dD_0}{dB} < 0$  和  $\frac{dQ(D_0)}{dB} > 0$ , 也就是说, 供应商的产量随  $B$  递增, 当  $B \geq B_d$  时, 供应商的产量恢复到基准水平  $Q^N$ . 因此, 定义  $B_f$  满足  $Q^I = Q(D_0)$ , 可知当  $B < B_f$  时, 股权融资下供应商的产量高, 供应链的总利润也高; 当  $B > B_f$  时, 债权融资下供应商的产量高, 供应链的总利润也高. 证毕.

在命题 10 中,  $B_e$  表示能够接受投资的供应商的最高资金水平, 即一旦供应商的自有资金高于  $B_e$ , 供应商一定会拒绝接受投资;  $B_d$  和  $B_f$  表示债权融资模式和股权融资模式能获得同等数量资金时的两种可能的供应商自有资金量. 从命题 10 可以看出, 从供应链整体角度出发, 当供应商自有资金少时, 应该采用股权融资模式, 并且增加制造商分享供应商的利润份额; 当供应商自有资金多时, 应该采用债权融资模式.

### 5 算例分析

假设市场需求服从  $[0, 100]$  的均匀分布, 供应商的单位生产成本  $c = 8$ , 单位批发价  $w = 10$ , 产品的单位销售价格  $p = 10.5$ , 即供应商的销售利润率为 20%, 制造商的销售利润率为 4.76%. 主要结论都由解析形式给出, 算例分析的参数设置对结论影响不大. 为了尽量与实际吻合, 以上参数设置参考了我国钢铁行业的现状. 我国钢铁企业销售利润率约为 4% ~ 6%, 而上游铁矿供应商的

销售利润率约为 20% ~ 30% (没有独立矿山的情况). 由于资金成本对供应链决策的影响只体现在系数上, 所以算例分析中假设供应商和制造商的资金成本  $r_m$  和  $r_s$  均为 0. 此时,  $\alpha_0 = 0.8626$ ,  $B_d = 110$ ,  $B_1 = 7.2327$ ,  $w_0 = 8.759$ . 由于  $w > w_0$ , 即制造商在供应商不存在资金约束时不会向供应商提供借款. 无资金约束下供应商的最优产量  $Q^N = 20$ .

图 2 给出了股权融资模式下, 供应商初始资金取不同值时, 制造商分享利润份额  $\alpha$  与投资对供应商价值的关系. 从图 2 可以看出, 给定  $\alpha$ , 投资对于供应商的价值是随着供应商自有资金  $B$  的增加而减少的; 当供应商的自有资金高于一定值时, 投资对于供应商的价值是负的, 供应商就会拒绝接受投资, 这与命题 2 的结论一致. 给定供应商自有资金  $B$ , 投资对于供应商的价值关于  $\alpha$  是凹的, 即存在使供应商的投资达到最优的  $\alpha$ , 这与命题 3 的结论一致.

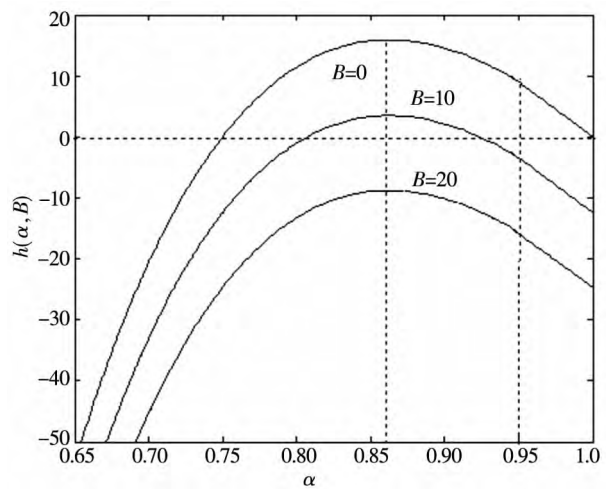


图 2 制造商分享利润份额与投资对于供应商价值的关系图  
Fig. 2 Relationship between profit-sharing the manufacturer provides and the value of investment for the supplier

图 3 给出了供应商自有资金数额与其最优生产量之间的关系. 当供应商的自有资金超过一定数值 ( $B > 12.8285$ ) 时, 供应商会拒绝接受投资. 当供应商的自有资金少从而接受投资时, 若利润分享份额尽可能高 ( $\alpha = \alpha_1$ ), 供应商能实现的生产量最多, 供应链绩效最高; 若利润分享份额由供应商来设置 ( $\alpha = \alpha^*$ ), 虽然能实现供应商的利润

最大化,但供应商会降低生产量从而影响整条供应链的利润. 这与命题8的结论一致. 债权融资下,供应商的生产量随其自有资金的增加而增加. 这与命题9的结论一致.

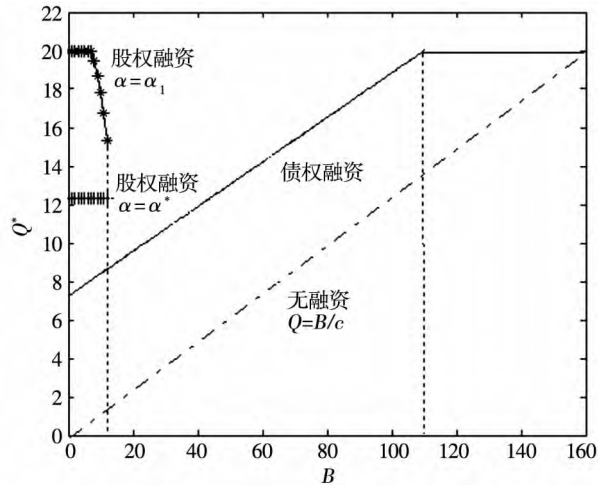


图3 供应商自有资金数额与其最优生产量之间的关系图  
Fig. 3 Relationship between the supplier's initial capital and its optimal production quantity

图4给出了供应商自有资金数额与供应链取最大收益时各企业利润之间的关系. 根据命题8,供应链的总利润与利润分享份额 $\alpha$ 有关且随 $\alpha$ 递增,因此供应商接受投资且供应链取最大收益时,利润分享份额取供应商愿意接受投资下的最大值,即 $\alpha = \alpha_1$ . 从图4可以看出,在供应商的自有资金数额少时,股权融资模式相对于债权融资

模式有明显的优势,但随着供应商自有资金的增加,股权融资模式下最优的供应链总利润会逐渐减少,而债权融资模式下的供应链总利润会逐渐增加. 当供应商的自有资金高于一定水平时,供应商就会拒绝制造商的股权融资. 此外,制造商的利润变化趋势与供应链总利润变化趋势是一致的,所以在实践中,制造商应该根据供应商自有资金的多少来选择融资模式.

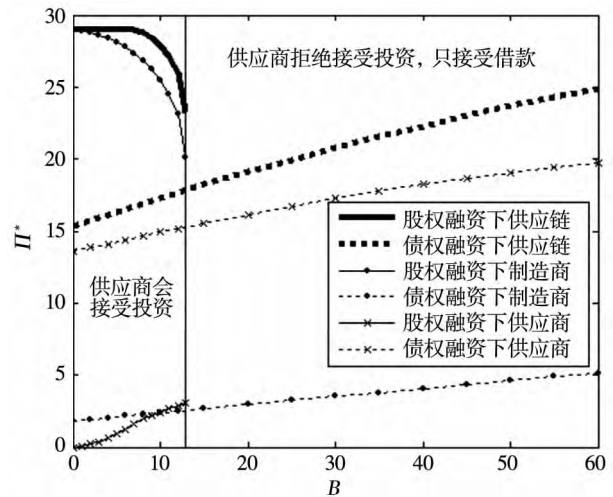


图4 供应商自有资金数额与供应链取最大收益时各企业总利润之间的关系图

Fig. 4 Relationship between the supplier's initial capital and the firms' profits when the supply chain obtains the maximum revenue

表1给出了供应商处于不同资金水平时,两种模式下制造商与供应商的最优决策.

表1 两种融资模式下制造商与供应商的最优决策

Table 1 Manufacturer and the supplier's optimal decisions under the two financing modes

B	股权融资模式				债权融资模式		
	$\alpha_1$	$I^*$	$Q^*$	是否实现 $Q^N$	$D^*$	$Q^*$	是否实现 $Q^N$
0	1	160	20	实现	57.971	7.246	未实现
4	0.974	156	20	实现	57.681	7.71	未实现
8	0.943	147.732	19.466	未实现	57.391	8.174	未实现
12	0.895	110.607	15.326	未实现	57.101	8.638	未实现
15	—	—	—	拒绝合同	56.884	8.986	未实现
30	—	—	—	拒绝合同	55.797	10.725	未实现
60	—	—	—	拒绝合同	53.623	14.203	未实现
90	—	—	—	拒绝合同	51.449	17.681	未实现
120	—	—	—	拒绝合同	40	20	实现
150	—	—	—	拒绝合同	10	20	实现

从表1可以看出,当供应商的自有资金很少时,为了让供应商的生产恢复到基准水平,应该采用股权融资模式;而当供应商的自有资金很多时,

为了让供应商的生产恢复到基准水平,应该采用债权融资模式. 这与命题10的结论一致.

在实践中,供应商利润分享比例取决于供应

商和制造商的谈判能力,但是从图3可以看出,即使让供应商来决策利润分享比例,当供应商自有资金少时,股权融资仍然是有优势的.这主要是因为供应商有不会将利润分享比例设置得过低的动力(命题3),因此,研究结论在不同的供应链权力结构下都是成立的,具有普适意义.同时,在实践中,制造商可以通过主动选择提供融资的方式(即当供应商自有资金少时,不向供应商预付货款,迫使供应商接受股权融资),来实现自身利润和供应链整体利润最优.

## 6 结束语

本文研究了制造商在面临资金约束的供应商时,采取的两种融资模式帮助供应商组织生产,解决资金不足问题,一种模式是制造商对供应商投资,在期末按照一定的比例分享供应商

利润的股权融资模式;另一种模式是制造商向供应商提供借款并在期末充抵货款的债权融资模式.分析了两种模式下制造商的最优融资决策和供应商的最优生产决策,并比较了两种模式下的供应链绩效.通过研究发现,在供应商自有资金少的时候实行股权融资模式,并且增加制造商分享的利润份额,并且在供应商自有资金多的时候实行债权融资模式,对于制造商和供应链整体效益都是最优的.研究的结论可以为资金约束的供应商寻求融资途径、缓解资金压力提供指导.但是论文结论在实践中应用的前提是制造商对供应商的成本、自有资金等信息必须掌握,因此需要制造商对供应商的财务状况进行严格审查.在接下来的研究中可以假设制造商不知道供应商的成本、自有资金等信息,研究信息不对称对于股权融资和债权融资模式选择的影响.

## 参 考 文 献:

- [1] 钟远光, 周永务, 李柏勋, 等. 供应链融资模式下零售商的订货与定价研究[J]. 管理科学学报, 2011, 14(6): 57-67.  
Zhong Yuanguang, Zhou Yongwu, Li Baixun, et al. The retailer's optimal ordering and pricing policies with supply chain financing[J]. Journal of Management Sciences in China, 2011, 14(6): 57-67. (in Chinese)
- [2] 占济舟, 张福利. 供应链中商业信用的期限决策与协调机制[J]. 系统管理学报, 2014, 23(6): 891-898.  
Zhan Jizhou, Zhang Fuli. Trade credit term decision and coordination mechanism in the supply chain[J]. Journal of Systems & Management, 2014, 23(6): 891-898. (in Chinese)
- [3] Gupta D, Wang L. A stochastic inventory model with trade credit[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2009, 11(4): 4-18.
- [4] 陈祥锋. 资金约束供应链中贸易信用合同的决策与价值[J]. 管理科学学报, 2013, 16(12): 13-20.  
Chen Xiangfeng. The value of trade credit contract in capital-constrained supply chains[J]. Journal of Management Sciences in China, 2013, 16(12): 13-20. (in Chinese)
- [5] Buzacott J A, Zhang R Q. Inventory management with asset-based financing[J]. Management Science, 2004, 50(9): 1274-1292.
- [6] Dada M, Hu Q H. Financing newsvendor inventory[J]. Operations Research Letters, 2008, 36(5): 569-573.
- [7] Kouvelis P, Zhao W. The newsvendor problem and price-only contract when bankruptcy costs exist[J]. Production and Operations Management, 2011, 20(6): 921-936.
- [8] Lai G M, Debo L G, Sycara K. Sharing inventory risk in supply chain: The implication of financial constraint[J]. Omega, 2009, 37(4): 811-825.
- [9] Alan Y, Gaur V. Operational investment and capital structure under asset-based lending[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2018, 20(4): 637-654.
- [10] Kouvelis P, Zhao W. Financing the newsvendor: Supplier vs. bank, and the structure of optimal trade credit contracts[J]. Operations Research, 2012, 60(3): 566-580.
- [11] Jing B, Chen X, Cai G. Equilibrium financing in a distribution channel with capital constraint[J]. Production and Operations Management, 2012, 21(6): 1090-1101.
- [12] Cai G, Chen X, Xiao Z. The roles of bank and trade credits: Theoretical analysis and empirical evidence[J]. Production and Operations Management, 2014, 23(4): 583-598.
- [13] 林智平, 徐迪. 税制营改增下资金约束供应链的融资均衡[J]. 管理科学学报, 2018, 21(10): 14-31.

- Lin Zhiping, Xu Di. Equilibrium financing in capital-constrained supply chains under replacing business tax with value-added tax [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2018, 21(10): 14–31. (in Chinese)
- [14] Chen X, Cai G, Song J. The cash flow advantages of 3PLs as supply chain orchestrators [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2019, 21(2): 251–477.
- [15] 陈金龙, 占永志. 第三方供应链金融的双边讨价还价博弈模型 [J]. *管理科学学报*, 2018, 21(2): 91–103.  
Chen Jinlong, Zhan Yongzhi. Two-sided bargaining game model of third party financial supply chain [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2018, 21(2): 91–103. (in Chinese)
- [16] Tunca T I, Zhu W. Buyer intermediation in supplier finance [J]. *Management Science*, 2018, 64(12): 5631–5650.
- [17] Devalkar S K, Krishnan H. The impact of working capital financing costs on the efficiency of trade credit [J]. *Production and Operations Management*, 2019, 28(4): 878–889.
- [18] Reindorp M, Tanrisever F, Lange A. Purchase order financing: Credit, commitment, and supply chain consequences [J]. *Operations Research*, 2018, 66(5): 1287–1303.
- [19] 曾燕, 邱国盛, 黄守军. 预售众筹产品质量夸大行为及其预防措施分析 [J]. *管理科学学报*, 2019, 22(7): 89–106.  
Zeng Yan, Qiu Guosheng, Huang Shoujun. The exaggeration of product quality and its precautions in the preorder crowd-funding [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2019, 22(7): 89–106. (in Chinese)
- [20] Tang C S, Yang S A, Wu J. Sourcing from suppliers with financial constraints and performance risk [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2018, 20(1): 70–84.
- [21] Deng S, Gu C, Cai G, et al. Financing multiple heterogeneous suppliers in assembly systems: Buyer finance vs. bank finance [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2018, 20(1): 53–69.
- [22] 于辉, 李鑫. 供应链视角下零售商股权融资最优估值模型 [J]. *管理科学学报*, 2018, 21(9): 91–104.  
Yu Hui, Li Xin. Optimal valuation model of retailer equity financing in supply chains [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2018, 21(9): 91–104. (in Chinese)
- [23] Lariviere M A, Porteus E L. Selling to the newsvendor: An analysis of price-only contracts [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2001, 3(4): 293–305.

## Supply chain internal financing for capital-constrained suppliers: Equity financing vs. debt financing

WANG Wen-li<sup>1</sup>, ZHEN Ye<sup>1</sup>, ZHANG Qin-hong<sup>2</sup>

1. School of Economics and Management, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China;
2. Sino-US Global Logistics Institute, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China

**Abstract:** Two financing means are usually used to reduce the losses of the manufacturer as well as the supply chain's profits resulted from the supplier's capital constraints: one is the equity financing, and the other is the debt financing. The paper analyzes the manufacturer's optimal financing and the supplier's optimal production decisions, and then compare the supply chain performances using these two means. It is shown that the supplier is sure to accept the debt financing, while the supplier will accept the equity financing only if some conditions are satisfied. With equity financing, if the supplier's initial capital is smaller than a critical value and the fraction of the supplier's profit the manufacturer shares is higher than a critical value, the production at the capital-constrained supplier will be restored to the optimal level without capital constraints. With debt financing, if the supplier's initial capital is larger than a critical value, the production of the capital-constrained supplier will be restored to the optimal level without capital constraints. Equity financing is optimal for the performances of the manufacturer and the supply chain when the supplier's initial capital is small and the fraction of the supplier's profit the manufacturer shares is high. However, when the supplier's initial capital is large, debt financing is better. Finally, a numerical study is given to demonstrate the conclusions.

**Key words:** supply chain management; capital constraints; equity financing mode; debt financing mode